Comune di Cogorno

STUDIO TECNICO ASSOCIATO
ING. SERGIO BRIZZOLARA & ING. STEFANO STURLA
via Cap. Renato Orsi, 31/20
16043 Chiavari (GE)
P.I.V.A. e C.F.: 01455710994
☎ +39 0185 370127
+39 0185 368280
b3s@b3s.it
dott. ing. Sergio Brizzolara – sergio@b3s.it
dott. ing. Stefano Sturla – stefano@b3s.it
coll.: dott. ing. Riccardo Fugazzi – richi@b3s.it
coll.: dott. ing. Luca Taddei – b3s@b3s.it



interventi di mitigazione del rischio idraulico e messa in sicurezza del centro abitato in località Panesi in comune di Cogorno tratto terminale rio Rondanea

(Piano di Bacino stralcio – D.L. 180/98 e ss.mm.ii. – ambito 16 fiume Entella)

PROGETTO PRELIMINARE

RELAZIONE IDRAULICA + MODELLI IDRAULICI
(D.P.R. 207/2010 – art. 17 comma 1 lettera d)

TAV. 09–A

SCALA

STABS 0614

REV.	data	motivazione
A	febbraio 2016	aggiornamento per nota Regione Liguria prot. n° PG/2015/149922 del 26/08/2015
	ottobre 2014	revisione n° 01

il Responsabile del Procedimento

questo documento è di proprietà esclusiva – è proibita la riproduzione anche parziale e la cessione a terzi senza specifica autorizzazione

Premessa

Il presente elaborato (tavola 09-A) viene redatto in conformità a quanto previsto dal D.P.R. n° 207/2010 – art. 17 comma 1 lettera d) e costituisce parte integrante dell'aggiornamento del progetto preliminare inerente gli "*interventi di mitigazione del rischio idraulico e di messa in sicurezza del centro abitato in località Panesi in comune di Cogorno - tratto terminale rio Rondanea - ambito 16 fiume Entella - Piano Bacino Stralcio D.L. 180/98 e ss.mm.ii.*" . Detto aggiornamento viene redatto a seguito della nota della Regione Liguria prot. n° PG/2015/149922 del 26/08/2016.

L'intervento di cui in oggetto risulta esteso nei 500 metri terminali del rio Rondanea, rio che ricade all'interno del Piano di Bacino ambito 16 – fiume Entella (D.L. 180/98 e ss.mm.ii.).

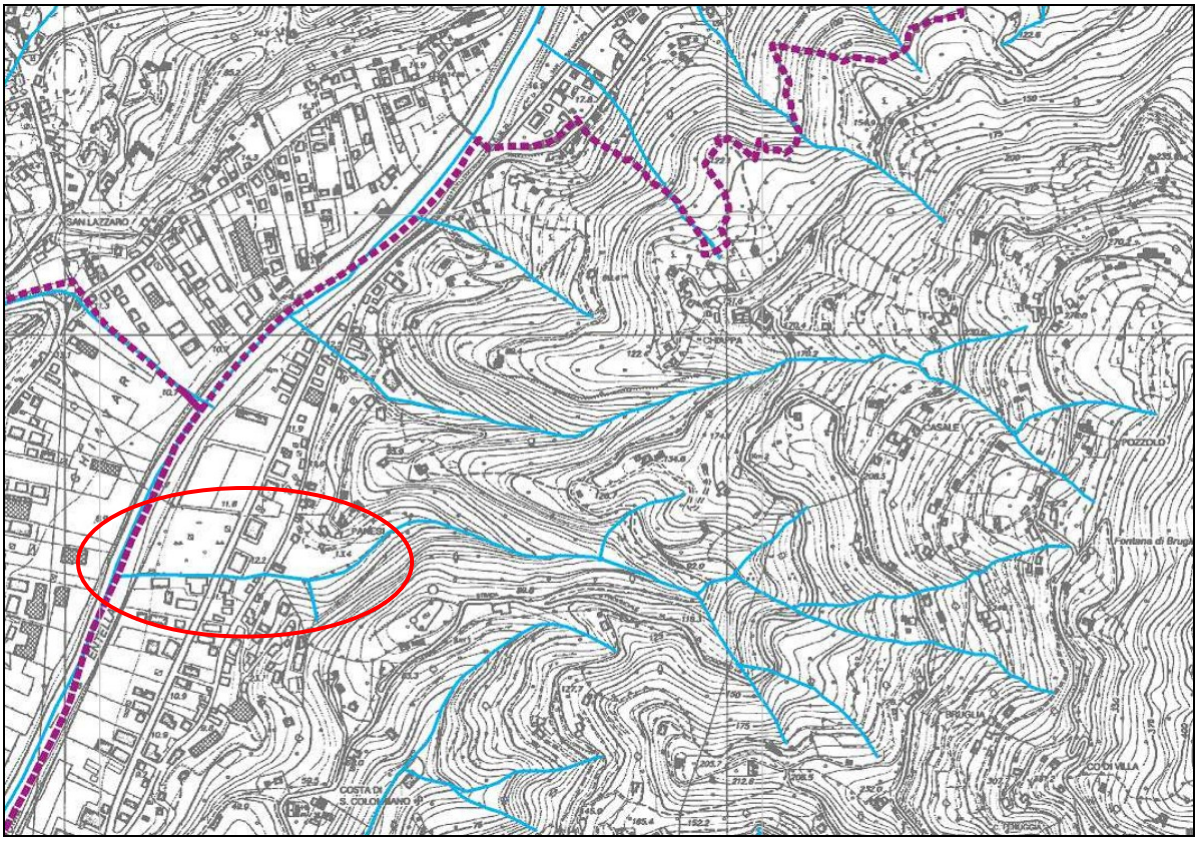


figura 1: *carta del reticolo idrografico regionale – D.G.R. n° 1449 del 30 novembre 2012 – fuori scala*

Come riportato nell'ambito della relazione illustrativa, al fine di costruire un modello idraulico rappresentante al meglio lo stato attuale dei luoghi, è stato realizzato un nuovo rilievo topografico, "agganciando" le quote a quelle della C.T.R., con particolare riferimento alle quote della S.P. n°33.

A seguito del rilievo topografico di cui sopra sono state costruite circa 40 sezioni idrauliche, inserite all'interno del modellizzatore idraulico utilizzato.

Le opere proposte nell'ambito del progetto preliminare datato ottobre 2014 contemplavano la sistemazione del tratto del rio Rondanea, in località Panesi, a partire da circa 250 ml a monte di via Brigata Berto, fino alla sua immissione nel fiume Entella.

Tali opere erano e sono tutt'ora ritenute come quelle necessarie per la messa in sicurezza delle aree ad oggi a rischio a seguito di piene del rio Rondanea e vengono dunque confermate con questo aggiornamento, al di là di alcune lievi modifiche (sostanzialmente innalzamento di un numero limitato di muri arginali e di un ponticello al fine di garantire ovunque il contenimento del carico energetico per un evento di tempo di ritorno pari a 200 anni).

Stante quanto detto sopra, di seguito si riportano in primis le valutazioni precedentemente espresse e successivamente le integrazioni apportate al progetto preliminare così come da nota della Regione Liguria prot. n° PG/2015/149922 del 26/08/2016.

Software utilizzato

Il calcolo dei profili di rigurgito in regime di moto permanente, gradualmente variato è stato effettuato mediante l'ausilio dell'applicativo HEC-RAS versione 4.1, dell'Hydrology Engineering Centre dell'US Army Corps of Engineers. Il software consente di calcolare i profili di rigurgito per sezioni qualsiasi, in alvei naturali o artificiali caratterizzati da un valore medio – nell'alveo inciso - di coefficiente di scabrezza, e permette la modellazione delle aree eventualmente inondabili in caso di piena come aree golenali, alle quali sono assegnati specifici coefficienti di deflusso. Il profilo teorico della corrente viene calcolato risolvendo in modo iterativo l'equazione monodimensionale dell'energia

$H2 = H1 + he$

dove H1, H2 sono rispettivamente i carichi totali delle sezioni di valle e di monte del tratto considerato e he sono le perdite di carico suddivisibili in perdite dovute all'attrito del fondo e perdite dovute alla non cilindricità della corrente.

Il codice consente la modellazione di strutture trasversali alla corrente, quali ponti, briglie e soglie laterali, quali ad esempio argini sfioranti. Possono altresì essere modellati scatolari e coperture in cui transiti la corrente, sia a pelo libero che in pressione (sebbene quest'ultimo tipo di condizioni di deflusso presenti delle limitazioni). In particolare, il deflusso attraverso un ponte, a seconda del livello idrico rispetto all'impalcato, può essere modellato come deflusso a pelo libero, in pressione e a stramazzo. Per ogni modello idraulico sono stati calcolati i profili relativi a diverse portate: nelle simulazioni con modello di stato attuale e di progetto sono stati utilizzati i valori dei colmi di piena cinquantennale, duecentennale e cinquecentennale. Il software consente inoltre di selezionare in quale modalità calcolare i profili: si è scelto di far girare i modelli in regime misto, in maniera da modellare correttamente il comportamento della corrente.

Portate, coefficienti di scabrezza e condizioni al contorno

Per quanto concerne le portate utilizzate nel suddetto modello, si è ritenuto corretto confermare quanto presente nel Piano di Bacino competente, aggiornato recentemente sulla base dei *"criteri ed indirizzi tecnici per la verifica e valutazione delle portate e degli idrogrammi di piena attraverso studi idrologici di dettaglio nel bacini idrografici liguri"* forniti dalla regione Liguria nell'anno 2008.

Il bacino idrografico del rio Rondanea risulta essere pari a circa 0.56 kmq e si procede di seguito a schematizzarne i valori di portata di colmo:

	Q 50 anni [mc/s]	Q 200 anni [mc/s]	Q 500 anni [mc/s]
rio Rondanea	14.30	22.40	29.80

Per quanto concerne i coefficienti di scabrezza di Gauckler – Strickler, stante la conformazione dei luoghi nonché le indicazioni del recente Regolamento regionale n° 3 del 14/07/2011, si è deciso (in accordo con il modello idraulico del vigente Piano di Bacino) di utilizzare:

	Ks alveo [$m^{1/3}/s$]	Ks golene [$m^{1/3}/s$]
rio Rondanea – stato attuale	30	20
rio Rondanea – stato di progetto sezioni a cielo aperto	35	20
rio Rondanea – stato di progetto sezioni in copertura	45	20

Per quanto attiene la condizione al contorno di monte si è scelto di utilizzare la profondità critica; al fine comunque di rendere di fatto ininfluente tale scelta si sono inserite due sezioni nel tratto caratterizzato da maggiore pendenza e con alveo incassato tra i versanti.

Per quanto attiene invece la condizione al contorno di valle, si sono effettuate alcune considerazioni (riportate in seguito) in merito alla presenza del fiume Entella.

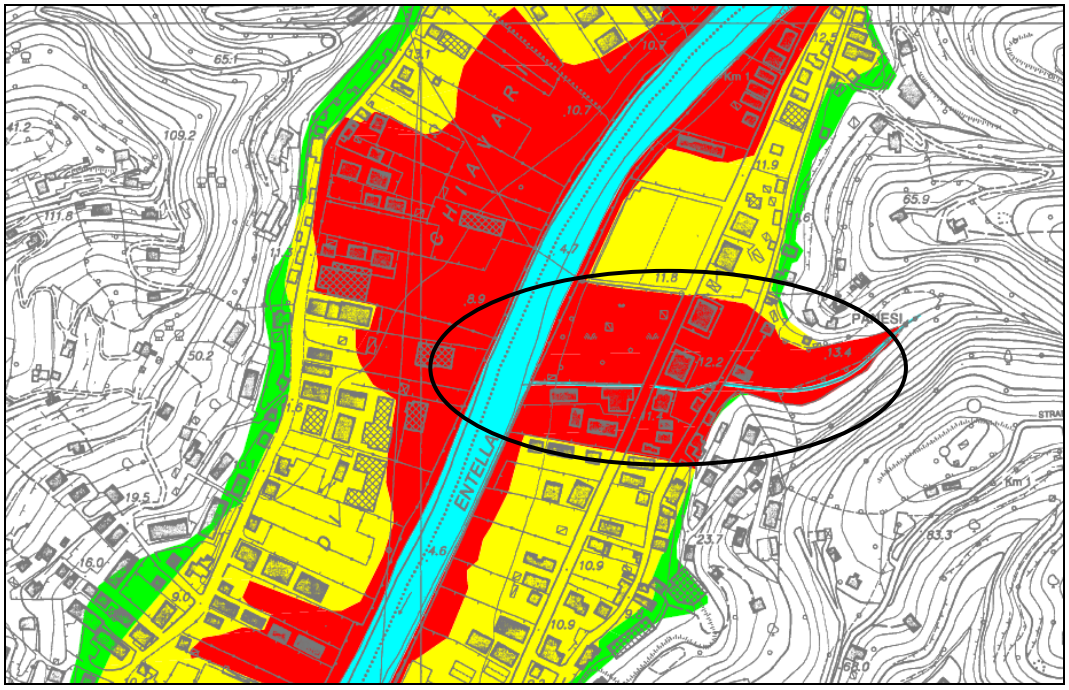


figura 2: *carta della fasce fluviali*
Piano Bacino Stralcio ambito 16 – fiume Entella D.L. 180/98 e ss.mm.ii.

Come si può notare dalla sopra riportata carta delle fasce fluviali, le fasce A, B e C del rio Rondanea si "fondono" con le fasce A, B e C del fiume Entella, fasce queste ultime derivanti dalla modellazione 2D di cui si riporta in seguito la mesh di calcolo.

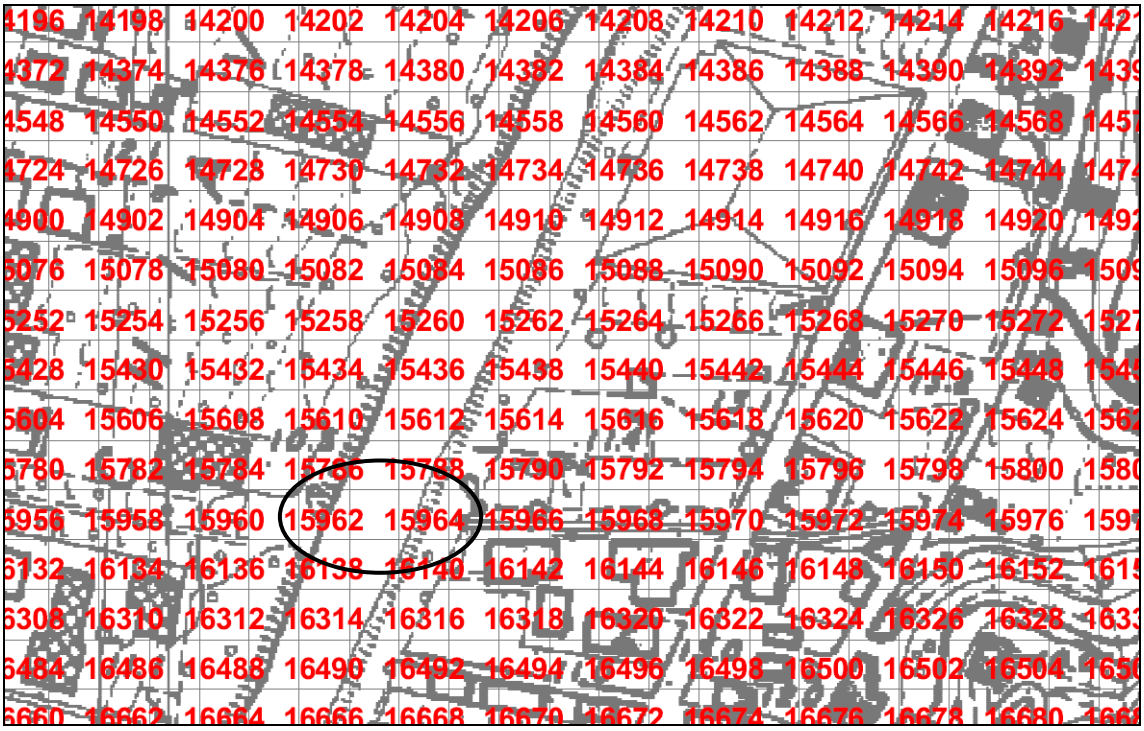


figura 3: *carta mesh di calcolo utilizzata per la modellistica bidimensionale - Piano Bacino Stralcio ambito 16 – fiume Entella D.L. 180/98 e ss.mm.ii.*

Le celle a cui fare riferimento per la condizione al contorno di valle risultano essere le numero 15963 e 15964. Le quote del rilievo topografico eseguito (peraltro agganciato come già detto alla C.T.R.) risultano inferiori di circa 150 cm rispetto alle quote del modello a celle (mesh di calcolo fiume Entella).

Apportando questa *correzione* e ipotizzando in prima istanza la contemporaneità delle piene tra il rio Rondanea e il fiume Entella (eventualità peraltro ampiamente a favore di sicurezza in quanto, viste le dimensioni dei bacini notevolmente differenti fra loro, sarà probabile che, al momento del transito della massima piena del fiume Entella, il rio Rondanea abbia già fatto defluire il suo intero idrogramma di piena) si ottengono i seguenti valori di altezza nota imposti nel modello idraulico:

	Q 50 anni	Q 200 anni	Q 500 anni
livello idrico [ml]	10.50	11.80	12.60

Considerando che la quota della viabilità della S.P. n° 33 in corrispondenza dell'attraversamento del rio oggetto di intervento è pari a circa 11.50 ml risulta immediato notare che, almeno con riferimento alla portata duecentennale, il modello idraulico fornirà un livello idrico sostanzialmente indipendente dal deflusso del rio Rondanea.

Si ritiene pertanto di dover implementare anche un modello idraulico del solo rio Rondanea, come se esso fosse totalmente indipendente dal fiume Entella, al fine di verificare se le sezioni a partire dall'attraversamento della S.P. n° 33 sino allo sfocio nell'Entella siano o meno sufficienti al contenimento della sola portata del rio Rondanea medesimo. Stante le presenza di un salto immediatamente a monte del ponticello di attraversamento della pista ciclabile esistente in sponda sinistra del fiume Entella, si impone anche come condizione al contorno di valle la profondità critica.

Si sottolinea inoltre che tale condizione appare essere anche più realistica di quanto riportato sopra: stante infatti il bacino idrografico di dimensione limitata e l'elevata acclività dei versanti, il tempo di raggiungimento del picco di piena per il rio Rondanea risulta pari a circa 10 minuti dall'inizio delle precipitazioni, tempo in cui (ovviamente a meno di un lungo periodo di perturbazioni su tutto il suo bacino) l'Entella risulta essere sostanzialmente ancora in condizioni magra, o quanto meno difficilmente presenterà un livello idrico superiore a 3 metri, livello a partire dal quale si inizia a registrare una forte interazione tra le due piene.

In conclusione i modelli allegati al presente progetto preliminare sono stati costruiti con la profondità critica come condizione al contorno di valle, così da valutare la sufficienza idraulica anche del tratto terminale del rio Rondanea. Ovviamente per l'eliminazione delle fasce A o B nell'area a valle della viabilità provinciale risulta imprescindibile un diffuso intervento sull'alveo del fiume Entella, indipendentemente dagli interventi che vengono ipotizzati per lo stesso rio Rondanea nell'ambito del presente progetto preliminare.

Modello idraulico di stato attuale

L'analisi del modello idraulico di stato attuale mostra come (anche imponendo la condizione al contorno di valle più "favorevole") le sezioni risultino essere pressoché totalmente insufficienti a far defluire anche la portata di tempo di ritorno cinquantennale. Il risultato di fatto conferma del tutto quanto riportato nel vigente Piano di Bacino, con una portata massima in grado di defluire pari a circa 4 mc/s (anch'essa senza franchi idraulici in corrispondenza degli attraversamenti carrabili), avente un tempo di ritorno inferiore a 3 anni.

In particolare i due punti maggiormente critici per il deflusso risultano essere i due ponticelli carrabili: quello di via Brigata Berto presenza una sezione ad arco estremamente ristretta e quello in corrispondenza della viabilità provinciale risulta avere un'altezza netta disponibile pari a circa 70 cm: dunque i franchi idraulici di legge non possono essere rispettati per alcun valore di portata.

Risulta pertanto immediato osservare come la situazione del rivo sia estremamente critica, con la necessità di identificare una serie di interventi atti quantomeno a mitigare il rischio idraulico connesso all'area.

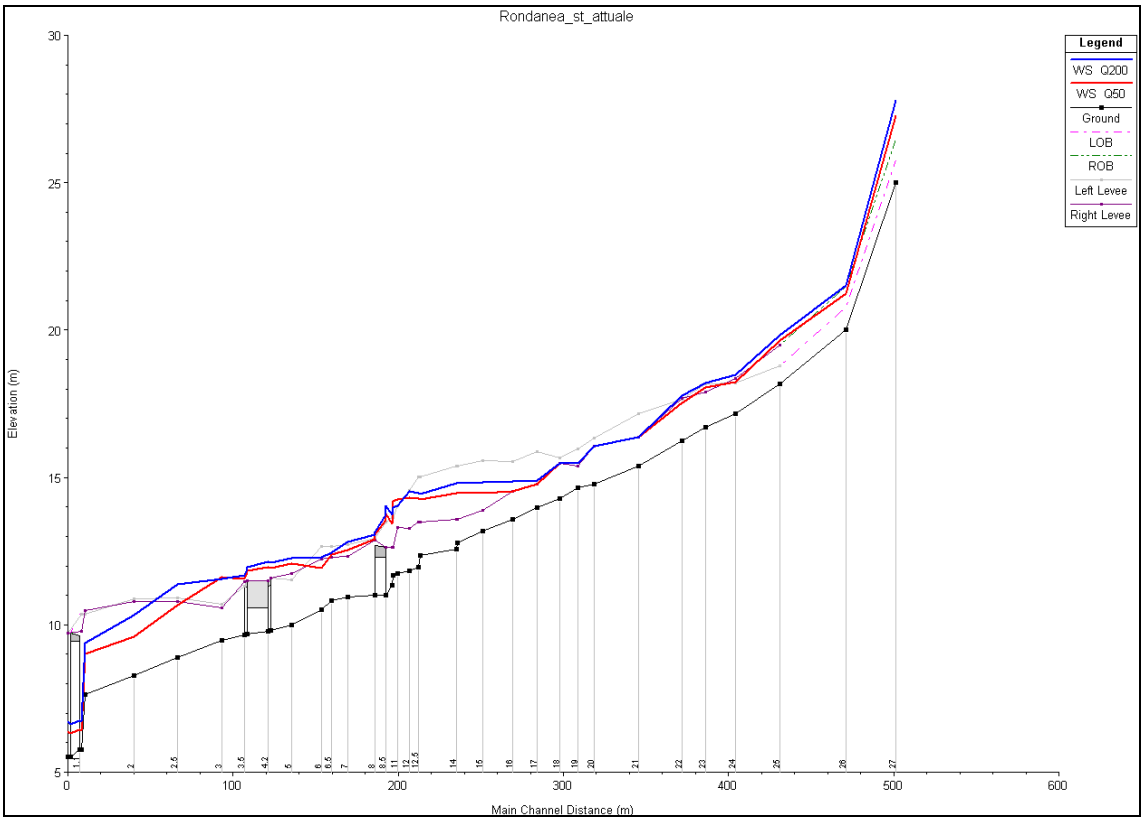


figura 4: *profilo modello idraulico di stato attuale - fuori scala*

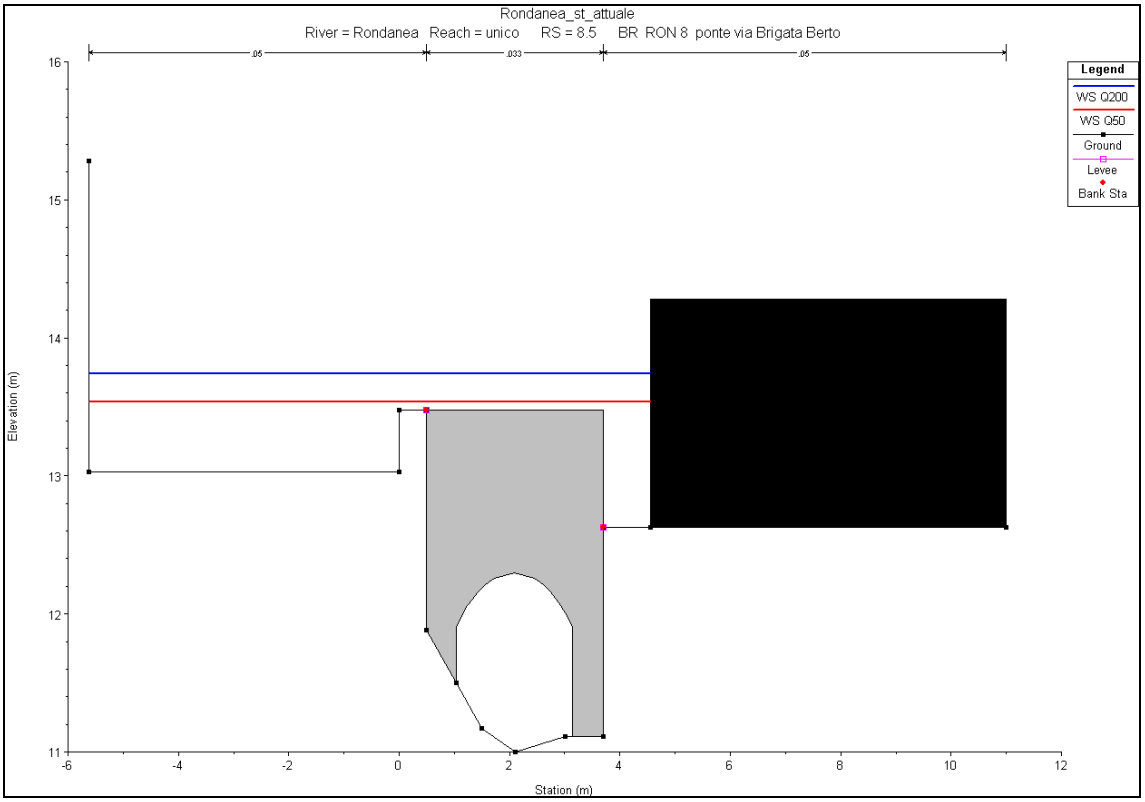


figura 5: *sezione idraulica di stato attuale rappresentativa delle criticità - fuori scala*

Il modello idraulico precedentemente descritto comunque non considera il fatto che la massima parte delle fuoriuscite di portata che avvengono a monte di via Brigata Berto non rientreranno nell'alveo del rio Rondanea andando piuttosto a inondare la piana coltivata ubicata in destra idraulica, la viabilità medesima e l'area urbanizzata a valle.

Si è quindi proceduto a realizzare un modello idraulico di stato attuale con stramazzi laterali in sponda destra tra le sezioni idrauliche 25 e 11, per una lunghezza totale di circa 230 ml. Tale opera mostra come buona parte della portata in realtà fuoriesce dall'alveo ben prima della viabilità carrabile, facendo proseguire valori compresi tra 7 e 8 mc/s per tutti e tre i valori di tempo di ritorno considerati.

Come detto sopra però, le sezioni di valle risultano ad ogni modo insufficienti anche al deflusso di tali portate nettamente inferiori ai valori originari, causando dunque ulteriori fuoriuscite, le quali si "sommano" a quelle derivanti dai volumi fuoriuscenti a monte, comportando, come detto, l'allagamento della zona urbanizzata.

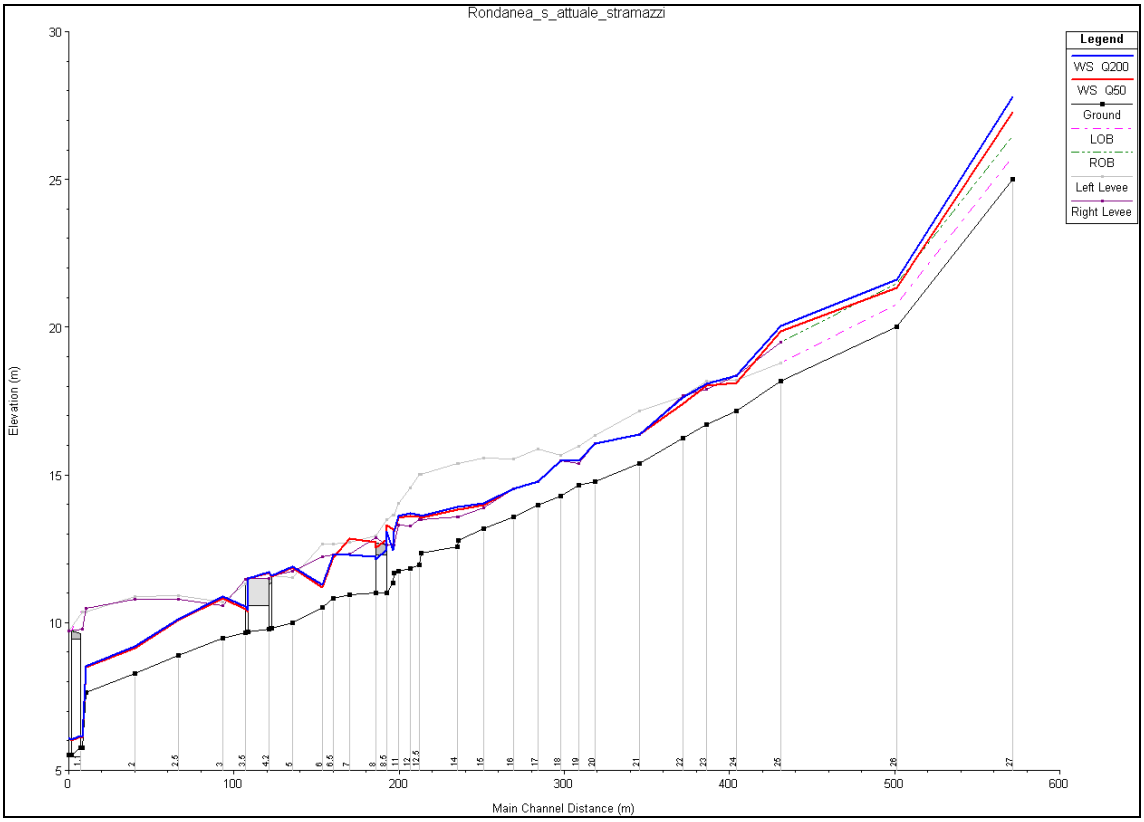


figura 6: *profilo idraulico di stato attuale con stramazzo laterale - fuori scala*

Ipotesi progettuali esaminate

Stante le grandi difficoltà a contenere la portata nell'alveo attuale del rio Rondanea, si è voluto verificare se esistessero spazi adatti a creare uno o più bacini di laminazione della piena. Considerando la conformazione del bacino, con versanti estremamente acclivi e sezioni molto incassate, appare impossibile laminare la piena nel tratto a monte di quello interessato dal modello idraulico. Qui risulta immediato osservare in sponda destra un'area coltivata a monte di via Brigata Berto, area che in prima istanza potrebbe sembrare idonea alla creazione di una vasca di laminazione della piena.

In prima battuta dunque si è ipotizzata l'ubicazione plano-altimetrica di un possibile sbarramento della piena, cercando di massimizzare il volume a tergo disponibile. Sotto il punto di vista planimetrico si è ubicato l'argine immediatamente a monte degli edifici presenti nella piana, con un'altezza massima pari a circa 2.50 ml e quota di colmo pari alla quota dell'arginatura in sinistra, anche se, al fine di non peggiorare la condizione di sicurezza della sponda sinistra medesima, la quota scelta risulta sin troppo elevata.

Tramite il rilievo topografico di dettaglio eseguito, è stato possibile costruire una serie di curve di livello a step ridotti, al fine di stimare al meglio i volumi immagazzinabili nel bacino creato alle spalle dell'argine trasversale, con un volume a vasca piena pari a circa 1000 mc, volume purtroppo limitato se confrontato con le portate in gioco. La differenza di quota di 2.50 ml viene infatti recuperata in meno di 75 metri, essendo in realtà lo spazio caratterizzato da alcuni salti di quota e comunque generalmente degradante da monte verso valle.

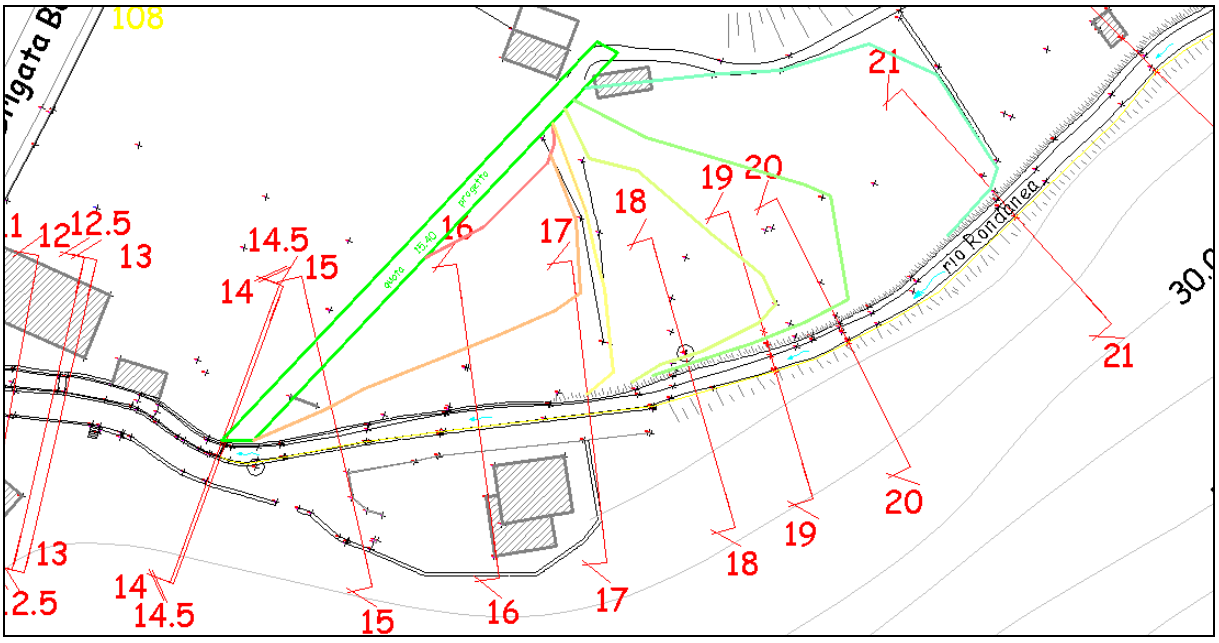


figura 7: *planimetria con indicazione linee isoquota e (in verde) possibile argine trasversale - fuori scala*

Al fine di verificare il volume utile a garantire la messa in sicurezza dell'alveo si è proceduto a costruire l'idrogramma di piena di tempo di ritorno cinquantennale, cercando il massimo volume, con la soglia dei 4 mc/s che come detto possono defluire (pur senza franchi) nell'attuale corso del rio Rondanea. In accordo con quanto riportato nel Piano di Bacino competente, tale volume risulta superiore a 10500 mc, valore di un ordine di grandezza superiore rispetto a quanto disponibile.

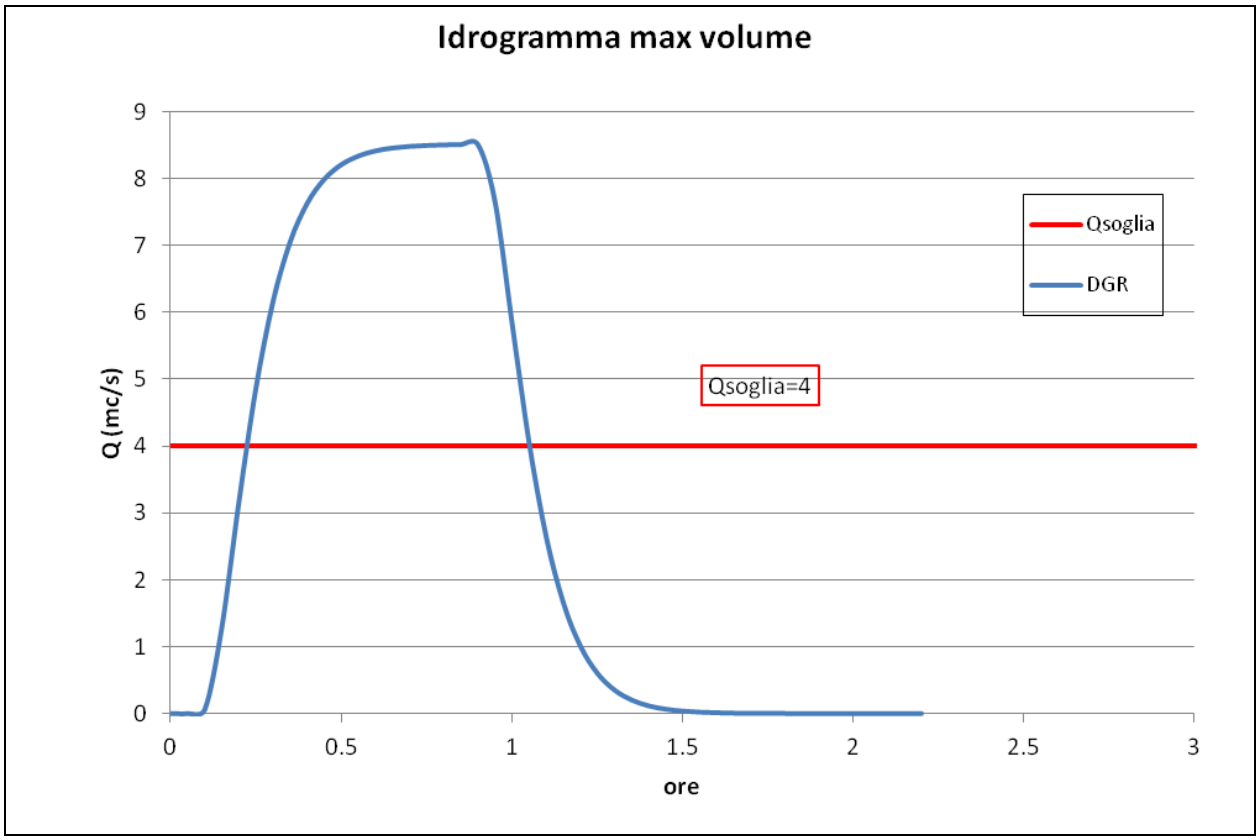


figura 8: *idrogramma corrispondente al massimo volume - Tr = 50 anni*

Pertanto l'ipotesi di utilizzare la piana coltivata come cassa di laminazione per l'evento di piena viene abbandonata, in quanto non fornisce apprezzabili risultati sotto il profilo idraulico e dunque con un rapporto costi/benefici del tutto svantaggioso.

L'alternativa finalizzata ad eliminare il rischio idraulico senza intervenire massicciamente sull'alveo attuale del rio Rondanea risulta essere la realizzazione di un canale scolmatore in grado di far defluire gran parte della portata prima che l'alveo vada a interessare il tratto a valle di via brigata Berto. L'andamento planimetrico del suddetto canale è stato studiato al fine di diminuirne il più possibile la lunghezza, ovviamente tenendo in debita considerazione la notevole densità di urbanizzazione dell'area. L'imbocco del canale viene ipotizzato nell'intorno della sezione idraulica numero 14, immediatamente a monte degli edifici che occupano lo piana a monte di via Brigata Berto.

Stante la presenza di diversi edifici e aree private, pare sostanzialmente impossibile ipotizzare uno scolmatore a cielo aperto. Si può ipotizzare pertanto un canale tombinato transitante nel terreno privato a monte di via Brigata Berto, quindi all'interno dello spazio adibito a giardino pubblico compreso tra le due viabilità carrabili e quindi portato sino all'Entella a margine dell'area attualmente occupata da alcune serre. La sua lunghezza risulta dunque pari a circa 250 ml; dimensionalmente il canale viene ipotizzato tale da renderlo in grado di smaltire l'intera portata duecentennale del rio Rondanea, il cui attuale alveo sarebbe interessato soltanto dalle portate di magra.

Il canale, stante la linea di fondo sostanzialmente legata sia alla presenza del fiume Entella (anche in questo caso il fiume Entella viene raggiunto attraverso un salto di fondo in modo da limitare il più possibile la sua risalita nello scolmatore in caso di piena) sia alle due viabilità pubbliche esistenti con quote di fatto non modificabili, viene ipotizzato di larghezza costante pari a 5.00 ml.

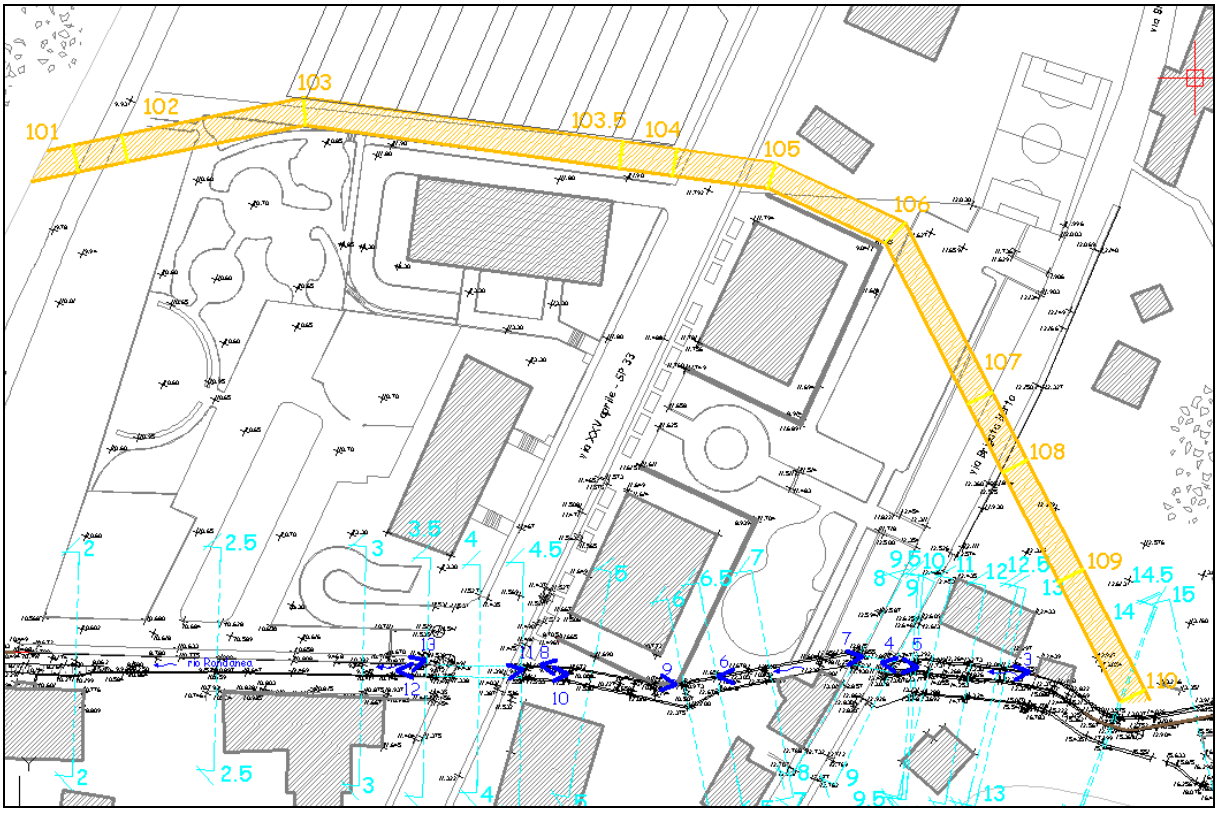


figura 9: *planimetria con ubicazione indicativa scolmatore - fuori scala*

Nel tratto a monte dell'imbocco dello scolmatore si dovrà invece permettere il contenimento dell'intera portata del rio Rondanea, mentre il modello idraulico di stato attuale mostra come la quasi totalità della sezioni sia insufficiente anche per lo smaltimento della portata di tempo di ritorno cinquantennale.

Si escludono invece interventi sul fondo, che presenta già un andamento piuttosto regolare, e allargamenti in sinistra idraulica, ove per buona parte del tratto è presente un versante piuttosto acclive e nella restante parte è ubicato il muro di delimitazione del terreno prospiciente un'abitazione.

Nell'ambito del presente scenario si inserisce pertanto un allargamento in destra idraulica, con la conseguente predisposizione di nuova arginatura (il tutto finalizzato al contenimento della portata di tempo di ritorno duecentennale), per una lunghezza pari a circa 200 metri.

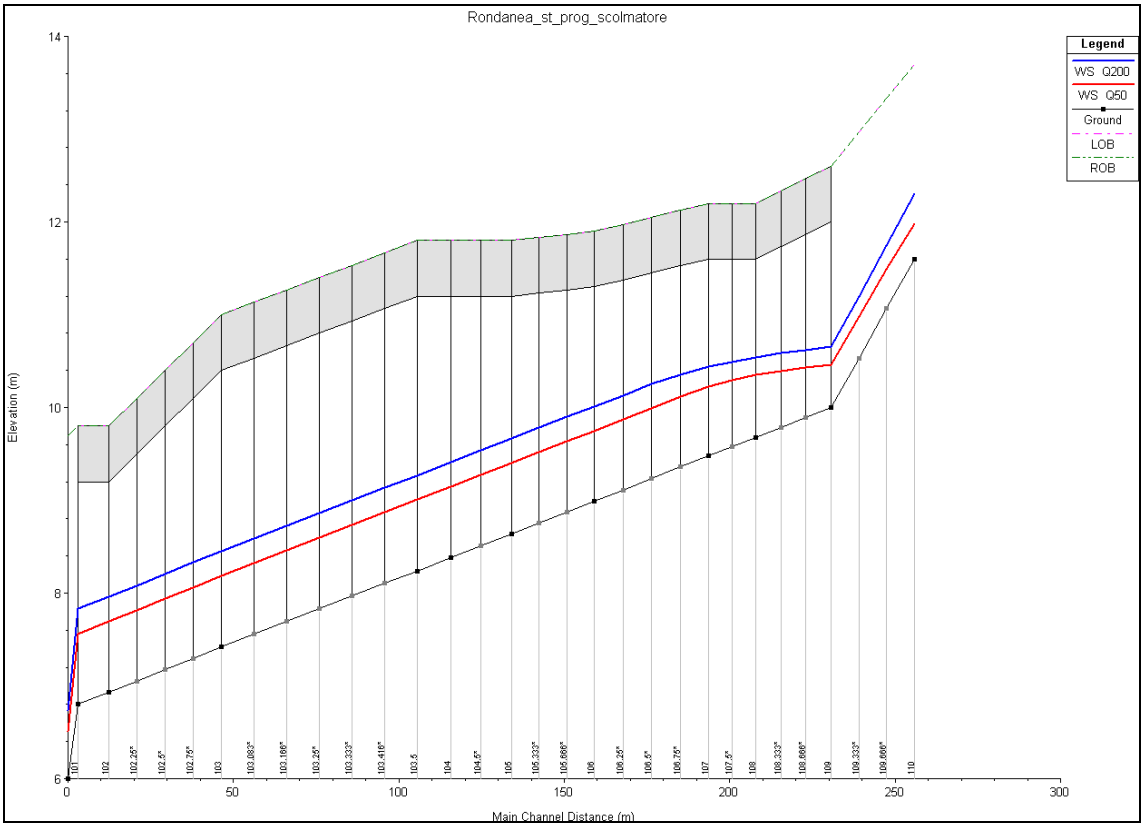


figura 10: *profilo idraulico scenario di progetto con scolmatore - fuori scala*

Tale soluzione permetterebbe il contenimento della portata duecentennale, con un franco idraulico minimo di circa 1.00 ml all'interno dello scolmatore/deviatore della portata. E' però evidente che tale intervento andrebbe ad interessare diversi terreni privati, andando peraltro a interferire con servizi presenti lungo le viabilità e con alcune vasche interrate di un distributore di carburante presente lungo la viabilità provinciale.

Inoltre si ritiene che una soluzione di questo tipo debba essere considerata come "l'ultima spiaggia" in caso di assoluta mancanza di alternative, in quanto presupporrebbe la deviazione di un corso d'acqua e la realizzazione di un nuovo tratto tombinato di notevole lunghezza, con importanti difficoltà normative, realizzative, economiche e manutentive.

Si è dunque proceduto a verificare se fosse possibile contenere quantomeno la portata di tempo di ritorno cinquantennale a seguito del rifacimento dei due ponticelli carrabili, nonché di un limitato allargamento dell'alveo, ipotizzando di allargare l'alveo a 3.50 / 4.00 ml (valori comunque quasi raddoppiati rispetto ad alcune sezioni nello stato attuale), il tutto mantenendo pari allo stato attuale le quote di fondo alveo. Il modellizzatore idraulico mostra come tale soluzione non risulti sufficiente neppure al contenimento della piena cinquantennale, con le maggiori criticità ancora concentrate in corrispondenza dei due attraversamenti carrabili, che mantengono forzatamente limitate altezze libere disponibili al deflusso.

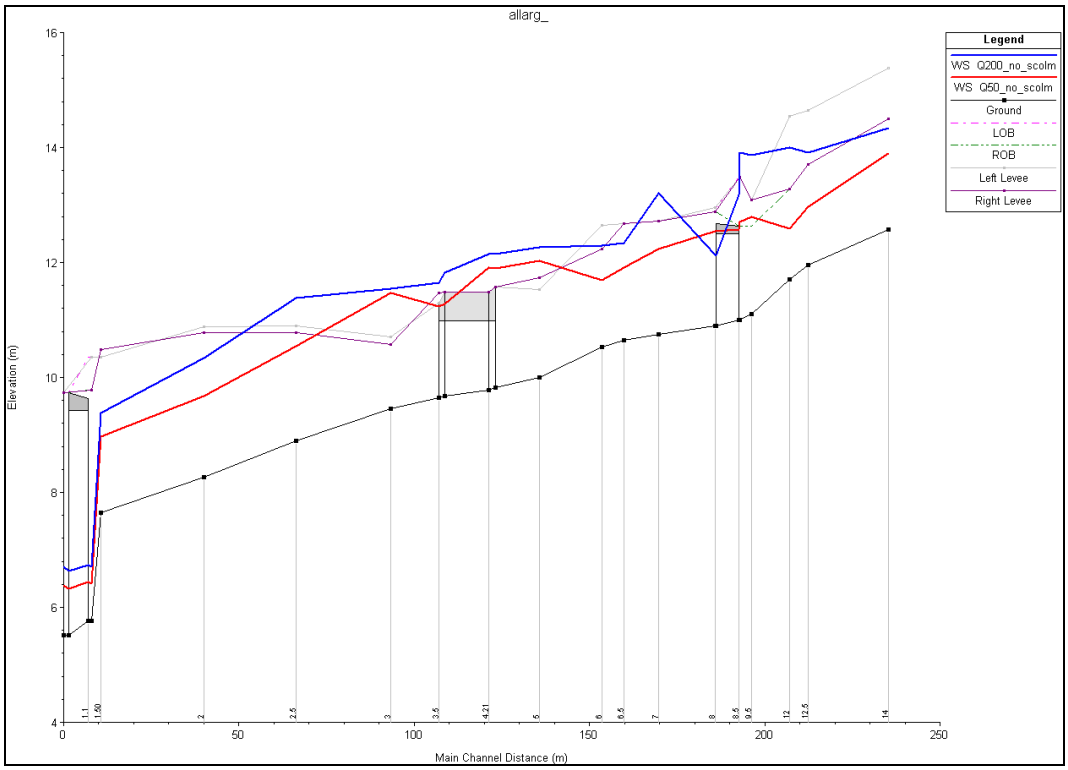


figura 11: *profilo idraulico scenario di progetto con allargamento alveo - fuori scala*

Si è quindi verificato se il solo abbassamento del fondo dell'alveo (diminuendo di un metro il salto attualmente esistente immediatamente a monte della pista ciclabile lungo il fiume Entella e riportandolo a monte di via Brigata Berto), fosse sufficiente al contenimento della portata cinquantennale, ma anche in questo caso tale intervento non risulta sufficiente a perseguire l'obiettivo.

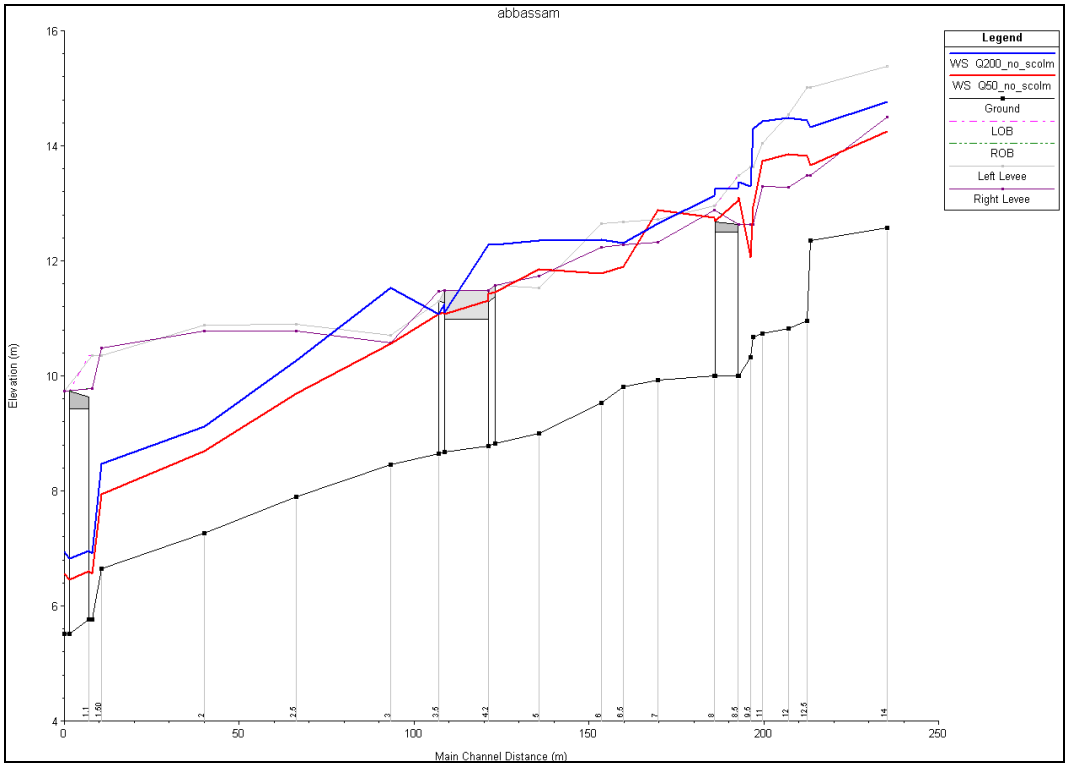


figura 12: *profilo idraulico scenario di progetto con abbassamento fondo alveo - fuori scala*

Si è dunque proceduto a integrare i due modelli idraulici riportati sopra, combinando pertanto sia un allargamento che un abbassamento del fondo. Tale modello idraulico mostra il contenimento (seppur senza i franchi idraulici di legge in diverse sezioni) della portata di tempo di ritorno cinquantennale, mentre la portata duecentennale continua a fuoriuscire, in particolare in corrispondenza dell'attraversamento della viabilità provinciale.

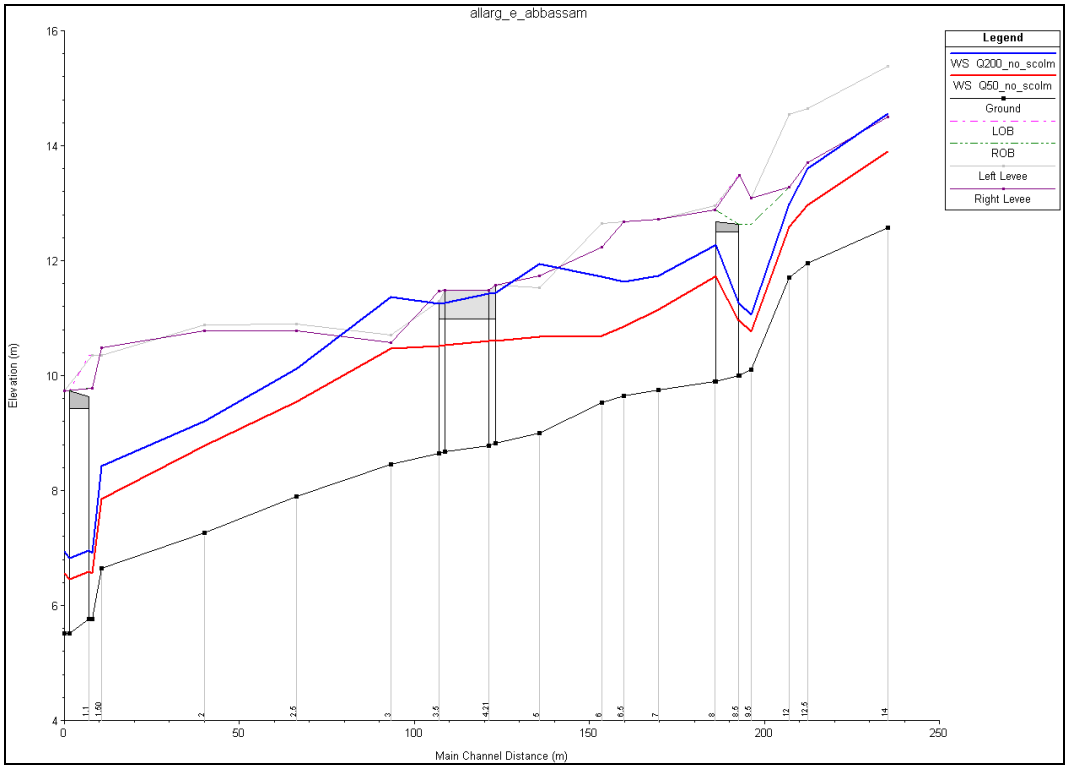


figura 13: *profilo idraulico scenario di progetto con abbassamento fondo alveo e allargamento sezioni - fuori scala*

Appare dunque evidente che la strada da intraprendere sia quella finalizzata al contenimento delle portate con adeguamento (abbassamento fondo e allargamento alveo) della sezione di deflusso lungo l'attuale percorso del corso d'acqua, risolvendo in particolare il nodo del ponticello carrabile di valle (attraversamento viabilità provinciale).

Modello idraulico di stato di progetto

A corollario delle considerazioni riportate in precedenza si è proceduto a lavorare su una soluzione che contemplasse l'allargamento delle sezioni idrauliche abbinato ad un generalizzato abbassamento del fondo dell'alveo.

Nel tratto a monte della sezione idraulica numero 14 gli spazi per un eventuale intervento di allargamento dell'alveo risultano disponibili in sponda destra (ove è presente una piana coltivata), mentre in sinistra si estende un versante con notevole acclività per circa 150 ml e un muro di delimitazione di un'abitazione per i restanti 50 ml.

Il contenimento della portata di tempo di ritorno duecentennale con il franco idraulico di legge è possibile tramite un allargamento generale delle sezioni ponendole pari a circa 5.00 ml, con la realizzazione di nuove arginature in destra idraulica.

Il tratto successivo è caratterizzato dall'elevata urbanizzazione, con in destra idraulica alcuni edifici prossimi all'attuale arginatura e in sinistra idraulica una viabilità di accesso ad altre abitazioni. L'allargamento viene dunque ridotto con larghezza di progetto pari a 3.00 ml, ma si abbina a tale intervento un abbassamento del fondo dell'alveo pari a circa 1.00 ml con la messa in opera di un nuovo salto di fondo (di altezza pari a circa 1.00 ml) atto a garantire alla corrente una sufficiente altezza netta libera per superare l'attraversamento di via Brigata Berto con il franco idraulico di legge. In tale tratto l'allargamento è previsto inizialmente in sinistra idraulica (sfruttando la possibilità di ricostruire a sbalzo una parte della viabilità esistente) e successivamente in destra idraulica, nel tratto immediatamente a monte del suddetto attraversamento, andando a demolire il fabbricato in disuso attualmente prospiciente l'alveo, fabbricato che potrà essere delocalizzato in altra area. L'allargamento delle sezioni in destra idraulica sino a 3.00 ÷ 3.20 ml (abbinato all'abbassamento con regolarizzazione delle quote di fondo esteso sino alla briglia ubicata in corrispondenza della pista ciclabile esistente in sponda sinistra del fiume Entella) risulta sufficiente al contenimento della portata di tempo di ritorno duecentennale sino alla sezione idraulica numero 6.5. Nel tratto più a valle, stante la presenza dell'attraversamento della viabilitò provinciale si dovrà forzatamente procedere ad un allargamento più significativo, sfruttando sia lo spazio in destra idraulica compreso tra l'attuale argine e la rampa di accesso ad una autorimessa sia in sinistra idraulica ove si registra la presenza di alcuni giardini di pertinenza delle abitazioni. Al fine di garantire un franco idraulico di circa 80 cm rispetto all'intradosso del nuovo ponte è necessaria una larghezza di circa 4.50 ml.

Nel tratto a valle dell'attraversamento della viabilità provinciale si provvederà ad un allargamento delle sezioni in destra e sinistra idraulica, a partire dai 4.50 ml del suddetto attraversamento sino a riportarsi allo stato attuale in corrispondenza della sezione idraulica numero 2. Al fine di reperire le larghezze necessarie e non potendo restringere in modo significativo la viabilità privata presente in sinistra né quella pubblica in destra, l'unica soluzione pare essere quella di prevedere di demolire gli attuali muri arginali, arretrandoli e ricostruendo a sbalzo in sinistra un tratto di viabilità privata (tratto di circa 30 ml con sbalzo massimo pari a circa 70 cm) e in destra il marciapiede (tratto di circa 75 ml con sbalzo massimo pari a circa 140 cm). Gli sbalzi saranno realizzati con uno spessore di 40 cm e sarà garantito il rispetto del franco idraulico sulla portata duecentennale di 50 cm rispetto al loro intradosso.

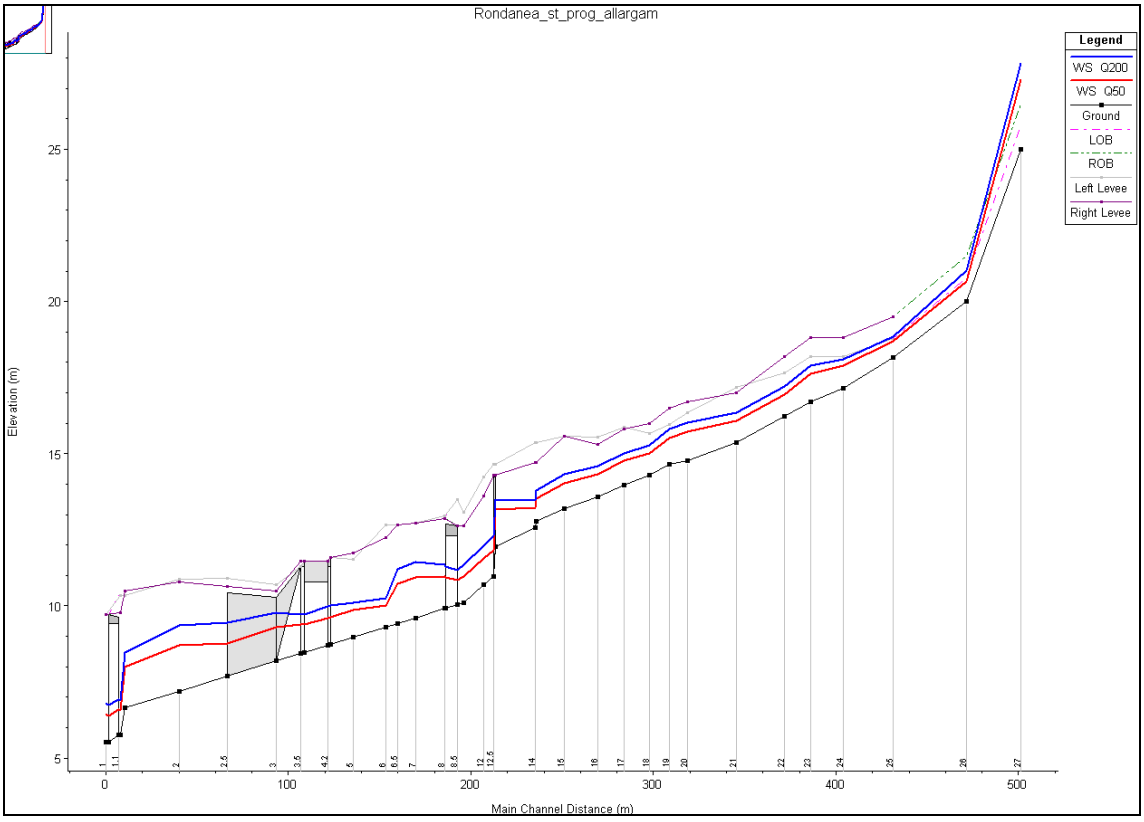


figura 14: *profilo idraulico stato di progetto – fuori scala*

Stante la pendenza media dell'alveo non particolarmente elevata, la velocità della corrente risulta mediamente pari a circa 4.00 m/s. Di conseguenza anche il carico cinetico non è molto elevato e di fatto risulta contenuto nelle nuove arginature di progetto per la maggior parte delle sezioni.

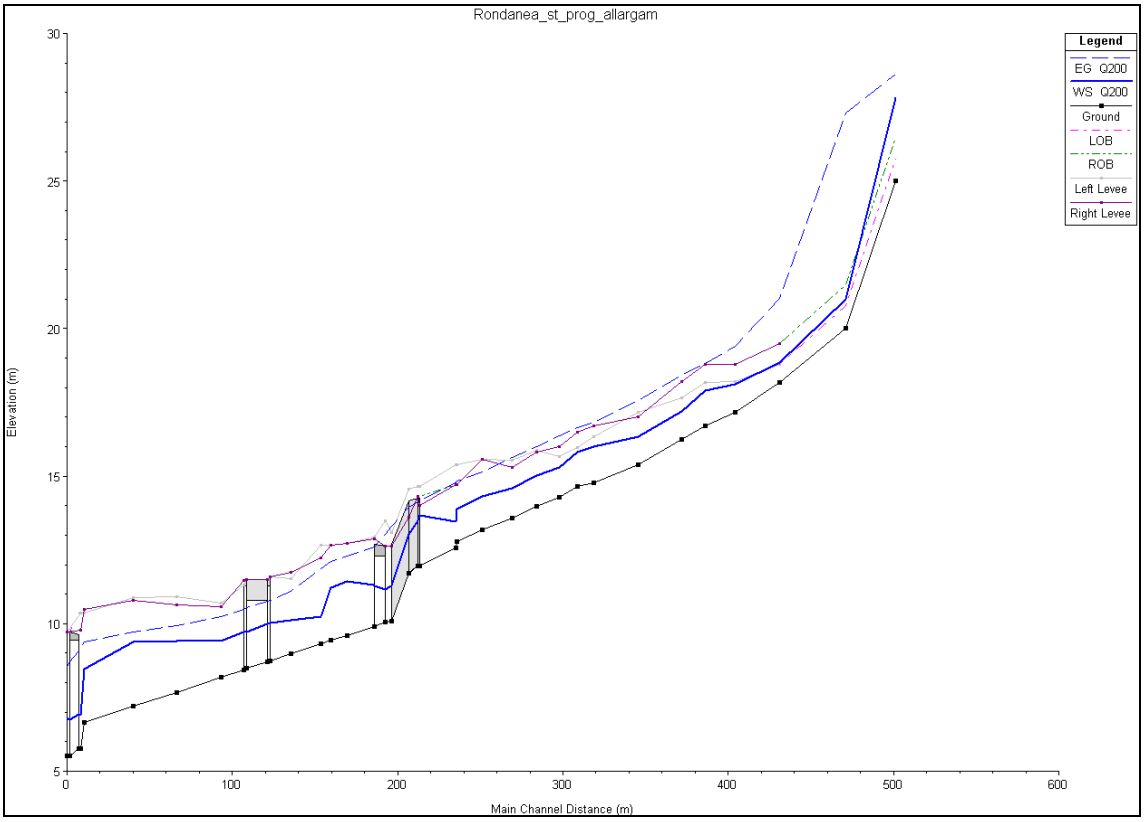


figura 15: *profilo idraulico stato di progetto con in evidenza il pelo libero e l'energia totale riferiti alla portata di tempo di ritorno duecentennale – fuori scala*

A conclusione di tutto quanto sopra e tenendo conto che, come già detto, l'eliminazione delle fasce A e B nell'area a valle della viabilità provinciale risulta imprescindibile da un diffuso intervento sull'alveo del fiume Entella indipendentemente dagli interventi che vengono qui ipotizzati per il rio Rondanea, le opere proposte nell'ambito della presente progettazione preliminare potranno – una volta condivise dagli Enti competenti - portare ad una revisione della carta fasce ad oggi vigente per la zona.

CONSIDERAZIONI INTEGRATIVE

(*nota Regione Liguria prot. n° PG/2015/149922 del 26/08/2016*)

Come detto in premessa, di seguito si riportano una serie di valutazioni con specifico riferimento a quanto richiesto dalla Regione Liguria con nota prot. n° PG/2015/149922 del 26/08/2016.

Come riportato nell'ambito della prima versione del progetto preliminare, si ritiene che le opere proposte siano in tutto il tratto tra via Berto e il fiume Entella da ritenersi il "massimo" possibile stante l'elevata urbanizzazione del tratto: ulteriori allargamenti delle sezioni risulterebbero di fatto impossibili a meno di stravolgere l'assetto urbanistico del tratto e di demolire alcuni fabbricati.

Non considerando il contributo del fiume Entella (se ne discuterà nei capitoli successivi) tutte le opere proposte consentono il transito della portata duecentennale del rio Rondanea, generalmente con ampi franchi idraulici; al fine di garantire il contenimento della linea dell'energia totale in ogni sezione, nell'ambito del presente aggiornamento del progetto preliminare si propone di innalzare ulteriormente alcune arginature a monte di via Brigata Berto, nonché di innalzare di circa 15 cm la quota asfalto del ponticello medesimo (e di conseguenza il suo intradosso).

Con tali ulteriori interventi la linea dell'energia totale risulta contenuto in ogni sezione del modello.

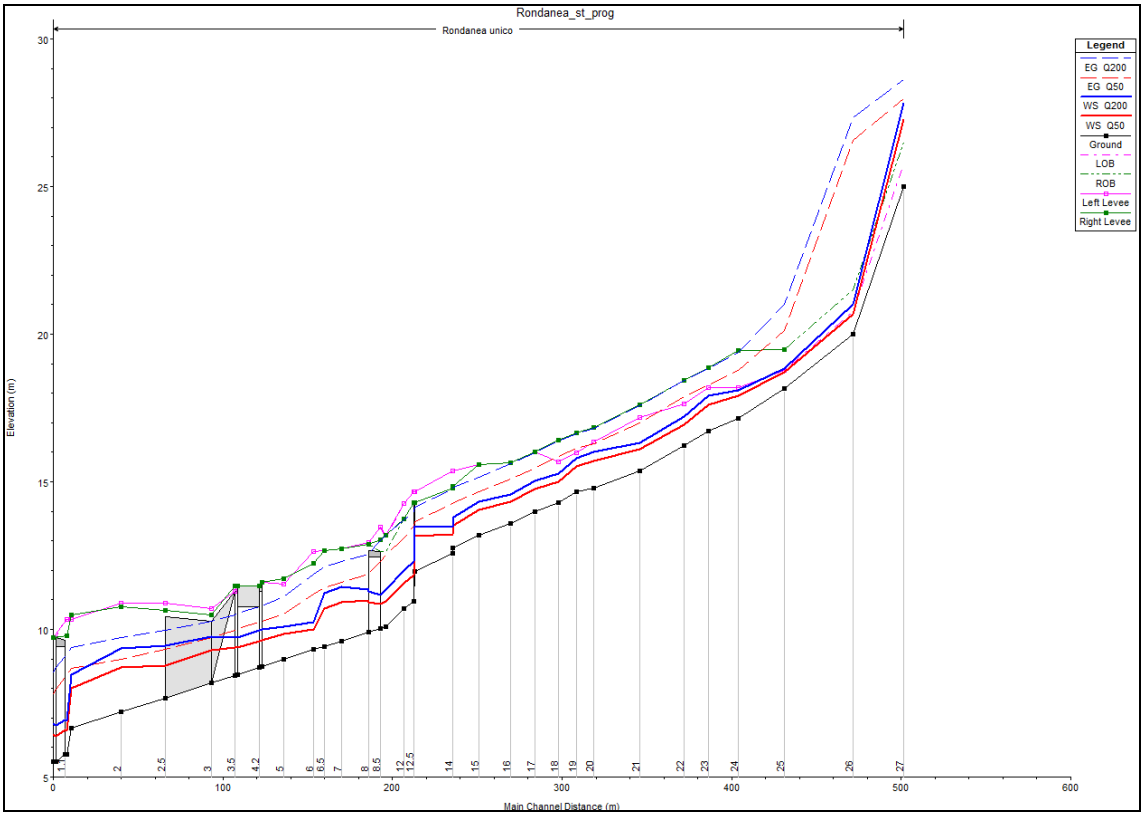


figura 16: *profilo modello di progetto - fuori scala*

L'unica sezione al limite risulta essere l'attraversamento di via Brigata Berto, ove il franco "geometrico" è superiore a 1,25 ml e il carico risulta comunque contenuto nell'impalcato del ponticello.

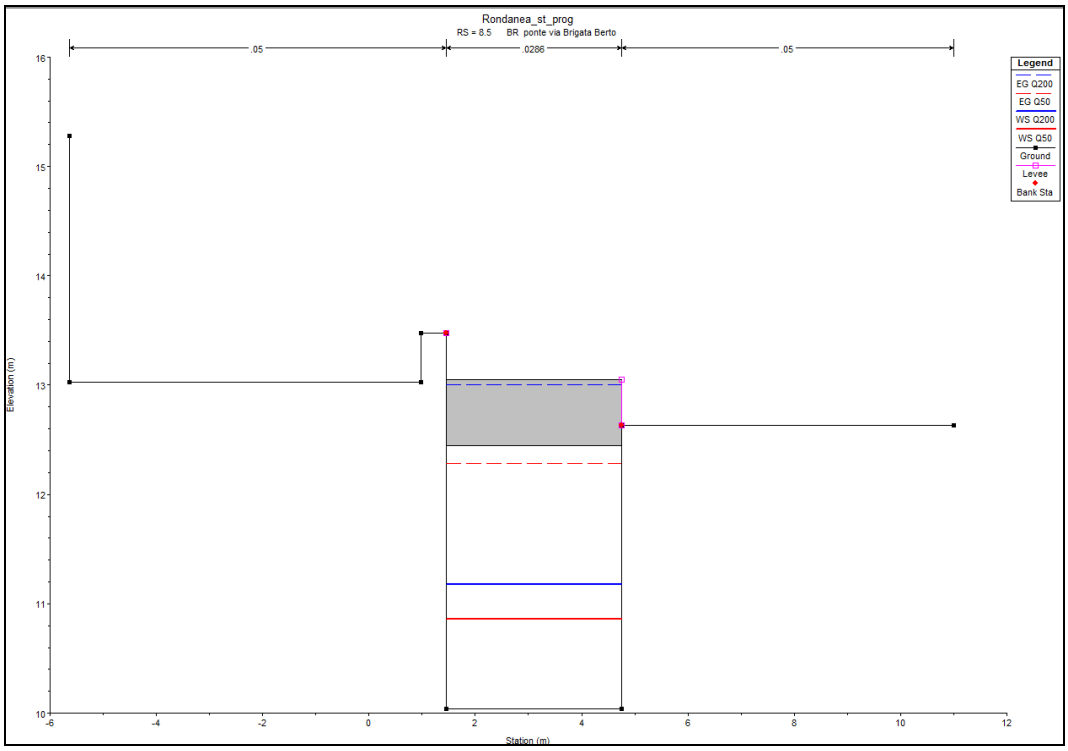


figura 17: *sezione attraversamento via Brigata Berto - fuori scala*

Sensibilità Ks e trasporto solido

Al fine di verificare la stabilità della modellazione idraulica proposta a progetto, si è proceduto a diminuire il valore di Ks all'interno della modellazione di progetto, imponendo un valore di 25 $m^{1/3}/s$ in tutte le sezioni. In aggiunta, si è proceduto ad innalzare di 20 cm le quote di fondo in tutto l'alveo, al fine di simulare la presenza di una quota parte di materiale solido in accumulo sul fondo alveo.

Tale modello mostra come continui ad essere garantito ovunque il contenimento della portata duecentennale, peraltro con franchi idraulici significativi nella maggior parte delle sezioni e perfino contenimento della linea dell'energia totale nella maggioranza delle sezioni, a conferma della grande stabilità della modellazione.

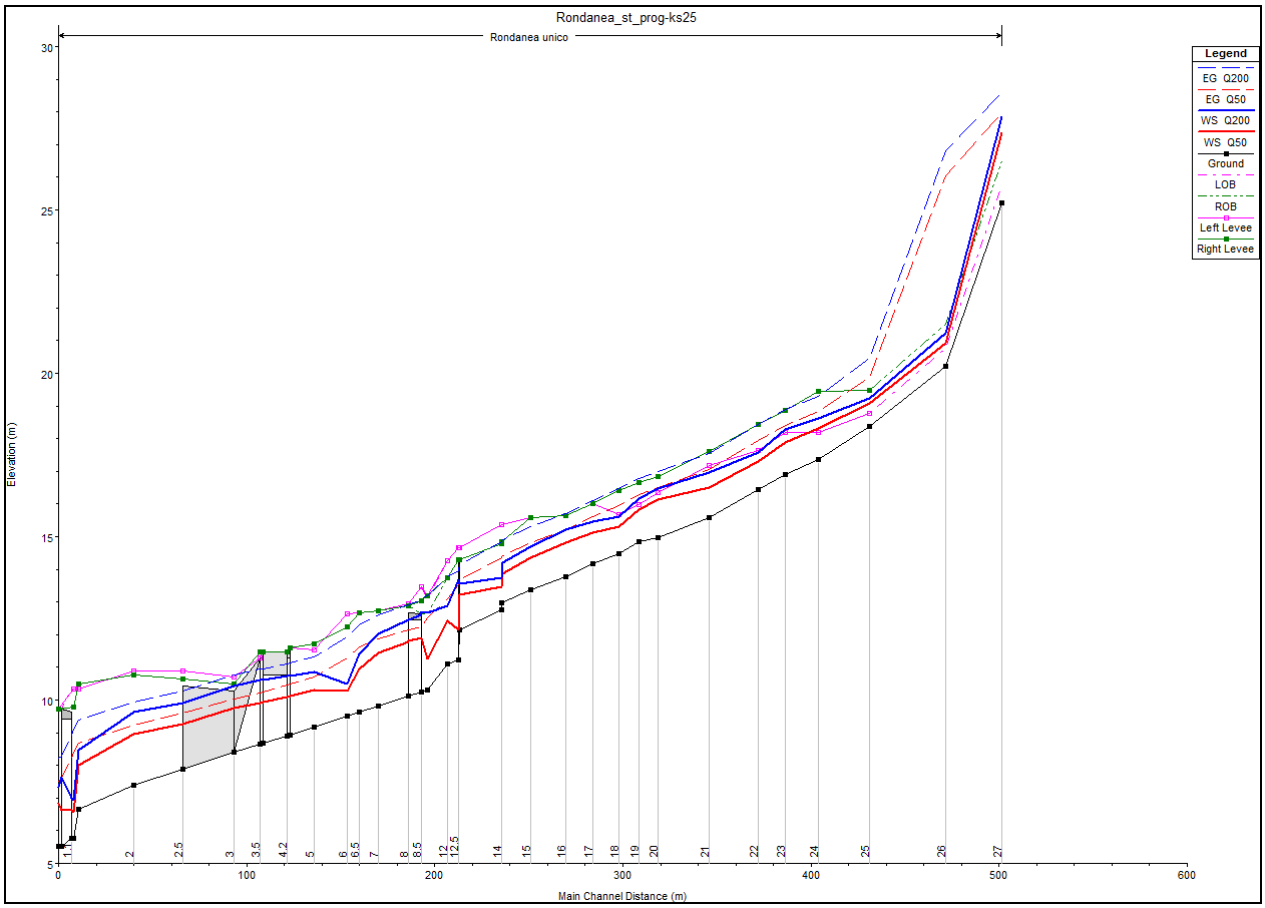


figura 18: *profilo modello di progetto con Ks = 25 $m^{1/3}/s$ e fondo alveo alzato di 20 cm - fuori scala*

Si ritiene pertanto che la configurazione di progetto sia in grado di sopportare anche una quota parte di materiale solido superiore ai 20 cm qui ipotizzati.

Per quanto attiene la "tenuta" nel tempo della configurazione di fondo prevista a progetto, si sottolinea come il tratto oggetto di abbassamento del fondo alveo (tratto sezioni 12.5 - 1.5), al di là del salto di fondo e di un breve "scivolo" di avvio, verrà realizzato con una pendenza unica di fatto parallela alla quota di fondo alveo attuale e dunque presumibilmente tale da mantenersi nel tempo a meno di lievi oscillazioni, oscillazioni che si ritiene comunque non possano pregiudicare la funzionalità idraulica della modellazione.

In ogni caso a favore di sicurezza verranno realizzate delle soglie di fondo tali da garantire che la corrente non possa andare a scavare al di sotto della quota di fondo prevista, andando ad erodere le arginature al loro piede.

Inoltre, allo scopo di limitare al massimo possibile il trasporto solido associato alle piene, viene prevista la predisposizione di una briglia a pettine al limite di monte della modellazione idraulica.

Si fa peraltro notare che l'abbassamento proposto è in linea con quanto previsto nello "studio di fattibilità per la regimazione del fiume Entella e la riorganizzazione del sistema viario - infrastrutturale dell'intera area con connessione alle vallate", anzi risulta più contenuto (circa 1 metro anziché i 2 metri previsti nello studio suddetto).

Comunque, nelle successive fasi progettuali sarà possibile, se ritenuto necessario, procedere a campagne di campionatura del materiale solido in alveo andando poi ad effettuare analisi morfodinamiche più dettagliate.

Stante i risultati delle modellazione sopra descritti, si può dunque sostenere che a seguito della realizzazione delle opere di cui sopra la portata duecentennale del rio Rondanea sarà ampiamente contenuta e dunque (senza considerare al momento la presenza del fiume Entella in piena), le fasce A e B proprie del rio Rondanea siano mutabili in fascia C.

Stima aree messe in sicurezza a seguito degli interventi

Così come richiesto nell'ambito della nota della Regione Liguria più volte citata, si è proceduto - con l'ausilio dell'Amministrazione Comunale e dei suoi Uffici - ad effettuare una stima delle aree messe in sicurezza a seguito degli interventi di primo lotto precedentemente descritti, stima che seppur di livello assolutamente preliminare possa consentire una prima analisi costi-benefici degli interventi medesimi.

Come noto la carta fasce vigente nelle aree oggetto del presente progetto preliminare deriva da una "fusione" tra le fasce derivanti dall'insufficienza idraulica propria del rio Rondanea e affluenti e quelle legate al deflusso del fiume Entella.

Si riporta di seguito la carta fasce (ad oggi non più vigente) rappresentativa del solo "contributo" del fiume Entella.



figura 19: *stralcio carta fasce fiume Entella - assetto precedente ad aggiornamento con deflusso rio Rondanea - fuori scala*

A seguito delle analisi idrauliche effettuate lungo il tratto terminale del rio Rondanea, è stata predisposta (dalla allora Provincia di Genova) la carta fasce ad oggi vigente e riportata di seguito.

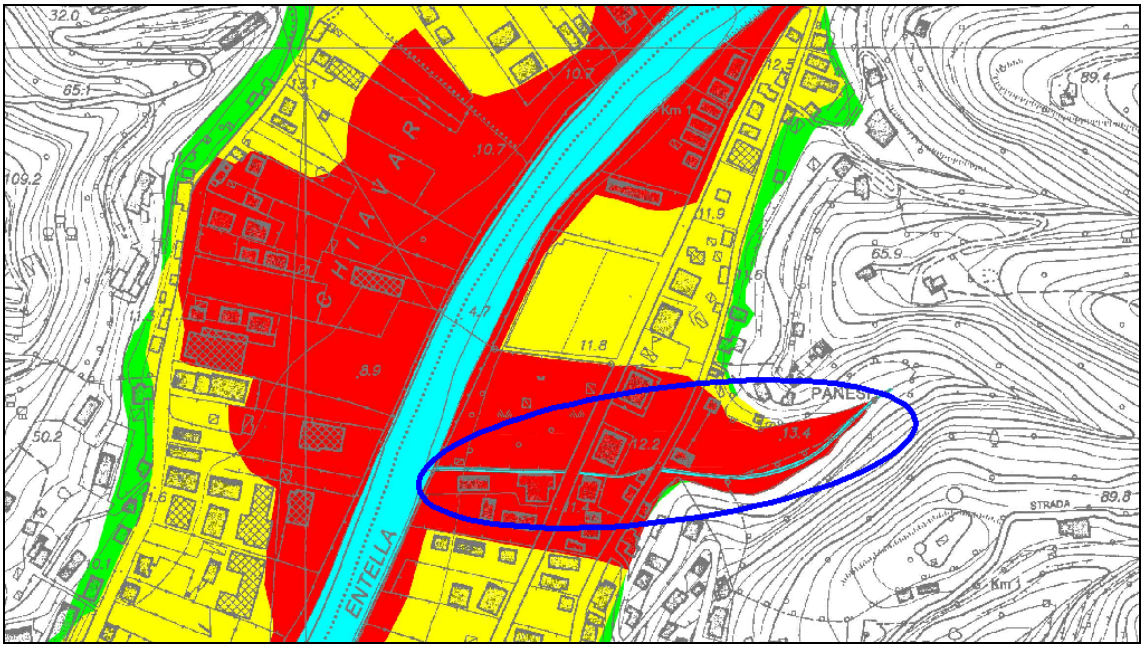


figura 20: *stralcio carta fasce fiume Entella - assetto vigente - fuori scala*

Da un confronto tra le due cartografie precedentemente riportate risulta evidente come la quasi totalità dell'area mappata come fascia A nell'intorno del rio Rondanea è dovuta al solo rio medesimo, mentre la fascia B del solo fiume Entella può essere estesa sino a circa via Brigata Berto.

A seguito delle opere di cui al presente progetto preliminare si può sostenere che tutte le aree a monte di via Brigata Berto possano essere declassificate in fascia C, mentre l'intera classificazione di fascia A sopra riportata verrebbe declassificata in fascia B e/o B0.

Indicativamente, all'interno di tale area verranno messe in sicurezza circa 150 persone in qualità di residenti; a questi andrà aggiunto un ulteriore 10 ÷ 15 % derivante dalla presenza di alcune attività commerciali esistenti nell'area. In totale pertanto si può già in questa fase ipotizzare che circa 170 persone siano interessate dall'intervento sopra descritto. Si segnala inoltre che nell'area di cui sopra risultano presenti due *viabilità* di primaria importanza (viabilità provinciale e via Brigata Berto).

Inoltre si fa qui presente che la mappatura sopra indicata tiene conto della presenza dell'Entella in piena: in caso di piena del solo rio Rondanea, anche ovviamente le aree a valle di via Brigata Berto risulterebbero beneficiare pesantemente degli interventi qui proposti, impedendo le fuoriuscite di portata inevitabili nella configurazione attuale. Questo accadrà anche quando verranno realizzate le opere di messa in sicurezza del fiume Entella.

Si stima che in questo caso (opere lungo il tratto terminale del rio Rondanea + messa in sicurezza fiume Entella) le persone che beneficeranno di detti interventi sono stimabili (modalità di valutazione analoga a quanto sopra) in circa 450 ÷ 500 unità, oltre alle sopra citate infrastrutture viarie.

Analisi con fiume Entella

Così come riportato nell'ambito della relazione idraulica associata alla progettazione preliminare datata ottobre 2014, si ritiene che la modellazione più realistica di una piena del rio Rondanea sia quella proposta in precedenza, ovvero non considerando il fiume Entella come in piena: stante infatti il bacino idrografico di dimensione limitata e l'elevata acclività dei versanti, il tempo di raggiungimento del picco di piena per il rio Rondanea risulta assai limitato (nell'ordine di qualche decina di minuti dall'inizio delle precipitazioni), tempo in cui (ovviamente a meno di un lungo periodo di perturbazioni su tutto il suo bacino) l'Entella risulta essere sostanzialmente ancora in condizioni magra, o quanto meno difficilmente presenterà un livello idrico superiore a 3 metri, livello a partire dal quale si inizia a registrare una forte interazione tra le due piene.

Nell'ambito del presente aggiornamento della progettazione preliminare, anche in risposta alla nota della Regione Liguria prot. PG/2015, si è comunque proceduto ad inserire nei modelli idraulici anche come condizione al contorno di valle i livelli del fiume Entella.

Al fine di scegliere i livelli di piena del fiume Entella nelle sezioni di interesse si è consultato lo "*studio di fattibilità per la regimazione del fiume Entella e la riorganizzazione del sistema viario - infrastrutturale dell'intera area con connessione alle vallate*", non ancora ufficialmente adottato, ma sicuramente con una modellazione maggiormente sofisticata.

Nell'ambito degli elaborati a noi forniti sono indicati i livelli idraulici relativi alla portata di tempo di ritorno duecentennale sia nella condizione attuale che a seguito delle opere a progetto per il contenimento della piena del fiume Entella.

In corrispondenza dello sbocco del rio Rondanea risulta presente la sezione 18 del fiume Entella, per la quale si sono identificati i seguenti livelli:

livello attuale (Q Tr = 200 anni) = 13.62 m

livello di progetto (Q Tr = 200 anni) = 13.78 m

Dal confronto tra le quote lungo la viabilità provinciale (S.P. n°33) dello studio di fattibilità sopra citato e quelle rilevate dagli scriventi (agganciate alle quote della C.T.R.)., si è potuto desumere come il sistema di riferimento sia significativamente differente (nell'ordine dei 140 cm): si è dunque proceduto a traslare i livelli sopra riportati di 140 cm, inserendo nella modellazione i seguenti valori:

livello attuale (Q Tr = 200 anni) = 12.22 m

livello di progetto (Q Tr = 200 anni) = 12.38 m

Come noto e in accordo con la carta fasce vigente dell'area anche nella configurazione attuale le quote della piena risultano essere superiori alle quote della viabilità S.P. n°33 - via XXV aprile, con ovvie e pesantissime interferenze con il deflusso del rio Rondanea.

Fermo restando che le combinazioni possibili di piena risultano molteplici (Q 50 - 200 - 500 rio Rondanea attuale e progetto associabili a Q 50 - 200 - 500 fiume Entella attuale e progetto), ad oggi si dispone soltanto dei due livelli duecentennali del fiume Entella (attuale progetto) e sono dunque questi due livelli che vengono inseriti come condizioni al contorno di valle.

Il modello di stato attuale mostra come per una piena cinquantennale e duecentennale del rio Rondanea la piena dell'Entella venga risentita sino circa al ponticello di via Brigata Berto.

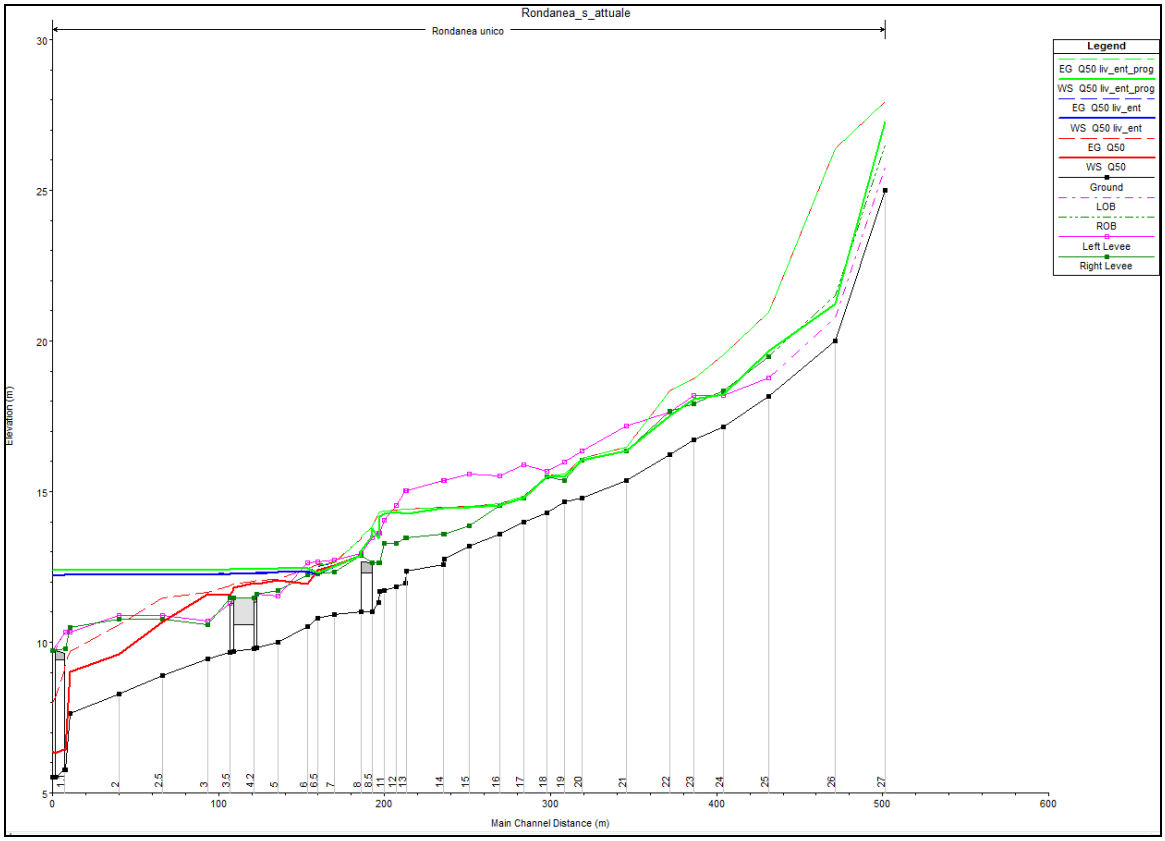


figura 21: *profilo piena Tr = 50 anni attuale rio Rondanea con diverse condizioni al contorno di valle - in rosso non considerando Entella - in blu livello Q200 Entella attuale - in verde Q200 Entella progetto - fuori scala*

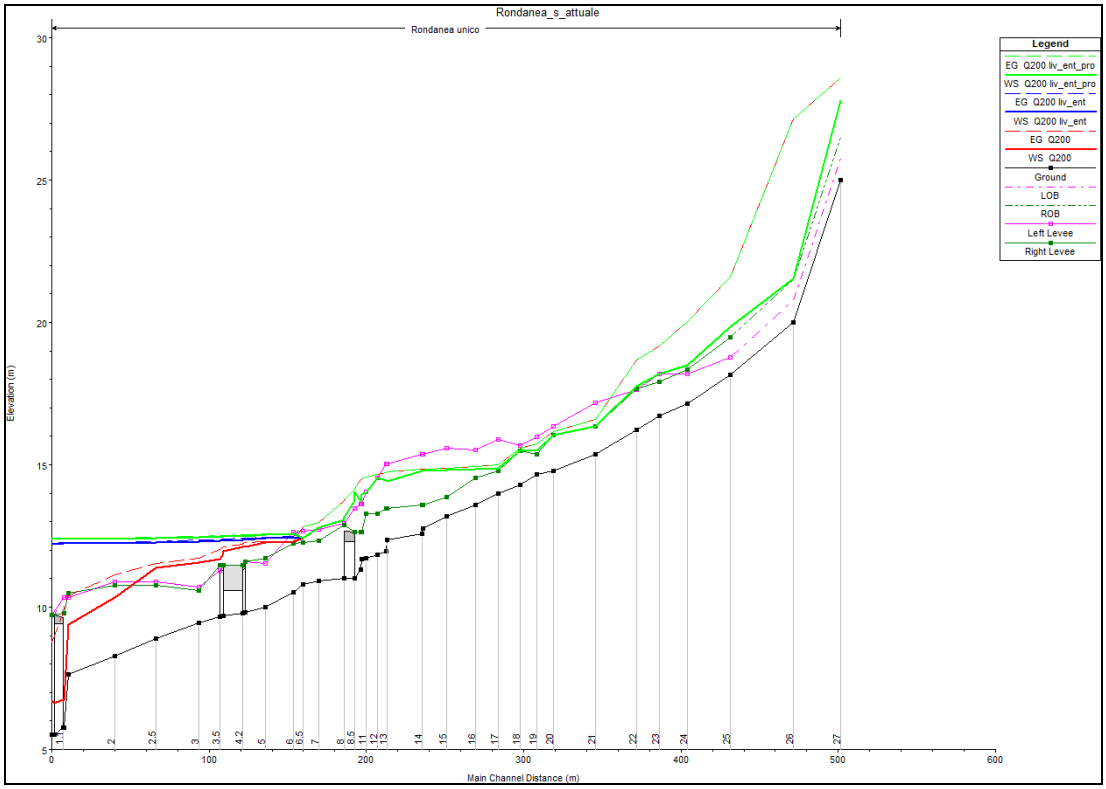


figura 22: *profilo piena Tr = 200 anni attuale rio Rondanea con diverse condizioni al contorno di valle - in rosso non considerando Entella - in blu livello Q200 Entella attuale - in verde Q200 Entella progetto - fuori scala*

La stessa verifica è stata effettuata sul modello di progetto, con effetti del fiume Entella estesi anche in questo caso sino all'attraversamento di via Brigata Berto.

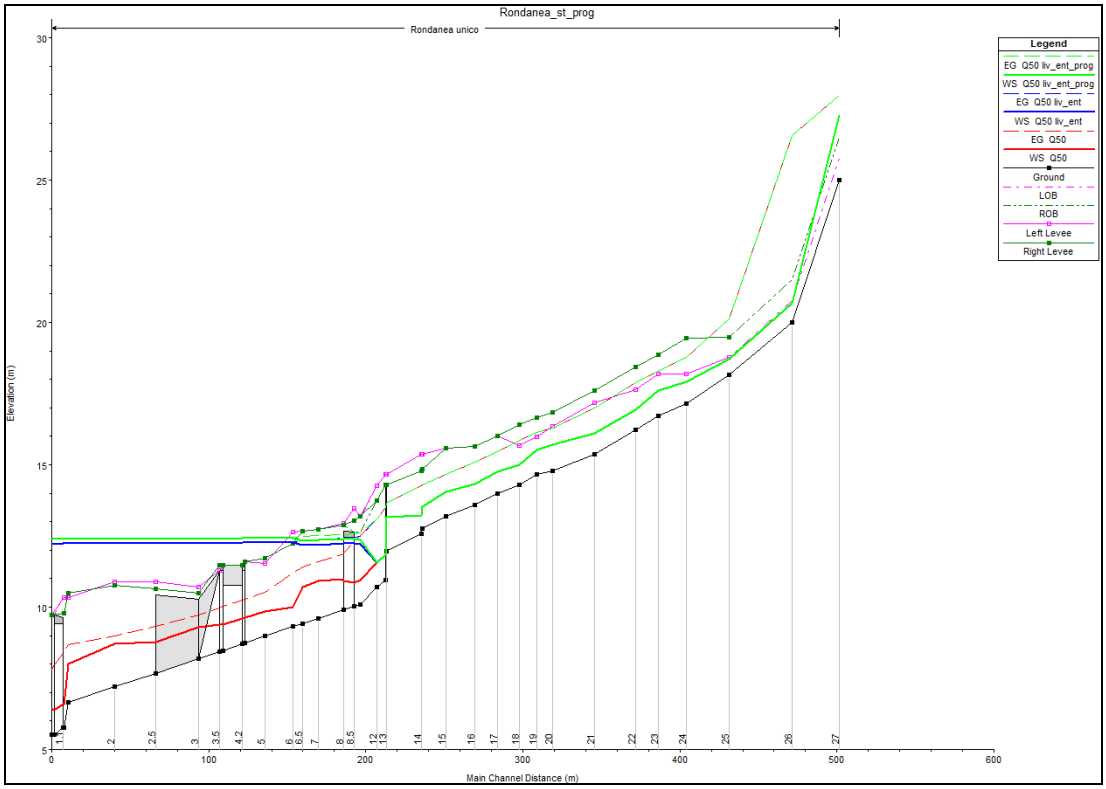


figura 23: *profilo piena Tr = 50 anni progetto rio Rondanea con diverse condizioni al contorno di valle - in rosso non considerando Entella - in blu livello Q200 Entella attuale - in verde Q200 Entella progetto - fuori scala*

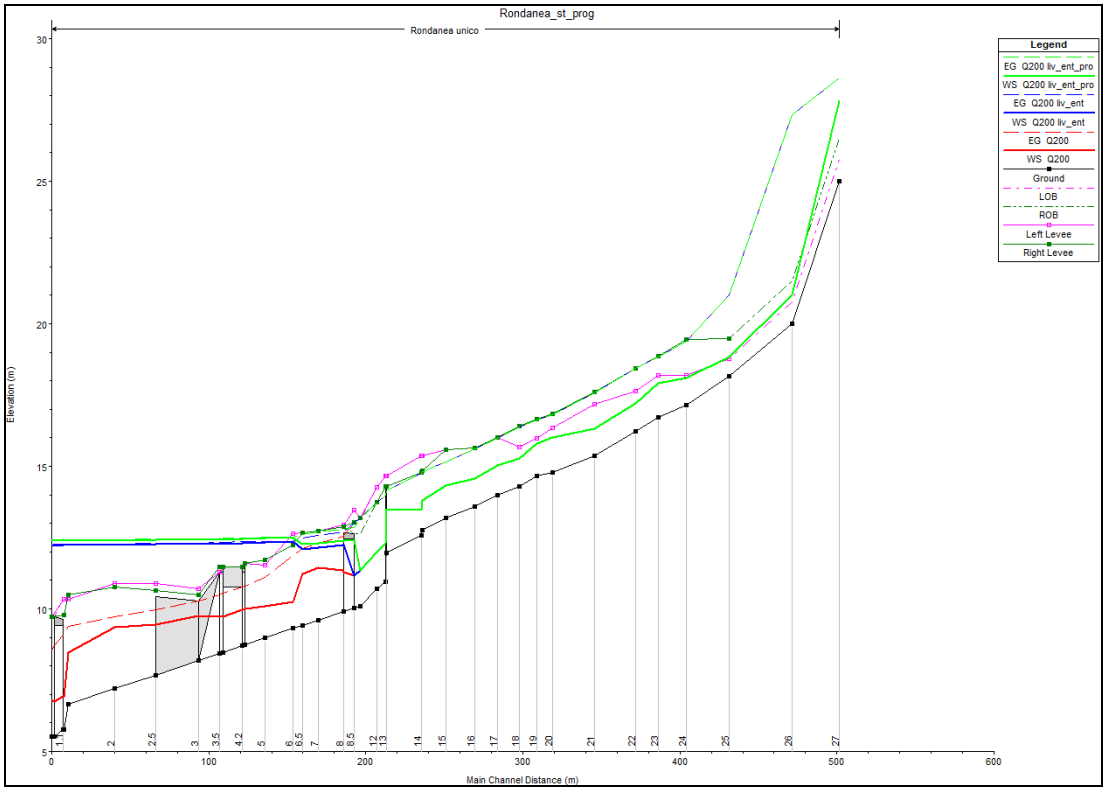


figura 24: *profilo piena Tr = 200 anni progetto rio Rondanea con diverse condizioni al contorno di valle - in rosso non considerando Entella - in blu livello Q200 Entella attuale - in verde Q200 Entella progetto - fuori scala*

Si segnala peraltro che in corrispondenza del tratto terminale del rio Rondanea lo "studio di fattibilità per la regimazione del fiume Entella e la riorganizzazione del sistema viario" prevedeva un limitato allargamento delle sezioni idrauliche, un abbassamento estremamente significativo del fondo alveo (sino a 2,00 ml con la realizzazione di due salti di fondo) e l'innalzamento di parapetti con colmo alla quota di 12,93 m (quota adeguata al sistema di riferimento usato nel presente progetto preliminare), il tutto finalizzato a contenere il livello del fiume Entella impedendo che esso possa entrare nell'alveo a cielo aperto del rio Rondanea.

Le opere previste nell'ambito del presente progetto preliminare, per quanto lievemente difformi (abbassamento del fondo alveo qui più contenuto) risultano di fatto compatibili con le opere di cui al sopra citato studio di fattibilità e le nuove arginature saranno già predisposte per poter sostenere l'eventuale innalzamento di parapetti.

studio tecnico associato ing. sergio brizzolara & ing. stefano sturla
via Cap. Renato Orsi 31/20 - 16043 Chiavari (GE) P.I.V.A. e C.F. 01455710994
☎ +39 0185 370127 +39 0185 368280 ✉ b3s@b3s.it - b3s@pec.b3s.it

MODELLO IDRAULICO MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE

RIO RONDANEA – STATO ATTUALE

Piano di Bacino stralcio D.L. 180/98 e ss.mm.ii. - ambito 16

rondanea_st_attuale

- *tabelle riassuntive dati e risultati*
- *profili in asse al corso d'acqua*
- *sezioni trasversali del corso d'acqua*

Chiavari, li febbraio 2016

Il Tecnico

Ing. Sergio Brizzolara



HEC-RAS Plan: SA_CU River: Rondanea Reach: unico

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)	
unico	27	Q50	14.30	25.00	27.28	27.28	27.94	0.013425	3.77	4.57	3.96	0.92
unico	27	Q200	22.40	25.00	27.80	27.80	28.58	0.011859	4.23	6.89	4.93	0.90
unico	26	Q50	14.30	20.00	21.23	22.21	26.39	0.293991	10.23	1.49	2.44	3.77
unico	26	Q200	22.40	20.00	21.52	22.62	27.14	0.243775	10.86	2.29	3.14	3.55
unico	25 RON 25	Q50	14.30	18.16	19.65	20.09	20.97	0.054669	5.59	3.31	6.67	1.79
unico	25 RON 25	Q200	22.40	18.16	19.84	20.36	21.58	0.062327	6.70	4.83	9.56	1.97
unico	24 RON 24	Q50	14.30	17.15	18.23	18.73	19.53	0.050789	5.04	2.84	3.19	1.69
unico	24 RON 24	Q200	22.40	17.15	18.49	18.93	20.03	0.048037	5.69	4.93	11.52	1.69
unico	23 RON 23	Q50	14.30	16.71	18.06	18.30	18.75	0.023509	3.77	4.64	12.68	1.14
unico	23 RON 23	Q200	22.40	16.71	18.20	18.50	19.16	0.033115	4.67	6.59	14.50	1.38
unico	22 RON 22	Q50	14.30	16.23	17.53	17.83	18.35	0.030397	4.03	3.55	3.77	1.32
unico	22 RON 22	Q200	22.40	16.23	17.76	18.05	18.69	0.030050	4.49	6.44	13.28	1.34
unico	21 RON 21	Q50	14.30	15.38	16.36	16.36	16.46	0.006783	1.70	10.66	14.83	0.61
unico	21 RON 21	Q200	22.40	15.38	16.36	16.36	16.60	0.016643	2.67	10.66	14.83	0.96
unico	20 RON 20	Q50	14.30	14.77	16.05	16.05	16.10	0.002773	1.17	14.44	14.82	0.36
unico	20 RON 20	Q200	22.40	14.77	16.05	16.05	16.18	0.006805	1.83	14.44	14.82	0.56
unico	19 RON 19	Q50	14.30	14.65	15.48	15.38	15.58	0.007550	1.71	10.39	14.89	0.65
unico	19 RON 19	Q200	22.40	14.65	15.49	15.40	15.73	0.018019	2.65	10.48	14.89	1.01
unico	18 RON 18	Q50	14.30	14.28	15.48	15.48	15.53	0.002338	1.04	15.22	14.96	0.35
unico	18 RON 18	Q200	22.40	14.28	15.48	15.48	15.59	0.005738	1.62	15.22	14.96	0.55
unico	17 RON 17	Q50	14.30	13.98	14.78	14.78	14.84	0.003613	1.01	13.48	14.97	0.38
unico	17 RON 17	Q200	22.40	13.98	14.89	14.78	15.00	0.006150	1.42	15.10	14.97	0.50
unico	16 RON 16	Q50	14.30	13.58	14.53	14.53	14.59	0.003633	1.20	13.61	14.97	0.40
unico	16 RON 16	Q200	22.40	13.58	14.85	14.53	14.92	0.003412	1.35	18.38	14.98	0.39
unico	15 RON 15	Q50	14.30	13.18	14.48	13.88	14.51	0.001693	0.88	17.24	14.98	0.25
unico	15 RON 15	Q200	22.40	13.18	14.82	13.94	14.87	0.001802	1.02	22.43	14.98	0.26

HEC-RAS Plan: SA_CU River: Rondanea Reach: unico (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)	
unico	14.5	Q50	14.30	12.77	14.45	13.76	14.49	0.001335	0.98	17.92	14.86	0.26
unico	14.5	Q200	22.40	12.77	14.80	13.91	14.85	0.001495	1.13	23.05	14.91	0.27
unico	14 RON 14	Q50	14.30	12.57	14.45	13.75	14.49	0.001266	0.96	18.27	14.87	0.24
unico	14 RON 14	Q200	22.40	12.57	14.80	13.90	14.85	0.001441	1.12	23.41	14.92	0.26
unico	13 RON 13	Q50	14.30	12.35	14.27	13.53	14.42	0.005822	2.01	8.65	4.97	0.47
unico	13 RON 13	Q200	22.40	12.35	14.43	13.87	14.75	0.011021	2.87	9.47	4.98	0.65
unico	12.5	Q50	14.30	11.96	14.28	13.48	14.41	0.004553	1.83	9.45	4.98	0.40
unico	12.5	Q200	22.40	11.96	14.46	13.74	14.73	0.008689	2.61	10.34	4.98	0.54
unico	12 RON 12	Q50	14.30	11.83	14.32	13.28	14.37	0.001650	1.21	13.98	7.44	0.26
unico	12 RON 12	Q200	22.40	11.83	14.54	13.49	14.65	0.002924	1.68	15.66	7.45	0.34
unico	11 RON 11	Q50	14.30	11.73	14.26	13.33	14.36	0.002696	1.57	12.32	8.06	0.32
unico	11 RON 11	Q200	22.40	11.73	14.02	13.75	14.57	0.015255	3.49	7.53	4.20	0.76
unico	10 RON 10	Q50	14.30	11.68	14.18	13.67	14.34	0.005589	2.10	9.20	6.45	0.43
unico	10 RON 10	Q200	22.40	11.68	13.97	13.97	14.52	0.021595	3.89	7.82	6.45	0.84
unico	9.5	Q50	14.30	11.33	13.42	13.42	14.26	0.033153	4.18	3.72	2.29	0.95
unico	9.5	Q200	22.40	11.33	13.72	13.89	14.48	0.031909	4.38	6.76	6.45	0.93
unico	9 RON 9	Q50	14.30	11.00	13.78	12.49	13.85	0.002008	1.37	13.51	10.19	0.27
unico	9 RON 9	Q200	22.40	11.00	14.04	12.96	14.17	0.003031	1.79	16.20	10.19	0.34
unico	8.5 RON 8		Bridge									
unico	8 RON 8 v	Q50	14.30	11.00	12.90	13.10	13.44	0.030309	3.43	5.32	12.00	0.82
unico	8 RON 8 v	Q200	22.40	11.00	13.06	13.29	13.75	0.039458	4.13	7.58	16.10	0.95
unico	7 RON 7	Q50	14.30	10.93	12.54	12.32	12.67	0.007344	1.88	9.48	9.99	0.50
unico	7 RON 7	Q200	22.40	10.93	12.80	12.45	12.98	0.008401	2.19	12.59	16.00	0.54
unico	6.5	Q50	14.30	10.81	12.39	12.28	12.57	0.011829	2.27	8.04	9.68	0.63
unico	6.5	Q200	22.40	10.81	12.43	12.43	12.83	0.024996	3.35	8.45	9.69	0.92
unico	6 RON 6	Q50	14.30	10.53	11.93	11.93	12.45	0.015778	3.20	4.46	4.25	1.00

HEC-RAS Plan: SA_CU River: Rondanea Reach: unico (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)	
unico	6 RON 6	Q200	22.40	10.53	12.30	12.24	12.32	0.000514	0.63	35.55	14.50	0.17
unico	5 RON 5	Q50	14.30	10.00	12.07	11.73	12.08	0.000629	0.58	26.25	17.25	0.14
unico	5 RON 5	Q200	22.40	10.00	12.27	11.73	12.30	0.001080	0.81	29.75	17.25	0.18
unico	4.5 RON 4 m	Q50	14.30	9.82	11.94	11.86	12.05	0.014271	1.80	10.41	20.00	0.33
unico	4.5 RON 4 m	Q200	22.40	9.82	12.12	11.98	12.26	0.014554	1.94	14.01	20.00	0.35
unico	4.21	Q50	14.30	9.78	11.95	11.76	12.02	0.008127	1.42	12.61	20.00	0.26
unico	4.21	Q200	22.40	9.78	12.12	11.88	12.23	0.009419	1.61	16.10	20.00	0.30
unico	4.2	Q50	14.30	9.78	11.95	11.73	12.02	0.004914	1.40	14.11	20.00	0.25
unico	4.2	Q200	22.40	9.78	12.13	11.87	12.22	0.005880	1.66	18.02	20.00	0.28
unico	3.81	Q50	14.30	9.68	11.82	11.72	11.94	0.008687	1.75	11.44	20.00	0.33
unico	3.81	Q200	22.40	9.68	11.96	11.86	12.12	0.011281	2.14	14.43	20.00	0.38
unico	3.8	Q50	14.30	9.68	11.75	11.75	11.93	0.021462	2.19	8.89	20.00	0.41
unico	3.8	Q200	22.40	9.68	11.88	11.88	12.11	0.026978	2.56	11.36	20.00	0.46
unico	3.5 RON 4 v	Q50	14.30	9.65	11.55	11.64	11.86	0.039040	2.77	6.77	20.00	0.57
unico	3.5 RON 4 v	Q200	22.40	9.65	11.69	11.77	12.03	0.042455	3.05	9.53	20.00	0.58
unico	3 RON 3	Q50	14.30	9.46	11.61	11.06	11.67	0.001941	1.41	14.70	12.75	0.32
unico	3 RON 3	Q200	22.40	9.46	11.56	11.25	11.73	0.005427	2.32	14.05	12.75	0.54
unico	2.5	Q50	14.30	8.89	10.68	10.68	11.47	0.028719	3.93	3.64	2.32	1.00
unico	2.5	Q200	22.40	8.89	11.39	11.16	11.54	0.008221	2.15	14.42	15.07	0.46
unico	2 RON 2	Q50	14.30	8.27	9.59	9.85	10.59	0.037296	4.43	3.23	2.93	1.34
unico	2 RON 2	Q200	22.40	8.27	10.34	10.34	11.15	0.021378	3.99	5.62	3.46	1.00
unico	1.50	Q50	14.30	7.65	9.00	9.00	9.68	0.023221	3.64	3.93	2.90	1.00
unico	1.50	Q200	22.40	7.65	9.38	9.47	10.39	0.029614	4.45	5.03	2.90	1.08
unico	1.25	Q50	14.30	5.77	6.41	7.10	9.32	0.183165	7.57	1.89	2.97	3.03
unico	1.25	Q200	22.40	5.77	6.71	7.57	10.02	0.148308	8.06	2.78	2.97	2.66
unico	1.1		Bridge									

HEC-RAS Plan: SA_CU River: Rondanea Reach: unico (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)	
unico	1 RON 1	Q50	14.30	5.52	6.38	6.85	7.96	0.075516	5.57	2.57	2.97	1.91
unico	1 RON 1	Q200	22.40	5.52	6.70	7.32	8.77	0.077293	6.38	3.51	2.97	1.87

Rondanea_s_attuale

Rondanea unico

Legend

EG Q200
EG Q50
WS Q200
WS Q50
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee

Elevation (m)

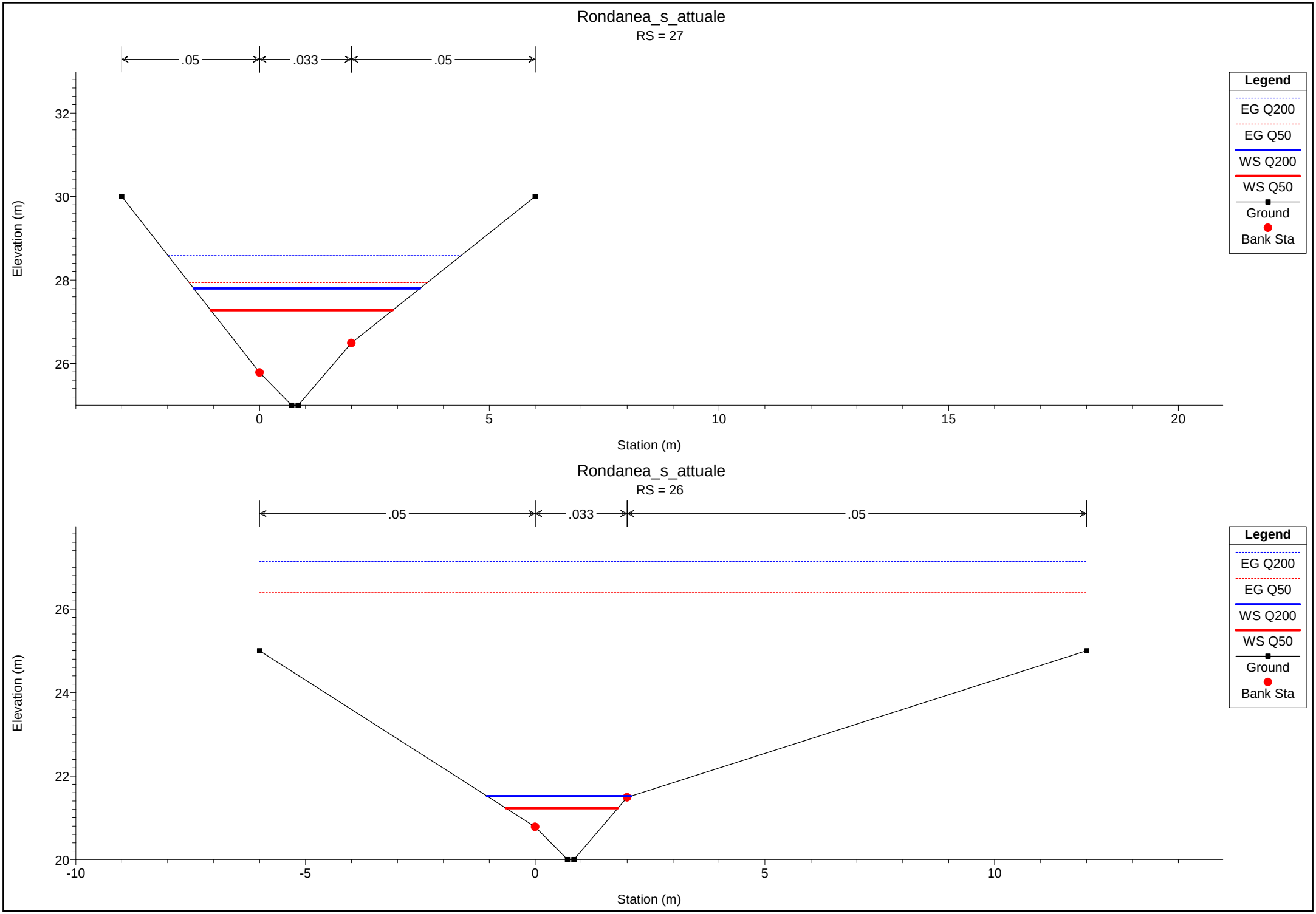
30
25
20
15
10
5

1.1 2 2.5 3 3.5 4.2 5 6 6.5 7 8 8.5 11 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

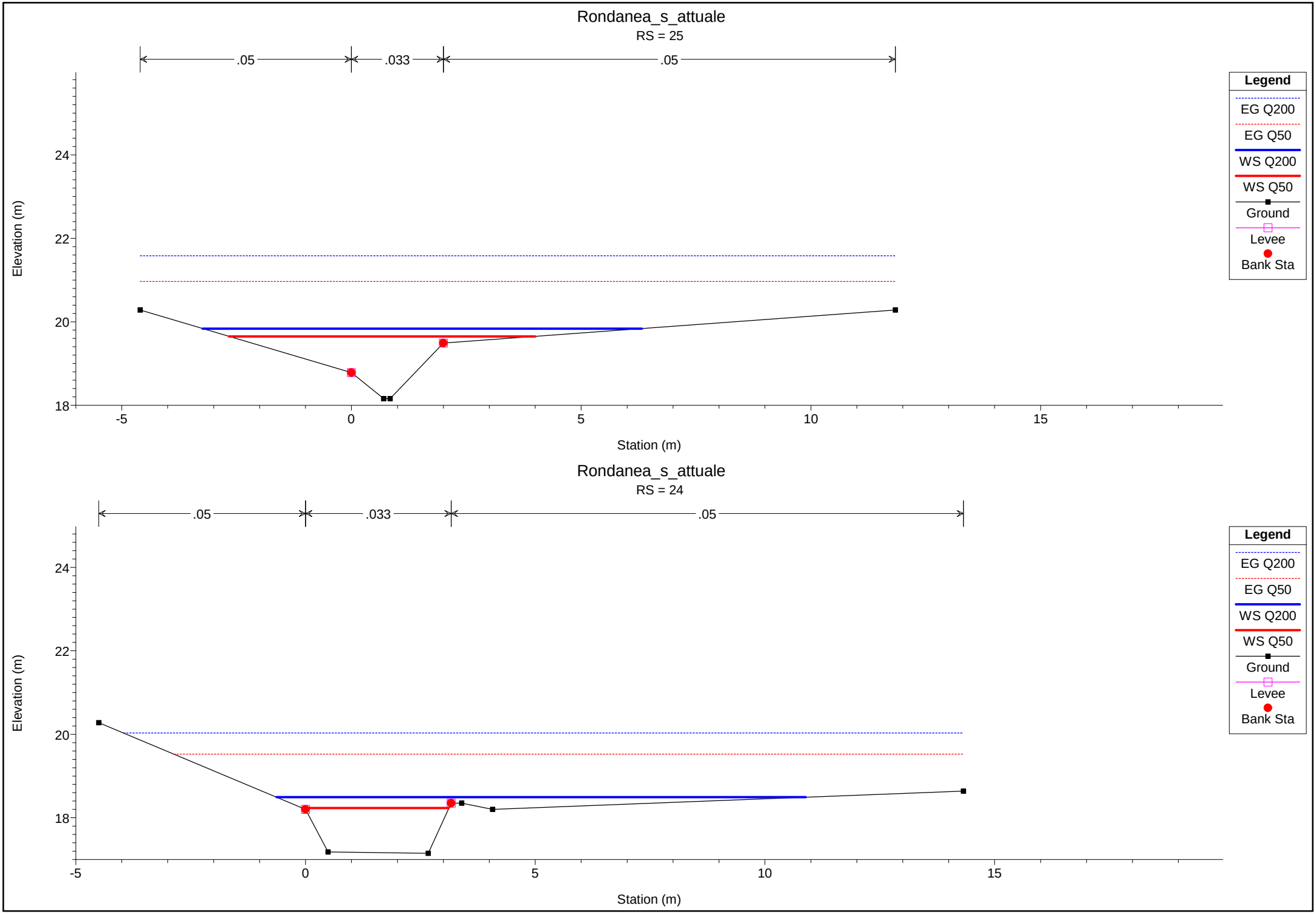
0 100 200 300 400 500 600 700

Main Channel Distance (m)

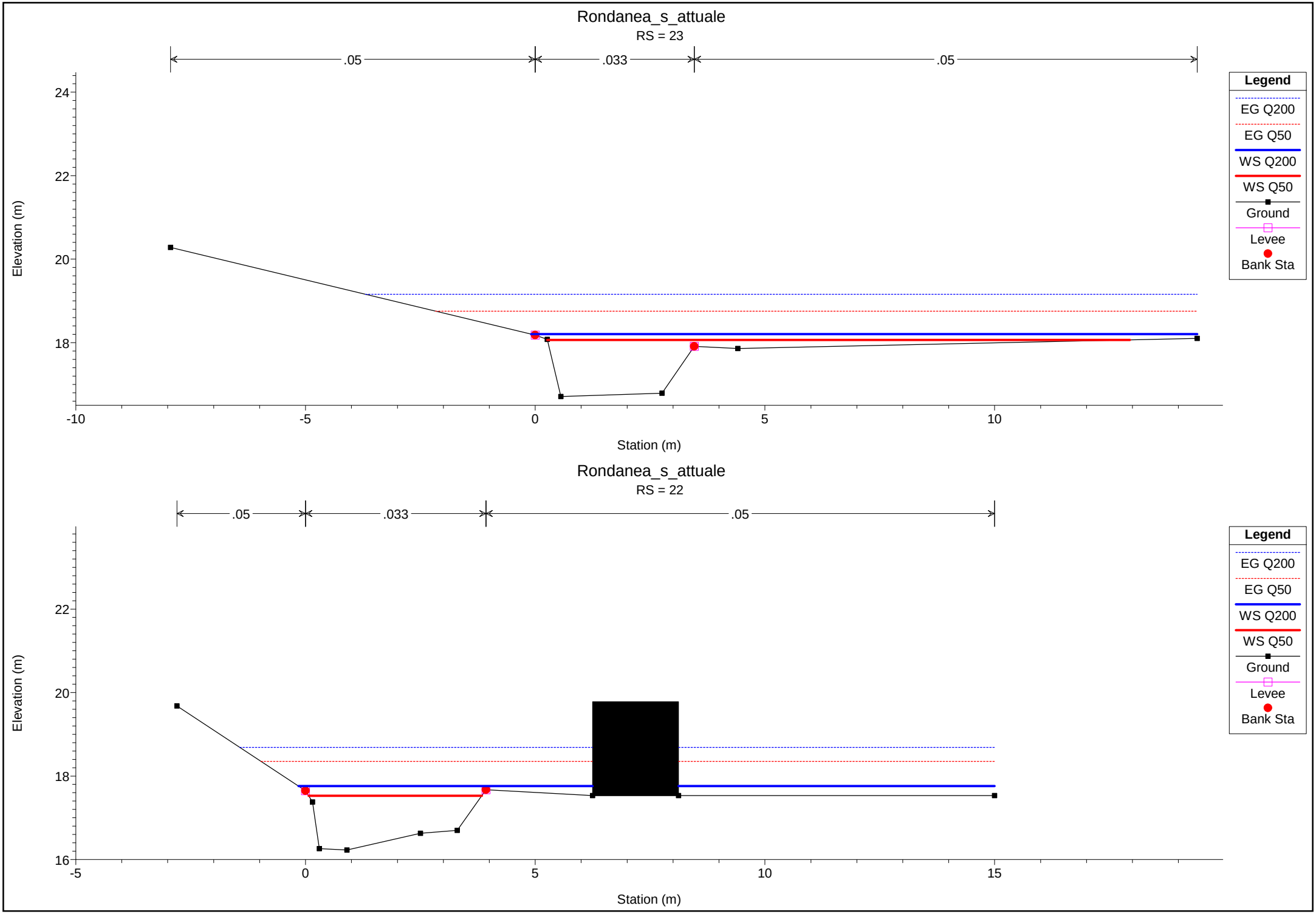
1 cm Horiz. = 20 m 1 cm Vert. = 1 m



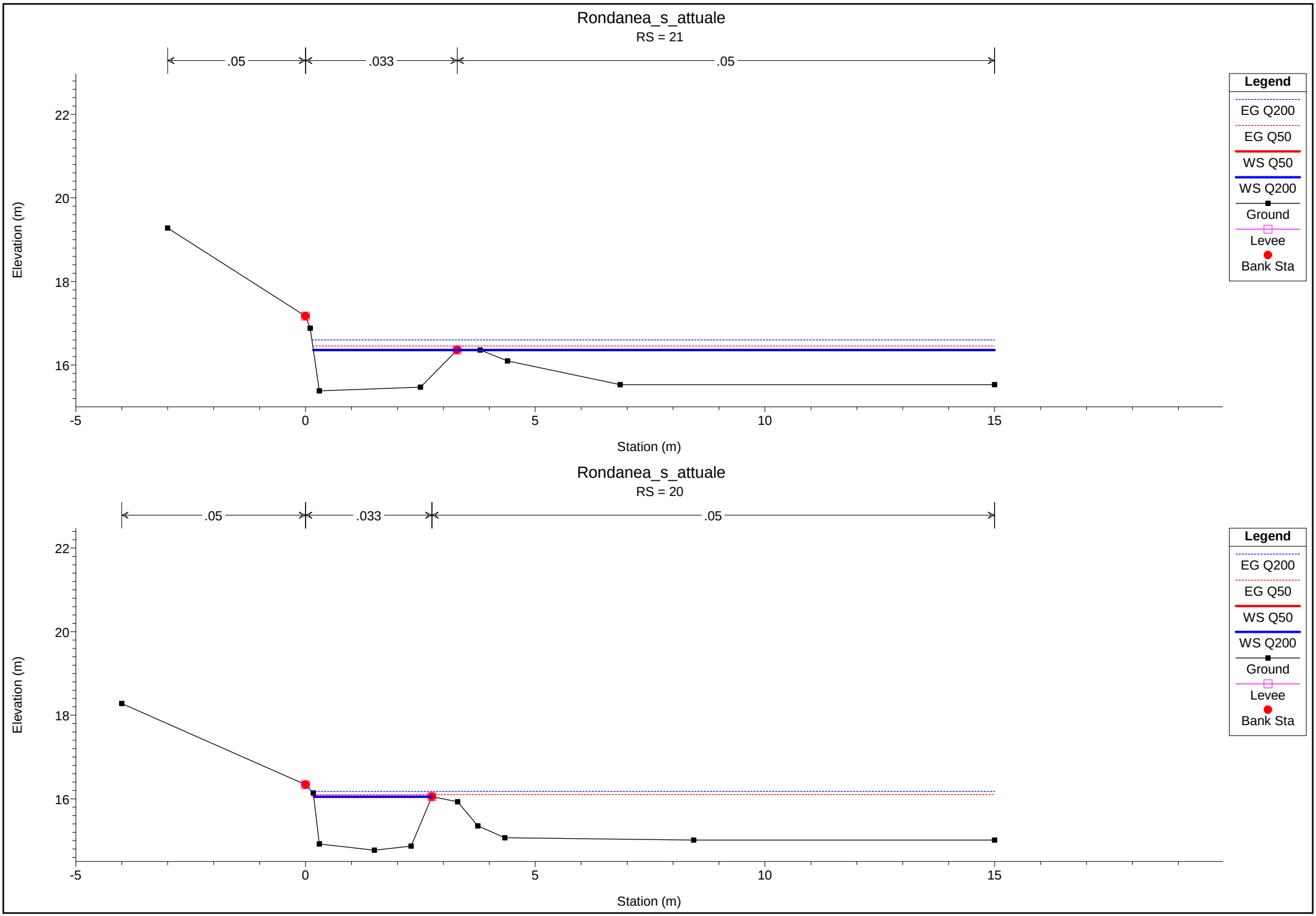
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



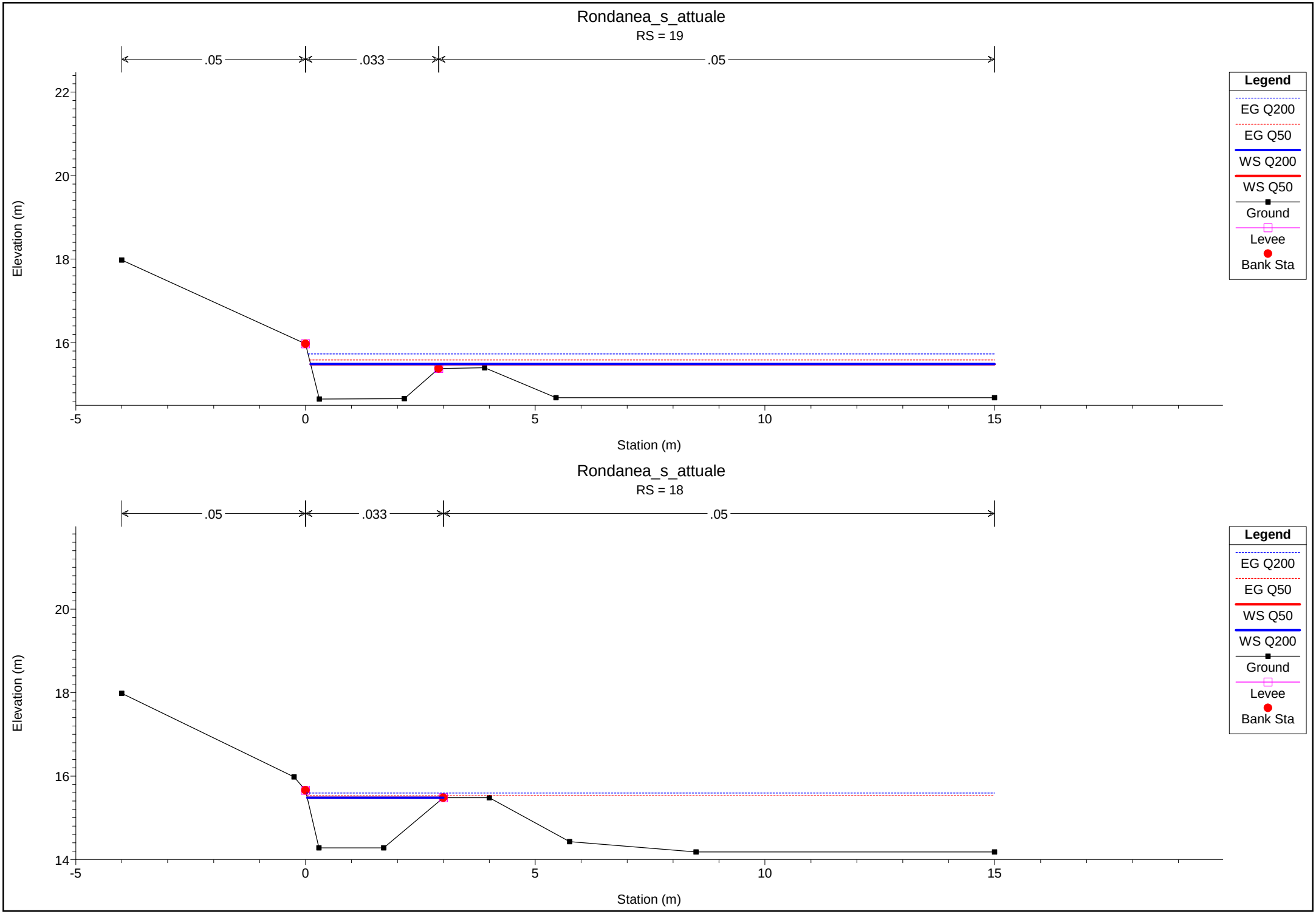
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



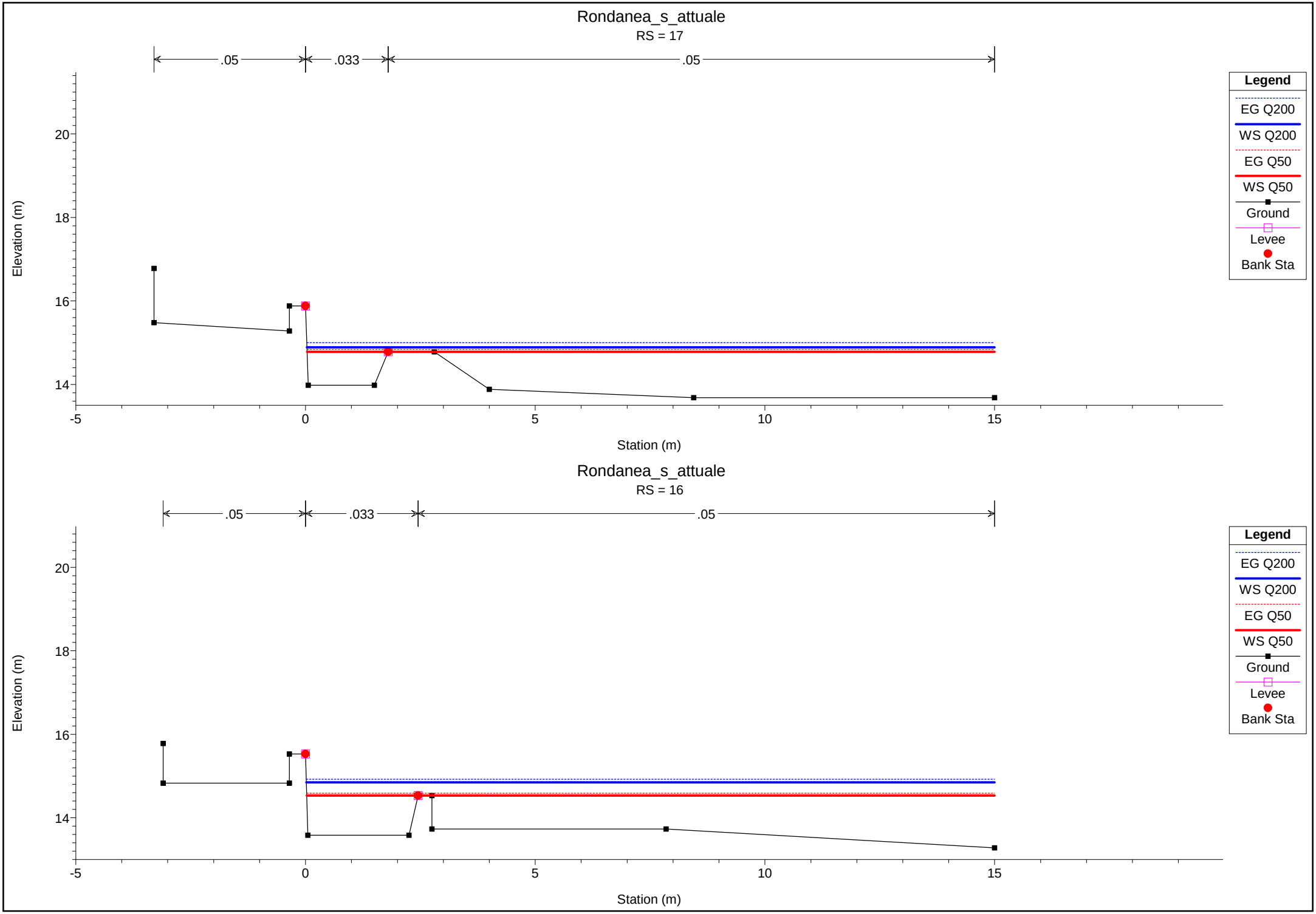
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



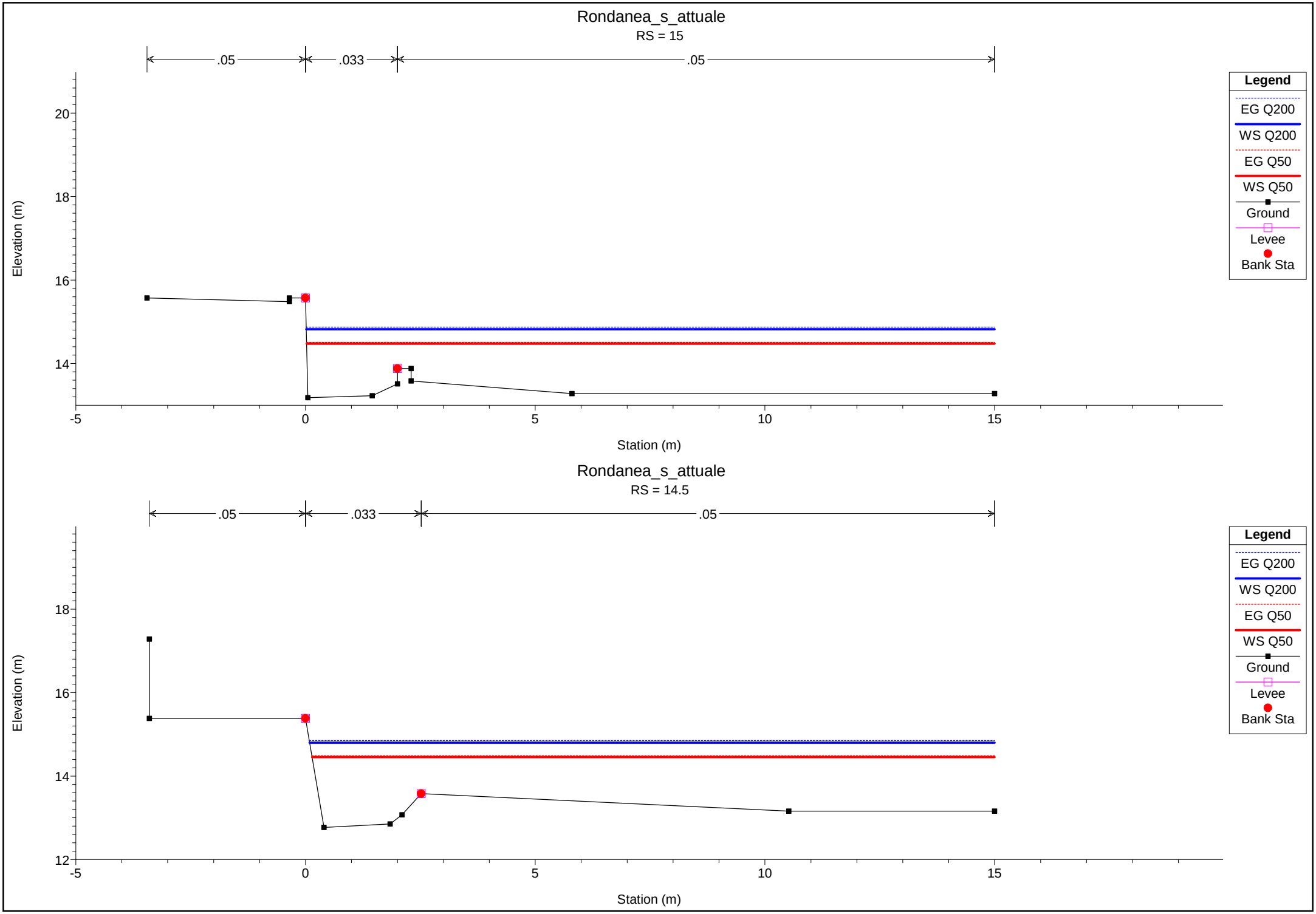
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



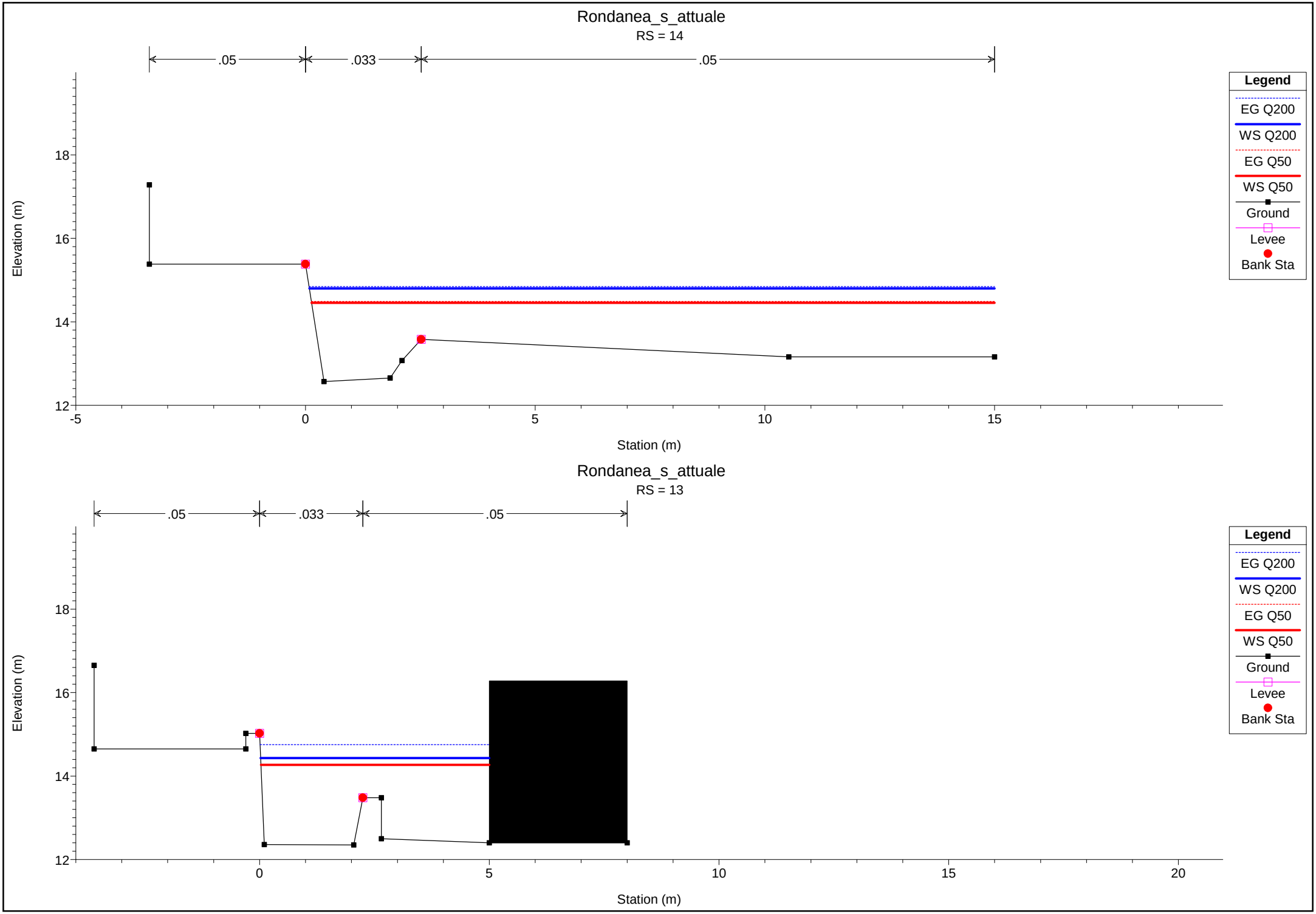
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



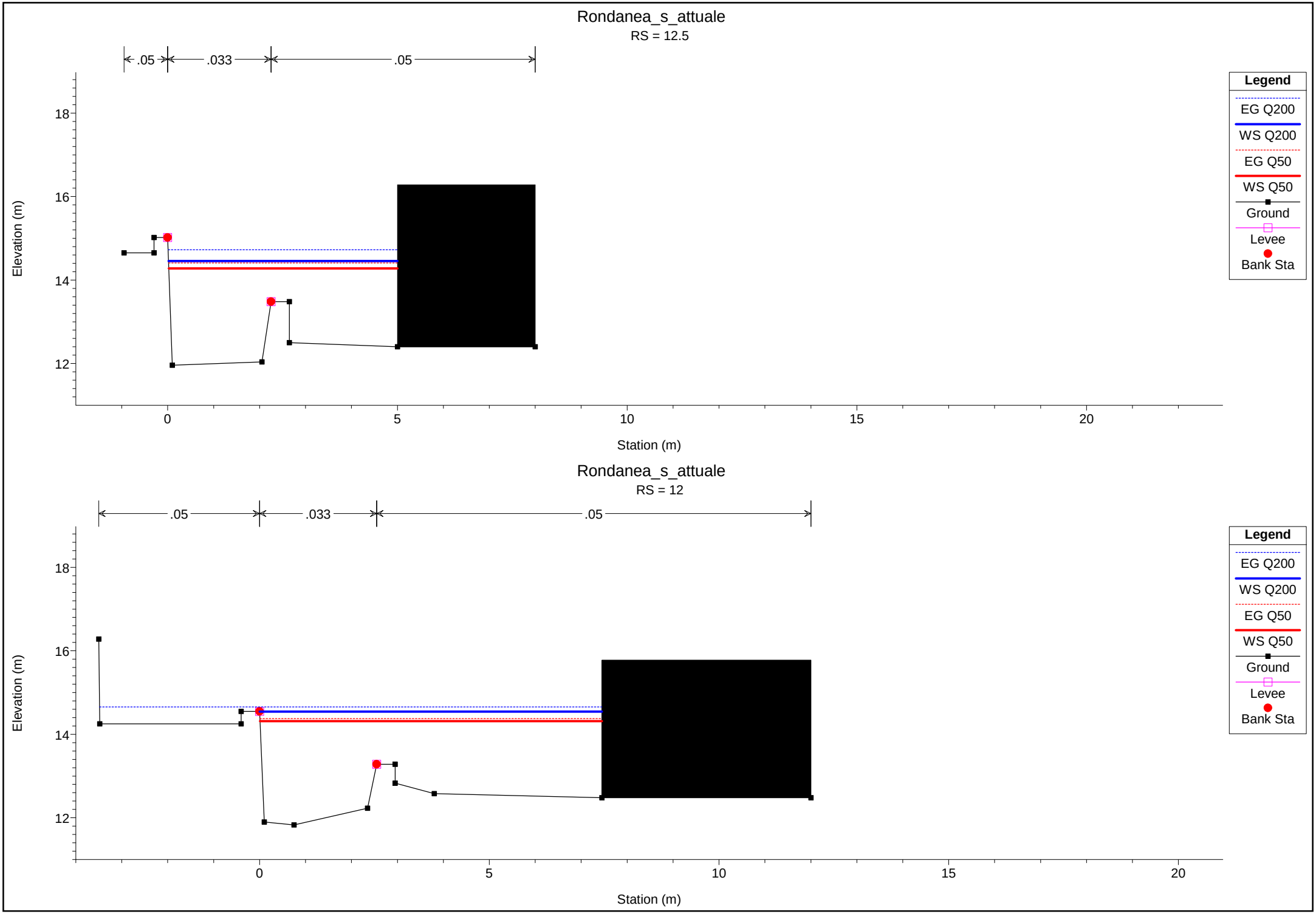
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



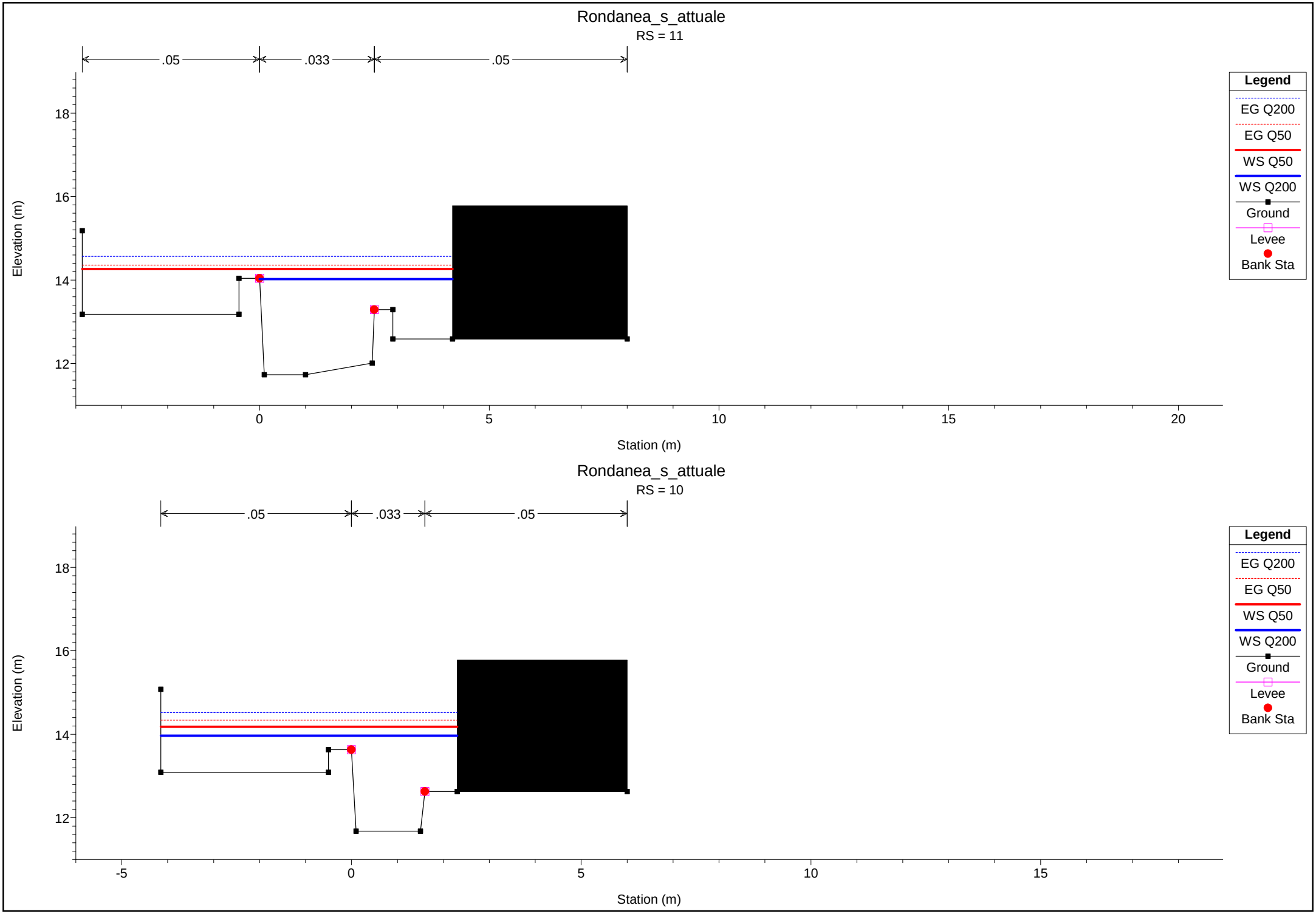
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



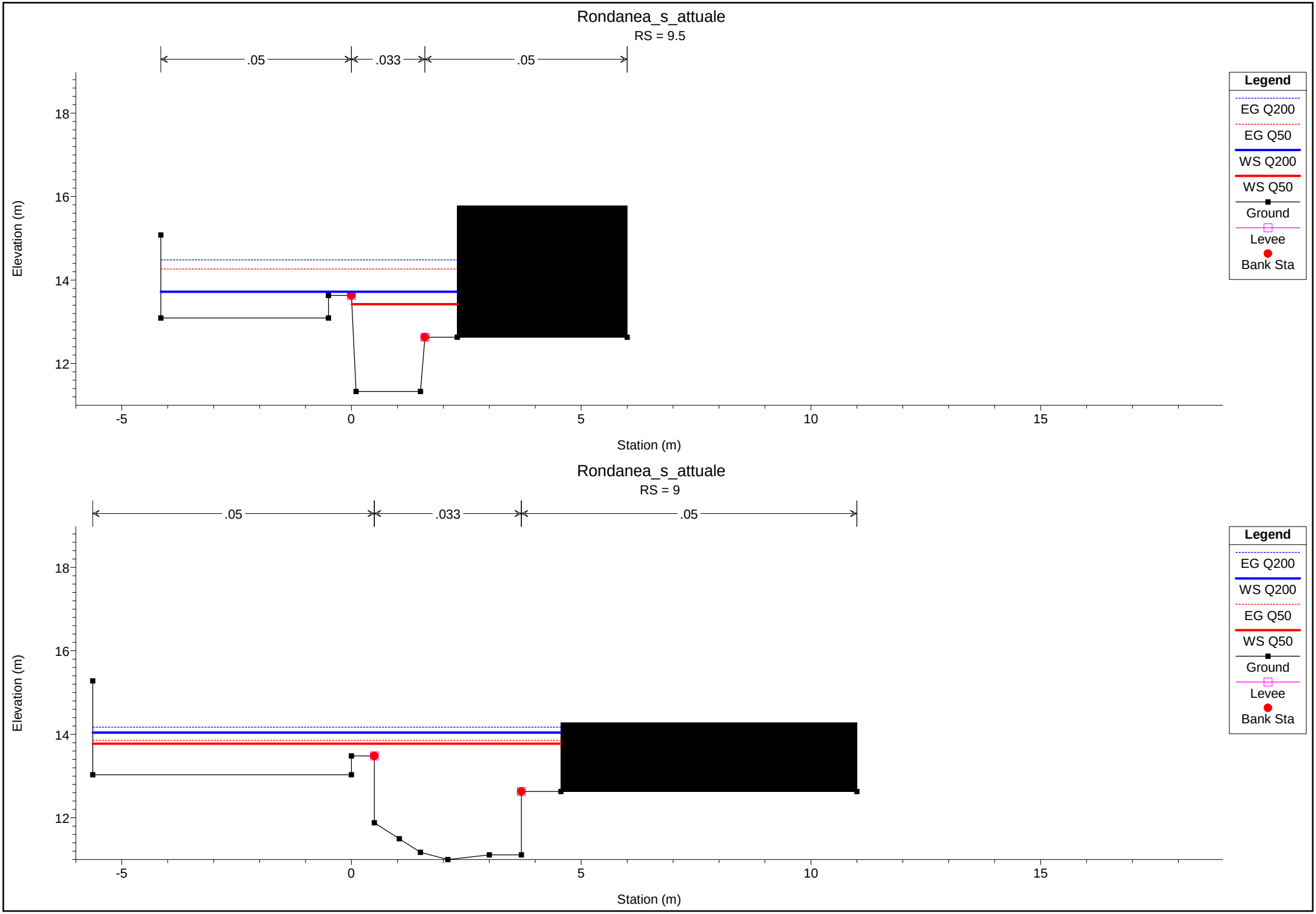
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



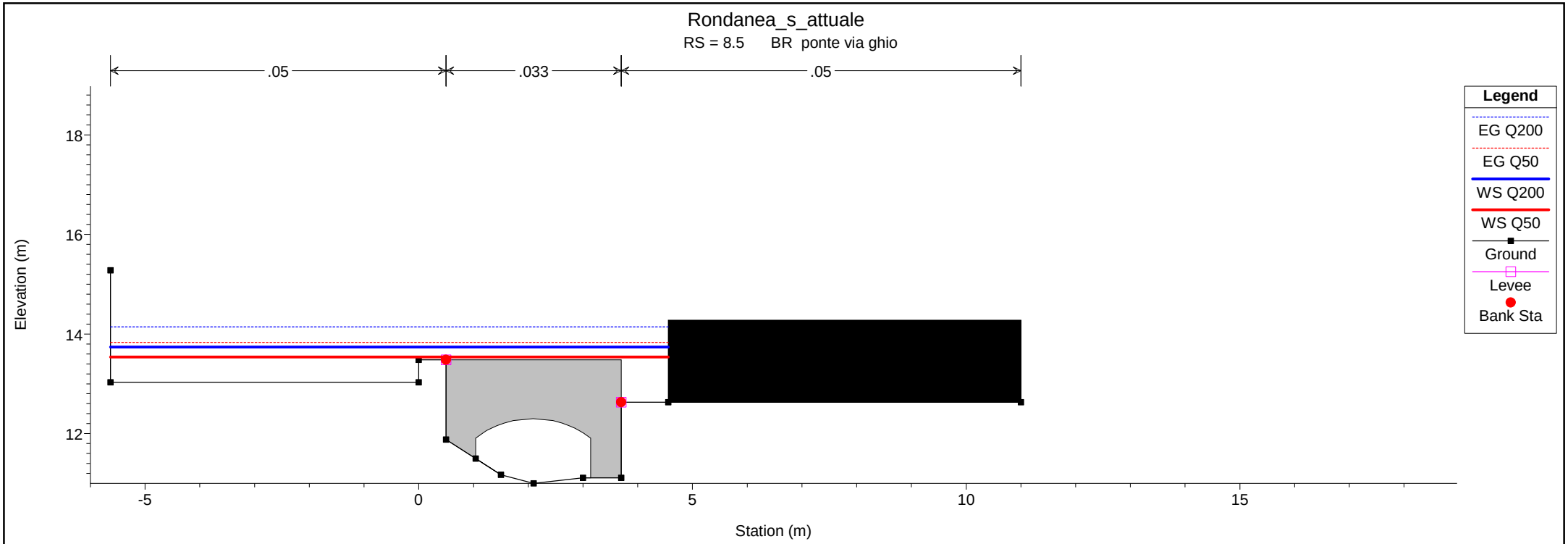
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

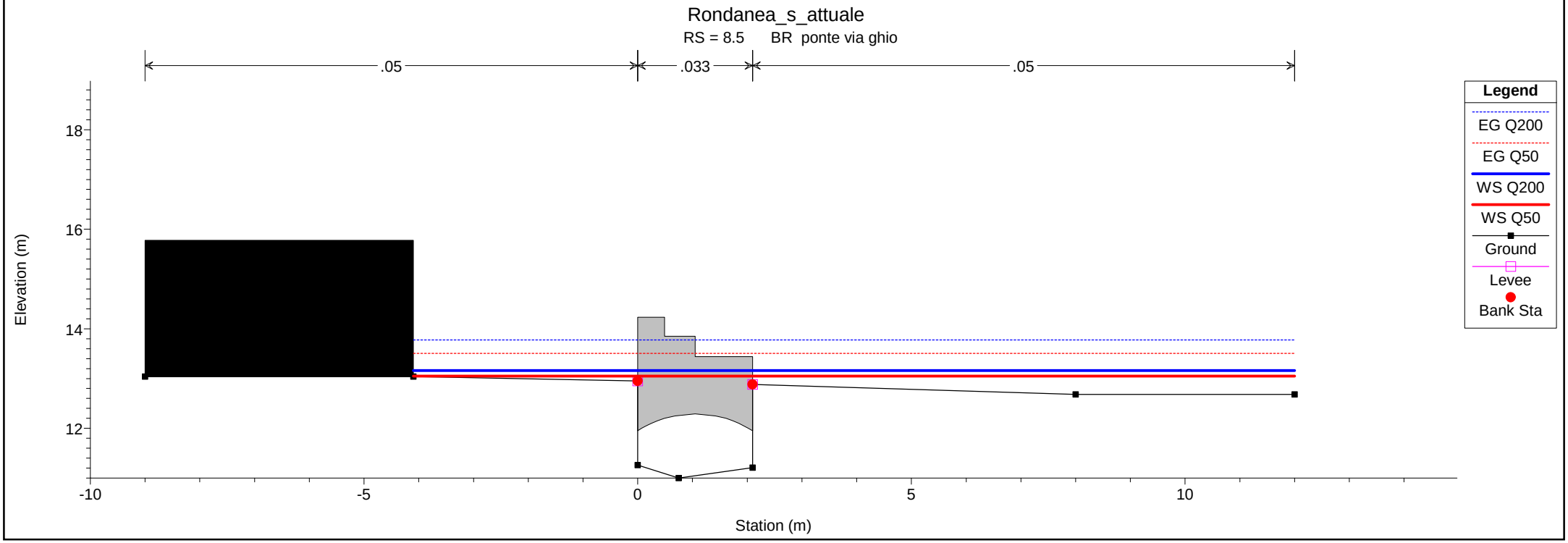


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

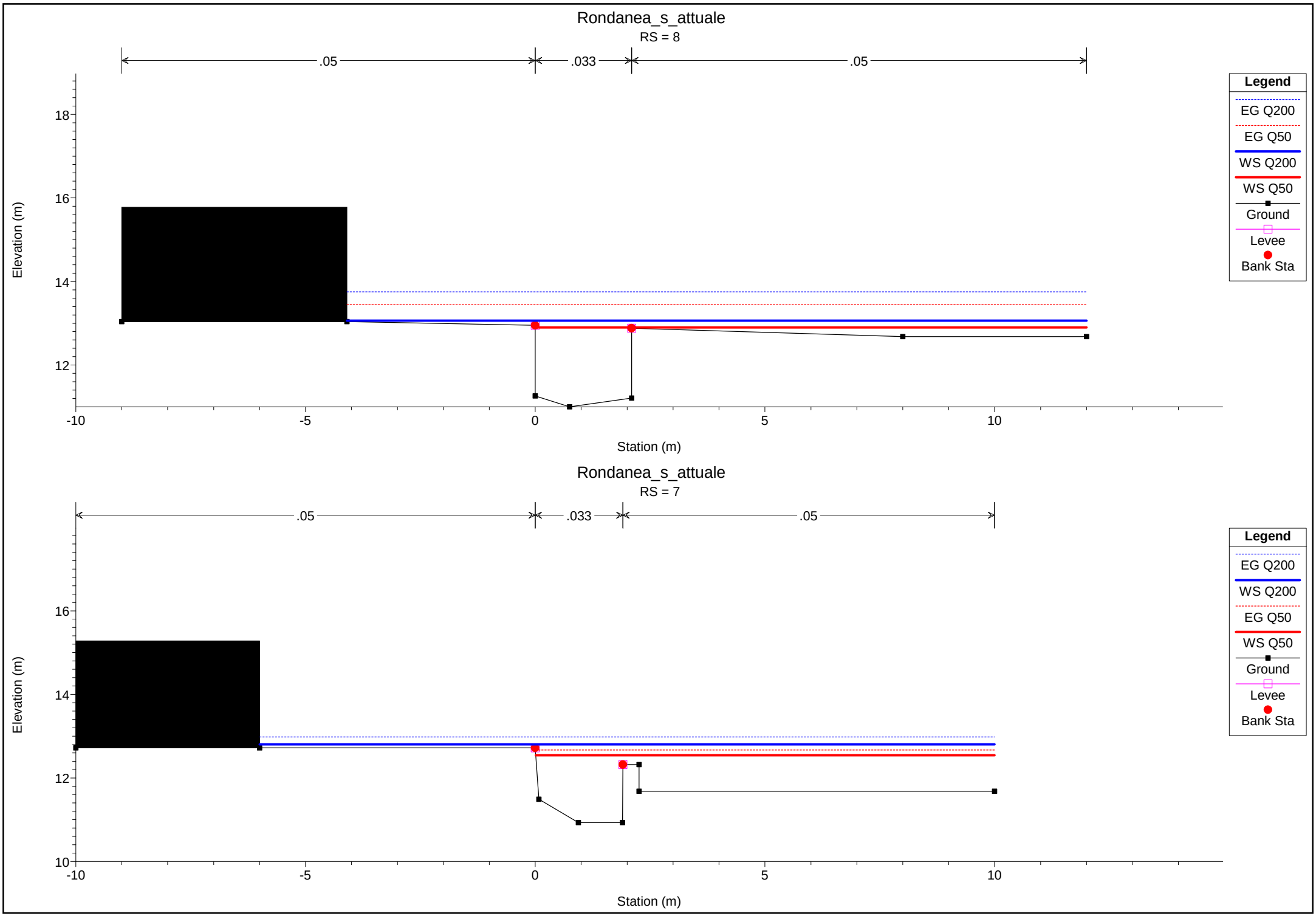


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

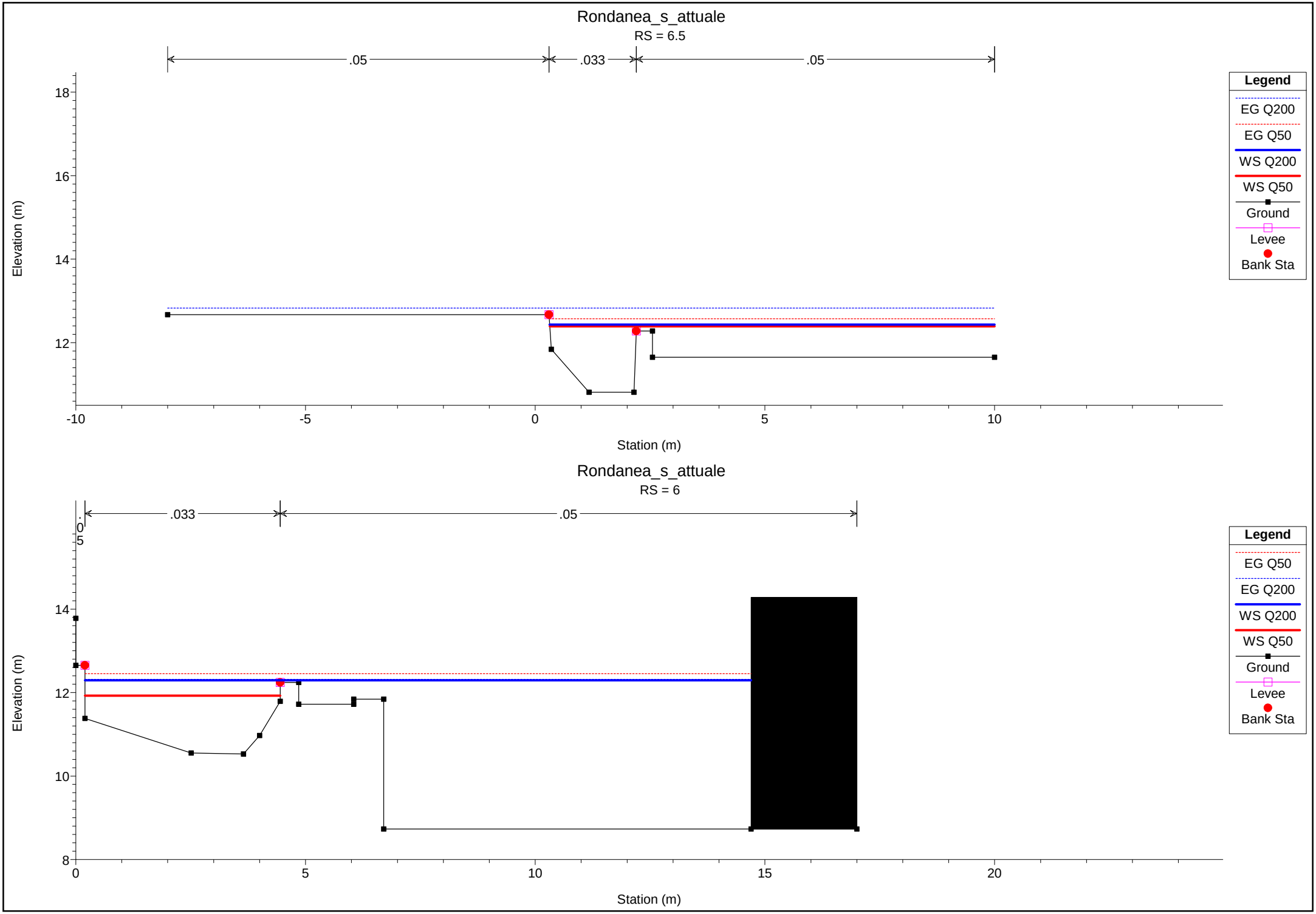




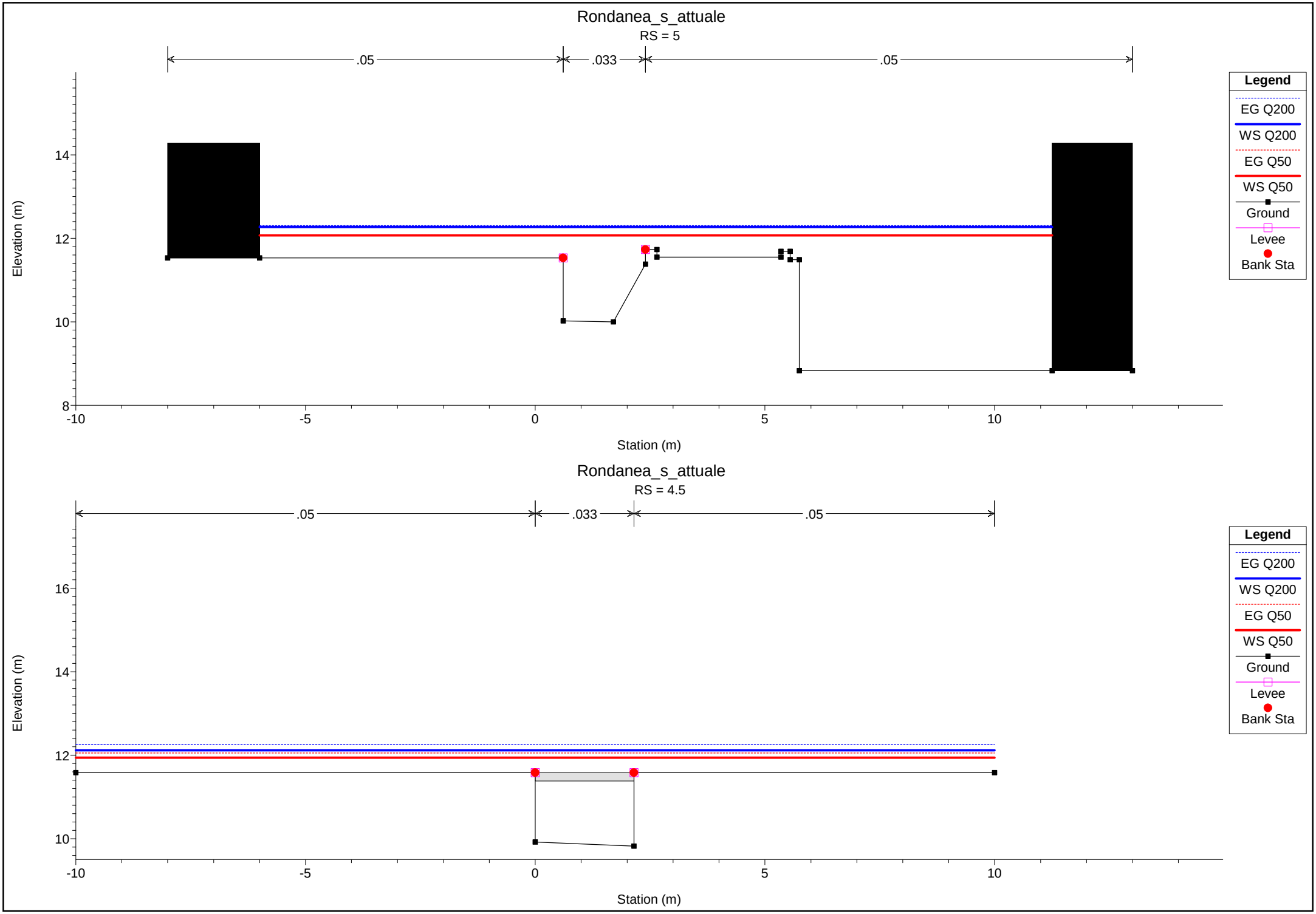
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



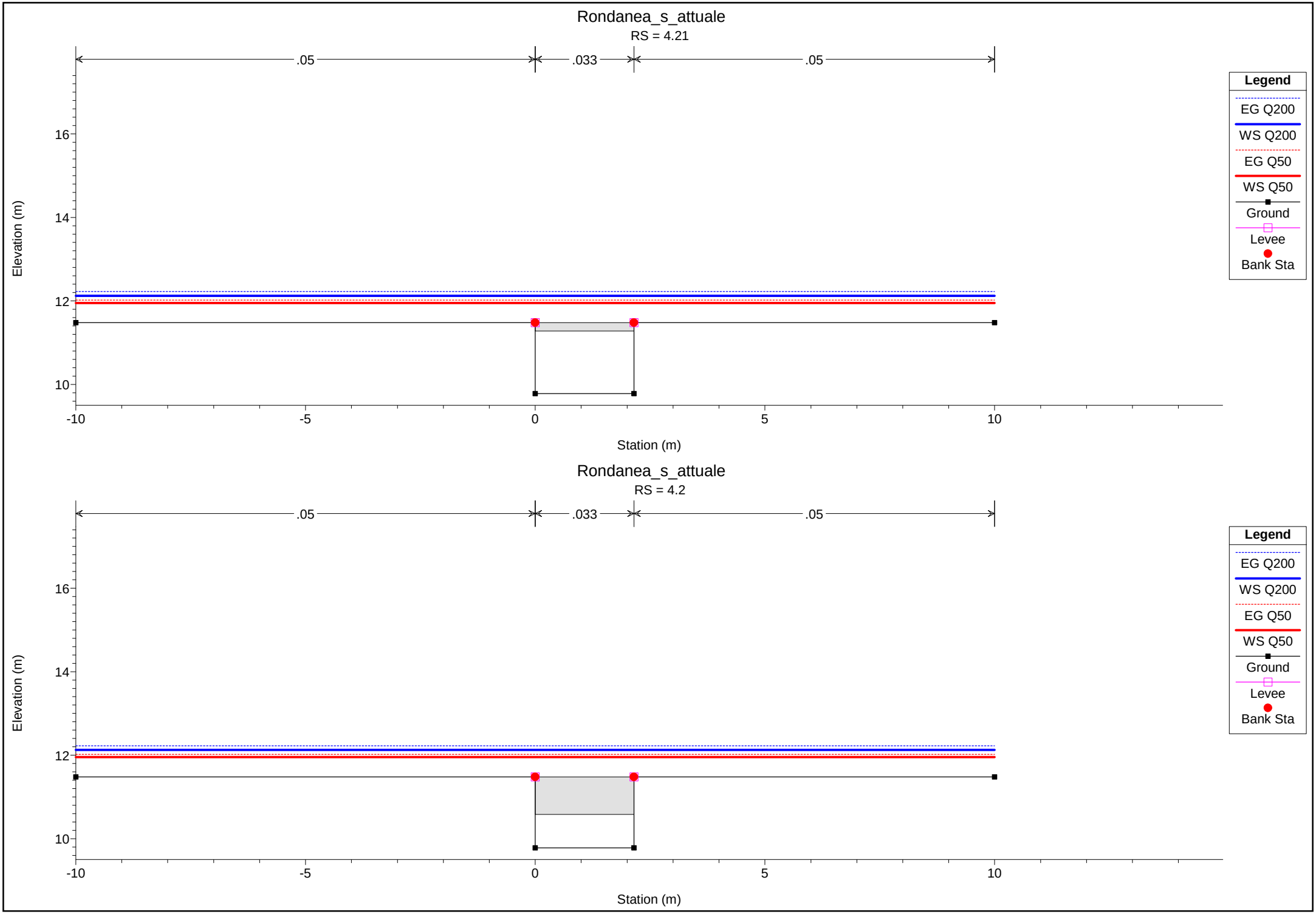
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



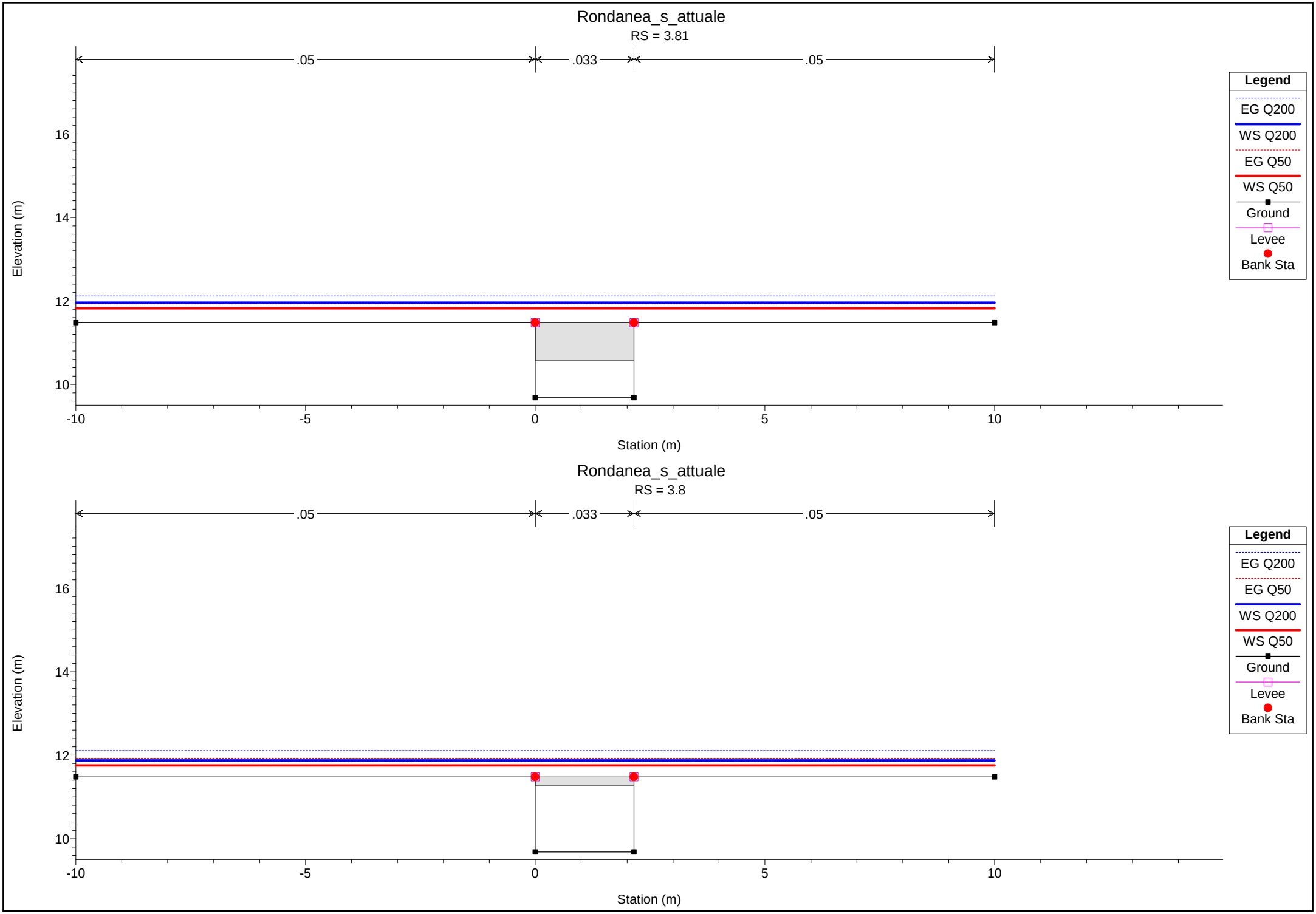
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



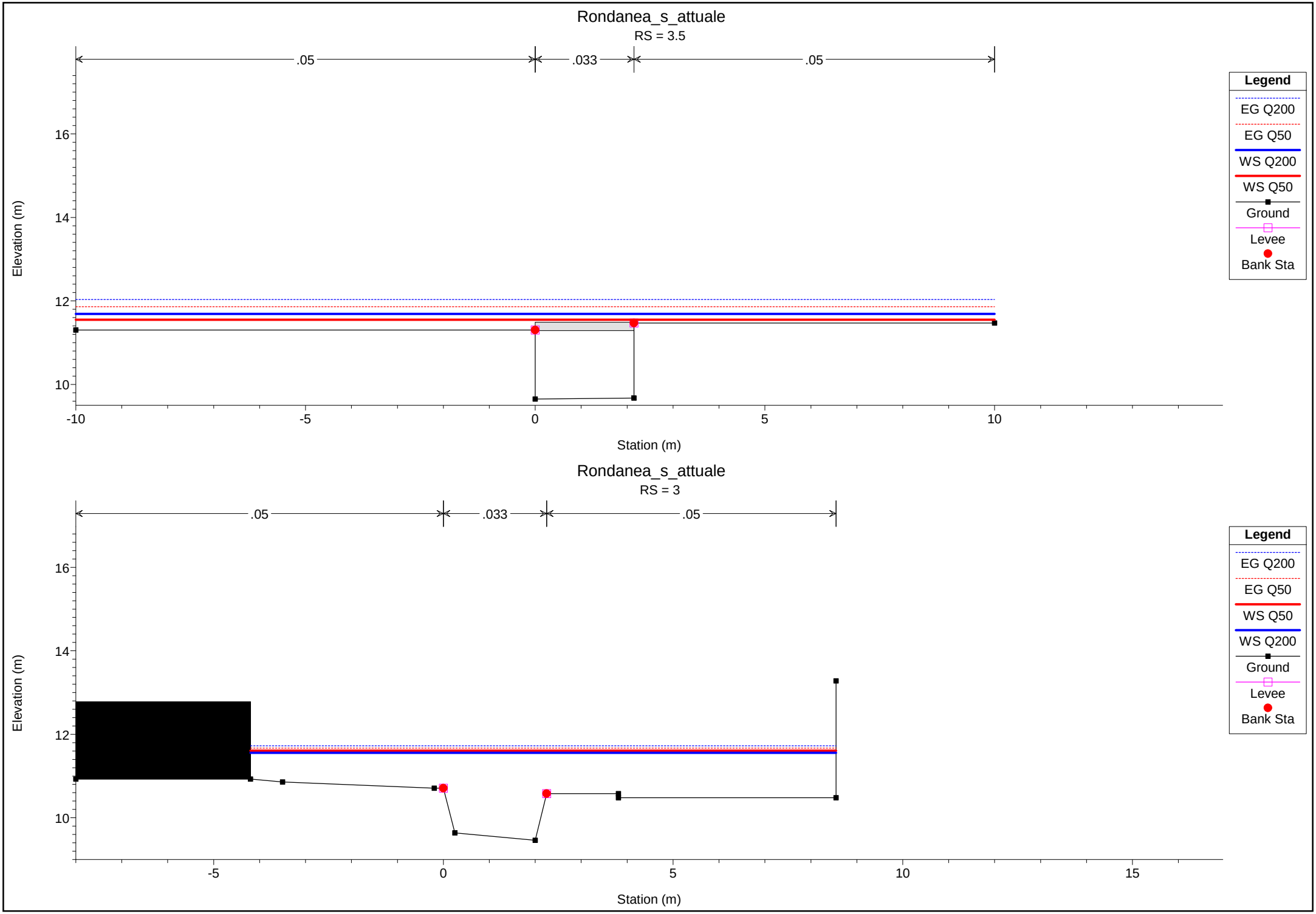
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



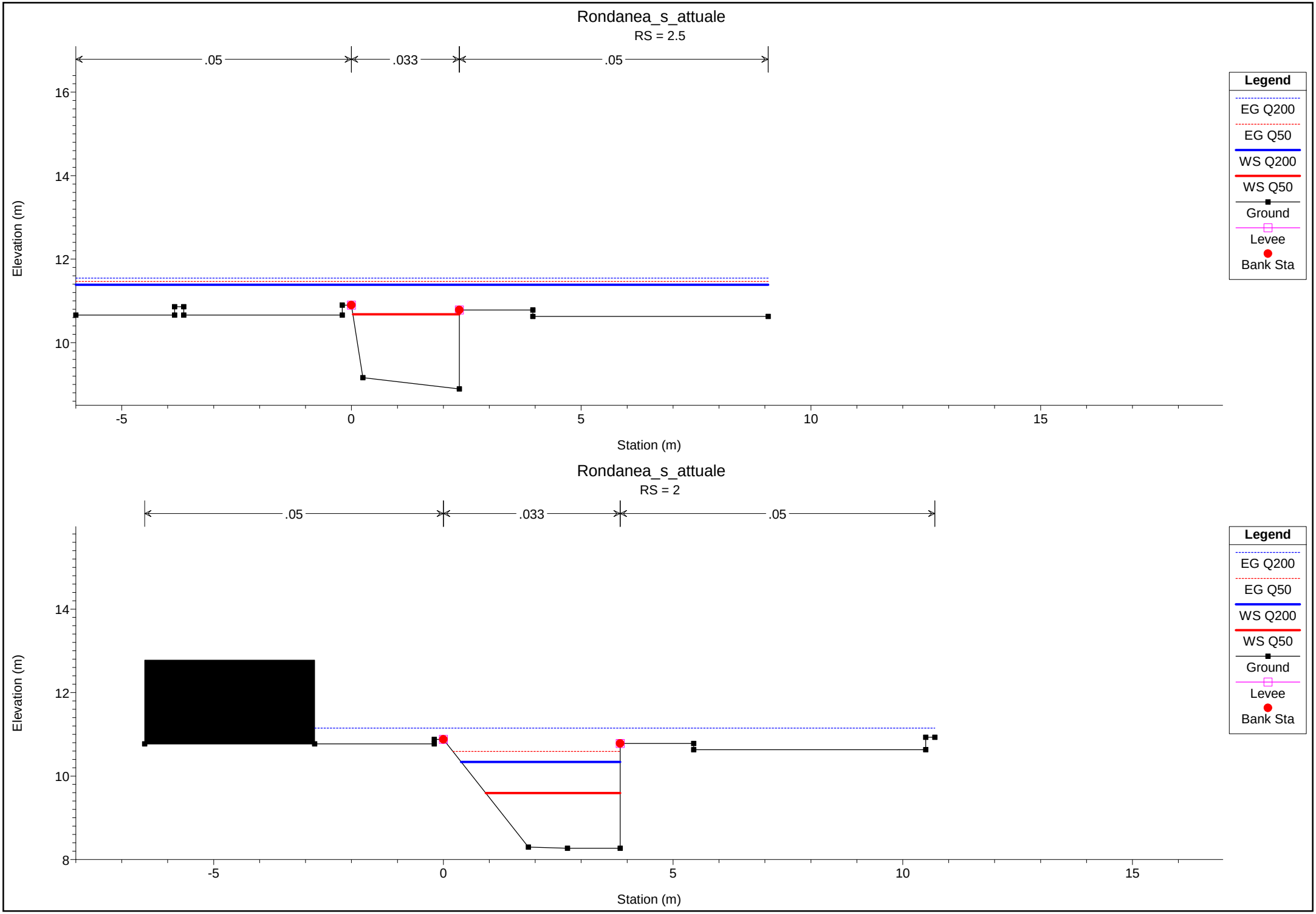
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



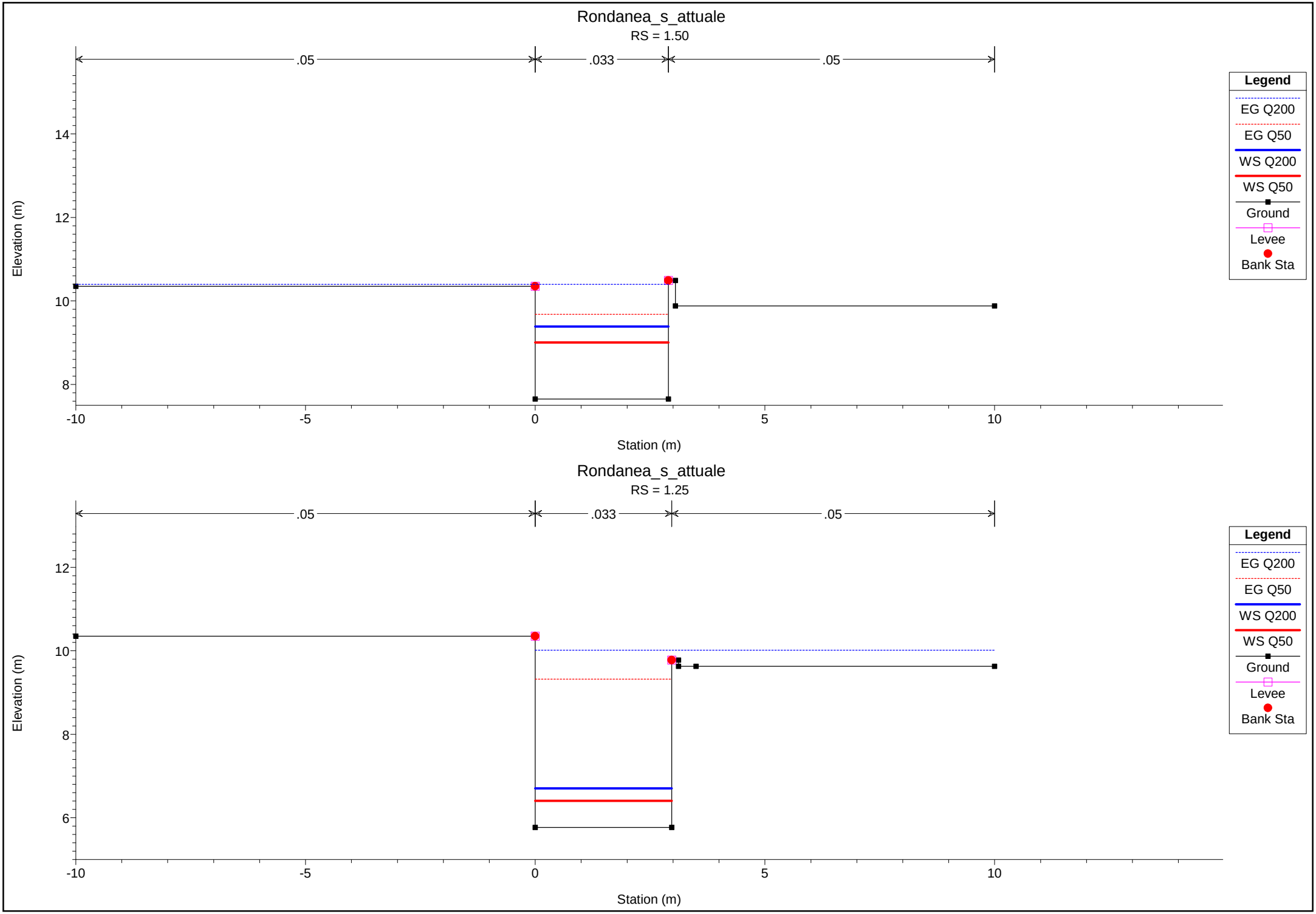
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



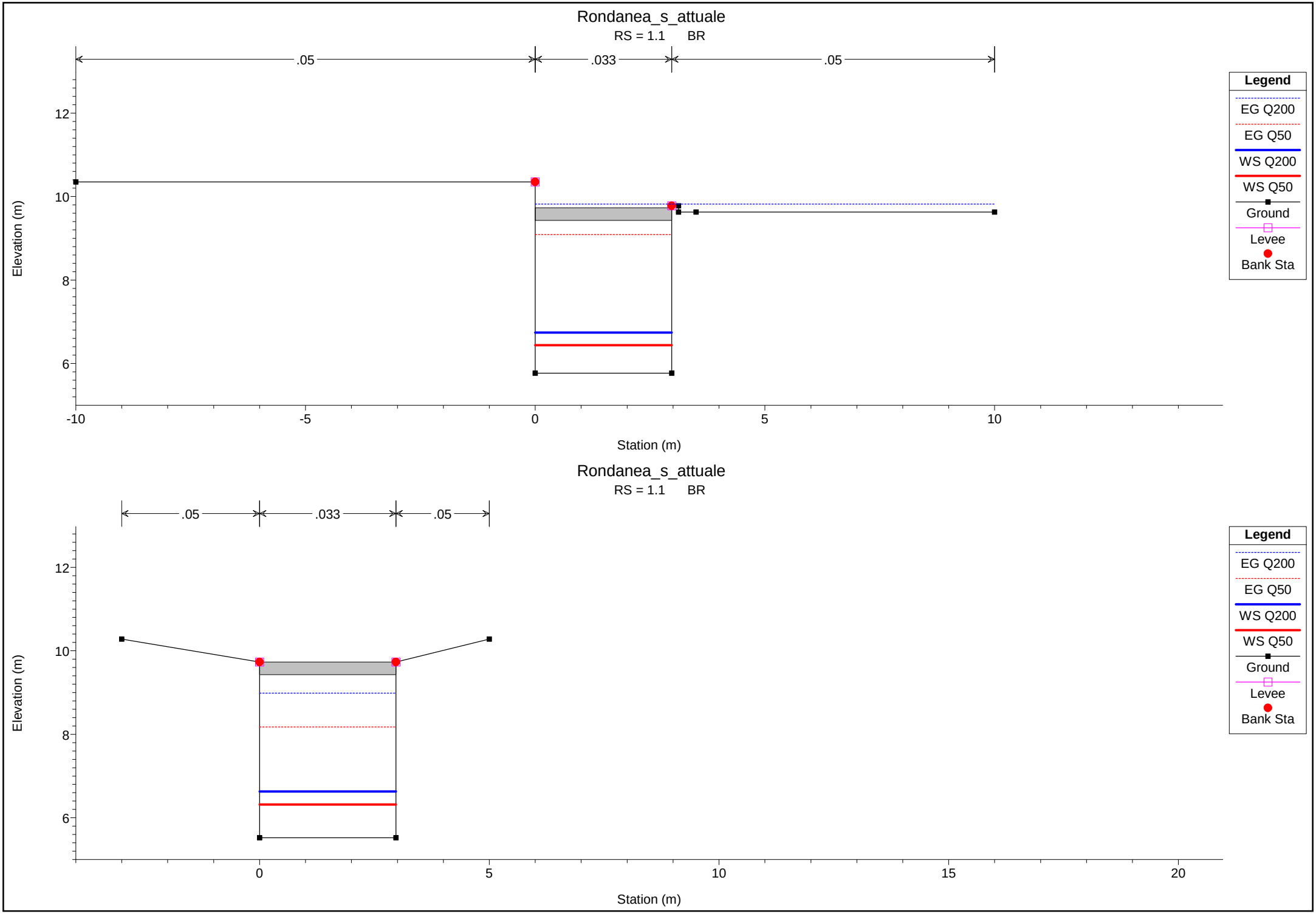
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



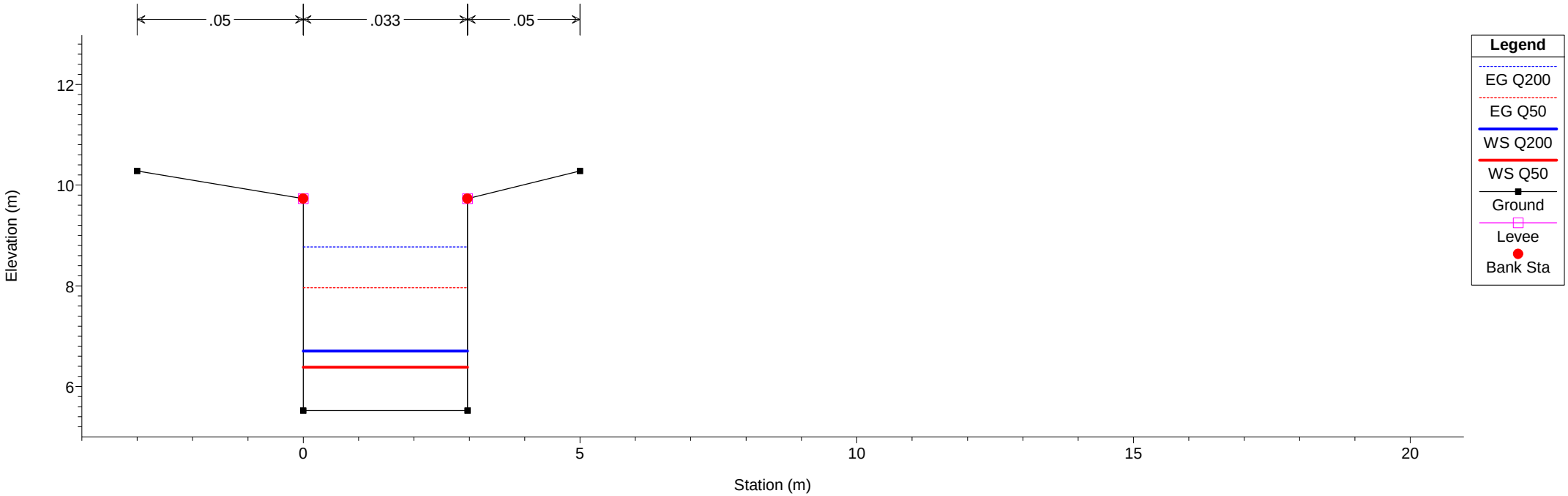
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

Rondanea_s_attuale

RS = 1



1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

studio tecnico associato ing. sergio brizzolara & ing. stefano sturla
via Cap. Renato Orsi 31/20 - 16043 Chiavari (GE) P.I.V.A. e C.F. 01455710994
☎ +39 0185 370127 +39 0185 368280 b3s@b3s.it - b3s@pec.b3s.it

MODELLO IDRAULICO MOTO PERMANENTE MONODIMENSIONALE

RIO RONDANEA – STATO DI PROGETTO

Piano di Bacino stralcio D.L. 180/98 e ss.mm.ii. - ambito 16

rondanea_st_prog

- *tabelle riassuntive dati e risultati*
- *profili in asse al corso d'acqua*
- *sezioni trasversali del corso d'acqua*

Chiavari, li febbraio 2016

Il Tecnico

Ing. Sergio Brizzolara



HEC-RAS Plan: Sp_CU River: Rondanea Reach: unico

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)	
unico	27	Q50	14.30	25.00	27.28	27.28	27.96	0.010216	3.80	4.59	3.97	0.93
unico	27	Q200	22.40	25.00	27.81	27.81	28.63	0.009053	4.28	6.96	4.96	0.91
unico	26	Q50	14.30	20.00	20.66	21.81	26.56	0.321640	10.75	1.33	2.00	4.21
unico	26	Q200	22.40	20.00	21.00	22.37	27.32	0.237476	11.15	2.04	2.31	3.56
unico	25 RON 25	Q50	14.30	18.16	18.70	19.11	20.13	0.067682	5.30	2.70	5.00	2.30
unico	25 RON 25	Q200	22.40	18.16	18.85	19.45	21.02	0.078407	6.53	3.44	5.20	2.51
unico	24 RON 24	Q50	14.30	17.15	17.90	18.16	18.78	0.030127	4.16	3.44	4.86	1.58
unico	24 RON 24	Q200	22.40	17.15	18.11	18.50	19.40	0.034265	5.03	4.45	4.95	1.69
unico	23 RON 23	Q50	14.30	16.71	17.61	17.76	18.29	0.020052	3.65	3.92	4.64	1.27
unico	23 RON 23	Q200	22.40	16.71	17.90	18.11	18.82	0.020611	4.25	5.27	4.70	1.28
unico	22 RON 22	Q50	14.30	16.23	16.94	17.22	17.89	0.034283	4.31	3.32	4.79	1.65
unico	22 RON 22	Q200	22.40	16.23	17.21	17.56	18.42	0.031946	4.89	4.59	4.83	1.60
unico	21 RON 21	Q50	14.30	15.38	16.09	16.36	17.01	0.032662	4.24	3.37	4.79	1.62
unico	21 RON 21	Q200	22.40	15.38	16.33	16.69	17.57	0.032857	4.93	4.54	4.83	1.62
unico	20 RON 20	Q50	14.30	14.77	15.71	15.80	16.30	0.016397	3.40	4.21	4.78	1.16
unico	20 RON 20	Q200	22.40	14.77	16.01	16.14	16.82	0.017282	3.99	5.61	4.82	1.18
unico	19 RON 19	Q50	14.30	14.65	15.51	15.63	16.13	0.018005	3.48	4.11	4.90	1.21
unico	19 RON 19	Q200	22.40	14.65	15.80	15.96	16.63	0.018370	4.05	5.54	4.96	1.22
unico	18 RON 18	Q50	14.30	14.28	15.01	15.25	15.86	0.029368	4.09	3.49	4.86	1.54
unico	18 RON 18	Q200	22.40	14.28	15.29	15.59	16.37	0.027109	4.62	4.85	4.92	1.49
unico	17 RON 17	Q50	14.30	13.98	14.76	14.93	15.46	0.022579	3.71	3.85	4.96	1.34
unico	17 RON 17	Q200	22.40	13.98	15.02	15.26	15.98	0.023427	4.35	5.15	4.97	1.37
unico	16 RON 16	Q50	14.30	13.58	14.32	14.53	15.10	0.026483	3.91	3.66	4.97	1.45
unico	16 RON 16	Q200	22.40	13.58	14.58	14.86	15.62	0.026072	4.51	4.97	4.97	1.44
unico	15 RON 15	Q50	14.30	13.18	14.04	14.15	14.65	0.018237	3.45	4.14	4.97	1.21
unico	15 RON 15	Q200	22.40	13.18	14.32	14.48	15.15	0.018861	4.04	5.54	4.97	1.22

HEC-RAS Plan: Sp_CU River: Rondanea Reach: unico (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)	
unico	14.5	Q50	14.30	12.77	13.51	13.72	14.29	0.026499	3.92	3.65	4.93	1.45
unico	14.5	Q200	22.40	12.77	13.79	14.05	14.80	0.025028	4.46	5.02	4.94	1.41
unico	14 RON 14	Q50	14.30	12.57	13.21	13.52	14.25	0.040782	4.52	3.17	4.92	1.80
unico	14 RON 14	Q200	22.40	12.57	13.48	13.85	14.76	0.035658	5.02	4.46	4.93	1.69
unico	13 RON 13	Q50	14.30	11.96	13.17	13.17	13.64	0.020261	3.29	5.18	5.35	0.88
unico	13 RON 13	Q200	22.40	11.96	13.50	13.50	14.13	0.023994	3.84	6.95	5.35	0.91
unico	12.5	Q50	14.30	10.96	11.84	12.32	13.48	0.075662	5.68	2.52	3.00	1.93
unico	12.5	Q200	22.40	10.96	12.30	12.89	13.98	0.058340	5.76	3.89	3.00	1.59
unico	12 RON 12	Q50	14.30	10.70	11.57	12.02	13.11	0.055017	5.50	2.60	3.00	1.89
unico	12 RON 12	Q200	22.40	10.70	11.98	12.48	13.71	0.045114	5.81	3.85	3.00	1.64
unico	9.5	Q50	14.30	10.10	10.96	11.42	12.51	0.055324	5.51	2.59	3.00	1.89
unico	9.5	Q200	22.40	10.10	11.34	11.88	13.18	0.049538	6.01	3.72	3.00	1.72
unico	9 RON 9	Q50	14.30	10.04	10.86	11.28	12.29	0.051548	5.31	2.70	3.30	1.87
unico	9 RON 9	Q200	22.40	10.04	11.17	11.71	13.01	0.050115	6.00	3.73	3.30	1.80
unico	8.5 RON 8		Bridge									
unico	8 RON 8 v	Q50	14.30	9.91	10.97	11.18	11.88	0.026615	4.22	3.39	3.20	1.31
unico	8 RON 8 v	Q200	22.40	9.91	11.34	11.62	12.56	0.028405	4.89	4.58	3.20	1.30
unico	7 RON 7	Q50	14.30	9.61	10.93	10.93	11.59	0.016972	3.60	3.97	3.00	1.00
unico	7 RON 7	Q200	22.40	9.61	11.44	11.39	12.29	0.017665	4.08	5.48	3.00	0.96
unico	6.5	Q50	14.30	9.43	10.71	10.75	11.42	0.018432	3.71	3.85	3.00	1.05
unico	6.5	Q200	22.40	9.43	11.21	11.21	12.11	0.018813	4.18	5.35	3.00	1.00
unico	6 RON 6	Q50	14.30	9.31	10.01	10.36	11.20	0.045155	4.83	2.96	4.25	1.85
unico	6 RON 6	Q200	22.40	9.31	10.25	10.72	11.86	0.046084	5.63	3.98	4.25	1.86
unico	5 RON 5	Q50	14.30	8.98	9.86	9.99	10.53	0.019856	3.62	3.95	4.50	1.24
unico	5 RON 5	Q200	22.40	8.98	10.10	10.34	11.10	0.023636	4.43	5.05	4.50	1.34
unico	4.5 RON 4 m	Q50	14.30	8.74	9.64	9.75	10.28	0.018624	3.55	4.03	4.50	1.20

HEC-RAS Plan: Sp_CU River: Rondanea Reach: unico (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)	
unico	4.5 RON 4 m	Q200	22.40	8.74	10.01	10.10	10.79	0.016492	3.91	5.73	4.50	1.11
unico	4.21	Q50	14.30	8.71	9.61	9.72	10.25	0.018624	3.55	4.03	4.50	1.20
unico	4.21	Q200	22.40	8.71	9.98	10.07	10.76	0.016492	3.91	5.73	4.50	1.11
unico	4.2	Q50	14.30	8.71	9.61	9.72	10.25	0.018624	3.55	4.03	4.50	1.20
unico	4.2	Q200	22.40	8.71	9.98	10.07	10.76	0.016595	3.92	5.71	4.50	1.11
unico	3.81	Q50	14.30	8.48	9.38	9.49	10.02	0.018408	3.53	4.05	4.50	1.19
unico	3.81	Q200	22.40	8.48	9.72	9.84	10.54	0.017896	4.02	5.57	4.50	1.16
unico	3.8	Q50	14.30	8.48	9.38	9.49	10.02	0.018408	3.53	4.05	4.50	1.19
unico	3.8	Q200	22.40	8.48	9.72	9.84	10.54	0.017888	4.02	5.57	4.50	1.15
unico	3.5 RON 4 v	Q50	14.30	8.44	9.40	9.45	9.96	0.015427	3.33	4.30	4.50	1.09
unico	3.5 RON 4 v	Q200	22.40	8.44	9.72	9.80	10.49	0.016156	3.88	5.77	4.50	1.09
unico	3 RON 3	Q50	14.30	8.19	9.30	9.20	9.72	0.012122	2.86	5.01	4.50	0.86
unico	3 RON 3	Q200	22.40	8.19	9.77	9.55	10.27	0.011557	3.15	7.10	4.50	0.80
unico	2.5	Q50	14.30	7.68	8.77	8.77	9.32	0.017270	3.27	4.37	4.00	1.00
unico	2.5	Q200	22.40	7.68	9.45	9.15	9.96	0.011861	3.17	7.06	4.00	0.76
unico	2 RON 2	Q50	14.30	7.20	8.70	8.29	8.99	0.005692	2.38	6.01	4.00	0.62
unico	2 RON 2	Q200	22.40	7.20	9.37	8.67	9.71	0.005162	2.58	8.68	4.00	0.56
unico	1.50	Q50	14.30	6.65	8.00	8.00	8.68	0.017484	3.64	3.92	2.90	1.00
unico	1.50	Q200	22.40	6.65	8.48	8.48	9.39	0.019474	4.23	5.29	2.90	1.00
unico	1.25	Q50	14.30	5.77	6.55	7.10	8.47	0.075036	6.14	2.33	2.97	2.21
unico	1.25	Q200	22.40	5.77	6.90	7.57	9.17	0.065675	6.67	3.36	2.97	2.00
unico	1.1		Bridge									
unico	1 RON 1	Q50	14.30	5.52	6.44	6.85	7.83	0.047277	5.22	2.74	2.97	1.73
unico	1 RON 1	Q200	22.40	5.52	6.80	7.32	8.57	0.046704	5.89	3.80	2.97	1.66

Rondanea_st_prog

Rondanea unico

Legend

EG Q200
EG Q50
WS Q200
WS Q50
Ground
LOB
ROB
Left Levee
Right Levee

Elevation (m)

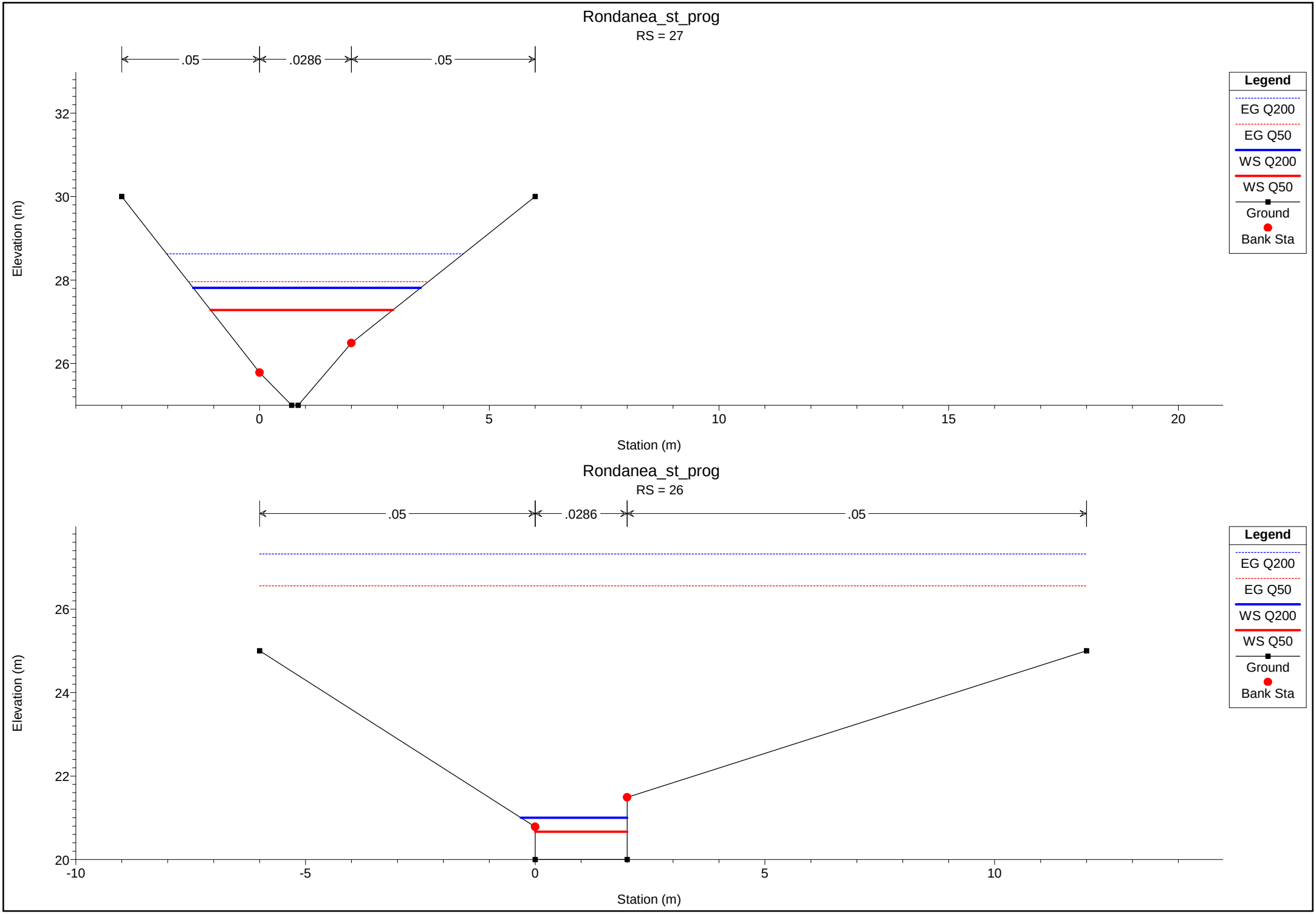
30
25
20
15
10
5

1.1 2 2.5 3 3.5 4.2 5 6 6.5 7 8 8.5 12 13 14 15 16 17 18 19 20 21 22 23 24 25 26 27

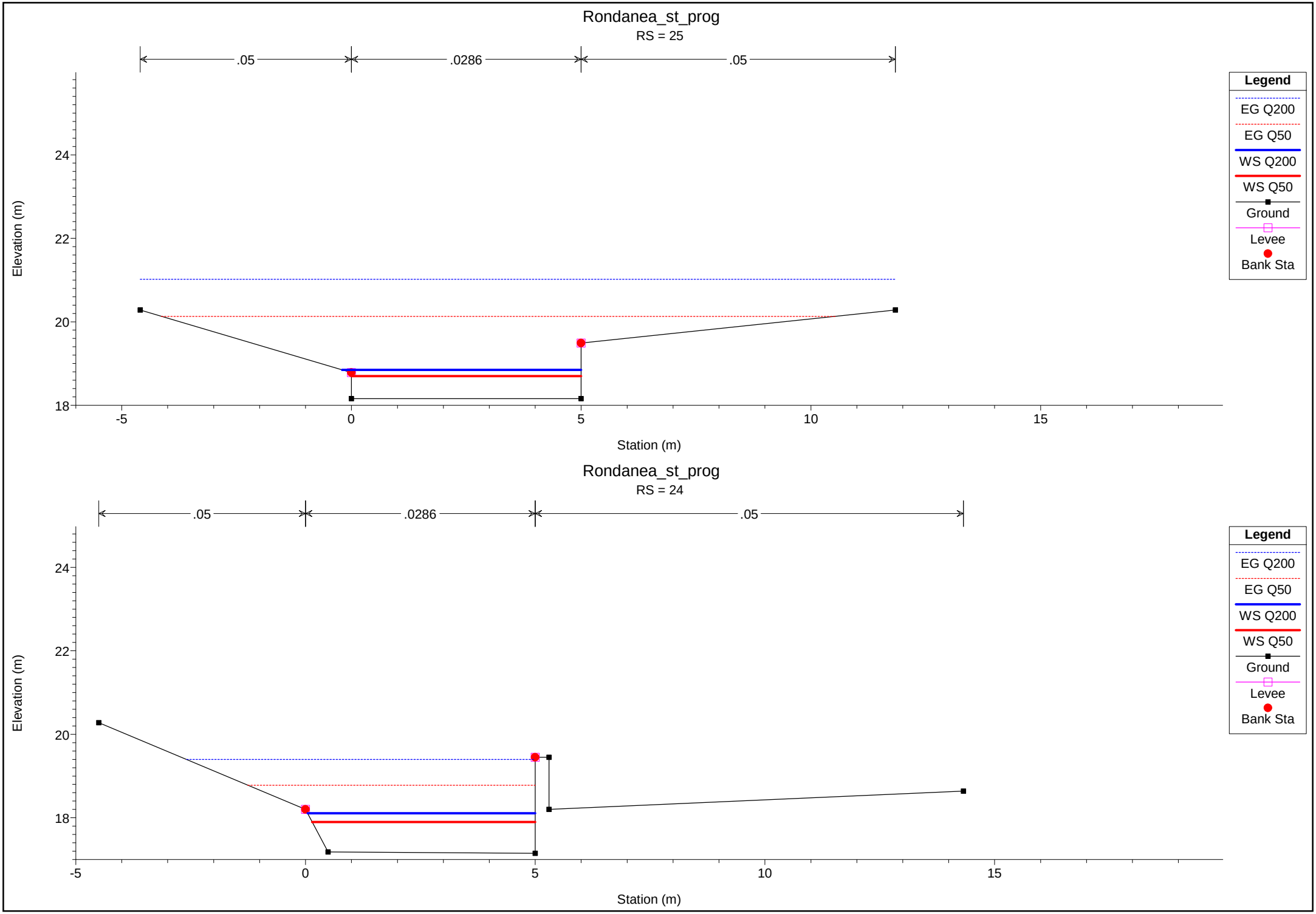
0 100 200 300 400 500 600 700

Main Channel Distance (m)

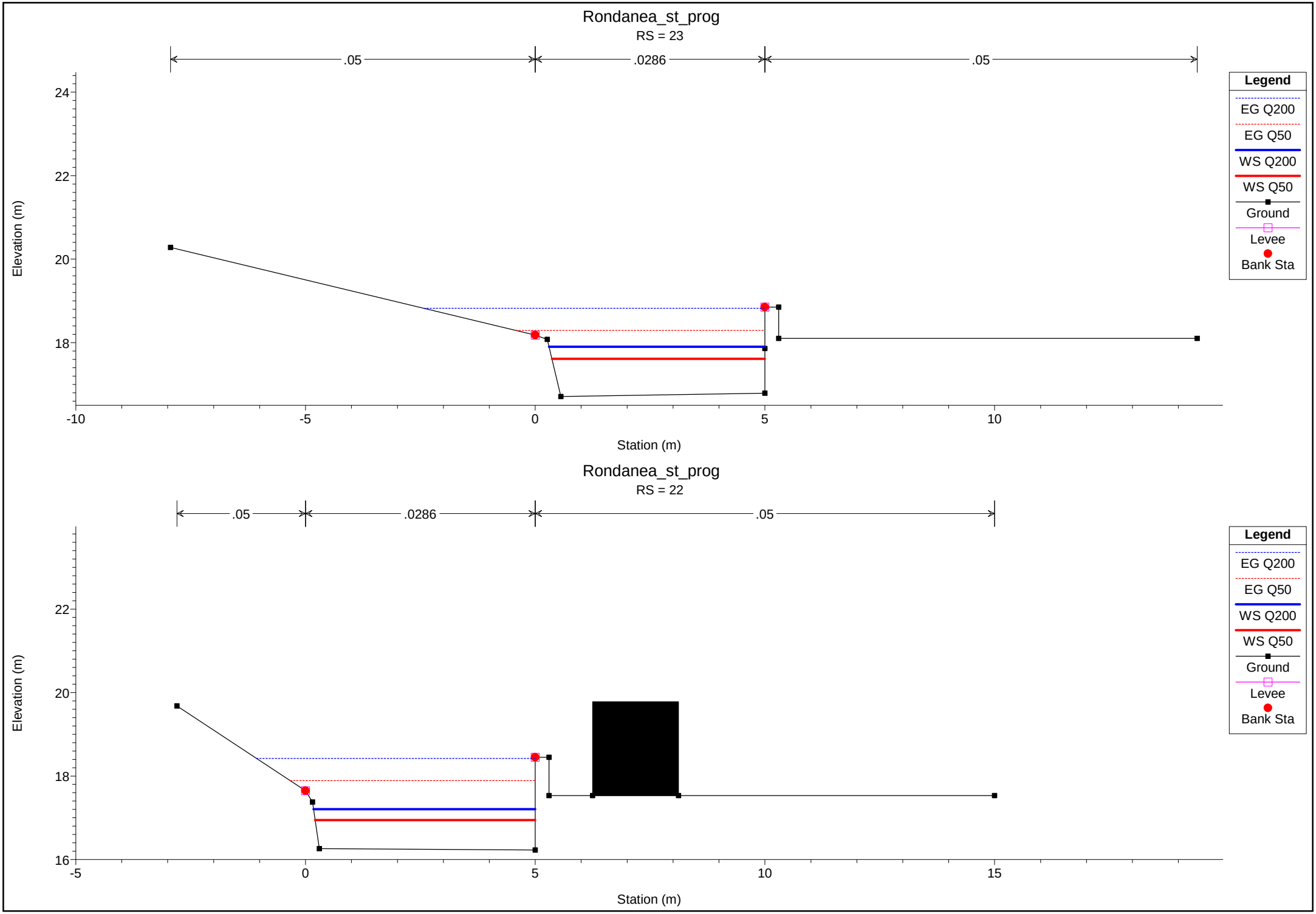
1 cm Horiz. = 20 m 1 cm Vert. = 1 m



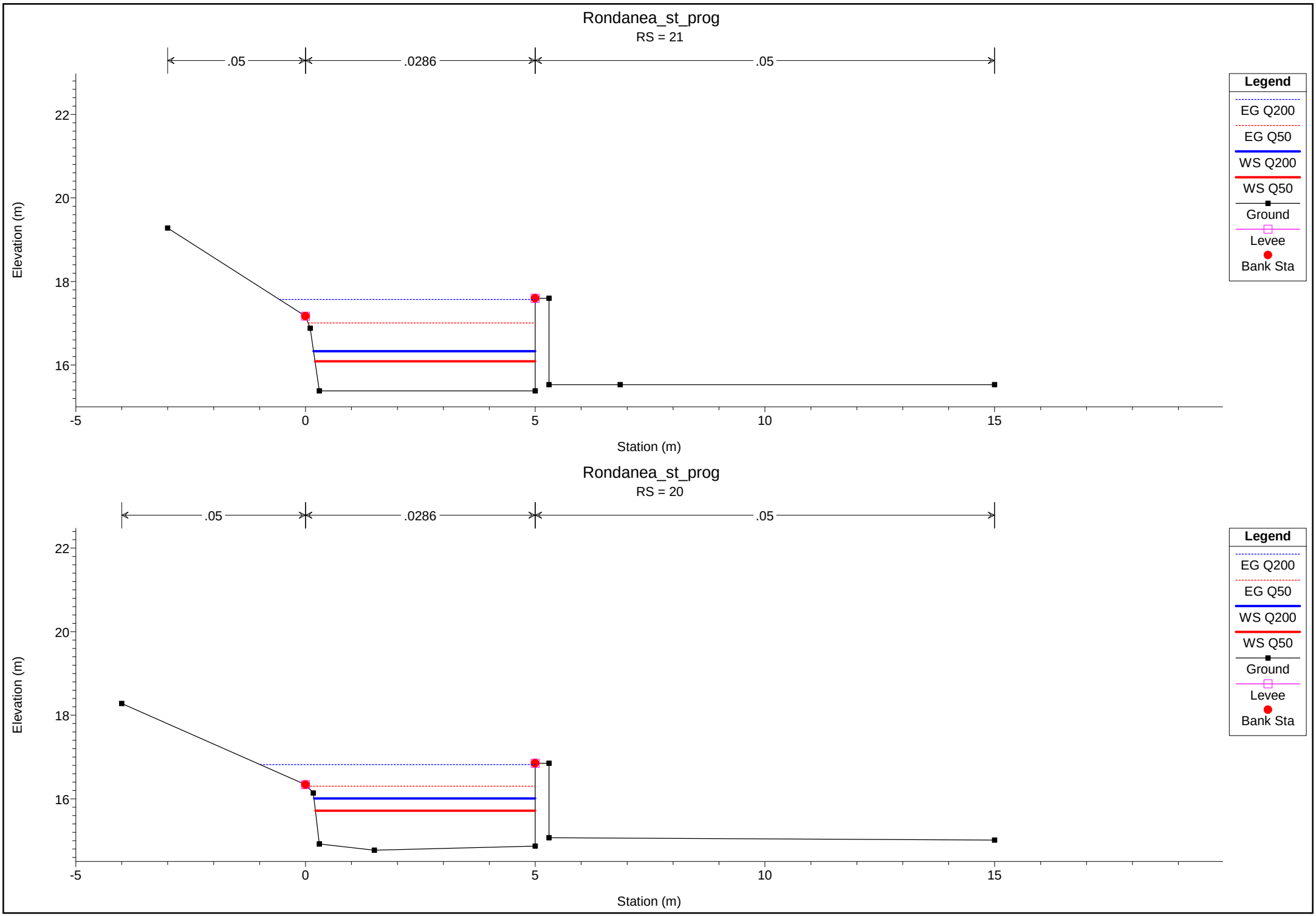
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



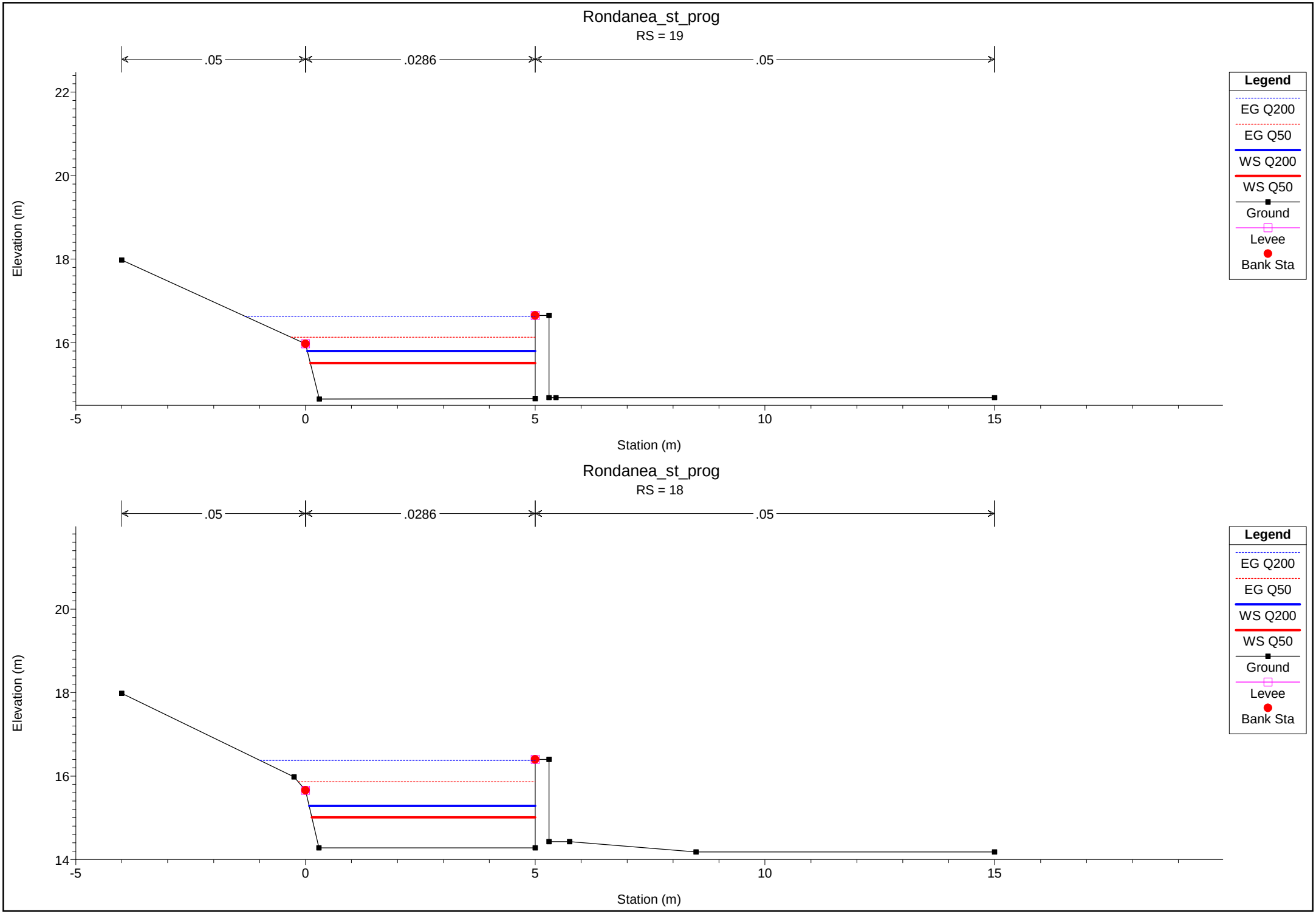
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



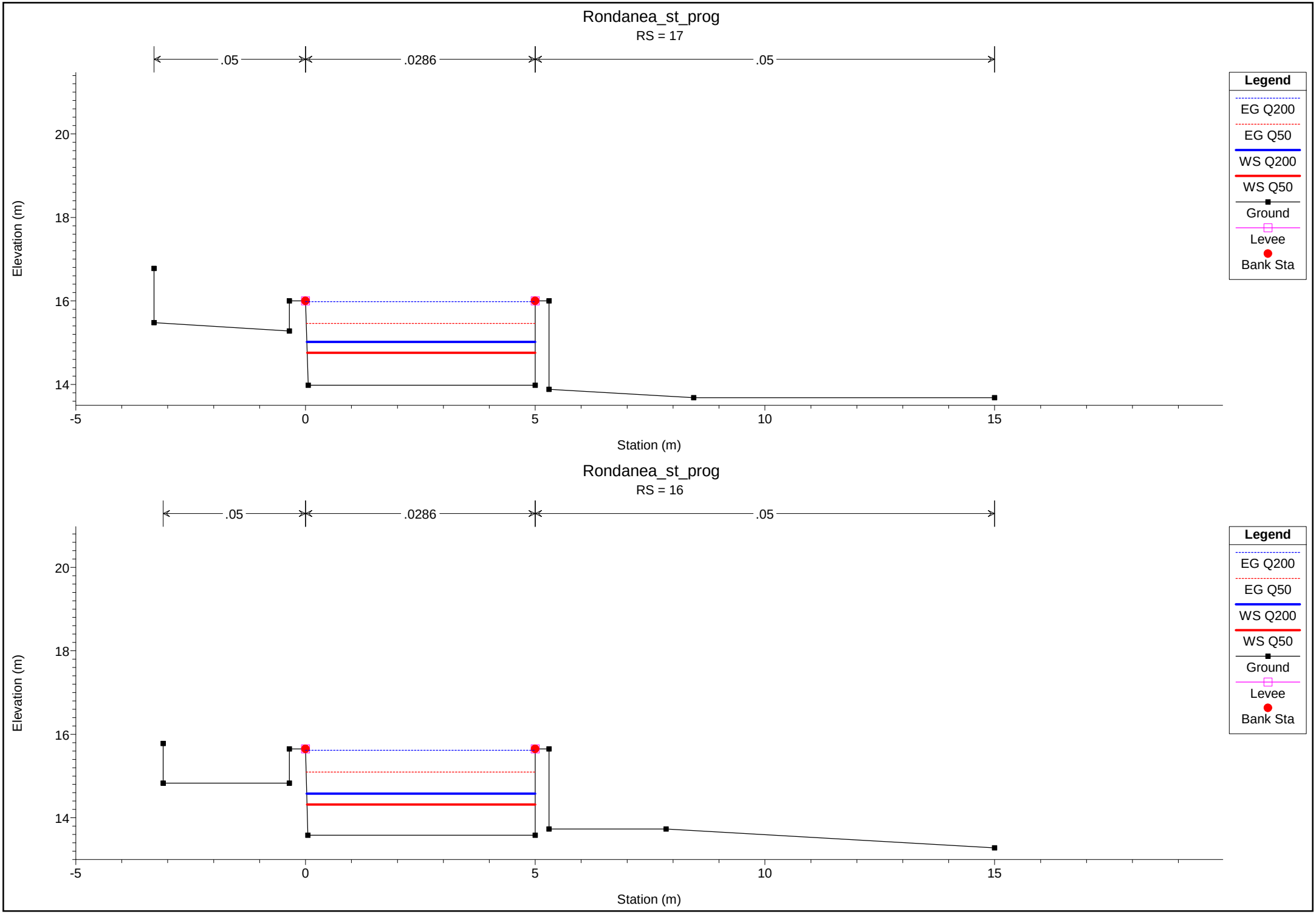
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



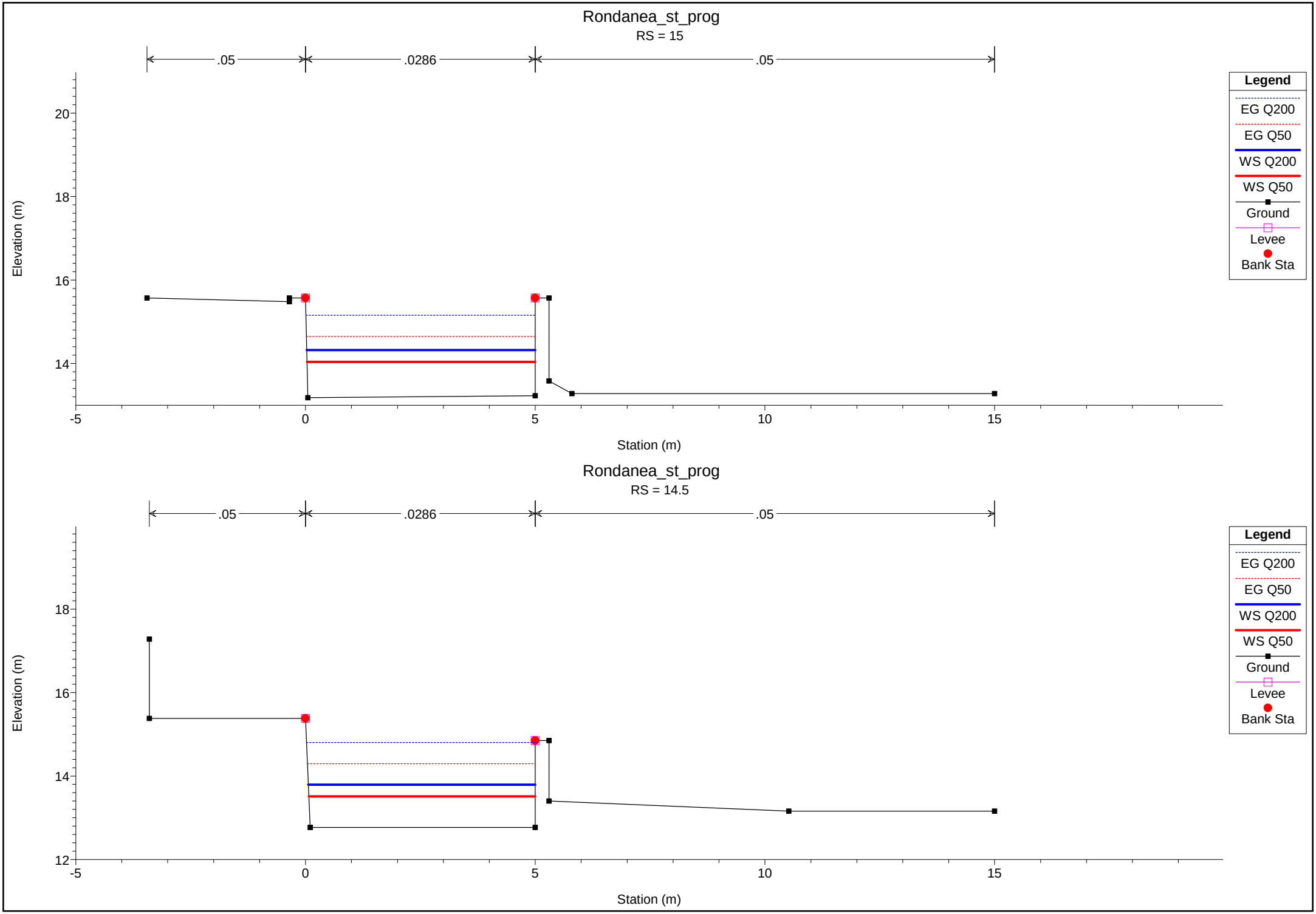
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



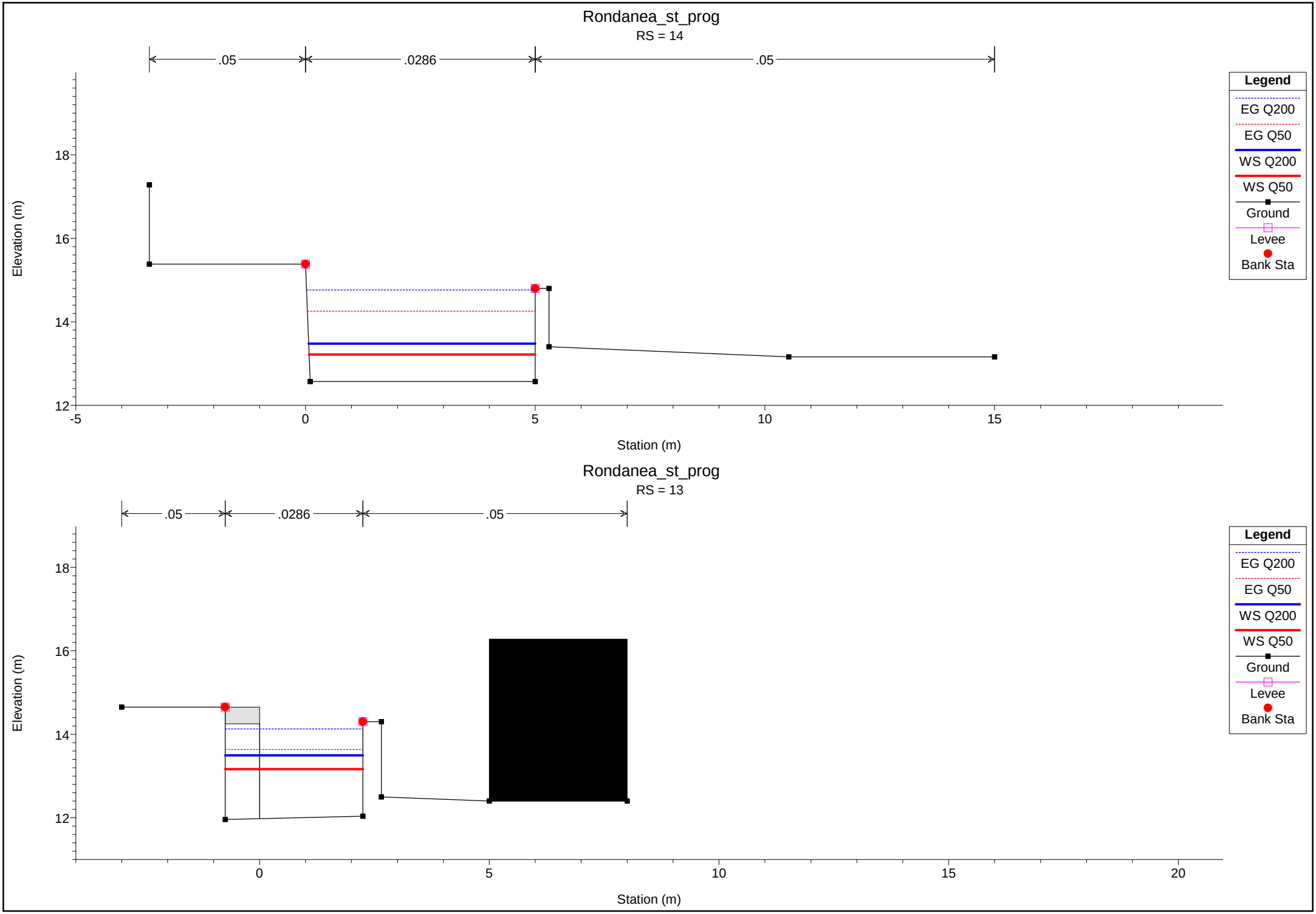
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



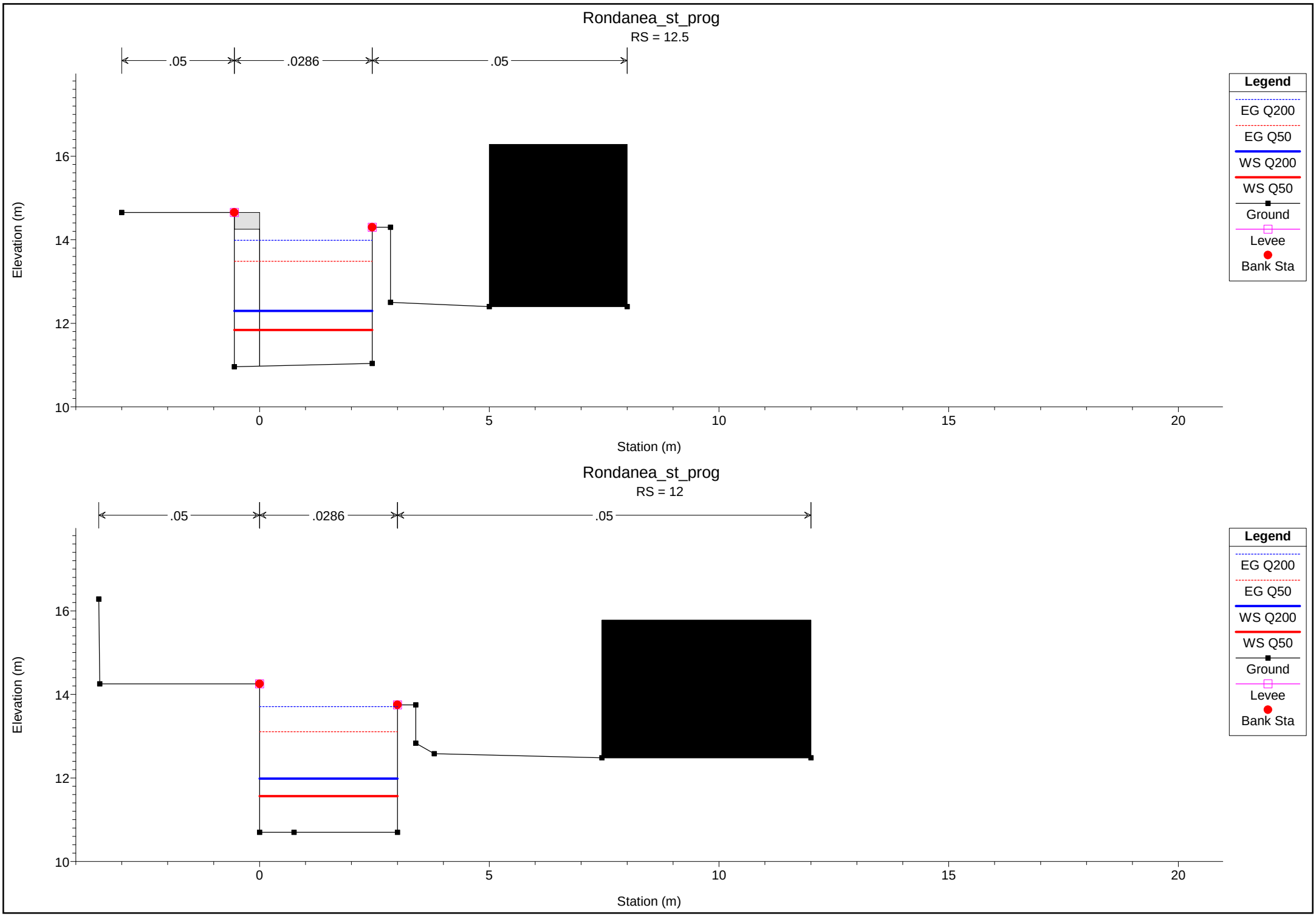
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



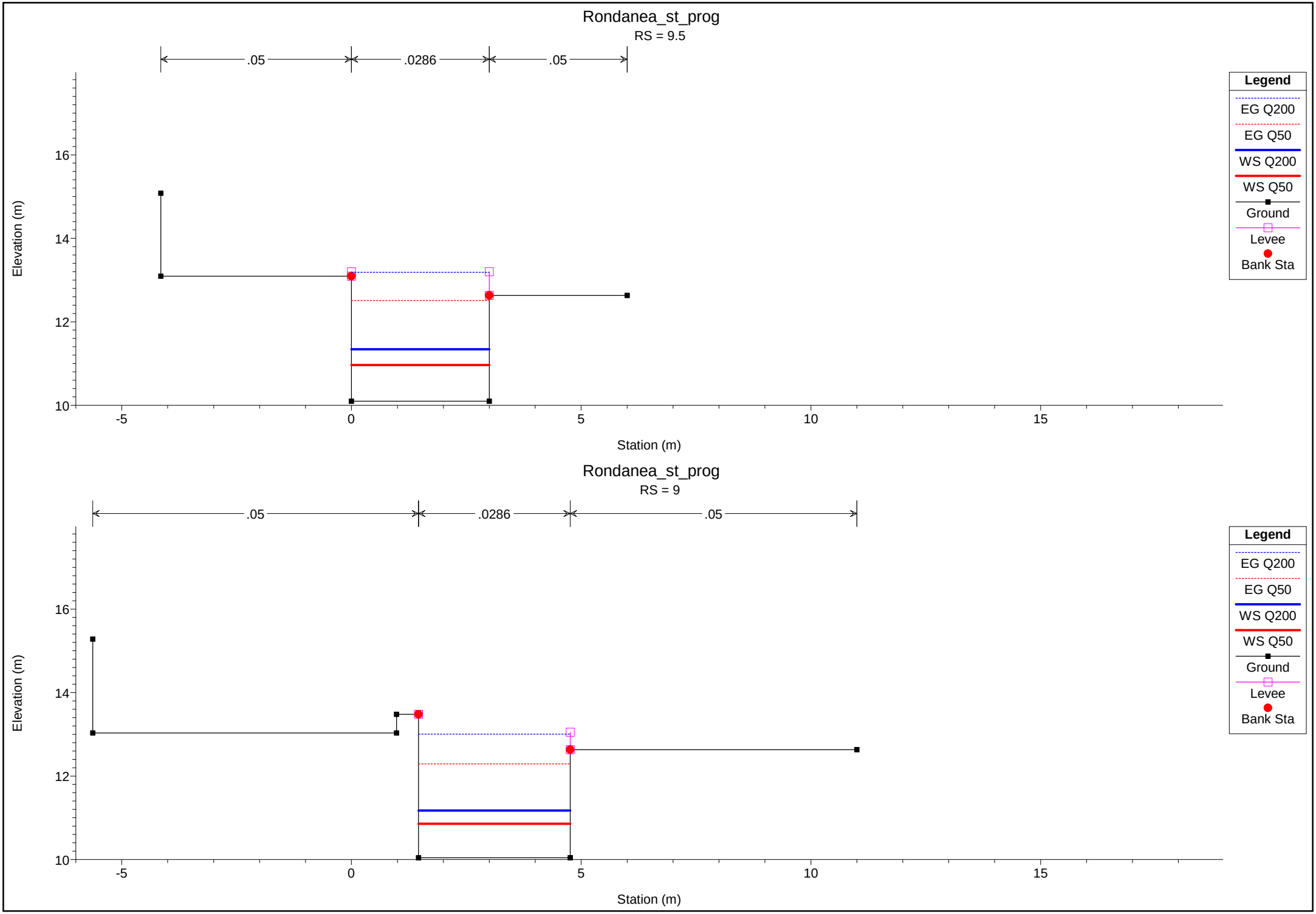
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



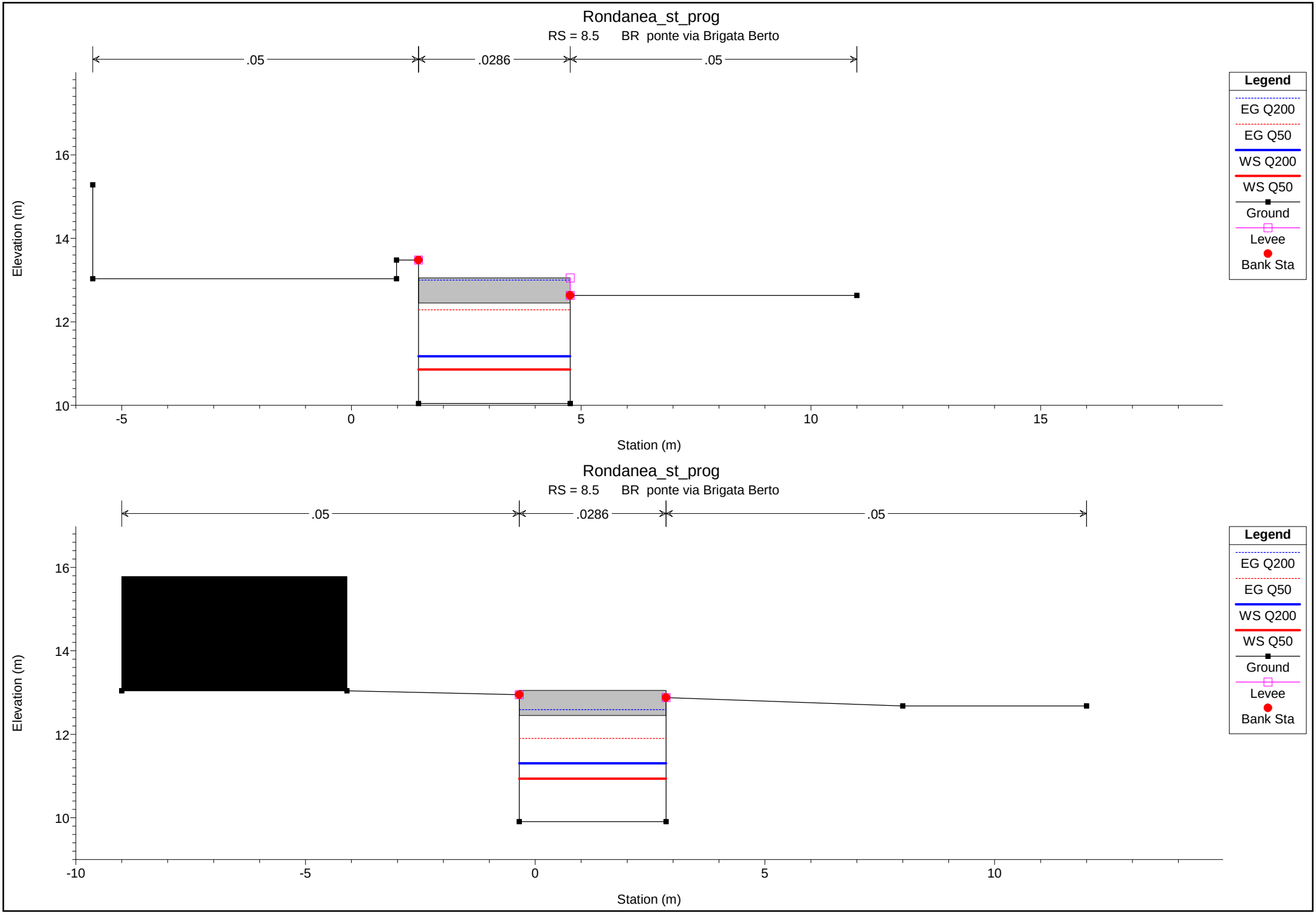
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



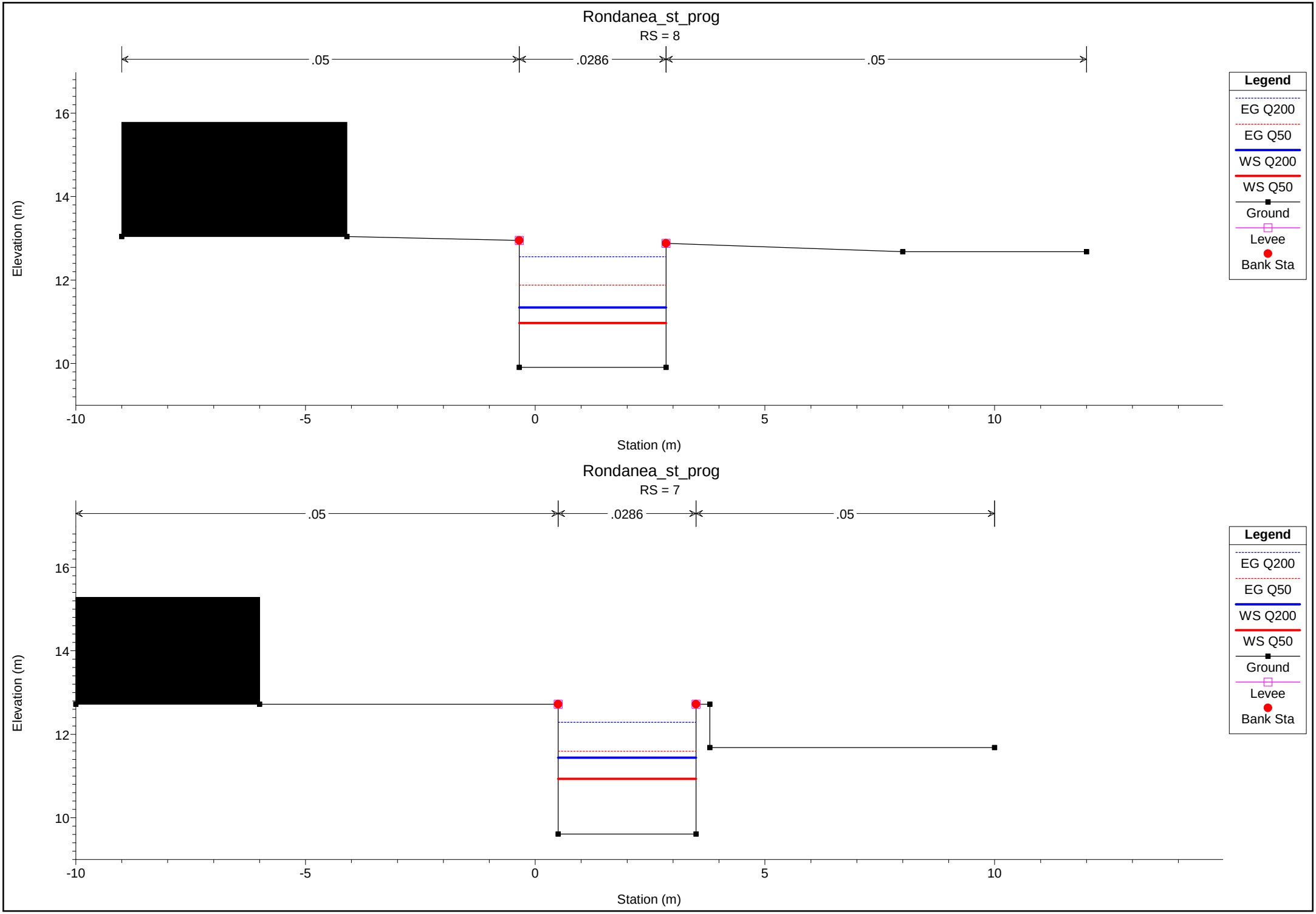
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



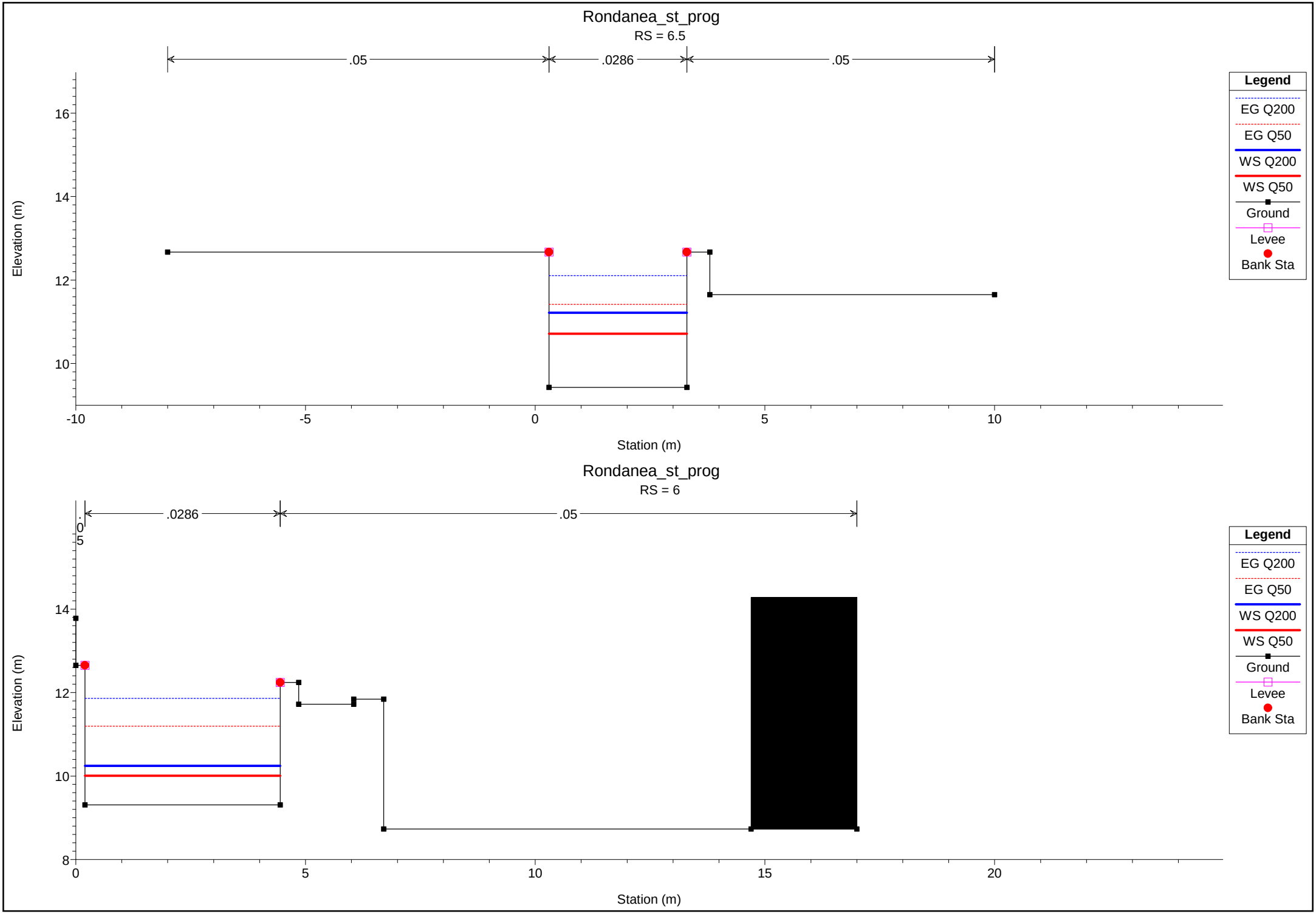
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



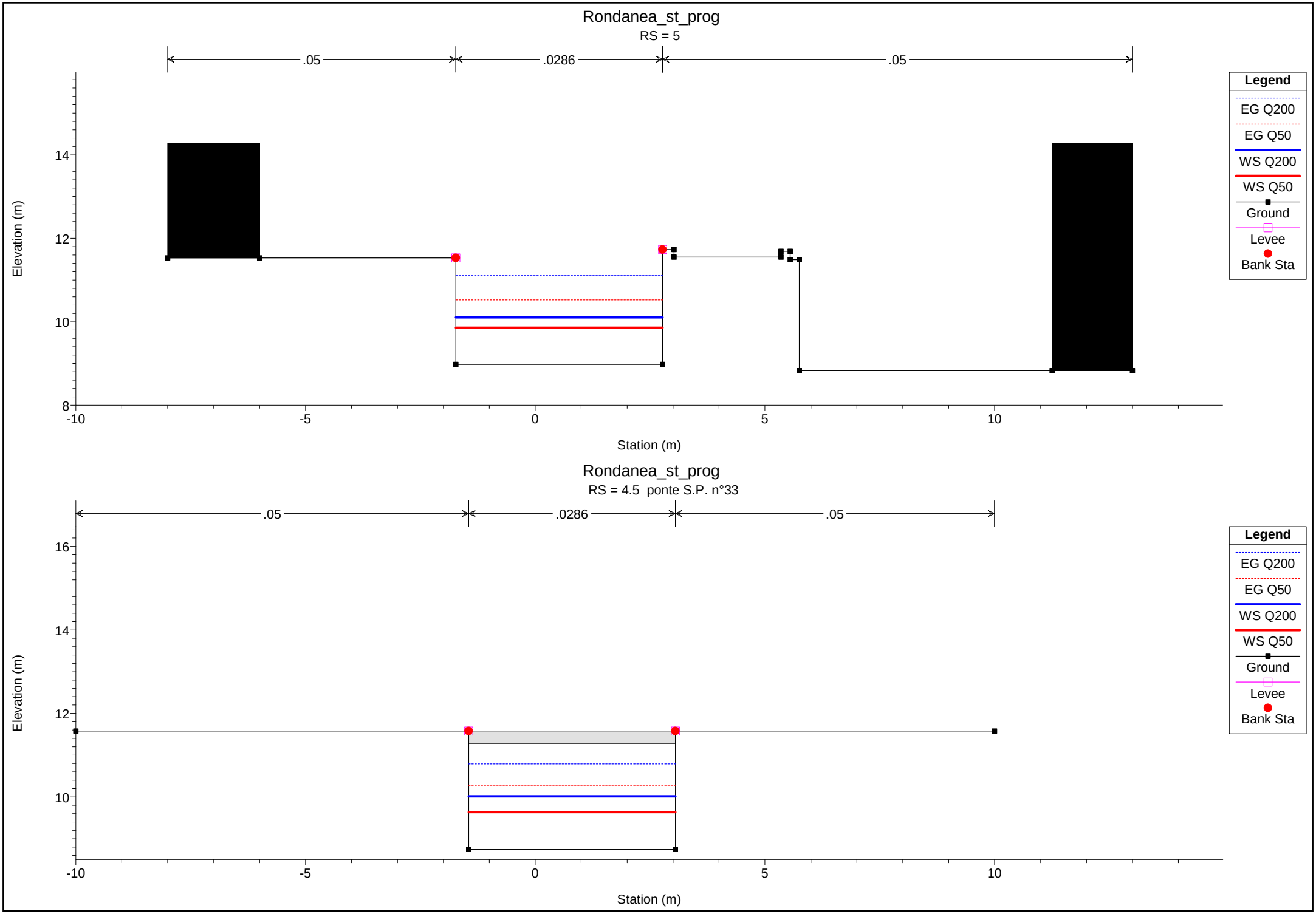
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



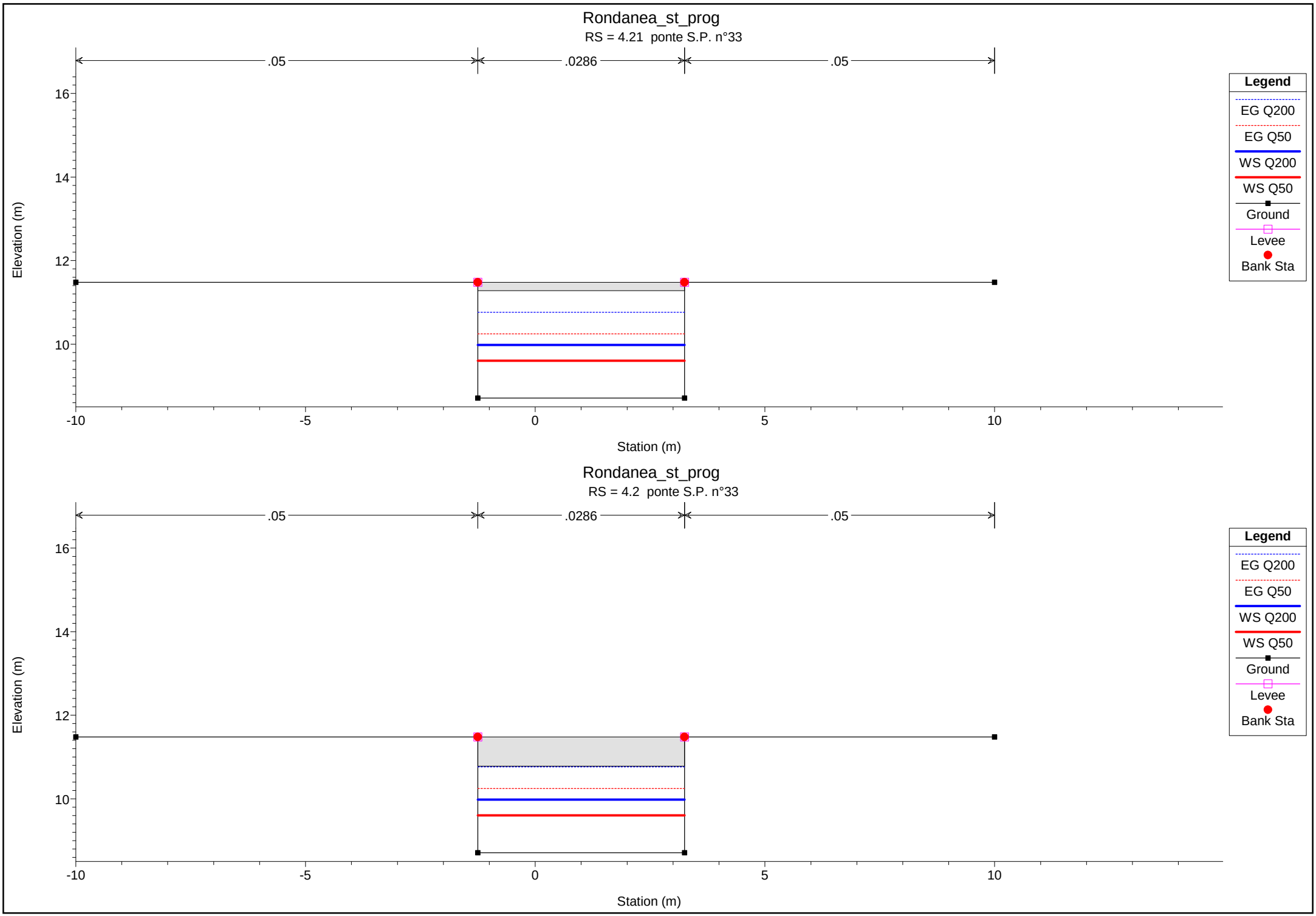
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



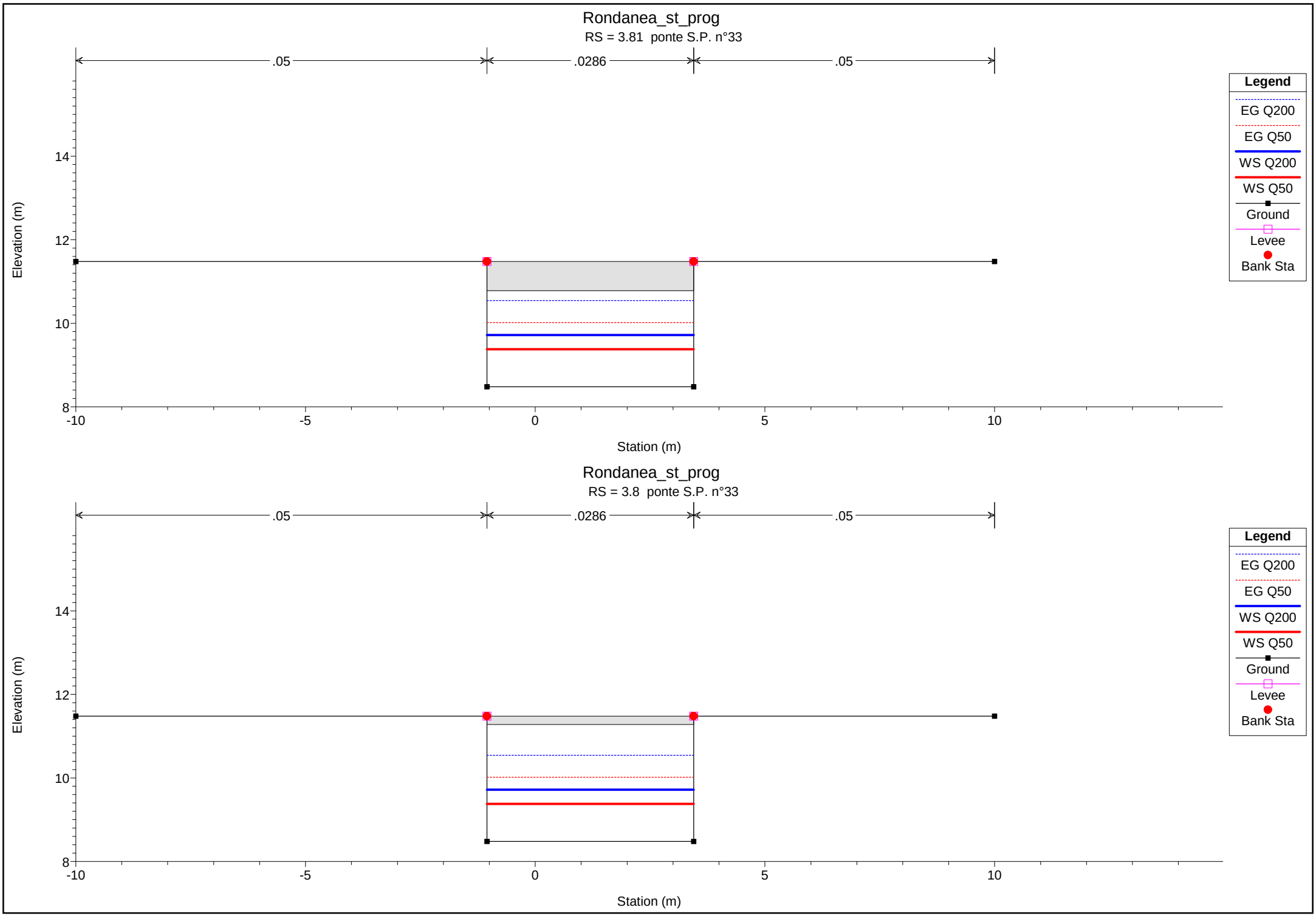
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



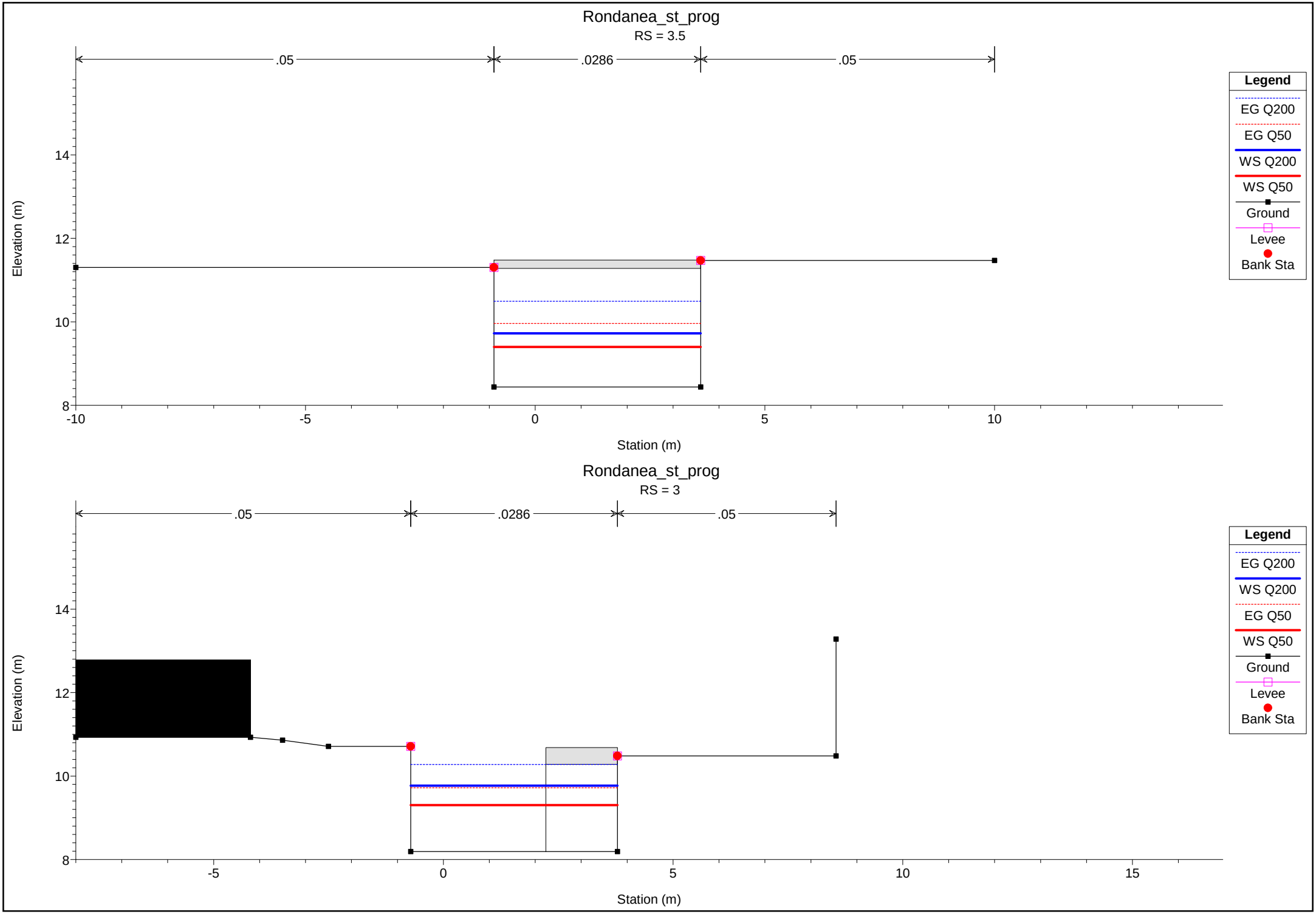
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



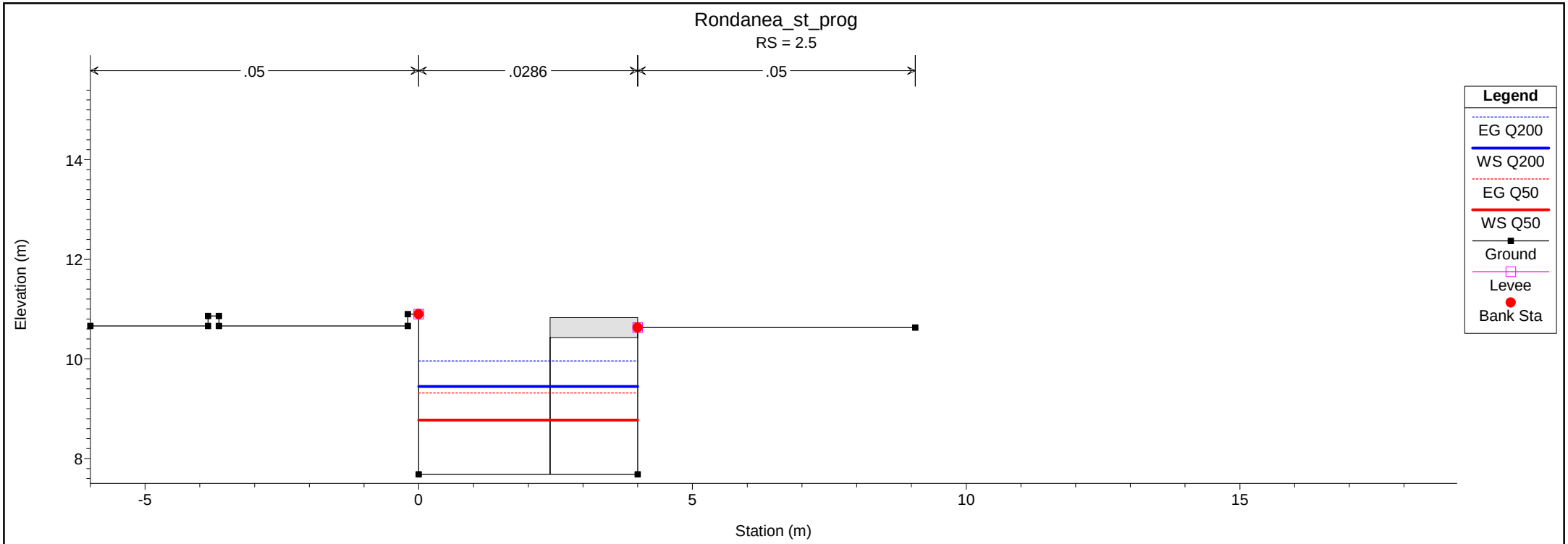
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

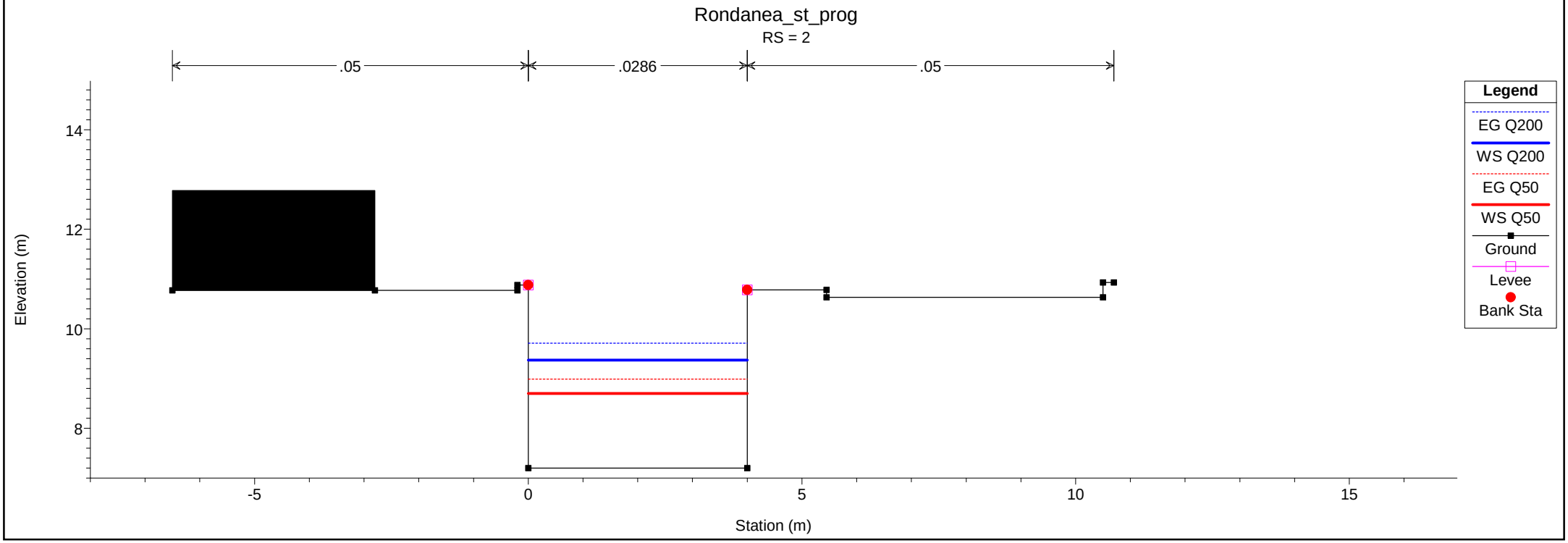


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

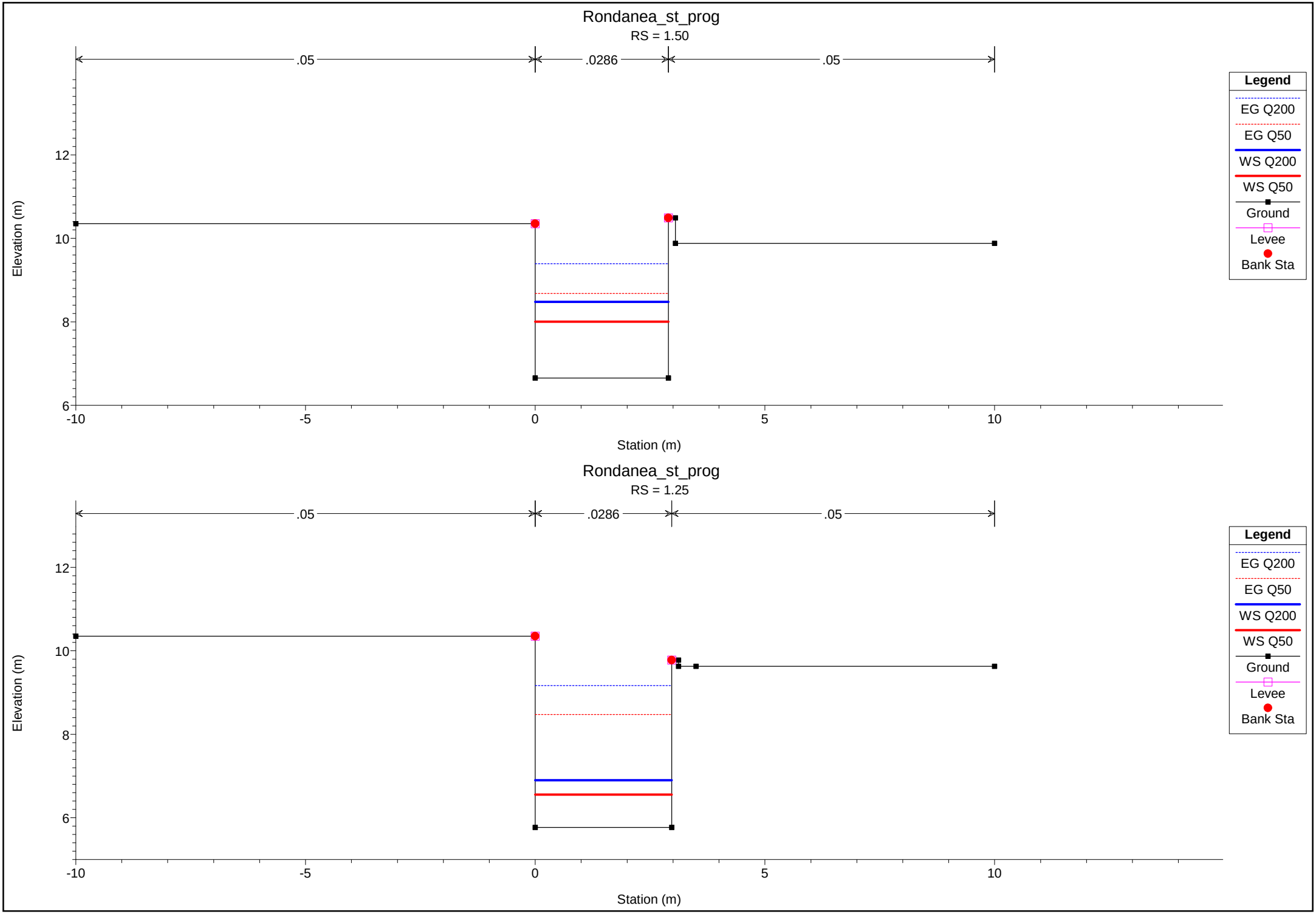


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m

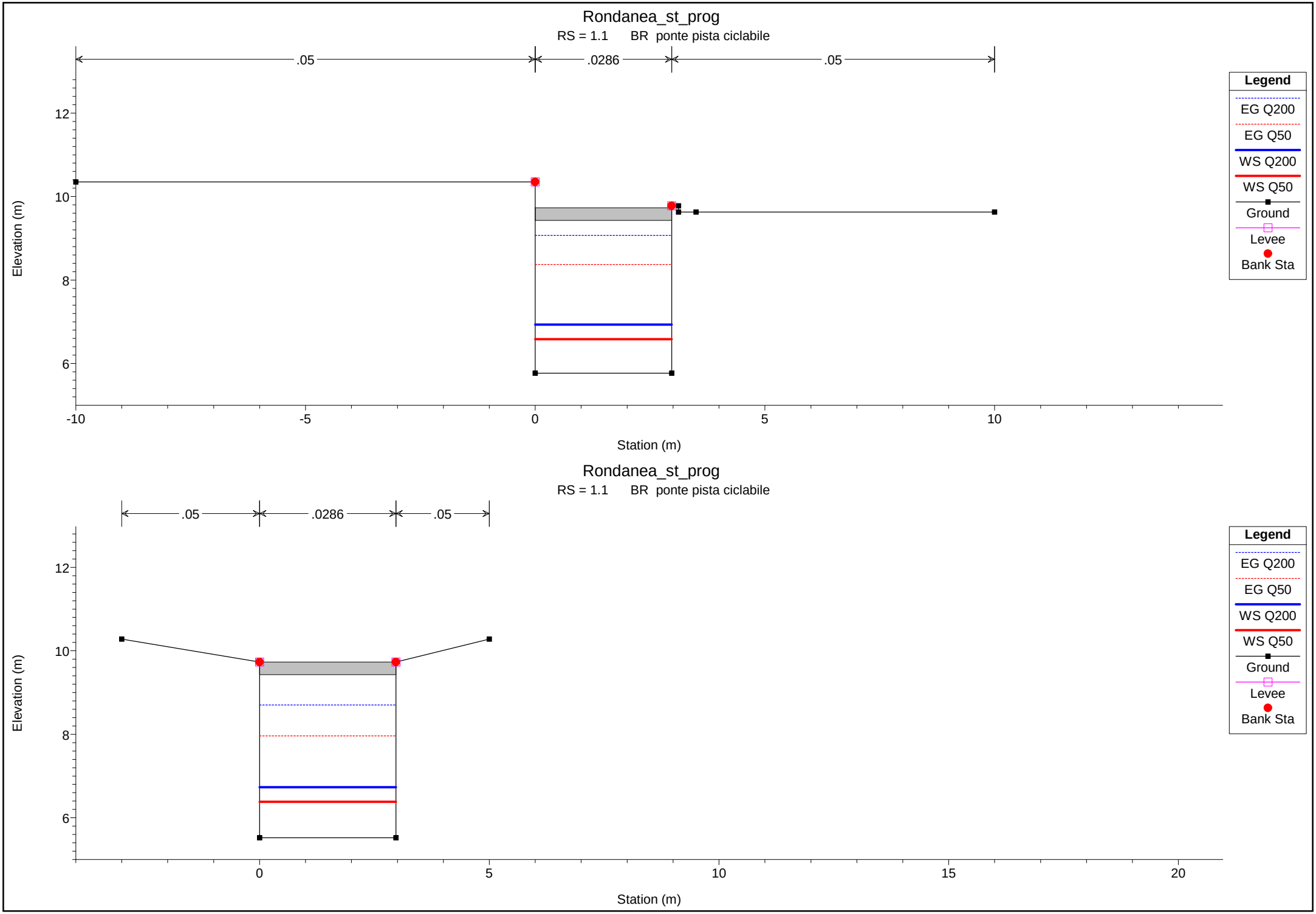




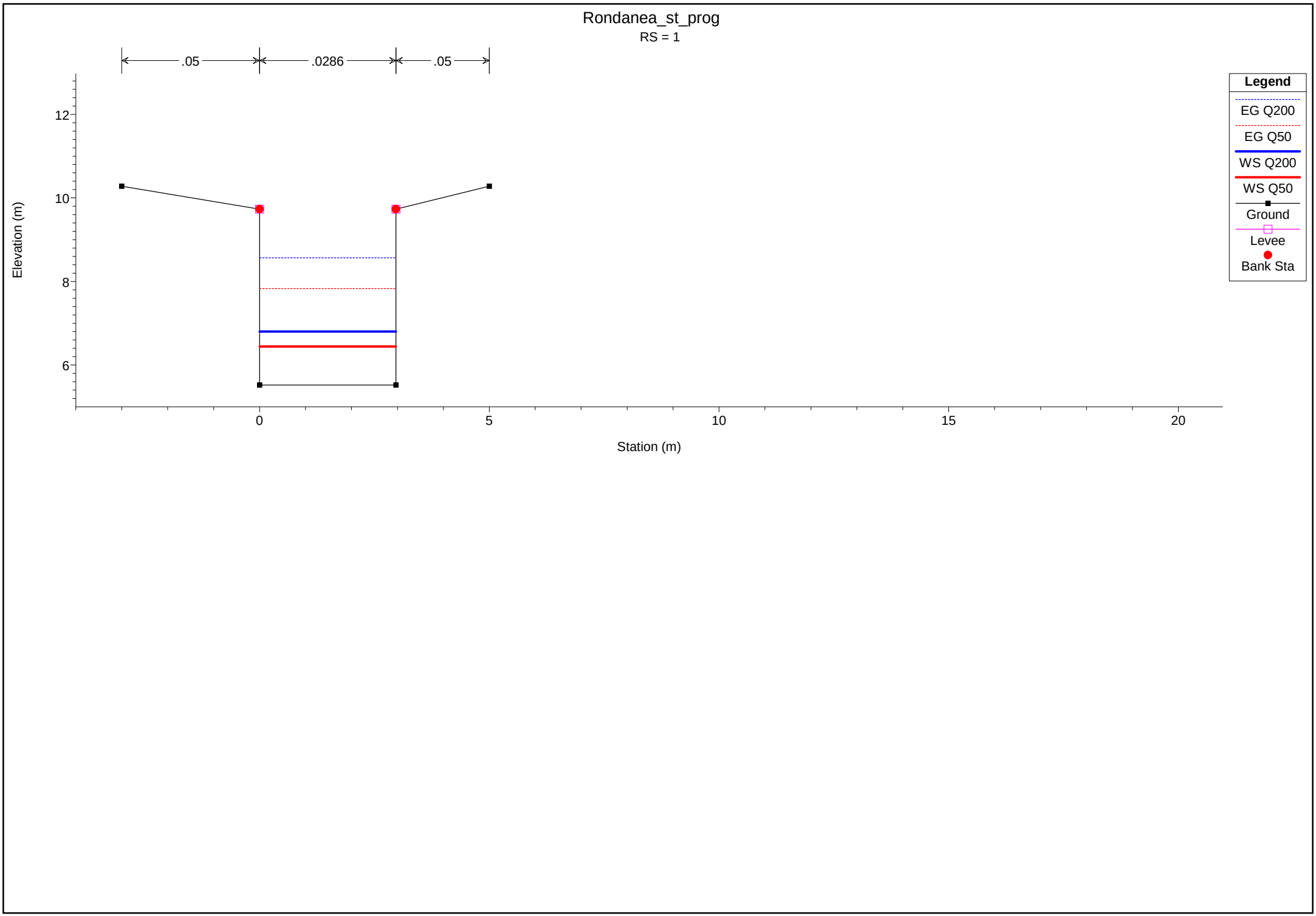
1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m



1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1.1 m