ITEC engineering

COMUNE DI GENOVA

Committente:

Titolo:

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO IDRAULICO DEI RIVI MAROTTO E MONFERRATO A GENOVA MULTEDO

Livello di Progetto:
Definitivo

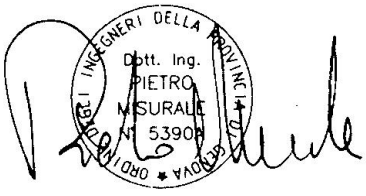
Oggetto:

RELAZIONE IDRAULICA

Codice Progetto:
P072-14

Nome File:
P072-14-D-RE-IDR-001-A

Firme:





Rev.	Modifiche/Revisioni	Redatto	Data	Contr./Appr.	Data
A	PRIMA EMISSIONE	DR	31/07/18	PM/DG	31/07/18

ITEC engineering S.r.l.
19038 SARZANA (SP)
Via Variante Aurelia, 98
TEL. +39 0187 610532
info@itec-engineering.it

16129 GENOVA
Via Antonio Cecchi 7/9-10
TEL. +39 010 5959690
www.itec-engineering.it

ASSOCIATO oice CONFINDUSTRIA

efca FIDIC

Sistema Certificato UNI EN ISO 9001
SC 10-2588/IAF 34

E' vietata a norma di legge la riproduzione, anche parziale, non autorizzata di questo documento

INDICE

1 PREMESSA 3

2 INDAGINI E RILIEVI 4

3 STATO ATTUALE 5

3.1 AREA DI INTERVENTO 5
3.2 CORSI D'ACQUA INTERFERENTI 6
3.2.1 Rio Marotto 6
3.2.2 Rio Monferrato 7

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO 7

5 INTERVENTI PREVISTI 12

5.1 CRITERI PROGETTUALI 12
5.2 SISTEMAZIONE RIO MAROTTO 13
5.3 SISTEMAZIONE RIO MONFERRATO 13

6 VERIFICHE IDRAULICHE 14

6.1 PORTATE DI PIENA 14
6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO 14
6.3 CONFIGURAZIONI DI VERIFICA 15
6.3.1 Stato attuale (ATT) 15
6.3.2 Stato di progetto (PRG) 15
6.4 PARAMETRI DI CALCOLO 16
6.5 RISULTATI 17
6.5.1 Stato attuale (ATT) 17
6.5.1.1 Rio Marotto 17
6.5.1.2 Rio Monferrato 17
6.5.2 Stato di progetto (PRG) 18
6.5.2.1 Rio Marotto (Vasca vuota - PRG-A) 18
6.5.2.2 Rio Marotto (Vasca piena - PRG-B) 22
6.5.2.3 Rio Monferrato 22

7 ASPETTI DI MORFODINAMICA 25

7.1 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO MEDIO ANNUO 25
7.1.1 Confronto con bacini limitrofi 25
7.1.2 Metodo della portata indice 26
7.1.2.1 Determinazione della portata indice 26
7.1.2.2 Idrogramma della portata indice 27
7.1.2.3 Sedimentogramma della portata indice 28
7.1.3 Dimensionamento della vasca di sedimentazione 30
7.2 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO DURANTE UN EVENTO ALLUVIONALE 30
7.2.1 Idrogramma della portata 200-ennale 31
7.2.2 Sedimentogramma della portata 200-ennale 32
7.3 EFFICIENZA DELLA NUOVA TOMBINATURA IN CASO DI TRASPORTO SOLIDO ECCEZIONALE 33

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 35

Allegati:

ALLEGATO A: Verifiche idrauliche

Appendici:

APPENDICE 1: Software di calcolo HecRas 5.0.4

APPENDICE 2: Calcolo dell'idrogramma di piena secondo i criteri della DGR 357/2008

1 PREMESSA

La presente relazione fa parte degli elaborati del *Progetto degli interventi di adeguamento idraulico dei rivi Marotto e Monferrato a Genova - Multedo*.

L'area su cui si sviluppa il progetto ha un andamento pianeggiante ed è delimitata a Nord da Via Merano e Via Multedo di Pegli e a Sud dal rilevato della ferrovia Genova - Ventimiglia.

Essa è interessata dai tracciati tombinati dei rii Marotto e Monferrato (affluente di sinistra del rio Marotto) che scendono dalla valletta di Villa Gavotti e dai versanti soprastanti e che sono stati nel tempo canalizzati e coperti con percorsi artificiali che, a valle di Via Merano, si uniscono in un unica tombinatura che sbocca a mare all'interno del porto petroli.

Durante l'alluvione del 4 ottobre 2010 i due rii sono esondati provocando l'allagamento di Via Merano e delle aree di valle che, a seguito di tale evento, il Piano di Bacino Ambiti 12 e 13 ha inserito fra quelle in Fascia A (aree inondabili per evento 50-ennale).

Il progetto prevede la sistemazione idraulica dei rii Marotto e Monferrato finalizzata al deflusso della portata 200-ennale, nel rispetto della complessità dell'area attraversata caratterizzata dalla presenza di un asse viario importante (Via Merano), dalla presenza di diversi edifici industriali e commerciali e dalla presenza di numerosi sottoservizi e impianti.

Esso fa seguito al Progetto Preliminare redatto dalla scrivente nel dicembre 2015 approvato in conferenza dei servizi deliberante del 9/02/2017 indetta dal Provveditorato Interregionale Opere Pubbliche Piemonte, Valle D'Aosta, Liguria.

In particolare per quanto riguarda gli aspetti idraulici il progetto preliminare ha avuto il parere di compatibilità ai sensi dell'art. 21, comma 1, lettera d) della Legge Regionale 15/2015 da parte del Comitato Tecnico di Bacino nella seduta del 11/07/2016 e in data 12/12/2016 il parere favorevole della Regione Liguria Dipartimento del Territorio - Settore Difesa del Suolo Genova.

Rispetto al Progetto Preliminare redatto dalla scrivente del dicembre 2015 l'area a valle di Via Merano ha subito importanti modifiche a seguito della demolizione degli edifici denominati "Tecnocittà" e "ex Datasiel" che interferivano totalmente o in parte con il tracciato dei rii.

Considerando l'importanza dell'opere e l'estensione dell'area di intervento che coinvolge un tratto di circa 250 m di Via Merano, il tratto iniziale di Viale Villa Gavotti e Via Castagnevizza e tutta la porzione di area compresa da Via Merano e il mare, il progetto prevede anche la riorganizzazione di tutte le utenze e i sottoservizi presenti.

2 INDAGINI E RILIEVI

Nel corso del 2014, su incarico di TALEA S.p.A., è stato effettuato dalla STEGEO[1] il rilievo topografico di tutta l'area interessata dall'intervento, comprensivo del tracciato e delle sezioni delle tombinature dei rii Marotto e Monferrato.

In particolare è stato rilevato il tratto terminale del rio Marotto dallo sbocco della tombinatura di Viale Villa Gavotti sino a mare, per una lunghezza di circa 530 m, e il tratto del rio Monferrato compreso tra lo sbocco della tombinatura a monte di Via Merano e la confluenza nel rio Marotto, per una lunghezza complessiva di circa 140 m.

Nel mese di novembre 2015 STEGEO ha effettuato un'integrazione del rilievo di superficie nell'area del porto petroli.

Per quanto riguarda la documentazione inerente rilievi, studi e progetti sui rii Marotto e Monferrato oltre al Piano di Bacino Ambito 12 e 13, è stata raccolta e analizzata la seguente documentazione i:

- *Progetto di lottizzazione Multedo 1 - rio Marotto*, Merano S.p.A., 1982;
- *Canalizzazione rio Marotto - Oleodotto IPLOM* (da Autostrada a Via Merano), Antica Romana &Co, 1985;
- *Rilievo rio Marotto*, Tecnocittà, 1996-97;
- *Opere di somma urgenza adeguamento idraulico del tratto coperto del rio Monferrato in Via Merano a Genova-Sestri Ponente*, Comune di Genova, 2010;
- *Evento alluvionale del 4 ottobre 2010: lavori di pulizia adeguamento idraulico e risanamento strutturale della tombinatura del rio Monferrato*, Tecnocittà, 2011.

[1] STEGEO professionisti associati - Via San Lorenzo 12 - 16123 Genova

3 STATO ATTUALE

3.1 AREA DI INTERVENTO

L'area su cui si sviluppa il progetto ha un andamento pianeggiante ed è delimitata a Nord da Via Merano e Via Multedo di Pegli e a Sud dal rilevato della ferrovia Genova - Ventimiglia. La piana è stata interessata da intensa urbanizzazione con costruzione di capannoni industriali ed edifici a destinazione produttiva e commerciale.

Oggi la parte più a ponente e occupata dal grande fabbricato delle ex Fonderie di Multedo, mentre nella parte di levante su Via Merano è presente l'edificio occupato da un supermercato della Coop, nella parte a valle dagli edifici occupati da Logistics e dal Consorzio Sestrese nella parte a Sud.

Essa è interessata dai tracciati tombinati dei rii Marotto e Monferrato (affluente di sinistra del rio Marotto) che scendono dalla valletta di Villa Gavotti e dai versanti soprastanti e che sono stati nel tempo canalizzati e coperti con percorsi artificiali che, a valle di Via Merano, si uniscono in un unica tombinatura che sbocca a mare all'interno del porto petroli.

Il progetto di adeguamento idraulico interessa il tratto terminale di Via Villa Gavotti, Via Merano, l'area posta a valle di Via Merano e Via Multedo di Pegli (Aurelia), pianeggiante e leggermente depressa rispetto alla viabilità principale, interamente urbanizzata e impermeabilizzata, e a Sud interessa il rilevato della linea ferroviaria Genova-Ventimiglia , Via Ronchi, 1'area portuale e il piazzale del Porto Petroli.

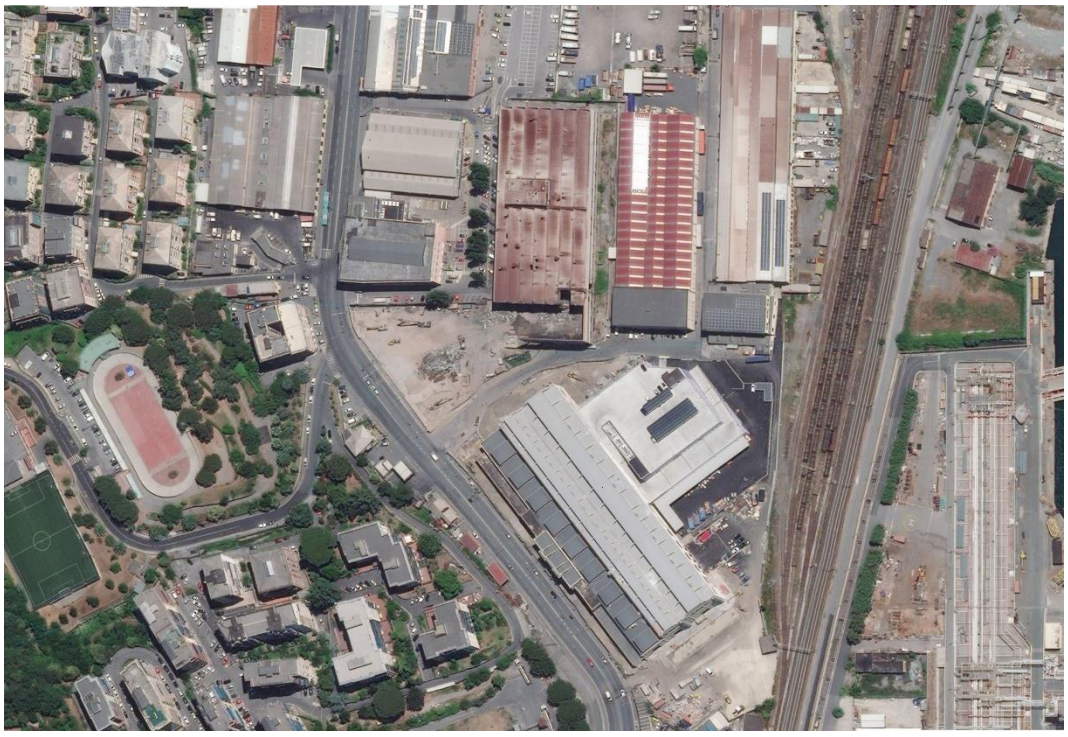


Figura 3.1 - Veduta aerea area di intervento

3.2 CORSI D'ACQUA INTERFERENTI

3.2.1 Rio Marotto

Il rio Marotto nasce dalla Costa dei Pini, a circa 200 m s.l.m. alle spalle dell'abitato di Sestri Ponente Multedo.

Il suo bacino sottende una superficie complessiva di 0.67 km^2 allo sbocco a mare e di 0.41 km^2 a monte della confluenza con il rio Monferrato. La parte più elevata del bacino si presenta naturale, con alveo inciso in una valletta molto stretta e densamente coperta di vegetazione.

Intorno alla quota 60 m s.l.m. circa il rio attraversa tramite una tombinatura il rilevato autostradale a valle del quale prosegue con un breve tratto a cielo aperto e un secondo tratto tombinato sotto le strutture sportive di Villa Gavotti.

Da qui, per un breve tratto (60 m circa) in corrispondenza di Viale Villa Gavotti, ritorna a cielo aperto con fondo alveo plateato e argini in cemento armato di altezza variabile tra 2.0 e 2.5 m circa, la larghezza è pari a circa 5 metri e il fondo è sagomato con salti di altezza contenuta posti a distanza ravvicinata.

Successivamente l'alveo è nuovamente tombinato per circa 400 m sino a valle della linea ferroviaria Genova - Ventimiglia.

Il primo tratto fino a Via Merano è costituito da una sezione ad arco ribassato di larghezza 3.5 m circa e altezza di 1.70 m, con presenza di alcune strozzature in prossimità di Via Merano.

Più a valle la tombinatura è costituita da uno scatolare a sezione rettangolare di larghezza 4 m circa e altezza variabile tra 1 e 2 m.

A valle di Via Merano il rio sottopassa l'area una volta occupata dal fabbricato ex DATASIEL che è stato recentemente demolito.

Circa 70 m a valle dell'attraversamento di Via Merano il rio Marotto riceve in sponda sinistra il rio Monferrato, anch'esso tombinato.

La tombinatura prosegue verso valle con larghezze maggiori (5.5 m circa) sino a raggiungere la sede ferroviaria della linea Genova - Ventimiglia, che sottopassa con una sezione ad arco.

A valle della ferrovia un nuovo scatolare passa sotto la strada di collegamento alle aree portuali (Via Ronchi).

Il resto del tracciato è costituito da un canale a cielo aperto che sfocia nell'area del porto, di cui gli ultimi metri sono coperti da una struttura di passaggio delle vie di corsa delle gru.

Lungo tutto il tratto tombinato del rio Marotto, oltre a diverse tubazioni di diametro minore visibili sui lati della tombinatura, al di sotto della platea di fondazione sono presenti i tubi

dell'oleodotto della IPLOM, del diametro di 8" e 16" che convogliano il petrolio greggio dall'area portuale verso i depositi di Fegino.

3.2.2 Rio Monferrato

Il rio Monferrato è tombinato per un lungo tratto sotto le strutture sportive di Villa Gavotti e sotto Via Insurrezione 23-25 Aprile 1945 ed è visibile a cielo aperto solo in un brevissimo tratto a monte del distacco del civ. 49 di Via Merano.

Dopo un salto di fondo di circa 2 metri, in corrispondenza del distacco del civico 49, il rio è stato recentemente sistemato a seguito dell'evento alluvionale del 4 ottobre 2010 con una sezione in c.a. di larghezza 2.5 m, altezza variabile tra 2 e 2.5 m e grigliato di copertura. Di qui il rio attraversa Via Merano con sezione di larghezza 2 m ed altezza 1 m.

A valle di Via Merano, il tombino è stato recentemente ristrutturato e allargato con una sezione rettangolare in cemento armato di 2.5 m di larghezza e 1.5 m di altezza.

Il tracciato prosegue verso Sud sino al capannone di Tecnocittà dove compie una brusca variazione di direzione a 90° e, con bassissima pendenza del fondo (0.25%), si immette nella tombinatura del rio Marotto.

4 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa idraulica di riferimento è costituita dal Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico Ambito 12 e 13[2], e dal Regolamento Regionale n° 3 del 14/07/2011[3] e dalle modifiche introdotte dalla DGR n°181 del 11/03/2016.

Il rio Marotto e il rio Monferrato sono inseriti tra i corsi d'acqua significativi nella cartografia del Piano e nel reticolo idrografico della Regione Liguria[4].

I due rii non risultano indagati (sono riportate solo alcune verifiche puntuali sul rio Marotto) e dalla cartografia catastale risulta che il rio Marotto ha sedime demaniale, mentre il rio Monferrato non risulta demaniale.

Nelle figure seguenti sono riportati gli estratti cartografici del PdB, della cartografia regionale e di quella catastale.

[2] approvato con DCP n. 65 del 12/12/2002, ultima variante approvata: DDG n.98 del 13/04/2017 entrata in vigore il 10/05/2017

[3] *Disposizioni in materia di tutela delle aree di pertinenza dei corsi d'acqua*, attuativo della DGR 1360/2010.

[4] DGR n.1449 del 30 novembre 2012

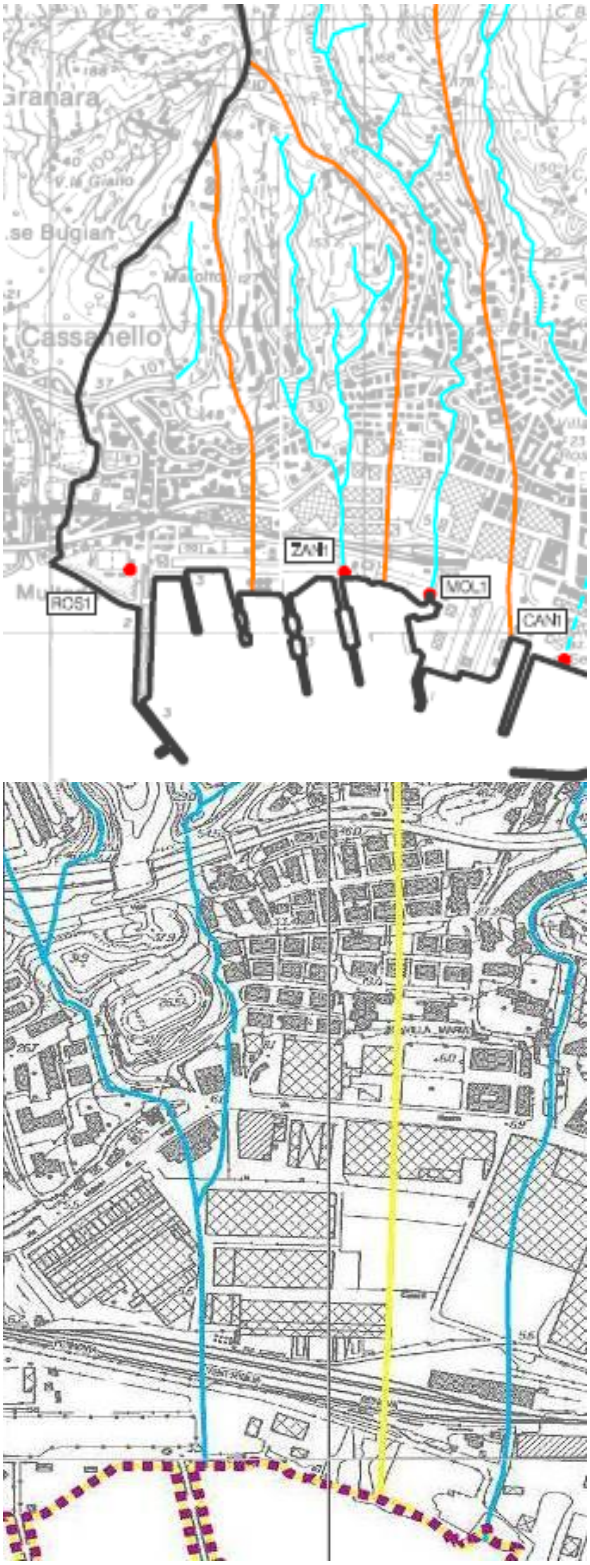


Figura 4.1: Estratto Carta dei sottobacini e Carta del reticolo regionale



Figura 4.2: Estratto Carta delle tracce delle sezioni idrauliche e dei tratti indagati

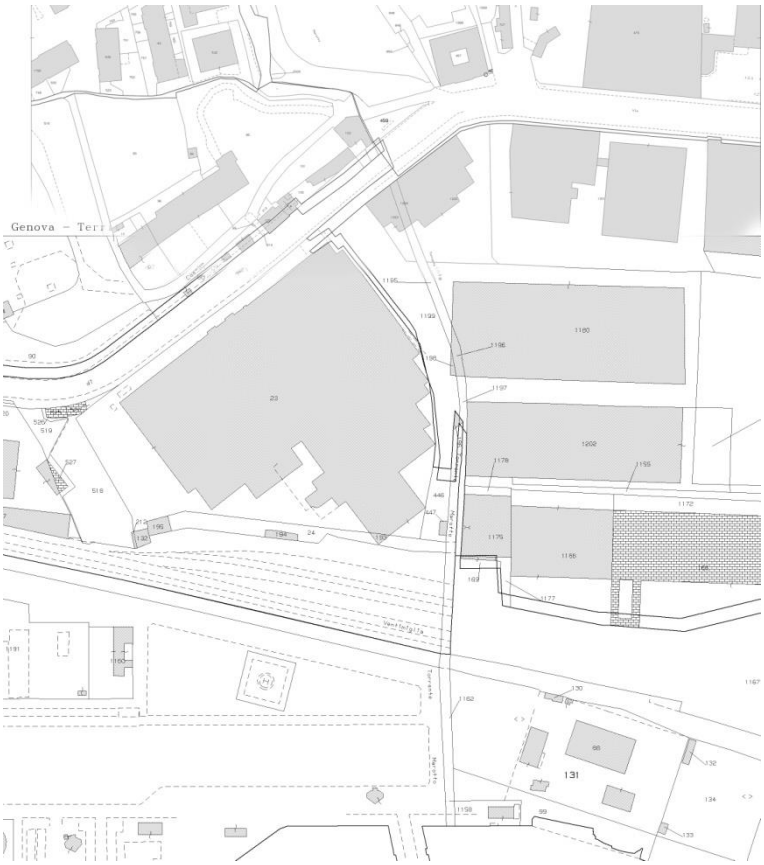


Figura 4.3: Estratto Cartografia catastale

Il Piano di Bacino inserisce le aree a valle di Via Merano fra quelle in Fascia A (inondabili per eventi di pina 50-ennale) come mostra l'estratto della carta delle Fasce fluviali riportato nella figura seguente.

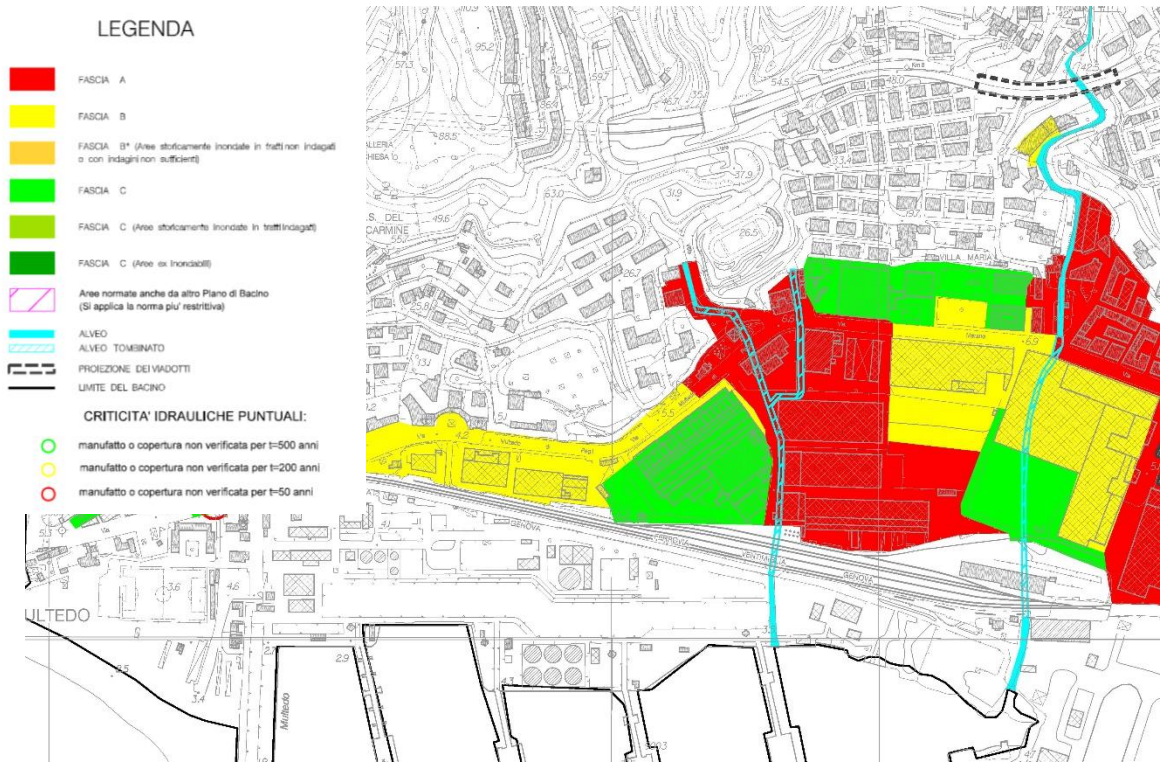


Figura 4.4: Estratto Carta delle fasce fluviali

Il Regolamento (art. 3) suddivide i corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico in classi in funzione dell'estensione dei bacini sottesi secondo il seguente schema.

Superficie sottesa [km^2]	Classificazione
S > 1	Corso d'acqua di 1° livello
0.25 ≤ S ≤ 1	Corso d'acqua di 2° livello
0.25 < S < 0.1	Corso d'acqua di 3° livello
S ≤ 0.1	Corso d'acqua minuto

Tabella 4-I

Sulla base di quanto sopra il rio Marotto è classificabile come corso d'acqua di secondo livello mentre il rio Monferrato è classificabile come corso d'acqua di terzo livello.

Per quanto riguarda i limiti di inedificabilità, per i corsi d'acqua di 1°, 2° e 3° livello "indagati" (che sono stati oggetto di studio idraulico specifico), il Regolamento (art. 4) stabilisce una fascia di inedificabilità assoluta dai limiti dell'alveo pari a 10 m.

Per il reticolo idrografico di primo, secondo e terzo livello i franchi non devono essere inferiori al valore maggiore tra i valori della tabella seguente:

	Tipologia di opera	1° e 2° livello	3° livello
I	Argini e difese spondali	cm 50/100 H_c	cm 50 $0.5 \cdot H_c$
II	Ponti e strutture di attraversamento fino ad estensioni longitudinali di 12 m	cm 100/150 H_c	cm 75 $0.5 \cdot H_c$
III	Coperture e tombinature, ponti e strutture di attraversamento oltre 12 m	cm 150/200 H_c	cm 100 $0.5 \cdot H_c$

Tabella 4.II

Dove H_c è il carico cinetico della corrente definito come $U^2/2g$, con $U[m/s]$ velocità media della corrente e $g[m \cdot s^{-2}]$ accelerazione di gravità, e i due valori estremi corrispondono rispettivamente a bacini poco dissestati e molto dissestati.

Per le opere di cui al punto III della prima colonna (primo e secondo livello), nel caso di modesta rilevanza dell'opera e di bacini sistemati, il franco può essere derogato dall'amministrazione competente fino a 100 cm.

Il coefficiente di scabrezza da utilizzare nelle verifiche idrauliche, deve essere desunto dalla seguente tabella.

Descrizione	Coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler
Tratti di corsi d'acqua naturali con salti, rocce o vegetazione anche arbustiva-arborea in alveo	25-30
Corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo	30-35
Tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati (e/o platee) in buono stato	35-40
Corso d'acqua con fondo ed argini totalmente cementati in ottimo stato ed assenza di manufatti o discontinuità interferenti con le acque	40-45

Tabella 4.III

Il Regolamento (art. 7 e art. 8) consente, previa autorizzazione dall'amministrazione competente, la realizzazione di tombinature e di interventi di reinalveazione e deviazione dell'alveo se questi ultimi risultano necessari ad ovviare a situazioni di pericolo, a tutelare la pubblica incolumità, siano previsti in contesti di tessuto urbano consolidato, siano previsti come misura necessaria in un progetto complessivo ed organico finalizzato alla messa in sicurezza del corso d'acqua e siano compatibili con i piani di bacino.

5 INTERVENTI PREVISTI

5.1 CRITERI PROGETTUALI

La sistemazione idraulica dei rii Marotto e Monferrato al deflusso della portata 200-ennale tiene conto della complessità dell'area attraversata caratterizzata dalla presenza di un asse viario importante (Via Merano), dalla presenza di diversi edifici industriali e commerciali e dalla presenza di numerosi sottoservizi e impianti.

Pertanto la sistemazione idraulica dei due rii prevede, per l'attraversamento di Via Merano e le aree immediatamente a valle, un tracciato diverso rispetto a quello attuale, con lo spostamento della confluenza dei due corsi d'acqua in modo da ottenere un migliore angolo di incidenza (circa 27 gradi).

Per la parte a valle della confluenza si è invece mantenuto l'attuale tracciato del rio Marotto.

I tracciati individuati tengono altresì conto della necessità, durante le fasi realizzative, di garantire la viabilità lungo l'asse di Via Merano e gli accessi alle strutture commerciali esistenti, e di consentire lo spostamento, senza interruzione del servizio, dei numerosi sottoservizi presenti.

Le nuove sezioni delle tombinature sono state dimensionate per consentire il deflusso della portata 200-ennale con i franchi massimi possibili dettati dagli spazi disponibili tra i capannoni esistenti e dalle quote del piano campagna.

In particolare per la nuova tombinatura del rio Marotto nel si è adottato come riferimento un franco minimo rispetto all'intradosso di 1.5 m per la portata 50-ennale e superiore a 1.0 m per quella 200-ennale, verificando che la linea dei carichi si mantenesse inferiore all'intradosso almeno per i tratti a minor pendenza (tratto di attraversamento di via Merano e tratto di valle) dove è più significativo il confronto con il carico cinetico della corrente.

Per il nuovo tratto tombinato del rio Monferrato si è adottato un franco minimo rispetto all'intradosso di 1.0 m per la portata 50-ennale e superiore a 0.8 m per quella 200-ennale, verificando anche in questo caso che, almeno nei tratti a minor pendenza, la linea dei carichi si mantenesse inferiore all'intradosso.

5.2 SISTEMAZIONE RIO MAROTTO

Il progetto di sistemazione del rio Marotto prevede, procedendo da monte verso valle:

- realizzazione di una vasca di sedimentazione nel tratto a cielo aperto in corrispondenza di Viale Villa Gavotti, con volume disponibile di circa 110 m^3;
- riprofilatura dell'imbocco della tombinatura con scapitozzamento della briglia di monte;
- nuovo scatolare sotto Viale Villa Gavotti di dimensioni 5.0x2.5 m con pendenza del 9.8% (lunghezza 72 m)
- nuovo scatolare di dimensioni 6.0x2.5 m con pendenza dello 0.6% per il tratto di attraversamento di Via Merano e a valle, sino alla confluenza con il rio Monferrato (lunghezza 56 m circa);
- nuovo scatolare di dimensioni 8.0x2.5 m e pendenza dello 0.6% dalla sezione di confluenza sino al confine con l'area delle ferrovie (lunghezza 200 m circa);
- nuovo scatolare di larghezza 8 m e altezza variabile da 2.86 m a 3.22 m nel tratto corrispondente all'area dei binari ferrovia (53 m circa) e altezza di 3.7 m nel tratto immediatamente a valle (7 m circa) con pendenza del fondo pari allo 0.6%;
- tratto a cielo aperto con sezione rettangolare di larghezza 8 m e altezza minima (sponda sinistra) variabile tra 3.4 m e 3.9 m con pendenza sempre dello 0.6% (71 m circa);
- tratto terminale coperto sino allo sbocco a mare, con sezione scatolare di larghezza 8.0x2.5 m e pendenza 0.6% (14 m circa).

5.3 SISTEMAZIONE RIO MONFERRATO

Il progetto di sistemazione del rio Monferrato prevede, procedendo da monte verso valle:

- raccordo tra tombinatura esistente e nuovo scatolare in corrispondenza del civico 49 a monte di Via Merano;
- realizzazione nuovo scatolare di dimensioni 4.5x1.5 m e pendenza dell'1.3% da monte di Via Merano sino alla confluenza con il nuovo alveo del rio Marotto (lunghezza 60 m circa).

6 VERIFICHE IDRAULICHE

6.1 PORTATE DI PIENA

Nel Piano di Bacino Ambito 12 e 13 sono riportati i valori delle portate di piena per assegnato periodo di ritorno per la sola sezione di sbocco a mare del rio Marotto (Zanina) come riportato nella tabella seguente.

Sezione	Area sottesa [km^2]	Q50 [m^3/s]	Q200 [m^3/s]
Marotto allo sbocco a mare	0.67	22.0	32.0

Tabella 6.I

Alla luce di quanto sopra, in mancanza di specifiche indicazioni da parte del Piano di Bacino, i valori delle portate di piena per assegnato periodo di ritorno del rio Monferrato e del rio Marotto a monte della confluenza con il rio Monferrato, sono stati estrapolati utilizzando i contributi unitari della sezione terminale del rio Marotto pari a 32.8 m^3/s/km^2 per l'evento 50-ennale e 47.8 m^3/s/km^2 per l'evento 200-ennale.

Nella tabella seguente sono riassunti i valori di portata per le sezioni significative dei due corsi d'acqua.

Sezione	Area sottesa [km^2]	Q50 [m^3/s]	Q200 [m^3/s]
Marotto a monte confluenza	0.41	13.4	20.0
Marotto allo sbocco a mare	0.67	22.0	32.0
Monferrato alla confluenza	0.18	5.9	8.6

Tabella 6.II

6.2 METODOLOGIA DI CALCOLO

Le verifiche idrauliche sono state effettuate con il software di calcolo *Hec-Ras 5.0.4*[5] .

Il software consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

Per maggiori approfondimenti si rimanda all'Appendice 1 allegata alla presente relazione.

[5] HEC-RAS, Hydrologic Engineering Center – US Army Corps of Engineers

Per quanto riguarda il nodo di confluenza le verifiche sono state eseguite considerando il cambio di portata tra le sezioni di monte e di valle del nodo, assegnando alla sezione di sbocco dell'affluente la stessa quota del pelo libero della sezione di monte del canale principale.

Nel caso di funzionamento in pressione delle tombinature il calcolo della confluenza è stato effettuato imponendo una variazione di portata tra i tratti di monte e di valle del rio Marotto, assumendo la quota del carico piezometrico risultante quale condizione al contorno di valle per il rio Monferrato.

6.3 CONFIGURAZIONI DI VERIFICA

Le verifiche idrauliche sono state effettuate separatamente per il rio Marotto e per il rio Monferrato, per le configurazioni di stato attuale e di progetto.

Ai fini del calcolo sono state individuate una serie di sezioni trasversali numerate in senso crescente da valle verso monte in funzione delle caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo (larghezza, pendenza, curve, presenza di manufatti ecc.) con l'aggiunta di alcune sezioni di calcolo intermedie in corrispondenza di variazioni di sezione significative e dei manufatti secondo il seguente schema:

6.3.1 Stato attuale (ATT)

Rio Marotto

- da sez. 1 a 4.1: tratto terminale a cielo aperto in ambito portuale (L=80 m circa)
- da sez. 4.1 a 7.3: attraversamento area ferrovia (L=60 m circa)
- da sez. 7.3 a 15: da limite ferrovia a confluenza con rio Marotto (L=140 m circa)
- da sez. 15 a 16: confluenza con il rio Monferrato (L=15 m circa)
- da sez. 16 a 19: tratto da confluenza a Via Merano (L=60 m circa)
- da sez. 19 a 20: attraversamento di Via Merano (L=20 m circa)
- da sez. 20 a 24: tratto sotto Viale Villa Gavotti (L=75 m circa)
- da sez. 24 a 28: tratto a cielo aperto lungo Viale Villa Gavotti (L=65 m circa)

Rio Monferrato

- da sez. 53 a 58: tratto da confluenza con rio Marotto a Via Merano (L=120 m circa)
- da sez. 58 a 62: attraversamento Via Merano (L=20 m circa)
- da sez. 62 a 66: tratto a monte di Via Merano (L=45 m circa)

6.3.2 Stato di progetto (PRG)

Rio Marotto

- da sez. 1 a 2: tratto terminale coperto in ambito portuale (L=14 m circa)
- da sez. 2 a 5: tratto a cielo aperto in ambito portuale (L=70 m circa)
- da sez. 5 a 8: attraversamento area ferrovia (L=60 m circa)

- da sez. 8 a 17: da limite ferrovia a confluenza con rio Marotto (L=200 m circa)
- da sez. 17 a 18: tratto di confluenza con rio Monferrato (L=6 m circa)
- da sez. 18 a 20: tratto da confluenza a Via Merano (L=23 m circa)
- da sez. 20 a 25: attraversamento di Via Merano sino a via Castagnevizza (L=33 m circa)
- da sez. 25 a 31 tratto sotto Viale Villa Gavotti (L=72 m circa)
- da sez. 31 a 37: tratto a cielo aperto lungo Viale Villa Gavotti (L=65 m circa) con vasca di sedimentazione

Rio Monferrato

- da sez. 100 a 102: tratto da confluenza con rio Marotto a Via Merano (L=33 m circa)
- da sez. 102 a 105: attraversamento Via Merano sino al raccordo con tombinatura esistente (L=25 m circa)
- da sez. 105 a 108: tratto di raccordo con tombinatura esistente a monte di Via Merano (L=5 m circa)
- da sez. 108 a 114: tratto esistente a monte di Via Merano (L=40 m circa)

In Allegato A sono riportate le planimetrie del tratto indagato con l'indicazione delle sezioni idrauliche nelle configurazioni di stato attuale e di progetto.

Per il rio Marotto la verifica è stata effettuata a vasca di sedimentazione vuota (PRG-A) e vasca di sedimentazione piena (PRG-B).

6.4 PARAMETRI DI CALCOLO

I profili sono stati integrati per entrambe le condizioni di corrente lenta da valle verso monte e corrente veloce da monte verso valle, assumendo quali condizioni al contorno le condizioni critiche (Fr=1) nella sezione di monte (sez. 37) e la quota del livello massimo di marea nello specchio acqueo del porto di Genova per la sezione di valle (sez. 1).

Dalle osservazioni dei dati mareografici della stazione di Genova forniti da APAT nell'APAT (Agenzia per l'Ambiente ed il Territorio) i livelli di massima marea registrati per il periodo 2001-2014, variano tra 0.28 m (2001) e 0.50 m (2009).

In analogia con quanto riportato nel progetto di sistemazione del rio Molinassi[6], si è adottato a favore di sicurezza un valore di 0.65 m per la condizione al contorno di valle.

Le verifiche sono state effettuate in condizioni di sponde infinite nel caso di superamento delle quote di sommità arginali.

In accordo con le normative vigenti e con le condizioni dell'alveo il coefficiente di scabrezza *n* di Manning è stato assunto pari a 0.03 (corrispondente alla condizione di corsi d'acqua naturali con vegetazione e movimento di materiale sul fondo) per tutto il tratto a cielo aperto

[6] Infrastrutture Liguria: *Messa in sicurezza del tratto terminale urbano del rio Molinassi in comune di Genova* - relazione idraulica - 2012

e pari a 0.025 (corrispondente a tratti urbanizzati di corsi d'acqua naturali con argini cementati) per i tratti tombinati.

6.5 RISULTATI

I risultati sono riassunti in forma numerica e grafica nell'Allegato A, di seguito se ne riporta una descrizione sintetica per le configurazioni analizzate.

6.5.1 Stato attuale (ATT)

6.5.1.1 Rio Marotto

Il tratto terminale in ambito portuale e sotto il rilevato ferroviario (da sez. 1 a sez. 8) consente il deflusso della portata 50-ennale e 200-ennale, sia pure con franchi ridotti.

Nel tratto a monte del rilevato ferroviario il deflusso avviene con la messa in pressione della tombinatura per entrambi i valori di portata.

Tenendo conto del funzionamento in pressione (lid infinito) la portata 200-ennale esonda nel tratto a cielo aperto in corrispondenza di Viale Villa Gavotti, a monte del tratto terminale coperto, mentre il rigurgito della portata 50-ennale non raggiunge la sezione di imbocco della tombinatura.

La portata massima smaltibile a pelo libero è circa 6 m^3/s per il tratto a monte della confluenza e 10 m^3/s per il tratto a valle, pari a circa la metà del valore di portata 50-ennale.

6.5.1.2 Rio Monferrato

La messa in pressione del rio Marotto provoca il contestuale funzionamento in pressione del rio Monferrato per tutto il tratto tombinato sino all'imbocco a monte di Via Merano, per entrambi i valori di portata.

In condizioni indisturbate il deflusso della portata 50-ennale avviene a pelo libero con franchi ridotti (0.4 m circa), mentre la portata 200-ennale defluisce in pressione.

La portata massima smaltibile a pelo libero è circa 4 m^3/s, pari a circa il 70% della portata 50-ennale.

6.5.2 Stato di progetto (PRG)

6.5.2.1 Rio Marotto (Vasca vuota - PRG-A)

Portata 50-ennale

Lungo il tratto terminale in ambito portuale e attraverso il rilevato ferroviario (da sez. 1 a sez. 8) il deflusso della portata 50-ennale avviene a pelo libero in corrente lenta (Fr<1), con altezze di 1.0 m circa e velocità intorno a 2.7 m/s.

I franchi rispetto agli argini nel tratto a cielo aperto (tra sez. 2 e sez. 5) sono compresi tra 2.0 m e 3.4 m circa mentre rispetto all'intradosso del tratto tombinato (tra sez. 5 e sez. 8) sono circa 1.5 m; la linea dei carichi risulta ovunque inferiore agli argini e/o all'intradosso.

Nel tratto compreso tra il rilevato ferroviario e la confluenza con il Monferrato (tra sez. 8 e sez. 17) la corrente mantiene le stesse caratteristiche del tratto a valle (Fr<1) con altezze intorno a 1 m e velocità intorno a 2.7 m/s /s.

I franchi rispetto all'intradosso risultano pari a circa 1.5 m, la linea dei carichi risulta ovunque inferiore all'intradosso con franchi superiori a 1 m.

Nel tratto a monte della confluenza sino a monte di Via Merano (tra sez. 18 e sez. 25) la corrente lenta di valle (dovuta al rigurgito della confluenza) si raccorda con la corrente veloce di monte mediante un risalto di tipo diretto.

Le altezze sono comprese tra 0.4 m circa del tratto in corrente veloce sino a 1.2 m circa del tratto in corrente lenta, la velocità varia da 1.8 m/s a 5.0 m/s circa.

I franchi rispetto all'intradosso risultano compresi tra 1.3 m e 2.1 m circa, mentre la linea dei carichi risulta ovunque inferiore all'intradosso.

I franchi minori sono dovuti al rigurgito (0.2 m circa) in corrispondenza della confluenza, con una corrispondente diminuzione del carico cinetico della corrente, che mantiene un franco superiore a 1 m rispetto all'intradosso della tombinatura.

Nel restante tratto tombinato di monte (tra sez. 25 e sez. 31) la corrente risulta veloce con altezze intorno a 0.4 m circa, velocità di 6.3 m/s circa.

I franchi del pelo libero rispetto all'intradosso risultano superiori a 2 m, il carico risulta inferiore all'intradosso, ad eccezione della sezione di imbocco, dove la velocità è maggiore per effetto dello scivolo di raccordo con il tratto a monte.

In corrispondenza della vasca la corrente rallenta cedendo quasi interamente la sua energia cinetica, il deflusso avviene in corrente lenta con franchi di oltre 1 m rispetto agli argini e carico totale contenuto.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica.

	Sez.	Progr.	Quota [m]				T=50 anni			
							Quota [m]		franchi [m]	
			fondo	arg.ds	arg. sn	intrad.	p.l.	EG	p.l.	EG
Ambito portuale	1		-0.74			1.76	0.65	0.85	1.11	0.91
	1.1	3.01	-0.72			1.78	0.66	0.86	1.12	0.92
	1.2	3.11	-0.72			1.78	0.66	0.86	1.12	0.92
	1.3	13.36	-0.66			1.84	0.67	0.89	1.17	0.95
	2	13.76	-0.66	4.76	2.54		0.67	0.89	1.87	1.65
	3	40.08	-0.50	5.03	2.86		0.73	0.98	2.13	1.88
	3.1	46.03	-0.46	5.10	3.05		0.74	1.01	2.31	2.04
	3.2	46.13	-0.46	5.10	3.05		0.74	1.01	2.31	2.04
	3.3	60.99	-0.37	5.60	3.53		0.78	1.07	2.75	2.46
	4	61.78	-0.37	5.60	3.54		0.79	1.08	2.75	2.46
	4.1	84.07	-0.24	4.48	4.22		0.87	1.18	3.35	3.04
	5	84.87	-0.23			3.70	0.87	1.19	2.83	2.51
Ferrovie	5.1	90.29	-0.20			3.70	0.89	1.22	2.81	2.48
	5.2	92.9	-0.18			2.99	0.91	1.23	2.08	1.76
	5.3	100.81	-0.14			2.99	0.95	1.27	2.04	1.72
	5.4	100.91	-0.14			2.99	0.95	1.27	2.04	1.72
	6	104.42	-0.11			2.99	0.96	1.30	2.03	1.69
	6.1	117.36	-0.04			2.99	1.03	1.37	1.96	1.62
	6.2	117.46	-0.04			2.99	1.03	1.37	1.96	1.62
	7	121.78	-0.01			2.99	1.05	1.39	1.94	1.60
	7.1	131.2	0.05			2.99	1.10	1.45	1.89	1.54
	7.2	133.01	0.06			2.99	1.11	1.46	1.88	1.53
	8	145.59	0.13			2.99	1.18	1.53	1.81	1.46
Nuovo tratto a valle della confluenza	9	151.77	0.17			2.67	1.21	1.57	1.46	1.10
	10	157.33	0.20			2.70	1.24	1.60	1.46	1.10
	11	177.23	0.32			2.82	1.35	1.71	1.47	1.11
	12	217.3	0.56			3.06	1.58	1.95	1.48	1.11
	13	242.3	0.71			3.21	1.73	2.10	1.48	1.11
	14	266.8	0.86			3.36	1.88	2.25	1.48	1.11
	15	288	0.99			3.49	2.01	2.38	1.48	1.11
	16	309.7	1.12			3.62	2.14	2.51	1.48	1.11
Confluenza con rio Monferrato	17	343.95	1.32			3.82	2.35	2.71	1.47	1.11
	18	350.08	1.36			3.86	2.59	2.76	1.27	1.10
Nuovo tratto monte confluenza sino a monte di via Merano	19	362.44	1.43			3.93	2.61	2.79	1.32	1.14
	20	373.64	1.50			4.00	2.63	2.83	1.37	1.17
	21	388.94	1.59			4.09	2.67	2.89	1.42	1.20
	22	390.64	1.60			4.10	2.68	2.90	1.42	1.20
	23	399.14	1.65			4.15	2.12	3.28	2.03	0.87
	24	400.58	1.66			4.16	2.11	3.38	2.05	0.78
Nuovo tratto sotto viale Villa Gavotti	25	406.63	1.70			4.20	2.06	4.05	2.14	0.15
	26	423.92	3.40			5.90	3.82	5.87	2.08	0.03
	27	432.07	4.20			6.70	4.62	6.66	2.08	0.04
	28	438.71	4.86			7.36	5.29	7.30	2.07	0.06
	29	447.03	5.67			8.17	6.10	8.08	2.07	0.09
	30	462.69	7.10			9.60	7.50	9.76	2.10	-0.16
	31	478.42	8.77			11.27	9.10	12.52	2.17	-1.25

Scivolo tra imbocco tombinatura e nuova vasca	31.1	478.52	8.78	13.90	13.90		9.11	12.53	4.79	1.37
	31.2	480.79	9.00	13.90	13.90		9.31	13.23	4.59	0.67
	32	482.79	10.38	15.00	15.00		10.78	13.75	4.22	1.25
	32.1	486.05	12.80	15.60	15.60		13.66	14.08	1.94	1.52
Vasca di sedimentazione	32.2	488.18	12.80	15.60	15.60		13.78	14.11	1.82	1.49
	33	488.28	11.80	15.60	15.60		14.07	14.13	1.53	1.47
	34	498.28	11.80	16.05	16.05		14.08	14.14	1.97	1.91
	35	508.28	11.80	16.45	16.45		14.09	14.15	2.36	2.3
	36	508.58	14.08	16.45	16.45		14.61	15.95	1.84	0.5
Tratto a cielo aperto esistente	36.1	515.68	14.42	17.05	16.73		14.90	16.75	1.83	-0.02
	36.2	520.68	15.77	17.70	17.50		16.35	17.16	1.15	0.34
	37	538.82	16.38	18.74	19.73		17.24	17.66	1.5	1.08

Tab. 6.III: Rio Marotto - Configurazione PRG-A - T=50 anni

Portata 200-ennale

Il deflusso della portata 200-ennale è del tutto analogo a quello della portata 50-ennale con una differenza nelle altezze dell'ordine di 0.3 m circa.

Lungo il tratto terminale in ambito portuale e attraverso il rilevato ferroviario (da sez. 1 a sez. 8) il deflusso della portata 200-ennale avviene a pelo libero in corrente lenta (Fr<1), con altezze di 1.3 m circa e velocità intorno a 3.0 m/s.

I franchi rispetto agli argini nel tratto a cielo aperto (tra sez. 2 e sez. 5) sono compresi tra 1.8 m e 3.1 m circa mentre rispetto all'intradosso del tratto tombinato (tra sez. 5 e sez. 8) sono circa 1.2 m; la linea dei carichi risulta ovunque inferiore agli argini e/o all'intradosso.

Nel tratto compreso tra il rilevato ferroviario e la confluenza con il Monferrato (tra sez. 8 e sez. 17) la corrente mantiene le stesse caratteristiche del tratto a valle (Fr<1) con altezze intorno a 1.3 m e velocità intorno a 3.0 m/s.

I franchi rispetto all'intradosso risultano in tale tratto pari a circa 1.2 m, la linea dei carichi risulta ovunque inferiore all'intradosso con franchi superiori a 0.7 m.

Nel tratto a monte della confluenza sino a monte di Via Merano (tra sez. 18 e sez. 25) la corrente lenta di valle (dovuta al rigurgito della confluenza) si raccorda con la corrente veloce di monte mediante un risalto di tipo diretto.

Le altezze sono comprese tra 0.5 m circa del tratto in corrente veloce sino a 1.6 m circa del tratto in corrente lenta, la velocità varia da 2.1 m/s a 7.0 m/s circa.

I franchi rispetto all'intradosso risultano compresi tra 1.0 m e 2.0 m circa, con il valor minimo nella sezione 18 subito a monte della confluenza, mentre la linea dei carichi risulta ovunque inferiore all'intradosso.

I franchi minori sono dovuti al rigurgito (0.3 m circa) in corrispondenza della confluenza, con una corrispondente diminuzione del carico cinetico della corrente, che mantiene comunque un franco compreso tra 0.1 m e 0.7 m rispetto all'intradosso della tombinatura.

Nel restante tratto tombinato di monte (tra sez. 25 e sez. 31) la corrente risulta veloce con altezze di 0.55 m e velocità di 7.3 m/s.

I franchi del pelo libero rispetto all'intradosso risultano pari a 1.95 m, mentre, data l'elevata velocità della corrente, la linea dei carichi risulta superiore all'intradosso nel nuovo tratto di raccordo e nel tratto esistente di monte.

Nel tratto a cielo aperto di monte (da sez. 31 a sez. 37) i franchi del pelo libero rispetto agli argini risultano ovunque superiori a 1.0 m.

In corrispondenza della vasca (da sez. 33 a sez. 35) la corrente rallenta cedendo quasi interamente la sua energia cinetica, il deflusso avviene in corrente lenta con franchi di oltre 1.0 m rispetto agli argini e carico totale contenuto.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica.

	Sez.	Progr.	Quota [m]				T=200 anni			
							Quota [m]		franchi [m]	
			fondo	arg.ds	arg. sn	intrad.	p.l.	EG	p.l.	EG
Ambito portuale	1		-0.74			1.76	0.65	1.07	1.11	0.69
	1.1	3.01	-0.72			1.78	0.66	1.09	1.12	0.69
	1.2	3.11	-0.72			1.78	0.66	1.09	1.12	0.69
	1.3	13.36	-0.66			1.84	0.71	1.15	1.13	0.69
	2	13.76	-0.66	4.76	2.54		0.72	1.15	1.82	1.39
	3	40.08	-0.50	5.03	2.86		0.84	1.29	2.02	1.57
	3.1	46.03	-0.46	5.10	3.05		0.87	1.33	2.18	1.72
	3.2	46.13	-0.46	5.10	3.05		0.87	1.33	2.18	1.72
	3.3	60.99	-0.37	5.60	3.53		0.96	1.42	2.57	2.11
	4	61.78	-0.37	5.60	3.54		0.97	1.42	2.57	2.12
	4.1	84.07	-0.24	4.48	4.22		1.09	1.55	3.13	2.67
	5	84.87	-0.23			3.70	1.09	1.56	2.61	2.14
Ferrovie	5.1	90.29	-0.20			3.70	1.13	1.59	2.57	2.11
	5.2	92.9	-0.18			2.99	1.14	1.61	1.85	1.38
	5.3	100.81	-0.14			2.99	1.19	1.65	1.8	1.34
	5.4	100.91	-0.14			2.99	1.19	1.65	1.8	1.34
	6	104.42	-0.11			2.99	1.21	1.68	1.78	1.31
	6.1	117.36	-0.04			2.99	1.29	1.75	1.7	1.24
	6.2	117.46	-0.04			2.99	1.29	1.75	1.7	1.24
	7	121.78	-0.01			2.99	1.31	1.78	1.68	1.21
	7.1	131.2	0.05			2.99	1.37	1.84	1.62	1.15
	7.2	133.01	0.06			2.99	1.38	1.85	1.61	1.14
	8	145.59	0.13			2.99	1.45	1.92	1.54	1.07
Nuovo tratto a valle della confluenza	9	151.77	0.17			2.67	1.49	1.96	1.18	0.71
	10	157.33	0.20			2.70	1.52	1.99	1.18	0.71
	11	177.23	0.32			2.82	1.64	2.11	1.18	0.71
	12	217.3	0.56			3.06	1.87	2.35	1.19	0.71
	13	242.3	0.71			3.21	2.02	2.49	1.19	0.72
	14	266.8	0.86			3.36	2.16	2.64	1.20	0.72
	15	288	0.99			3.49	2.29	2.77	1.20	0.72
	16	309.7	1.12			3.62	2.42	2.9	1.20	0.72

Confluenza con rio Monferrato	17	343.95	1.32			3.82	2.63	3.11	1.19	0.71
	18	350.08	1.36			3.86	2.92	3.16	0.94	0.70
Nuovo tratto monte confluenza sino a monte di via Merano	19	362.44	1.43			3.93	2.95	3.19	0.98	0.74
	20	373.64	1.50			4.00	2.97	3.23	1.03	0.77
	21	388.94	1.59			4.09	2.32	3.37	1.77	0.72
	22	390.64	1.60			4.10	2.3	3.45	1.80	0.65
	23	399.14	1.65			4.15	2.22	3.97	1.93	0.18
	24	400.58	1.66			4.16	2.21	4.1	1.95	0.06
Nuovo tratto sotto viale Villa Gavotti	25	406.63	1.70			4.20	2.16	4.85	2.04	-0.65
	26	423.92	3.40			5.90	3.95	6.69	1.95	-0.79
	27	432.07	4.20			6.70	4.75	7.48	1.95	-0.78
	28	438.71	4.86			7.36	5.41	8.12	1.95	-0.76
	29	447.03	5.67			8.17	6.22	8.92	1.95	-0.75
	30	462.69	7.10			9.60	7.61	10.7	1.99	-1.10
	31	478.42	8.77			11.27	9.22	13.25	2.05	1.98
Scivolo tra imbocco tombinatura e nuova vasca	31.1	478.52	8.78	13.90	13.90		9.23	13.22	4.67	0.68
	31.2	480.79	9.00	13.90	13.90		9.44	13.73	4.46	0.17
	32	482.79	10.44	15.00	15.00		10.93	14.14	4.07	0.86
	32.1	486.05	12.80	15.60	15.60		13.92	14.48	1.68	1.12
Vasca di sedimentazione	32.2	488.18	12.80	15.60	15.60		14.07	14.5	1.53	1.1
	33	488.28	11.80	15.60	15.60		14.44	14.54	1.16	1.06
	34	498.28	11.80	16.05	16.05		14.45	14.55	1.6	1.5
	35	508.28	11.80	16.45	16.45		14.46	14.56	1.99	1.89
	36	508.58	14.08	16.45	16.45		14.77	16.48	1.68	-0.03
Tratto a cielo aperto esistente	36.1	515.68	14.42	17.05	16.73		15.07	17.16	1.66	-0.43
	36.2	520.68	15.77	17.70	17.50		16.54	17.54	0.96	-0.04
	37	538.82	16.38	18.74	19.73		17.5	18.04	1.24	0.7

Tab. 6.IV: Rio Marotto - Configurazione PRG-A - T=200 anni

6.5.2.2 Rio Marotto (Vasca piena - PRG-B)

Portata 50-ennale

Il profilo è identico al caso A lungo tutto il tratto; solo lungo la vasca (tra le sezioni 33 e 35) le quote del pelo libero risultano inferiori da 0.2 m a 1.0 m circa, mentre la linea del carico totale rimane praticamente inalterata.

Portata 200-ennale

Il profilo è identico al caso A lungo tutto il tratto; solo lungo la vasca (tra le sezioni 33 e 35) le quote del pelo libero risultano inferiori da 0.2 m a 1.3 m circa, mentre la linea del carico totale rimane praticamente inalterata.

6.5.2.3 Rio Monferrato

Portata 50-ennale

Il deflusso nel tratto a monte della confluenza (da sez. 100 a 104) avviene prevalentemente in corrente veloce prossima allo stato critico (Fr= 1) con altezze intorno 0.5 m e velocità intorno a 2.5 m/s.

I franchi rispetto all'intradosso risultano pari a circa 1.0 m, la linea dei carichi risulta ovunque inferiore all'intradosso con franchi superiori a 0.3 m.

Nel tratto di raccordo (da sez. 105 a 108) la corrente accelera da monte verso valle per effetto della maggior pendenza e dell'allargamento della sezione di deflusso; le altezze del pelo libero variano da 0.8 m a monte sino a 0.3 m a valle con velocità comprese tra 2.9 m/s e 6.0 m/s.

I franchi rispetto all'intradosso risultano superiori a 1 m mentre la linea dei carichi risulta prossima all'intradosso per un tratto limitato (sez 105 e 106) e di nuovo inferiore nel tratto a monte.

Nel tratto esistente di monte (da sez. 108 a 112) la portata 50-ennale defluisce in corrente prevalentemente veloce (Fr compreso tra 1 e 3) con altezze variabili tra 0.4 m e 1.2 m e velocità comprese tra 2.0 m/s e 5.8 m/s.

I franchi rispetto all'intradosso risultano mediamente pari a circa 1.15 m, la linea dei carichi risulta inferiore all'intradosso.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica.

	Sez.	Progr.	Quota [m]				T=50 anni			
							Quota [m]		Franchi [m]	
			fondo	argds	arg.sn	intrad.	p.l.	EG	p.l.	EG
Tratto nuovo	100	0.00	2.10			3.60	2.63	2.94	0.97	0.66
	101	24.00	2.41			3.91	2.91	3.26	1.00	0.65
	102	33.61	2.53			4.03	3.09	3.37	0.94	0.66
	103	42.97	2.65			4.15	3.08	3.55	1.07	0.60
	104	50.43	2.75			4.25	3.08	3.9	1.17	0.35
	105	57.99	2.85			4.35	3.07	4.89	1.28	-0.54
	106	58.99	3.04			4.64	3.3	5.06	1.34	-0.42
	107	61.49	3.50			5.37	3.83	5.4	1.54	-0.03
Tratto esistente	108	63.19	4.33			5.76	5.16	5.57	0.60	0.19
	109	81.49	4.14			6.71	4.53	6.21	2.18	0.50
	110	81.99	5.16			6.71	5.95	6.35	0.76	0.36
	111	98.89	5.08			7.27	6.30	6.49	0.97	0.78
	112	102.9	5.30			7.45	6.23	6.56	1.22	0.89

Tab. 6.V: Rio Monferrato - Configurazione PRG - T=50 anni

Portata 200-ennale

Il deflusso della portata 200-ennale è analogo a quello della portata 50-ennale, con altezze del pelo libero superiori da 0.1 m a 0.3 m circa.

Il primo tratto della nuova canalizzazione (tra la sez. 100 e la sez. 101) è caratterizzato dal rigurgito in corrente lenta dovuto alla confluenza, con altezza del pelo libero di 0.8 m (franco 0.7 m) e velocità di 2.3 m/s,

Il deflusso nel tratto a monte (da sez. 101 a 103) avviene prevalentemente in corrente veloce (Fr >1) con altezze intorno 0.7 m e velocità intorno a 2.9 m/s; i franchi rispetto all'intradosso sono pari a circa 0.8 m e la linea dei carichi risulta inferiore all'intradosso.

Il tratto da sez. 103 a 105 è caratterizzato dalla corrente veloce dovuta allo scivolo del tratto di raccordo, con altezze variabili da 0.3 m a 0.5 m e velocità comprese tra 3.8 m/s e 6.5 m/s; i franchi rispetto all'intradosso sono superiori a 1 m con la linea dei carichi contenuta sino alla sezione 104 e interferente con l'intradosso nella sezione 105 per effetto della maggiore velocità della corrente.

Nel tratto di raccordo (da sez. 105 a 108) la corrente accelera da monte verso valle per effetto della maggior pendenza e dell'allargamento della sezione di deflusso; le altezze del pelo libero variano da 1.06 m a monte sino a 0.3 m a valle con velocità comprese tra 3.0 m/s e 6.5 m/s; i franchi rispetto all'intradosso variano tra 0.6 m e 1.4 m mentre la linea dei carichi risulta interferente con l'intradosso.

Nel tratto esistente di monte (da sez. 108 a 112) la portata 200-ennale defluisce in corrente prevalentemente veloce con altezze variabili tra 1.0 m e 1.75 m e velocità comprese tra 1.8 m/s e 3.2 m/s. I franchi rispetto all'intradosso variano da 0.5 m a 0.9 m, la linea dei carichi risulta inferiore all'intradosso.

Nella tabella seguente sono riassunti i risultati della verifica.

	Sez.	Progr.	Quota [m]				T=200 anni			
							Quota [m]		Franchi [m]	
			fondo	argds	arg.sn	intrad.	p.l.	EG	p.l.	EG
Tratto nuovo	100	0.00	2.10			3.60	2.92	3.20	0.68	0.40
	101	24.00	2.41			3.91	3.09	3.49	0.82	0.42
	102	33.61	2.53			4.03	3.17	3.62	0.86	0.41
	103	42.97	2.65			4.15	3.16	3.88	0.99	0.27
	104	50.43	2.75			4.25	3.15	4.31	1.10	-0.06
	105	57.99	2.85			4.35	3.14	5.31	1.21	-0.96
	106	58.99	3.04			4.64	3.39	5.46	1.25	-0.82
	107	61.49	3.50			5.37	3.95	5.75	1.42	-0.38
Tratto esistente	108	63.19	4.33			5.76	5.39	5.93	0.37	-0.17
	109	81.49	4.14			6.71	5.89	6.07	0.82	0.64
	110	81.99	5.16			6.71	6.18	6.69	0.53	0.02
	111	98.89	5.08			7.27	6.59	6.85	0.68	0.42
	112	102.9	5.30			7.45	6.51	6.92	0.94	0.53

Tab. 6.VI: Rio Monferrato - Configurazione PRG - T=200 anni

7 ASPETTI DI MORFODINAMICA

Di seguito si riporta l'analisi di morfodinamica legata al trasporto solido del bacino del rio Marotto finalizzata alla verifica di compatibilità delle opere in progetto.

Le valutazioni che seguono sono riferite al bacino del rio Marotto a monte della confluenza con il rio Monferrato, dove è prevista la realizzazione di una vasca per il deposito del materiale trasportato dalla corrente, a monte del tratto terminale coperto.

Non sono state fatte analoghe considerazioni per il rio Monferrato in quanto lo stesso è già dotato di una vasca di raccolta del trasporto solido ubicata a monte di Via Merano in corrispondenza del civ. 49, in un tratto di canale con grigliato di copertura per consentire l'ispezione e la pulizia della vasca.

Tali opere sono state realizzate in somma urgenza dal Comune di Genova a seguito dell'evento alluvionale del 4 ottobre 2010.

L'analisi che segue è stata sviluppata secondo due aspetti principali: valutazione del trasporto medio annuo e valutazione del trasporto in occasione di eventi alluvionali.

Il primo aspetto consente la verifica delle dimensioni della vasca di sedimentazione prevista sul rio Marotto a monte del tratto terminale tombinato mentre il secondo aspetto consente la valutazione dell'efficienza idraulica del nuovo tratto di tombinatura anche in occasione di eventi eccezionali e in particolare di quello 200-ennale, con la parziale occlusione della sezioni di deflusso per effetto del materiale trasportato.

Quest'ultima analisi è stata estesa per analogia anche al nuovo tratto tombinato del rio Monferrato.

I calcoli e le verifiche relativi agli aspetti morfodinamici sono stati effettuati in accordo con le indicazioni dell'Autorità di Bacino Regionale in attuazione alla DGR 226/2009[7]

7.1 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO MEDIO ANNUO

7.1.1 Confronto con bacini limitrofi

Il Piano di Bacino Ambito 12 e 13 non riporta valutazioni sul trasporto solido dei bacini di competenza, mentre il Piano di bacino del torrente Chiaravagna, con esso confinante, riporta una valutazione del trasporto solido complessivo del bacino effettuata in base ad un'analisi geomorfica quantitativa.

[7] Autorità di Bacino Regionale – Comitato Tecnico Regionale per il Territorio – Sezione per le funzioni dell'Autorità di Bacino regionale – Seduta del 29.07.2009 – *Raccomandazioni tecniche per la valutazione degli effetti morfodinamici nell'ambito della redazione di studi e progetti di interventi idraulici* – in attuazione della DGR 226/2009 e ad integrazione del "Manuale di morfodinamica" redatto dal DICAT dell'Università di Genova

L'analisi ha condotto ad una stima del trasporto torbido di circa 16000 m^3/anno su un bacino di 11 km^2.

Secondo quanto riportato nel Piano la percentuale di materiale trasportato in sospensione è circa il 90% del complessivo, per cui il corrispondente valore del trasporto solido al fondo risulterebbe pari a circa 1600 m^3/anno, corrispondente ad un valore di circa 150 m^3/km^2.

Il rio Marotto a monte della confluenza con il rio Monferrato sottende un bacino di 0.41 km^2, pertanto utilizzando lo stesso parametro del torrente Chiaravagna si ottiene un valore del trasporto medio annuo di:

$$Q_S = 150 \cdot 0.41 = 61 \text{ m}^3/\text{anno}$$

7.1.2 Metodo della portata indice

La normativa in attuazione alla DGR 226/2009 fornisce indicazioni relative agli studi e alle analisi da condurre nella valutazione della morfodinamica di un corso d'acqua ed in particolare la stima del trasporto al fondo di una corrente fluviale.

La valutazione del volume di trasporto medio annuo per un corso d'acqua è ricavabile in particolare attraverso la stima del volume totale di sedimenti trasportati al fondo dal corso d'acqua nel tratto oggetto di studio, in corrispondenza di un evento tipico caratterizzato da portata al colmo pari al valore atteso dei valori di portata massima annuale (*portata indice*) del corso d'acqua, con idrogramma costruito secondo le procedure già previste dalle linee guida regionali.

L'analisi è sviluppata attraverso le seguenti fasi principali:

- Determinazione della portata indice per il tratto oggetto di studio;
- Calcolo dell'idrogramma associato a tale portata
- Calcolo del sedimentogramma associato a tale evento
- Calcolo del volume risultante come integrale del sedimentogramma così calcolato.

Tale volume rappresenta il volume potenzialmente movimentabile dal corso d'acqua nel tratto di interesse per l'evento "indice" e può essere quindi assunto quale riferimento per la stima del volume medio annuo di trasporto in tale sezione.

Di seguito si riportano in forma numerica e grafica tali valutazioni.

7.1.2.1 Determinazione della portata indice

Secondo le indicazioni della DGR 357/2008 la portata indice q_{indice} è legata alla portata al colmo Q_T per assegnati tempi di ritorno T dalla relazione:

$$Q_T = k_T \cdot q_{indice}$$

dove k_T rappresenta un fattore di crescita valutato a scala regionale.

Il valore della portata indice è stato pertanto ricavato in base al valore della portata 200-ennale.

Il rio Marotto appartiene alla Regione C (appennino NO e bacini tirrenici) per la quale il fattore X_T per T=200 anni vale 5.17, per cui il valore della portata indice vale:

$$q_{indice}=20/5.17=3.9\ m^3/s$$

7.1.2.2 Idrogramma della portata indice

Si è calcolato il corrispondente idrogramma di piena del rio Marotto relativo all'evento con portata di picco uguale alla portata indice (portata morfodinamicamente significativa).

La determinazione dell'idrogramma di piena è stata effettuata secondo le procedure previste dalla linee guida DGR 357/2008.

In particolare si è utilizzato il *metodo indiretto dell'evento idrometeorologico critico* finalizzato alla valutazione degli idrogrammi di riferimento condizionati dal valore della portata al colmo di progetto.

La metodologia di calcolo è riportata in Appendice 2.

Nel caso in esame si è adottata la curva di probabilità pluviometrica della stazione di Madonna della Guardia, i cui parametri sono riportati nell'Appendice II della DGR sopra menzionata.

Tale curva fornisce un valore della pioggia indice a_i= 48.7 mm/h ed un valore del dell'esponente di scala n= 0.399.

Nella stessa appendice sono inoltre riportati il parametro di scala α=0.301 e di posizione ε=0.767 necessari per la determinazione del fattore di crescita w_T.

L'idrogramma di piena è stato ricostruito attraverso l'uso di un modello seriale di trasformazione afflussi-deflussi.

Il modello (vedi Appendice 2) è costituito da una prima parte di trasformazione della pioggia di progetto in volume specifico di ruscellamento, basato sull'interpretazione Hortoniana (non lineare) del processo di assorbimento e da una seconda parte caratterizzata da un modello lineare di formazione della piena attraverso la rete idrografica basato sul modello di Nash.

Il calcolo della precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale è stato effettuato depurando gli ietogrammi precedentemente individuati dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento nelle depressioni superficiali.

Si è adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal Soil Conservation Service basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

La determinazione dei parametri caratteristici del bacino quali superficie, tempo di corrivazione e valore di CN è stata effettuata sulla base dei contenuti del Piano di Bacino.

In particolare per il rio Marotto si è assunto S= 0.41 km^2, t_c= 25 minuti, CN= 92.

Nella figura seguente è rappresentato l'idrogramma relativo all'evento della portata indice ottenuto con la metodologia sopra esposta.

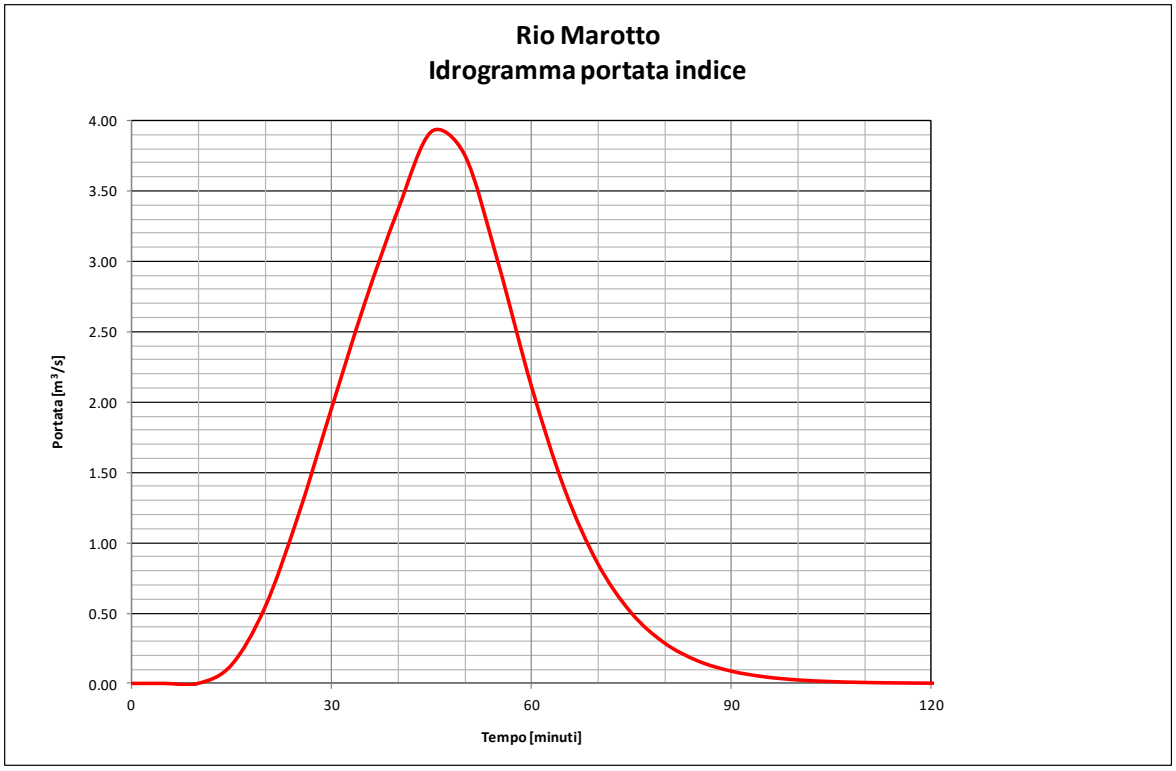


Figura 7.1

7.1.2.3 Sedimentogramma della portata indice

Secondo le indicazioni riportate in attuazione alla DGR 226/2009 è stato calcolato il sedimentogramma del tratto a cielo aperto a monte del tratto terminale coperto del rio Marotto in corrispondenza dell'evento tipico descritto al punto precedente (idrogramma portata indice).

Il sedimentogramma rappresenta la quantità di volume solido che la corrente è in grado di movimentare nella sezione considerata, se disponibile da monte.

Il calcolo è stato effettuato mediante la discretizzazione dell'idrogramma di piena con intervallo temporale di 10 minuti calcolando la portata solida e quindi il corrispondente volume di trasporto solido al fondo per ciascuna condizione di portata nell'ipotedi di moto uniforme per ciascun intervallo temporale.

La capacità di trasporto solido è stata valutata con riferimento alla formulazione di Mayer-Peter e Müller che fornisce la portata volumetrica di materiale solido al fondo q_{sf} per unità di larghezza in funzione della tensione tangenziale esercitata dal fluido sul fondo dell'alveo. In termini adimensionali tali relazioni forniscono un legame tra la portata solida volumetrica Φ e la tensione di Shields θ nella forma:

$$\Phi = 8 \cdot \left(\theta - \theta_{crit}\right)^{\frac{3}{2}}$$

$$\theta_{crit} = 0.047$$

con:

$$\Phi = \frac{q_{sf}}{\sqrt{(s-1) \cdot g \cdot D^3}}$$

$$\theta = \frac{\tau_0}{(\gamma_s - \gamma) \cdot D}$$

dove τ_0 è la tensione tangenziale al fondo, γ_s e γ sono i pesi specifici del sedimento e dell'acqua, s il loro rapporto e D il diametro di riferimento dei granuli, solitamente assunto pari al d_{50}.

Il calcolo è stato effettuato secondo le seguenti fasi:

- ✓ calcolo delle caratteristiche di moto nella sezione considerata per ciascun valore di portata dell'idrogramma con scansione temporale di 10 minuti;
- ✓ calcolo della tensione tangenziale al fondo adimensionale θ e della portata solida qsf per ciascun valore di portata;
- ✓ costruzione dei relativi sedimentogrammi corrispondenti all'evento definito dall'idrogramma di cui al paragrafo precedente.

Ai fini del calcolo si è assunta una sezione rettangolare di larghezza 5 m con pendenza 3%, rappresentativa del tratto a cielo aperto a monte della copertura terminale.

I calcoli sono stati eseguiti assumendo quale valore rappresentativo del diametro dei granuli D_{50}= 0.02 m (ghiaia), compatibile con il materiale litoide riscontrato lungo l'alveo durante i sopralluoghi e le operazioni di rilievo.

Nella figura seguente è riportato il sedimentogramma risultante dai calcoli, con la relativa curva cumulata dei volumi relativi al trasporto solido al fondo.

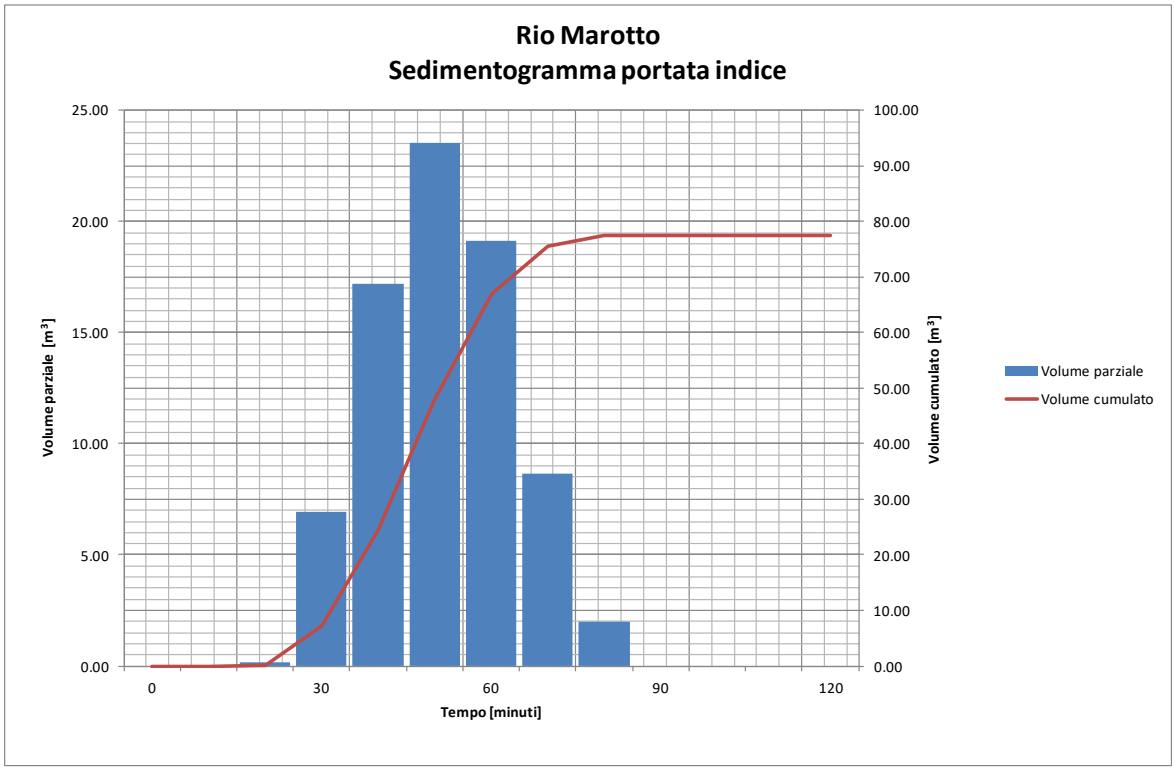


Figura 7.2

Il valore del volume cumulato risulta pari a circa 80 m^3, in accordo con la stima del trasporto medio annuo riportata al paragrafo precedente.

7.1.3 Dimensionamento della vasca di sedimentazione

Le valutazioni sopra riportate hanno condotto ad una stima del volume medio annuo di trasporto del rio Marotto compresa tra 60 m^3/anno con il semplice confronto tra bacini limitrofi e 80 m^3/anno con il metodo della portata indice.

La vasca di sedimentazione prevista nel tratto a cielo aperto a monte del tratto terminale tombinato ha una profondità media di 1 m circa, una larghezza di 5.4m ed una lunghezza di 20 m, corrispondente ad un volume disponibile di circa 110 m^3, superiore al massimo tra i due valori sopra ricavati.

7.2 VALUTAZIONE DEL TRASPORTO DURANTE UN EVENTO ALLUVIONALE

In analogia con quanto già effettuato per l'evento relativo alla portata indice, sempre in accordo con le indicazioni dell'Autorità di Bacino Regionale in attuazione alla DGR 226/2009, è stato calcolato il valore atteso del volume di trasporto solido al fondo relativo ad un evento alluvionale.

Il calcolo è stato effettuato con riferimento all'evento 200-ennale.

L’analisi è sviluppata anche in questo caso attraverso le seguenti fasi principali:

- Calcolo dell’idrogramma associato alla portata 200-ennale
- Calcolo del sedimentogramma associato a tale evento
- Calcolo del volume risultante come integrale del sedimentogramma così calcolato.

Tale volume rappresenta il volume potenzialmente movimentabile dal corso d’acqua nel tratto di interesse per l’evento 200-ennale.

Di seguito si riportano in forma numerica e grafica tali valutazioni.

7.2.1 Idrogramma della portata 200-ennale

Il valore della portata 200-ennale è quello derivante dai contenuti del Piano di Bacino e riportato al paragrafo 6.1 della presente relazione.

Nella figura seguente è rappresentato l’idrogramma relativo all’evento 200-ennale di progetto ottenuto con la metodologia sopra esposta per l’evento relativo alla portata indice.

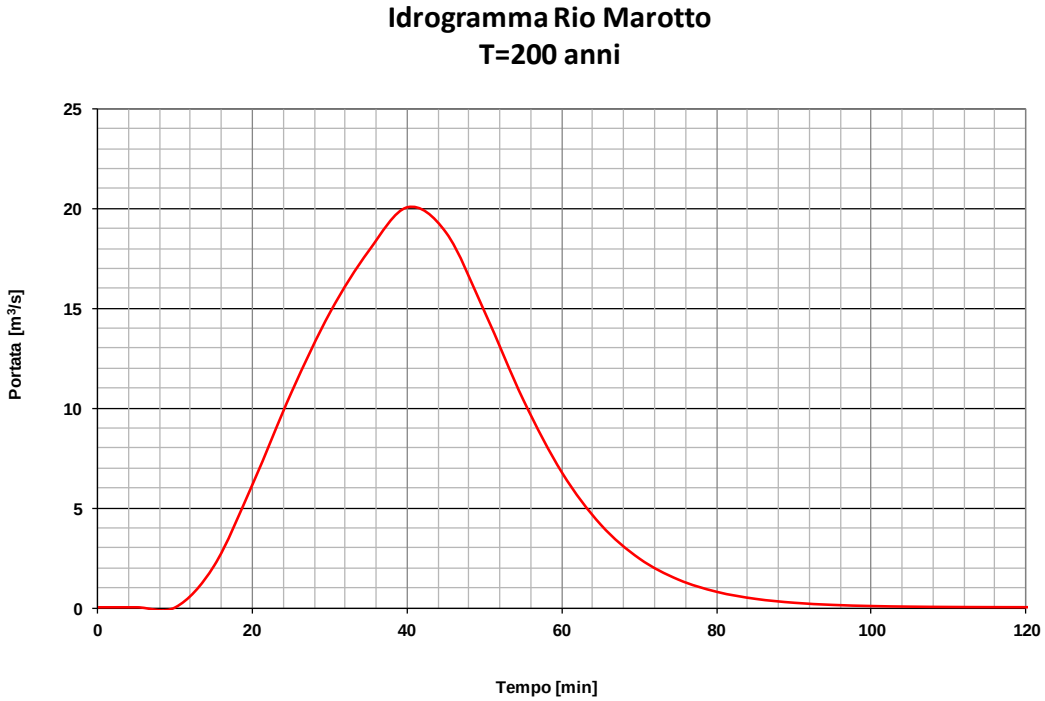


Figura 7.3

7.2.2 Sedimentogramma della portata 200-ennale

Con la stessa metodologia riportata ai paragrafi precedenti è stato calcolato il sedimentogramma del tratto a cielo aperto a monte del tratto terminale coperto del rio Marotto in corrispondenza dell'evento 200-ennale.

Il calcolo è stato effettuato anche in questo caso mediante la discretizzazione dell'idrogramma di piena con intervallo temporale di 10 minuti calcolando la portata solida e quindi il corrispondente volume di trasporto solido al fondo per ciascuna condizione di portata nell'ipotedi di moto uniforme per ciascun intervallo temporale.

Nella figura seguente è riportato il sedimentogramma risultante dai calcoli, con la relativa curva cumulata dei volumi relativi al trasporto solido al fondo.

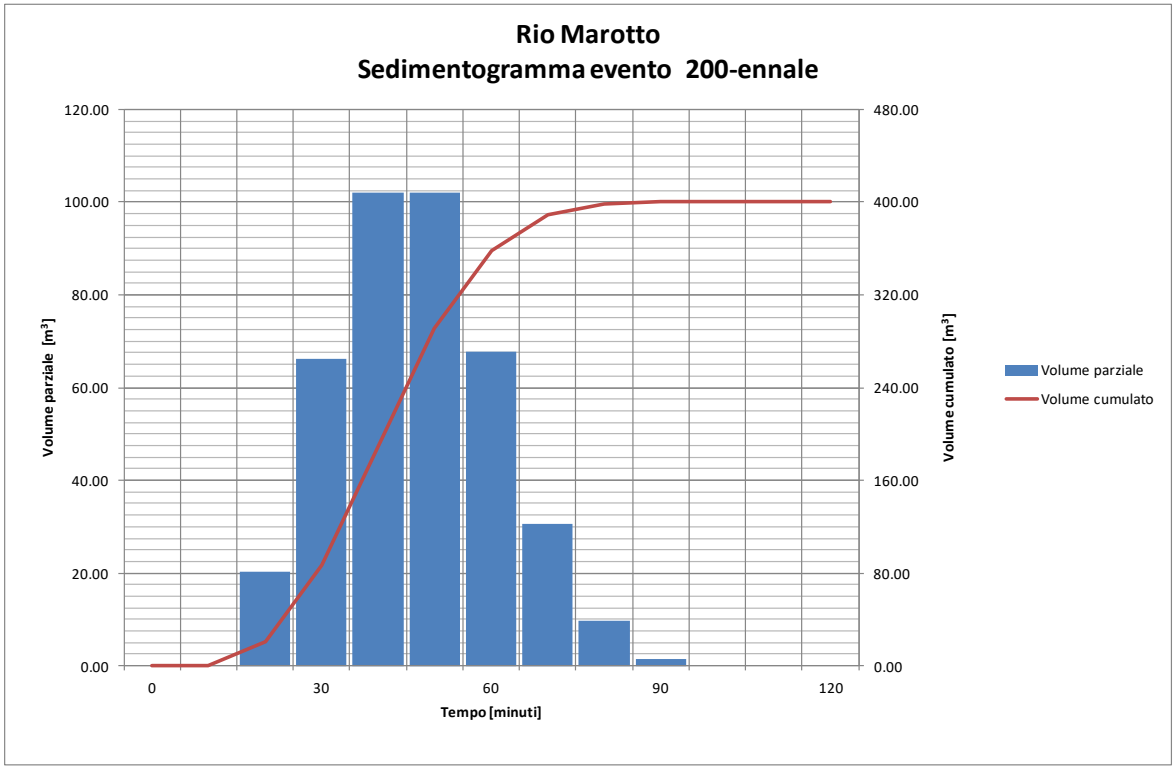


Figura 7.4 – Sedimentogramma portata 200-ennale

Il valore del volume cumulato risulta in questo caso pari a circa 400 m^3, pari a circa 5 volte il volume medio annuo.

7.3 EFFICIENZA DELLA NUOVA TOMBINATURA IN CASO DI TRASPORTO SOLIDO ECCEZIONALE

Alla luce dell'analisi sulla capacità di trasporto sopra riportata, al fine di valutare la reale efficacia degli interventi previsti, si sono effettuate una serie di verifiche idrauliche integrative lungo rii Marotto e Monferrato.

A valle del tratto a cielo aperto in corrispondenza di Viale Villa Gavotti l'alveo del rio Marotto presenta un tratto tombinato con pendenza elevata (10% circa), tali condizioni fanno ritenere che, in casi eccezionali di vasca piena ed evento significativo in corso, tutto il trasporto solido al fondo che il tratto di monte è in grado di trasportare venga trascinato verso valle, depositandosi poi lungo il tratto terminale che presenta pendenze decisamente minori (0.6%).

In base a tali considerazioni si è effettuata una verifica della capacità di smaltimento della nuova tombinatura nel caso di un suo parziale riempimento.

Il calcolo è stato effettuato nell'ipotesi cautelativa di "spalmare" il volume totale di 400 m^3 relativo all'evento 200-ennale, lungo il nuovo tratto di tombinatura a pendenza minore compreso tra Via Merano e la confluenza con il rio Monferrato (L=60 m circa).

Tale condizione si traduce in una parzializzazione delle sezioni di deflusso del 40% circa, corrispondente ad un riempimento di circa 1.1 m (sui 2.5 m disponibili) per l'intera larghezza (6.0 m).

Nell'Allegato A è riportato il profilo di rigurgito relativo a tale condizione.

I risultati mostrano come nella condizione di parziale ostruzione dell'alveo la portata 200-ennale riesce comunque a defluire con un franco residuo di almeno 0.2 m rispetto all'intradosso nel tratto a monte della confluenza con il rio Monferrato e che l'ostruzione non influenza il moto nei tratti a monte e a valle.

Tale risultato conferma l'efficacia dell'intervento proposto anche in occasione di eventi eccezionali e di trasporto solido consistente.

Analogamente a quanto effettuato per il rio Marotto, è stata effettuata una verifica della capacità di smaltimento della nuova tombinatura del rio Monferrato nel caso di parziale riempimento delle sezioni di deflusso.

L'analisi è stata effettuata in questo caso nell'ipotesi di un volume totale relativo all'evento 200-ennale di circa 180 m^3, ottenuto proporzionalmente ai bacini sottesi dai due rii.

Anche in questo caso il calcolo è stato effettuato nell'ipotesi cautelativa di "spalmare" il volume totale relativo all'evento 200-ennale lungo il nuovo tratto di tombinatura a pendenza minore compreso tra Via Merano e la confluenza con il rio Marotto (L=60 m circa).

Tale condizione si traduce, anche in questo caso, in una parzializzazione delle sezioni di deflusso del 43% circa, corrispondente ad un riempimento di circa 0.65 m (sui 1.5 m disponibili) per l'intera larghezza (4.5 m).

Nell'Allegato A è riportato il profilo di rigurgito relativo a tale condizione.

I risultati mostrano come nella condizione di parziale ostruzione dell'alveo la portata 200-ennale riesce comunque a defluire con un franco residuo mimo di almeno 0.2 m rispetto all'intradosso nel tratto a monte della confluenza con il rio Marotto e che l'ostruzione non influenza il moto nei tratti a monte e a valle.

Tale risultato conferma l'efficacia dell'intervento proposto anche in occasione di eventi eccezionali e di trasporto solido consistente.

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I rii Marotto e Monferrato (affluente di sinistra del rio Marotto) scendono dalla valletta di Villa Gavotti e dai versanti soprastanti e sono stati nel tempo canalizzati e coperti con percorsi artificiali che, a valle di Via Merano, si uniscono in un unica tombinatura che sbocca a mare all'interno del porto petroli.

Le tombinature dei due rii sono insufficienti al deflusso a pelo libero delle portate con tempo di ritorno 50-ennale e 200-ennale sia per la inadeguatezza delle sezioni che per la presenza al loro interno di attraversamenti e parallelismi di numerosi sottoservizi che ne ostruiscono le sezioni libere di deflusso.

Durante l'alluvione del 4 ottobre 2010 i due rii sono esondati provocando l'allagamento di Via Merano e delle aree di valle.

A seguito di tale evento il Piano di Bacino Ambiti 12 e 13 ha inserito le aree a valle di Via Merano fra quelle in Fascia A (aree inondabili per evento 50-ennale).

Alla luce di quanto sopra il progetto prevede la sistemazione idraulica dei rii Marotto e Monferrato finalizzata al deflusso della portata 200-ennale.

La sistemazione idraulica tiene conto della complessità dell'area attraversata caratterizzata dalla presenza di un asse viario importante (Via Merano), dalla presenza di diversi edifici industriali e commerciali e dalla presenza di numerosi sottoservizi e impianti.

Pertanto la sistemazione idraulica dei due rii prevede, per l'attraversamento di Via Merano e le aree immediatamente a valle, un tracciato diverso rispetto a quello attuale, con lo spostamento della confluenza dei due corsi d'acqua in modo da ottenere un migliore angolo di incidenza, mentre per la parte a valle della confluenza viene mantenuto l'attuale tracciato del rio Marotto.

Sul rio Marotto, a monte del tratto terminale coperto, è prevista la realizzazione di una vasca di sedimentazione della capacità di circa 110 m^3, mentre sul rio Monferrato non è prevista nessuna opera di trattenimento del materiale in quanto lo stesso è già dotato di una vasca di raccolta del trasporto solido, ubicata a monte di Via Merano in corrispondenza del civ. 49, realizzata in somma urgenza dal Comune di Genova a seguito dell'evento alluvionale del 4 ottobre 2010.

In accordo alla normativa idraulica vigente (Piano di Bacino Stralcio sul Rischio Idrogeologico Ambito 12 e 13 e Regolamento Regionale n° 3 del 14/07/2011 e s.m.i.) le nuove sezioni delle tombinature sono state dimensionate per consentire il deflusso della portata 200-ennale con i franchi adeguati in ragione degli spazi disponibili tra i capannoni esistenti e delle quote del piano campagna.

In particolare per la nuova tombinatura del rio Marotto (corso d'acqua di secondo livello) si è adottato come riferimento un franco minimo rispetto all'intradosso di 1.5 m per la portata 50-ennale e superiore a 1.0 m per quella 200-ennale, verificando che, almeno nei tratti a

minor pendenza, dove è più significativo il confronto con il carico cinetico della corrente, la linea dei carichi si mantenesse inferiore all'intradosso.

Per il nuovo tratto tombinato del rio Monferrato (corso d'acqua di terzo livello) si è adottato come riferimento un franco minimo rispetto all'intradosso di 1.0 m per la portata 50-ennale e superiore a 0.8 m per quella 200-ennale.

Le verifiche idrauliche hanno mostrato che i franchi vengono rispettati per quasi tutti i tratti di nuova realizzazione, con l'eccezione di un breve tratto immediatamente a monte del nodo di confluenza, a causa del rigurgito (0.2 m circa) generato dalla stessa.

Per l'evento 200-ennale, nel tratto del rio Marotto a monte di Via Merano, a causa dell'elevata velocità della corrente dovuta alla forte pendenza del fondo, il carico totale risulta superiore all'intradosso, ma con franchi rispetto al pelo libero prossimi ai 2 m; analogamente accade per il tratto del rio Monferrato di raccordo con la tombinatura esistente a monte di Via Merano, dove i franchi rispetto al pelo libero risultano però superiori a 1 m.

L'analisi dell'efficienza idraulica delle nuove tombinature in caso di parziale occlusione (circa il 40%) delle sezioni di deflusso a monte della confluenza, dovute ad un apporto eccezionale di materiale, in concomitanza di un evento di piena 200-ennale, ha dimostrato che, anche in tali condizioni, la portata defluisce a pelo libero con un franchi residui di almeno 0.2 m rispetto all'intradosso e che tale ostruzione non influenza il moto nei tratti a monte e a valle.

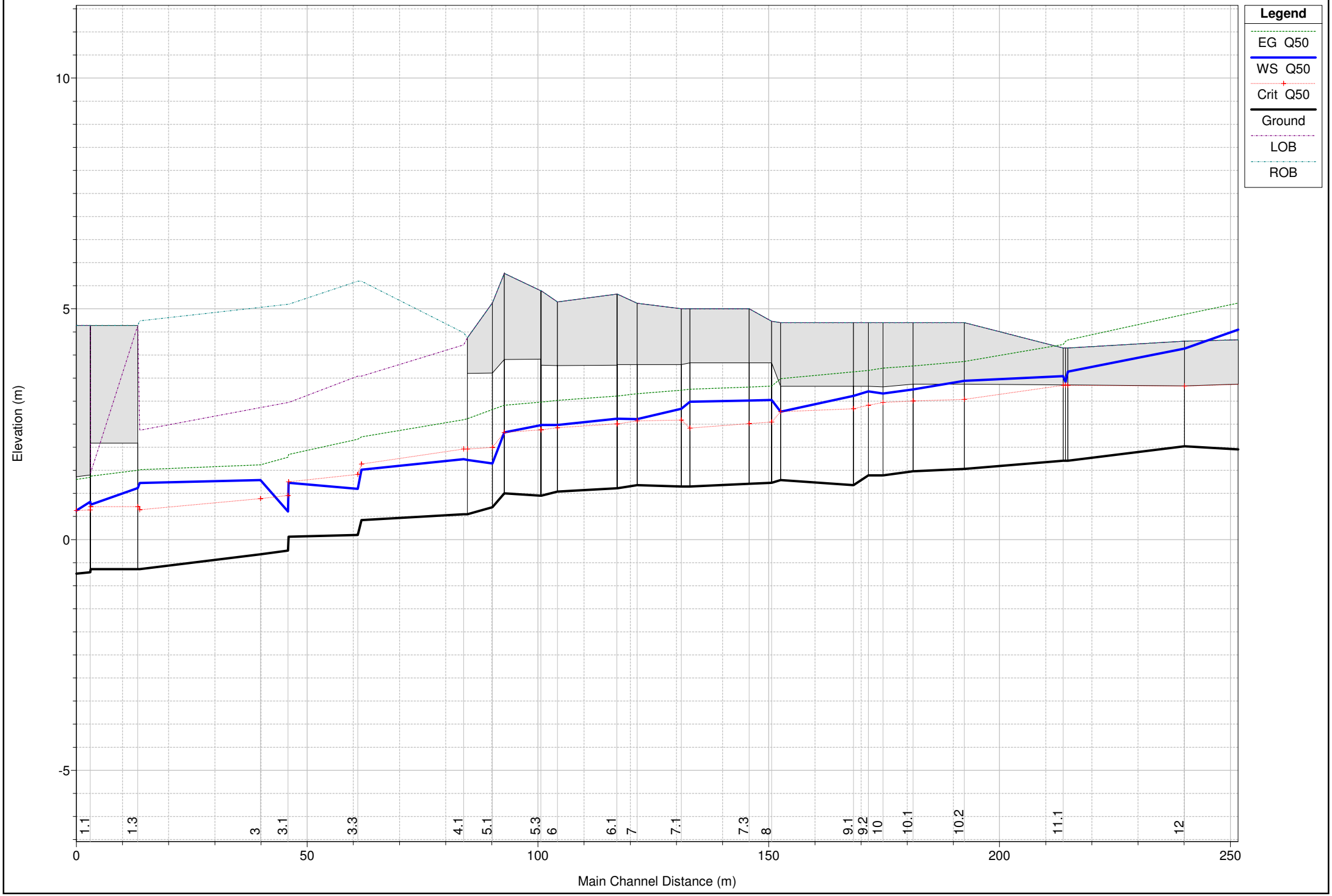
ALLEGATO A

VERIFICHE IDRAULICHE

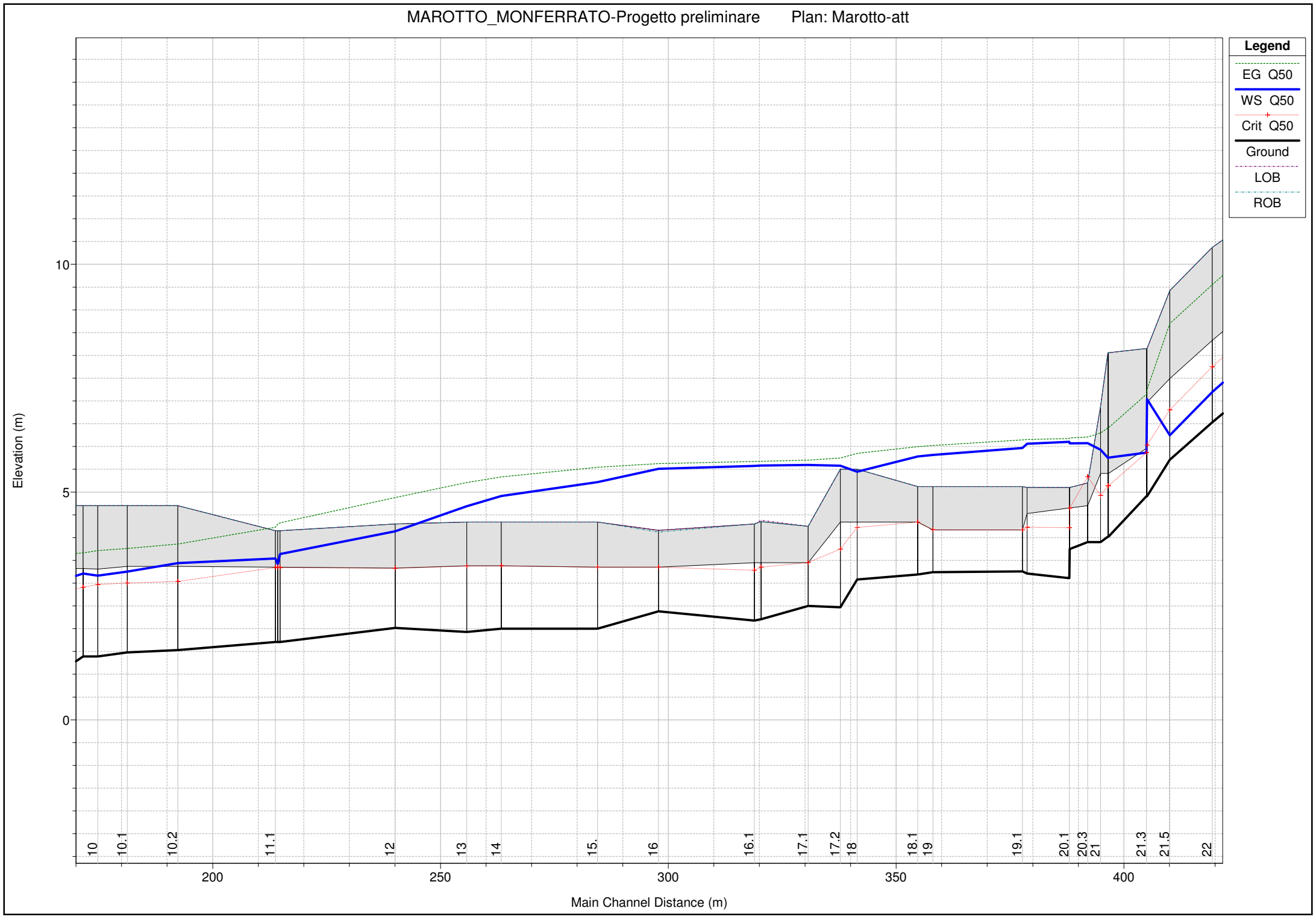
PLANIMETRIA STATO ATTUALE CON UBICAZIONE SEZIONI IDRAULICHE

Scala 1:1000

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Marotto-att

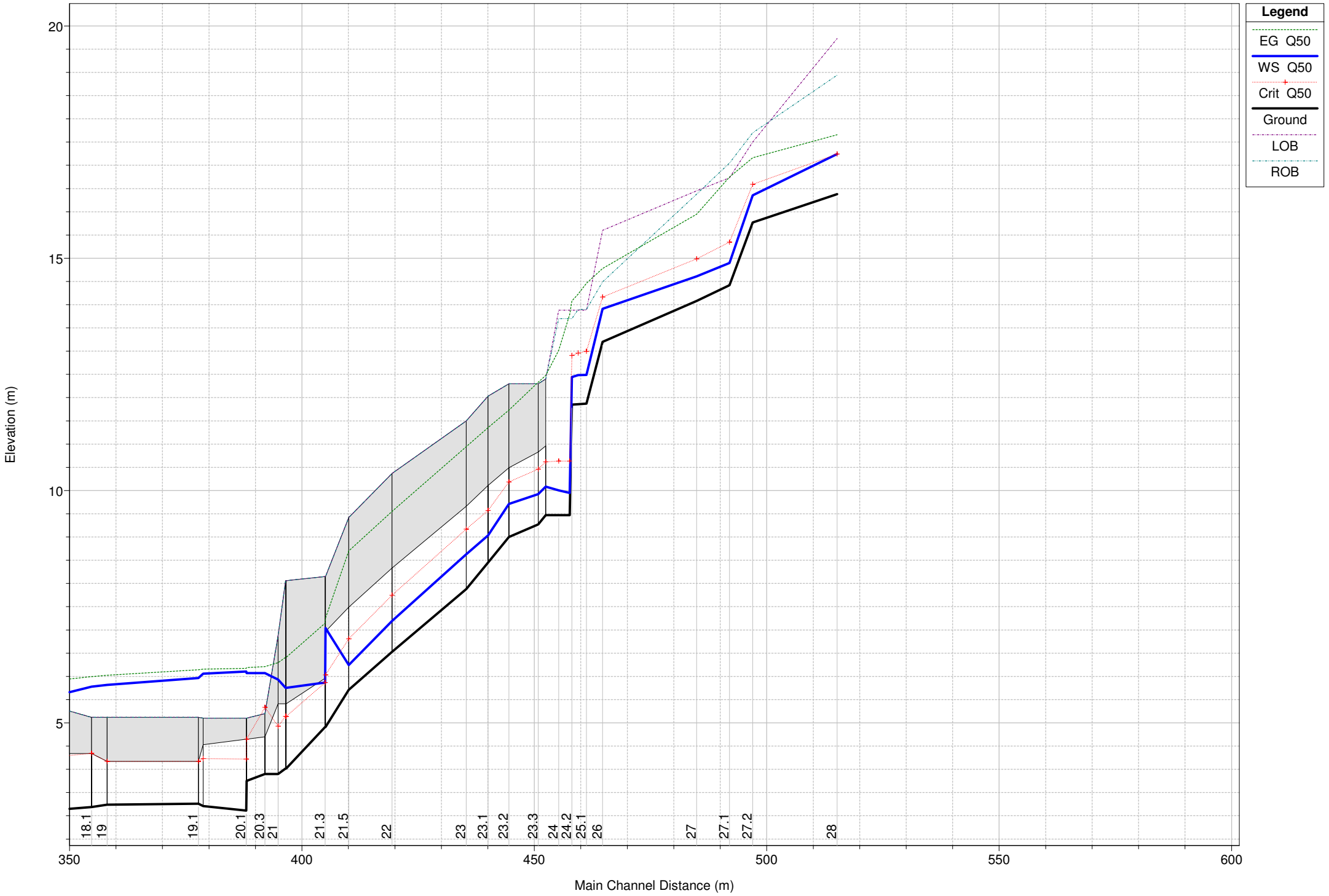


1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Marotto-att



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

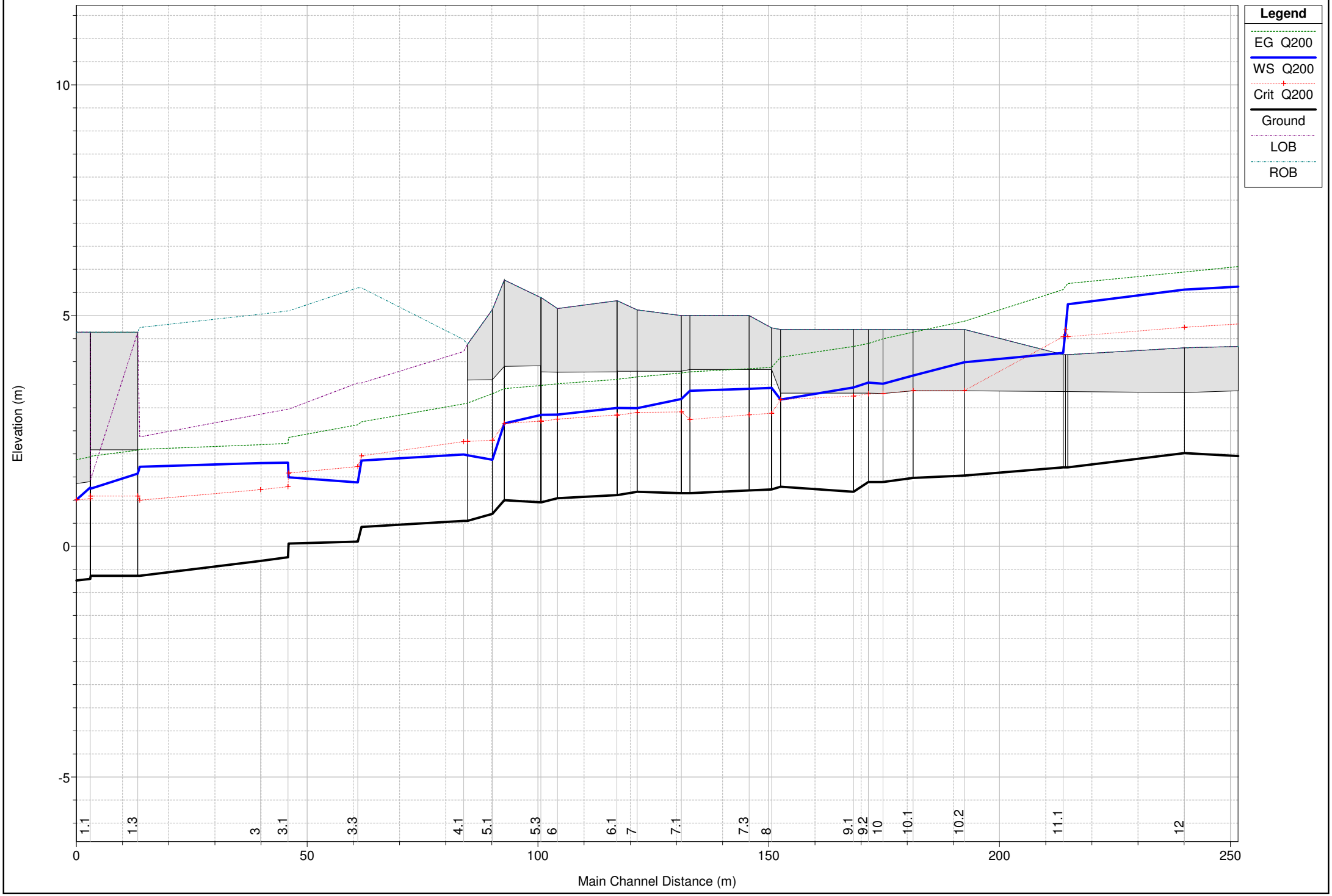
HEC-RAS Plan: Mar-att River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q50

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	1	Q50		-0.74	1.36	1.36	22.00	0.63	1.30	1.36	1.37	3.63	6.06	4.46	0.99
Marotto	1.1	Q50	3.00	-0.71	1.40	1.40	22.00	0.82	1.35	1.53	1.53	3.23	6.81	4.46	0.83
Marotto	1.2	Q50	3.10	-0.64	2.09	2.09	22.00	0.76	1.38	1.35	1.40	3.49	6.31	4.67	0.96
Marotto	1.3	Q50	13.30	-0.64	2.09	2.09	22.00	1.12	1.50	1.71	1.76	2.75	7.99	4.67	0.67
Marotto	2	Q50	13.70	-0.64	2.37	4.74	22.00	1.23	1.51	1.82	1.87	2.38	9.25	5.07	0.56
Marotto	3	Q50	39.86	-0.32	2.86	5.03	22.00	1.29	1.62	1.59	1.61	2.54	8.65	5.45	0.64
Marotto	3.1	Q50	45.86	-0.24	2.97	5.10	22.00	0.61	1.78	0.84	0.85	4.80	4.58	5.45	1.67
Marotto	3.2	Q50	45.96	0.06	2.97	5.10	22.00	1.23	1.84	1.16	1.17	3.47	6.34	5.45	1.03
Marotto	3.3	Q50	60.96	0.10	3.54	5.60	22.00	1.10	2.17	0.82	1.00	4.59	4.80	5.86	1.62
Marotto	4	Q50	61.76	0.42	3.54	5.60	22.00	1.51	2.23	1.00	1.09	3.74	5.88	5.86	1.19
Marotto	4.1	Q50	83.92	0.55	4.22	4.48	22.00	1.74	2.60	0.86	1.19	4.10	5.36	6.24	1.41
Marotto	5	Q50	84.72	0.55	3.60	3.60	22.00	1.73	2.62	0.84	1.18	4.18	5.26	6.24	1.46
Marotto	5.1	Q50	90.12	0.70	3.61	3.61	22.00	1.65	2.82	0.72	0.95	4.79	4.60	6.36	1.80
Marotto	5.2	Q50	92.72	1.00	3.90	3.90	22.00	2.32	2.91	1.18	1.32	3.41	6.46	5.48	1.00
Marotto	5.3	Q50	100.61	0.95	3.91	3.91	22.00	2.48	2.98	1.28	1.53	3.12	7.04	5.48	0.88
Marotto	5.4	Q50	100.71	0.95	3.78	3.78	22.00	2.48	2.98	1.29	1.53	3.12	7.05	5.48	0.88
Marotto	6	Q50	104.21	1.04	3.77	3.77	22.00	2.48	3.02	1.24	1.44	3.23	6.81	5.48	0.92
Marotto	6.1	Q50	117.08	1.11	3.78	3.78	22.00	2.62	3.11	1.29	1.51	3.10	7.10	5.50	0.87
Marotto	6.2	Q50	117.18	1.11	2.88	2.88	22.00	2.62	3.11	1.29	1.51	3.10	7.11	5.50	0.87
Marotto	7	Q50	121.48	1.18	2.88	2.88	22.00	2.61	3.16	1.22	1.43	3.29	6.68	5.50	0.95
Marotto	7.1	Q50	131.08	1.15	2.88	2.88	22.00	2.83	3.24	1.43	1.68	2.80	7.84	5.50	0.75
Marotto	7.2	Q50	132.92	1.15	2.90	2.88	22.00	2.99	3.26	1.86	1.84	2.30	9.56	5.13	0.54
Marotto	7.3	Q50	145.75	1.21	2.90	2.88	22.00	3.01	3.31	1.81	1.80	2.40	9.15	5.05	0.57
Marotto	8	Q50	150.62	1.23	2.90	2.90	22.00	3.02	3.33	1.79	1.79	2.44	9.03	5.03	0.58
Marotto	9	Q50	152.57	1.29	3.32	3.32	22.00	2.77	3.49	1.43	1.48	3.75	5.87	4.10	1.00
Marotto	9.1	Q50	168.37	1.18	3.32	3.32	22.00	3.11	3.64	1.75	1.93	3.21	6.86	3.91	0.77
Marotto	9.2	Q50	171.57	1.39	3.32	3.32	22.00	3.21	3.66	1.64	1.82	2.98	7.37	4.49	0.74
Marotto	10	Q50	174.77	1.39	3.31	3.31	22.00	3.16	3.71	1.60	1.78	3.28	6.70	4.18	0.83
Marotto	10.1	Q50	181.27	1.48	3.37	3.37	22.00	3.25	3.76	1.66	1.77	3.16	6.96	4.20	0.78
Marotto	10.2	Q50	192.37	1.53	3.37	3.37	22.00	3.44	3.86		1.91	2.87	7.66		0.66
Marotto	11.1	Q50	213.79	1.71	3.35	3.35	22.00	3.54	4.23		1.83	3.67	5.99		0.87
Marotto	11.2	Q50	214.29	1.71	3.35	3.35	22.00	3.42	4.30		1.71	4.15	5.30		1.01
Marotto	11.3	Q50	214.79	1.71	3.35	3.35	22.00	3.64	4.33		1.93	3.67	5.99		0.84
Marotto	12	Q50	240.07	2.02	3.33	3.33	22.00	4.14	4.88		2.12	3.81	5.77		0.84
Marotto	13	Q50	255.76	1.93	3.38	3.38	22.00	4.69	5.21	1.70	2.76	3.20	6.88	4.04	0.61
Marotto	14	Q50	263.34	2.00	3.38	3.38	22.00	4.91	5.33	1.89	2.91	2.87	7.67	4.06	0.54
Marotto	15.	Q50	284.48	2.00	3.35	3.35	22.00	5.22	5.54	2.16	3.22	2.52	8.73	4.04	0.45
Marotto	16	Q50	297.86	2.38	3.35	3.35	13.40	5.51	5.63	2.32	3.13	1.50	8.94	3.85	0.27
Marotto	16.1	Q50	318.88	2.18	3.45	3.45	13.40	5.58	5.67	2.52	3.40	1.38	9.68	3.85	0.24
Marotto	17	Q50	320.38	2.21	3.45	3.45	13.40	5.58	5.68	2.34	3.37	1.35	9.91	4.23	0.24
Marotto	17.1	Q50	330.68	2.50	3.45	3.45	13.40	5.59	5.70	2.17	3.09	1.46	9.17	4.23	0.27
Marotto	17.2	Q50	337.75	2.47	4.34	4.34	13.40	5.58	5.75	1.64	3.11	1.82	7.37	4.50	0.33
Marotto	18	Q50	341.45	3.08	4.34	4.34	13.40	5.45	5.85		2.37	2.80	4.78		0.58
Marotto	18.1	Q50	354.75	3.19	4.34	4.34	13.40	5.78	6.00	1.62	2.59	2.07	6.49	4.00	0.41
Marotto	19	Q50	358.09	3.24	4.17	4.17	13.40	5.82	6.02	1.63	2.58	2.01	6.67	4.10	0.40
Marotto	19.1	Q50	377.71	3.26	4.17	4.17	13.40	5.97	6.14	1.76	2.71	1.86	7.20	4.10	0.36
Marotto	20	Q50	378.75	3.21	4.53	4.53	13.40	6.06	6.15	2.25	2.85	1.37	9.78	4.34	0.26

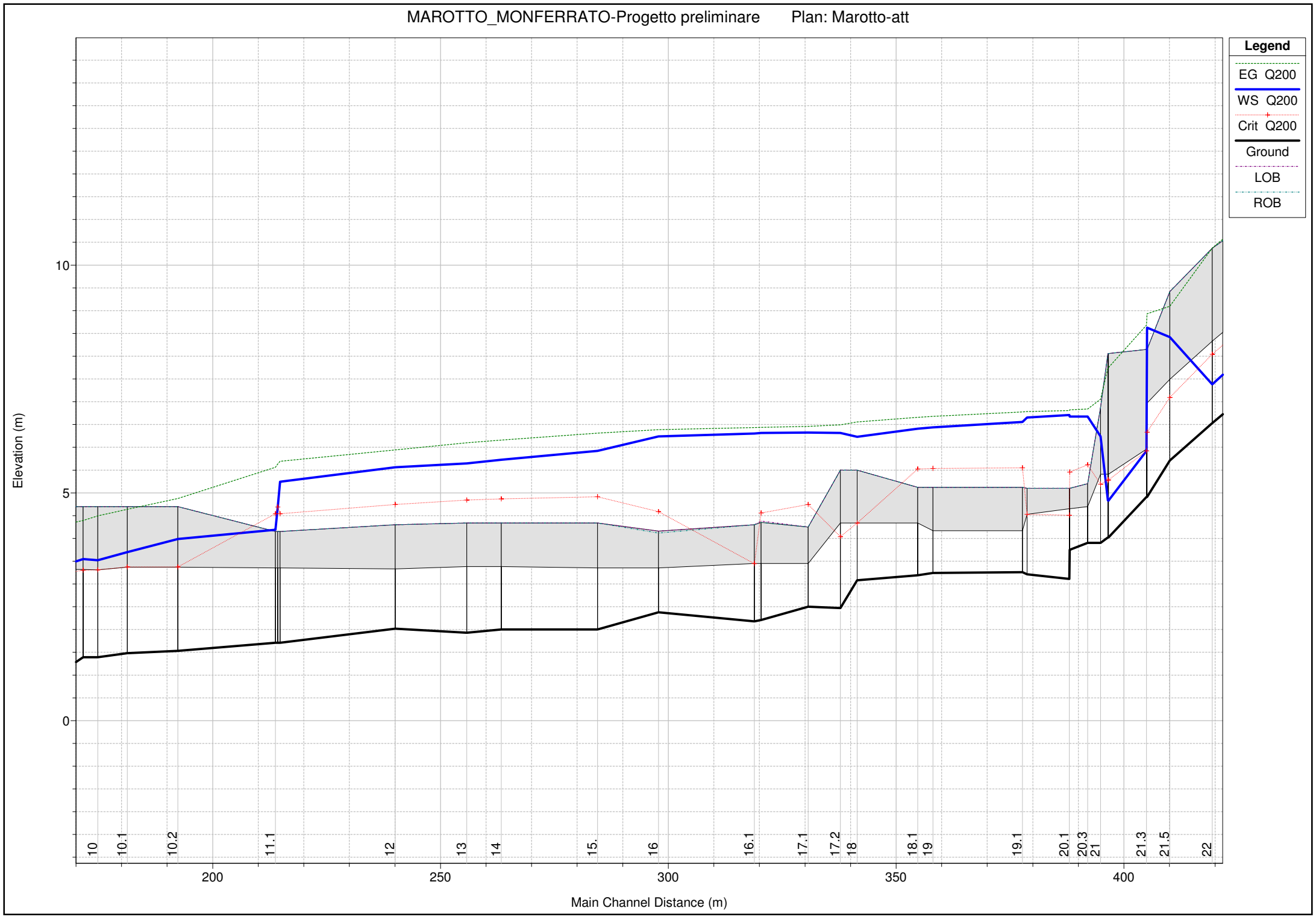
HEC-RAS Plan: Mar-att River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q50 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	20.1	Q50	388.00	3.11	4.65	4.65	13.40	6.10	6.17	2.35	2.99	1.17	11.41	4.85	0.22
Marotto	20.2	Q50	388.10	3.75	4.65	4.65	13.40	6.07	6.19	1.82	2.32	1.52	8.84	4.85	0.32
Marotto	20.3	Q50	392.04	3.90	4.70	4.70	13.40	6.07	6.21	1.63	2.17	1.64	8.17	5.00	0.36
Marotto	21	Q50	394.89	3.90	4.48	4.48	13.40	5.93	6.30		2.03	2.68	5.00		0.60
Marotto	21.1	Q50	396.49	4.02	4.48	4.48	13.40	5.75	6.41		1.73	3.59	3.73		0.87
Marotto	21.2	Q50	396.59	4.02	4.48	4.48	13.40	5.76	6.41		1.74	3.59	3.73		0.87
Marotto	21.3	Q50	404.97	4.91	5.03	5.03	13.40	5.87	7.15	2.54	0.96	5.01	2.67	1.05	1.64
Marotto	21.4	Q50	405.07	4.91	6.18	6.18	13.40	7.04	7.26		2.13	2.06	6.50		0.45
Marotto	21.5	Q50	410.08	5.71	6.70	6.70	13.40	6.25	8.70	0.54	0.54	6.94	1.93	3.60	3.02
Marotto	22	Q50	419.40	6.53	7.62	7.62	13.40	7.19	9.55	0.58	0.66	6.80	1.97	3.40	2.85
Marotto	23	Q50	435.35	7.88	8.95	8.95	13.40	8.63	10.95	0.58	0.75	6.74	1.99	3.40	2.81
Marotto	23.1	Q50	440.03	8.45	9.37	9.37	13.40	9.03	11.36	0.58	0.58	6.75	1.98	3.40	2.82
Marotto	23.2	Q50	444.51	9.00	9.75	9.75	13.40	9.71	11.73	0.63	0.71	6.30	2.13	3.40	2.54
Marotto	23.3	Q50	450.85	9.27	10.09	10.09	13.40	9.92	12.33	0.57	0.65	6.88	1.95	3.40	2.90
Marotto	23.4	Q50	452.44	9.47	10.22	10.22	13.40	10.09	12.48	0.58	0.62	6.85	1.96	3.40	2.88
Marotto	24	Q50	455.24	9.47	13.88	13.70	13.40	10.01	13.02	0.47	0.54	7.69	1.74	3.67	3.56
Marotto	24.1	Q50	457.61	9.47	13.88	13.70	13.40	9.95	13.79	0.42	0.48	8.68	1.54	3.63	4.25
Marotto	24.2	Q50	458.07	11.85	13.88	13.70	13.40	12.44	14.08	0.59	0.59	5.67	2.36	4.00	2.35
Marotto	25	Q50	459.44	11.86	13.88	13.90	13.40	12.49	14.23	0.56	0.63	5.85	2.29	4.08	2.49
Marotto	25.1	Q50	461.20	11.87	13.88	13.90	13.40	12.49	14.46	0.53	0.62	6.23	2.15	4.07	2.73
Marotto	26	Q50	464.69	13.20	15.60	14.49	13.40	13.91	14.78	0.63	0.71	4.13	3.24	5.18	1.67
Marotto	27	Q50	484.90	14.08	16.45	16.38	13.40	14.61	15.95	0.51	0.53	5.12	2.62	5.15	2.29
Marotto	27.1	Q50	492.00	14.42	16.73	17.05	13.40	14.90	16.75	0.43	0.48	6.03	2.22	5.14	2.93
Marotto	27.2	Q50	497.00	15.77	17.50	17.70	13.40	16.35	17.16	0.55	0.58	3.99	3.36	6.11	1.72
Marotto	28	Q50	515.14	16.38	19.73	18.94	13.40	17.24	17.66	0.84	0.86	2.85	4.71	5.62	0.99

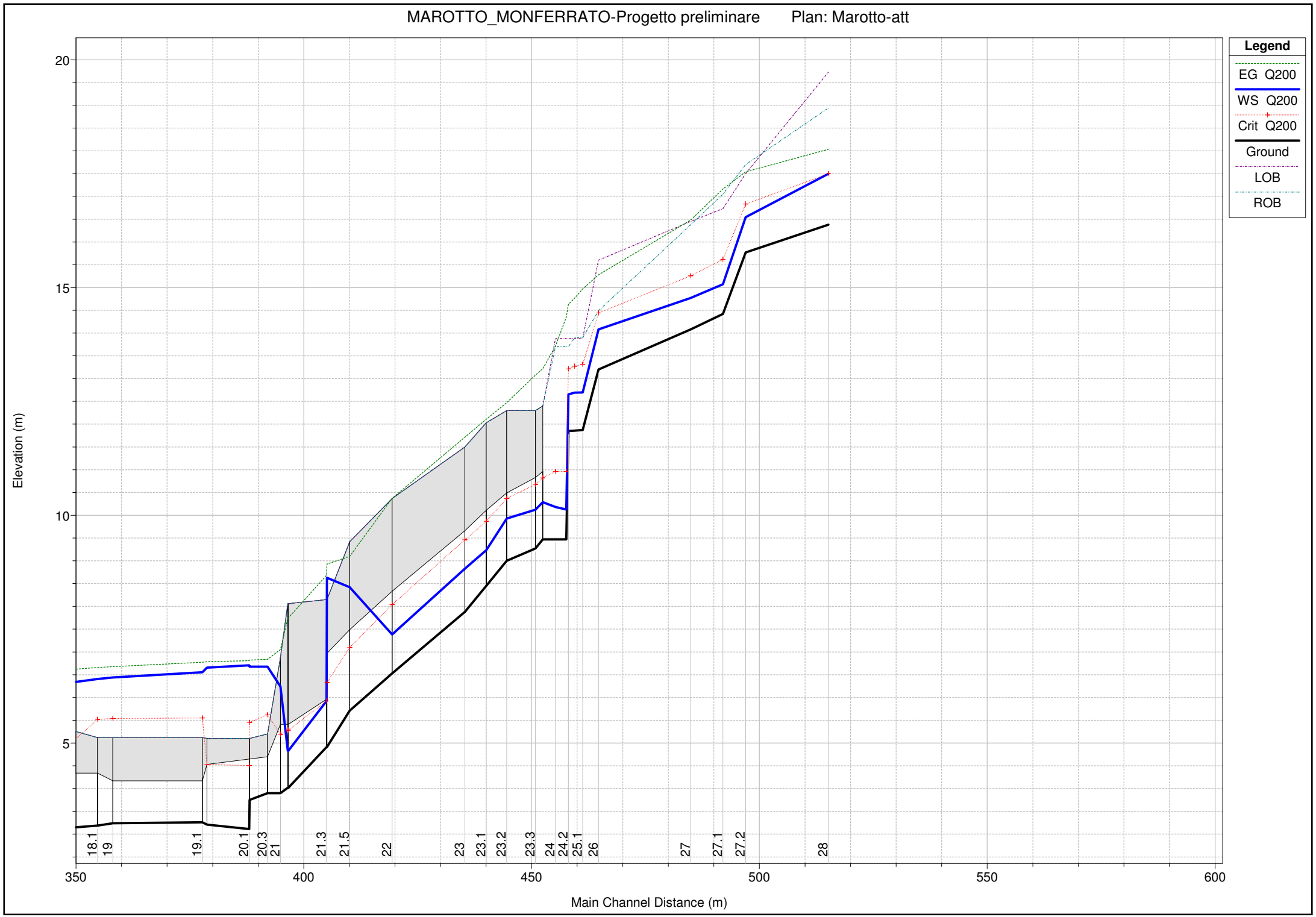
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Marotto-att



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m



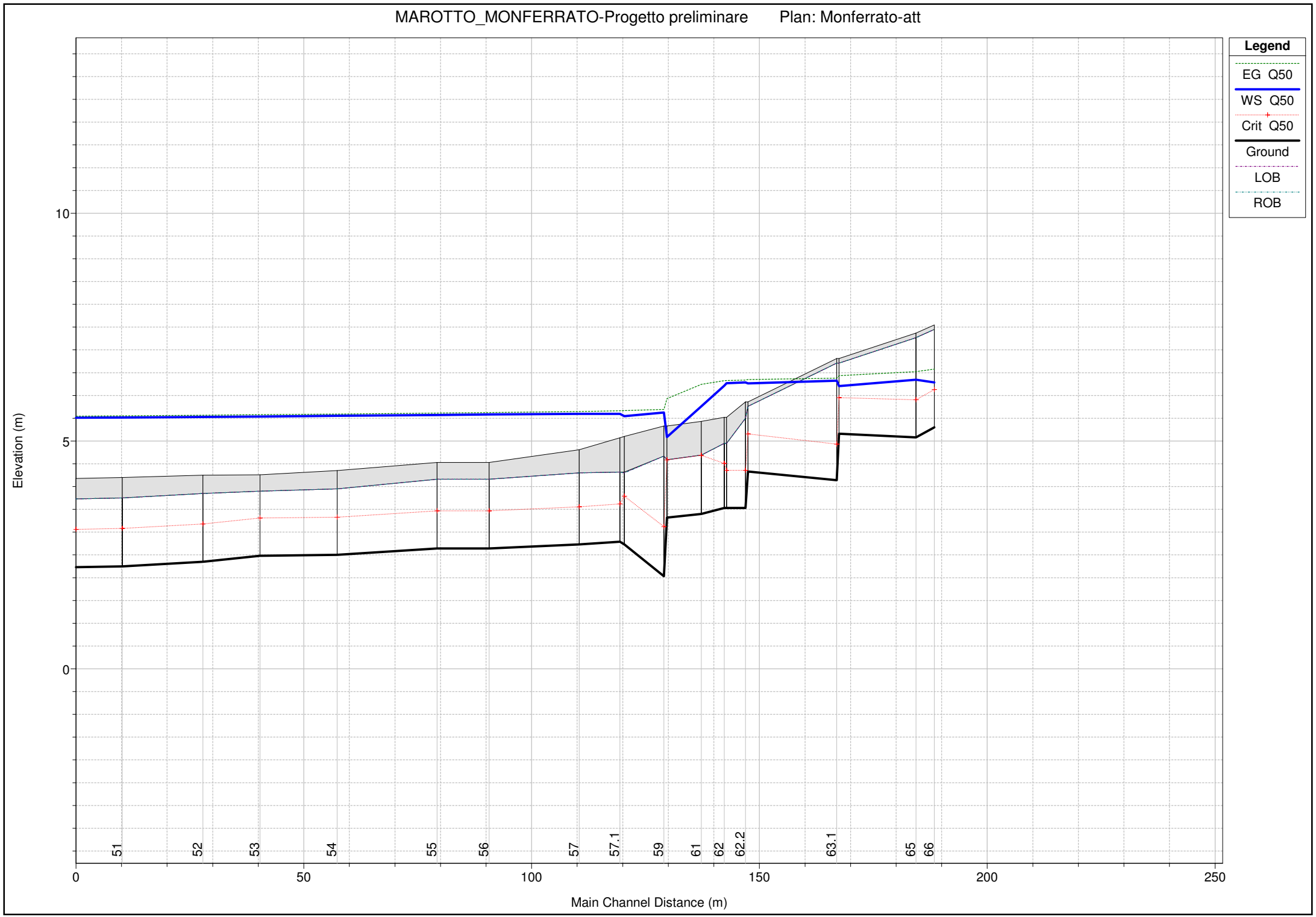
1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: Mar-att River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	1	Q200		-0.74	1.36	1.36	32.00	1.01	1.88	1.74	1.75	4.13	7.74	4.46	1.00
Marotto	1.1	Q200	3.00	-0.71	1.40	1.40	32.00	1.27	1.94	1.98	1.98	3.62	8.84	4.46	0.82
Marotto	1.2	Q200	3.10	-0.64	2.09	2.09	32.00	1.25	1.95	1.84	1.89	3.72	8.61	4.67	0.87
Marotto	1.3	Q200	13.30	-0.64	2.09	2.09	32.00	1.57	2.08	2.17	2.21	3.16	10.13	4.67	0.68
Marotto	2	Q200	13.70	-0.64	2.37	4.74	32.00	1.72	2.10	2.32	2.36	2.72	11.77	5.07	0.57
Marotto	3	Q200	39.86	-0.32	2.86	5.03	32.00	1.80	2.20	2.10	2.12	2.79	11.45	5.45	0.62
Marotto	3.1	Q200	45.86	-0.24	2.97	5.10	32.00	1.81	2.23	2.04	2.05	2.87	11.14	5.45	0.64
Marotto	3.2	Q200	45.96	0.06	2.97	5.10	32.00	1.49	2.36	1.42	1.43	4.12	7.76	5.45	1.10
Marotto	3.3	Q200	60.96	0.10	3.54	5.60	32.00	1.38	2.63	1.10	1.28	4.95	6.46	5.86	1.50
Marotto	4	Q200	61.76	0.42	3.54	5.60	32.00	1.86	2.69	1.35	1.44	4.05	7.90	5.86	1.11
Marotto	4.1	Q200	83.92	0.55	4.22	4.48	32.00	1.99	3.08	1.11	1.44	4.64	6.90	6.24	1.41
Marotto	5	Q200	84.72	0.55	3.60	3.60	32.00	1.97	3.10	1.09	1.42	4.71	6.79	6.24	1.44
Marotto	5.1	Q200	90.12	0.70	3.61	3.61	32.00	1.88	3.31	0.95	1.18	5.30	6.04	6.36	1.74
Marotto	5.2	Q200	92.72	1.00	3.90	3.90	32.00	2.66	3.41	1.52	1.66	3.84	8.32	5.48	1.00
Marotto	5.3	Q200	100.61	0.95	3.91	3.91	32.00	2.85	3.48	1.65	1.90	3.54	9.04	5.48	0.88
Marotto	5.4	Q200	100.71	0.95	3.78	3.78	32.00	2.85	3.48	1.65	1.90	3.54	9.05	5.48	0.88
Marotto	6	Q200	104.21	1.04	3.77	3.77	32.00	2.85	3.52	1.61	1.81	3.63	8.83	5.48	0.91
Marotto	6.1	Q200	117.08	1.11	3.78	3.78	32.00	3.00	3.62	1.67	1.89	3.48	9.18	5.50	0.86
Marotto	6.2	Q200	117.18	1.11	2.88	2.88	32.00	3.00	3.62	1.79	1.89	3.50	9.15	5.11	0.81
Marotto	7	Q200	121.48	1.18	2.88	2.88	32.00	2.99	3.67	1.71	1.81	3.65	8.78	5.12	0.86
Marotto	7.1	Q200	131.08	1.15	2.88	2.88	32.00	3.19	3.75	2.16	2.04	3.32	9.65	4.46	0.74
Marotto	7.2	Q200	132.92	1.15	2.90	2.88	32.00	3.37	3.78	2.91	2.22	2.84	11.29	3.88	0.61
Marotto	7.3	Q200	145.75	1.21	2.90	2.88	32.00	3.41	3.85	2.91	2.20	2.93	10.91	3.75	0.63
Marotto	8	Q200	150.62	1.23	2.90	2.90	32.00	3.43	3.88	2.93	2.20	2.96	10.80	3.68	0.64
Marotto	9	Q200	152.57	1.29	3.32	3.32	32.00	3.18	4.10	1.84	1.89	4.25	7.53	4.10	1.00
Marotto	9.1	Q200	168.37	1.18	3.32	3.32	32.00	3.44	4.33		2.26	4.17	7.67		0.89
Marotto	9.2	Q200	171.57	1.39	3.32	3.32	32.00	3.55	4.39		2.16	4.07	7.86		0.88
Marotto	10	Q200	174.77	1.39	3.31	3.31	32.00	3.52	4.50		2.13	4.38	7.31		0.96
Marotto	10.1	Q200	181.27	1.48	3.37	3.37	32.00	3.70	4.64		2.22	4.30	7.44		0.92
Marotto	10.2	Q200	192.37	1.53	3.37	3.37	32.00	3.99	4.88		2.46	4.18	7.66		0.85
Marotto	11.1	Q200	213.79	1.71	3.35	3.35	32.00	4.19	5.56	1.40	2.48	5.19	6.16	4.40	1.05
Marotto	11.2	Q200	214.29	1.71	3.35	3.35	32.00	4.69	5.63	1.89	2.98	4.31	7.43	3.94	0.80
Marotto	11.3	Q200	214.79	1.71	3.35	3.35	32.00	5.25	5.69	2.46	3.54	2.96	10.81	4.40	0.50
Marotto	12	Q200	240.07	2.02	3.33	3.33	32.00	5.56	5.94	2.50	3.54	2.74	11.66	4.67	0.47
Marotto	13	Q200	255.76	1.93	3.38	3.38	32.00	5.65	6.10	2.66	3.72	2.98	10.74	4.04	0.49
Marotto	14	Q200	263.34	2.00	3.38	3.38	32.00	5.73	6.16	2.70	3.73	2.92	10.98	4.06	0.48
Marotto	15.	Q200	284.48	2.00	3.35	3.35	32.00	5.92	6.31	2.86	3.92	2.77	11.57	4.04	0.45
Marotto	16	Q200	297.86	2.38	3.35	3.35	20.00	6.24	6.39	3.05	3.86	1.70	11.74	3.85	0.28
Marotto	16.1	Q200	318.88	2.18	3.45	3.45	20.00	6.30	6.43	3.24	4.12	1.60	12.48	3.85	0.25
Marotto	17	Q200	320.38	2.21	3.45	3.45	20.00	6.32	6.44	3.08	4.11	1.54	13.01	4.23	0.24
Marotto	17.1	Q200	330.68	2.50	3.45	3.45	20.00	6.32	6.46	2.90	3.82	1.63	12.26	4.23	0.27
Marotto	17.2	Q200	337.75	2.47	4.34	4.34	20.00	6.31	6.49	2.37	3.84	1.87	10.68	4.50	0.30
Marotto	18	Q200	341.45	3.08	4.34	4.34	20.00	6.23	6.56	1.85	3.15	2.53	7.90	4.26	0.46
Marotto	18.1	Q200	354.75	3.19	4.34	4.34	20.00	6.41	6.66	2.25	3.22	2.22	8.99	4.00	0.40
Marotto	19	Q200	358.09	3.24	4.17	4.17	20.00	6.44	6.68	2.25	3.20	2.17	9.22	4.10	0.39
Marotto	19.1	Q200	377.71	3.26	4.17	4.17	20.00	6.55	6.77	2.34	3.29	2.08	9.61	4.10	0.37
Marotto	20	Q200	378.75	3.21	4.53	4.53	20.00	6.65	6.79	2.85	3.44	1.62	12.36	4.34	0.28

HEC-RAS Plan: Mar-att River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q200 (Continued)

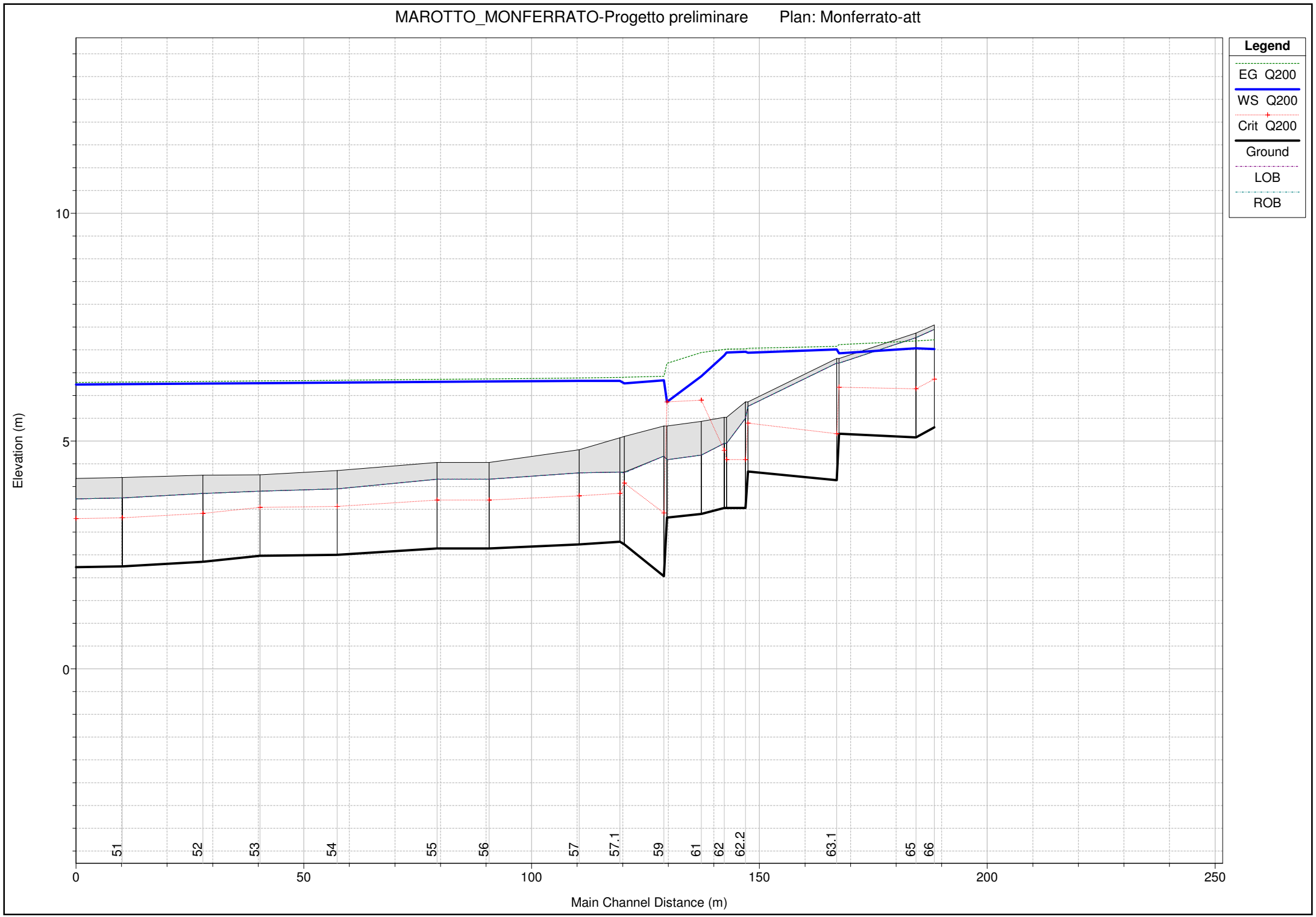
Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	20.1	Q200	388.00	3.11	4.65	4.65	20.00	6.71	6.81	2.96	3.60	1.39	14.34	4.85	0.23
Marotto	20.2	Q200	388.10	3.75	4.65	4.65	20.00	6.67	6.82	2.43	2.92	1.70	11.76	4.85	0.32
Marotto	20.3	Q200	392.04	3.90	4.70	4.70	20.00	6.68	6.84	2.24	2.78	1.79	11.19	5.00	0.34
Marotto	21	Q200	394.89	3.90	4.48	4.48	20.00	6.24	7.05		2.34	4.00	5.00		0.83
Marotto	21.1	Q200	396.49	4.02	4.48	4.48	20.00	4.83	7.74	0.96	0.81	7.56	2.65	2.77	2.68
Marotto	21.2	Q200	396.59	4.02	4.48	4.48	20.00	4.83	7.75	0.95	0.81	7.57	2.64	2.77	2.68
Marotto	21.3	Q200	404.97	4.91	5.03	5.03	20.00	5.92	8.68	5.50	1.01	7.36	2.72	0.49	2.33
Marotto	21.4	Q200	405.07	4.91	6.18	6.18	20.00	8.63	8.93	2.28	3.72	2.43	8.22	3.60	0.40
Marotto	21.5	Q200	410.08	5.71	6.70	6.70	20.00	8.42	9.10		2.71	3.64	5.49		0.71
Marotto	22	Q200	419.40	6.53	7.62	7.62	20.00	7.38	10.37	0.77	0.85	7.66	2.61	3.40	2.79
Marotto	23	Q200	435.35	7.88	8.95	8.95	20.00	8.83	11.72	0.78	0.95	7.53	2.66	3.40	2.72
Marotto	23.1	Q200	440.03	8.45	9.37	9.37	20.00	9.23	12.11	0.78	0.78	7.51	2.66	3.40	2.71
Marotto	23.2	Q200	444.51	9.00	9.75	9.75	20.00	9.93	12.47	0.94	0.93	7.06	2.83	3.00	2.34
Marotto	23.3	Q200	450.85	9.27	10.09	10.09	20.00	10.12	13.08	0.79	0.85	7.61	2.63	3.33	2.63
Marotto	23.4	Q200	452.44	9.47	10.22	10.22	20.00	10.29	13.22	0.81	0.82	7.58	2.64	3.25	2.68
Marotto	24	Q200	455.24	9.47	13.88	13.70	20.00	10.18	13.72	0.63	0.71	8.33	2.40	3.79	3.34
Marotto	24.1	Q200	457.61	9.47	13.88	13.70	20.00	10.13	14.35	0.58	0.66	9.11	2.20	3.75	3.80
Marotto	24.2	Q200	458.07	11.85	13.88	13.70	20.00	12.65	14.63	0.80	0.80	6.23	3.21	4.01	2.23
Marotto	25	Q200	459.44	11.86	13.88	13.90	20.00	12.69	14.77	0.76	0.83	6.39	3.13	4.11	2.33
Marotto	25.1	Q200	461.20	11.87	13.88	13.90	20.00	12.69	14.97	0.73	0.82	6.68	2.99	4.10	2.50
Marotto	26	Q200	464.69	13.20	15.60	14.49	20.00	14.08	15.28	0.79	0.88	4.86	4.12	5.22	1.75
Marotto	27	Q200	484.90	14.08	16.45	16.38	20.00	14.77	16.48	0.67	0.69	5.79	3.45	5.18	2.26
Marotto	27.1	Q200	492.00	14.42	16.73	17.05	20.00	15.07	17.16	0.60	0.65	6.41	3.12	5.17	2.63
Marotto	27.2	Q200	497.00	15.77	17.50	17.70	20.00	16.54	17.54	0.74	0.77	4.42	4.53	6.15	1.64
Marotto	28	Q200	515.14	16.38	19.73	18.94	20.00	17.50	18.04	1.08	1.12	3.25	6.15	5.71	1.00



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: Monf-att River: Monferrato Reach: Monferrato monte Profile: Q50

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monferrato monte	50	Q50		2.23	3.73	3.73	5.90	5.51	5.55	2.83	3.28	0.83	7.08	2.50	0.15
Monferrato monte	51	Q50	10.18	2.25	3.75	3.75	5.90	5.52	5.55	2.82	3.27	0.84	7.04	2.50	0.15
Monferrato monte	52	Q50	27.85	2.35	3.85	3.85	5.90	5.53	5.57	2.78	3.18	0.85	6.95	2.50	0.15
Monferrato monte	53	Q50	40.39	2.48	3.90	3.90	5.90	5.54	5.58	2.70	3.06	0.87	6.75	2.50	0.16
Monferrato monte	54	Q50	57.30	2.50	3.95	3.95	5.90	5.55	5.59	2.65	3.05	0.89	6.63	2.50	0.16
Monferrato monte	55	Q50	79.26	2.64	4.16	4.16	5.90	5.57	5.61	2.56	2.93	0.92	6.40	2.50	0.17
Monferrato monte	56	Q50	90.66	2.64	4.16	4.16	5.90	5.58	5.63	2.57	2.94	0.92	6.43	2.50	0.17
Monferrato monte	57	Q50	110.43	2.73	4.30	4.30	5.90	5.60	5.65	2.36	2.87	1.00	5.89	2.50	0.19
Monferrato monte	57.1	Q50	119.37	2.79	4.32	4.32	5.90	5.60	5.66	2.06	2.81	1.15	5.14	2.50	0.22
Monferrato monte	58	Q50	120.37	2.73	4.32	4.32	5.90	5.55	5.67	1.91	2.82	1.53	3.85	2.02	0.29
Monferrato monte	59	Q50	129.02	2.03	4.67	4.67	5.90	5.63	5.69	2.77	3.60	1.13	5.21	1.88	0.19
Monferrato monte	60	Q50	129.69	3.32	4.59	4.59	5.90	5.09	5.93		1.77	4.07	1.45		0.98
Monferrato monte	61	Q50	137.26	3.40	4.69	4.69	5.90	5.76	6.25	1.62	2.36	3.08	1.91	1.18	0.64
Monferrato monte	62	Q50	142.29	3.53	4.95	4.95	5.90	6.22	6.32	2.12	2.69	1.44	4.08	1.93	0.28
Monferrato monte	62.1	Q50	142.79	3.53	4.95	4.95	5.90	6.27	6.33	2.17	2.74	1.09	5.42	2.50	0.21
Monferrato monte	62.2	Q50	146.96	3.53	5.50	5.50	5.90	6.29	6.34	2.40	2.76	0.98	5.99	2.50	0.19
Monferrato monte	63	Q50	147.50	4.33	5.76	5.76	5.90	6.26	6.35	1.83	1.93	1.29	4.58	2.50	0.30
Monferrato monte	63.1	Q50	166.98	4.14	6.71	6.71	5.90	6.33	6.38	2.19	2.19	1.01	5.82	2.66	0.22
Monferrato monte	64	Q50	167.48	5.16	6.71	6.71	5.90	6.21	6.44	1.05	1.05	2.12	2.78	2.66	0.66
Monferrato monte	65	Q50	184.38	5.08	7.27	7.27	5.90	6.34	6.52	1.26	1.26	1.87	3.16	2.50	0.53
Monferrato monte	66	Q50	188.39	5.30	7.45	7.45	5.90	6.29	6.58	0.99	0.99	2.39	2.47	2.50	0.77



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

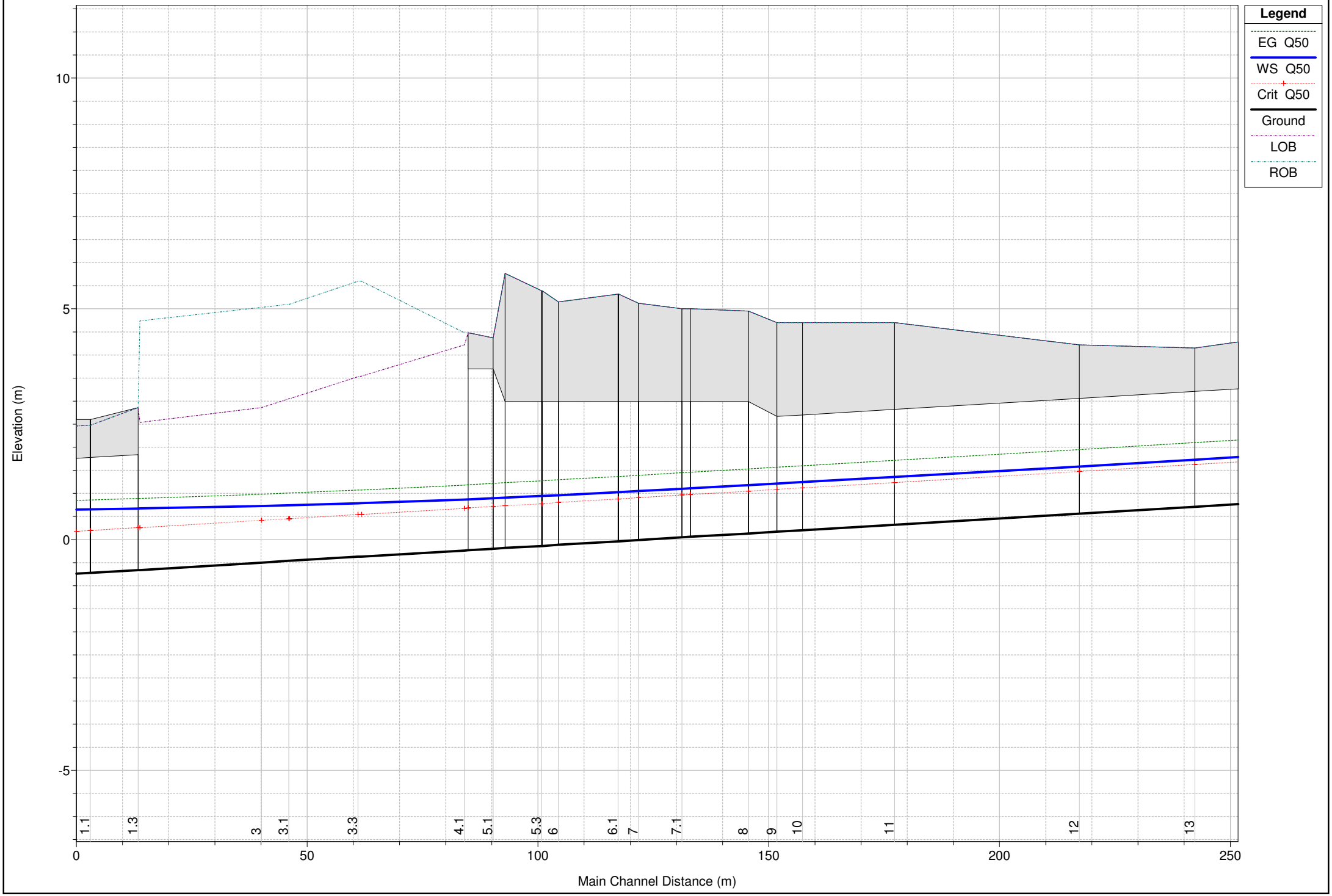
HEC-RAS Plan: Monf-att River: Monferrato Reach: Monferrato monte Profile: Q200

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monferrato monte	50	Q200		2.23	3.73	3.73	8.60	6.24	6.29	3.56	4.01	0.97	8.90	2.50	0.15
Monferrato monte	51	Q200	10.18	2.25	3.75	3.75	8.60	6.25	6.29	3.55	4.00	0.97	8.87	2.50	0.15
Monferrato monte	52	Q200	27.85	2.35	3.85	3.85	8.60	6.26	6.31	3.51	3.91	0.98	8.77	2.50	0.16
Monferrato monte	53	Q200	40.39	2.48	3.90	3.90	8.60	6.27	6.32	3.43	3.79	1.00	8.57	2.50	0.16
Monferrato monte	54	Q200	57.30	2.50	3.95	3.95	8.60	6.28	6.33	3.38	3.78	1.02	8.45	2.50	0.17
Monferrato monte	55	Q200	79.26	2.64	4.16	4.16	8.60	6.30	6.35	3.29	3.66	1.05	8.22	2.50	0.17
Monferrato monte	56	Q200	90.66	2.64	4.16	4.16	8.60	6.31	6.36	3.30	3.67	1.04	8.25	2.50	0.17
Monferrato monte	57	Q200	110.43	2.73	4.30	4.30	8.60	6.32	6.39	3.08	3.59	1.12	7.70	2.50	0.19
Monferrato monte	57.1	Q200	119.37	2.79	4.32	4.32	8.60	6.32	6.40	2.78	3.53	1.24	6.95	2.50	0.21
Monferrato monte	58	Q200	120.37	2.73	4.32	4.32	8.60	6.27	6.40	2.63	3.54	1.62	5.31	2.02	0.28
Monferrato monte	59	Q200	129.02	2.03	4.67	4.67	8.60	6.33	6.42	3.48	4.30	1.32	6.53	1.88	0.20
Monferrato monte	60	Q200	129.69	3.32	4.59	4.59	8.60	5.86	6.70	1.69	2.54	4.07	2.11	1.25	0.82
Monferrato monte	61	Q200	137.26	3.40	4.69	4.69	8.60	6.42	6.94	2.28	3.02	3.20	2.69	1.18	0.59
Monferrato monte	62	Q200	142.29	3.53	4.95	4.95	8.60	6.88	7.01	2.78	3.35	1.60	5.37	1.93	0.28
Monferrato monte	62.1	Q200	142.79	3.53	4.95	4.95	8.60	6.94	7.02	2.84	3.41	1.21	7.11	2.50	0.21
Monferrato monte	62.2	Q200	146.96	3.53	5.50	5.50	8.60	6.96	7.03	3.07	3.43	1.12	7.68	2.50	0.19
Monferrato monte	63	Q200	147.50	4.33	5.76	5.76	8.60	6.94	7.04	2.51	2.61	1.37	6.27	2.50	0.27
Monferrato monte	63.1	Q200	166.98	4.14	6.71	6.71	8.60	7.01	7.08	2.77	2.87	1.17	7.36	2.66	0.22
Monferrato monte	64	Q200	167.48	5.16	6.71	6.71	8.60	6.92	7.12	1.66	1.76	1.94	4.43	2.66	0.47
Monferrato monte	65	Q200	184.38	5.08	7.27	7.27	8.60	7.04	7.19	1.96	1.96	1.76	4.89	2.50	0.40
Monferrato monte	66	Q200	188.39	5.30	7.45	7.45	8.60	7.02	7.22	1.72	1.72	2.00	4.30	2.50	0.49

PLANIMETRIA DI PROGETTO CON UBICAZIONE SEZIONI IDRAULICHE

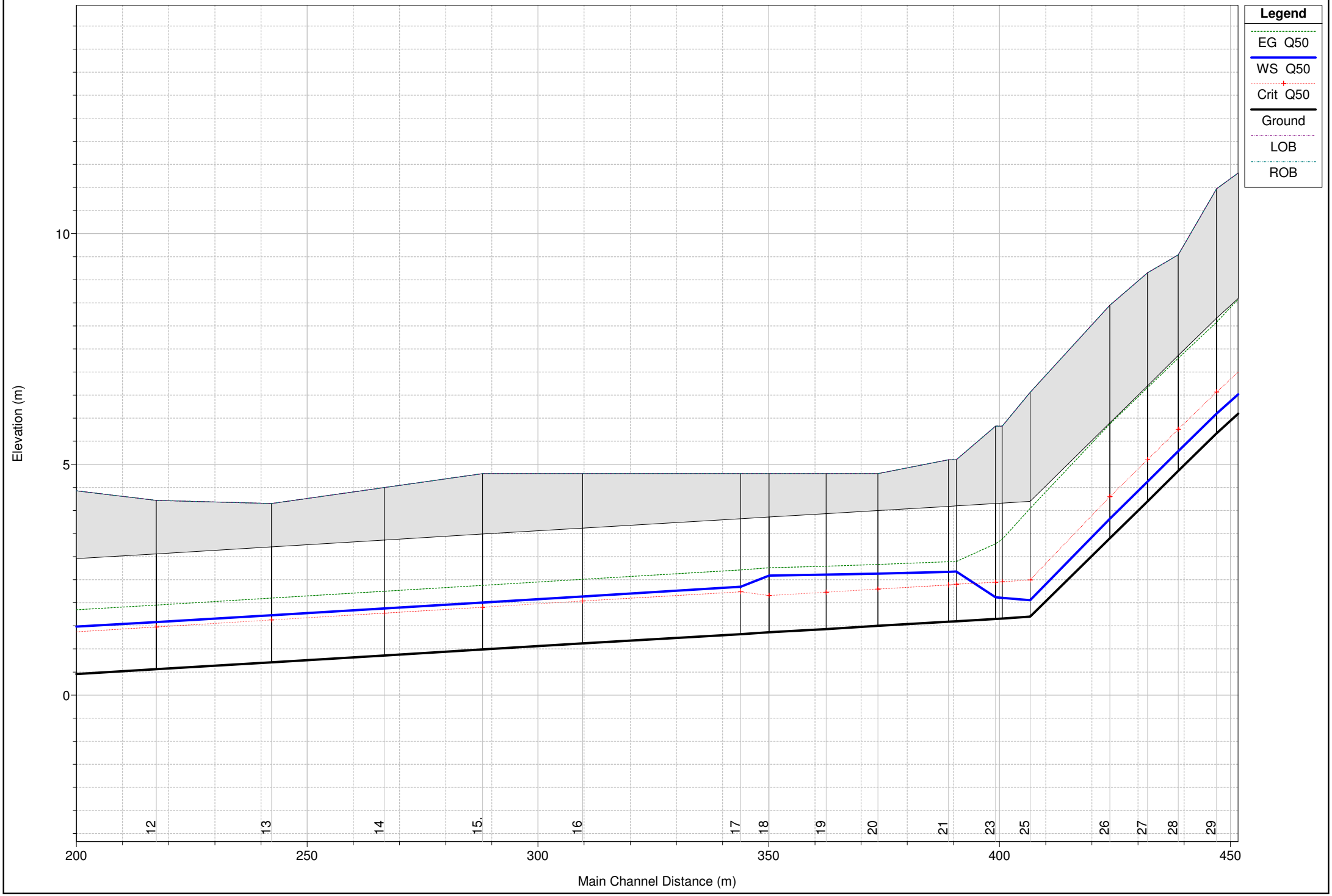
Scala 1:1000

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

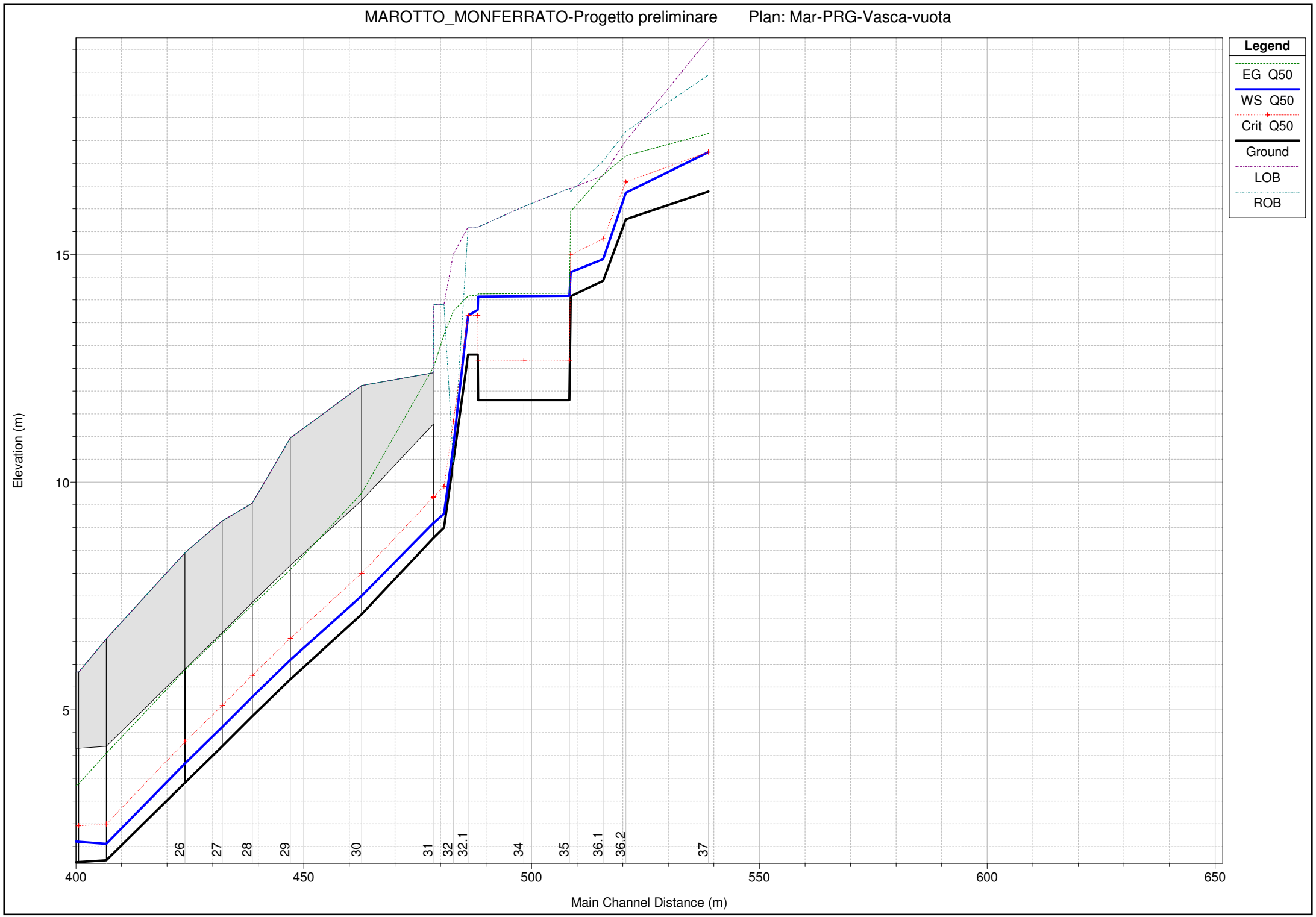


1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

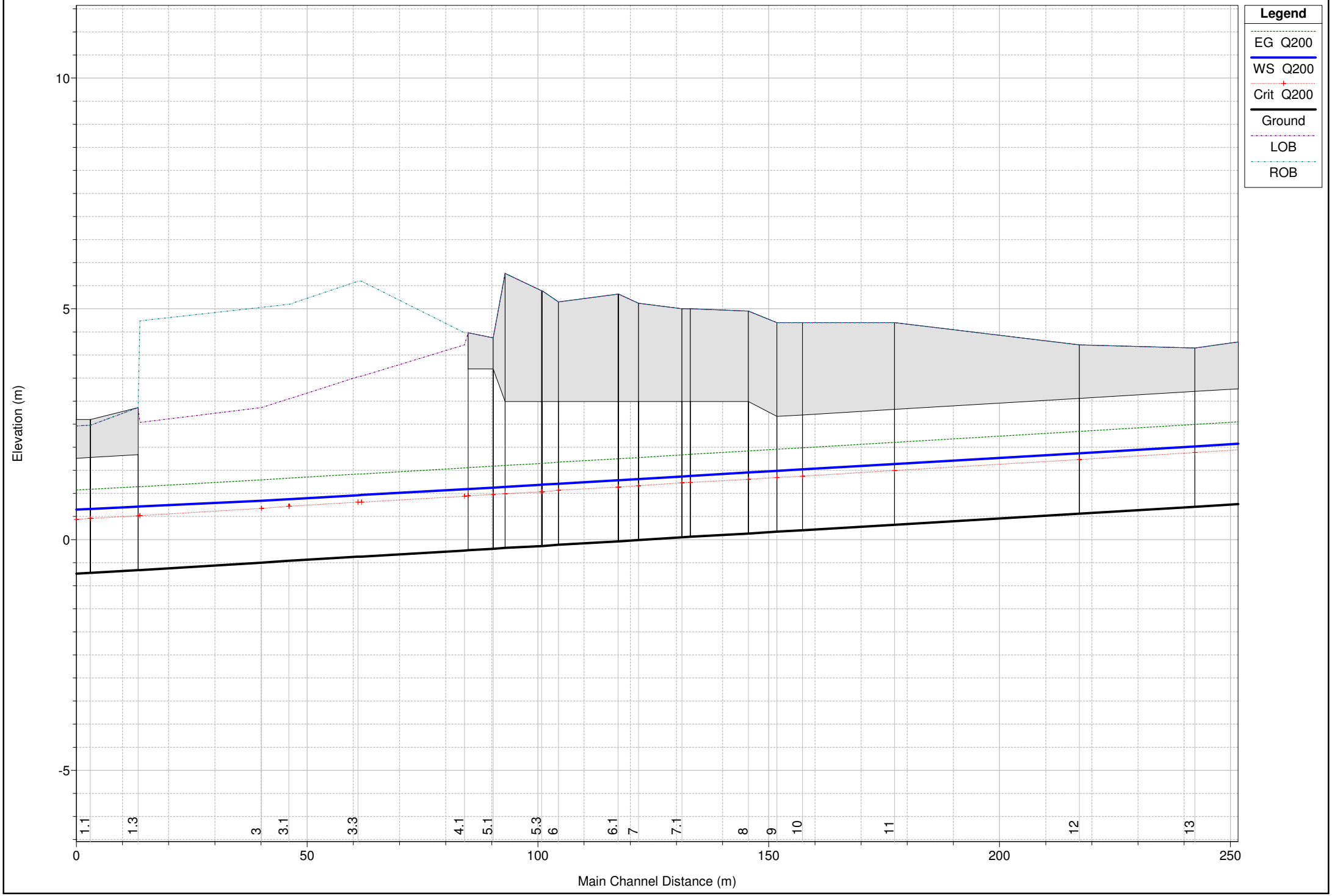
HEC-RAS Plan: Mar-PRG-Vscvuota River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q50

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	1	Q50		-0.74	1.76	1.76	22.00	0.65	0.85	1.39	1.39	1.98	11.12	8.00	0.54
Marotto	1.1	Q50	3.01	-0.72	1.78	1.78	22.00	0.66	0.86	1.38	1.38	2.00	11.00	8.00	0.54
Marotto	1.2	Q50	3.11	-0.72	1.78	1.78	22.00	0.66	0.86	1.38	1.38	2.00	11.01	8.00	0.54
Marotto	1.3	Q50	13.36	-0.66	1.84	1.84	22.00	0.67	0.89	1.33	1.33	2.06	10.66	8.00	0.57
Marotto	2	Q50	13.76	-0.66	2.54	4.74	22.00	0.67	0.89	1.33	1.33	2.06	10.67	8.00	0.57
Marotto	3	Q50	40.08	-0.50	2.86	5.03	22.00	0.73	0.98	1.22	1.22	2.25	9.80	8.00	0.65
Marotto	3.1	Q50	46.03	-0.46	3.05	5.10	22.00	0.74	1.01	1.20	1.20	2.29	9.61	8.00	0.67
Marotto	3.2	Q50	46.13	-0.46	3.05	5.10	22.00	0.74	1.01	1.20	1.20	2.29	9.62	8.00	0.67
Marotto	3.3	Q50	60.99	-0.37	3.53	5.60	22.00	0.78	1.07	1.15	1.15	2.38	9.23	8.00	0.71
Marotto	4	Q50	61.78	-0.37	3.54	5.60	22.00	0.79	1.08	1.16	1.16	2.37	9.27	8.00	0.70
Marotto	4.1	Q50	84.07	-0.24	4.22	4.48	22.00	0.87	1.18	1.11	1.11	2.49	8.85	8.00	0.75
Marotto	5	Q50	84.87	-0.23	3.70	3.70	22.00	0.87	1.19	1.10	1.10	2.50	8.79	8.00	0.76
Marotto	5.1	Q50	90.29	-0.20	3.70	3.70	22.00	0.89	1.22	1.09	1.09	2.51	8.75	8.00	0.77
Marotto	5.2	Q50	92.90	-0.18	2.99	2.99	22.00	0.91	1.23	1.09	1.09	2.53	8.70	8.00	0.77
Marotto	5.3	Q50	100.81	-0.14	2.99	2.99	22.00	0.95	1.27	1.09	1.09	2.53	8.69	8.00	0.78
Marotto	5.4	Q50	100.91	-0.14	2.99	2.99	22.00	0.95	1.27	1.09	1.09	2.53	8.69	8.00	0.77
Marotto	6	Q50	104.42	-0.11	2.99	2.99	22.00	0.96	1.30	1.07	1.07	2.57	8.56	8.00	0.79
Marotto	6.1	Q50	117.36	-0.04	2.99	2.99	22.00	1.03	1.37	1.07	1.07	2.58	8.54	8.00	0.80
Marotto	6.2	Q50	117.46	-0.04	2.99	2.99	22.00	1.03	1.37	1.07	1.07	2.57	8.55	8.00	0.80
Marotto	7	Q50	121.78	-0.01	2.99	2.99	22.00	1.05	1.39	1.06	1.06	2.59	8.49	8.00	0.80
Marotto	7.1	Q50	131.20	0.05	2.99	2.99	22.00	1.10	1.45	1.05	1.05	2.62	8.41	8.00	0.81
Marotto	7.2	Q50	133.01	0.06	2.99	2.99	22.00	1.11	1.46	1.05	1.05	2.62	8.40	8.00	0.82
Marotto	8	Q50	145.59	0.13	2.99	2.99	22.00	1.18	1.53	1.05	1.05	2.62	8.39	8.00	0.82
Marotto	9	Q50	151.77	0.17	2.67	2.67	22.00	1.21	1.57	1.04	1.04	2.64	8.35	8.00	0.82
Marotto	10	Q50	157.33	0.20	2.70	2.70	22.00	1.25	1.60	1.05	1.05	2.63	8.36	8.00	0.82
Marotto	11	Q50	177.23	0.32	2.82	2.82	22.00	1.36	1.71	1.04	1.04	2.66	8.29	8.00	0.83
Marotto	12	Q50	217.30	0.56	3.06	3.06	22.00	1.58	1.95	1.02	1.02	2.69	8.19	8.00	0.85
Marotto	13	Q50	242.30	0.71	3.21	3.21	22.00	1.73	2.10	1.02	1.02	2.69	8.17	8.00	0.85
Marotto	14	Q50	266.80	0.86	3.36	3.36	22.00	1.88	2.25	1.02	1.02	2.70	8.14	8.00	0.86
Marotto	15.	Q50	288.00	0.99	3.49	3.49	22.00	2.01	2.38	1.02	1.02	2.71	8.12	8.00	0.86
Marotto	16	Q50	309.70	1.12	3.62	3.62	22.00	2.14	2.51	1.02	1.02	2.70	8.14	8.00	0.85
Marotto	17	Q50	343.95	1.32	3.82	3.82	22.00	2.35	2.71	1.03	1.03	2.68	8.22	8.00	0.84
Marotto	18	Q50	350.08	1.36	3.86	3.86	13.40	2.59	2.76	1.23	1.23	1.82	7.37	6.00	0.52
Marotto	19	Q50	362.44	1.43	3.93	3.93	13.40	2.61	2.79	1.18	1.18	1.89	7.09	6.00	0.56
Marotto	20	Q50	373.64	1.50	4.00	4.00	13.40	2.63	2.83	1.13	1.13	1.97	6.80	6.00	0.59
Marotto	21	Q50	388.94	1.59	4.09	4.09	13.40	2.67	2.89	1.08	1.08	2.07	6.49	6.00	0.63
Marotto	22	Q50	390.64	1.60	4.10	4.10	13.40	2.68	2.90	1.08	1.08	2.07	6.47	6.00	0.64
Marotto	23	Q50	399.14	1.65	4.15	4.15	13.40	2.12	3.28	0.47	0.47	4.77	2.81	6.00	2.23
Marotto	24	Q50	400.58	1.66	4.16	4.16	13.40	2.11	3.38	0.45	0.45	4.99	2.69	6.00	2.38
Marotto	25	Q50	406.63	1.70	4.20	4.20	13.40	2.06	4.05	0.36	0.36	6.25	2.14	6.00	3.34
Marotto	26	Q50	423.92	3.40	5.90	5.90	13.40	3.82	5.87	0.42	0.42	6.34	2.11	5.00	3.12
Marotto	27	Q50	432.07	4.20	6.70	6.70	13.40	4.62	6.66	0.42	0.42	6.32	2.12	5.00	3.10
Marotto	28	Q50	438.71	4.86	7.36	7.36	13.40	5.29	7.30	0.43	0.43	6.29	2.13	5.00	3.08
Marotto	29	Q50	447.03	5.67	8.17	8.17	13.40	6.10	8.08	0.43	0.43	6.24	2.15	5.00	3.04
Marotto	30	Q50	462.69	7.10	9.60	9.60	13.40	7.50	9.76	0.40	0.40	6.65	2.02	5.00	3.34
Marotto	31	Q50	478.42	8.77	11.27	11.27	13.40	9.10	12.52	0.33	0.33	8.19	1.64	5.00	4.57
Marotto	31.1	Q50	478.52	8.78	13.90	13.90	13.40	9.11	12.53	0.33	0.33	8.20	1.63	5.00	4.58

HEC-RAS Plan: Mar-PRG-Vscvuota River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q50 (Continued)

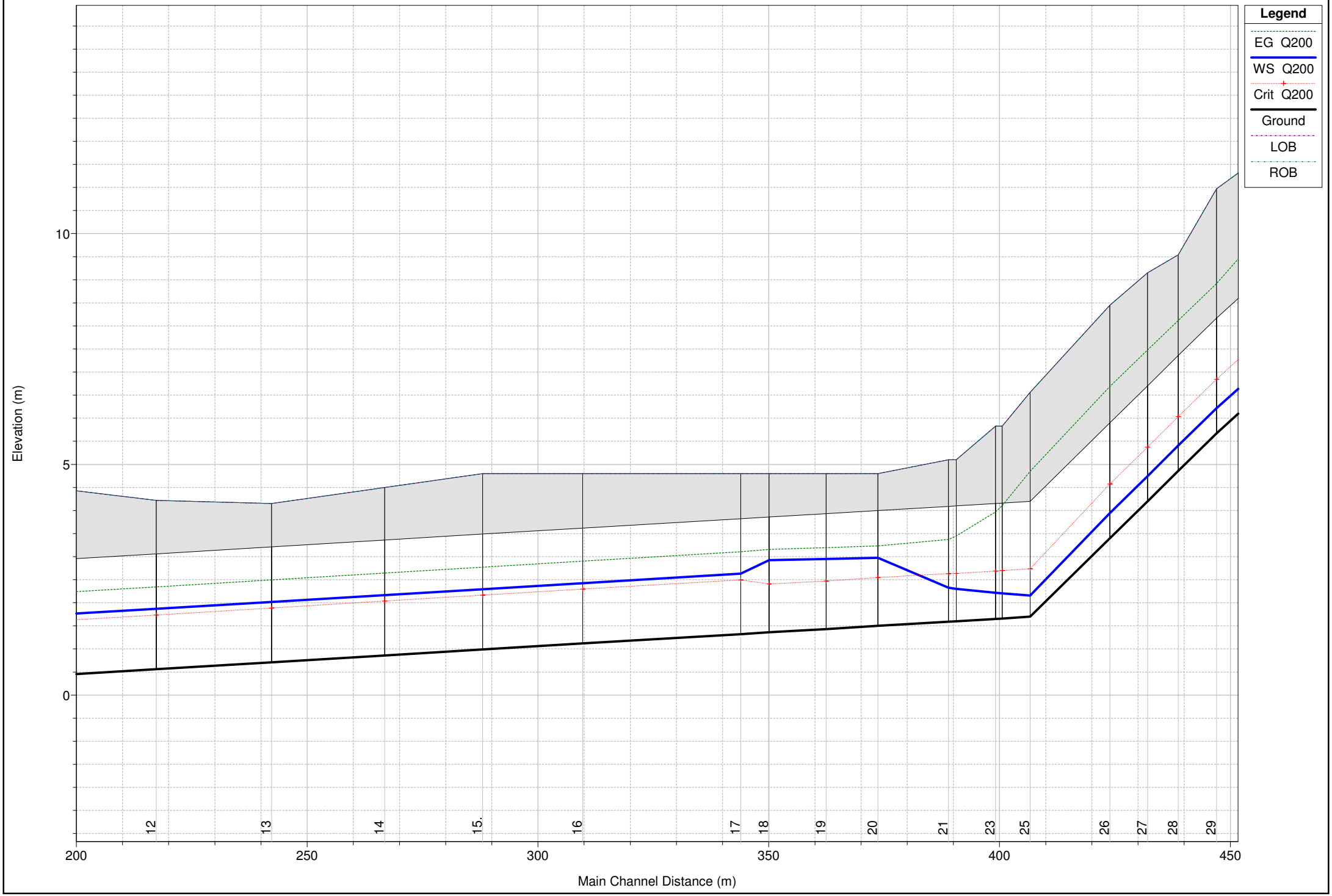
Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	31.2	Q50	480.79	9.00	13.90	13.90	13.40	9.31	13.23	0.31	0.31	8.78	1.53	5.00	5.07
Marotto	32	Q50	482.79	10.44	15.00	10.44	13.40	10.78	13.75	0.34	0.34	7.64	1.75	5.15	4.18
Marotto	32.1	Q50	486.05	12.80	15.60	15.60	13.40	13.66	14.08	0.86	0.86	2.90	4.63	5.40	1.00
Marotto	32.2	Q50	488.18	12.80	15.60	15.60	13.40	13.78	14.11	0.98	0.98	2.53	5.30	5.40	0.81
Marotto	33	Q50	488.28	11.80	15.60	15.60	13.40	14.07	14.13	2.27	2.27	1.09	12.28	5.40	0.23
Marotto	34	Q50	498.28	11.80	16.05	16.05	13.40	14.08	14.14	2.28	2.28	1.09	12.32	5.40	0.23
Marotto	35	Q50	508.28	11.80	16.45	16.45	13.40	14.09	14.15	2.29	2.29	1.08	12.37	5.40	0.23
Marotto	36	Q50	508.58	14.08	16.45	16.38	13.40	14.61	15.95	0.51	0.53	5.12	2.62	5.15	2.29
Marotto	36.1	Q50	515.68	14.42	16.73	17.05	13.40	14.90	16.75	0.43	0.48	6.03	2.22	5.14	2.93
Marotto	36.2	Q50	520.68	15.77	17.50	17.70	13.40	16.35	17.16	0.55	0.58	3.99	3.36	6.11	1.72
Marotto	37	Q50	538.82	16.38	19.73	18.94	13.40	17.24	17.66	0.84	0.86	2.85	4.71	5.62	0.99

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

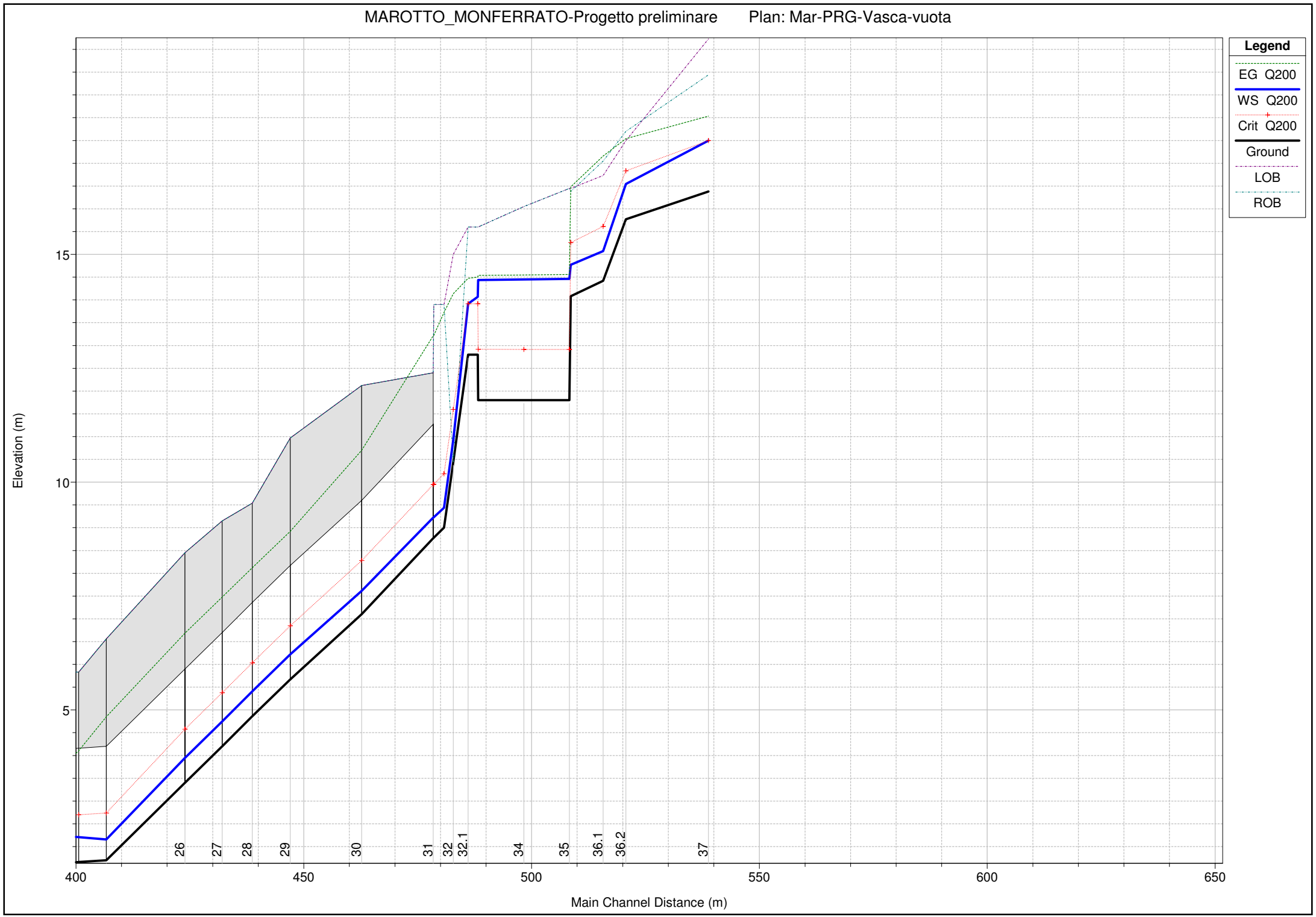


1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

HEC-RAS Plan: Mar-PRG-Vscvuota River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q200

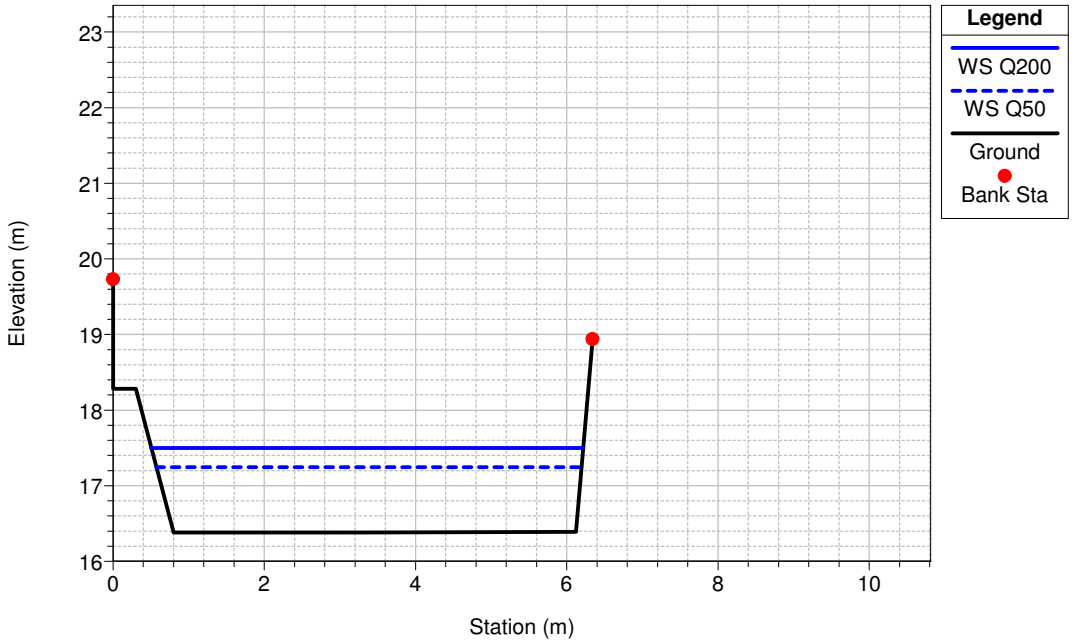
Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	1	Q200		-0.74	1.76	1.76	32.00	0.65	1.07	1.39	1.39	2.88	11.12	8.00	0.78
Marotto	1.1	Q200	3.01	-0.72	1.78	1.78	32.00	0.66	1.09	1.38	1.38	2.89	11.06	8.00	0.79
Marotto	1.2	Q200	3.11	-0.72	1.78	1.78	32.00	0.66	1.09	1.38	1.38	2.89	11.06	8.00	0.79
Marotto	1.3	Q200	13.36	-0.66	1.84	1.84	32.00	0.71	1.15	1.37	1.37	2.91	11.00	8.00	0.79
Marotto	2	Q200	13.76	-0.66	2.54	4.74	32.00	0.72	1.15	1.38	1.38	2.90	11.02	8.00	0.79
Marotto	3	Q200	40.08	-0.50	2.86	5.03	32.00	0.84	1.29	1.34	1.34	2.98	10.73	8.00	0.82
Marotto	3.1	Q200	46.03	-0.46	3.05	5.10	32.00	0.87	1.33	1.33	1.33	3.00	10.67	8.00	0.83
Marotto	3.2	Q200	46.13	-0.46	3.05	5.10	32.00	0.87	1.33	1.33	1.33	3.00	10.68	8.00	0.83
Marotto	3.3	Q200	60.99	-0.37	3.53	5.60	32.00	0.96	1.42	1.33	1.33	3.01	10.63	8.00	0.83
Marotto	4	Q200	61.78	-0.37	3.54	5.60	32.00	0.97	1.42	1.34	1.34	2.99	10.69	8.00	0.83
Marotto	4.1	Q200	84.07	-0.24	4.22	4.48	32.00	1.09	1.55	1.33	1.33	3.01	10.64	8.00	0.83
Marotto	5	Q200	84.87	-0.23	3.70	3.70	32.00	1.09	1.56	1.32	1.32	3.02	10.59	8.00	0.84
Marotto	5.1	Q200	90.29	-0.20	3.70	3.70	32.00	1.13	1.59	1.33	1.33	3.02	10.60	8.00	0.84
Marotto	5.2	Q200	92.90	-0.18	2.99	2.99	32.00	1.14	1.61	1.32	1.32	3.03	10.56	8.00	0.84
Marotto	5.3	Q200	100.81	-0.14	2.99	2.99	32.00	1.19	1.65	1.33	1.33	3.01	10.64	8.00	0.83
Marotto	5.4	Q200	100.91	-0.14	2.99	2.99	32.00	1.19	1.65	1.33	1.33	3.01	10.65	8.00	0.83
Marotto	6	Q200	104.42	-0.11	2.99	2.99	32.00	1.21	1.68	1.32	1.32	3.04	10.54	8.00	0.84
Marotto	6.1	Q200	117.36	-0.04	2.99	2.99	32.00	1.29	1.75	1.33	1.33	3.02	10.61	8.00	0.84
Marotto	6.2	Q200	117.46	-0.04	2.99	2.99	32.00	1.29	1.75	1.33	1.33	3.01	10.61	8.00	0.84
Marotto	7	Q200	121.78	-0.01	2.99	2.99	32.00	1.31	1.78	1.32	1.32	3.03	10.57	8.00	0.84
Marotto	7.1	Q200	131.20	0.05	2.99	2.99	32.00	1.37	1.84	1.32	1.32	3.04	10.53	8.00	0.85
Marotto	7.2	Q200	133.01	0.06	2.99	2.99	32.00	1.38	1.85	1.32	1.32	3.04	10.53	8.00	0.84
Marotto	8	Q200	145.59	0.13	2.99	2.99	32.00	1.45	1.92	1.32	1.32	3.02	10.58	8.00	0.84
Marotto	9	Q200	151.77	0.17	2.67	2.67	32.00	1.49	1.96	1.32	1.32	3.03	10.55	8.00	0.84
Marotto	10	Q200	157.33	0.20	2.70	2.70	32.00	1.52	1.99	1.32	1.32	3.02	10.58	8.00	0.84
Marotto	11	Q200	177.23	0.32	2.82	2.82	32.00	1.64	2.11	1.32	1.32	3.04	10.54	8.00	0.84
Marotto	12	Q200	217.30	0.56	3.06	3.06	32.00	1.87	2.35	1.31	1.31	3.05	10.49	8.00	0.85
Marotto	13	Q200	242.30	0.71	3.21	3.21	32.00	2.02	2.49	1.31	1.31	3.06	10.47	8.00	0.85
Marotto	14	Q200	266.80	0.86	3.36	3.36	32.00	2.16	2.64	1.30	1.30	3.07	10.44	8.00	0.86
Marotto	15.	Q200	288.00	0.99	3.49	3.49	32.00	2.29	2.77	1.30	1.30	3.07	10.42	8.00	0.86
Marotto	16	Q200	309.70	1.12	3.62	3.62	32.00	2.42	2.90	1.30	1.30	3.07	10.43	8.00	0.86
Marotto	17	Q200	343.95	1.32	3.82	3.82	32.00	2.63	3.11	1.31	1.31	3.05	10.51	8.00	0.85
Marotto	18	Q200	350.08	1.36	3.86	3.86	20.00	2.92	3.16	1.56	1.56	2.13	9.39	6.00	0.54
Marotto	19	Q200	362.44	1.43	3.93	3.93	20.00	2.95	3.19	1.52	1.52	2.19	9.12	6.00	0.57
Marotto	20	Q200	373.64	1.50	4.00	4.00	20.00	2.97	3.23	1.47	1.47	2.26	8.84	6.00	0.59
Marotto	21	Q200	388.94	1.59	4.09	4.09	20.00	2.32	3.37	0.73	0.73	4.54	4.41	6.00	1.69
Marotto	22	Q200	390.64	1.60	4.10	4.10	20.00	2.30	3.45	0.70	0.70	4.75	4.21	6.00	1.81
Marotto	23	Q200	399.14	1.65	4.15	4.15	20.00	2.22	3.97	0.57	0.57	5.86	3.41	6.00	2.48
Marotto	24	Q200	400.58	1.66	4.16	4.16	20.00	2.21	4.10	0.55	0.55	6.10	3.28	6.00	2.64
Marotto	25	Q200	406.63	1.70	4.20	4.20	20.00	2.16	4.85	0.46	0.46	7.27	2.75	6.00	3.43
Marotto	26	Q200	423.92	3.40	5.90	5.90	20.00	3.95	6.69	0.55	0.55	7.33	2.73	5.00	3.17
Marotto	27	Q200	432.07	4.20	6.70	6.70	20.00	4.75	7.48	0.55	0.55	7.32	2.73	5.00	3.16
Marotto	28	Q200	438.71	4.86	7.36	7.36	20.00	5.41	8.12	0.55	0.55	7.30	2.74	5.00	3.14
Marotto	29	Q200	447.03	5.67	8.17	8.17	20.00	6.22	8.92	0.55	0.55	7.28	2.75	5.00	3.14
Marotto	30	Q200	462.69	7.10	9.60	9.60	20.00	7.61	10.70	0.51	0.51	7.78	2.57	5.00	3.46
Marotto	31	Q200	478.42	8.77	11.27	11.27	20.00	9.22	13.21	0.45	0.45	8.85	2.26	5.00	4.20
Marotto	31.1	Q200	478.52	8.78	13.90	13.90	20.00	9.23	13.22	0.45	0.45	8.85	2.26	5.00	4.20

HEC-RAS Plan: Mar-PRG-Vscvuota River: Marotto Reach: Marotto Profile: Q200 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Marotto	31.2	Q200	480.79	9.00	13.90	13.90	20.00	9.44	13.73	0.44	0.44	9.18	2.18	5.00	4.44
Marotto	32	Q200	482.79	10.44	15.00	10.44	20.00	10.93	14.14	0.49	0.49	7.93	2.52	5.15	3.62
Marotto	32.1	Q200	486.05	12.80	15.60	15.60	20.00	13.92	14.48	1.12	1.12	3.31	6.04	5.40	1.00
Marotto	32.2	Q200	488.18	12.80	15.60	15.60	20.00	14.07	14.50	1.27	1.27	2.92	6.85	5.40	0.83
Marotto	33	Q200	488.28	11.80	15.60	15.60	20.00	14.44	14.54	2.64	2.64	1.40	14.24	5.40	0.28
Marotto	34	Q200	498.28	11.80	16.05	16.05	20.00	14.45	14.55	2.65	2.65	1.40	14.31	5.40	0.27
Marotto	35	Q200	508.28	11.80	16.45	16.45	20.00	14.46	14.56	2.66	2.66	1.39	14.38	5.40	0.27
Marotto	36	Q200	508.58	14.08	16.45	16.38	20.00	14.77	16.48	0.67	0.69	5.79	3.45	5.18	2.26
Marotto	36.1	Q200	515.68	14.42	16.73	17.05	20.00	15.07	17.16	0.60	0.65	6.41	3.12	5.17	2.63
Marotto	36.2	Q200	520.68	15.77	17.50	17.70	20.00	16.54	17.54	0.74	0.77	4.42	4.53	6.15	1.64
Marotto	37	Q200	538.82	16.38	19.73	18.94	20.00	17.50	18.04	1.08	1.12	3.25	6.15	5.71	1.00

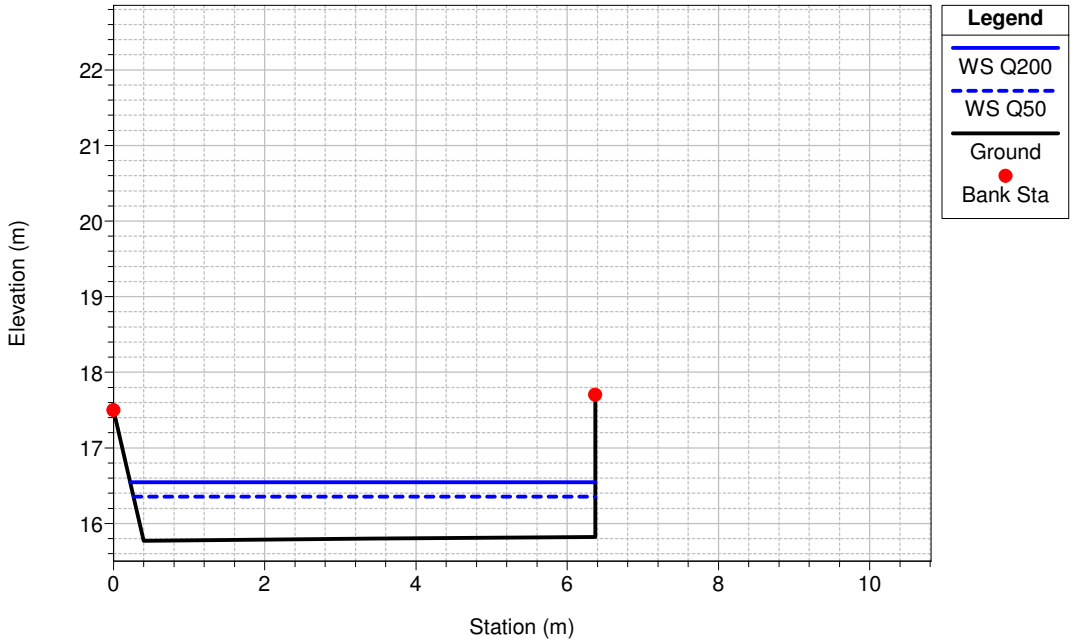
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 37 37



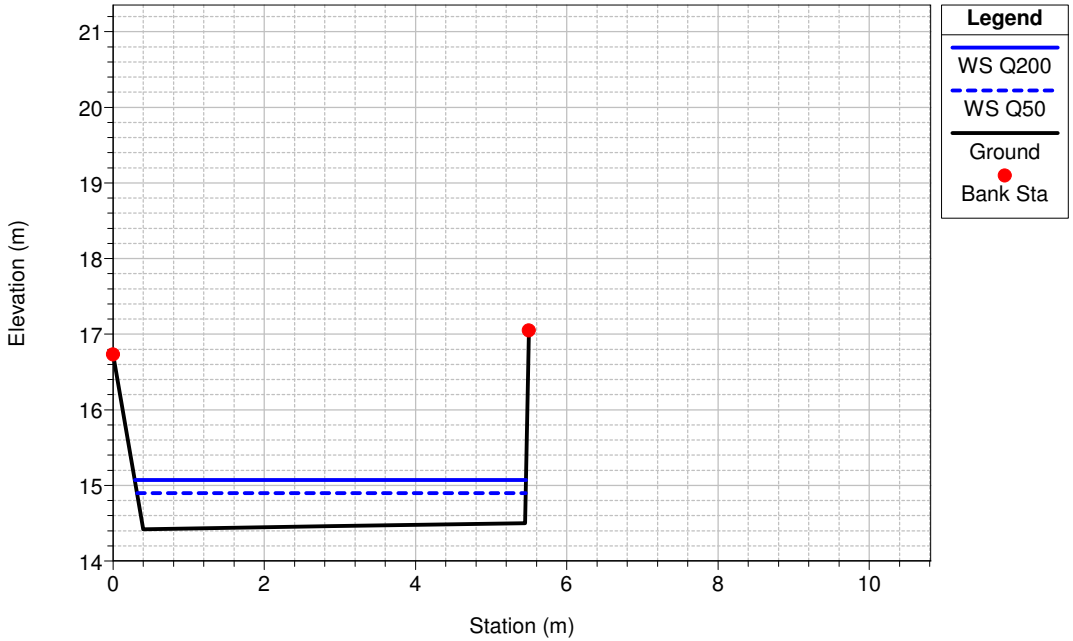
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 36.2 36.2



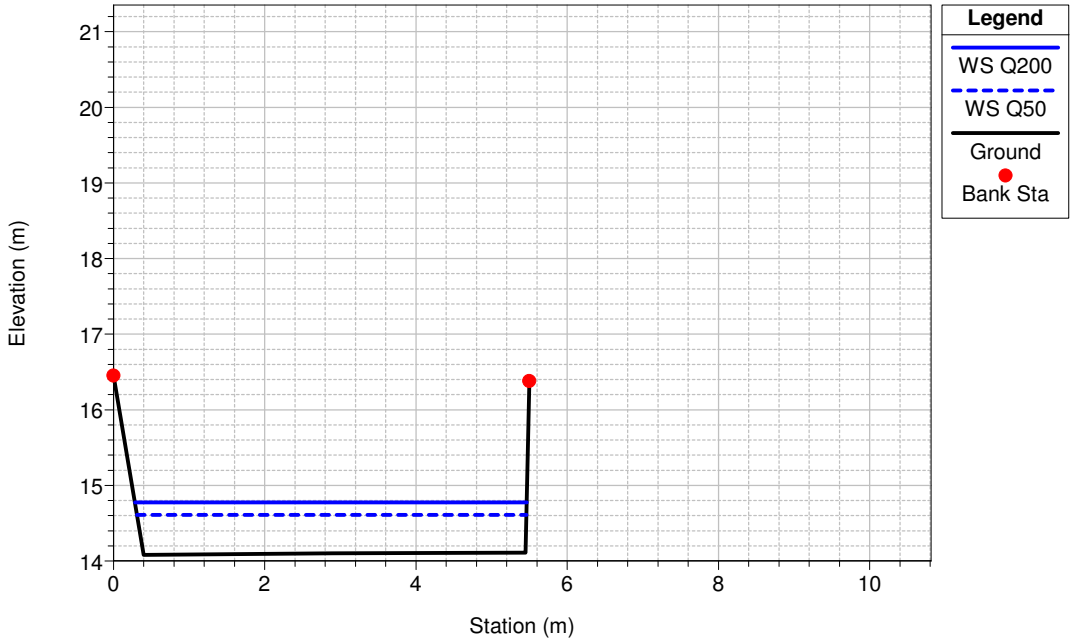
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 36.1 36.1



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

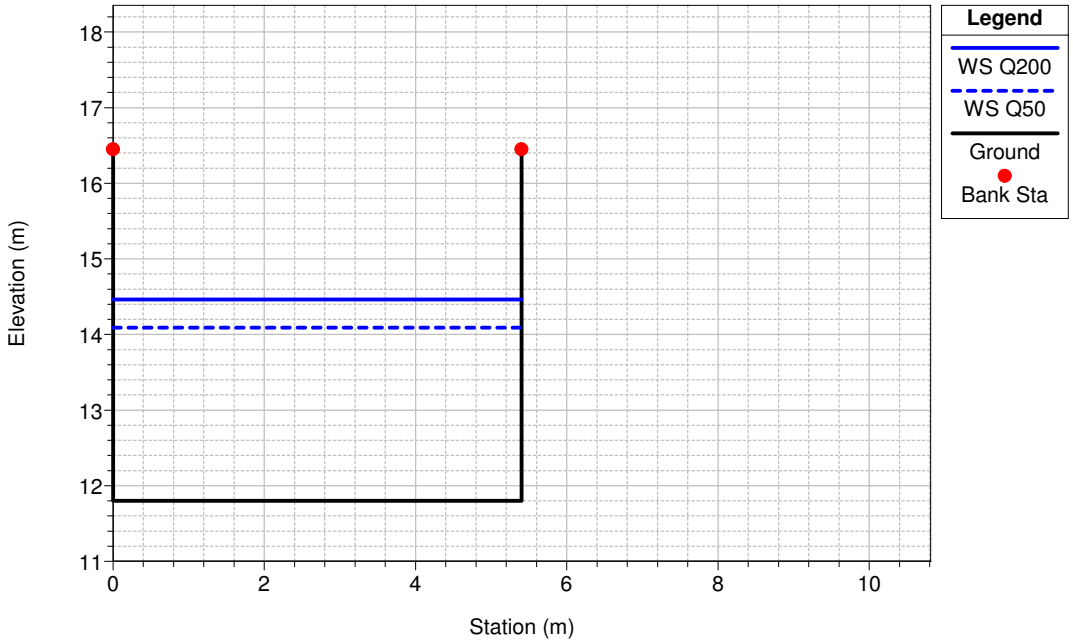
River = Marotto Reach = Marotto RS = 36 36



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

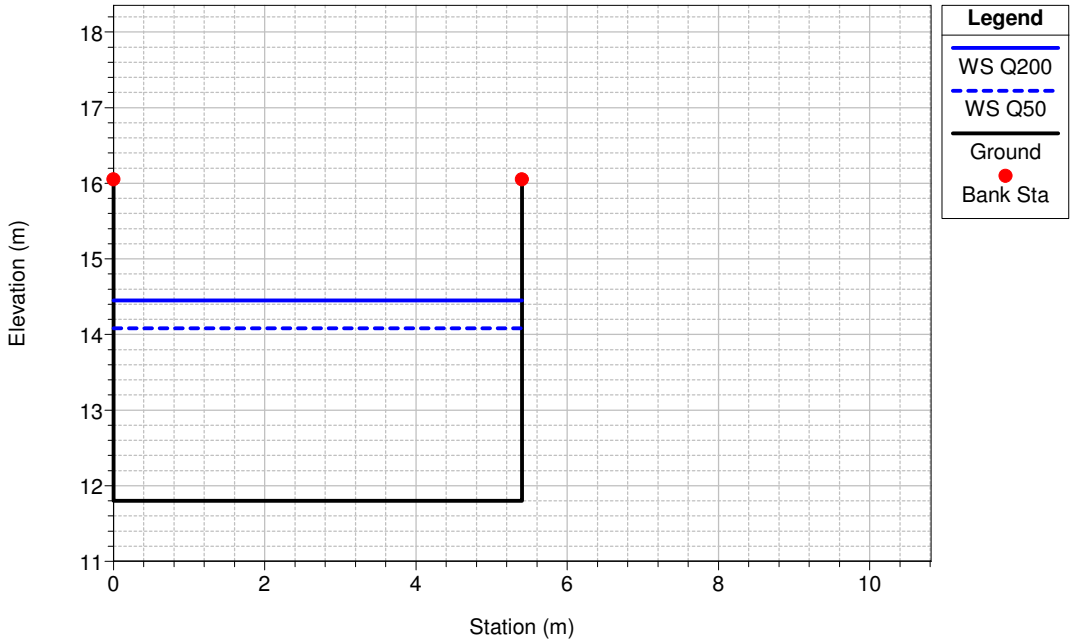
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 35 35



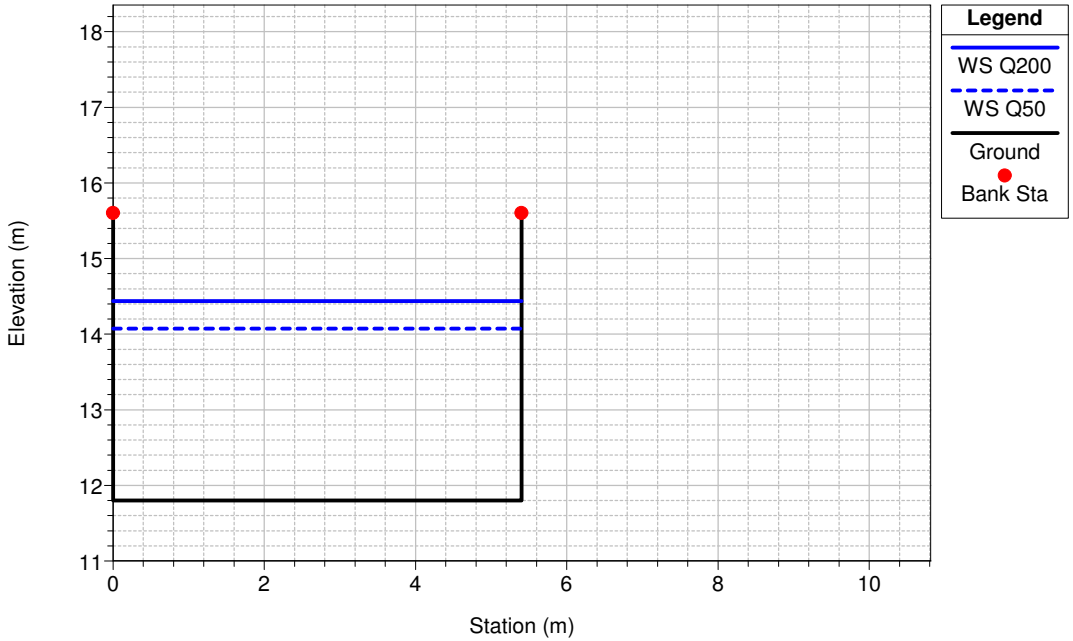
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 34 34 - Vasca



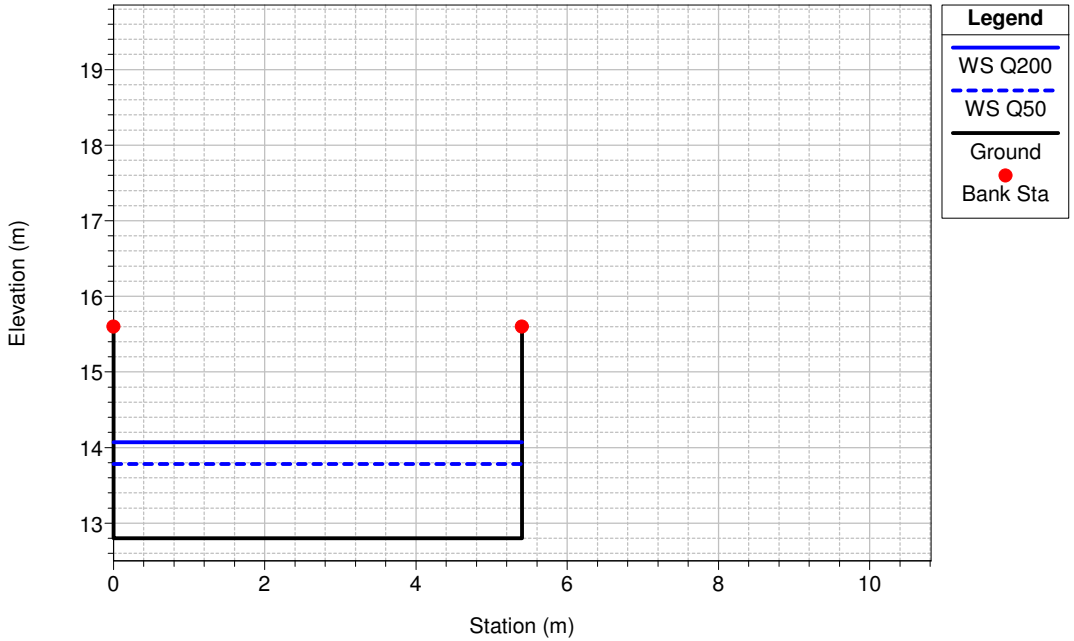
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 33 33



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

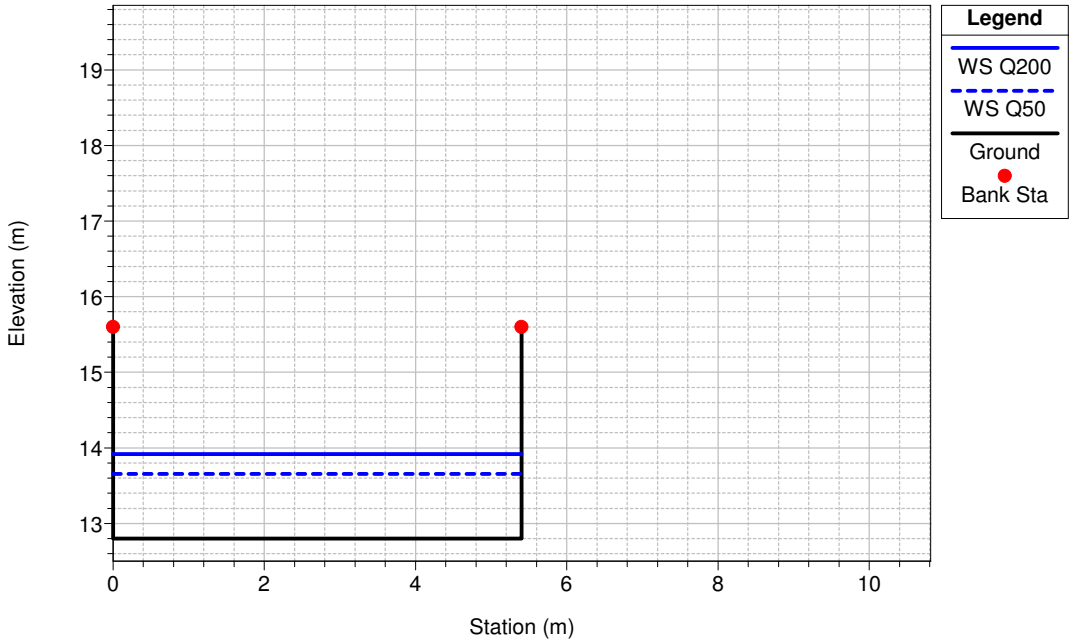
River = Marotto Reach = Marotto RS = 32.2 32.2



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

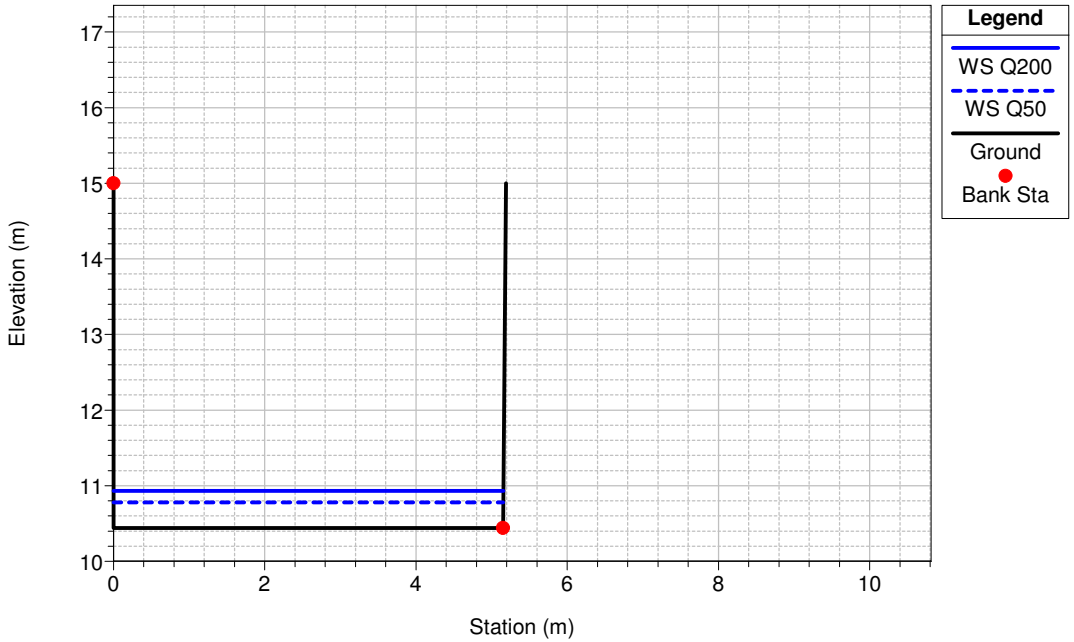
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 32.1 32.1



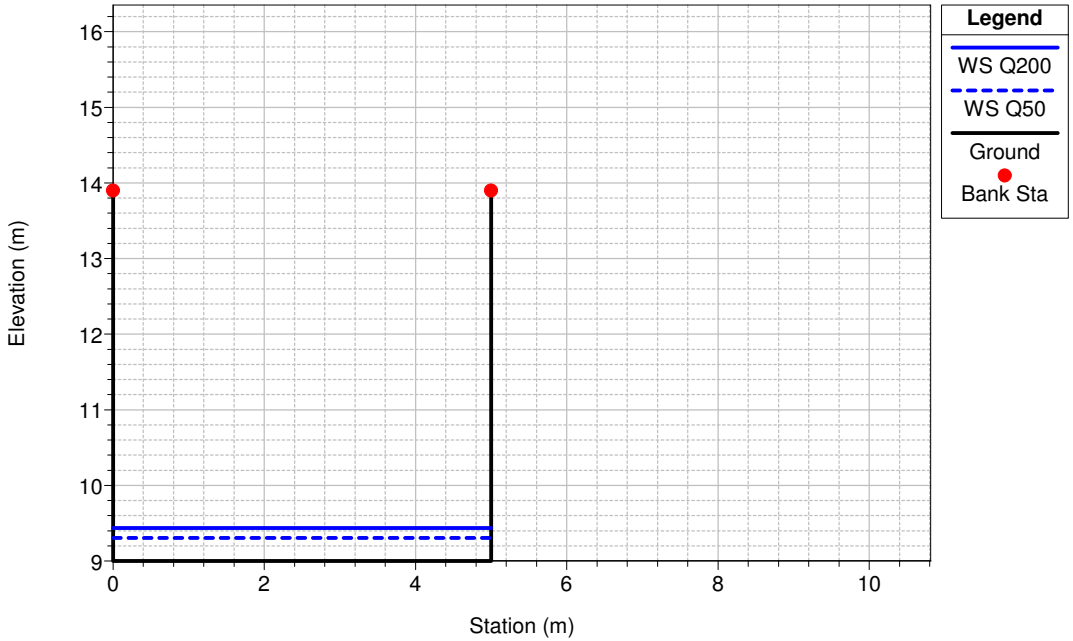
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 32 32



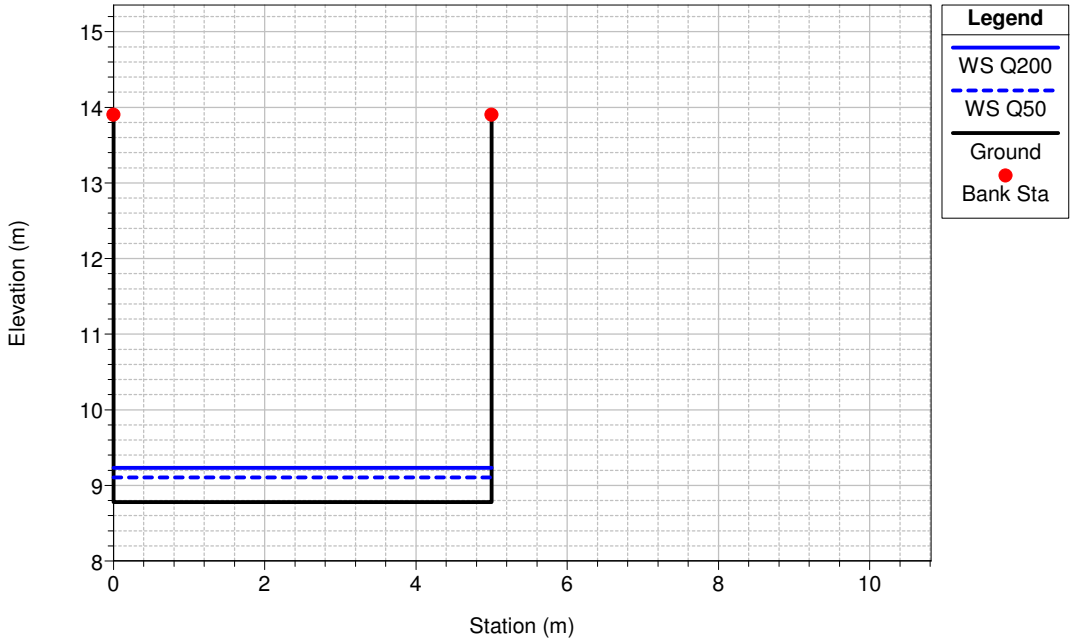
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 31.2 31.2



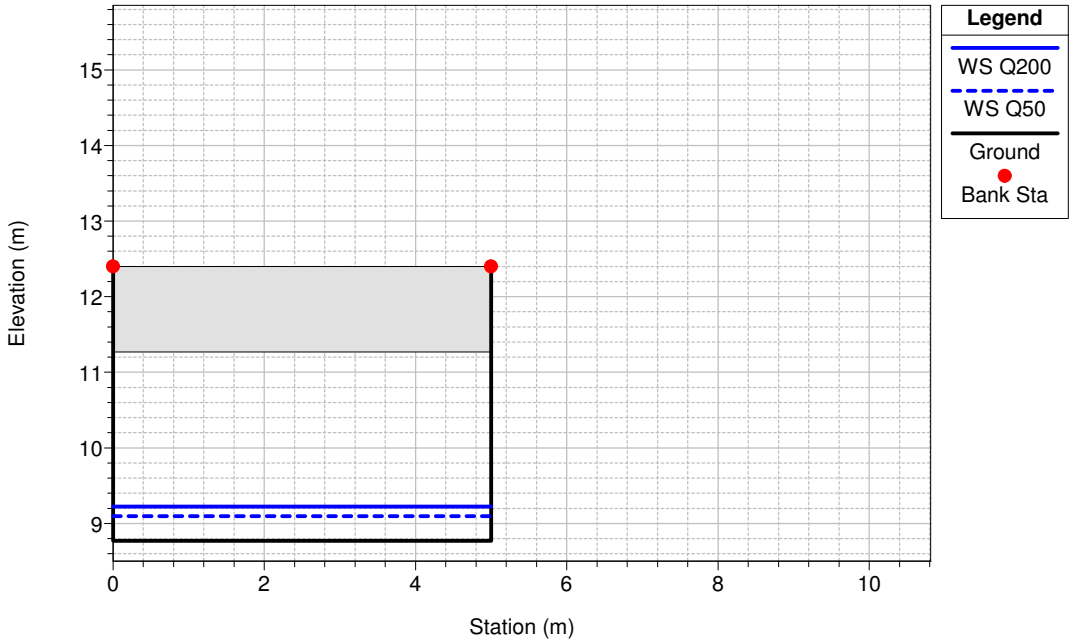
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 31.1 31.1

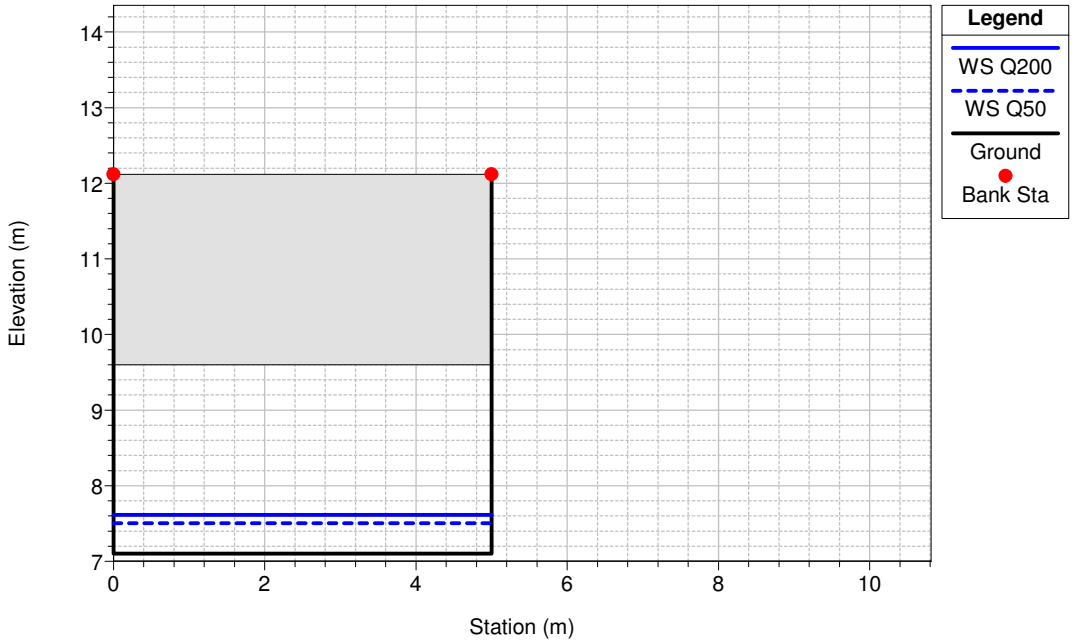


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

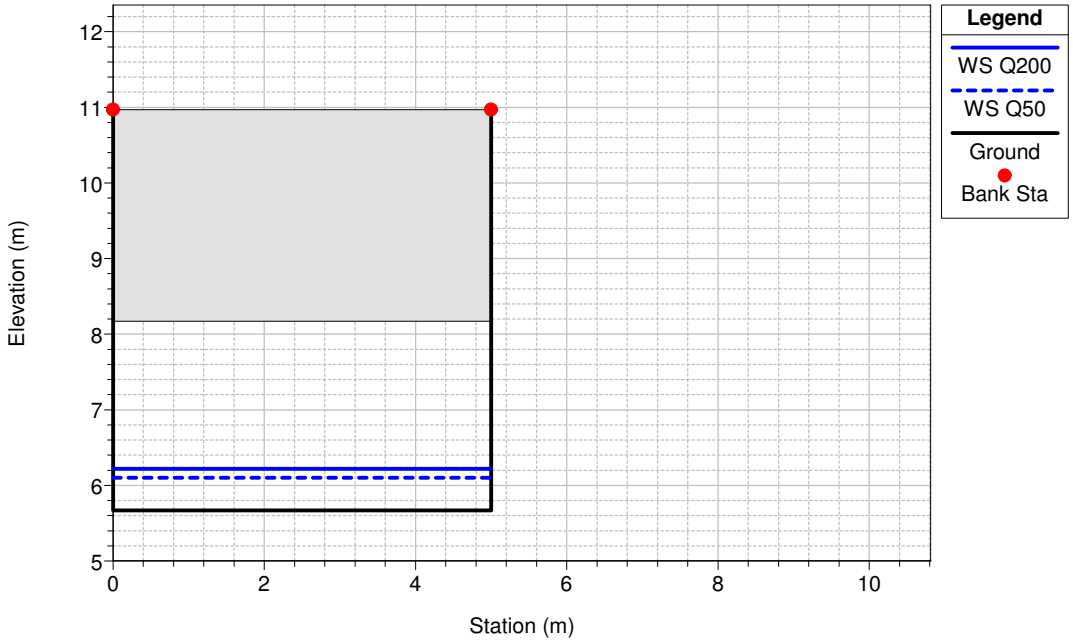
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 31 31



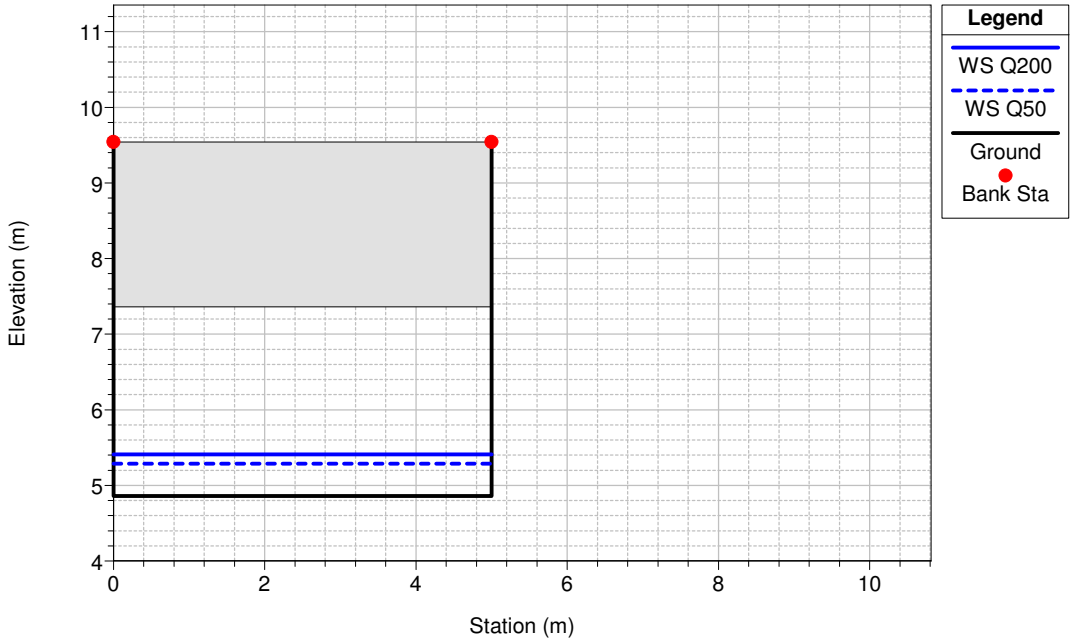
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 30 30



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 29 29

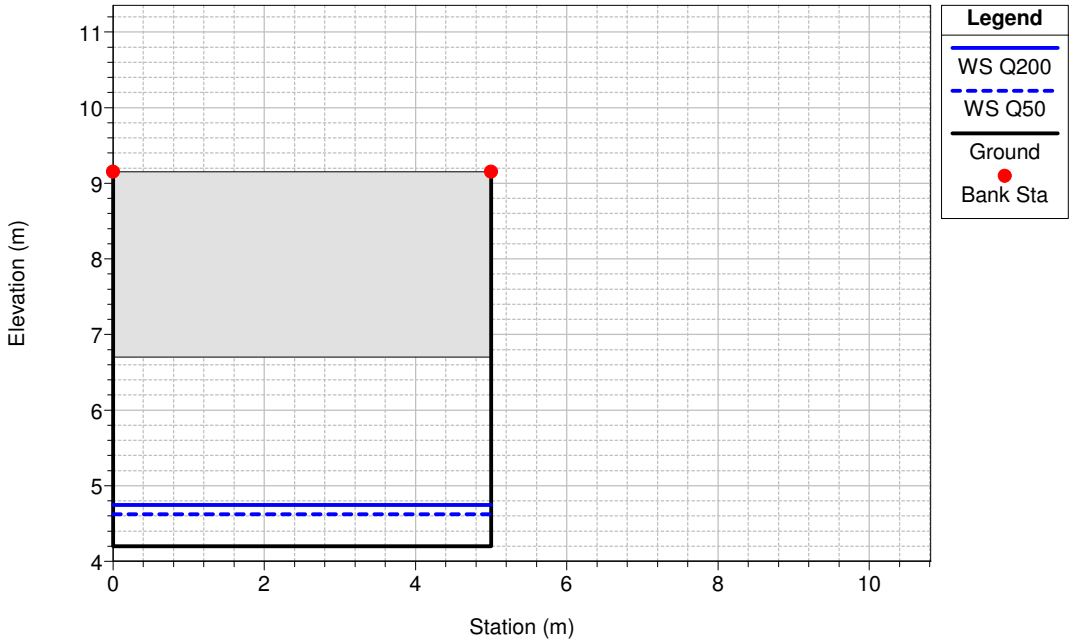


MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 28 28

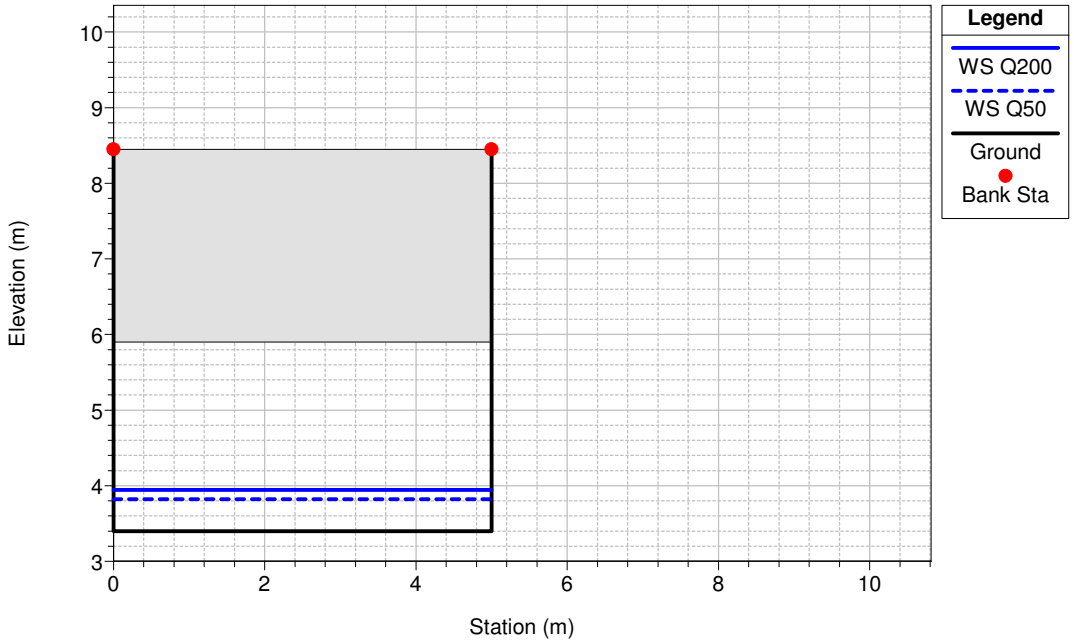


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

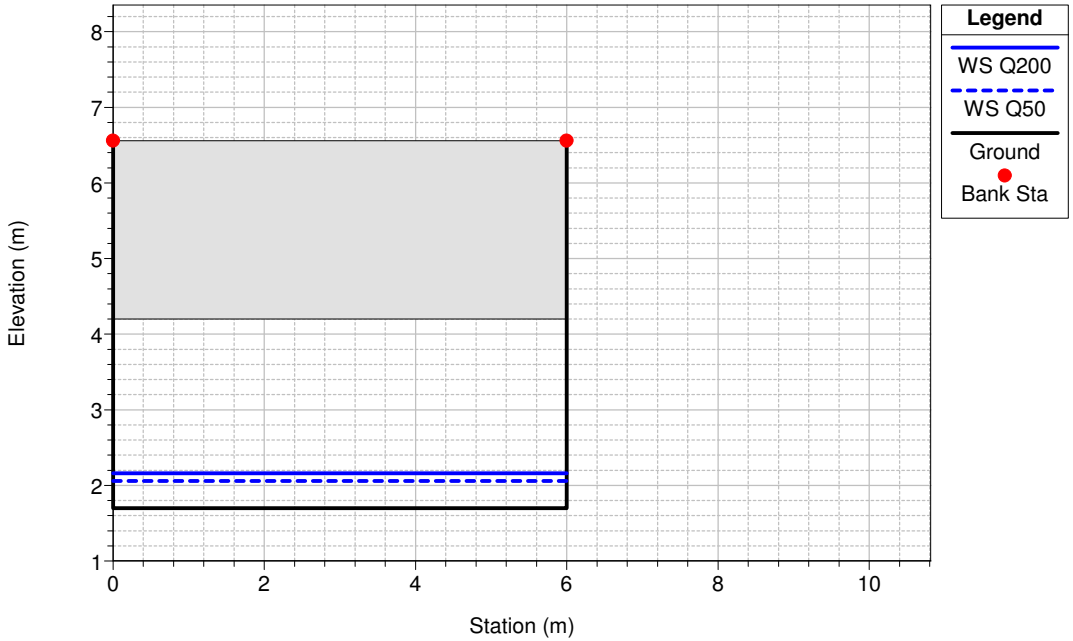
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 27 27



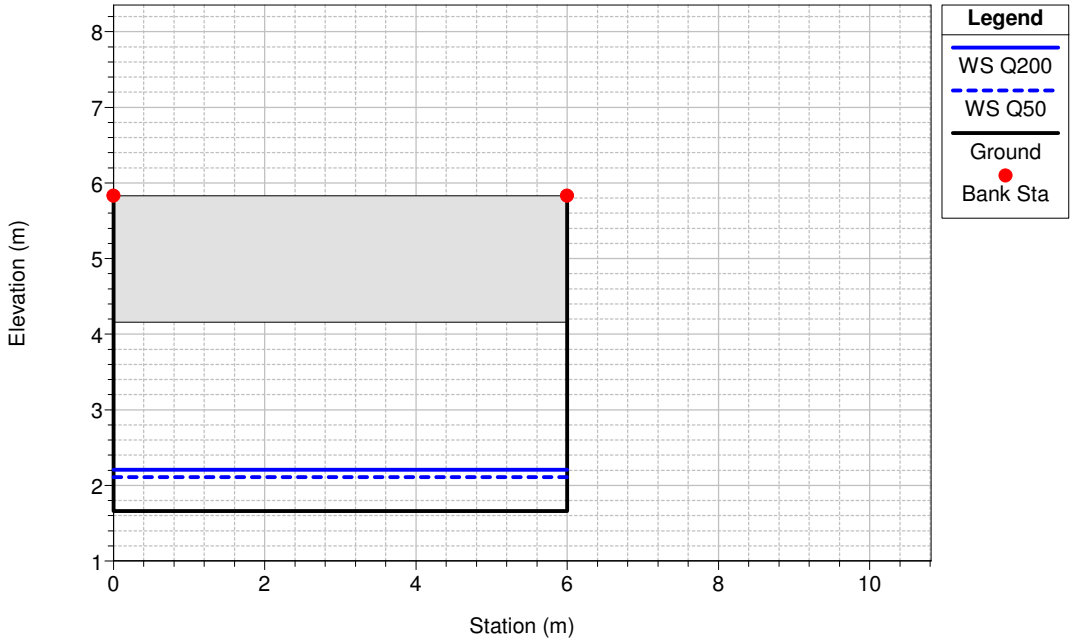
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 26 26



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 25 25



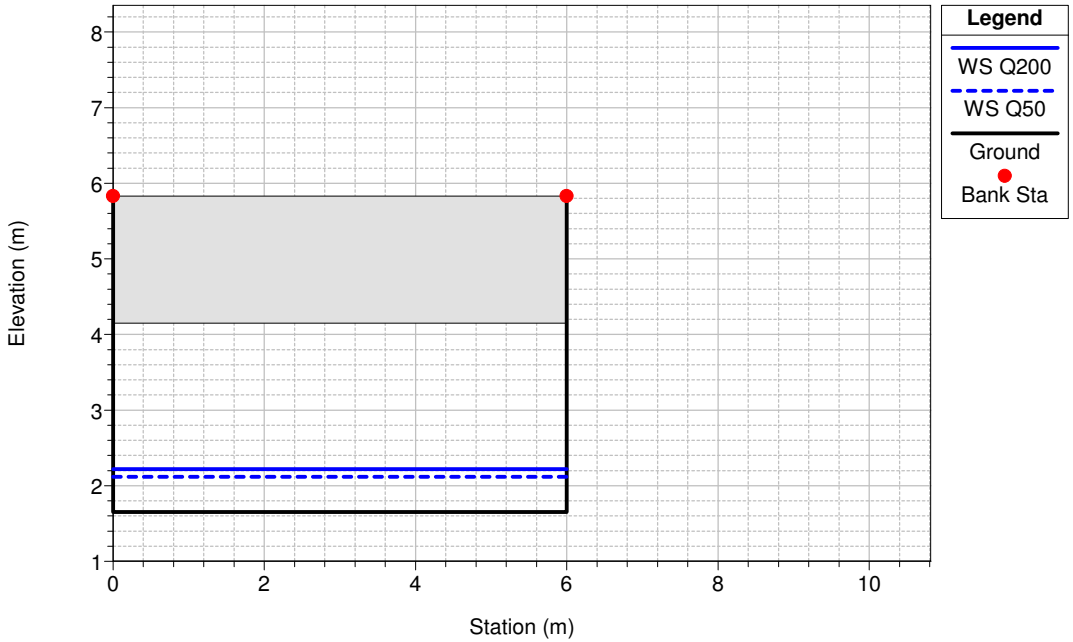
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 24 24



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

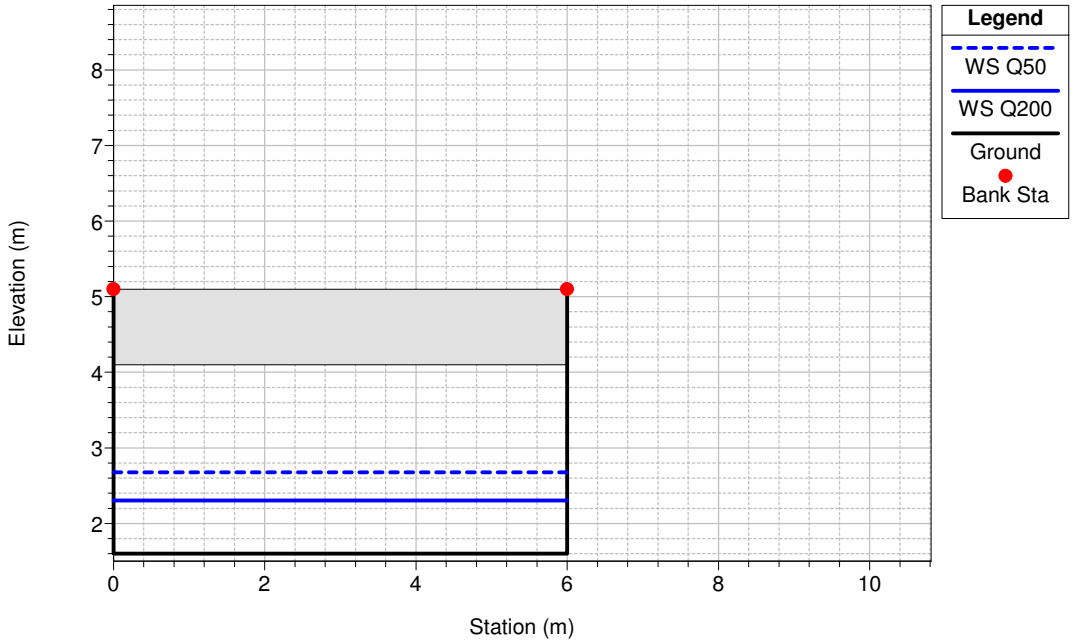
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 23 23



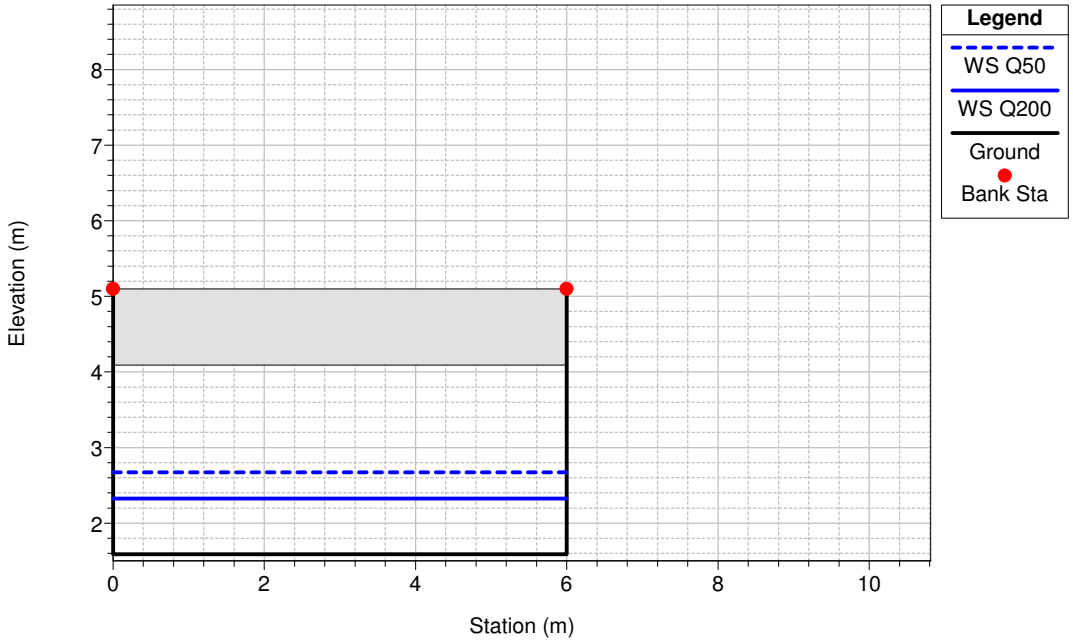
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 22 22



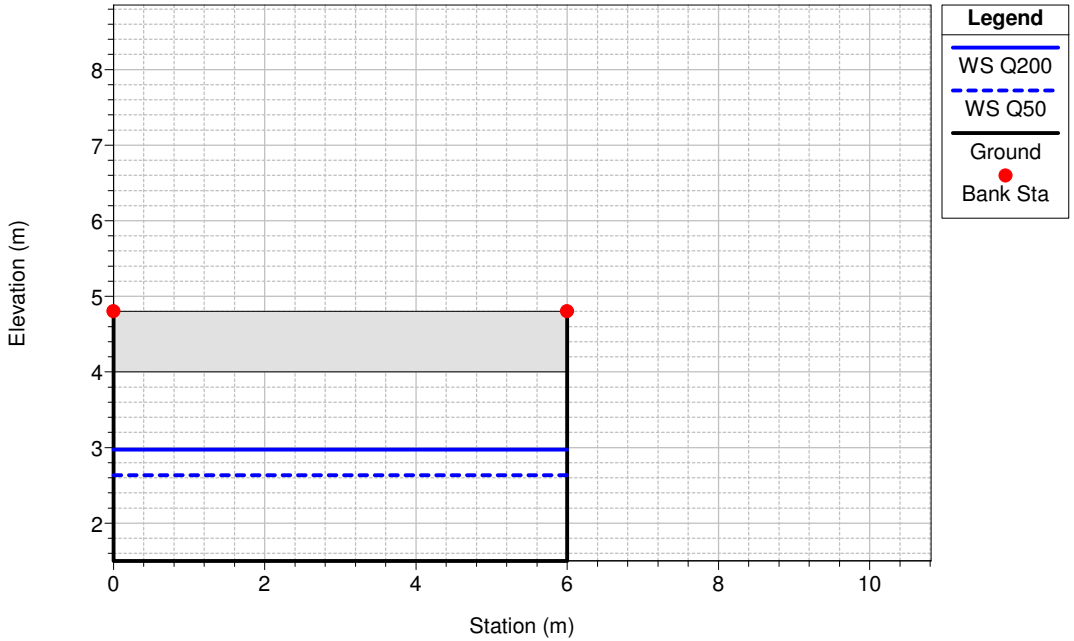
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 21 21



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

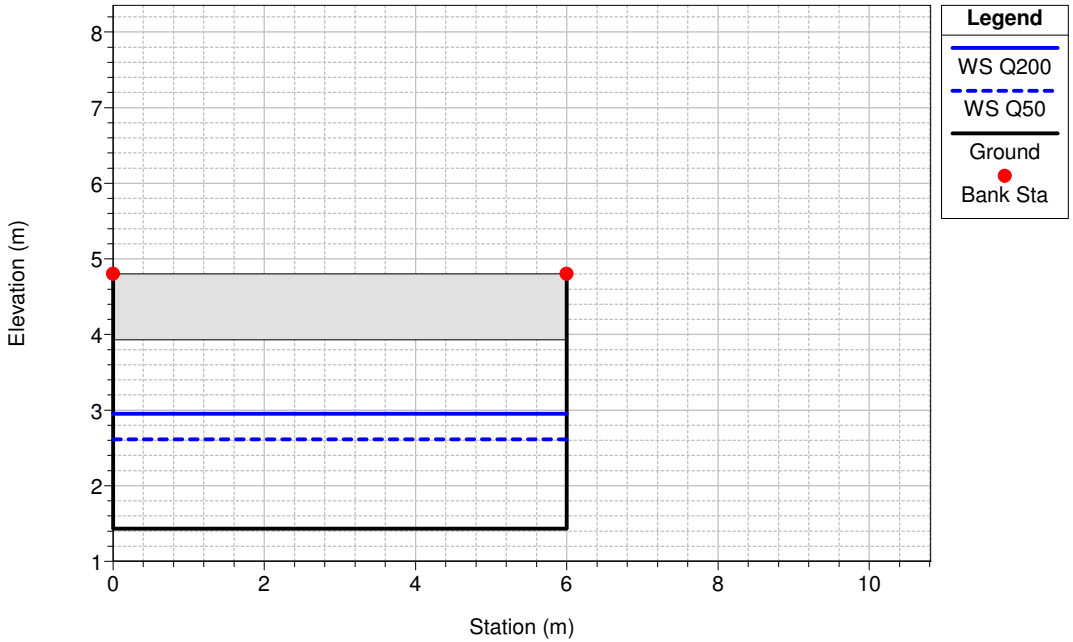
River = Marotto Reach = Marotto RS = 20 20



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

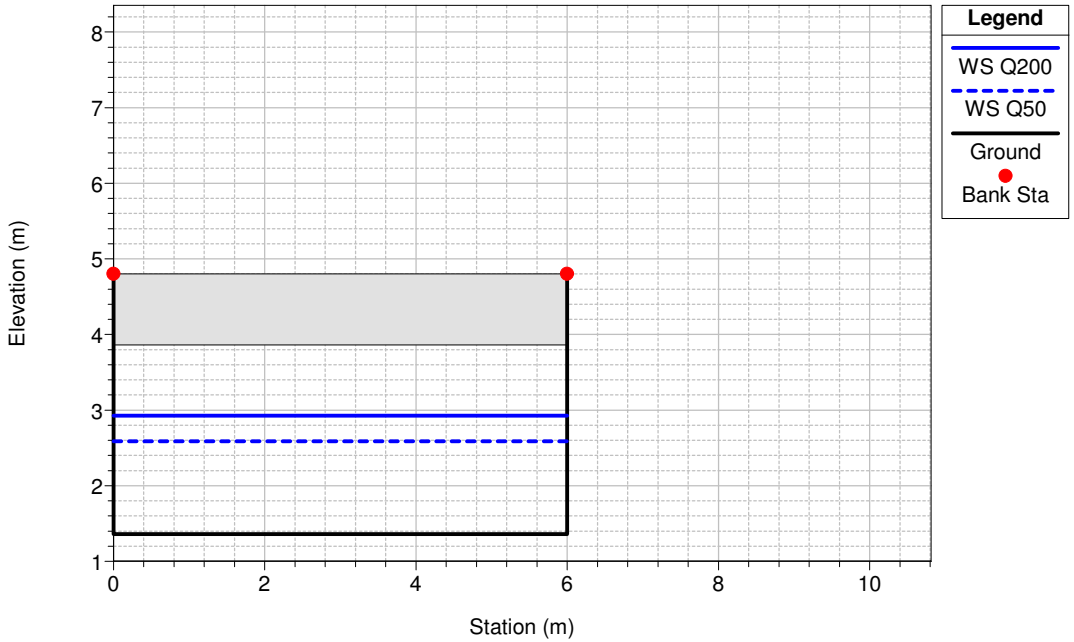
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 19 19



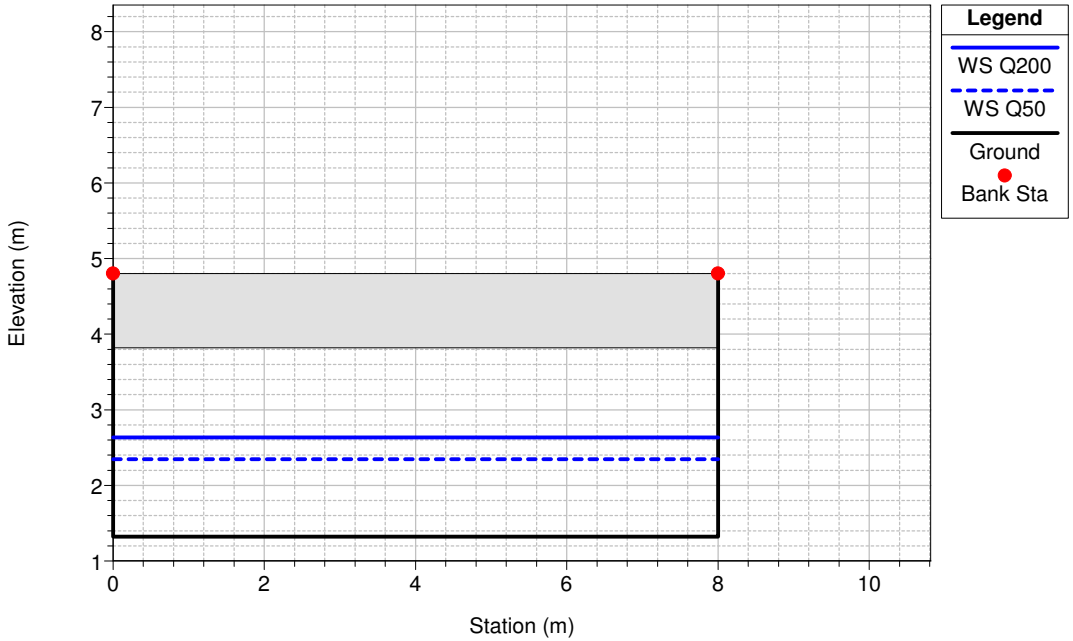
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 18 18 Confluenza



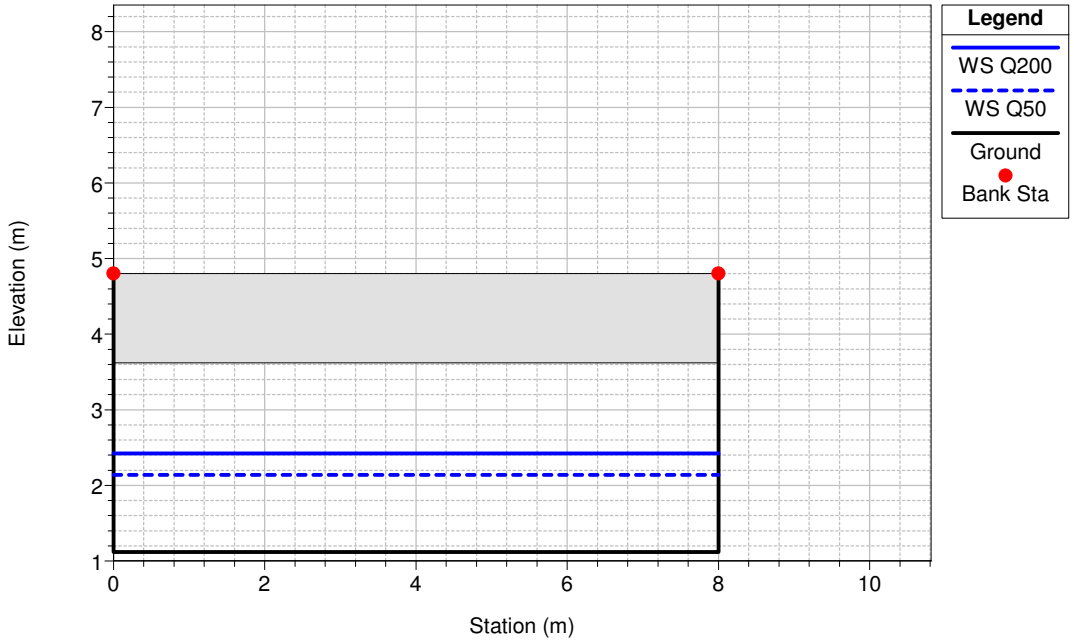
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 17 17



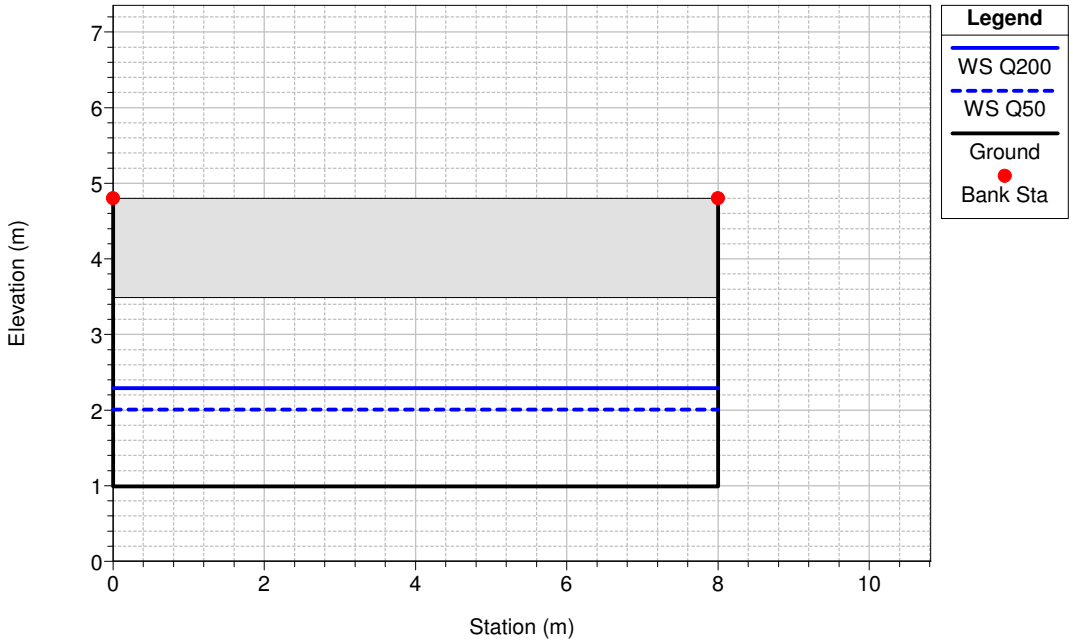
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 16 16

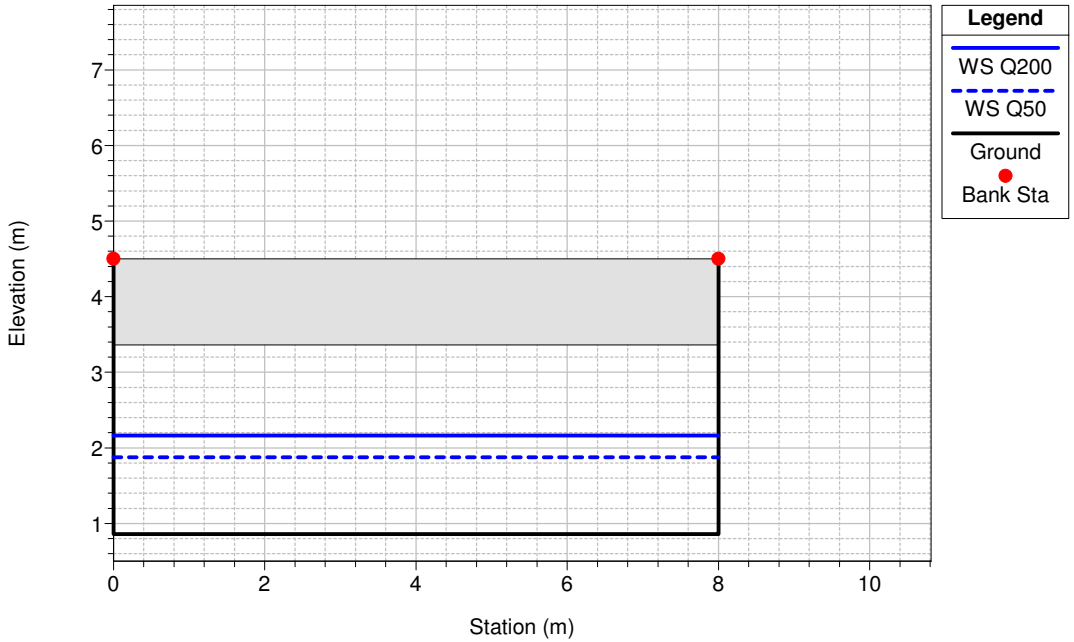


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

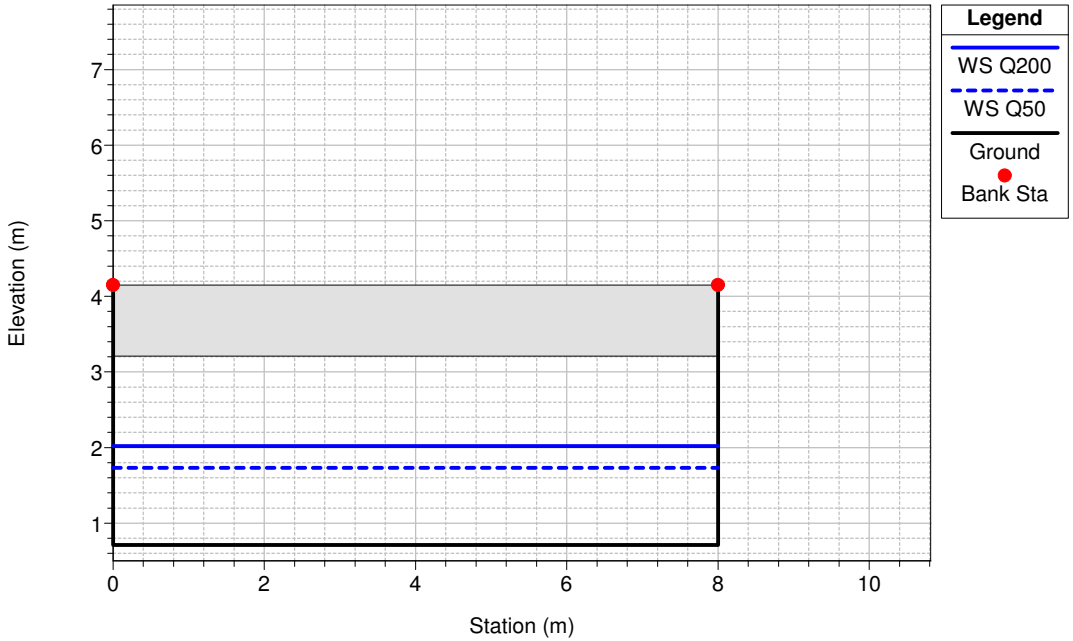
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 15. 15



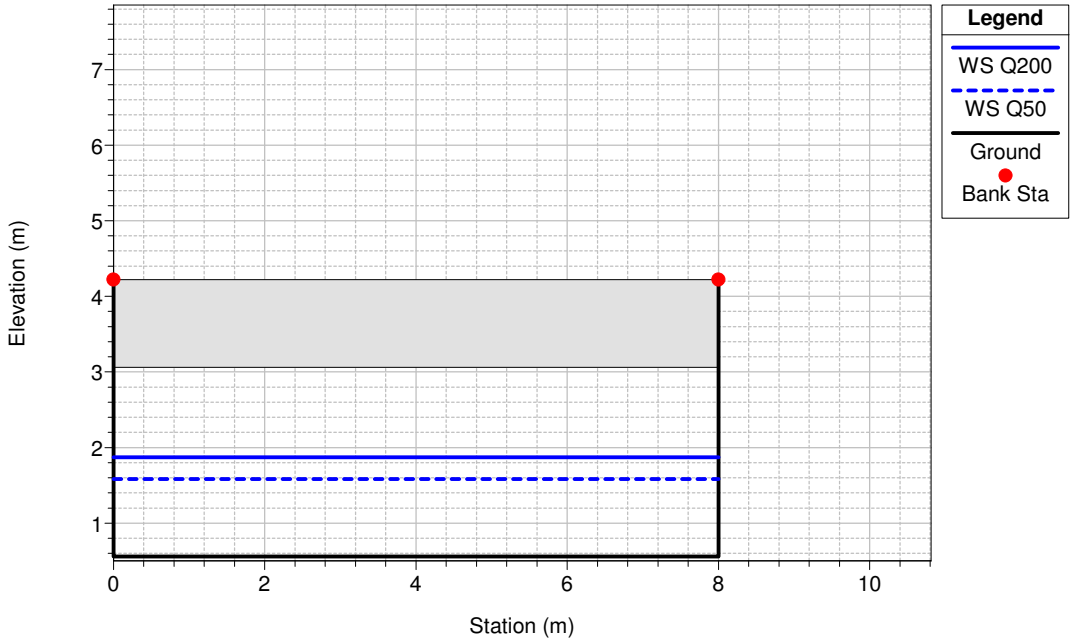
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 14 14



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 13 13

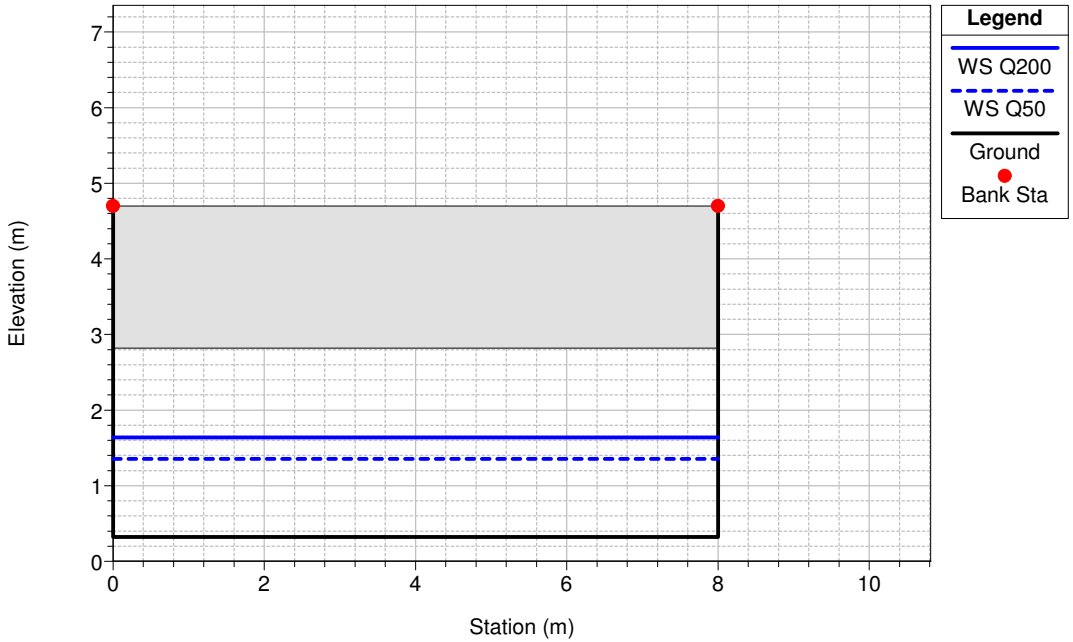


MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 12 12

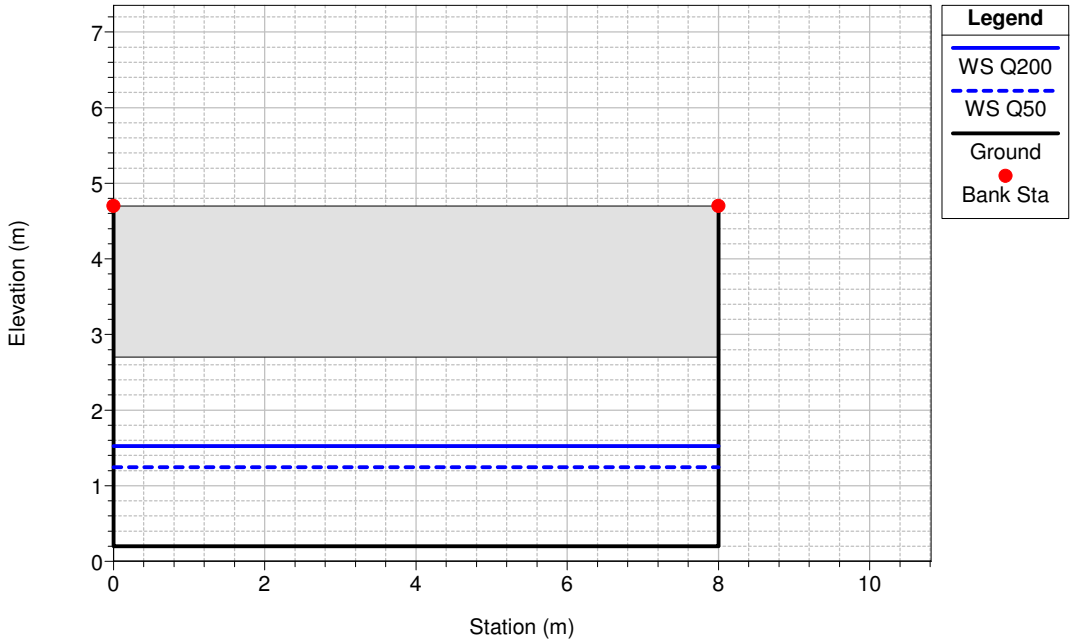


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

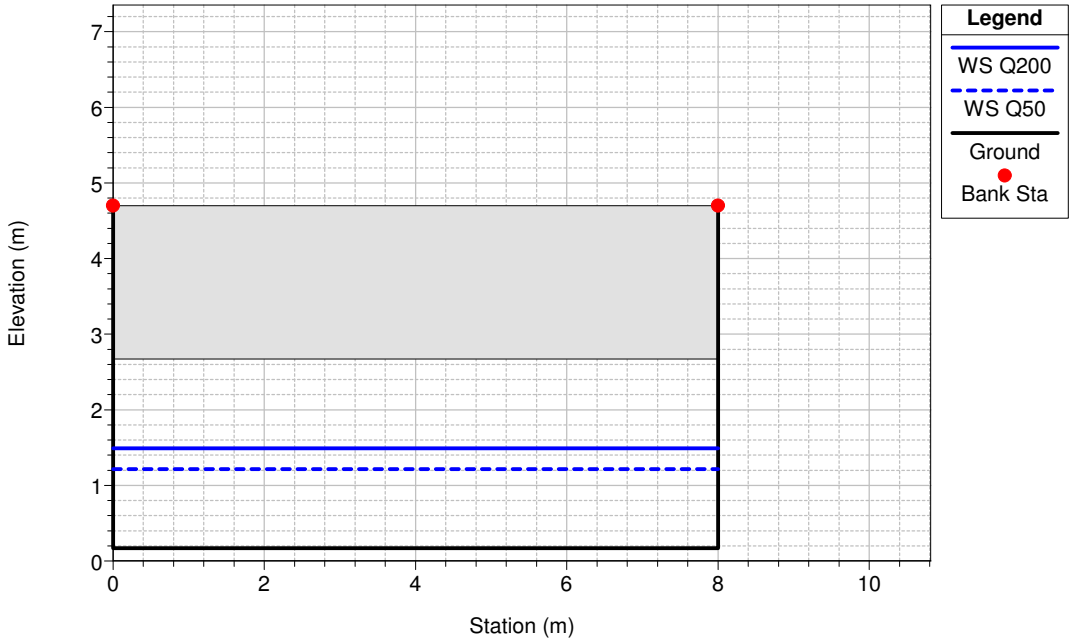
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 11 11



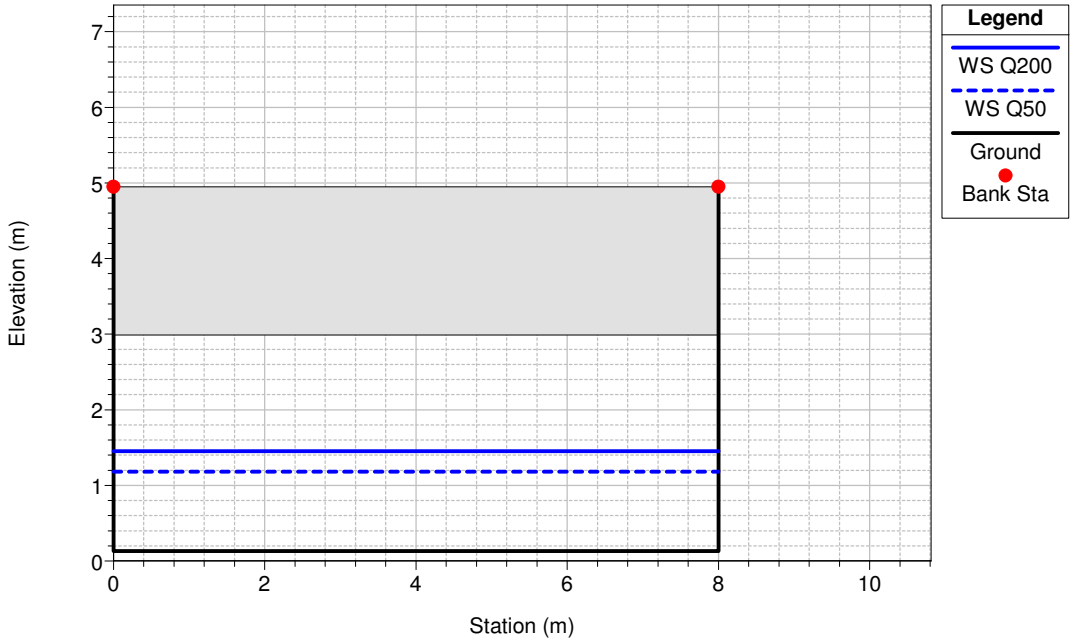
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 10 10



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 9 9



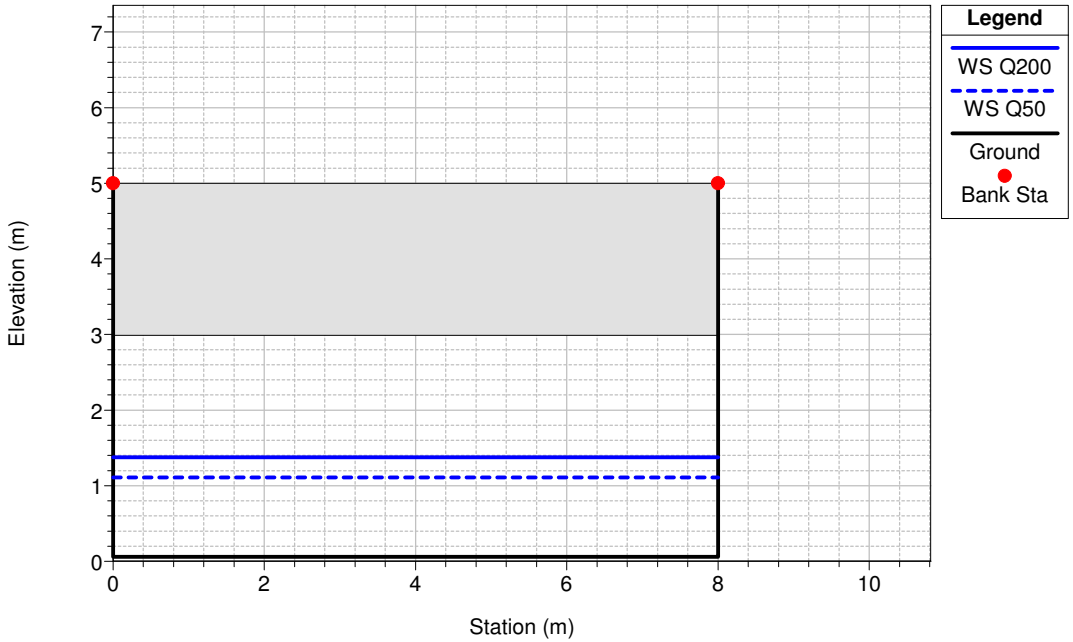
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 8 8 (confine FFSS)



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

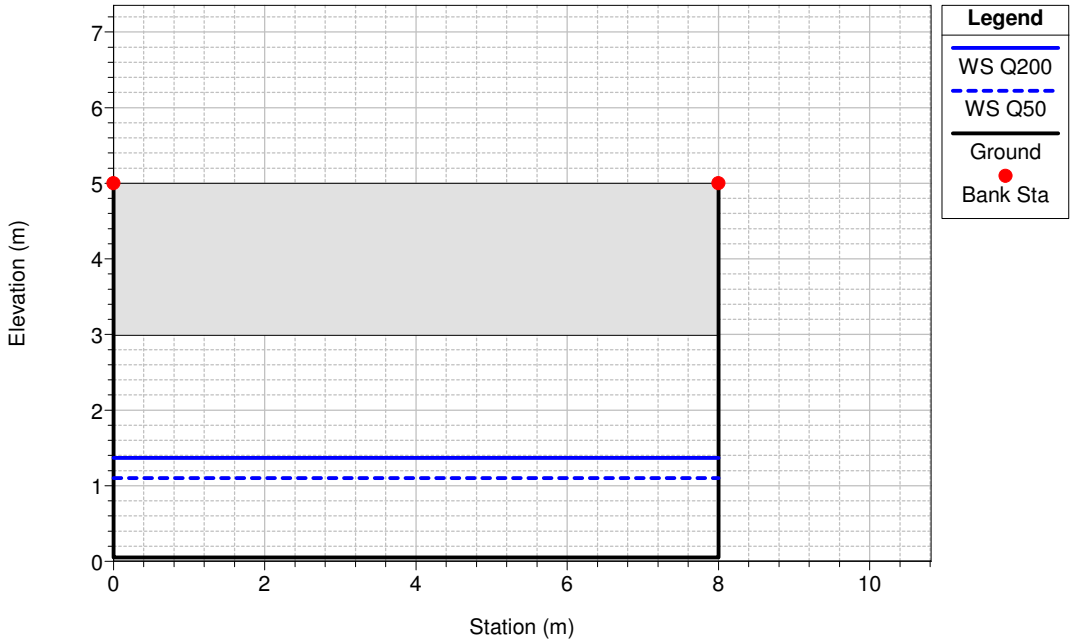
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 7.2 7.2



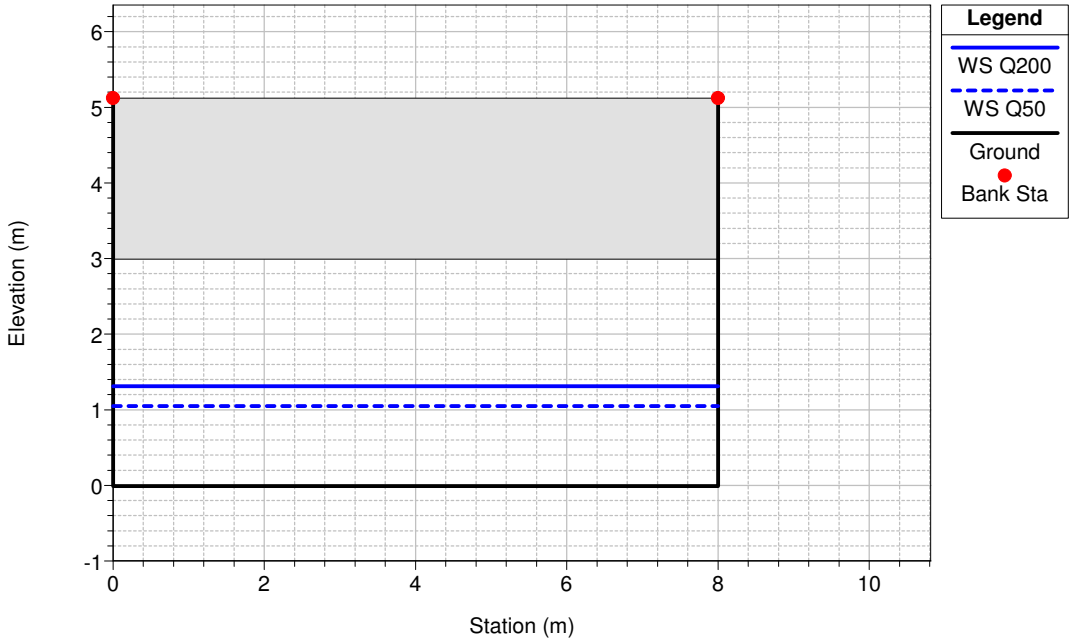
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 7.1 7.1



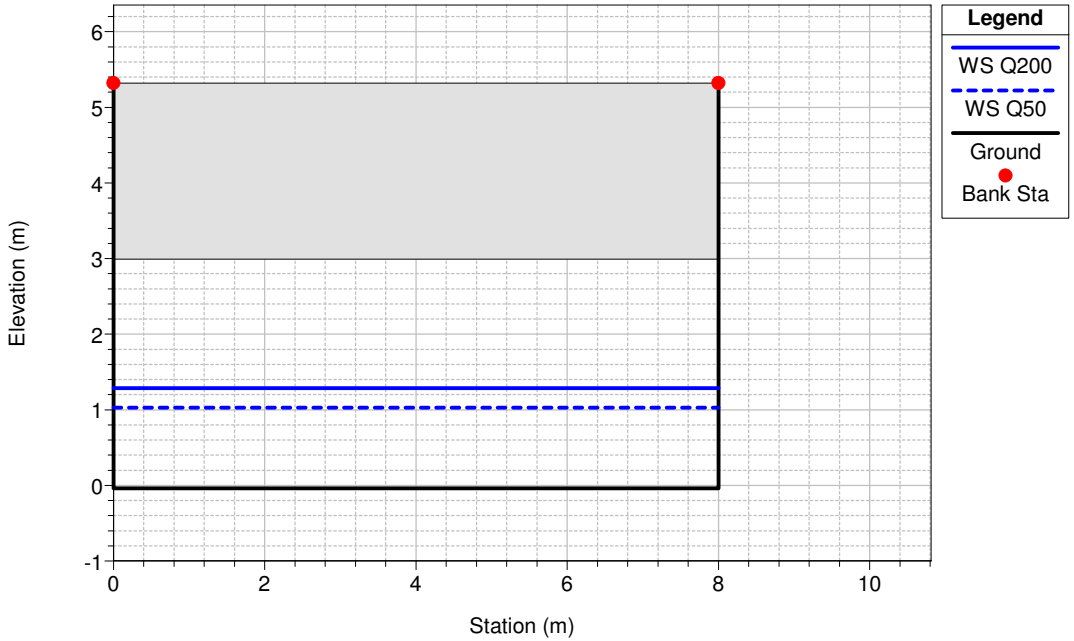
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 7 7



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

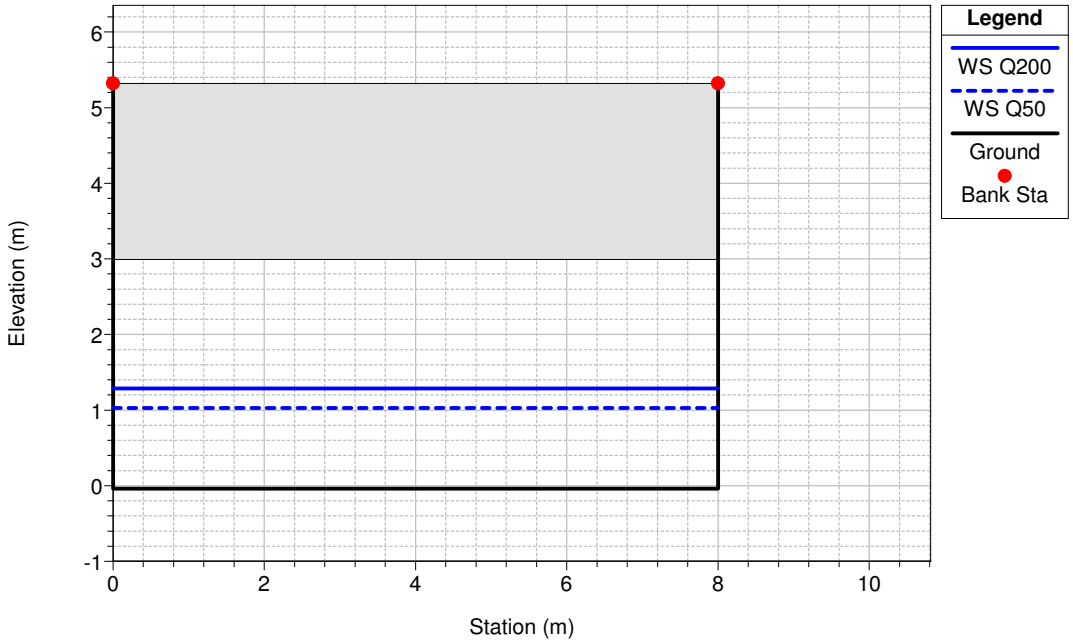
River = Marotto Reach = Marotto RS = 6.2 6.2



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

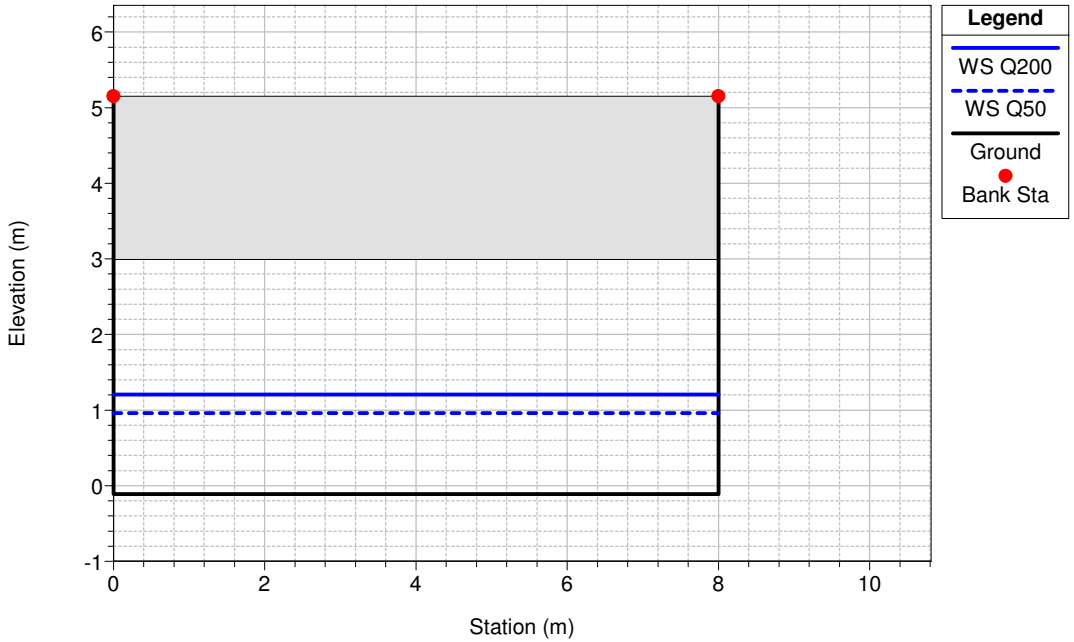
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 6.1 6.1



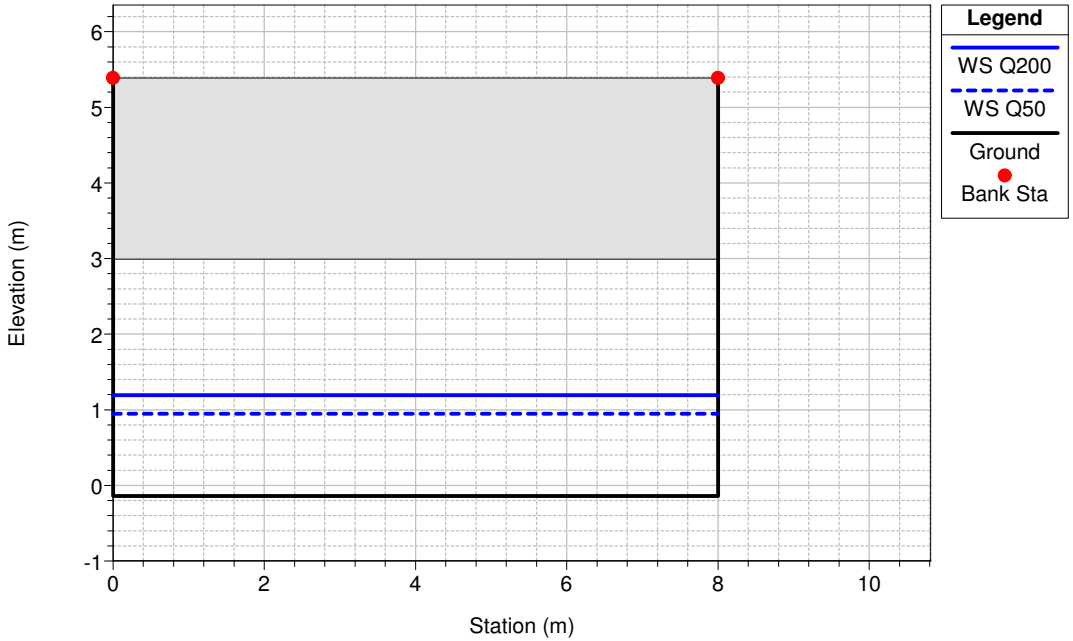
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 6 6



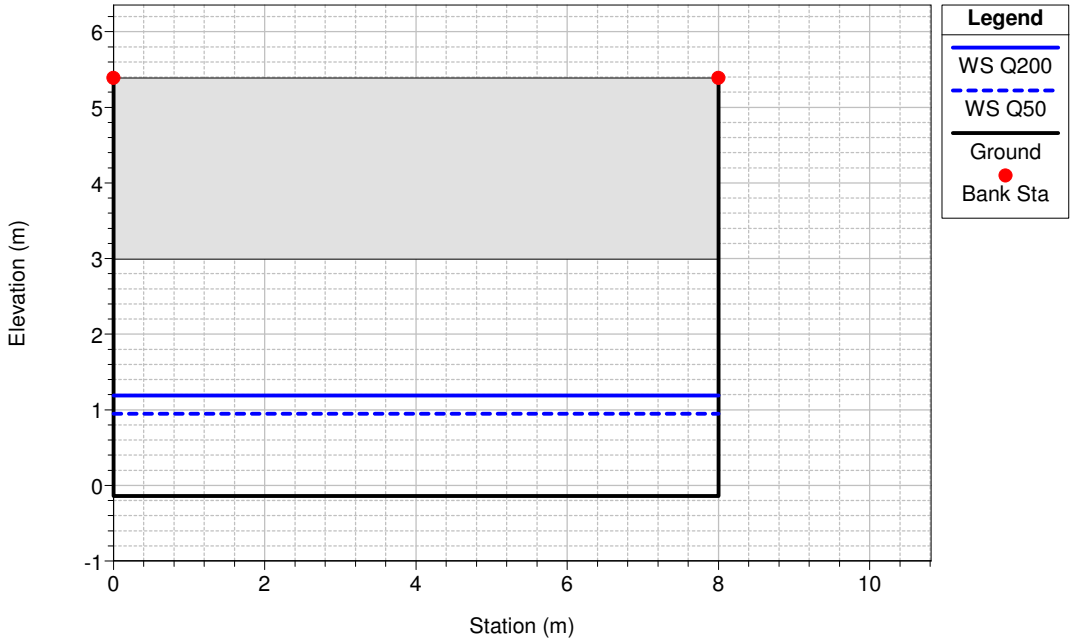
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 5.4 5.4



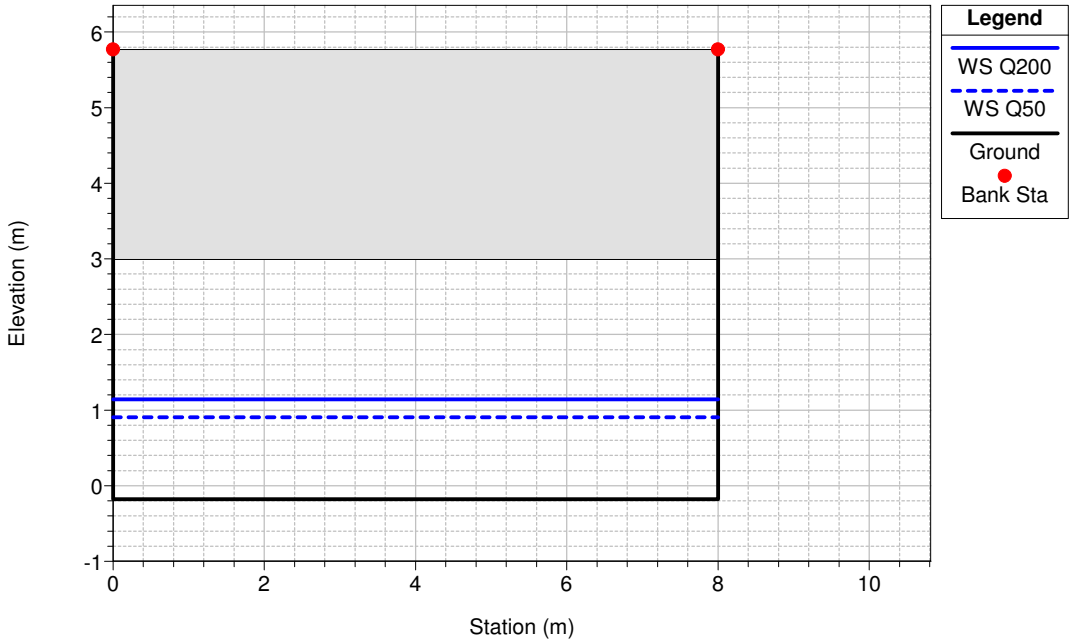
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 5.3 5.3

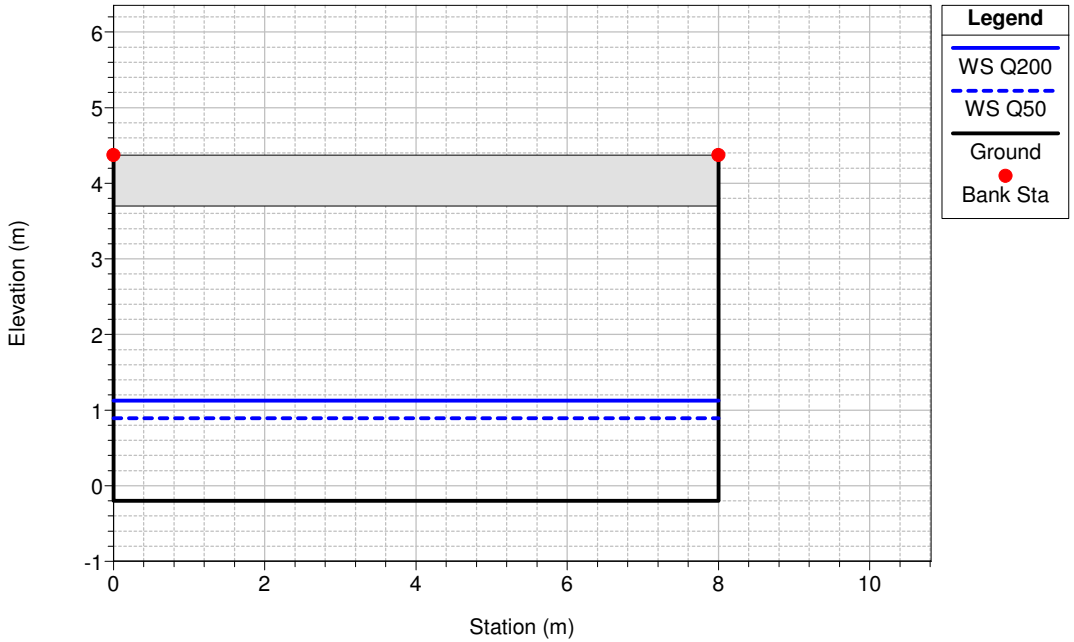


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

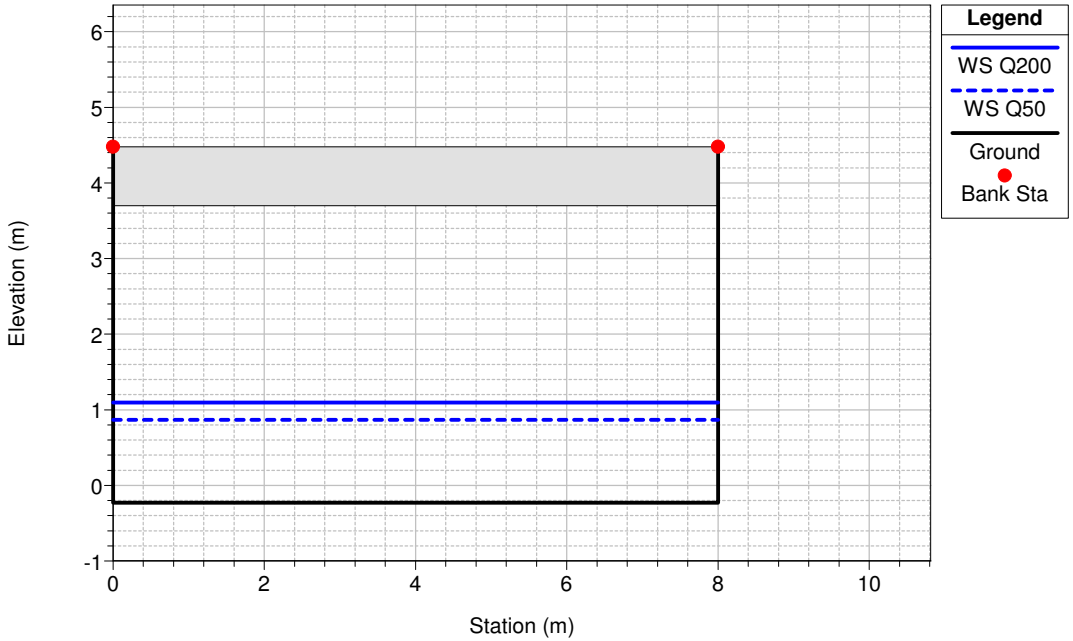
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 5.2 5.2



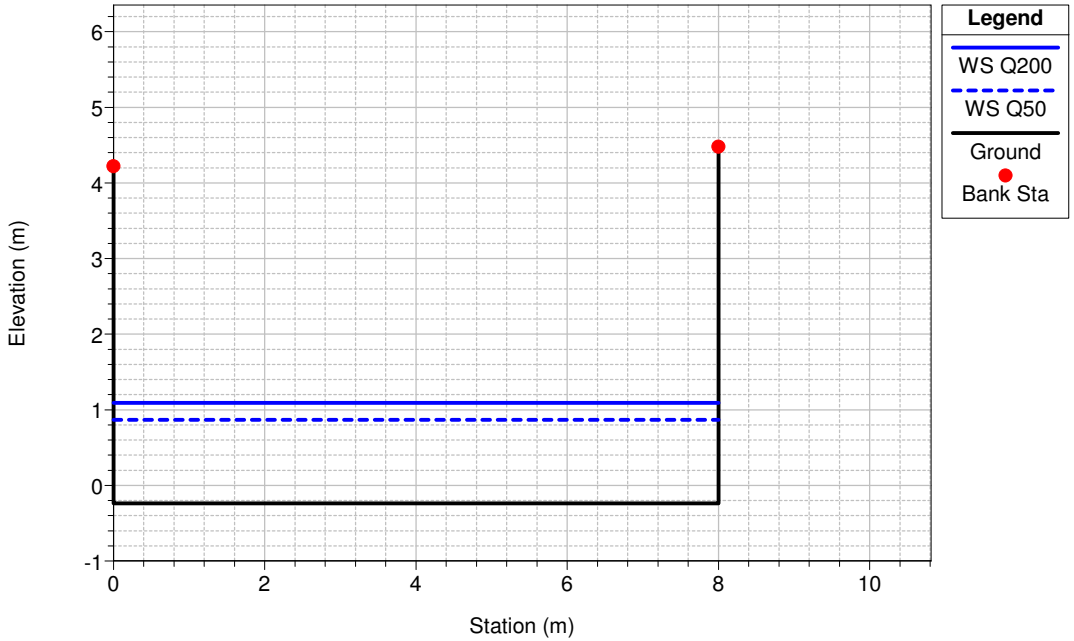
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 5.1 5.1



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 5 5

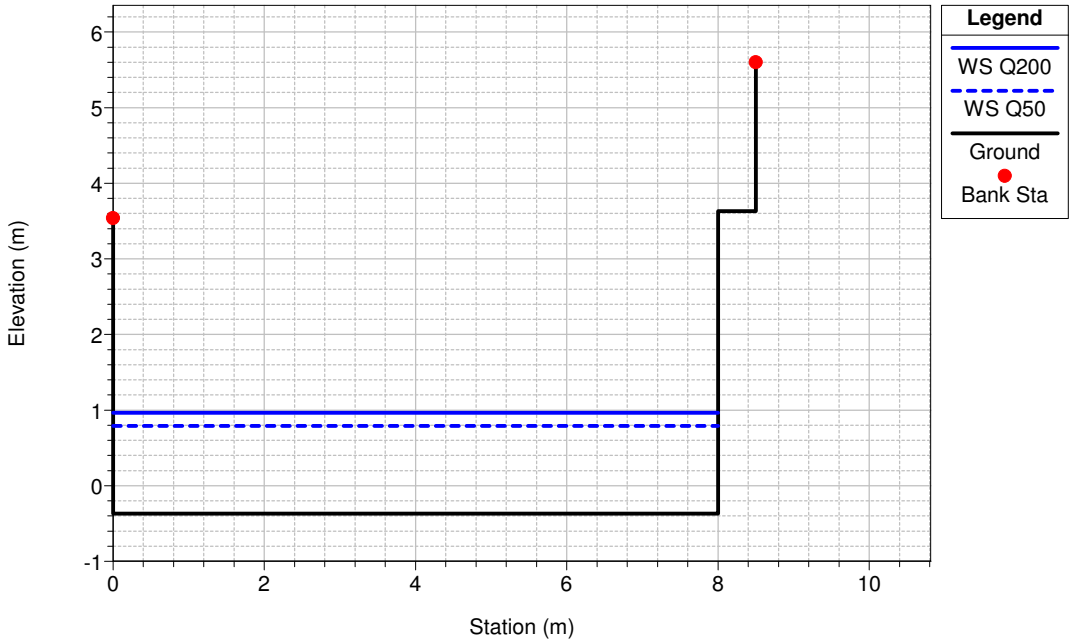


MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 4.1 4.1

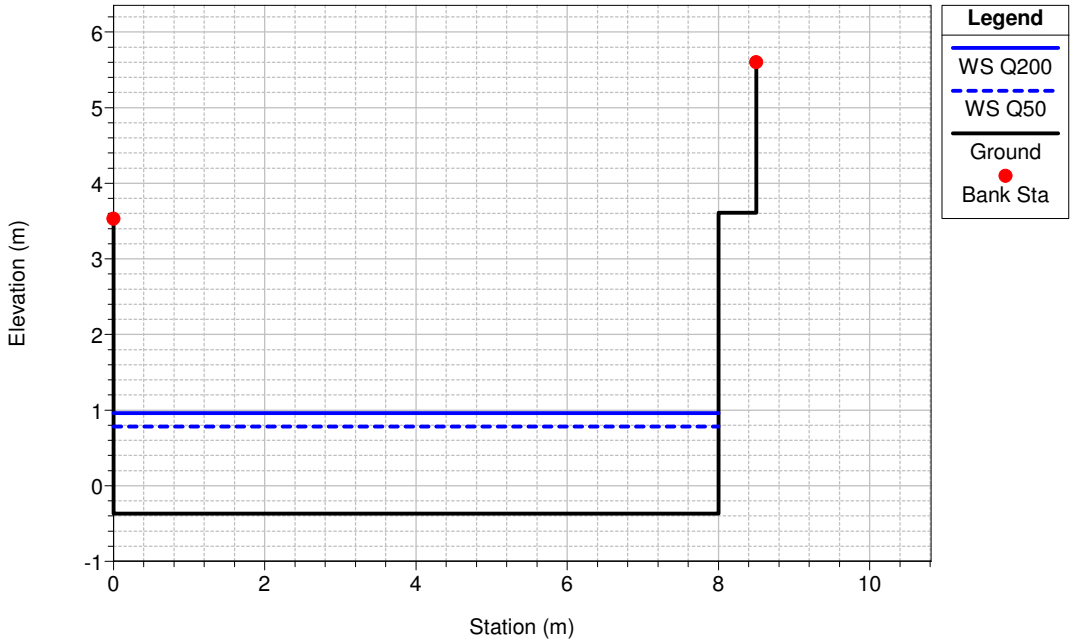


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

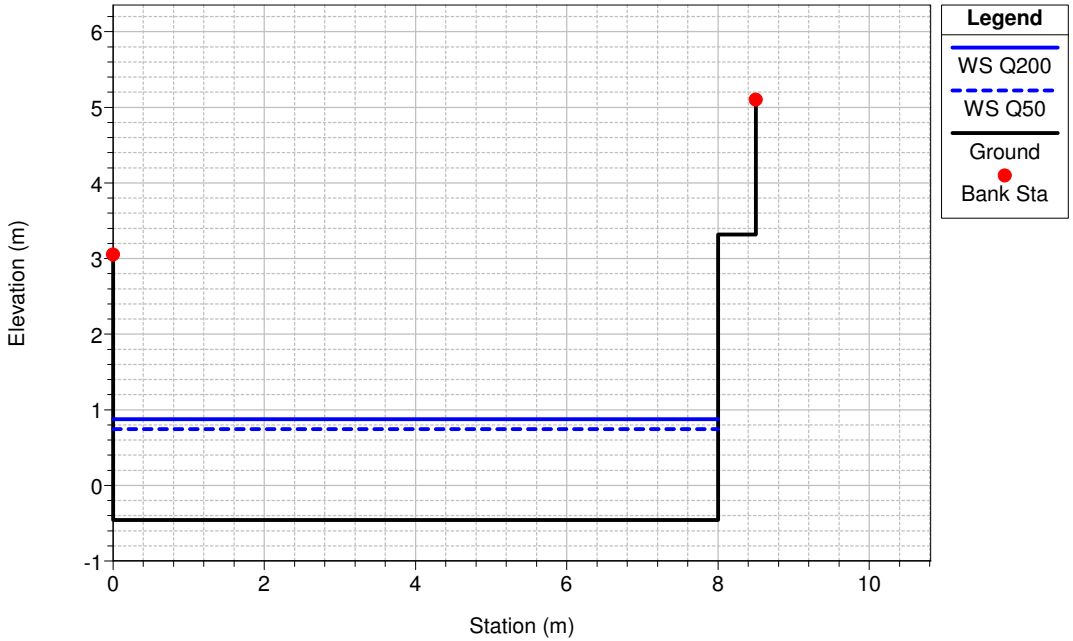
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 4 4



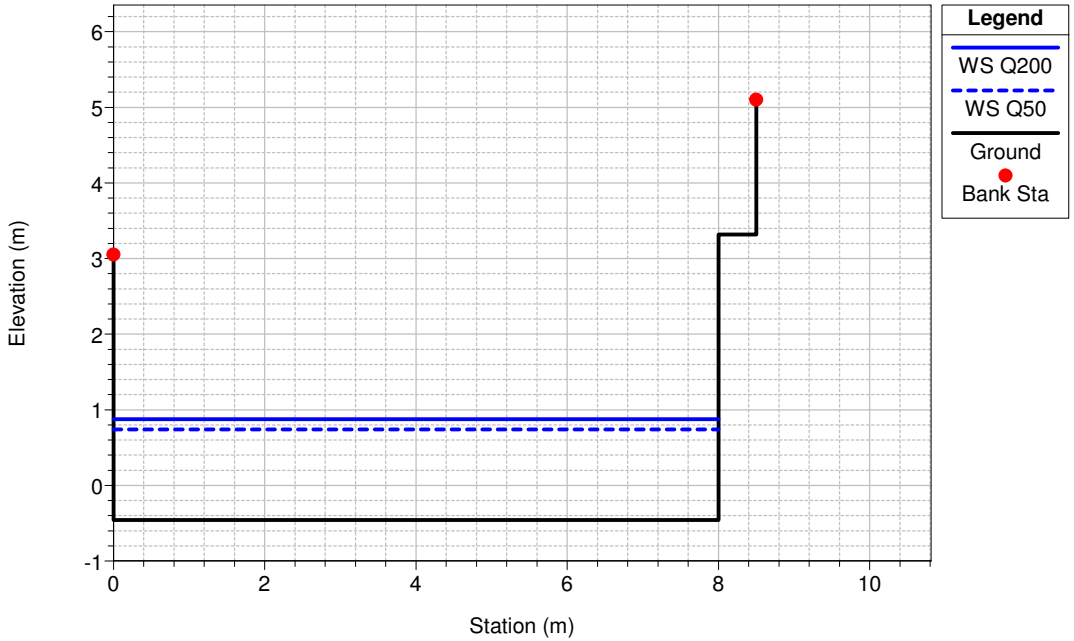
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 3.3 3.3



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 3.2 3.2

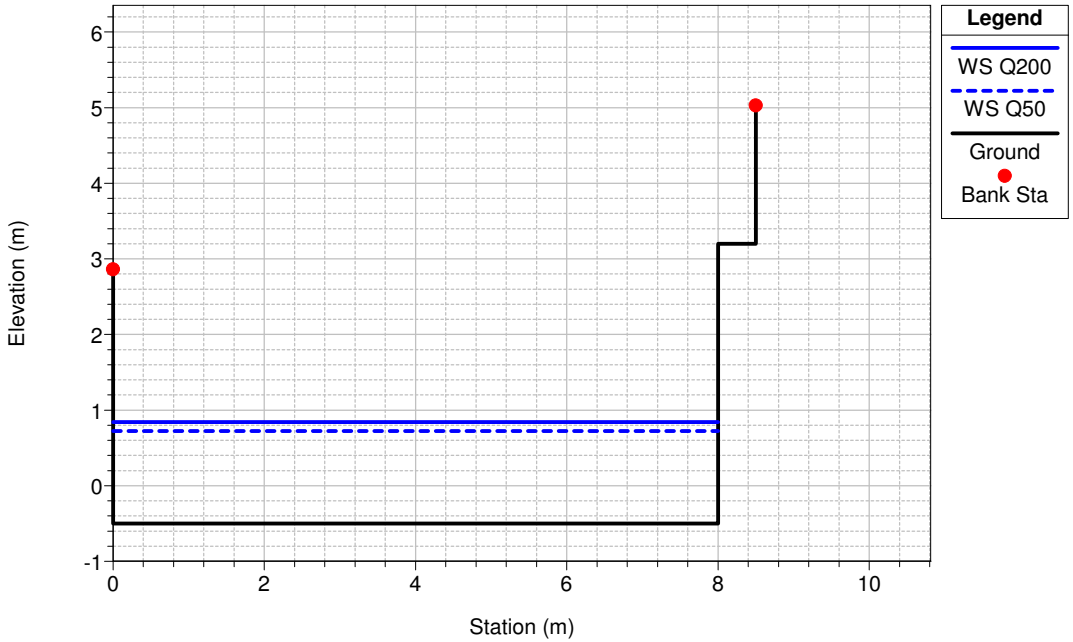


MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 3.1 3.1

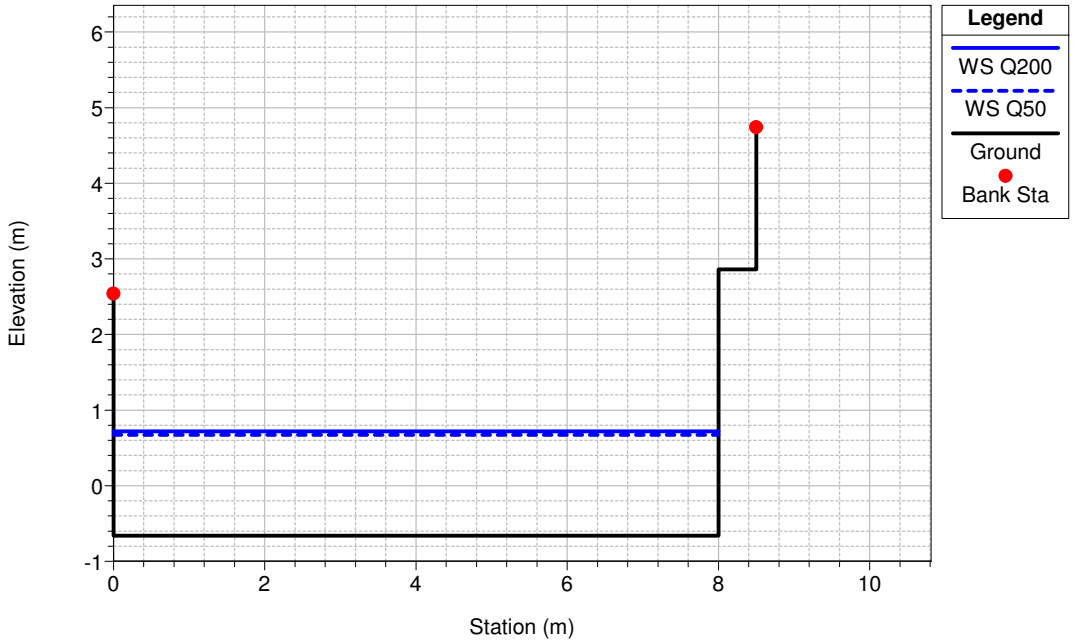


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

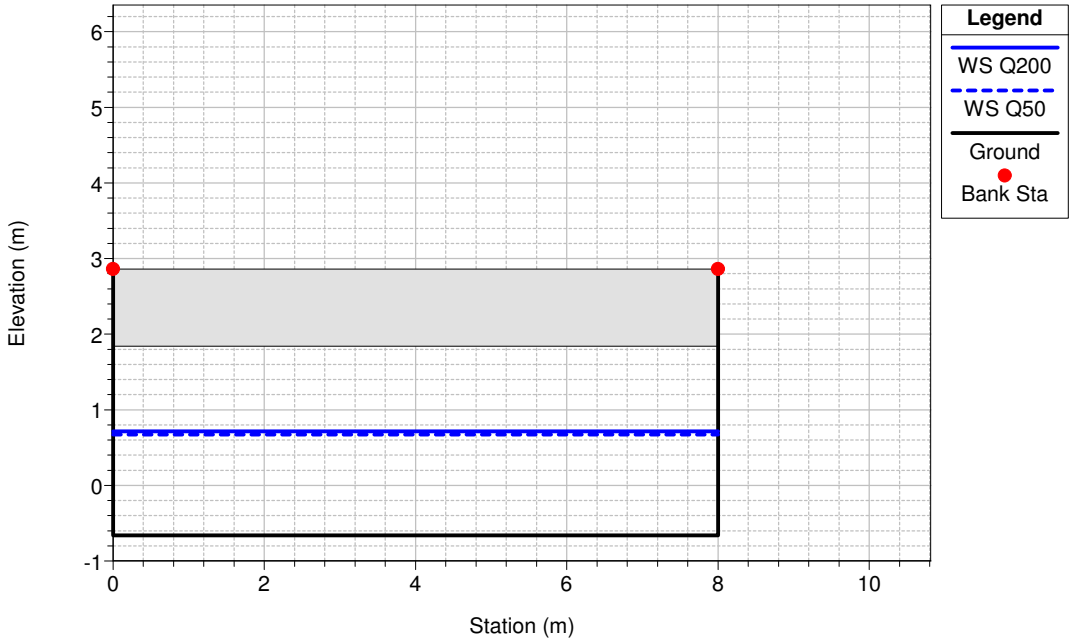
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 3 3



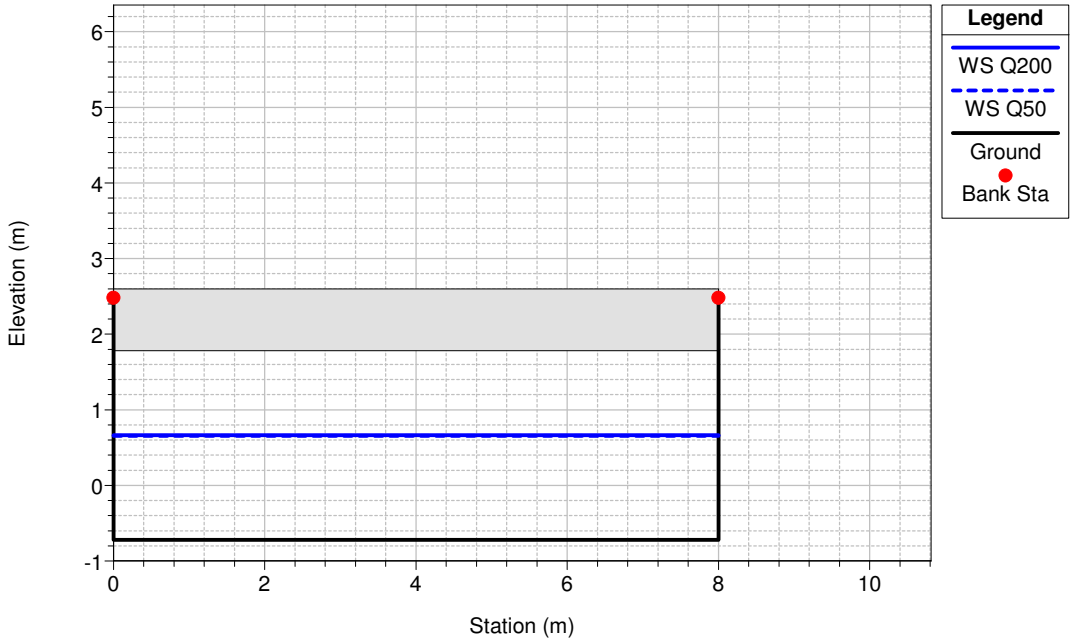
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 2 2



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 1.3 1.3



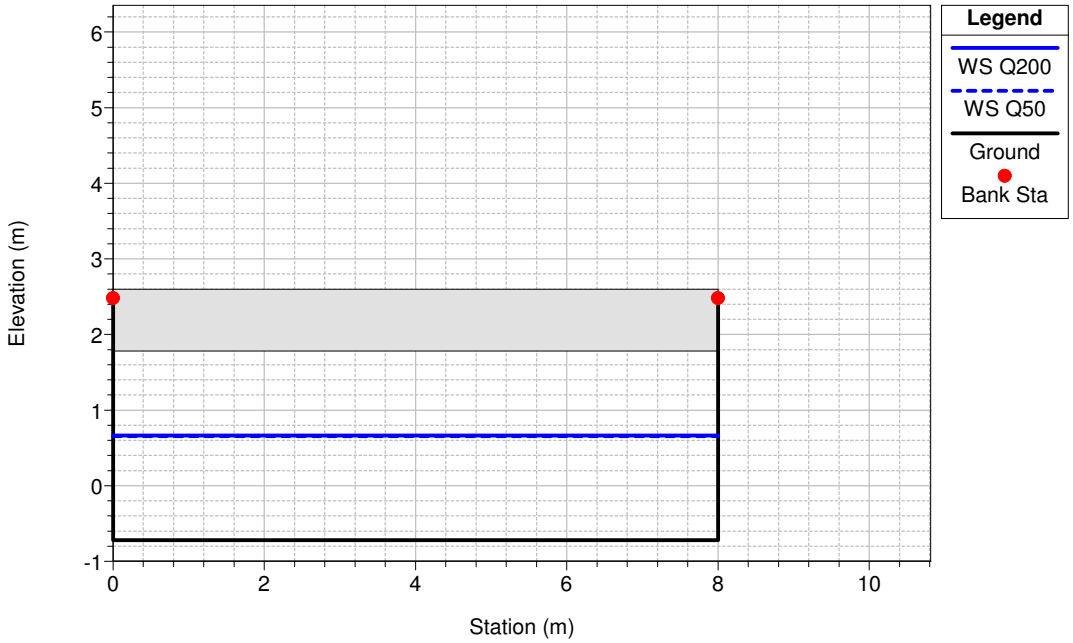
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota
River = Marotto Reach = Marotto RS = 1.2 1.2



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

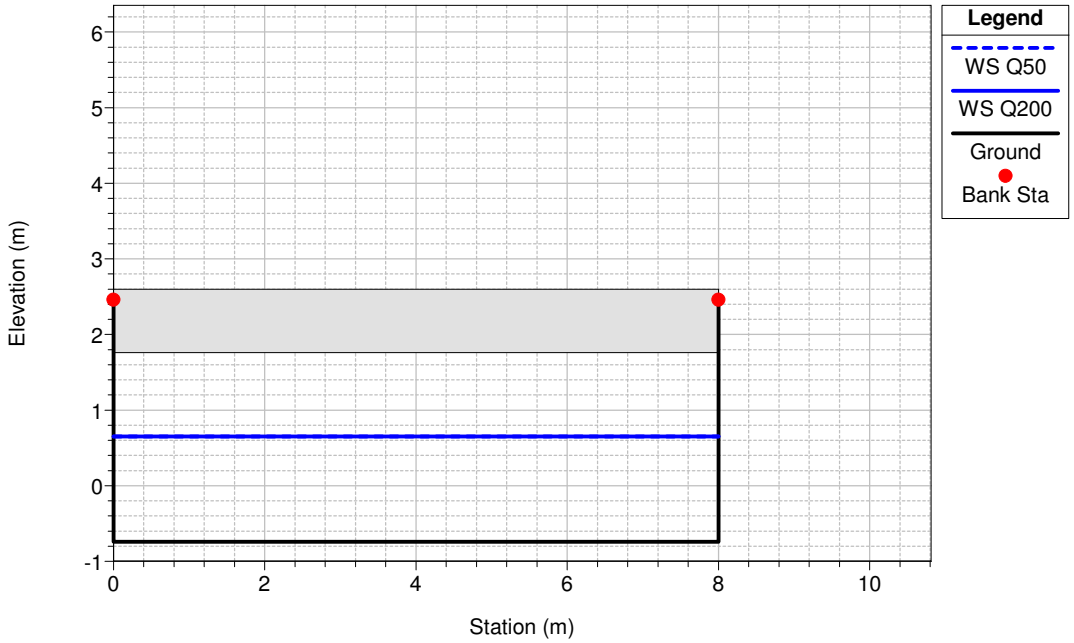
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 1.1 1.1



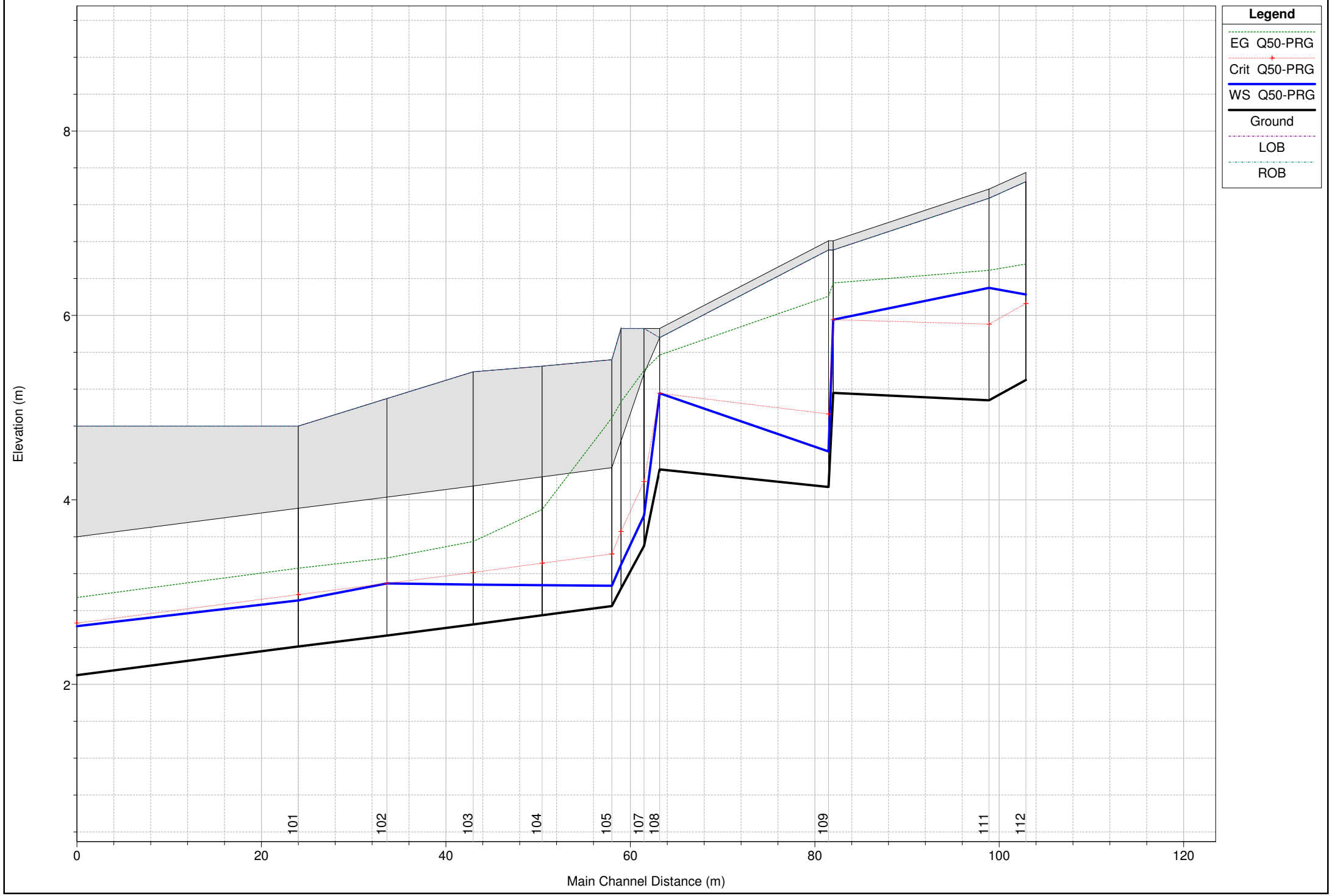
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Mar-PRG-Vasca-vuota

River = Marotto Reach = Marotto RS = 1 1



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

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG

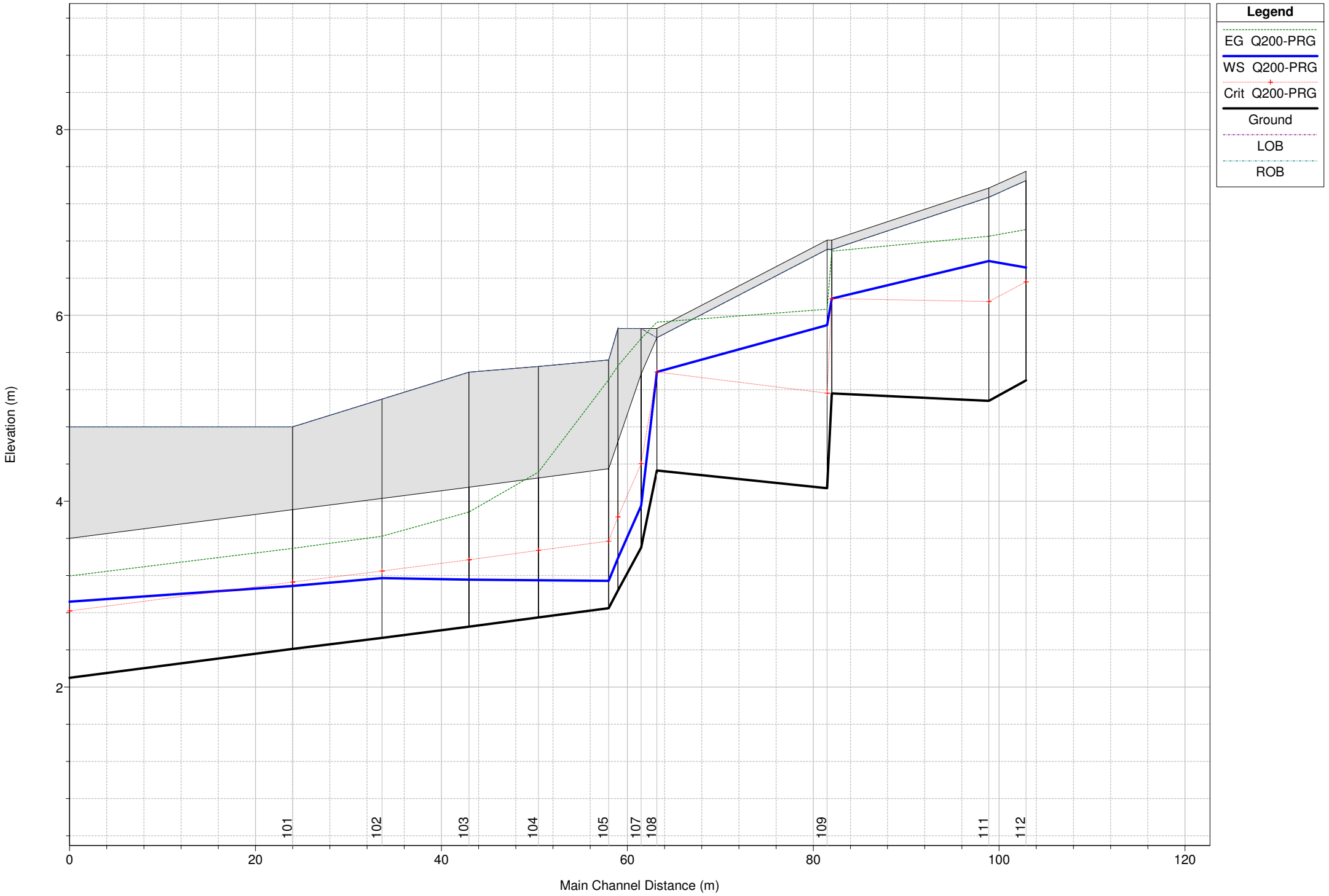


1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 0.5 m

HEC-RAS Plan: MONF-PRG River: Monferrato Reach: Monferrato monte Profile: Q50-PRG

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monferrato monte	100	Q50-PRG		2.10	3.60	3.60	5.90	2.63	2.94	0.53	0.53	2.47	2.39	4.50	1.08
Monferrato monte	101	Q50-PRG	24.00	2.41	3.91	3.91	5.90	2.91	3.26	0.50	0.50	2.62	2.25	4.50	1.18
Monferrato monte	102	Q50-PRG	33.61	2.53	4.03	4.03	5.90	3.09	3.37	0.56	0.56	2.32	2.54	4.50	0.99
Monferrato monte	103	Q50-PRG	42.97	2.65	4.15	4.15	5.90	3.08	3.55	0.43	0.43	3.03	1.95	4.50	1.47
Monferrato monte	104	Q50-PRG	50.43	2.75	4.25	4.25	5.90	3.08	3.90	0.33	0.33	4.01	1.47	4.50	2.24
Monferrato monte	105	Q50-PRG	57.99	2.85	4.35	4.35	5.90	3.07	4.89	0.22	0.22	5.98	0.99	4.50	4.08
Monferrato monte	106	Q50-PRG	58.99	3.04	4.64	4.64	5.90	3.30	5.06	0.26	0.26	5.89	1.00	3.90	3.71
Monferrato monte	107	Q50-PRG	61.49	3.50	5.37	5.37	5.90	3.83	5.40	0.33	0.33	5.55	1.06	3.20	3.08
Monferrato monte	108	Q50-PRG	63.19	4.33	5.76	5.76	5.90	5.16	5.57	0.83	0.83	2.85	2.07	2.50	1.00
Monferrato monte	109	Q50-PRG	81.49	4.14	6.71	6.71	5.90	4.53	6.21	0.39	0.39	5.75	1.03	2.66	2.95
Monferrato monte	110	Q50-PRG	81.99	5.16	6.71	6.71	5.90	5.95	6.35	0.79	0.79	2.79	2.11	2.66	1.00
Monferrato monte	111	Q50-PRG	98.89	5.08	7.27	7.27	5.90	6.30	6.49	1.22	1.22	1.94	3.05	2.50	0.56
Monferrato monte	112	Q50-PRG	102.90	5.30	7.45	7.45	5.90	6.23	6.56	0.93	0.93	2.54	2.32	2.50	0.84

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG

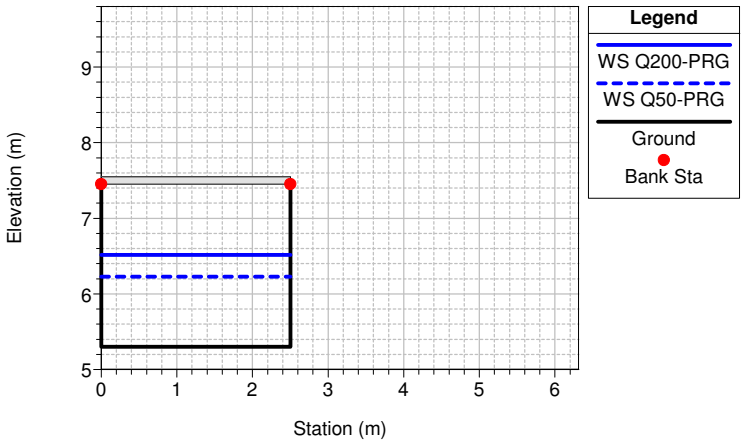


1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 0.5 m

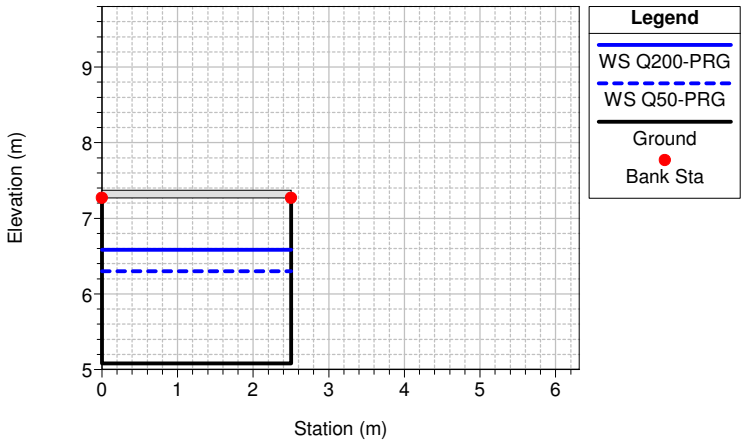
HEC-RAS Plan: MONF-PRG River: Monferrato Reach: Monferrato monte Profile: Q200-PRG

Reach	River Sta	Profile	Cum Ch Len	Min Ch El	LOB Elev	ROB Elev	Q Total	W.S. Elev	E.G. Elev	Hydr Depth	Max Chl Dpth	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m)	(m)	(m)	(m)	(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Monferrato monte	100	Q200-PRG		2.10	3.60	3.60	8.60	2.92	3.20	0.82	0.82	2.33	3.69	4.50	0.82
Monferrato monte	101	Q200-PRG	24.00	2.41	3.91	3.91	8.60	3.09	3.49	0.68	0.68	2.82	3.05	4.50	1.09
Monferrato monte	102	Q200-PRG	33.61	2.53	4.03	4.03	8.60	3.17	3.62	0.64	0.64	2.98	2.89	4.50	1.19
Monferrato monte	103	Q200-PRG	42.97	2.65	4.15	4.15	8.60	3.16	3.88	0.51	0.51	3.78	2.27	4.50	1.70
Monferrato monte	104	Q200-PRG	50.43	2.75	4.25	4.25	8.60	3.15	4.31	0.40	0.40	4.78	1.80	4.50	2.41
Monferrato monte	105	Q200-PRG	57.99	2.85	4.35	4.35	8.60	3.14	5.31	0.29	0.29	6.52	1.32	4.50	3.85
Monferrato monte	106	Q200-PRG	58.99	3.04	4.64	4.64	8.60	3.39	5.46	0.35	0.35	6.38	1.35	3.90	3.46
Monferrato monte	107	Q200-PRG	61.49	3.50	5.37	5.37	8.60	3.95	5.75	0.45	0.45	5.94	1.45	3.20	2.82
Monferrato monte	108	Q200-PRG	63.19	4.33	5.76	5.76	8.60	5.39	5.93	1.06	1.06	3.24	2.66	2.50	1.00
Monferrato monte	109	Q200-PRG	81.49	4.14	6.71	6.71	8.60	5.89	6.07	1.75	1.75	1.84	4.67	2.66	0.44
Monferrato monte	110	Q200-PRG	81.99	5.16	6.71	6.71	8.60	6.18	6.69	1.02	1.02	3.17	2.71	2.66	1.00
Monferrato monte	111	Q200-PRG	98.89	5.08	7.27	7.27	8.60	6.59	6.85	1.50	1.50	2.29	3.76	2.50	0.59
Monferrato monte	112	Q200-PRG	102.90	5.30	7.45	7.45	8.60	6.51	6.92	1.21	1.21	2.83	3.04	2.50	0.82

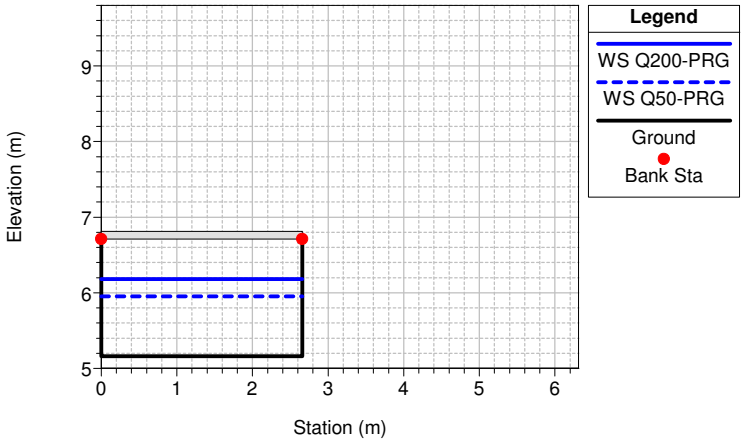
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 112 112



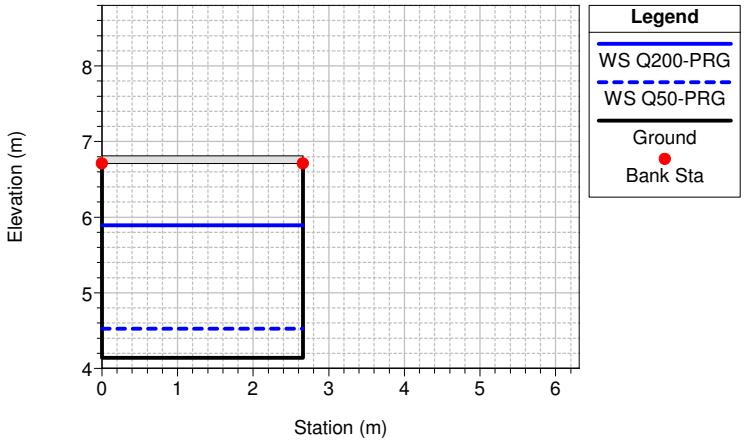
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 111 111



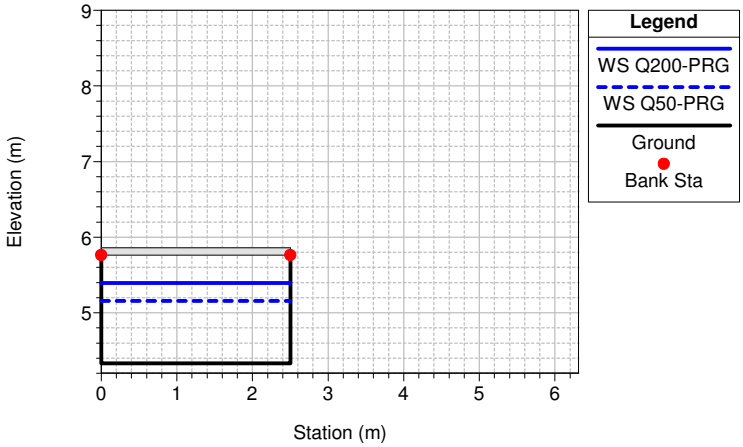
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 110 110



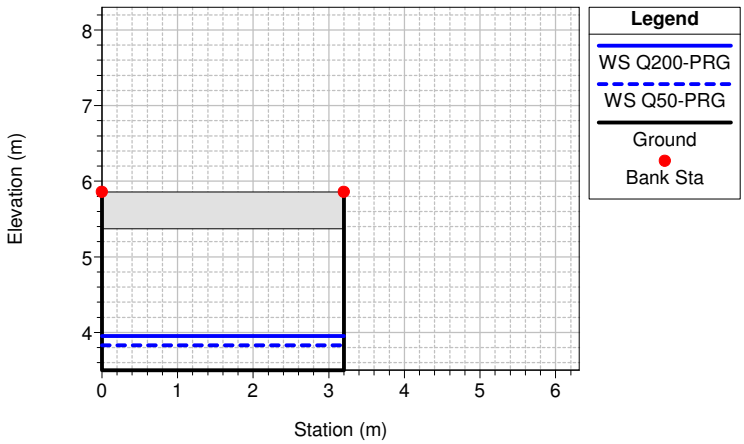
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 109 109



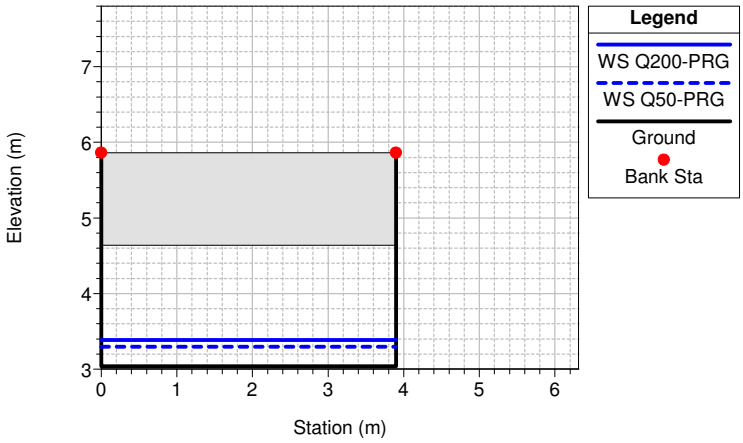
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 108 108



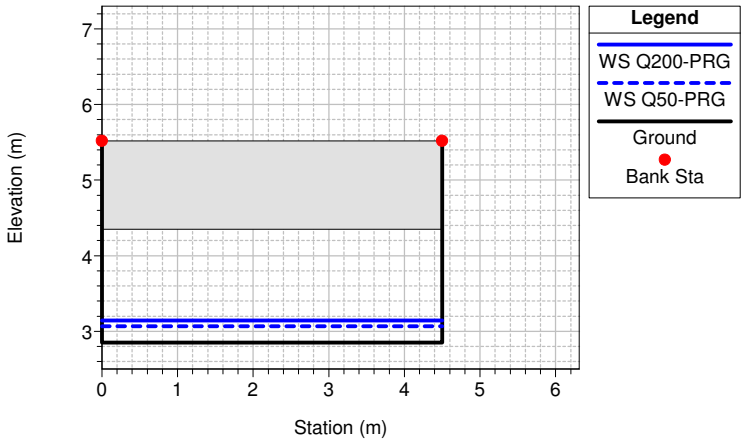
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 107 107



MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 106 106

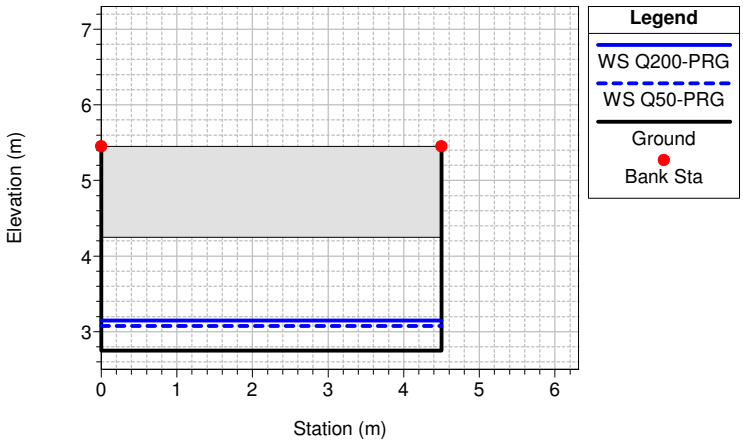


MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 105 105

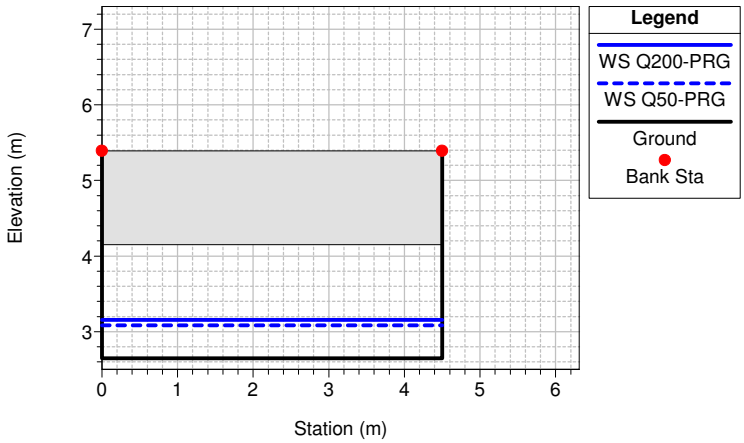


1 cm Horiz. = 1 m 1 cm Vert. = 1 m

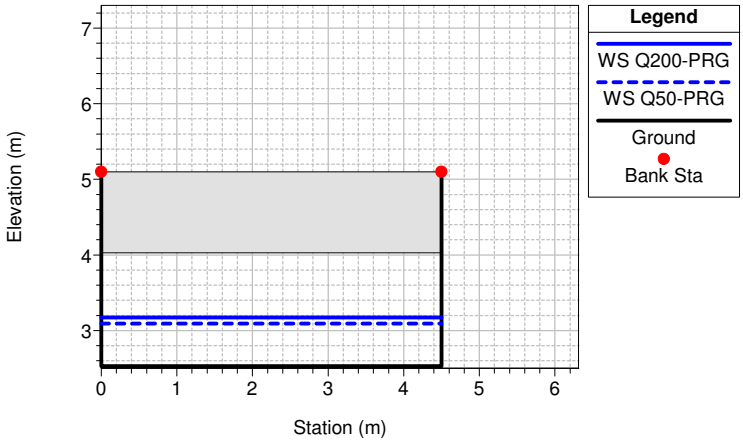
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 104 104



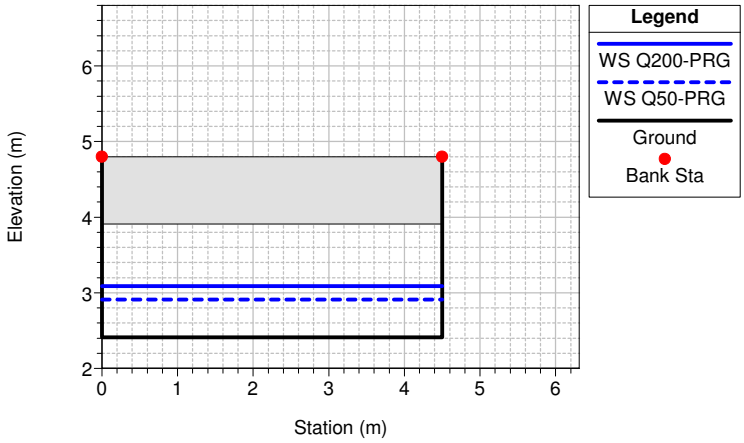
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 103 103



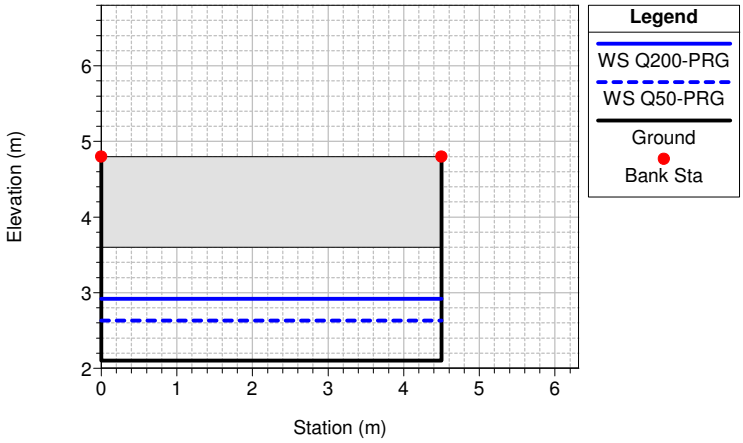
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 102 102



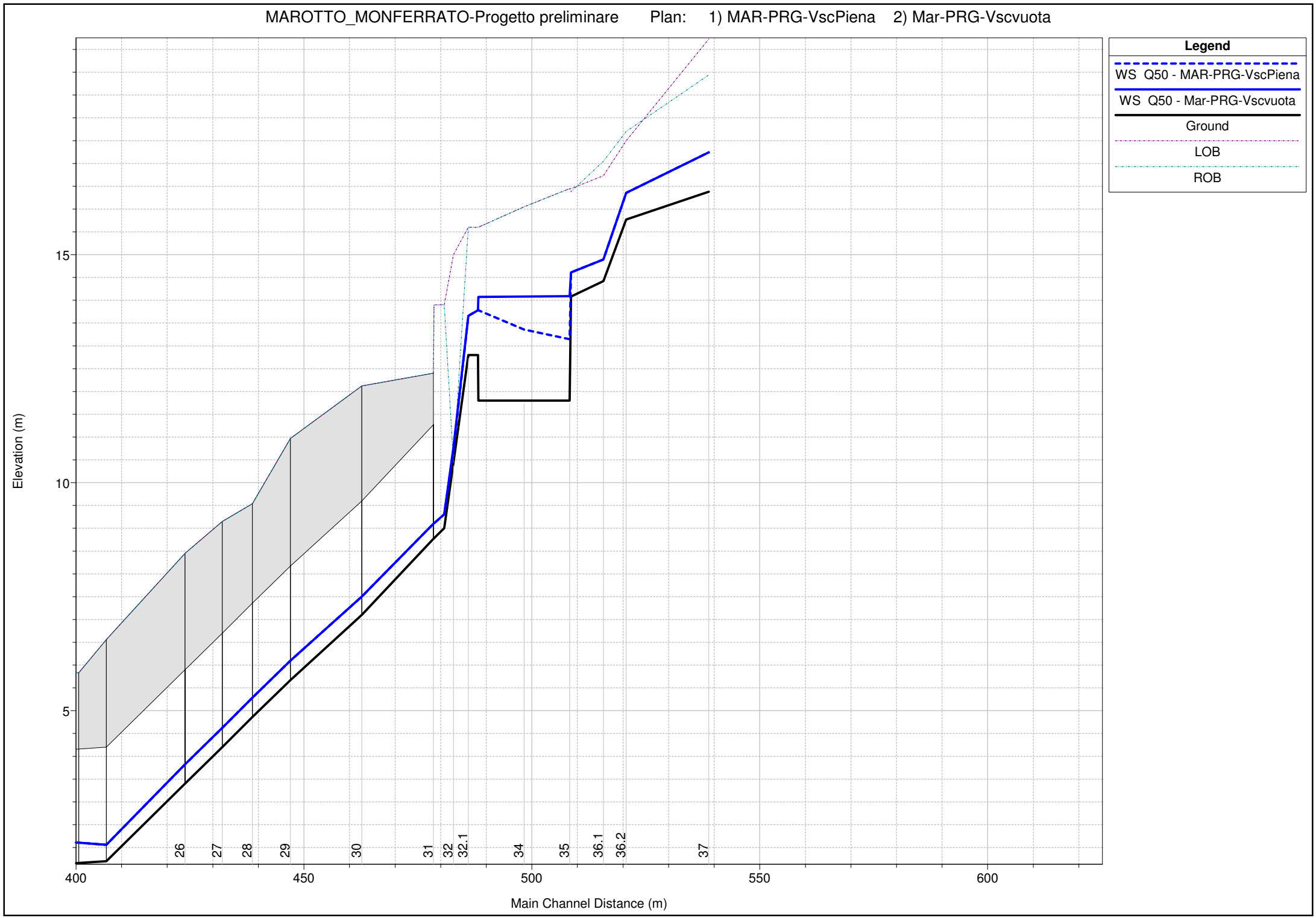
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 101 101



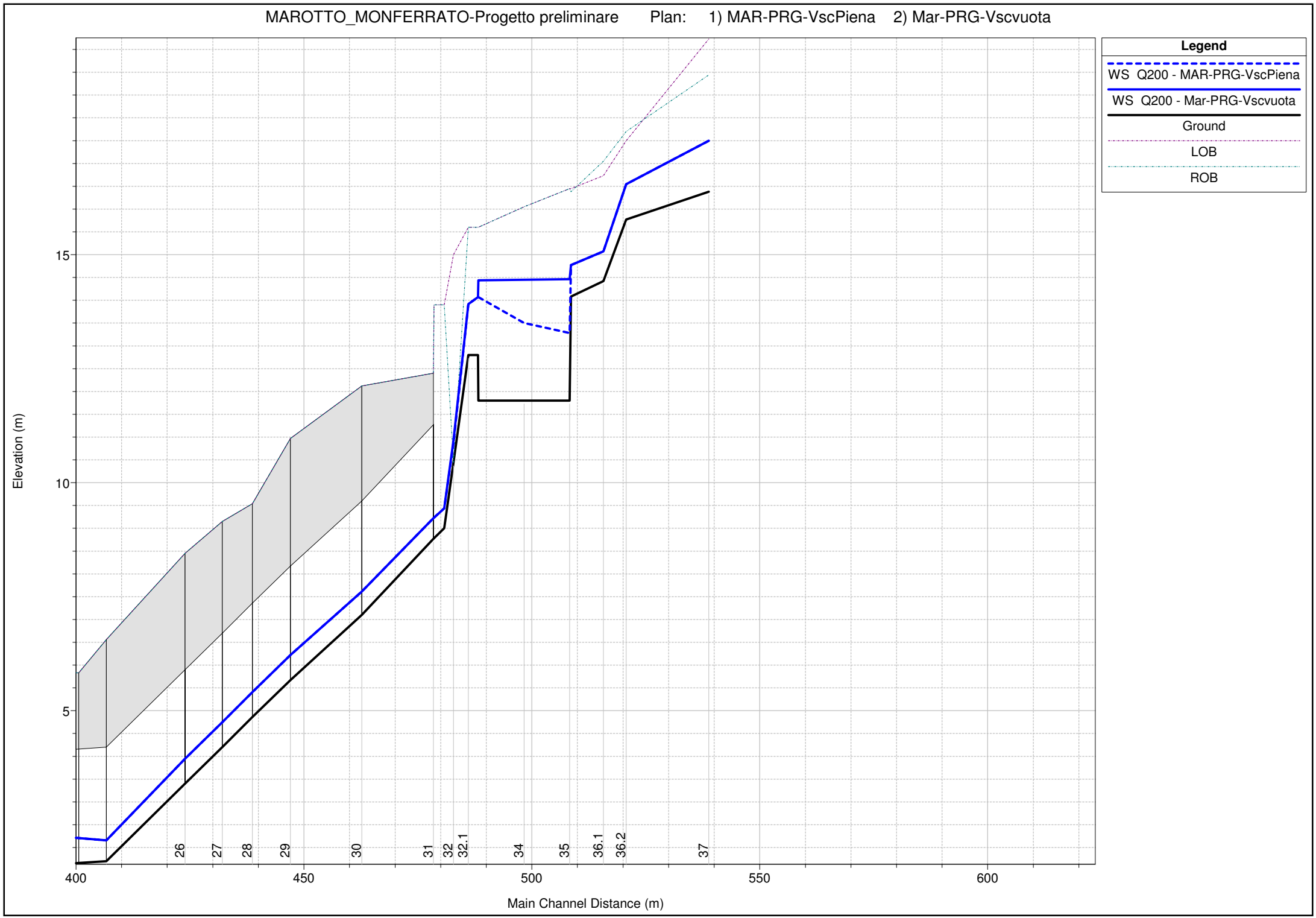
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: Monferrato-PRG
River = Monferrato Reach = Monferrato monte RS = 100 100



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

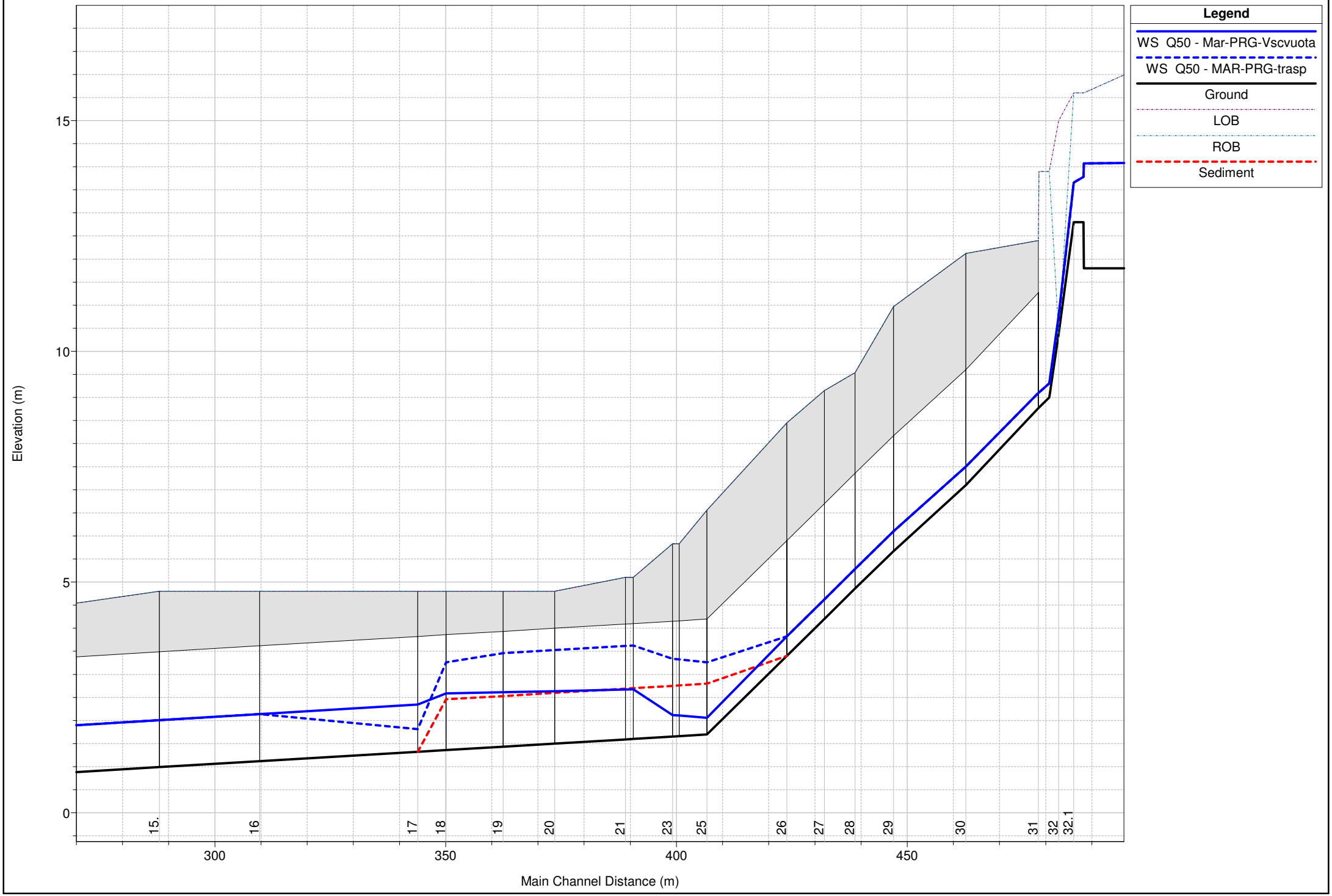


1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m



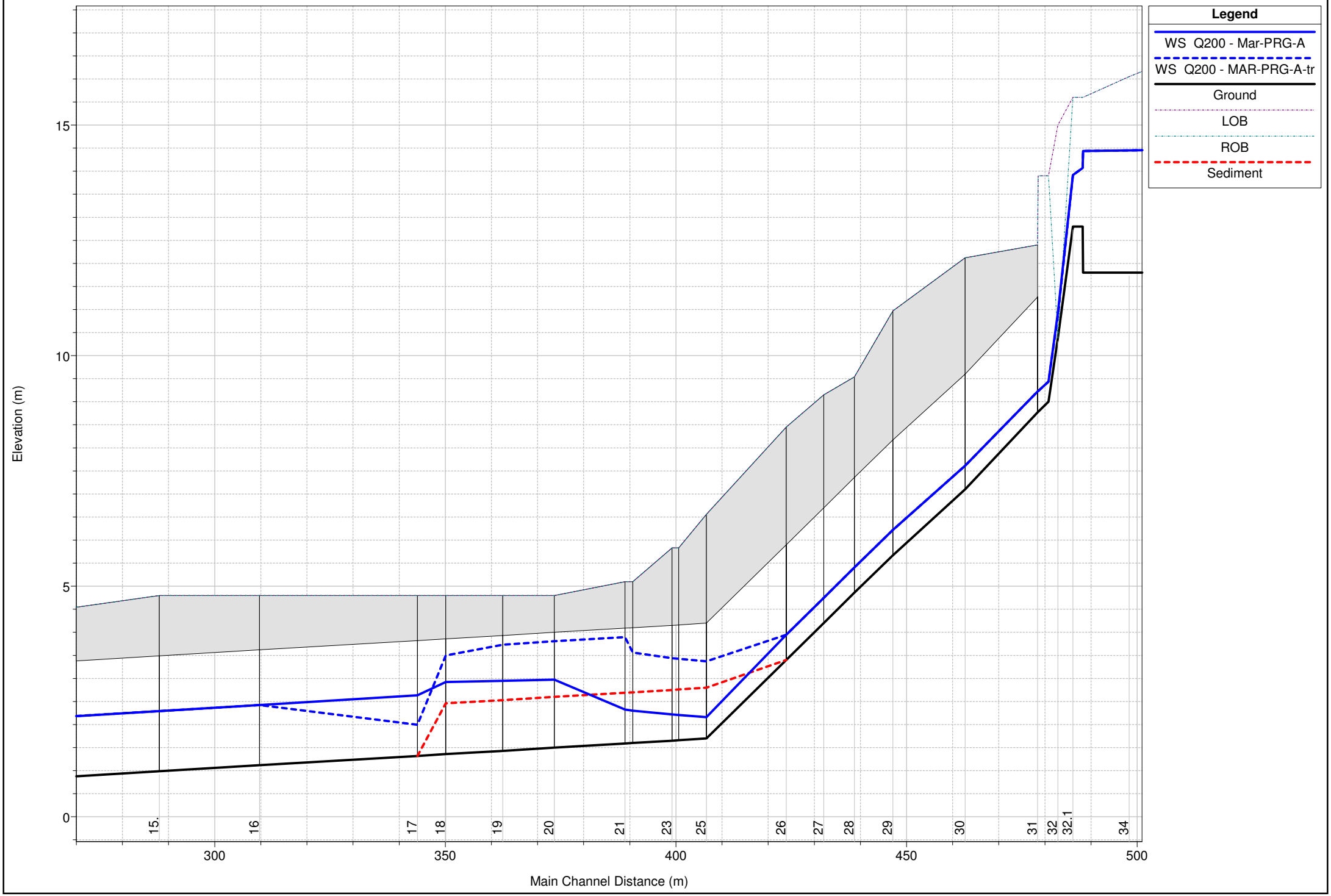
1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: 1) Mar-PRG-Vscvuota 2) MAR-PRG-trasp

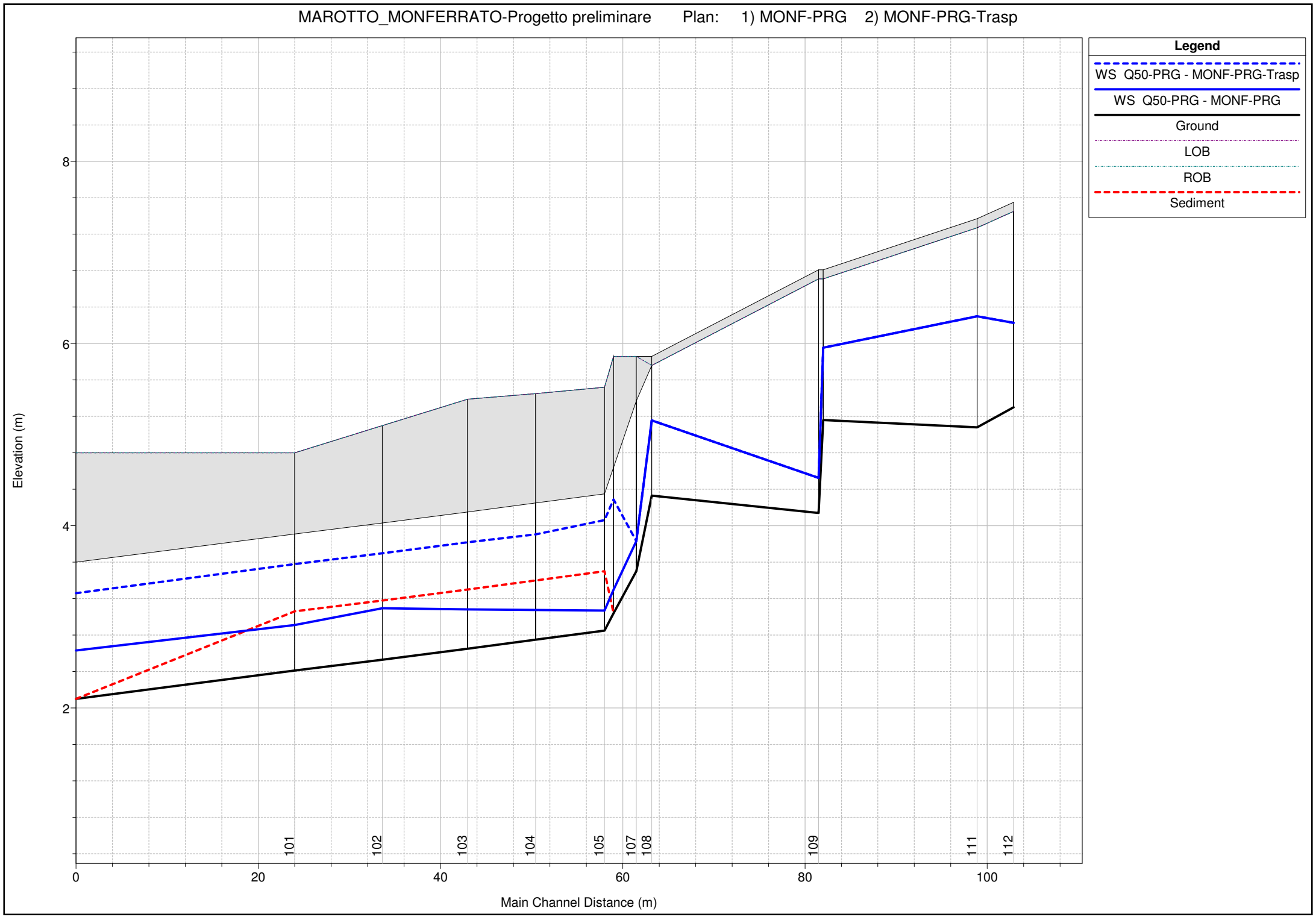


1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m

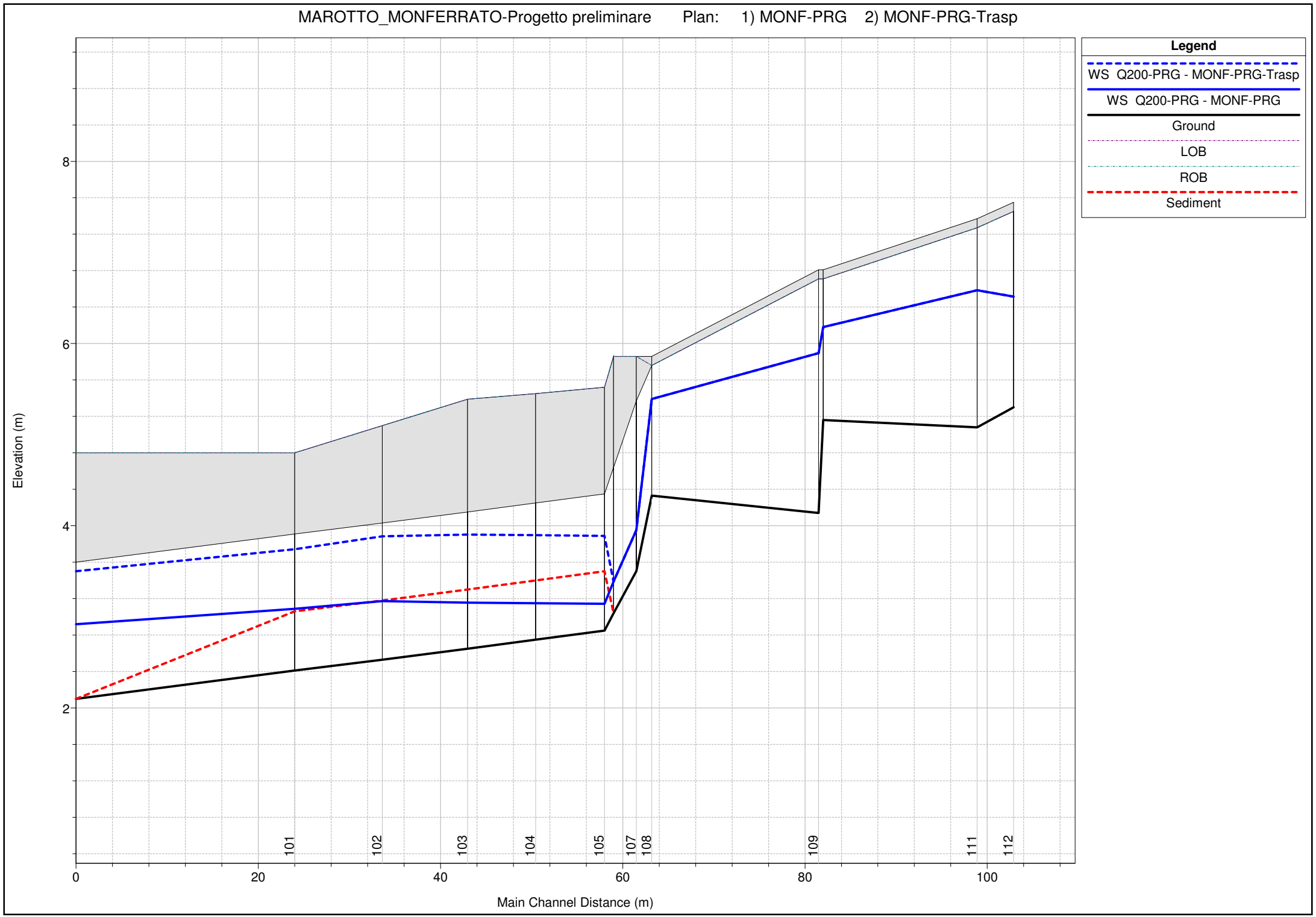
MAROTTO_MONFERRATO-Progetto preliminare Plan: 1) Mar-PRG-A 2) MAR-PRG-A-tr



1 cm Horiz. = 10 m 1 cm Vert. = 1 m



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 0.5 m



1 cm Horiz. = 5 m 1 cm Vert. = 0.5 m

APPENDICE 1

SOFTWARE DI CALCOLO HEC-RAS 5.0.4

Il software di calcolo *Hec-Ras 4.1* della US Army Corps of Engineers consente il calcolo dell'andamento dei profili di rigurgito in moto permanente gradualmente variato in alvei naturali o canali artificiali e la valutazione degli effetti sulla corrente dovuti all'interazione con ponti, tombinature, briglie, stramazzi, aree golenali ecc.,

La determinazione del profilo teorico è ottenuta tramite l'applicazione del cosiddetto *Standard step method* che si basa sulla semplice equazione mono-dimensionale del contenuto energetico della corrente:

$$H_1 - H_2 = h_f + h_e$$

dove $H_1[m]$ ed $H_2[m]$ sono i carichi totali della corrente nelle sezioni di monte e di valle del tronco d'alveo considerato, $h_f[m]$ sono le perdite di carico dovute all'attrito del fondo e delle sponde, mentre $h_e[m]$ è un termine che tiene conto degli effetti dovuti alla non cilindricità della corrente.

In particolare h_f dipende principalmente dalla scabrezza del tratto d'alveo considerato ed è esprimibile come:

$$h_f = j_f \cdot L$$

con j_f pendenza motrice nel tratto di lunghezza $L[m]$.

Il calcolo di j_f è effettuabile con diverse formulazioni, in funzione della pendenza motrice J in corrispondenza delle sezioni d'inizio e fine di ciascun tratto.

Il calcolo del termine J nella singola sezione è effettuato mediante la:

$$J = \left[\frac{Q}{K}\right]^2$$

dove $Q[m^3/s]$ è la portata di calcolo e K (denominato *conveyance*) è ricavabile attraverso la seguente espressione:

$$K = \frac{1}{n} \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}}$$

dove $A[m^2]$ l'area della sezione liquida, $R[m]$ il raggio idraulico e $n[m^{-1/3}\ s]$ è il parametro rappresentativo della scabrezza del fondo e delle sponde di Manning.

Il valore del coefficiente n è determinato secondo la procedura sviluppata da Cowan selezionando le caratteristiche più rilevanti ai fini della quantificazione dell'indice di resistenza.

Il termine h_e dipende invece dalla variazione del carico cinetico della corrente tra le sezioni 1 e 2 dovuta al cambio di geometria delle sezioni stesse ed è a sua volta esprimibile come:

$$h_e = \beta \cdot \left| \alpha_1 \cdot \frac{V_1^2}{2 \cdot g} - \alpha_2 \cdot \frac{V_2^2}{2 \cdot g} \right|$$

dove β è un coefficiente di contrazione o espansione dipendente dalle condizioni geometriche del tratto considerato, V_1 e V_2 $[m/s]$ sono i valori delle velocità medie agli estremi del tronco e α_1 e α_2 sono i coefficienti correttivi dell'energia cinetica.

Il modello consente di suddividere la sezione in più zone in cui assegnare un valore diverso del parametro *n* di scabrezza; in particolare è possibile individuare tre zone principali: quella centrale dell'alveo inciso (denominata *main channel*) e due zone laterali golenali (denominate *right and left overbanks*).

Il programma consente la simulazione del deflusso attraverso ponti e tombinature (*bridge* and *culvert*) mediante la loro schematizzazione geometrica (impalcato, pile, setti, ecc.).

La procedura di calcolo utilizzata consente di simulare il deflusso a pelo libero al di sotto dell'impalcato, il deflusso in pressione al di sotto dell'impalcato e la combinazione del deflusso in pressione e del deflusso con scavalcamento dell'impalcato stesso (funzionamento a stramazzo).

Per il deflusso a pelo libero il modello consente la scelta fra diversi metodi di calcolo quali il metodo del bilancio energetico (*Standard step method*), il metodo dei momenti (*Momentum Balance*), la formula di Yarnell per correnti lente.

Il funzionamento in pressione è simulato mediante la formulazione propria dell'efflusso da luce:

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

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita attraverso la luce di area $A[m^2]$, $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte ed il pelo libero a valle e C è il cosiddetto coefficiente di efflusso.

Il programma prevede la messa in pressione della struttura quando, secondo la scelta dell'utente, il carico totale o la quota del pelo libero risultano superiori alla quota dell'intradosso dell'impalcato.

Il funzionamento a stramazzo è simulato attraverso la formulazione standard:

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

dove $Q[m^3/s]$ è la portata defluita sulla soglia di larghezza $L[m]$ e $H[m]$ è il dislivello tra il carico totale di monte e la quota della soglia e C è il coefficiente di efflusso, variabile in funzione del tipo di stramazzo e del carico sopra la soglia.

Nel caso di funzionamento combinato di moto in pressione con scavalcamento del ponte (stramazzo) l'entità delle portate stramazzanti e defluenti al di sotto dell'impalcato viene determinata attraverso una procedura iterativa combinando le equazioni che regolano i due fenomeni.

Il modello consente inoltre il calcolo del funzionamento in pressione di coperture, scatolari, tombinature e della portata esondata lungo le sponde nei tratti a cielo aperto quando il livello superi le quote di sommità arginale (*lateral structure*).

Nel rispetto dell'equazione di continuità il programma fornisce in quest'ultimo caso per ciascuna configurazione di portata imposta da monte l'entità delle portate esondate per ciascuno stramazzo laterale e la portata residua di valle, con i rispettivi livelli.

APPENDICE 2

CALCOLO DELL'IDROGRAMMA DI PIENA SECONDO I CRITERI DELLA DGR 357/2008

Di seguito si riporta una descrizione delle procedure per la determinazione dell'idrogramma corrispondente all'evento tipico secondo le procedure previste dalla linee guida DGR 357/2008 *Criteri di verifica e valutazione delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena nei bacini idrografici liguri*.

La metodologia di calcolo fa riferimento al *metodo indiretto dell'evento idrometeorologico critico* finalizzata alla valutazione dell'idrogramma di riferimento condizionato dal valore della portata al colmo di progetto, assunta, come da normativa, pari al valore della portata indice.

Il metodo di valutazione dell'idrogramma di riferimento consiste in sintesi nel ricercare l'idrogramma di piena equivalente che fornisca la portata massima al colmo pari alla portata indice.

Tale problema è risolvibile a partire dalle curve di probabilità pluviometrica dell'area in esame nella forma $h(T)=a(T)\cdot t^n$ nell'ipotesi di invarianza di scala, per cui si assume che l'esponente caratteristico n rappresenti l'impronta climatica degli eventi pluviali estremi dell'area in esame.

L'ipotesi implica che la portata *T-ennale* di progetto $Q(T)$ sia prodotta da una precipitazione $h=a(*)\cdot t^n$ dove n è l'esponente caratteristico del bacino in esame, $a(*)$ rappresenta il valore di a che con il metodo dell'evento critico produce una portata pari a $Q(T)$ e che, in genere, è differente dal valore di $a(T)$ proprio della linea segnalatrice *T-ennale*.

Nella formulazione del metodo a è esprimibile come $a(T)= w_T \cdot a_i$, dove w_T è il fattore di crescita funzione del tempo di ritorno (T) e a_i è un valore costante caratteristico della stazione pluviometrica considerata corrispondente al valore indice di precipitazione (*pioggia indice*).

Nell'Appendice II della DGR sopra menzionata sono riportati il valore della pioggia indice a_i ed i parametri caratteristici di una serie di stazioni della Regione Liguria per il versante Padano e quello tirrenico, necessari per la determinazione del fattore di crescita w_T.

Assunto un modello afflussi-deflussi di riferimento, il problema si riduce alla ricerca di tutte le possibili coppie di valori a e t che producono una portata al colmo $Q(T)$ e, tra queste, la coppia $\{a(*), t_{CR}\}$ che ha il minimo valore di a.

Il modello di trasformazione afflussi-deflussi adottato è costituito da una prima parte di trasformazione della pioggia di progetto in volume specifico di ruscellamento, basato sull'interpretazione Hortoniana (non lineare) del processo di assorbimento e da una seconda parte caratterizzata da un modello lineare di formazione della piena attraverso la rete idrografica basato sul modello di Nash.

Il calcolo della precipitazione efficace al fine dello scorrimento superficiale è stato effettuato depurando gli ietogrammi precedentemente individuati dalle perdite per infiltrazione e per immagazzinamento nelle depressioni superficiali.

Si è adottato il metodo di depurazione della pioggia noto come *Curve Number* proposto dal Soil Conservation Service basato sul modello Hortoniano di descrizione del fenomeno dell'assorbimento.

Come noto tale procedura consente di calcolare il volume di pioggia defluito nella sezione di chiusura sulla base dell'espressione:

$$h_n = \frac{(h_r - I_a)^2}{h_r - I_a + S}$$

dove h_n *[mm]* è il volume specifico complessivamente defluito durante l'evento, h_r*[mm]* è il volume specifico affluito, *S [mm]* è il potenziale specifico massimo di assorbimento del terreno, cioè il volume immagazzinabile a saturazione nello stesso, mentre I_a *[mm]* rappresenta la quota parte del volume affluito che si infiltra prima che il deflusso abbia inizio.

La determinazione di *S* viene effettuata sulla base della relazione:

$$S = 254 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

Dove CN è un parametro adimensionale variabile da 1 a 100 che esprime la capacità di ritenzione del bacino in funzione del tipo di terreno e dell'uso del suolo.

La sua determinazione è ottenuta in base al grado di umidità del terreno prima dell'evento meteorico esaminato, alla tipologia pedologica e all'uso del suolo.

Il suo valore è compreso tra 0 e 100 ed è diffusamente tabulato specialmente nella letteratura scientifica americana come frutto dell'analisi di molti esempi applicativi.

Nell'applicazione del metodo sono previste tre classi del grado di umidità del terreno in funzione dell'altezza di pioggia caduta nei 5 giorni precedenti l'evento esaminato**:** molto asciutto (I), standard (II) e molto umido (III).

La classificazione dei tipi di suolo è funzione delle caratteristiche di permeabilità secondo la suddivisione proposta dal Soil Conservation Service che prevede quattro classi caratterizzate rispettivamente da potenzialità di deflusso scarsa (A), moderatamente bassa(B), moderatamente alta (C) e molto alta (D).

La suddivisione in base al tipo di copertura o uso del suolo comprende invece terreni coltivati con e senza trattamento di conservazione, terreni da pascolo in buone o cattive condizioni, praterie, terreni boscosi o forestati con diverse tipologie di sottobosco, spazi aperti con prati rasati o parchi con diverse percentuali di copertura erbosa, aree commerciali, distretti industriali, aree residenziali, strade, parcheggi ecc.

Quale valore di I_a, si è adottata la relazione suggerita dal Soil Conservation Service I_a*=0.2·S*.

L'idrogramma unitario è stato calcolato con il modello di Nash che simula il comportamento del bacino con una cascata di *n* serbatoi posti in serie; l'IUH del modello assume la forma:

$$I(t) = \frac{1}{K \cdot (n-1)!} \cdot \left(\frac{t}{K} \right)^{n-1} \cdot e^{-\frac{t}{k}}$$

dove *k* è la costante caratteristica dei serbatoi e *n* il numero degli stessi. Nel caso in esame si è assunto: n = 3 e $K=0.5 \cdot t_c/(n-1)$, con t_c tempo di corrivazione del bacino.

Una volta disponibili gli ietogrammi di progetto e l'idrogramma unitario, sono stati calcolati gli idrogrammi di piena per ciascuna sezione considerata attraverso l'integrale di convoluzione:

$$Q(t) = S \cdot \int_0^t I(t-u) \cdot p(u) \cdot du$$

il quale, noti lo ietogramma di riferimento e l'idrogramma unitario istantaneo del bacino in esame, permette di legare la portata uscente *Q(t)* all'intensità della pioggia netta *p(t)*.