

COMUNE DI VALLERMOSA

Spazio in bianco per apposizione di autorizzazioni o firme

PROGETTO DEFINITIVO STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

PROGETTAZIONE DELL'INTERVENTO DI DEMOLIZIONE E
RICOSTRUZIONE DI UN PONTE (PONTE A)
NEL RIO GORA MANNA A MARGINE DEL CENTRO
ABITATO - CUP H91B19000640002 - CIG 8370870473

Allegato-Versione-Data-ID-U

Elaborato N.14
Versione: 1
13/05/2022

ID-Utente: 4236

Committente

**Comune
di
Vallermosa**

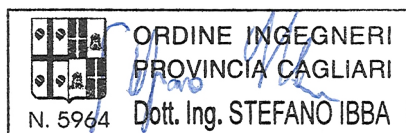
Società di Ingegneria

DEARIS

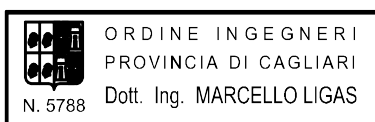
www.dearis.org
studiodearis@gmail.com
dearis@pec.it
Via Botticelli 126, 09045, Quartu S.E.
Via Roma 41, 07100, Sassari
P.IVA 03677550927

RTP

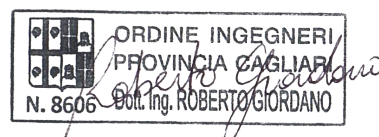
Dott. Ing. Stefano Ibba



Dott. Ing. Marcello Ligas



Dott. Ing. Roberto Giordano



1	Premessa.....	1
2	Inquadramento geografico dell'area di intervento.....	3
3	Inquadramento geologico.....	8
3.1	Contesto geologico dell'area vasta.....	8
3.2	Assetto litostratigrafico locale.....	9
3.3	Stratigrafia dei terreni di fondazione.....	13
3.4	Assetto idrogeologico locale.....	16
3.5	Assetto morfologico ed idrografico.....	18
4	Inquadramento delle opere nei Piani di Settore idrogeologico.....	25
4.1	Piano stralcio di assetto idrogeologico.....	25
4.2	Piano Stralcio delle Fasce Fluviali.....	26
5	Descrizione dello stato attuale.....	27
6	Interventi in progetto.....	32
6.1	Opere di difesa spondale.....	33
6.2	Opere di attraversamento.....	33
7	Analisi idraulica.....	35
7.1	Dati di input e risultati delle simulazioni.....	36
7.1.1	Valori di portata adottati.....	37
7.1.2	Condizioni al contorno.....	38
7.2	Risultati modellazione idraulica in ambiente hec-ras.....	38
7.3	Risultati simulazione stato attuale.....	39
7.4	Risultati simulazione stato di progetto.....	85
8	Franco idraulico.....	108
8.1	Verifica franco di sicurezza sulle opere di attraversamento.....	108
8.2	Verifica franco di sicurezza sulle opere di adeguamento della sezione idraulica.....	112
9	Verifica dell'ammissibilità dell'intervento.....	115
10	Compatibilità idraulica dell'intervento.....	116
11	Conclusioni.....	118

1 Premessa

Con determinazione del responsabile del Servizio tecnico n.163 (reg. gen. n.462) del 28/09/2020 è stato affidato l'incarico di “Progettazione dell'intervento di demolizione e ricostruzione di un ponte (Ponte A) nel Rio Gora Manna a margine del centro abitato – CUP H91B19000640002 - CIG 8370870473” all'operatore economico costituito dal raggruppamento temporaneo RTI DEARIS srls (legale rappresentante Ing. Stefano Ibba), Ing. Marcello Ligas, Ing. Roberto Giordano.

La procedura di affidamento ha per oggetto il servizio di progettazione (nelle tre fasi: progetto di fattibilità tecnica ed economica, progettazione definitiva, ivi inclusi lo studio di compatibilità idraulica dell'intervento e la relazione paesaggistica, e progettazione esecutiva comprensiva del piano di sicurezza e coordinamento) dell'intervento in oggetto.

Il presente Studio di Compatibilità idraulica riprende i contenuti della relazione idrologica idraulica e della relazione geologica e geotecnica, parti integranti del progetto definitivo.

Verranno poi riportate le verifiche di ammissibilità e compatibilità idraulica delle opere, secondo quanto previsto dalla NTA del PAI.

2 Inquadramento geografico dell'area di intervento

Il Comune di Vallermosa sorge in una valle alluvionale lungo i margini orientali del gruppo montuoso del Monte Linas (altezza massima 1236 m), a 70 m sul livello del mare e ai piedi del monte Cuccurdoni Mannu, alto 910 m.

L'infrastruttura oggetto dell'intervento è ubicata nella strada comunale prolungamento della via Kennedy che conduce verso il sito archeologico denominato Matzanni e lungo il tracciato sono presenti numerose abitazioni ed aziende. L'infrastruttura consente l'attraversamento del Rio Gora Manna.

I riferimenti cartografici sono i seguenti:

- Foglio 556 “ASSEMINI” dell'I.G.M.I. [scala 1:50.000]
- Sez. 556-IV “SILIQUA” dell'I.G.M.I. [scala 1:25.000]
- Sez. 556-020 “VALLERMOSA” della C.T.R. [scala 1:10.000]

Le coordinate Gauss Boaga del baricentro dell'opera sono:
4.357.289,26 N 1.481.870,06 E

Si riporta di seguito l'inquadramento dell'area di intervento

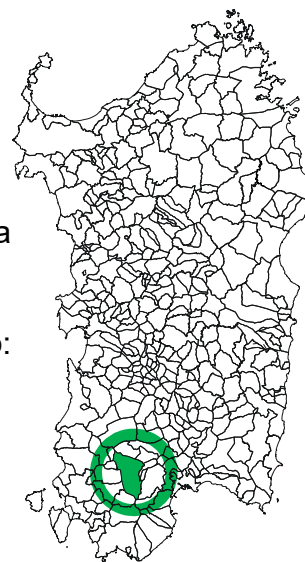


FIGURA 1.1
Comune di Vallermosa
Inquadramento
geografico.

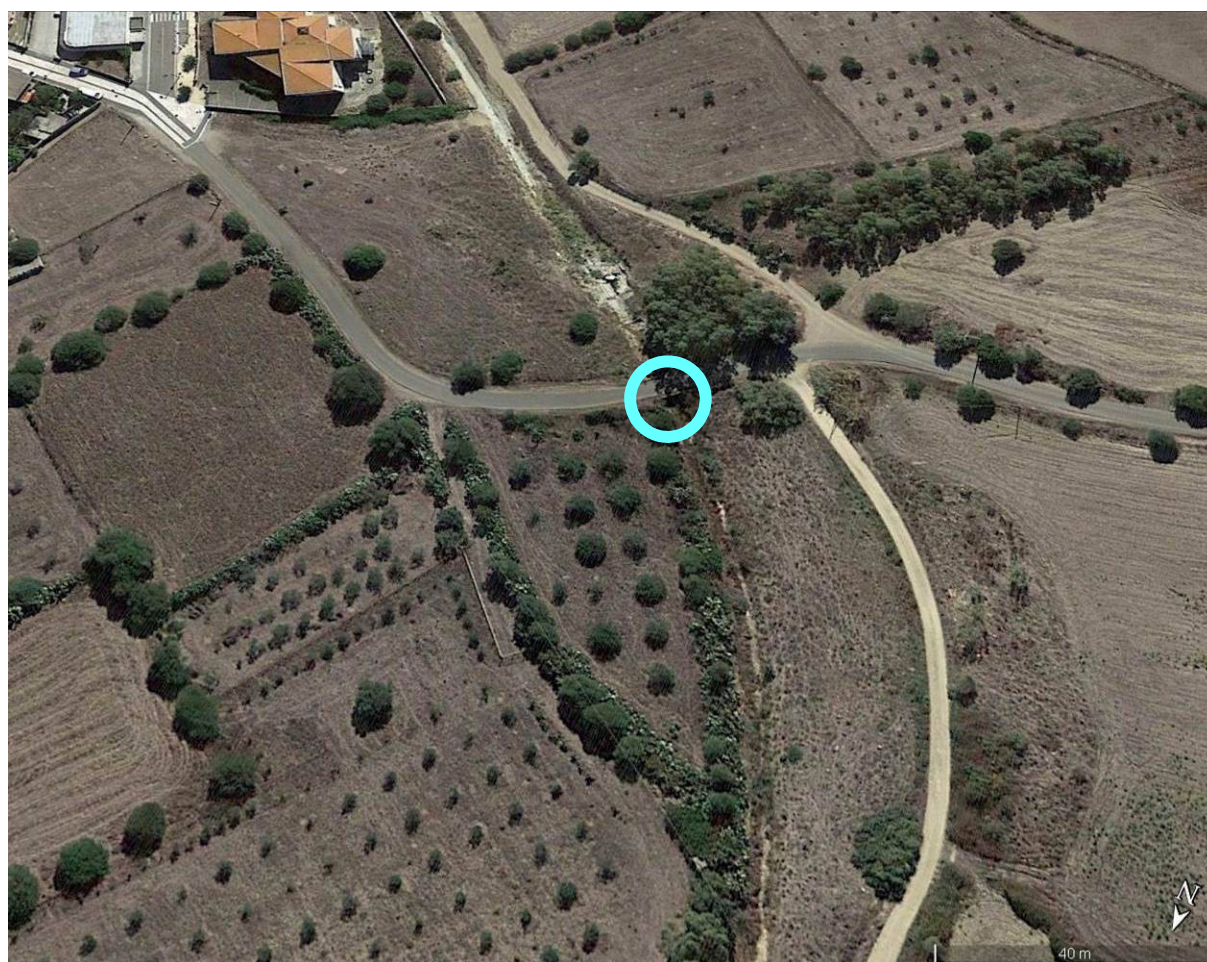
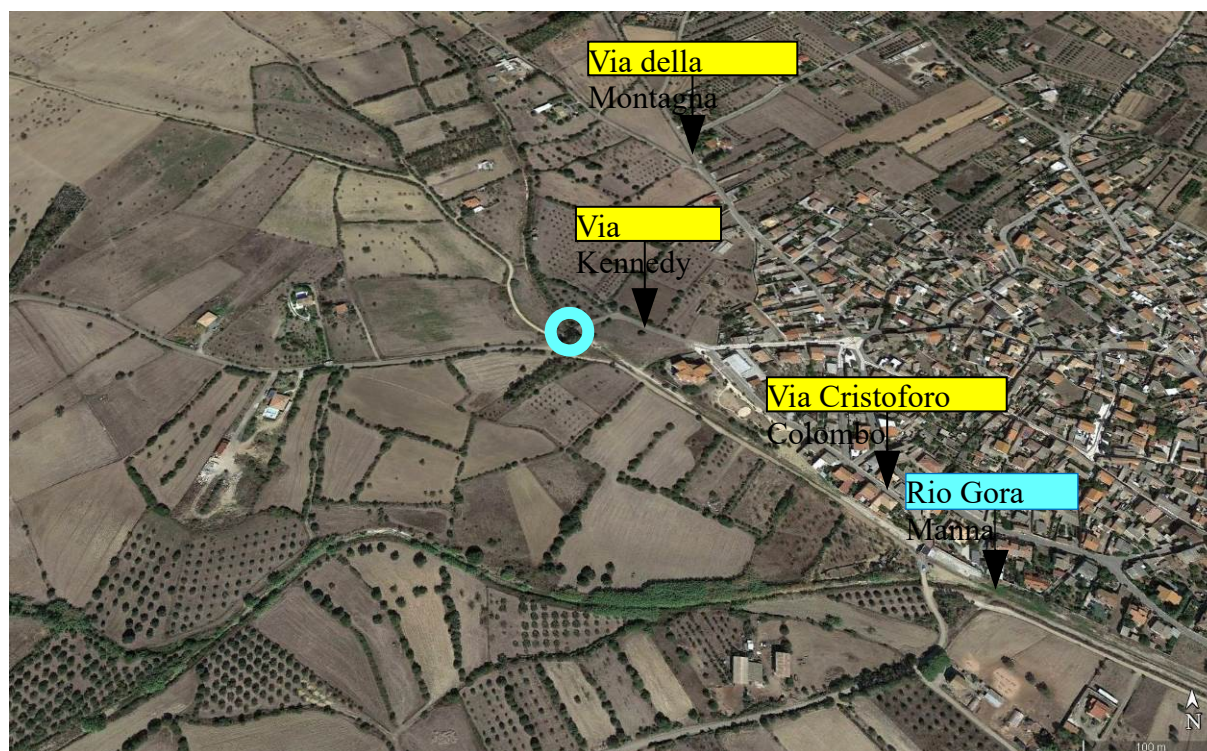


FIGURA 1.2 – Ubicazione del ponte in progetto.

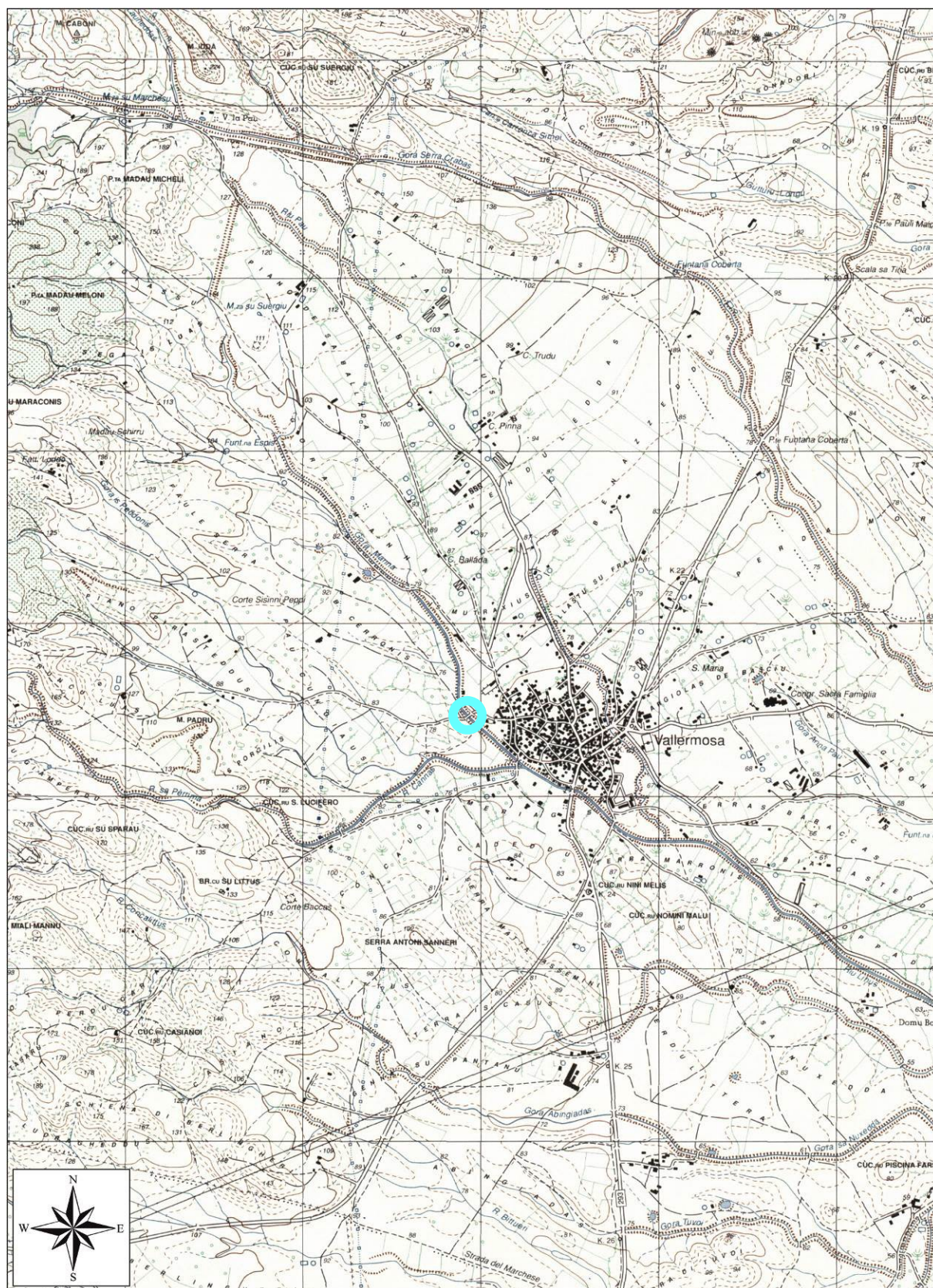


FIGURA 1.3 - Ubicazione dell'opera in progetto su cartografia I.G.M.I., in scala 1:25.000.

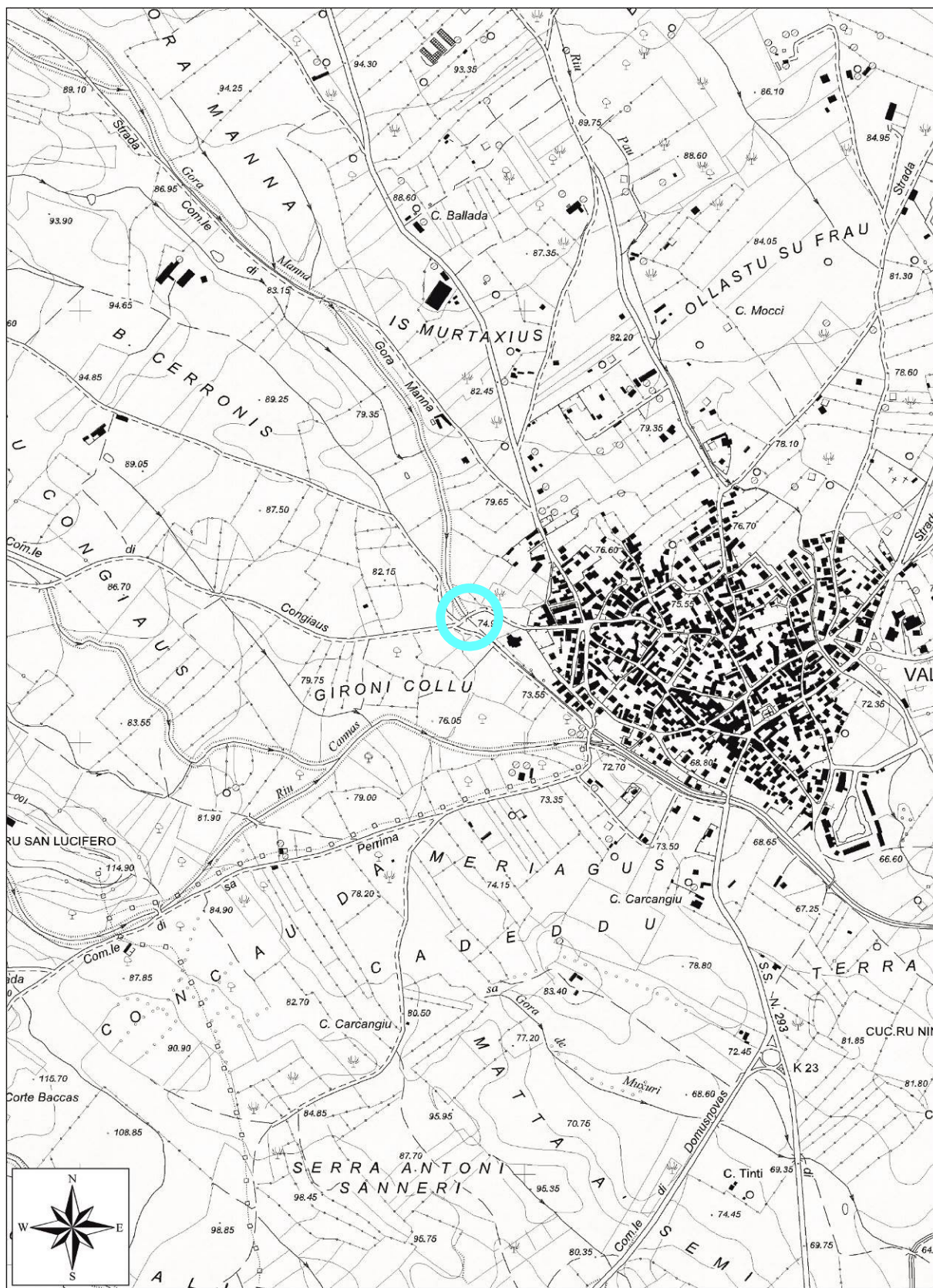


FIGURA 1.4 - Ubicazione dell'opera in progetto su cartografia C.T.R. Numerica in scala 1:10.000.

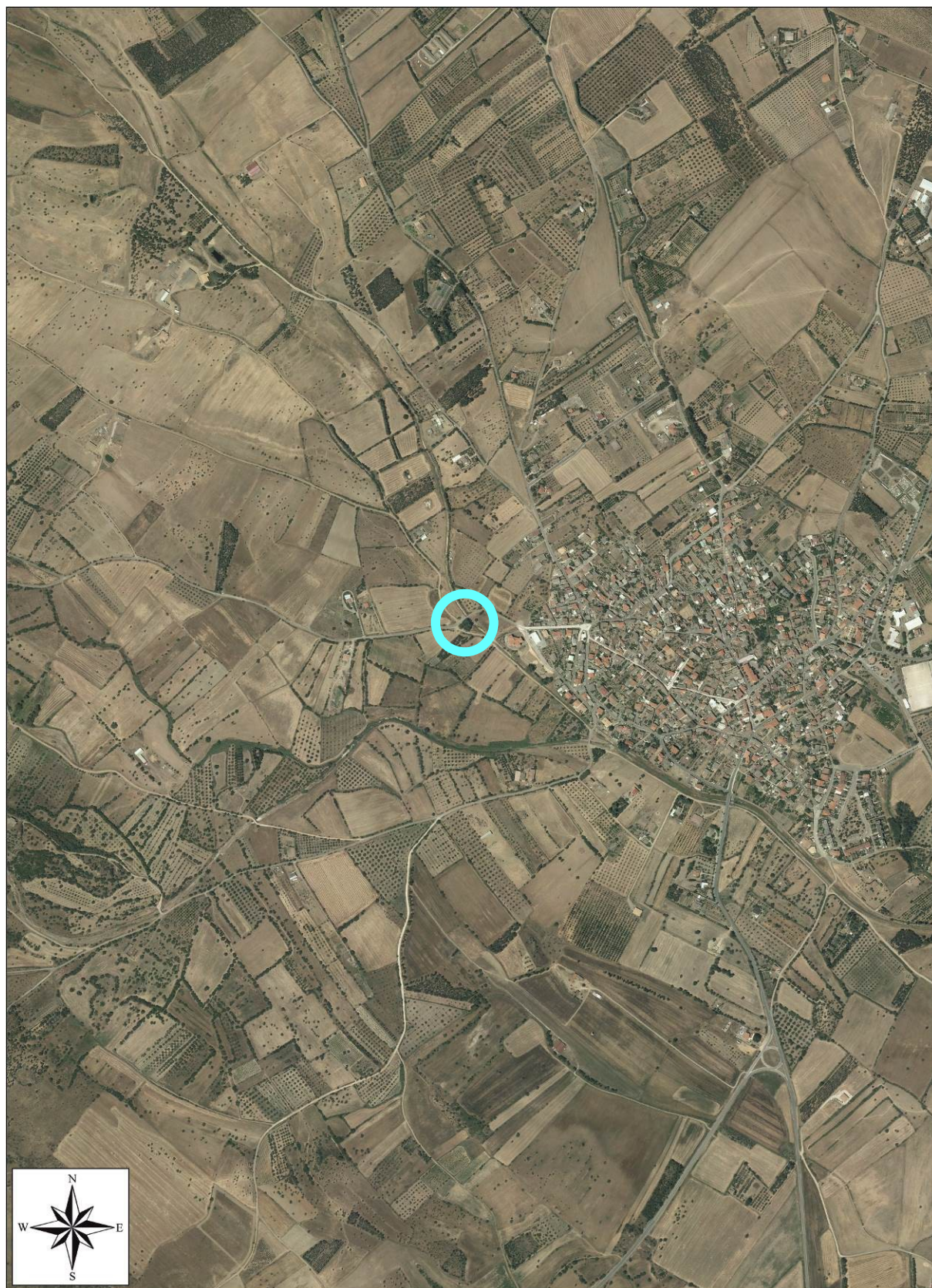


FIGURA 1.5 - Ubicazione dell'opera in progetto su immagine ortofotogrammetrica in scala 1:10.000.

3 Inquadramento geologico

3.1 Contesto geologico dell'area vasta

L'area in studio è localizzata nella Sardegna meridionale, in prossimità del bordo occidentale del *Campidano*, settore notoriamente identificato come una zona importante nel quadro dell'evoluzione geodinamica recente della Sardegna e che si estende per circa 100 km con direzione NW-SE dal *Golfo di Oristano* al *Golfo di Cagliari*. Tale piana si sovrappone alla più vasta fossa tettonica sarda (di epoca oligo-miocenica) che attraversa longitudinale la Sardegna occidentale unendo il *Golfo dell'Asinara* con quello di *Cagliari*, la cui formazione si deve a un'intensa tettonica transtensiva sviluppatasi durante il Terziario che ne ha provocato lo sprofondamento mediante un complesso sistema di faglie a carattere in prevalenza trascorrente impostate probabilmente su linee di debolezza erciniche.

La colmata della depressione oligo-miocenica si esplica con la messa in posto di un insieme eterogeneo di sedimenti continentali e marini che vulcanici che, localmente, raggiunge lo spessore di qualche migliaio di metri.

La fossa campidanese ("*graben campidanese*" Auct.) invece, connessa con l'evoluzione del bacino sud-tirrenico nel corso del Pliocene e del Quaternario antico, risulta contornata sia dai sedimenti del Terziario (prevalentemente oligo-miocenici ed in subordine eocenici) affioranti nella Marmilla, Trexenta e Parteolla e dai terreni paleozoici dell'Iglesiente-Sulcis e Arburese, questi ultimi costituiti essenzialmente da scisti cambro-ordoviciani, siluriani e devoniano-carboniferi, iniettati da porfidi e da graniti ercinici e post-ercinici. La subsidenza del Campidano rispetto al resto dell'Isola favorisce l'azione dei corsi d'acqua che, per adeguarsi alle variazioni eustatiche del Quaternario, incidono in maniera sempre più efficace i rilievi durante le fasi regressive e depositano il loro carico detritico sopra i sedimenti terziari in concomitanza agli innalzamenti del livello marino.

La sua colmata avviene nel corso del Pliocene medio e superiore e del Quaternario antico, sino a dare origine all'attuale fisiografia del Campidano. Gli ultimi episodi deposizionali sono da ricondurre all'evoluzione paleogeografica olocenica (ultimi 10.000 anni) e rappresentati da un insieme di sedimenti limoso-argillosi, intercalati da episodi ghiaioso-limosi per uno spessore da metrico a pluridecametrico, sovrastanti i depositi alluvionali e colluviali ben addensati e maggiormente ossidati del Pleistocene medio e superiore.

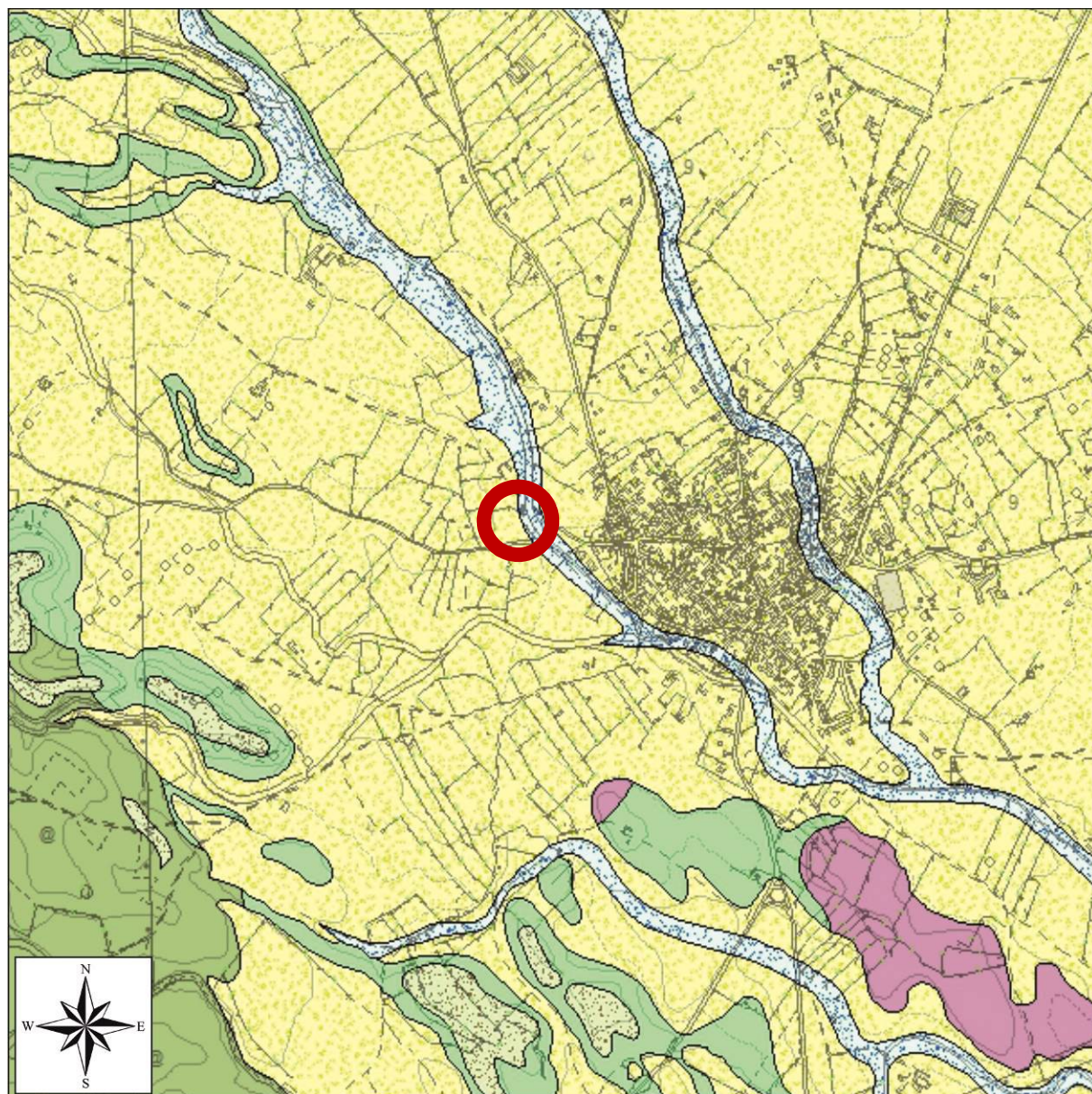
3.2 Assetto litostratigrafico locale

Il settore in studio vede la diffusa presenza di terreni detritici di genesi alluvionale, associati ai relativi prodotti di alterazione pedogenetica ("suoli") / del rimaneggiamento antropico ("riporti") che sormontano il basamento litificato locale, costituito perlopiù dalla successione sedimentaria paleogenica della Sardegna sud-occidentale ("*Formazione del Cixerri*") o alle vulcaniti del cosiddetto "*Distretto vulcanico di Siliqua*".

Con riferimento alla cartografia geologica ufficiale edita da APAT di cui uno stralcio è riportato in FIGURA 2.1, a partire dai più recenti sono state distinte le seguenti unità:

- ba** Alluvioni ghiaiose grossolane e medie [Olocene]
- bn** Alluvioni terrazzate ghiaiose e subordinate sabbie [Olocene]
- PVM2a** Depositi alluvionali antichi [Pleistocene superiore]
- CIX** Argille ed arenarie continentali [Eocene medio - Oligocene?]
- SQA** Vulcaniti piroclastiche [Eocene medio - Oligocene?]
- SVI** Alternanze di metarenarie e metasiltiti [Cambriano – Ordoviciano]

di seguito descritte nelle loro caratteristiche salienti per gli obiettivi del lavoro.



-  Depositi alluvionali costituiti da sabbie con subordinati limi ed argille (Olocene).
-  Depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie con subordinate sabbie (Olocene).
-  *Litofacies nel Subsistema di Portoscuso (Sistema di Portovesme)* - Ghiaie alluvionali terrazzate da medie a grossolane, con subordinate sabbie (Pleistocene superiore).
-  *Formazione del Cixerri* - Argille siltose di colore rossastro, arenarie quarzoso-feldspatiche in bancate con frequenti tracce di bioturbazione, conglomerati eterometrici e poligenici debolmente cementati (Eocene medio - Oligocene?).
-  *Piroclastiti di Siliqua* - Depositi di flusso piroclastico, debolmente cementati, grossolanamente stratificati, costituiti da clasti angolosi, da metrici a centimetrici, di lava microvescicolata andesitica, porfirica (Eocene medio - Oligocene?).
-  *Arenarie di San Vito (Unità dell'Arburese)* - Alternanze di metarenarie medio-fini, metasiltiti con laminazioni piano-parallele, ondulate ed incrociate, e metasiltiti micacee di colore grigio (Cambriano medio - Ordoviciano inferiore).

b -FIGURA 2.1 - Stralcio della “Carta Geologica d’Italia” a cura di APAT - Agenzia per la protezione

So dell’ambiente e per i servizi geologici e Dipartimento Difesa del Suolo – Servizio Geologico d’Italia,
modificata (scala 1:10.000).

ere

COI del

locale reticolo idrografico a carattere torrentizio che drena i rilievi metamorfico-cristallini del Parteolla-Sarrabus meridionale e quelli basso-collinari impostati sulle litologie mioceniche.

Si distinguono depositi alluvionali grossolani, prevalentemente formati da ghiaie ± ciottolose poligeniche con abbondante matrice sabbio-limosa [ba] e depositi alluvionali in prevalenza sabbiosi [bb] ma con intercalazioni sia di ghiaie poligeniche sia di limi e argille. Gli spessori variano in genere da submetrici a plurimetrici e interessano gli attuali fondivalle formati a seguito dei più recenti episodi di terrazzamento.

ba - Depositi alluvionali terrazzati

Questi depositi alluvionali mostrano caratteristiche generali analoghe a quelle descritte in precedenza poiché le modalità di sedimentazione risultano identiche come anche le aree di drenaggio dei paleocorsi d’acqua che le hanno prodotte. Trattasi pertanto di alluvioni a granulometria per lo più ghiaioso-ciottolose, eterometriche e poligeniche con elementi derivanti dallo smantellamento dei rilievi dell'Iglesiente (scisti, quarziti, calcari, vulcaniti, etc.), spesso ricche in concrezioni carbonatiche.

L’addensamento è solitamente elevato, presentando talora una leggera cementazione da ossidi e idrossidi di ferro e manganese nonché da carbonati di ricircolazione secondaria. Il loro grado di ossidazione è moderato e talora mostrano colorazioni arancio-rossastro derivanti dall’erosione e risedimentazione dei depositi alluvionali di conioide più antichi [PVM2 - Sintema di Portovesme], maggiormente interessati da fenomeni di ossidazione primaria.

Lo spessore è in genere pluridecametrico, con locali eteropie verticali e laterali conseguenti alle variazioni del regime idrico dei corsi d’acqua, dando luogo a lenti e lingue di materiali a granulometria più fine (limi e argille) o a sacche conglomeratiche.

PVM2a - Depositi alluvionali antichi

Litofacies nel Subsintema di Portoscuso ("Sintema di Portovesme") costituita da prevalenti depositi ghiaiosi con clasti di dimensioni da medie a grossolane, con subordinati livelli di sabbie, formatasi in seguito all’accumulo di materiali erosi dai rilievi circostanti.

Comunemente indicati come “Alluvioni antiche”, sono costituiti da sedimenti ghiaioso-ciottolosi in matrice sabbiosa-argilloso-limosa, associati a depositi sabbioso-ghiaiosi, ben

addensati, con grado di ossidazione spinto che conferisce a queste terre il tipico colore "arrossato". Lo scheletro è costituito da materiali clastici poligenici provenienti dallo smantellamento dei rilievi paleozoici e vulcanici al contorno.

Locali eteropie laterali e verticali, conseguenti alle variazioni di regime idrico dei corsi d'acqua, caratterizzano il materasso alluvionale dando luogo a lenti e lingue più fini (limi e argille) o a sacche di ciottolame.

Lo spessore è generalmente pluridecametrico.

CIX - Argille ed arenarie continentali

Si tratta di un complesso litologico prevalentemente arenaceo associato a siltiti più o meno arenacee, disposto in strati e bancate piuttosto irregolari, identificabili con la successione sedimentaria paleogenica della Sardegna sud-occidentale denominata "*Formazione del Cixerri*". Il colore prevalente, che caratterizza tutte le varietà litologiche, risulta generalmente rosso mattone-violaceo con striature grigio-verdastre, queste ultime più comuni nelle rocce originariamente a maggior componente argilloso-limosa.

L'aspetto è solitamente lapideo, soprattutto nelle bancate arenacee; l'elevata cementazione delle arenarie ad opera di ossidi ferrosi e l'elevato addensamento delle siltiti fanno sì che tali litologie siano dotate di una porosità estremamente bassa.

Si tratta di sedimenti continentali di chiara deposizione fluviale (antico ed imponente delta fluviale quando il blocco Sardo-Corso era parte integrante di Spagna e Francia) di tipo evoluto (le tracce fossili più diffuse sono rappresentate da numerose bioturbazioni dovute ad organismi limivori entro le siltiti e le arenarie fini) le cui giaciture spesso sono condizionate dalla struttura stratoide dei corpi lentiformi che si sono sovrapposti nel tempo in funzione delle dinamiche fluviali dei corsi d'acqua nei quali avvenivano i fenomeni di trasporto e deposito.

Gli spessori sono sempre notevoli sino ad un massimo di circa 230 m.

SQA - Vulcaniti piroclastiche

Indicate nella cartografia ufficiale come "*Piroclastiti di Siliqua*", sono classificati come depositi di flusso piroclastico, debolmente cementati, grossolanamente stratificati, con clasti andesitici angolosi, da metrici a centimetrici, di lava microvescicolata andesitica, porfirica con matrice fine di colore chiaro, associati a conglomerati di origine epiclastica.

Affiorano al contorno della piana del Cixerri dove costituiscono le colline di *P.ta sa Pibionata* (193 m), *Monte Idda* (220 m), *Monte s'Illixianu* (193 m), *Monte Accas* (143 m), *P.ta de su Ferru* (223 m) o piccole emergenze morfologiche isolate, come *Monte Truxionis*

(125 m) ed il rilievo del *Castello d'Acquafredda* (253 m).

SVI – Alternanze di metarenarie e metasiltiti

Formazione geologica antica del Cambro-Ordoviciano costituita da una monotona alternanza una successione terrigena costituita da alternanze, da decimetriche a metriche, di metarenarie micacee e metaquarzoareniti, di colore variabile dal grigio-chiaro al verdastro, al nocciola ed al grigio scuro, con metasiltiti e metapeliti grigio-nerastre, talora verdi o violacee. Questa successione, ascrivibile alla formazione delle ARENARIE DI SAN VITO facente parte dell'UNITÀ TETTONICA DELL'ARBURESE ed indicato nella vecchia letteratura geologica con il nome di "Postgotlandiano", ricopre con netta discordanza le formazioni ordoviciane, siluriane e devoniche dell'Iglesiente.

Per questo rapporto tettonico, evidente nel complesso del *Monte Cuccurdoni Mannu*, l'UNITÀ DELL'ARBURESE viene interpretata come l'estrema propaggine sud-occidentale delle falde alloctone della Sardegna centrale, accavallate fino alla zona più esterna della catena ercinica.

Lo spessore della formazione non è comunque valutabile proprio perché il contatto di base è tettonico e quello superiore di tipo erosivo. Si valuta nell'ordine di diverse centinaia di metri.

3.3 *Stratigrafia dei terreni di fondazione*

Come risulta dagli elaborati stratigrafici messi a disposizione dalla stazione appaltante, relativi ai sondaggi a carotaggio continuo all'uopo eseguiti nell'anno 2015, la sequenza stratigrafica acquisita in nello stradello in prossimità delle sponde dell'attuale ponte vede la presenza, sotto una coltre di spessore variabile 0,40÷1,80 m di suolo [**Strato LL-A1**] e terre rimaneggiate [**Strato LL-A2**], di alluvioni sabbioso-ghiaiose recenti [**Strato LL-B**] che sormontano, in discordanza stratigrafica e a meno di uno strato argillo-limoso [**Strato LL-C**], il substrato litificato locale nel caso rappresentato dalle sequenza di arenarie e siltiti continentali ascrivibili alla Formazione eocenica del Cixerri [**Strato LL-D**].

Nel dettaglio e per le finalità del presente lavoro, la stratigrafia del settore di intervento, può essere ricondotta alla seguente successione di unità, a partire dalle più recenti:

LL-A1 Terre di riporto	[Attuale]
LL-A2 Suolo	[Attuale]
LL-B Alluvioni sabbioso-ghiaiose	[Olocene]
LL-C Argille limose	[Eocene medio – Oligocene?]

LL-D Arenarie marnose e marne

[Eocene medio – Oligocene?]

di seguito descritte nelle loro caratteristiche salienti per gli obiettivi del lavoro.

LL-A1 - Terre di riporto

0,00 m ÷ -1,80 m

Spessore 1,80 (S1)

Misto alluvionale di riporto di colore variabile dal beige al marroncino, con scheletro clastico di dimensioni da pluridecimetriche sino a quasi decimetriche, incoerente, costituenti l'attuale piazzola sterrata.

LL-A2 - Suolo

0,00 m ÷ -0,40 m

Spessore 0,40 (S2)

Suolo limo-argilloso di colore marrone, attraversato da sottili apparati radicali nella parte sommitale. Rappresenta la porzione più evoluta del substrato, superficialmente rimaneggiata dalle pratiche agricole.

LL-B - Alluvioni sabbioso-ghiaiose

-0,40 m variabile -1,80 m ÷ -1,90 m variabile -2,30 m

Spessore min 0,50 m (S1)

Spessore max 1,50 m (S2)

Ghiaie e sabbie in matrice argilloso-limosa di colore marrone, con elementi poligenici ben elaborati di dimensioni centimetriche da subdecimetriche, poco addensate, umide.

Rappresentano i depositi alluvionali del corso d'acqua principale i quali, entro l'alveo, sono ancora sottoposti a processi di trasporto e deposizione fluviale. Tipici dei processi ad alta energia, sovente si rivengono frammisti a blocchi e massi anche ciclopici.

Lo spessore di questa coltre è dell'ordine del metro.

LL-C - Argille limose

-1,90 m variabile -2,30 m ÷ -3,00 m variabile -4,50 m

Spessore min 1,10 m (S2)

Spessore max 1,80 m (S1)

Argille limose di colore marrone-rossiccio, ossidate sovraconsolidate, da consistenti a molto consistenti, ascrivibili ad una delle facies della *Formazione del Cixerri*.

LL-D - Arenarie marnose e marne

-3,00 m variabile -4,50 m ÷ -10,00 m ed oltre (?)

Spessore min 5,90 m (S1)

Spessore max 7,00 m (S2)

Marne [LL-D1] ed arenarie $\pm$ marnose [LL-D2], talora conglomeratiche [LL-D3] di colore variabile dal grigio al beige, da semilapidee a lapidee, ascrivibili alla *Formazione del Cixerri*.

Dalle ricostruzioni effettuate – attraverso la consultazione delle stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo della campagna geognostica 2015 e con il supporto dei riscontri delle prospezioni sismiche all'uopo eseguite – è stata confermata la configurazione ipotizzata in sede di progetto preliminare e di fattibilità tecnico-economica, ovvero la presenza di un basamento lapideo soggiacente mediamente alla profondità di 4,00 m ed immergente verso i quadranti occidentali (vedi sezione geologica in **Errore: sorgente del riferimento non trovata**).

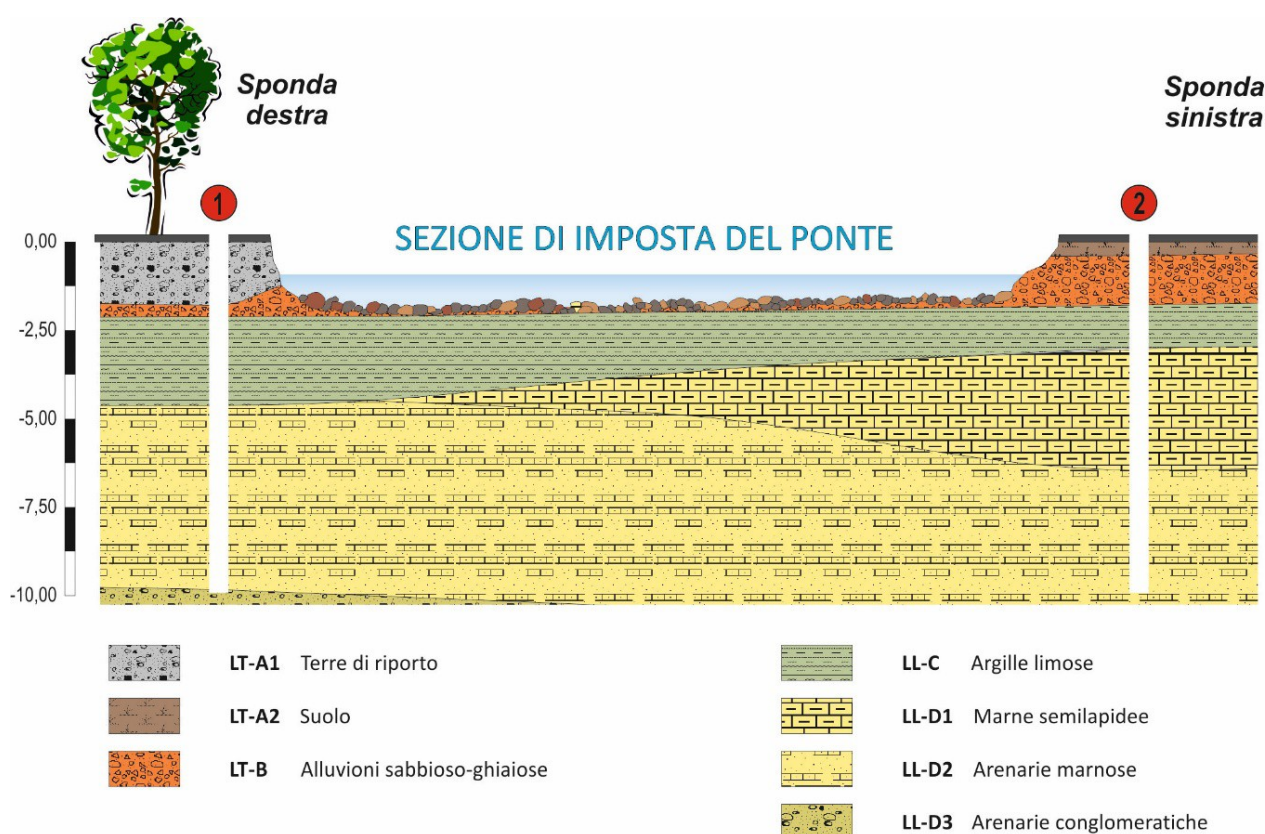


FIGURA 3.2 – Sezione geologica schematica in corrispondenza della sezione di imposta del ponte.

Assetto idrogeologico locale

Le differenti unità litologiche sono state caratterizzate anche sulla base dei loro caratteri intrinseci omogenei, ovvero in ordine al tipo di permeabilità (**P** = per porosità, **F** = per fratturazione, **A** = per alterazione) e al grado di permeabilità (**IM** = impermeabile, **SP** = scarsamente permeabile, **MP** = mediamente permeabile e **AP** = altamente permeabile) per ciascuna unità idrogeologica.

Le unità idrogeologiche distinte sono:

UI1 Unità detritico-alluvionale olocenica

UI2 Unità detritico-alluvionale pleistocenica

UI3 Unità vulcanica oligo-miocenica

UI4 Unità arenaceo-siltitica eocenica

UI5 Unità metamorfica ercinica

UI1 Unità detritico-alluvionale olocenica

Raggruppa le unità litostratigrafiche **ba** e **bn**.

Sono le alluvioni ghiaioso-sabbiose che bordano i principali corsi d'acqua e si caratterizzano per un grado di addensamento da moderato a scarso.

Il flusso idrico sotterraneo è favorito dalla porosità dei sedimenti (permeabilità di tipo **P**) e generalmente, in funzione della presenza o meno di materiali clastici fini (argille, limi) il grado di permeabilità varia da medio (**MP**) a alto (**AP**).

UI2 Unità detritico-alluvionale pleistocenica

Coincide con l'unità litostratigrafica **PVM2a**.

Si caratterizza per un grado di addensamento medio-elevato e per la discreta ossidazione della matrice limo-sabbiosa. La permeabilità è di tipo **P** per porosità e il grado di permeabilità varia da scarso (**SP**) a medio (**MP**).

La tipologia degli acquiferi ivi contenuti varia in funzione delle caratteristiche e dello spessore dei depositi detritico-alluvionali che possono determinare la formazione modesti di flussi idrici generalmente semiconfinati.

UI3 Unità vulcanica oligomiocenica

Coincide con l'unità litostratigrafica **SQA**.

Detta unità è ben delimitata arealmente anche se in ampi settori essa non è visibile in superficie a causa dello spessore da decimetrico a metrico di copertura detritica alluvionale. È formata dalle litologie vulcaniche a chimismo andesitico costituenti i deboli rilievi del settore pedemontano di passaggio con la piana.

Il tipo di permeabilità prevalente di tipo **F** (fratturazione) condiziona fortemente la capacità di ospitare flussi idrici (grado variabile da **IM** a **SP**) in funzione della distribuzione e delle geometrie del reticolo di fratture che interessano l'ammasso roccioso. A favorire in taluni casi una drastica diminuzione della permeabilità è l'alterazione della roccia che determina talvolta la produzione di minerali argillosi capaci di sigillare le microfessure e l'eventuale porosità primaria del deposito che caratterizza le facies vulcanoclastiche.

Altre volte la stessa alterazione, successivamente ai fenomeni di lisciviazione delle argille, favorisce la formazione di ammassi quasi incoerenti formati dai singoli cristalli che hanno perso l'originario mutuo incastro dovuto alla cristallizzazione della lava.

UI3 Unità arenaceo-siltitica eocenica

Coincide con l'unità litostratigrafica **CIX**.

Rappresenta un gigantesco blocco impermeabile che solo occasionalmente consente l'estrazione di modestissime quantità d'acqua confinate in acquiferi isolati e difficilmente ricaricabili.

A sfavore della possibilità di immagazzinamento entro un eventuale reticolo di fessurazioni secondarie vi è il fatto che i diversi sistemi di frattura presenti vengono assorbiti entro i livelli siltoso-argillosi che si intercalano alle bancate arenacee e raramente, conglomeratiche.

Nel settore, la presenza di questa unità favorisce la formazione di un limite di permeabilità (o di tamponamento idraulico) di tipo strutturale nei confronti delle acque immagazzinate entro la copertura detritica costituente la piana.

Il grado di La permeabilità varia da nullo (**IM**) a scarso (**SP**).

UI5 Unità metamorfica ercinica

Coincide con l'unità litostratigrafica **SVI**.

La possibilità di flusso idrico e di immagazzinamento è determinata esclusivamente dalla presenza di discontinuità di vario tipo all'interno dell'ammasso roccioso.

Trattandosi di rocce originariamente sedimentarie, queste discontinuità sono rappresentate dalle superfici connesse con l'anisotropia composizionale originaria del sedimento (giunti di strato o stratificazione) in funzione delle particolari condizioni di sedimentazione, nonché dall'insieme di fessurazioni indotte nella roccia dalle deformazioni tettoniche subite durante tutte le vicissitudini geologiche.

Pertanto, sebbene la roccia sia di per sé impermeabile a livello mesoscopico,

l'ammasso roccioso nel suo complesso, grazie alla lentissima infiltrazione nell'intricato sistema di fessure, ha notevoli capacità di accumulo idrico sotterraneo che può venire rilasciato solo attraverso le sorgenti o attraverso un flusso idrico generalmente non sfruttabile con un'opera di captazione tradizionale. Ciò è dovuto al fatto che solitamente le dimensioni e la densità dei vuoti non permette la presenza di falde con elevata produttività (acquiferi con scarsa trasmissività), a meno che non si individuino particolari condizioni di fratturazione concentrata.

A causa della estrema variabilità delle condizioni predisponenti il flusso idrico all'interno dell'ammasso roccioso fratturato, il grado di permeabilità di questa unità varia da nullo (**IM**) a scarso (**SP**) mentre il tipo di permeabilità è essenzialmente per fratturazione (**F**).

Alla luce di quanto sopra esposto, è chiaro che la presenza di flussi sotterranei nelle aree di intervento è condizionata dalla variabilità granulometrica dei sedimenti alluvionali e dallo spessore della stessa coltre che dipende dalla profondità di soggiacenza substrato lapideo, nel caso rappresentato dalle vulcaniti riconducibili alle *Piroclastiti di Siliqua* che fungono da limite impermeabile inferiore.

I sondaggi geognostici hanno escluso la presenza di una circolazione idrica entro il substrato litificato eocenico entro profondità direttamente influenzate dall'opera in progetto. D'altra parte però la presenza del corso d'acqua fa presupporre un deflusso in alveo o subalveo in equilibrio con la falda ospitata nelle alluvioni ciottolose che, nella stagione piovosa, riceve direttamente gli apporti attraverso le acque meteoriche e quelle superficiali incanalate.

3.4 Assetto morfologico ed idrografico

L'analisi morfologica ed idrografica è stata indirizzata ad un idoneo contorno rispetto all'area di intervento per poter definire al meglio l'eventuale presenza di fenomeni gravitativi e/o legati al deflusso delle acque incanalate e diffuse e prevedere le possibili interazioni.

I luoghi di intervento ricadono nella piana del Cixerri, in prossimità del limite settentrionale con i rilievi del Marganai, che si allunga in direzione circa est ovest dalla cosiddetta "Soglia

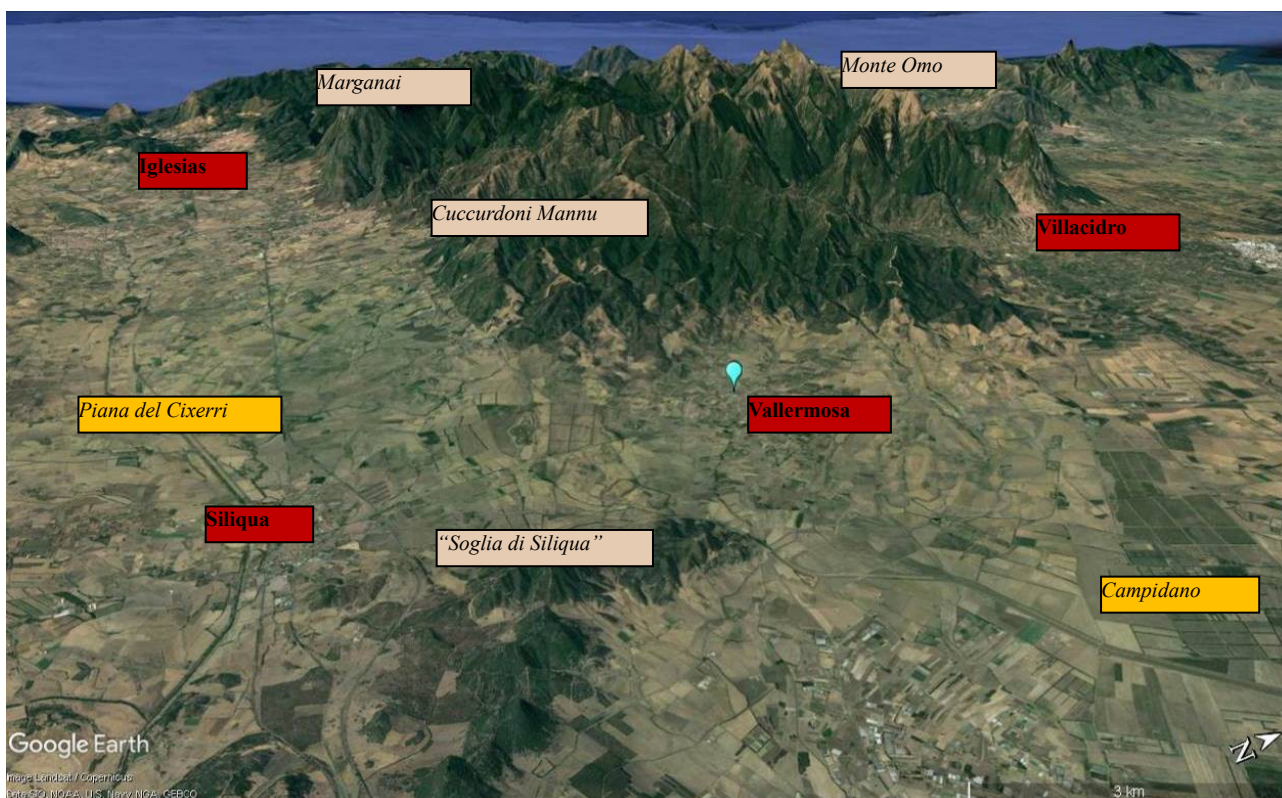


FIGURA 3.3 - Assetto morfologico dell'area vasta su immagine di Google Earth, con amplificazione delle altezze ed indicazione del sito di imposta del ponte rispetto alle principali evidenze del rilievo.

di Siliqua" sino ad Iglesias, localmente interrotta da ondulazioni morfologiche e modesti rilievi impostati ora sulle vulcaniti oligo-mioceniche, ora sui depositi eocenici, piuttosto che su rocce paleozoiche.

Nello specifico del sito di imposta del ponte, si inquadra in un ambito sostanzialmente pianeggiante con una debole vergenza al quadrante sud-orientale e quota s.l.m.m. di 87 m (Errore: sorgente del riferimento non trovata), dominato dal sistema di rilievi dell'Iglesiente.

Il ridotto gradiente altimetrico è sostanzialmente favorevole a condizioni di stabilità gravitativa, per cui non predisponente a fenomeni franosi o distacchi dalle pareti rocciose

essendo i luoghi di intervento non direttamente sottoposti alla morfodinamica dei rilievi, limitando gli effetti delle acque meteoriche di dilavamento sulla topografia ad un debole ruscellamento areale.

Vero è che i corsi d'acqua che si originano dal suddetto complesso montuoso e che afferiscono alla piana, sottendono ad un esteso quanto acclive bacino idrografico, peraltro impostato su litologie poco permeabili [Unità Idrogeologica **UI5** coincidente con il complesso metamorfico indifferenziato **SVI**] che trasferiscono la maggior parte delle acque meteoriche ai deflussi incanalati di superficie: queste dinamiche hanno originato il conoide alluvionale che, dallo sbocco sulla piana del *Rio su Pau* superata *Punta Medau Micheli*, si estende fino quasi all'abitato di Vallermosa, nonché i terrazzi di vari ordini che caratterizzano gli alvei dei principali corsi d'acqua del settore.

Tra questi ultimi si annoverano *Gora Perda Mortas* che ad est marca il confine amministrativo con il Comune di Villasor, lo stesso *Gora Manna* ed il *Rio Linus*, il *Rio Cannas* e più a sud *Gora Argiddas / Gora Sa Nuxedda* oltre ad una fitta rete di tributari secondari alimentati dai rilievi del Marganai. Lembi di terrazzi alluvionali, anche distanti dalle attuali pertinenze golenali, sono la dimostrazione concreta di alterne fasi di sedimentazione ed erosione avvenute a partire dal tardo Pleistocene fino all'Olocene ad opera di una rete idrografica oramai obliterata.

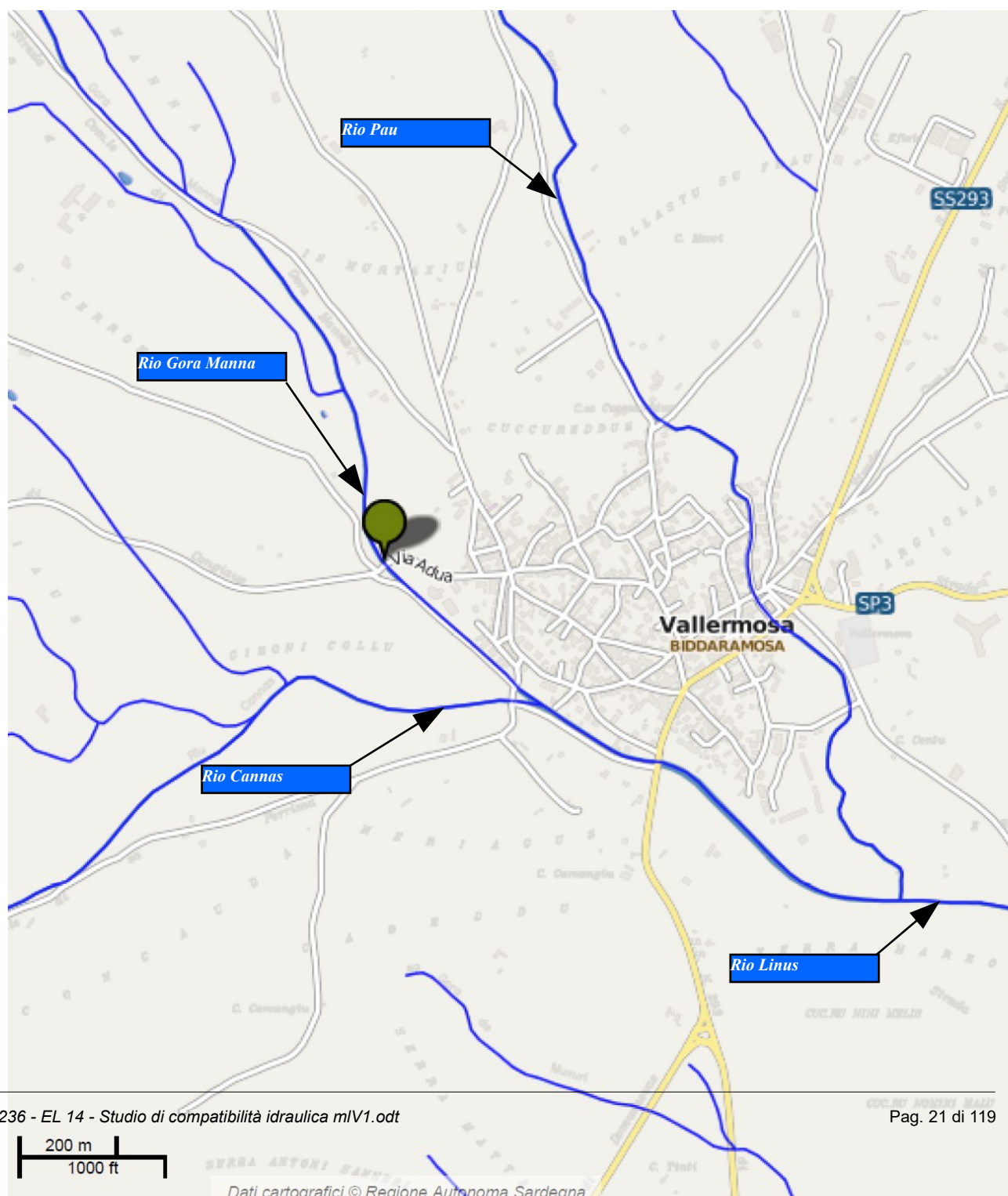


FIGURA 3.4 - Assetto idrografico del sito di imposta ed un adeguato intorno (www.sardegnaeopoportale.it/webgis2).

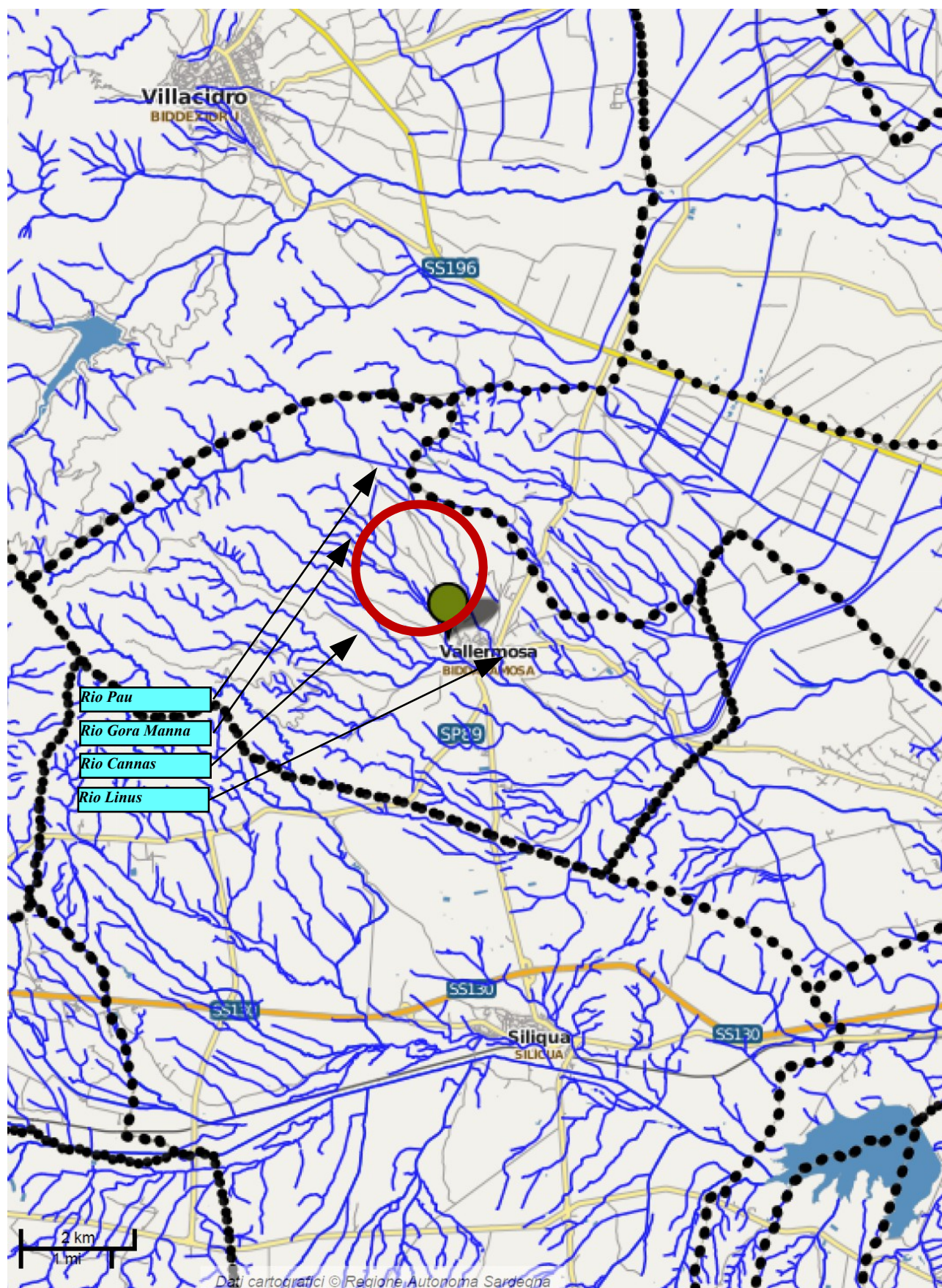


FIGURA 3.5 - Assetto idrografico dell'area vasta (da www.sardegnaeopoportale.it/webgis2).

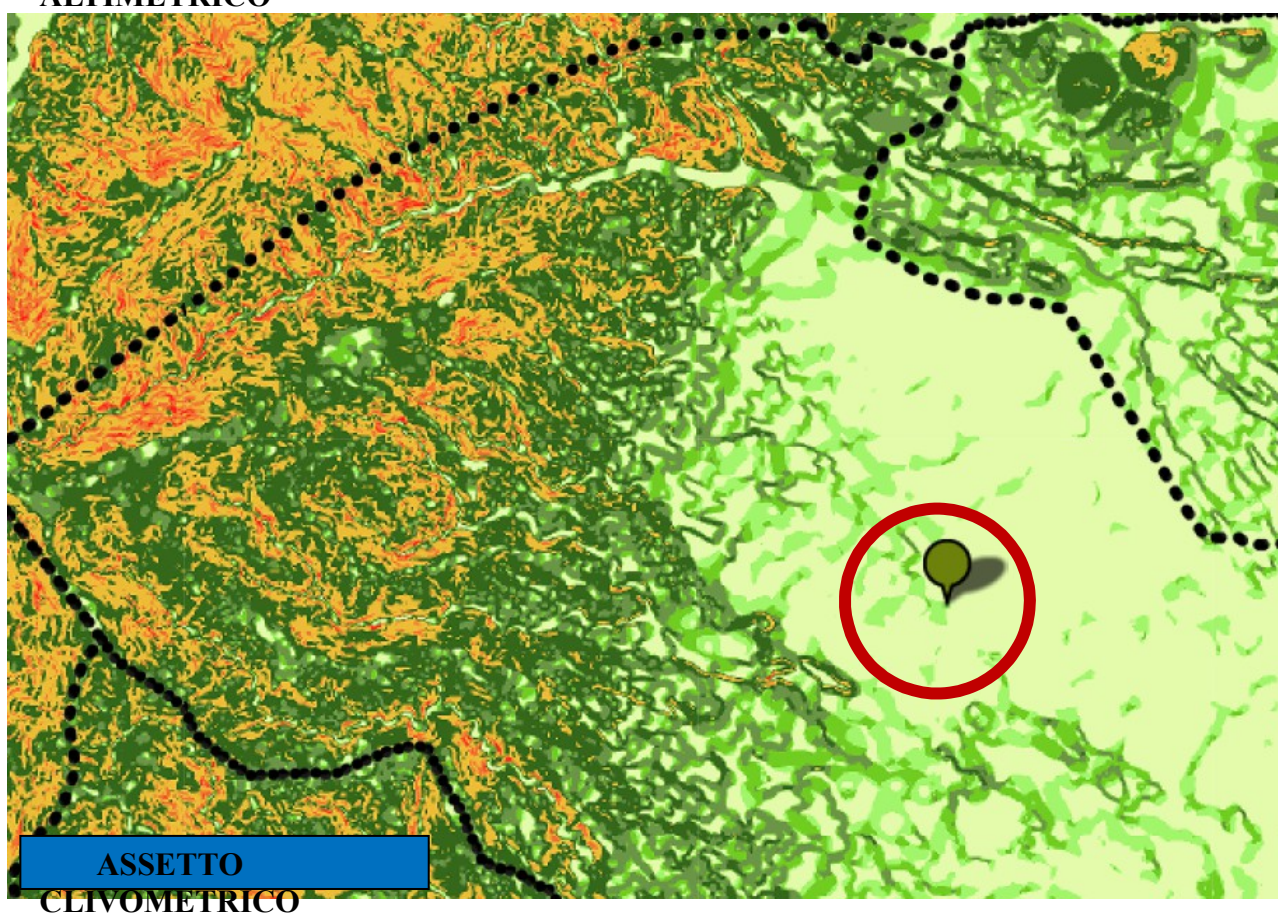
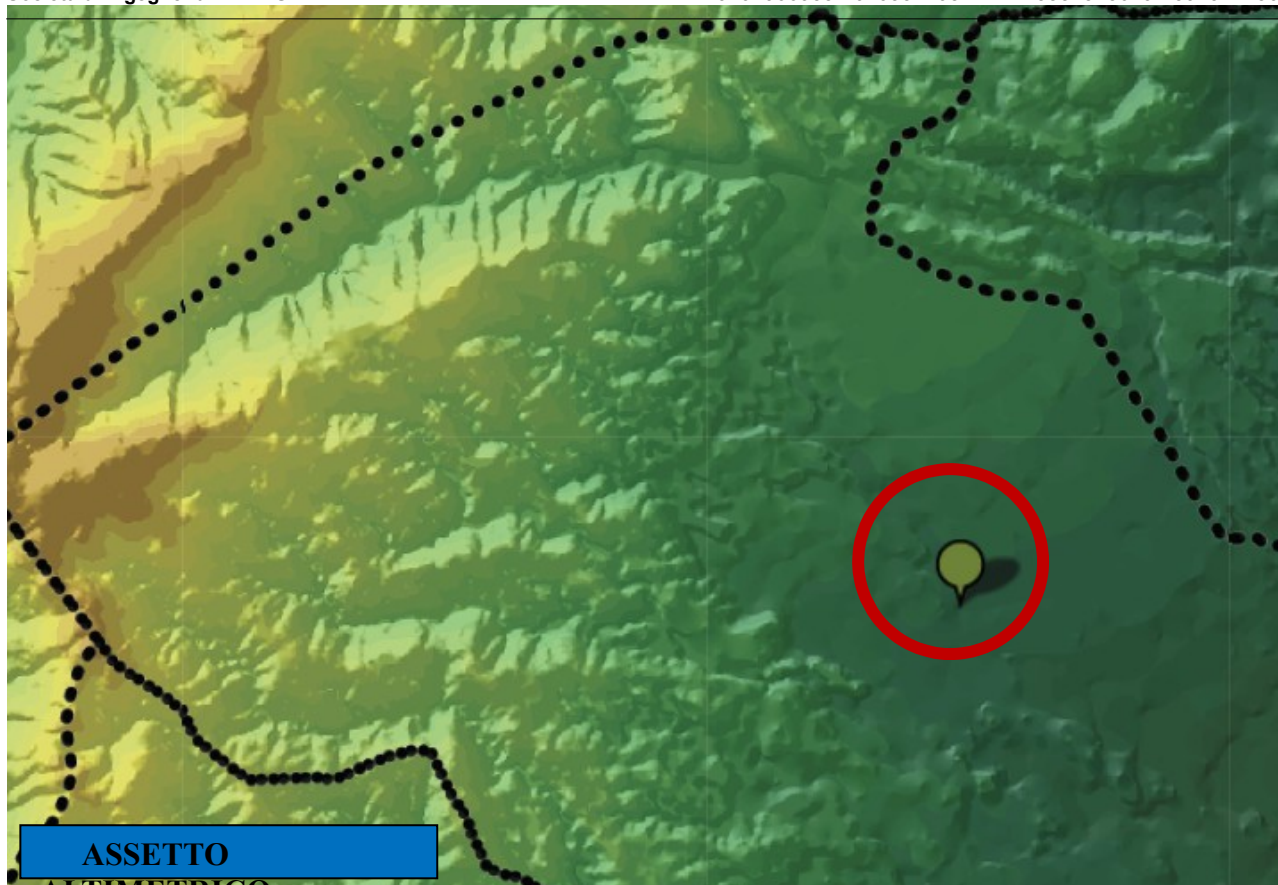


FIGURA 3.6 - Assetto dell'area vasta rispetto al sito di imposta del ponte (da www.sardegnageoportale.it/webgis2).



FIGURA 3.7 – Panoramiche del Rio Gora Manna in prossimità del Ponte A (Immagini estratte dal D.P.P. del Comune).

A memoria d'uomo si rileva che il deflusso degli attuali corsi d'acqua del settore è strettamente legato alla stagionalità delle piogge, motivo per cui durante la stagione secca (maggio-settembre) i letti fluviali appaiono in parte o del tutto privi di deflusso superficiale pur mantenendo, nei tratti a valle, una circolazione idrica in sub-alveo. Sono altresì contraddistinti da piene autunnali (ottobre-novembre) e massimi di portata nei mesi di febbraio-marzo sebbene irregolari.

Come avvenuto nel novembre 2013, in concomitanza con eventi piovosi, la rete di compluvi nel settore di piana non è in grado di smaltire le acque drenate dai rilievi montuosi essendo i deflussi costretti nelle gore e nei canali artificiali interpoderali realizzati

con finalità di bonifica e di supporto all'agricoltura: nonostante le basse acclività, gli effetti delle precipitazioni intense e perdurevoli non si attenuano, per cui le acque superficiali incanalate mantengono la loro impetuosità che accresce verosimilmente con gli apporti secondari, fino a mettere in crisi tutto il sistema di drenaggio con conseguente esondazione a danno del comparto antropizzato compreso quello urbano.

4 Inquadramento delle opere nei Piani di Settore idrogeologico

4.1 Piano stralcio di assetto idrogeologico

Il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino unico della Regione Sardegna è stato redatto in conformità con quanto stabilito dalla Legge 183/89: "Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo"; dal D.L. 180/98: "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella regione Campania", convertito con modificazioni dalla L.267/98; decreto legge 12.10.2000, n. 279, "Interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato e in materia di protezione civile, nonché a favore delle zone colpite da calamità naturali", convertito con modificazioni dalla legge 11.12.2000, n. 365.

Il PAI ha la finalità di garantire nel territorio della Regione Sardegna adeguati livelli di sicurezza di fronte al verificarsi di eventi idrogeologici di rilievo. Attraverso il piano sono state individuate le aree con diversi livelli di pericolosità idraulica e con pericolosità da frana, al fine di bloccare la nascita di nuove situazioni di rischio, controllare quelle esistenti allo scopo di non consentire l'incremento del rischio stesso; ed eliminare o ridurre le condizioni di rischio attuali. Il PAI si occupa delle opere finalizzate alla regolazione dei corsi d'acqua del reticolo principale e secondario, al controllo delle piene, alla migliore gestione degli invasi, puntando contestualmente alla valorizzazione della naturalità delle regioni fluviali; si occupa della redazione dei programmi di manutenzione dei sistemi di difesa esistenti e di monitoraggio per controllare l'evoluzione dei dissesti.

Il Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico, P.A.I., (Interventi sulla rete idrografica e sui versanti, L. 18 Maggio 1989, n. 183, art. 17, comma 6 ter D.L. 180/98 e successive modifiche ed integrazioni) prevede una serie di limitazioni sulla pianificazione per le aree a pericolo di frana e/o di inondazione e di tutele e limitazioni sulle aree a rischio di frana e/o di inondazione.

I territori su cui ricade l'intervento in progetto ricade all'interno del Bacino n.7 Flumendosa-Campidano-Cixerri. Dall'analisi della cartografia regionale del PAI, risulta che il territorio delle aree di intervento è interessato da perimetrazioni di pericolo di inondabilità, determinate a seguito dell'approvazione degli studi di dettaglio, redatti ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle NTA del PAI. Tali studi, approvati con Delibera del Comitato Istituzionale n. 7 del 17/05/2016, hanno definito le le aree di pericolosità.

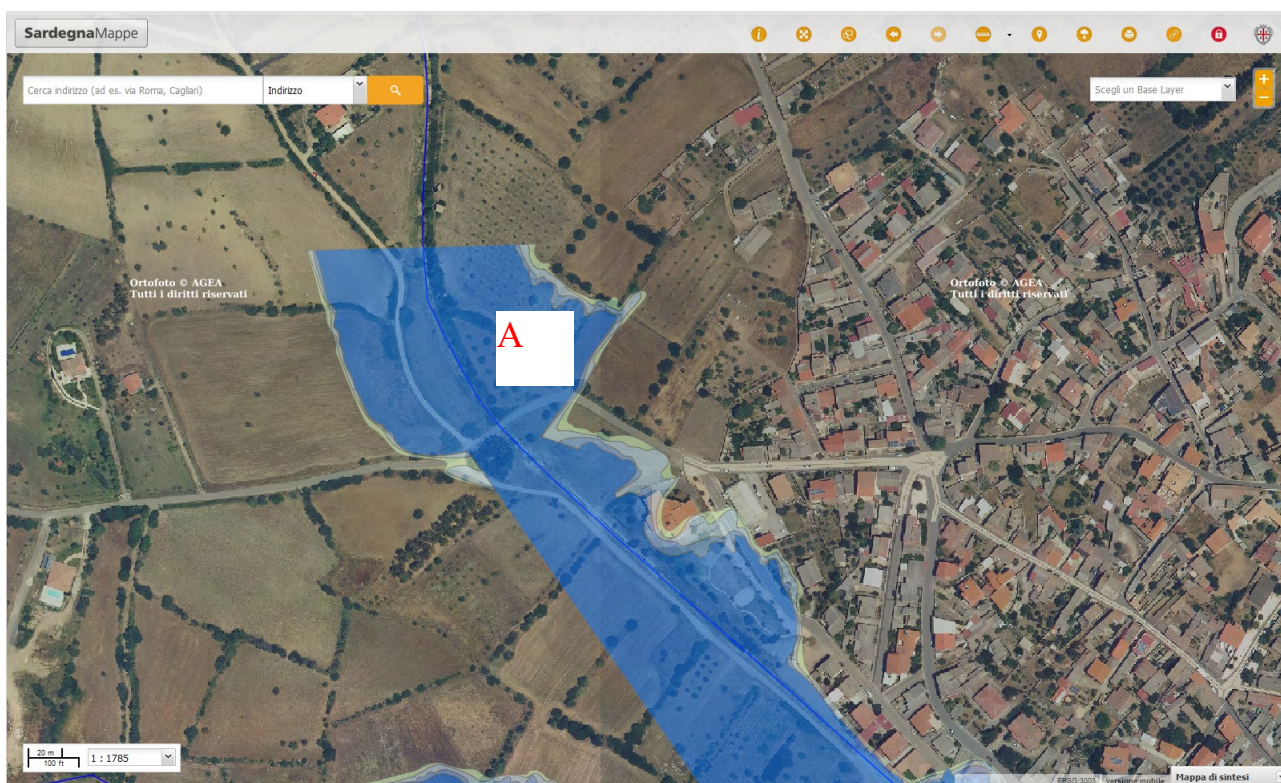


Illustrazione 11: Stralcio dello studio art. 8 comma 2 del PAI (www.sardegnageoportale.it)

4.2 Piano Stralcio delle Fasce Fluviali

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (PSFF) è redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 della legge 19 maggio 1989 n. 183, quale Piano Stralcio del Piano di Bacino Regionale relativo ai settori funzionali individuati dall'art. 17, comma 3 della L. 18 maggio 1989, n. 183.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo, mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso riguardanti le fasce fluviali.

Il Piano Stralcio delle Fasce Fluviali costituisce un approfondimento ed una integrazione necessaria al Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) in quanto è lo strumento per la

delimitazione delle regioni fluviali funzionale a consentire, attraverso la programmazione di azioni (opere, vincoli, direttive), il conseguimento di un assetto fisico del corso d'acqua compatibile con la sicurezza idraulica, l'uso della risorsa idrica, l'uso del suolo (ai fini insediativi, agricoli ed industriali) e la salvaguardia delle componenti naturali ed ambientali. Nel piano stralcio delle fasce fluviali l'intervento è compreso nel bacino idrografico n.7 Flumendosa-Campidano-Cixerri, Dall'analisi della cartografia regionale del PSFF, l'area oggetto di intervento non è soggetta a perimetrazioni del PSFF.

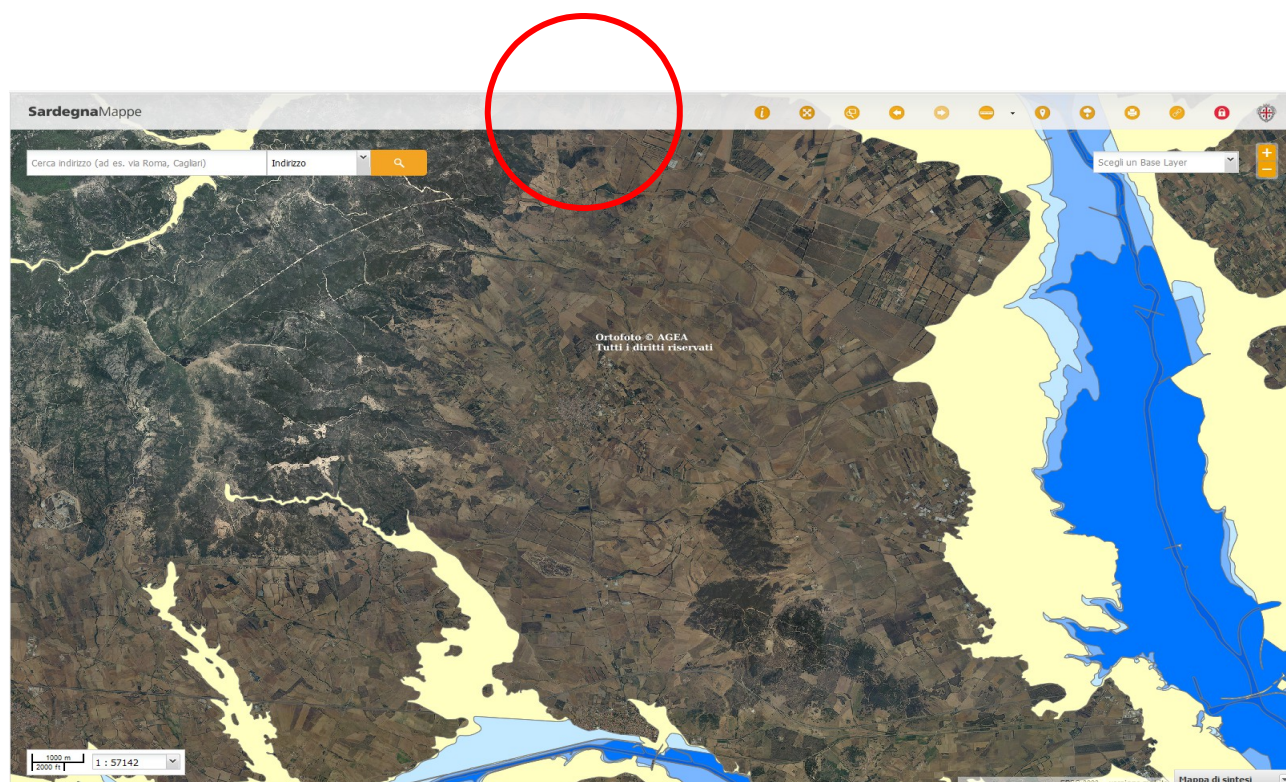


Illustrazione 12: Stralcio del Piano Stralcio delle Fasce Fluviali (www.sardegnaeopoitale.it)

5 Descrizione dello stato attuale

Il rio Gora Manna, in corrispondenza dell'abitato di Vallermosa, interferisce con il reticolo stradale in due punti, individuati nella **Errore: sorgente del riferimento non trovata**

precedente con le lettere A e C. Il ponte C è già stato realizzato a seguito dell'esecuzione delle opere previste nel progetto di *“Ricostruzione e riqualificazione di n. 2 ponti lungo il rio Gora Manna all'interno del centro abitato di Vallermosa e riadeguamento del tratto di alveo compreso tra essi - Lotto Uno: Demolizione e ricostruzione del ponte sul Riu Gora Manna e adeguamento localizzato della sezione idraulica dell'alveo”*. Il progetto, redatto dall'ing Sandro Catta, in sintesi ha previsto la realizzazione del ponte C e un adeguamento parziale dell'alveo nel tratto più prossimo al ponte.

Il ponte A rappresenta la sezione di chiusura del sub bacino avente una estensione di circa 5,700 kmq. Da una verifica fatta sulle perimetrazioni individuate dagli studi redatti ai sensi dell'art. 8 comma 2 delle NTA del PAI (approvati con Delibera del Comitato Istituzionale n. 7 del 17/05/2016), appare abbastanza evidente come il ponte A, allo stato attuale, presenti delle forti criticità idrauliche. Si veda in proposito il paragrafo Piano stralcio di assetto idrogeologico successivo.

Sono stati condotti accurati rilievi topografici lungo gran parte dell'alveo. Il tratto di corso d'acqua rilevato si sviluppa per una lunghezza totale di circa 1.300 metri ed è interessato dalla presenza di 4 ponti, indicati nella *Illustrazione 4* che segue con le lettere dalla A alla D.



Illustrazione 4: Posizione dei ponti e delle soglie

Il fondo dell'alveo del settore a monte del ponte A (Rio Gora Manna), è caratterizzato da una sistemazione naturale affiancata ad una sponda, a ridosso del ponte, in mattonelle regolari di cemento.

Nel settore centrale, tra il Ponte A ed il rivestimento realizzato nei pressi del ponte C, a seguito della realizzazione dei lavori del Lotto 1, si ha un letto di materiale cementizio nel tratto iniziale, sistemazione naturale nel tratto centrale e cemento a ridosso del ponte A.



Illustrazione 5: Sistemazione dell'alveo nel tratto a monte



Illustrazione 6: Particolare rivestimento a ridosso del ponte A



Illustrazione 7: Sistemazione dell'alveo sotto il ponte A



Illustrazione 8: Sistemazione oltre il ponte A

La larghezza dell'alveo risulta mediamente costante fino al raggiungimento dell'area interessata dagli interventi di cui al Lotto 1.

In corrispondenza del ponte oggetto di intervento è stato eseguito, lato monte, un rilievo speditivo dei prospetti; il rilievo è stato quindi appoggiato sull'immagine relativa, geometricamente raddrizzata con software dedicato.



Illustrazione 9: Ponte A

6 Interventi in progetto

L'intervento in progetto va ad integrare le opere eseguite in corrispondenza del Ponte C a valle. Queste consistono in una pluralità di lavorazioni, schematizzate nel seguente elenco:

1. Demolizione del ponte A e ricostruzione dello stesso con prefabbricati articolati costituiti da più corpi in calcestruzzo collegati tra loro da tondini di acciaio che costituiscono l'armatura principale della struttura finita. Il ponte A sarà realizzato con soluzione a due elementi prefabbricati e 10 metri di campata.
2. risagomatura e rivestimento della sezione idraulica dell'alveo del Rio Gora Manna con una sezione costante di dimensioni base di 5 m, sponde inclinate a 45° ed altezza adeguata in funzione del rispetto del franco idraulico. La sezione verrà

rivestita con pietrame con giunti stilati con additivi colorati simili alle sponde naturali per garantire la mitigazione dell'impatto ambientale;

3. Raccordo del canale, a partire dalla fine del tratto risagomato e rivestito, attraverso risagomatura della sezione e regolarizzazione delle pendenze del fondo dell'alveo, sino ad arrivare alla sezione attuale.

Nella presente progettazione, oltre all'adeguamento del ponte A, è oggetto di interesse, data la natura del finanziamento, una limitata porzione dell'alveo in corrispondenza del ponte A.

Lo sviluppo è stato studiato attraverso una modellazione idraulica, descritta nel paragrafo Analisi idraulica seguente, al fine di valutare l'andamento della corrente tra i due tratti sistemati.

Nel Rio Gora Manna già oggetto di intervento, fondo e sponde sono stati realizzati in pietra allettata con malta cementizia. Al fine di garantire continuità tra gli interventi, sia idraulica che paesaggistica, sarà mantenuta tale modalità costruttiva, anche nell'estensione della sezione di imbocco al nuovo ponte, nel rispetto dei franchi idraulici della sezione di piena valutata sui 200 anni. Tale aspetto verrà trattato nel paragrafo Franco idraulico.

In corrispondenza dell'attraversamento sono previsti fondo e pareti in calcestruzzo liscio.

6.1 Opere di difesa spondale

Secondo lo schema utilizzato negli interventi di adeguamento del ponte C di cui al più volte citato Lotto 1, la sezione trapezia è composta, per la parte sommersa dalle portate bicentenarie, da massi allettati con malta cementizia, e nella restante parte in terra rivestita da geotessile inerbito.

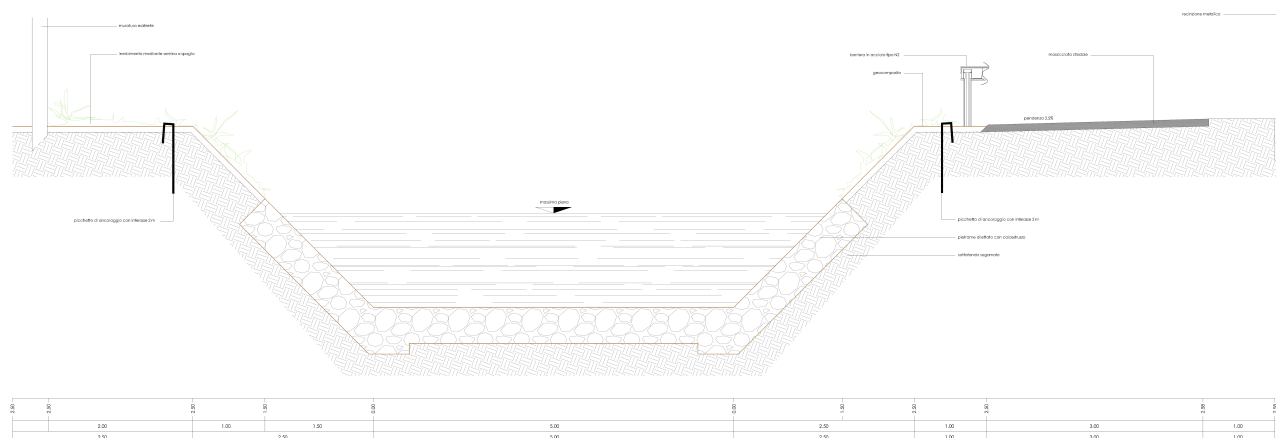


Illustrazione 10: Estratto dal progetto esecutivo del I Lotto (ponte C) – tavola 11

La diversa sporgenza dei sassi è stata data per conferire alla superficie una scabrezza che favorisce la turbolenza e la perdita di energia della corrente.

La scelta delle protezioni spondali adottata nel primo lotto, che ricorre alla tipologia in massi e pietre cementati, è necessaria data la limitata distanza dall'alveo, prevalentemente in sinistra idraulica, e il centro edificato.

6.2 Opere di attraversamento

Per omogeneizzarsi alle opere già realizzate, la soluzione scelta per l'opera di attraversamento risulta simile a quella del ponte C realizzato, progettato utilizzando strutture prefabbricate.

La soluzione di progetto prevede una particolare geometria che garantisce l'esatto posizionamento reciproco delle varie parti e rapida operazione di posa in opera del manufatto.

La struttura sarà costituita da una successione di archi prefabbricati in cemento armato uguali fra loro, posati su due cordoli di fondazione anch'essi in cemento armato. Ogni arco è costituito da due elementi prefabbricati che, a montaggio ultimato, costituiscono ciascuno un ritto, una trave inclinata sull'orizzontale di 45° e una trave orizzontale.

I vari elementi prefabbricati che costituiscono la struttura sono posati in opera affiancati, quasi a contatto tra loro. L'armatura è in parte inserita all'interno degli elementi prefabbricati, in parte posata in opera negli appositi vani fra un prefabbricato e l'altro e nelle articolazioni. Successivamente i prefabbricati sono solidarizzati tra loro con un getto di calcestruzzo in opera che congloba le armature aggiuntive in opera e rende la struttura monolitica.

I prefabbricati sono costruiti in modo da formare delle cerniere statiche nel collegamento alla fondazione; mentre il collegamento centrale fra i due semiarchi è reso monolitico dai getti in opera e dalle armature integrative. Sulla struttura è situata una soletta collaborante gettata in opera.

La trasmissione degli sforzi tra un arco prefabbricato ed il successivo avviene sia sull'intero sviluppo dell'arco nel suo intero spessore, sia tramite apposite travi trasversali in cemento armato localizzate negli spigoli tra le varie falde.

Le cerniere laterali, situate alla base dei montanti verticali, collegano il piede del prefabbricato, opportunamente profilato, e il getto di sigillatura solidale alla fondazione.

Ne risulta una struttura di celere realizzazione, protetta dalla corrosione del terreno, durevole nel tempo.

Sezione A-A

1:100

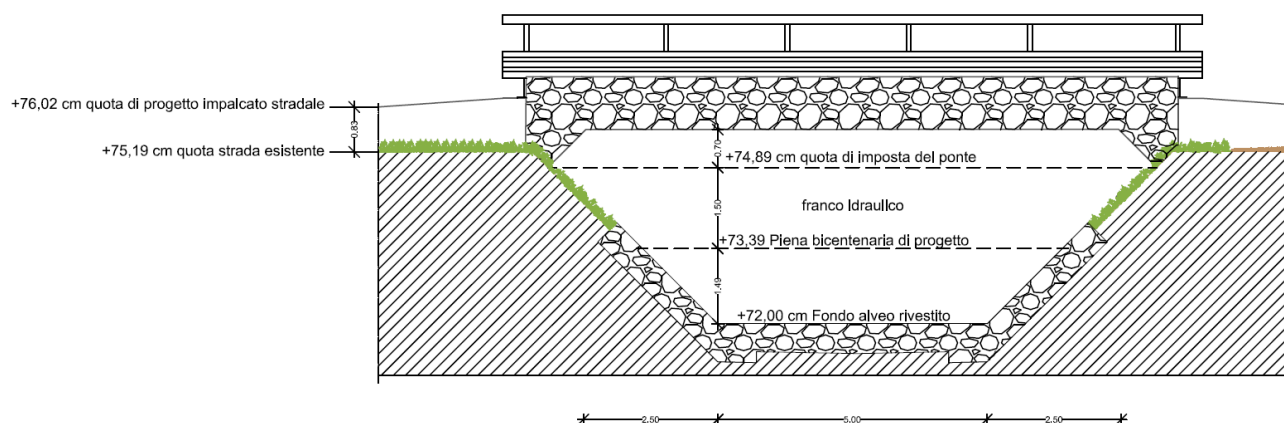


Illustrazione 11: Sezione schematica dell'attraversamento

7 Analisi idraulica

L'analisi idraulica delle opere in progetto, ha lo scopo di determinare i profili di corrente relativi ai quattro tempi di ritorno per i quali sono state calcolate le portate di piena nell'ambito dello studio idrologico sopra descritto.

Lo studio viene redatto a conferma di quanto riportato all'interno dello studio idraulico redatto in fase di progettazione del primo lotto.

Al fine del dimensionamento dell'opera in progetto, si calcola il Franco idraulico, così come disciplinato dall'art. 5.1.2.3 delle NTC 2018 e dall'articolo 21 delle NTA del PAI. Si veda, in proposito, il paragrafo Franco idraulico successivo.

L'analisi è stata condotta con il codice di calcolo HEC RAS. Tale codice di calcolo è sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center dell'U.S. Army Corps of Engineers. Il software è in grado di analizzare e risolvere i calcoli legati al tracciamento del profilo idrico di un corso d'acqua in regime di moto permanente e/o in regime di moto vario, nonché le problematiche legate al trasporto solido.

In ciascuna di queste tre tipologie di studio il programma è in grado di utilizzare sia le proprietà intrinseche del terreno (in particolare in termini di coefficiente di scabrezza di Manning), sia le proprietà geometriche della sezione del corso d'acqua.

Per una comprensione delle caratteristiche del citato codice, si rimanda all'elaborato progettuale **XXXX Relazione idrologica e idraulica**.

7.1 Dati di input e risultati delle simulazioni

Sezioni trasversali

I primi dati da inserire nel modello sono: l'andamento planimetrico del corso d'acqua e le sezioni trasversali più significative. La scelta di queste ultime è basata sulla necessità di suddividere l'asta in tratti omogenei per caratteristiche idrauliche.

Localizzazione planimetrica dei corsi d'acqua

Il reticolo idrografico introdotto in Hec Ras e la localizzazione delle sezioni utilizzate per la simulazione idraulica, sono riportati nella seguente immagine:



Illustrazione 22: Localizzazione sezioni nel corso d'acqua analizzato

7.1.1 Valori di portata adottati

Le verifiche sono state effettuate per valori di portata corrispondenti rispettivamente ai

tempi di ritorno di 50, 100, 200, 500 anni.

Si riportano nelle seguenti tabelle le stime delle portate di piena, determinate dalla considerazione riportate nel paragrafo **Errore: sorgente del riferimento non trovata** con particolare riferimento al paragrafo **Errore: sorgente del riferimento non trovata**.

Portata di progetto

Bacino	Q Tr50	Q Tr100	Q Tr200	Q Tr500
n. 1 Riu Gora Manna	33.59	38.827	47.42	55.764

7.1.2 Condizioni al contorno

Nel caso specifico, il codice di calcolo HEC-RAS è stato utilizzato in condizioni di moto permanente e i valori di portata al colmo applicati nelle simulazioni, che per definizione restano costanti nel tempo, sono stati definiti nell'ambito dell'analisi idrologica.

Per quanto attiene le condizioni al contorno da introdurre per la simulazione in moto permanente, per il corso d'acqua in studio, dato che si è deciso di procedere in regime misto di corrente, si è reso necessario definire le condizioni al contorno sia a monte che all'estremo di valle. Per quanto riguarda le condizioni a monte, è stata imposta l'altezza di moto uniforme, in quanto la simulazione si svolge in regime di corrente lenta.

A valle, invece, si è imposta la quota alla sezione del ponte C, ricavata dalla simulazione idraulica di progetto del Primo Lotto, al fine di rendere congruenti gli studi. Si è scelta la sezione del ponte realizzata con lo scopo di prendere come riferimento una sezione sufficientemente lontana all'area di intervento, con lo scopo di consentire alla corrente assestarsi.

Lo studio è stato condotto fino alla sezione 74, corrispondente alla sezione immediatamente a monte del ponte di recente realizzazione.

7.2 Risultati modellazione idraulica in ambiente hec-ras

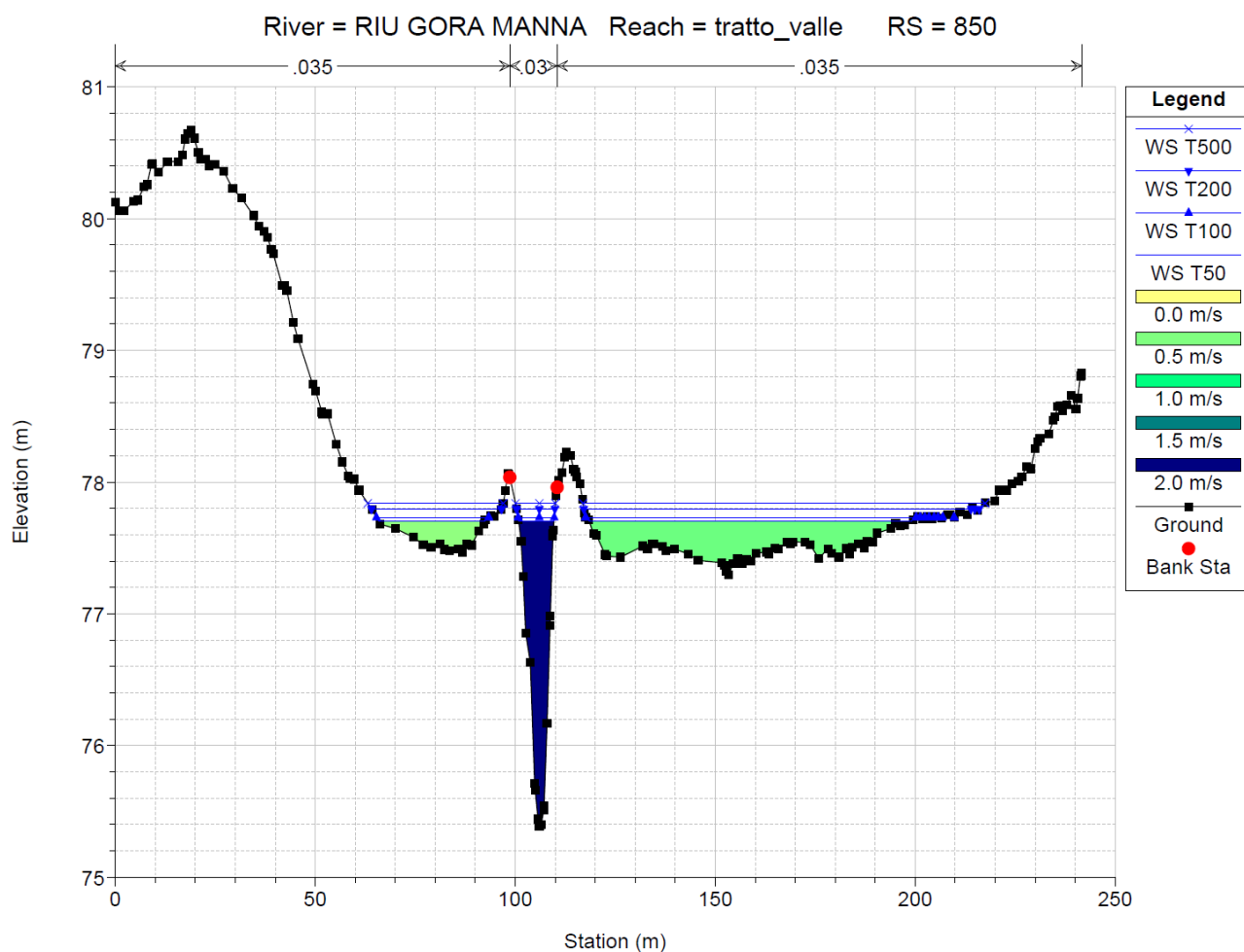
Di seguito verranno riportate per il bacino descritto nei precedenti paragrafi:

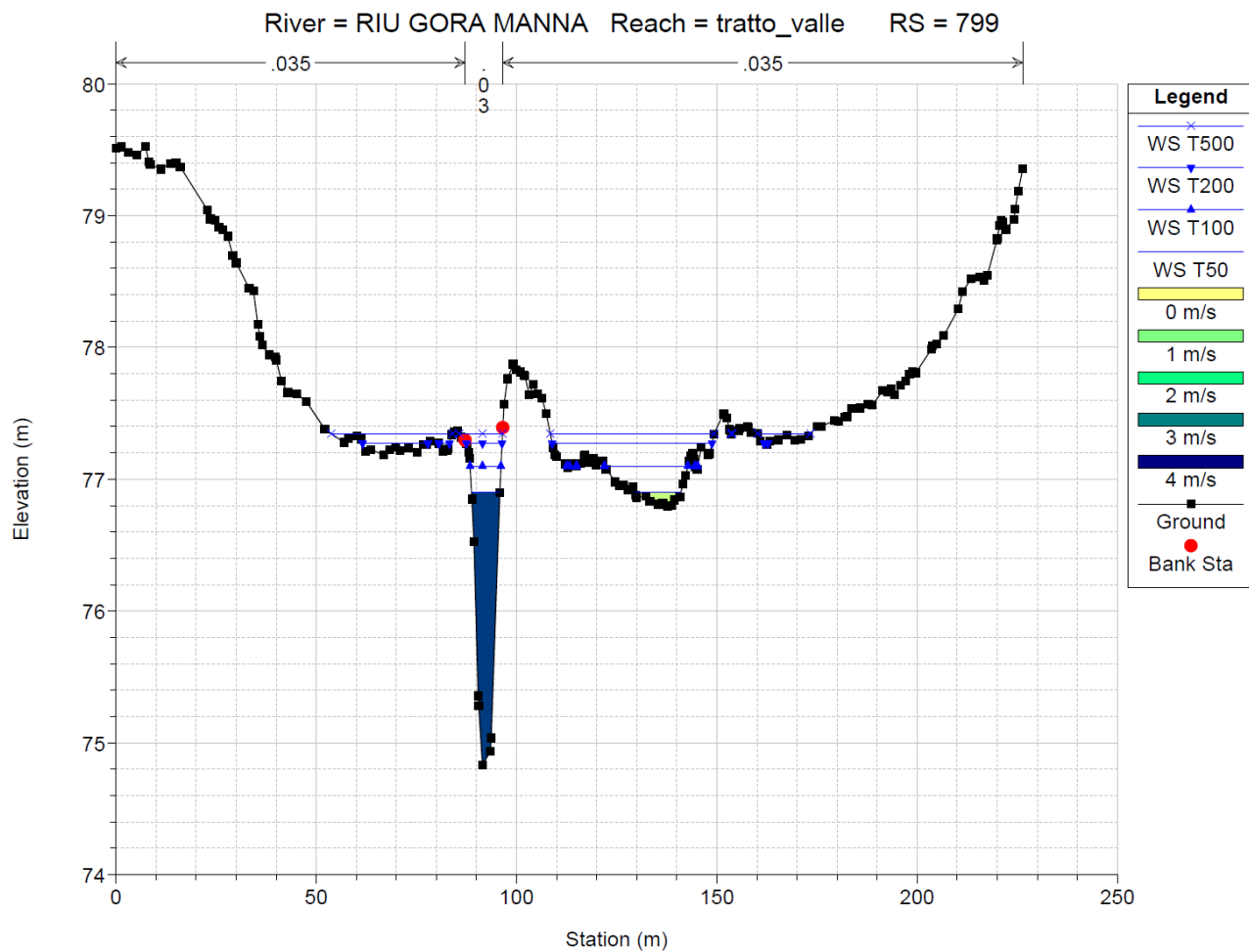
- Le sezioni idrauliche con i livelli idrici raggiunti per le portate corrispondenti ai vari tempi di ritorno;

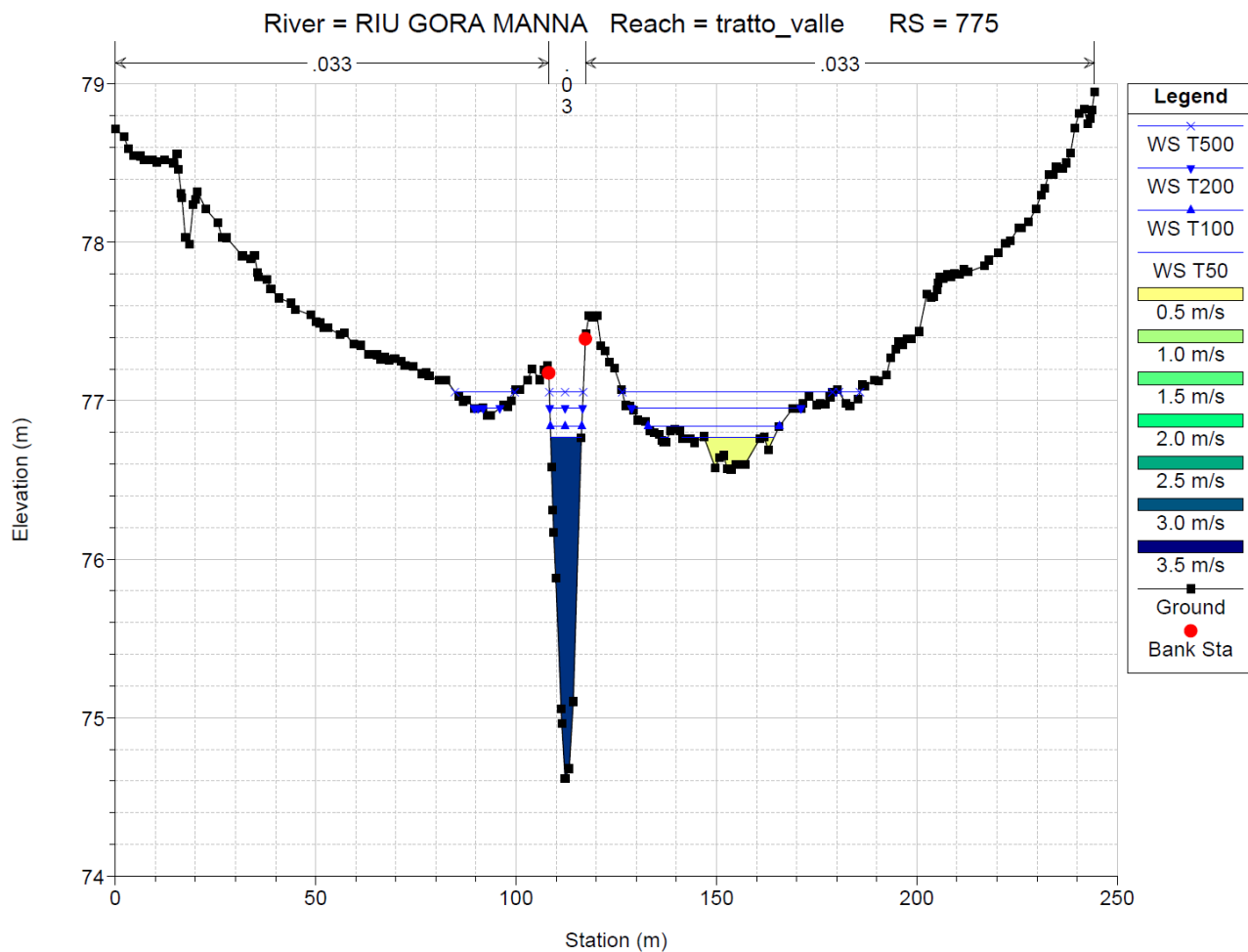
- Le principali grandezze idrauliche in forma tabellare, per ciascuna delle sezioni introdotte nel modello di simulazione.

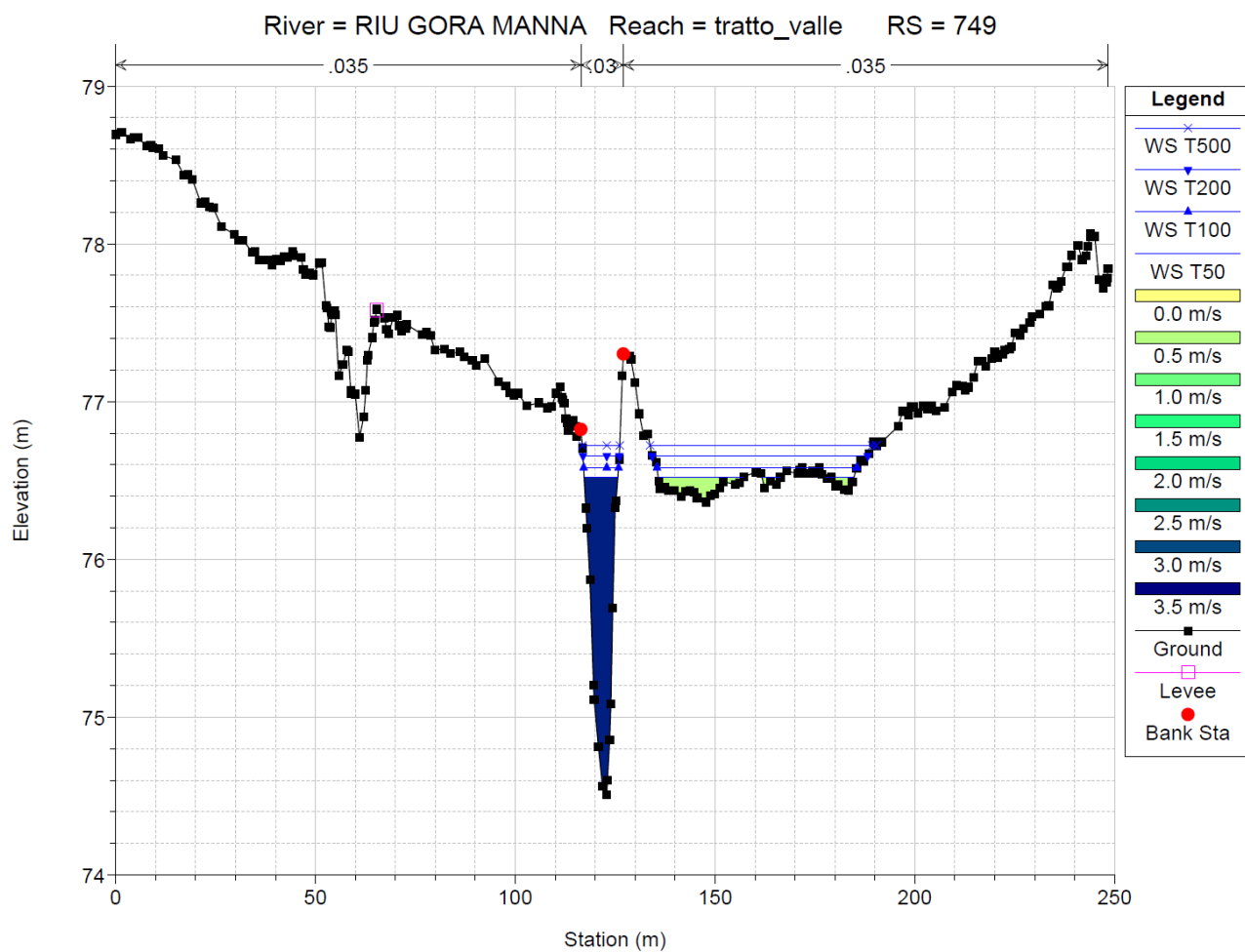
7.3 Risultati simulazione stato attuale

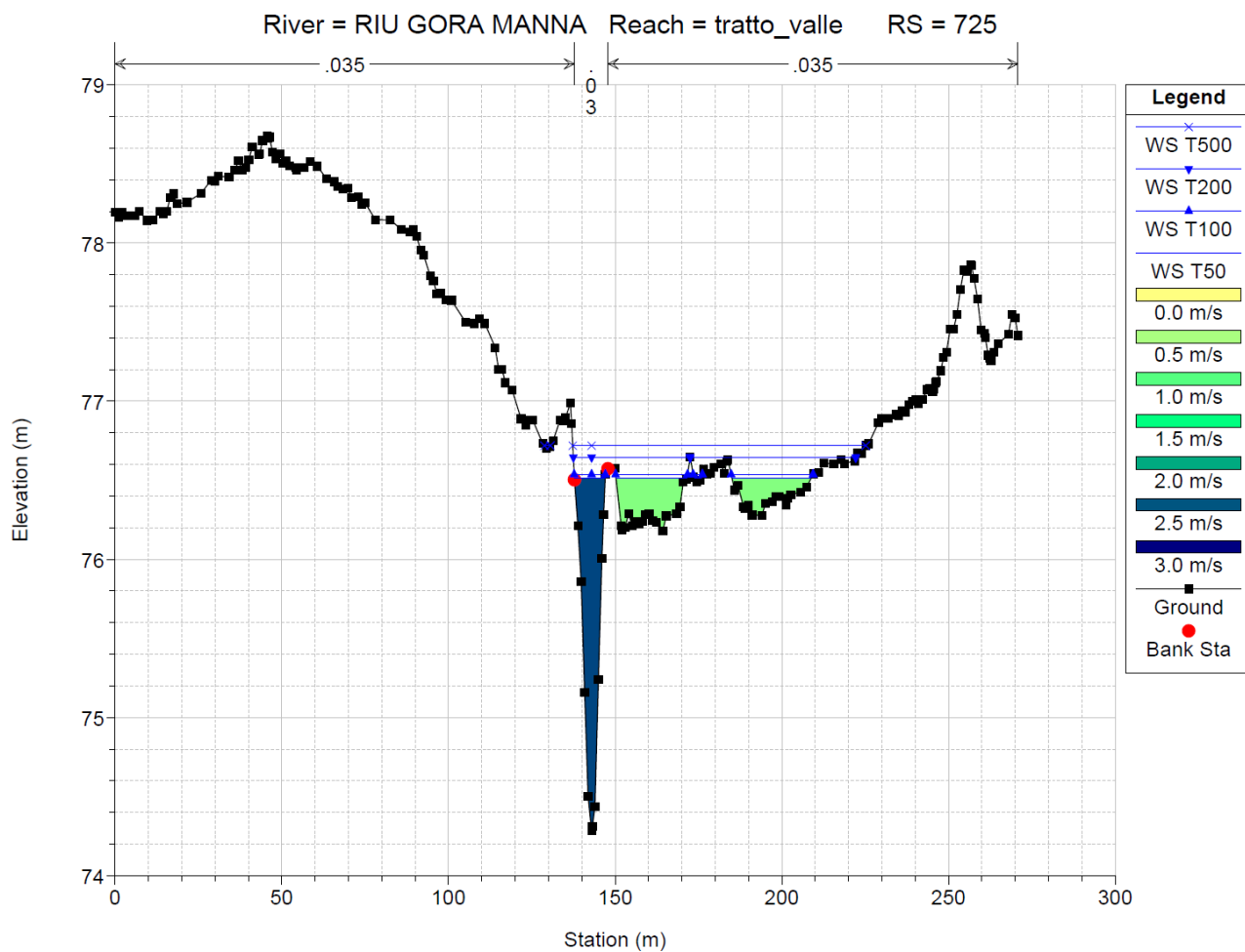
Nel presente paragrafo si riportano gli output al modello idraulico realizzato con Hec-Ras (sezioni, profilo e tabelle riepilogative) dello stato attuale, determinate secondo quanto illustrato nei paragrafi precedenti.

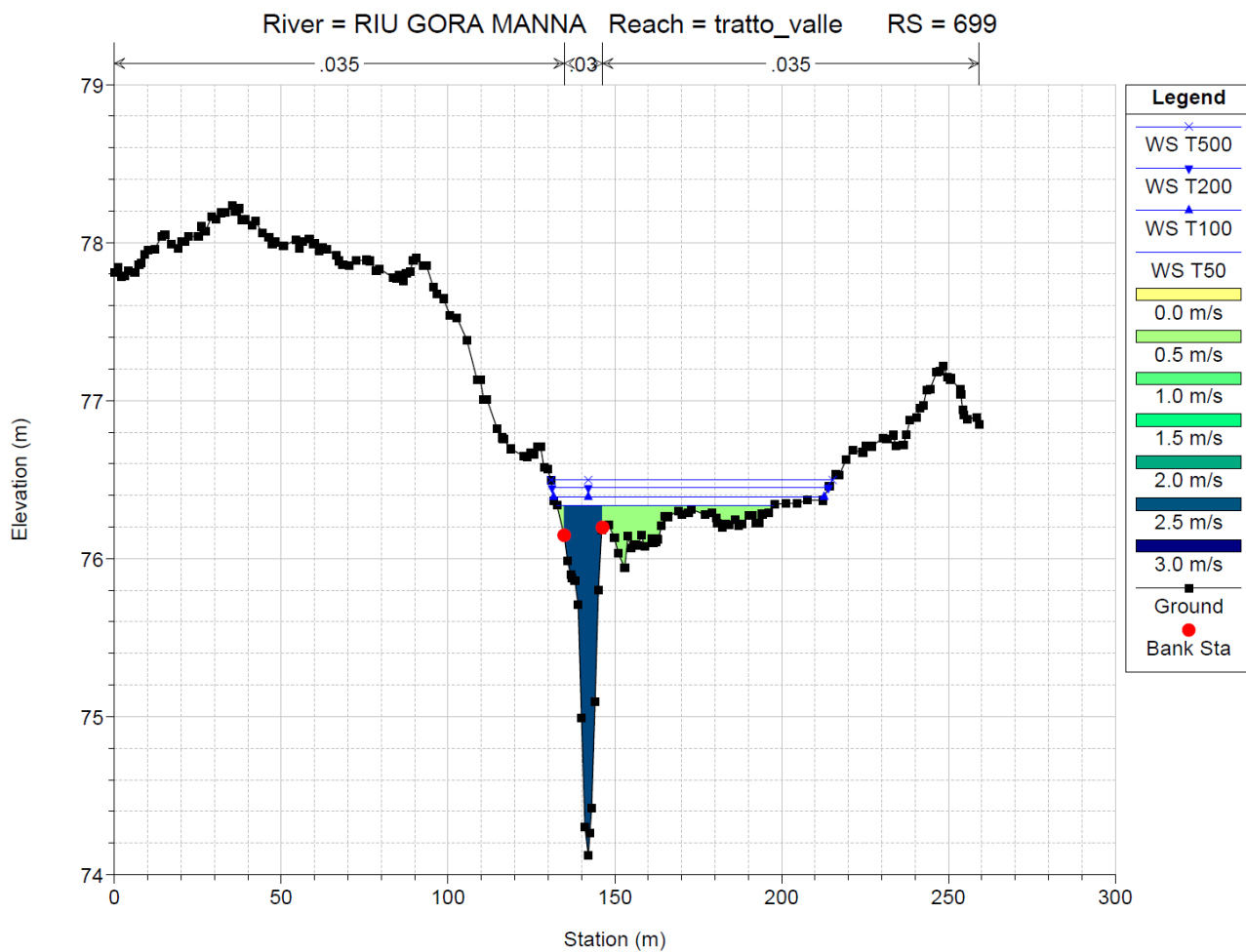


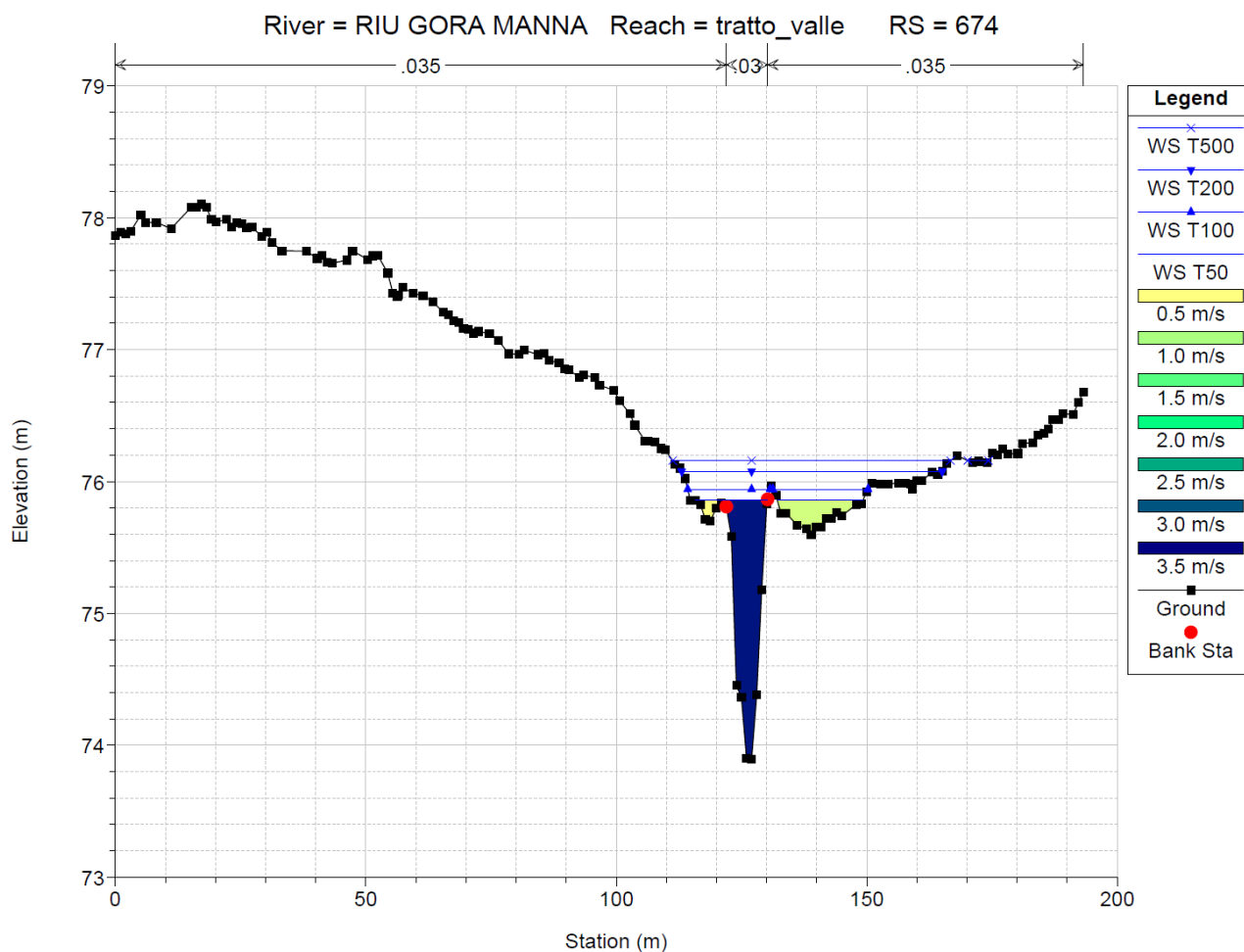


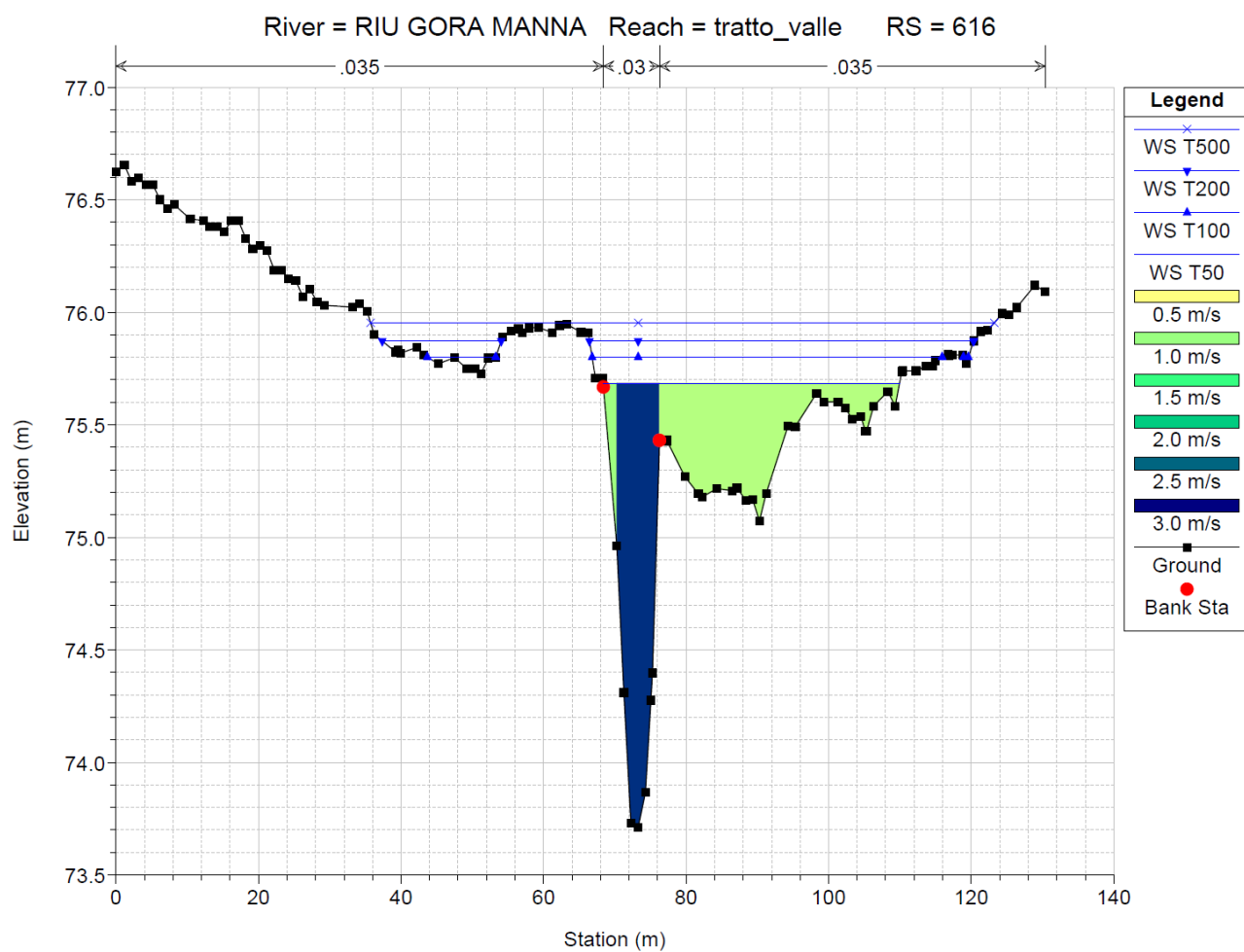


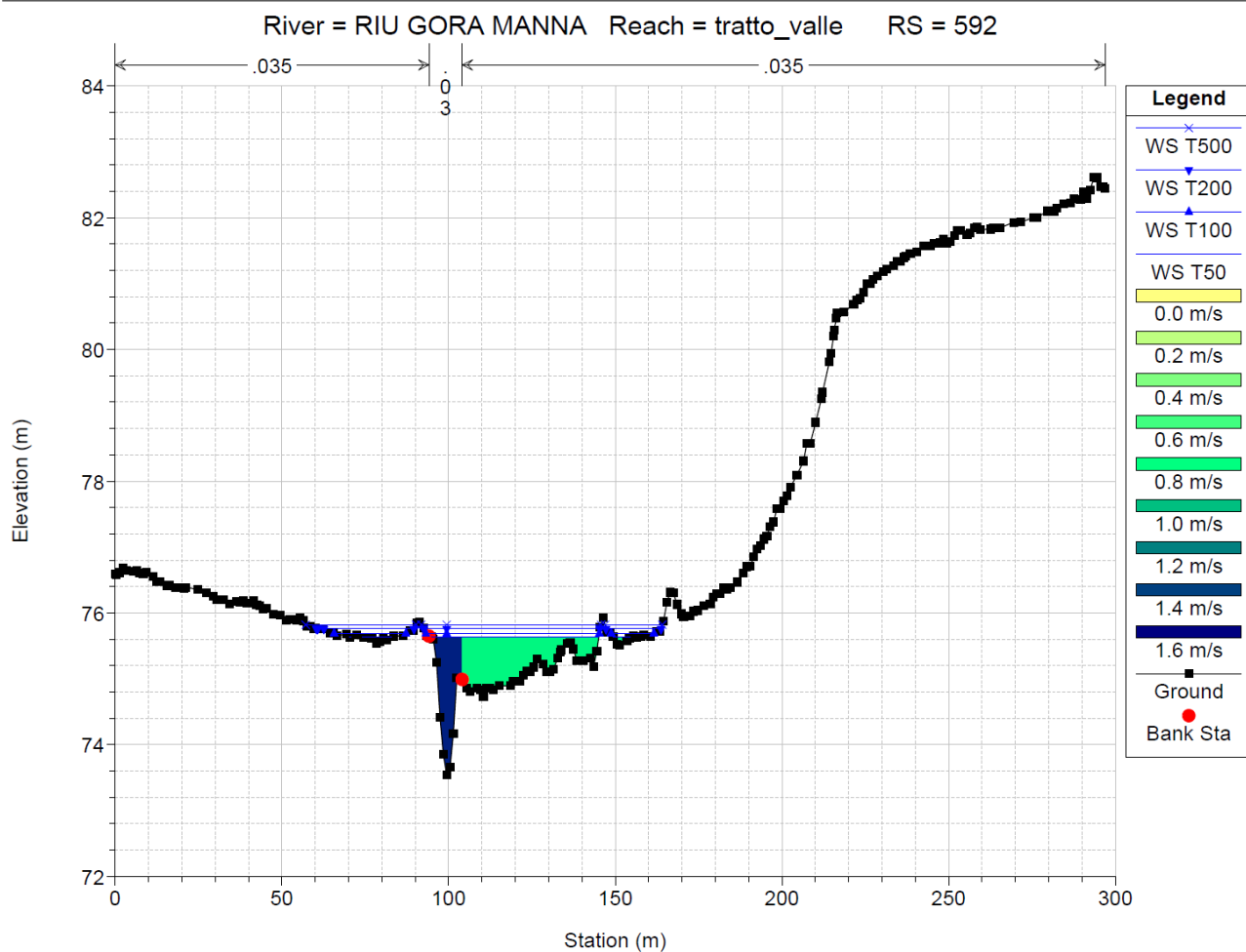


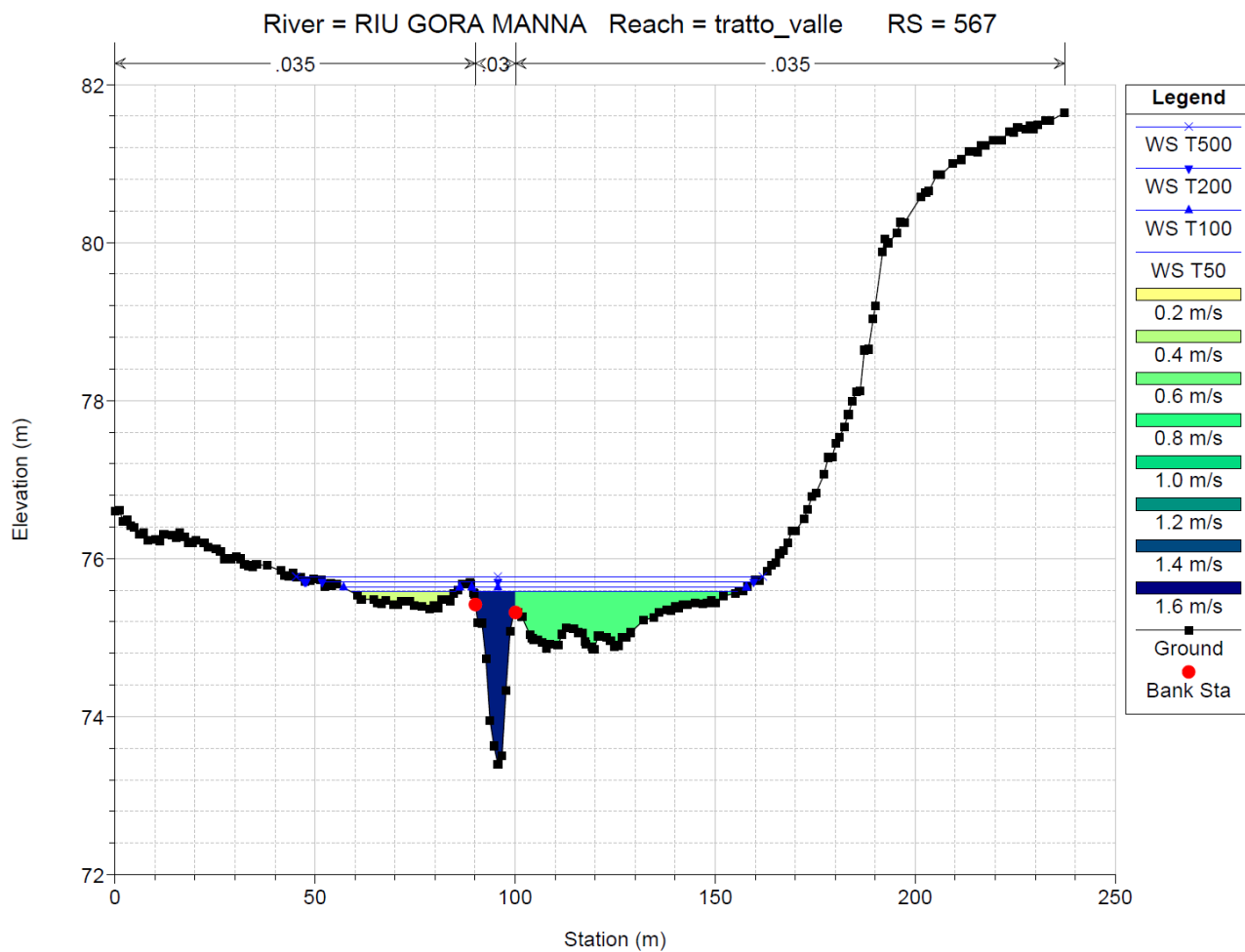


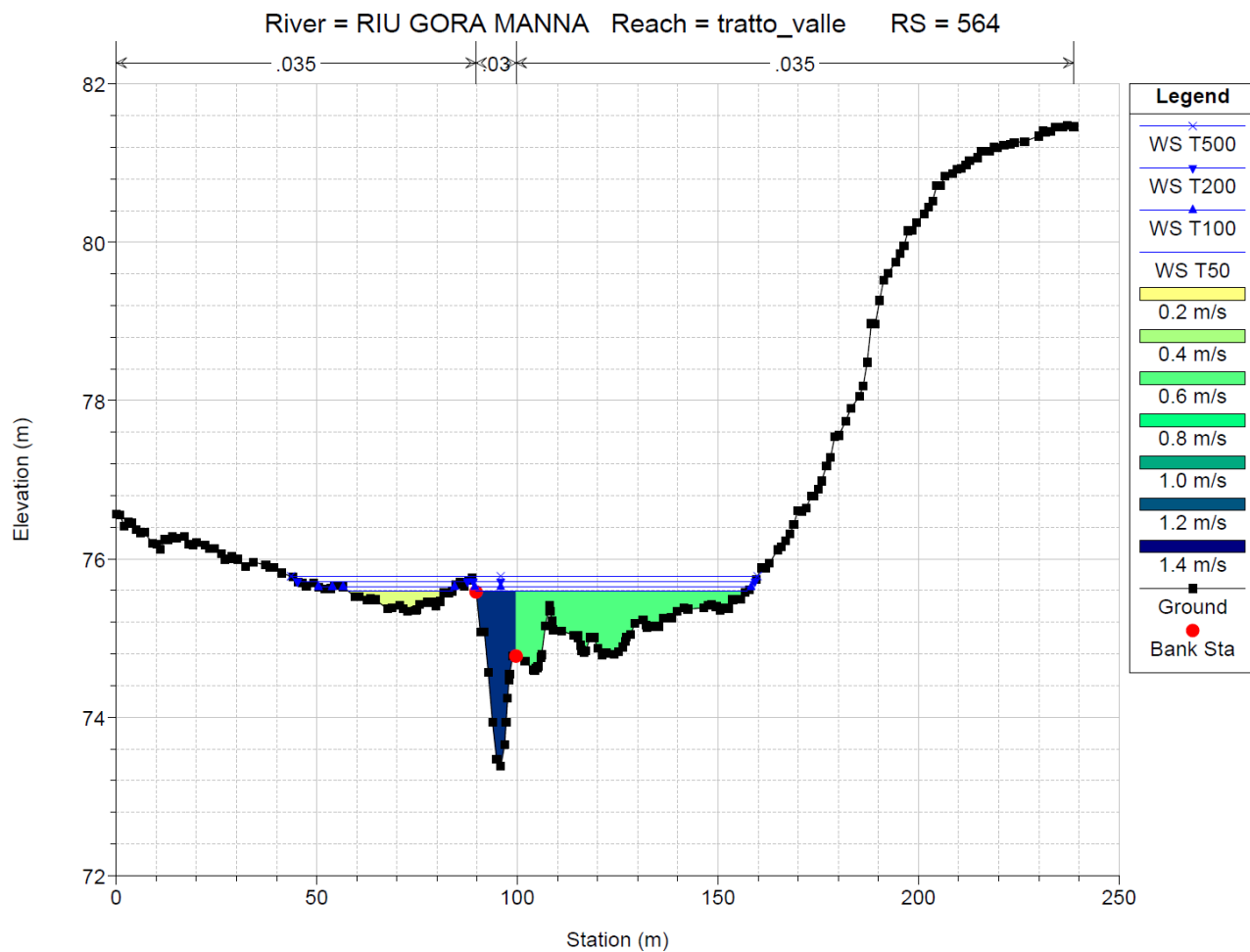


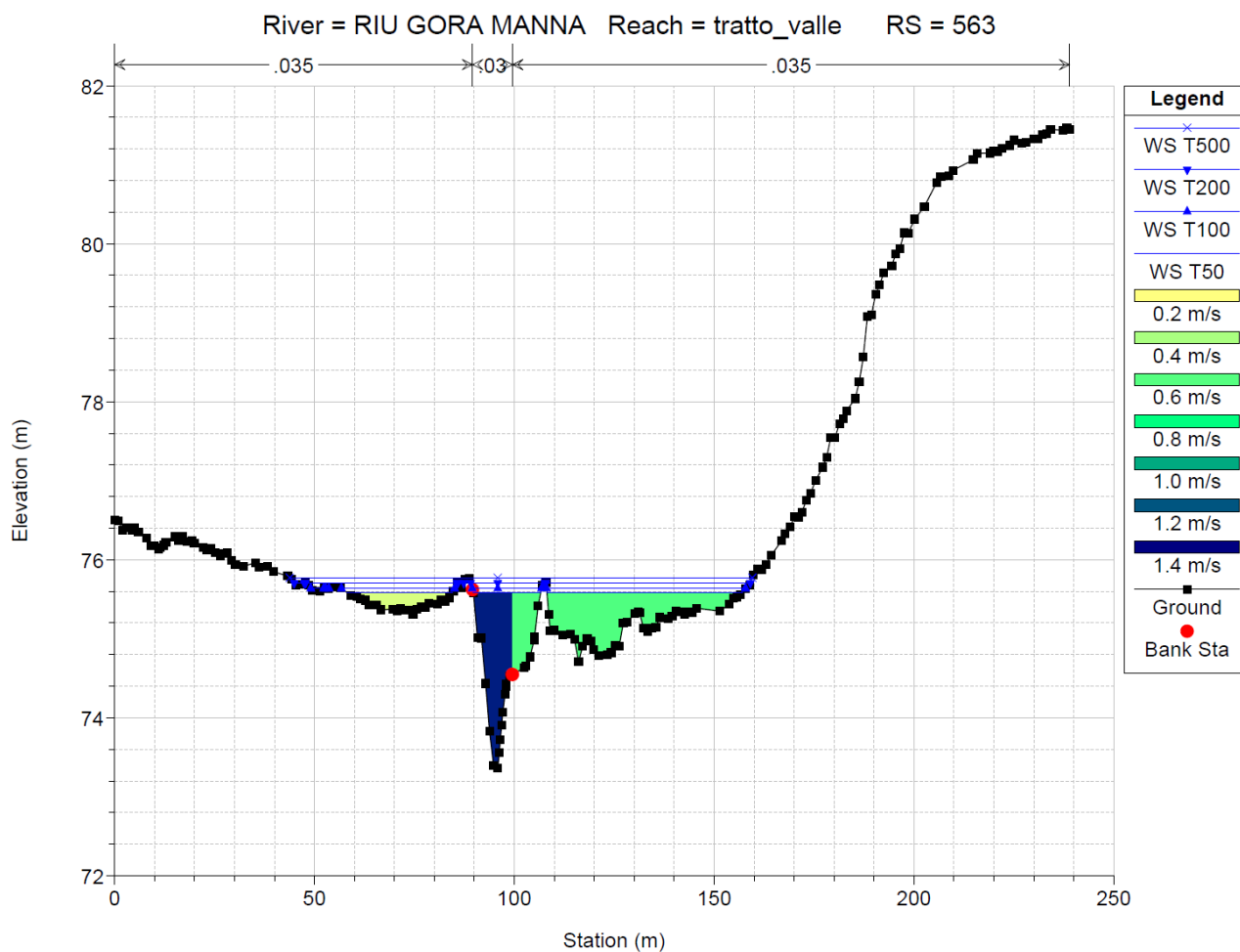


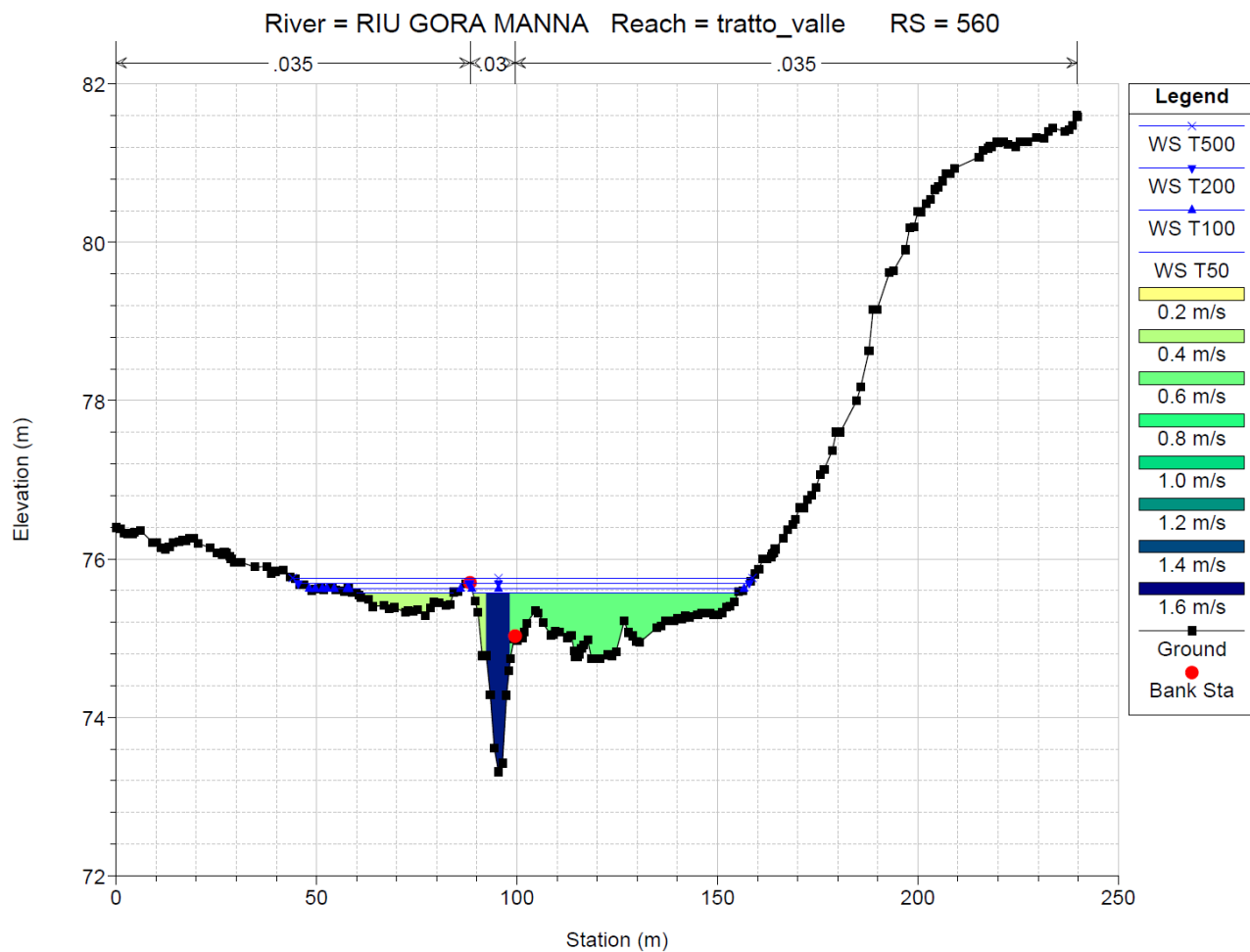


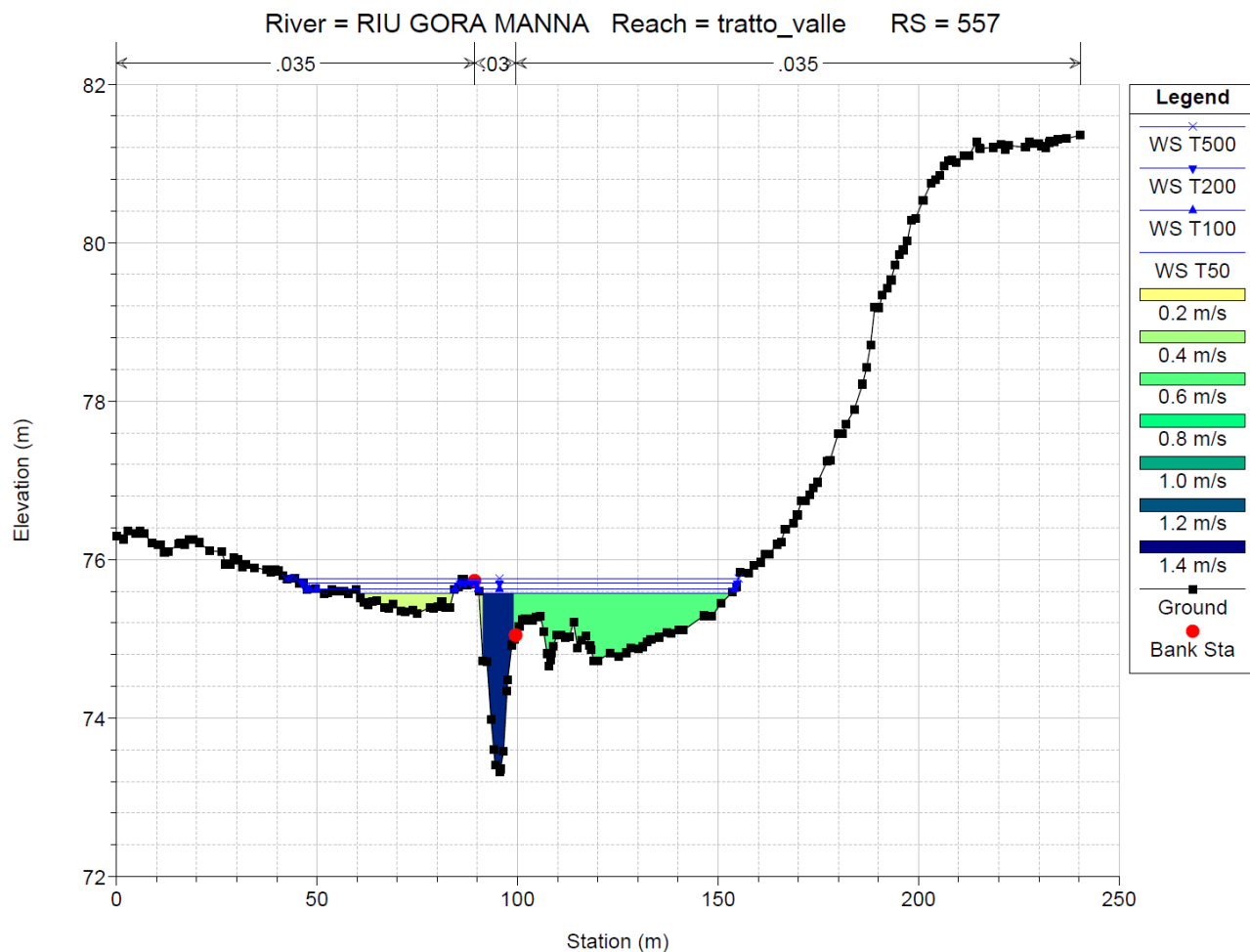


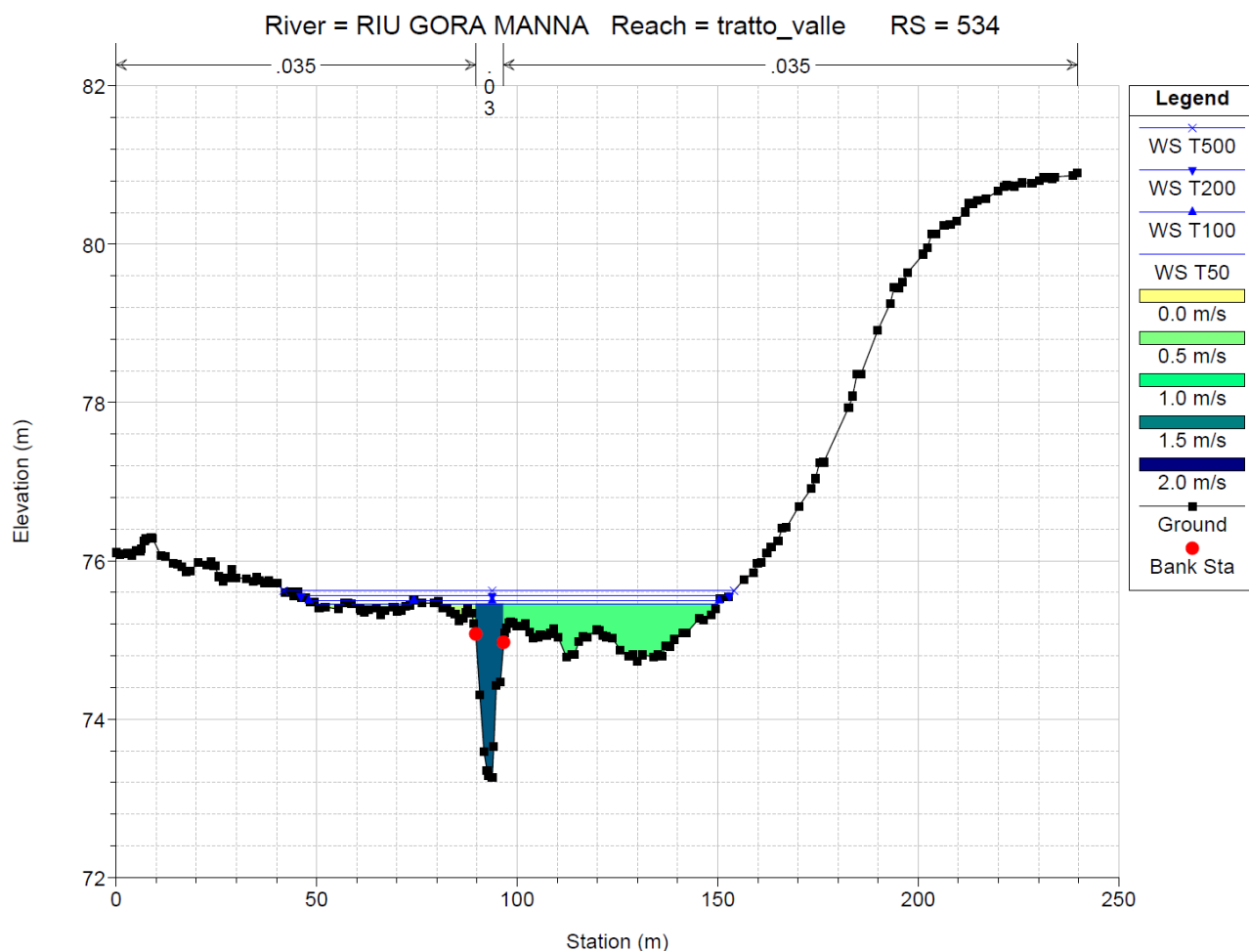


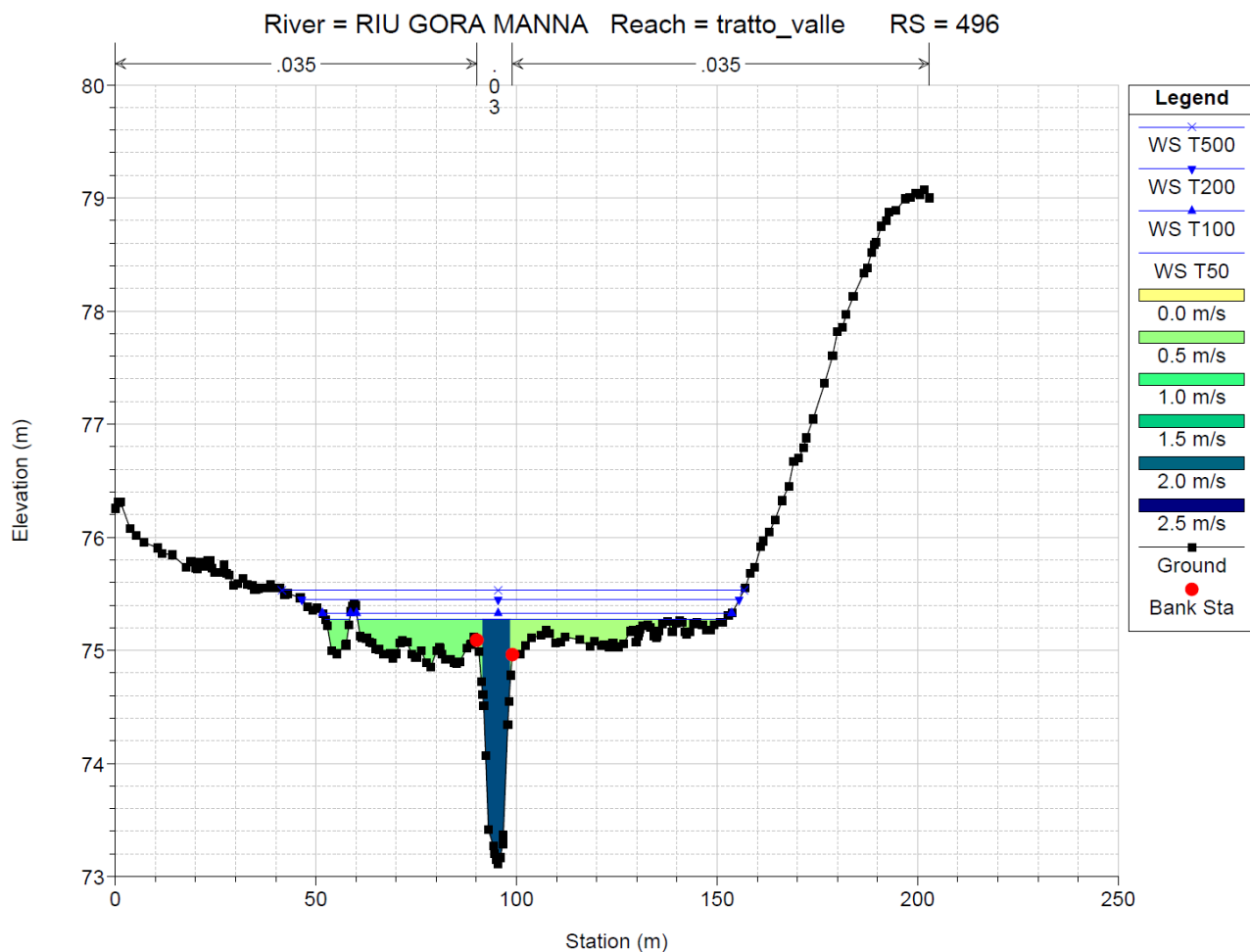


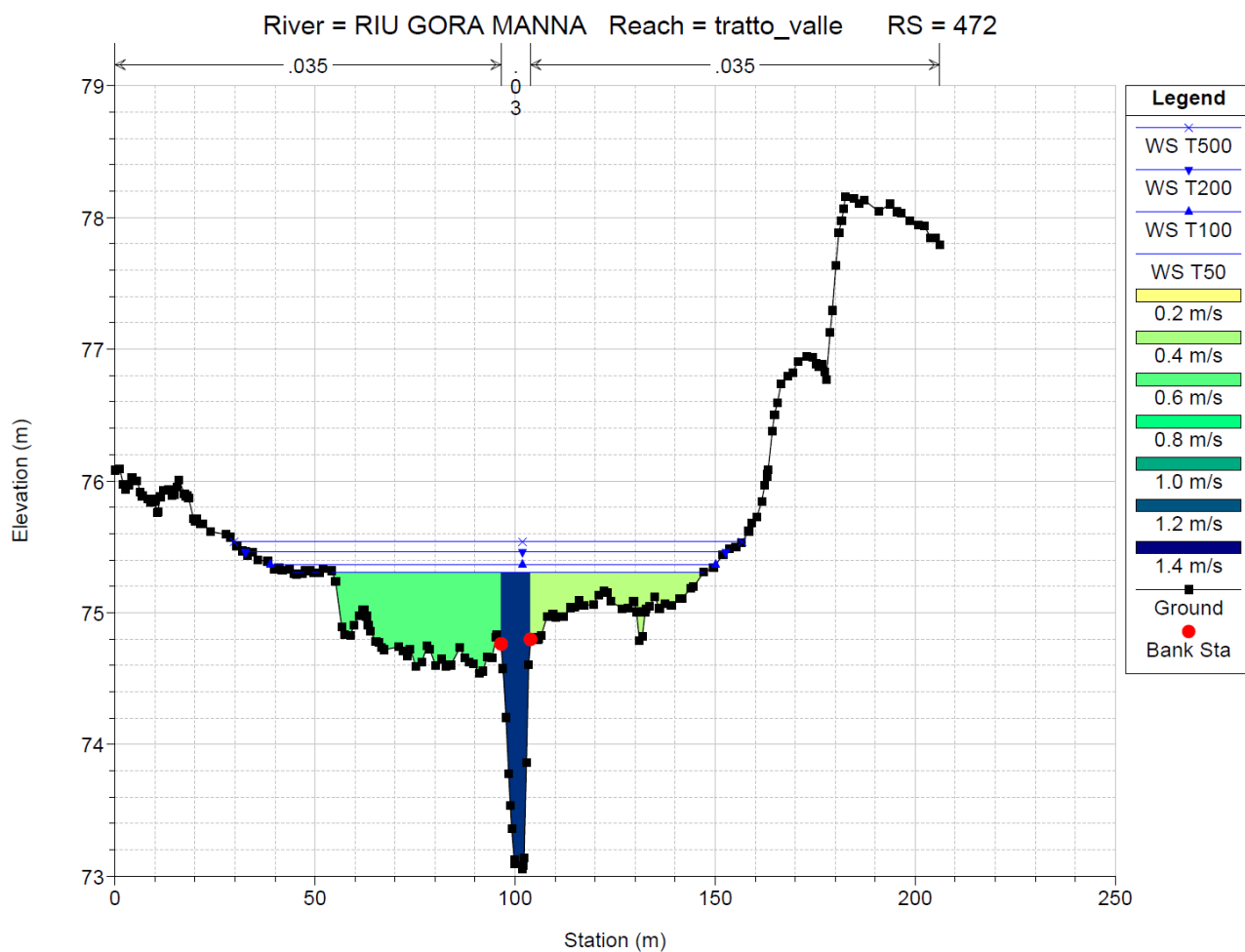


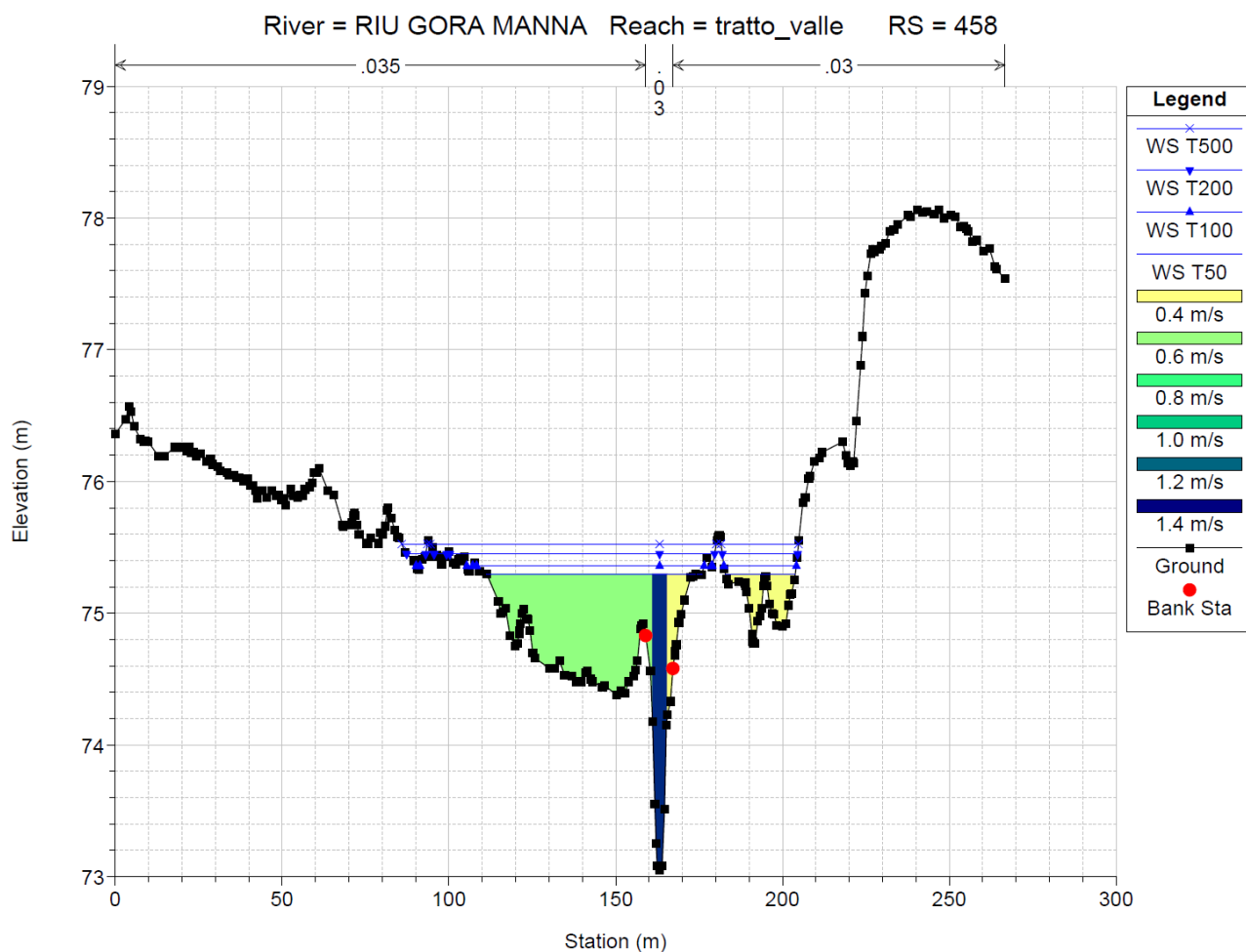


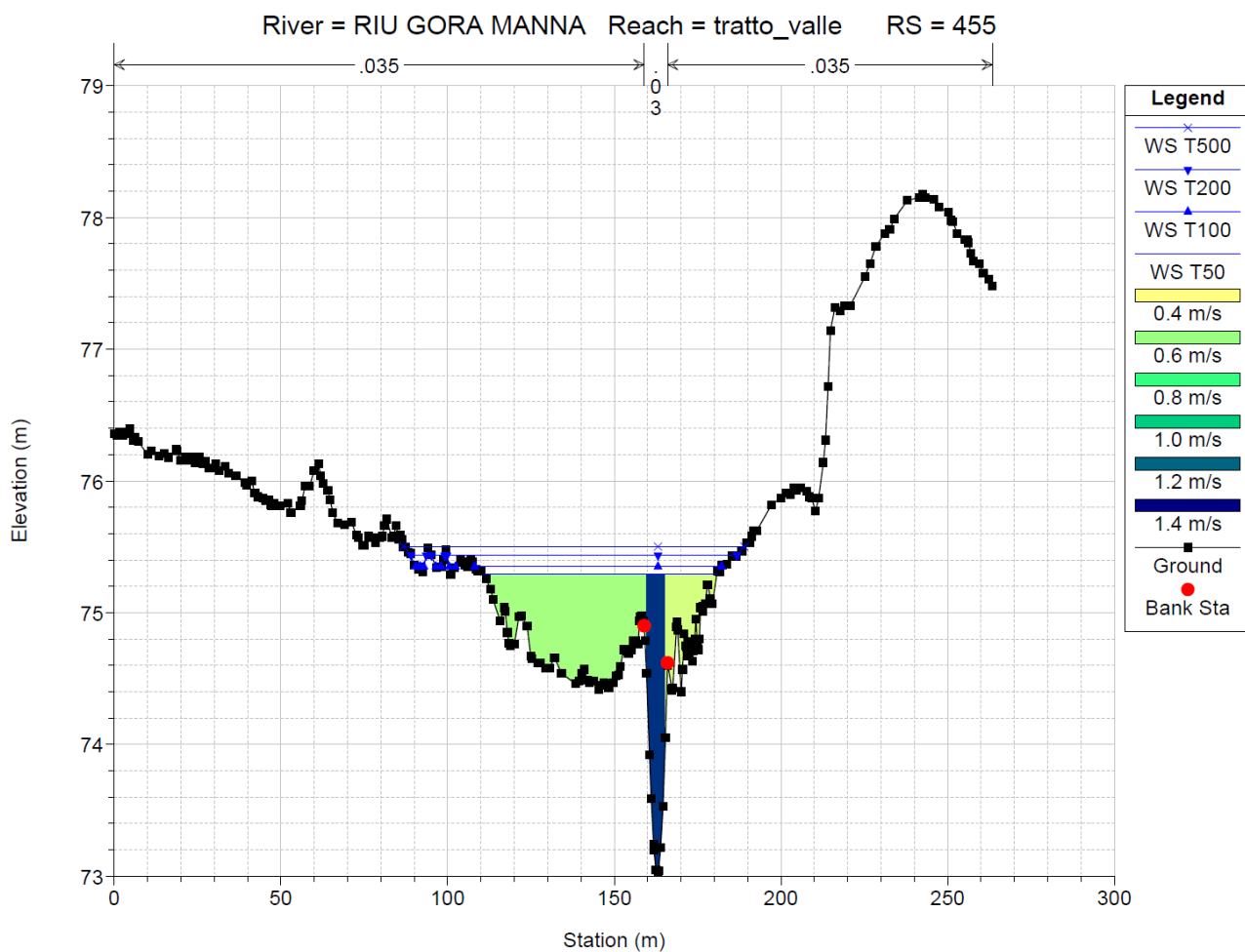


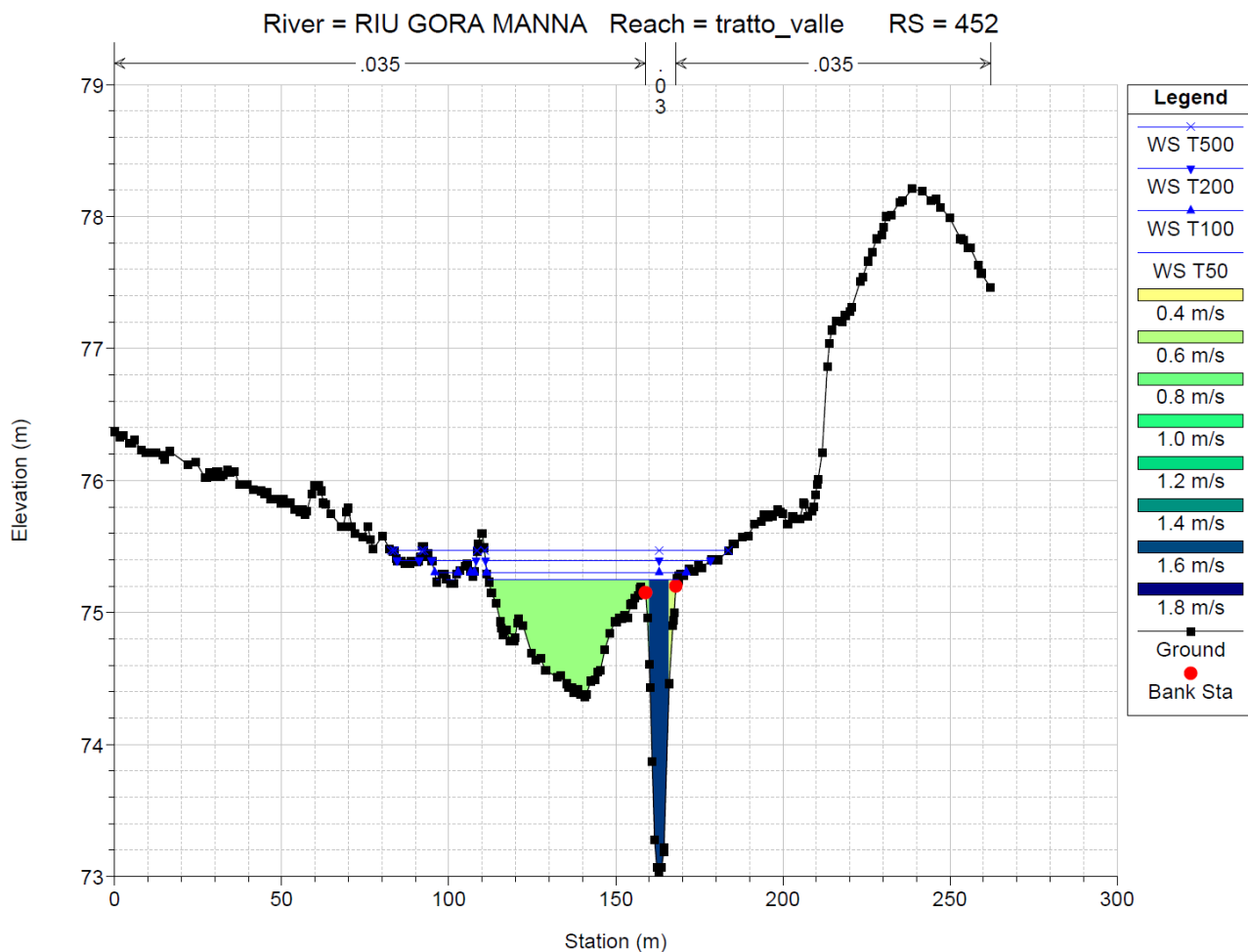


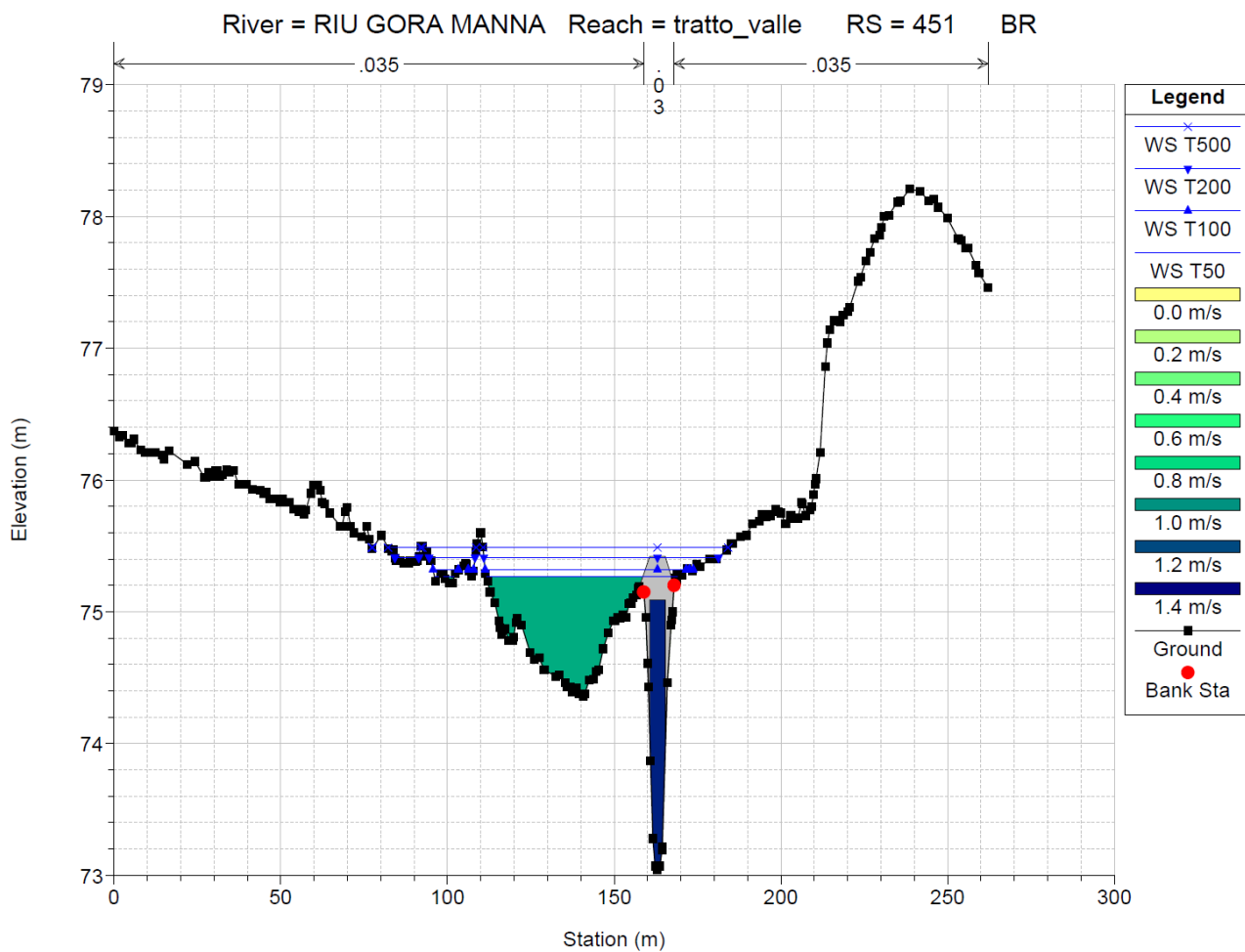


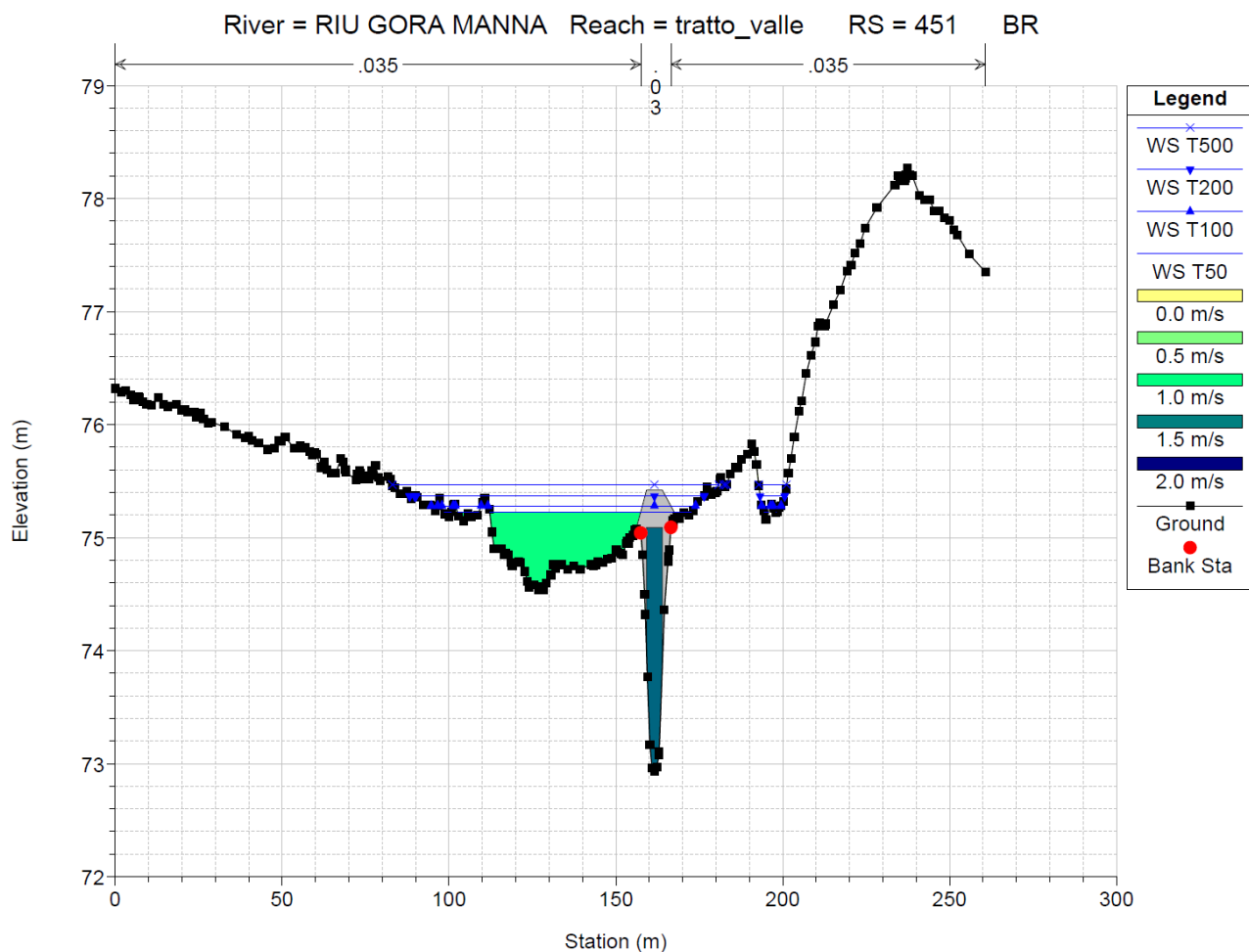


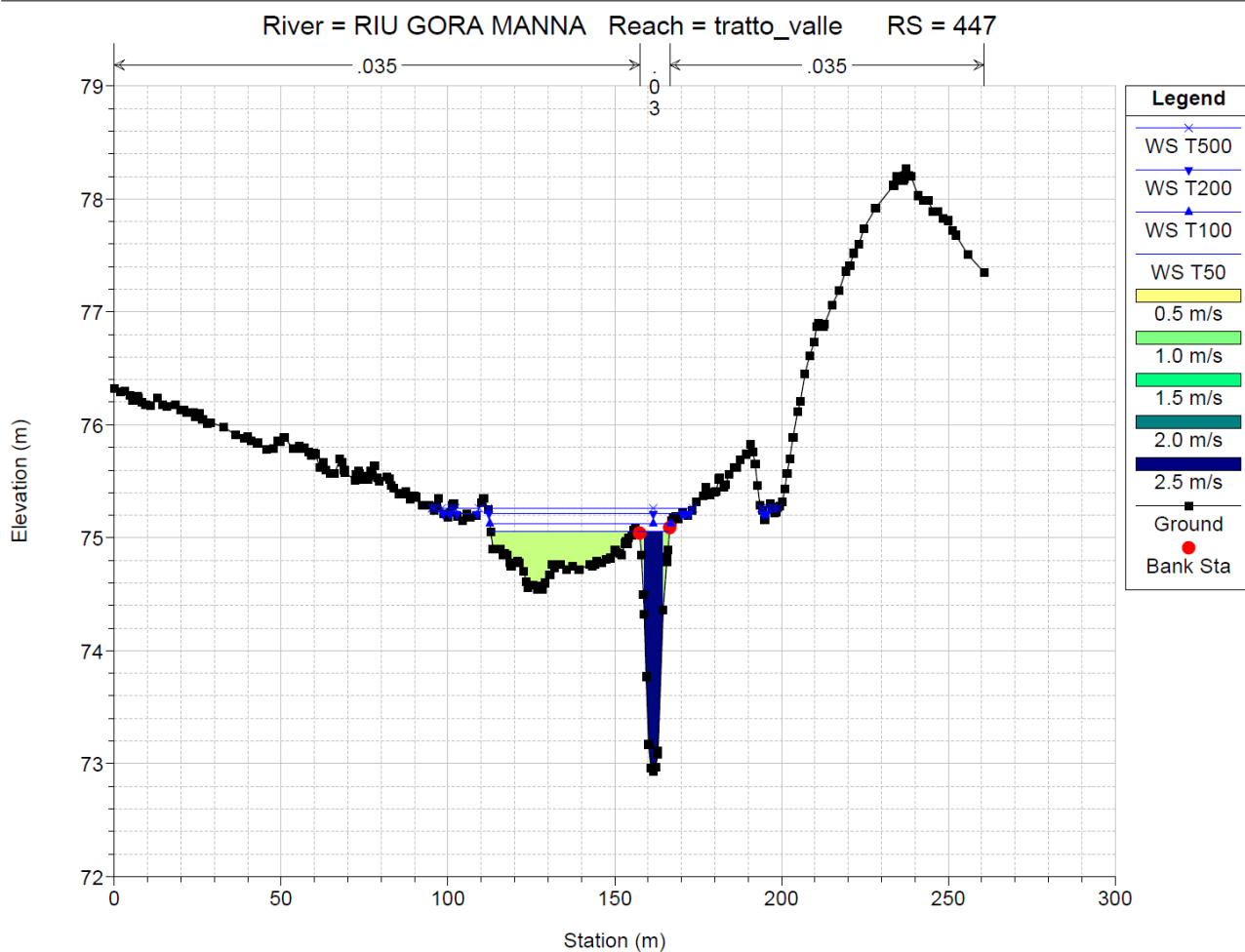


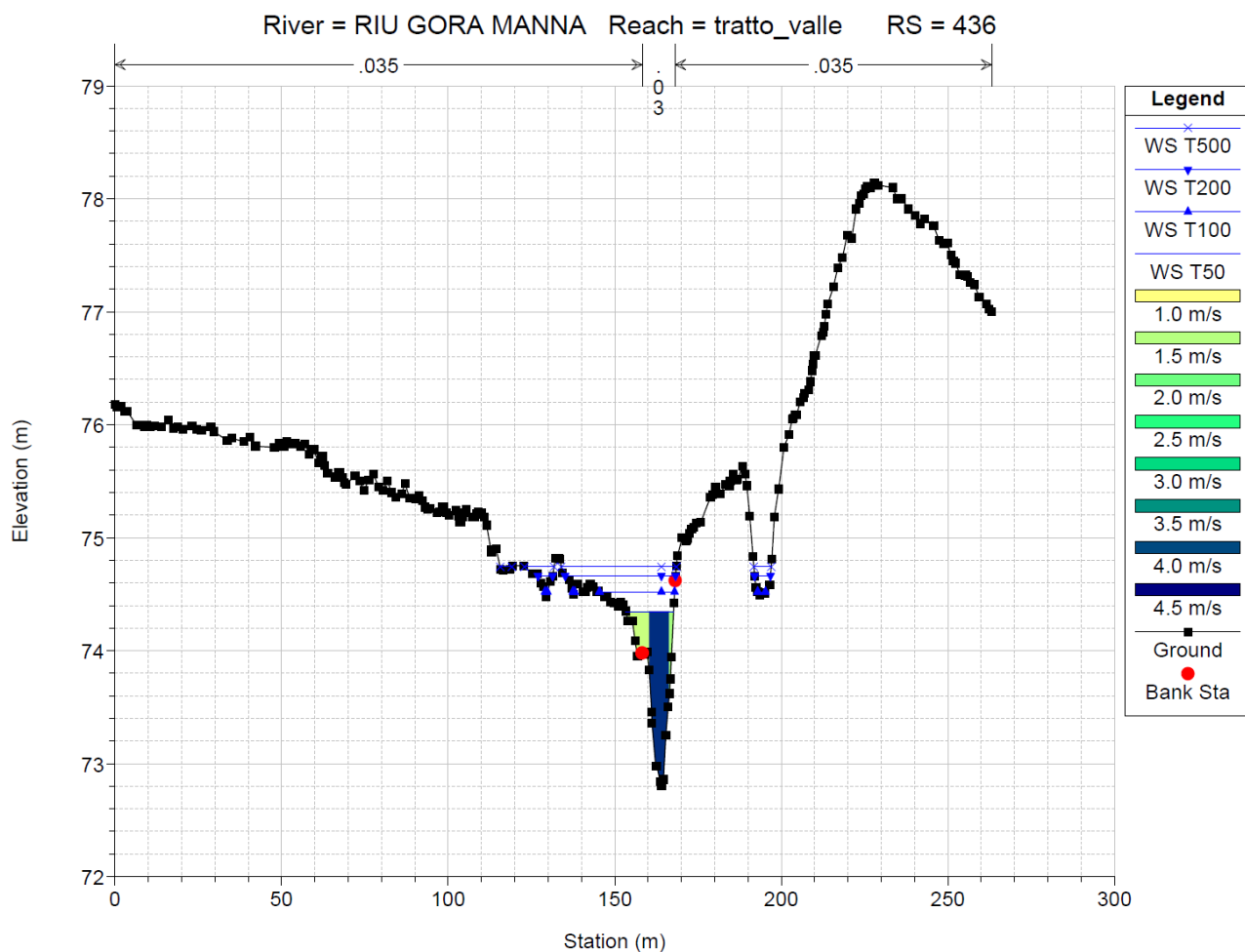


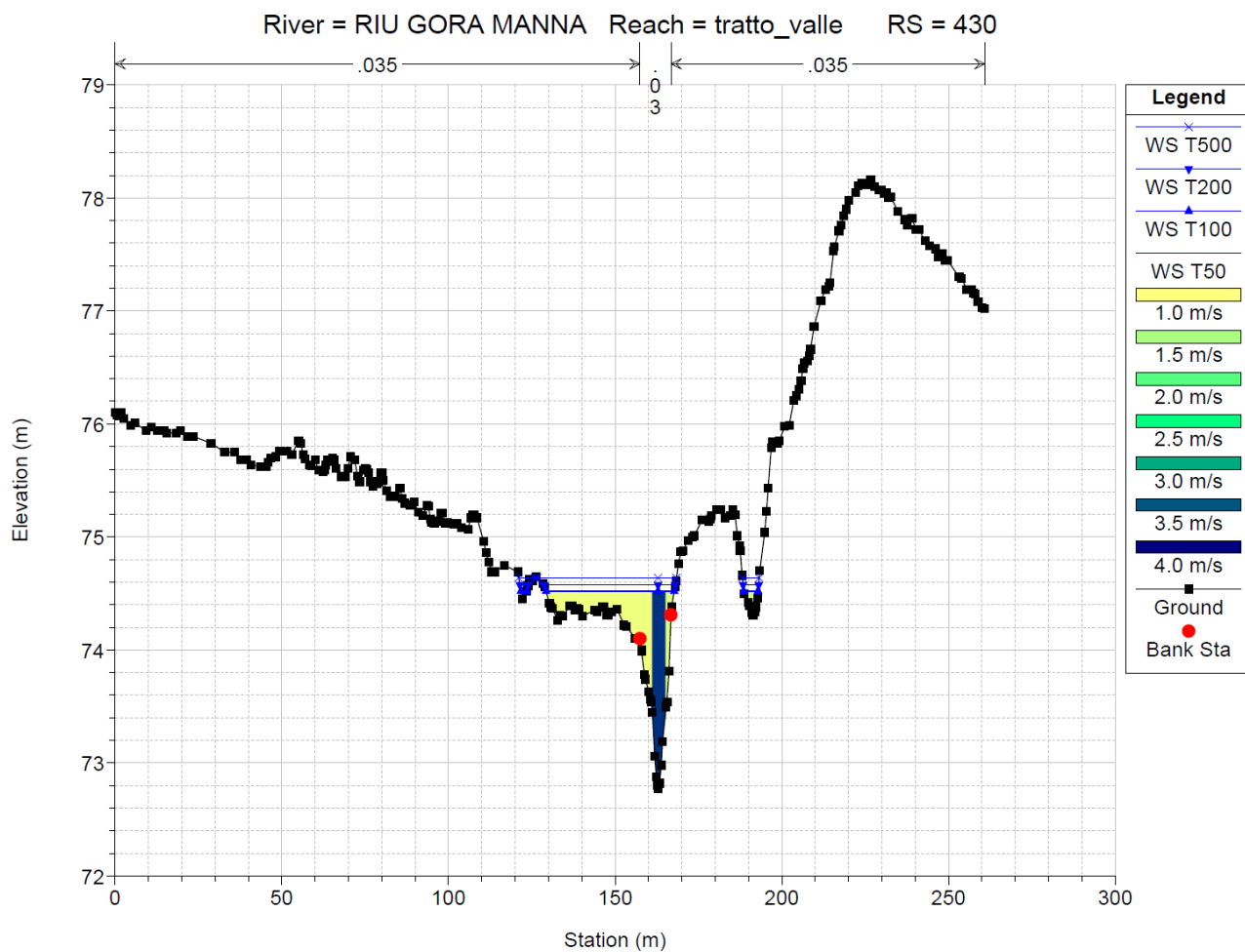


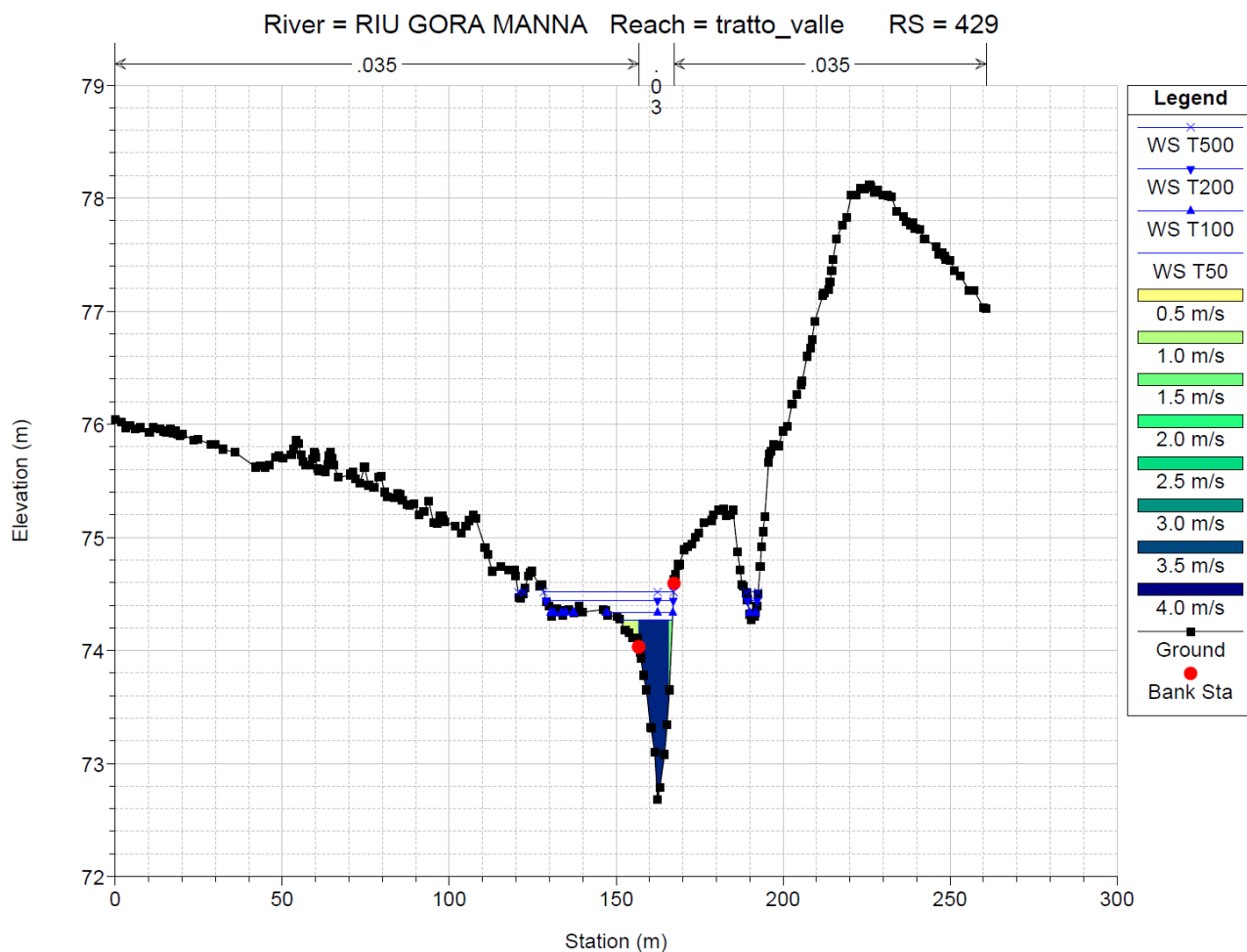


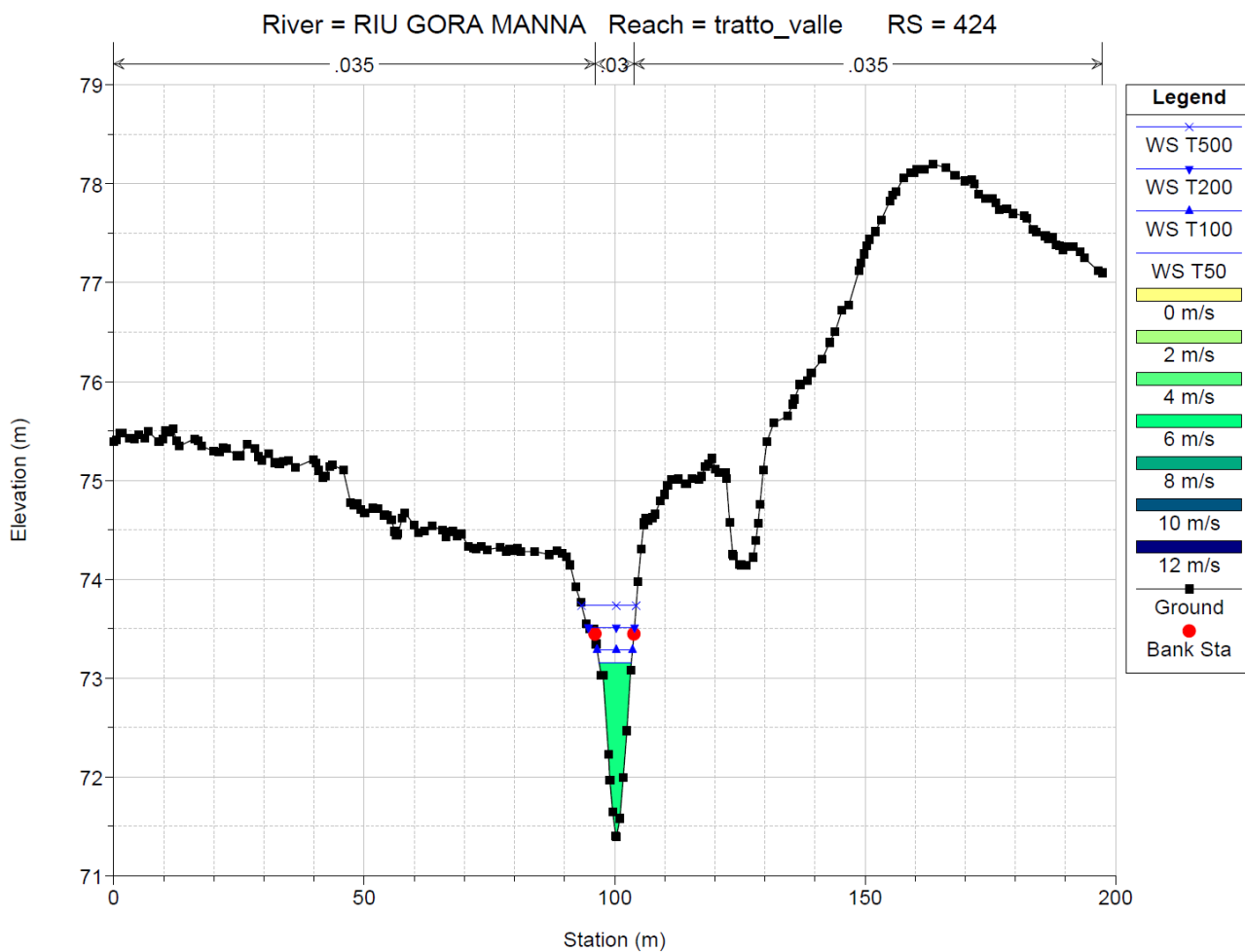


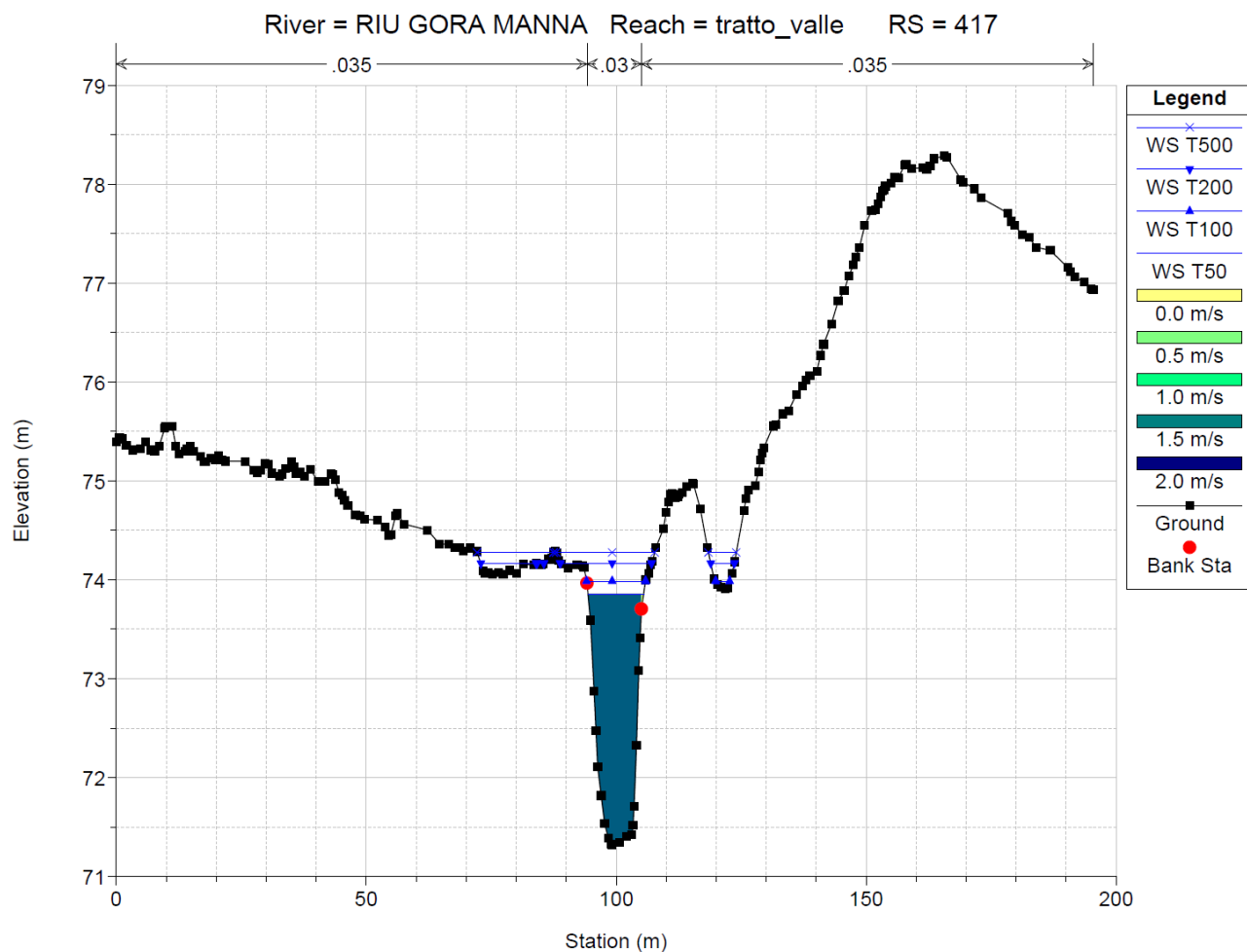


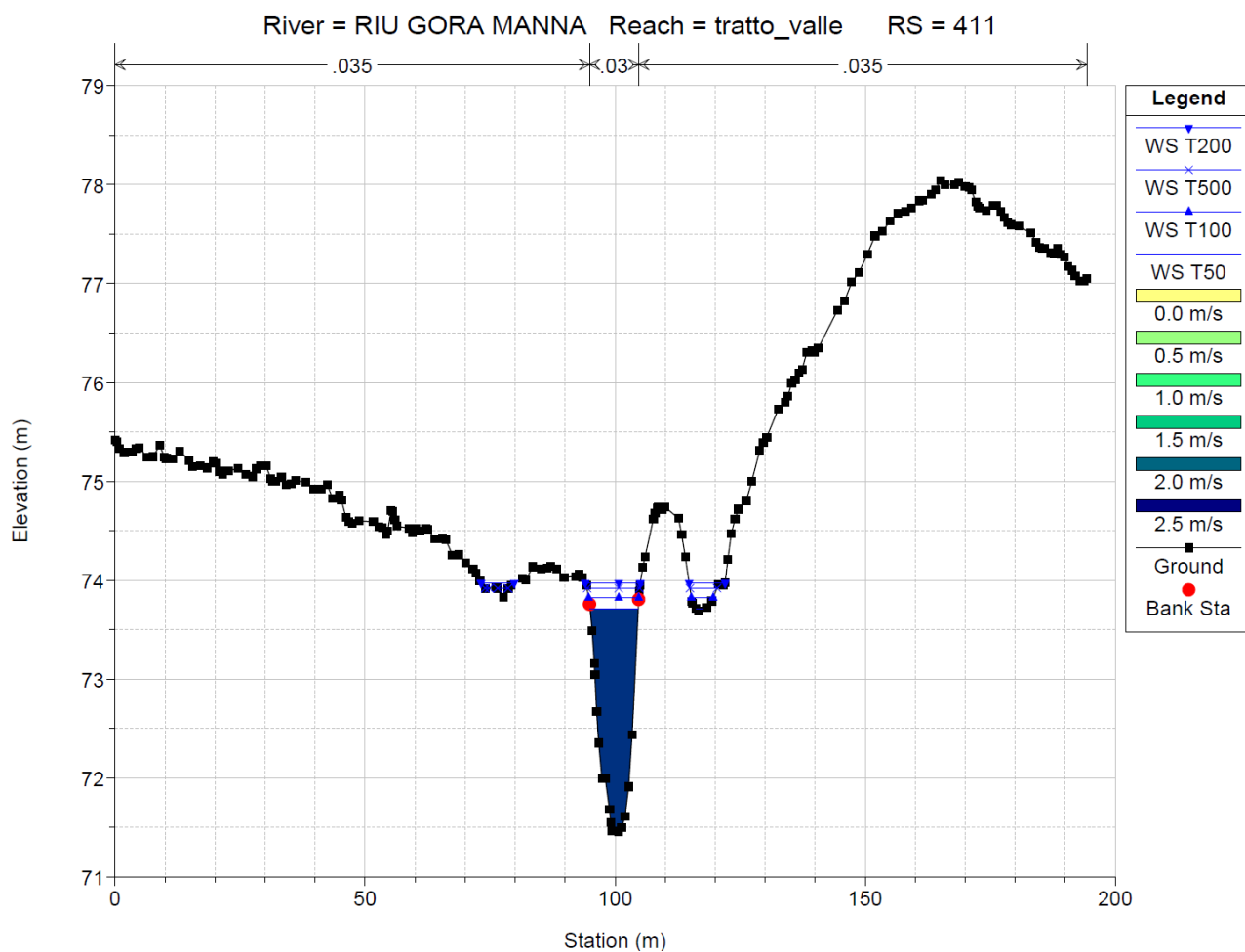


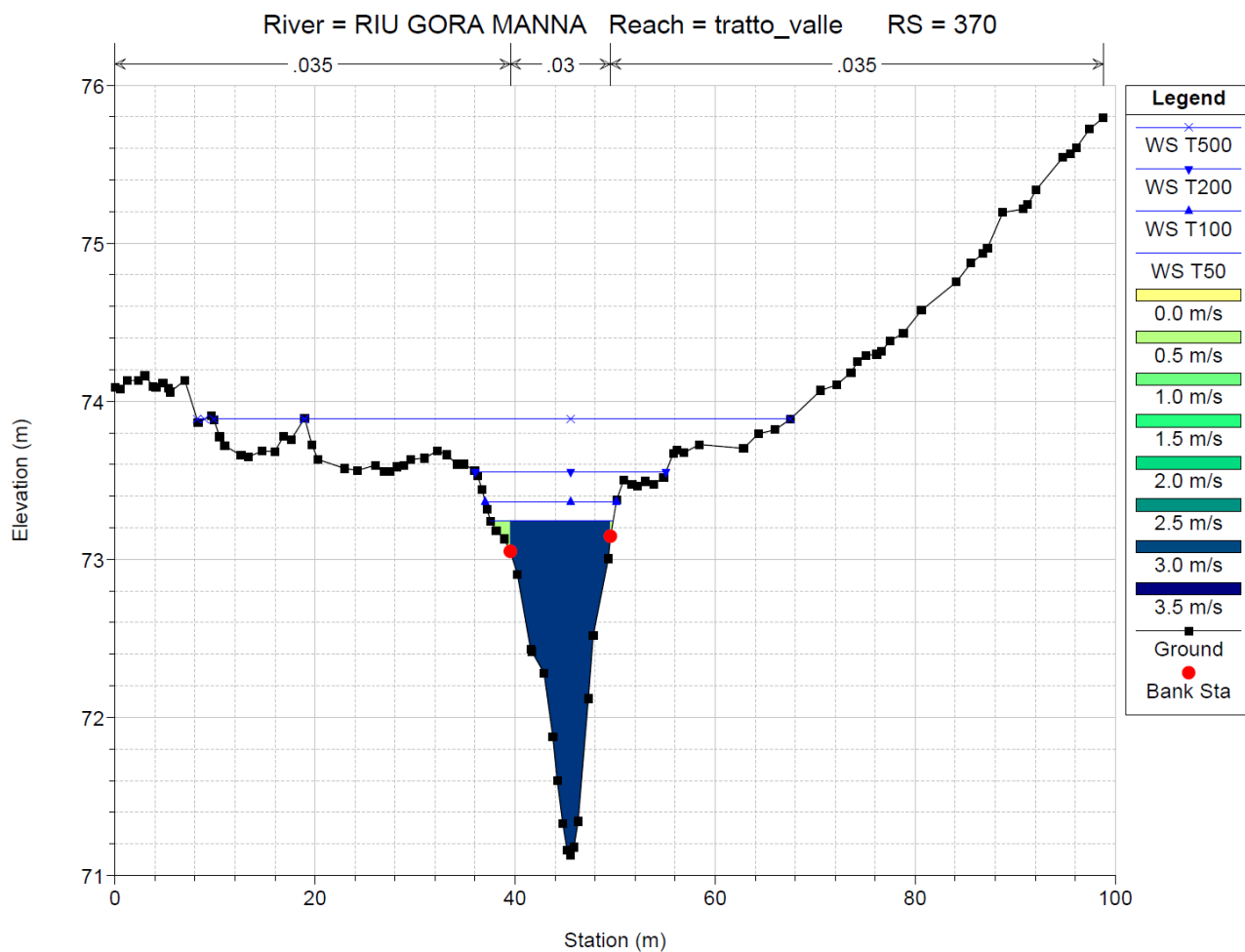


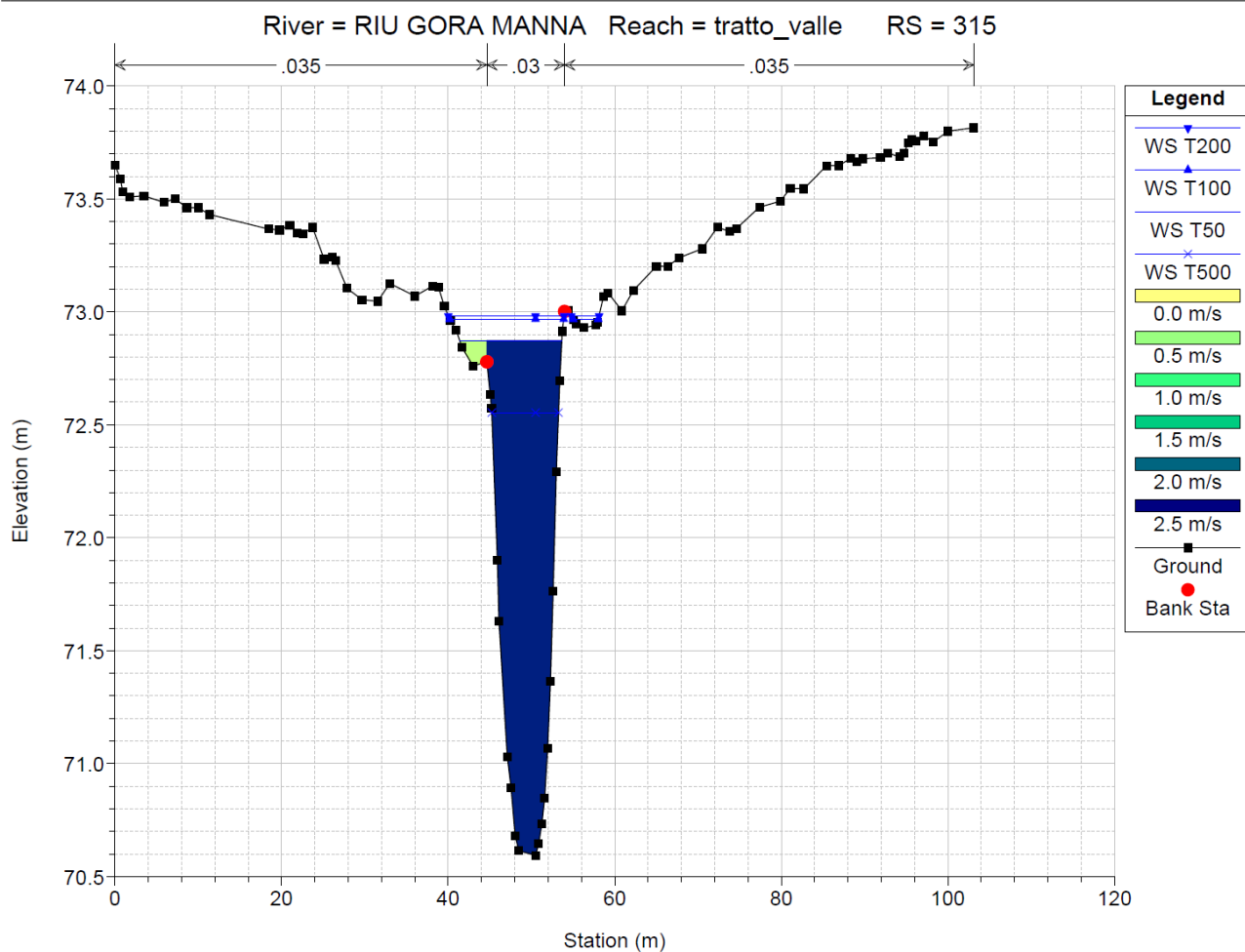


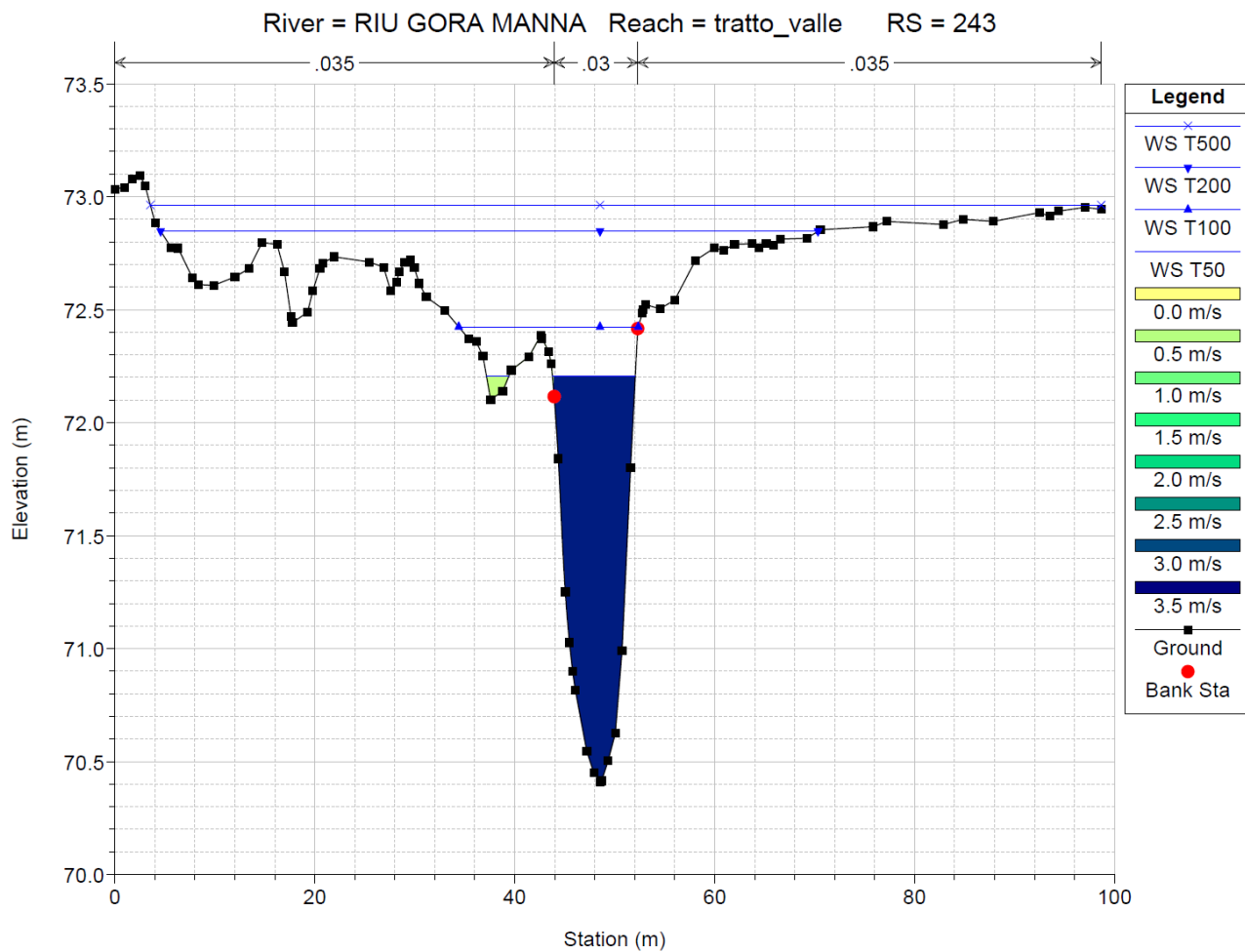


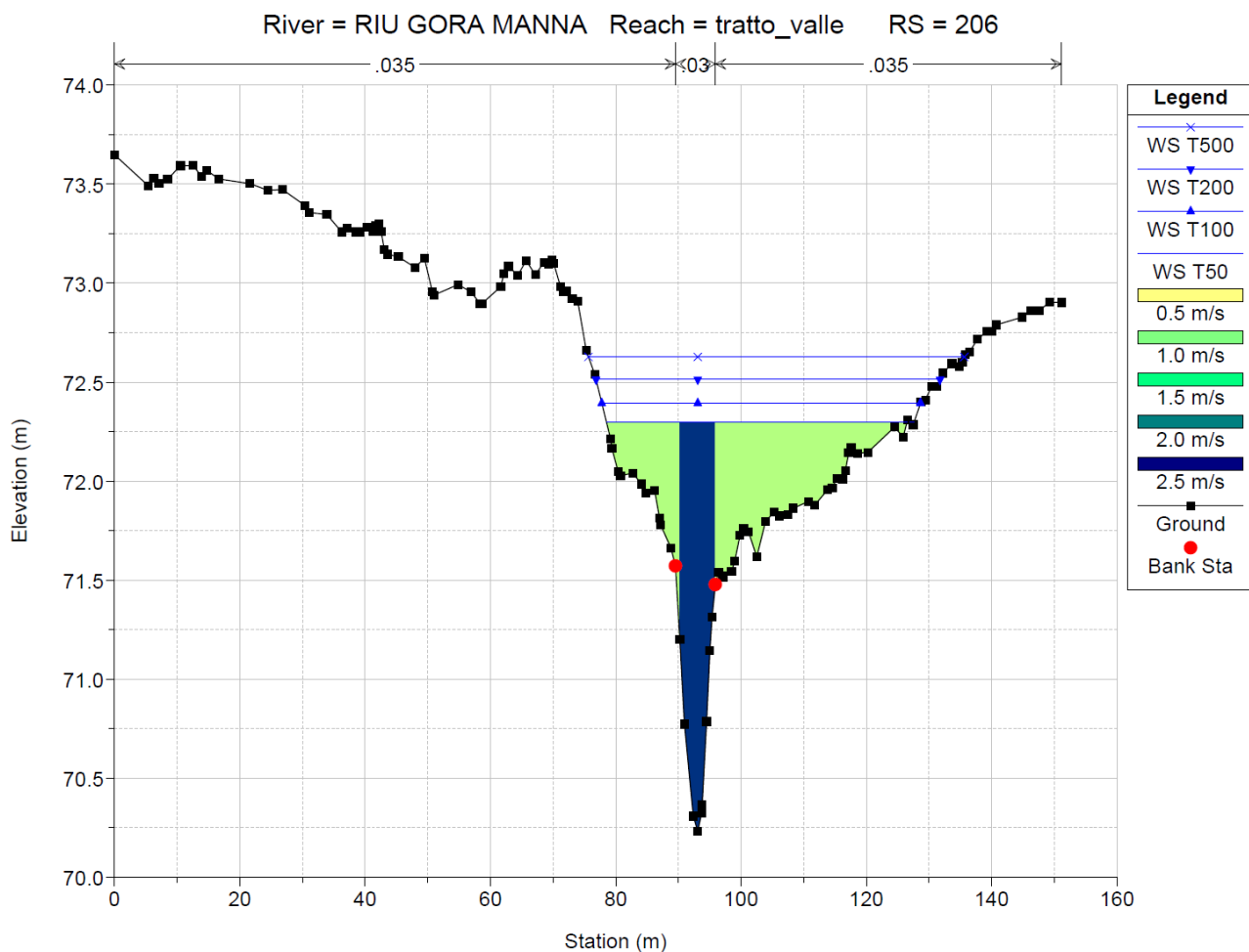


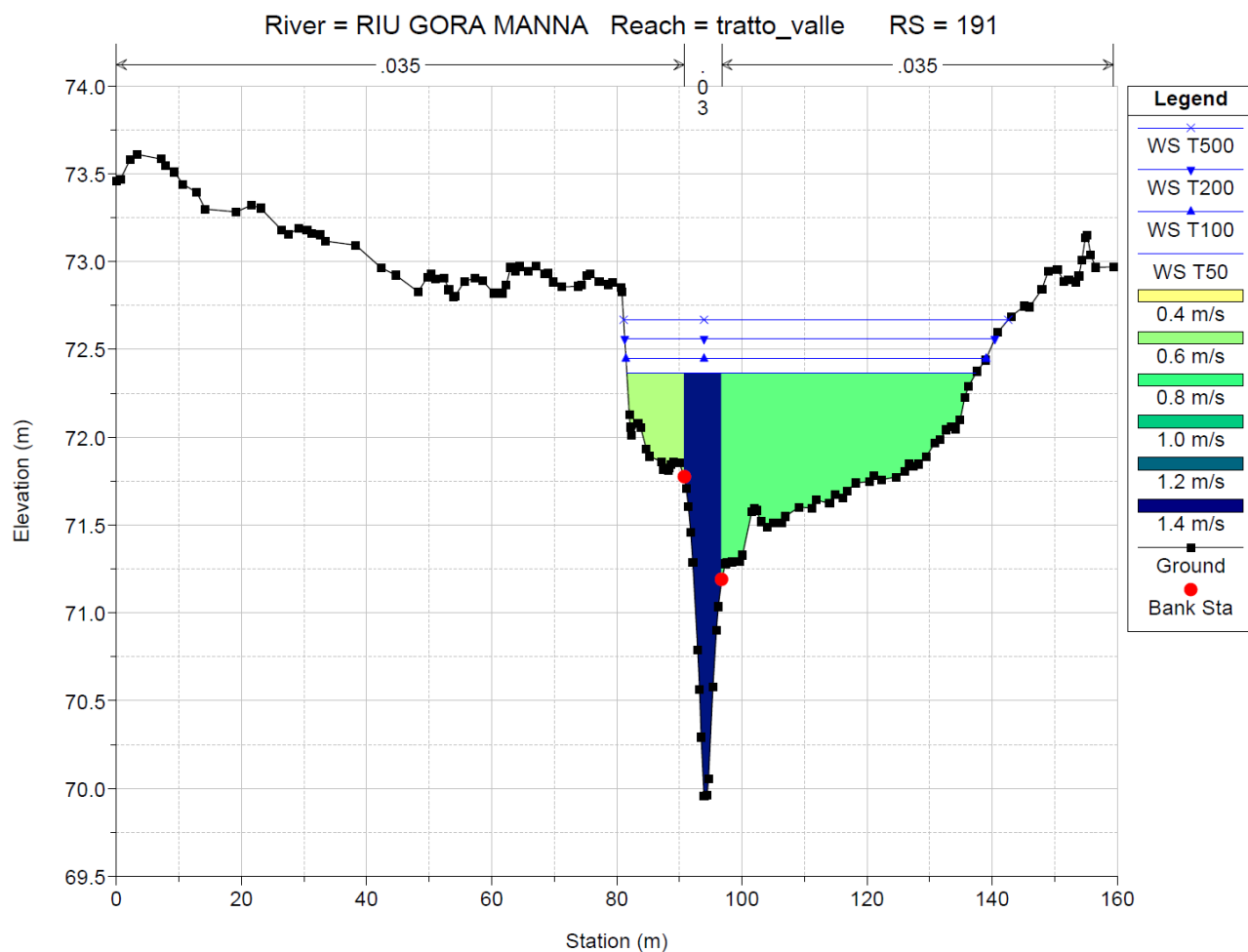


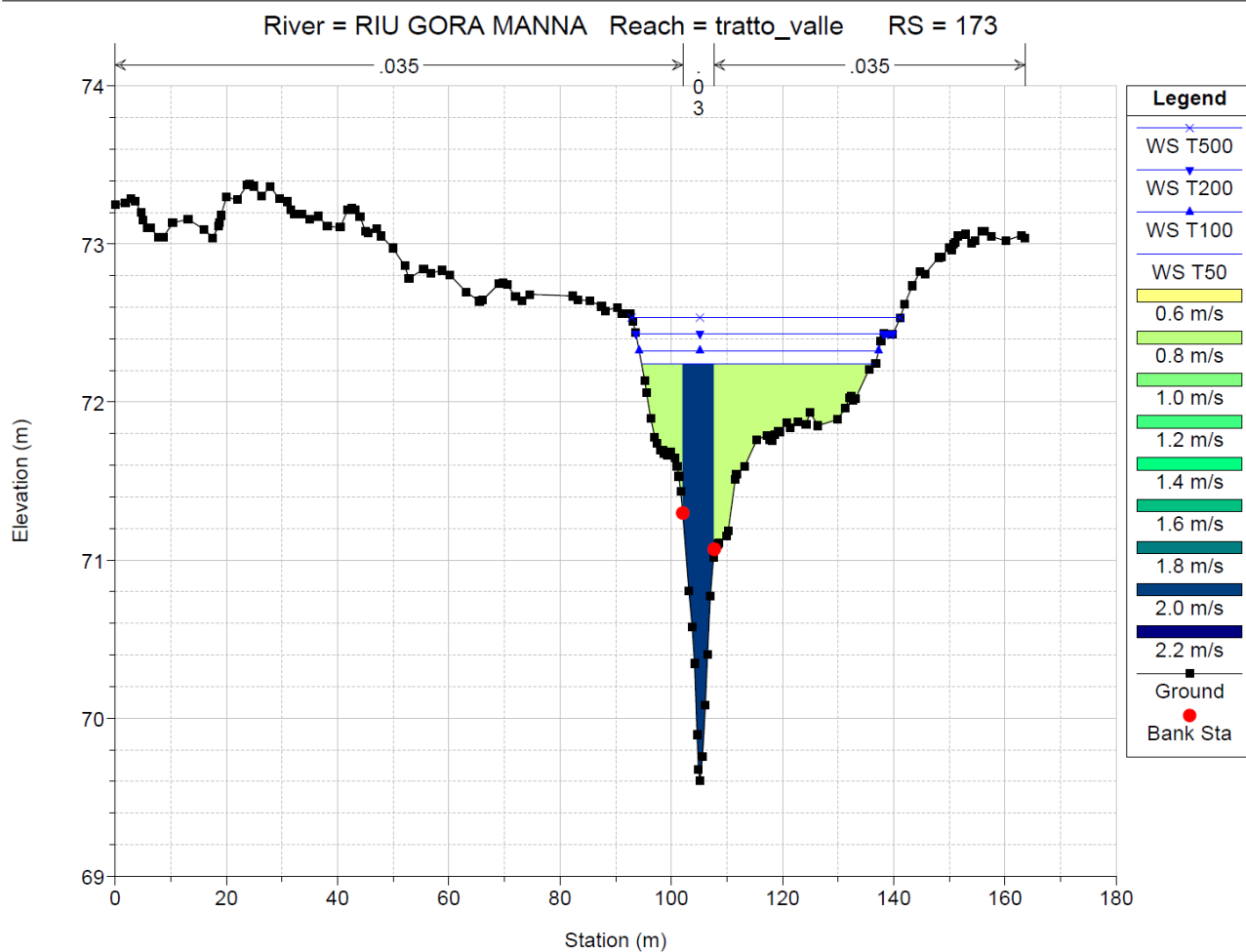


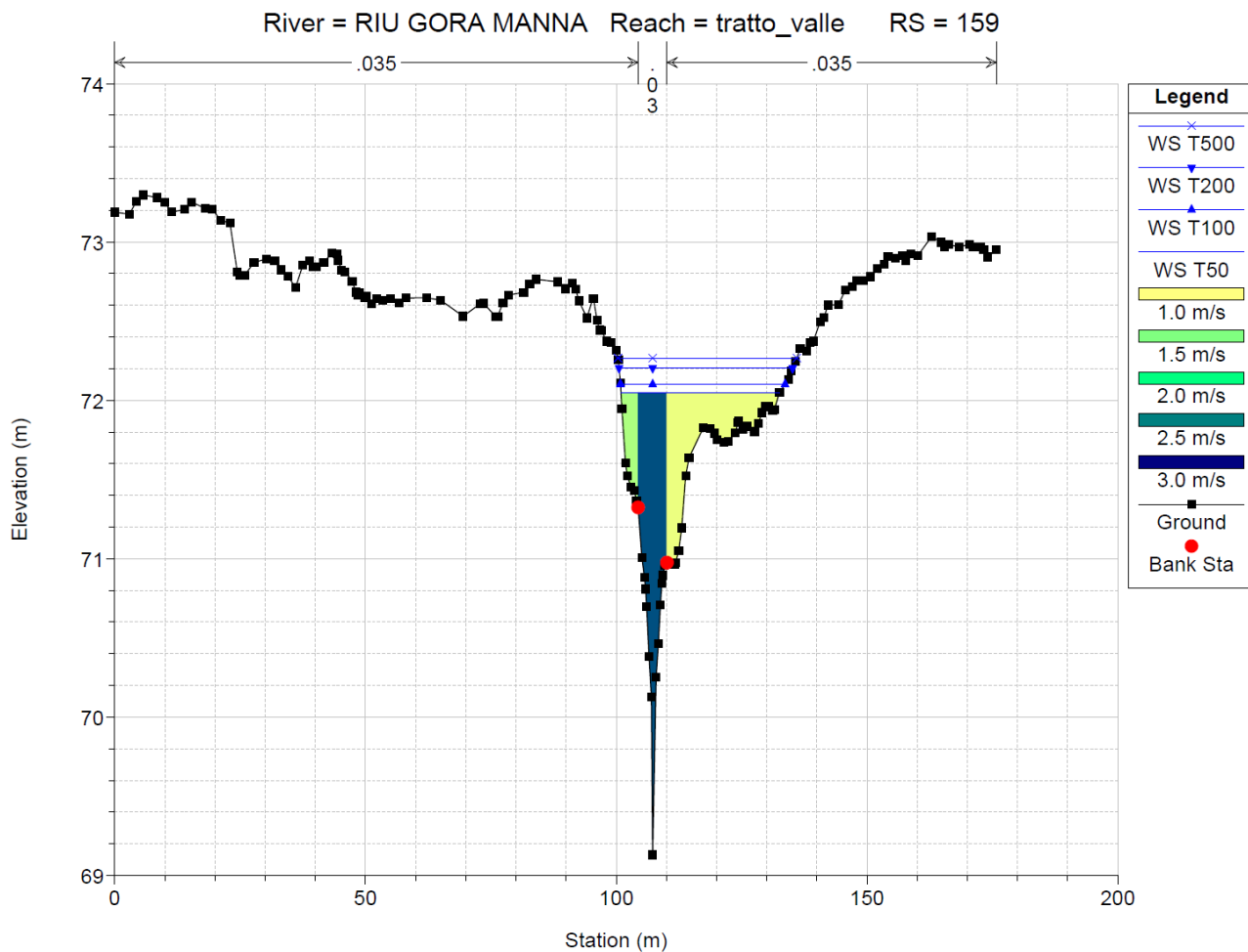


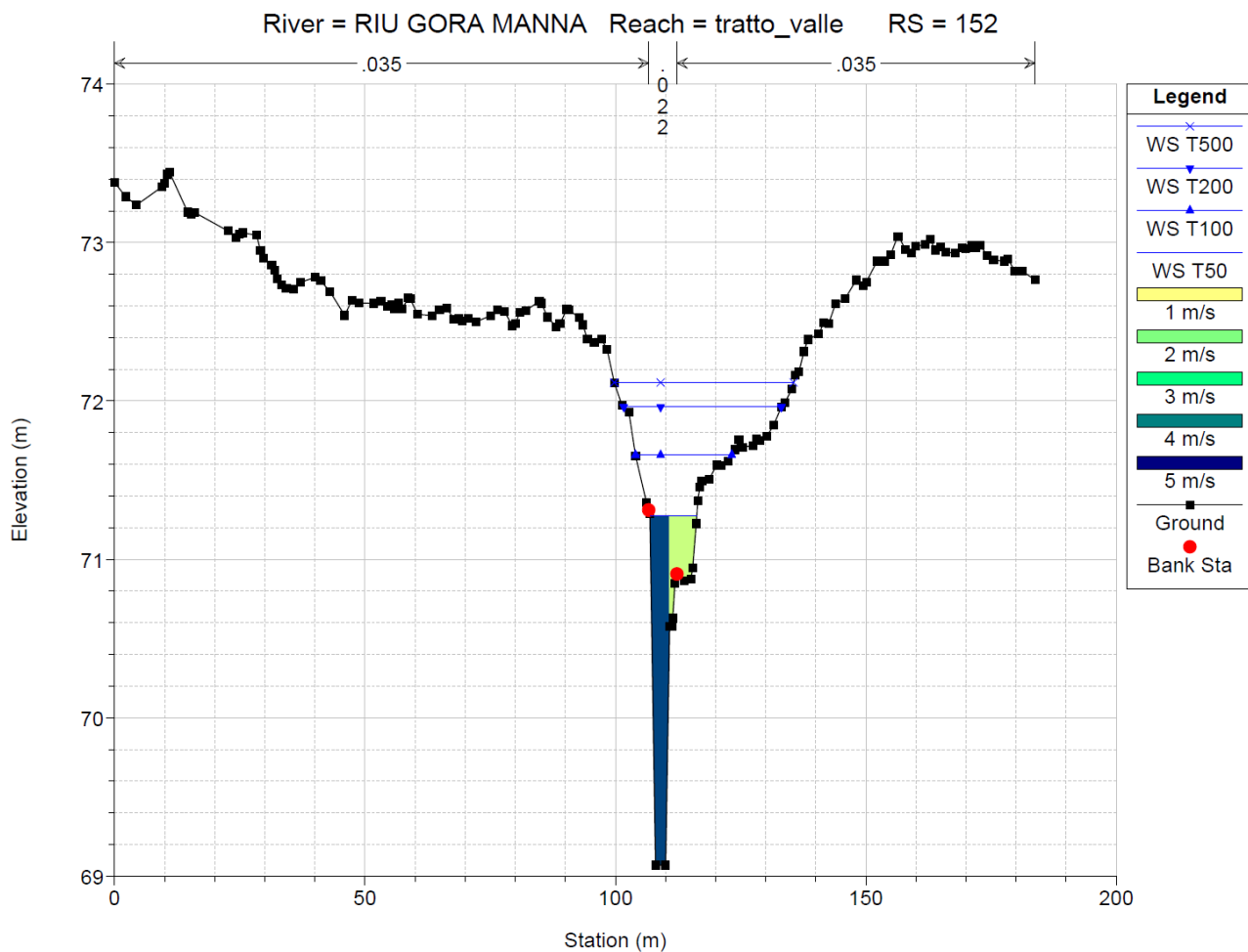


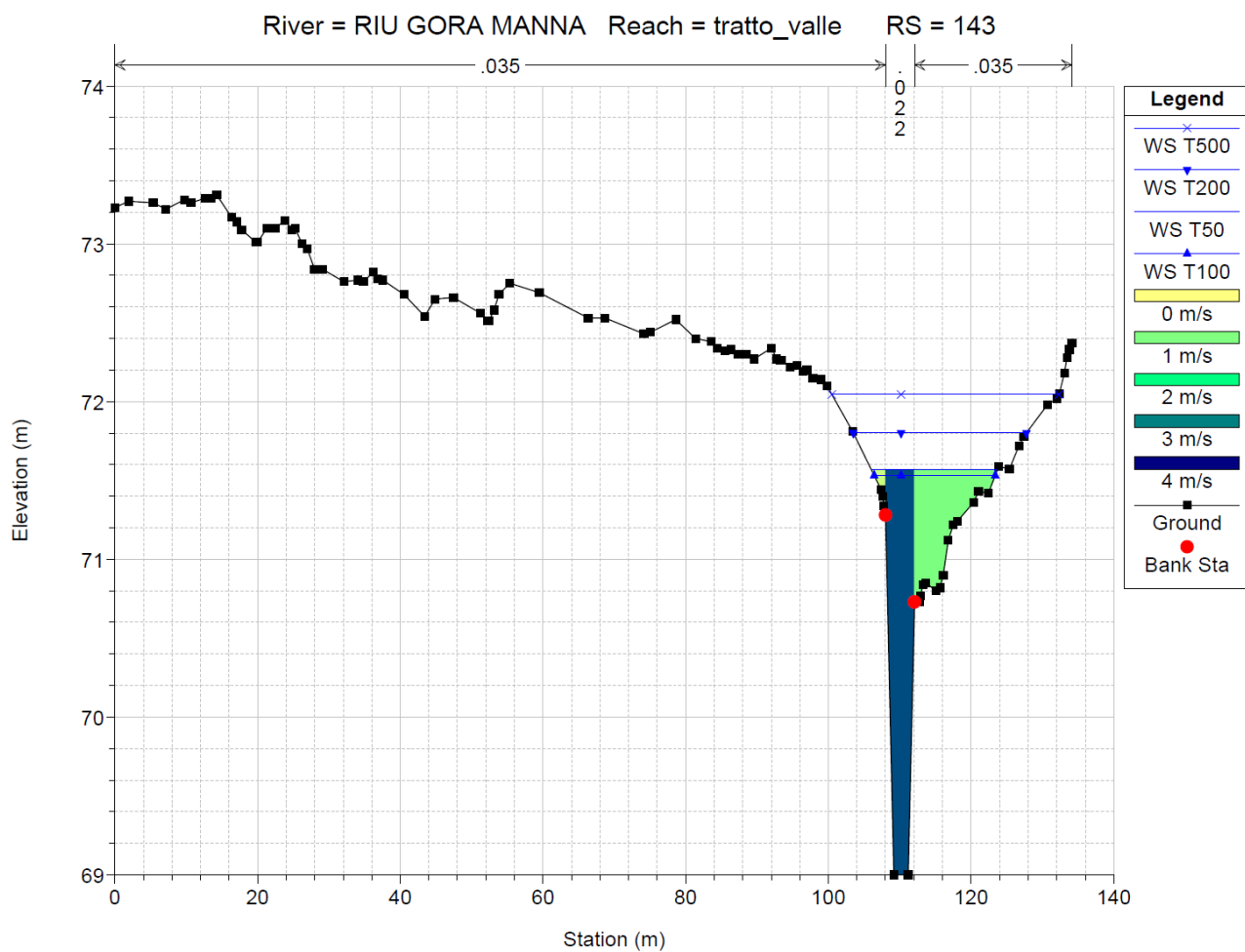


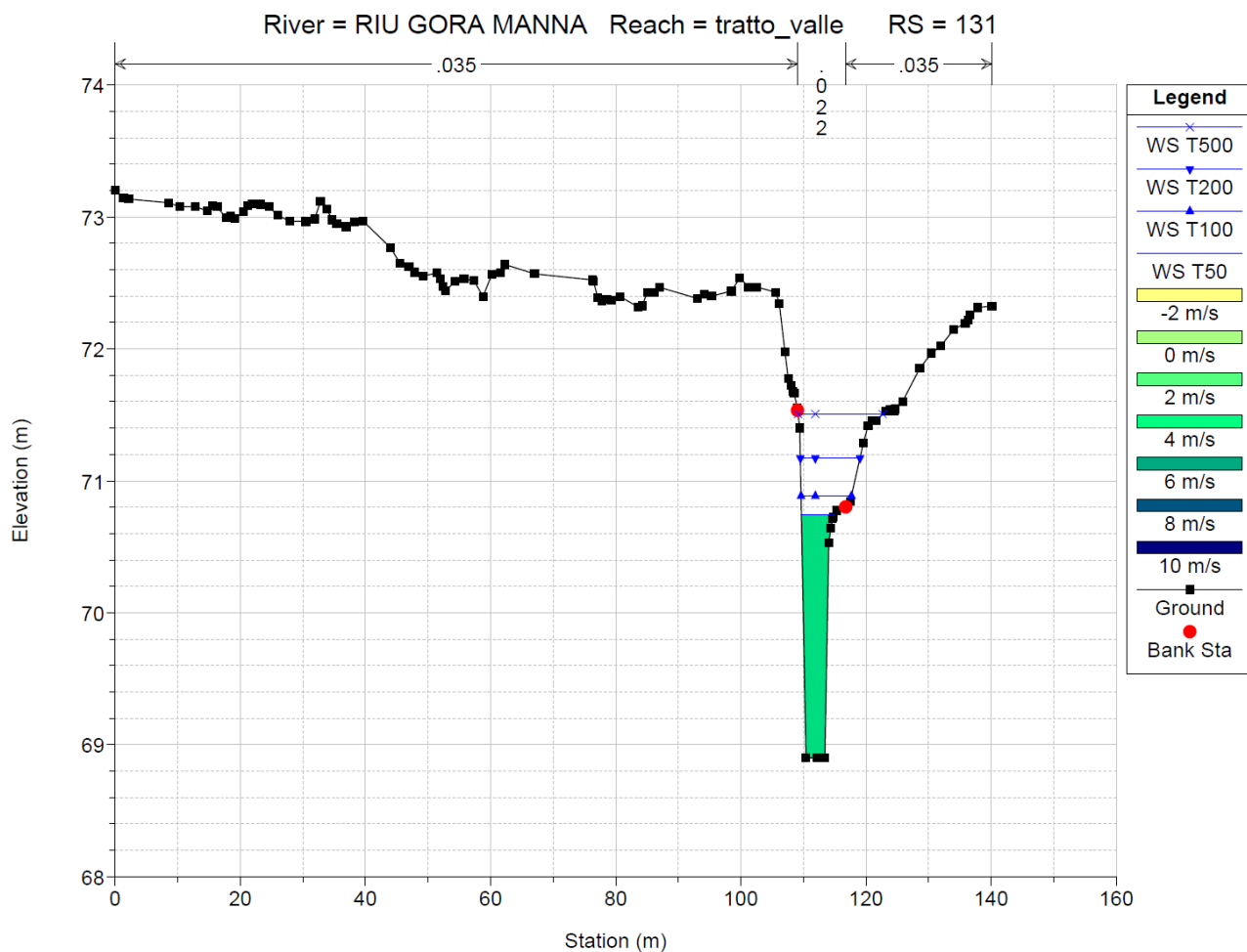


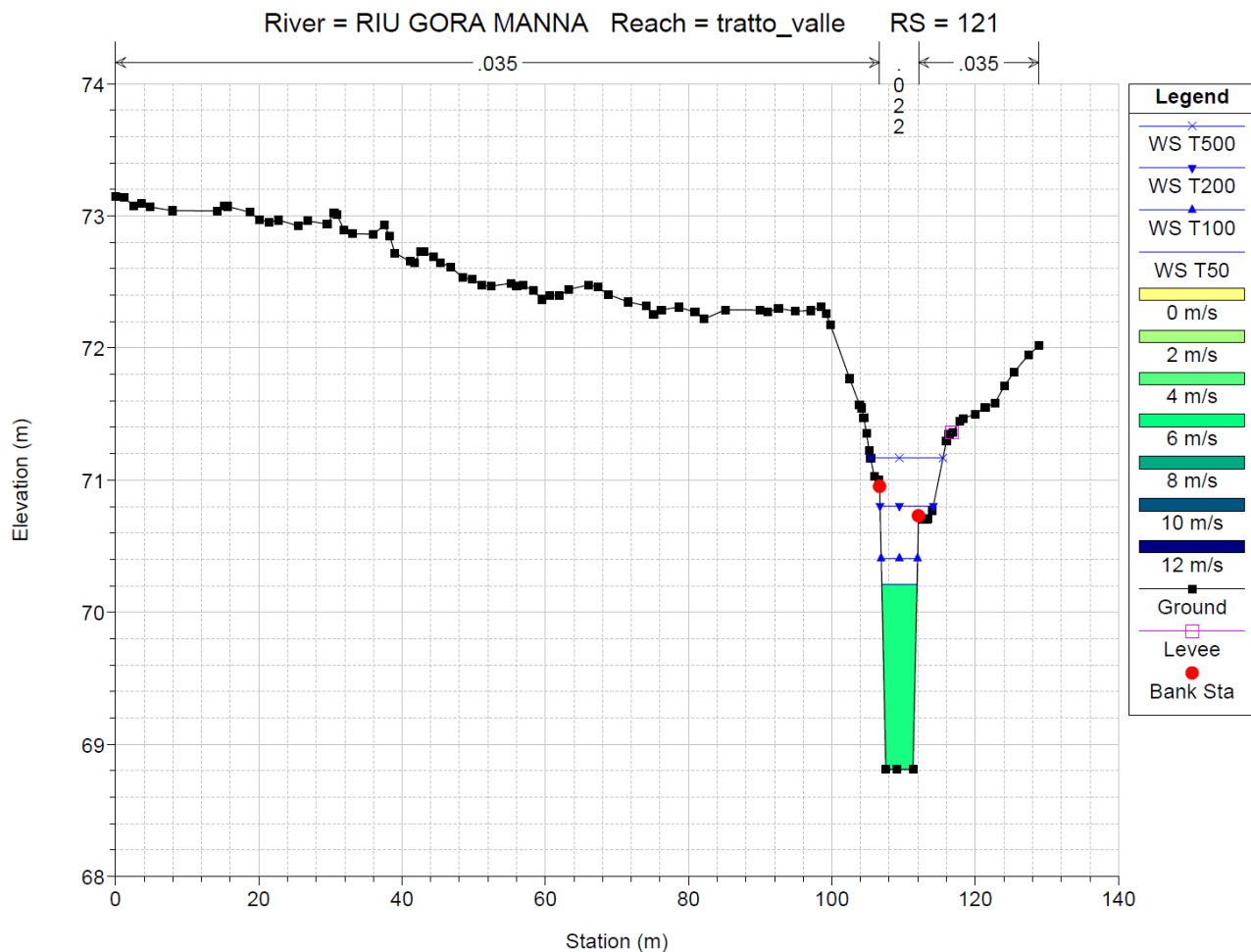


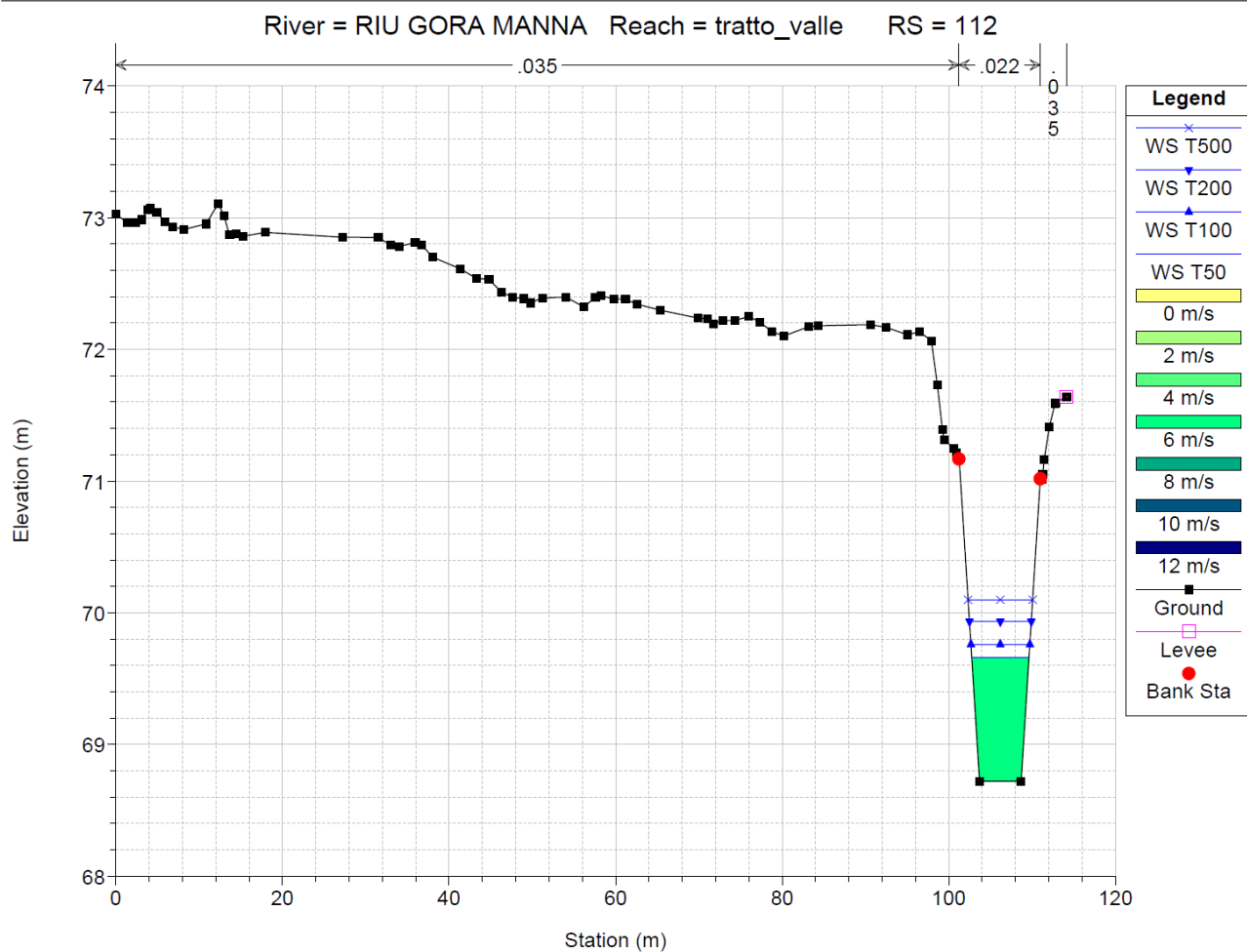


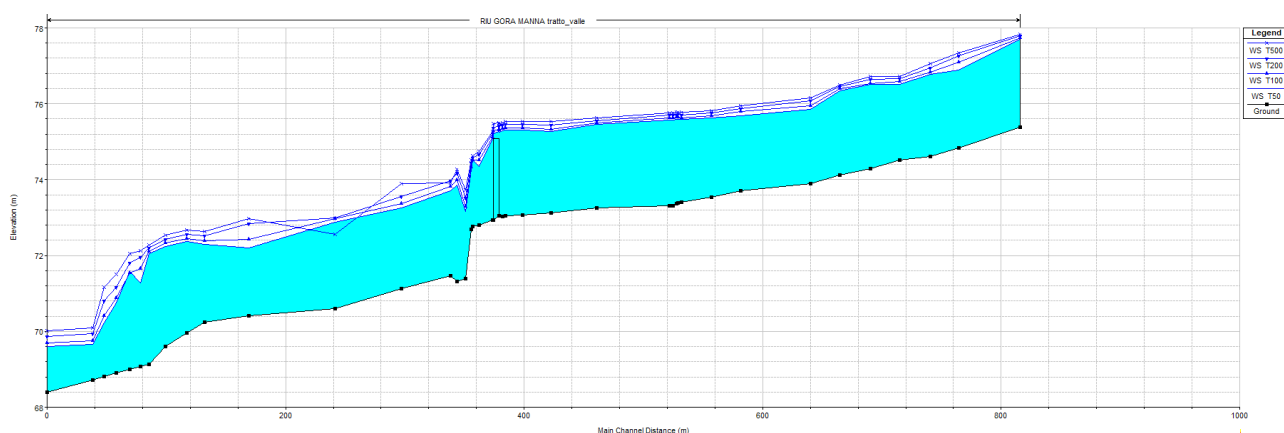
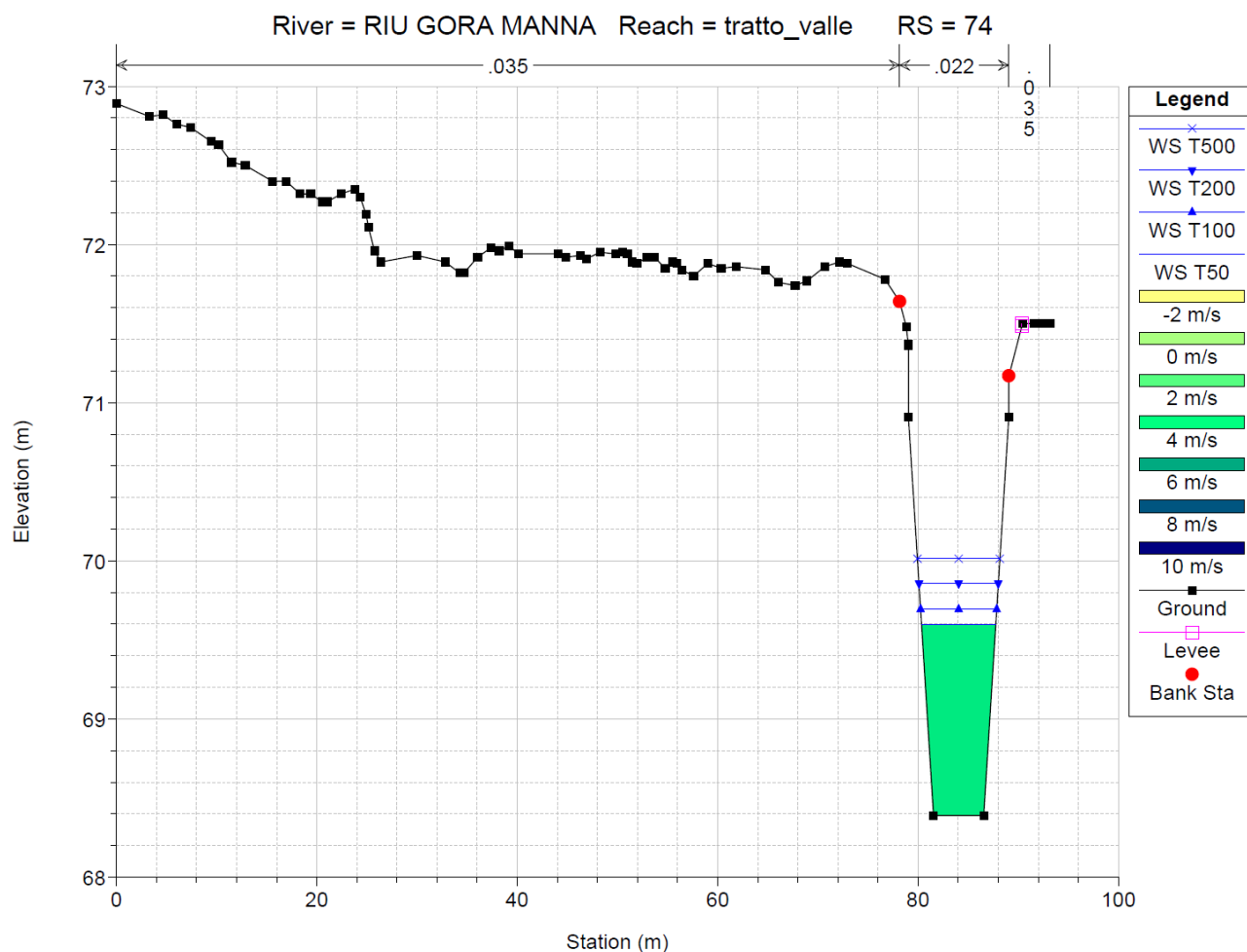












Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
tratto_valle	850	T50	33.59	75.39	77.7	77.7	77.84	0.003236	2	31.78	116.09	0.57
tratto_valle	850	T100	38.83	75.39	77.73	77.73	77.88	0.003618	2.12	35.11	123.35	0.6
tratto_valle	850	T200	47.42	75.39	77.8	77.8	77.93	0.003674	2.13	43.89	140.03	0.61

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 Wid- th (m)	Froude # Chl
tratto_valle	850	T500	55.76	75.39	77.84	77.84	77.97	0.003904	2.19	49.8	144.35	0.63
tratto_valle	799	T50	33.59	74.83	76.9	77.11	77.53	0.009837	3.53	10.13	18.55	0.98
tratto_valle	799	T100	38.83	74.83	77.1	77.35	77.59	0.007607	3.23	15.09	29.96	0.87
tratto_valle	799	T200	47.42	74.83	77.27	77.37	77.66	0.006814	3.05	23.32	68.68	0.83
tratto_valle	799	T500	55.76	74.83	77.35	77.46	77.68	0.007609	2.99	29.42	95.55	0.87
tratto_valle	775	T50	33.59	74.62	76.77	76.99	77.28	0.007972	3.21	12.17	32.41	0.9
tratto_valle	775	T100	38.83	74.62	76.84	77.07	77.39	0.008607	3.39	14.68	40.65	0.93
tratto_valle	775	T200	47.42	74.62	76.95	77.17	77.47	0.008359	3.44	19.95	55.5	0.93
tratto_valle	775	T500	55.76	74.62	77.06	77.22	77.49	0.007507	3.33	27.11	81.08	0.88
tratto_valle	749	T50	33.59	74.51	76.52	76.74	77.05	0.009376	3.28	12.12	41.13	0.97
tratto_valle	749	T100	38.83	74.51	76.58	76.79	77.15	0.010137	3.45	15.18	58.79	1.01
tratto_valle	749	T200	47.42	74.51	76.66	76.86	77.22	0.010667	3.6	19.73	63.03	1.04
tratto_valle	749	T500	55.76	74.51	76.72	76.91	77.25	0.010541	3.64	23.99	64.98	1.04
tratto_valle	725	T50	33.59	74.28	76.51	76.57	76.8	0.005847	2.59	18.83	56.14	0.77
tratto_valle	725	T100	38.83	74.28	76.54	76.66	76.87	0.006898	2.85	20.24	58.19	0.84
tratto_valle	725	T200	47.42	74.28	76.65	76.73	76.93	0.006412	2.78	28.09	84.68	0.81
tratto_valle	725	T500	55.76	74.28	76.72	76.79	76.98	0.005902	2.77	34.54	89.72	0.79
tratto_valle	699	T50	33.59	74.12	76.33	76.44	76.64	0.006712	2.58	18.09	64.98	0.82
tratto_valle	699	T100	38.83	74.12	76.39	76.47	76.69	0.006606	2.66	22.26	81.11	0.82
tratto_valle	699	T200	47.42	74.12	76.45	76.55	76.76	0.006842	2.8	27.01	82.79	0.85
tratto_valle	699	T500	55.76	74.12	76.5	76.59	76.82	0.007023	2.92	31.14	84.45	0.86
tratto_valle	674	T50	33.59	73.9	75.86	76.09	76.41	0.010435	3.38	12.09	31.5	1.01
tratto_valle	674	T100	38.83	73.9	75.94	76.14	76.48	0.009782	3.43	14.92	35.44	0.99
tratto_valle	674	T200	47.42	73.9	76.08	76.25	76.56	0.008376	3.4	20.98	51.99	0.93
tratto_valle	674	T500	55.76	73.9	76.16	76.34	76.62	0.007973	3.45	25.38	59.61	0.92
tratto_valle	616	T50	33.59	73.71	75.68	75.71	75.98	0.004949	2.77	19.11	41.59	0.73
tratto_valle	616	T100	38.83	73.71	75.8	75.81	76.05	0.004137	2.66	24.59	59.4	0.67
tratto_valle	616	T200	47.42	73.71	75.87	75.9	76.15	0.004537	2.87	29.36	70.57	0.71
tratto_valle	616	T500	55.76	73.71	75.95	75.99	76.22	0.004472	2.94	35.64	87.52	0.71
tratto_valle	592	T50	33.59	73.54	75.63	75.38	75.7	0.002014	1.5	32.5	64.34	0.45
tratto_valle	592	T100	38.83	73.54	75.69	75.42	75.76	0.00216	1.53	36.61	86.35	0.47
tratto_valle	592	T200	47.42	73.54	75.76	75.5	75.84	0.002243	1.63	43.3	96.67	0.48
tratto_valle	592	T500	55.76	73.54	75.82	75.62	75.91	0.002283	1.7	49.77	104.15	0.49
tratto_valle	567	T50	33.59	73.4	75.58		75.65	0.002007	1.52	36.73	92.36	0.46

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 Wid- th (m)	Froude # Chl
tratto_valle	567	T100	38.83	73.4	75.63		75.71	0.002005	1.57	41.75	97.7	0.46
tratto_valle	567	T200	47.42	73.4	75.71		75.79	0.002015	1.64	49.44	108.23	0.46
tratto_valle	567	T500	55.76	73.4	75.77		75.85	0.002014	1.69	56.86	116.64	0.47
tratto_valle	564	T50	33.59	73.38	75.59		75.64	0.001267	1.29	43.15	93.64	0.37
tratto_valle	564	T100	38.83	73.38	75.64		75.7	0.0013	1.34	48.13	100.18	0.38
tratto_valle	564	T200	47.42	73.38	75.72		75.77	0.001373	1.43	55.93	112.59	0.39
tratto_valle	564	T500	55.76	73.38	75.78		75.84	0.001392	1.49	63.41	116.31	0.4
tratto_valle	563	T50	33.59	73.37	75.59		75.64	0.001261	1.33	42.02	92.16	0.37
tratto_valle	563	T100	38.83	73.37	75.64		75.69	0.001318	1.38	46.99	99.5	0.38
tratto_valle	563	T200	47.42	73.37	75.71		75.77	0.001425	1.49	54.58	111.59	0.4
tratto_valle	563	T500	55.76	73.37	75.77		75.84	0.001488	1.57	61.76	115.74	0.41
tratto_valle	560	T50	33.59	73.31	75.57		75.63	0.001296	1.53	41.95	90.3	0.38
tratto_valle	560	T100	38.83	73.31	75.62		75.69	0.001362	1.6	46.79	101.73	0.39
tratto_valle	560	T200	47.42	73.31	75.7		75.77	0.001443	1.7	54.78	112.13	0.41
tratto_valle	560	T500	55.76	73.31	75.76		75.83	0.001479	1.76	62.13	114.7	0.42
tratto_valle	557	T50	33.59	73.32	75.58		75.63	0.001082	1.32	44.15	88.15	0.35
tratto_valle	557	T100	38.83	73.32	75.63		75.68	0.001162	1.4	48.79	99.03	0.36
tratto_valle	557	T200	47.42	73.32	75.7		75.76	0.001241	1.49	56.27	106.06	0.38
tratto_valle	557	T500	55.76	73.32	75.76		75.83	0.001299	1.57	63.16	111.62	0.39
tratto_valle	534	T50	33.59	73.26	75.46		75.54	0.001892	1.66	35.57	91.23	0.44
tratto_valle	534	T100	38.83	73.26	75.5		75.59	0.002041	1.75	39.55	102.26	0.46
tratto_valle	534	T200	47.42	73.26	75.56		75.66	0.00227	1.9	45.7	106.88	0.49
tratto_valle	534	T500	55.76	73.26	75.62		75.72	0.002245	1.94	52.96	112.31	0.49
tratto_valle	496	T50	33.59	73.12	75.28	75.28	75.45	0.002539	2.13	29.55	97.74	0.53
tratto_valle	496	T100	38.83	73.12	75.33	75.31	75.49	0.002539	2.17	34.65	100.5	0.53
tratto_valle	496	T200	47.42	73.12	75.45		75.57	0.002031	2.04	47.31	109.01	0.48
tratto_valle	496	T500	55.76	73.12	75.53		75.64	0.001881	2.02	56.61	115.2	0.47
tratto_valle	472	T50	33.59	73.06	75.31	75.01	75.35	0.000952	1.28	46.97	97.35	0.32
tratto_valle	472	T100	38.83	73.06	75.36		75.42	0.001109	1.42	53.15	111.34	0.35
tratto_valle	472	T200	47.42	73.06	75.46		75.51	0.001062	1.44	64.37	120.06	0.35
tratto_valle	472	T500	55.76	73.06	75.54		75.59	0.001053	1.48	73.8	126.98	0.35
tratto_valle	458	T50	33.59	73.05	75.3		75.34	0.000857	1.32	47.6	84.87	0.31
tratto_valle	458	T100	38.83	73.05	75.36		75.4	0.000916	1.39	52.93	93.09	0.32
tratto_valle	458	T200	47.42	73.05	75.45		75.5	0.000991	1.5	62.42	111.32	0.34
tratto_valle	458	T500	55.76	73.05	75.52		75.57	0.001029	1.56	70.92	116.6	0.35

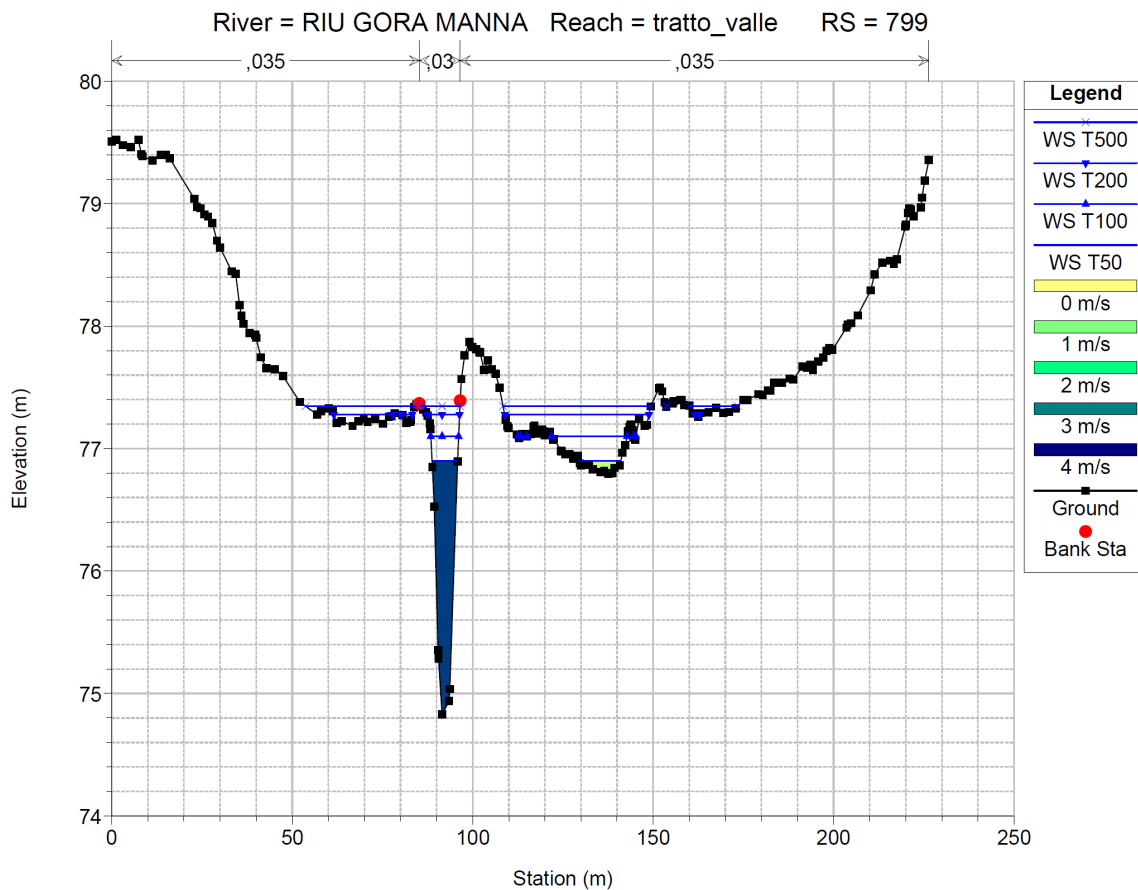
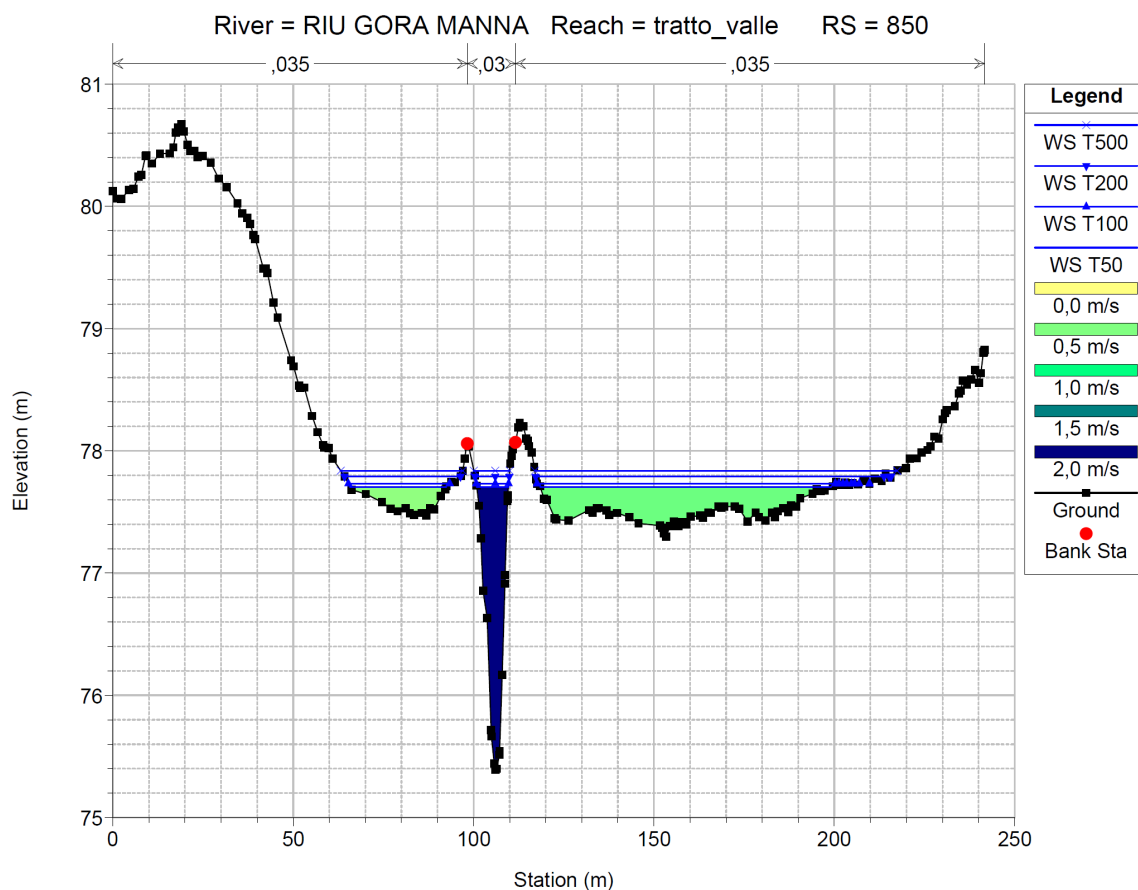
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Wid- th (m)	Froude # Chl
tratto_valle	455	T50	33.59	73.03	75.29		75.34	0.000813	1.3	46.74	70.04	0.31
tratto_valle	455	T100	38.83	73.03	75.35		75.4	0.000893	1.4	50.96	80.07	0.33
tratto_valle	455	T200	47.42	73.03	75.44		75.49	0.001051	1.56	58.55	95.38	0.36
tratto_valle	455	T500	55.76	73.03	75.5		75.57	0.001223	1.72	65.14	102.29	0.39
tratto_valle	452	T50	33.59	73.04	75.25	74.96	75.33	0.001437	1.65	35.15	59.83	0.4
tratto_valle	452	T100	38.83	73.04	75.3	75.05	75.39	0.00154	1.74	38.66	67.96	0.42
tratto_valle	452	T200	47.42	73.04	75.4	75.11	75.49	0.001591	1.83	45.6	87.2	0.43
tratto_valle	452	T500	55.76	73.04	75.47	75.21	75.56	0.001638	1.9	52.47	97.81	0.44
tratto_valle	451		Bridge									
tratto_valle	447	T50	33.59	72.93	75.06	75.06	75.29	0.003369	2.48	23.09	52.29	0.61
tratto_valle	447	T100	38.83	72.93	75.13	75.13	75.35	0.003335	2.54	26.73	54.22	0.61
tratto_valle	447	T200	47.42	72.93	75.21	75.21	75.44	0.003422	2.65	31.85	68.43	0.62
tratto_valle	447	T500	55.76	72.93	75.26	75.26	75.52	0.003859	2.87	35.3	76.09	0.67
tratto_valle	436	T50	33.59	72.8	74.35	74.72	75.16	0.013607	4.19	9.57	14.37	1.23
tratto_valle	436	T100	38.83	72.8	74.52	74.79	75.24	0.01048	4.03	12.79	27.03	1.1
tratto_valle	436	T200	47.42	72.8	74.66	74.9	75.34	0.009331	4.07	18.02	42.31	1.06
tratto_valle	436	T500	55.76	72.8	74.74	74.99	75.41	0.009281	4.2	21.74	52.15	1.06
tratto_valle	430	T50	33.59	72.77	74.52	74.68	75	0.008328	3.71	16.39	44.39	0.99
tratto_valle	430	T100	38.83	72.77	74.52	74.73	75.15	0.010946	4.26	16.53	44.52	1.13
tratto_valle	430	T200	47.42	72.77	74.58	74.84	75.27	0.012273	4.63	19	46.56	1.21
tratto_valle	430	T500	55.76	72.77	74.64	74.9	75.35	0.01258	4.81	22.02	51.62	1.23
tratto_valle	429	T50	33.59	72.68	74.27	74.56	74.97	0.014254	3.75	9.64	15.62	1.23
tratto_valle	429	T100	38.83	72.68	74.33	74.63	75.12	0.015006	4.01	10.85	24.12	1.27
tratto_valle	429	T200	47.42	72.68	74.44	74.64	75.25	0.01422	4.18	14.84	41.07	1.26
tratto_valle	429	T500	55.76	72.68	74.52	74.83	75.33	0.013831	4.3	18.06	44.23	1.26
tratto_valle	424	T50	33.59	71.39	73.16	73.7	74.77	0.038192	5.62	5.98	6.43	1.86
tratto_valle	424	T100	38.83	71.39	73.29	73.83	74.93	0.036732	5.68	6.84	7.07	1.84
tratto_valle	424	T200	47.42	71.39	73.51	74.05	75.08	0.029347	5.54	8.58	9.17	1.69
tratto_valle	424	T500	55.76	71.39	73.73	74.18	75.18	0.021516	5.36	10.82	10.89	1.49
tratto_valle	417	T50	33.59	71.32	73.86	72.75	73.99	0.001266	1.64	20.53	11.13	0.38
tratto_valle	417	T100	38.83	71.32	73.99	72.88	74.15	0.001385	1.77	22.17	14.62	0.4
tratto_valle	417	T200	47.42	71.32	74.17	73.08	74.36	0.001513	1.96	26.12	35.4	0.42
tratto_valle	417	T500	55.76	71.32	74.28	73.25	74.5	0.001703	2.15	30.25	40.58	0.45

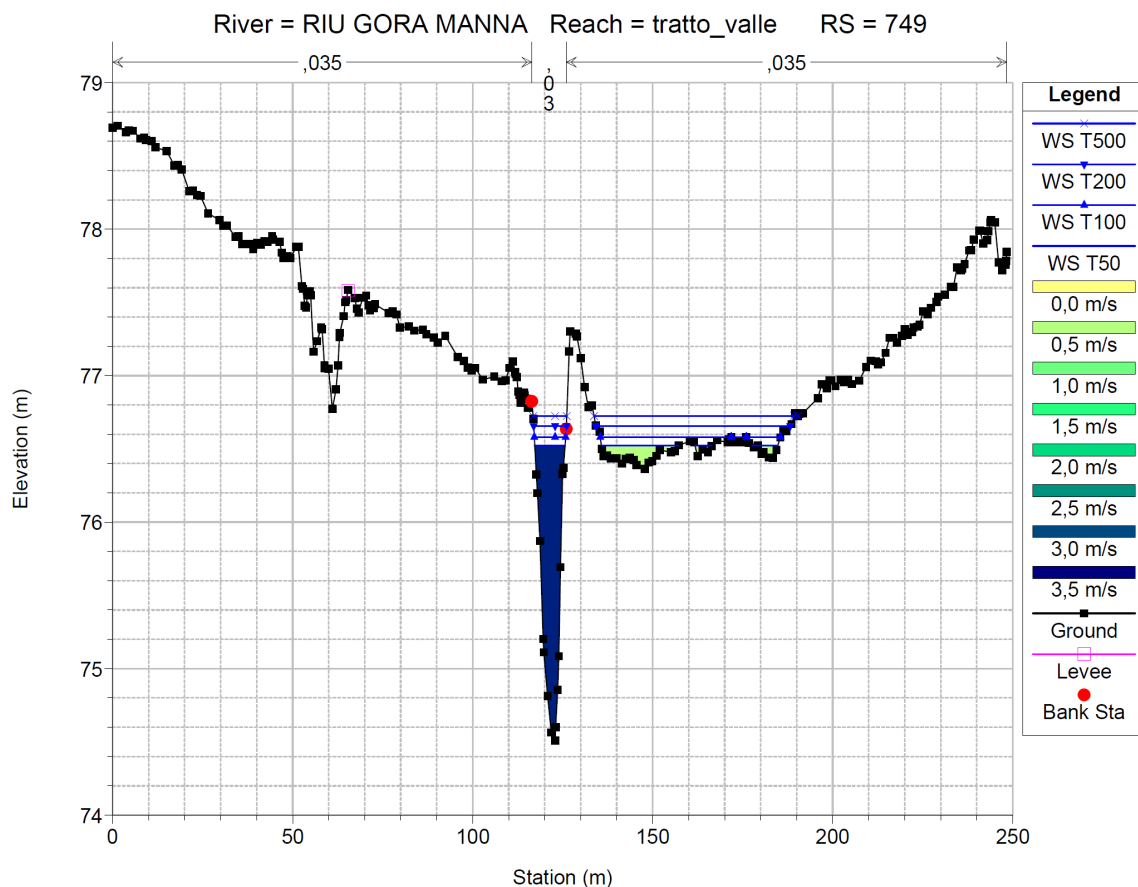
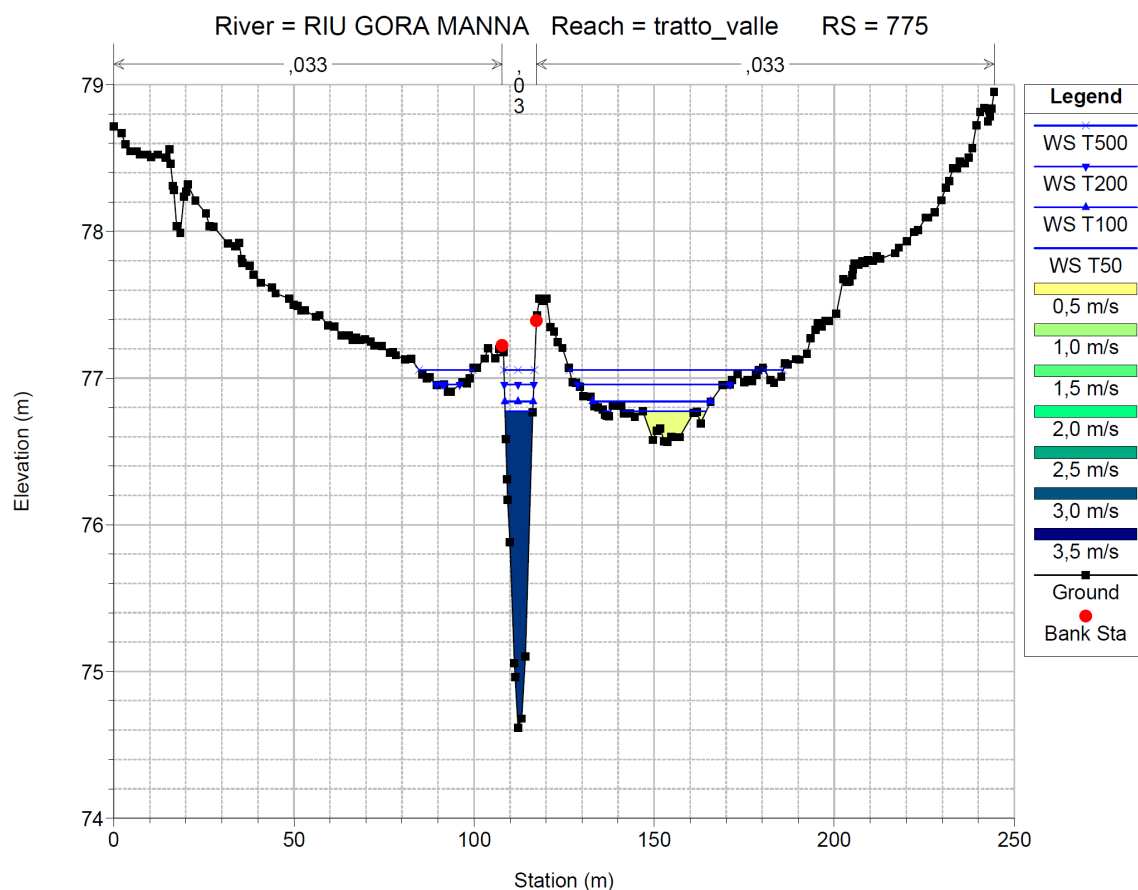
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Wid- th (m)	Froude # Chl
tratto_valle	411	T50	33.59	71.46	73.71		73.97	0.00311	2.26	14.88	11.03	0.58
tratto_valle	411	T100	38.83	71.46	73.82		74.12	0.003349	2.42	16.35	14.38	0.61
tratto_valle	411	T200	47.42	71.46	73.97	73.47	74.33	0.003618	2.67	19.13	24.82	0.64
tratto_valle	411	T500	55.76	71.46	73.92	73.66	74.46	0.005621	3.26	17.91	18.79	0.79
tratto_valle	370	T50	33.59	71.13	73.25	73.25	73.74	0.009086	3.13	10.9	12.26	0.97
tratto_valle	370	T100	38.83	71.13	73.36	73.36	73.89	0.008449	3.23	12.39	13.11	0.95
tratto_valle	370	T200	47.42	71.13	73.55	73.55	74.11	0.007386	3.34	15.34	19.05	0.91
tratto_valle	370	T500	55.76	71.13	73.89	73.89	74.21	0.003662	2.72	29.67	58.35	0.66
tratto_valle	315	T50	33.59	70.59	72.87	72.29	73.15	0.00332	2.35	14.55	12.26	0.59
tratto_valle	315	T100	38.83	70.59	72.97	72.44	73.3	0.00373	2.55	15.84	16.74	0.63
tratto_valle	315	T200	47.42	70.59	72.98	72.67	73.46	0.005428	3.08	16.08	17.23	0.77
tratto_valle	315	T500	55.76	70.59	72.55	72.94	73.75	0.016073	4.83	11.54	8.02	1.29
tratto_valle	243	T50	33.59	70.41	72.21	72.18	72.76	0.008554	3.31	10.29	10.53	0.94
tratto_valle	243	T100	38.83	70.41	72.42	72.42	72.93	0.006658	3.18	13.35	17.96	0.85
tratto_valle	243	T200	47.42	70.41	72.85	72.85	73.12	0.002951	2.52	29.13	65.77	0.59
tratto_valle	243	T500	55.76	70.41	72.96	72.96	73.2	0.002649	2.48	38.69	95.13	0.56
tratto_valle	206	T50	33.59	70.23	72.3		72.48	0.002869	2.31	25	48.64	0.58
tratto_valle	206	T100	38.83	70.23	72.39	72.3	72.56	0.002569	2.27	29.79	50.86	0.56
tratto_valle	206	T200	47.42	70.23	72.51	72.39	72.67	0.002436	2.31	36.12	54.9	0.55
tratto_valle	206	T500	55.76	70.23	72.63	72.44	72.78	0.002294	2.34	42.63	59.99	0.54
tratto_valle	191	T50	33.59	69.96	72.36		72.41	0.001111	1.36	39.66	55.81	0.35
tratto_valle	191	T100	38.83	69.96	72.45		72.5	0.001095	1.4	44.35	57.57	0.35
tratto_valle	191	T200	47.42	69.96	72.56		72.62	0.001101	1.47	50.97	59.17	0.35
tratto_valle	191	T500	55.76	69.96	72.67		72.73	0.001093	1.52	57.5	61.48	0.36
tratto_valle	173	T50	33.59	69.6	72.24		72.38	0.002069	2.03	26.94	41.95	0.48
tratto_valle	173	T100	38.83	69.6	72.33		72.46	0.002019	2.06	30.63	43.09	0.48
tratto_valle	173	T200	47.42	69.6	72.43		72.58	0.002106	2.19	35.29	45.44	0.5
tratto_valle	173	T500	55.76	69.6	72.53		72.69	0.002176	2.3	40.1	48.34	0.51
tratto_valle	159	T50	33.59	69.13	72.05	72.05	72.32	0.005655	2.69	18.14	31.59	0.71
tratto_valle	159	T100	38.83	69.13	72.1	72.1	72.4	0.006178	2.88	19.79	32.81	0.75
tratto_valle	159	T200	47.42	69.13	72.2	72.2	72.52	0.006178	3.01	23.32	34.59	0.75
tratto_valle	159	T500	55.76	69.13	72.27	72.27	72.62	0.006821	3.24	25.52	35.69	0.8
tratto_valle	152	T50	33.59	69.07	71.28	71.59	72.21	0.008471	4.46	9.03	9.37	1.08
tratto_valle	152	T100	38.83	69.07	71.66	71.92	72.33	0.005165	3.91	13.94	19.2	0.88
tratto_valle	152	T200	47.42	69.07	71.96	72.06	72.47	0.003649	3.61	21.95	31.42	0.76

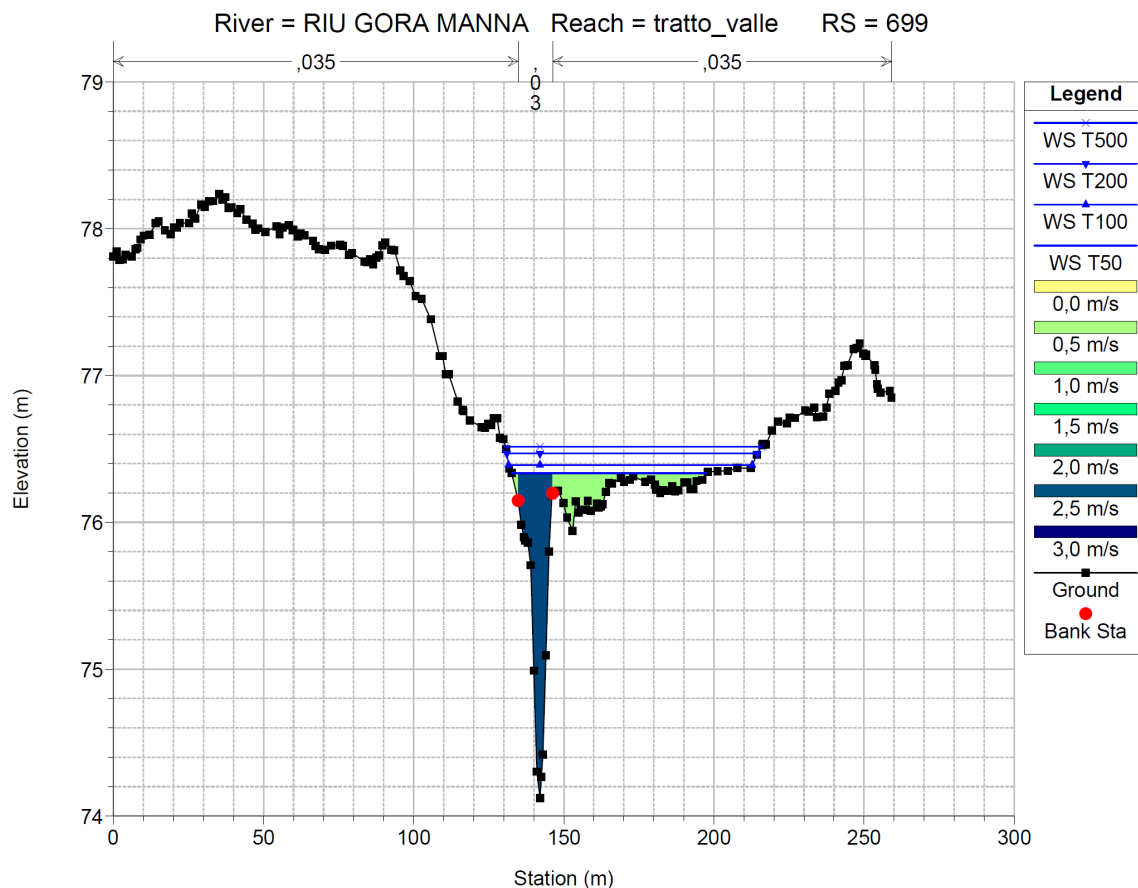
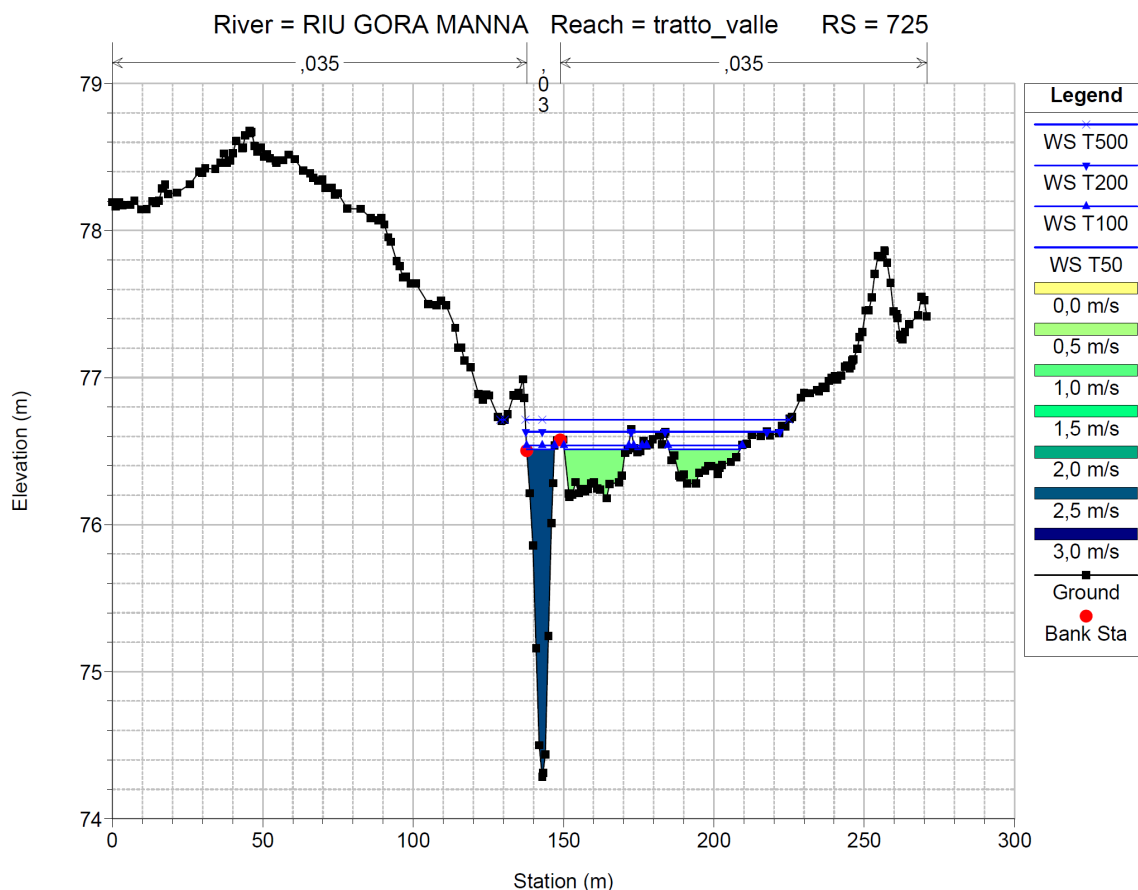
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
tratto_valle	152	T500	55.76	69.07	72.12	72.19	72.58	0.003351	3.61	27.17	35.78	0.73
tratto_valle	143	T50	33.59	69	71.57	71.57	72.08	0.004024	3.4	13.52	17.71	0.76
tratto_valle	143	T100	38.83	69	71.53	71.76	72.27	0.005909	4.07	12.86	16.97	0.92
tratto_valle	143	T200	47.42	69	71.8	71.94	72.42	0.004594	3.91	18.53	24.27	0.83
tratto_valle	143	T500	55.76	69	72.05	72.1	72.55	0.003599	3.7	25.33	31.82	0.74
tratto_valle	131	T50	33.59	68.9	70.74	71.12	71.93	0.012931	4.83	6.96	5.32	1.35
tratto_valle	131	T100	38.83	68.9	70.88	71.27	72.12	0.015326	4.92	7.93	8.05	1.5
tratto_valle	131	T200	47.42	68.9	71.17	71.44	72.29	0.010703	4.71	10.46	9.54	1.28
tratto_valle	131	T500	55.76	68.9	71.51	71.78	72.45	0.007318	4.35	14.06	13.55	1.09
tratto_valle	121	T50	33.59	68.81	70.21	70.67	71.75	0.016828	5.49	6.12	4.93	1.57
tratto_valle	121	T100	38.83	68.81	70.41	70.92	71.94	0.01492	5.48	7.09	5.08	1.48
tratto_valle	121	T200	47.42	68.81	70.8	71.23	72.16	0.010759	5.16	9.34	7.45	1.26
tratto_valle	121	T500	55.76	68.81	71.17	71.35	72.35	0.007611	4.87	12.46	10.11	1.09
tratto_valle	112	T50	33.59	68.72	69.66	70.22	71.51	0.02687	6.03	5.57	6.88	2.14
tratto_valle	112	T100	38.83	68.72	69.76	70.35	71.71	0.025256	6.18	6.28	7.08	2.09
tratto_valle	112	T200	47.42	68.72	69.93	70.56	71.95	0.022151	6.28	7.55	7.43	1.99
tratto_valle	112	T500	55.76	68.72	70.1	70.74	72.15	0.019725	6.34	8.8	7.76	1.9
tratto_valle	74	T50	33.59	68.39	69.59	69.89	70.63	0.011461	4.5	7.46	7.39	1.43
tratto_valle	74	T100	38.83	68.39	69.69	70.02	70.84	0.011684	4.73	8.2	7.59	1.45
tratto_valle	74	T200	47.42	68.39	69.86	70.23	71.13	0.011524	5	9.48	7.91	1.46
tratto_valle	74	T500	55.76	68.39	70.01	70.42	71.39	0.011226	5.2	10.73	8.22	1.45

7.4 Risultati simulazione stato di progetto

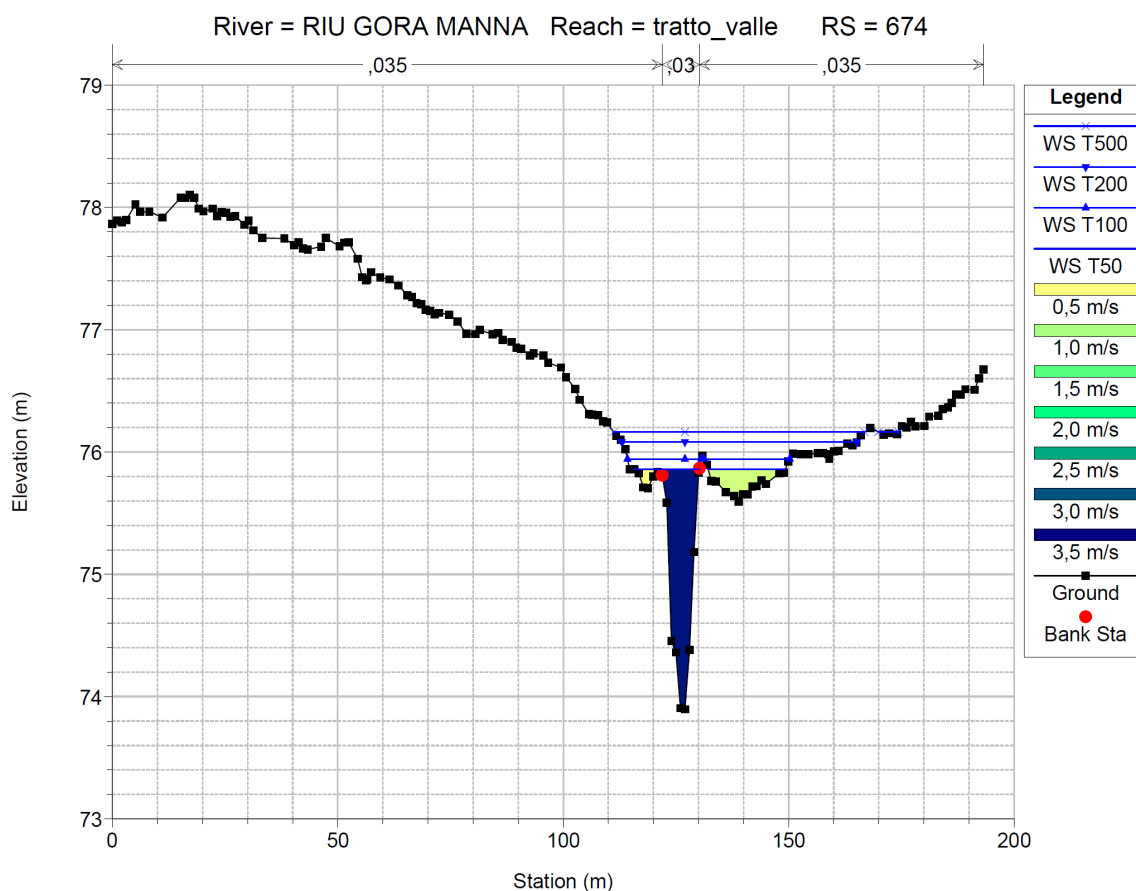
Di seguito si riportano gli output della modellazione idraulica predisposta per gli interventi in progetto: sezioni, profilo idraulico e tabelle riepilogative delle sezioni e del ponte.

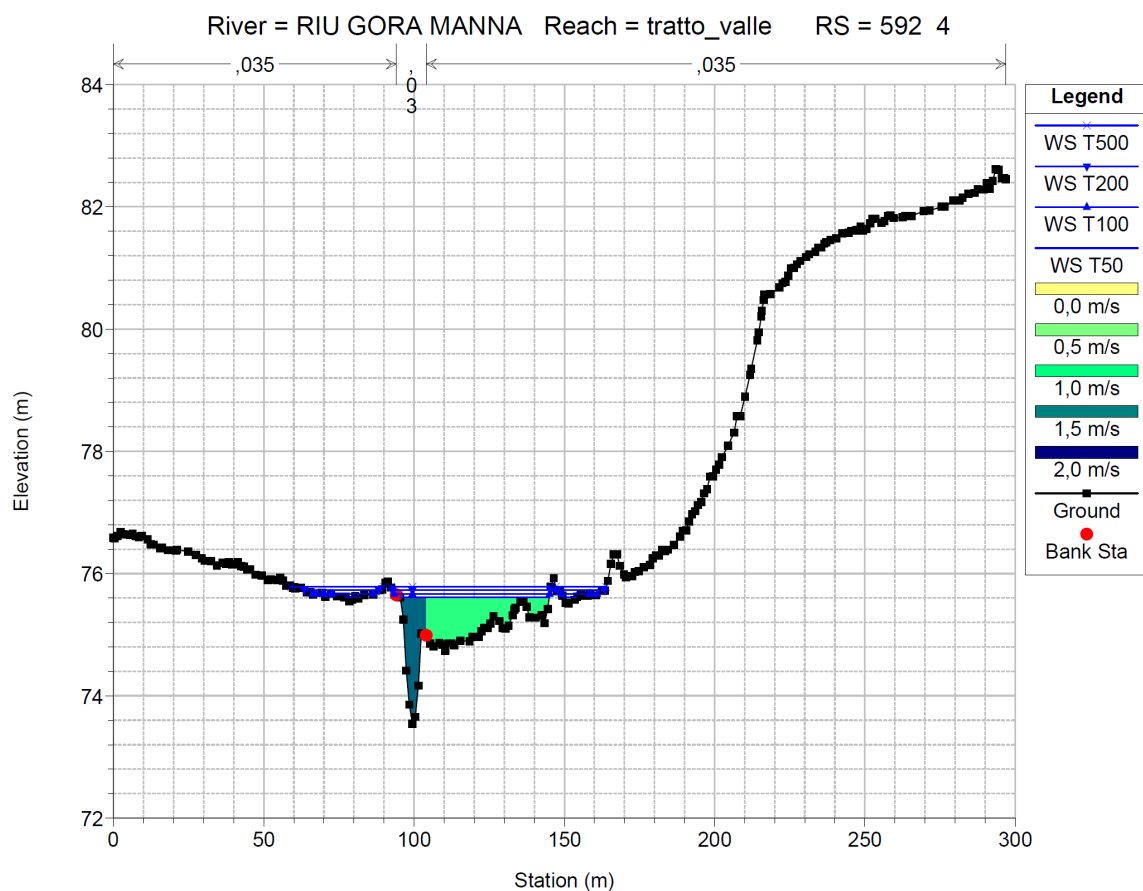
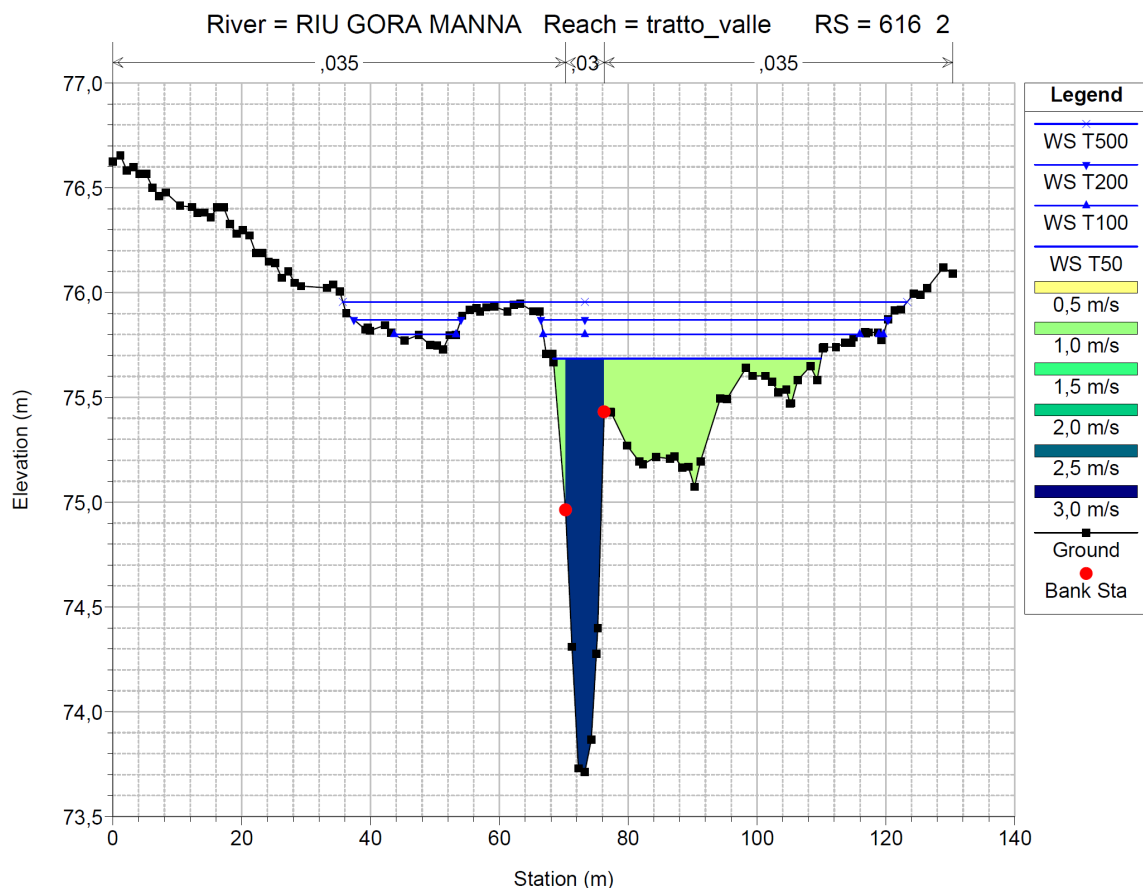


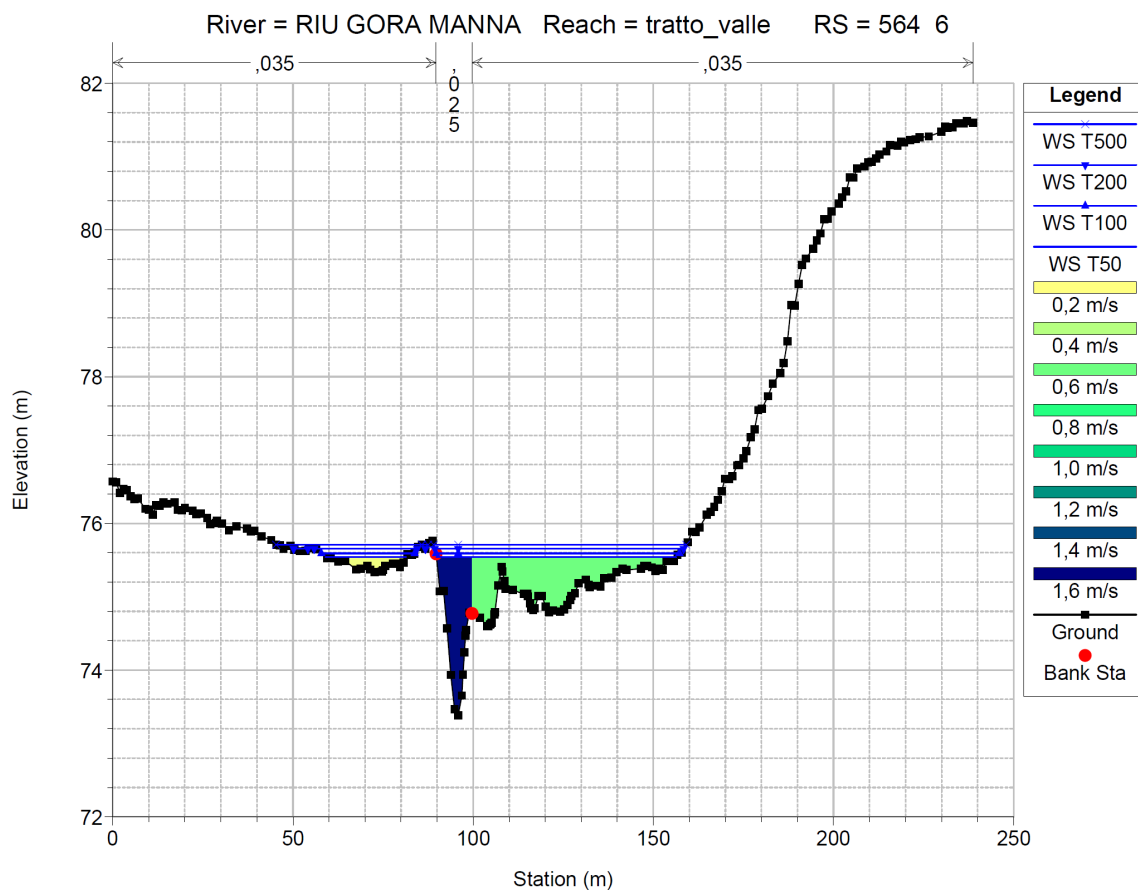
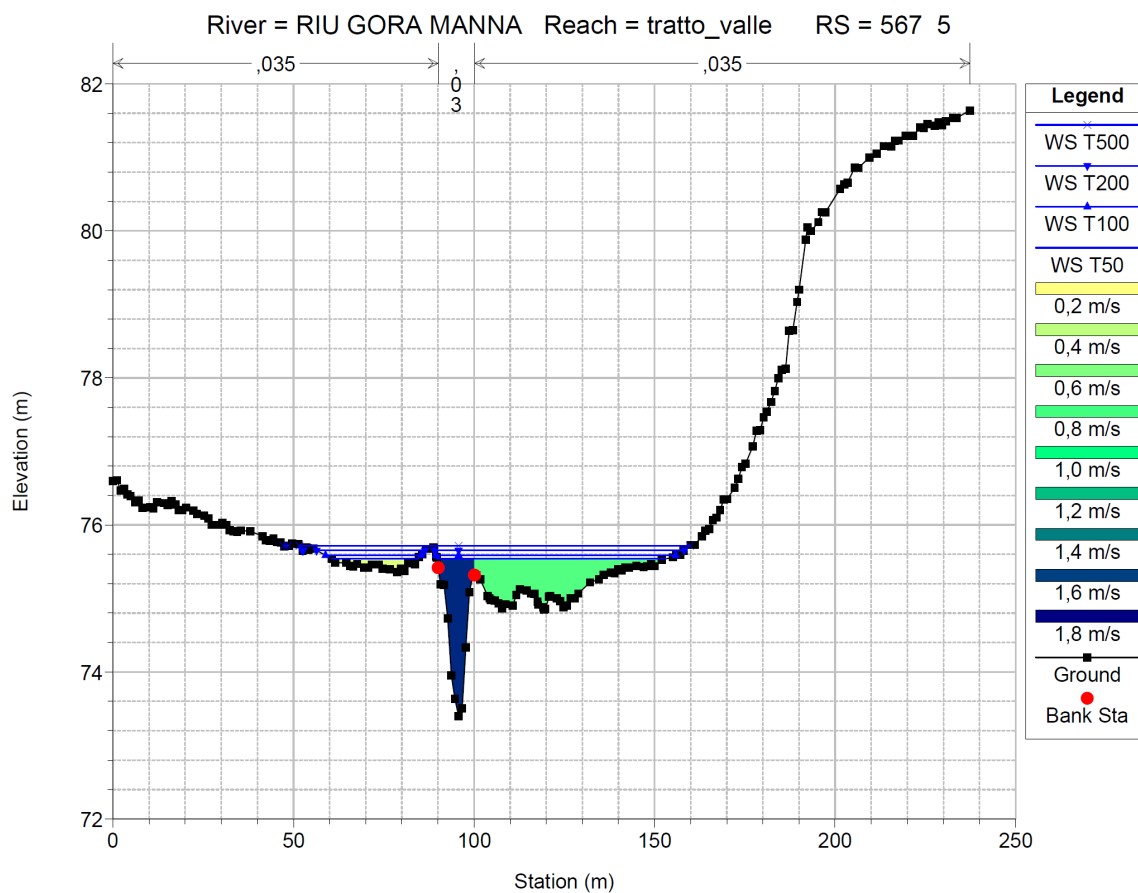


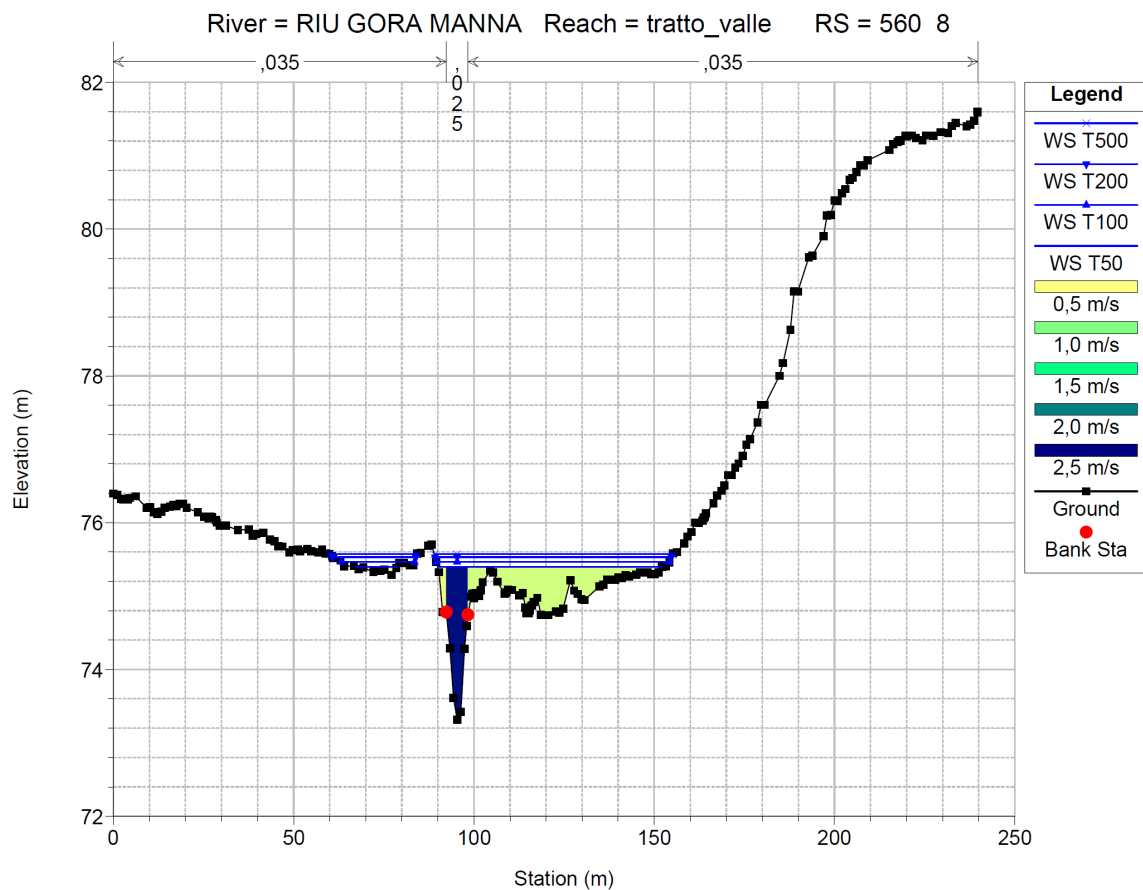
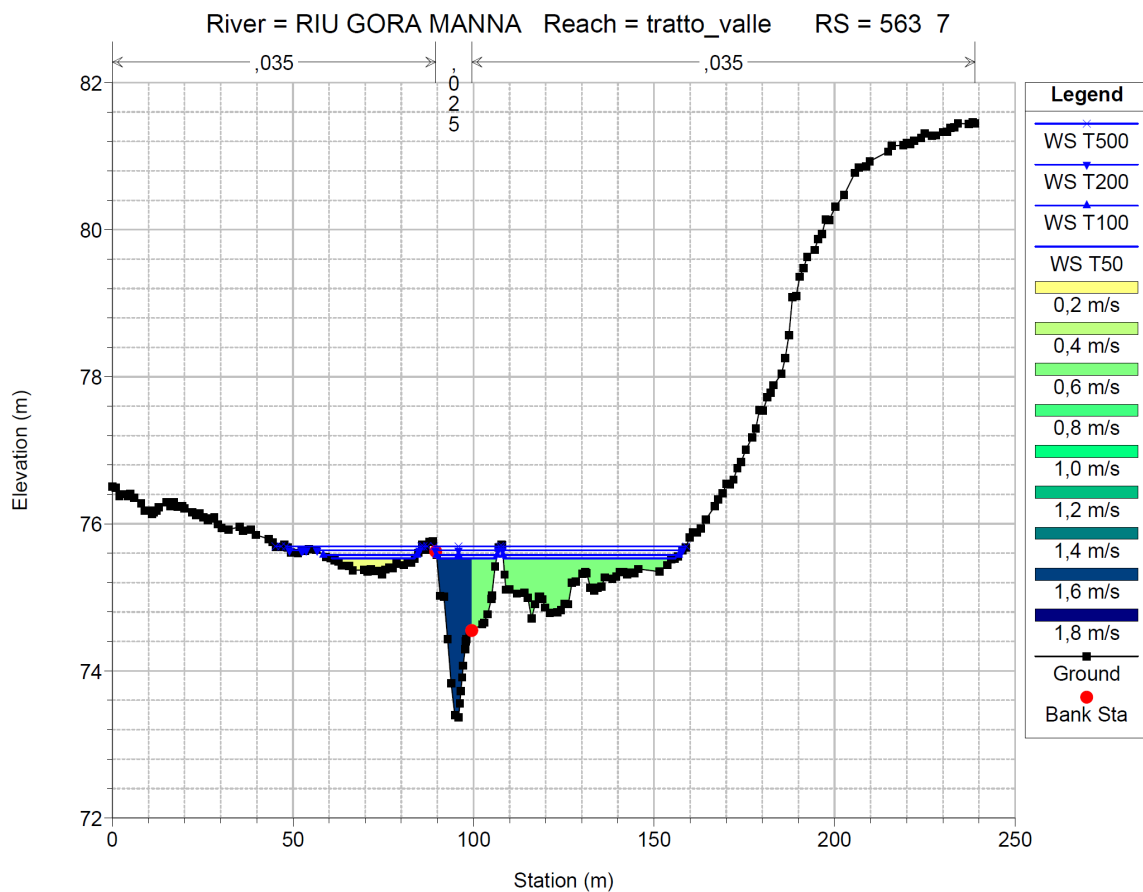


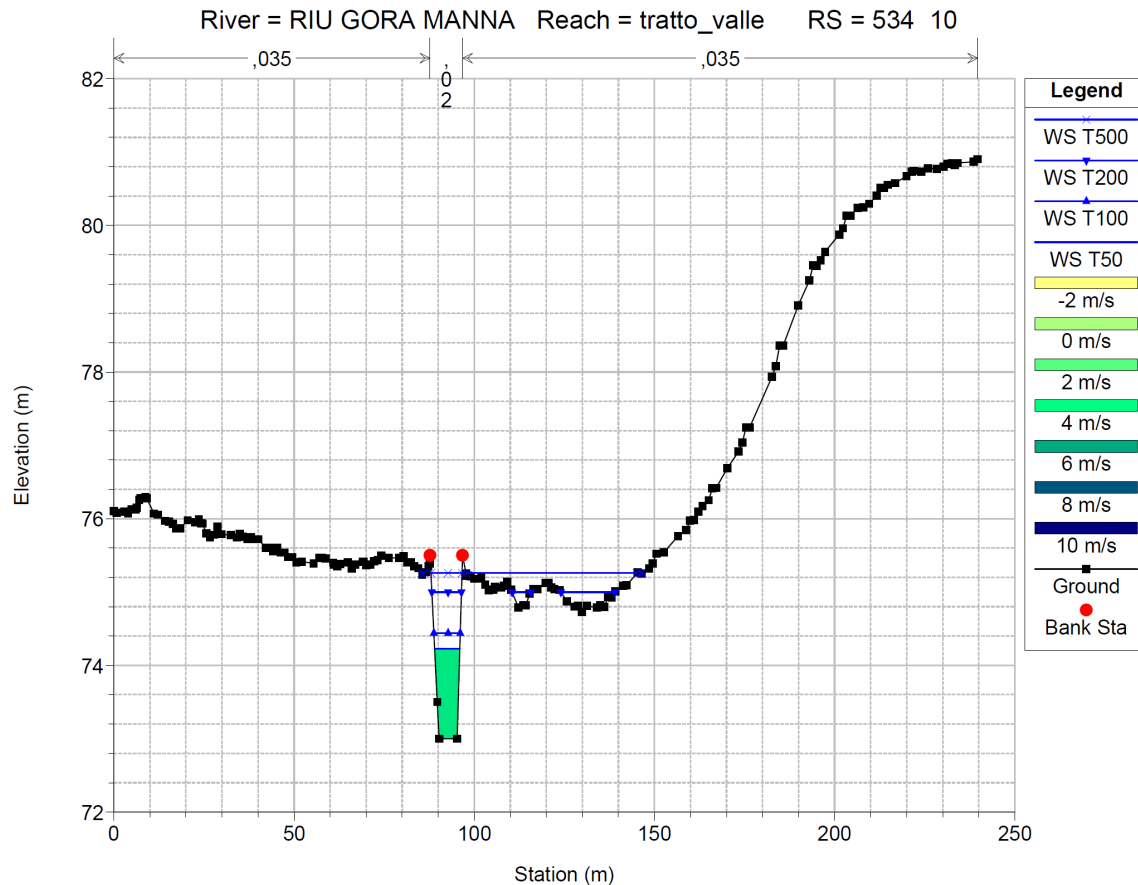
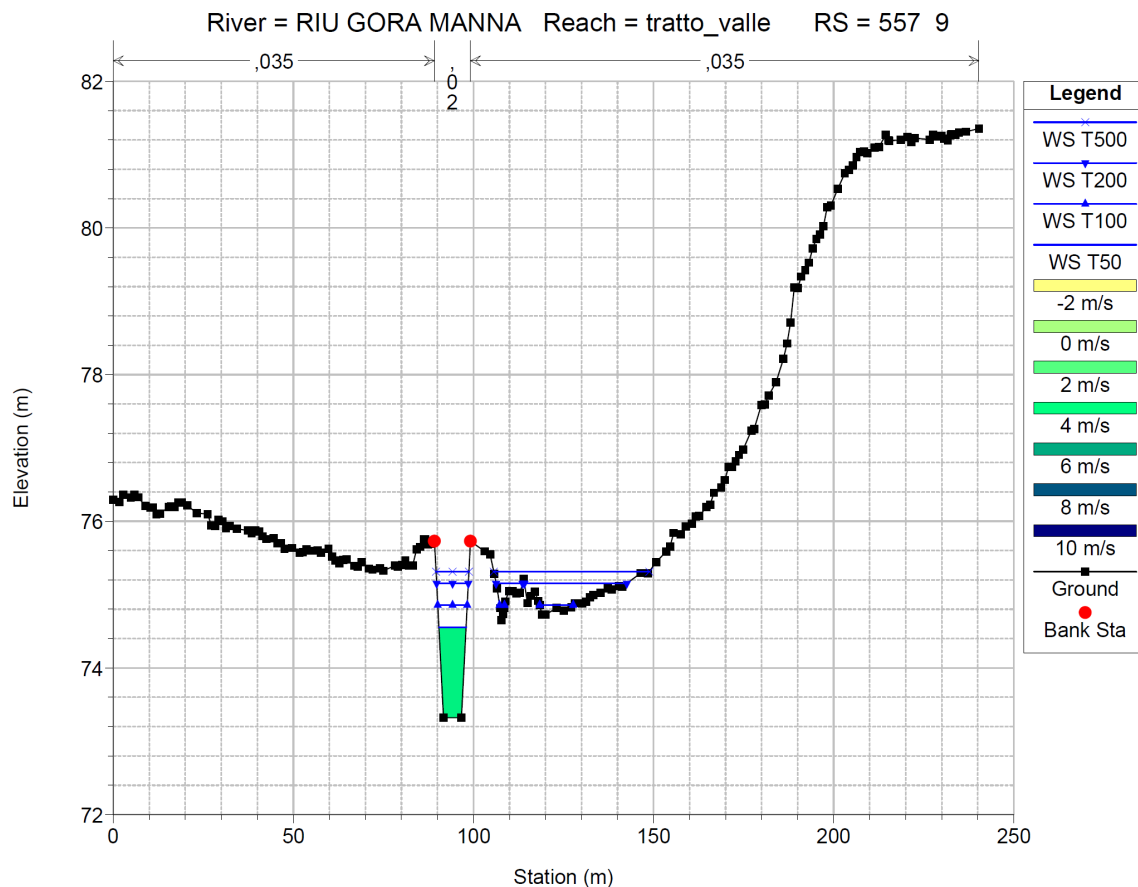
6

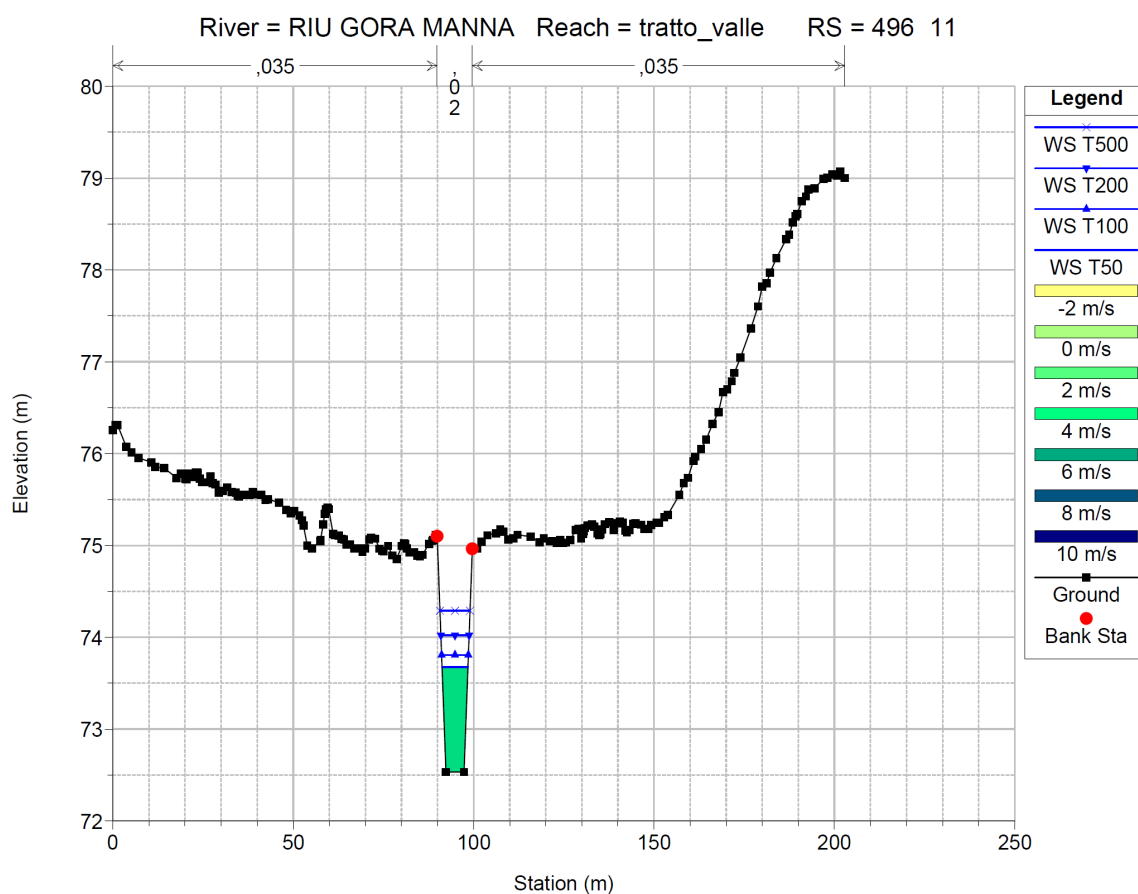
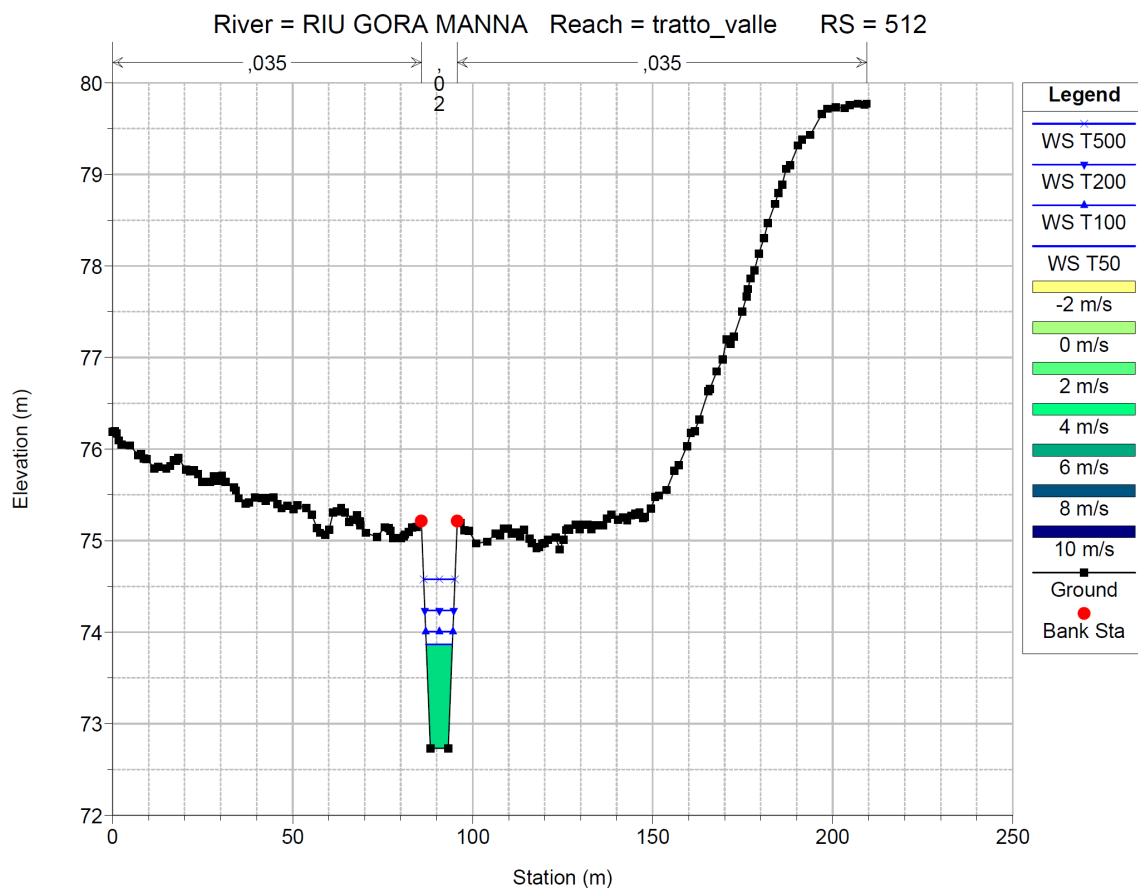


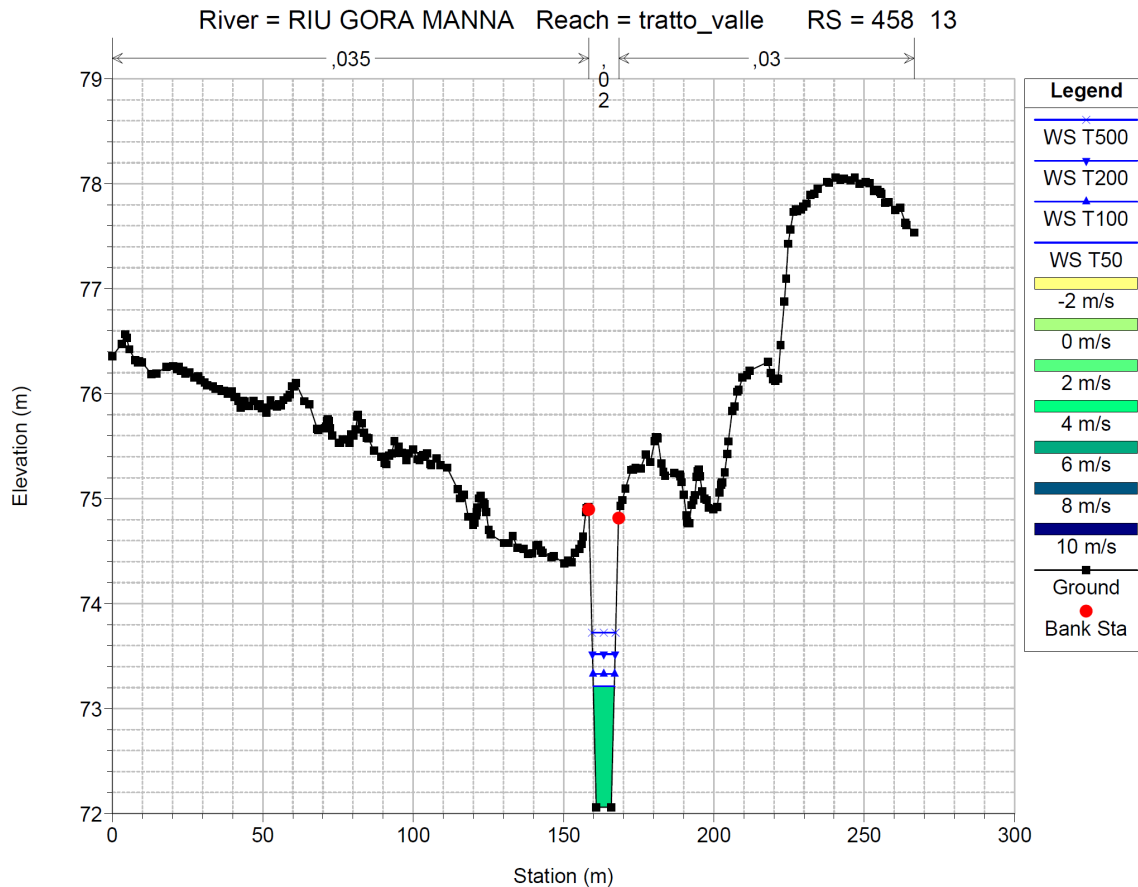
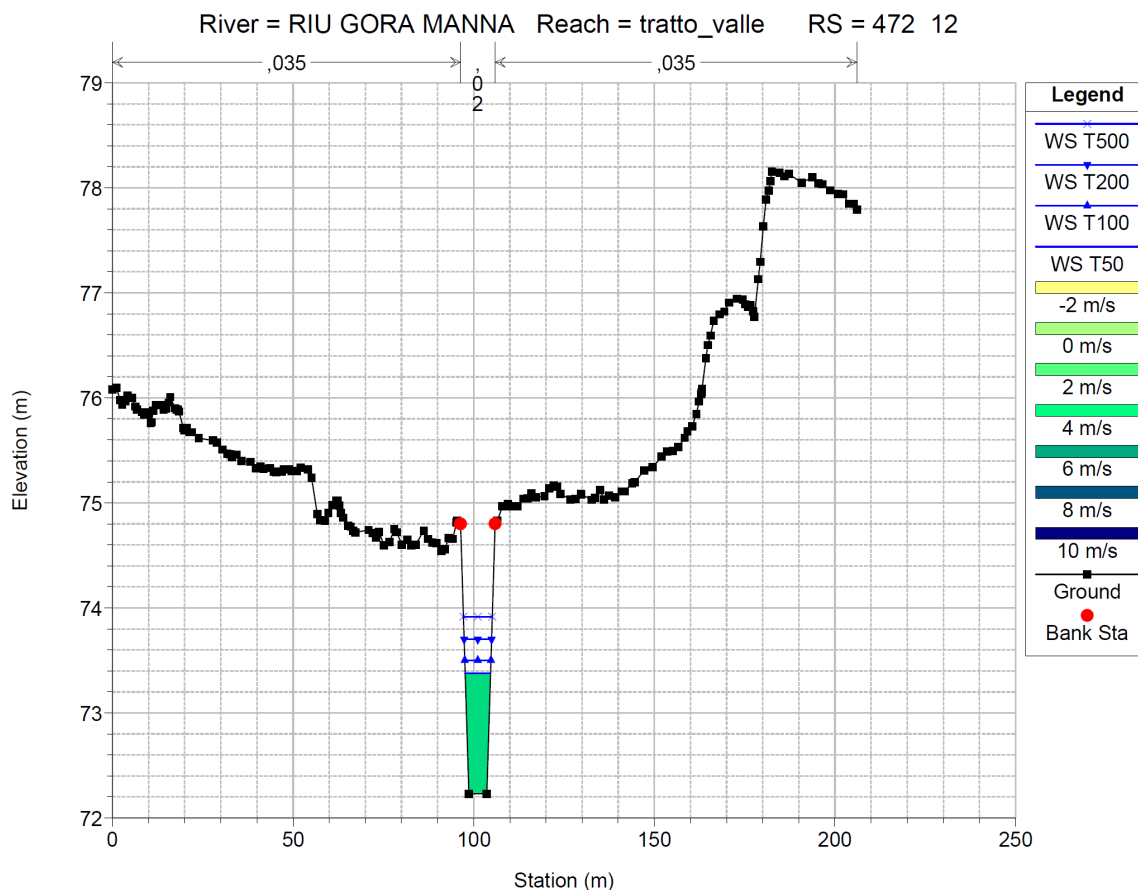


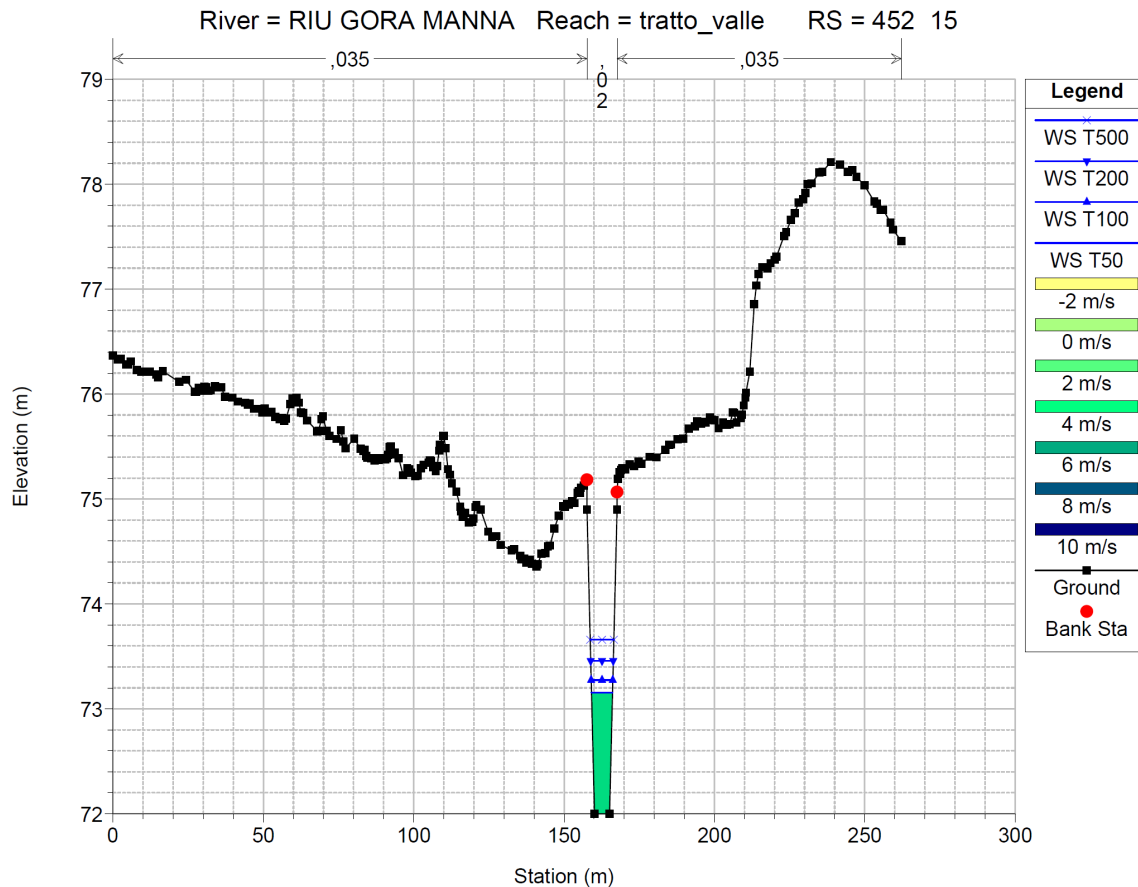
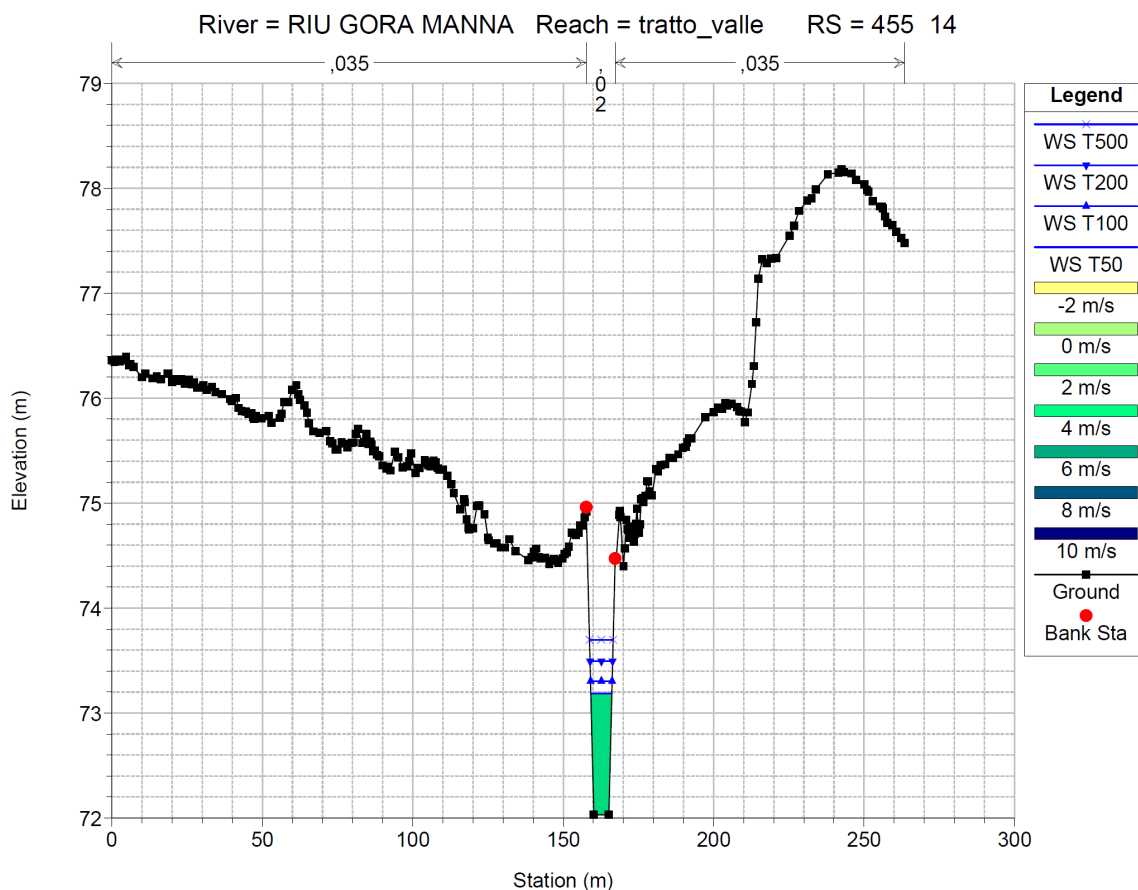


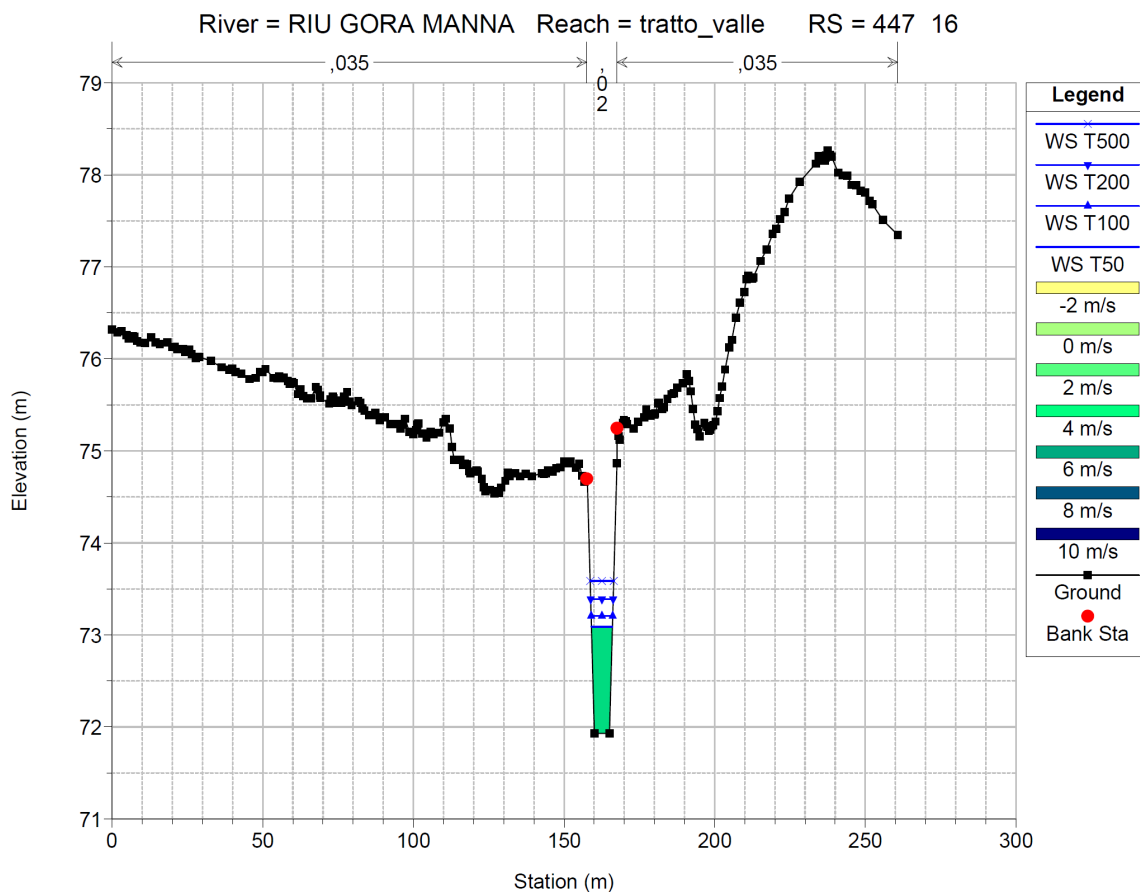
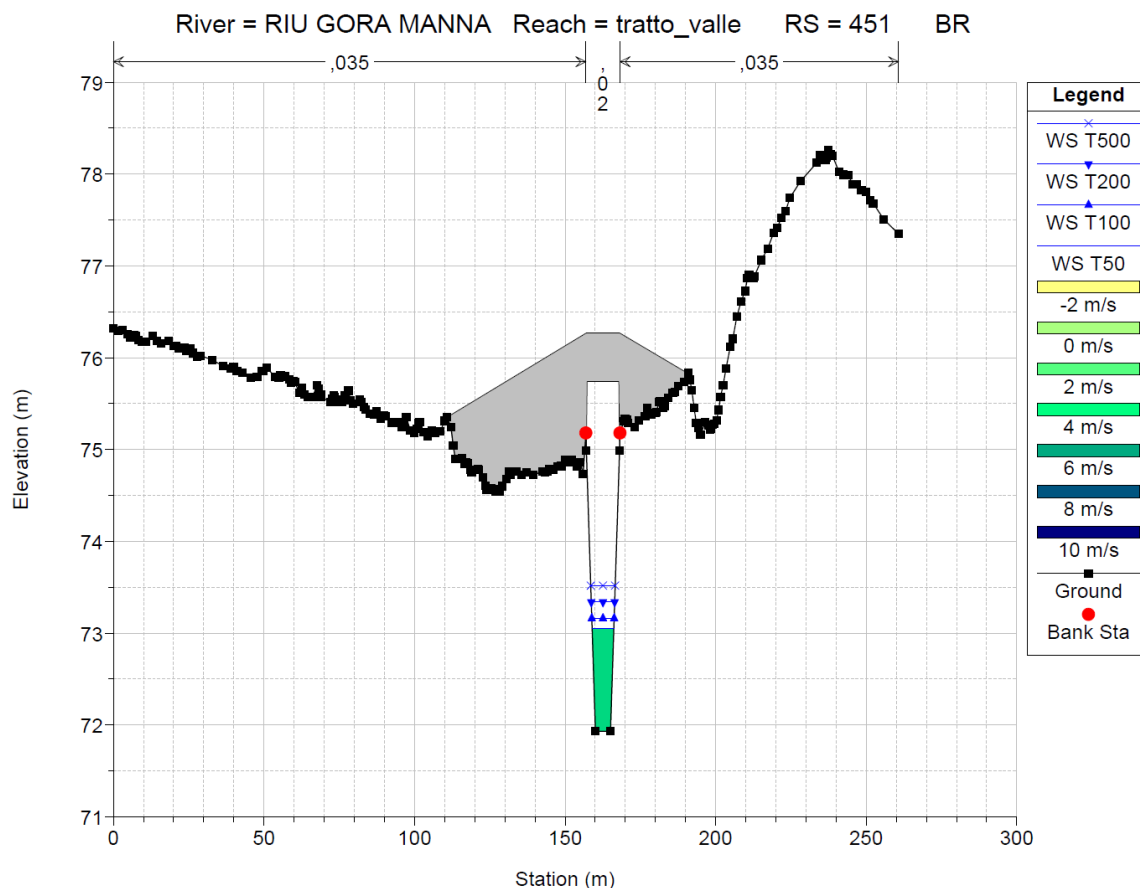


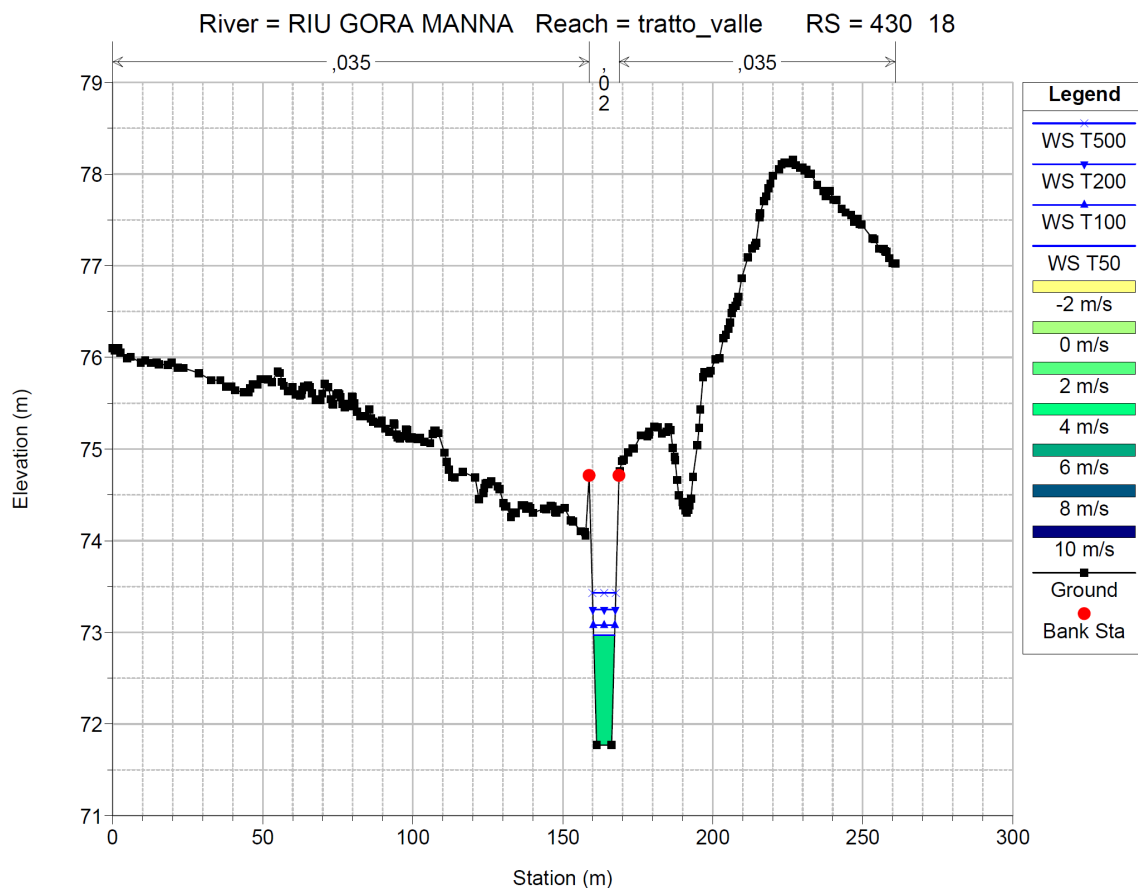
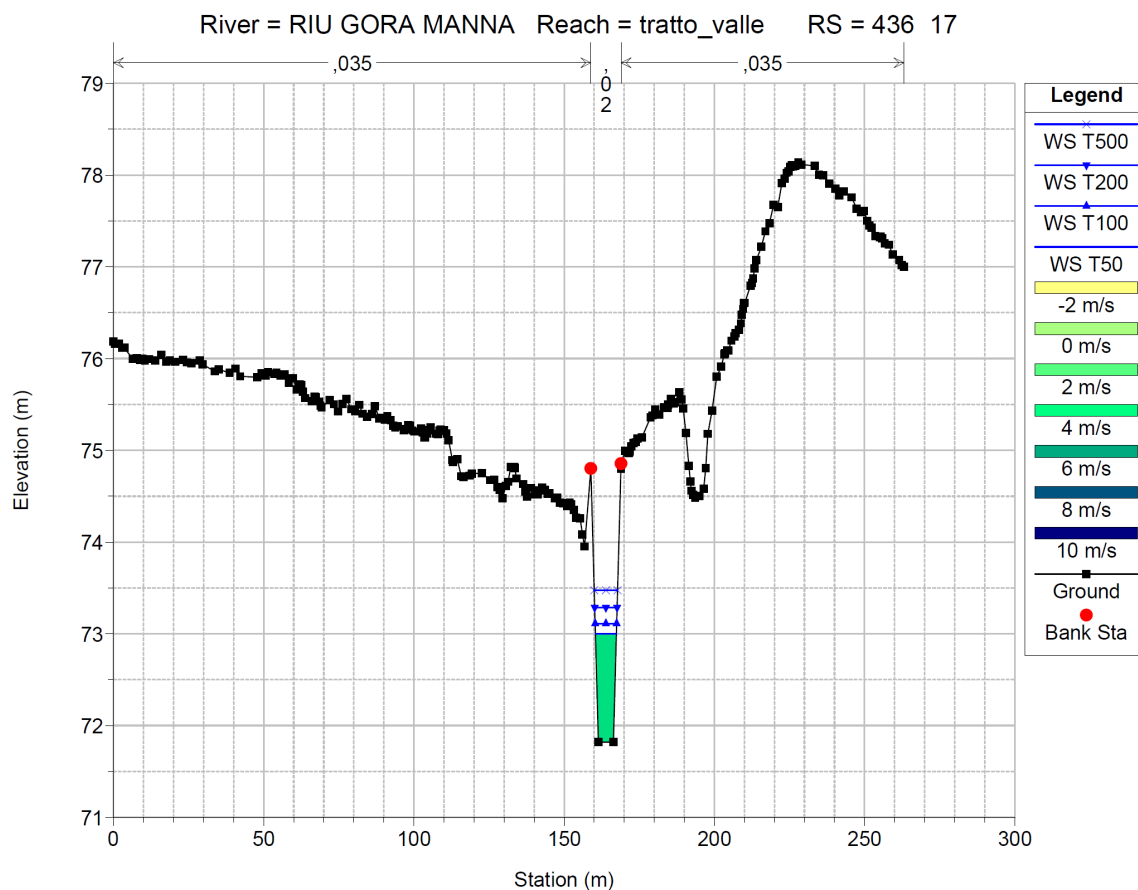


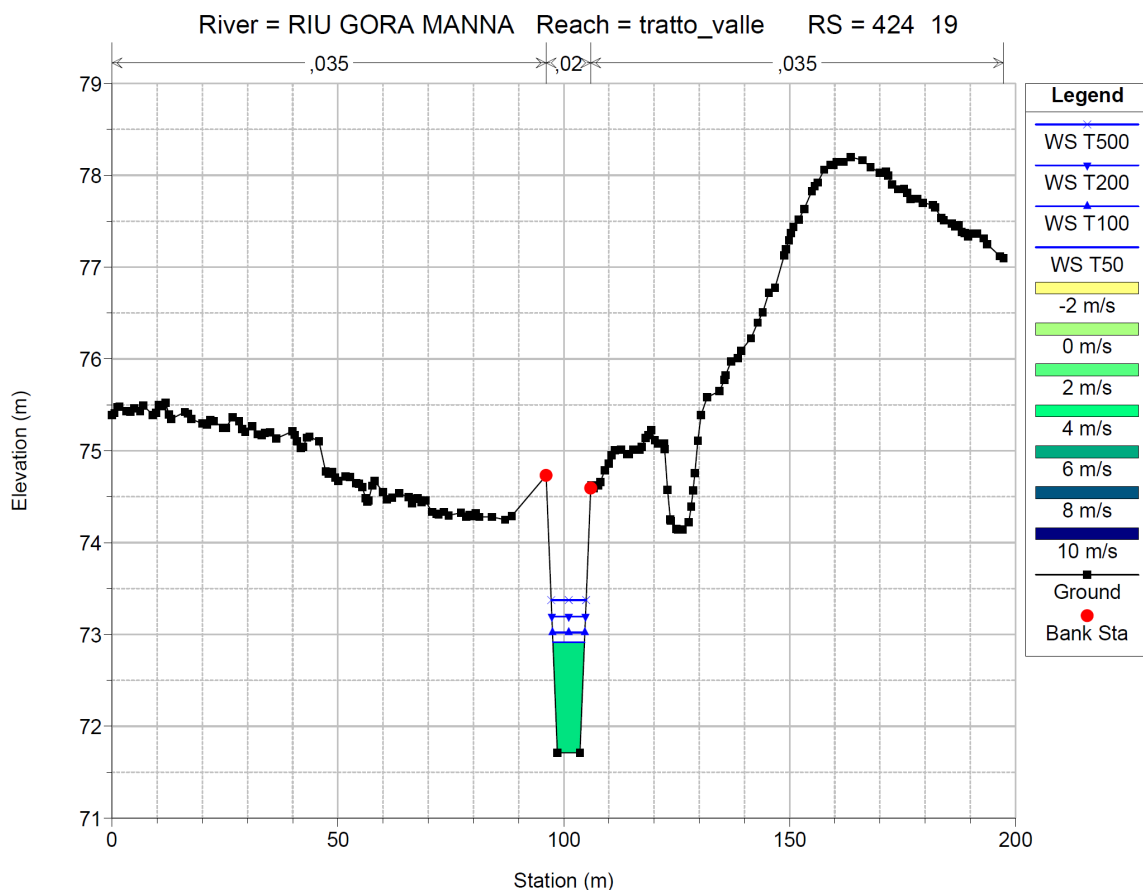
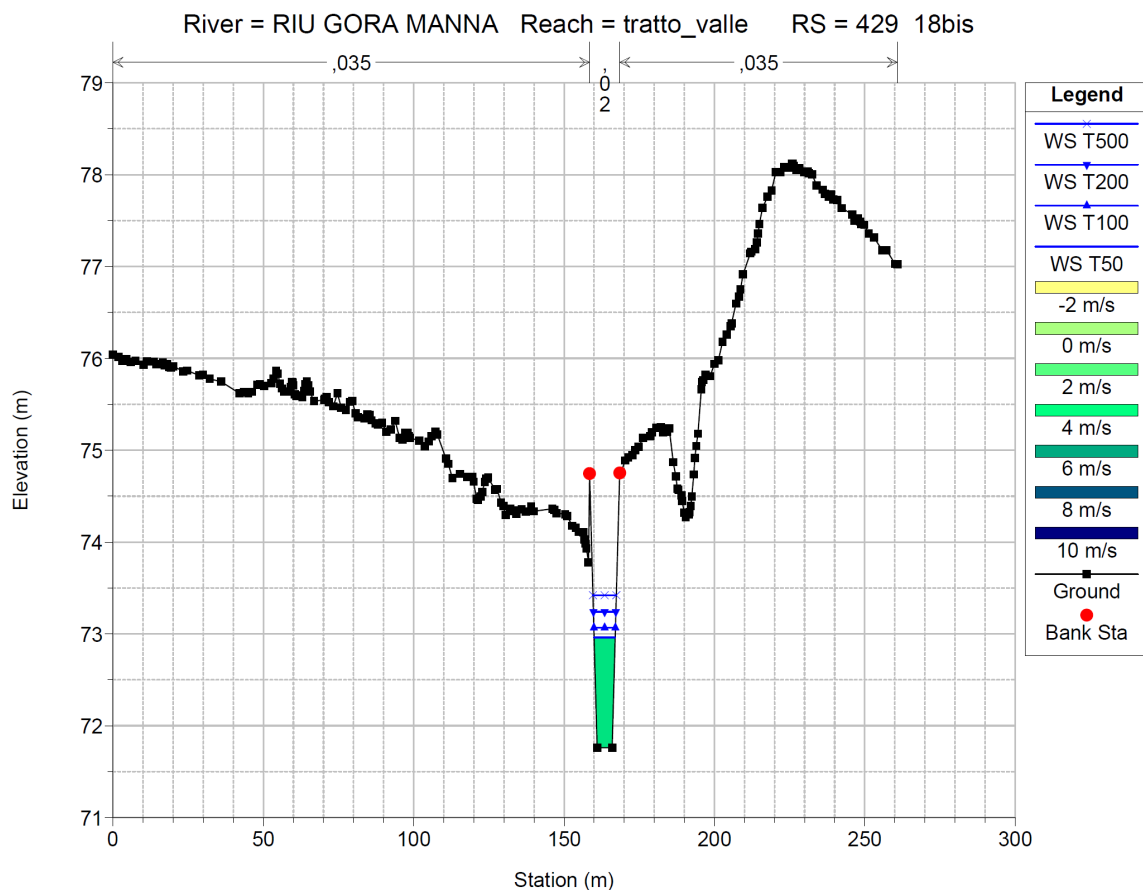


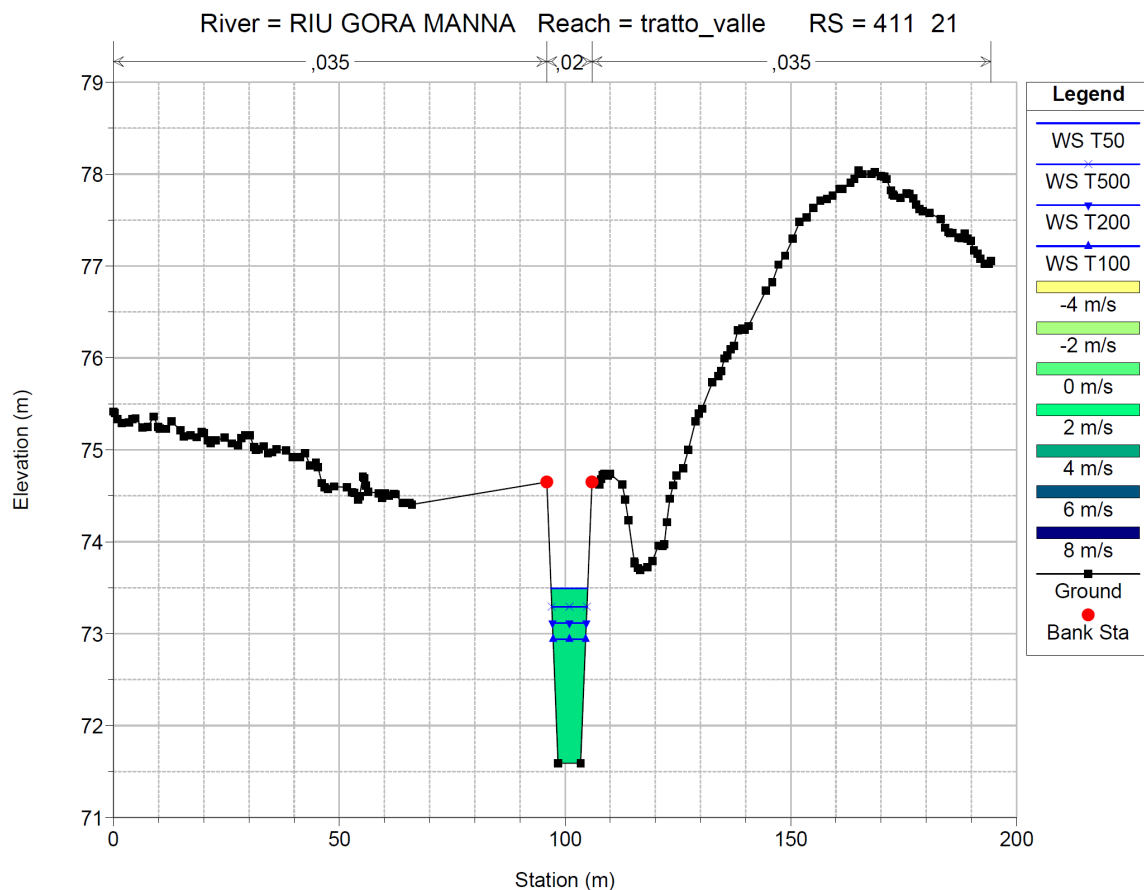
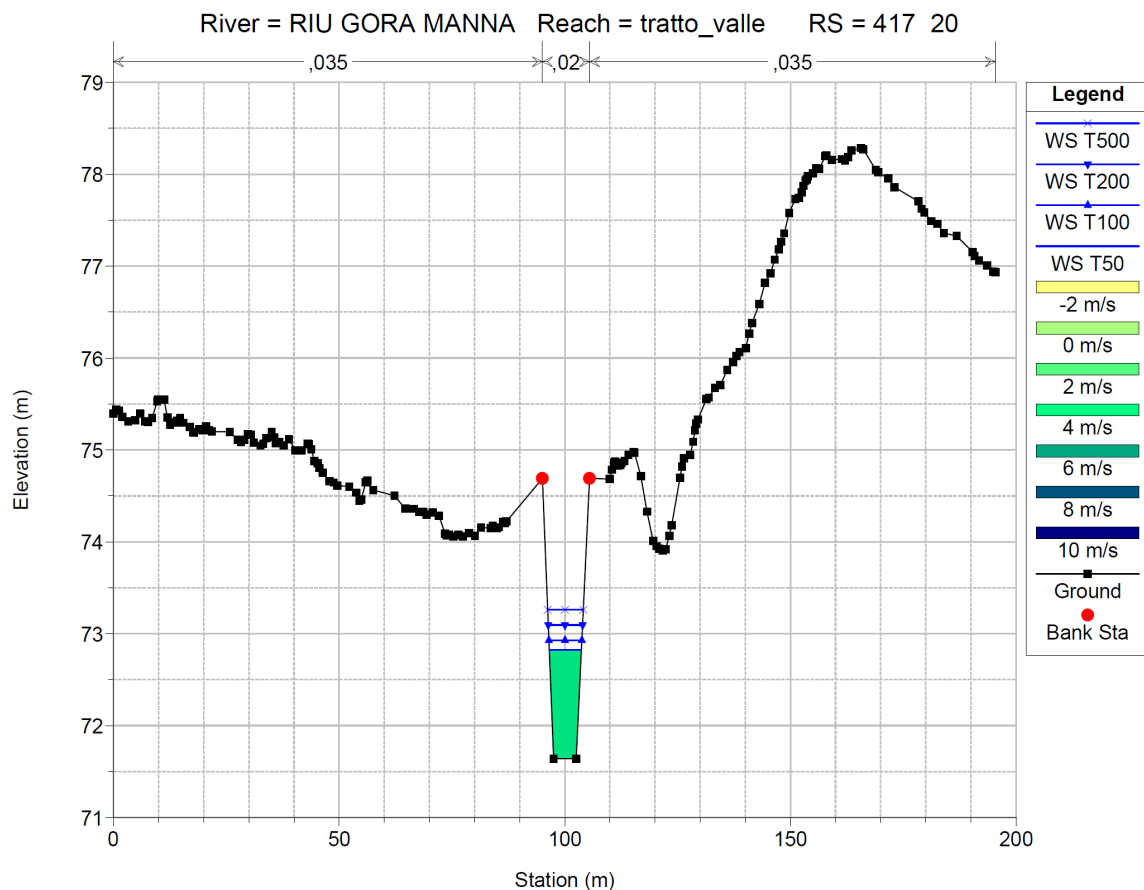


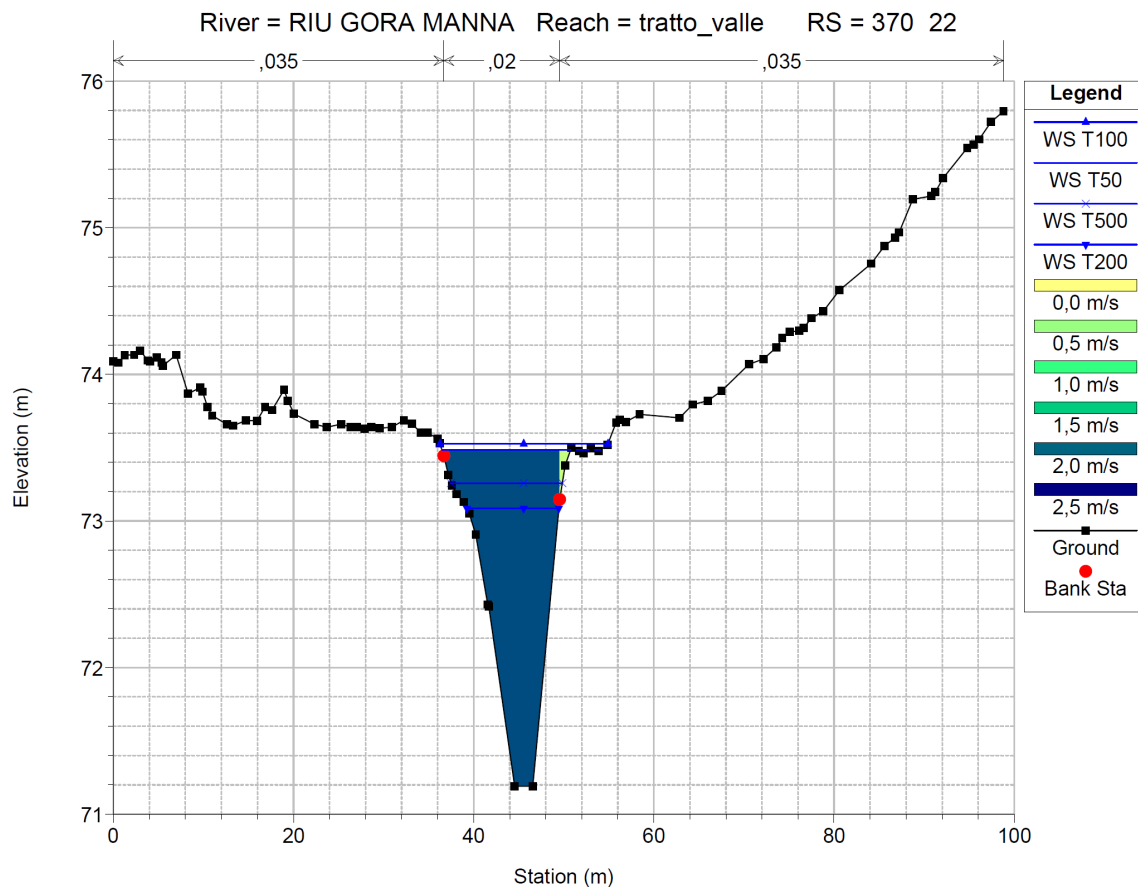
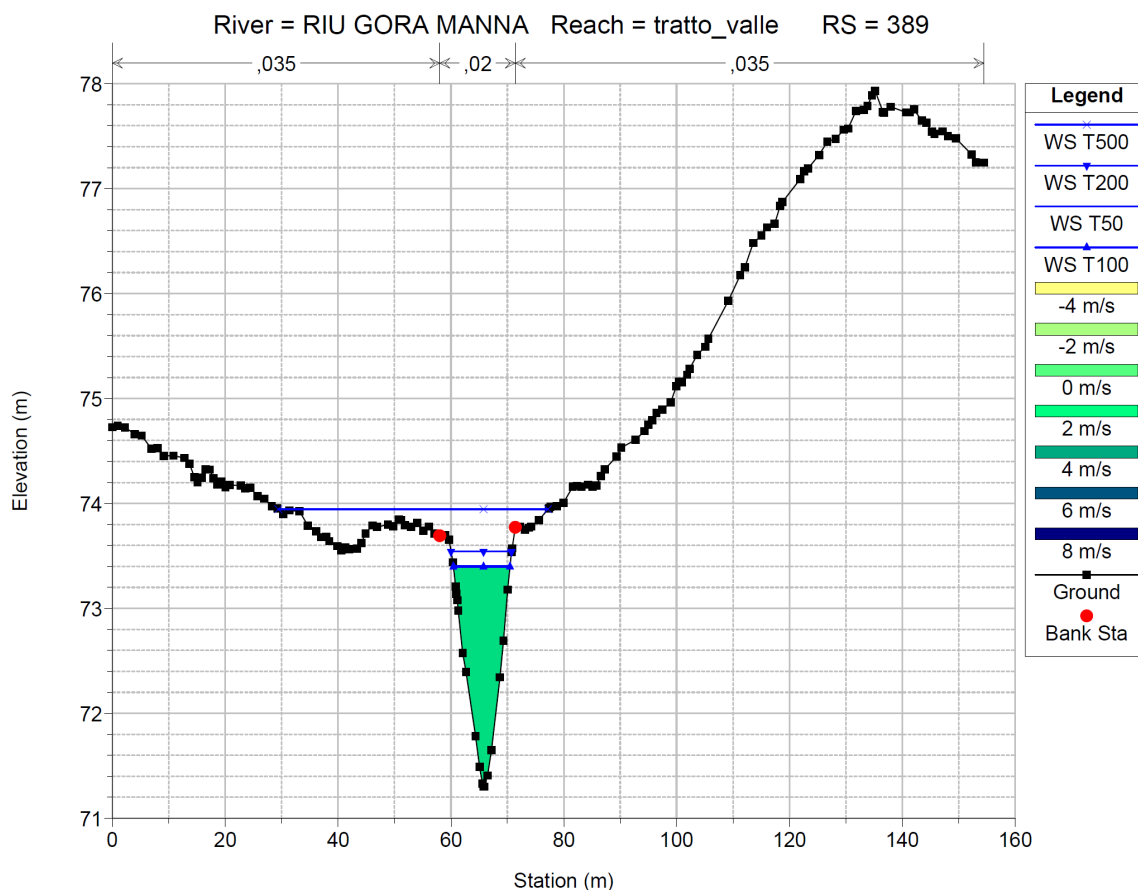


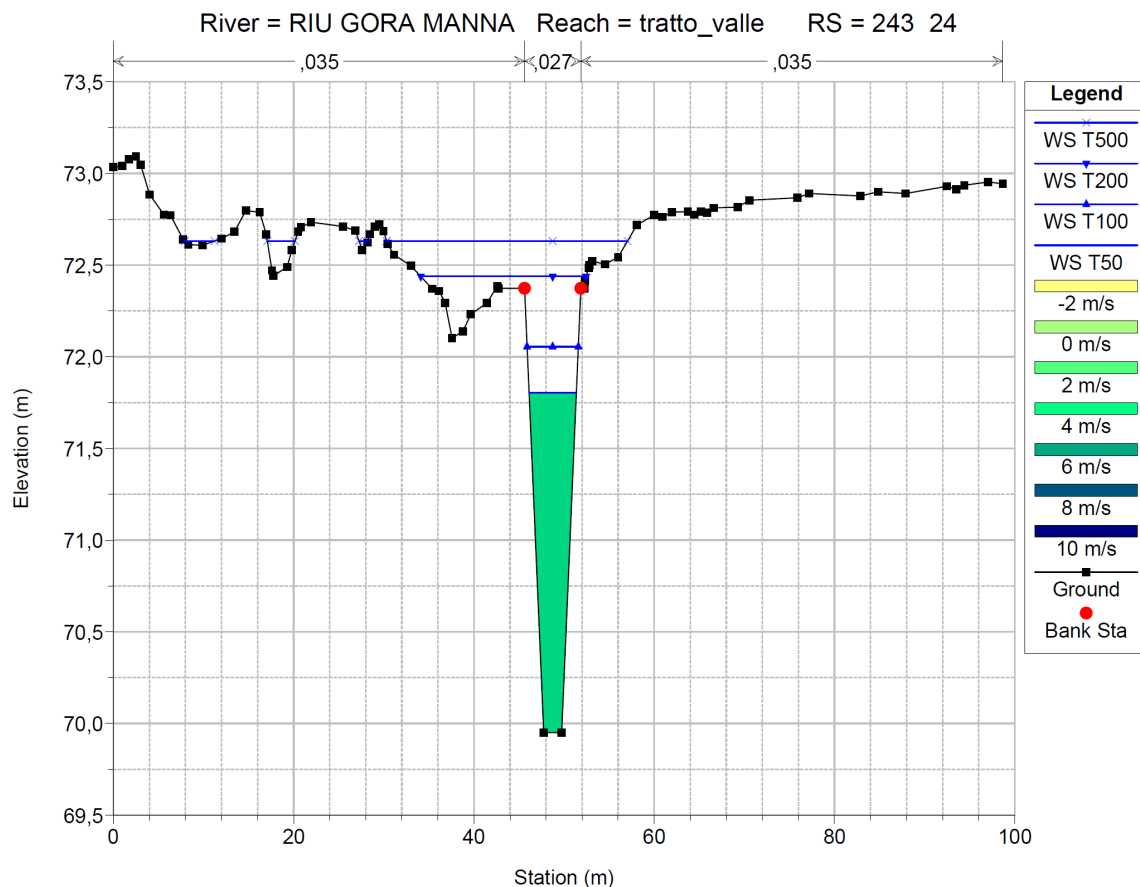
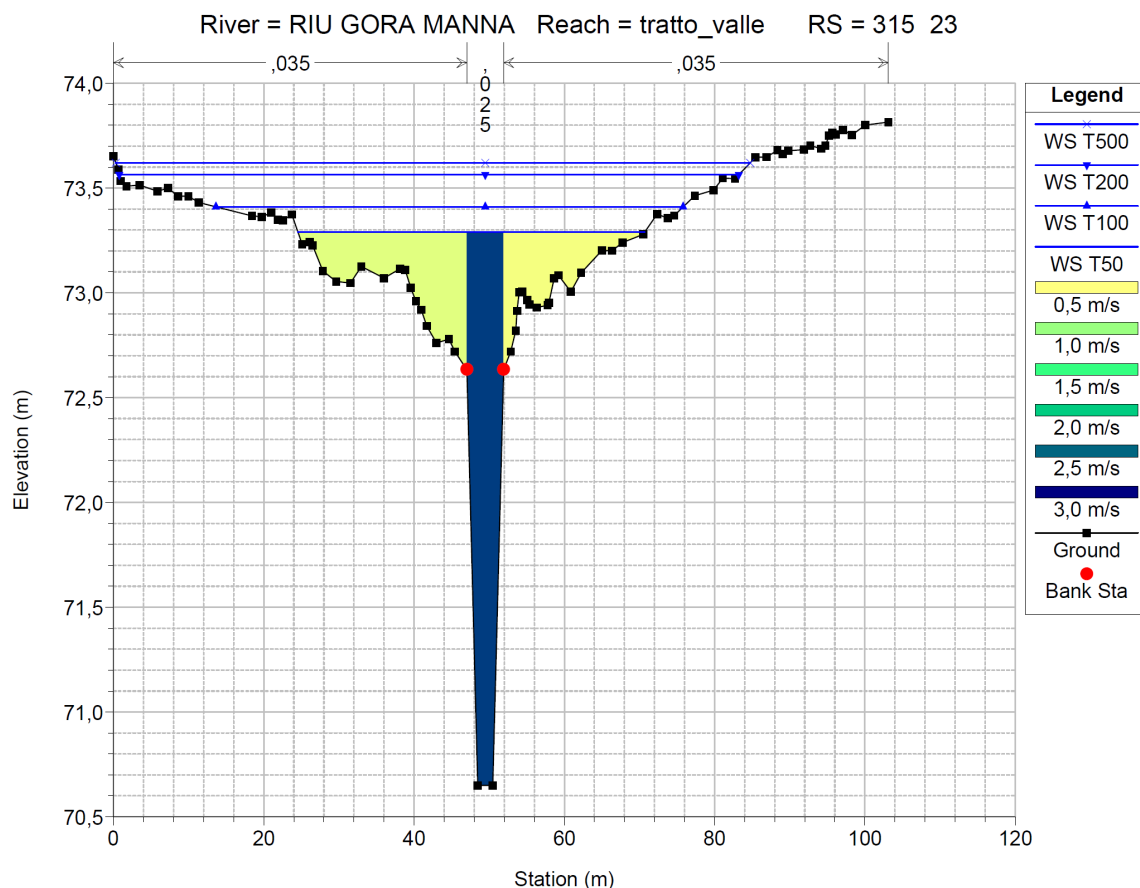


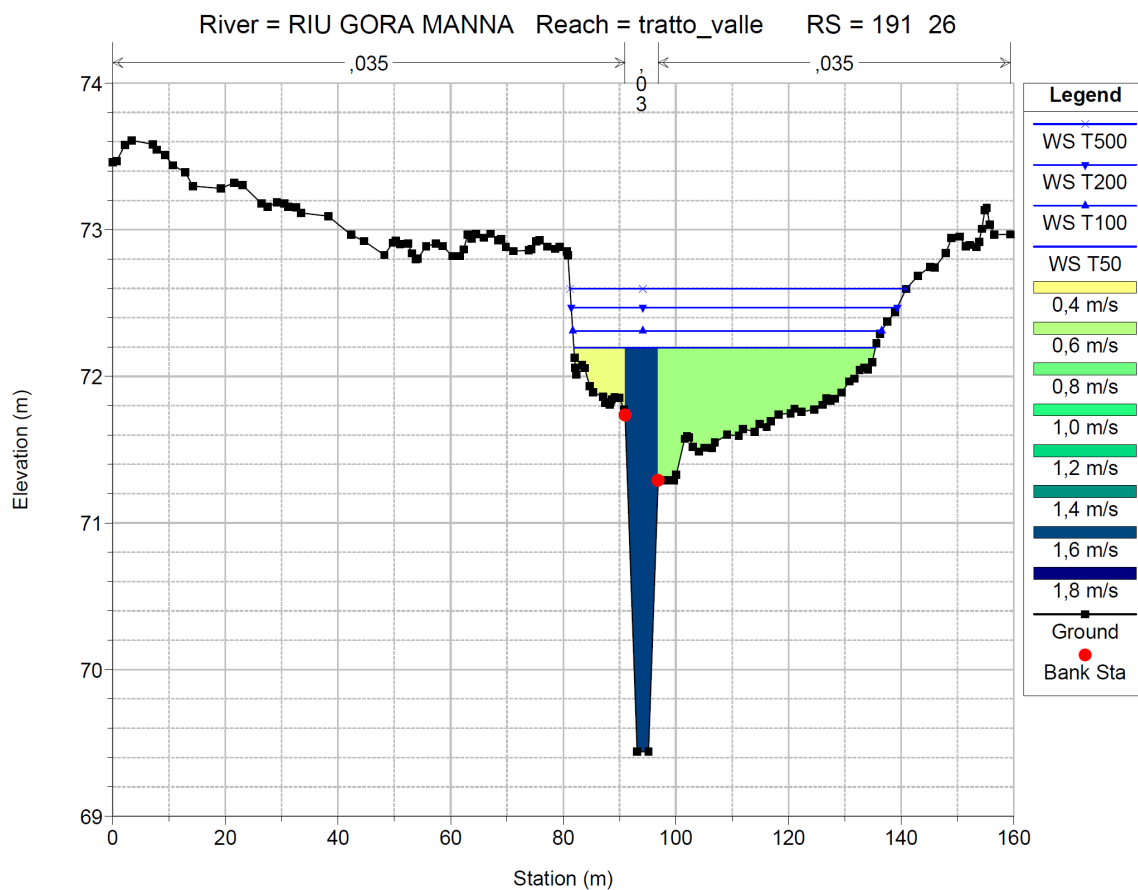
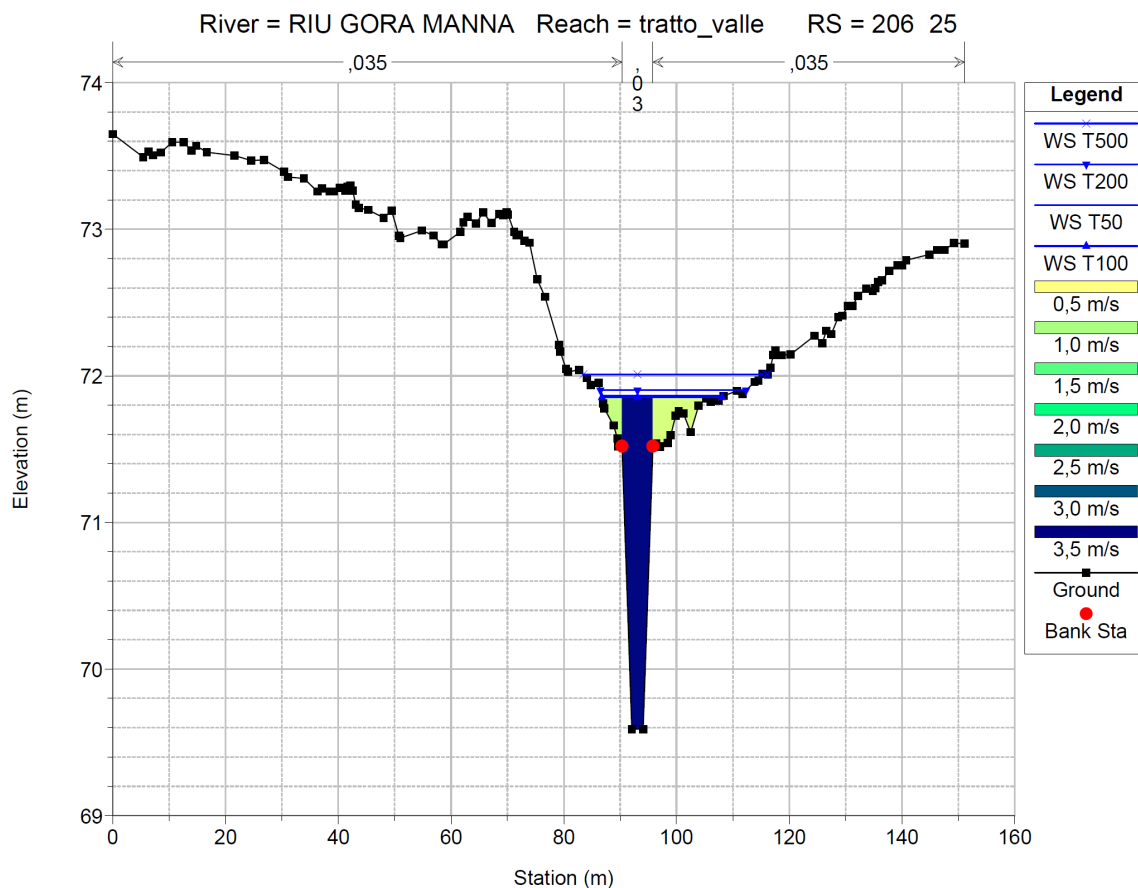


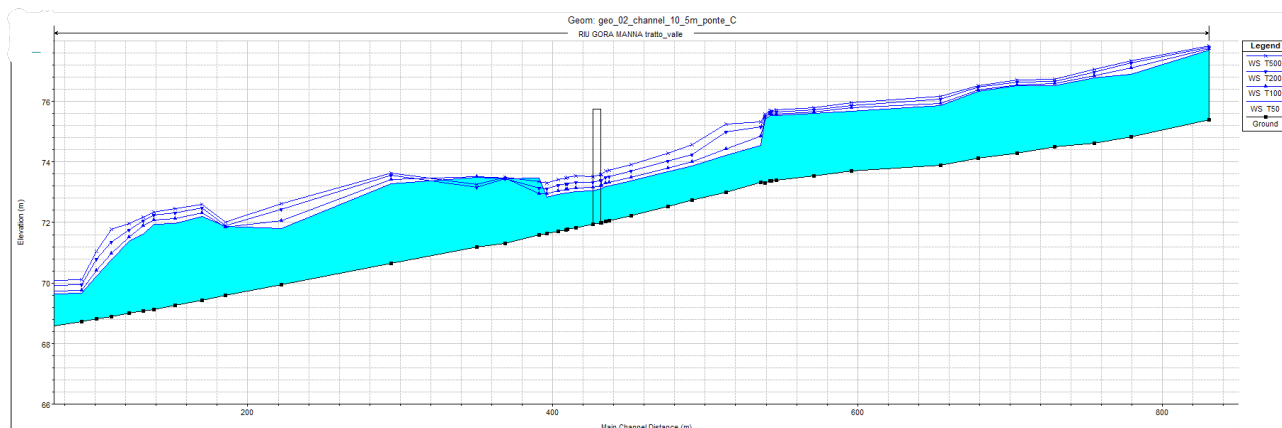












Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slo- pe (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Wid- th (m)	Froude # Chl
tratto valle	850	T50	33,59	75,39	77,7	77,7	77,84	0,003235	2	31,78	116,09	0,57
tratto valle	850	T100	38,83	75,39	77,73	77,73	77,88	0,003605	2,11	35,17	123,64	0,6
tratto valle	850	T200	47,42	75,39	77,79	77,79	77,94	0,003879	2,19	42,78	138,8	0,62
tratto valle	850	T500	55,76	75,39	77,84	77,84	77,97	0,003927	2,2	49,67	144,28	0,63
tratto valle	799	T50	33,59	74,83	76,9	77,11	77,53	0,009816	3,53	10,16	18,59	0,98
tratto valle	799	T100	38,83	74,83	77,1	77,35	77,59	0,007623	3,24	15,09	29,97	0,87
tratto valle	799	T200	47,42	74,83	77,28	77,37	77,66	0,006746	3,03	23,57	69,76	0,82
tratto valle	799	T500	55,76	74,83	77,35	77,46	77,68	0,007604	2,99	29,47	95,67	0,87
tratto valle	775	T50	33,59	74,62	76,77	76,99	77,28	0,007929	3,2	12,23	32,73	0,89
tratto valle	775	T100	38,83	74,62	76,84	77,08	77,39	0,008618	3,39	14,67	40,66	0,93
tratto valle	775	T200	47,42	74,62	76,96	77,17	77,46	0,0083	3,43	20,05	56,49	0,92
tratto valle	775	T500	55,76	74,62	77,06	77,22	77,49	0,007502	3,33	27,14	81,15	0,88
tratto valle	749	T50	33,59	74,51	76,52	76,74	77,05	0,009347	3,28	12,15	41,25	0,97
tratto valle	749	T100	38,83	74,51	76,58	76,79	77,14	0,010107	3,45	15,14	58,69	1,01
tratto valle	749	T200	47,42	74,51	76,66	76,86	77,22	0,010548	3,59	19,8	63,09	1,04
tratto valle	749	T500	55,76	74,51	76,72	76,91	77,25	0,010333	3,64	24,06	65,05	1,03
tratto valle	725	T50	33,59	74,28	76,51	76,6	76,8	0,005846	2,59	18,82	56,12	0,77
tratto valle	725	T100	38,83	74,28	76,54	76,62	76,87	0,006843	2,83	20,36	58,41	0,83
tratto valle	725	T200	47,42	74,28	76,63	76,72	76,92	0,007341	2,78	26,84	84,02	0,86
tratto valle	725	T500	55,76	74,28	76,71	76,78	76,97	0,006447	2,74	34,01	89,18	0,82
tratto valle	699	T50	33,59	74,12	76,33	76,44	76,64	0,006714	2,58	18,09	64,99	0,82
tratto valle	699	T100	38,83	74,12	76,39	76,47	76,69	0,006581	2,65	22,31	81,13	0,82
tratto valle	699	T200	47,42	74,12	76,47	76,55	76,74	0,006068	2,67	28,65	83,41	0,8

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
tratto valle	699	T500	55,76	74,12	76,51	76,59	76,8	0,00635	2,81	32,62	85,17	0,82
tratto valle	674	T50	33,59	73,9	75,86	76,09	76,41	0,010431	3,38	12,09	31,51	1,01
tratto valle	674	T100	38,83	73,9	75,94	76,14	76,48	0,00977	3,42	14,93	35,45	0,99
tratto valle	674	T200	47,42	73,9	76,08	76,25	76,55	0,008177	3,37	21,24	52,14	0,92
tratto valle	674	T500	55,76	73,9	76,16	76,34	76,62	0,007815	3,42	25,65	60,17	0,91
tratto valle	616	T50	33,59	73,71	75,68	75,71	75,98	0,004951	2,77	19,12	41,59	0,73
tratto valle	616	T100	38,83	73,71	75,8	75,81	76,05	0,004139	2,66	24,6	59,43	0,67
tratto valle	616	T200	47,42	73,71	75,87	75,9	76,15	0,004568	2,88	29,27	70,5	0,71
tratto valle	616	T500	55,76	73,71	75,96	75,99	76,22	0,004424	2,93	35,85	87,6	0,71
tratto valle	592	T50	33,59	73,54	75,61	75,38	75,69	0,0022	1,6	31,03	57,43	0,48
tratto valle	592	T100	38,83	73,54	75,66	75,42	75,74	0,002416	1,6	34,72	80,76	0,5
tratto valle	592	T200	47,42	73,54	75,73	75,5	75,82	0,002619	1,73	40,34	93,43	0,52
tratto valle	592	T500	55,76	73,54	75,79	75,62	75,89	0,002723	1,82	45,97	100,75	0,54
tratto valle	567	T50	33,59	73,4	75,54		75,63	0,002562	1,67	32,76	87,05	0,51
tratto valle	567	T100	38,83	73,4	75,59		75,68	0,002599	1,74	37,24	92,91	0,52
tratto valle	567	T200	47,42	73,4	75,65		75,75	0,002679	1,83	43,71	99,51	0,53
tratto valle	567	T500	55,76	73,4	75,72		75,82	0,002693	1,9	50,14	109,27	0,54
tratto valle	564	T50	33,59	73,38	75,54		75,62	0,001356	1,57	38,5	88,78	0,46
tratto valle	564	T100	38,83	73,38	75,59		75,67	0,001429	1,64	42,95	93,48	0,47
tratto valle	564	T200	47,42	73,38	75,65		75,74	0,001565	1,78	49,07	101,63	0,5
tratto valle	564	T500	55,76	73,38	75,71		75,81	0,001672	1,89	55,17	112,15	0,52
tratto valle	563	T50	33,59	73,37	75,53		75,61	0,001352	1,62	36,94	87,32	0,46
tratto valle	563	T100	38,83	73,37	75,58		75,67	0,001455	1,71	41,11	91,51	0,48
tratto valle	563	T200	47,42	73,37	75,64		75,74	0,001636	1,85	47,09	99,81	0,51
tratto valle	563	T500	55,76	73,37	75,69		75,81	0,001788	1,98	52,8	109,11	0,54
tratto valle	560	T50	33,59	73,31	75,4	75,4	75,6	0,002673	2,44	27,04	73,67	0,65
tratto valle	560	T100	38,83	73,31	75,47	75,47	75,65	0,002503	2,44	32,65	85,04	0,63
tratto valle	560	T200	47,42	73,31	75,53	75,53	75,73	0,002691	2,6	38,16	88,68	0,66
tratto valle	560	T500	55,76	73,31	75,57	75,57	75,79	0,003036	2,81	41,81	90,24	0,7
tratto valle	557	T50	33,59	73,32	74,56	74,97	75,51	0,008518	4,32	7,77	7,57	1,36
tratto valle	557	T100	38,83	73,32	74,86	75,19	75,59	0,005244	3,8	10,95	18,89	1,09
tratto valle	557	T200	47,42	73,32	75,15	75,33	75,68	0,003489	3,39	20,24	44,55	0,9
tratto valle	557	T500	55,76	73,32	75,31	75,44	75,76	0,002936	3,25	27,97	52,32	0,83
tratto valle	534	T50	33,59	73	74,23	74,53	75,29	0,009656	4,58	7,34	6,96	1,42

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slo-pe	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
tratto valle	534	T100	38,83	73	74,44	74,66	75,42	0,007525	4,38	8,86	7,3	1,27
tratto valle	534	T200	47,42	73	75	75,24	75,6	0,003427	3,48	16,26	28,42	0,88
tratto valle	534	T500	55,76	73	75,26	75,38	75,7	0,002485	3,15	27,96	57,26	0,75
tratto valle	512	T50	33,59	72,73	73,86	74,22	75,05	0,011591	4,82	6,97	7,28	1,57
tratto valle	512	T100	38,83	72,73	74	74,36	75,2	0,010371	4,85	8,01	7,57	1,51
tratto valle	512	T200	47,42	72,73	74,24	74,56	75,43	0,008674	4,83	9,81	8,03	1,4
tratto valle	512	T500	55,76	72,73	74,58	74,75	75,56	0,005835	4,4	12,67	8,72	1,17
tratto valle	496	T50	33,59	72,53	73,68	74,03	74,86	0,011484	4,82	6,96	7,17	1,56
tratto valle	496	T100	38,83	72,53	73,81	74,17	75,03	0,010569	4,9	7,92	7,42	1,51
tratto valle	496	T200	47,42	72,53	74,02	74,38	75,28	0,009232	4,96	9,56	7,82	1,43
tratto valle	496	T500	55,76	72,53	74,29	74,56	75,44	0,00718	4,76	11,72	8,33	1,28
tratto valle	472	T50	33,59	72,23	73,38	73,74	74,58	0,01158	4,85	6,92	7,04	1,56
tratto valle	472	T100	38,83	72,23	73,5	73,88	74,77	0,010984	4,98	7,79	7,26	1,54
tratto valle	472	T200	47,42	72,23	73,7	74,09	75,04	0,009983	5,12	9,26	7,61	1,48
tratto valle	472	T500	55,76	72,23	73,92	74,27	75,24	0,008588	5,09	10,95	7,99	1,39
tratto valle	458	T50	33,59	72,06	73,21	73,57	74,42	0,011621	4,87	6,9	6,99	1,56
tratto valle	458	T100	38,83	72,06	73,33	73,71	74,61	0,011139	5,01	7,74	7,2	1,54
tratto valle	458	T200	47,42	72,06	73,52	73,92	74,89	0,010334	5,19	9,14	7,53	1,5
tratto valle	458	T500	55,76	72,06	73,72	74,11	75,11	0,009114	5,21	10,71	7,88	1,43
tratto valle	455	T50	33,59	72,03	73,19	73,54	74,39	0,011521	4,86	6,92	6,97	1,56
tratto valle	455	T100	38,83	72,03	73,3	73,68	74,58	0,011061	5,01	7,76	7,18	1,54
tratto valle	455	T200	47,42	72,03	73,49	73,89	74,86	0,010284	5,18	9,15	7,5	1,5
tratto valle	455	T500	55,76	72,03	73,7	74,08	75,08	0,009068	5,2	10,72	7,85	1,42
tratto valle	452	T50	33,59	72	73,12	73,49	74,35	0,012305	4,92	6,82	7,23	1,62
tratto valle	452	T100	38,83	72	73,23	73,63	74,55	0,011903	5,09	7,63	7,45	1,61
tratto valle	452	T200	47,42	72	73,4	73,83	74,83	0,011206	5,29	8,96	7,8	1,58
tratto valle	452	T500	55,76	72	73,58	74,02	75,04	0,010089	5,35	10,42	8,17	1,51
tratto valle	451		Bridge									
tratto valle	447	T50	33,59	71,93	73,05	73,43	74,28	0,012226	4,92	6,83	7,19	1,61
tratto valle	447	T100	38,83	71,93	73,16	73,56	74,48	0,011893	5,1	7,62	7,4	1,6
tratto valle	447	T200	47,42	71,93	73,34	73,77	74,76	0,011114	5,29	8,97	7,75	1,57
tratto valle	447	T500	55,76	71,93	73,52	73,95	74,98	0,010118	5,36	10,4	8,1	1,51
tratto valle	436	T50	33,59	71,82	73,02	73,34	74,13	0,010201	4,66	7,21	7,01	1,47
tratto valle	436	T100	38,83	71,82	73,14	73,48	74,33	0,009963	4,83	8,04	7,21	1,46

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slo-pe	Vel Chnl	Flow Area	Top Wid-th	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
tratto valle	436	T200	47,42	71,82	73,33	73,69	74,61	0,009329	5,01	9,46	7,53	1,43
tratto valle	436	T500	55,76	71,82	73,54	73,88	74,83	0,008298	5,05	11,05	7,88	1,36
tratto valle	430	T50	33,59	71,77	72,98	73,29	74,06	0,009846	4,6	7,3	7,04	1,44
tratto valle	430	T100	38,83	71,77	73,1	73,43	74,26	0,009681	4,78	8,12	7,23	1,44
tratto valle	430	T200	47,42	71,77	73,28	73,64	74,56	0,009242	5	9,49	7,54	1,42
tratto valle	430	T500	55,76	71,77	73,49	73,83	74,78	0,008287	5,04	11,06	7,89	1,36
tratto valle	429	T50	33,59	71,76	72,97	73,28	74,05	0,009838	4,6	7,3	7,03	1,44
tratto valle	429	T100	38,83	71,76	73,09	73,42	74,26	0,009673	4,78	8,12	7,22	1,44
tratto valle	429	T200	47,42	71,76	73,27	73,63	74,55	0,009231	5	9,49	7,53	1,42
tratto valle	429	T500	55,76	71,76	73,48	73,82	74,77	0,00827	5,04	11,06	7,87	1,36
tratto valle	424	T50	33,59	71,71	72,93	73,23	74,01	0,009796	4,6	7,3	7	1,44
tratto valle	424	T100	38,83	71,71	73,04	73,37	74,21	0,009677	4,79	8,11	7,19	1,44
tratto valle	424	T200	47,42	71,71	73,23	73,58	74,5	0,009201	4,99	9,49	7,5	1,42
tratto valle	424	T500	55,76	71,71	73,43	73,77	74,73	0,008321	5,05	11,03	7,83	1,36
tratto valle	417	T50	33,59	71,64	72,83	73,15	73,93	0,010145	4,64	7,25	7,13	1,47
tratto valle	417	T100	38,83	71,64	72,94	73,29	74,13	0,010053	4,83	8,04	7,33	1,47
tratto valle	417	T200	47,42	71,64	73,12	73,5	74,43	0,009722	5,07	9,35	7,64	1,46
tratto valle	417	T500	55,76	71,64	73,31	73,68	74,66	0,00894	5,16	10,8	7,98	1,42
tratto valle	411	T50	33,59	71,59	73,46	73,11	73,85	0,002264	2,75	12,22	8,06	0,71
tratto valle	411	T100	38,83	71,59	72,96	73,25	74,06	0,00888	4,65	8,35	7,23	1,38
tratto valle	411	T200	47,42	71,59	73,14	73,46	74,35	0,008533	4,87	9,75	7,54	1,37
tratto valle	411	T500	55,76	71,59	73,35	73,64	74,58	0,007676	4,91	11,35	7,88	1,31
tratto valle	389	T50	33,59	71,3	73,45		73,78	0,00217	2,57	13,09	10,23	0,72
tratto valle	389	T100	38,83	71,3	73,46	73,27	73,9	0,002797	2,92	13,28	10,33	0,82
tratto valle	389	T200	47,42	71,3	73,45	73,47	74,12	0,004294	3,61	13,13	10,25	1,02
tratto valle	389	T500	55,76	71,3	73,5	73,85	74,35	0,005402	4,09	13,63	10,5	1,15
tratto valle	370	T50	33,59	71,19	73,48		73,72	0,001534	2,13	15,91	16,22	0,62
tratto valle	370	T100	38,83	71,19	73,53	73,19	73,81	0,001835	2,39	16,64	18,65	0,68
tratto valle	370	T200	47,42	71,19	73,15	73,36	74	0,006838	4,07	11,64	10,99	1,26
tratto valle	370	T500	55,76	71,19	73,25	73,52	74,22	0,007759	4,36	12,8	12,3	1,35
tratto valle	315	T50	33,59	70,65	73,29	73,29	73,6	0,002779	2,71	20,55	46,15	0,6
tratto valle	315	T100	38,83	70,65	73,41	73,41	73,69	0,002576	2,71	26,77	62,18	0,59
tratto valle	315	T200	47,42	70,65	73,56	73,56	73,79	0,002217	2,63	37,96	82,45	0,55
tratto valle	315	T500	55,76	70,65	73,62	73,62	73,86	0,002419	2,79	42,67	84,43	0,58

Reach	River Sta	Profile	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slo-pe	Vel Chnl	Flow Area	Top Wid-th	Froude # Chl
			(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
tratto valle	243	T50	33,59	69,95	71,8	72,23	73,08	0,018976	5	6,72	5,25	1,41
tratto valle	243	T100	38,83	69,95	72,06	72,67	73,23	0,015428	4,8	8,09	5,69	1,28
tratto valle	243	T200	47,42	69,95	72,44	72,94	73,42	0,010871	4,44	12,02	18,34	1,1
tratto valle	243	T500	55,76	69,95	72,63	73,02	73,5	0,008949	4,33	16,9	34,09	1,01
tratto valle	206	T50	33,59	69,59	71,86	72,08	72,44	0,007859	3,46	11,8	21,64	0,86
tratto valle	206	T100	38,83	69,59	71,85	72,17	72,64	0,010812	4,04	11,58	21,3	1
tratto valle	206	T200	47,42	69,59	71,9	72,3	72,95	0,014129	4,71	12,7	25,85	1,15
tratto valle	206	T500	55,76	69,59	72,01	72,39	73,07	0,013922	4,87	15,84	32,03	1,16
tratto valle	191	T50	33,59	69,44	72,19	71,91	72,28	0,001289	1,62	34,29	53,55	0,36
tratto valle	191	T100	38,83	69,44	72,31	71,99	72,39	0,001141	1,58	40,56	54,88	0,34
tratto valle	191	T200	47,42	69,44	72,47	72,11	72,54	0,00103	1,58	49,58	57,91	0,33
tratto valle	191	T500	55,76	69,44	72,6	72,17	72,67	0,000984	1,6	57	59,68	0,32

Plan: plan_geo_10 RIU GORA MANNA tratto_valle RS: 451 Profile: T200

E.G. US. (m)	74,83	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	73,40	E.G. Elev (m)	74,82	74,76
Q Total (m3/s)	47,42	W.S. Elev (m)	73,39	73,34
Q Bridge (m3/s)	47,42	Crit W.S. (m)	73,84	73,78
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	1,40	1,41
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	5,29	5,29
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	8,96	8,97
Weir Submerg		Froude # Chl	1,58	1,57
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	31,41	31,42
Min El Weir Flow (m)	75,22	Hydr Depth (m)	1,15	1,16
Min El Prs (m)	75,74	W.P. Total (m)	8,96	8,94
Delta EG (m)	0,07	Conv. Total (m3/s)	448,0	449,7
Delta WS (m)	0,06	Top Width (m)	7,80	7,75
BR Open Area (m2)	31,99	Frctn Loss (m)	0,06	0,00
BR Open Vel (m/s)	5,29	C & E Loss (m)	0,00	0,00
BR Sluice Coef		Shear Total (N/m2)	109,89	109,45
BR Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	581,66	578,56

8 Franco idraulico

Il Franco idraulico verrà analizzato nelle sue due componenti previste dalla normativa: opere di attraversamento e opere di adeguamento della sezione idraulica.

L'art. 21 delle NTA del PAI disciplina la progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture.

In particolare, al comma 2 vengono regolamentate le opere di attraversamento, mentre al comma 2 bis le opere di difesa longitudinale.

Oltre al citato articolo, il Franco idraulico delle opere trasversali è disciplinato dall'art.

5.1.2.3 delle NTC2018.

8.1 Verifica franco di sicurezza sulle opere di attraversamento

Ai fini della verifica del franco idraulico sul ponte in progetto si identificano i tiranti idrici, per un $T_r=200$ anni, in corrispondenza della sezione 451 nella quale è stata inserita l'opera in progetto nella modellazione idraulica di cui sopra.

Per la determinazione del franco di sicurezza verranno prese in considerazione sia i contenuti dell'articolo 21 comma 2 lettere d1) e d2) delle NTA del PAI attualmente vigenti, che quelli dell'art. 5.1.2.3 delle NTC 2018.

Per quanto riguarda le NTA del PAI, queste prescrivono:

- 2 Per le opere di attraversamento trasversale di tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico, le disposizioni e norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture a rete o puntuali di cui al precedente comma:*

[...]

- d1) garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, pari a quanto indicato dall'analisi modellistica sul franco idraulico approvata dal Comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino, corrispondente al massimo tra:*

1) $0,7v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;

2) un metro;

3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$, dove y è la profondità media della corrente, y' è l'altezza della corrente areata e α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 e y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2. Il valore y della profondità media della corrente è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano

le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s.

Nel caso di profondità media della corrente inferiore a un metro, potrà essere assunto un franco pari al doppio della profondità media della corrente y, assicurando comunque un valore minimo del franco pari a un metro.

- d2. *Per velocità medie della corrente superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica $v^2/2g$. In linea di principio, nei progetti di sistemazione idraulica non si dovrebbero verificare situazioni con velocità media della corrente superiori a 8 m/s: tali elevate velocità costituiscono un elemento critico sia dal punto di vista strutturale che idraulico e occorre assumere idonei accorgimenti progettuali per contenere tali elevati valori di velocità della corrente;*

Le NTC 2018, di contro, recitano, all'art. 5.1.2.3:

Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto deve essere corredato da uno studio di compatibilità idraulica costituito da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante le scelte progettuali, la costruzione e l'esercizio del ponte. L'ampiezza e l'approfondimento dello studio e delle indagini che ne costituiscono la base devono essere commisurati all'importanza del problema e al livello di progettazione. Deve in ogni caso essere definita una piena di progetto caratterizzata da un tempo di ritorno T_r pari a 200 anni ($T_r=200$). Coerentemente al livello di progettazione, lo studio di compatibilità idraulica deve riportare:

- l'analisi idrologica degli eventi di massima piena e stima della loro frequenza probabile;*
- la definizione dei mesi dell'anno durante i quali siano da attendersi eventi di piena, con riferimento alla prevista successione delle fasi costruttive;*
- la definizione della scala delle portate nelle condizioni attuali, di progetto, e nelle diverse fasi costruttive previste, corredata dal calcolo del profilo di rigurgito indotto dalla presenza delle opere in alveo, tenendo conto della possibile formazione di ammassi di detriti galleggianti;*
- la valutazione dello scavo localizzato con riferimento alle forme ed alle dimensioni di pile, spalle e relative fondazioni, nonché di altre opere in alveo*

provvisionali e definitive, tenendo conto della possibile formazione di ammassi di detriti galleggianti oltre che dei fenomeni erosivi generalizzati conseguenti al restringimento d'alveo;

– l'esame delle conseguenze di urti e abrasioni dovuti alla presenza di natanti e corpi flottanti.

Il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati la sezione del corso d'acqua interessata dalla piena di progetto e, se arginata, i corpi arginali.

Qualora fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce netta minima tra pile contigue, o fra pila e spalla del ponte, non deve essere inferiore a 40 m misurati ortogonalmente al filone principale della corrente. Per i ponti esistenti, eventualmente interessati da luci nette di misura inferiore, è ammesso l'allargamento della piattaforma, a patto che questo non comporti modifiche dimensionali delle pile, delle spalle o della pianta delle fondazioni di queste, e nel rispetto del franco idraulico come nel seguito precisato. In tutti gli altri casi deve essere richiesta l'autorizzazione all'Autorità competente, che si esprime previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel caso di pile e/o spalle in alveo, cura particolare è da dedicare al problema delle escavazioni in corrispondenza delle fondazioni e alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle tenuto anche conto del materiale galleggiante che il corso d'acqua può trasportare. In tali situazioni, una stima anche speditiva dello scalzamento è da sviluppare fin dai primi livelli di progettazione.

Il franco idraulico, definito come la distanza fra la quota liquida di progetto immediatamente a monte del ponte e l'intradosso delle strutture, è da assumersi non inferiore a 1,50 m, e comunque dovrà essere scelto tenendo conto di considerazioni e previsioni sul trasporto solido di fondo e sul trasporto di materiale galleggiante, garantendo una adeguata distanza fra l'intradosso delle strutture e il fondo alveo.

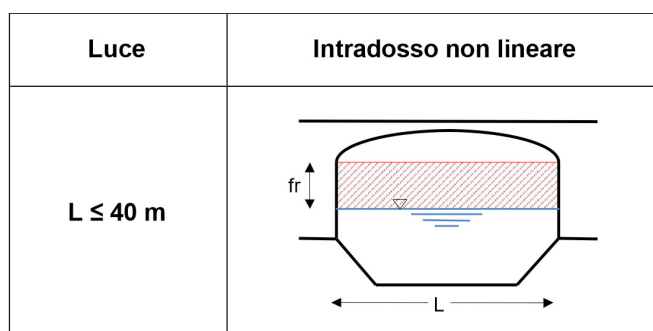
Quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, il franco idraulico deve essere assicurato per una ampiezza centrale di 2/3 della luce, e comunque non inferiore a 40 m.

Il franco idraulico necessario non può essere ottenuto con il sollevamento del ponte durante la piena.

Lo scalzamento e le azioni idrodinamiche associate al livello idrico massimo che

si verifica mediamente ogni anno (si assuma $Tr = 1,001$) devono essere combinate con le altre azioni variabili adottando valori del coefficiente φ_0 unitario. Lo scalzamento e le azioni idrodinamiche associati all'evento di piena di progetto devono essere combinate esclusivamente con le altre azioni variabili da traffico, adottando per queste ultime i coefficienti di combinazione φ_1 .

Inoltre, considerando la geometria della struttura che si intende realizzare, caratterizzata da un intradosso non lineare, occorre considerare anche la Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 3 del 18/12/2014, la quale specifica che quando l'intradosso delle strutture non sia costituito da un'unica linea orizzontale tra gli appoggi, si applicano le indicazioni tabellare nell'allegato accluso. Gli attraversamenti relativi al presente progetto di ricostruzione e riqualificazione rientrano nel caso raffigurato:



L'immagine mostra come, per il caso in esame, debba essere calcolato il franco, evidenziando lo stesso graficamente ("fr" -zona tratteggiata in rosso).

Facendo riferimento ai contenuti della presente relazione e agli elaborati grafici a corredo del progetto di fattibilità tecnica ed economica, si riporta di seguito la tabella contenente i valori necessari per la verifica del franco sull'opera di attraversamento, determinati applicando l'art. 21 comma 2 lettera d1) del PAI e l'art. 5.1.2.3 nelle NTC 2018.

VERIFICA FRANCO IDRAULICO OPERA DI ATTRAVERSAMENTO RIO GORA MANNA											
Rio	Sezione idraulica	Lato	Livello QTR 200	v [m/s]	Profondità media corrente [m]	Valori Franco Idraulico				Franco di riferimento	Franco progetto
						NTA PAI			NTC2018		
						1 [m]	2 [m]	3 [m]	4 [m]		
RIO GORA MANNA	451	Monte	73,39	5,29	1,15	0,71	1	0,99	1,50	1,50	1,6
RIO GORA MANNA	451	Valle	73,34	5,29	1,16	0,71	1	1,02	1,50	1,50	1,65

Come si può notare, il franco idraulico di progetto risulta maggiore del franco idraulico di riferimento, confermando il rispetto dello stesso delle opere in proposta.

8.2 Verifica franco di sicurezza sulle opere di adeguamento della sezione idraulica

Ai fini della verifica del franco idraulico delle opere di difesa adeguamento della sezione idraulica in progetto si identificano i tiranti idrici corrispondenti al $T_r=200$ anni,

Per la determinazione del franco di sicurezza verranno prese in considerazione i soli contenuti dell'articolo 21 comma 2 bis lettere c1) e c2) delle NTA del PAI attualmente vigenti, che si riporta per comodità di lettura:

Per quanto riguarda le NTA del PAI, queste prescrivono:

2 *Per le opere di difesa longitudinale e per gli interventi di adeguamento della sezione idraulica di tutti i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico, le disposizioni e norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, realizzazione e identificazione delle misure di manutenzione delle nuove infrastrutture:*

c1. *garantiscano un franco sul livello della portata di progetto, per velocità medie della corrente inferiori a 8 m/s, corrispondente al massimo tra:*

1) $0,5v^2/2g$, dove v indica la velocità media della corrente;

2) *un metro, per profondità media della corrente superiore a 1 m oppure pari alla profondità media, per profondità media della corrente inferiore o uguale a 1 m;*

3) $0,87\sqrt{y+\alpha y'}$, dove y è la profondità media della corrente, y' è l'altezza della corrente areata ed α un coefficiente che varia linearmente tra 0 e 1 quando la velocità varia tra 5 m/s e 15 m/s, con le limitazioni che il valore $0,87\sqrt{y}$ sarà assunto al massimo pari a 1,5 ed y' viene assunto pari a 2 metri o alla profondità media y , se questa risulta minore di 2.

Il valore y della profondità media della corrente è pari alla media pesata sulla base del contributo di ciascuna area di sezione liquida associata alla corrispondente larghezza della corrente sul pelo libero. Nelle sezioni idrauliche non confinate o nelle quali vi siano zone ove le velocità medie sono modeste, per la valutazione dell'area bagnata attiva si considerano

le sole parti aventi velocità della corrente superiori a 0,1 m/s.

Fermo restando il valore minimo del franco di un metro, nel caso di profondità media della corrente inferiore a un metro, potrà essere assunto un franco pari al doppio della profondità media della corrente y.

c2. Per velocità medie della corrente superiori a 8 m/s il franco sarà almeno pari all'intera altezza cinetica $v^2/2g$. In linea di principio, nei progetti di sistemazione idraulica non si dovrebbero verificare situazioni con velocità media della corrente superiori a 8 m/s: tali elevate velocità costituiscono un elemento critico sia dal punto di vista strutturale che idraulico e occorre assumere idonei accorgimenti progettuali per contenere tali elevati valori di velocità della corrente;

Facendo riferimento ai contenuti della presente relazione e agli elaborati grafici a corredo del progetto di fattibilità tecnica ed economica, si riporta di seguito la tabella contenente i valori necessari per la verifica del franco sulle opere di adeguamento della sezione, determinati applicando l'art. 21 comma 2 lettera d1) del PAI e l'art. 5.1.2.3 nelle NTC 2018.

VERIFICA FRANCO IDRAULICO OPERA DI ADEGUAMENTO DELLA SEZIONE IDRAULICA DEL RIO GORA MANNA													
Rio	Sezione idraulica	Livello QTR 200	v [m/s]	fondo canale [mslm]	Profondità media corrente [m]	Valori Franco Idraulico NTA PAI			Franco idraulico riferimento	H Argine SX	H Argine DX	Franco idraulico in progetto SX	Franco idraulico in progetto DX
						1 [m]	2 [m]	3 [m]					
RIO GORA MANNA	557	75,15	3,39	73,32	0,45	0,29	1	0,58	1,00	75,73	75,73	0,58	0,58
RIO GORA MANNA	534	75	3,48	73	0,57	0,31	1	0,66	1,00	75,5	75,5	0,50	0,50
RIO GORA MANNA	512	74,24	4,83	72,73	1,22	0,59	1	0,96	1,00	75,21	75,21	0,97	0,97
RIO GORA MANNA	496	74,02	4,96	72,53	1,22	0,63	1	0,96	1,00	75,1	75,04	1,08	1,02
RIO GORA MANNA	472	73,7	5,12	72,23	1,22	0,67	1	1,02	1,02	74,8	74,8	1,10	1,10
RIO GORA MANNA	458	73,52	5,19	72,06	1,21	0,69	1	1,07	1,07	74,9	74,81	1,38	1,29
RIO GORA MANNA	455	73,49	5,18	72,03	1,22	0,68	1	1,09	1,09	74,96	74,93	1,47	1,44
RIO GORA MANNA	452	73,4	5,29	72	1,15	0,71	1	1,16	1,16	75,18	75,18	1,78	1,78
RIO GORA MANNA	447	73,34	5,29	71,93	1,16	0,71	1	1,23	1,23	75,18	75,18	1,84	1,84
RIO GORA MANNA	436	73,33	5,01	71,82	1,26	0,64	1	0,99	1,00	74,8	74,85	1,47	1,52
RIO GORA MANNA	430	73,28	5	71,77	1,26	0,64	1	0,98	1,00	74,71	74,71	1,43	1,43
RIO GORA MANNA	429	73,27	5	71,76	1,26	0,64	1	0,98	1,00	74,74	74,75	1,47	1,48
RIO GORA MANNA	424	73,23	4,99	71,71	1,27	0,63	1	0,98	1,00	74,73	74,69	1,50	1,36
RIO GORA MANNA	417	73,12	5,07	71,64	1,22	0,66	1	1,07	1,07	74,69	74,69	1,57	1,57
RIO GORA MANNA	411	73,14	4,87	71,59	1,29	0,60	1	0,99	1,00	74,65	74,65	1,51	1,51
RIO GORA MANNA	389	73,45	3,61	71,3	1,28	0,33	1	0,98	1,00	73,69	73,77	0,24	0,32
RIO GORA MANNA	370	73,15	4,07	71,19	1,06	0,42	1	0,90	1,00	73,44	73,15	0,29	0,00
RIO GORA MANNA	315	73,56	2,63	70,65	0,46	0,18	1	0,59	1,00	72,64	72,64	-0,92	-0,92
RIO GORA MANNA	243	72,44	4,44	69,95	0,66	0,50	1	0,71	1,00	72,37	72,37	-0,07	-0,07
RIO GORA MANNA	206	71,9	4,71	69,59	0,49	0,57	1	0,61	1,00	71,52	71,52	-0,38	-0,38
RIO GORA MANNA	191	72,47	1,58	69,44	0,86	0,06	1	0,81	1,00	71,74	71,29	-0,73	-1,18

La tabella riporta, in celeste, le sezioni interessate dagli interventi di sistemazione idraulica con la sezione di progetto, che si ricorda essere realizzata in pietra allettata, mentre in giallo è indicata la sezione in terra di raccordo con l'alveo naturale.

Si può notare che per il tratto sistemato in pietra, ad eccezione del tratto iniziale

influenzato dalle criticità idrauliche a monte dello stesso, il franco è sempre rispettato.

Di contro, nel tratto a valle della sistemazione, la situazione peggiora man mano che la sezione di raccordo si avvicina a quella attuale, inizialmente non verificando il franco, per poi esondare.

9 Verifica dell'ammissibilità dell'intervento

Come riportato nel paragrafo Piano stralcio di assetto idrogeologicoprecedente, l'intervento in esame ricade all'interno di aree di pericolosità idraulica molto elevata Hi4 che, pertanto, rappresenta la pericolosità di riferimento per la verifica dell'ammissibilità.

Tale pericolosità è disciplinata

dall'Art. 27 delle Norme di Attuazione del P.A.I. (Disciplina delle aree di pericolosità idraulica molto elevata), del quale si riporta lo stralcio di interesse dei commi 1 e 3:

1. Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24, in materia di interventi strutturali e non strutturali di sistemazione idraulica e riqualificazione degli ambienti fluviali - individuati dal PAI, dal programma triennale di attuazione o dalle competenti autorità regionali in osservanza di quanto stabilito dal PAI - nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

a. le opere e gli interventi idraulici per migliorare la difesa dalle alluvioni e la sicurezza delle aree interessate da dissesto idraulico;

[...omissis...]

3. In materia di infrastrutture a rete o puntuali pubbliche o di interesse pubblico, comprese le opere provvisorie temporanee funzionali agli interventi, nelle aree di pericolosità idraulica molto elevata sono consentiti esclusivamente:

[...omissis...]

e. gli interventi di ampliamento e ristrutturazione di infrastrutture a rete e puntuali riferite a servizi pubblici essenziali non delocalizzabili, che siano privi di alternative progettuali tecnicamente ed economicamente sostenibili

e siano dichiarati essenziali;

[...omissis...]

L'intervento in oggetto è ammissibile ai sensi dell'art. 27 comma 1 lettera a) dell'art. 27 comma 3 lettere e) delle N.T.A. del P.A.I.

10 *Compatibilità idraulica dell'intervento*

Le disposizioni e le norme tecniche tendono a stabilire principi generali e prescrizioni affinché le attività di progettazione, di realizzazione e manutenzione delle opere ricadenti in aree a rischio idrogeologico non peggiorino le condizioni di funzionalità del regime idraulico del corso d'acqua, non aumentando il rischio di inondazione a valle.

Nel caso in esame, considerata la natura, l'estensione superficiale e l'interazione dell'intervento in progetto con il reticolo idrografico, si ritiene opportuno pervenire al giudizio di compatibilità attraverso un'analisi quali-quantitativa che evidenzi il non aggravio delle condizioni di pericolosità e rischio esistenti.

In primo luogo si rileva che la realizzazione dell'opera in progetto avrà un'interazione con il regime idraulico del reticolo idrografico nelle sezioni di riferimento positivo rispetto al regime individuato nello studio idraulico, in quanto consentirà lo smaltimento delle portate di piena nel rispetto del franco idraulico.

Con riferimento a quanto prescritto dall'Art. 23 delle Norme di Attuazione del PAI (Prescrizioni generali per gli interventi ammessi nelle aree di pericolosità idrogeologica), del quale si richiamano di seguito i commi relativi, si riportano nel seguito le relative osservazioni.

Allo scopo di impedire l'aggravarsi delle situazioni di pericolosità e di rischio esistenti nelle aree di pericolosità idrogeologica tutti i nuovi interventi previsti dal PAI e consentiti dalle presenti norme devono essere tali da:

- a. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di funzionalità del regime idraulico del reticolo principale e secondario, non aumentando il rischio di inondazione a valle.*

Tale prescrizione è rispettata considerando che gli interventi in analisi riguardano proprio la demolizione e ricostruzione del ponte sulla via Kennedy (ponte A) che allo stato attuale

rappresenta un punto critico nel regolare passaggio deflusso delle portate. Le nuove opere saranno tali da non interferire con le caratteristiche di deflusso della piena.

- b. migliorare in modo significativo o comunque non peggiorare le condizioni di equilibrio statico dei versanti e di stabilità dei suoli attraverso trasformazioni del territorio non compatibili;*

L'intervento in esame, per sua natura, non incide sull'equilibrio statico dei versanti e sulla stabilità del suolo, insistendo peraltro su un'area sub-pianeggiante.

- c. non compromettere la riduzione o l'eliminazione delle cause di pericolosità o di danno potenziale né la sistemazione idrogeologica a regime;*
- d. non aumentare il pericolo idraulico con nuovi ostacoli al normale deflusso delle acque o con riduzioni significative delle capacità di invasamento delle aree interessate;*

Per quanto concerne questi due punti valgono le considerazioni riportate a commento del punto a), con riferimento al fatto che le caratteristiche di deflusso attualmente compromesse dall'opera oggetto di intervento, non subiranno alcuna interferenza con l'opera in progetto.

- e. limitare l'impermeabilizzazione dei suoli e creare idonee reti di regimazione e drenaggio;*
- f. favorire quando possibile la formazione di nuove aree esondabili e di nuove aree permeabili;*
- g. salvaguardare la naturalità e la biodiversità dei corsi d'acqua e dei versanti;*
- h. non interferire con gli interventi previsti dagli strumenti di programmazione e pianificazione di protezione civile;*
- i. adottare per quanto possibile le tecniche dell'ingegneria naturalistica e quelle a basso impatto ambientale;*

I punti e, f, g, h, i sono significativi per interventi che riguardano ampie porzioni del bacino idrografico sotteso. L'area oggetto dell'intervento è considerabile come puntuale, per cui non si ha alcun peggioramento nelle condizioni idrografiche alla base della formazione della piena.

- l. non incrementare le condizioni di rischio specifico idraulico o da frana degli elementi vulnerabili interessati ad eccezione dell'eventuale incremento sostenibile connesso all'intervento espressamente assentito;*

Per quanto concerne il rischio di frana valgono le osservazioni fatte relativamente al punto

b).

Gli interventi in progetto non comportano una variazione del livello degli elementi a rischio (E_i), quindi, riducendo le aree relative a tutti i livelli di pericolosità idraulica (H_i), non si ha una riduzione del rischio idraulico (R_i).

L'intervento sottoposto all'approvazione è tale da rispettare, non solo il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente, fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile, ma induce una significativa riduzione del livello di pericolosità.

m. assumere adeguate misure di compensazione nei casi in cui sia inevitabile l'incremento sostenibile delle condizioni di rischio o di pericolo associate agli interventi consentiti;

Non sussistono tali condizioni in quanto non si verificano condizioni di aumento del rischio associate alla realizzazione delle opere in progetto.

n. garantire condizioni di sicurezza durante l'apertura del cantiere, assicurando che i lavori si svolgano senza creare, neppure temporaneamente, un significativo aumento del livello di rischio o del grado di esposizione al rischio esistente;

Saranno garantite le condizioni di sicurezza in fase di realizzazione prevedendo, particolari accorgimenti operativi (nella scelta delle aree di accantieramento, nello stoccaggio anche provvisorio dei materiali in cantiere e nella sua conduzione in genere) perché questo punto venga rispettato.

o. garantire coerenza con i piani di protezione civile.

Le opere, per loro natura, non presentano potenziali incongruenze con i piani di protezione civile.

11 Conclusioni

Gli interventi per i quali si discute la compatibilità idraulica ricadono all'interno di aree di pericolosità idraulica individuate per tutti e 4 tempi di ritorno di riferimento per il PAI.

La pericolosità idraulica di riferimento, ai fini della verifica della ammissibilità, è H_{i4} . Fermo restando quanto stabilito negli articoli 23 e 24 delle Norme di Attuazione del PAI, ai sensi dell'articolo 27 comma 1 lettera a) e dell'articolo 27 comma 3 lettera e) delle citate Norme, gli interventi in progetto sono ammissibili e dall'analisi effettuata si evince che, a seguito della realizzazione dell'intervento in progetto, vengono eliminate le criticità che attualmente alterano il naturale deflusso della eventuale piena, rendendo l'opera non

interferente con esso.

Inoltre, l'intervento sottoposto all'approvazione è tale da rispettare il vincolo di non aumentare il livello di pericolosità e di rischio esistente, fatto salvo quello eventuale intrinsecamente connesso all'intervento ammissibile.

Gli interventi in oggetto non danno luogo al verificarsi di situazioni geologiche, geomorfologiche, e idrauliche tali da impedire la loro realizzazione e, quindi, risultano coerenti con le previsioni e le norme del P.A.I.

Le analisi fin qui condotte portano pertanto a concludere che è verificata la compatibilità idraulica dell'intervento in esame.

Vallermosa, 13/05/2022

Dott. Geol. Maria Francesca Lobina



Ing. Marcello Ligas

