

AEROPORTO DI SALERNO COSTA D'AMALFI

NAPOLI
 SALERNO
 AIRPORTS
 GESAC

PROGETTO ESECUTIVO

REALIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI PER LO SVILUPPO DELL'AEROPORTO (FASE 1 DEL PROGRAMMA DEGLI INTERVENTI)

IDRAULICA FLUVIALE RELAZIONE DI DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE IDRAULICHE



Dott. Ing. Flavio Antonini
 Ordine Ingegneri Roma
 n. A-25840
 settore a-b-c

Dott. Ing. Fabio Grande
 Ordine Ingegneri Roma
 n. A-27170
 settore a-b-c

Dott. Ing. Persio Bochetto
 Ordine Ingegneri Roma
 n. 8664

IL PH PROGETTAZIONE

Ing. Andrea Guglielmi
 Ord. Ing. Napoli N. 16488

IL PROGETTISTA

Ing. Fabio Grande
 Ing. Flavio Antonini
 Ing. Franco Bochetto

ASSOCIAZIONE DI IMPRESE

De Sanctis Costruzioni S.p.A.
 Edil Moter S.r.l.
 S.F.E. Elettroimpianti S.r.l.

RIFERIMENTO ELABORATO

DIRETTORIO			FILE		
codice	commessa	N.Prog.	settore	n. progressivo	
000903			DR01	2	

DATA:

Febbraio 2022

REVISIONE

n.	data
5	Febbraio 2022

IL PH MANUTENZIONE

Ing. Chiara Iannizzaro

IL PH TERMINAL
 Raffaele De Stefano

IL PH AREA DI MOVIMENTO
 Raffaele De Stefano

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. Andrea Guglielmi
 Ord. Ing. Napoli N. 16488

ACCOUNTABLE MANAGER

Dott. Rinaldo Monteneri

Sommario

1	PREMESSA	1
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	2
3	INQUADRAMENTO DELL'AREA	2
3.1	STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED URBANISTICA.....	3
4	STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA.....	7
4.1	NTA - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI).....	8
4.2	Stato attuale dei torrenti Diavolone e Volta Ladri.....	13
4.3	Interventi di progetto	16
5	VERIFICA DI STABILITA' DEL RIVESTIMENTO IN GABBIONI E MATERASSI RENO	19
6	VERIFICHE AL SIFONAMENTO	23
7	VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE	25
7.1	VERIFICHE	27
8	ANALISI DEI FENOMENI DI TRASPORTO SOLIDO	37
9	VERIFICHE IDRAULICHE.....	38
9.1	Ipotesi di modellazione	45
9.2	Idrometro per controllo dei livelli idrici nella confluenza dei torrenti Diavolone e Volta Ladri	49
10	1 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI	50

1 PREMESSA

La presente relazione descrive l’approccio metodologico adottato e i risultati conseguiti per il dimensionamento e la verifica degli interventi di natura idraulica riguardante i Torrenti Diavolone e Volta Ladri, nell’ambito del Progetto Esecutivo **“AEROPORTO DI SALERNO – COSTA D’AMALFI, realizzazione degli interventi previsti per lo sviluppo dell’aeroporto (Fase 1 del programma degli interventi)”**.

La studio di compatibilità idraulica eseguita ha lo scopo di analizzare le interferenze che gli interventi di sistemazione idraulica previsti andranno a determinare sul naturale deflusso dei corpi idrici interessati, nonché le possibili alterazioni del regime idraulico degli stessi.

Ciò premesso si provvede a descrivere tutti quanti gli interventi e/o le nuove opere di sistemazione idraulica che mirano prioritariamente alla mitigazione del rischio idrogeologico e alla messa in sicurezza dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri, ricadenti all’interno del territorio dei Comuni di Pontecagnano Faiano e Bellizzi ed interessati dal progetto di sviluppo dell’infrastruttura in oggetto.

Nello specifico gli interventi hanno la finalità di ridurre il rischio idrogeologico ed evitare quindi che un possibile futuro evento alluvionale interessi l’area del sedime aeroportuale, nonché le aree limitrofe.

Sono stati pertanto studiati interventi di riqualifica e manutenzione straordinaria dei due corsi d’acqua in modo da permettere lo sviluppo dell’Aeroporto di Salerno-Pontecagnano garantendo il deflusso delle acque in condizioni di sicurezza.

L’analisi idrologica ed idraulica ha interessato, pertanto, i tratti dei suddetti torrenti che si sviluppano a valle della linea FF.SS. Napoli-Battipaglia-Reggio Calabria, e più precisamente dei tronchi che vengono interessati dagli interventi di prolungamento dell’infrastruttura aeroportuale.



Fig.1: Vista aerea aeroporto di Salerno Costa D’Amalfi.

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la redazione del presente Progetto Esecutivo si è tenuto in considerazione della rispondenza alla Normativa vigente, agli standard, prescrizioni e raccomandazioni in materia di "safety and security" aeroportuale nonché ai criteri tecnico-funzionali contenuti nella regolamentazione tecnica di settore, per come emanata dai competenti Enti ed Organismi internazionali e nazionali, tra cui:

- I. **D. Lgs. del 03/04/2006 n° 152** "Testo unico ambientale";
- II. **"Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico"**, adottato il 17/10/2002 con delibera di Comitato Istituzionale n. 80 e s.m.i.;
- III. **Norme tecniche sulle costruzioni** approvate con D.Min. 17/01/2018.

3 INQUADRAMENTO DELL'AREA

L'Aeroporto di Salerno è ubicato a circa 15 Km a sud-est dalla città e ricade, per gran parte, nel Comune di Pontecagnano Faiano (circa 121 Ha) e per la restante, nel Comune di Bellizzi (circa 3 Ha relativi principalmente all'Aerostazione Passeggeri e al parcheggio autovetture).

Il Comune di Pontecagnano è confinante a nord-ovest con il Comune di Salerno, a nord con i Comuni di Giffoni Valle Piana e di Montecorvino Pugliano, a nord-est con il Comune di Montecorvino Rovella e a sud con il Comune di Battipaglia; tuttavia l'Aeroporto e la sua area, strettamente di interesse, anche in relazione a vincoli aeronautici ed aree di rischio, coinvolge i comuni di Pontecagnano, Bellizzi e Montecorvino Pugliano.

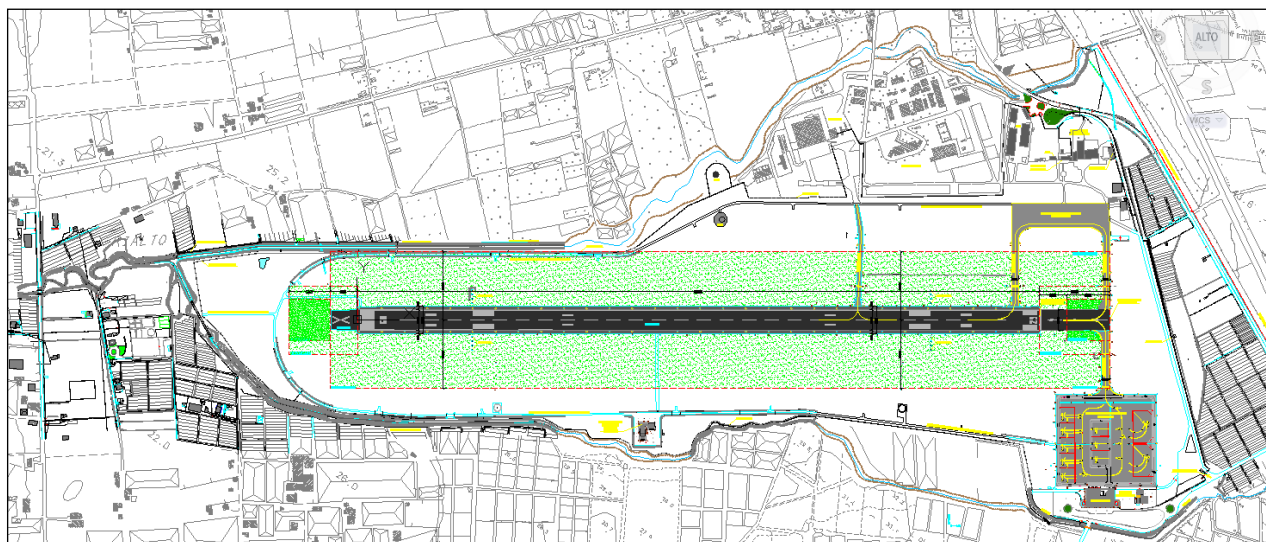


Fig.2: Layout delle infrastrutture di volo – Stato Attuale.

Gli usi prevalenti nell'immediato intorno dell'aeroporto sono costituiti da aree a carattere agricolo ed impianti per attività produttive e colture industriali (serre, erbai, colture permanenti e colture da frutta), da aree per attività di servizio di livello urbano o territoriale (stazioni e scali ferroviari, servizi postali, strutture ricettive), da aree a carattere industriale. In generale, relativamente alle aree di espansione previste, si è di fronte ad un sito scarsamente antropizzato, caratterizzato per lo più da ambiti prettamente agricoli, con

presenza di coltivazioni sotto serra e presenza di fabbricati rurali di scarso interesse, sia storico che archeologico, e isolate abitazioni.

3.1 STRUMENTI DI PIANIFICAZIONE TERRITORIALE ED URBANISTICA

Lo studio illustrato in questa relazione è stato condotto nel rispetto degli Strumenti Urbanistici vigenti e dei vincoli ricadenti nell'area di intervento:

Piano Territoriale Regionale (P.T.R.)

Il Piano Territoriale Regionale della Campania si propone come un piano d'inquadramento, d'indirizzo e di promozione di azioni integrate articolato in cinque Quadri Territoriali di Riferimento utili ad attivare una pianificazione d'area vasta concertata con le Province.

I cinque Quadri di riferimento sono:

1. Il Quadro delle Reti la rete ecologica, la rete dell'interconnessione (mobilità e logistica) e la rete del rischio ambientale, che attraversano il territorio regionale;
2. Il Quadro degli ambienti insediativi;
3. Il Quadro dei Sistemi Territoriali di Sviluppo (STS);
4. Il Quadro dei Campi Territoriali Complessi;
5. Il Quadro delle modalità per la cooperazione istituzionale.

Il P.T.R., nella definizione del Primo Quadro di riferimento definisce gli obiettivi della rete e delle interconnessioni e le strategie di pianificazione regionale dei trasporti (ferroviario, stradale, aeroportuale, portuale, etc). Le strategie di intervento più specificamente attinenti all'offerta infrastrutturale di trasporto sono:

- rafforzare i collegamenti dei nodi e dei terminali presenti sul territorio regionale con le reti di interesse nazionale ed internazionale per favorire i flussi di merci, di risorse finanziarie e di capitale umano;
- perseguire l'innovazione dei metodi gestionali delle reti, ottimizzare l'utilizzo delle infrastrutture esistenti e massimizzare gli effetti derivanti dal loro potenziamento elevandone qualità, efficienza e sicurezza;
- perseguire il riequilibrio modale;
- realizzare e migliorare l'interconnessione delle reti a livello locale.

In sintesi, tutte le strategie sono finalizzate allo sviluppo del sistema delle infrastrutture modali e intermodali di trasporto per rafforzare i fattori di base della competitività del sistema socio-economico regionale.

Piano Territoriale di Coordinamento

Approvato con Delibera del Consiglio Provinciale del 30 Marzo 2012, nella definizione dei propri obiettivi si accosta a riferimenti che appartengono ai livelli superiori di pianificazione e programmazione, e pone un particolare accento sul sistema infrastrutturale.

Obiettivo primario è lo sviluppo sostenibile, la riqualifica dei tessuti insediativi esistenti, la tutela e sviluppo del paesaggio agricolo e relative attività produttive, oltre allo sviluppo del

paesaggio terra- mare ed è basato sul concetto di conservazione delle risorse ambientali del territorio in un'ottica di razionalizzazione ed integrazione delle strutture urbanistiche.

Tra gli obiettivi specifici si segnalano quelli più inerenti al tema in oggetto:

- il potenziamento dei servizi;
- il potenziamento dell'offerta turistica attraverso azioni integrate fondate sulla tutela e la valorizzazione del territorio nelle sue diverse componenti (ambientali, culturali, antropiche);
- la razionalizzazione dei collegamenti e della rete infrastrutturale della provincia definendo i criteri per la localizzazione ed il dimensionamento delle stesse, in coerenza con le analoghe previsioni di carattere nazionale e regionale;
- la razionalizzazione e riqualifica del sistema industriale e degli insediamenti produttivi della Provincia di Salerno, nell'ottica della tutela e valorizzazione del territorio, dell'ambiente, della salute e della sicurezza;
- la tutela del territorio come risorsa essenziale della vita urbana.

Con particolare riferimento all'area in esame, il Ptcp riconosce, nella Piana di Sele, l'ambito territoriale in cui maggiormente concentrare l'attenzione per coniugare ed integrare le strategie di valorizzazione del sistema dei beni culturali ed ambientali con quelle di potenziamento e qualificazione dell'offerta ricettiva e di servizi per il turismo. In tal senso il Piano prescrive la realizzazione di consistenti "interventi di risanamento della qualità delle acque, dell'ambiente naturale ed antropizzato" (sia linea di costa che nelle aree più interne), di tutela delle aree e degli usi agricoli e, contemporaneamente, promuove il potenziamento dell'offerta turistica e ricettiva.

Inquadramento urbanistico: P.R.G. dei Comuni interessati

Il sedime aeroportuale, anche in chiave di espansione, ricade nei comuni di Pontecagnano Faiano e di Bellizzi, mentre in termini di superfici di vincolo risulta essere interessato anche il comune di Montercorvino Pugliano.

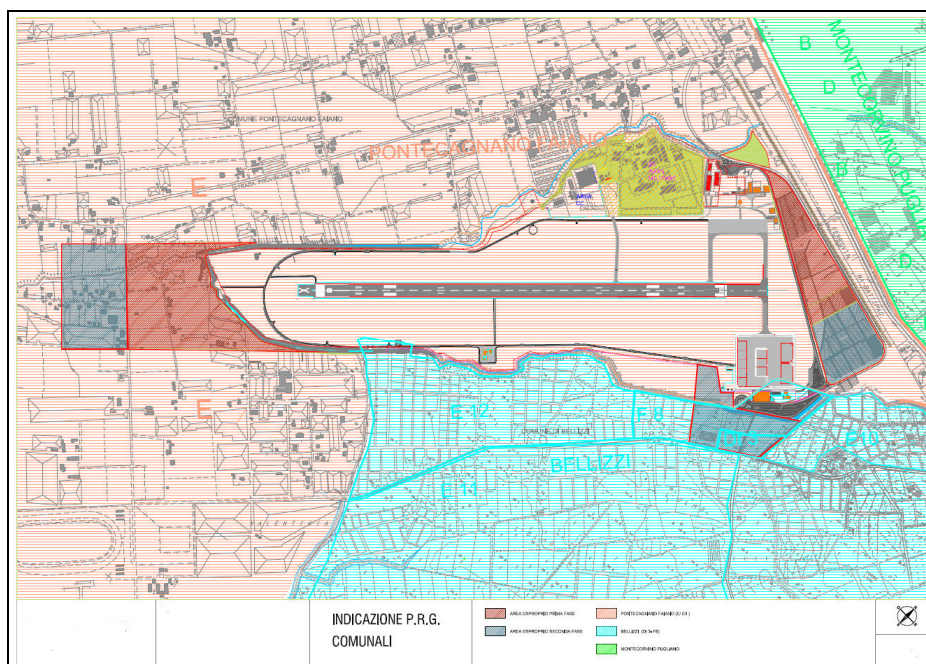


Fig.3: Inserimento dell'infrastruttura aeroportuale all'interno dei PRG interessati.

Il comune di Pontecagnano Faiano risulta dotato di Piano Regolatore Generale (PRG), approvato con DPGR n.18 del 07.01.1988. Nell'anno 2013 sono iniziate le procedure per la predisposizione del nuovo PUC. Tale strumento urbanistico generale ha individuato sul territorio comunale una serie di aree destinate prevalentemente ad attività agricole, industriali ed artigianali. L'area interessata si compone, nell'ambito del comune di Pontecagnano Faiano, delle seguenti destinazioni d'uso:

- Attuale area di sedime: Zona Omogenea F3 – servizi generali (Zone destinate ad attrezzature di interesse generale e di uso pubblico- parcheggi, reti tecnologiche, aeroporto);
- Area di espansione THR 23 e THR 05: Zona Omogenea E3 (Zona destinata ad uso agricolo identificate come aree seminate con colture pregiate).



Fig.4: Zonizzazione del PRG del Comune di Pontecagnano.

Per quanto attiene il Comune di Bellizzi, su cui ricadono aerostazione e parcheggi auto, il relativo PRG è stato approvato con Decreto del Presidente della Provincia di Salerno n.72 del 25.03.2008. L'area aeroportuale che insiste sul territorio comunale di Bellizzi risulta ricadere nelle seguenti zone omogenee:

- Attuale area terminal/parcheggio auto: Zona Omogenea F8 (Zona destinata ad attività aeroportuali);
- Area espansione terminal/parcheggi: Zone Omogenee F8 – D.t3 (area non edificata destinata ad insediamenti turistici) – E 12 (area destinata alla produzione agricola).

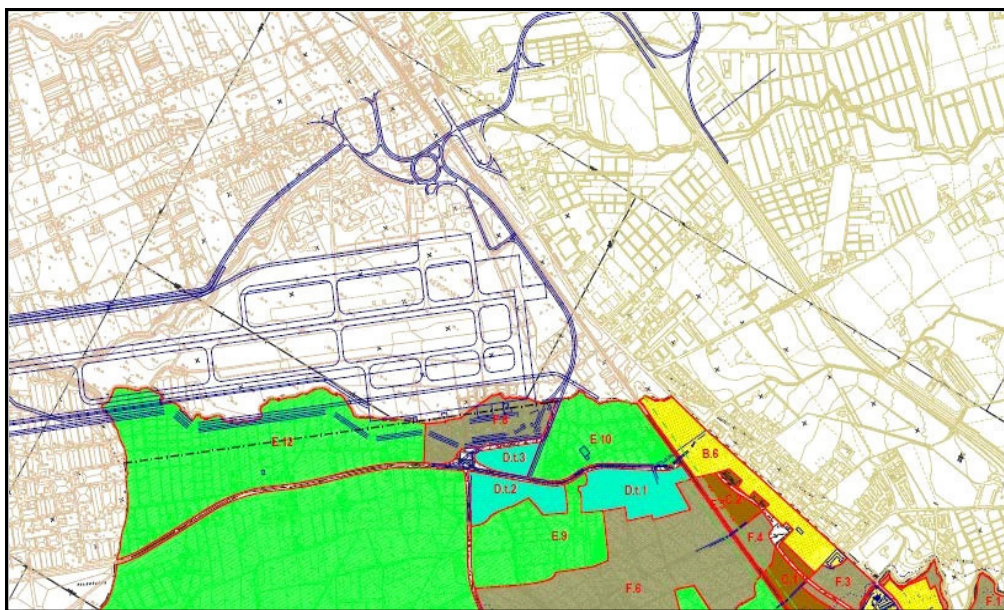


Fig.5: Zonizzazione del PRG del Comune di Bellizzi.

Vincoli sul territorio

I. VINCOLO PAESISTICO

In materia di pianificazione paesistica, in Campania sono in vigore tre tipi di Piani paesistici:

- Piani Territoriali Paesistici redatti ai sensi dell'art.149 del D.Lgs. n. 490 del 1999;
- Piano paesistico dell'Isola di Procida
- Piano Urbanistico Territoriale con valore di piano paesistico dell'area sorrentino- amalfitana (PUT).

L'Area interessata dall'Aeroporto di Salerno e dal suo previsto ampliamento, ricade quasi del tutto in zona sottoposta al vincolo paesistico, secondo quanto previsto dal Piano Territoriale Paesistico, redatto ai sensi dell'art.149.del D.Lgs. n. 490 del 1999.

Dalle Cartografie allegate allo Studio Preliminare di Impatto Ambientale redatto dall'Aeroporto di Salerno sul Piano degli Interventi nel 2008, si evince che l'area a tutela paesaggistica ricopre tutto il territorio piano- costiero dei Comuni di Pontecagnano-Faiano e di Battipaglia, rimanendo escluso quello di Bellizzi.

II. VINCOLO IDROGEOLOGICO

Il Piano di Tutela delle Acque (ex D.Lgs. 152/99 e D.Lgs.4/08) individua le aree soggette a vincolo idrogeologico definito ai sensi del Regio Decreto 3267/1923, da cui si evince che l'intera area interessata dal Nuovo Piano di Sviluppo dell'Aeroporto di Salerno, non è soggetta ad alcun vincolo idrogeologico.

III. VINCOLO AMBIENTALE

In generale è possibile affermare che l'area su cui è ubicato l'attuale aeroporto resta al di fuori da zone delimitate dai Parchi e Riserve Naturali statali e regionali, Oasi di Protezione ed aree di protezione speciale o conservazione speciale.

4 STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

Le opere di sistemazione idraulica previste mirano prioritariamente alla mitigazione del rischio idrogeologico e alla messa in sicurezza dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri, ricadenti all'interno del territorio dei Comuni di Pontecagnano Faiano e Bellizzi ed interessati dal progetto di sviluppo dell'infrastruttura in oggetto.

Nello specifico gli interventi hanno la finalità di ridurre il rischio idrogeologico ed evitare quindi che un possibile futuro evento alluvionale interessi l'area del sedime aeroportuale, nonché le aree limitrofe. Sono stati pertanto studiati interventi di riqualifica e manutenzione straordinaria dei due corsi d'acqua in modo da permettere lo sviluppo dell'Aeroporto di Salerno-Pontecagnano, garantendo il deflusso delle acque in condizioni di sicurezza.

L'area d'intervento è caratterizzata da un reticolo idrografico ridotto e non particolarmente complesso poiché, nella zona in esame, i principali corsi d'acqua prendono origine da manifestazioni sorgive dislocate a quote basse. Essa è delimitata da due torrenti minori denominati Diavolone, a nord, e Volta Ladri, a sud, che confluiscono subito fuori il perimetro ovest dell'aeroporto, dando vita ad un unico corpo idrico, il Torrente Rialto che sfocia nel fiume Tusciano, quasi all'altezza dello sbocco a mare di quest'ultimo. La fig. 6 mostra il reticolo idrografico della zona aeroportuale di interesse.



Fig.6: Reticolo idrografico della zona aeroportuale.

La studio di compatibilità idraulica degli interventi in progetto è svolta con riferimento agli strumenti normativi vigenti in ambito di pianificazione idraulica del territorio e ha l'obiettivo di evidenziare l'assenza di preesistenti aree a rischio idraulico nella zona di interesse e che gli interventi di riqualificazione dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri siano tali da migliorare o comunque, non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica del bacino. La presente relazione è stata redatta nel rispetto del "Testo Unico Coordinato delle Norme di Attuazione del PSAI relativi ai bacini idrografici regionali in destra e in sinistra Sele ed interregionale del fiume Sele".

4.1 NTA - Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PSAI)

Adottato con delibera di Comitato Istituzionale n.80 del 17.10.2002 e s.m.i. ed aggiornato nel Maggio 2010, il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico costituisce uno strumento di pianificazione omogeneo dell'intero territorio dell'Autorità di Bacino Regionale "Destra Sele" (accorpato dal 2012 all' Autorità di bacino regionale Campania Sud ed interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele, ed annesso al Distretto Idrografico Appennino Meridionale), nel quale ricade interamente il sedime dell'Aeroporto di Salerno.

Si riportano di seguito alcuni passaggi del "Titolo II – Rischio Idraulico. Capo I – Prescrizioni per le aree a rischio idraulico comuni ai tre bacini".

"Art. 8 – Disposizioni generali per le aree a rischio idraulico, comma 7 e comma 15":

...

7. Tutte le nuove attività, opere e sistemazioni e tutti i nuovi interventi consentiti, ivi compresi quelli di manutenzione, sia ordinaria che straordinaria, nelle aree a rischio idraulico, devono essere tali da:
 - a. migliorare o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità idraulica;
 - b. non costituire in nessun caso un fattore di aumento della pericolosità idraulica né localmente, né nei territori a valle o a monte, producendo significativi ostacoli al normale libero deflusso delle acque ovvero causando una riduzione significativa della capacità di invaso delle aree interessate;
 - c. non costituire un elemento pregiudizievole all'attenuazione o all'eliminazione delle specifiche cause di rischio esistenti;
 - d. non pregiudicare le sistemazioni idrauliche definitive né la realizzazione degli interventi previsti dalla pianificazione di bacino o da altri strumenti di pianificazione;
 - e. garantire condizioni adeguate di sicurezza durante la permanenza di cantieri mobili, in modo che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un ostacolo significativo al regolare deflusso delle acque, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;
 - f. limitare l'impermeabilizzazione superficiale del suolo impiegando tipologie costruttive e materiali tali da controllare la ritenzione temporanea delle acque anche attraverso adeguate reti di regimazione e di drenaggio, avendo cura di limitare lo

scarico proveniente da piazzali nei tratti dei corsi d'acqua definiti a rischio/pericolosità idraulica;

g. rispondere a criteri di basso impatto ambientale, prevedendo, ogni qualvolta possibile, l'utilizzo di tecniche di ingegneria naturalistica di cui al Decreto Presidente della Giunta Regionale della Campania n. 574 del 22 luglio 2002;

h. salvaguardare la risorsa acqua in funzione del minimo deflusso vitale o della potenzialità della falda.

...

15. I criteri generali per la progettazione, la realizzazione e la manutenzione ordinaria e straordinaria delle opere idrauliche e degli interventi di manutenzione dei corsi d'acqua e di difesa dei versanti, ovvero delle opere e gli interventi di difesa nelle aree a diverso rischio e pericolosità da frana, devono far riferimento, possibilmente, alle tipologie costruttive riportate negli allegati C ed D, e nel Quaderno Opere Tipo del PSAI del Bacino Idrografico in Destra Sele e, comunque, tener conto delle tipologie costruttive dell'ingegneria naturalistica.

“Art. 9 – Interventi per la mitigazione del rischio idraulico, comma 1”:

1. Nelle aree perimetrate a rischio idraulico sono sempre ammessi:
 - a. la manutenzione ordinaria delle opere idrauliche e di sistemazione dei versanti;
 - b. la manutenzione straordinaria delle opere idrauliche e di sistemazione dei versanti;
 - c. gli interventi idraulici e le opere idrauliche per la messa in sicurezza delle aree e per la riduzione o l'eliminazione del rischio;
 - d. gli interventi di sistemazione e miglioramento ambientale finalizzati a ridurre il rischio idraulico, che favoriscano, tra l'altro, la ricostruzione dei processi e degli equilibri naturali, il riassetto delle cenosi di vegetazione riparia, la ricostituzione della vegetazione spontanea autoctona. Tra tali interventi sono altresì compresi i tagli di piante autorizzati dall'autorità forestale o idraulica competente per territorio, nell'ottica di assicurare il regolare deflusso delle acque, in coerenza del disposto del Decreto Presidente della Repubblica 14 aprile 1993, "Atto di indirizzo e coordinamento alle regioni recante criteri e modi per la redazione dei programmi di manutenzione idraulica e forestale.

“Art. 12 – Disciplina delle aree a rischio idraulico medio e moderato R2 e R1”:

1. Nelle aree a rischio idraulico medio R2 e moderato R1 oltre agli interventi e le attività previste nelle aree a rischio idraulico molto elevato ed elevato, è consentito qualunque intervento previsto dallo strumento urbanistico comunale o da altra pianificazione o programmazione sovraordinata; gli interventi devono essere realizzati adottando tipologie costruttive finalizzate alla riduzione della vulnerabilità delle opere e del rischio per la pubblica incolumità;
2. I progetti di cui al comma 1, devono essere corredati dallo studio di compatibilità idraulica da redigersi con i contenuti di cui all'articolo 50, ed in conformità degli

indirizzi e le indicazioni di cui all'allegato G rispetto ai bacini idrografici di riferimento, debitamente asseverato da tecnico abilitato.

La figura seguente mostra l'inquadramento del PSAI per le aree a rischio idraulico della zona d'interesse.

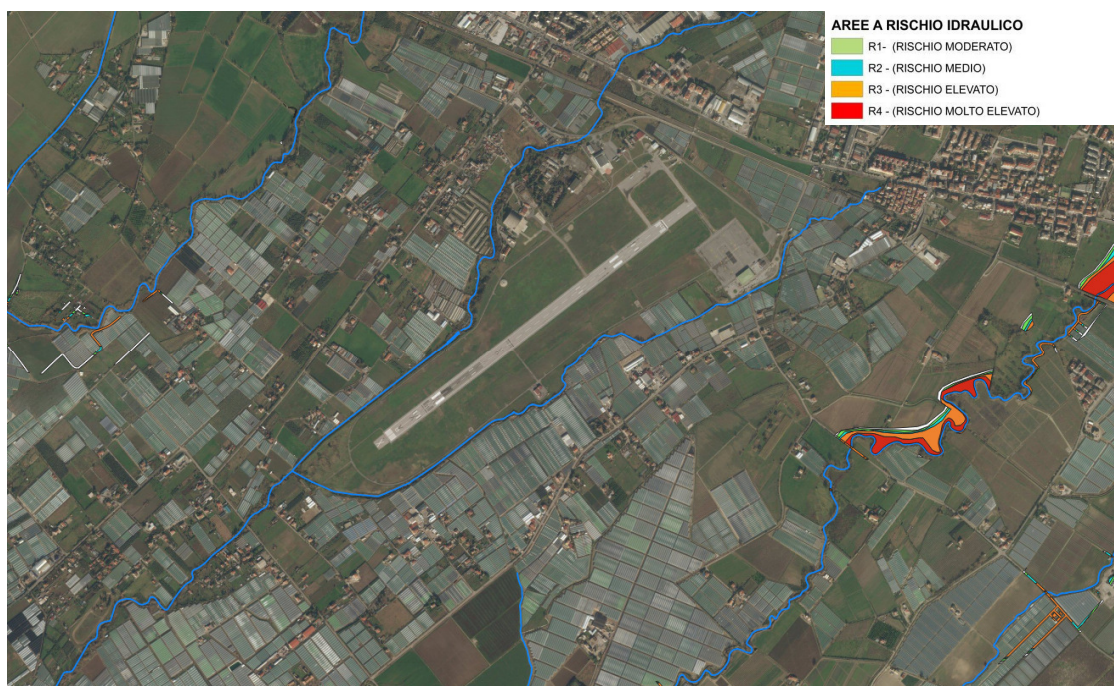


Fig.7: Inquadramento delle aree a rischio idraulico della zona.

Di seguito invece, alcuni passaggi del "Titolo IV – Aree a pericolosità idrogeologica. Capo II – Aree a pericolosità idraulica".

"Art. 28 – Disciplina delle aree a pericolosità idraulica comprese nella Fascia Fluviale A e B1 dei tre Bacini Idrografici, comma 2 e comma 3":

...

2. Nelle fasce fluviali A e B, oltre a quanto previsto dall'art.27, comma 5, sono esclusivamente consentiti:
 - a. interventi di riqualificazione ambientale e fluviale, la sistemazione, la regimentazione, la difesa e la manutenzione idraulico-forestale, le opere di miglioramento agrario e fondiario, le opere di rimboschimento, ed altri interventi di riqualificazione, comunque denominati, tesi alla riduzione del rischio idraulico o che, comunque, non ne determinino un aggravio;
 - b. la manutenzione, la ristrutturazione e la realizzazione di infrastrutture essenziali e/o non altrimenti delocalizzabili;
 - c. la realizzazione di volumi tecnici, purché ogni apertura o luce ingrediente sia posta ad almeno 0,5 m oltre la quota del livello di piena centennale previsto per l'area

d'intervento e sempre che non costituiscano ostacolo al normale deflusso delle acque ed incremento della pericolosità nelle aree contigue;

d. le sistemazioni di parchi fluviali prevedendo all'uopo l'assunzione di idonee azioni e misure di protezione civile.

3. Gli interventi di cui al comma 2 lettere a), b) e d) devono essere corredati dallo studio di compatibilità idraulica, da redigersi con i contenuti di cui all'articolo 50 ed in conformità degli indirizzi e delle indicazioni di cui all'allegato G rispetto ai bacini idrografici di riferimento, sul quale questa Autorità è chiamata ad esprimere il proprio parere di competenza.

...

“Art. 29 – Disciplina delle aree a pericolosità idraulica comprese nella Fasce Fluviali B2 e B3 dei tre Bacini Idrografici, comma 1 e comma 2”:

1. Nelle aree ricomprese nelle fasce fluviali B2 e B3 comuni ai tre Bacini idrografici, è ammesso, qualunque intervento previsto dallo strumento urbanistico comunale o altra pianificazione sovraordinata, purché compatibili con le prescrizioni di cui all'articolo 8, comma 6.
2. I relativi progetti devono essere corredati dallo studio di compatibilità idraulica da redigersi con i contenuti di cui all'articolo 50 ed in conformità degli indirizzi e delle indicazioni di cui all'allegato G rispetto ai bacini idrografici di riferimento, sul quale questa Autorità è chiamata ad esprimere il proprio parere di competenza.

“Art. 30 – Disciplina delle aree a pericolosità idraulica comprese nella Fasce Fluviali C dei tre Bacini Idrografici, comma 1 e comma 2”:

1. Nelle aree definite come fascia C comune ai tre Bacini idrografici, sono consentiti tutti gli interventi previsti dallo strumento urbanistico comunale o altra pianificazione sovraordinata.
2. Nelle fasce fluviali C, comuni ai tre Bacini idrografici, i progetti da realizzarsi devono essere corredati dallo studio di computabilità idraulica, da redigersi con i contenuti di cui all'articolo 50 ed in conformità degli indirizzi e delle indicazioni di cui all'allegato G rispetto ai bacini idrografici di riferimento, debitamente asseverato da tecnico abilitato.

La figura seguente mostra l'inquadramento del PSAI per le aree a pericolosità idraulica della zona di interesse.

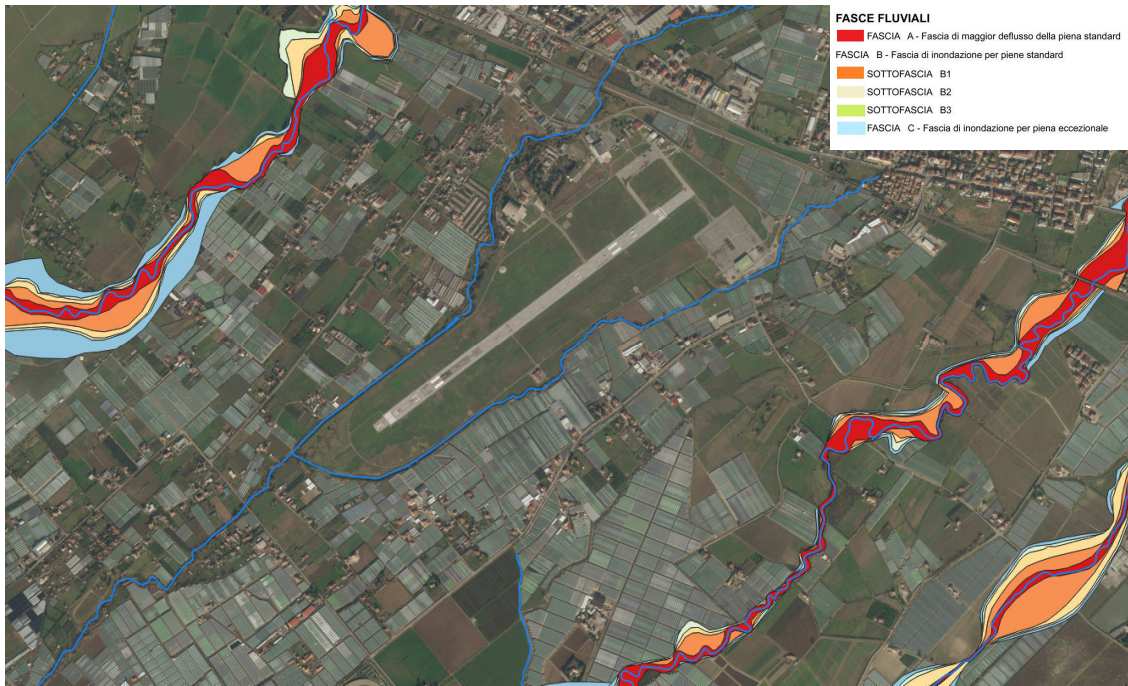


Fig.8: Inquadramento delle aree a pericolosità idraulica (Fasce Fluviali) della zona.

Dalle fig.7 e fig.8 precedentemente riportate si nota come *l'area d'interesse dell'aeroporto ed il suo immediato intorno non presentano situazioni di criticità idraulica.*

4.2 Stato attuale dei torrenti Diavolone e Volta Ladri

I torrenti Diavolone e Volta Ladri, rispettivamente a nord e a sud del sedime aeroportuale, confluiscono, nella zona immediatamente ad ovest del perimetro dell'aeroporto, formando un unico corpo all'interno del torrente Rialto che sfocia nel fiume Tusciano, quasi all'altezza dello sbocco del mare di quest'ultimo. Dalla Corografia dei Bacini Idrografici si evince che l'area di sedime dell'Aeroporto di Salerno-Pontecagnano ricade nel bacino idrografico del Torrente Rialto, costituito a sua volta dai sottobacini dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri.

A valle del sedime aeroportuale, a causa della morfologia pianeggiante della fascia costiera, il reticolo idrografico si presenta meno denso ed intrecciato. Gli alvei si presentano abbastanza stabili e con localizzati fenomeni erosivi prodotti prevalentemente da ruscellamento delle acque meteoriche provenienti dalle superfici agricole adiacenti.

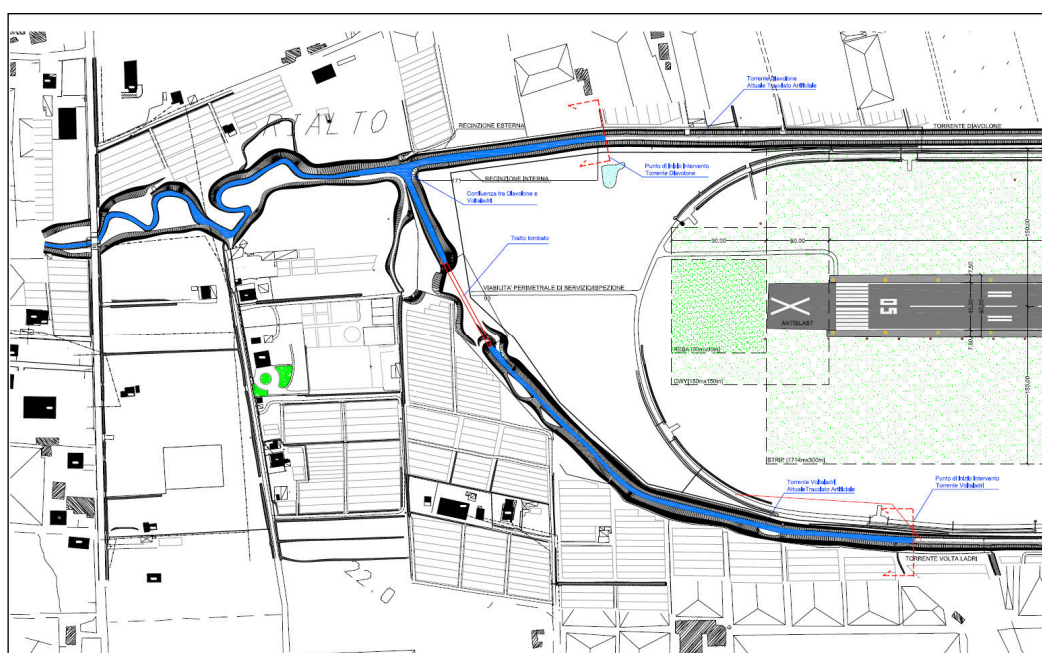


Fig.9: Stato attuale dei torrenti Diavolone e Volta Ladri.

I tratti dei suddetti torrenti si sviluppano a valle della linea FF.SS. Napoli - Battipaglia - Reggio Calabria, fino alla confluenza ubicata a valle (Sud - Ovest) nell'area di pertinenza dell'Aeroporto di Salerno - Pontecagnano dove è previsto l'allungamento della pista di volo.

Occorre sottolineare che la confluenza dei suddetti torrenti è stata già spostata verso valle rispetto alla posizione naturale per la realizzazione delle opere attualmente esistenti. A valle della attuale confluenza il Torrente Rialto presenta andamento meandriforme in coerenza con le modeste pendenze ed alle caratteristiche dei sedimenti alluvionali in cui si imposta l'alveo.

In particolare, infatti, i tratti dei due Torrenti che si sviluppano in adiacenza al sedime aeroportuale presentano una sezione artificiale il cui letto di magra è realizzato mediante una semi-tubazione tipo "armco" Ø120cm raccordata alle sponde in terra mediante cordoli in cls.



Fig.10: Torrente Volta Ladri: sezione attuale.



Fig.11: Torrente Volta Ladri: sezione attuale.

Inoltre, il tratto del Torrente Volta Ladri che si sviluppa in corrispondenza dell'asse pista risulta tombato per un tratto pari a circa 90m. Tale situazione rappresenta un fattore di criticità in termini di sicurezza del deflusso idrico.



Fig.12: Tombinatura del torrente Volta Ladri.



Fig.13: Torrente Diavolone: sezione attuale.

Attualmente entrambi i corsi d'acqua, Diavolone e Volta Ladri, si presentano in pessimo stato di conservazione. Nel corso dei sopralluoghi, infatti, è stato possibile constatare lo stato di profondo degrado in cui versano i due torrenti. In particolare, nei tratti in adiacenza al sedime aeroportuale sono presenti numerosi scarichi non censiti riconducibili alle svariate aziende agricole presenti ai margini dell'area. Peraltro tali scarichi risultano in pessime condizioni di manutenzione. In generale, ma soprattutto a valle della confluenza tra i due torrenti, l'alveo comune denominato Rialto risulta invaso dalla vegetazione, che pregiudicano il normale deflusso delle acque.

4.3 Interventi di progetto

Gli interventi previsti nel progetto esecutivo prevedono la riqualifica e la manutenzione straordinaria dei torrenti Diavolone e Volta Ladri in modo da permettere il prolungamento della pista di volo RWY 05/23 dell'Aeroporto Costa D'Amalfi: gli interventi consistono in una rettifica del tracciato dei due torrenti in modo da rispettare le aree sensibili previste dalle normative aeroportuali. L'andamento planimetrico dei corsi d'acqua proseguirà, in tal modo, all'esterno dell'area di strip, evitando di interferire con le attività dell'aeroporto e con le strumentazioni a supporto degli aeromobili. Il tracciato rettificato e riconfigurato del torrente Diavolone avrà uno sviluppo pari a circa 500m. Il tracciato rettificato e riconfigurato del torrente Volta Ladri avrà uno sviluppo pari a circa 1000m. E' inoltre previsto un intervento di pulizia dell'alveo a monte dell'innesto col nuovo tracciato per una lunghezza pari a 130m circa.

La configurazione del tratto rettificato dei torrenti Diavolone e Volta Ladri è stata concepita prevedendo una riprofilatura delle sezioni. Le sezioni riqualificate sono state riprogettate in modo da prevedere un letto di magra a sezione rettangolare e/o trapezia, realizzato mediante materassi Reno, in modo da eliminare i fenomeni erosivi del fondo dell'alveo.

Nei punti maggiormente sensibili dell'alveo sono stati inseriti dei gabbioni metallici riempiti con pietrame, in modo da proteggere i manufatti ed evitare l'erosione delle sponde. Le scarpate saranno infine riqualificate mediante interventi di ingegneria naturalistica in modo da stabilizzare il terreno e limitare l'impatto ambientale.

Nell'ambito degli interventi di manutenzione previsti vi è anche la pulizia e la riprofilatura dell'alveo di magra del Torrente Rialto nel tratto a valle del ponte di Via Lago di Carezza. La pulizia consisterà nel taglio di parte della vegetazione che attualmente invade il corso d'acqua e la rimozione dei rifiuti nel tempo accumulatisi. Particolare attenzione dovrà essere dedicata alle periodiche operazioni di manutenzione e pulizia dell'alveo in modo da non inficiare le capacità idrodinamiche dei torrenti oggetto del presente studio: in corrispondenza della confluenza tra i due corsi d'acqua e a valle del ponte di Via Lago di Carezza, le operazioni di manutenzione dovranno essere programmate in modo tale da svolgersi più frequentemente e in maniera più approfondita, vista l'importanza che ricopre l'area da un punto di vista idraulico.

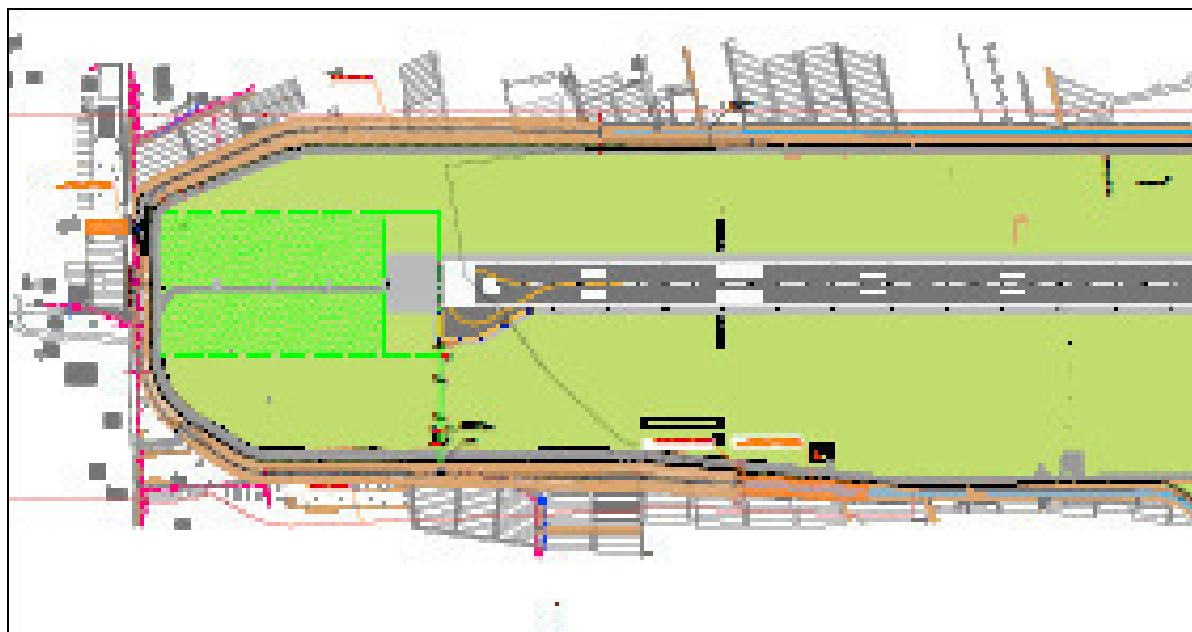


Fig. 14: Interventi di progetto: layout generale.

Tipologia Costruttiva Dei Manufatti Di Difesa Spondale

- **Gabbionata in rete metallica zincata**

I manufatti per la difesa passiva delle sponde e degli argini dei canali saranno realizzati mediante gabbie in rete metallica zincata a doppia torsione e maglia esagonale, riempite in loco con pietrisco di pezzatura minima 15 cm. I gabbioni metallici, infatti, nel loro impiego combinato con piante vive si prestano a varie applicazioni dell'ingegneria naturalistica che sono suscettibili di ulteriori evoluzioni data l'adattabilità dei materiali. Già il loro uso tradizionale presenta notevole plasticità dando adito nel tempo a processi di rinaturazione spontanea. Possono svolgere sia funzione di protezione rispetto all'erosione fluviale ed al contempo sostegno della sponda in caso di instabilità gravitativa. Sono strutture permeabili che non ostacolano la filtrazione dell'acqua da e verso le sponde.

I materiali impiegati per la realizzazione dei gabbioni sono:

- a) ciottoli di fiume \varnothing 15÷30 cm o pietrame;
- b) scatolare in filo di acciaio zincato e plastificato, maglia tipo. 8 x 10 a doppia torsione;
- c) filo di ferro zincato \varnothing 2,2 mm o punti metallici meccanizzati in acciaio \varnothing 3,0 mm;

Modalità di esecuzione:

1. preparazione dello scavo del piano di fondazione su cui posare lo scatolare prefabbricato, sua apertura e messa in scatola con la chiusura dei lati verticali, utilizzando filo di ferro \varnothing 2.2 mm, oppure punti metallici applicati con un'apposita apparecchiatura pneumatica o manuale;
2. riempimento con ciottoli, può essere effettuato meccanicamente ma il pietrame deve essere sistemato a mano in modo da ottenere un buon

addensamento. Per garantire che la struttura non si deformi eccessivamente durante il riempimento, si mettono in opera due livelli di tiranti, realizzati col filo metallico di legatura, spazati di 30 cm sia in senso orizzontale che verticale;

3. chiusura della parte sommitale;
4. posizionamento della successiva fila di gabbioni, arretrata rispetto a quella sottostante di 0,50 m;

Tipologia Costruttiva Dei Manufatti Di Difesa Dall'Erosione Del Fondo

• **Materassi in rete metallica zincata**

I manufatti per la difesa dall'erosione del letto di magra dei canali saranno realizzati mediante materassi metallici a tasche in rete metallica zincata a doppia torsione e maglia esagonale, riempiti in loco con pietrisco di pezzatura minima 15 cm, in accordo con le UNI-EN 10223-3, tessuta con trafilato di ferro, conforme alle UNI-EN 10223-3 per le caratteristiche meccaniche e UNI-EN 10218 per le tolleranze sui diametri. Gli scatolari metallici saranno assemblati utilizzando sia per le cuciture sia per i tiranti un filo con le stesse caratteristiche di quello usato per la fabbricazione della rete, avente diametro pari a 2.20/3.20 mm e un quantitativo di galvanizzazione sul filo non inferiore a 230 g/m².

I divisori intermedi saranno costituiti da diaframmi in rete metallica avente le stesse caratteristiche di quella utilizzata per la fabbricazione degli scatolari.

I materiali impiegati per la realizzazione dei gabbioni sono:

- a) ciottoli di fiume \varnothing 15÷30 cm o pietrame;
- b) materasso in filo di acciaio zincato e plastificato, maglia tipo. 6 x 8 a doppia torsione;
- c) filo di ferro zincato \varnothing 2,2 mm o punti metallici meccanizzati in acciaio \varnothing 3,0 mm.

5 VERIFICA DI STABILITA' DEL RIVESTIMENTO IN GABBIONI E MATERASSI RENO

La verifica di stabilità del rivestimento spondale e di fondo alveo posto a protezione dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri è stata condotta mediante l'ausilio del software di progettazione Macra 1 2002 della Officine Maccaferri. Il software è stato creato per eseguire analisi di corsi d'acqua, nell'ipotesi di moto uniforme, nel caso in cui vengano impiegati rivestimenti protettivi. Il software permette di controllare una generica sezione trasversale a portata costante, verificando se la scabrezza e le forze di trazione agenti su ciascun segmento di sezione dell'argine e del fondo del fiume sono maggiori degli sforzi tangenziali effettivi generati dalla corrente (Metodo delle Tensioni di trascinamento). Quando si verifica questa condizione ci troviamo in una situazione di stabilità. Le analisi del flusso possono essere eseguite ipotizzando contemporaneamente portate e pendenze differenti. Assegnata la portata di progetto nel nostro caso la Portata di piena duecentennale dei due corsi d'acqua in studio, il software è in grado di calcolare il livello dell'acqua e la velocità media nella sezione per uno o più valori di deflusso. La sezione trasversale viene suddivisa in segmenti di differente scabrezza che delimitano sottosezioni. Applicando la formula di Manning si possono calcolare la velocità media e il deflusso per ogni sottosezione. Il deflusso totale sarà dato dalla somma dei deflussi di ogni sottosezione. La velocità media dell'intera sezione sarà uguale alla portata totale divisa per la sezione liquida.

Metodo delle tensioni di trascinamento

Il calcolo della resistenza all'erosione di una sezione viene eseguita calcolando la velocità della corrente e gli sforzi tangenziali prodotti dalla corrente e controllando se il materiale che costituisce il letto del fiume può resistere senza subire danni permanenti. Il metodo maggiormente utilizzato è quello conosciuto col nome di "Metodo delle tensioni di trascinamento". Ai fini della valutazione degli effetti anti erosivi è necessario che lo sforzo tangenziale effettivo prodotto dalla corrente su in ciascun punto della sezione sia minore dello sforzo tangenziale massimo agente sulla superficie del canale. Il metodo delle tensioni di trascinamento asserisce che se lo sforzo tangenziale effettivo è maggiore dello sforzo tangenziale massimo tollerabile dalla superficie avviene un trasporto dinamico delle sostanze colloidali e successivamente del materiale più grossolano. L'erosione crea instabilità su un tratto di argine e successivamente progredisce interessando aree più estese. Gli sforzi tangenziali effettivi vengono calcolati utilizzando i criteri idraulici convenzionali. Gli sforzi tangenziali massimi tollerabili dipendono dal tipo di protezione e dalla loro resistenza alla corrente.

Lo sforzo tangenziale effettivo agente su ogni punto della superficie del canale viene calcolato usando la seguente formula:

dove

- a) k_1 = coefficiente di curvatura (maggiore di 1 solamente per punti situati su tratti pendenti esterni di argini curvi). In questo caso i valori suggeriti vengono riportati nella tabella 1
- b) k_2 = coefficiente angolare : 1 per punti situati su superfici orizzontali, 0.75 per superfici inclinate

- c) γ_w = peso specifico dell'acqua
d) y_i = livello dell'acqua nel punto considerato
e) i_{fiume} = pendenza dell'alveo lungo il tratto preso in esame

Nel coefficiente k_1 viene considerato un incremento di sforzo tangenziale sulla sponda esterna di un tratto in curva come conseguenza dell'accelerazione centrifuga. I valori del coefficiente k_1 sono riportati nella letteratura e dipendono dalla curvatura e dalla larghezza del corso d'acqua.

Raggio di curvatura / Larghezza W.S.	k_1 (coefficiente di curvatura)
8.0	1.2
6.0	1.4
4.5	1.6
3.2	1.8
2.0	2.0

Tabella 1 Coefficiente di curvatura k

Poiché il valore dello sforzo di taglio effettivo varia in funzione dell'altezza del livello dell'acqua nel punto di rilevamento y_i , Macra1 2002 calcolerà il valore per ciascun segmento della sezione nel suo punto più basso. La resistenza agli sforzi tangenziali dei materiali viene riportata nella tabella sottostante.

	Non vegetato		Vegetato	
	Scabrezza	Sforzo tollerato N/m ²	Scabrezza	Sforzo tollerato N/m ²
Sabbia fine	0.0200	3.50	N/A	N/A
Sabbia e ghiaia	0.0200	15.30	N/A	N/A
Ghiaia grossolana	0.0250	32.00	N/A	N/A
Ciottoli e ghiaia	0.0350	52.60	N/A	N/A
Argilla coesiva (coesiva)	0.0250	22.00	N/A	N/A
Argilla friabile (coesiva)	0.0250	32.00	N/A	N/A
Limo e ciottoli (coesivi)	0.0300	38.00	N/A	N/A
Ciottoli erbosi	0.0400	10.00	0.050	30.00
Talee - Arbusti	0.1000	10.00	0.400	60.00
Copertura diffusa	0.1000	50.00	0.400	300.00
Viminate - Graticciate	0.1000	10.00	0.400	50.00
Ribalta viva	0.1000	20.00	0.400	100.00
Gabion Mats 0.30m (12")	0.0301	336.00	0.300	450.00
Gabbioni 0.50m (18")	0.0301	470.40	0.200	500.00
Gabbioni 1.00m (36")	0.0301	470.40	0.200	500.00
Materasso Reno 0.15-0.17m (6")	0.0277	224.00	0.300	400.00
Materasso Reno 0.15-0.17 (6")+Macmat R6	0.0277	270.00	0.300	400.00
Materasso Reno 0.23-0.25m (9")	0.0277	268.80	0.300	450.00
Materasso Reno 0.23-0.25m (9")+Macmat R6	0.0277	310.00	0.300	450.00
Materasso Reno 0.30m (12")	0.0277	336.00	0.300	450.00
Materasso Reno 0.30m (12")+Macmat R6	0.0277	380.00	0.300	450.00
Macmat R6	0.0303	171.58	0.100	332.31
Macmat R8	0.0303	188.89	0.100	349.15
Macmat N10	0.0303	131.67	0.100	299.67
Macmat N20	0.0303	178.36	0.100	332.60
Riprap/Rock Wall	0.0400	300.80	0.400	350.00
Blocchetti in cemento	0.0200	250.00	0.300	350.00

Tabella 2 Sforzi tangenziali massimi ammissibili per diversi materiali

Se sulle sponde viene utilizzato un materiale di rivestimento verrà richiesto di introdurre la velocità limite sull'interfaccia del rivestimento con il suolo assieme all'angolo di attrito. Nella tabella 3 vengono riportate le velocità limite e i valori degli angoli di attrito. Le prime vengono utilizzate per stabilire se la velocità sotto l'opera di rivestimento è al disotto della soglia di erodibilità del suolo. L'angolo di attrito viene fornito per compararlo con quello del terreno, se quest'ultimo è maggiore sono necessarie indagini geotecniche per prevenire fenomeni di instabilità.

Tipo di suolo	Velocità limite (m/s)	Angolo di attrito suggerito (gradi)
Sabbia fine	0.760	30 - 32
Sabbia e ghiaia	1.500	32 - 35
Ghiaia grossolana	1.800	35 - 38
Ciottoli e ghiaia	1.670	35 - 38
Argilla e crostoni di argilla (coesivi)	1.800	25 - 30
Limo e ciottoli (coesivi)	1.670	20 - 30

Tabella 3 Valori standard della velocità limite e dell'angolo di attrito per terreni naturali (Ven Te Chow, "Open Channel Hydraulics, McGraw hill")

Per quanto riguarda i Materassi Reno e i Gabbioni privi di vegetazione, le ricerche condotte dal Engineering Research Center in Fort Collins, Colorado (1984), hanno portato a calcolare gli sforzi tangenziali utilizzando la seguente formula

$$\tau_c = K_s C^* (\gamma_s - \gamma_w) d_m$$

Dove

- C* Coefficiente di Shields (0.14)
- γ_s Peso specifico delle rocce di riempimento (24-26 kN/m³)
- γ_w Peso specifico dell'acqua
- d_m Diametro medio delle rocce di riempimento
- $K_s (1 - \sin^2\theta / \sin^2\alpha)^{1/2}$ (θ angle of bank slope, $\alpha = 60^\circ$)

Sulle sponde l'effetto di confinamento della rete sul pietrame incrementerà la sua resistenza agli sforzi tangenziali, ciò non accade per il materiale sciolto poiché la forza di gravità ridurrà la resistenza agli sforzi tangenziali sul piano inclinato. Di conseguenza la resistenza allo sforzo tangenziale su superfici inclinate verrà calcolata utilizzando un coefficiente convenzionale di riduzione K_s per il materiale sciolto, assumendo un angolo fittizio di 60° per il materiale confinato (gabbioni e materassi Reno). Nel caso in cui l'inclinazione degli argini sia maggiore di 45° ($\theta > 45^\circ$) il fattore di riduzione verrà considerato costante ($K_s = 0.57$).

	Diam. (d_{50}) m	Spessore m	γ_s kN/m ³	γ_w kN/m ³	C Shields
GabionMats 0.30m (12")	0.150	0.30	26.00	10.00	0.140
Gabbioni 0.50m (18")	0.210	0.50	26.00	10.00	0.140
Gabbioni 1.00m (36")	0.300	1.00	26.00	10.00	0.140
Materasso Reno 0.15-0.17m (6")	0.100	0.17	26.00	10.00	0.140
Materasso Reno 0.15-0.17 (6")+Macmat R6	0.100	0.17	26.00	10.00	0.140
Materasso Reno 0.23-0.25m (9")	0.120	0.20	26.00	10.00	0.140
Materasso Reno 0.23-0.25m (9")+Macmat R6	0.120	0.23	26.00	10.00	0.140
Materasso Reno 0.30m (12")	0.150	0.25	26.00	10.00	0.140
Materasso Reno 0.30m (12")+Macmat R6	0.150	0.30	26.00	10.00	0.140

Tabella 4 Valori standard suggeriti per opere con gabbioni e materassi Reno

Con il software Macra1 2002 è possibile compiere indagini sugli effetti dell'erosione causata da velocità eccessive della corrente sull'interfaccia opera di protezione suolo. Quando si utilizza un gabbione, un materasso Reno, come rivestimento, solitamente si mette un filtro (costituito di ghiaia o tessuto) sulla superficie di contatto tra il suolo e il rivestimento.

Questa ulteriore protezione impedisce al rivestimento di abbassarsi o di affondare a causa dell'erosione. La verifica viene effettuata calcolando la velocità sull'interfaccia tra il rivestimento e il terreno sottostante. La velocità sull'interfaccia con il gabbione, materasso Reno, viene calcolata con la seguente formula:

$$V_b = n_{\text{filter}}^{-1} (d_m/2)^{2/3} i_f^{1/2}$$

dove n_{filter} è il coefficiente di scabrezza del fondo ed è pari a 0.02 per un filtro di tessuto o 0.025 per un filtro di ghiaia sotto il rivestimento.

La velocità V_b deve essere paragonata con la velocità V_e quella sull'interfaccia con il materiale di base. Valori indicativi di V_e per suoli naturali standard vengono riportati nella tabella 3. Quando si utilizza un geotessile sotto il rivestimento, la velocità del flusso che passa attraverso il geotessile diminuisce. La diminuzione è in funzione dello spessore dello spessore del filtro. Macra1 2002 considera che all'interfaccia col suolo essa è 1/3 di V_b .

Se la velocità sotto l'opera di rivestimento è ancora maggiore di quella consentita, è consigliabile l'utilizzo di un ulteriore filtro in ghiaia. Le norme generali indicano che il filtro in ghiaia abbia uno spessore compreso tra 0.15 m (6") e 0.20 m (9") e sia più grande di:

$$S = d_v / f (1 - (V_e/V_b))$$

dove

- f) f = Coefficiente di Darcy-Weisbach (può essere assunto $f=0.05$)
- g) d_v = diametro equivalente dei vuoti (assunto pari a 1/5 delle dimensioni medie delle particelle del filtro)

La verifica del rivestimento in Gabbioni e materassi Reno utilizzati per la sistemazione idraulica dei corsi d'acqua oggetto del presente studio, è stata eseguita sulle sezioni più critiche dei torrenti in esame, come ad esempio per le sezioni del Volta Ladri immediatamente a monte e a valle del Culvert posto in corrispondenza dell'accesso carrabile alla viabilità perimetrale del sedime aeroportuale.

Per quello che concerne il T. Volta Ladri nel tratto finale interessato dall'intervento in oggetto (lunghezza pari a circa 14 m), viene proposta una gradonatura del fondo alveo, mediante sovrapposizione di materassi Reno, al fine di ridurre la pendenza longitudinale con conseguente contenimento dei processi erosivi.

6 VERIFICHE AL SIFONAMENTO

1. Generalità

Come indicato al paragrafo 6.2.4.2 delle NTC2018 "le opere geotecniche devono essere verificate nei confronti dei possibili stati limite di **sollevamento o di sifonamento**". Tali tipologie di verifiche si effettuano in fase di progettazione dei gabbioni e rientrano all'interno del calcolo idraulico dell'opera.

Le relative verifiche idrauliche richiedono che si analizzi la sicurezza dei gabbioni nei confronti degli eventuali fenomeni di sifonamento (verifica HYD), che possono insorgere a causa dei **moti di filtrazione** che si sviluppano in corrispondenza dell'opera.

In linea generale si può affermare che il fenomeno del sifonamento è molto più probabile che si manifesti in presenza di terreni incoerenti.

La presenza dei gabbioni all'interno del terreno fa sì che la quota del piano campagna di monte sia maggiore di quella di valle; qualora la stessa cosa avvenga per il piano di falda, la presenza di un dislivello può portare all'instaurarsi di un **fenomeno di filtrazione** dell'acqua. Fenomeno che avviene sempre da un punto caratterizzato da una quantità di energia maggiore ad un punto a cui compete energia minore.

Il **sifonamento** si verifica se il flusso ascendente dell'acqua è tale da annullare la resistenza del terreno, con conseguente collasso progressivo dell'opera. Tale fenomeno si verifica se il gradiente idraulico i eguaglia il valore del gradiente idraulico critico i_c , definito come:

$$i_c = \frac{\gamma'}{\gamma_w}$$

con γ' peso efficace dell'unità di volume del terreno e γ_w peso specifico dell'acqua.

2. Metodo del gradiente

L'azione viscosa dell'acqua provoca un trasferimento di energia fra l'acqua e il terreno: fra due punti distanti Δs lungo una linea di corrente infatti si ha una perdita di carico Δh . La forza corrispondente si chiama forza di filtrazione: al suo aumentare al di sopra di un certo valore può provocare il fenomeno del sifonamento che consiste nell'asportazione di granuli di terreno e il conseguente sempre più veloce moto di filtrazione fino al formarsi di veri e propri canali di flusso.

La velocità limite del moto di filtrazione al di sopra della quale si inizia ad avere asportazione di particelle di terreno corrisponde ad un cosiddetto gradiente critico i_{cr} dato da:

$$i_{cr} = (\gamma_s - \gamma_w) / \gamma_w = \gamma' / \gamma_w$$

dove:

γ_s = peso specifico dei granuli

γ_w = peso specifico dell'acqua

γ' = peso specifico sommerso dei granuli

Il gradiente idraulico che determinerebbe il moto di filtrazione è funzione della lunghezza del percorso idrico L e della perdita di carico Δh , cioè il dislivello tra livello di massima piena prevista e piede del gabbione secondo la relazione:

$$i = \Delta h / L$$

Il fattore di sicurezza nei confronti del sifonamento risulta pertanto:

$$F_s = i_{cr} / i$$

In accordo con le nuove NTC 2018 (6.2.4.2 Verifiche nei confronti degli stati limite ultimi idraulici) si ritiene soddisfatta la verifica quando si ottiene un $F_s \geq 3$.

nel caso di frontiera di efflusso libera, la verifica a sifonamento si esegue controllando che il gradiente idraulico i risulti non superiore al gradiente idraulico critico i_{cr} diviso per un coefficiente parziale $\gamma_s = 3$, se si assume come effetto delle azioni il gradiente idraulico medio, e per un coefficiente parziale $\gamma_s = 2$ nel caso in cui si consideri il gradiente idraulico di efflusso:

3. Risultati

Parametro	unità di misura	TORRENTE VOLTALADRI	TORRENTE DIAVOLONE
γ_s	[kN/mc]	18,00	18,00
γ_w	[kN/mc]	10,00	10,00
γ'	[kN/mc]	8,00	8,00
i_{cr}		0.80	0.80
Δh	[m]	2.70	3.21
L	[m]	14.70	12.21
i		0.18	0.26
F_s		4.36	3.04
		VERIFICATO	VERIFICATO

7 VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE

Oltre a quanto già illustrato nella relazione geotecnica (elab. . SA000903GTA001) sulla stabilità delle sponde, si riportano di seguito le verifiche a scorrimento e ribaltamento delle strutture costituite da

gabbionate in
sostegno delle

pietrame a
sponde.

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : GB		Descrizione : Gabbioni	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione.....	[kN/m ²]	12.50	
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito.....	[°]	45.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00	
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	17.50	
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	17.50	
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	0.00	
Coefficiente di Poisson.....		0.30	
Terreno : L.A.		Descrizione : Limo A	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione.....	[kN/m ²]	10.00	
Angolo d'attrito.....	[°]	25.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00	
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	17.00	
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	17.00	
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	0.00	
Coefficiente di Poisson.....		0.30	
Terreno : L.B.		Descrizione : Limo B	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione.....	[kN/m ²]	0.00	
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito.....	[°]	25.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00	
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	18.00	
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	18.00	
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	0.00	
Coefficiente di Poisson.....		0.30	
Terreno : MR		Descrizione : Materiale Rimaneggiato	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione.....	[kN/m ²]	0.00	
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito.....	[°]	18.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00	
Classe di peso.....	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda.....	[kN/m ³]	17.00	
Peso specifico in falda.....	[kN/m ³]	17.00	
Modulo elastico.....	[kN/m ²]	0.00	
Coefficiente di Poisson.....		0.30	
Terreno : S.L.		Descrizione : Sabbia Limosa	
Classe coesione.....	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione.....	[kN/m ²]	0.00	
Classe d'attrito.....	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito.....	[°]	30.00	
Rapporto di pressione interstiziale (Ru).....		0.00	

Classe di peso.....: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
 Peso specifico sopra falda.....[kN/m³].....: 18.00
 Peso specifico in falda.....[kN/m³].....: 18.00
 Modulo elastico.....[kN/m²].....: 0.00
 Coefficiente di Poisson.....: 0.30

PROFILI STRATIGRAFICI

Strato: FD

Descrizione:

Terreno : LA.

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	3.50	0.00	5.00	1.50	11.00	1.50
14.00	6.50	20.00	6.50				

MURI IN GABBIONI

Muro : GB

Coordinate Origine.....[m].....: Ascissa.....= 6.80 Ordinata.....= 1.20

Rotazione muro.....[°].....= 0.00

Materiale riempimento gabbioni.....: GB
 Terreno di riempimento a tergo.....: MR
 Terreno di copertura.....: L.B.
 Terreno di fondazione.....: L.A.

Strato	Lunghezza [m]	Altezza [m]	Distanza [m]	Pu [kN/m ²]
1	4.50	1.50	0.00	0.00
2	3.00	1.50	1.50	0.00
3	1.50	1.50	3.00	0.00

Gabbioni senza diaframmi

Maglia 8x10

Diametro filo 2,7 [mm]

Classe Pu

: Pu

Parametri per il calcolo della capacità portante con Brinch Hansen, Vesic o Meyerhof

Affondamento fondazione.....[m].....: 0.00

Inclinazione pendio a valle.....[°].....: 0.00

Profilo di ricopertura:

X	Y	X	Y	X	Y	X	Y
[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]	[m]
0.00	0.00	1.00	0.03	2.50	0.80	5.50	0.80

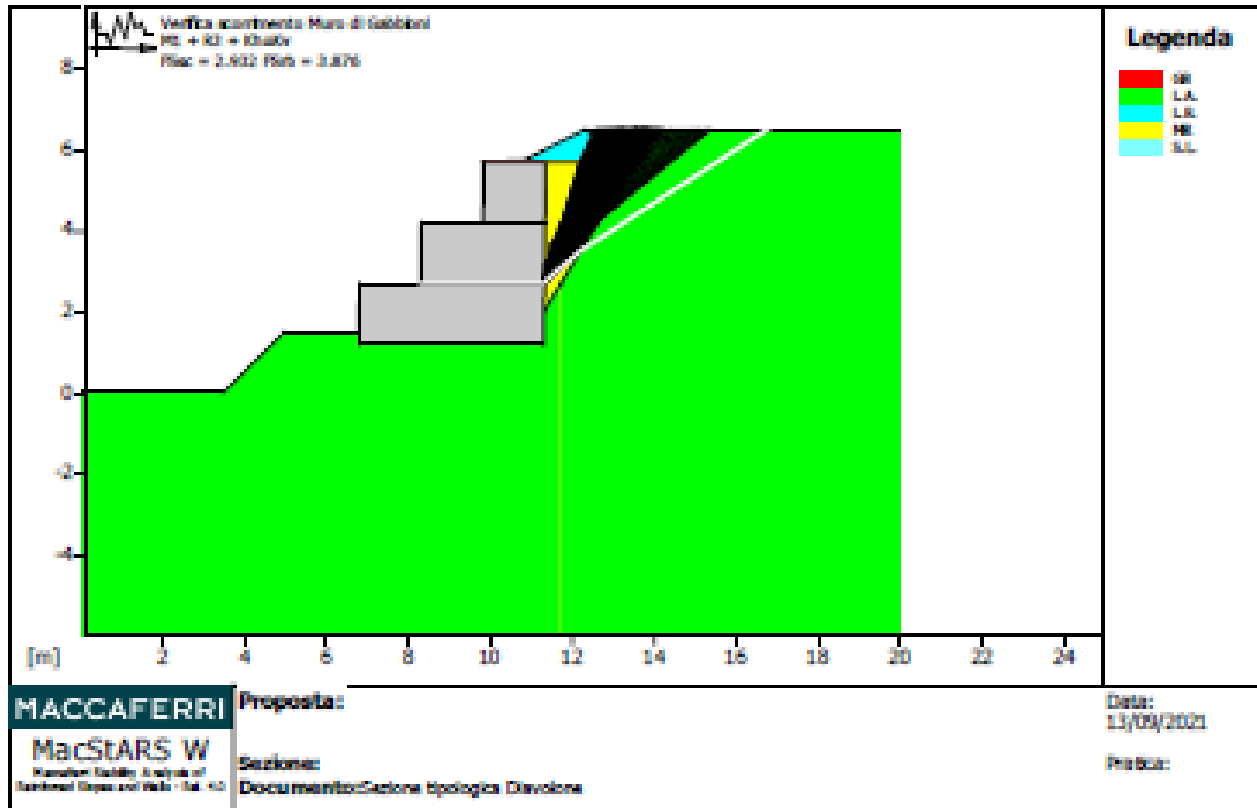
CARICHI

Sisma :

Classe : Soma

Accelerazione...[m/s²]..: Orizzontale.....= 0.54 Verticale.....= 0.27

7.1 VERIFICHE



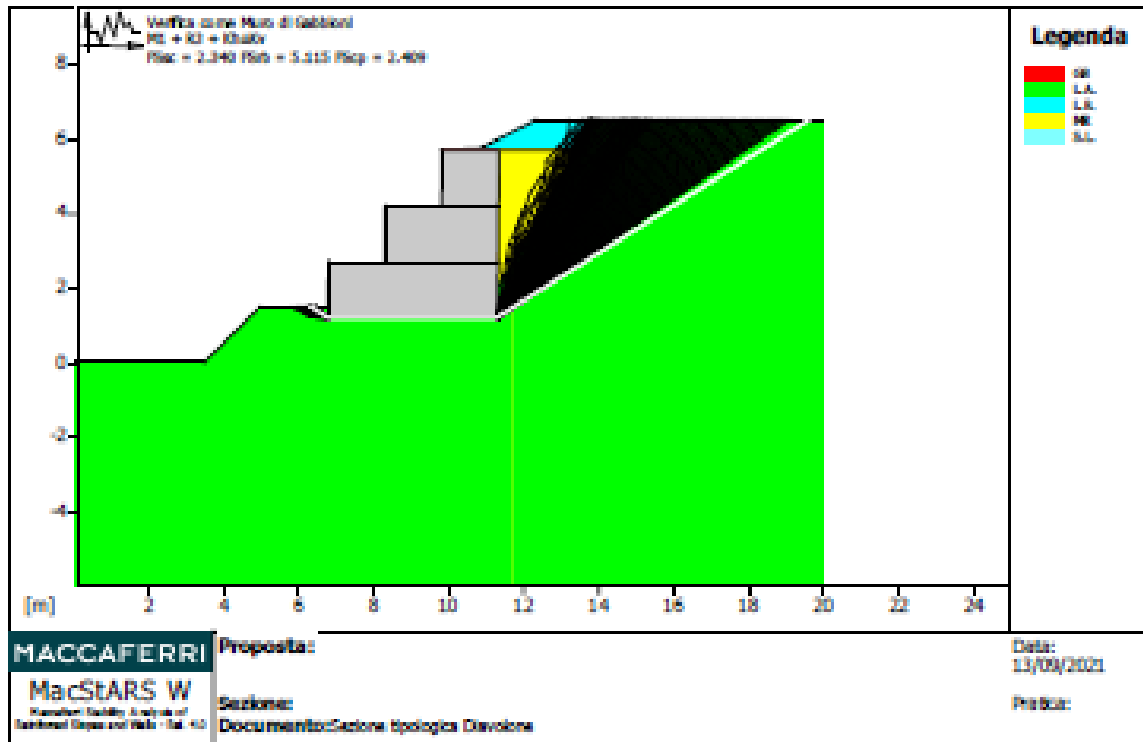
Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + KstKv

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	169.75
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	57.89
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		2.932
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m].....	259.74
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m].....	67.02
Classe momento.....	Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		3.876

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Khukv

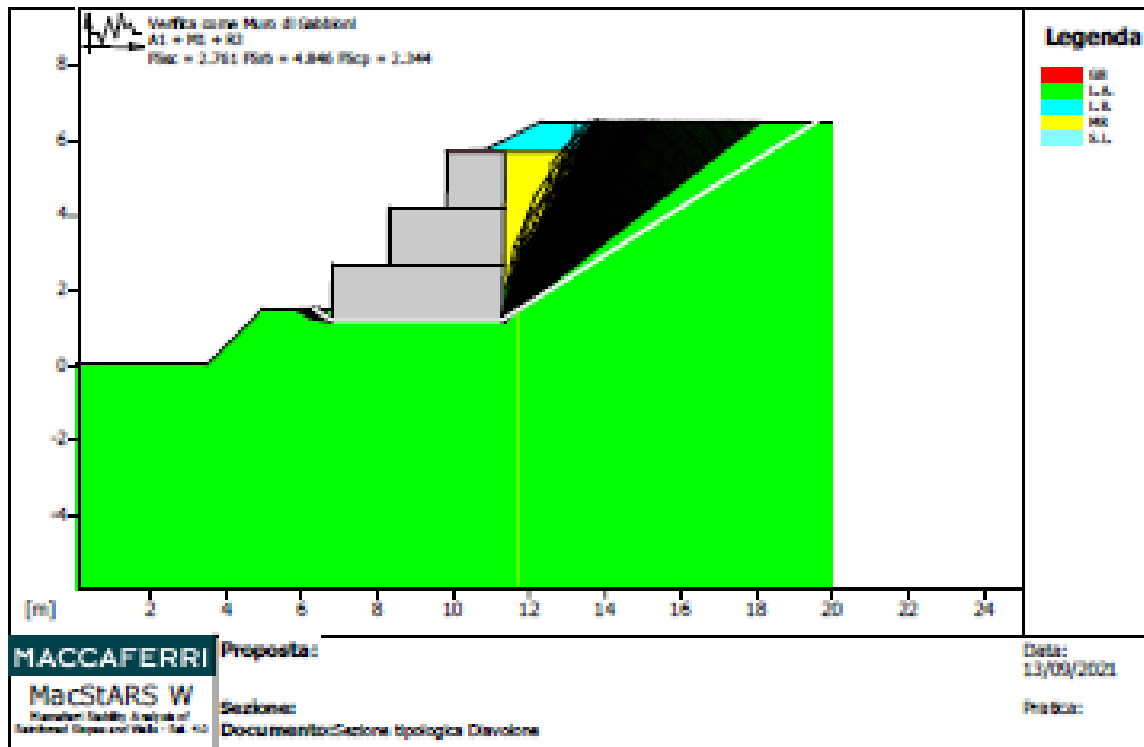
Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	162.81
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	69.58
Classe scorrimento.....	Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		2.340
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m].....	710.55
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m].....	138.92
Classe momento.....	Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		5.115

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....	[kN/m ²].....	164.98
Pressione media agente.....	[kN/m ²].....	57.07
Classe pressione.....	Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		2.409
Fondazione equivalente.....	[m].....	4.50
Eccentricità forza normale.....	[m].....	0.00
Braccio momento.....	[m].....	2.00
Forza normale.....	[kN].....	247.85
Pressione estremo di valle.....	[kN/m ²].....	55.08
Pressione estremo di monte.....	[kN/m ²].....	55.08

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

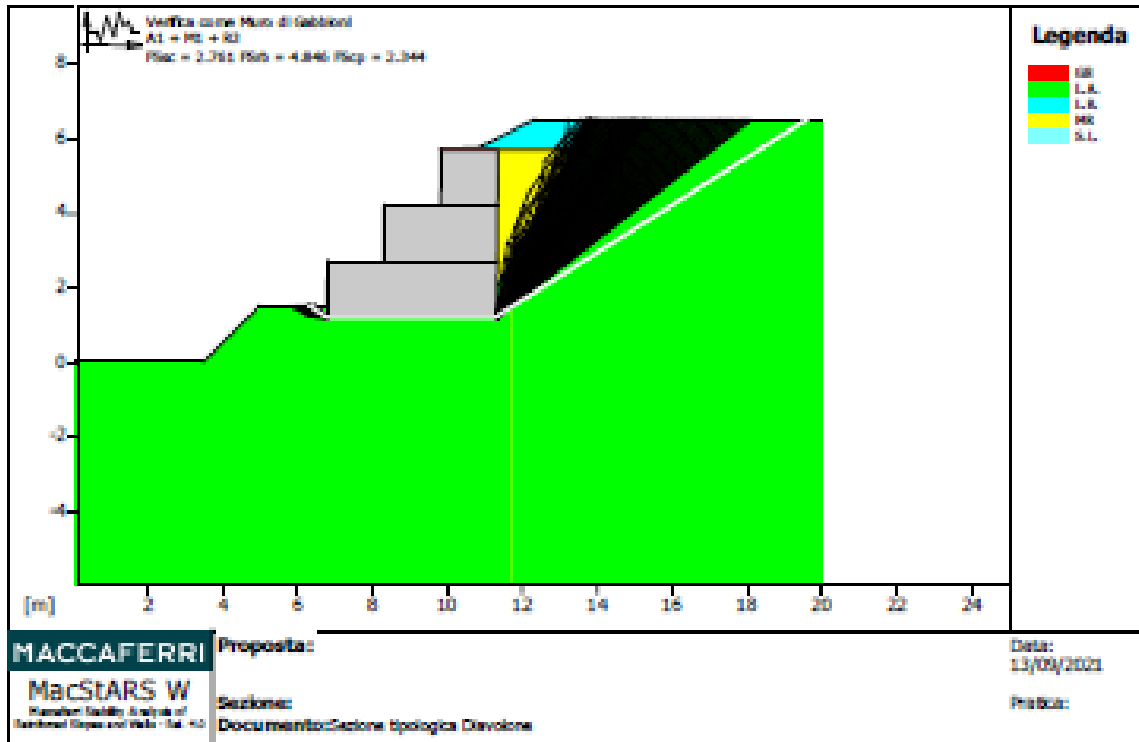
Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....	[kN/m]	: 165.58
Forza Instabilizzante.....	[kN/m]	: 54.52
Classe scorrimento.....	: Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		: 2.761
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m]	: 748.21
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m]	: 134.26
Classe momento.....	: Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		: 4.846

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....	[kN/m ²]	: 188.91
Pressione media agente.....	[kN/m ²]	: 57.57
Classe pressione.....	: Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		: 2.344
Fondazione equivalente.....	[m]	: 4.50
Eccentricità forza normale.....	[m]	: 0.00
Braccio momento.....	[m]	: 2.46
Forza normale.....	[kN]	: 253.75
Pressione estremo di valle.....	[kN/m ²]	: 56.39
Pressione estremo di monte.....	[kN/m ²]	: 56.39

Fattore	Classe
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - ribaltamento



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : A1 + M1 + R3

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....	[kN/m]	: 165.58
Forza Instabilizzante.....	[kN/m]	: 54.52
Classe scorrimento.....	: Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		: 2.761
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m]	: 748.21
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m]	: 134.26
Classe momento.....	: Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		: 4.846

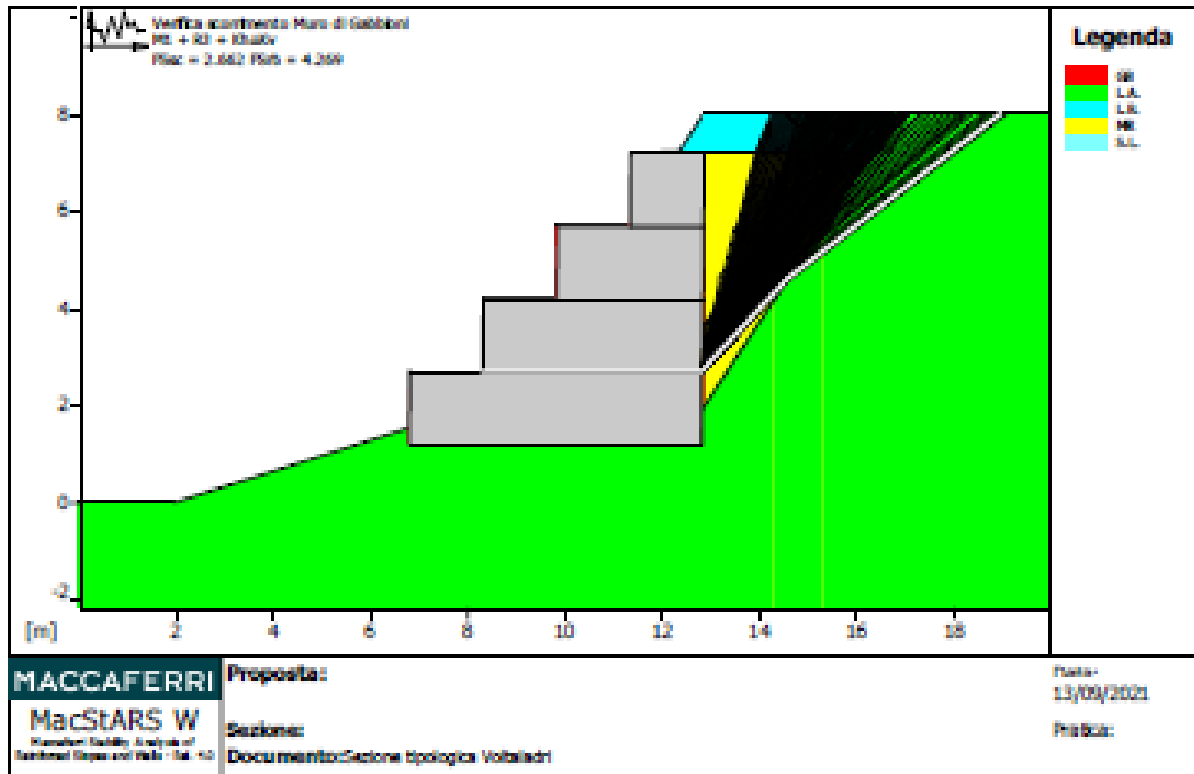
Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....	[kN/m ²]	: 188.91
Pressione media agente.....	[kN/m ²]	: 57.57
Classe pressione.....	: Coeff. parziale R - Capacità portante	
Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante.....		: 2.344
Fondazione equivalente.....	[m]	: 4.50
Eccentricità forza normale.....	[m]	: 0.00
Braccio momento.....	[m]	: 2.46
Forza normale.....	[kN]	: 253.75
Pressione estremo di valle.....	[kN/m ²]	: 56.39
Pressione estremo di monte.....	[kN/m ²]	: 56.39

Fattore	Classe
0.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.10	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.40	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.15	Coeff. parziale R - Ribaltamento

CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEI TERRENI

Terreno : GB		Descrizione : Gabbioni	
Classe coesione	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione	[kN/m ²]	:	12.50
Classe d'attrito	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito	[°]	:	45.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)		:	0.00
Classe di peso	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda	[kN/m ³]	:	17.50
Peso specifico in falda	[kN/m ³]	:	17.50
Modulo elastico	[kN/m ²]	:	0.00
Coefficiente di Poisson		:	0.30
Terreno : L.A.		Descrizione : Limo A	
Classe coesione	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione	[kN/m ²]	:	10.00
Angolo d'attrito	[°]	:	25.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)		:	0.00
Classe di peso	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda	[kN/m ³]	:	17.00
Peso specifico in falda	[kN/m ³]	:	17.00
Modulo elastico	[kN/m ²]	:	0.00
Coefficiente di Poisson		:	0.30
Terreno : L.B.		Descrizione : Limo B	
Classe coesione	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione	[kN/m ²]	:	0.00
Classe d'attrito	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito	[°]	:	25.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)		:	0.00
Classe di peso	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda	[kN/m ³]	:	18.00
Peso specifico in falda	[kN/m ³]	:	18.00
Modulo elastico	[kN/m ²]	:	0.00
Coefficiente di Poisson		:	0.30
Terreno : MR		Descrizione : Materiale Rimanecciato	
Classe coesione	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione	[kN/m ²]	:	0.00
Classe d'attrito	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito	[°]	:	18.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)		:	0.00
Classe di peso	: Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole		
Peso specifico sopra falda	[kN/m ³]	:	17.00
Peso specifico in falda	[kN/m ³]	:	17.00
Modulo elastico	[kN/m ²]	:	0.00
Coefficiente di Poisson		:	0.30
Terreno : S.L.		Descrizione : Sabbia Limosa	
Classe coesione	: Coeff. Parziale - Coesione efficace		
Coesione	[kN/m ²]	:	0.00
Classe d'attrito	: Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio		
Angolo d'attrito	[°]	:	30.00
Rapporto di pressione interstiziale (Ru)		:	0.00



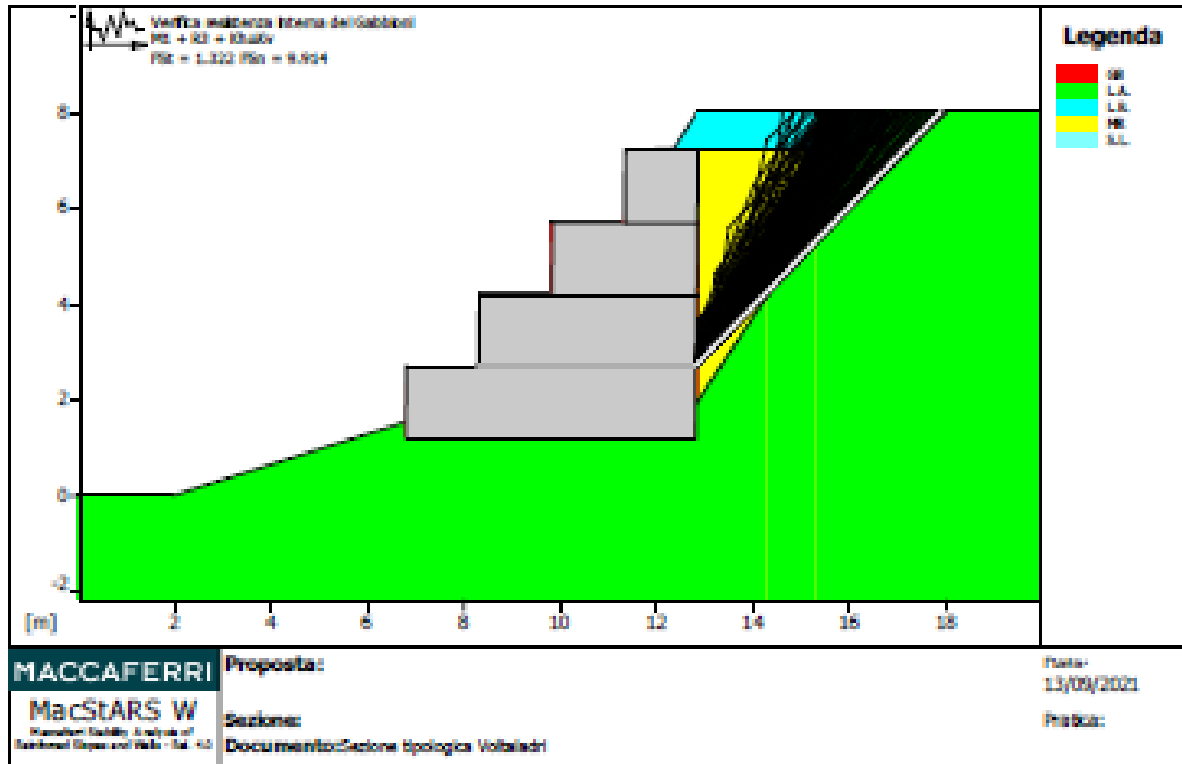
Verifica di resistenza interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + KhakiV

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....	[kN/m].....	322.60
Forza Instabilizzante.....	[kN/m].....	121.16
Classe scorrimento.....	: Coeff. parziale R - Scorrimento	
Coefficiente di sicurezza allo scorrimento.....		2.662
Momento Stabilizzante.....	[kN*m/m].....	821.19
Momento Instabilizzante.....	[kN*m/m].....	192.37
Classe momento.....	: Coeff. parziale R - Ribaltamento	
Coefficiente di sicurezza al ribaltamento.....		4.269

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento



Verifica di stabilità interna :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Khukv

Stabilità verificata sul blocco : GB

Sforzo di taglio ammissibile.....[kN/m²]..... : 36.00

Sforzo di taglio agente.....[kN/m²]..... : 27.22

Classe taglio..... : F_s resistenza a taglio rete Gabbioni

Coefficiente di sicurezza sull'azione tagliante..... : 1.322

Pressione ammissibile.....[kN/m²]..... : 580.70

Pressione media agente.....[kN/m²]..... : 58.58

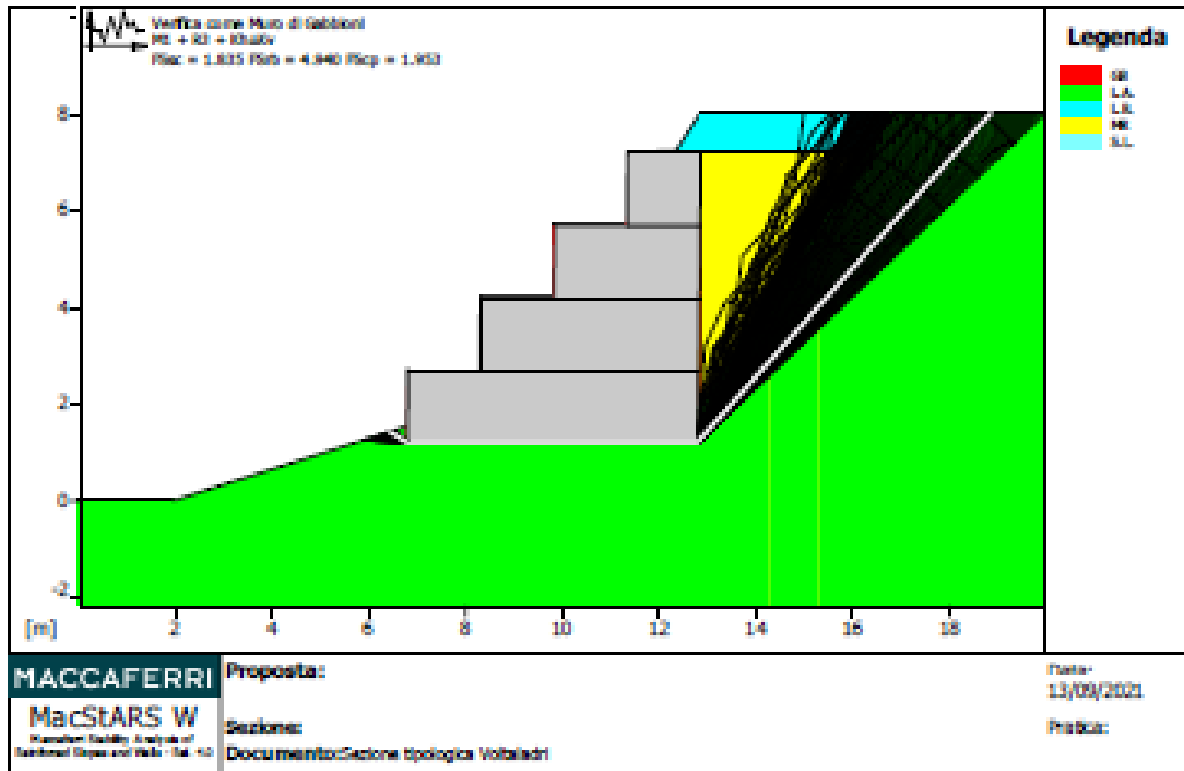
Classe pressione..... : F_s resistenza a schiacciamento gabbioni

Coefficiente di sicurezza allo schiacciamento..... : 9.914

Fondazione equivalente.....[m]..... : 4.56

Eccentricità forza normale.....[m]..... : -0.03

Fattore	Classe
1.00	Sigma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole
1.00	F _s resistenza a taglio rete Gabbioni
1.00	F _s resistenza a schiacciamento gabbioni
1.00	Pu



Verifica come muro di sostegno :

Combinazione di carico : M1 + R3 + Kh&Kv

Stabilità verificata sul blocco : GB

Forza Stabilizzante.....[kN/m] : 258.72

Forza Instabilizzante.....[kN/m] : 140.96

Classe scorrimento.....; Coeff. parziale R - Scorrimento

Coefficiente di sicurezza allo scorrimento..... : 1.835

Momento Stabilizzante.....[kN*m/m] : 1652.20

Momento Instabilizzante.....[kN*m/m] : 334.43

Classe momento.....; Coeff. parziale R - Ribaltamento

Coefficiente di sicurezza al ribaltamento..... : 4.940

Pressione ultima calcolata con metodo dell'equilibrio limite.

Pressione ultima.....[kN/m²] : 173.43

Pressione media agente.....[kN/m²] : 74.00

Classe pressione.....; Coeff. parziale R - Capacità portante

Coefficiente di sicurezza sulla capacità portante..... : 1.953

Fondazione equivalente.....[m] : 6.00

Eccentricità forza normale.....[m] : 0.00

Braccio momento.....[m] : 2.37

Forza normale.....[kN] : 421.69

Pressione estremo di valle.....[kN/m²] : 70.28

Pressione estremo di monte.....[kN/m²] : 70.28

Fattore	Classe
1.00	Sisma
1.00	Coeff. Parziale - tangente dell'angolo di resistenza a taglio
1.00	Coeff. Parziale - Coesione efficace
1.00	Coeff. Parziale - Peso dell'unità di volume - favorevole

1.00	Coeff. parziale R - Scorrimento
1.20	Coeff. parziale R - Capacità portante
1.00	Coeff. parziale R - Ribaltamento

8 ANALISI DEI FENOMENI DI TRASPORTO SOLIDO

Data la natura geologica e pedologica dei torrenti in esame, il trasporto solido all'interno degli alvei è modesto. In particolare, la morfologia che passa da rettilinea a meandriforme alla confluenza dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri al Torrente Rialto, denota condizioni di equilibrio/sedimentazione per sedimenti di tipo sabbioso - limoso. Il potenziale incremento della capacità erosiva generale e localizzata dovuta agli interventi di sistemazione e riprofilatura in progetto è compensato dall'inserimento di rivestimenti di fondo e di sponda. Di fondamentale importanza è la manutenzione della vegetazione, per limitarne lo sviluppo che se eccessivo può indurre rallentamenti della corrente ed il conseguente deposito e la stabilizzazione di sedimenti fini.

9 VERIFICHE IDRAULICHE

Per effettuare le elaborazioni idrodinamiche necessarie alla verifica idraulica dei corsi d'acqua oggetto del presente studio è stato utilizzato il modello di simulazione HEC-RAS (River Analysis System), sviluppato presso l'Hydrologic Engineering Center, dall'United States Army Corps of Engineers. Esso consente il calcolo dei profili idraulici di moto permanente gradualmente vario, in reti di canali naturali o artificiali.

Con tale codice di calcolo possono essere simulate condizioni di moto subcritico (corrente lenta), supercritico (corrente veloce) e misto, e possono essere valutati gli effetti di immissioni o emissioni laterali di portata, briglie e salti di fondo, paratoie, brevi condotti in pressione, tombini, ponti, ostacoli al flusso e costruzioni edificate nelle zone golenali. Il modello dispone di una interfaccia grafica che facilita le operazioni di definizione della geometria del problema, dei parametri di calcolo e dell'analisi dei risultati esprimibili sia in termini di tabelle che di grafici. Questi ultimi includono la visualizzazione del tirante idrico relativo a ciascuna sezione, la visualizzazione dei profili di moto permanente (con l'indicazione del pelo libero, dei limiti arginali, della quota della linea dell'energia, etc...) e grafici in prospettiva tridimensionali che consentono di evidenziare le aree soggette ad inondazione nelle differenti condizioni idrometriche.

La corrente viene suddivisa in estesi tratti ove essa si può ritenere gradualmente variata (e l'alveo pressoché prismatico) collegati da brevi tratti ove essa è rapidamente variata per effetto di rilevanti variazioni geometriche della sezione prodotte da ponti, tombini, soglie e briglie.

Tronchi di corrente gradualmente variata

Nei tratti di corrente gradualmente variata il profilo liquido si calcola correlando l'energia della corrente in varie sezioni successive con l'equazione differenziale:

$$dH/ds = - J$$

in cui:

- $H = z_0 + h + \alpha V^2 / 2g$ è il carico totale della corrente nella sezione avente quota di fondo assoluta z_0 , tirante idrico h e velocità media V sulla sezione; α è il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica e g l'accelerazione di gravità;
- J è la "cadente" che rappresenta la perdita di carico continua per unità di peso e di percorso nei tronchi.

Per valutare la cadente J si fa uso della formula di Manning definendo dapprima la capacità di portata dell'alveo:

$$K = A R^{2/3} / n$$

dove A è l'area della sezione trasversale della corrente, R il raggio idraulico e n il coefficiente di scabrezza e quindi:

$$J = Q^2 / K^2$$

La definizione di $K(h)$ presume di trattare l'intera corrente come omogenea nella sezione trasversale assumendo:

$$A = A(h) \quad R = R(h)$$

Questa schematizzazione non appare molto appropriata per descrivere i casi in cui il flusso interessa, oltre che l'alveo di magra, caratterizzato da un coefficiente di scabrezza tipico per gli alvei naturali, considerevoli porzioni di zona golenale ove il moto è controllato da una scabrezza certamente assai maggiore. E' opportuno dunque definire la capacità di portata dell'alveo come somma del contributo di tre correnti "parallele" con caratteristiche cinematiche diversificate: quella che scorre nell'alveo di magra/morbida con area bagnata A_a e portata Q_a , quella fluente in zona golenale con area bagnata A_g e portata Q_g e quella che interessa l'area coltivata invasa dalle acque con area bagnata A_c e portata Q_c , soggette alla stessa cadente piezometrica J , perciò:

$$Q = Q_a + Q_g + Q_c = (K_a + K_g + K_c) J^{1/2} = K J^{1/2}$$

dove:

$$K = K_a + K_g + K_c = A_a R_a^{2/3} / n_a + A_g R_g^{2/3} / n_g + A_c R_c^{2/3} / n_c$$

$$A = A_a + A_g + A_c$$

In modo congruente si definisce il coefficiente di ragguglio della potenza cinetica della corrente α mettendo in conto le diverse velocità nei tre filoni, con l'espressione:

$$\alpha = A^2 K^{-3} (K_a^3 A_a^{-2} + K_g^3 A_g^{-2} + K_c^3 A_c^{-2})$$

Il bilancio energetico per un generico tronco di corrente gradualmente variata compreso tra le ascisse curvilinee s_1 e s_2 si ottiene integrando l'equazione differenziale [1]:

$$H_1 = H_2 + J_{med} Ds \quad (Ds = s_2 - s_1)$$

la perdita di carico media J_{med} nel tronco si valuta come media pesata dei valori corrispondenti ai livelli di estremità:

$$J_{med} = q J_1 + (1 - q) J_2$$

intendendo $H_1 = H(h_1)$, $J_1 = J(h_1)$, ecc. Si assume $q=0.5$.

Si ha in definitiva per il generico tronco:

$$H_1 - q Ds J_1 = H_2 + (1 - q) Ds J_2$$

Se la corrente è subcritica il calcolo procede dalla sezione di valle ove deve essere assegnata la condizione al contorno, verso monte per tronchi successivi: nella espressione precedente, applicata ricorsivamente a tutti i tronchi, dunque, si ritengono sempre note le condizioni idrometriche della corrente nella sezione 2 (di valle) e si devono ricavare quelle della sezione 1 (di monte). Posto:

$$H = z_o + h + \alpha V^2 / 2g = z_o + h + \alpha Q^2 / 2g A^2$$

$$J = Q^2 / K^2$$

si ha:

$$h_1 + \alpha Q^2 / 2g A(h_1)^2 - Ds/2 Q^2 / K(h_1)^2 = H_2 + Ds/2 J_2 - z_{o1}$$

In questa espressione il secondo membro è una quantità nota.

Risolvendo questa equazione implicita con il metodo di bisezione si ricava h_1 e quindi tutte le variabili idrometriche della corrente nella sezione di monte. Qualora nessuna soluzione esista nel campo delle correnti subcritiche si pone nella sezione 1 l'altezza critica per proseguire il calcolo. Ripetendo il procedimento per ogni tronco si ricava il profilo di corrente. Se la corrente è supercritica, si applica lo stesso algoritmo procedendo da monte (ove deve essere assegnata la condizione al contorno) verso valle.

Il livello idrico nei tratti prismatici è dunque controllato essenzialmente dai valori dei coefficienti di scabrezza che compaiono nella definizione della capacità di portata dell'alveo.

Tronchi di corrente rapidamente variata

Nei tronchi sede di ponti, tombini o altre strutture che provocano effetti localizzati le condizioni idrometriche di monte si correlano con quelle di valle tramite relazioni empiriche appropriate tratte dalla letteratura tecnica.

Ponti e viadotti

Ai fini della simulazione numerica, la sezione in cui è localizzato il ponte viene trattata nel modo di seguito descritto. Nella sezione del ponte si inseriscono gli ingombri geometrici delle pile e delle spalle del ponte; la geometria reale viene schematizzata con una idraulicamente equivalente, ove gli ingombri delle singole pile vengono assemblati in un numero ridotto di sagome. Questa operazione viene fatta separatamente per le zone di alveo, golena e coltivo.

Alla stessa ascissa della sezione predetta si posizionano una sezione di monte (identificata dal suffisso 'm') e una sezione di valle (identificata dal suffisso 'v') con lo stesso contorno bagnato, che differiscono dalla sezione del ponte solo per l'assenza dell'ingombro delle pile/spalle. Queste due sezioni convenzionali di monte e di valle delimitano il tronco, che ha lunghezza trascurabile, in cui è localizzata la variazione della geometria.

La sezione del ponte con gli ingombri delle pile/spalle entra soltanto nel calcolo delle perdite localizzate che, appunto, da tali ingombri sono causate. Pertanto, nel risultato finale, in corrispondenza della sezione del ponte, saranno riportati alla stessa ascissa i tre livelli corrispondenti, nell'ordine, alla sezione immediatamente a monte ('m'), a quella del ponte con gli ingombri di pile/spalle, e a quella immediatamente a valle ('v'). Il rigurgito dei ponti può essere valutato con metodologie diverse.

Formula di Yarnell

Nel breve tronco in cui è localizzato il ponte la differenza tra il livello di monte e quello di valle ($z_m - z_v$) può essere calcolata con la formula di Yarnell dedotta da una estesa informazione sperimentale relativa a sezioni di forma rettangolare. Si deve distinguere tra la situazione in cui la contrazione non è così forte da produrre la sezione di controllo tra le pile (di 'classe A' nella terminologia di Yarnell) e il caso in cui tale situazione si verifica (di 'classe B').

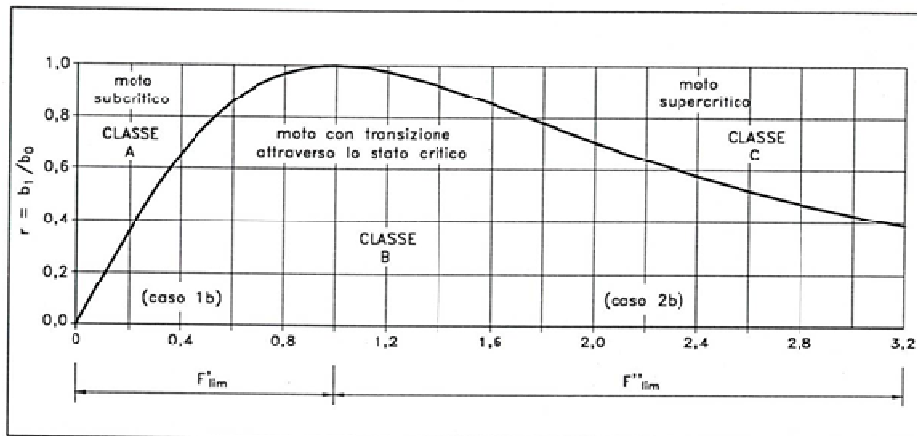


Fig.14: Classificazione dei modi di deflusso attraverso un restringimento (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Si calcola preventivamente il rapporto di contrazione $r = b_1/b_0$ e si confronta con il rapporto di contrazione limite r_{lim} discriminante tra le classi 'A' e 'B' definito dall' espressione:

$$r_{lim}^2 = 27 F^2 / (2 + F^2)^3$$

Se il rapporto di contrazione r risulta minore di r_{lim} il problema é di classe 'B' e il livello di monte si ottiene dal valore dell'energia nella sezione di monte posta pari a quella critica che si stabilisce tra le pile incrementata di una perdita di carico in contrazione pari a circa 1/3 del termine cinetico critico.

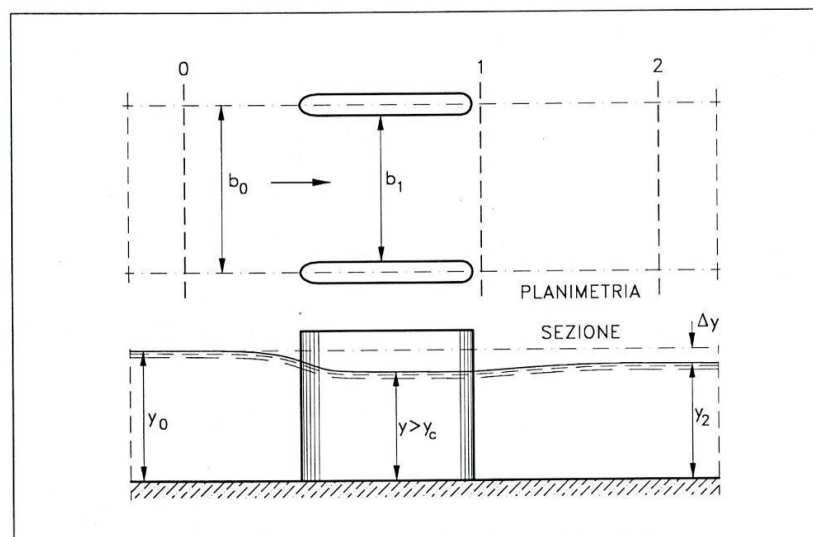


Figura 16: Deflusso attraverso le pile di un ponte senza transizione – classe A (Da Deppo, Datei "Le opere idrauliche nelle costruzioni stradali")

Per il problema di 'classe A' la formula di Yarnell esprime l'entità del rigurgito (Δy) in funzione del tirante idrico di valle (y_2), del rapporto di ingombro del ponte ($z = 1 - r$), di un coefficiente di forma della pila (K_Y) e del numero di Froude ($F = V/\sqrt{gA/B}$) della corrente nella sezione di valle (F_2) con l'espressione:

$$\frac{\Delta y}{y} = K_Y (K_Y - 0.6 + 5F_2^2) (z + 15z^4) F_2^2$$

Il coefficiente di forma K_Y assume valori che vanno da 1.25 per pile non arrotondate a valori dell'ordine di 0.9 per pile arrotondate con vari profili. Nell'ipotesi che la corrente investa l'asse della pila con un angolo α diverso da 0, i valori di Δy devono essere moltiplicati per il coefficiente 1.3 per $\alpha = 10^\circ$ e 2.3 per $\alpha = 20^\circ$.


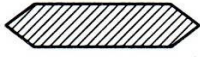


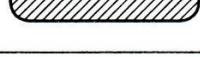
forma della pila	K_Y
	1,25
	1,05
	1,05
	0,95
	0,90

Figura 17: Coefficienti di forma delle pile dei ponti

Formula di Rehbock

In base alla formula di Rehbock, l'espressione del rigurgito è:

$$\Delta y = K_R (1 - r) \frac{v_2^2}{2g}$$

dove K_R è un coefficiente di forma pari a 1 per pile a rostri arrotondati e 2 per pile a spigoli vivi.

Bilanci di energia (e-b) e di spinta totale (e-s)

Si distinguono, in corrispondenza dei ponti, il tratto tra la sezione di monte (M) e quella delle pile (P), in cui la corrente accelera, e quello tra questa sezione (P) e quella di valle (V) in cui la corrente rallenta. Nel tratto M-P si impone il bilancio energetico conteggiando le perdite di carico in contrazione come una frazione del termine cinetico in P valutata in ragione del raccordo delle pile:

$$H_M = H_P + I \frac{v_P^2}{2g}$$

Nel tratto P-V si può ancora imporre il bilancio energetico valutando le perdite di rallentamento con l'espressione di Borda (schema e-b):

$$H_P = H_V + I \frac{(v_P - v_V)^2}{2g}$$

oppure si può, in alternativa, imporre l'invarianza della spinta totale tra le sezioni P e V utilizzando la geometria della sezione V per valutare la spinta idrostatica nella sezione P (schema e-s).

La scelta dello schema di rappresentazione degli effetti di rigurgito può essere effettuata con appropriata analisi di sensitività: gli schemi e-b e e-s, più elaborati, hanno comunque, a priori, il vantaggio di essere applicabili a sezioni non sensibilmente rettangolari.

Tombini (Culvert)

In particolare, per quanto riguarda i tombini, l'analisi è condotta mediante due differenti approcci che tengono in debito conto delle condizioni idrauliche di monte e di valle che governano il moto:

- 1) Outlet Control: il flusso all'interno del tombino è in regime di outlet control quando è condizionato dalle condizioni di valle e/o dalla capacità portante della condotta. Pertanto si valuta l'altezza d'acqua in testa al tombino (upstream headwater depth) utilizzando i convenzionali metodi dell'idraulica considerando prevalenti le perdite dovute alla rugosità della condotta ed all'effetto tappo che si instaura con la eventuale presenza di un battente idrico a valle (tailwater);
- 2) Inlet Control: in questo caso, la capacità del sistema è condizionata dalle perdite di carico all'ingresso del tombino più che dalla capacità della condotta. Pertanto il tirante idrico in testa si determina considerando prevalenti le perdite causate dal restringimento della sezione di monte.

HEC – RAS calcola l'energia a monte del tombino necessaria affinché il flusso sia in regime di outlet control e quella corrispondente al regime di inlet control; il caso per cui risulta maggiore tale energia è quello che viene considerato per la determinazione delle caratteristiche idrodinamiche del flusso.

1) Outlet control

E' utilizzata l'equazione di Bernouilli

$$Z_3 + Y_3 + \frac{V_3^2}{2g} = Z_2 + Y_2 + \frac{V_2^2}{2g} + H_L$$

dove Z_3, Z_2 sono le quote di imbocco e di sbocco del tombino (m);

Y_3, Y_2 sono i tiranti idrici di monte e di valle (m);

V_3, V_2 sono le velocità di ingresso e di uscita della corrente (m);

H_L sono le perdite di carico totali, date dalla somma delle perdite concentrate di ingresso e di uscita e dalle perdite distribuite lungo la condotta.

2) Inlet control

L'analisi si differenzia a seconda dell'entità delle portate da smaltire:

- a) Unsubmerged Inlet: portate per le quali il sistema si comporta come uno stramazzo; ci sono due metodi proposti dall'United States Federal Highway Administration (FHWA):

$$\frac{HW_i}{D} = \frac{H_c}{D} + K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M - 0.5S$$

$$\frac{HW_i}{D} = K \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^M$$

dove HW_i è il carico idraulico all'ingresso del tombino;

D è l'altezza della condotta;

H_c è l'energia specifica corrispondente all'altezza critica;

Q è la portata;

A è l'area della sezione della condotta;

S è la pendenza della condotta;

K e M sono costanti dipendenti dalla geometria e dal tipo di condotta

- b) Submerged Inlet: quando la condotta si comporta da orifizio nel sistema

$$\frac{HW_i}{D} = c \left[\frac{Q}{AD^{0.5}} \right]^2 + Y - 0.5S$$

dove HW_i è il carico idraulico all'ingresso del tombino;

D è l'altezza della condotta;

H_c è l'energia specifica corrispondente all'altezza critica;

Q è la portata;

A è l'area della sezione della condotta;

S è la pendenza della condotta;

c e Y sono costanti dipendenti dalla geometria e dal tipo di condotta

- c) Transitional: in situazioni intermedie tra il comportamento a stramazzo e il comportamento ad orifizio.

9.1 Ipotesi di modellazione

Le elaborazioni idrodinamiche necessarie alla verifica idraulica dei corsi d'acqua oggetto del presente studio sono state condotte utilizzando il seguente schema computazionale:

Torrente Diavolone e Volta Ladri

Il valore delle portate di progetto utilizzate, così come addotte nel progetto definitivo, sono riferite ad un tempo di ritorno $T = 200$ anni e sono riportate di seguito:

$$Q_{\text{DIAVOLONE}} = 53.9 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q_{\text{VOLTALADRI}} = 33.34 \text{ m}^3/\text{s}$$

Torrente Rialto

Per il Torrente Rialto, la portata utilizzata nella modellazione è stata stimata, come da **progetto definitivo**, nella somma delle portate duecentennali dei due torrenti Volta Ladri e Diavolone pari a $Q_{\text{max}} = Q_{\text{DIAVOLONE}} + Q_{\text{VOLTALADRI}} = 87.26 \text{ m}^3/\text{s}$. Inoltre, in considerazione della non contemporaneità del colmo di piena dei due torrenti, per l'effetto del diverso tempo di corrivazione, la modellazione è stata eseguita anche con la portata $Q = 71.30 \text{ m}^3/\text{s}$, dato già utilizzato nella fase precedente del progetto.

Condizioni al contorno

Le simulazioni idrauliche del Torrente Diavolone e del Torrente Volta Ladri sono state eseguite in regime di corrente lenta (Subcritical flow), considerando come condizioni al contorno (per entrambi i torrenti):

- a Monte l'altezza di moto uniforme (Normal Depth), calcolata con la formula di Manning inserendo la pendenza di fondo pari a 0.006 m/m ;
- a Valle l'altezza di moto uniforme (Normal Depth), calcolata con la formula di Manning inserendo la pendenza di fondo pari a 0.006 m/m .

Le simulazioni idrauliche del Torrente Rialto sono state eseguite in regime di corrente mista (mixed flow). Come condizioni al contorno si sono assunte:

- a Monte l'altezza di moto uniforme (Know Water station $h = 15,58 \text{ m s.m.}$ – la quota del livello d'acqua nel Torrente Diavolone, in quanto risulta più alta del livello idrico del Torrente Volta Ladri a favore di sicurezza della verifica idraulica),
- a Valle l'altezza di moto uniforme (Normal Depth), calcolata con la formula di Manning inserendo la pendenza di fondo pari a 0.0058 m/m .

Sezioni torrente Rialto

A seguito delle modifiche resesi necessarie nella zona di confluenza dei torrenti Diavolone e Volta Ladri, come richiesto nella verifica tecnica del progetto definitivo, sono state riprofilate le tre sezioni trasversali nella zona a monte del ponte di Via Lago di Carezza.

La geometria delle sezioni a monte del ponte, in particolare le sezioni trasversali 4, 3, 2, sono state ricostruite considerando la nuova configurazione di confluenza tra i due torrenti e la sistemazione fluviale, in particolare la risagomatura delle sezioni tramite un rivestimento spondale mediante strutture flessibile in gabbioni.

In osservanza di quanto indicato nella delibera dell'Autorità di Bacino Regionale di Campania Sud ed Interregionale per il Bacino Idrografico del Fiume Sele, è stato eseguito un approfondimento del calcolo idraulico da cui è emersa la necessità di profilare la sezione 1 raccordandola opportunamente alla geometria della sezione 2, tenendo anche conto della periodica operazione di manutenzione dell'alveo, tale da garantire la superficie di deflusso adottata nello sviluppo della simulazione (vedi elab. SA000903IDR027 Idraulica fluviale – Sezioni tipo e particolari costruttivi).

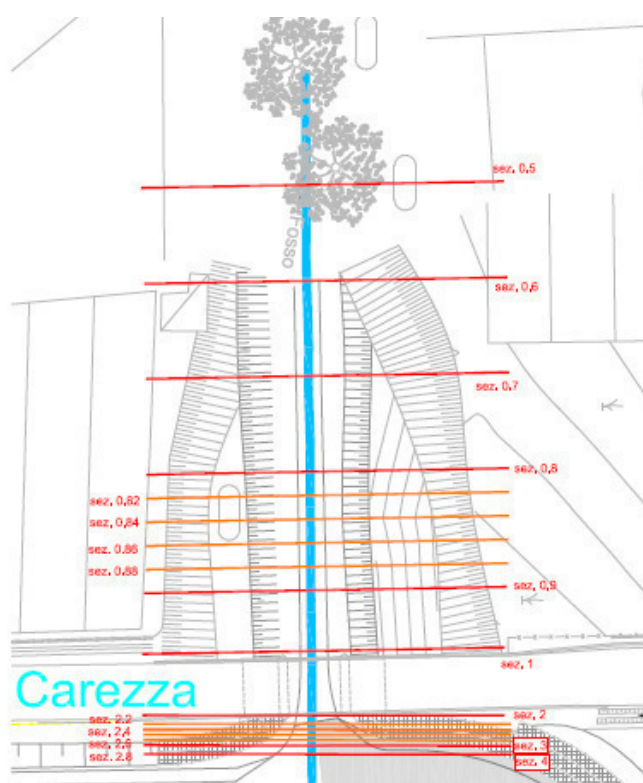


Figura 17: Disposizione planimetrica delle sezioni di calcolo

Per migliorare l'approssimazione della soluzione numerica, sono state utilizzate nel modello due sezione trasversali: una a monte, di appoggio (definita sezione 5) ed una a valle del tratto di interesse (sezione 0,5). La sezione a monte rimane al di fuori della confluenza dei due alvei e serve unicamente per rendere più accurata l'analisi numerica, migliorando il processo iterativo e di conseguenza la correttezza della soluzione stessa.

Inoltre, seguendo quanto indicato nel progetto definitivo, è stata prevista la pulizia dell'alveo a valle dell'attraversamento di Via Lago Carezza e la riprofilatura dello stesso nel tratto compreso tra le sezioni 0,5 e sez. 0,9 indicate in figura 17, al fine di migliorare il deflusso al di sotto dell'attraversamento.

Valori di scabrezza utilizzati nel modello

Per definire la scabrezza del fondo e dei corsi d'acqua sono stati utilizzati i seguenti valori

Corso d'Acqua	Fondo [$m^{-1/3}/s$]	Sponde [$m^{-1/3}/s$]
Torrente Diavolone	0.023	0.023
Torrente Volta Ladri	0.023	0.023
Torrente Rialto (a monte del Ponte) Dalla sezione 5 alla sezione 1)	0.023	0.023
Torrente Rialto (a valle del Ponte) dalla sezione 0,9 alla sezione 0.5	0.028	0.030

Tab.1: Coefficienti di scabrezza

I valori dei coefficienti di scabrezza utilizzati per i torrenti Diavolone, Volta Ladri e per la zona a monte del ponte di Via Lago di Carezza sono stati scelti dalla letteratura, considerando che la sezione di deflusso presenta il letto in ghiaia e le sponde rivestite in pietrame con giunti stilati. Gli stessi parametri di scabrezza sono stati utilizzati anche per le sezioni relative al torrente Rialto, mentre per le sezioni a valle del ponte di Via Lago di Carezza, ad eccezione della sezione 1, sono state utilizzati gli stessi valori indicati nel **progetto definitivo**.

Portate di verifica

Le portate utilizzate nelle simulazioni idrauliche, corrispondenti ad un tempo di ritorno $Tr = 200$ anni, come indicate nel paragrafo 9.1 sono riepilogate nella tabella seguente:

Corso d'Acqua	Q_{200} [m^3/s]
Torrente Diavolone	53.9
Torrente Volta Ladri	33.4
Torrente Rialto	71.3
Torrente Rialto	87,26

Tab.2: Valori di portata Q_{200} assunti per la verifica idraulica

Con i dati presentati nella tabella 2 sono stati effettuate le elaborazioni con il programma Hec-Ras di cui i dati sono riportati nel capitolo 8 che illustrano i risultati delle simulazioni idrodinamiche per il Torrente Diavolone, Torrente Volta Ladri e Torrente Rialto.

L'esame delle simulazioni ha consentito di valutare la condizione più critica a individuata nella confluenza dei due torrenti in prossimità dell'attraversamento del ponte viario di Via Lago Carezza, che viene sintetizzata nella seguente figura:

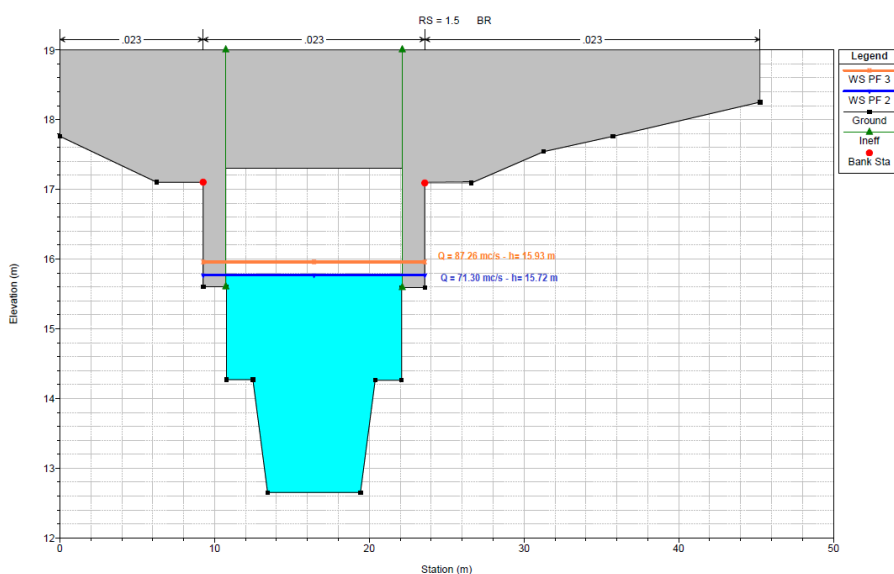


Figura 18: Confronto tra i tiranti idrici relativi ai 2 valori di portata considerati

Il confronto tra i tiranti che si manifestano in funzione degli scenari presi in considerazione nelle simulazioni del Torrente Rialto è riassunto nella tabella di seguito riportata:

Corso d'acqua	Q200	Tirante idrico	Franco idrico	Portata totale	Tirante idrico	Franco idrico	Δ	Δ
	m ³ /s	hw(m)	h(m)	QDiavolone+Q t. Volata Ladri	hw(m)	h(m)		
T. Rialto	71,3	15,72	1,53	87,26	15,93	1,32	0,21	1,31

Tab.3: I valori dei tiranti e franchi idrici in funzione delle portate di calcolo

Come si evince dalla tabella, il valore del tirante idrico $h = 1,53$ m, relativo alla portata $Q_{200} = 71,3$ m³/s garantisce il franco minimo indicato nella normativa (NTC 2018). Qualora si verificasse la simultaneità degli eventi di piena dei due torrenti, avente le caratteristiche eccezionali, quindi si registrasse un valore di portata $Q_{max} = 87,26$ m³/s, il franco idrico si riduce a 1,32 m.

In sostanza le condizioni che si vengono a creare, anche con il valore ridotto del franco idrico, non cambiano le condizioni dello stato attuale con l'intervento di ampliamento del sedime aeroportuale.

Inoltre, prendendo in considerazione l'eccezionalità degli eventi che possono derivare da modifiche climatiche e quindi un'eventuale riduzione del livello di sicurezza nel nodo di confluenza, si è previsto nella fase costruttiva l'istallazione di un idrometro, che ha un impatto praticabilmente trascurabile sull'aspetto dei luoghi.

9.2 Idrometro per controllo dei livelli idrici nella confluenza dei torrenti Diavolone e Volta Ladri

La possibile particolarità idraulica precedentemente illustrata, che potrebbe presentarsi nel nodo di confluenza dei Torrenti Diavolone e Volta Ladri, a monte del ponte di Via Lago Carezza si può manifestare con l'insorgenza di turbolenze, che i dati elaborati dal programma non sono perfettamente aderenti al fenomeno.

Al fine di monitorare tale fenomeno è stato previsto in corrispondenza dell'attraversamento su via Lago di Carezza, il sistema di monitoraggio ed allerta dei livelli idrici raggiunti dal corso d'acqua sia in condizioni ordinarie che in condizioni di piena. Il sistema in progetto è costituito da sensore di livello idrometrico a ultrasuoni, dotato di propria elettronica con microprocessore di registrazione, associato ad un dispositivo di comunicazione dedicato all'attivazione remota via radio di sistemi di allertamento. I dispositivi hanno la caratteristica di poter essere montati su palo ed alimentati con pannelli ad energia solare ed essere non direttamente a contatto con l'acqua e ubicato in posizioni accessibili al manutentore.

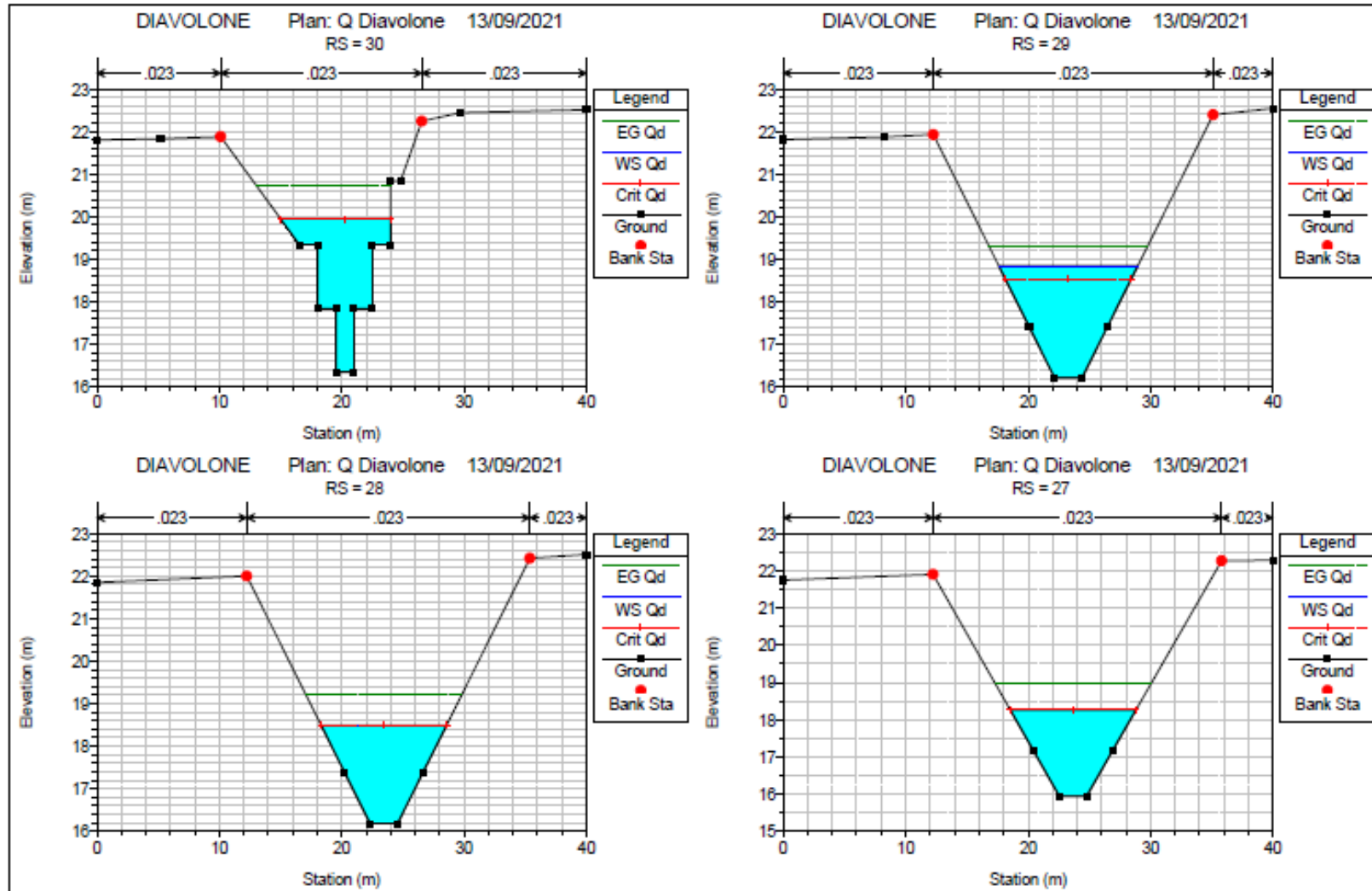
L'apparecchiatura è costituita da:

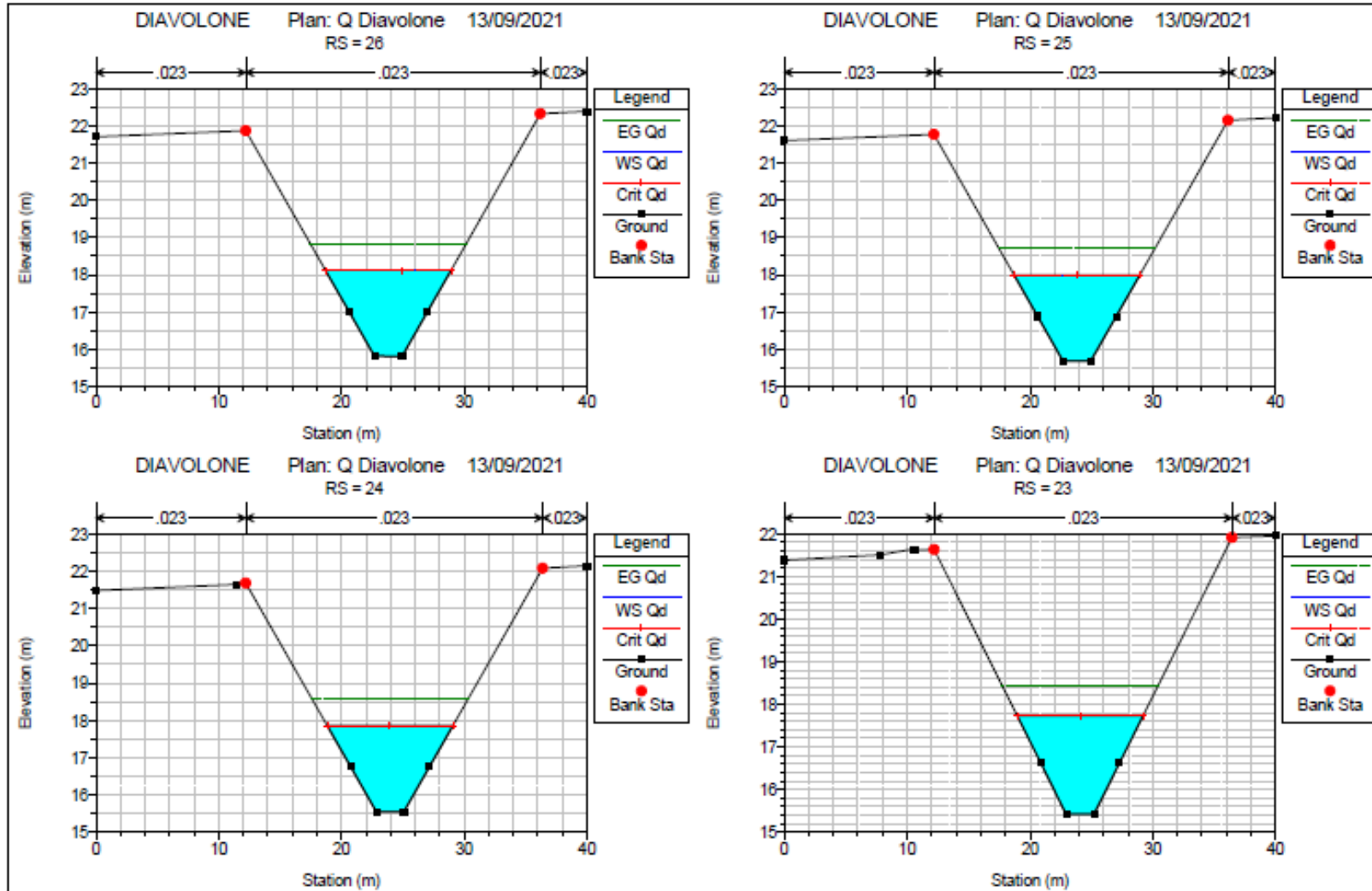
- struttura metallica di sostegno;
- pannello fotovoltaico per la produzione di corrente continua 12/24 V;
- regolatore di carica delle batterie di alimentazione delle apparecchiature;
- idrometro ad ultrasuoni per il rilevamento dei livelli;
- unità di registrazione dati;
- unità di comunicazione telefonica a distanza.

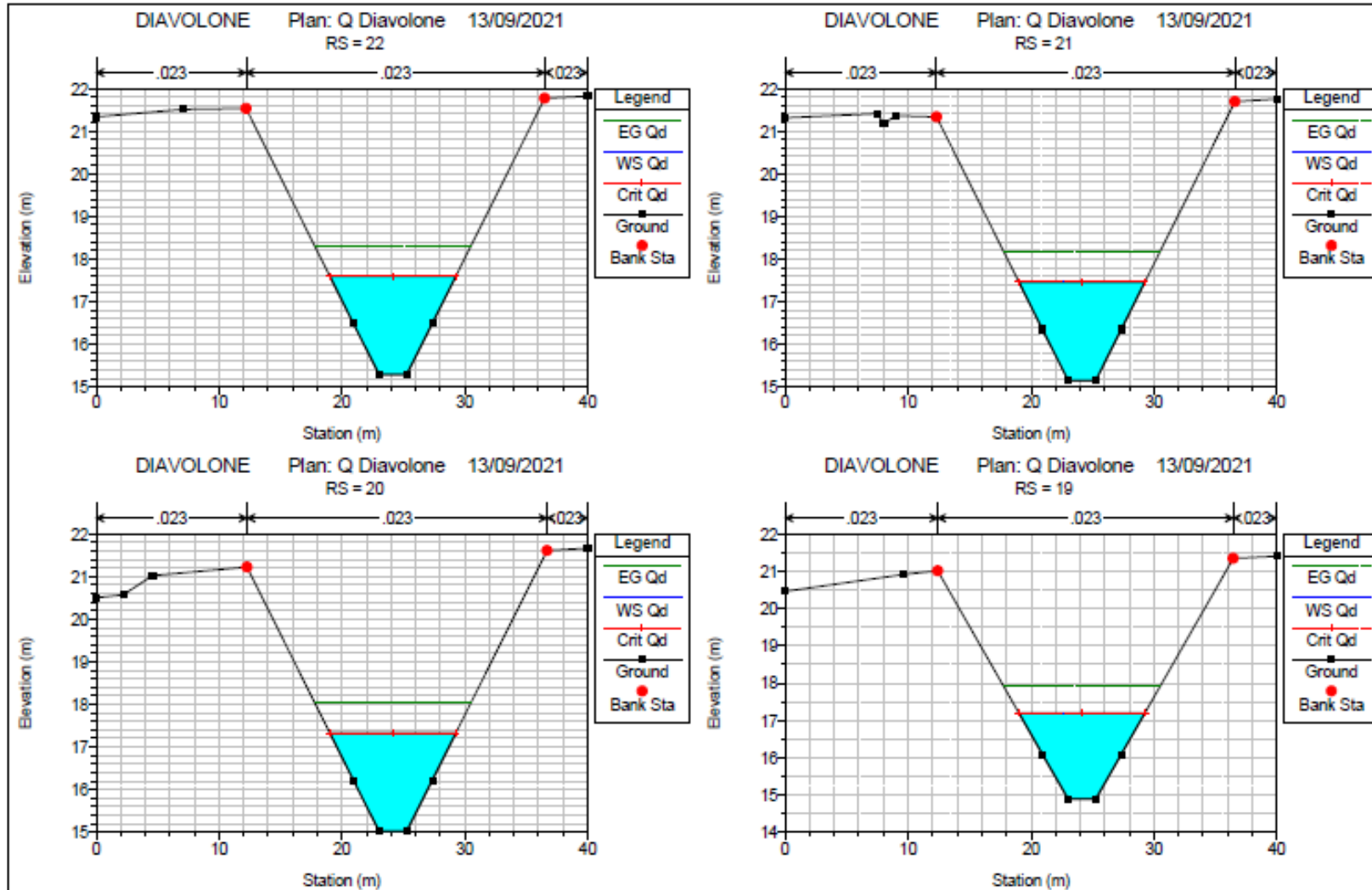
10 1 RISULTATI DELLE ELABORAZIONI

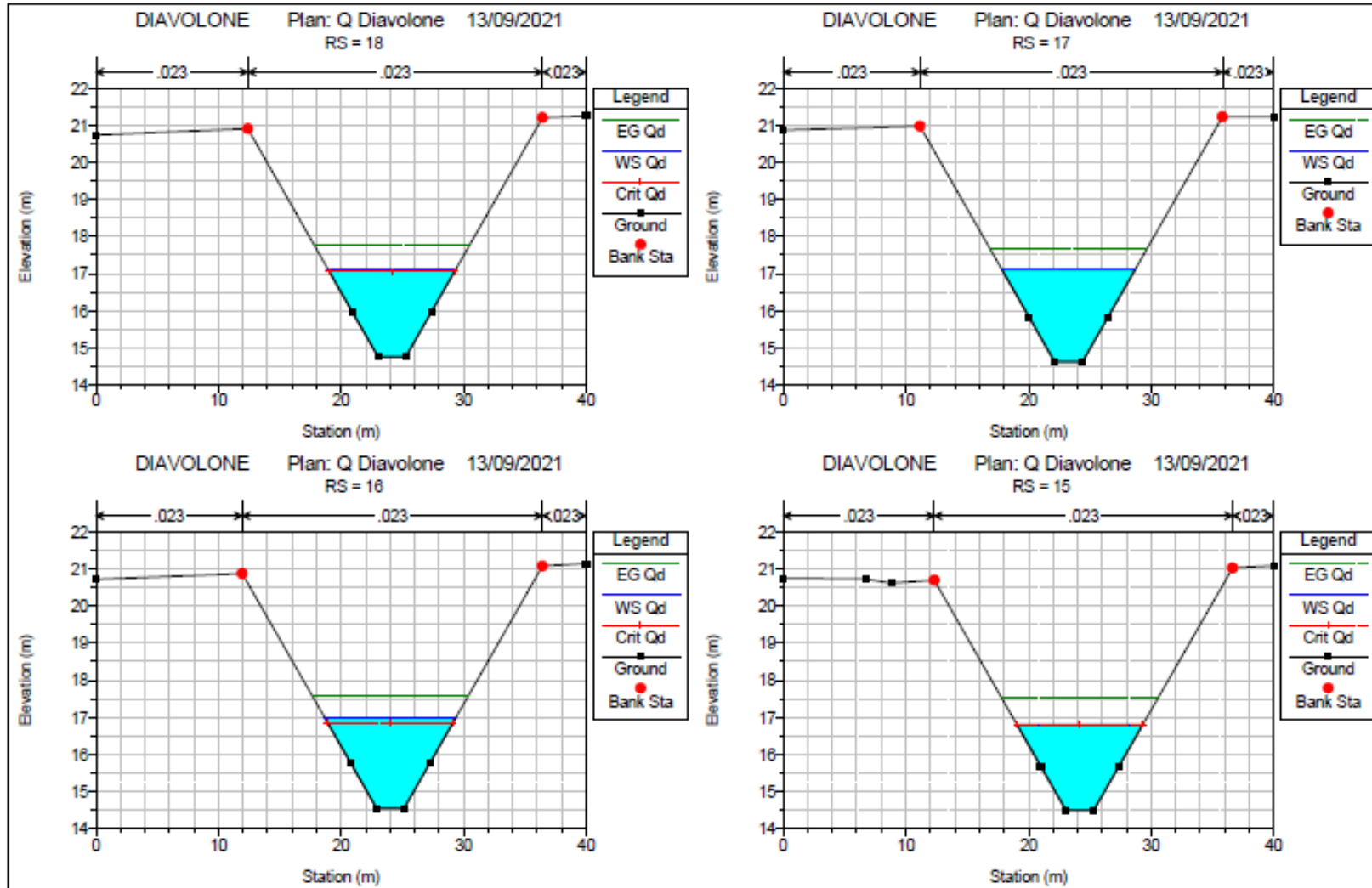
Torrente Diavolone

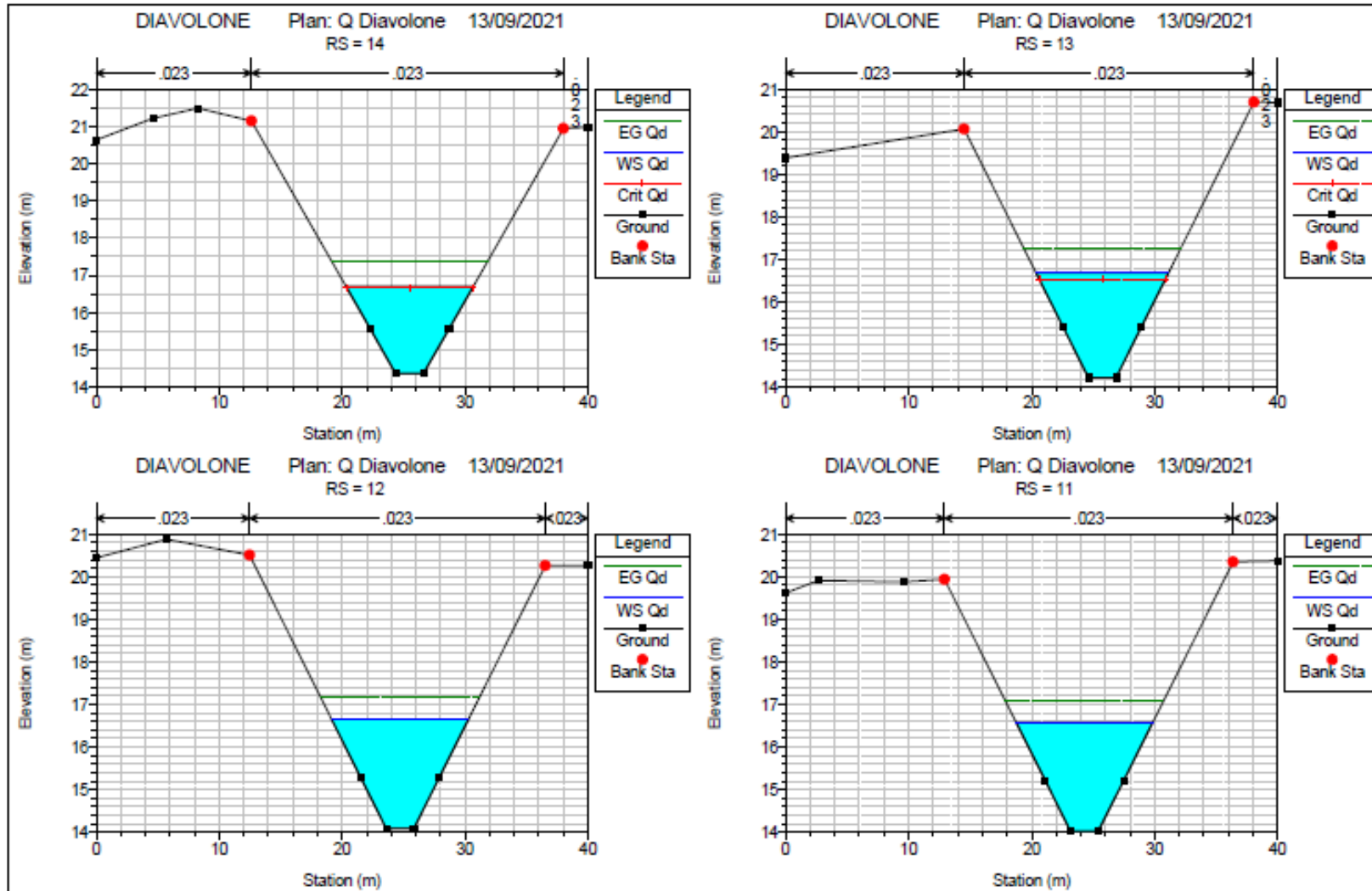
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
T. Diavolone	30	Qd	53.90	16.34	19.94	19.94	20.72	0.009634	3.91	13.77	8.97	1.01
T. Diavolone	29	Qd	53.90	16.21	18.84	18.52	19.3	0.003046	3.01	17.93	11.37	0.76
T. Diavolone	28	Qd	53.90	16.18	18.49	18.49	19.2	0.005409	3.73	14.46	10.26	1
T. Diavolone	27	Qd	53.90	15.95	18.26	18.26	18.97	0.005402	3.72	14.48	10.28	1
T. Diavolone	26	Qd	53.90	15.81	18.12	18.12	18.84	0.005465	3.74	14.41	10.24	1.01
T. Diavolone	25	Qd	53.90	15.68	17.99	17.99	18.7	0.005466	3.74	14.41	10.23	1.01
T. Diavolone	24	Qd	53.90	15.55	17.86	17.86	18.57	0.005477	3.74	14.4	10.24	1.01
T. Diavolone	23	Qd	53.90	15.42	17.73	17.73	18.44	0.005469	3.74	14.41	10.24	1.01
T. Diavolone	22	Qd	53.90	15.29	17.6	17.6	18.31	0.005472	3.74	14.4	10.24	1.01
T. Diavolone	21	Qd	53.90	15.15	17.46	17.46	18.17	0.005472	3.74	14.4	10.24	1.01
T. Diavolone	20	Qd	53.90	15.02	17.33	17.33	18.04	0.005472	3.74	14.4	10.24	1.01
T. Diavolone	19	Qd	53.90	14.89	17.2	17.2	17.91	0.005472	3.74	14.41	10.25	1.01
T. Diavolone	18	Qd	53.90	14.76	17.13	17.07	17.78	0.00484	3.57	15.08	10.47	0.95
T. Diavolone	17	Qd	53.90	14.62	17.12		17.67	0.003861	3.29	16.4	10.89	0.86
T. Diavolone	16	Qd	53.90	14.55	16.99	16.86	17.58	0.004265	3.41	15.81	10.7	0.9
T. Diavolone	15	Qd	53.90	14.49	16.8	16.8	17.51	0.005474	3.74	14.4	10.24	1.01
T. Diavolone	14	Qd	53.90	14.36	16.7	16.67	17.38	0.005127	3.65	14.76	10.36	0.98
T. Diavolone	13	Qd	53.90	14.22	16.68	16.53	17.26	0.004117	3.37	16.02	10.77	0.88
T. Diavolone	12	Qd	53.90	14.09	16.65		17.16	0.003428	3.14	17.15	11.13	0.81
T. Diavolone	11	Qd	53.90	14.02	16.58		17.09	0.00345	3.15	17.11	11.11	0.81
T. Diavolone	10	Qd	53.90	13.96	16.57		17.04	0.003189	3.06	17.62	11.28	0.78
T. Diavolone	9	Qd	53.90	13.83	16.6		16.99	0.002414	2.76	19.55	11.85	0.69
T. Diavolone	8	Qd	53.90	13.69	16.6		16.93	0.001946	2.54	21.19	12.32	0.62
T. Diavolone	7	Qd	53.90	13.56	16.59		16.88	0.001605	2.37	22.78	12.76	0.57
T. Diavolone	6	Qd	53.90	13.43	16.59		16.84	0.001337	2.21	24.39	13.19	0.52
T. Diavolone	5.7500*	Qd	53.90	13.4	16.53		16.83	0.001781	2.43	22.2	12.44	0.58
T. Diavolone	5.5000*	Qd	53.90	13.36	16.44		16.81	0.002439	2.7	20	11.6	0.66
T. Diavolone	5.2500*	Qd	53.90	13.33	16.3		16.78	0.003541	3.07	17.54	10.42	0.76
T. Diavolone	5	Qd	53.90	13.3	15.99	15.91	16.73	0.006092	3.82	14.12	8.41	0.94
T. Diavolone	4.7500*	Qd	53.90	13.26	16.19		16.62	0.002925	2.89	18.66	10.22	0.68
T. Diavolone	4.5000*	Qd	53.90	13.23	16.27		16.57	0.001919	2.42	22.26	11.74	0.56
T. Diavolone	4.2500*	Qd	53.90	13.2	16.3		16.54	0.001351	2.15	25.05	12.05	0.48
T. Diavolone	4	Qd	53.90	13.16	16.33		16.52	0.001065	1.95	27.64	12.58	0.42
T. Diavolone	3	Qd	53.90	13.03	16.34		16.49	0.000748	1.74	30.98	12.65	0.36
T. Diavolone	2	Qd	53.90	12.98	16.22		16.46	0.001225	2.17	24.86	9.94	0.44
T. Diavolone	1	Qd	53.90	12.98	15.58	15.44	16.39	0.006005	3.97	13.58	6.76	0.89

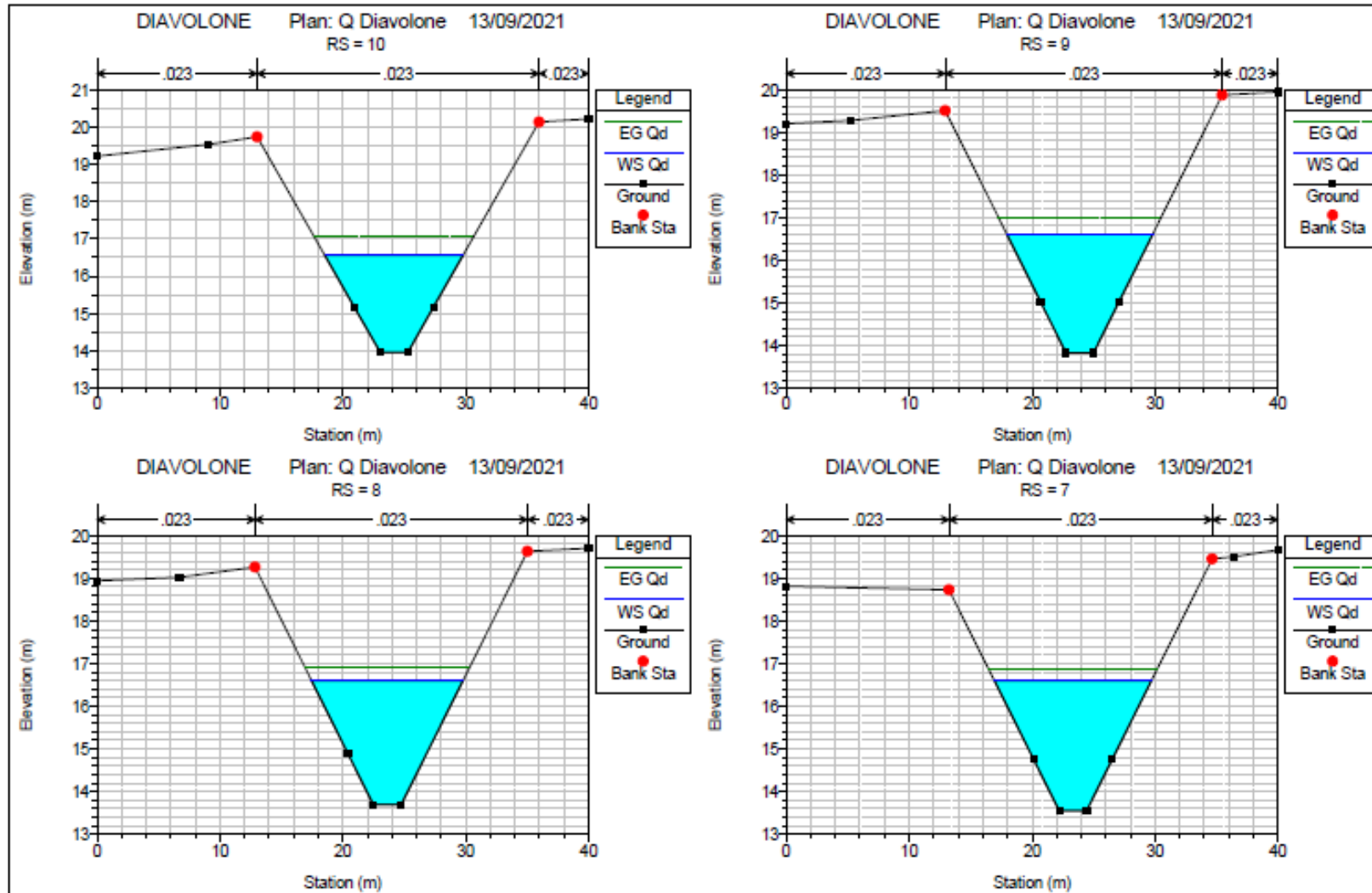


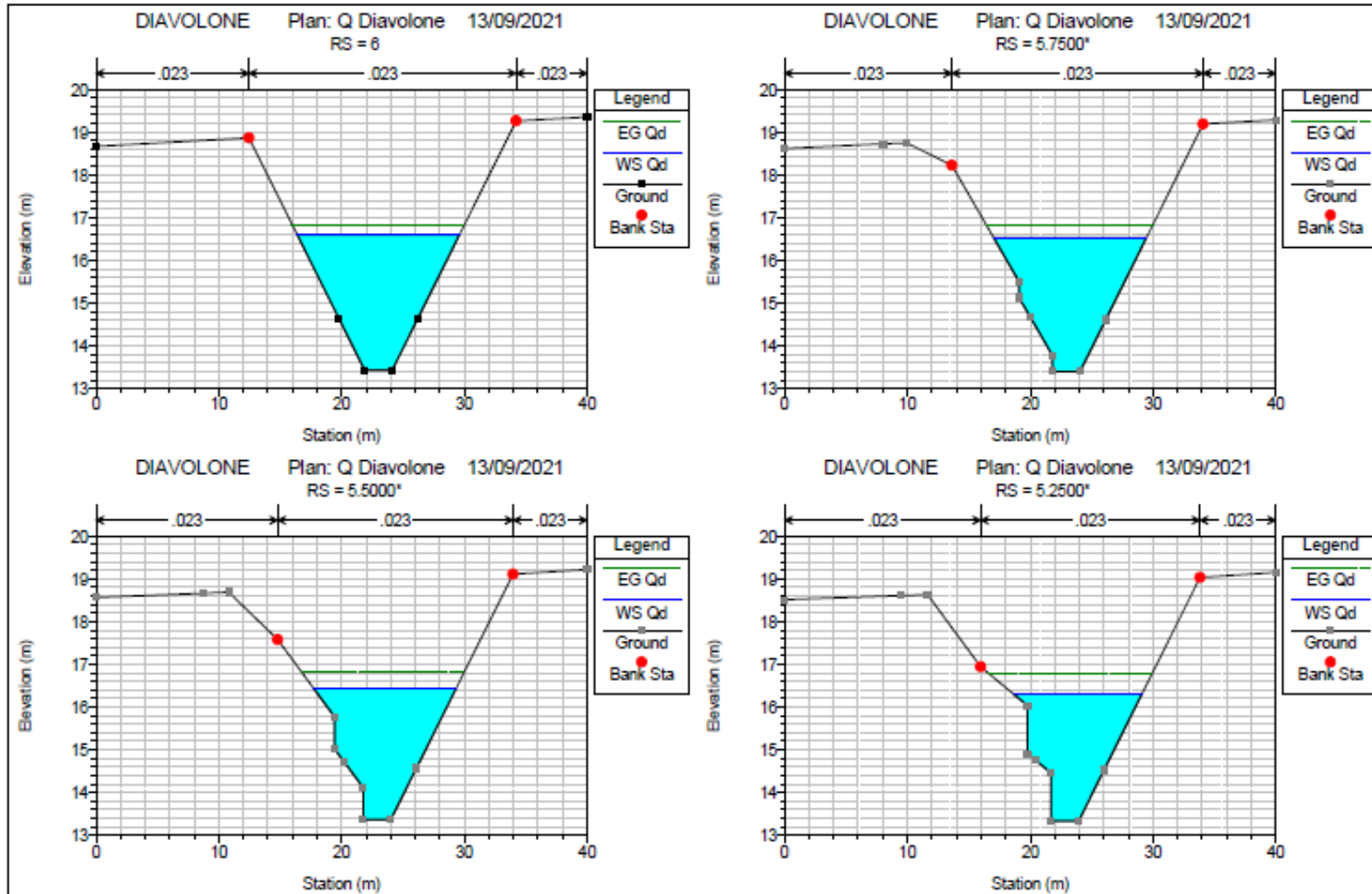


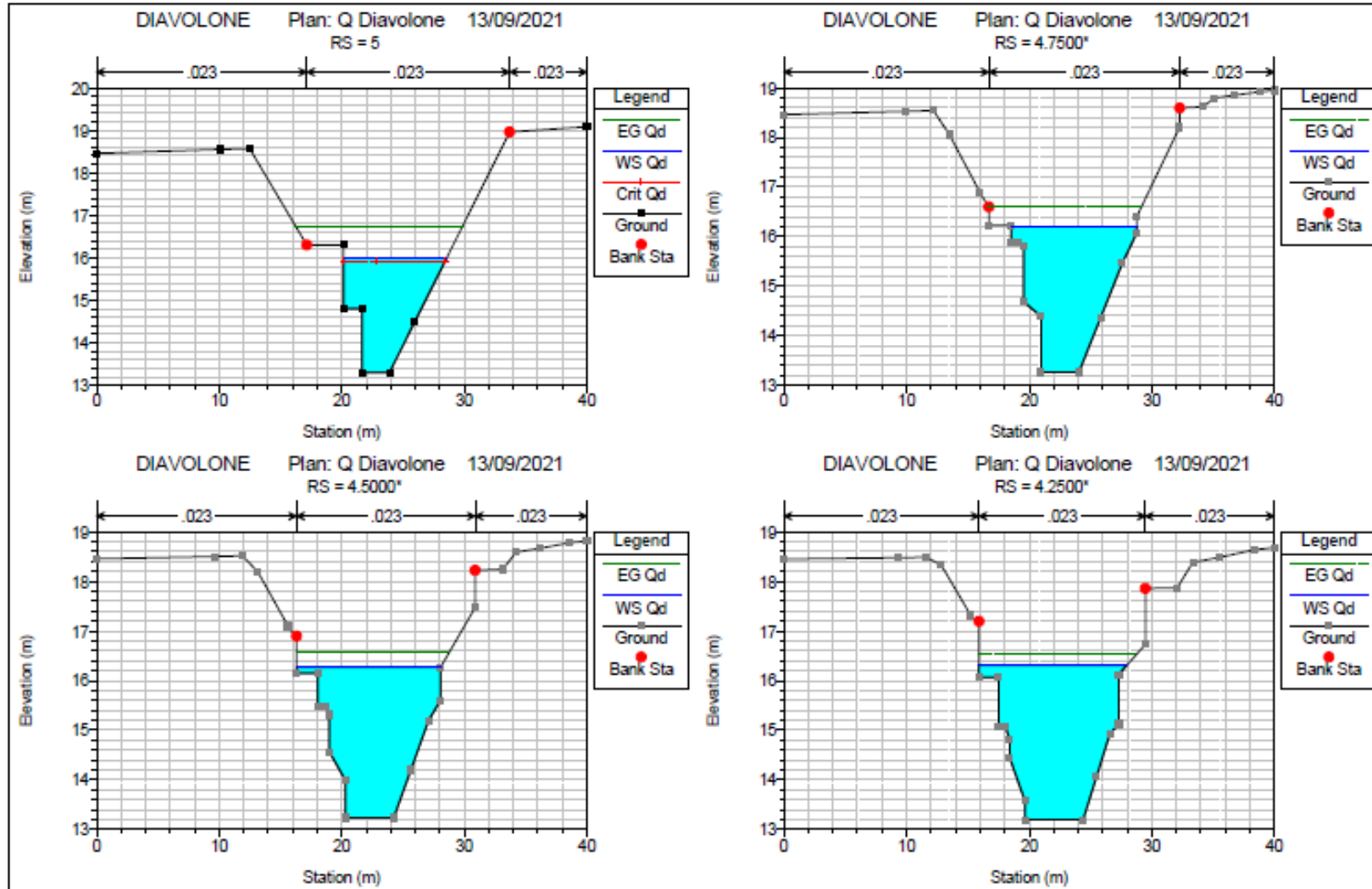


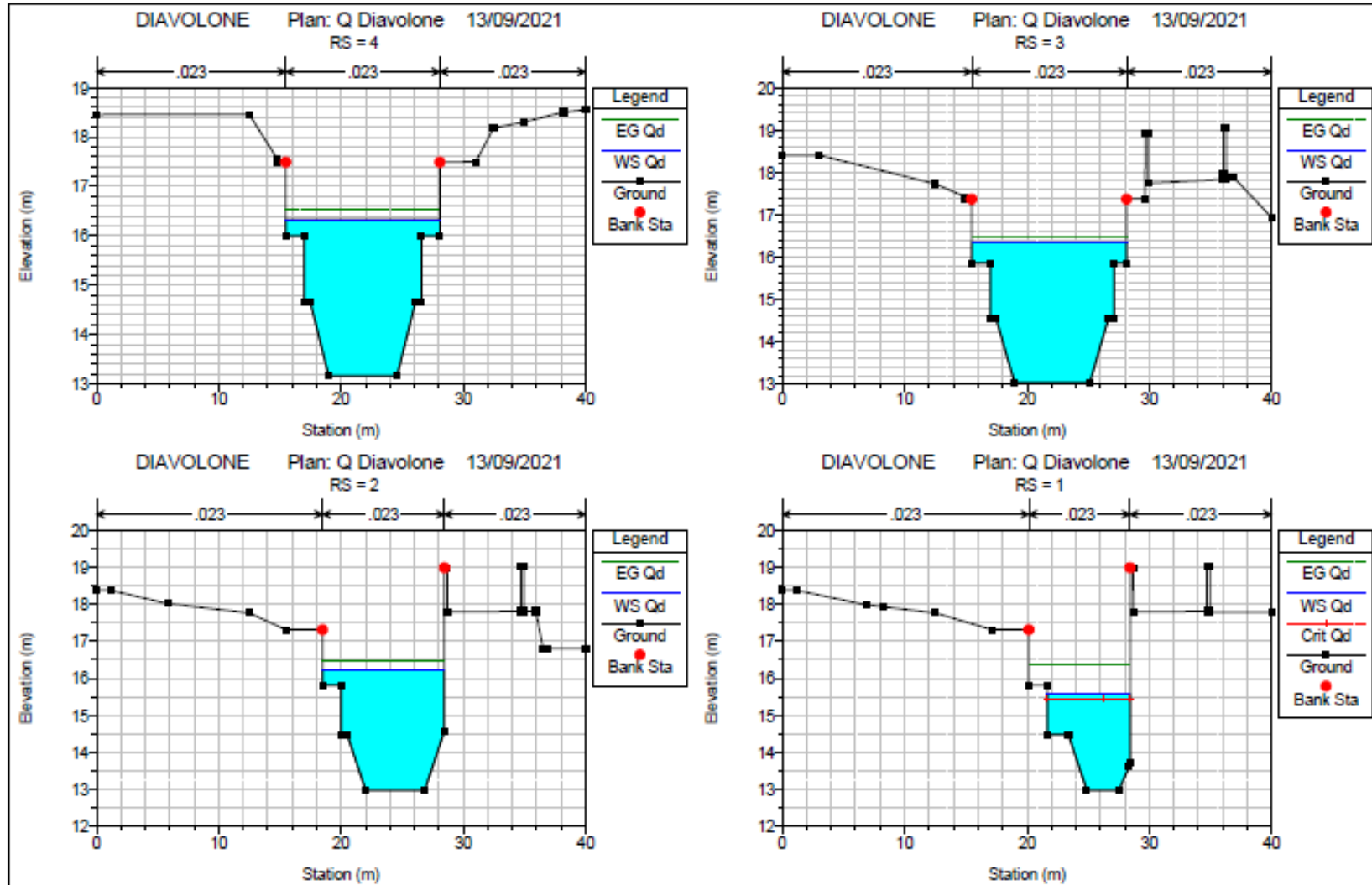


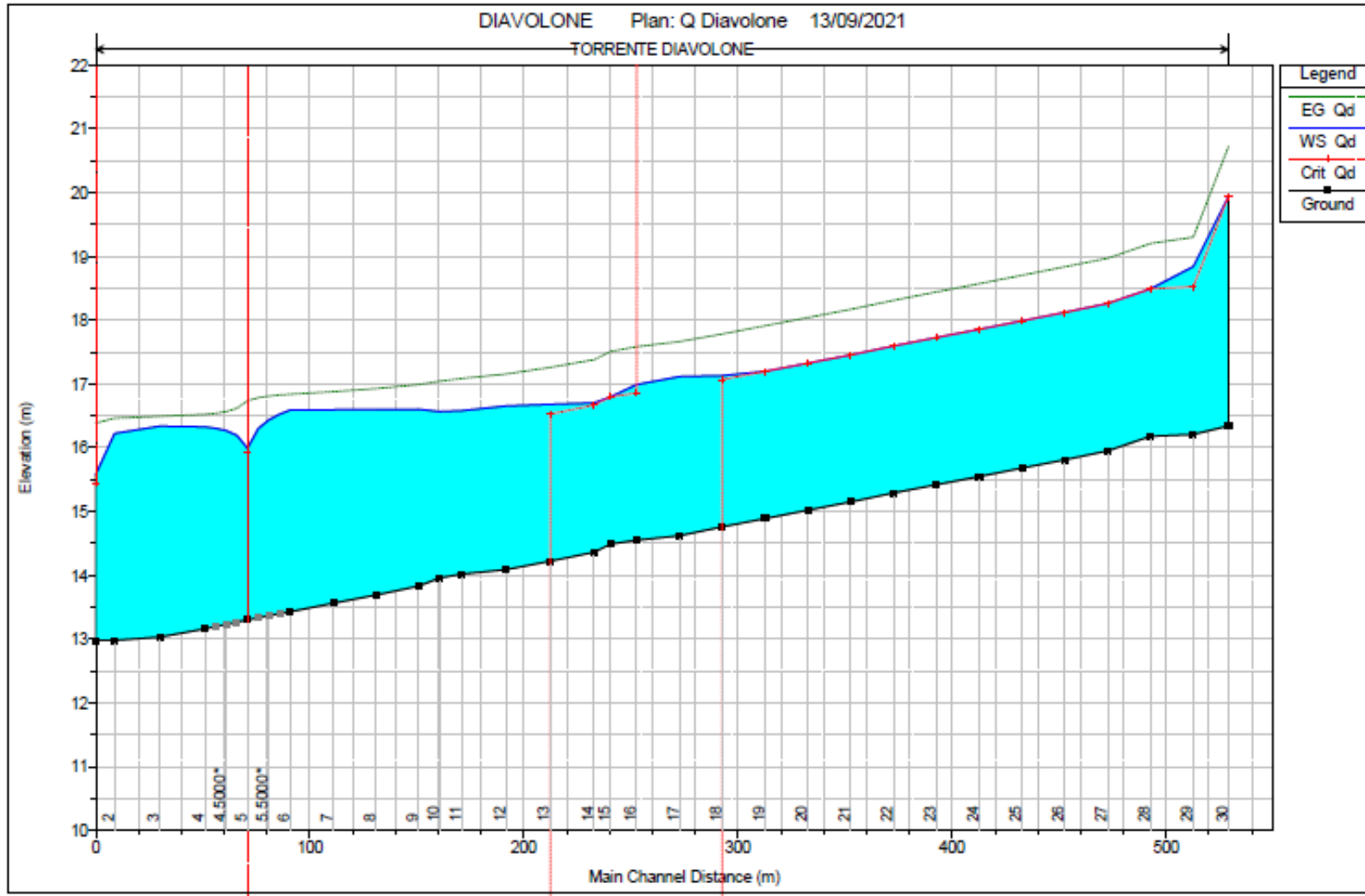






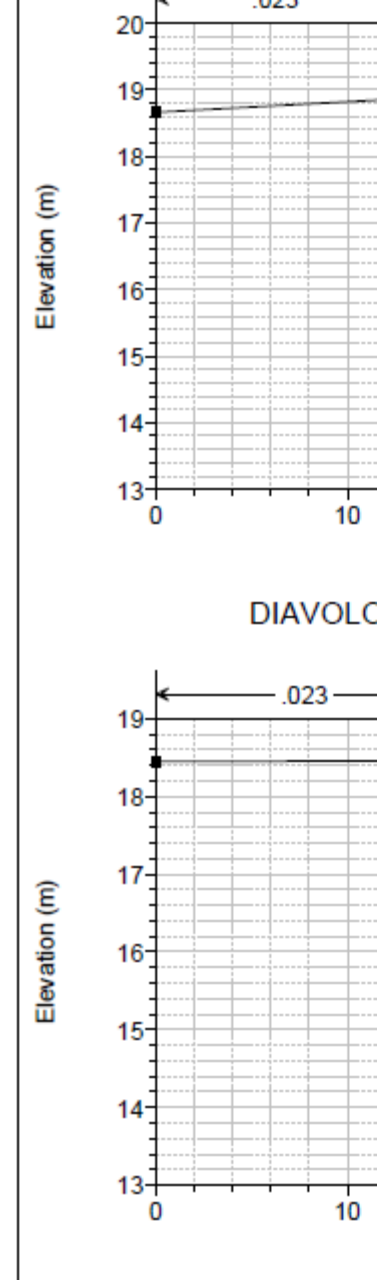
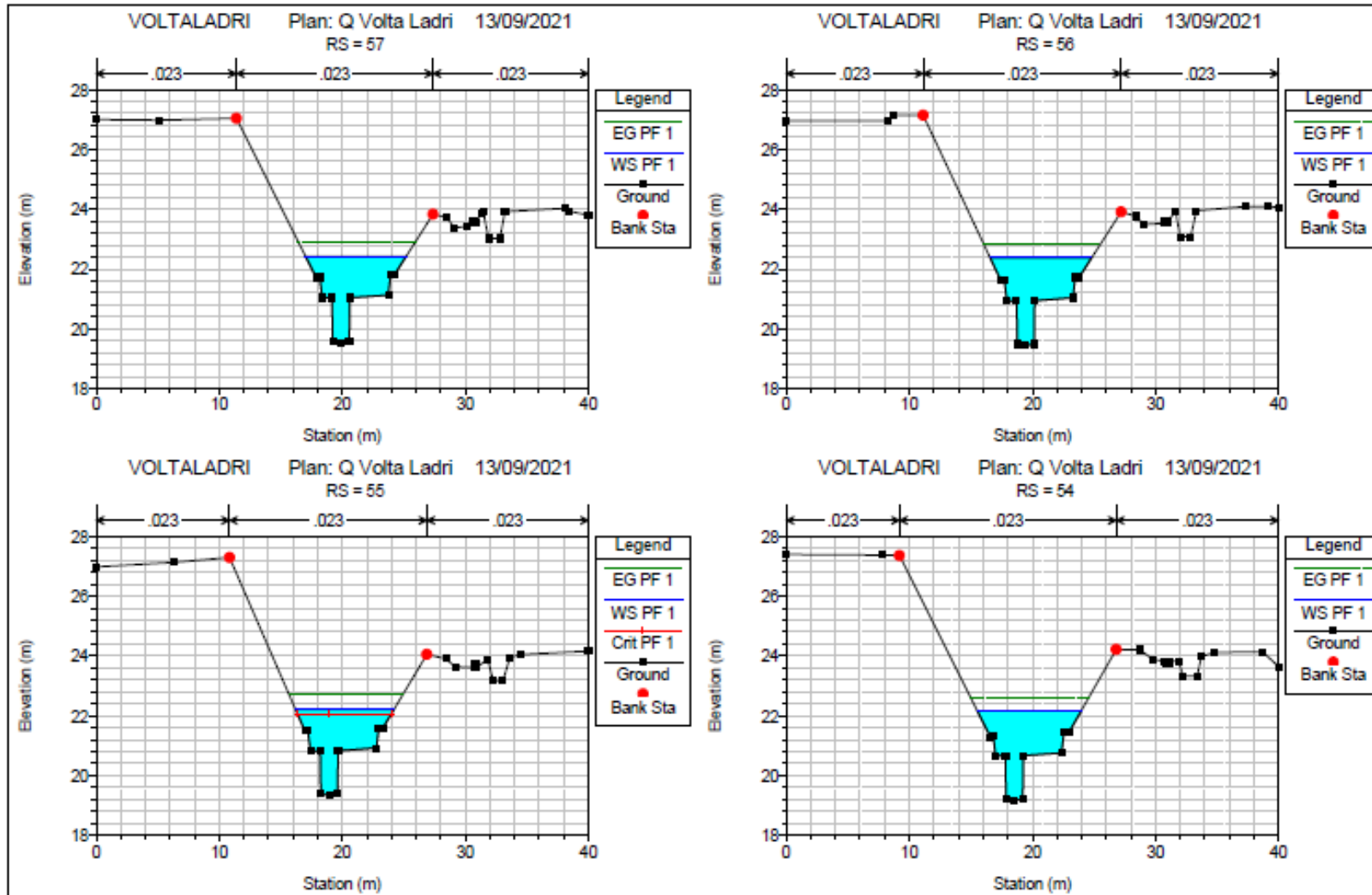


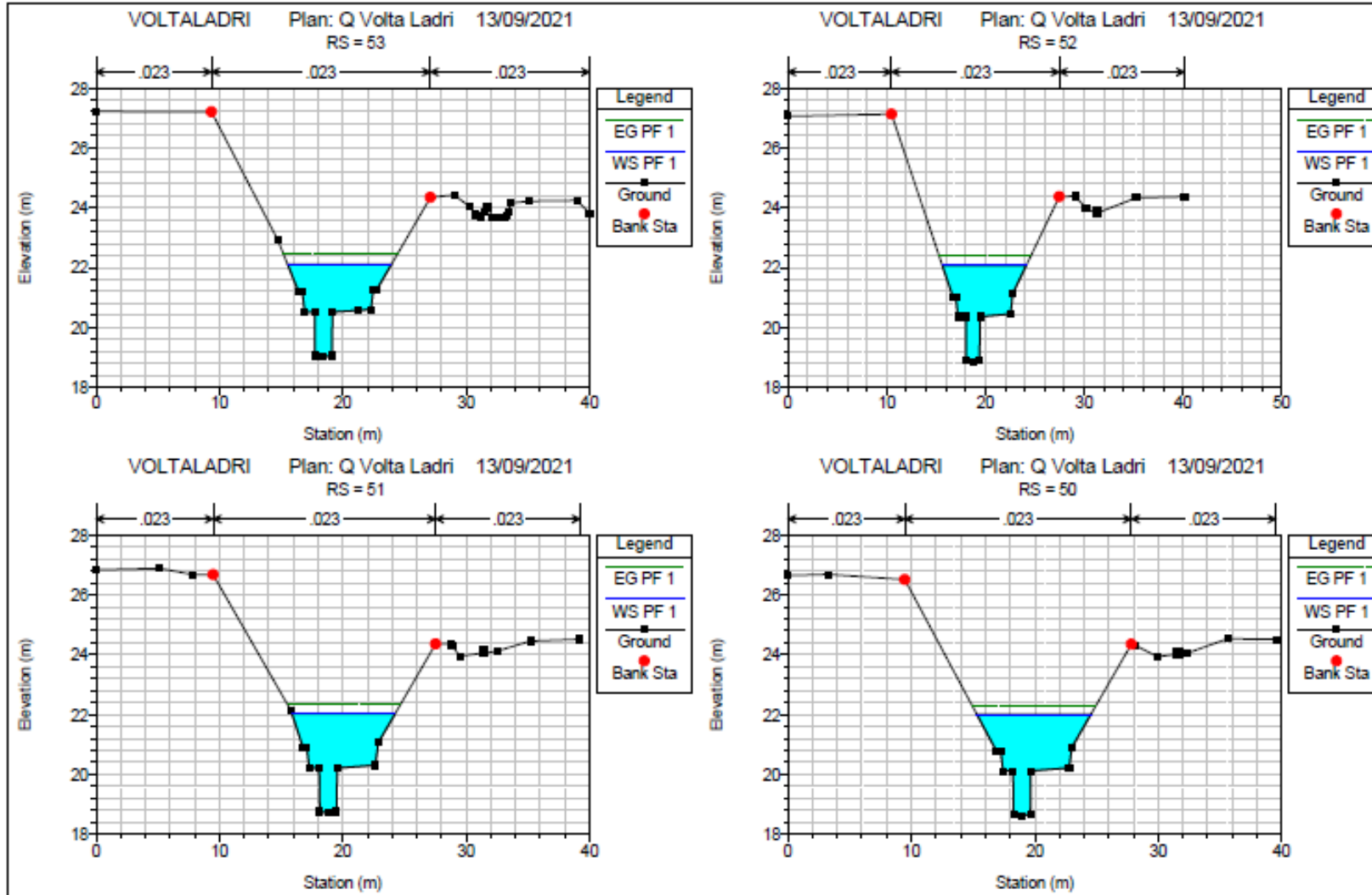


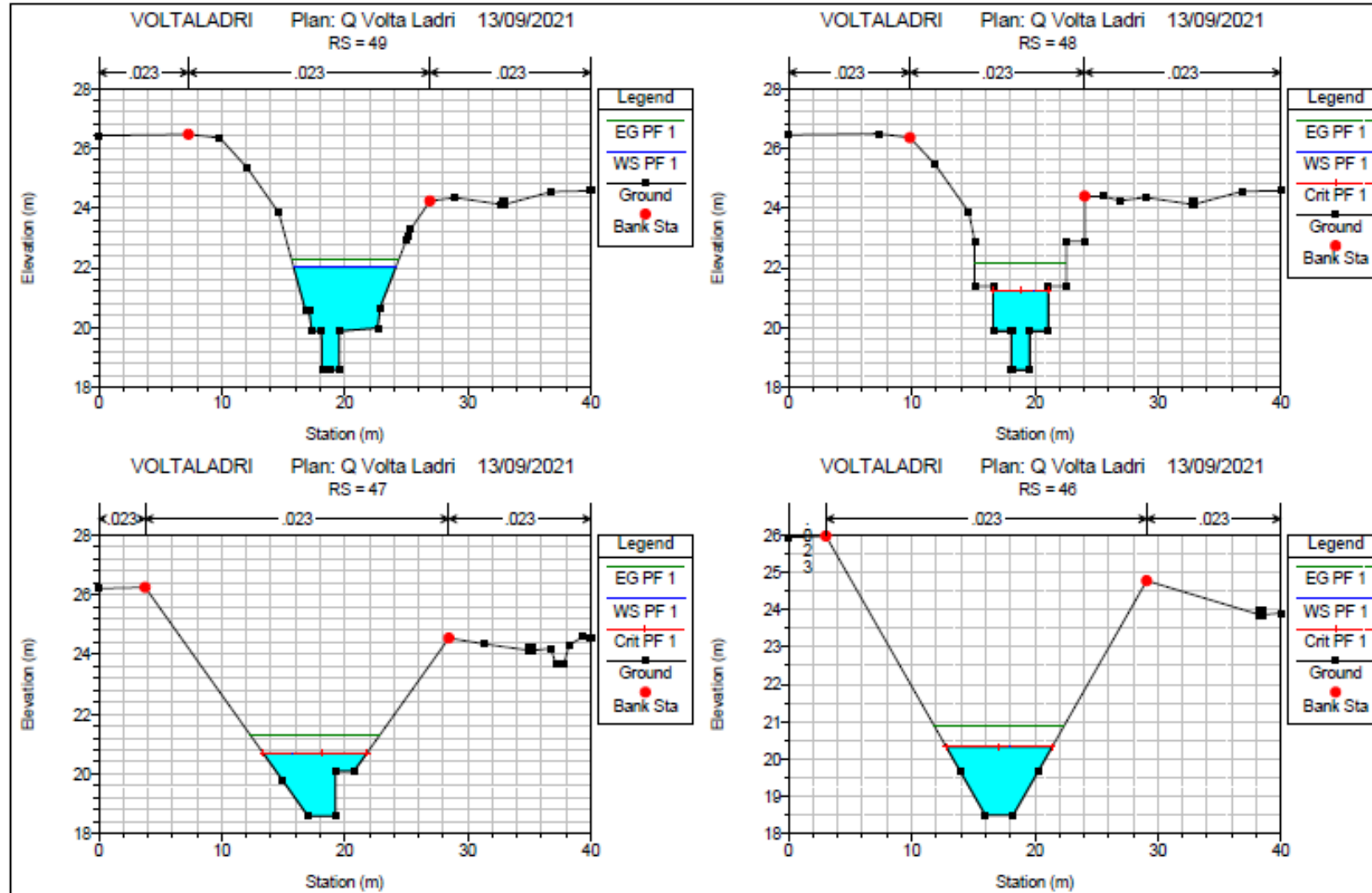


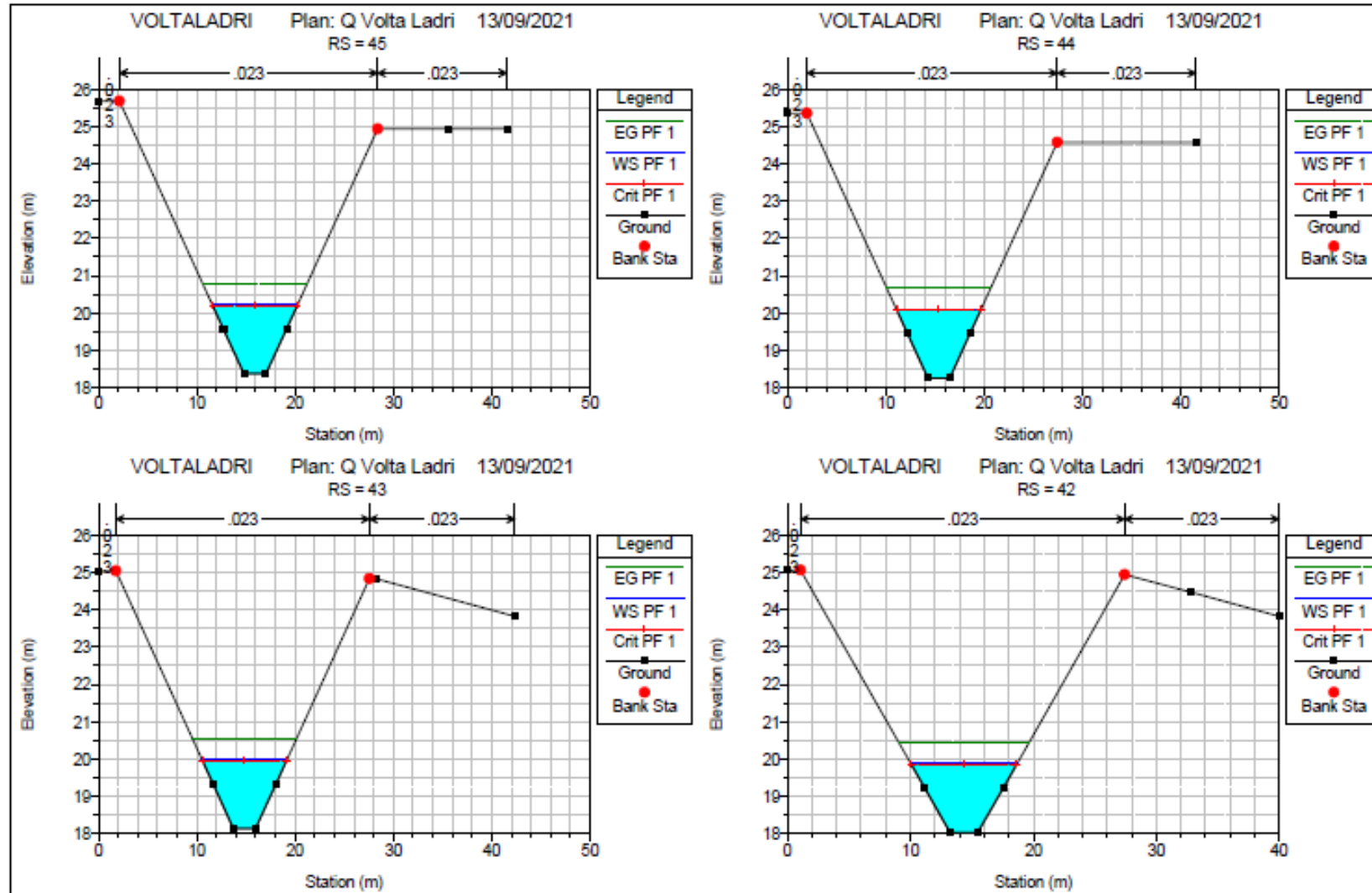
Torrente Volta Ladri

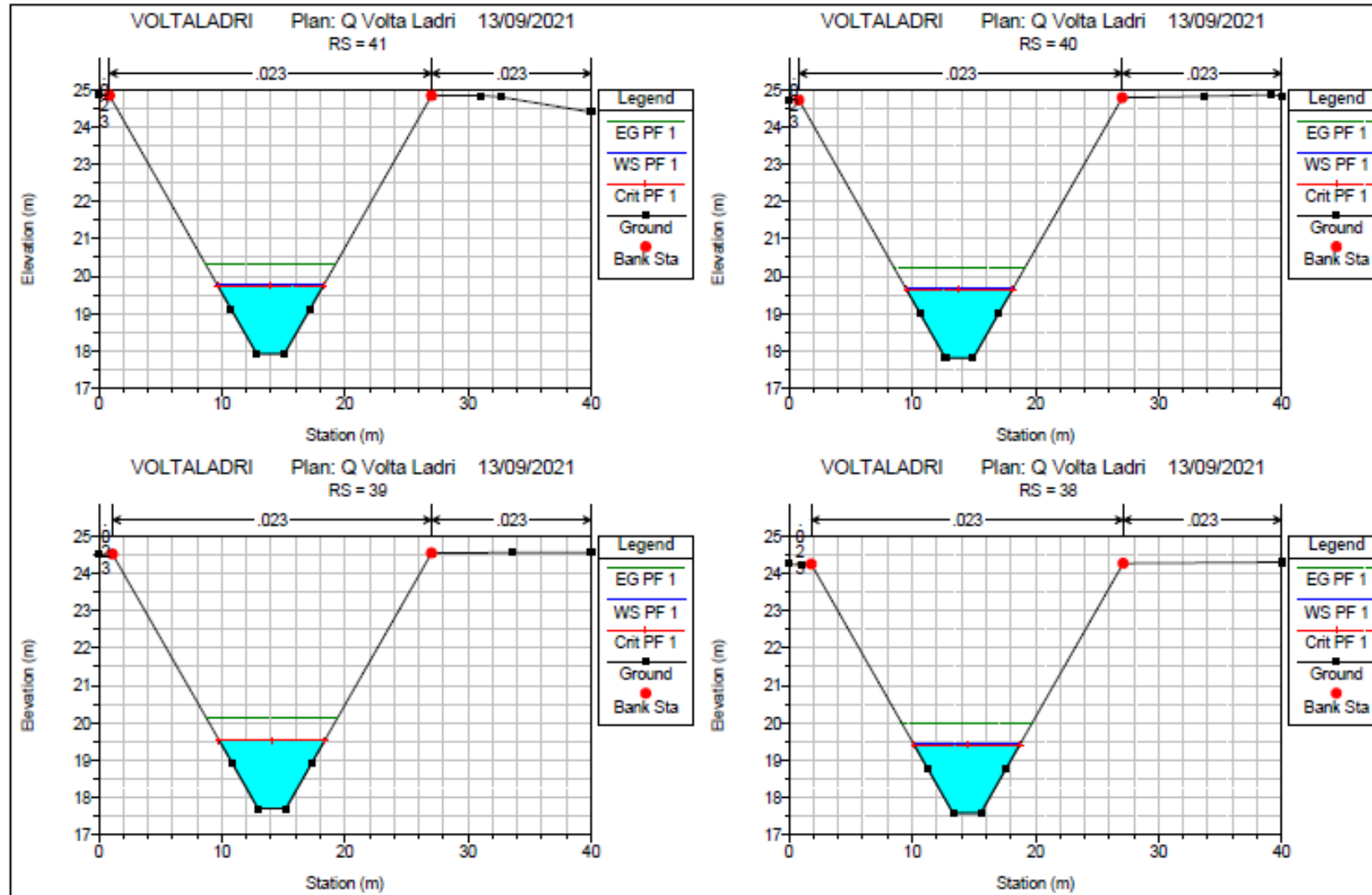
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
T. VoltaLadri	57	Q = Qv	33.36	19.54	22.42		22.92	0.00625	3.11	10.71	8.17	0.87
T. VoltaLadri	56	Q = Qv	33.36	19.44	22.38		22.83	0.005572	3	11.14	8.25	0.82
T. VoltaLadri	55	Q = Qv	33.36	19.33	22.22	22.07	22.71	0.006118	3.11	10.74	8.01	0.86
T. VoltaLadri	54	Q = Qv	33.36	19.17	22.17		22.58	0.004771	2.83	11.77	8.48	0.77
T. VoltaLadri	53	Q = Qv	33.36	19.01	22.11		22.48	0.004002	2.68	12.44	8.44	0.71
T. VoltaLadri	52	Q = Qv	33.36	18.86	22.06		22.4	0.003413	2.55	13.08	8.48	0.66
T. VoltaLadri	51	Q = Qv	33.36	18.71	22.02		22.32	0.002927	2.43	13.73	8.34	0.61
T. VoltaLadri	50	Q = Qv	33.36	18.62	22		22.26	0.002443	2.25	14.81	9.23	0.57
T. VoltaLadri	49	Q = Qv	33.36	18.58	22.02		22.25	0.001824	2.1	15.87	8.32	0.49
T. VoltaLadri	48	Q = Qv	33.36	18.59	21.25	21.25	22.15	0.012249	4.19	7.96	4.45	1
T. VoltaLadri	47	Q = Qv	33.36	18.59	20.7	20.7	21.29	0.006787	3.39	9.84	8.46	1
T. VoltaLadri	46	Q = Qv	33.36	18.49	20.32	20.32	20.9	0.005673	3.36	9.94	8.6	1
T. VoltaLadri	45	Q = Qv	33.36	18.37	20.23	20.2	20.78	0.005313	3.28	10.18	8.69	0.97
T. VoltaLadri	44	Q = Qv	33.36	18.26	20.09	20.09	20.67	0.005737	3.37	9.9	8.58	1
T. VoltaLadri	43	Q = Qv	33.36	18.14	19.99	19.97	20.55	0.005478	3.31	10.07	8.65	0.98
T. VoltaLadri	42	Q = Qv	33.36	18.03	19.88	19.86	20.44	0.005476	3.31	10.07	8.65	0.98
T. VoltaLadri	41	Q = Qv	33.36	17.92	19.77	19.75	20.33	0.005415	3.3	10.11	8.67	0.98
T. VoltaLadri	40	Q = Qv	33.36	17.81	19.67	19.64	20.22	0.005313	3.27	10.19	8.7	0.97
T. VoltaLadri	39	Q = Qv	33.36	17.7	19.53	19.53	20.11	0.005683	3.36	9.93	8.6	1
T. VoltaLadri	38	Q = Qv	33.36	17.58	19.43	19.41	19.99	0.005393	3.29	10.13	8.67	0.97
T. VoltaLadri	37	Q = Qv	33.36	17.47	19.33	19.3	19.88	0.005359	3.29	10.15	8.68	0.97
T. VoltaLadri	36	Q = Qv	33.36	17.36	19.22	19.19	19.77	0.005366	3.29	10.15	8.68	0.97
T. VoltaLadri	35	Q = Qv	33.36	17.25	19.08	19.08	19.66	0.005727	3.37	9.9	8.58	1
T. VoltaLadri	34	Q = Qv	33.36	17.13	18.99	18.96	19.54	0.005386	3.29	10.13	8.67	0.97
T. VoltaLadri	33	Q = Qv	33.36	17.02	18.89	18.85	19.43	0.005257	3.26	10.23	8.72	0.96
T. VoltaLadri	32	Q = Qv	33.36	16.91	18.79	18.74	19.32	0.005136	3.23	10.31	8.75	0.95
T. VoltaLadri	31	Q = Qv	33.36	16.8	18.71	18.63	19.21	0.004768	3.15	10.61	8.87	0.92
T. VoltaLadri	30	Q = Qv	33.36	16.68	18.66	18.51	19.11	0.0041	2.97	11.22	9.1	0.86
T. VoltaLadri	29	Q = Qv	33.36	16.57	18.61		19.02	0.00358	2.83	11.8	9.32	0.8
T. VoltaLadri	28	Q = Qv	33.36	16.46	18.57		18.94	0.003061	2.67	12.51	9.58	0.75
T. VoltaLadri	27	Q = Qv	33.36	16.35	18.55		18.87	0.002597	2.51	13.3	9.86	0.69
T. VoltaLadri	26	Q = Qv	33.36	16.23	18.53		18.81	0.002147	2.34	14.28	10.2	0.63
T. VoltaLadri	25	Q = Qv	33.36	16.12	18.52		18.76	0.001767	2.17	15.35	10.56	0.58
T. VoltaLadri	24	Q = Qv	33.36	16.01	18.51		18.72	0.001478	2.03	16.41	10.9	0.53
T. VoltaLadri	23	Q = Qv	33.36	15.9	18.5		18.68	0.001238	1.9	17.53	11.25	0.49
T. VoltaLadri	22	Q = Qv	33.36	15.85	18.5		18.67	0.00114	1.85	18.08	11.42	0.47
T. VoltaLadri	21	Q = Qv	33.36	15.78	18.49		18.65	0.001021	1.77	18.84	11.65	0.44
T. VoltaLadri	20	Q = Qv	33.36	15.67	18.49		18.63	0.000862	1.66	20.07	12.01	0.41
T. VoltaLadri	19	Q = Qv	33.36	15.59	18.48		18.61	0.000764	1.59	21	12.26	0.39
T. VoltaLadri	18	Q = Qv	33.36	15.56	18.48		18.61	0.000734	1.56	21.32	12.37	0.38
T. VoltaLadri	17	Q = Qv	33.36	15.45	18.48		18.59	0.00062	1.47	22.71	12.75	0.35
T. VoltaLadri	16.2	Q = Qv	33.36	15.38	18.42		18.58	0.001083	1.73	19.24	11.7	0.43
T. VoltaLadri	16	Q = Qv	33.36	15.33	18.2	17.11	18.54	0.002591	2.58	12.91	4.5	0.49
T. VoltaLadri	15.1		Culvert									
T. VoltaLadri	15	Q = Qv	33.36	15.18	17.88	16.37	17.95	0.000336	1.19	28.09	13.33	0.26
T. VoltaLadri	14	Q = Qv	33.36	15.11	17.38	17.23	17.9	0.00468	3.19	10.46	7.54	0.86
T. VoltaLadri	13	Q = Qv	33.36	15	17.31		17.8	0.004322	3.1	10.76	7.62	0.83
T. VoltaLadri	12	Q = Qv	33.36	14.88	17.26		17.7	0.003765	2.95	11.31	7.76	0.78
T. VoltaLadri	11	Q = Qv	33.36	14.77	17.22		17.62	0.003334	2.82	11.82	7.89	0.74
T. VoltaLadri	10	Q = Qv	33.36	14.74	16.86	16.86	17.51	0.006405	3.57	9.34	7.24	1
T. VoltaLadri	9	Q = Qv	33.36	14.66	16.86	16.78	17.43	0.005347	3.35	9.97	7.41	0.92
T. VoltaLadri	8	Q = Qv	33.36	14.55	16.83	16.67	17.34	0.004555	3.16	10.56	7.57	0.85
T. VoltaLadri	7	Q = Qv	33.36	14.43	16.78		17.24	0.004007	3.02	11.06	7.7	0.8
T. VoltaLadri	6	Q = Qv	33.36	14.32	16.73		17.16	0.003578	2.9	11.52	7.81	0.76
T. VoltaLadri	5	Q = Qv	33.36	14.21	16.69		17.08	0.003145	2.76	12.08	7.96	0.72
T. VoltaLadri	4	Q = Qv	33.36	14.1	16.65	16.22	17.01	0.00274	2.63	12.69	8.11	0.67
T. VoltaLadri	3	Q = Qv	33.36	14.06	16.15	16.15	16.88	0.007217	3.8	8.78	6	1
T. VoltaLadri	2	Q = Qv	33.36	13.24	15.34		15.7	0.003271	2.65	12.59	9	0.72
T. VoltaLadri	1	Q = Qv	33.36	12.98	15.01	14.92	15.61	0.006002	3.43	9.73	6.76	0.91

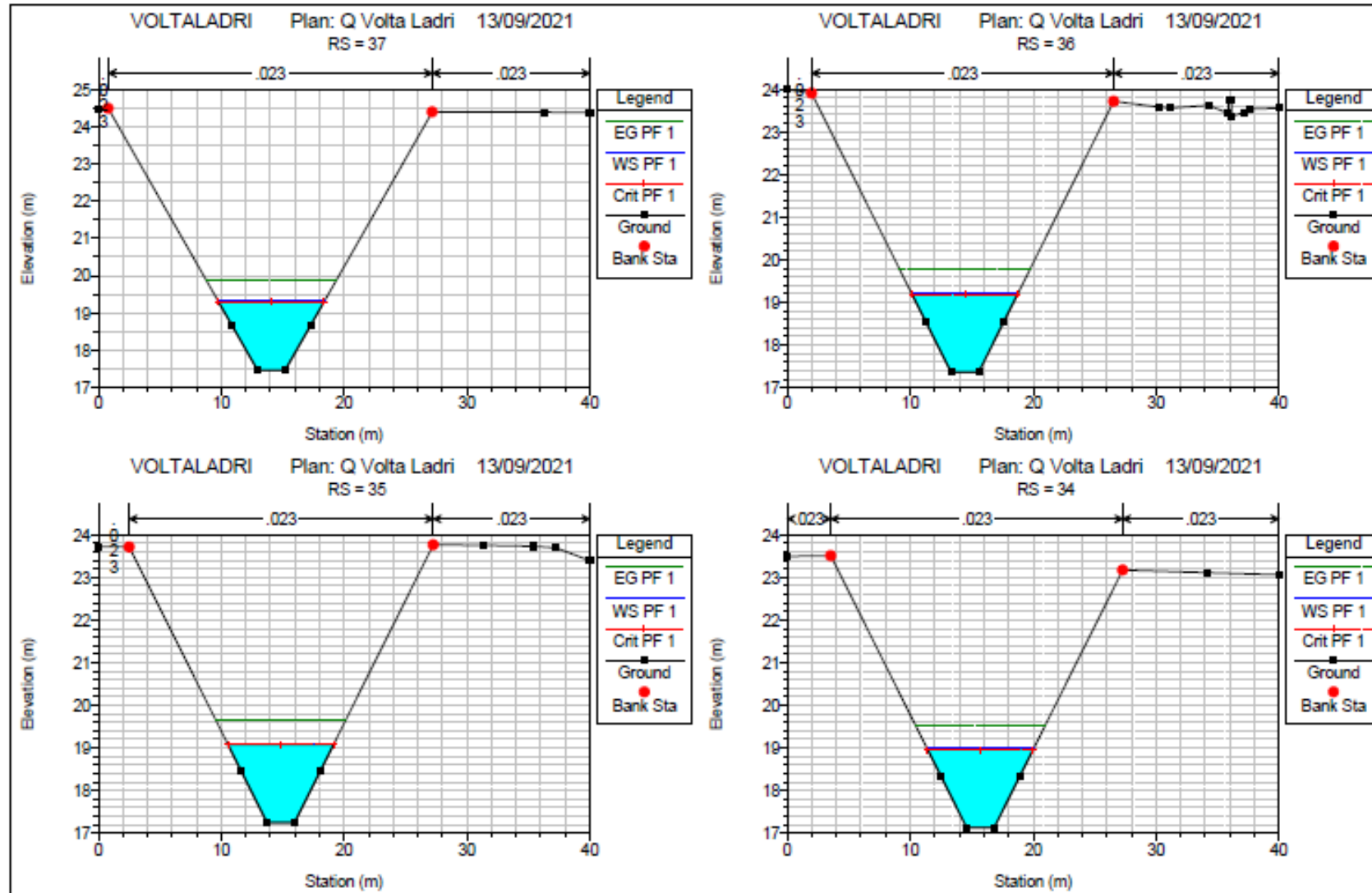


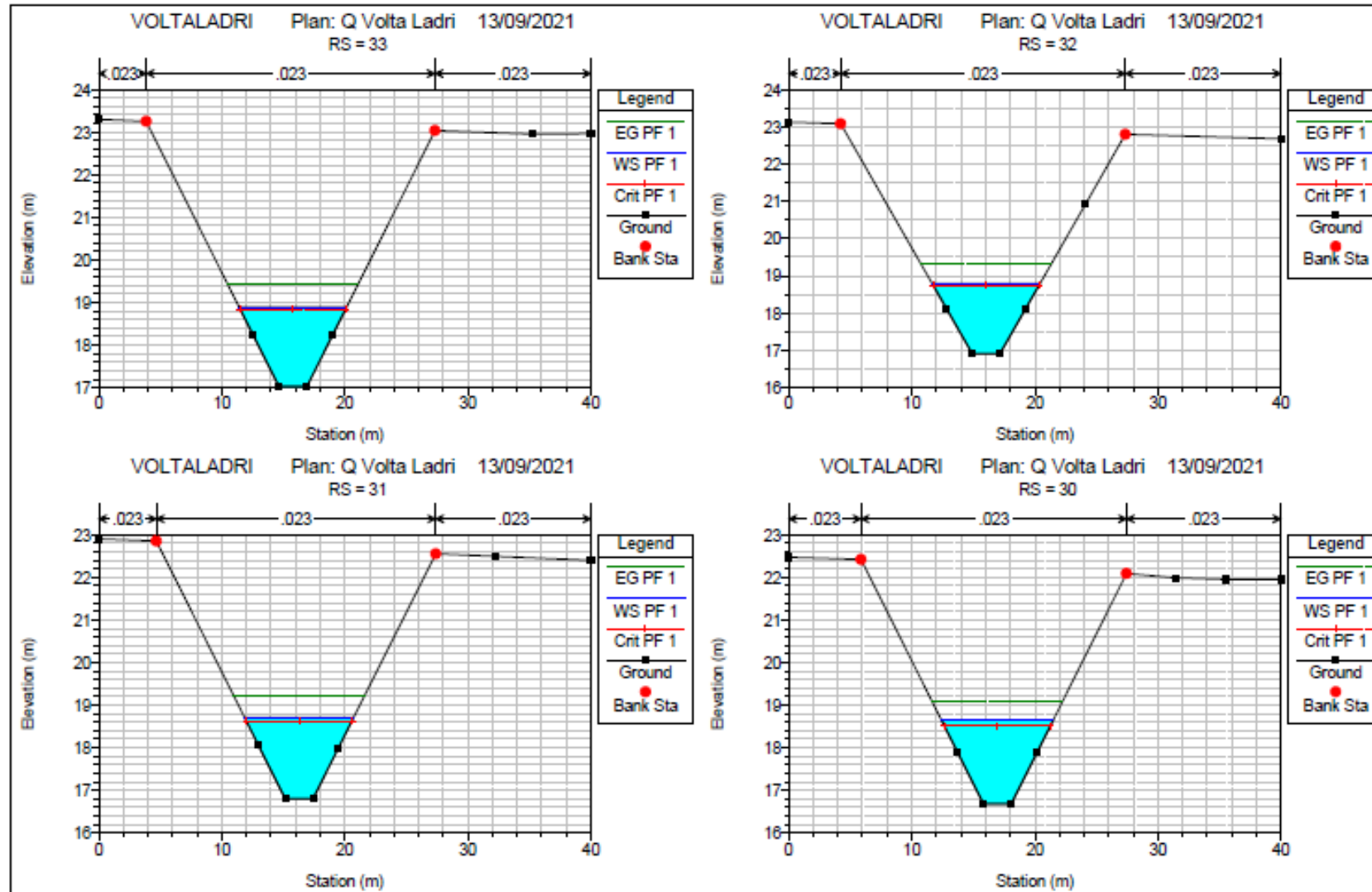


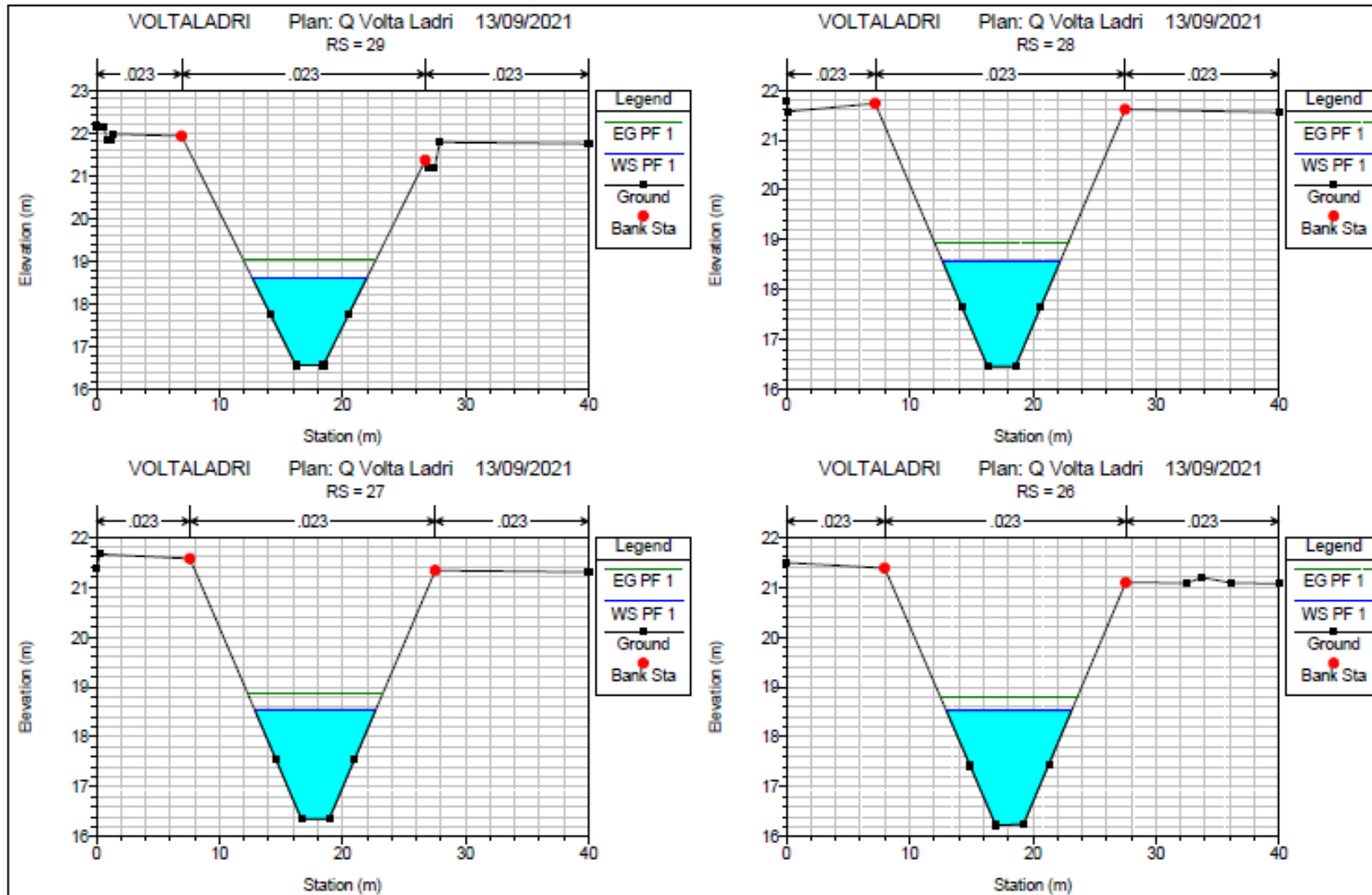


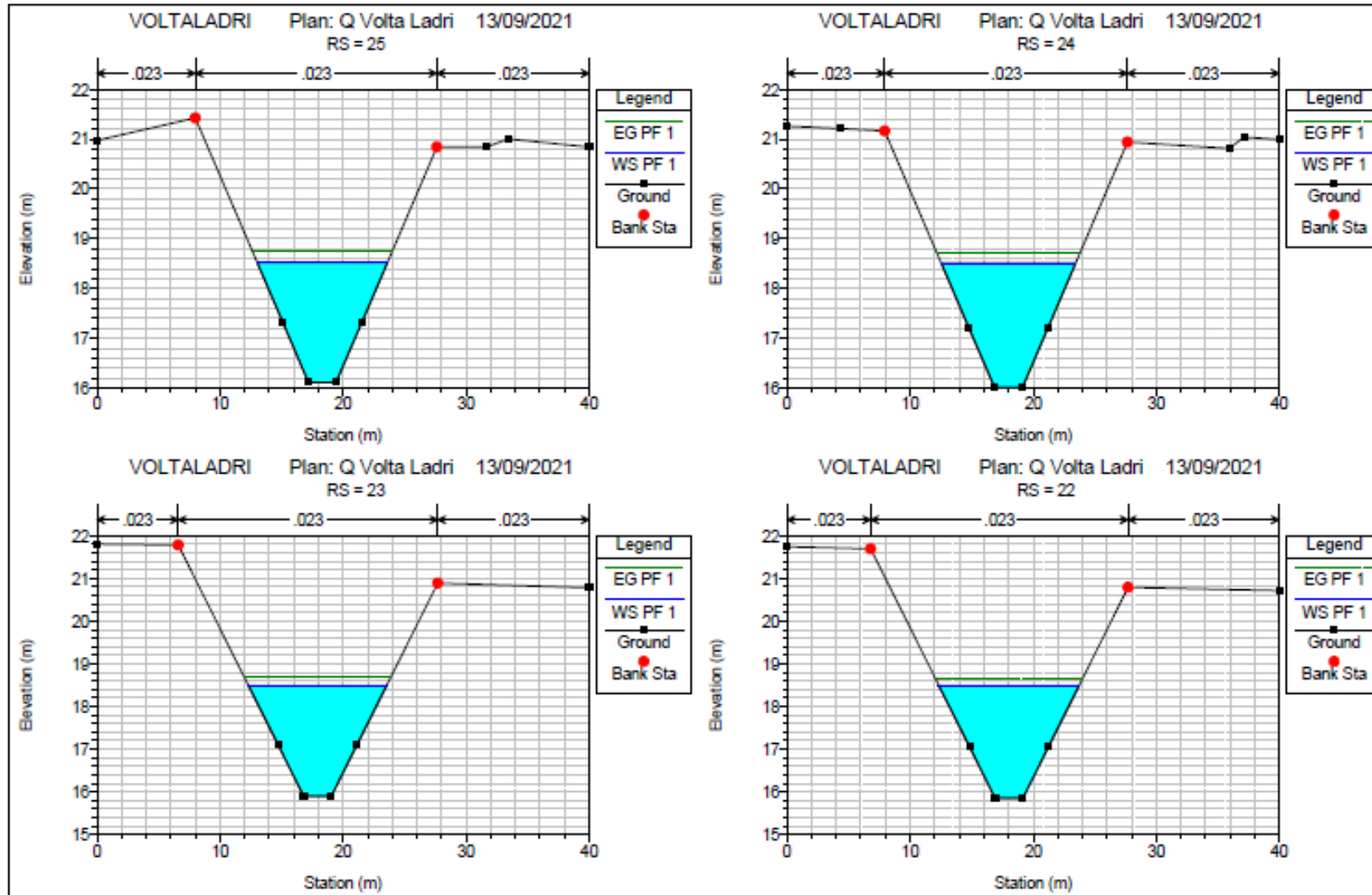


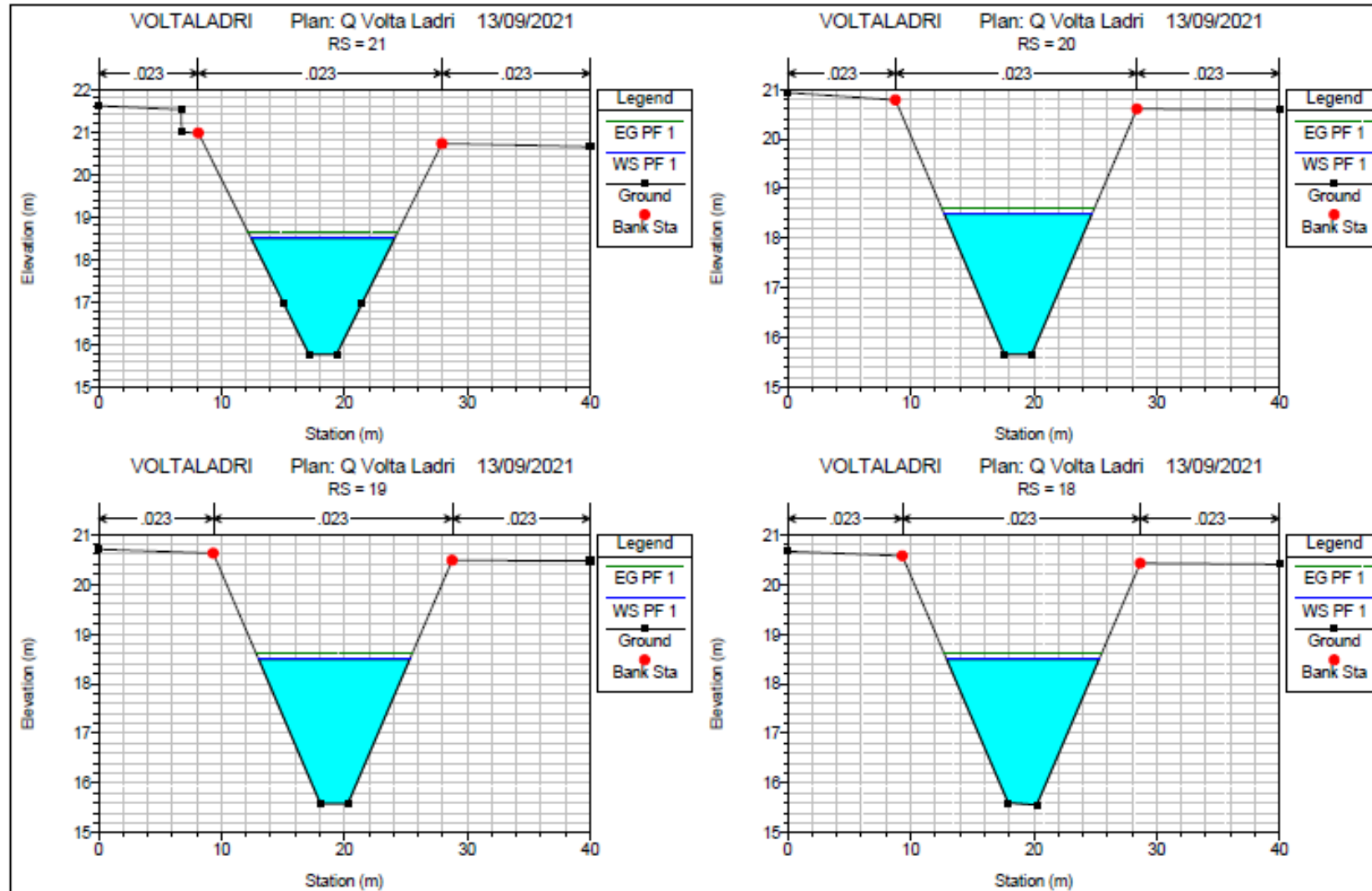


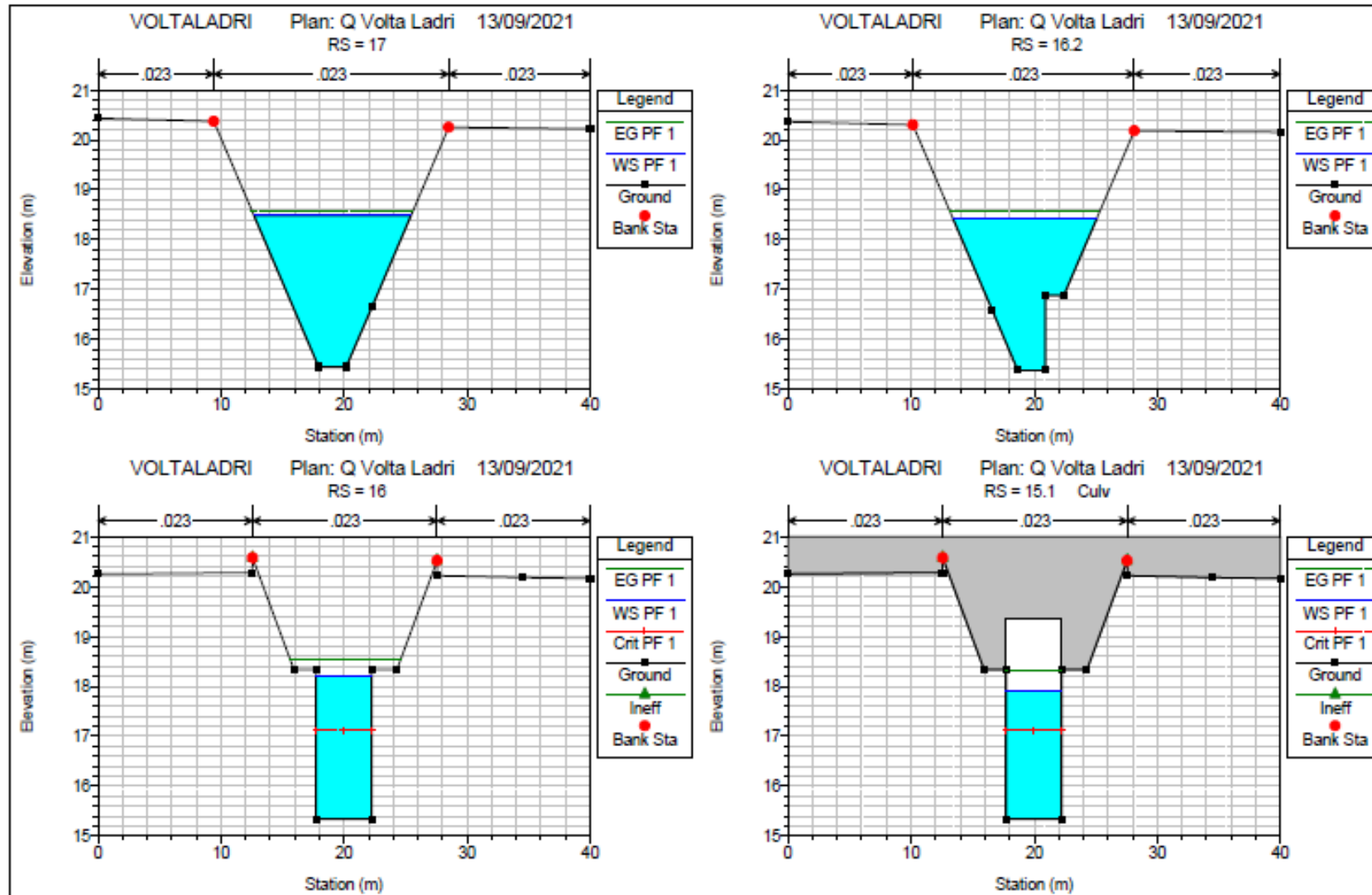


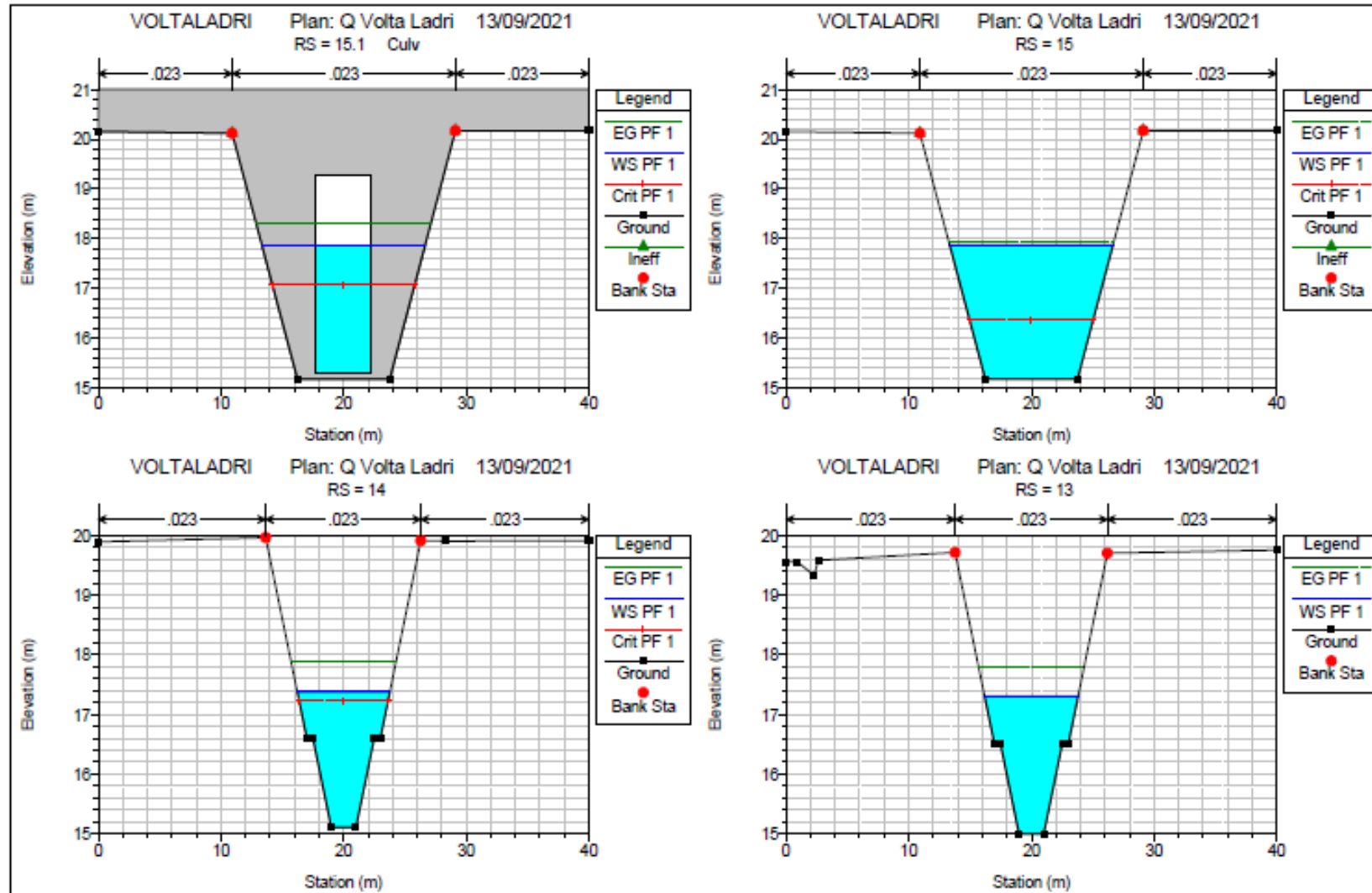


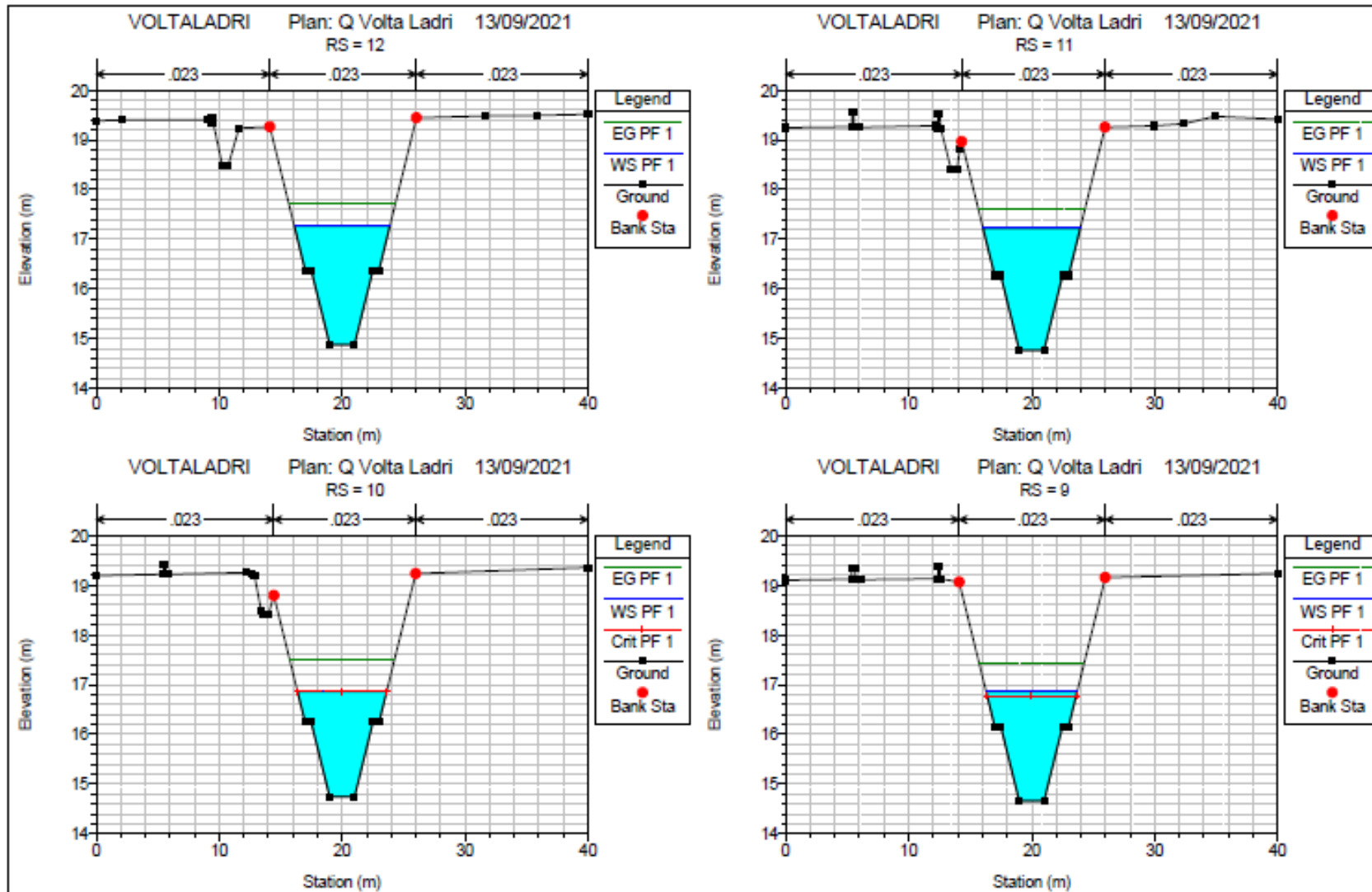


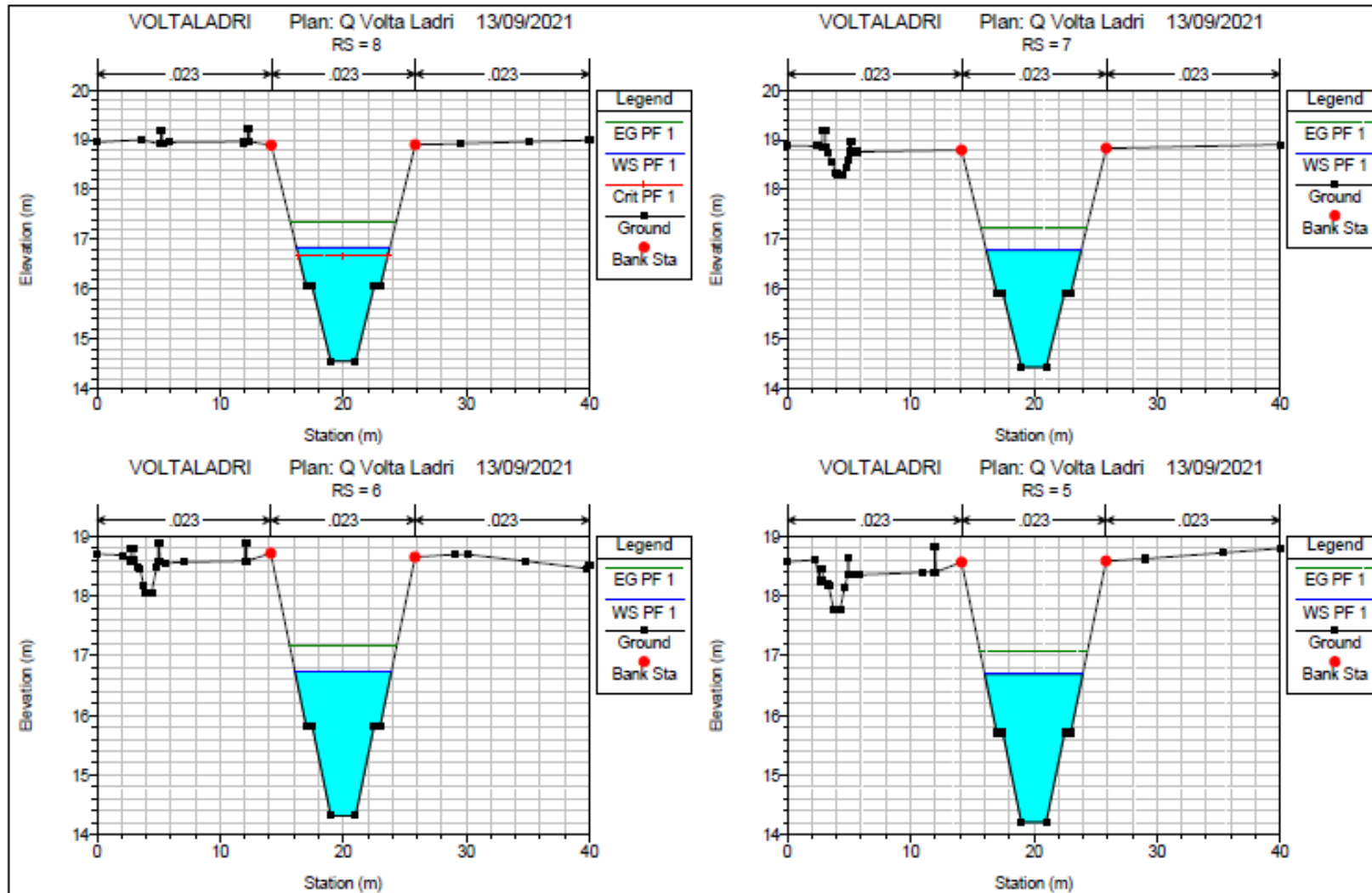


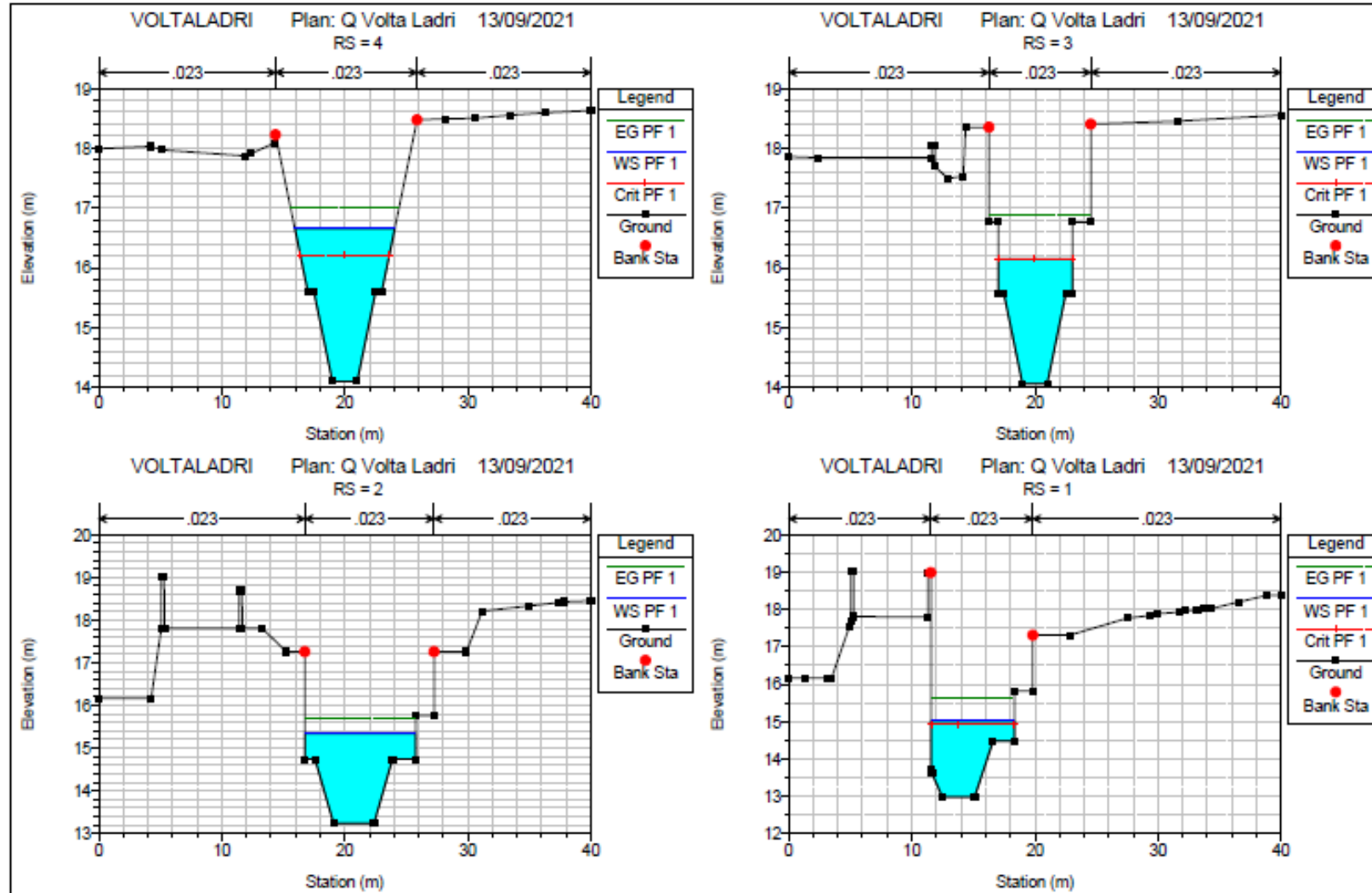


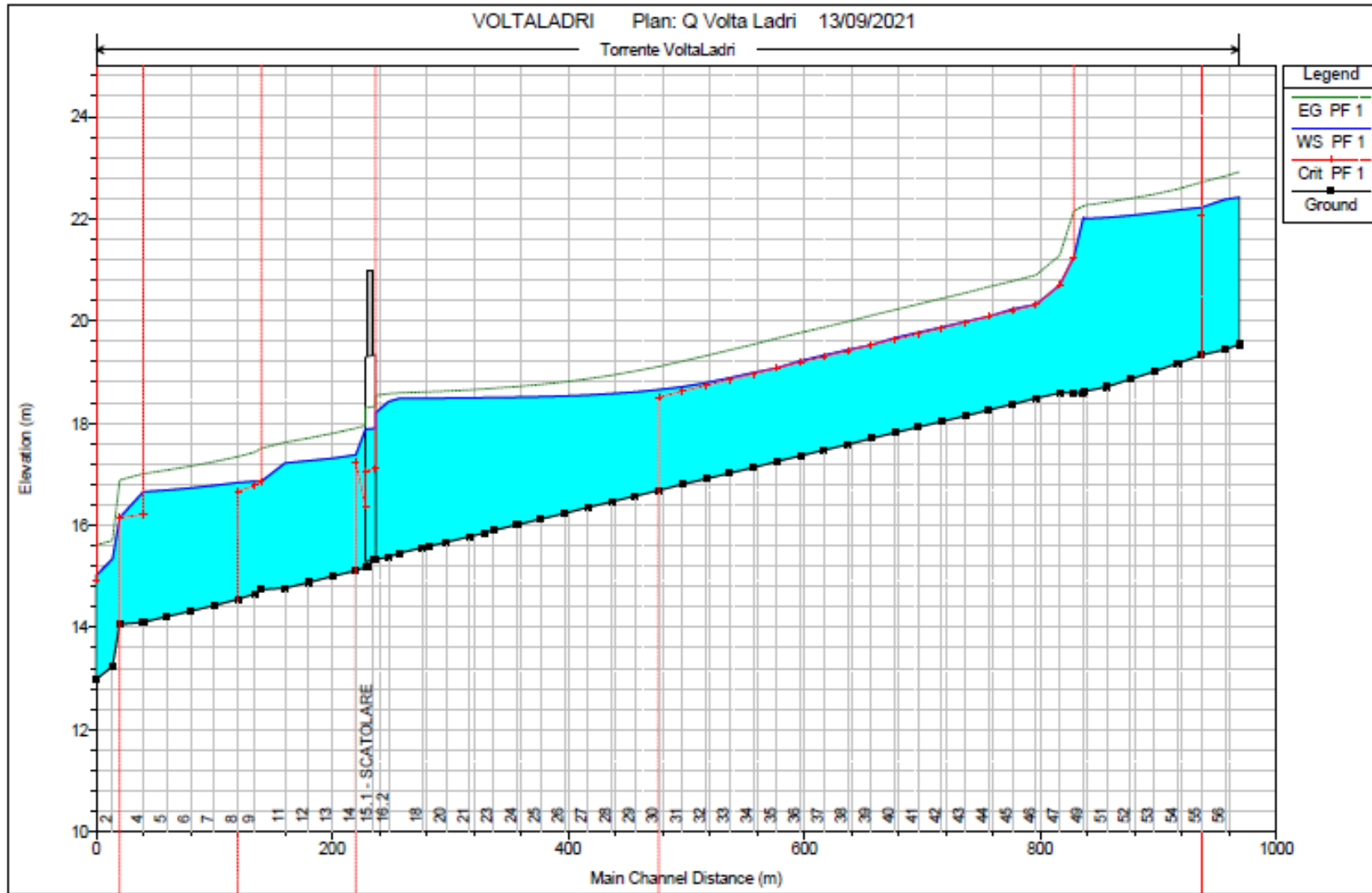






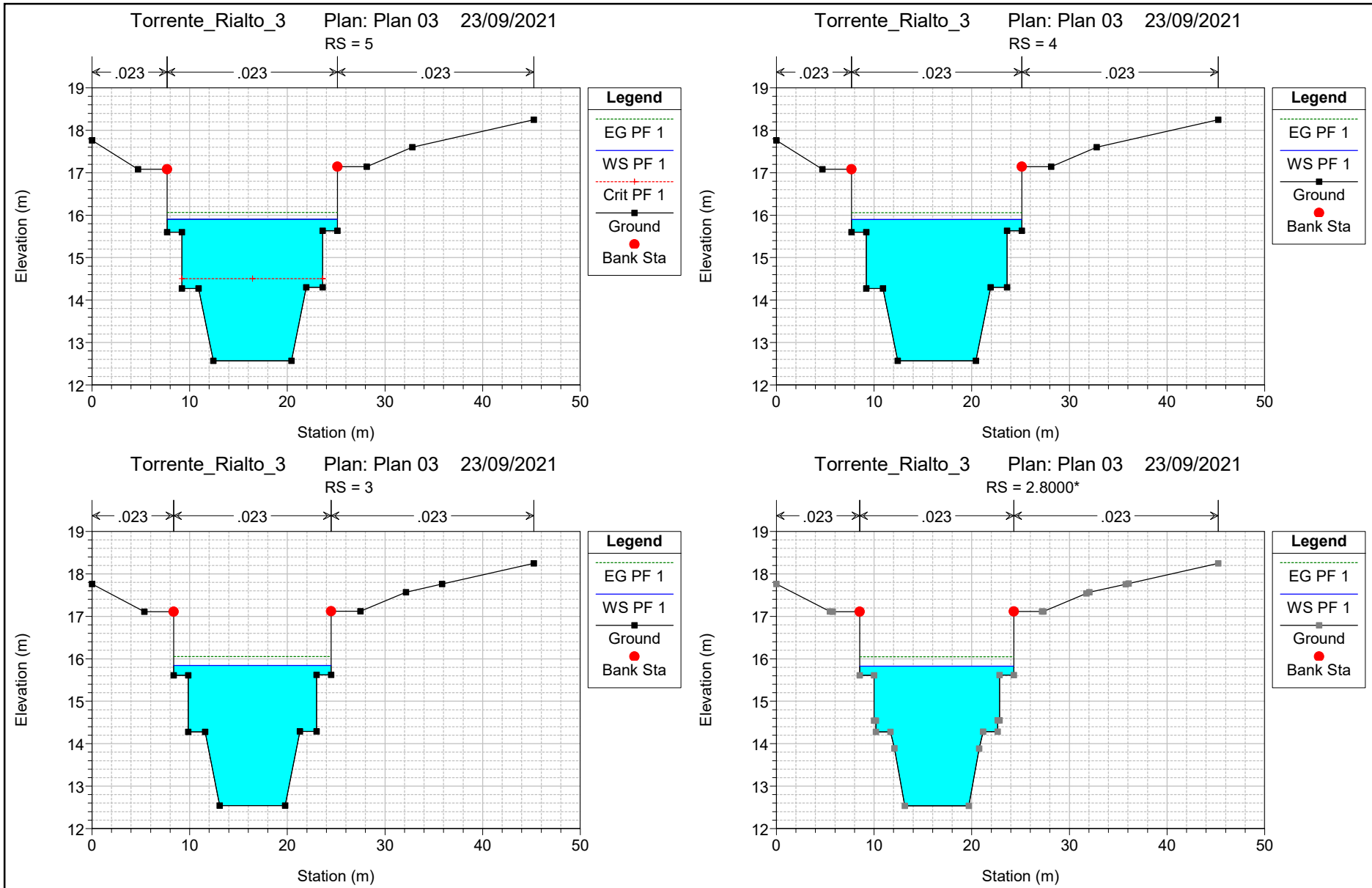


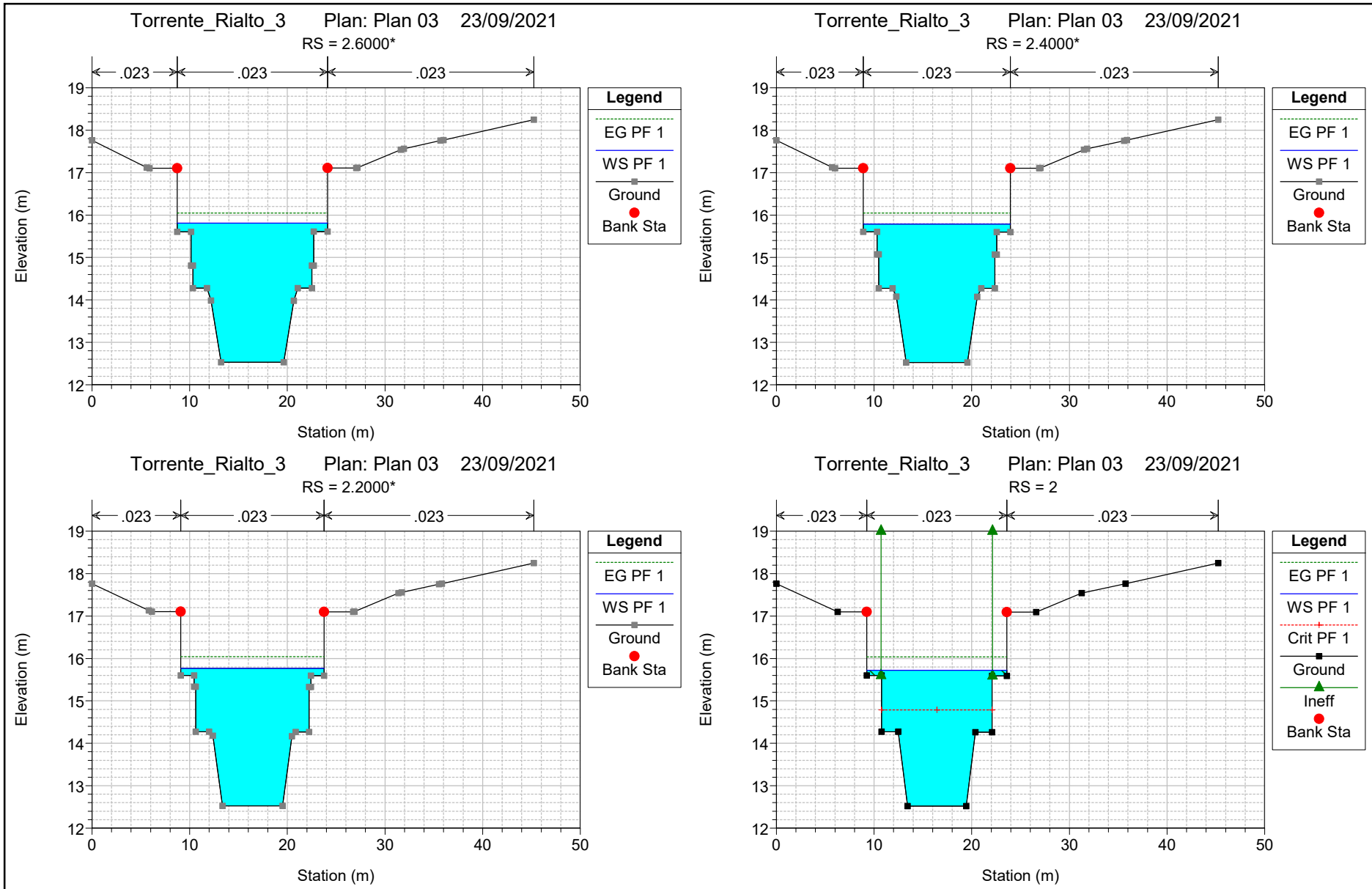


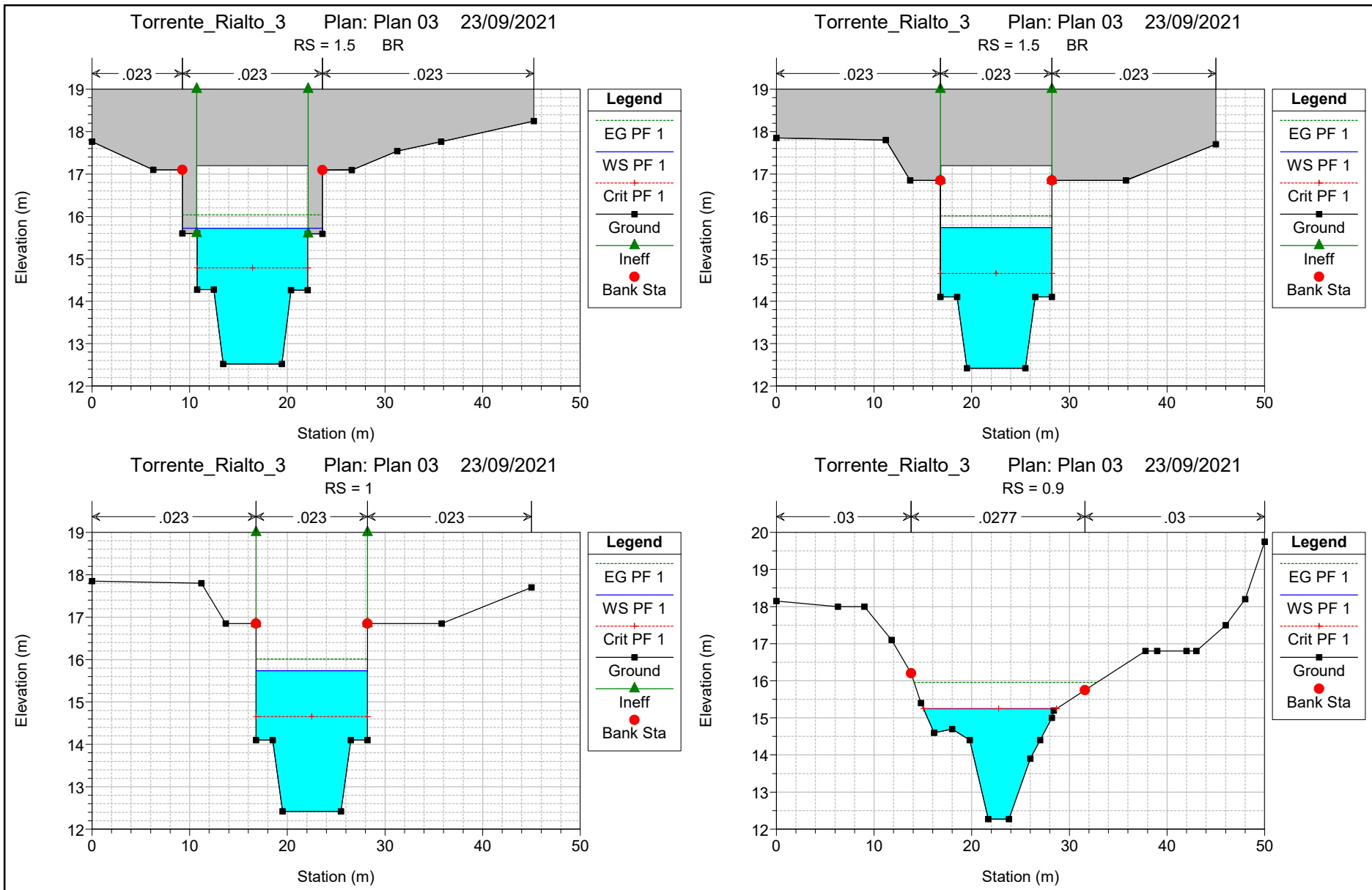


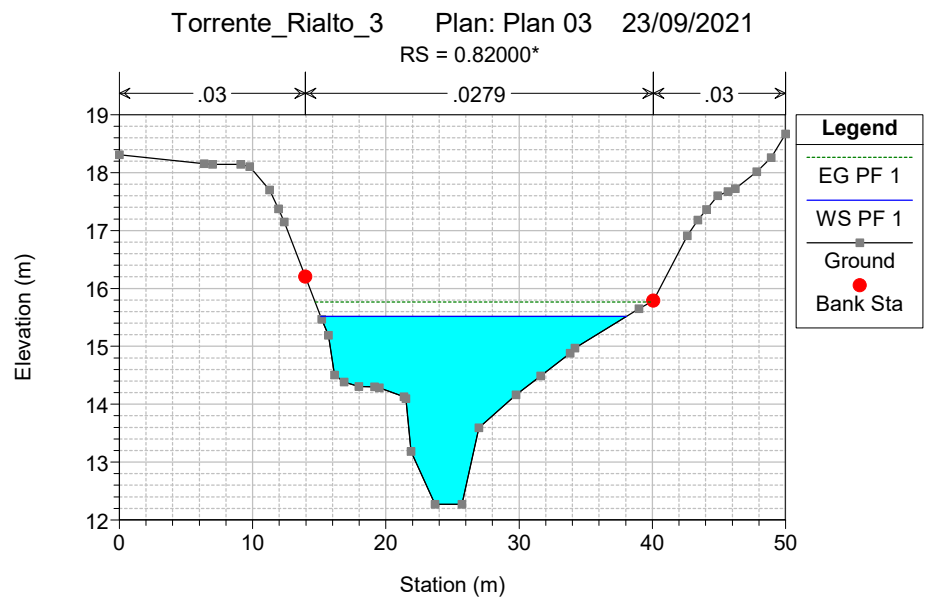
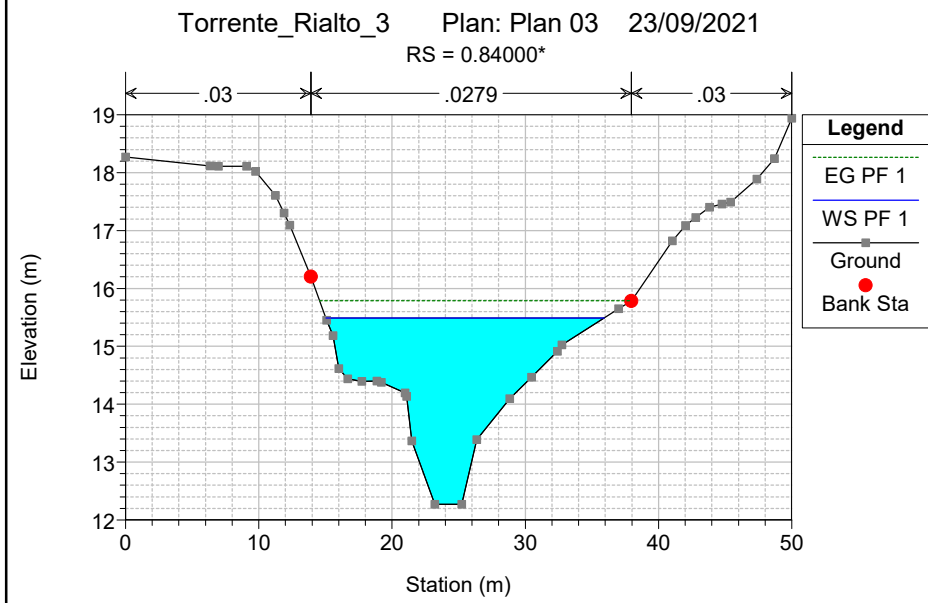
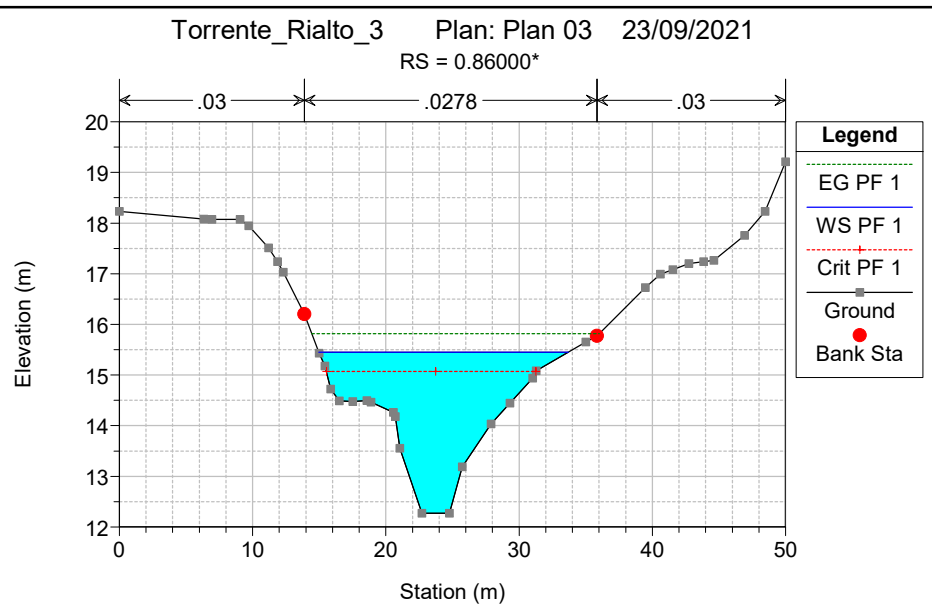
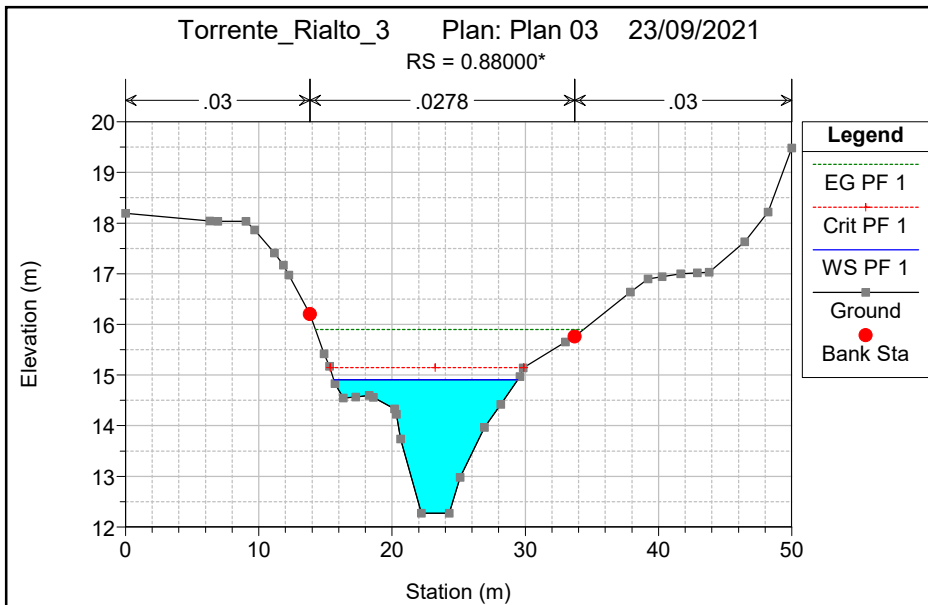
TORRENTE RIALTO

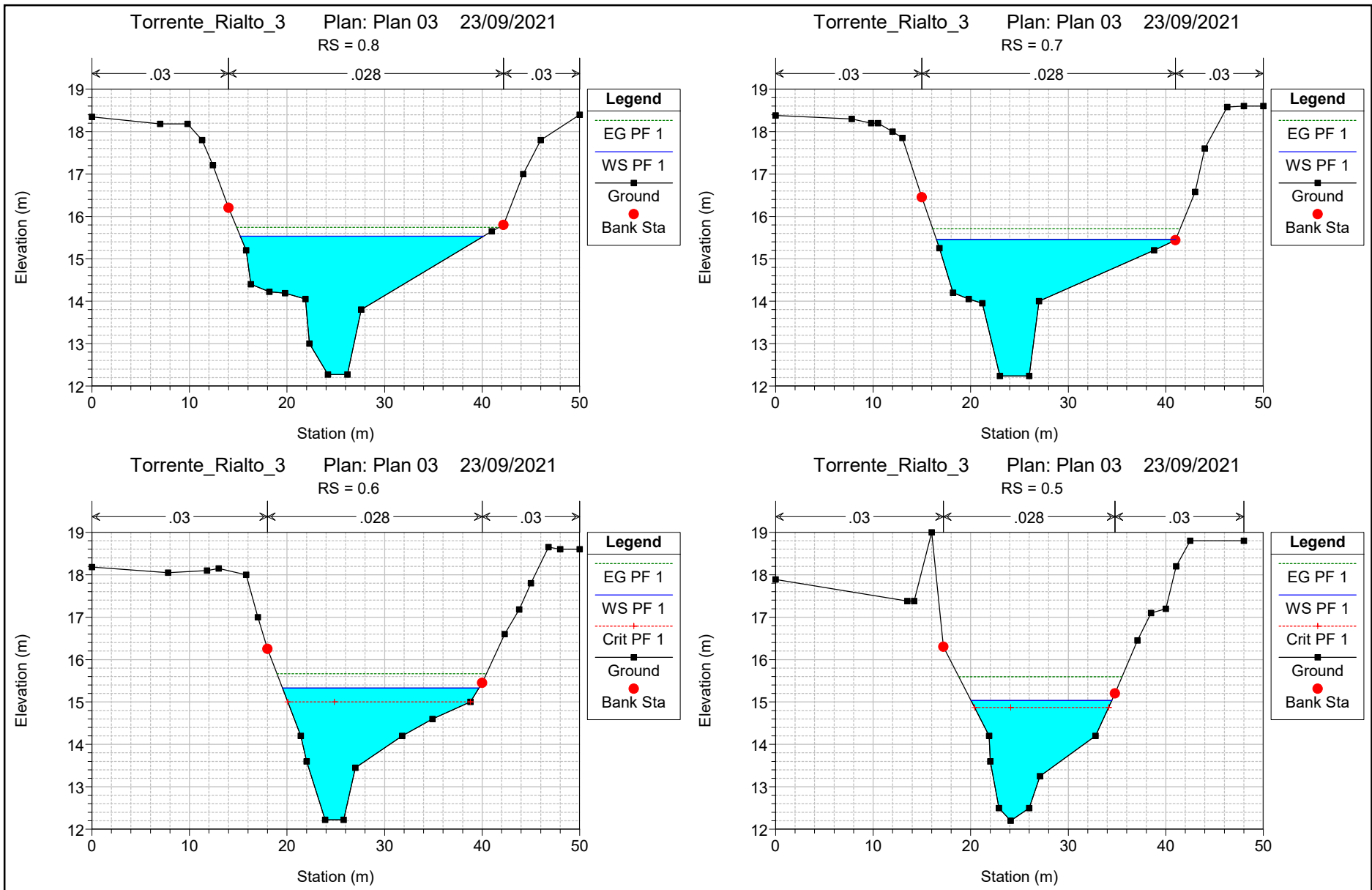
$$Q = 71,30 \text{ m}^3/\text{s}$$



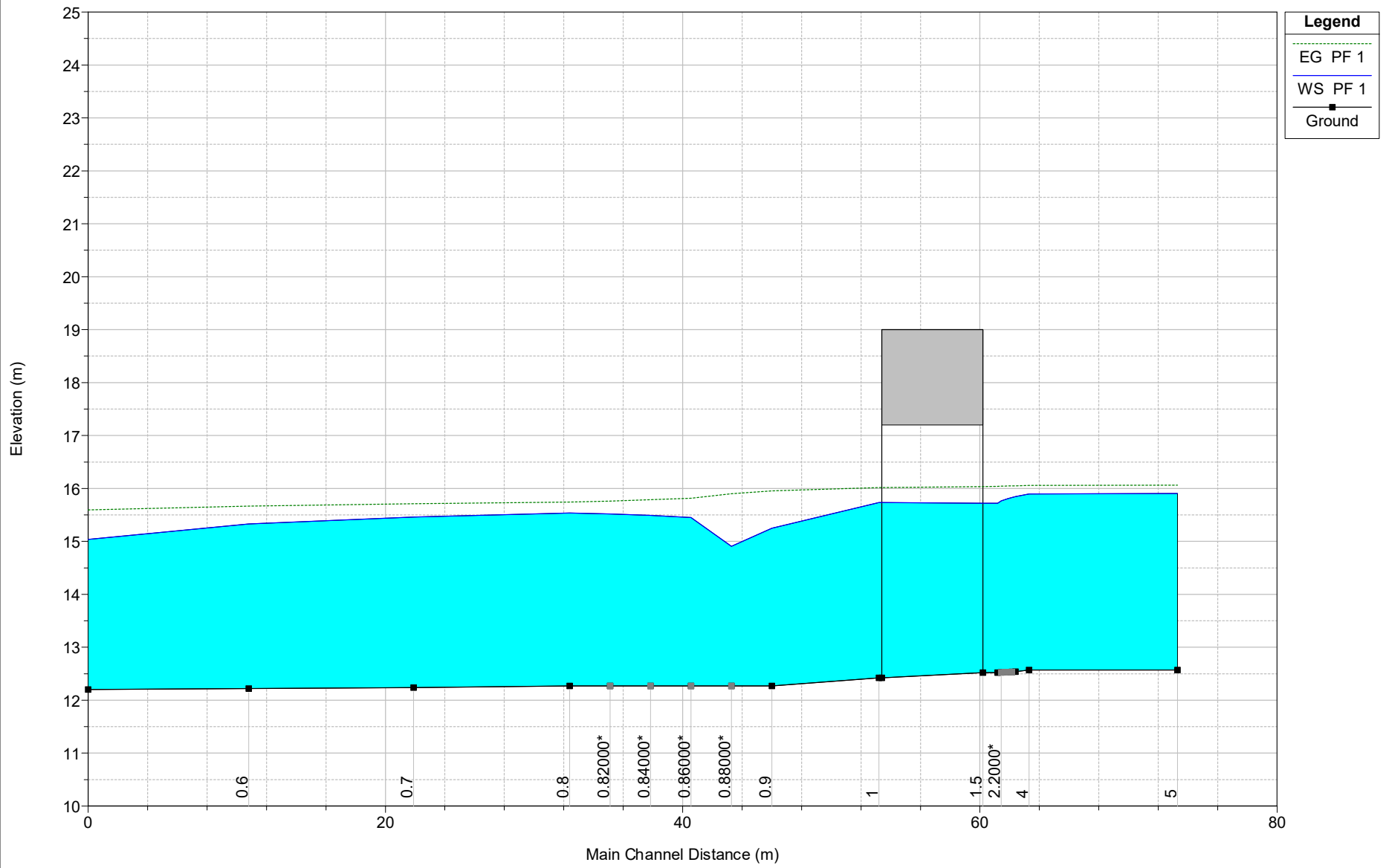








Torrente_Rialto_3

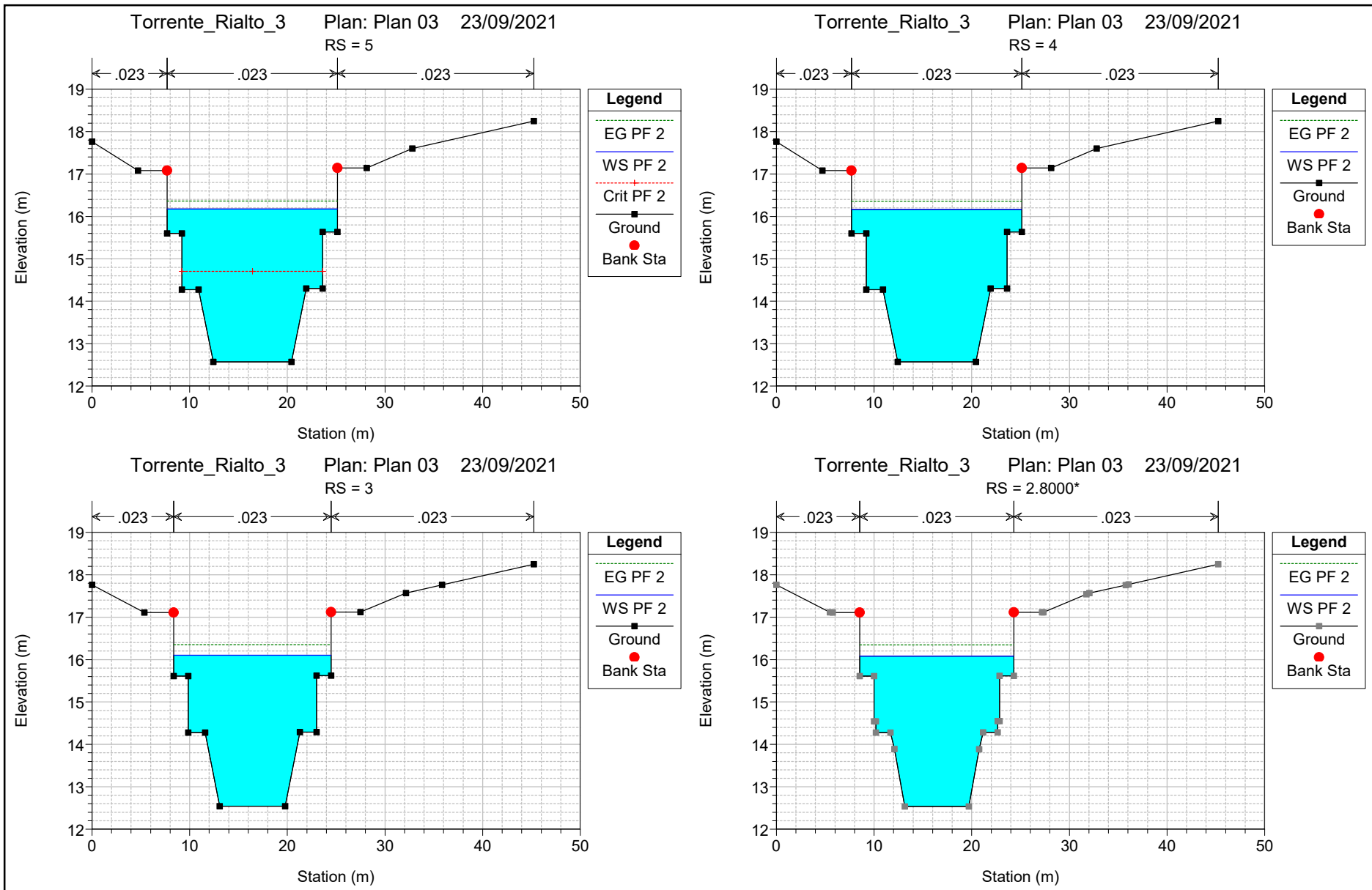


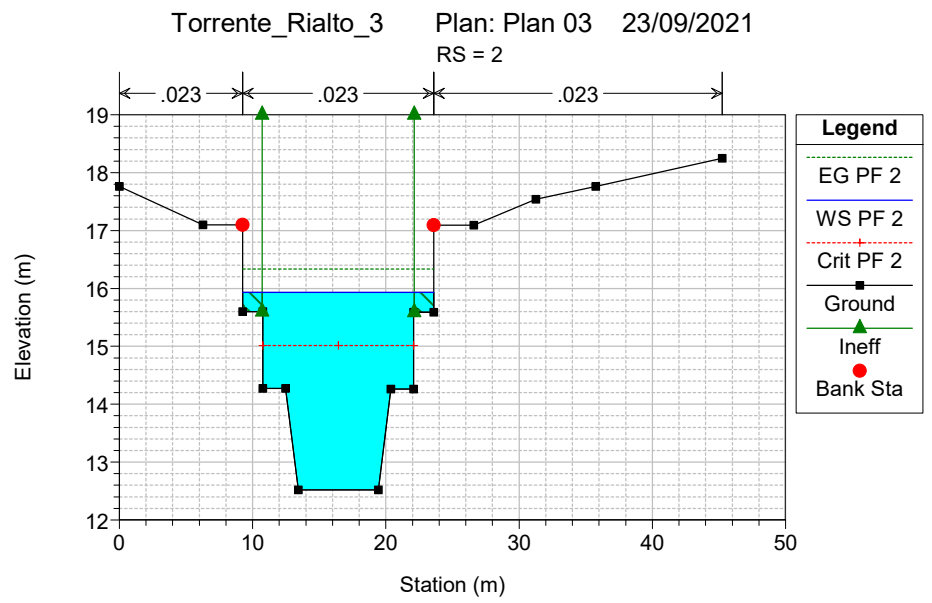
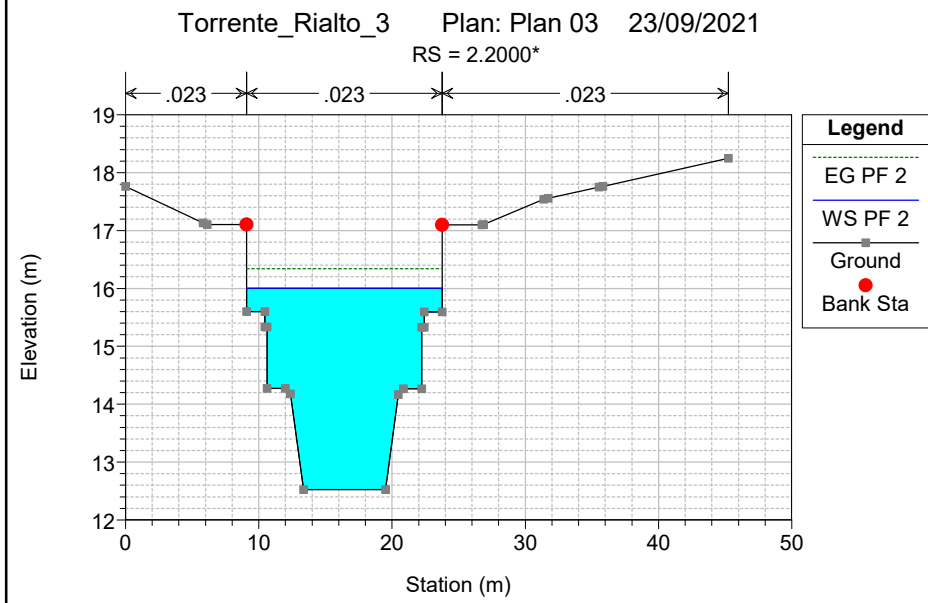
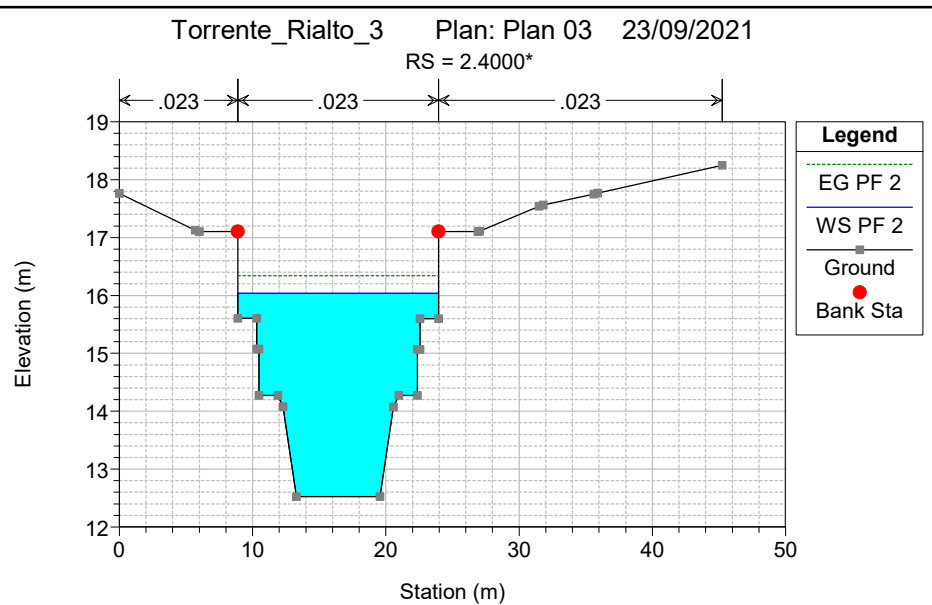
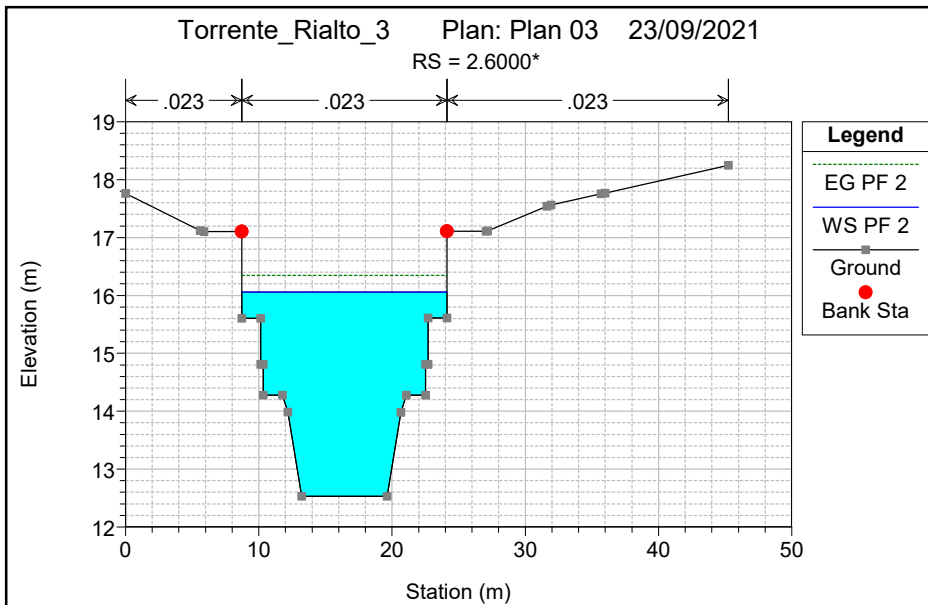
HEC-RAS Plan: Plan 03 River: Rialto Reach: Torrente Profile: PF 1

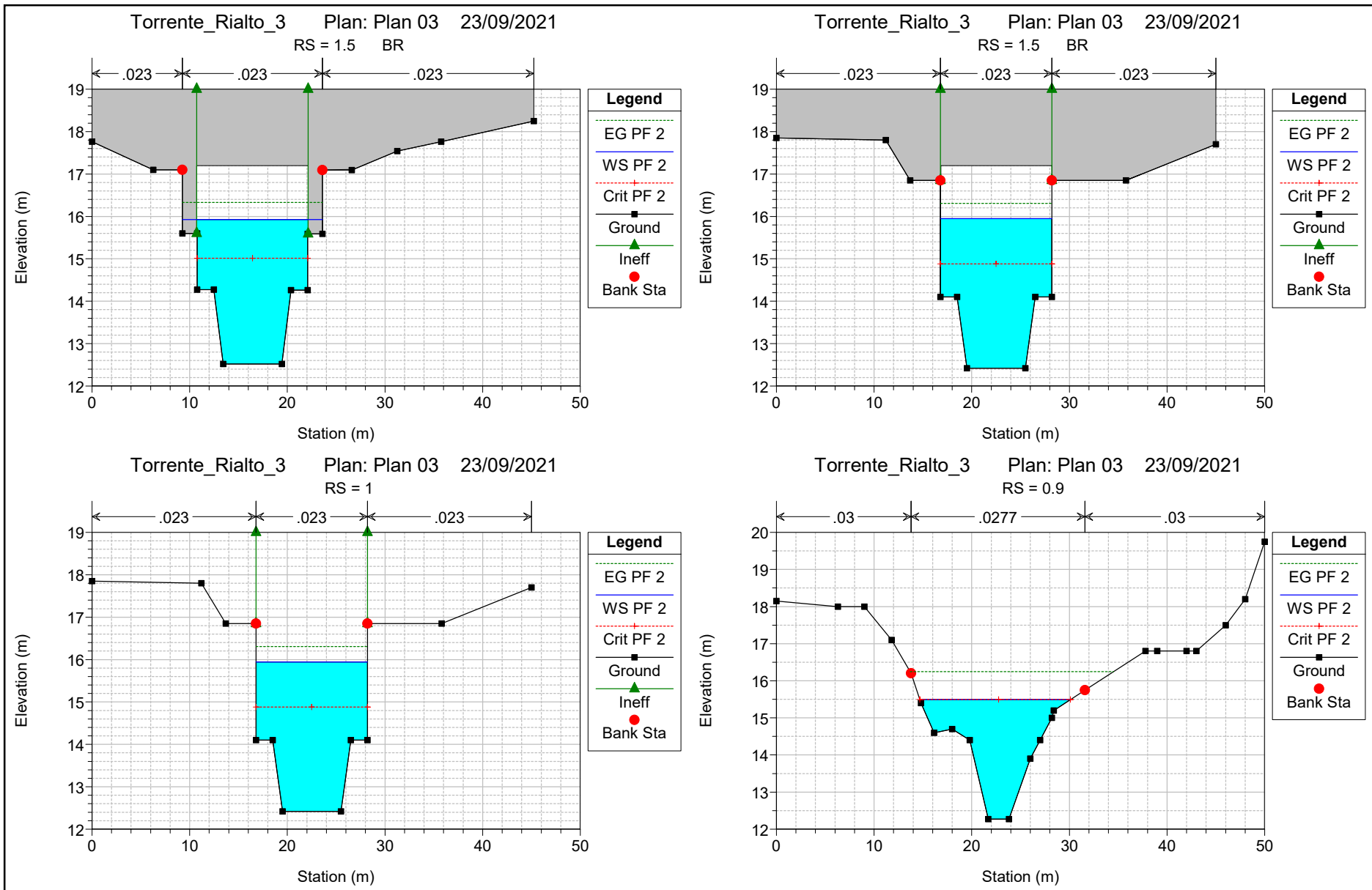
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Torrente	5	PF 1	71.30	12.57	15.91	14.50	16.06	0.000733	1.76	40.55	17.43	0.37
Torrente	4	PF 1	71.30	12.57	15.90		16.06	0.000741	1.76	40.40	17.43	0.37
Torrente	3	PF 1	71.30	12.54	15.84		16.05	0.001051	2.01	35.49	16.13	0.43
Torrente	2.8000*	PF 1	71.30	12.54	15.83		16.05	0.001154	2.08	34.26	15.77	0.45
Torrente	2.6000*	PF 1	71.30	12.53	15.81		16.05	0.001276	2.16	33.03	15.41	0.47
Torrente	2.4000*	PF 1	71.30	12.53	15.79		16.04	0.001421	2.24	31.79	15.05	0.49
Torrente	2.2000*	PF 1	71.30	12.52	15.76		16.04	0.001597	2.34	30.52	14.69	0.52
Torrente	2	PF 1	71.30	12.52	15.72	14.79	16.04	0.001522	2.49	28.66	14.33	0.50
Torrente	1.5		Bridge									
Torrente	1	PF 1	71.30	12.42	15.74	14.65	16.02	0.001296	2.35	30.40	11.40	0.46
Torrente	0.9	PF 1	71.30	12.27	15.25	15.25	15.95	0.008110	3.72	19.18	13.63	1.00
Torrente	0.88000*	PF 1	71.30	12.27	14.91	15.15	15.90	0.014157	4.41	16.18	13.81	1.30
Torrente	0.86000*	PF 1	71.30	12.27	15.45	15.07	15.82	0.003974	2.69	26.55	18.72	0.72
Torrente	0.84000*	PF 1	71.30	12.27	15.49		15.79	0.003197	2.41	29.57	20.88	0.65
Torrente	0.82000*	PF 1	71.30	12.27	15.52		15.76	0.002658	2.20	32.43	22.95	0.59
Torrente	0.8	PF 1	71.30	12.27	15.54		15.75	0.002289	2.03	35.15	24.97	0.55
Torrente	0.7	PF 1	71.30	12.24	15.46		15.71	0.003088	2.23	31.91	24.54	0.63
Torrente	0.6	PF 1	71.30	12.22	15.33	15.00	15.67	0.003784	2.57	27.70	20.15	0.70
Torrente	0.5	PF 1	71.30	12.20	15.04	14.87	15.59	0.005874	3.31	21.55	14.44	0.86

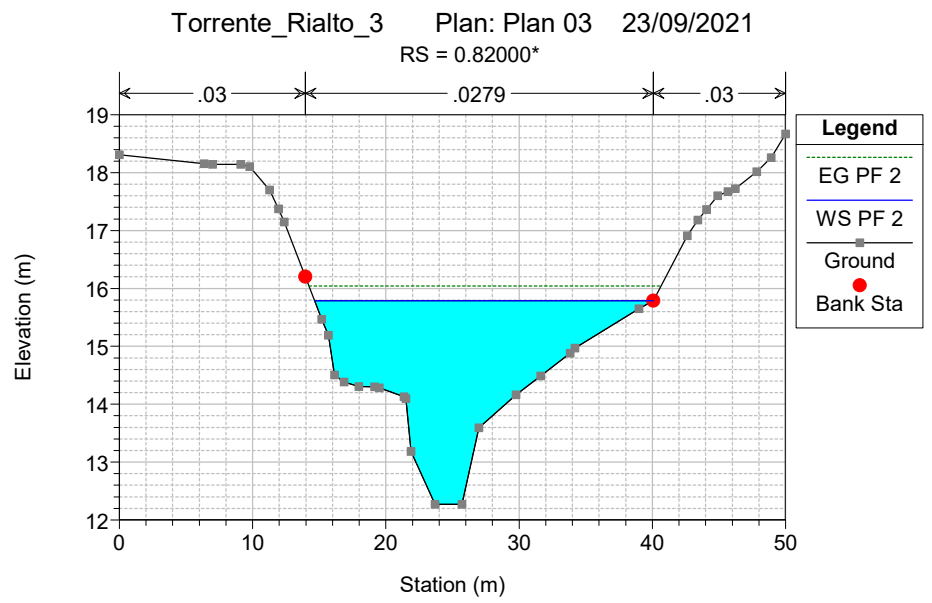
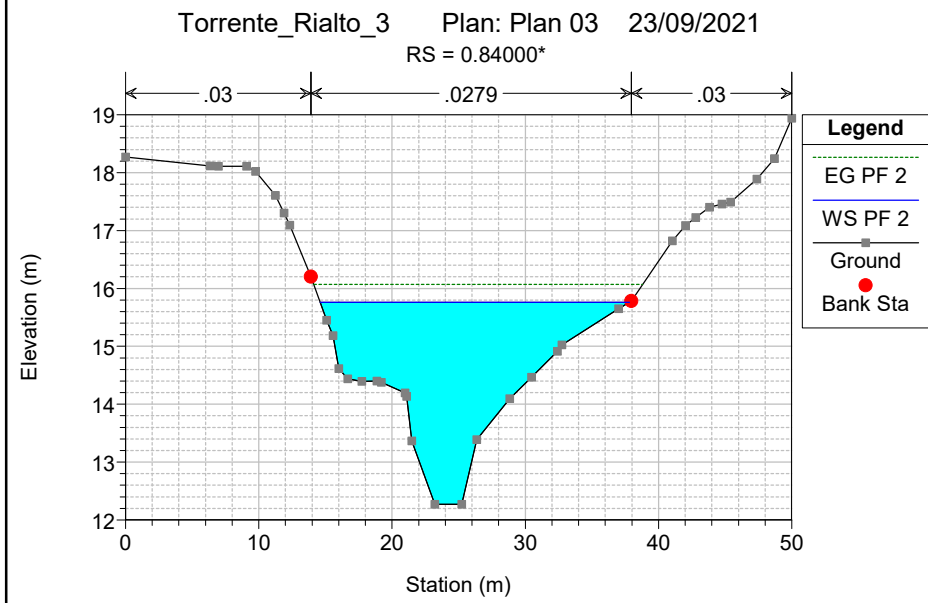
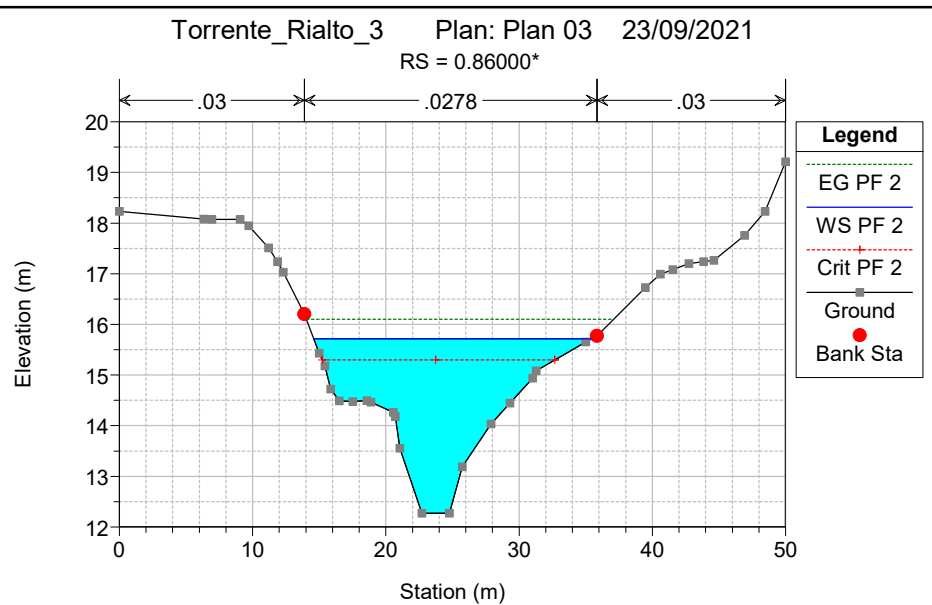
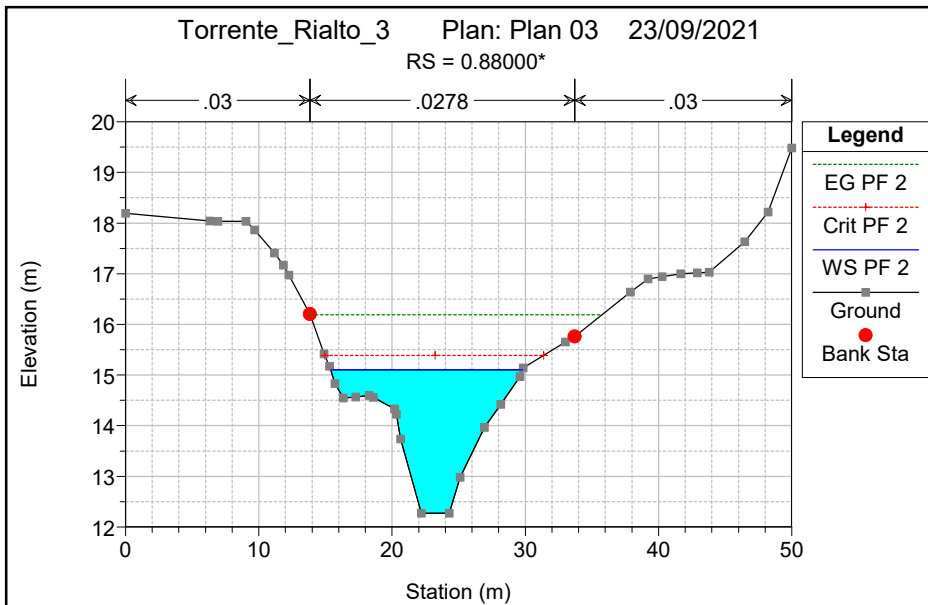
TORRENTE RIALTO

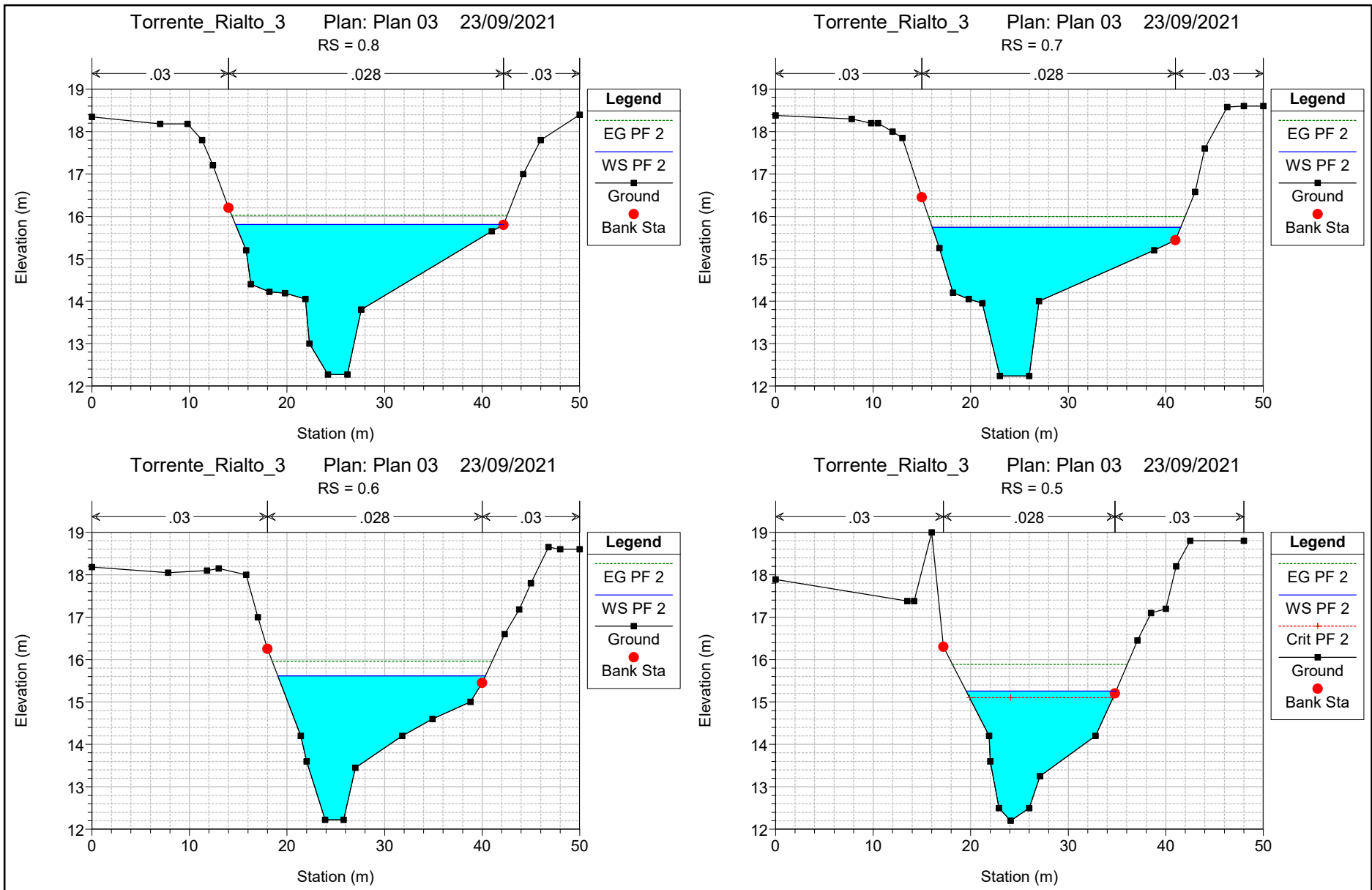
$$Q = 87,26 \text{ m}^3/\text{s}$$



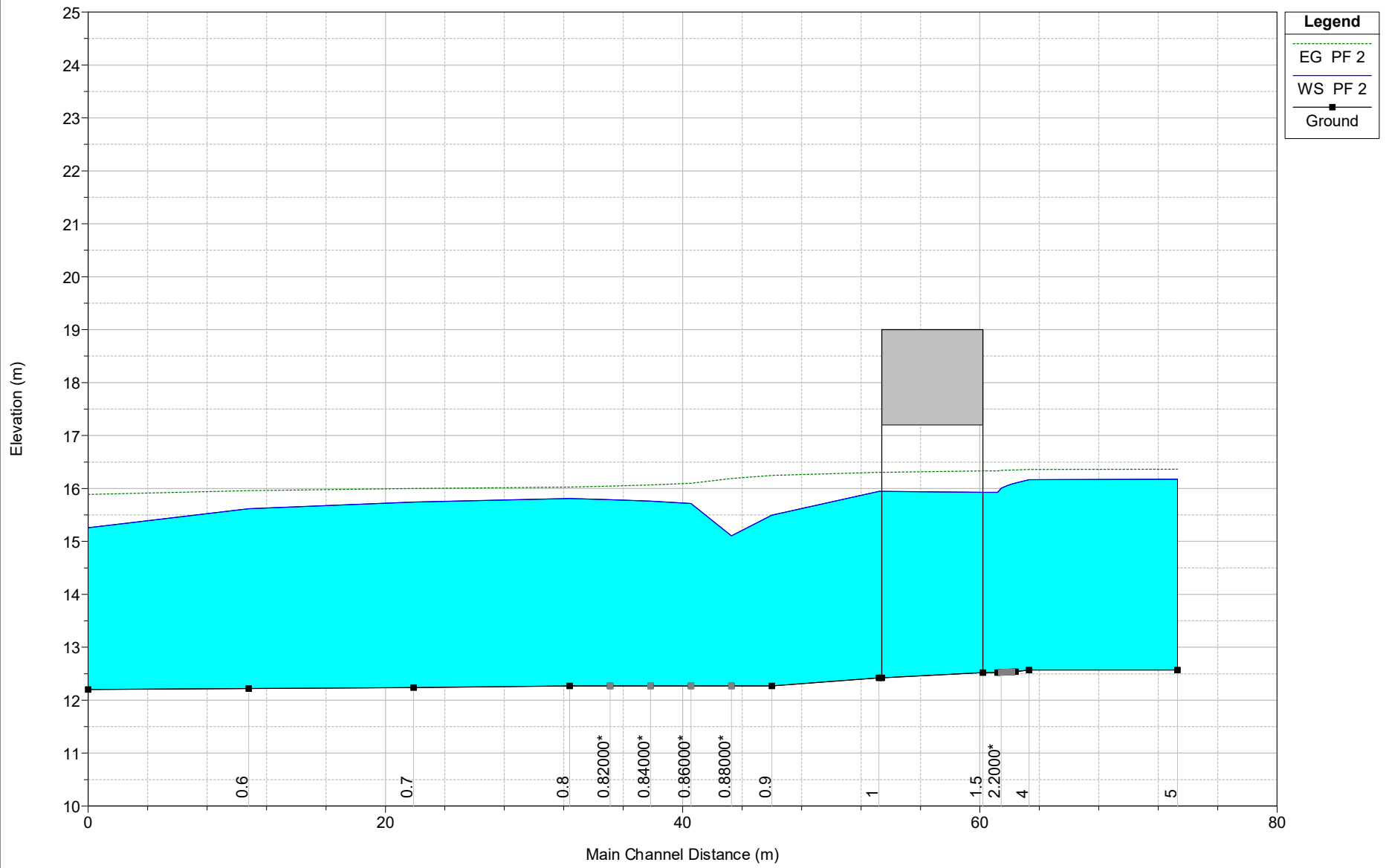








Torrente_Rialto_3



HEC-RAS Plan: Plan 03 River: Rialto Reach: Torrente Profile: PF 2

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
Torrente	5	PF 2	87.26	12.57	16.17	14.71	16.36	0.000787	1.93	45.24	17.43	0.38
Torrente	4	PF 2	87.26	12.57	16.17		16.36	0.000796	1.94	45.07	17.43	0.38
Torrente	3	PF 2	87.26	12.54	16.10		16.35	0.001123	2.20	39.66	16.13	0.45
Torrente	2.8000*	PF 2	87.26	12.54	16.08		16.35	0.001234	2.28	38.29	15.77	0.47
Torrente	2.6000*	PF 2	87.26	12.53	16.06		16.35	0.001365	2.36	36.91	15.41	0.49
Torrente	2.4000*	PF 2	87.26	12.53	16.04		16.34	0.001521	2.46	35.50	15.05	0.51
Torrente	2.2000*	PF 2	87.26	12.52	16.01		16.34	0.001712	2.56	34.07	14.69	0.54
Torrente	2	PF 2	87.26	12.52	15.93	15.02	16.33	0.001752	2.81	31.01	14.33	0.54
Torrente	1.5		Bridge									
Torrente	1	PF 2	87.26	12.42	15.94	14.88	16.31	0.001560	2.66	32.79	11.40	0.50
Torrente	0.9	PF 2	87.26	12.27	15.49	15.49	16.25	0.008012	3.84	22.74	15.43	1.01
Torrente	0.88000*	PF 2	87.26	12.27	15.10	15.39	16.19	0.013341	4.61	18.93	14.39	1.28
Torrente	0.86000*	PF 2	87.26	12.27	15.72	15.30	16.10	0.003740	2.74	31.82	20.88	0.71
Torrente	0.84000*	PF 2	87.26	12.27	15.76		16.07	0.002975	2.46	35.52	23.20	0.63
Torrente	0.82000*	PF 2	87.26	12.27	15.79		16.04	0.002449	2.24	39.01	25.42	0.58
Torrente	0.8	PF 2	87.26	12.27	15.81		16.03	0.002081	2.06	42.35	27.51	0.53
Torrente	0.7	PF 2	87.26	12.24	15.74		16.00	0.002439	2.24	39.03	25.47	0.57
Torrente	0.6	PF 2	87.26	12.22	15.62		15.96	0.003130	2.59	33.67	21.28	0.65
Torrente	0.5	PF 2	87.26	12.20	15.26	15.10	15.89	0.005871	3.51	24.87	15.38	0.88