

COMMITTENTE:



ALTA
SORVEGLIANZA:



GENERAL CONTRACTOR:



**INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE
OBIETTIVO N. 443/01
LINEA A.V. /A.C. TORINO-VENEZIA Tratta VERONA-PADOVA
Lotto funzionale Verona-Bivio Vicenza
PROGETTO ESECUTIVO
INTERFERENZE IDRAULICHE
SISTEMAZIONE ALVEO FIUME GUÀ ALLA PK 34+086,16
INTERFERENZE E SISTEMAZIONI IDRAULICHE
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

GENERAL CONTRACTOR		DIRETTORE LAVORI		SCALA
IL PROGETTISTA INTEGRATORE	Consorzio Iricav Due			-
Ing. Giovanni MALAVENDA Isento al Ordine degli Ingegneri di Venezia n. 4289 Data: Aprile 2021	ing. Paolo Carmona Data: Aprile 2021			

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA Progr. REV. FOGLIO

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	H	I	N	6	1	0	6	0	0	1	A				P			
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	---	--	--	--

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Aprile 2021

Progettazione:

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	IL PROGETTISTA
A	PRIMA EMISSIONE	D. Ballin	Aprile 2021	M. Faccioli	Aprile 2021	S. Flora	Aprile 2021	
								Data: Aprile 2021

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712E12RHIN6106001A.DOCX
		Cod. origine: IN1712E12RHIN6106001A



Progetto cofinanziato
dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 2 di 72

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	4
3	NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO	5
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	6
4.1	Studi esistenti e progetti redatti nel territorio (PAI-PGRA).....	7
4.1.1	Bacino idrografico dei Fiumi Brenta e Bacchiglione	8
4.1.2	Piano stralcio per la gestione del rischio alluvione 2015-2021	9
4.1.1	Piano di assetto idrogeologico del bacino idrografico Brenta-Bacchiglione	11
4.1.2	Aree a rischio allagamento redatte dall'Autorità di Bacino idrografico Brenta-Bacchiglione	12
5	CRITERI DI VERIFICA	14
5.1	Compatibilità idraulica	16
6	ANALISI IDROLOGICA	17
6.1	Il bacino idrografico	17
7	STATO ATTUALE	21
8	STATO DI PROGETTO	23
9	STATO DI CANTIERIZZAZIONE	27
10	ANALISI IDRAULICA.....	30
10.1	Il Modello HEC-RAS.....	30
10.1.1	Calcolo del profilo 1D a moto permanente.....	30
10.1.2	Scelta dei parametri e simulazioni	33
10.1.2.1	Simulazioni ante operam.....	33
10.1.2.2	Simulazioni post operam.....	37
10.1.2.3	Simulazioni fase di cantierizzazione	40
10.2	Aree di esondazione ante operam e post operam.....	44
10.3	Verifica dei rivestimenti di fondo e di sponda.....	45
11	CONCLUSIONI.....	49
	ALLEGATI.....	50
	Risultati simulazioni.....	50
	Risultati ante operam.....	50
	Risultati post operam.....	57
	Risultati fase di cantierizzazione	66

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 3 di 72

1 PREMESSA

Obiettivo della presente relazione è la definizione dei parametri idrologici e idraulici relativi al Fiume Guà. Lo scopo risulta quindi essere la determinazione della portata di progetto da assumere per la modellazione idraulica, al fine di verificare le condizioni di deflusso nella nuova configurazione prevista per il progetto in essere.

L'analisi effettuata ha seguito differenti fasi:

- Reperimento della cartografia di base;
- Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante acquisizioni bibliografiche sul comportamento pluvio-meteorologico dell'area in esame e del bacino di interesse;
- Reperimento di informazioni mediante acquisizioni bibliografiche sul comportamento pluviometeorologico dell'area durante gli eventi di pioggia estremi;
- Analisi geomorfologica del bacino del corso d'acqua, oggetto della presente relazione;
- Analisi idrologica e definizione della portata di progetto;
- Reperimento di progetti propedeutici allo sviluppo di analisi dimensionali;
- Analisi idraulica tramite modellazione 1D per lo stato ante operam, post operam e di cantierizzazione.

Il progetto in essere è stato redatto tenendo conto delle diverse prescrizioni tecniche: effettuate da parte del Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta (2016), derivanti dal quadro prescrittivo a seguito dell'approvazione del Progetto Definitivo e specificate nell'allegato 1 della Delibera Cipe con Delibera n.84 del 22.12.2017 e derivati dalle istruttorie ITF relative al Progetto Definitivo (2018-2019).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 4 di 72

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

TITOLO DOCUMENTO	CODICE DOCUMENTO
RELAZIONE IDROLOGICA	IN1710EI2RHID0000001
CARTA IDROGRAFICA DI INQUADRAMENTO E BACINI PRINCIPALI	IN1710EI2C2ID0000001
CARTA DEI BACINI IDROGRAFICI	IN1710EI2C5ID0000001 IN1710EI2C5ID0000002 IN1710EI2C5ID0000003 IN1710EI2C5ID0000004 IN1710EI2C5ID0000005 IN1710EI2C5ID0000006 IN1710EI2C5ID0000007 IN1710EI2C5ID0000008 IN1710EI2C5ID0000009 IN1710EI2C5ID0000010 IN1710EI2C5ID0000011
RELAZIONE IDRAULICA	IN1710EI2RIID0000001
RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA - RISULTATI STUDIO CON MODELLO UNI-BIDIMENSIONALE. N MODELLI NIDIFICATI INTERNAMENTE (SOTTOPASSI E STAZIONI ELETTRICHE)	IN1710EI2RHID0000003
RELAZIONE IDROLOGICO E IDRAULICA ATTRAVERSAMENTI SECONDARI	IN1710EI2RHID0000002
SEZIONI TIPOLOGICHE DEVIAZIONI IDRAULICHE	IN1710EI2WZID0000001
PIANTA E SEZIONI TIPOLOGICHE SISTEMAZIONI E PROTEZIONI DI SPONDA E FONDALI	IN1710EI2PZID0000001
RELAZIONE DI CONFRONTO PD/PE	IN1712EI2ROIN6106001A
ANTE OPERAM - PLANIMETRIA, AREE DI ESONDAZIONE TAV. 1/4	IN1712EI2PZIN6106001A
ANTE OPERAM - PROFILO TAV 2/4	IN1712EI2FZIN6106001A
ANTE OPERAM - SEZIONI TAV 3/4	IN1712EI2WAIN6106001A
ANTE OPERAM - SEZIONI TAV 4/4	IN1712EI2WAIN6106002A
POST OPERAM - PLANIMETRIA, AREE DI ESONDAZIONE TAV. 1/6	IN1712EI2PZIN6106002A
POST OPERAM - PROFILO TAV 2/6	IN1712EI2FZIN6106002A
POST OPERAM - SEZIONI TAV 3/6	IN1712EI2WAIN6106003A
POST OPERAM - SEZIONI TAV 4/6	IN1712EI2WAIN6106004A
POST OPERAM - SEZIONI TAV 5/6	IN1712EI2WAIN6106005A
POST OPERAM - SEZIONI TAV 6/6	IN1712EI2WAIN6106006A
PLANIMETRIA DELLE FASI REALIZZATIVE	IN1712EI2P7IN6106001A
PARTICOLARI COSTRUTTIVI E PROTEZIONI DI SPONDA	IN1712EI2DZIN6106001A

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 5 di 72

3 **NORMATIVA E STANDARD DI RIFERIMENTO**

- Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008: “Approvazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”, G.U. n.29 del 04.2.2008, Supplemento Ordinario n.30.
- Presidenza del Consiglio dei ministri – Dipartimento della Protezione Civile – Commissario Delegato per l’Emergenza concernente gli eccezionali eventi meteorologici del 26 settembre 2007 che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto. OPCM n.3621 del 18/10/2007 – Analisi regionalizzata delle precipitazioni per l’individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento.
- Studio redatto da Nordest Ingegneria S.r.l. per Unione Veneta Bonifiche.
- Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta – Interferenze con la rete idrografica - Ipotesi di Ubicazione Opere Idrauliche Per Smaltimento Acque Meteoriche del 28/04/2015.
- Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta – PIANO GENERALE DI BONIFICA E DI TUTELA DEL TERRITORIO - L.R. 12/2009 ART. 23 - D.G.R. 102/2010
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, Distretto Idrografico delle Alpi.
- Piano Territoriale di Coordinamento e Pianificazione della Provincia di Verona approvato con deliberazione di Giunta Regionale n. 236 del 3 marzo 2015.
- RFI – MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – PARTE II - SEZIONE 3 – CORPO STRADALE, RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22/12/2017
- RFI – MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – PARTE II - SEZIONE 2 – PONTI E STRUTTURE, RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22/12/2017
- RFI – CAPITOLATO GENERALE TECNICO DI APPALTO DELLE OPERE CIVILI – PARTE II -SEZIONE 9 – OPERE DI DIFESA DELLA SEDE FERROVIARIA, RFI DTC SI MA IFS 001 B del 22/12/2017

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 6 di 72

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'opera progettuale appartiene alla Linea A.V./A.C: Torino – Venezia tratta Verona – Padova. Il progetto prevede la realizzazione della linea A.V./A.C. con riferimento al 1° Lotto Funzionale Verona-Bivio Vicenza compreso tra le progressive pk. 0+000 e pk. 44+250.

La figura seguente riporta l'indicazione dell'area d'intervento relativa alla deviazione del Fiume Guà.

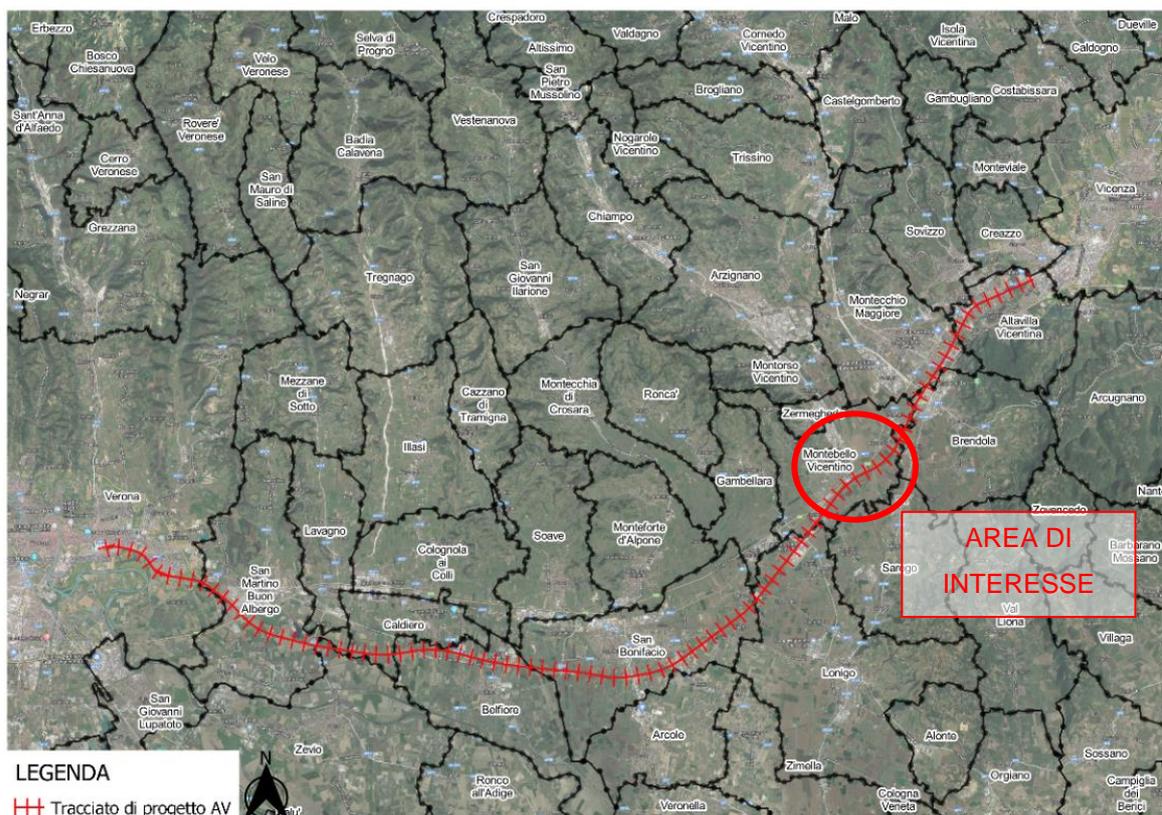


Figura 4-1 Inquadramento dell'intervento

La realizzazione del nuovo tracciato ferroviario AV/AC interferisce con il Fiume Guà alla pk 33+301 nel comune di Montebello Vicentino.

Con riferimento agli attraversamenti secondari si riporta di seguito la competenza della rete idrografica interessata.

Progressiva	WBS di progetto	Corso d'acqua	Autorità competente	Tipologia
34+086,16	IN61	Fiume Agno-Guà	Regione Veneto	Fiume

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 7 di 72

4.1 Studi esistenti e progetti redatti nel territorio (PAI-PGRA)

La linea AV/AC in esame ricade interamente nel distretto idrografico delle Alpi Orientali a cui appartengono tredici bacini idrografici, riportati nella figura seguente:

- il bacino idrografico dell'Adige, già bacino nazionale;
- i bacini idrografici dell'Isonzo, del Tagliamento, del Livenza, del Piave e del Brenta - Bacchiglione, già bacino nazionale;
- i bacini idrografici del Lemene e del Fissero – Tartaro - Canalbianco, già bacini interregionali;
- il bacino dello Slizza (ricadente nel bacino del Danubio), del Levante, quello dei tributari della Laguna di Marano-Grado, quello della pianura tra Piave e Livenza, quello del Sile e quello scolante della Laguna di Venezia, già bacini regionali.

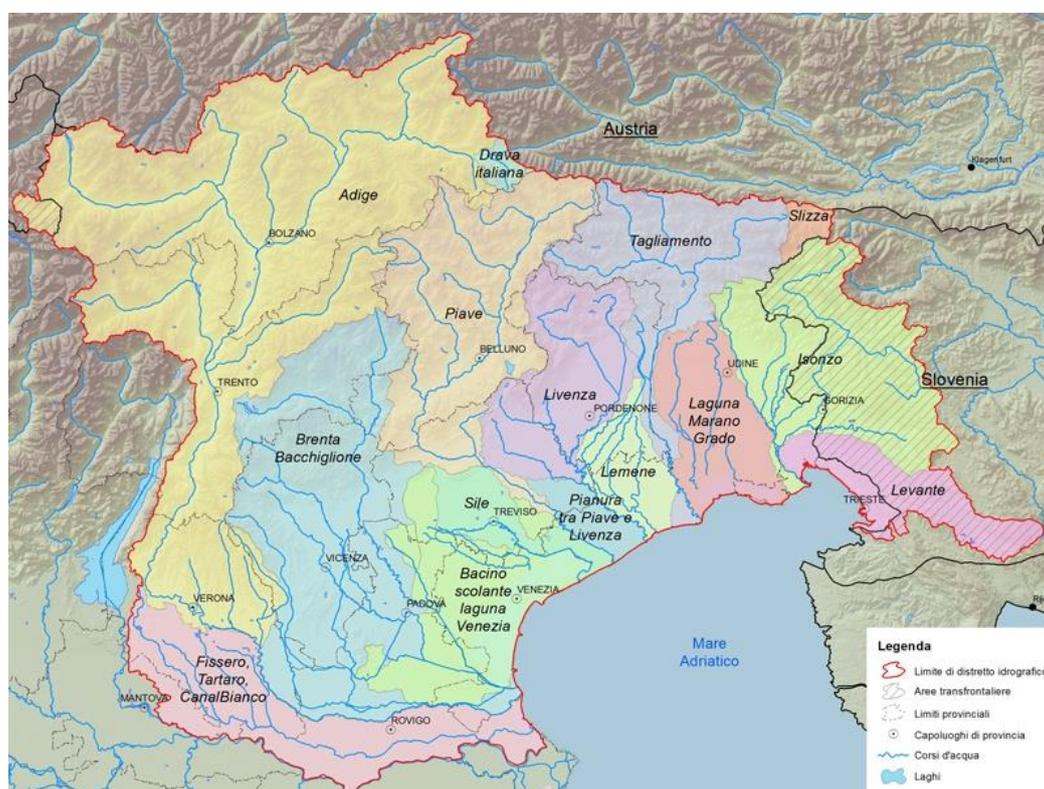


Figura 4-2 Bacini idrografici del distretto idrografico Alpi Orientali
 fonte: Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

L'analisi idraulica deve considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore, in particolare i piani di settore di riferimento della zona in esame. Gli strumenti legislativi da analizzare sono:

- Piano Assetto Idrogeologico (PAI);
- Piano di Gestione delle Acque;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA);
- Piano generale di bonifica e di tutela del territorio (PGBTTR).

La linea AV/AC in progetto attraversa molteplici corsi d'acqua, i quali appartengono ai bacini idrografici del fiume Adige e del Brenta Bacchiglione.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 8 di 72</p>

4.1.1 Bacino idrografico dei Fiumi Brenta e Bacchiglione

Il PGRA dell’Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali riporta la seguente descrizione: *“Il bacino del Brenta-Bacchiglione (Figura 4-3) risulta dall’unione dei bacini idrografici dei fiumi Brenta, Bacchiglione e Gorzone. Tali fiumi, caratterizzati da un sistema idrografico interdipendente e da interconnessioni multiple, giungono al mare attraverso un’unica foce.*

La superficie complessiva del bacino è pari a circa 5.700 km².



Figura 4-3 Bacino idrografico dei fiumi Brenta e Bacchiglione
fonte: PGRA 2015-2021 Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali

Il fiume Brenta nasce in territorio trentino dal lago di Caldonazzo; dopo un percorso di circa 1,5 km riceve in destra il torrente Centa e poche centinaia di metri più a valle è alimentato dalle acque del lago di Levico. Fino alla confluenza con il Grigno, l’asta principale del corso d’acqua si svolge con direzione da ovest a est, alimentata in sinistra dai corsi d’acqua che scendono dal gruppo di Cima Asta ed in destra da quelli provenienti

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 9 di 72

dall'altopiano dei Sette Comuni; tra i primi, decisamente più importanti rispetto ai secondi, meritano di essere ricordati il Ceggio, il Maso ed il Grigno.

Ricevute le acque del Grigno, il Brenta si svolge a sud-est fino all'incontro con il suo principale affluente, il Cismon e scorre quindi verso sud nello stretto corridoio formato dal versante orientale dell'altipiano dei Sette Comuni e dal massiccio del Grappa; giunto a Bassano del Grappa, dopo aver ceduto gran parte delle sue acque alle numerose derivazioni a scopo irriguo, si addentra nella pianura, sviluppandosi in mezzo ad un'intricatissima rete di canali e di rogge alle quali volta a volta sottrae o cede portate spesso notevoli, e riceve gli apporti dell'unico affluente rilevante di pianura, il Muson dei Sassi, per sfociare infine, dopo la confluenza con il Bacchiglione ed il Gorzone, in mare a Brondolo di Chioggia.

Il fiume Bacchiglione è costituito dall'alveo collettore di un sistema idrografico assai complesso, formato da corsi d'acqua che drenano bacini imbriferi pedemontani e da rivi perenni originati da risorgive. Esso attraversa le province di Vicenza, Padova e Venezia, confluendo in destra orografica nel Brenta presso Chioggia.

Il Fratta ha origine da un piccolo rivo denominato Acquetta, il quale riceve le prime acque dalla roggia di Arzignano derivata dal Chiampo e da risorgive, alle quali si uniscono i contributi idrici della zona collinare compresa tra Costo di Arzignano e Trezze. Nei pressi di S. Urbano il Fratta prende il nome di Gorzone. Il bacino montano del canale Gorzone coincide con quello del torrente Agno e, in quanto tale, drena l'area delle Piccole Dolomiti; superato l'abitato di Valdagno, l'Agno muta il proprio nome in Guà, ricevendo le alimentazioni del torrente Poscola e del fiume Brendola; il Guà procede poi verso valle, compie un'ampia curva verso est e, mutato il nome in Frassine, viene alimentato dai manufatti di regolazione dello scolo Ronago. Nel suo corso di valle il Gorzone corre a ridosso dell'Adige per piegare infine, in località Botte Tre Canne, fino alla foce prossima a quella del Bacchiglione."

4.1.2 Piano stralcio per la gestione del rischio alluvione 2015-2021

Con il D.Lgs. 49/2010 è stata recepita la Direttiva alluvioni (2007/60) che si concretizza con l'istituzione di un Piano di Gestione del Rischio alluvioni.

Attualmente è stato pubblicato il Progetto di Piano. Già alla fine del 2013 sono state pubblicate le mappe preliminari del Rischio Idraulico e degli allagamenti nel Territorio del Distretto delle Alpi Orientali.

Il Piano deve dar seguito al processo chiesto dall'Europa, ed in particolare attuare le seguenti fasi:

- "la definizione di riferimenti certi (nomina delle autorità competenti e degli ambiti territoriali di riferimento);
- la valutazione preliminare del rischio da alluvioni, quale punto di partenza per avere un primo ordine di grandezza dei problemi;
- la predisposizione delle mappe della pericolosità e del rischio quale presupposto per operare delle scelte;
- infine, la predisposizione del piano di gestione del rischio da alluvione quale esito finale del processo."

Il Distretto fa notare che nel PGRA si tratta di fenomeni molto complessi, a causa delle variabili in gioco, e che pertanto la mappatura di allagabilità ha lo scopo di valutare la propensione di un territorio a subire tale fenomeno, più che di simulare un certo evento. Il Distretto lamenta inoltre la mancanza di risorse economiche

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 10 di 72

sufficienti ad una completa mappatura geometrica del territorio e ad un'indagine su fenomeni che movimentano un alto volume di sedimenti, come le colate detritiche.

È stata data priorità alle situazioni già rilevate dai PAI o già note dagli eventi storici; la restante parte di territorio è stata dichiarata non indagabile.

Sono stati simulati eventi di piena, con le eventuali situazioni di allagamento, con un modello bidimensionale per tempi di ritorno $TR=30$ anni, tipico delle opere di bonifica e della rete idrografica minore, $TR=100$ anni, riferimento nel dimensionamento delle opere di difesa fluviali, utilizzato nei piani già approvati, e $TR=300$ anni, come evento eccezionale.

I livelli di allagamento sono stati determinati in base a tre scenari corrispondenti ad eventi di piena con tempi di ritorno (T_r) di 30, 100 e 300 anni; rispetto alle quali sono state individuate 4 tipologie di aree di pericolosità idraulica (molto elevata, elevata, media, moderata), in base allo schema seguente:

PERICOLOSITA' IDRAULICA		CONDIZIONI IDRAULICA
P4	Molto elevata	Evento di piena con $T_r = 30$ anni $h_{30} > 1$ m oppure $v_{30} > 1$ m/s
P3	Elevata	Eventi di piena con $T_r = 30$ anni e $T_r = 100$ anni $1 \text{ m} > h_{30} > 0.5$ m oppure $h_{100} > 1$ m oppure $v_{100} > 1$ m/s
P2	Media	Evento di piena con $T_r = 100$ anni $H_{100} > 0$ m
P1	Moderata	Evento di piena con $T_r = 200$ anni $H_{100} > 0$ m

Figura 4-4 Definizioni delle classi di pericolosità idraulica

Con:

h_{xx} = tirante della lama d'acqua massima raggiunta sul piano campagna rispetto l'evento corrispondente al tempo di ritorno T_{xx} .

v_{xx} = velocità di scorrimento della lama d'acqua sul piano campagna rispetto l'evento corrispondente al tempo di ritorno T_{xx} .

Le porzioni del piano campagna che soddisfano le condizioni di appartenenza di più classi di pericolosità idraulica vengono collocate nella classe a pericolosità maggiore.

In relazione ai contenuti del Piano di gestione del rischio alluvione previsti dalla direttiva 2007/60 e alla caratterizzazione dei bacini idrografici del distretto rispetto alla pianificazione del rischio idrogeologico, risulta evidente la connessione fra Piano alluvioni e Piani per l'assetto idrogeologico.

Il PGRA è stato sviluppato tenendo conto del lavoro ad oggi svolto all'interno del Distretto riprendendo, approfondendo e aggiornando i contenuti dei PAI vigenti nonché dei piani predisposti ai sensi della ex L. 183/89 ad essi strettamente collegati.

Una rappresentazione delle aree allagabili considerate nei due strumenti è riportata nella figura che segue.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 11 di 72</p>

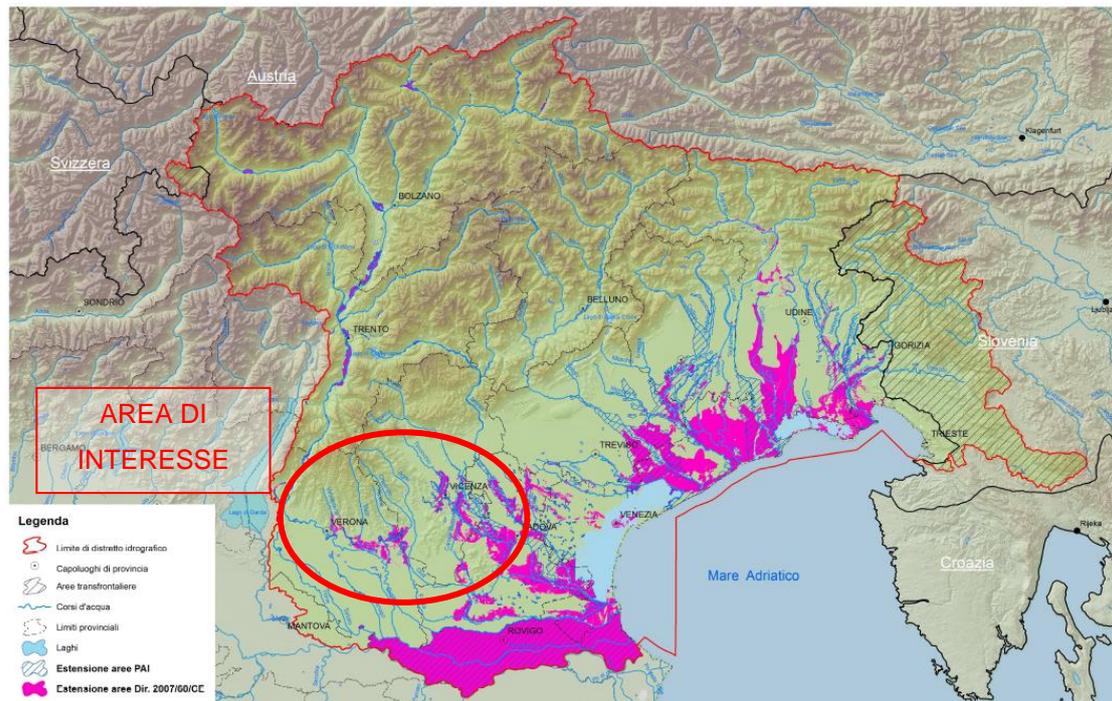


Figura 4-5 Sovrapposizione tra aree pericolose del PAI e di allagabilità del PGRA (Fonte: PGRA)

4.1.1 Piano di assetto idrogeologico del bacino idrografico Brenta-Bacchiglione

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione è stato approvato con D.P.C.M. del 21 novembre 2013.

Il Piano sintetizza gli interventi pianificatori anteriori e muove da questi ridefinendo i perimetri delle aree vulnerabili ed a rischio idraulico e geologico attraverso conoscenze del territorio acquisite di recente, per mezzo del loro inserimento con l'individuazione di "zone di attenzione". Il Piano richiama il Piano delle azioni e degli interventi di mitigazione del rischio idraulico e geologico redatto per ottemperare all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3906 del 13 novembre 2010 a seguito degli eventi alluvionali intercorsi tra il 31 ottobre ed il 2 novembre di quello stesso anno. Il PAI sottolinea che gli interventi necessari per la messa in sicurezza idrogeologica di questi bacini non si esaurisce con quelli previsti da tale Piano.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 12 di 72</p>

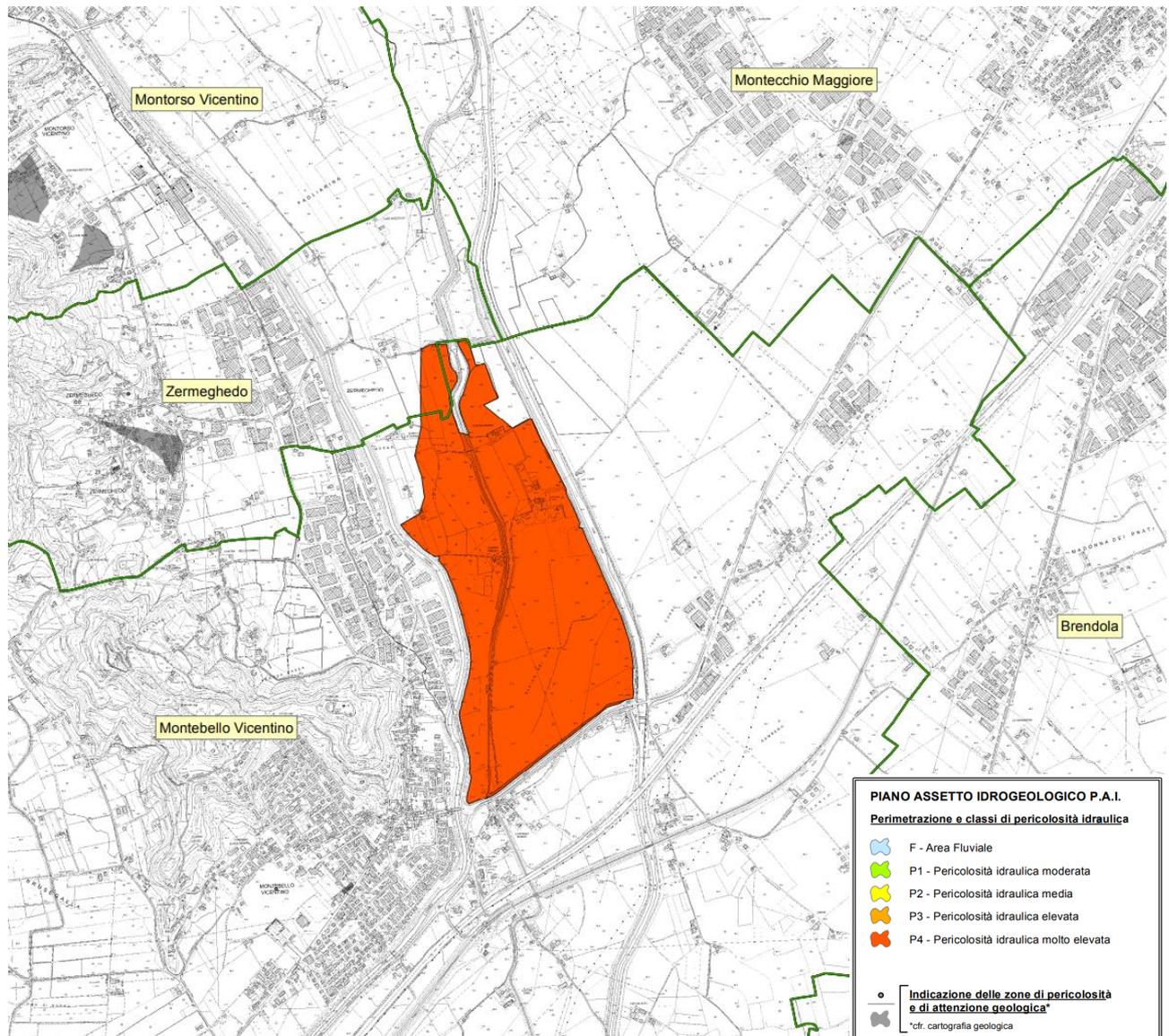


Figura 4-6 Estratto dal piano di assetto idrogeologico P.A.I. del bacino idrografico Brenta-Bacchiglione aggiornato con Decreto Segretariale n°30 del 04/06/2014.

4.1.2 Aree a rischio allagamento redatte dall'Autorità di Bacino idrografico Brenta-Bacchiglione

Nella mappa successiva, invece, è indicato il tracciato della nuova linea AV/AC da Montebello Vicentino fino a Vicenza all'interno del bacino idrografico Brenta-Bacchiglione. Si nota che nella zona di interesse non sono state evidenziate aree allagabili

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 13 di 72</p>

LEGENDA

-  Tracciato di progetto AV
-  Confini comunali
- Aree allagabili (fonte: PGRA Brenta-Bacchiglione)
 -  0-50 cm
 -  50-100 cm
 -  100-200 cm
 -  >200 cm



Figura 4-7 Planimetrie aree allagabili ante operam con Tr pari a 300 anni (fonte: Autorità di Bacino Brenta-Bacchiglione)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 14 di 72

5 CRITERI DI VERIFICA

II MANUALE DI PROGETTAZIONE DELLE OPERE CIVILI – RFI. nella PARTE II - SEZIONE 3 – CORPO STRADALE descrive al capitolo 3.7.2.1.3 le modalità di esecuzione dello studio idrologico, in cui, per il calcolo delle portate di piena, viene definita la seguente classificazione:

“i bacini verranno distinti in:

a) Bacini di corsi d'acqua principali

Appartengono a questo gruppo tutti i bacini a valenza regionale di notevole importanza e/o comunque con superficie superiore a 10 Km²:

b) Bacini di corsi d'acqua secondari

Appartengono a questo gruppo tutti i restanti bacini minori a valenza locale (fossi, colatoi, torrenti, ecc.)

Per i bacini imbriferi principali sarà necessario desumere dalla cartografia i principali parametri morfologici, quali l'area del bacino sottesa dalla linea ferroviaria, la lunghezza e la pendenza dell'asta incisa, le quote massima, minima e media del bacino sotteso

Il tempo di corrivazione sarà calcolato utilizzando e confrontando vari metodi, quali quelli proposti da Kirpich, Ventura, Horton, Giandotti, anche in considerazione dell'estensione e della tipologia del bacino

La valutazione dei coefficienti di deflusso sarà effettuata in base a considerazioni ed osservazioni sulla permeabilità delle formazioni geologiche interessanti il bacino imbrifero, sulla copertura vegetale, sulla utilizzazione del suolo, sulla pendenza dei versanti, ecc. Il grado di approfondimento dovrà essere proporzionale al livello di progettazione ed agli elementi conoscitivi disponibili (rilievi aerofotogrammetrici, fotoindici ecc.).

Per i corsi d'acqua di interesse regionale o interregionale è necessario verificare le risultanze deducibili dagli studi relativi ai Piani di Bacino, ovvero dagli studi regionali svolti da Enti Pubblici a carattere Nazionale.

Per i corsi d'acqua secondari sarà bene eseguire una verifica circa l'esistenza di dati idrometrici significativi. Anche in questo caso si farà riferimento al contenuto dei Piani di Bacino o studi eseguiti sull'area in esame. Qualora i dati deducibili dai punti precedenti non fossero significativi o sufficienti per il loro utilizzo, il calcolo della portata di piena, con assegnato tempo di ritorno, avverrà utilizzando i dati pluviometrici. La metodologia da applicare per il calcolo si baserà sul raffronto dei valori ottenuti applicando le metodologie in uso e distinguendo tra bacini con superficie minore o maggiore di 10 Km², tenendo conto dell'importanza del corso d'acqua e quindi del tempo di ritorno dell'evento meteorico.

In dettaglio:

Area < 10 Km² Kirpich, Formula Razionale ecc.

Area > 10 Km² Curve Number, Giandotti ecc.”

Il capitolo 3.7.2.1.4 riporta quanto segue:

Studio idraulico

Lo studio idraulico è finalizzato alla scelta tipologica ed alla determinazione della sezione di deflusso dei manufatti e degli eventuali accorgimenti da mettere in opera per consentire il superamento dei corsi d'acqua naturali nonché lo smaltimento delle acque meteoriche intercettate dal rilevato e, più in generale, alla risoluzione delle problematiche connesse con il regime idraulico dell'area interessata dal manufatto stesso.

Pertanto lo studio, sulla base dei risultati conseguiti con lo studio idrologico, sarà finalizzato a:

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 15 di 72</p>

- *determinare la quota idrica e l'ampiezza della sezione di pertinenza fluviale in corrispondenza degli attraversamenti principali per un assegnato evento di piena con determinato tempo di ritorno;*
- *determinare la quota idrica e l'ampiezza della sezione di pertinenza fluviale in corrispondenza degli attraversamenti secondari per un assegnato evento di piena con determinato tempo di ritorno;*
- *dimensionare i canali di gronda qualora la linea ferroviaria impedisca il naturale scolo delle acque meteoriche verso i ricettori naturali;*
- *progettare le opere di inalveamento ove necessarie;*
- *verificare i manufatti preposti all'allontanamento delle acque meteoriche dal corpo ferroviario (fossi di guardia) e stradale;*
- *verificare i manufatti preposti al drenaggio della piattaforma ferroviaria e progettare l'interasse di recapito ai collettori secondari (cunette di piattaforma, tubazioni, ecc.)*
- *progettare le eventuali opere di protezione del corpo ferroviario in presenza di livelli idrici significativi o dove si manifestino alte velocità della corrente in corrispondenza delle opere stesse;*
- *progettare gli impianti di sollevamento laddove si accerti l'impossibilità di allontanare le acque meteoriche a gravità naturale;*
- *progettare le protezioni e/o deviazioni causate dall'interferenza della linea con reti idriche in pressione o a pelo libero, oppure nel caso che il rilevato ferroviario o le opere ad esso connesse interessino aree di bonifica dotate di rete di adduzione o drenaggio.*

a) Tempo di ritorno

Sulla base dei dati idrometrici ovvero dello studio idrologico, ad ogni tipo di manufatto idraulico verranno associati i seguenti tempi di ritorno Tr :

Drenaggio della piattaforma (cunette, tubazioni.....):

- *linea ferroviaria $Tr = 100$ anni*
- *deviazioni stradali $Tr = 25$ anni*
- *linea ferroviaria $Tr = 100$ anni*
- *deviazioni stradali $Tr = 25$ anni*

Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

- *linea ferroviaria $Tr = 300$ anni per $S > 10 \text{ Km}^2$.*
- *linea ferroviaria $Tr = 200$ anni per $S < 10 \text{ Km}^2$ (essendo S la superficie del bacino)*
- *deviazioni stradali $Tr = 200$ anni*

Inalveamenti:

tratti a monte e a valle della linea ferroviaria $Tr = 300$ anni per $S > 10 \text{ Km}^2$.

tratti a monte e a valle della linea ferroviaria $Tr = 200$ anni per $S < 10 \text{ Km}^2$.

Impianti di sollevamento: $Tr = 25$ anni

Saranno date valutazioni (con dettaglio adeguato rispetto all'importanza dell'opera e alle possibili conseguenze della sua insufficienza sulla sicurezza della circolazione) sugli scenari corrispondenti al superamento delle portate di progetto e sulle eventuali misure di mitigazione del rischio residuo.

Nella stessa sezione al capitolo 3.7.2.2.1 viene riportato quanto segue:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 16 di 72

“3.7.2.2.1 Attraversamenti principali

Per tali categorie di opere si dovrà verificare la sezione di attraversamento in relazione alle caratteristiche dimensionali del manufatto in modo da minimizzare le modificazioni all'attuale deflusso nelle fasce fluviali, indotte dalla esecuzione delle opere.

Relativamente ai requisiti idraulici nei confronti dei livelli di massima piena si specifica quanto segue:

- franco minimo tra l'intradosso dell'opera e la quota del carico idraulico totale corrispondente al livello idrico di massima piena, calcolato come precedentemente descritto, pari a 0.50 m e comunque non inferiore a 1,5 m sul livello idrico nella sezione immediatamente a monte dell'attraversamento.
- posizionamento delle spalle del viadotto in modo tale da non ridurre significativamente la sezione di deflusso in alveo ed in golena;
- posizionamento e geometria delle pile in alveo ed in golena in modo da non provocare significativi fenomeni di rigurgito ovvero fenomeni di erosione localizzati sulle sponde ed in alveo.
- Il calcolo dello scalzamento localizzato indotto dalle opere di sostegno deve essere valutato considerando le dimensioni delle pile; nel caso in cui il plinto di fondazione venga messo allo scoperto dall'erosione, le dimensioni maggiori e le forme più tozze dello stesso provocano un ulteriore scalzamento e pertanto, in tale condizione, il calcolo dell'erosione localizzata va ripetuto portando in conto la diversa geometria.

5.1 Compatibilità idraulica

Le Norme Tecniche per le Costruzioni emanate con Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008 per quanto riguarda la compatibilità idraulica riportano quanto segue:

“Quando il ponte interessa un corso d'acqua naturale o artificiale, il progetto dovrà essere corredato da una relazione idrologica e da una relazione idraulica riguardante le scelte progettuali, la costruzione e l'esercizio del ponte.

L'ampiezza e l'approfondimento della relazione e delle indagini che ne costituiscono la base saranno commisurati all'importanza del problema. Di norma il manufatto non dovrà interessare con spalle, pile e rilevati il corso d'acqua attivo e, se arginato, i corpi arginali. Qualora eccezionalmente fosse necessario realizzare pile in alveo, la luce minima tra pile contigue, misurata ortogonalmente al filone principale della corrente, non dovrà essere inferiore a 40 metri. Soluzioni con luci inferiori potranno essere autorizzate dall'Autorità competente, previo parere del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Nel caso di pile e/o spalle in alveo cura particolare è da dedicare al problema delle escavazioni dell'alveo e alla protezione delle fondazioni delle pile e delle spalle.

La quota idrometrica ed il franco dovranno essere posti in correlazione con la piena di progetto riferita ad un periodo di ritorno non inferiore a 200 anni.

Il franco di sotto-trave e la distanza tra il fondo alveo e la quota di sotto-trave dovranno essere assunte tenendo conto del trasporto solido di fondo e del trasporto di materiale galleggiante.

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

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 17 di 72</p>

6 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica, che ha lo scopo principale di definire le portate di progetto per le interferenze della linea A.V./A.C. con i reticoli idrografici principali, minori e secondari, è costituita dai seguenti punti:

- Reperimento della cartografia di base;
- Individuazione dei bacini imbriferi;
- Analisi morfometrica dei bacini;
- Raccolta ed analisi dei dati pluviometrici se disponibili;
- Elaborazione delle curve di probabilità pluviometriche;
- Definizione degli idrogrammi o delle portate al colmo di progetto.

6.1 Il bacino idrografico

Come già accennato precedentemente il fiume Guà ricade nel sistema idrografico del bacino Brenta – Bacchiglione, il quale può essere suddiviso in cinque sottobacini principali: il Brenta, il Cismon, il Bacchiglione, l'Astico-Tesina e l'Agno-Guà-Fratta-Gorzone. Il Fiume Agno-Guà è costituito dall'alveo collettore di un sistema idrografico assai complesso formato da corsi d'acqua superficiali che convogliano le acque montane e da rivi perenni originati da numerose risorgive. Il bacino di raccolta della rete idrografica che alimenta il Torrente Agno confina a Sud-Ovest col bacino tributario del Chiampo, affluente dell'Adige, ad Ovest con quello dell'Adige ed a Nord-Est con quello del Bacchiglione.

La rete idrografica è costituita sommariamente da due aste principali aventi direzione Nord-Sud denominate l'una Agno-Guà-Frassine-S.Caterina e l'altra Roggia Grande-Rio Acquetta-Rio Togna-Fratta-Gorzone. Il Canale Santa Caterina confluisce nel Canale Gorzone al confine tra i comuni di Granze e Stanghella. Il Gorzone confluisce nel fiume Brenta nei pressi della foce in Adriatico.

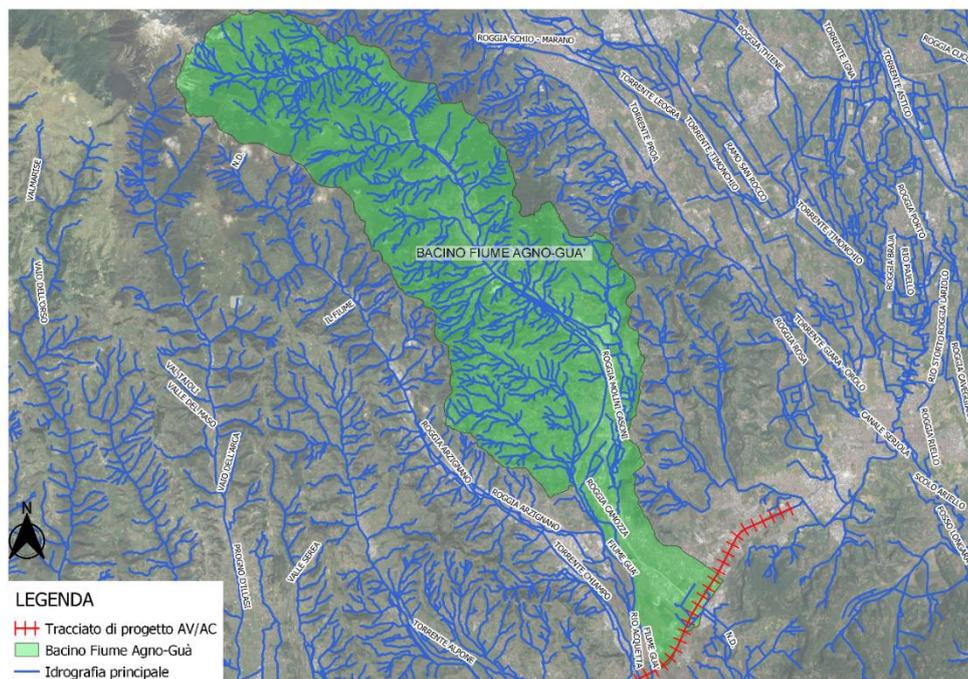


Figura 6-1 Bacino idrografico del Fiume Agno-Guà

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 18 di 72

Il Gorzone, propriamente detto, è un canale artificiale originato dalla fossa Fratta, che riceve a sua volta le acque del sistema Agno-Guà. Il bacino montano del canale Gorzone coincide pertanto con quello del torrente Agno ed in quanto tale drena l'area delle Piccole Dolomiti; superato l'abitato di Valdagno, l'Agno muta il proprio nome in Guà, ricevendo le alimentazioni del torrente Poscola e del fiume Brendola; il Guà procede poi verso valle, compie un'ampia curva verso est e, mutato il nome in Frassine, viene alimentato dai manufatti di regolazione dello scolo Ronego.

Il sistema del Gorzone riceve anche i contributi del Chiampo, subito a valle dell'abitato omonimo e quindi del canale Fossetta, proveniente dall'Adige e da questo alimentato grazie ad una batteria di sifoni. Nel suo corso di valle il Gorzone corre a ridosso dell'Adige per piegare infine, in località Botte Tre Canne, fino alla foce, prossima a quella del Bacchiglione.

Nel 1928 è stata realizzata a Montebello Vicentino una cassa di espansione per provvedere alla difesa delle piene del territorio interessato dall'Agno-Guà, racchiusa a sud dalla strada statale e dalle arginature del Chiampo e del Guà, rispettivamente ad ovest e a est. Tale bacino è stato realizzato sulle basi di condizioni naturali molto favorevoli: in primo luogo il piano campagna è declive da monte a valle, poiché il terreno segue l'andamento planimetrico dei due corsi d'acqua principali ed inoltre in questa zona scorre il rio Acquetta, che scendendo da nord a sud, raccoglie le acque di scolo del territorio posto tra i due fiumi.

Dal momento che le piene dell'Agno-Guà sono improvvise e di altissima intensità, è stato studiato e adottato un sistema di decapitazione dei colmi e di diversione parziale dei deflussi di piena al bacino di invaso, effettuato mediante l'impiego di una doppia batteria di sifoni Gregotti (7+7), opportunamente modificati, in grado di convogliare al massimo una portata di 225 m³/s.

Si riportano successivamente gli idrogrammi di piena relativi al fiume Guà in una sezione a monte del bacino di laminazione di Montebello, per un tempo di pioggia di 24 ore.

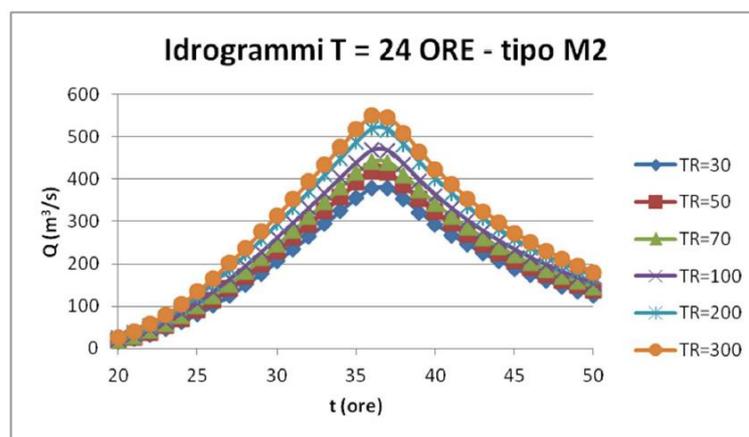


Figura 6-2 Idrogrammi del Fiume Guà

Sulla base di questi dati è stato possibile estrapolare, l'interpolazione dei valori di picco per ogni tempo di ritorno ricavando la seguente formulazione:

$$Q(Tr) = 73,832 \cdot \ln(Tr) + 128,31$$

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17 Lotto 12 Codifica Documento EI2 RH IN6106 001 Rev. A Foglio 19 di 72

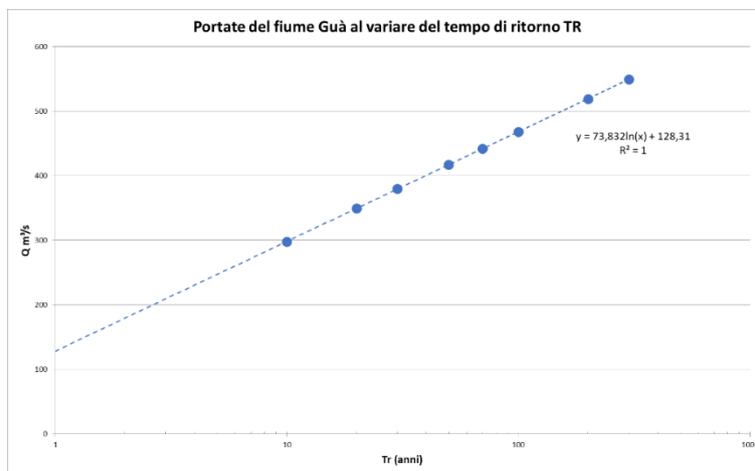


Figura 6-3 estrapolazione linea interpolatrice

Le tabelle sotto riportate analizzano nel dettaglio le caratteristiche del bacino, in particolare: l'area in chilometri quadrati del bacino (**Area Bacino**), le coordinate del baricentro del bacino (**Coord. centroide bacino**), altitudine minima (**Zmin**) – massima (**Zmax**) – media (**Zmedia**) del bacino e altitudine della sezione di chiusura (**Zchiusura**), lunghezza dell'asta individuata (**Lasta**) e relativa pendenza (**j ASTA**) ed infine pendenza media del bacino (**j media Bacino**).

Tabella 6-1 Caratteristiche morfometriche del bacino

Progres.	WBS di progetto	Area (km ²)	Coord. centroide bacino		Zmin bacino	Zmax bacino	Zmedia bacino	Zchiusura bacino	Lasta	jasta	jmedia bacino
			X	Y	(m s.m.m.)	(m s.m.m.)	(m s.m.m.)	(m s.m.m.)	(m)	(m/m)	(m/m)
34+086,16	IN61	213,09	1679530	5054380	48,6	1990,7	486,0	52,7	42,5	0,03	0,34

Tabella 6-2 Portata di progetto per Tr = 300 anni

Progres.	WBS di progetto	Corso d'acqua	Autorità competente	Tipologia	Q PE	Direzione di deflusso
-	-	-	-	-	(m ³ /s)	
34+086,16	IN61	Fiume Guà	Regione Veneto	Fiume	549,25	S

Per maggior dettaglio si rimanda alla relazione idrologica (IN1710EI2RHID0000001A).

Per le fasi di cantiere è stata valutata, in base ai tempi di intervento, una portata di cantierizzazione per un tempo di ritorno pari a 1 anno. La scelta del tempo di ritorno è concorde con una direttiva di riferimento: "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle Fasce A e B", approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino stessa n. 2 dell'11 maggio 1999 e aggiornata dalla Deliberazione n. 10 del 05/04/2006. Autorità di Bacino del Fiume Po".

In particolare la Direttiva riporta: "I calcoli idraulici per la definizione delle condizioni di deflusso vanno condotti con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- assenza dell'opera (condizioni indisturbate);

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 20 di 72

- *presenza dell'opera nella configurazione definitiva;*
- *fasi significative di costruzione dell'opera, tenendo in conto delle opere provvisorie eventualmente inserite, qualora comportino interazioni più severe con le condizioni di deflusso in piena rispetto alla condizione di opera realizzata.*

Nell'ultimo caso il tempo di ritorno della piena da assumere per le valutazioni è quello la cui probabilità di essere raggiunta o superata una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione non è superiore alla probabilità che ha la portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera".

Utilizzando la formula ricavata dalla retta interpolatrice descritta precedentemente è possibile ricavare il corrispondente valore di portata.

Tabella 6-3 Portata di progetto per $T_r = 1$ anno

Progres.	WBS di progetto	Corso d'acqua	Autorità competente	Tipologia	Q Cantiere	Direzione di deflusso
-	-	-	-	-	(m ³ /s)	
34+086,16	IN61	Fiume Guà	Regione Veneto	Fiume	128,31	S

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 21 di 72</p>

7 STATO ATTUALE

Il Fiume Agno-Guà è costituito dall'alveo collettore di un sistema idrografico assai complesso formato da corsi d'acqua superficiali che convogliano le acque montane e da rivi perenni originati da numerose risorgive. Il bacino di raccolta della rete idrografica che alimenta il Torrente Agno confina a Sud-Ovest col bacino tributario del Chiampo, affluente dell'Adige, ad Ovest con quello dell'Adige ed a Nord-Est con quello del Bacchiglione.

La rete idrografica è costituita sommariamente da due aste principali aventi direzione Nord-Sud denominate l'una Agno-Guà-Frassine-S. Caterina e l'altra Roggia Grande-Rio Acquetta-Rio Togna-Fratta-Gorzone. Il Canale Santa Caterina confluisce nel Canale Gorzone al confine tra i comuni di Granze e Stanghella. Il Gorzone confluisce nel fiume Brenta nei pressi della foce in Adriatico.

Nel 1928 è stata realizzata a Montebello Vicentino una cassa di espansione per provvedere alla difesa delle piene del territorio interessato dall'Agno-Guà, racchiusa a sud dalla strada statale e dalle arginature del Chiampo e del Guà, rispettivamente ad ovest e a est.

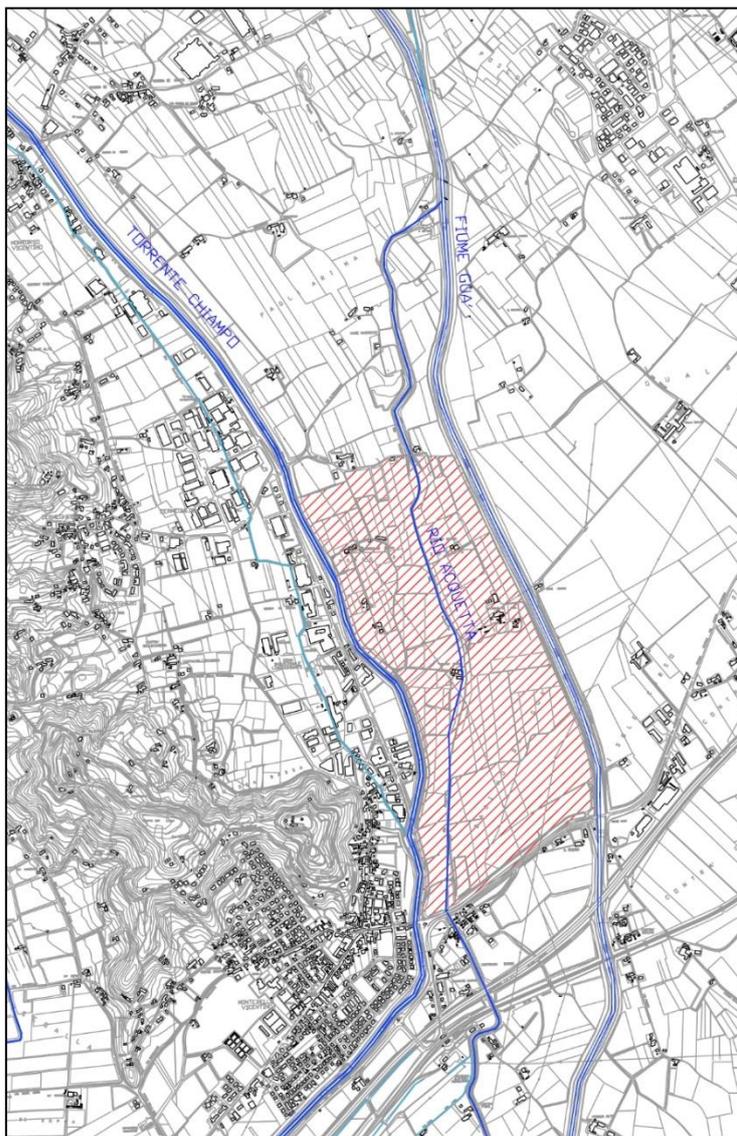


Figura 7-1 Inquadramento Fiume Guà e del bacino di Montebello Vicentino

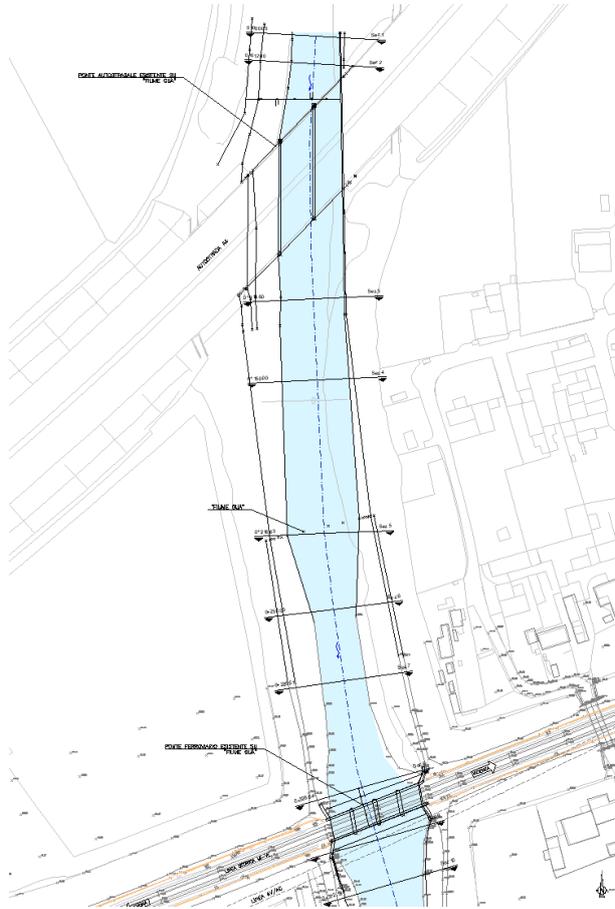


Figura 7-2 Estratto dalla tavola stato di fatto sistemazione Fiume Guà parte 1

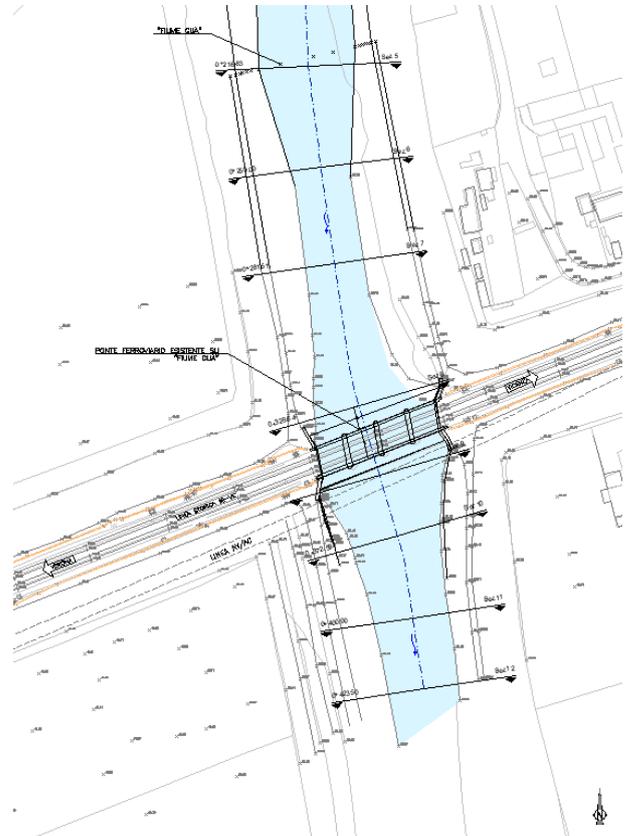


Figura 7-3 Estratto dalla tavola stato di fatto sistemazione Fiume Guà parte 2

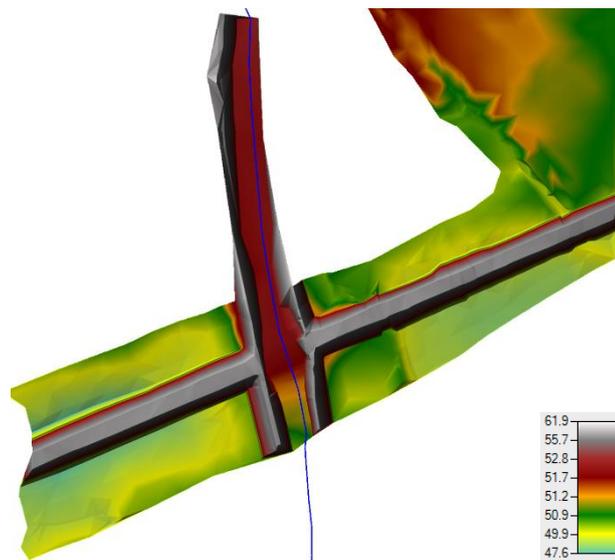


Figura 7-4 DTM ricavato da rilievo topografico (i valori riportati sono in m s. m.).

8 STATO DI PROGETTO

Il fiume Guà interferisce con il tracciato di progetto AV/AC alla Pk 34+086,16; si prevede di realizzare due ponti ad arco superiore con campate speciali di 78 m per l'attraversamento senza pile in alveo. La progettazione consiste nel risezionamento del Fiume Guà a valle e a monte dei nuovi impalcati ferroviari con l'installazione di nuove protezioni di sponda costituite da massi ciclopici e protezione al piede con massi sciolti.

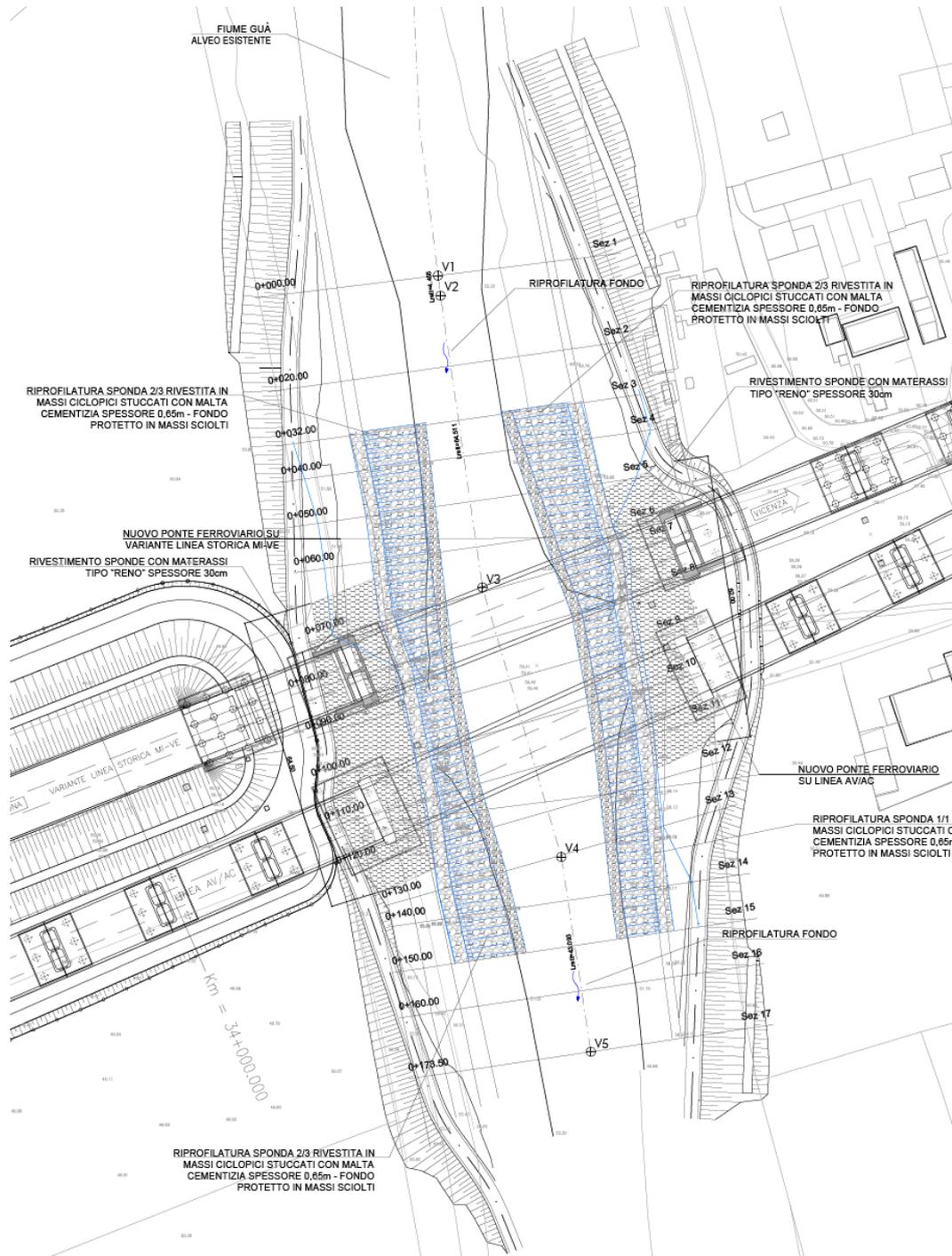


Figura 8-1 Estratto dalla tavola stato di progetto sistemazione Fiume Guà

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento E12 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 25 di 72

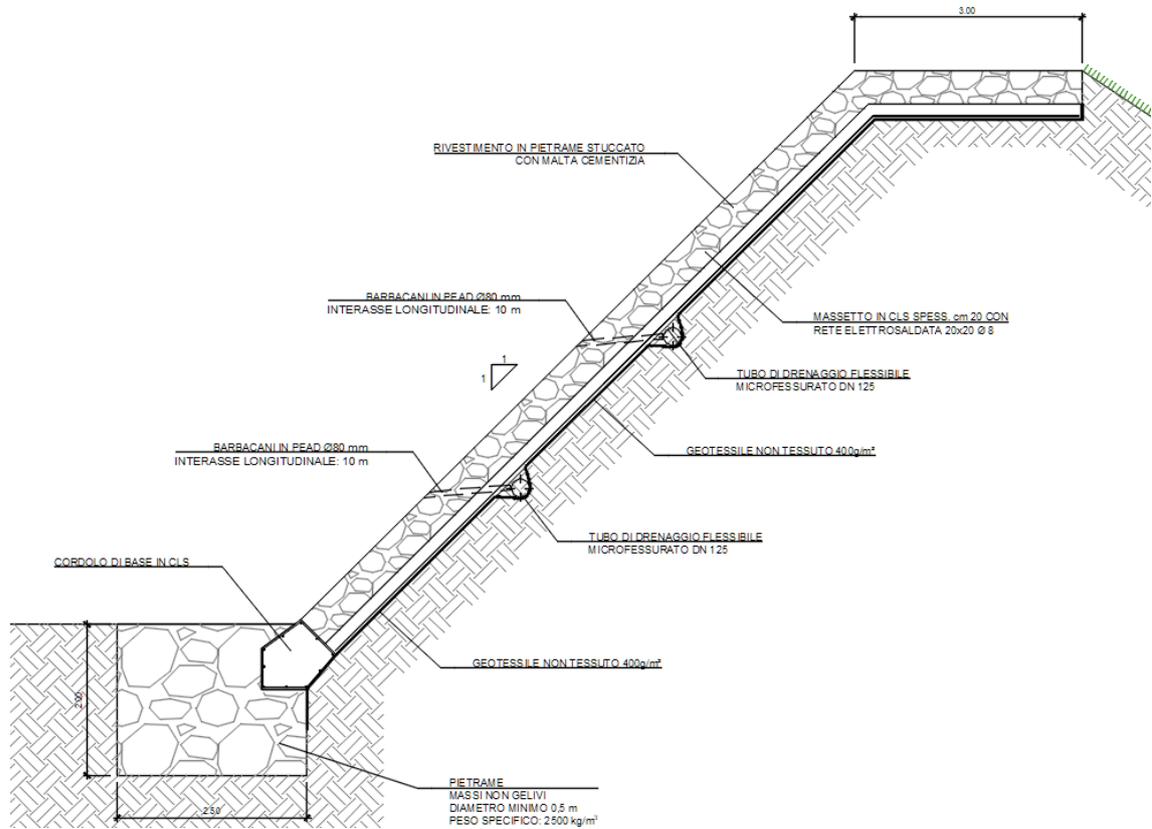


Figura 8-3 Rivestimento spondale con massi ciclopici con pendenza 1:1

In corrispondenza del ponte della ferrovia storica le pile poggiano su una soletta di fondazione in calcestruzzo armato per una larghezza pari a quella del Fiume Guà. Tale soletta in fase di costruzione dei nuovi impalcati non verrà demolita ma sarà integrata nella nuova protezione di sponda.

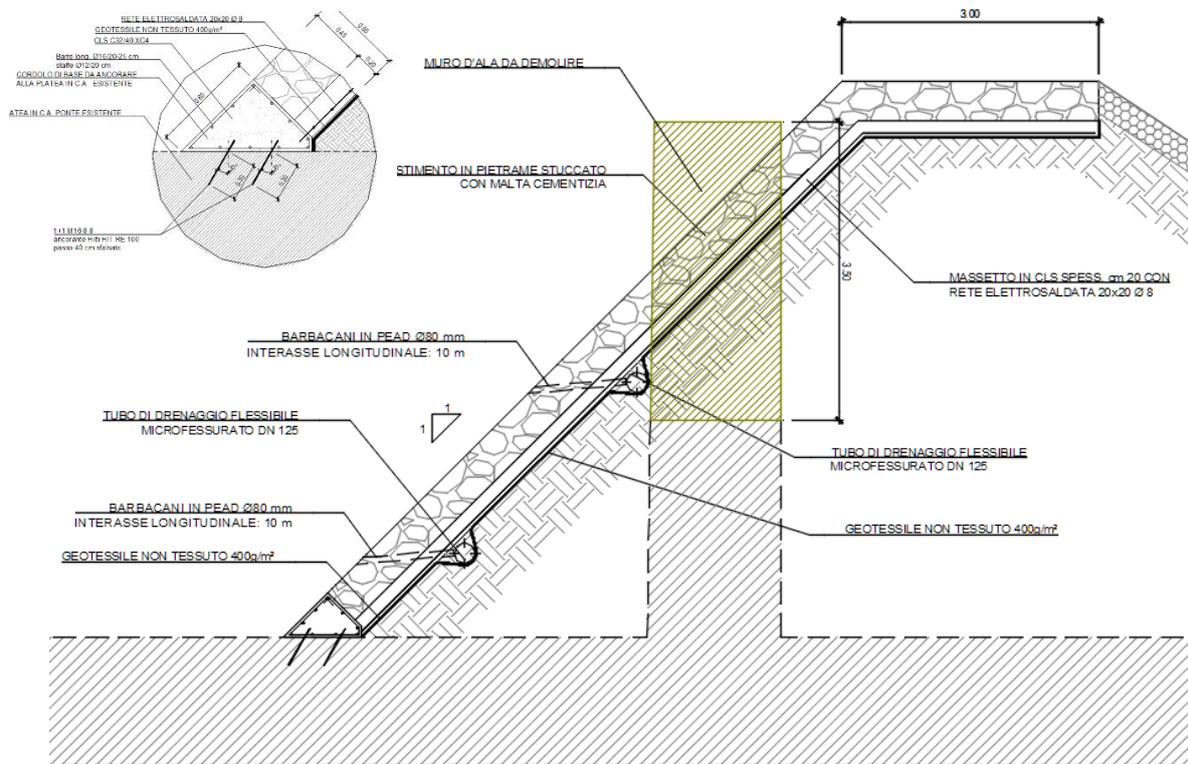


Figura 8-4 Rivestimento spondale con massi ciclopici su platea esistente del Fiume Guà

Per il tratto sottostante i nuovi impalcati della linea AV/AC anche il lato campagna, considerato zona d'ombra e di difficile manutenzione, verrà protetto tramite un rivestimento flessibile (materassi tipo Reno).

Per ulteriori dettagli riguardo le sezioni appena descritte si rimanda agli elaborati grafici di progetto.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 27 di 72

9 STATO DI CANTIERIZZAZIONE

In fase di cantierizzazione per la realizzazione dei rivestimenti in alveo del Fiume Guà dovrà essere realizzato un rilevato o meglio una tura di protezione che fungerà anche da pista per i mezzi operativi.

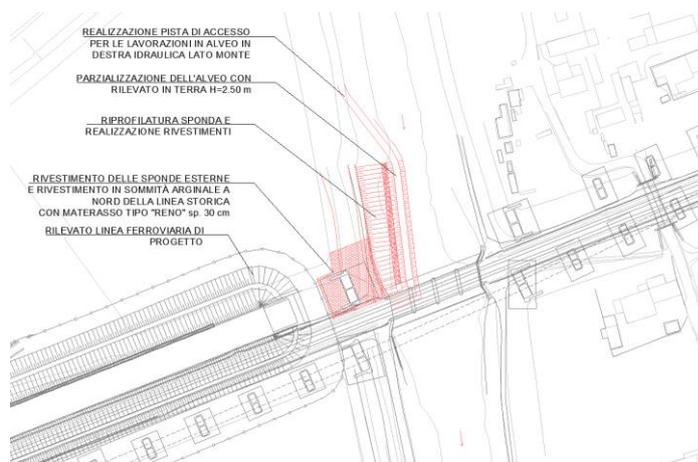
Tale tura avrà un'altezza pari a 2,5 m, pista di sommità di 3 m e sponde con pendenza 1:1. La tura è dimensionata per un tempo di ritorno pari a 1 anno e in caso di eventi eccezionali con tempi di ritorno superiori sarà tracimabile. Oltre a essere tracimabile la tura sarà erodibile e in caso di piena eccezionale verrà spazzata via liberando la sezione idraulica originaria. Per evitare un profilo di rigurgito pericoloso a monte è necessario prevedere una sola tura di restringimento per ogni sponda in lavorazione; prima di realizzare la successiva tura sarà necessario demolire la precedente.

Sulla base delle informazioni a oggi disponibili sono state previste una sequenza di fasi realizzative finalizzata a garantire la massima sicurezza anche in caso di piene significative.

Le fasi di esecuzione dell'opera sono descritte di seguito sinteticamente:

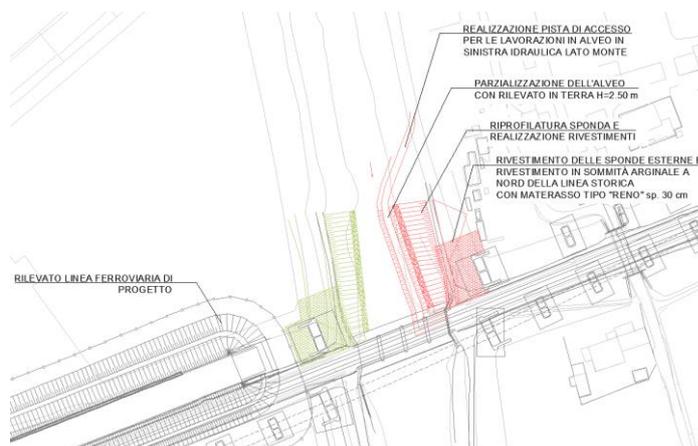
FASE 1:

- Realizzazione pista di accesso per le lavorazioni in alveo in destra idraulica lato monte
- Parzializzazione dell'alveo con rilevato in terra h=2,50 m sponde 1/1
- Riprofilatura sponda e realizzazione rivestimenti in alveo
- Rivestimento delle sponde esterne e rivestimento in sommità arginale a nord della linea storica con materasso tipo "reno" sp. 30 cm
- Demolizione rilevato in terra e pista di accesso all'alveo



FASE 2:

- Realizzazione pista di accesso per le lavorazioni in alveo in sinistra idraulica lato monte
- Parzializzazione dell'alveo con rilevato in terra h=2,50 m sponde 1/1
- Riprofilatura sponda e realizzazione rivestimenti in alveo
- Rivestimento delle sponde esterne e rivestimento in sommità arginale a nord della linea storica con materasso tipo "reno" sp. 30



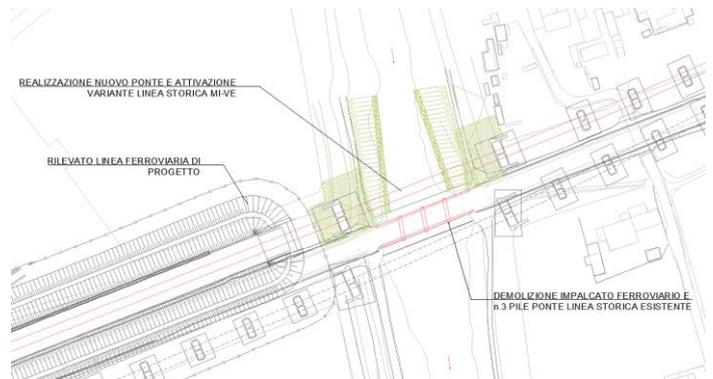
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 28 di 72</p>

cm

- Demolizione rilevato in terra e pista di accesso all'alveo

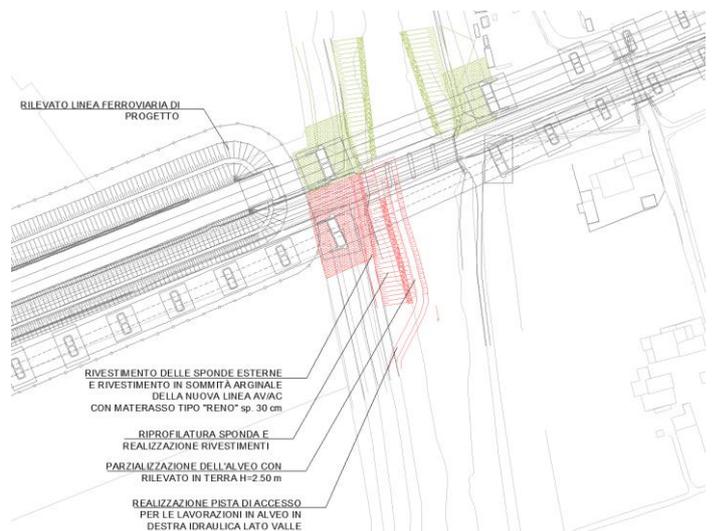
FASE 3:

- Realizzazione nuovo ponte e attivazione variante linea storica MI-VE
- Demolizione impalcato ferroviario e n.3 pile ponte linea storica esistente



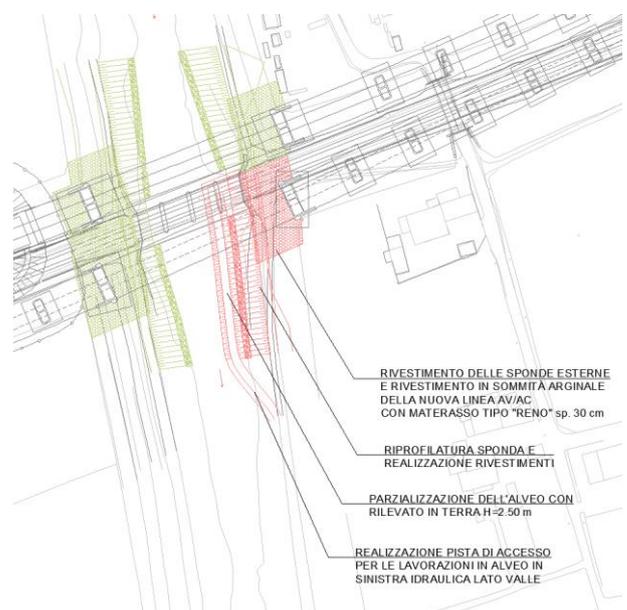
FASE 4:

- Realizzazione pista di accesso per le lavorazioni in alveo in destra idraulica lato valle
- Parzializzazione dell'alveo con rilevato in terra h=2,50 m sponde 1/1
- Riprofilatura sponda e realizzazione rivestimenti in alveo
- Rivestimento delle sponde esterne e rivestimento in sommità arginale in corrispondenza della nuova linea AV/AC con materasso tipo "reno" sp. 30 cm
- Demolizione rilevato in terra e pista di accesso all'alveo



FASE 5:

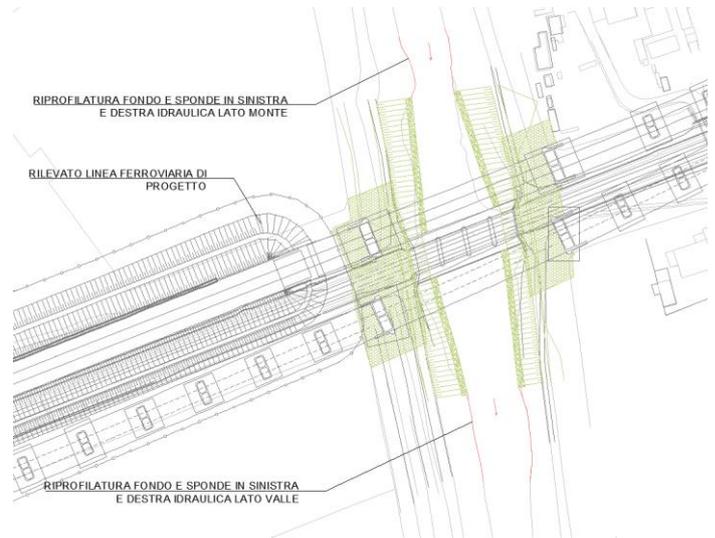
- Realizzazione pista di accesso per le lavorazioni in alveo in sinistra idraulica lato valle
- Parzializzazione dell'alveo con rilevato in terra h=2,50 m sponde 1/1
- Riprofilatura sponda e realizzazione rivestimenti in alveo
- Rivestimento delle sponde esterne e rivestimento in sommità arginale in corrispondenza della nuova linea AV/AC con materasso tipo "reno" sp. 30 cm
- Demolizione rilevato in terra e pista di accesso all'alveo



<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 29 di 72</p>

FASE 6:

- Realizzazione nuovo ponte e attivazione della linea AV/AC
- Riprofilatura del fondo a monte e a valle del rivestimento



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 30 di 72

10 ANALISI IDRAULICA

Il modello idraulico viene realizzato per verificare le condizioni di deflusso nella zona d'interesse, nella configurazione allo stato attuale, nella nuova configurazione di progetto e nella configurazione di cantierizzazione.

10.1 Il Modello HEC-RAS

L'analisi idraulica è stata condotta utilizzando il programma di calcolo monodimensionale a moto permanente denominato HEC-RAS 5.0.7 River Analysis System, versione 5.0.7 del Marzo 2019 sviluppato dalla U.S. Army Corps of Engineers, il quale fornisce un'adeguata rappresentazione del fenomeno, descrivendo le principali grandezze fisiche per ogni sezione idraulica di calcolo.

10.1.1 Calcolo del profilo 1D a moto permanente

Il profilo di moto permanente viene definito dal modello implementando l'equazione di conservazione dell'energia tra due sezioni successive:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

dove:

Y_1, Y_2 = tirante idrico nelle sezioni 1 e 2 consecutive;

Z_1, Z_2 = quota del fondo del canale nelle sezioni 1 e 2;

α_1, α_2 = coefficiente di Coriolis nelle sezioni 1 e 2;

g = accelerazione di gravità;

h_e = perdita di carico tra la sezione 1 e 2 definita da:

$$h_e = L \bar{S}_f + C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right| \quad (2)$$

dove:

\bar{S}_f = pendenza media della linea dell'energia tra le due sezioni;

C = coefficiente di espansione o contrazione;

L = distanza ponderata tra le due sezioni, calcolata come segue

$$L = \frac{L_{LOB} \bar{Q}_{LOB} + L_{CH} \bar{Q}_{CH} + L_{ROB} \bar{Q}_{ROB}}{\bar{Q}_{LOB} + \bar{Q}_{CH} + \bar{Q}_{ROB}} \quad (3)$$

dove:

L_{LOB}, L_{CH}, L_{ROB} = distanze tra le sezioni rispettivamente per la sponda sinistra (left overbank), canale principale (main channel) e sponda destra (right overbank);

$\bar{Q}_{LOB} + \bar{Q}_{CH} + \bar{Q}_{ROB}$ = media aritmetica della portata rispettivamente per la sponda sinistra (left overbank), canale principale (main channel) e sponda destra (right overbank).

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 		<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 			
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 31 di 72</p>

Nel calcolo il modello suddivide ogni sezione in tre parti: sponda sinistra (left overbank), canale principale (main channel) e sponda destra (right overbank). Per ognuna di queste è possibile assegnare diverse scabrezze e distanze rispetto alla sezione successiva.

Utilizzando la formula di Manning possiamo scrivere:

$$Q = 1.486 \frac{AR_H^{2/3}}{n} \sqrt{S_f} = K \sqrt{S_f} \quad (4)$$

dove

R_H = raggio idraulico

A = area della sezione trasversale

n = coefficiente di scabrezza di Manning

K = (conveyance) è un parametro geometrico

$$S_f = \left(\frac{Q}{K} \right)^2 \quad (5)$$

In ogni tratto esistono due valori di S_f , uno per ogni sezione che delimita il tratto, per cui viene calcolato un valore medio, che può essere calcolato utilizzando diverse formulazioni:

$$\begin{aligned} \bar{S}_f &= \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 && \text{Conduttività media (default per moto permanente)} \\ \bar{S}_f &= \frac{S_{f1} + S_{f2}}{2} && \text{Media aritmetica (default per moto vario)} \\ \bar{S}_f &= \sqrt{S_{f1} S_{f2}} && \text{Media geometrica} \\ \frac{1}{\bar{S}_f} &= \frac{1}{2} \left(\frac{1}{S_{f1}} + \frac{1}{S_{f2}} \right) && \text{Media armonica} \end{aligned} \quad (6)$$

La suddivisione in sottosezioni ha come ipotesi che tra l'una e l'altra non ci sia scambio di quantità di moto.

Per definire il termine cinetico $\frac{V^2}{2g}$ dell'intera sezione, è necessario introdurre il coefficiente di Coriolis α , in quanto nelle tre diverse sottosezioni (sponde e alveo principale) si instaurano diverse altezze cinetiche, pertanto si può considerare la formulazione seguente:

$$\alpha \frac{V^2}{2g} = \frac{Q_{LOB} \frac{V_{LOB}^2}{2g} + Q_{Ch} \frac{V_{Ch}^2}{2g} + Q_{ROB} \frac{V_{ROB}^2}{2g}}{Q_{LOB} + Q_{Ch} + Q_{ROB}} \quad (7)$$

da cui, con pochi passaggi, è possibile ottenere:

$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{LOB}^3}{A_{LOB}^2} + \frac{K_{Ch}^3}{A_{Ch}^2} + \frac{K_{ROB}^3}{A_{ROB}^2} \right]}{K_{Tot}^3} \quad (8)$$

A_{Tot} = area totale della sezione trasversale

K_{Tot} = conveyance totale della sezione trasversale

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 32 di 72

K_{LOB}, K_{ROB}, K_{CH} = conveyance per le sottosezioni

A_{LOB}, A_{ROB}, A_{CH} = area delle tre sottosezioni

L'ultimo aspetto che rimane da chiarire riguarda il coefficiente di scabrezza, n , questo può sempre assumere valori diversi nelle tre sottosezioni (sponde e alveo principale) ed all'interno di ognuna di queste; inoltre è possibile considerare una scabrezza equivalente all'interno dell'alveo quando la pendenza della sponda della sottosezione è maggiore di 5H:1V e nella stessa vi è più di un valore di n . La Figura 10-1 illustra come devono essere considerate le pendenze (S_L ed S_R). Nel caso in cui siano rispettate queste condizioni, allora il coefficiente di scabrezza equivalente viene assunto pari a:

$$n_c = \left[\frac{\sum_{i=1}^N P_i n_i^{3/2}}{P} \right]^{2/3} \quad (9)$$

dove

P_i = perimetro bagnato individuato da ogni tratto con scabrezza diversa;

P = perimetro bagnato dell'intero tratto di alveo principale.

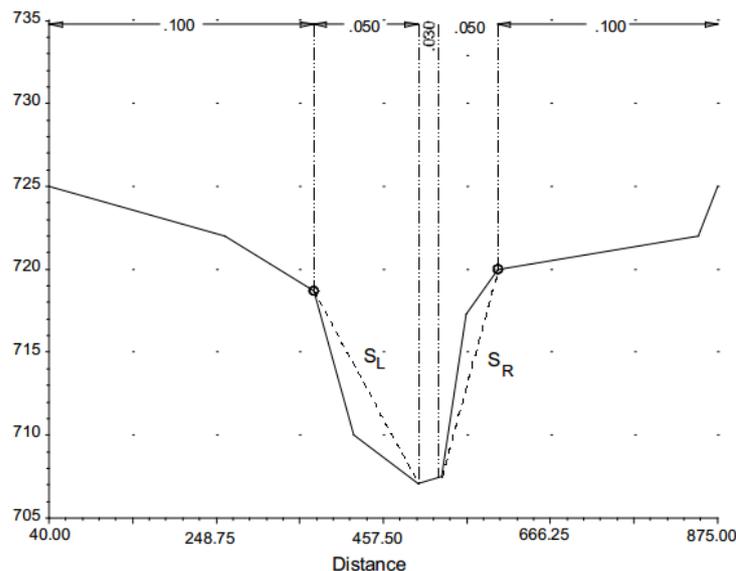


Figura 10-1 Schema per il calcolo della scabrezza equivalente

Per la determinazione del profilo il programma parte con il calcolo in corrente lenta, parte, quindi, dalla condizione al contorno della sezione di valle e procede verso monte applicando la seguente procedura:

1. ipotizza un livello nella sezione più a monte;
2. sulla base del livello ipotizzato calcola la conveyance totale e il carico cinetico;
3. calcola \bar{S}_f e risolve l'equazione (2) per il calcolo di h_e ;
4. con i precedenti valori calcolati risolve l'equazione (1) e calcola il livello nella sezione di monte;
5. confronta il livello calcolato con quello ipotizzato allo step 1, se la differenza è maggiore alla tolleranza impostata ripete la procedura, altrimenti passa alla sezione successiva.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 33 di 72

Il livello determinato viene confrontato con quello critico:

- se il livello determinato è superiore a quello critico la soluzione è di corrente lenta;
- se il livello determinato è inferiore a quello critico viene impostato il livello critico.

Terminato il calcolo in corrente lenta il programma procede con il calcolo del profilo in corrente rapida partendo dalla condizione al contorno della sezione di monte.

Viene quindi calcolata la spinta totale con il livello calcolato per la corrente lenta e quello per la corrente rapida, per questo scopo viene utilizzata la seguente formula:

$$SF = \beta \frac{Q^2}{gA} + AY_G \quad (10)$$

Se il valore ottenuto in condizioni subcritiche supera il valore della spinta ottenuta in condizioni supercritiche allora si instaura corrente lenta, altrimenti è valida la soluzione di corrente rapida e continua il calcolo del profilo in corrente veloce verso valle con la stessa procedura descritta per la corrente lenta.

Quando risulta valida la soluzione di corrente lenta, il programma ricerca la prima sezione verso valle in cui nella soluzione del profilo in corrente lenta era stata posta la condizione critica. Da questa sezione, verso valle, ha inizio il calcolo del profilo in corrente veloce, questo rimane valido finché non si arriva ad una sezione in cui la spinta subcritica supera quella supercritica, allora tra le due sezioni si instaura un risalto e si ha il passaggio da rapida a lenta.

10.1.2 Scelta dei parametri e simulazioni

10.1.2.1 Simulazioni ante operam

Il modello matematico è stato implementato ricostruendo la geometria dell'alveo attraverso una superficie tridimensionale della zona interessata ricavata dai rilievi topografici;

Le sezioni risultanti hanno permesso di ricostruire la geometria del corpo idrico nelle condizioni ante operam.

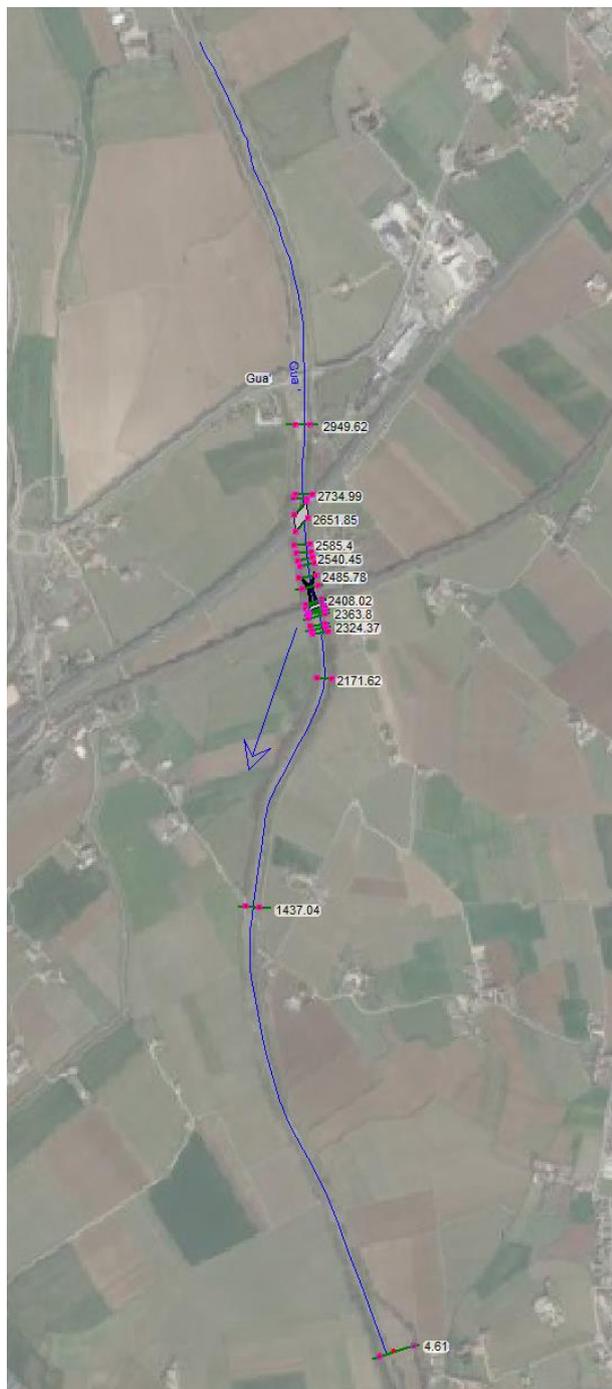


Figura 10-2 Planimetria di modellazione del Fiume Guà, ante operam



Figura 10-3 Planimetria di modellazione del Fiume Guà, ante operam, zoom nella zona di intervento

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 35 di 72

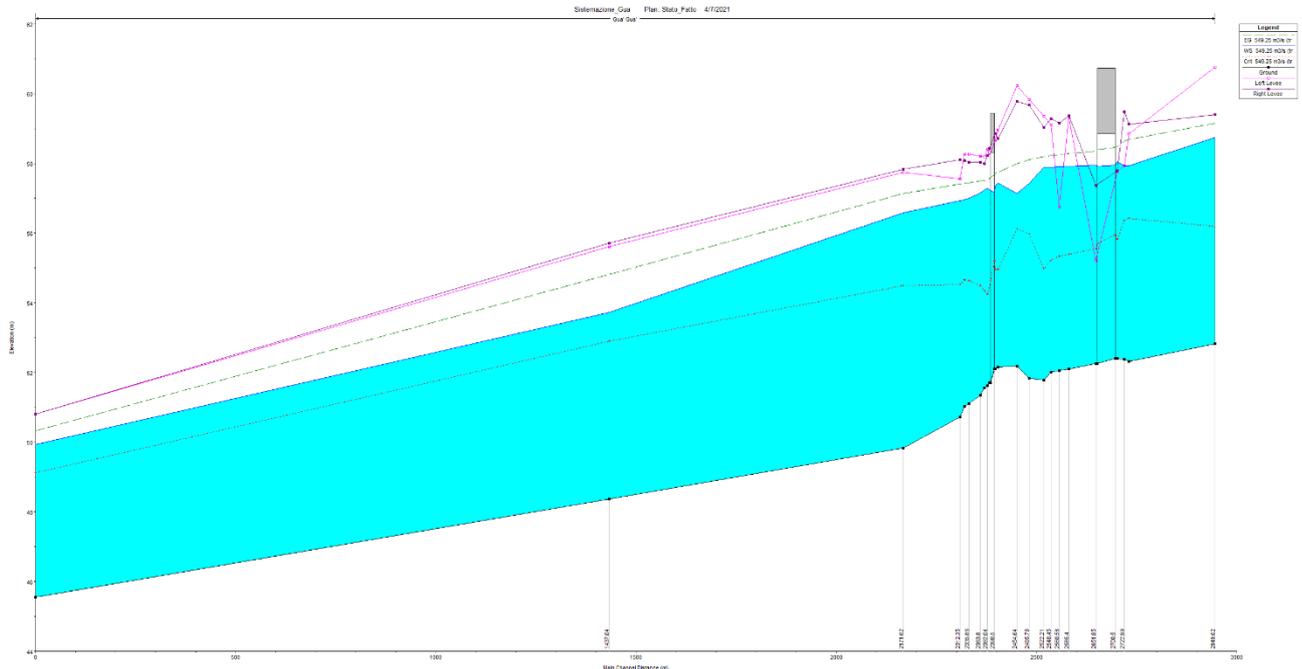


Figura 10-4 Profilo di modellazione del Fiume Guà, ante operam

La portata di progetto utilizzata per le simulazioni idrauliche in condizioni ante e post operam, corrisponde con la portata di progetto esecutivo calcolata attraverso analisi idrologica e descritta nei paragrafi precedenti. In particolare la portata in questione è pari a 549,25 m³/s per un tempo di ritorno pari a 300 anni.

Il coefficiente di scabrezza è caratterizzato da un ampio spettro di valori in dipendenza dello stato dell'alveo, dal grado di manutenzione e pulizia detto stesso, dalla presenza e dal tipo di vegetazione, dai cicli stagionali, dalla granulometria del fondo, ecc.

Nel caso in esame si è preso come coefficiente di scabrezza il valore di manning pari a 0,035 che equivale ad un canale caratterizzato da una discreta manutenzione e con presenza di eventuali arbusti e sassi e che corrisponde ad un valore Ks di Gauckler-Strickler pari a 28 m^{1/3}/s.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno bisogna tenere in considerazione che la simulazione è monodimensionale; le sezioni di monte e di valle sono state poste, per quanto possibile, discretamente a valle e a monte della zona di interesse. Questo è necessario per garantire le condizioni di moto uniforme e per ottenere i risultati ottimali dalla simulazione stessa. Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo, lo stesso è stato imposto per la condizione al contorno di monte. Da un'analisi di sensibilità al variare delle condizioni al contorno i risultati nel tratto di valle non variano.

I risultati delle simulazioni sono riportati in allegato al termine della presente relazione, di seguito verranno esaminate alcune sezioni caratteristiche che identificano i problemi riscontrati in fase ante operam.

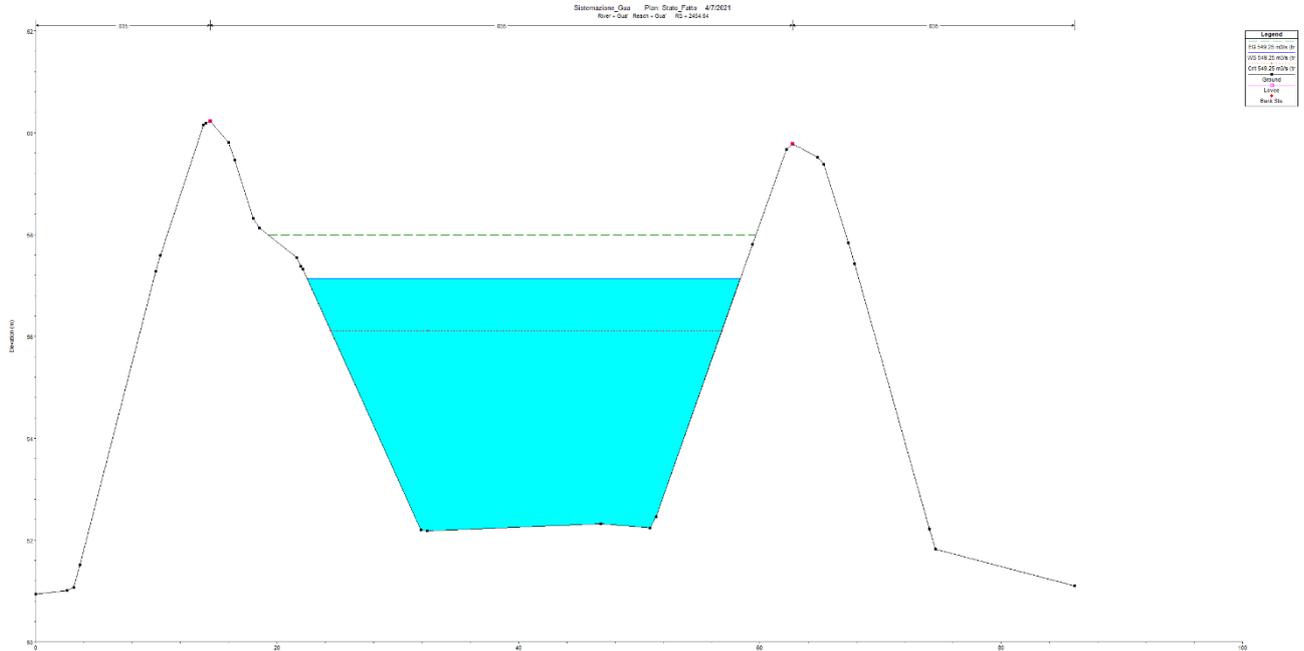


Figura 10-5 Sezione del Fiume Guà ricavata dal modello HEC-RAS ante operam

Si riportano di seguito i risultati della simulazione.

Tabella 10-1 Risultati simulazione 1D ante operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Gua'	2949.62	Tr 300 anni	549.25	52.83	58.75	56.20	59.15	0.001356	2.82	196.80	39.95	0.40
Gua'	2734.99	Tr 300 anni	549.25	52.32	57.93	56.42	58.70	0.003091	3.86	142.11	32.04	0.59
Gua'	2722.99	Tr 300 anni	549.25	52.37	57.93	56.36	58.65	0.002910	3.74	146.89	33.40	0.57
Gua'	2705.27	Tr 300 anni	549.25	52.41	58.05	55.83	58.49	0.000530	2.93	187.58	40.64	0.44
Gua'	2700.5	Bridge										
Gua'	2651.85	Tr 300 anni	549.25	52.26	57.95	55.56	58.36	0.000482	2.84	193.36	39.20	0.41
Gua'	2585.4	Tr 300 anni	549.25	52.10	57.93	55.39	58.29	0.001288	2.67	205.76	43.52	0.39
Gua'	2560.58	Tr 300 anni	549.25	52.06	57.91	55.34	58.25	0.001155	2.60	211.03	42.61	0.37
Gua'	2540.45	Tr 300 anni	549.25	52.02	57.89	55.23	58.23	0.001108	2.58	213.26	42.98	0.37
Gua'	2522.21	Tr 300 anni	549.25	51.78	57.89	54.97	58.20	0.000974	2.47	222.13	42.67	0.35
Gua'	2485.78	Tr 300 anni	549.25	51.84	57.43	55.97	58.11	0.002832	3.65	150.56	37.50	0.58
Gua'	2454.64	Tr 300 anni	549.25	52.18	57.14	56.11	57.99	0.003824	4.07	134.96	35.91	0.67
Gua'	2408.02	Tr 300 anni	549.25	52.17	57.44	54.96	57.74	0.001035	2.43	225.64	47.90	0.36
Gua'	2401	Tr 300 anni	549.25	52.10	57.35	54.95	57.72	0.000380	2.67	205.58	45.07	0.38
Gua'	2390.5	Bridge										
Gua'	2386.14	Tr 300 anni	549.25	51.71	57.26	54.43	57.56	0.000247	2.43	226.06	46.56	0.33
Gua'	2382.04	Tr 300 anni	549.25	51.62	57.29	54.24	57.53	0.000765	2.17	253.12	48.26	0.30
Gua'	2373.85	Tr 300 anni	549.25	51.56	57.23	54.36	57.51	0.000913	2.34	234.94	46.78	0.33
Gua'	2363.8	Tr 300 anni	549.25	51.35	57.16	54.50	57.49	0.001123	2.58	213.18	44.32	0.38
Gua'	2335.86	Tr 300 anni	549.25	51.11	57.00	54.63	57.45	0.001532	2.96	185.75	39.03	0.43
Gua'	2324.37	Tr 300 anni	549.25	51.02	56.96	54.65	57.43	0.001623	3.03	181.02	37.99	0.44
Gua'	2312.35	Tr 300 anni	549.25	50.73	56.94	54.53	57.41	0.001594	3.04	180.55	36.92	0.44
Gua'	2171.62	Tr 300 anni	549.25	49.83	56.58	54.50	57.14	0.002132	3.32	165.51	38.03	0.51
Gua'	1437.04	Tr 300 anni	549.25	48.37	53.72	52.91	54.81	0.004909	4.63	118.76	30.07	0.74
Gua'	4.61	Tr 300 anni	549.25	45.55	49.94	49.12	50.34	0.002000	2.97	217.81	96.98	0.49

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 37 di 72</p>

10.1.2.2 Simulazioni post operam

Il modello matematico è stato implementato partendo dalla configurazione ante operam e modificando le sezioni in modo tale da poter riprodurre la geometria del corpo idrico nelle condizioni di progetto.

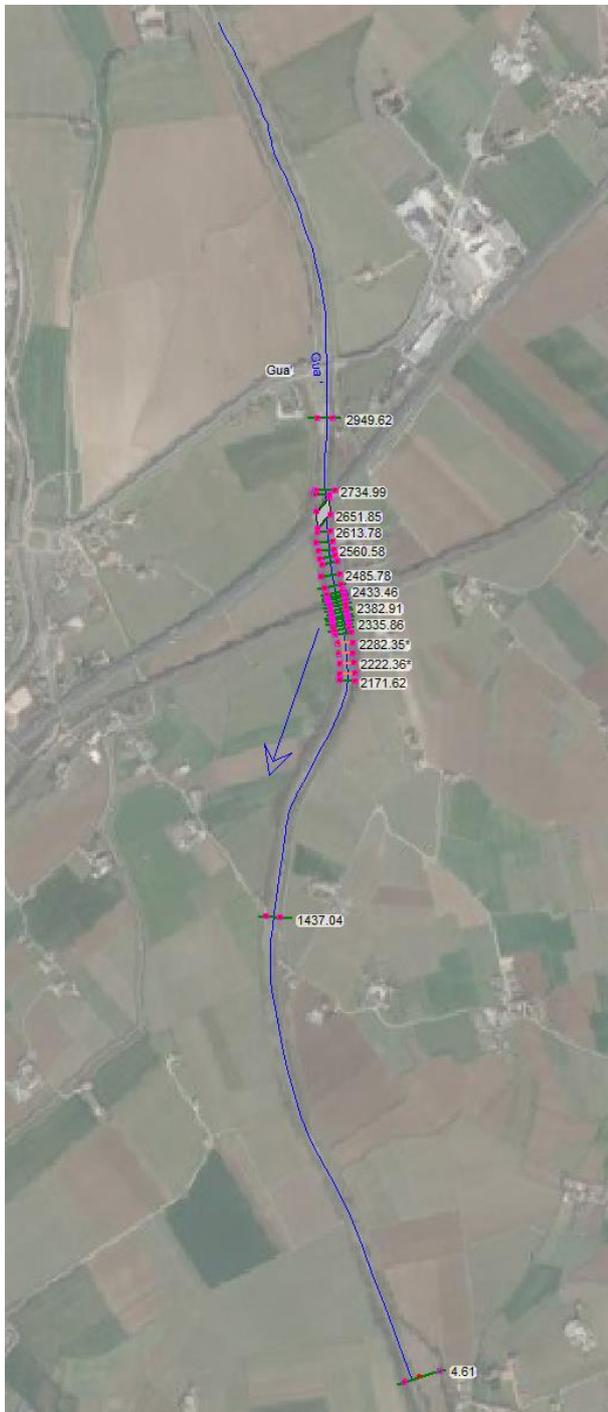


Figura 10-6 Planimetria di modellazione del Fiume Guà, post operam



Figura 10-7 Planimetria di modellazione del Fiume Guà, post operam, zoom nella zona di intervento

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 38 di 72

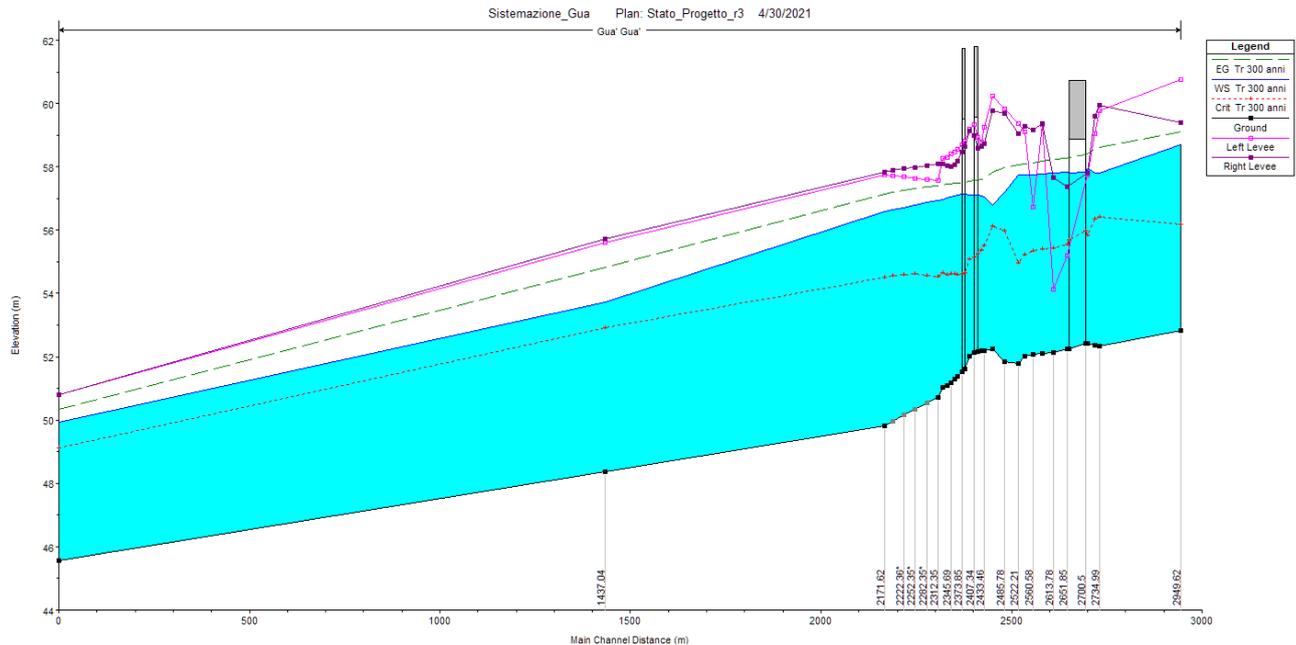


Figura 10-8 Profilo di modellazione del Fiume Guà, post operam

La portata di progetto utilizzata per le simulazioni idrauliche in condizioni ante e post operam, corrisponde con la portata di progetto esecutivo calcolata attraverso analisi idrologica e descritta nei paragrafi precedenti. In particolare la portata in questione è pari a 549,25 m³/s per un tempo di ritorno pari a 300 anni.

Il coefficiente di scabrezza è stato assegnato in modo tale da rappresentare le sezioni caratteristiche con cui viene realizzata la deviazione del Fiume Guà. In particolare sono stati utilizzati i seguenti valori:

- $K_s = 33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, per il tratto di sezione rivestito con massi ciclopici;
- $K_s = 28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, per le rimanenti sezioni.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, così come fatto per la configurazione ante operam, bisogna tenere in considerazione che la simulazione è monodimensionale; le sezioni di monte e di valle sono state poste, per quanto possibile, discretamente a valle e a monte della zona di interesse. Questo è necessario per garantire le condizioni di moto uniforme e per ottenere i risultati ottimali dalla simulazione stessa. Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo, lo stesso è stato imposto per la condizione al contorno di monte. Da un'analisi di sensibilità al variare delle condizioni al contorno i risultati nel tratto di valle non variano.

I risultati delle simulazioni sono riportati al completo in allegato al termine della presente relazione, di seguito verranno esaminate alcune sezioni caratteristiche che identificano la risoluzione in post operam.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 39 di 72

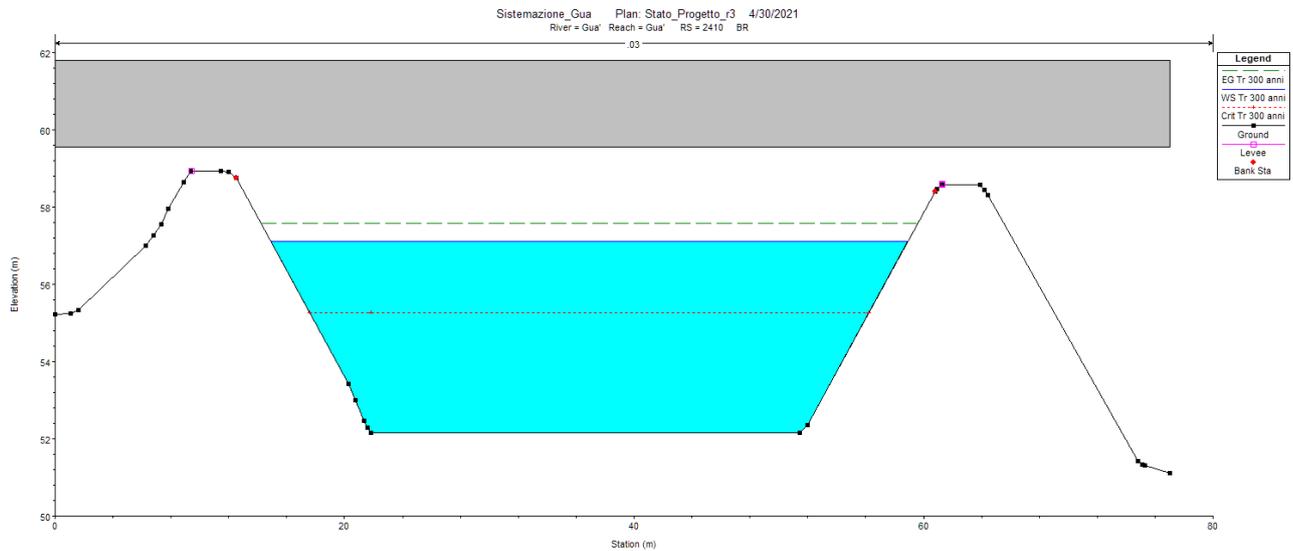


Figura 10-9 Sezione tipo trapezia post operam estratta da HEC-RAS in corrispondenza del ponte alta velocità

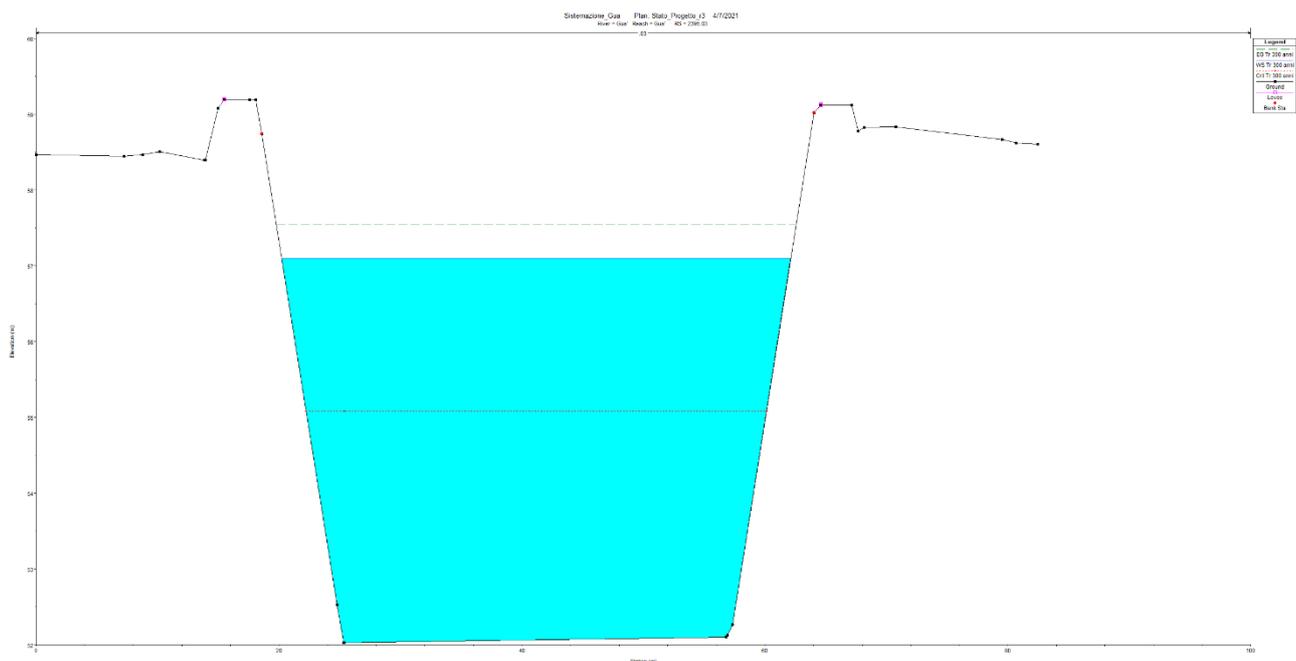


Figura 10-10 Sezione tipo trapezia con pendenza 1:1 post operam estratta da HEC-RAS

Dall'immagine precedente di nota come in fase post operam la sezione del Fiume Guà sia in grado di trattenere la portata max di progetto, con un franco idraulico mediamente superiore a 1,5 m rispetto ai cigli arginali e un grado di riempimento vicino al 70%. La quota del max livello idrico per un tempo di ritorno pari a 300 anni in corrispondenza degli impalcati è pari a 57,14 m s.m.m.

In corrispondenza degli impalcati la quota di fondo della sezione è pari a 52,15 m s.m.m. e la quota di sottotrave del ponte ferroviario è pari a 59,87 m s.m.m. La differenza pari a 7,72 m è superiore rispetto ai 6/7 m indicati nelle linee guida delle NTC 2008.

Si riportano di seguito i risultati completi della simulazione.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 40 di 72

Tabella 10-2 Risultati di HEC-RAS da simulazione post operam

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Gua'	2949.62	Tr 300 anni	549.25	52.83	58.69	56.20	59.10	0.001407	2.85	194.36	39.80	0.40
Gua'	2734.99	Tr 300 anni	549.25	52.32	57.81	56.42	58.62	0.003340	3.97	138.29	31.79	0.61
Gua'	2722.99	Tr 300 anni	549.25	52.37	57.81	56.36	58.56	0.003150	3.84	142.85	33.13	0.59
Gua'	2705.27	Tr 300 anni	549.25	52.41	57.94	55.83	58.40	0.000572	3.00	182.96	40.64	0.45
Gua'	2700.5	Bridge										
Gua'	2651.85	Tr 300 anni	549.25	52.26	57.83	55.56	58.26	0.000515	2.91	188.54	39.20	0.42
Gua'	2613.78	Tr 300 anni	549.25	52.14	57.79	55.44	58.23	0.001628	2.93	187.44	39.48	0.43
Gua'	2585.4	Tr 300 anni	549.25	52.10	57.78	55.39	58.17	0.001413	2.75	199.54	43.33	0.41
Gua'	2560.58	Tr 300 anni	549.25	52.06	57.76	55.34	58.13	0.001263	2.68	204.85	42.45	0.39
Gua'	2540.45	Tr 300 anni	549.25	52.02	57.74	55.23	58.10	0.001211	2.65	206.95	42.70	0.38
Gua'	2522.21	Tr 300 anni	549.25	51.78	57.74	54.97	58.07	0.001061	2.54	215.86	42.49	0.36
Gua'	2485.78	Tr 300 anni	549.25	51.84	57.20	55.97	57.96	0.003317	3.86	142.27	36.71	0.63
Gua'	2454.64	Tr 300 anni	549.25	52.24	56.79	56.13	57.83	0.003747	4.51	121.76	34.54	0.77
Gua'	2433.46	Tr 300 anni	549.25	52.19	57.06	55.52	57.64	0.001777	3.38	162.67	40.74	0.54
Gua'	2424.94	Tr 300 anni	549.25	52.18	57.09	55.38	57.60	0.001514	3.16	173.84	42.76	0.50
Gua'	2415.8	Tr 300 anni	549.25	52.16	57.11	55.26	57.57	0.001347	3.02	182.17	43.99	0.47
Gua'	2410	Bridge										
Gua'	2407.34	Tr 300 anni	549.25	52.14	57.11	55.14	57.56	0.001242	2.96	185.57	42.44	0.45
Gua'	2395.03	Tr 300 anni	549.25	52.03	57.10	55.08	57.54	0.001227	2.96	185.66	41.91	0.45
Gua'	2382.91	Tr 300 anni	549.25	51.61	57.14	54.66	57.51	0.000920	2.69	204.20	42.54	0.39
Gua'	2375	Bridge										
Gua'	2373.85	Tr 300 anni	549.25	51.51	57.13	54.62	57.50	0.000920	2.70	203.07	41.86	0.39
Gua'	2362.96	Tr 300 anni	549.25	51.39	57.11	54.60	57.49	0.000940	2.73	201.03	41.67	0.40
Gua'	2354.76	Tr 300 anni	549.25	51.29	57.09	54.61	57.48	0.000974	2.77	198.35	41.52	0.40
Gua'	2345.69	Tr 300 anni	549.25	51.19	57.06	54.61	57.47	0.001383	2.83	194.42	40.70	0.41
Gua'	2335.86	Tr 300 anni	549.25	51.10	57.02	54.59	57.45	0.001464	2.89	189.86	39.85	0.42
Gua'	2324.37	Tr 300 anni	549.25	51.03	56.96	54.65	57.43	0.001621	3.03	181.11	38.00	0.44
Gua'	2312.35	Tr 300 anni	549.25	50.73	56.94	54.52	57.41	0.001591	3.04	180.67	36.93	0.44
Gua'	2171.62	Tr 300 anni	549.25	49.83	56.58	54.50	57.14	0.002132	3.32	165.51	38.03	0.51
Gua'	1437.04	Tr 300 anni	549.25	48.37	53.72	52.91	54.81	0.004909	4.63	118.76	30.07	0.74
Gua'	4.61	Tr 300 anni	549.25	45.55	49.94	49.12	50.34	0.002000	2.97	217.81	96.98	0.49

10.1.2.3 Simulazioni fase di cantierizzazione

Il modello matematico è stato implementato partendo dalla configurazione ante operam e modificando le sezioni in modo tale da poter riprodurre la geometria del corpo idrico nelle condizioni di cantierizzazione più critiche che vedono la realizzazione della tura in alveo per la costruzione dei rivestimenti spondali con conseguente restringimento dell'alveo stesso. La tura avrà dimensioni pari a 2,5 m di altezza, pista di sommità pari a 3 m e pendenza sponde 1:1.



Figura 10-11 Planimetria di modellazione del Fiume Guà, fase di cantierizzazione, zoom nella zona di intervento

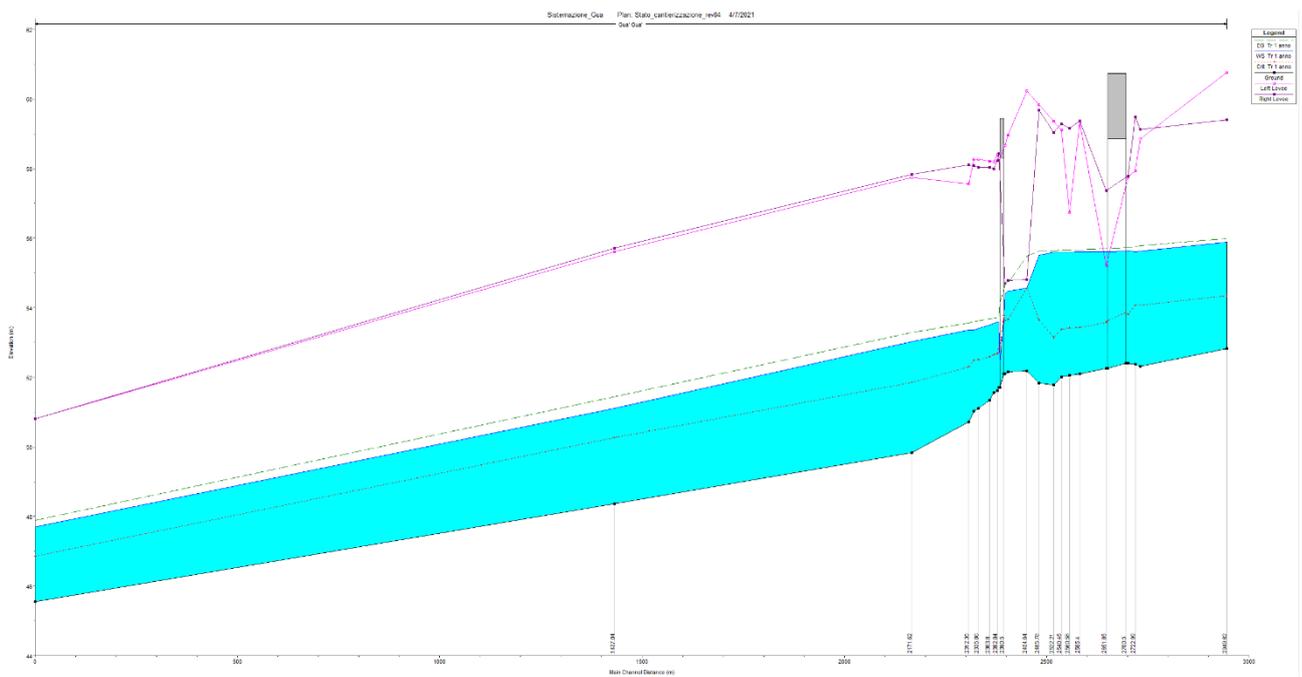


Figura 10-12 Profilo di modellazione del Fiume Guà, fase di cantierizzazione

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 42 di 72

La portata di progetto utilizzata per le simulazioni idrauliche in fase di cantierizzazione è stata calcolata attraverso analisi idrologica e descritta nei paragrafi precedenti. In particolare la portata in questione è pari a 128,31 m³/s per un tempo di ritorno pari a 1 anno.

Nel caso in esame si è preso come coefficiente di scabrezza il valore di manning pari a 0,035 che equivale ad un canale caratterizzato da una discreta manutenzione e con presenza di eventuali arbusti e sassi e che corrisponde ad un valore Ks di Gauckler-Strickler pari a 28 m^{1/3}/s.

Per quanto riguarda le condizioni al contorno, così come fatto per la configurazione ante operam, bisogna tenere in considerazione che la simulazione è monodimensionale; le sezioni di monte e di valle sono state poste, per quanto possibile, discretamente a valle e a monte della zona di interesse. Questo è necessario per garantire le condizioni di moto uniforme e per ottenere i risultati ottimali dalla simulazione stessa. Come condizione al contorno di valle è stata considerata una pendenza della linea dell'energia pari a quella media del fondo, lo stesso è stato imposto per la condizione al contorno di monte.

I risultati delle simulazioni sono riportati al completo in allegato al termine della presente relazione, di seguito verranno esaminate alcune sezioni caratteristiche che identificano la risoluzione in fase di cantierizzazione.

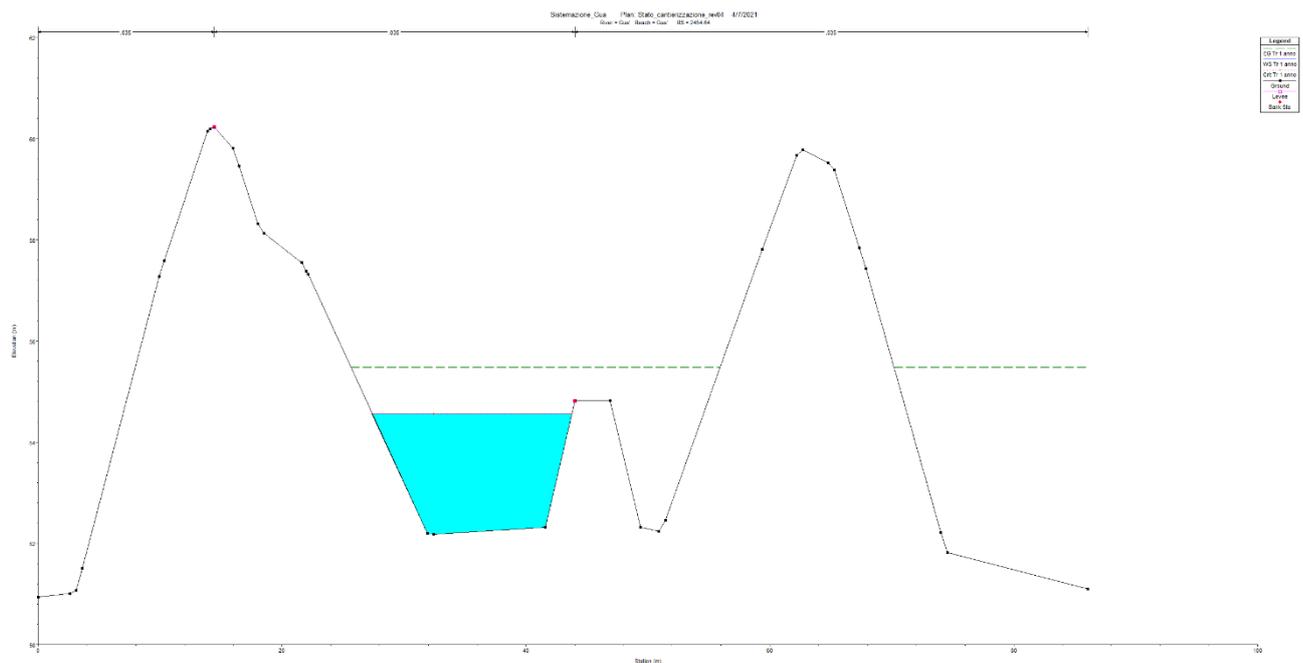


Figura 10-13 Sezione del Fiume Guà con indicazione della tura provvisoria estratta dal modello HEC-RAS

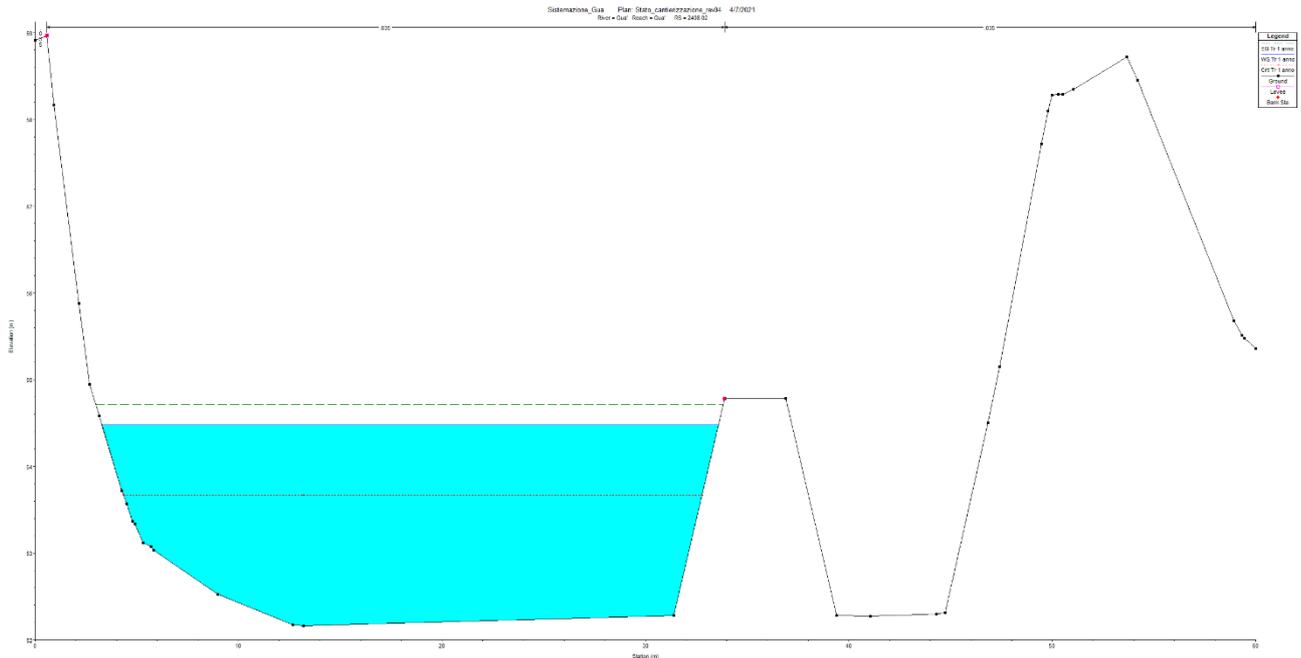


Figura 10-14 Sezione del Fiume Guà con indicazione della tura provvisoria estratta dal modello HEC-RAS

Dall'immagine precedente di nota come in fase di cantierizzazione le sezioni di progetto siano in grado di contenere la portata di 128,31 m³/s pari a un tempo di ritorno di 1 anno.

Si riportano di seguito i risultati completi della simulazione.

Tabella 10-3 Risultati di HEC-RAS da simulazione in fase di cantierizzazione

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m ³ /s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m ²)	Top Width (m)	Froude # Chl
Gua'	2949.62	Tr 1 anno	128.31	52.83	55.88	54.35	55.98	0.000770	1.40	91.42	34.71	0.28
Gua'	2734.99	Tr 1 anno	128.31	52.32	55.63	54.07	55.78	0.001124	1.74	73.84	27.12	0.34
Gua'	2722.99	Tr 1 anno	128.31	52.37	55.62	54.07	55.76	0.001089	1.70	75.60	28.22	0.33
Gua'	2705.27	Tr 1 anno	128.31	52.41	55.64	53.82	55.73	0.000204	1.33	96.20	34.87	0.26
Gua'	2700.5	Bridge										
Gua'	2651.85	Tr 1 anno	128.31	52.26	55.62	53.58	55.70	0.000162	1.22	105.07	35.62	0.23
Gua'	2585.4	Tr 1 anno	128.31	52.10	55.61	53.44	55.68	0.000416	1.15	111.24	36.64	0.21
Gua'	2560.58	Tr 1 anno	128.31	52.06	55.60	53.42	55.66	0.000386	1.10	116.18	39.23	0.20
Gua'	2540.45	Tr 1 anno	128.31	52.02	55.60	53.38	55.65	0.000344	1.07	119.63	38.70	0.19
Gua'	2522.21	Tr 1 anno	128.31	51.78	55.60	53.15	55.65	0.000271	1.00	128.83	38.62	0.17
Gua'	2485.78	Tr 1 anno	128.31	51.84	55.51	53.65	55.62	0.000775	1.51	85.15	30.65	0.29
Gua'	2454.64	Tr 1 anno	128.31	52.18	54.56	54.56	55.48	0.011032	4.25	30.18	16.36	1.00
Gua'	2408.02	Tr 1 anno	128.31	52.17	54.48	53.67	54.71	0.002377	2.13	60.13	30.31	0.48
Gua'	2401	Tr 1 anno	128.31	52.10	54.40	53.64	54.68	0.000944	2.37	54.25	26.51	0.53
Gua'	2390.5	Bridge										
Gua'	2386.14	Tr 1 anno	128.31	51.71	53.58	52.81	53.74	0.000572	1.75	73.40	44.43	0.42
Gua'	2382.04	Tr 1 anno	128.31	51.62	53.60	52.68	53.72	0.001410	1.56	82.37	44.57	0.37
Gua'	2373.85	Tr 1 anno	128.31	51.56	53.56	52.65	53.70	0.001592	1.69	75.82	39.91	0.39
Gua'	2363.8	Tr 1 anno	128.31	51.35	53.50	52.59	53.68	0.001815	1.86	68.85	34.85	0.42
Gua'	2335.86	Tr 1 anno	128.31	51.11	53.40	52.51	53.62	0.002155	2.08	61.78	29.92	0.46
Gua'	2324.37	Tr 1 anno	128.31	51.02	53.36	52.49	53.59	0.002277	2.13	60.25	29.23	0.47
Gua'	2312.35	Tr 1 anno	128.31	50.73	53.36	52.31	53.56	0.001833	2.01	63.83	28.46	0.43
Gua'	2171.62	Tr 1 anno	128.31	49.83	53.03	51.86	53.29	0.002052	2.23	57.57	23.76	0.46
Gua'	1437.04	Tr 1 anno	128.31	48.37	51.12	50.27	51.45	0.003082	2.56	50.13	22.47	0.55
Gua'	4.61	Tr 1 anno	128.31	45.55	47.70	46.86	47.89	0.002002	1.90	67.66	36.41	0.44

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 44 di 72

10.2 Aree di esondazione ante operam e post operam

Le aree di esondazione per il Fiume Guà sono state ricavate dal modello HEC-RAS nelle condizioni ante operam e post operam. Le planimetrie riportate di seguito mostrano come in entrambe le configurazioni non sussistano allagamenti nelle zone adiacenti. La configurazione di progetto riesce a trattenere la portata max di 549,25 m³/s con un franco di sicurezza maggiore di 2 m. Il dettaglio delle rappresentazioni è limitato al rilievo topografico messo a disposizione del presente progetto esecutivo.

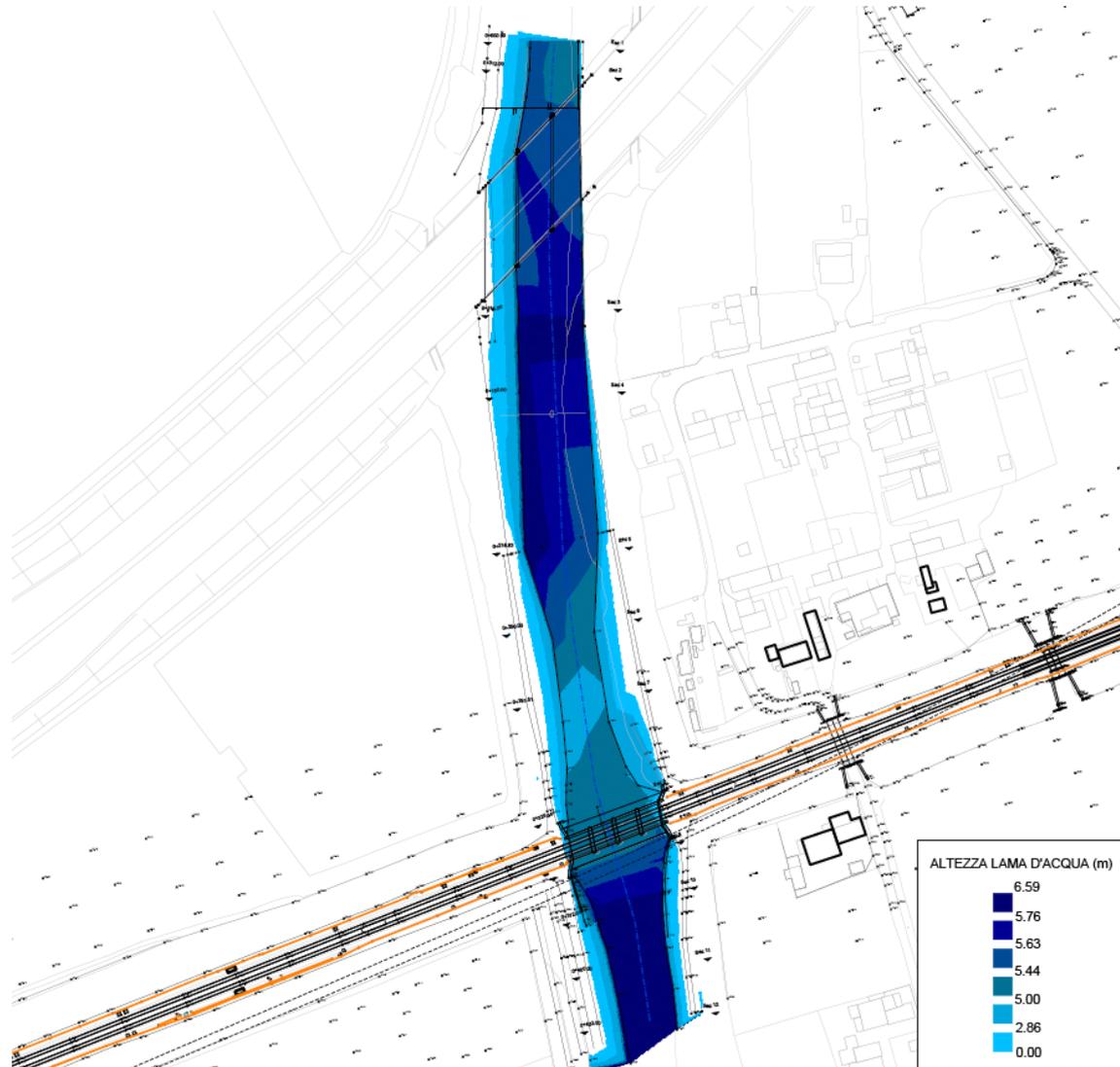


Figura 10-15 Planimetria aree di esondazione ante operam

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 45 di 72

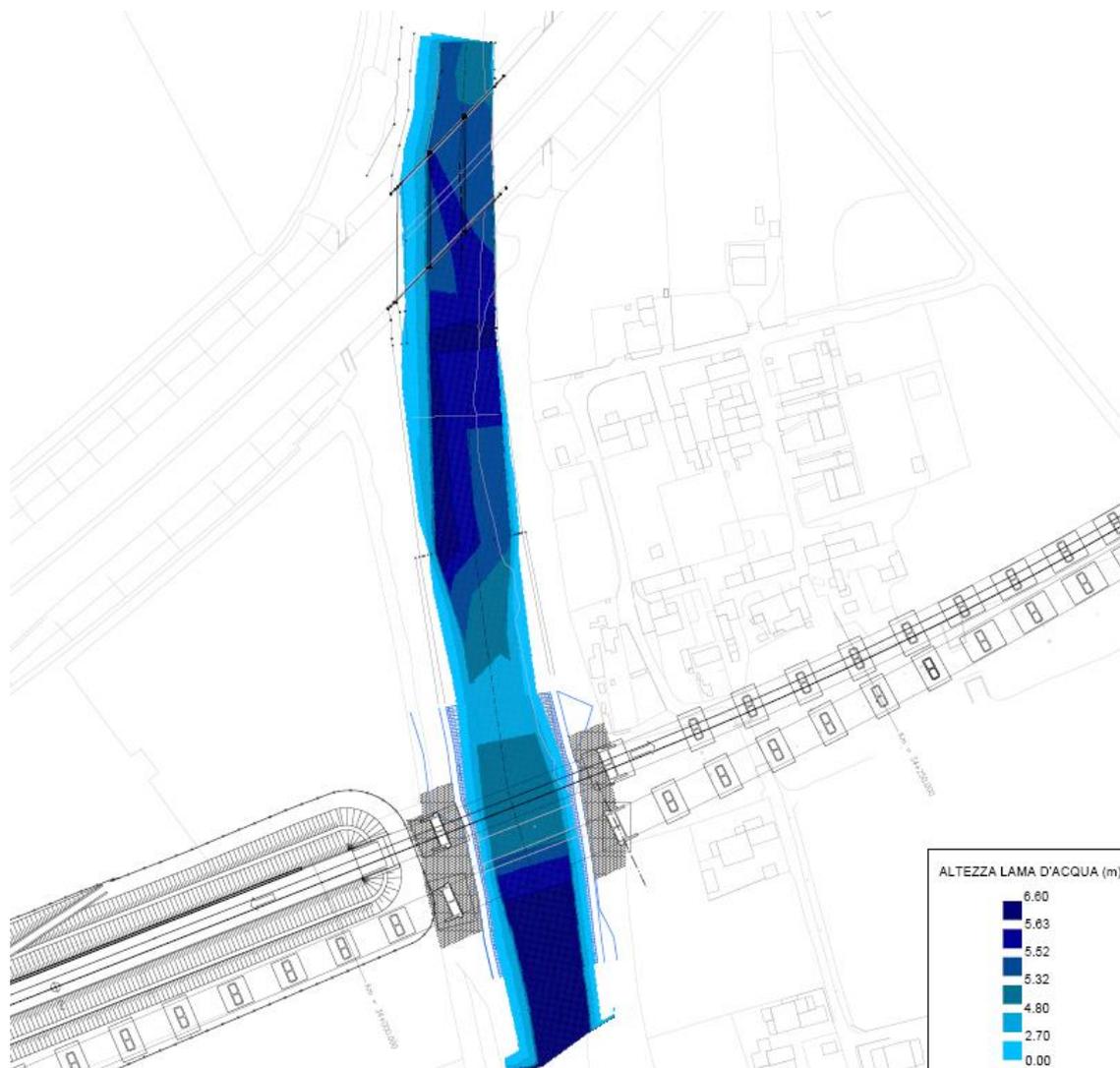


Figura 10-16 Planimetria aree di esondazione post operam

10.3 Verifica dei rivestimenti di fondo e di sponda

L'intervento proposto in fase di progettazione prevede un'opera di difesa di fondo e di sponda per tutto il tratto interessato dalla sistemazione. Il rivestimento spondale è composto da massi ciclopici, stuccati con malta cementizia e posati su un fondo in calcestruzzo armato con rete elettrosaldata 20x20 cm \varnothing 8 mm e geotessile di contenimento per il drenaggio subsuperficiale, avente spessore totale del rivestimento pari a 0,45 m. Per migliorare il drenaggio sotto il rivestimento si andrà a posizionare una tubazione drenante in PEAD forato DN125 collegata all'esterno del rivestimento in modo da smaltire le acque di drenaggio. Il fondo sarà protetto da massi sciolti di adeguata pezzatura.

In letteratura sono disponibili varie formule per la stima della stabilità dei materiali di assegnata granulometria sottoposti all'azione di trascinamento della corrente. Questi metodi si basano sulla determinazione dei valori critici della velocità o delle tensioni tangenziali (intesi come valori che corrispondono alle condizioni di moto incipiente per il materiale considerato) e sul confronto con i valori reali di tali grandezze.

<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH IN6106 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 46 di 72</p>

Seguendo il criterio che si basa sulla definizione dello sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale, la condizione di stabilita del fondo risulta quando $\tau_{cr} \geq \tau_0$, ovvero quando la tensione tangenziale critica è maggiore o uguale a quella esercitata dalla corrente.

La tensione tangenziale sul fondo dell'alveo è data dalla formula:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R_H \cdot i$$

che, per alvei con base molto maggiore del tirante idrico ed in condizioni di moto permanente può scriversi:

$$\tau_0 = \gamma \cdot R_H \cdot J$$

dove:

γ [kg/m³] è il peso specifico dell'acqua;

R_H [m] è il raggio idraulico della sezione;

h [m] è il tirante idrico;

i [m/m] è la pendenza del fondo;

J [m/m] è la cadente.

Nella figura, sotto riportata, sono illustrati l'andamento degli sforzi tangenziali sul fondo e sulle sponde, nel caso di una particolare sezione trapezia.

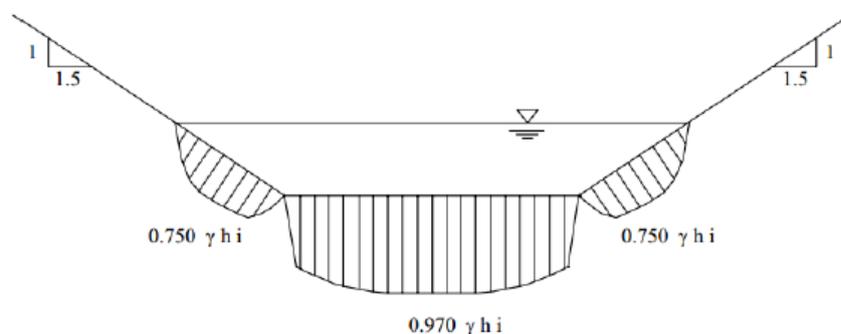


Figura 10-17 Andamento tensioni tangenziali

La tensione tangenziale massima esercitata dalla corrente è espressa dalla relazione:

$$\tau_0 = \zeta \cdot \gamma_w \cdot R_H \cdot i$$

con ζ coefficiente che tiene conto della distribuzione delle tensioni tangenziali; è assunto pari a 1 per il fondo alveo e 0.75 in corrispondenza delle sponde; dove:

γ_w [kg/m³] è il peso specifico dell'acqua;

R_H [m] è il raggio idraulico della sezione;

i [m/m] è la pendenza del fondo;

I valori della τ_0 devono essere confrontati con le tensioni tangenziali critiche che mobilitano il materiale sul fondo e sulle sponde.

Il valore critico τ_{cr} che mobilita un masso di diametro d con peso specifico γ_s in assenza di coesione ed in regime turbolento ha la seguente espressione, riferita alla teoria della tensione tangenziale critica (Shields,

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 47 di 72

1936) attraverso la valutazione della forza che determina il moto incipiente dei granuli, esprimibile in termini generali con la seguente relazione che esprime una condizione di equilibrio:

$$\frac{\tau_{cr}}{(\gamma_s - \gamma_w)d} = \theta(Re^*)$$

dove:

τ_{cr} = tensione tangenziale critica [kg/m²]

γ_s = peso specifico materiale d'alveo [kg/m³]

γ_w = peso specifico dell'acqua [kg/m³]

d = diametro del granulo [m]

θ = parametro adimensionale dipendente dalle caratteristiche dei granuli e del letto fluviale e dal numero di Reynolds di grano (Re^*) relativo alla velocità di attrito u^* :

$$u^* = \sqrt{\frac{\tau_{cr}}{\rho}}$$

La suddetta condizione di equilibrio è stata tradotta in termini empirici da osservazioni sperimentali, ciascuna caratterizzata da limiti e campi di applicabilità specifici che ne condizionano l'utilizzo.

In particolare alcuni autori hanno individuato valori empirici specifici del parametro di Shields:

$\theta = 0,047$ nella espressione di Meyer-Peter, che considera nullo il termine relativo al trasporto solido;

$\theta = 0,058 \div 0,060$ nella espressione originale di Shields per $Re^* > 400$;

$\theta = 0,116$ nella espressione di Kalinske, che considera un fattore di compattezza del materiale rappresentante l'effetto di mutuo incastro delle particelle (utilizzabile per i materassi Reno).

Per le verifiche di stabilità delle sponde, la condizione di moto incipiente va espressa considerando le componenti attive del peso e della spinta idrodinamica in relazione alla pendenza della sponda (α) rispetto all'orizzontale.

Per tali verifiche viene normalmente utilizzata la seguente espressione (Lane 1953):

$$\tau_{cr}(\alpha) = \tau_{cr}(0) \left[\cos \alpha \cdot \sqrt{1 - \frac{\tan^2 \alpha}{\tan^2 \varphi}} \right]$$

dove τ_{cr} è la tensione critica sul fondo, α la pendenza delle sponde e φ l'angolo di attrito interno del materiale. La stabilità del sistema di protezione può essere giudicata sulla base di un confronto fra la tensione tangenziale ottenuta dal calcolo a quella massima ammissibile caratteristica dell'opera.

Per le verifiche di stabilità dei massi costituenti la scogliera, si è fatto riferimento all'espressione di Shields nella formulazione di Armanini. Per tenere conto dell'inclinazione del paramento si è utilizzata l'espressione di Lane (1953) su riportata.

I risultati delle verifiche sono riportati di seguito e fanno riferimento alla sezione 2424,94 del modello HEC RAS post operam:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 48 di 72

Verifica protezione al fondo		
γ_s	25000	N/m ³
γ_w	9810	N/m ³
R_H	3,80	m
i	0,005	m/m
V	3,16	m/s
θ	0,047	-
d	0,5	m
τ_0	186,39	N/m ²
τ_{cr}	356,97	N/m ²

Essendo che τ_{cr} risulta maggiore a τ_0 la verifica risulta soddisfatta e il materiale con diametro maggiore o pari a 0,5 m è appropriato per il rivestimento al piede.

Il rivestimento di sponda essendo in massi ciclopici intasati con malta cementizia non necessita di verifica.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH IN6106 001	Rev. A	Foglio 49 di 72

11 CONCLUSIONI

L'analisi idraulica sviluppata ha seguito i vari punti esposti nelle premesse:

- Reperimento della cartografia di base;
- Interpretazione della cartografia e reperimento di ulteriori informazioni mediante acquisizioni bibliografiche sul comportamento pluvio-meteorologico dell'area in esame e del bacino di interesse;
- Reperimento di informazioni mediante acquisizioni bibliografiche sul comportamento pluviometeorologico dell'area durante gli eventi di pioggia estremi;
- Analisi geomorfologica del bacino del corso d'acqua, oggetto della presente relazione;
- Analisi idrologica e definizione della portata di progetto;
- Reperimento di progetti propedeutici allo sviluppo di analisi dimensionali;
- Analisi idraulica tramite modellazione 1D per lo stato ante operam, post operam e di cantierizzazione.

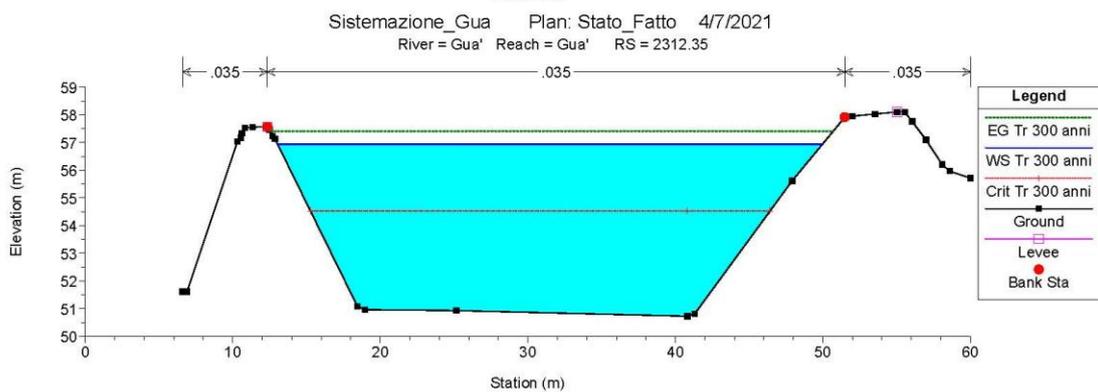
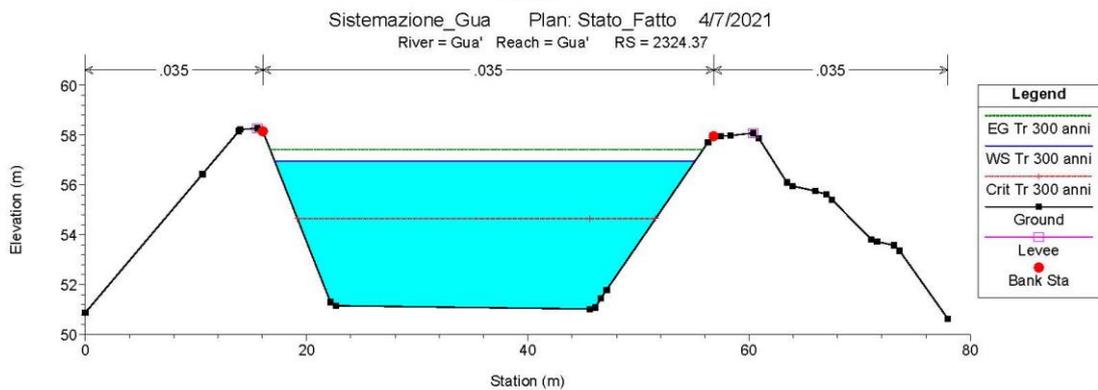
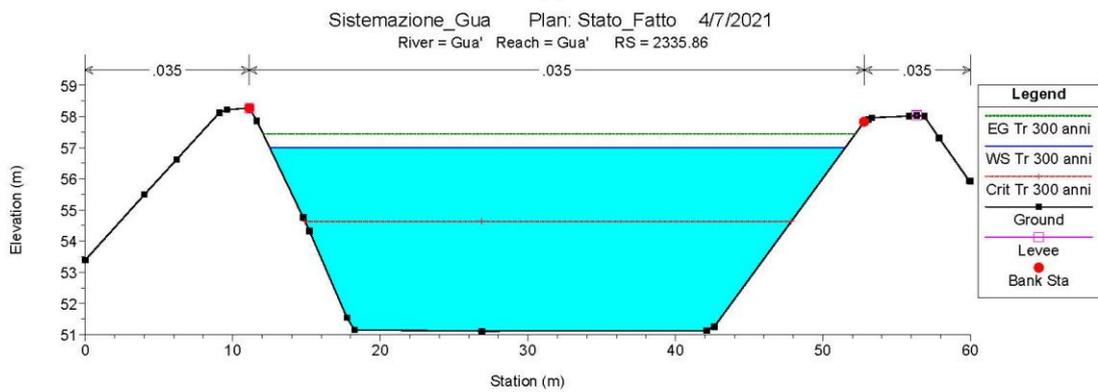
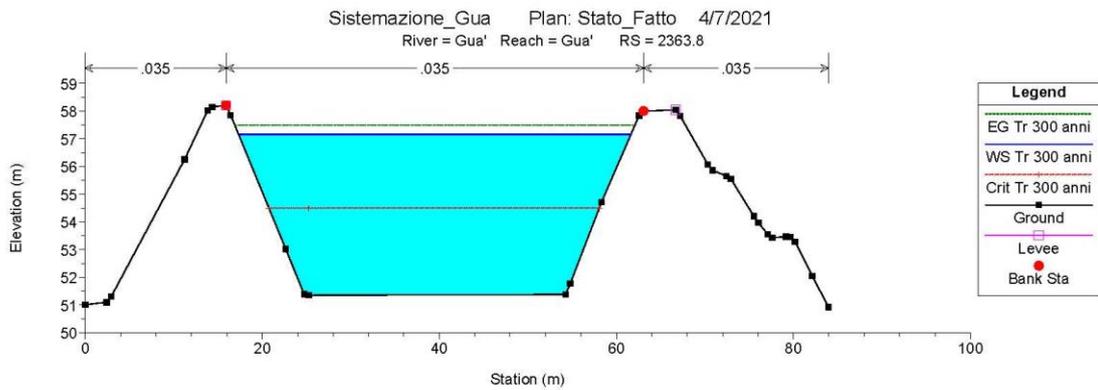
Dal confronto delle simulazioni svolte dello stato di fatto e di quello di progetto si può notare come le condizioni idrauliche del fiume Guà non risentano dell'inserimento dei nuovi impalcati e della realizzazione del rivestimento spondale.

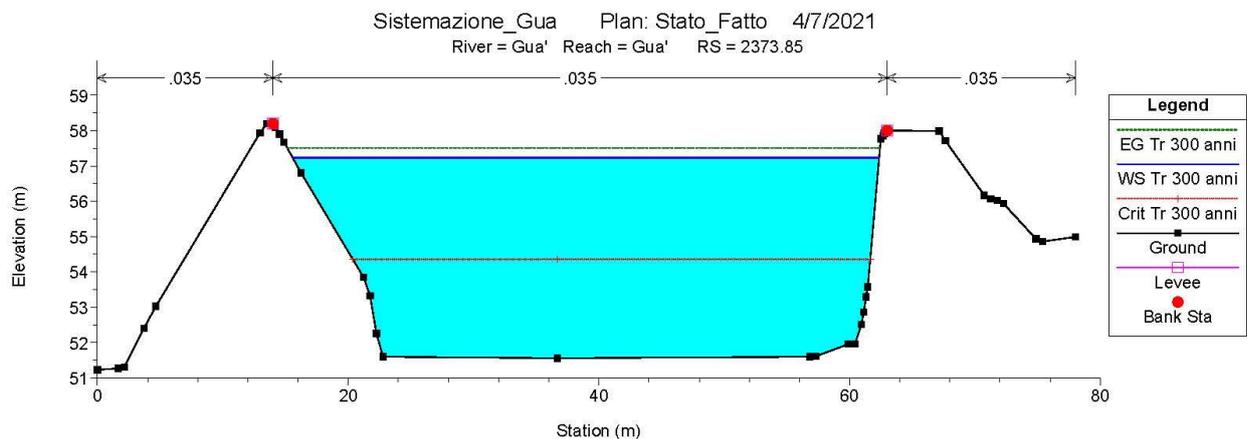
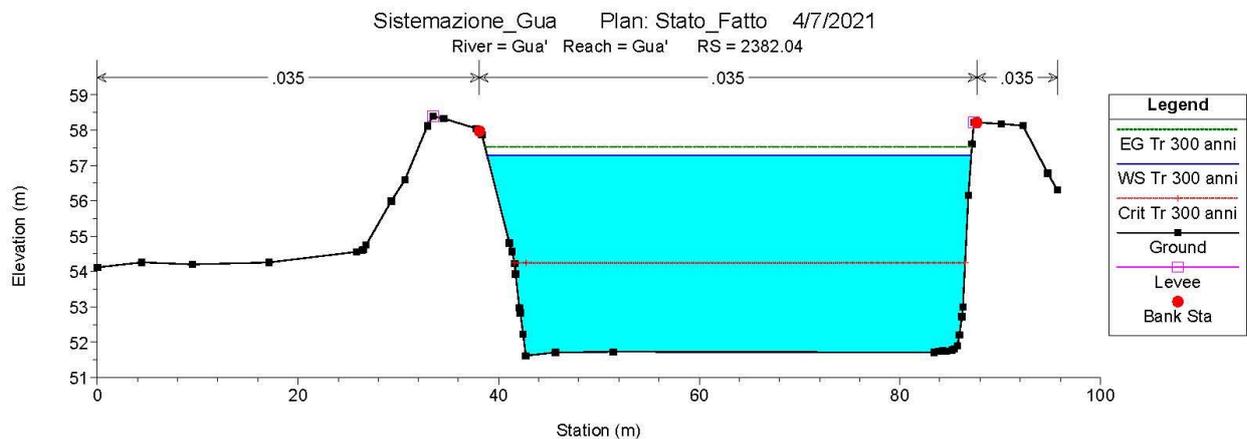
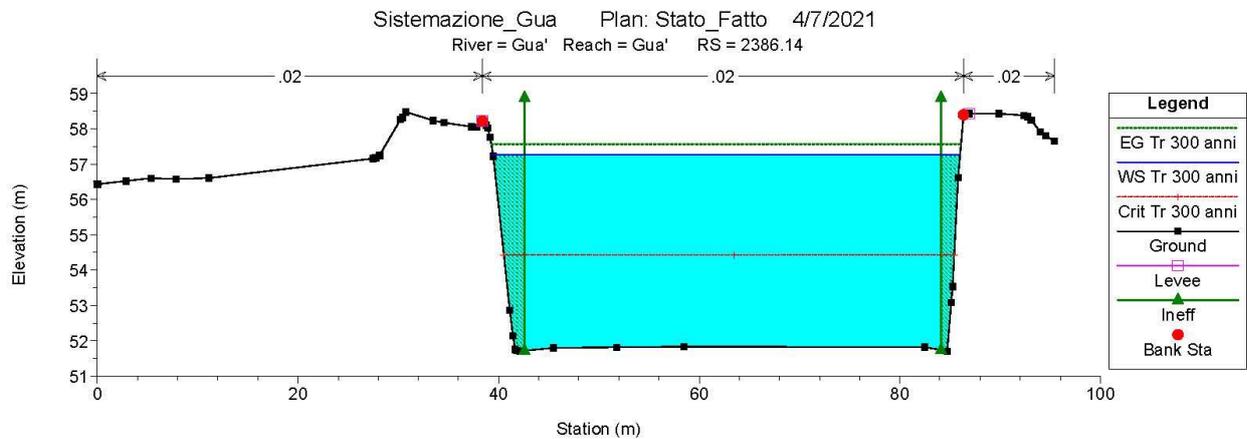
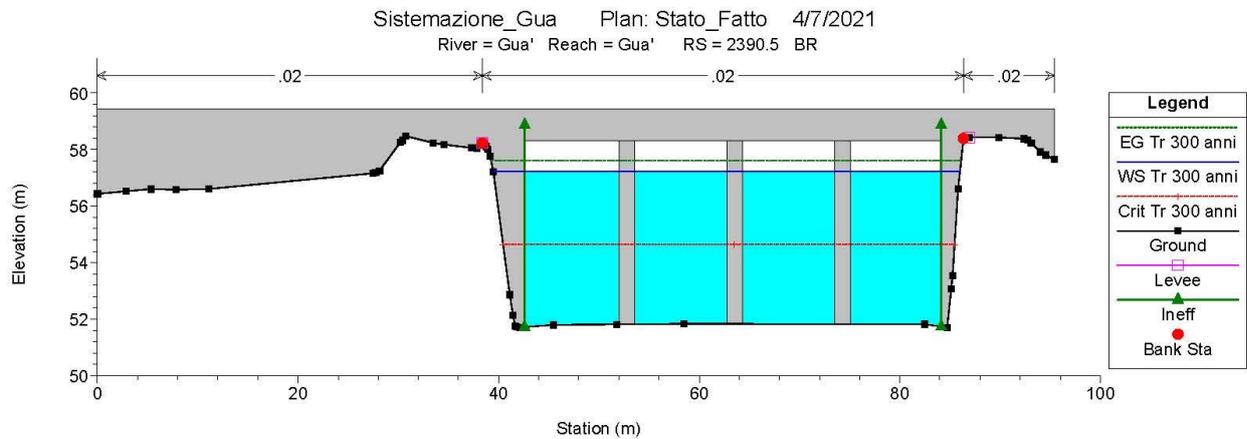
I franchi di sicurezza sono rispettati così come la distanza tra fondo fiume e sottotrave del ponte ferroviario è conforme alla normativa.

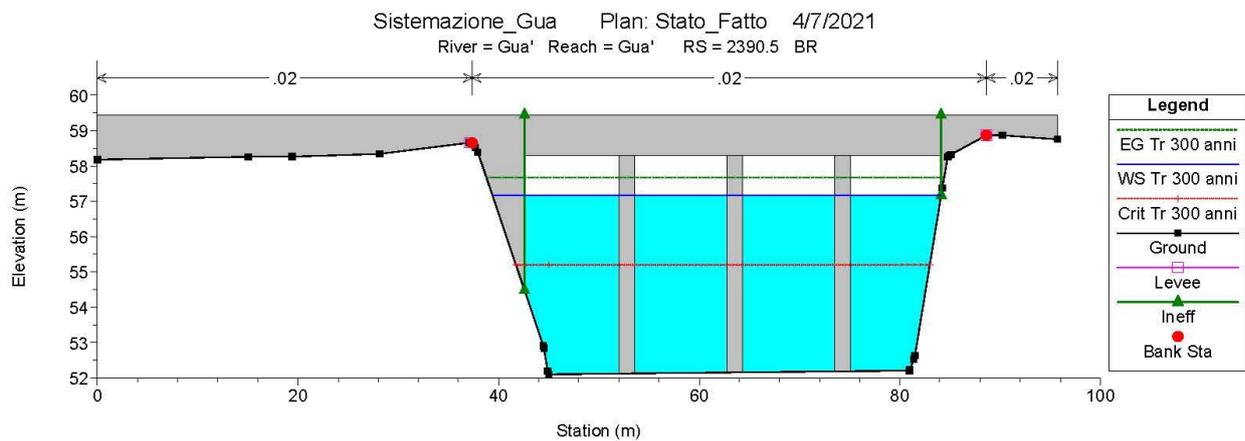
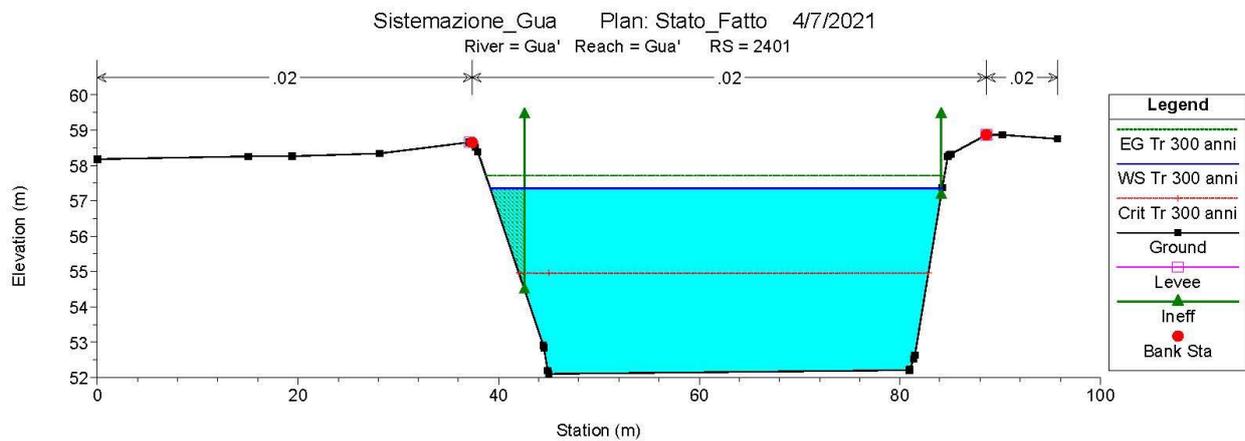
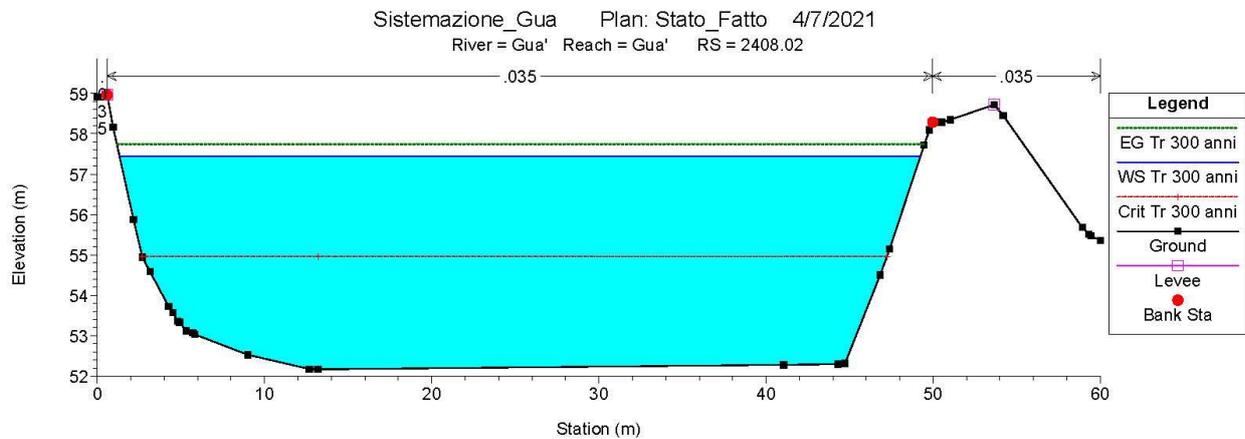
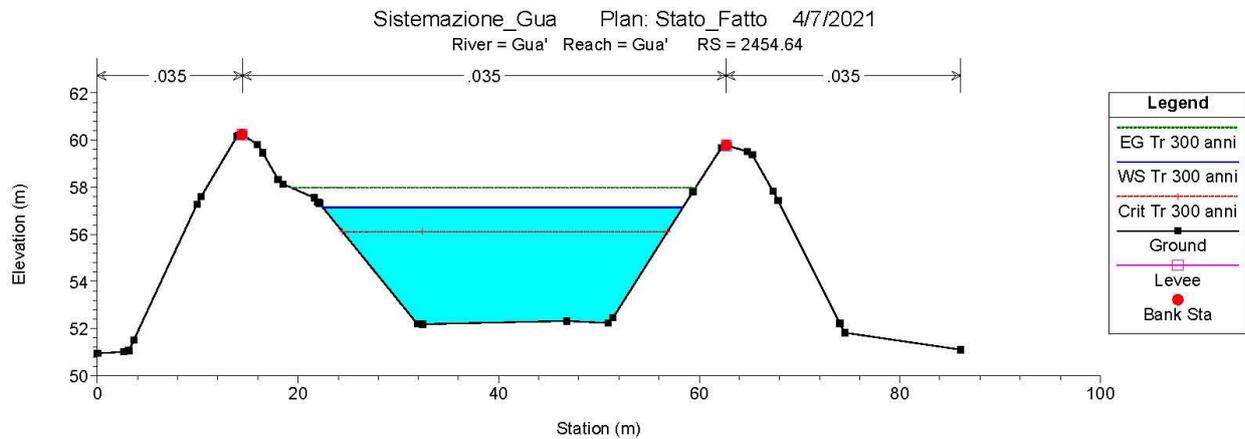
ALLEGATI

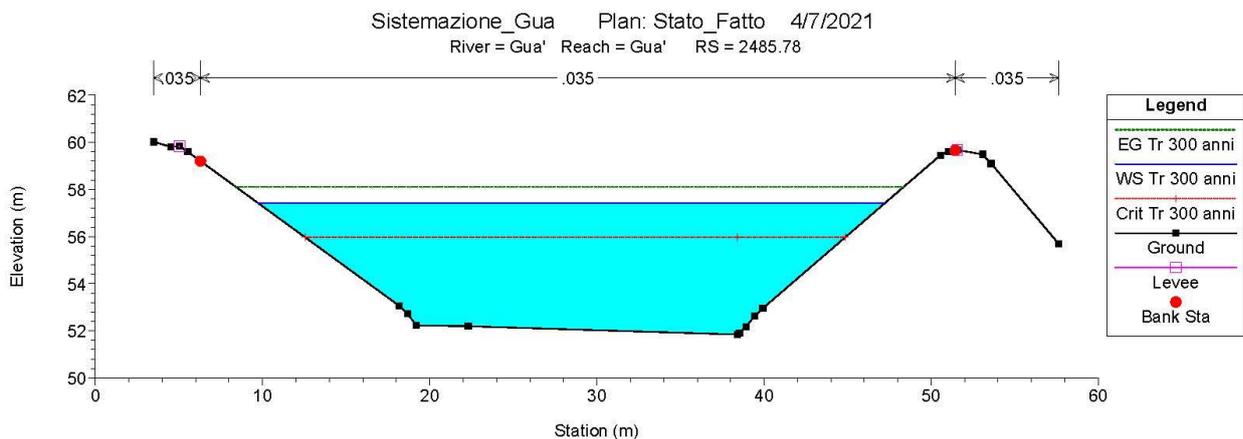
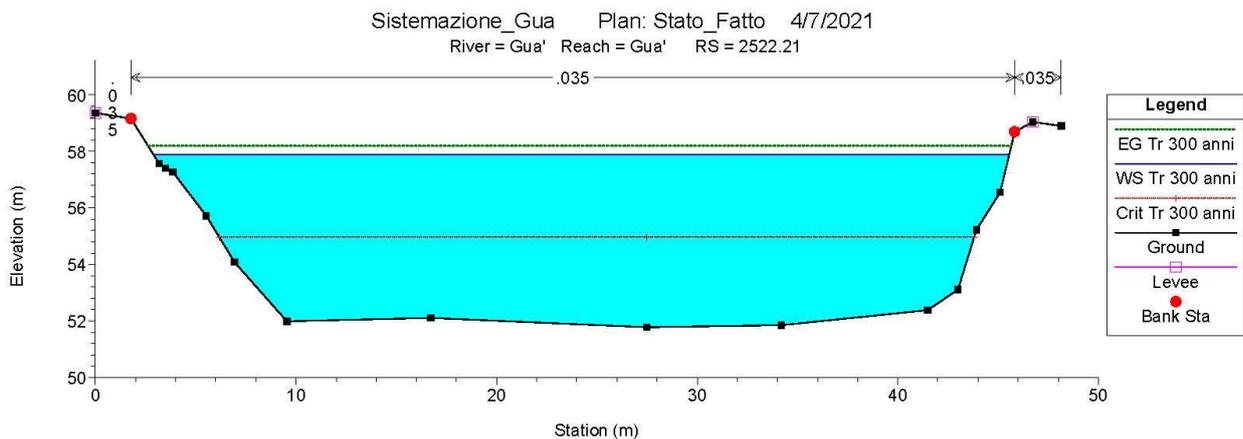
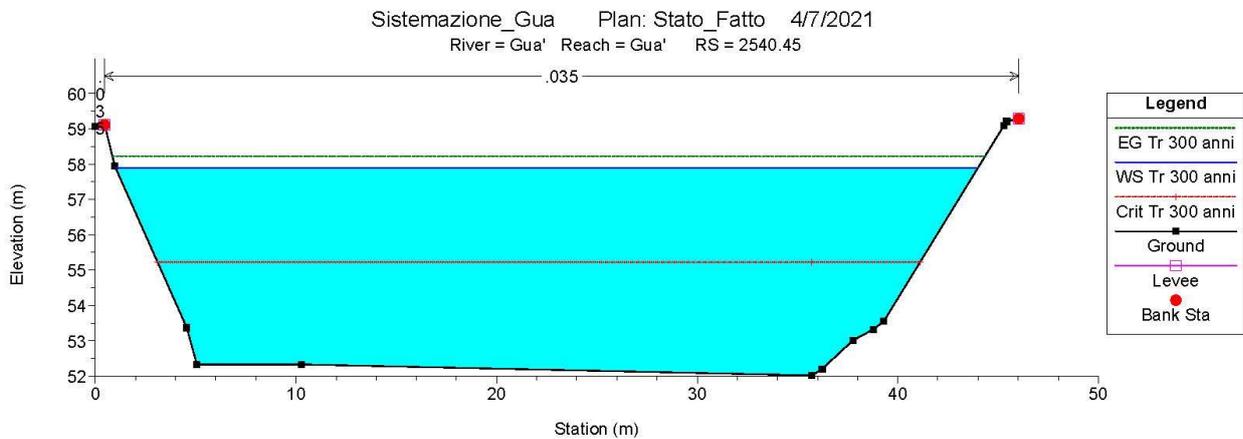
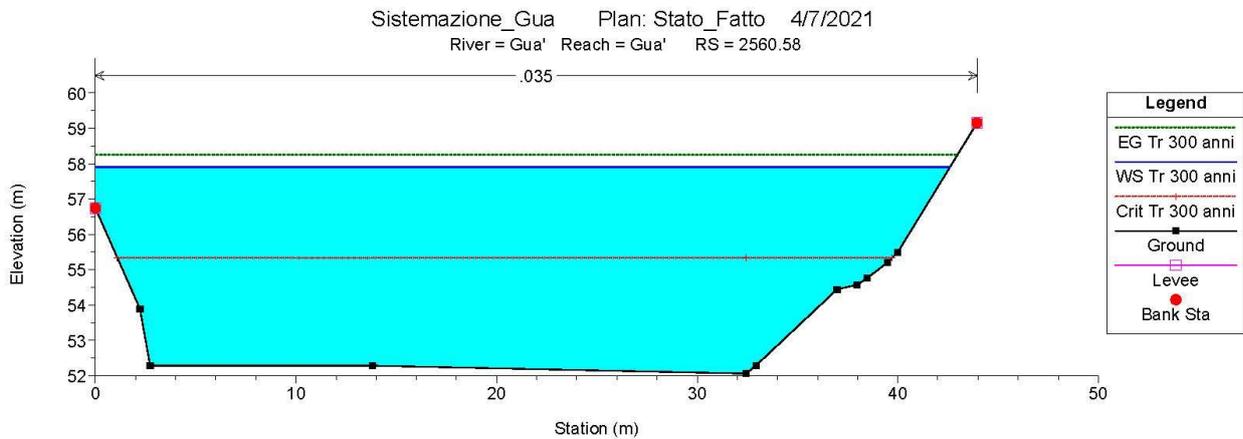
Risultati simulazioni

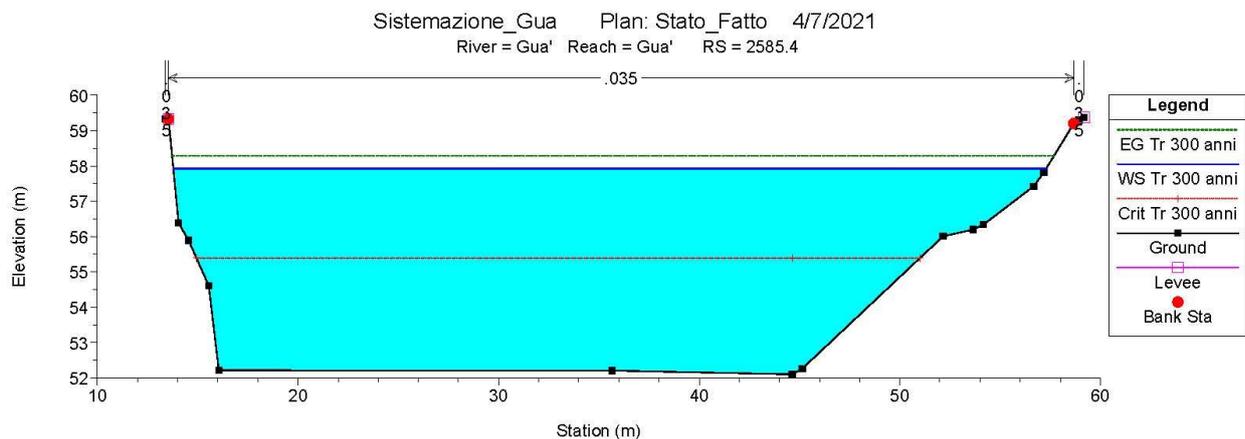
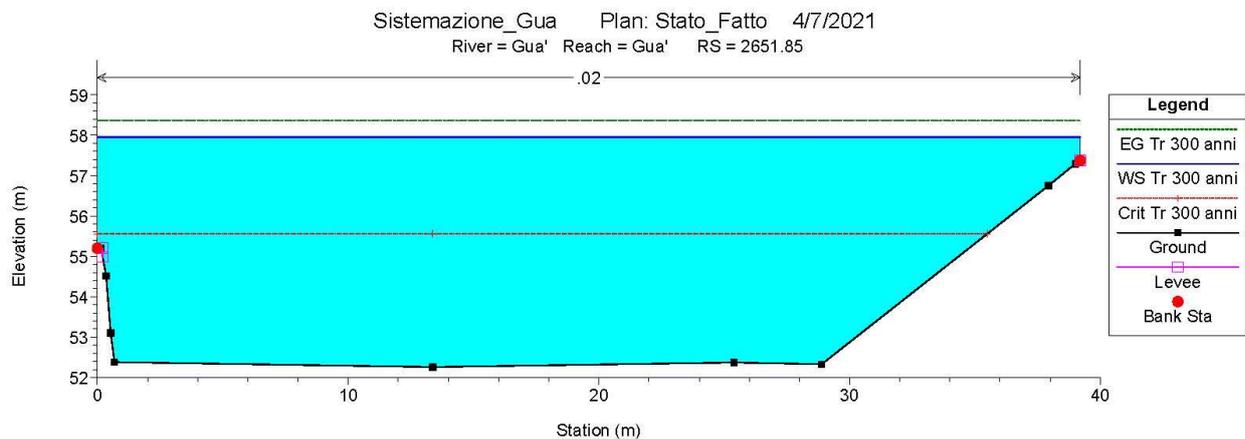
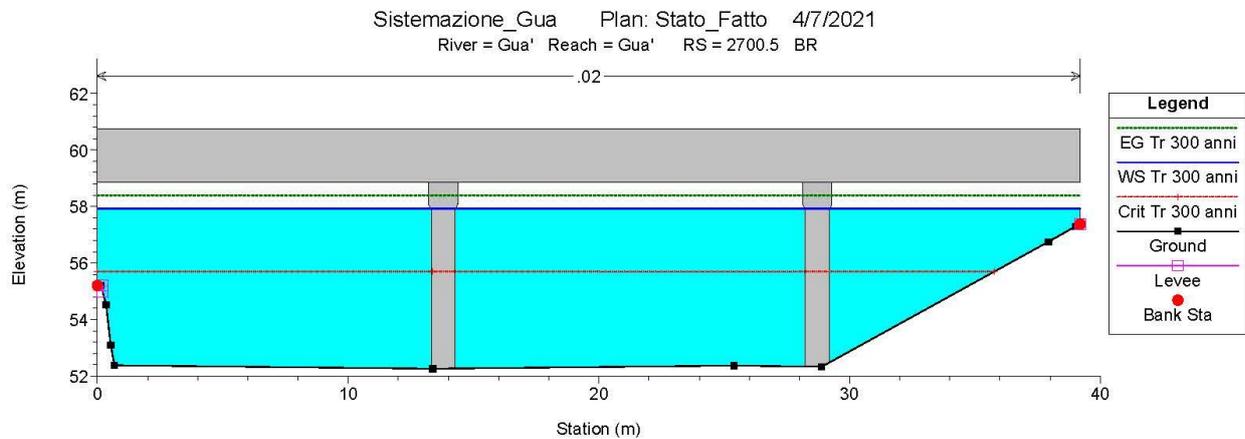
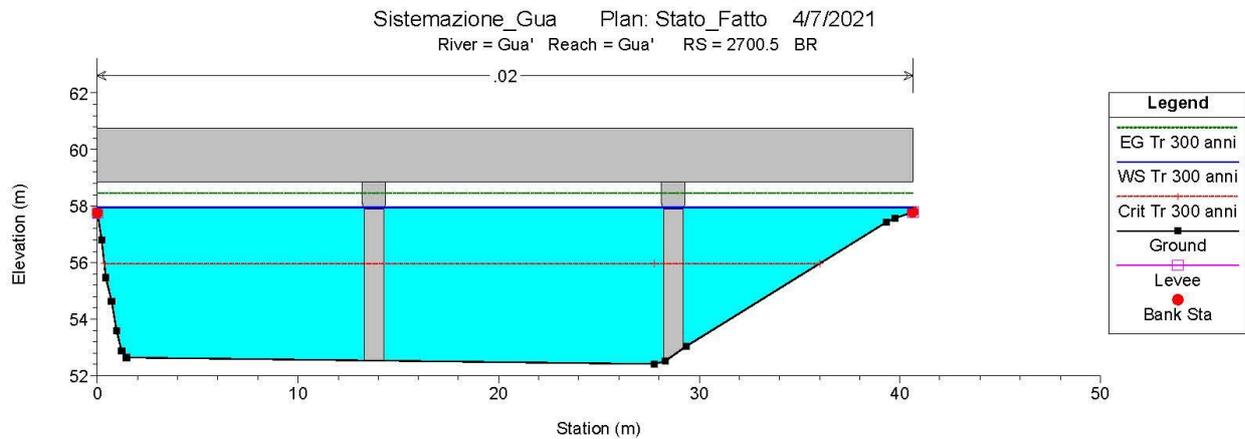
Risultati ante operam

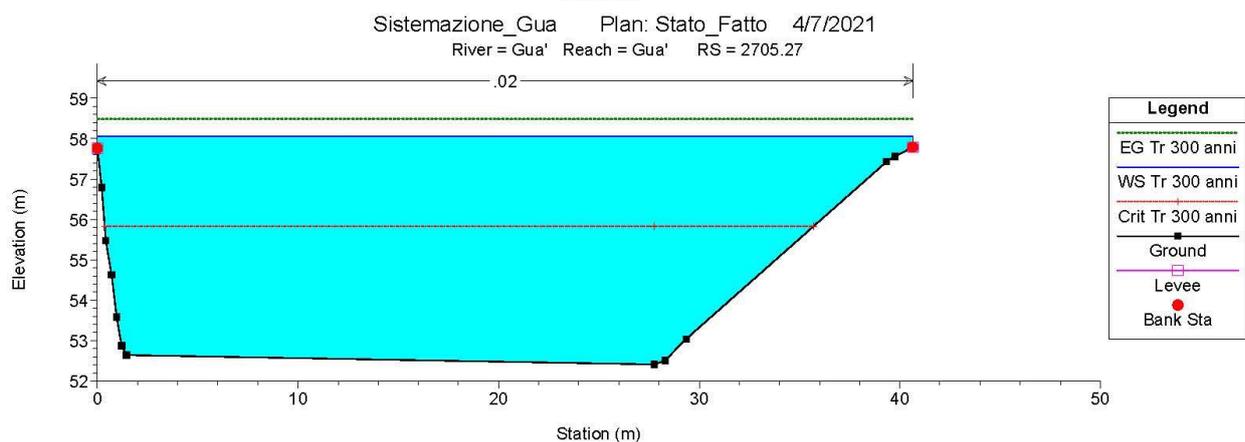
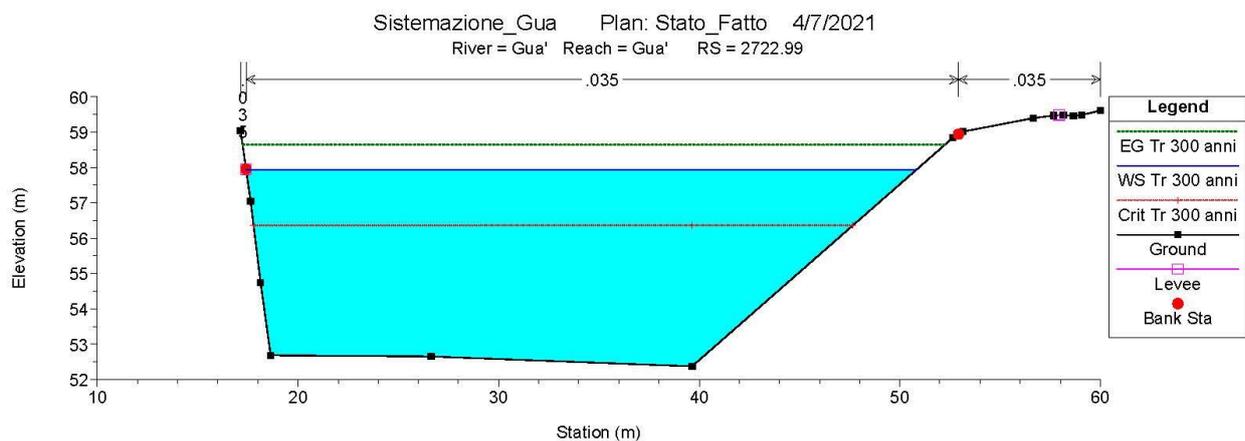
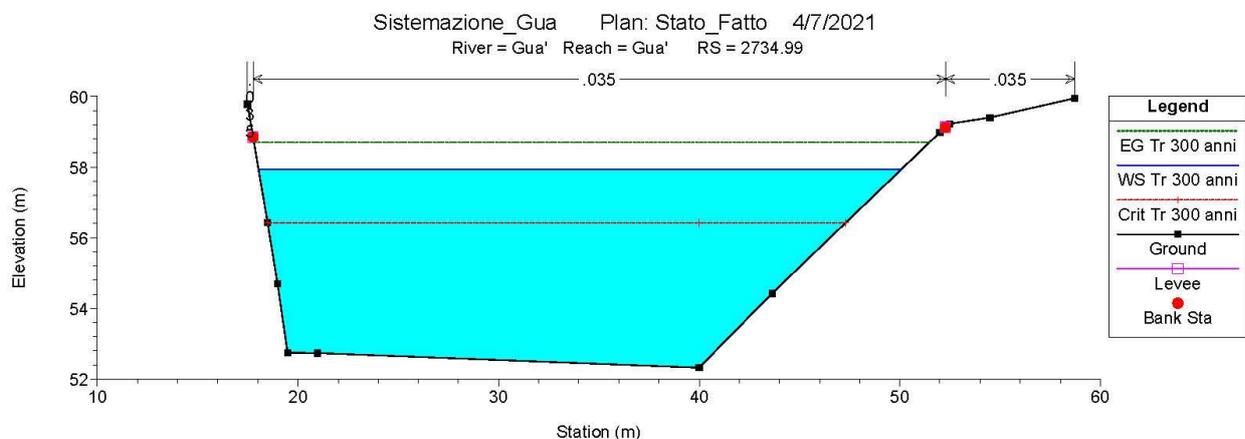
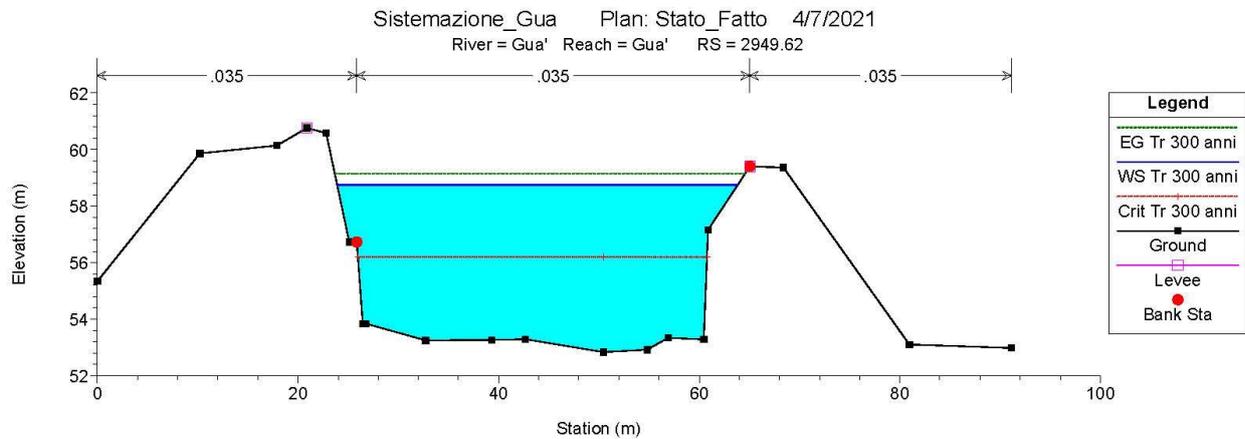


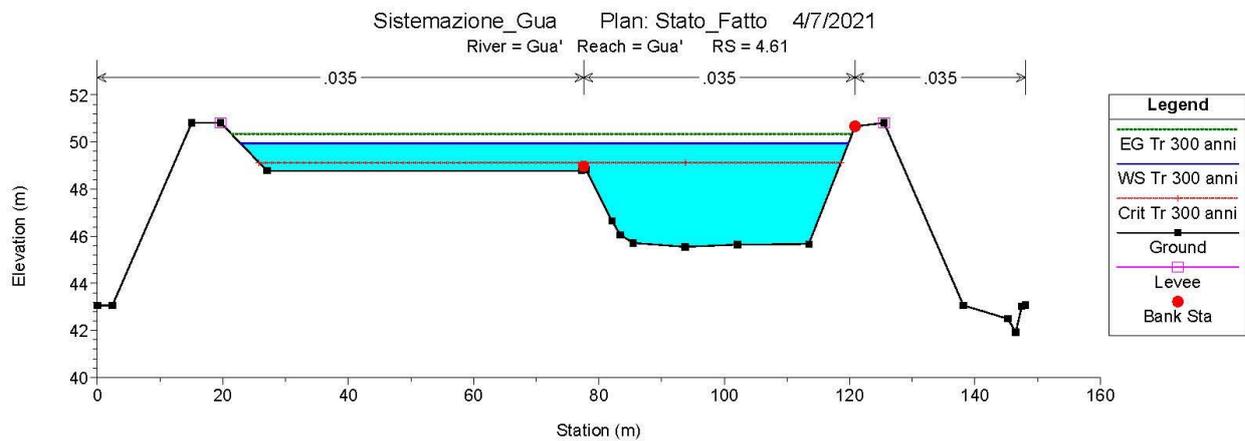
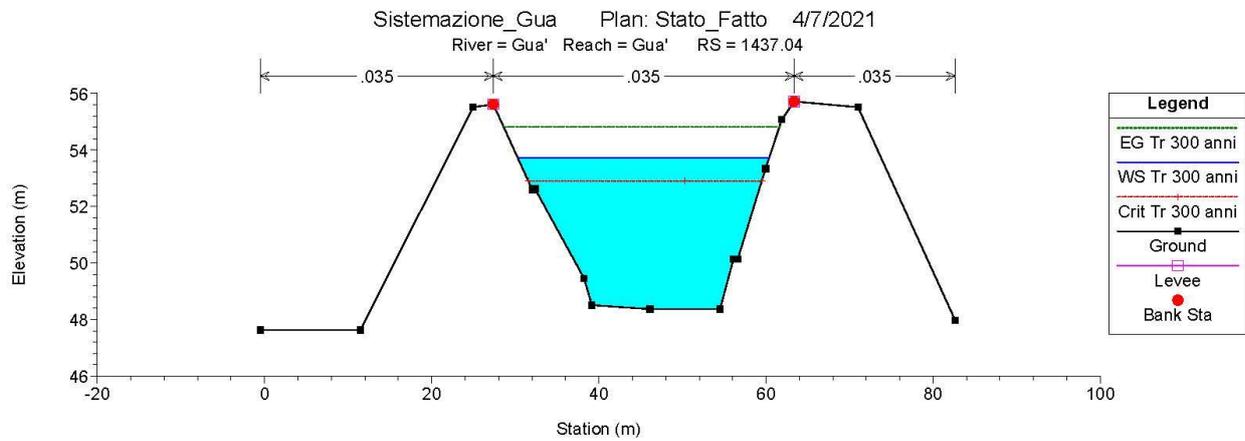
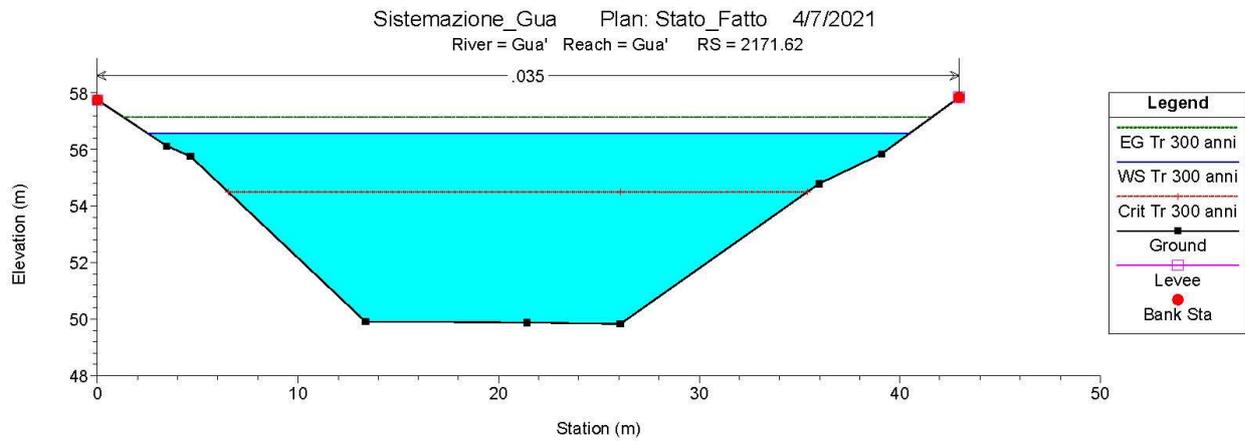




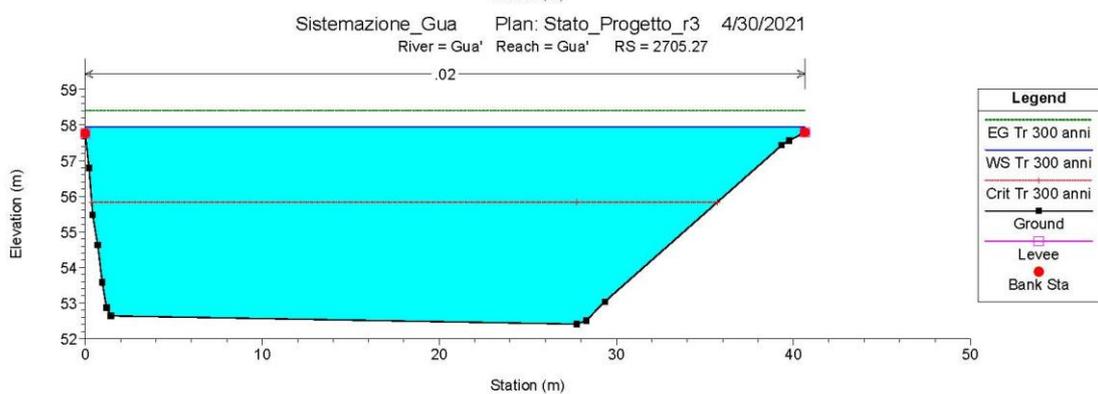
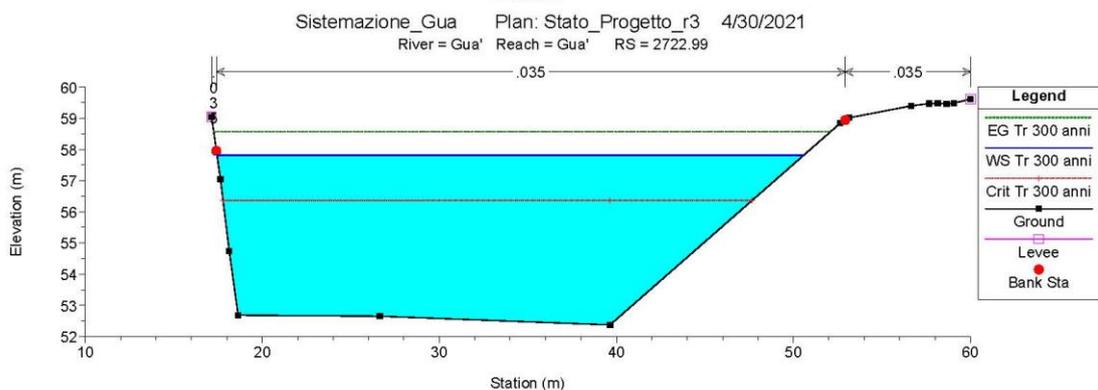
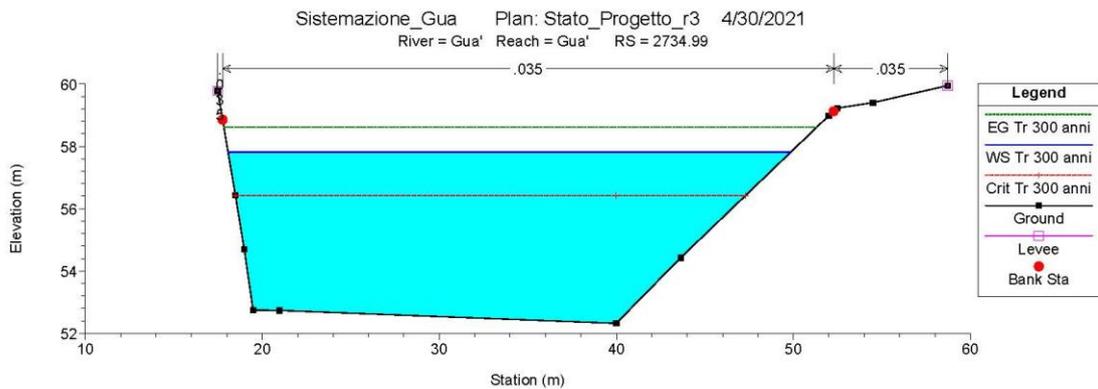
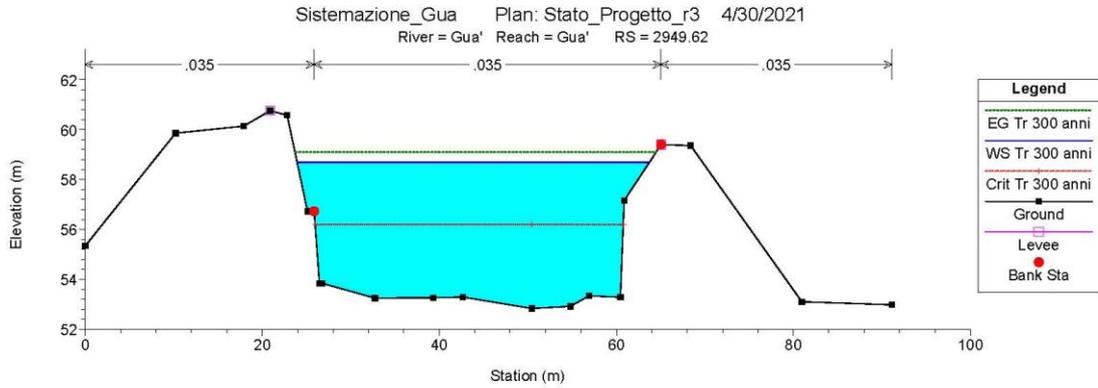


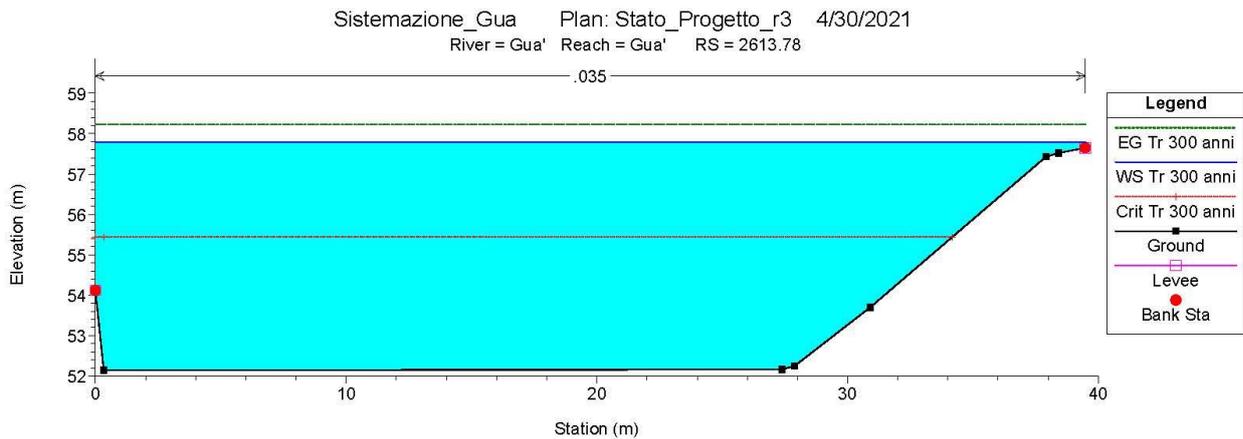
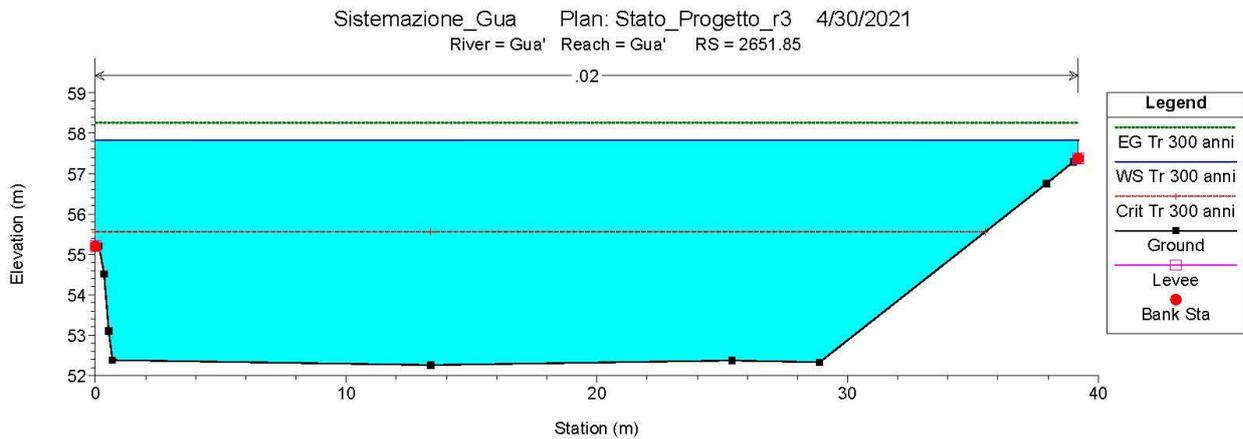
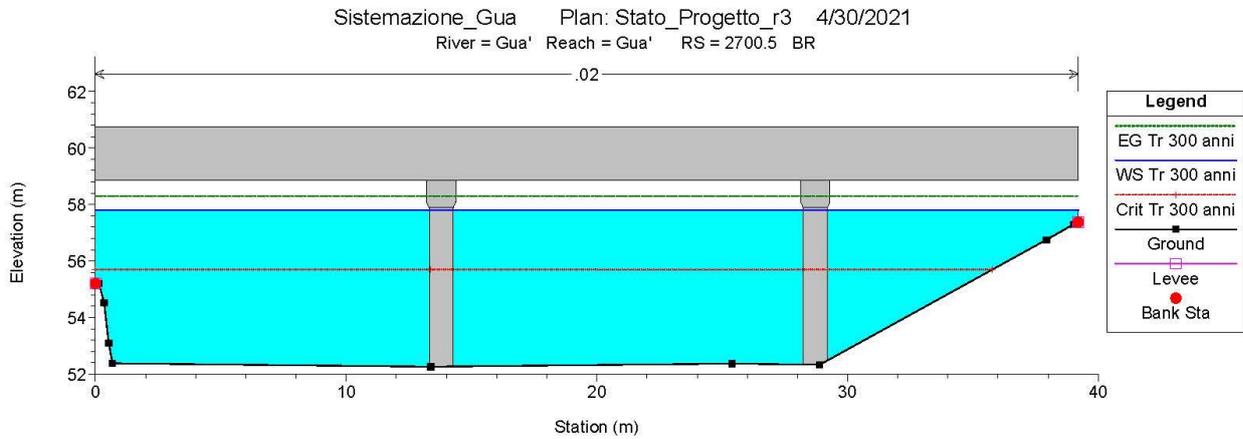
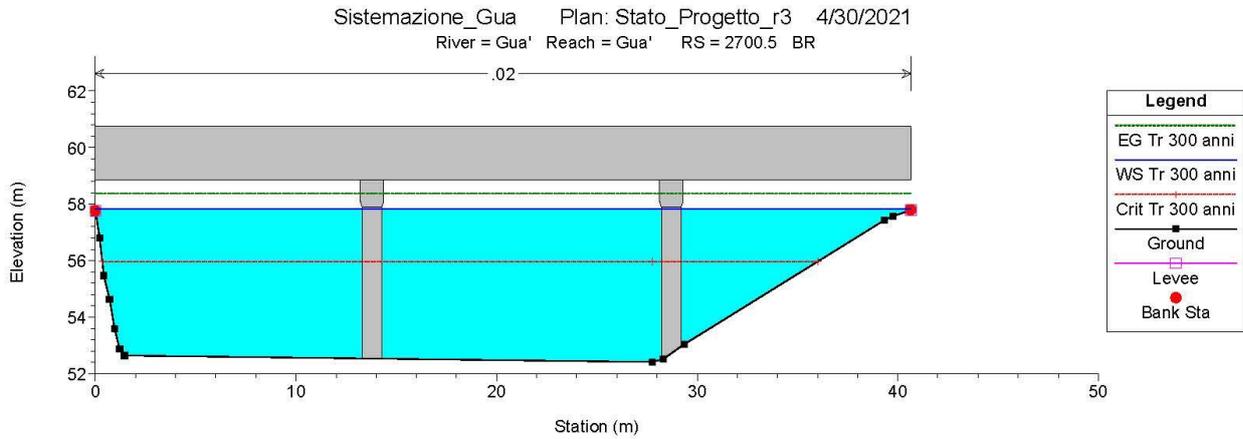


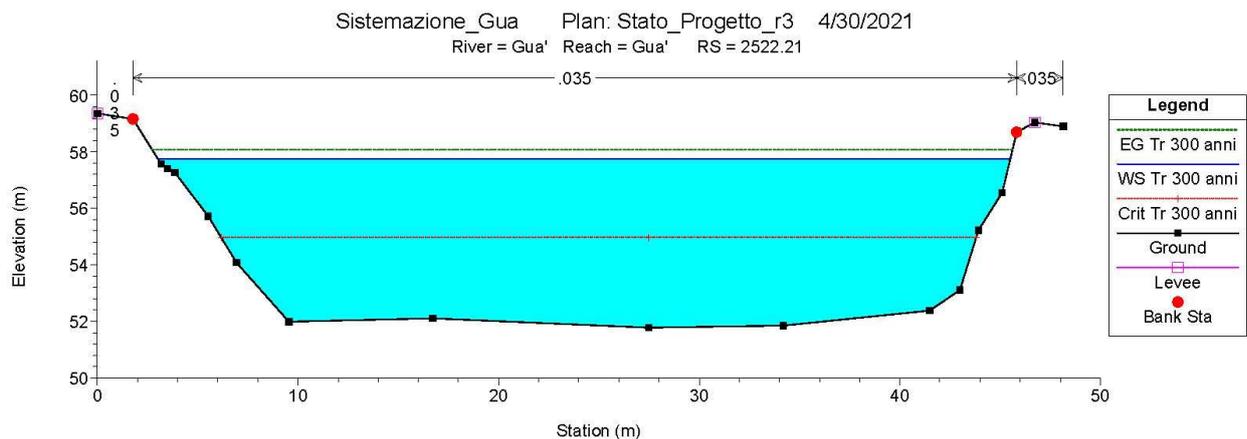
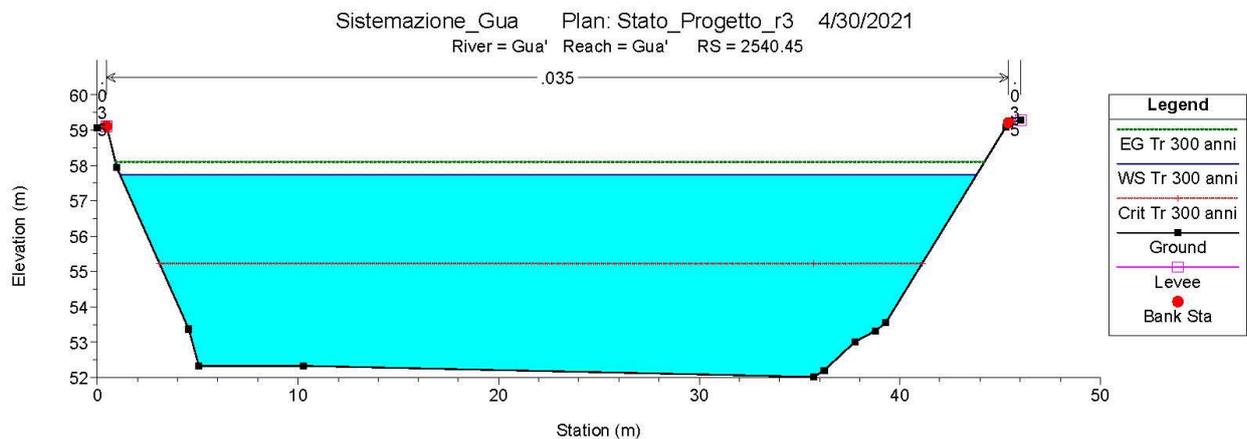
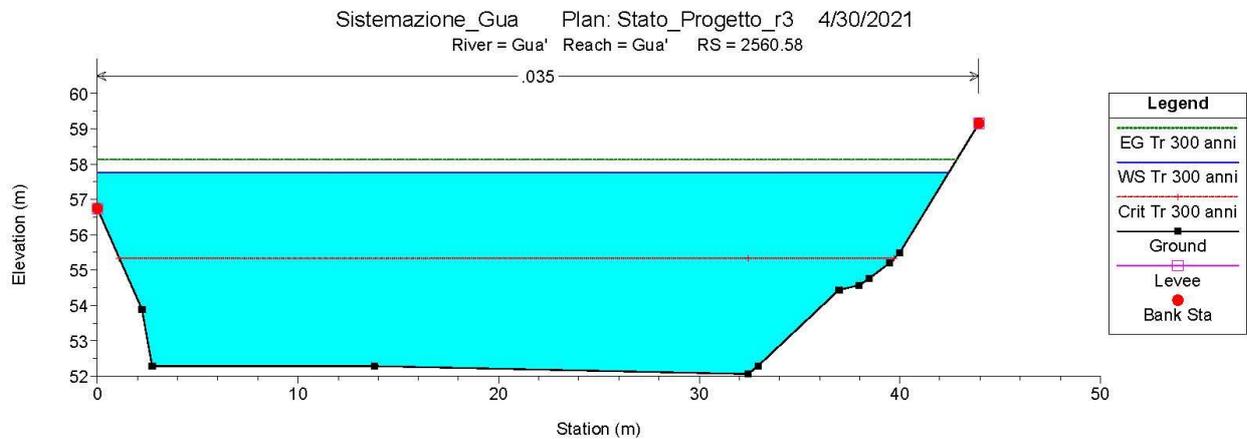
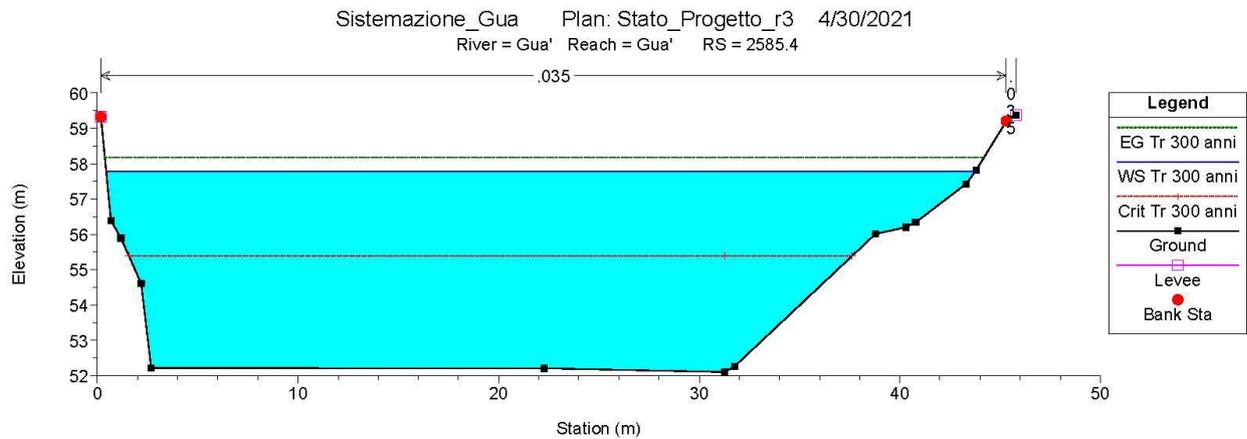


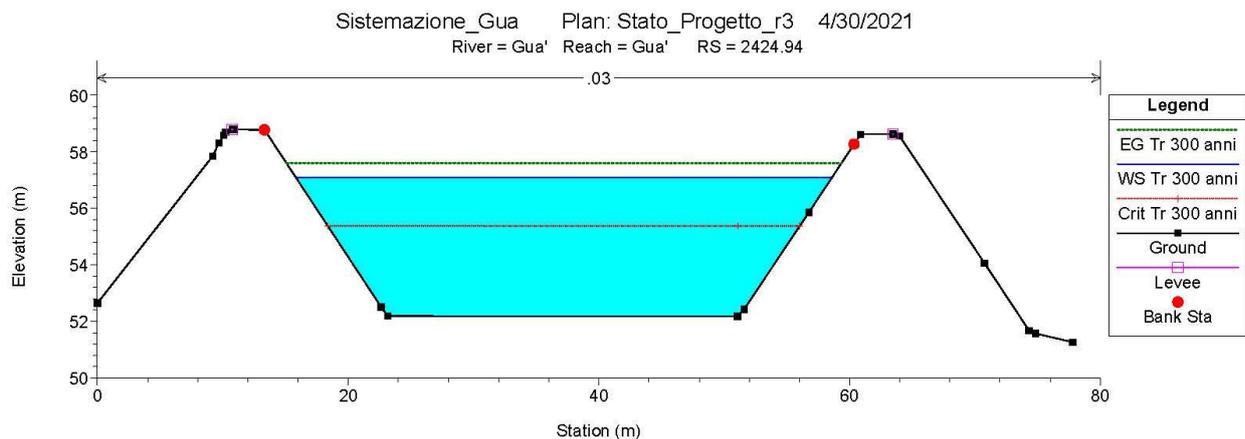
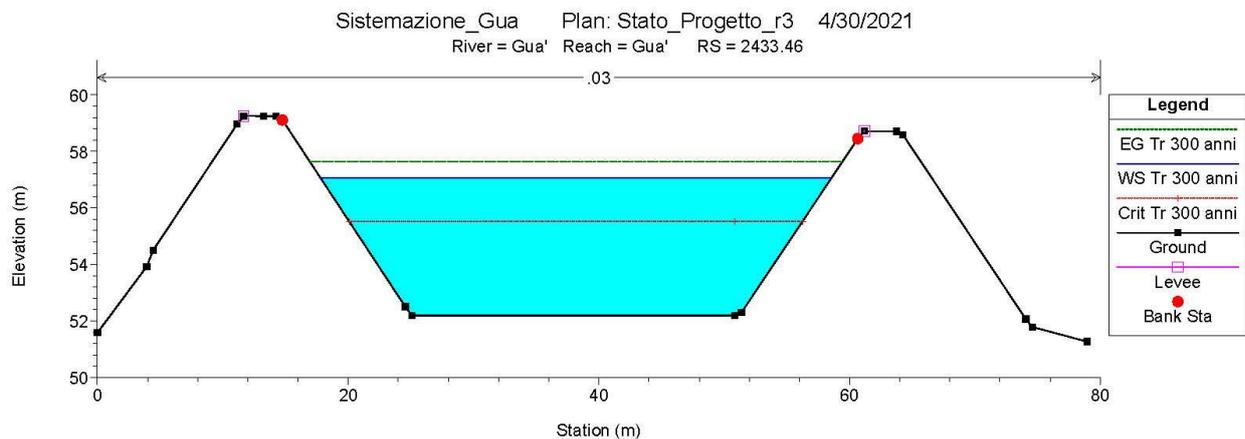
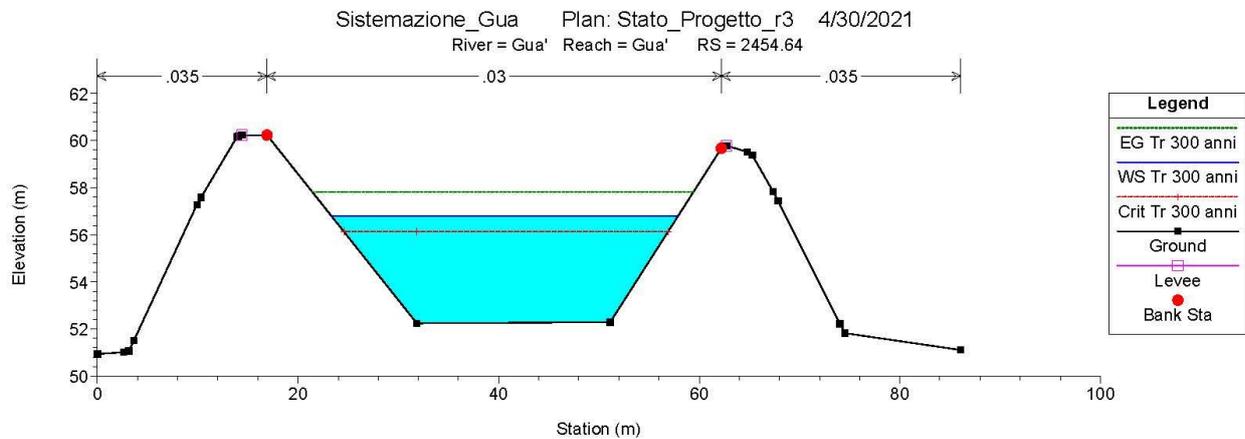
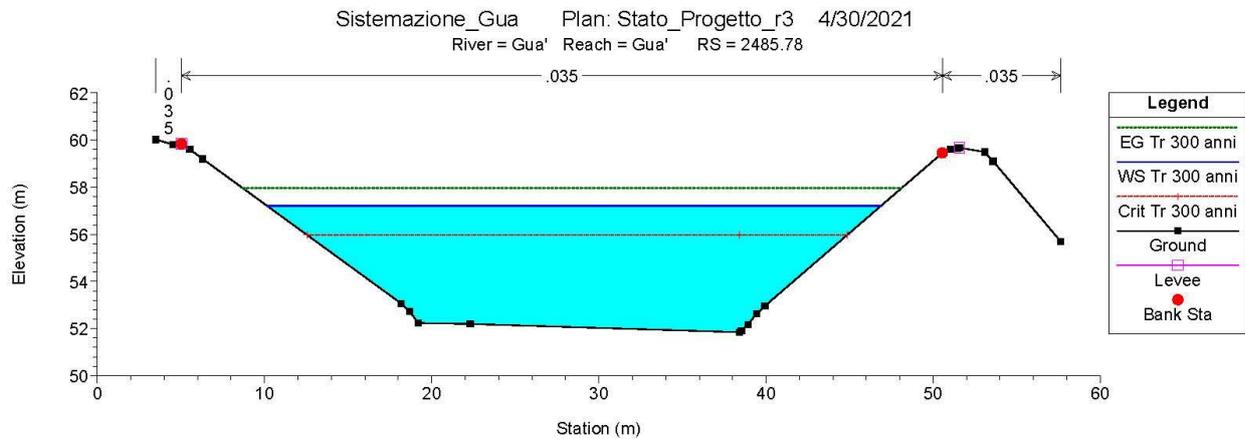


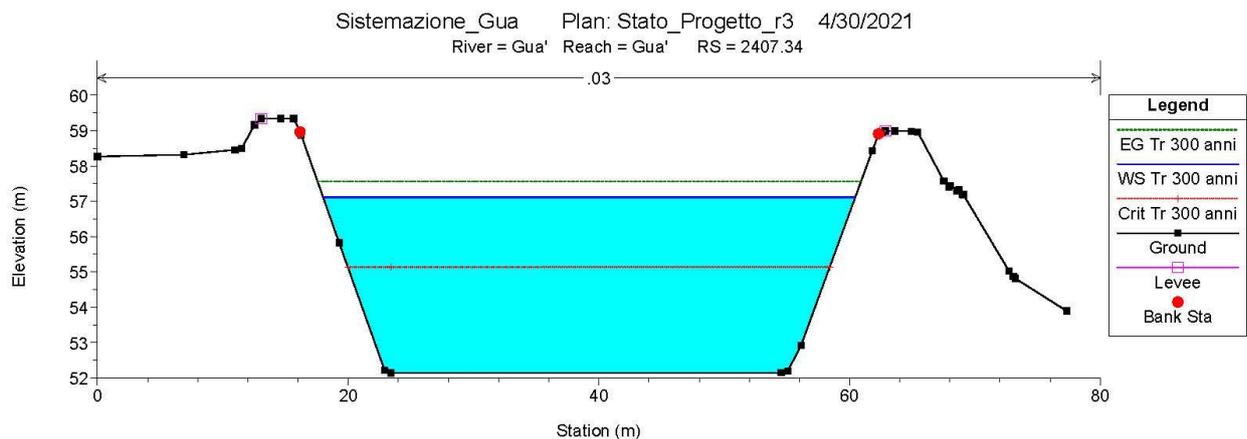
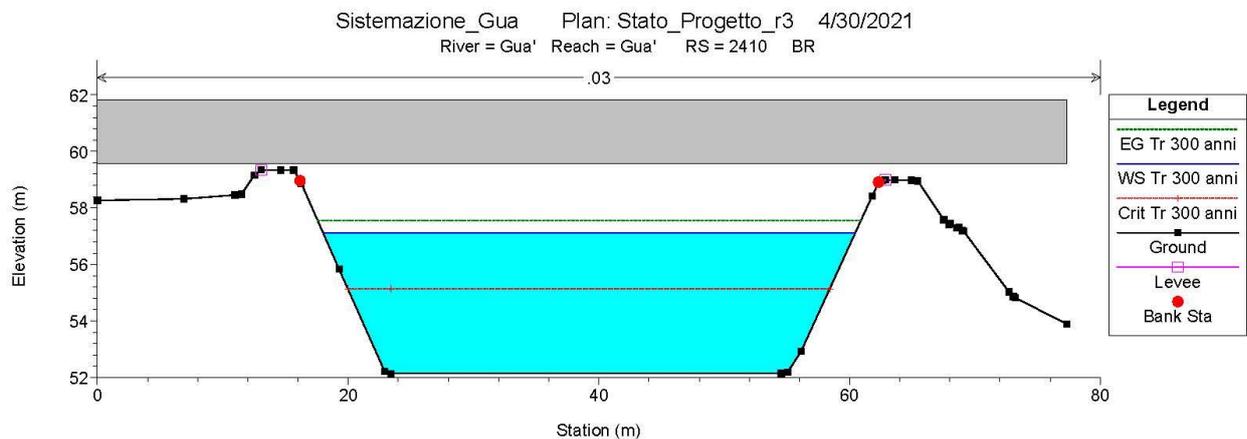
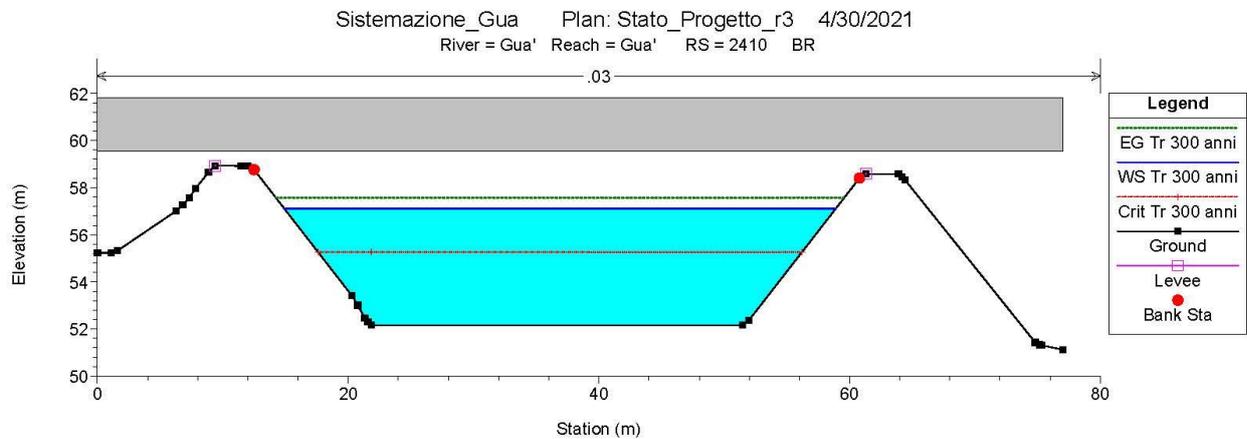
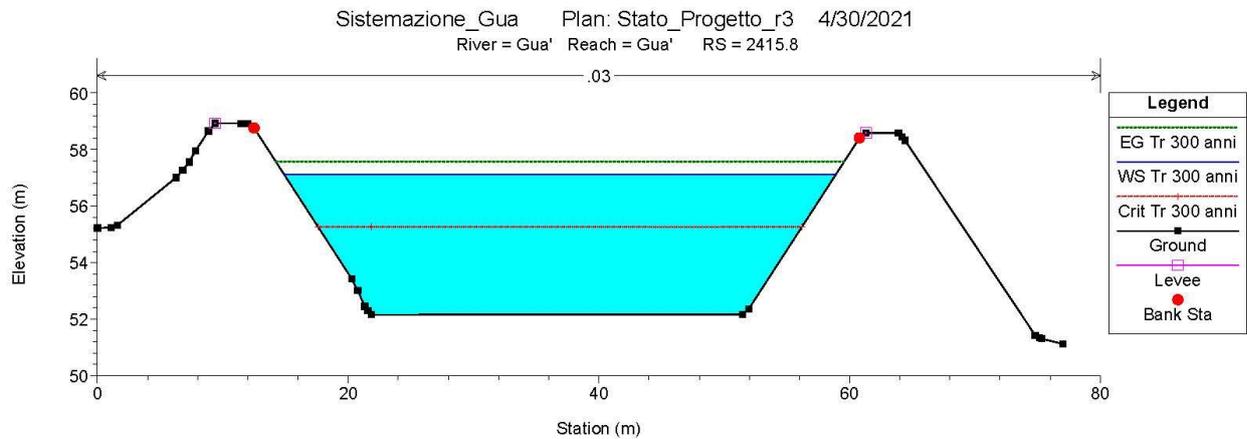
Risultati post operam

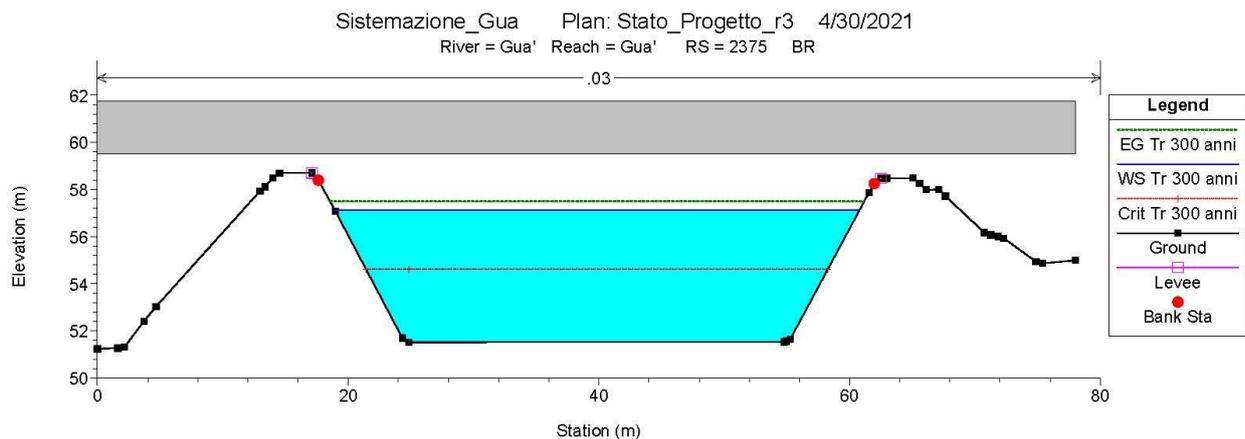
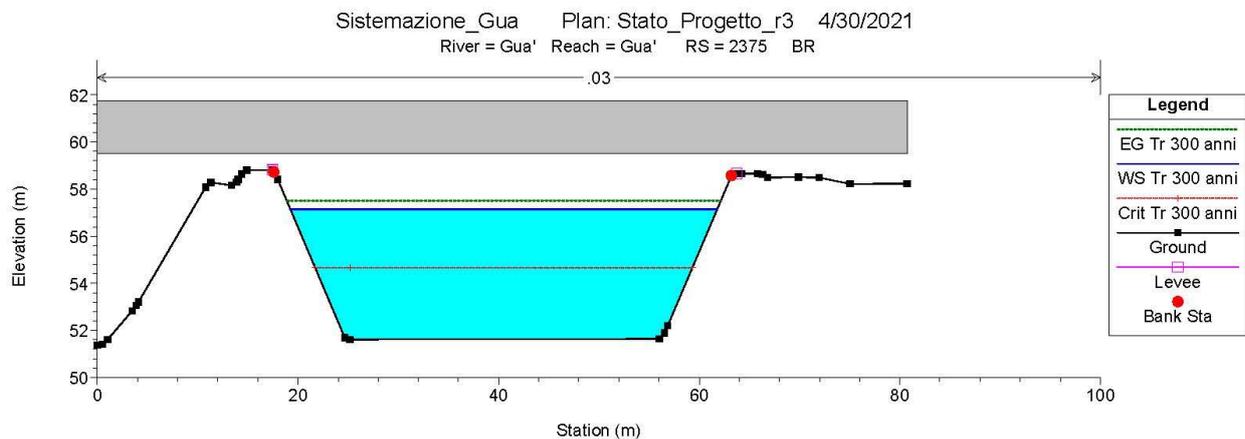
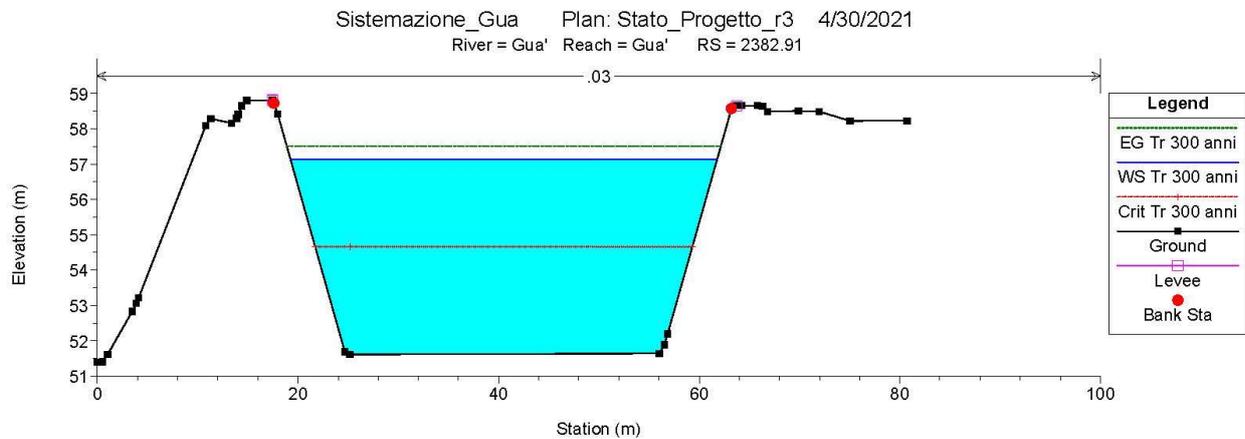
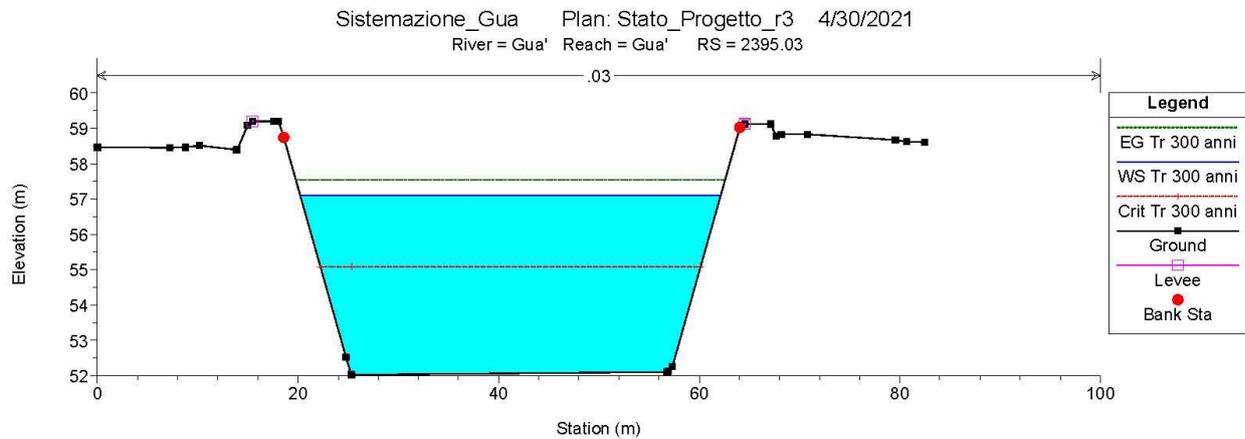


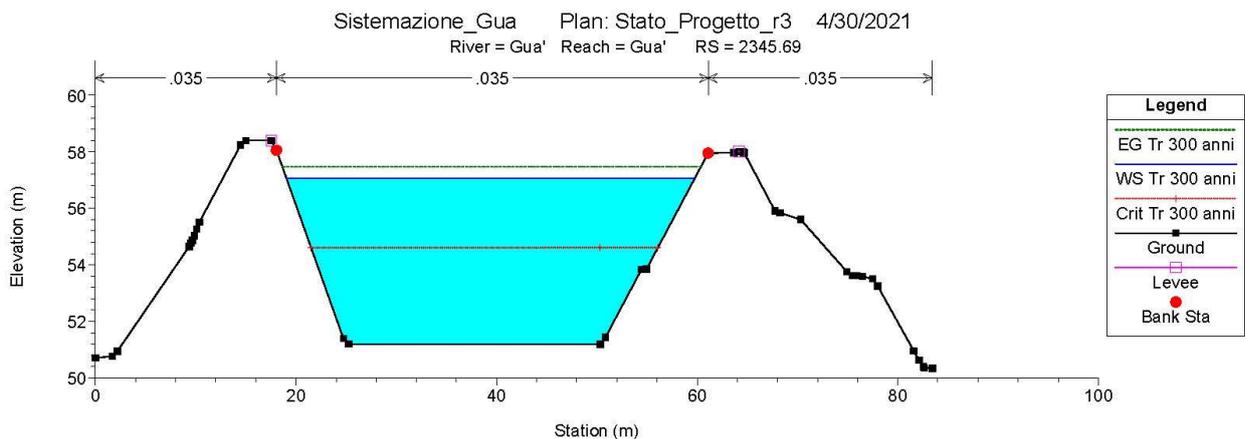
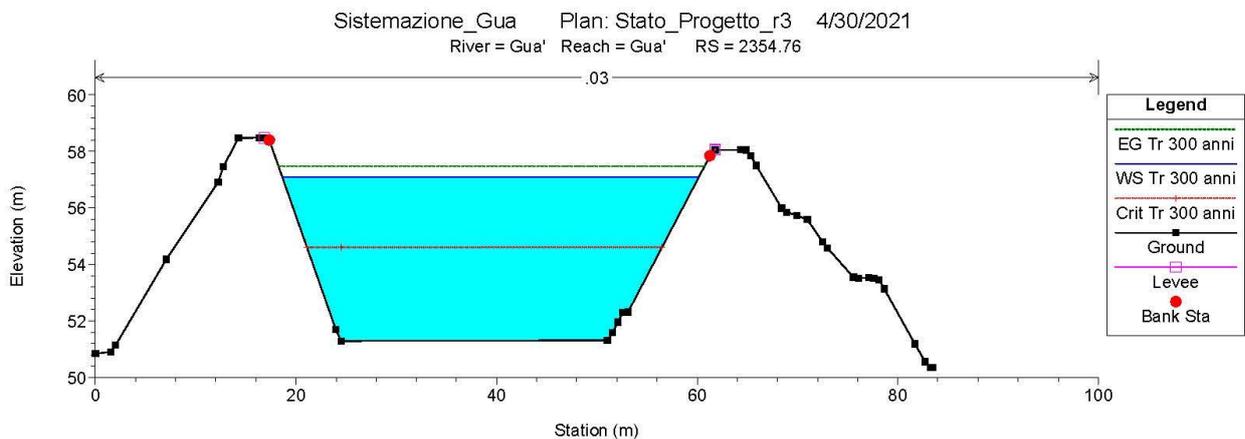
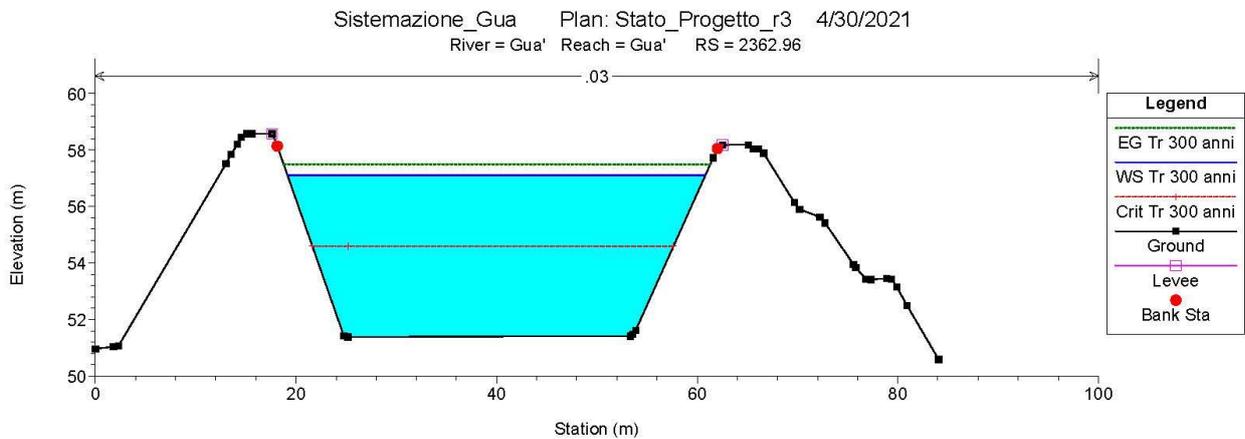
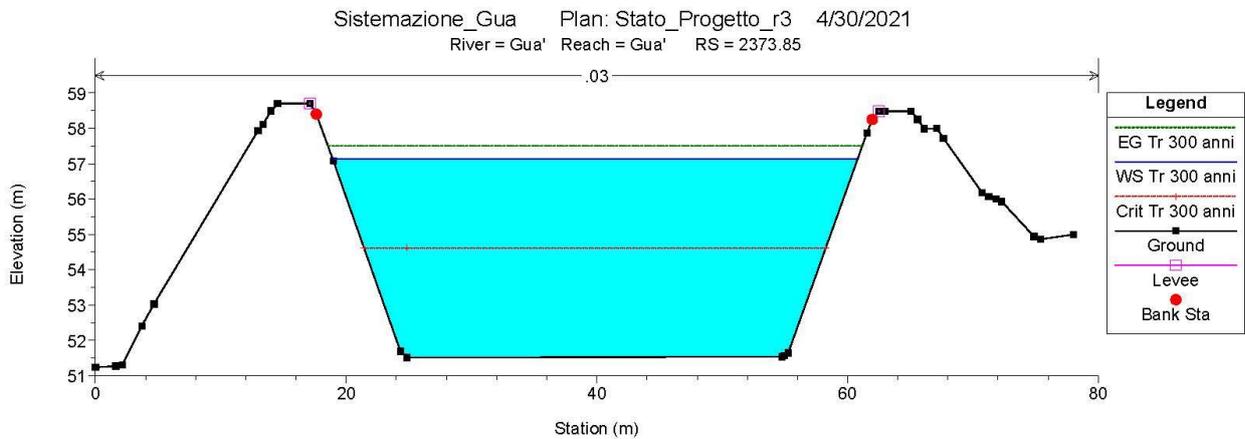


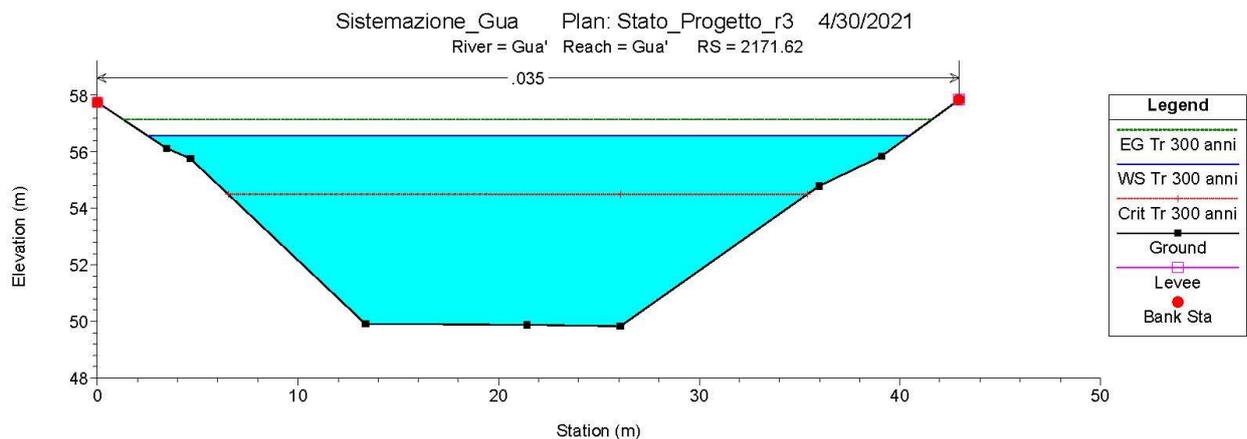
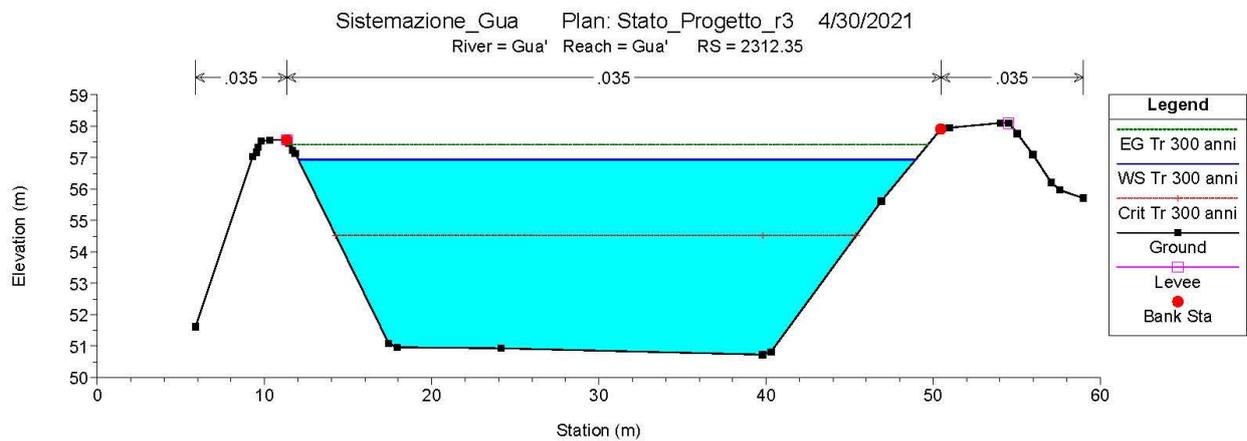
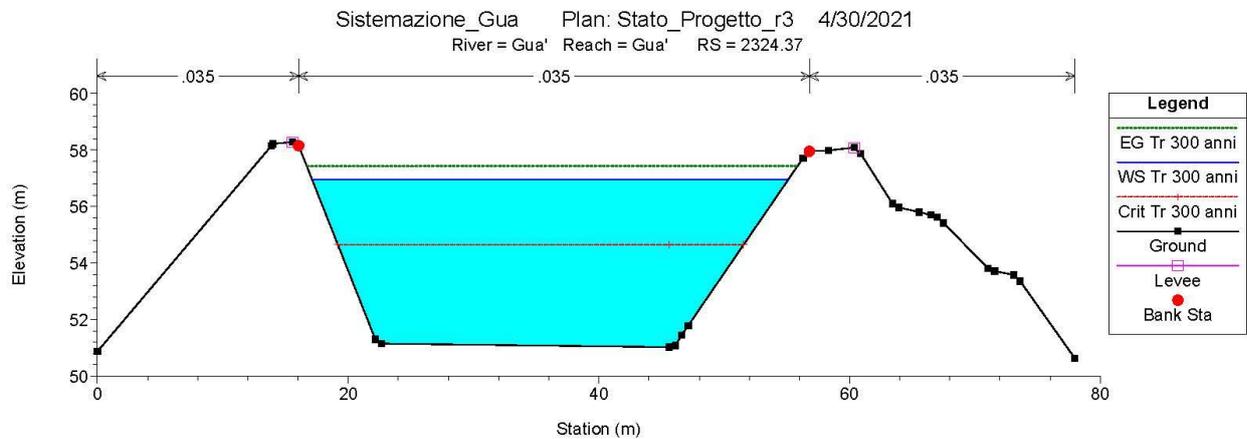
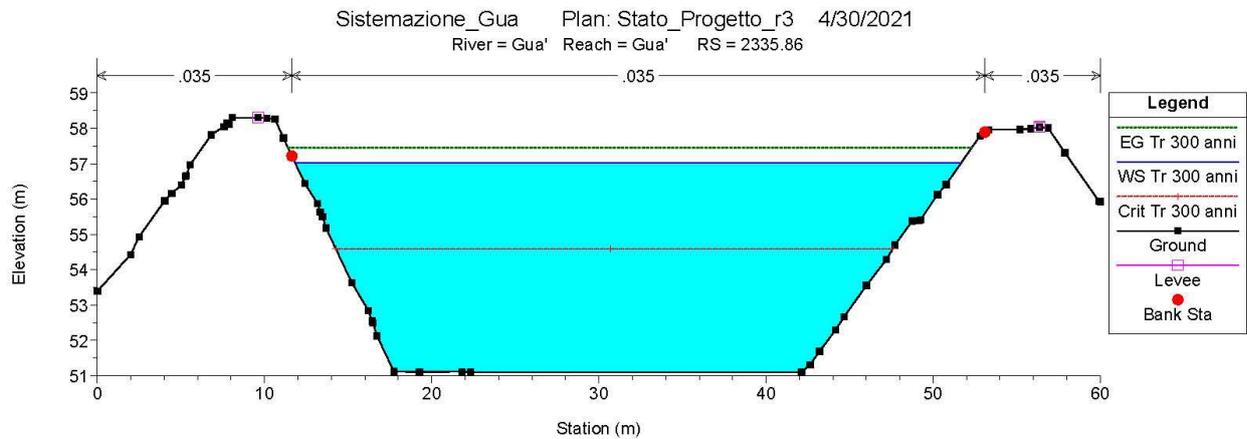


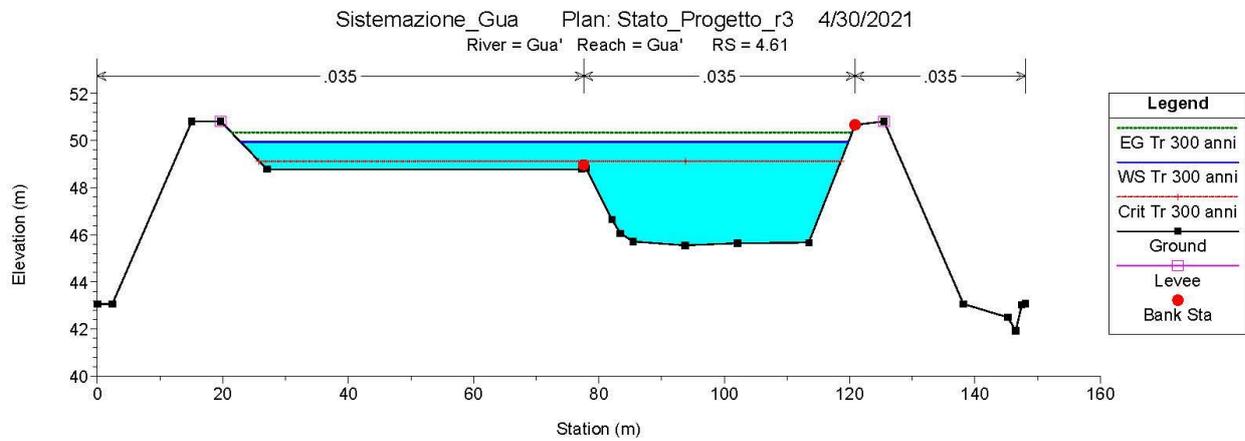
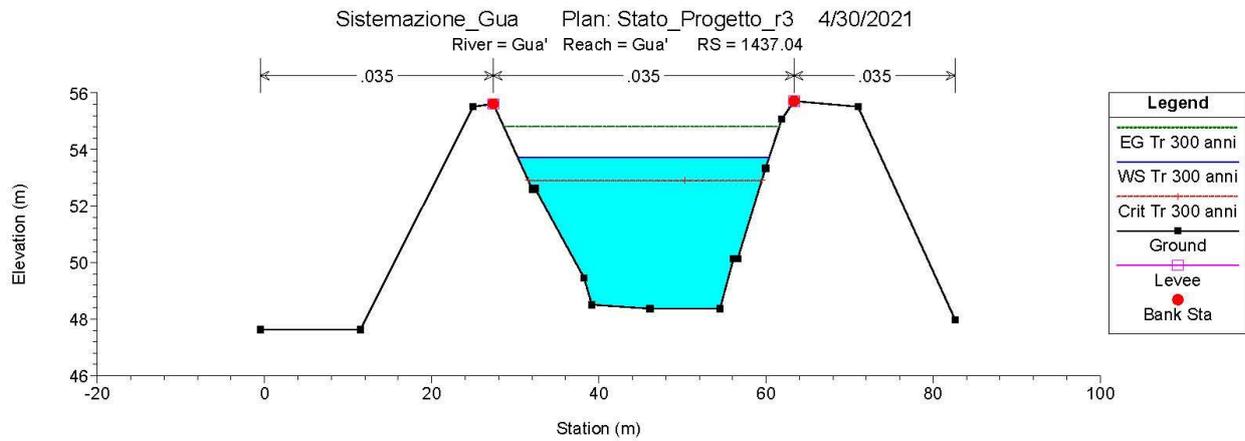




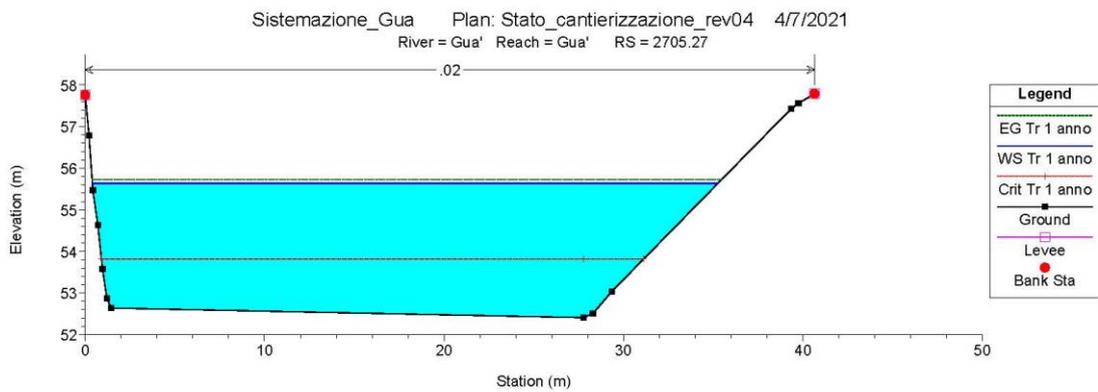
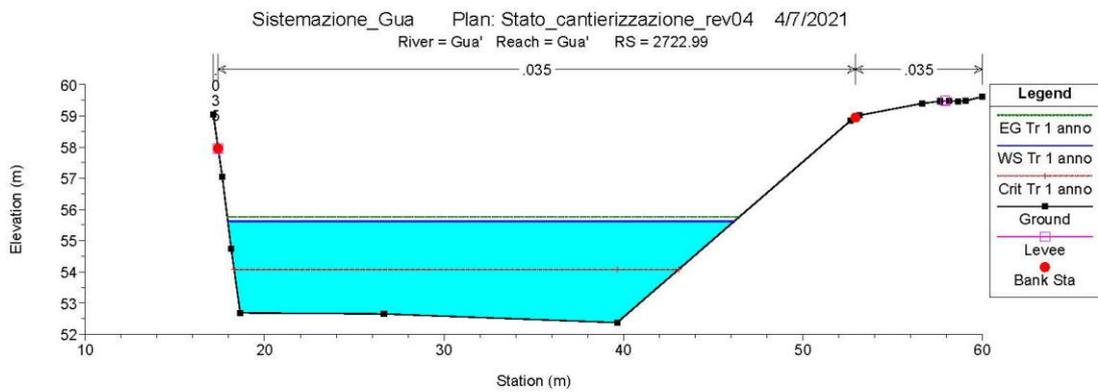
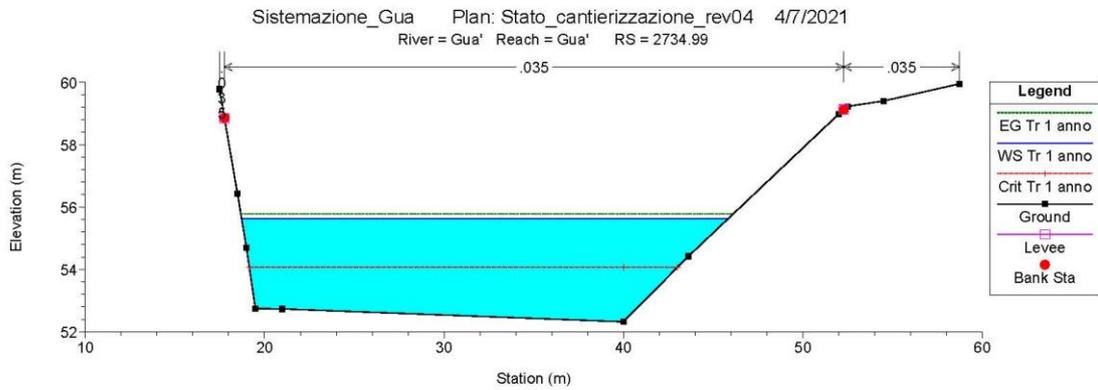
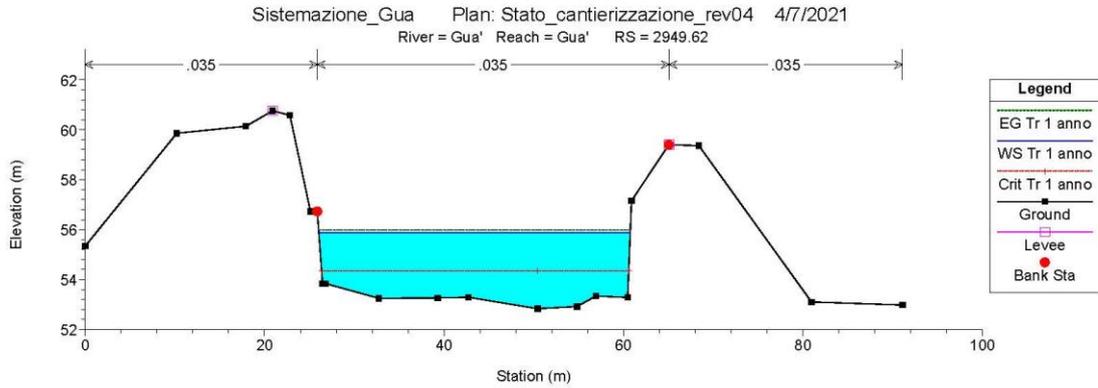


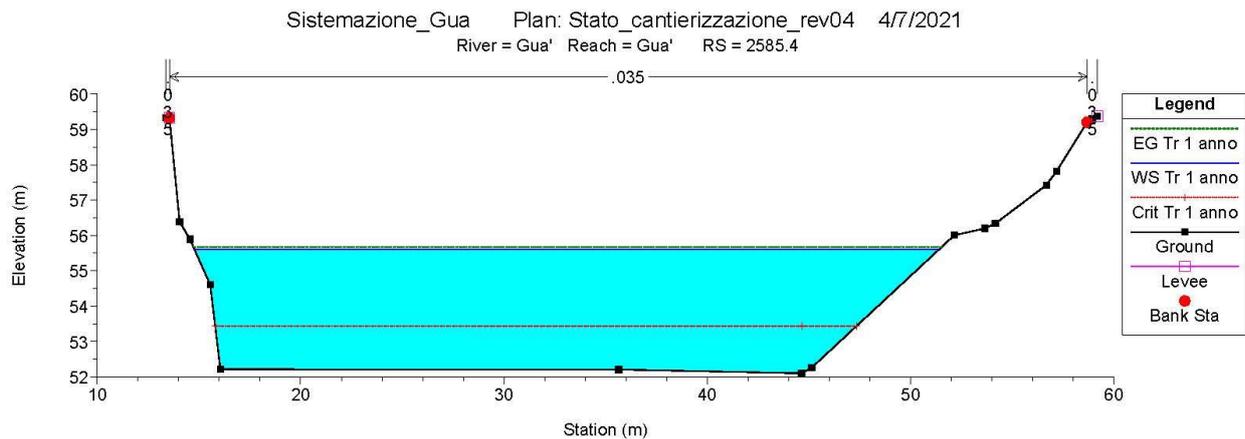
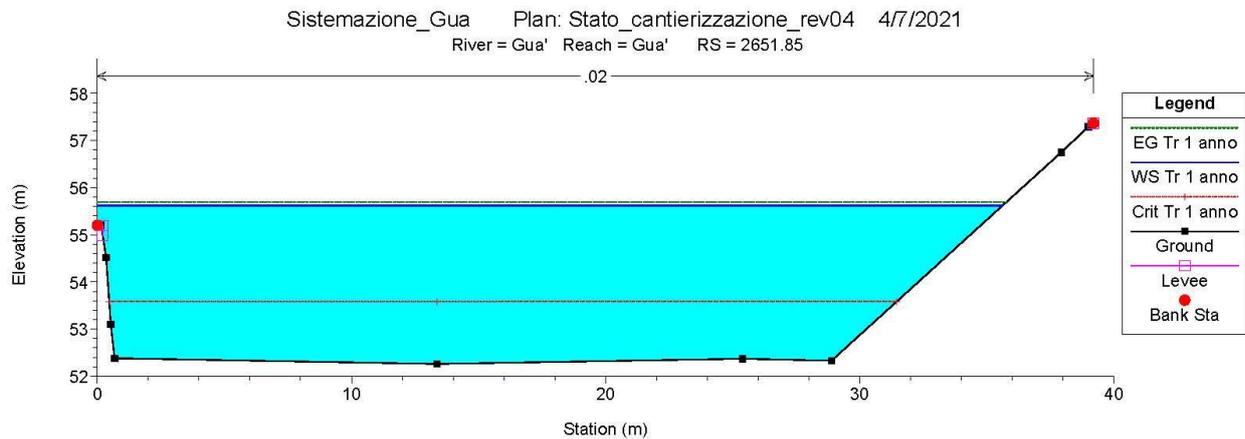
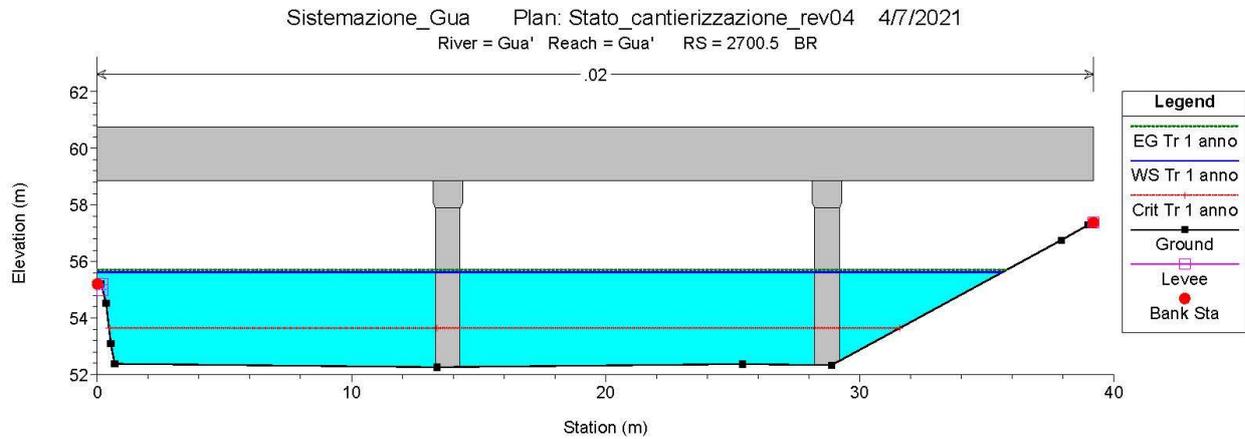
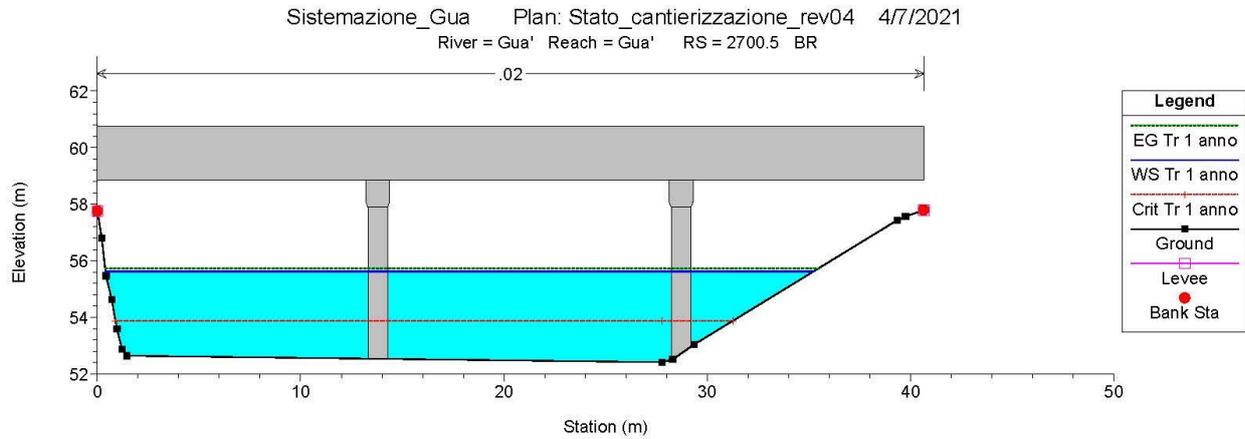






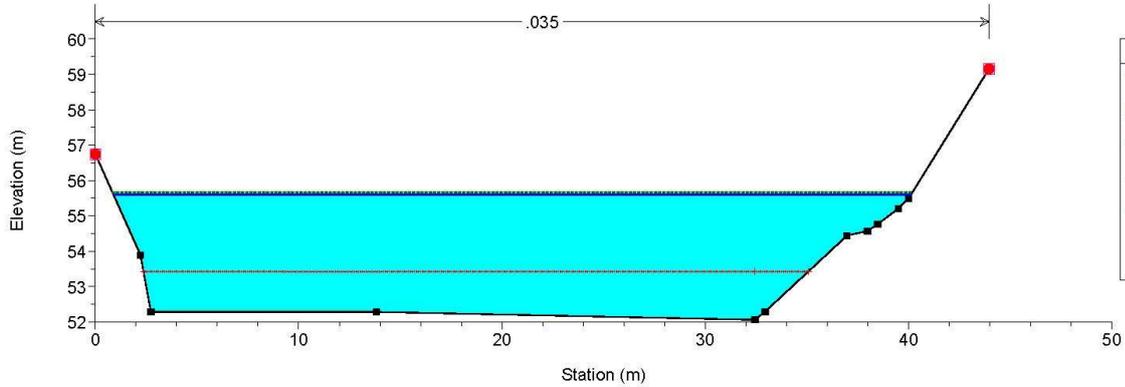
Risultati fase di cantierizzazione



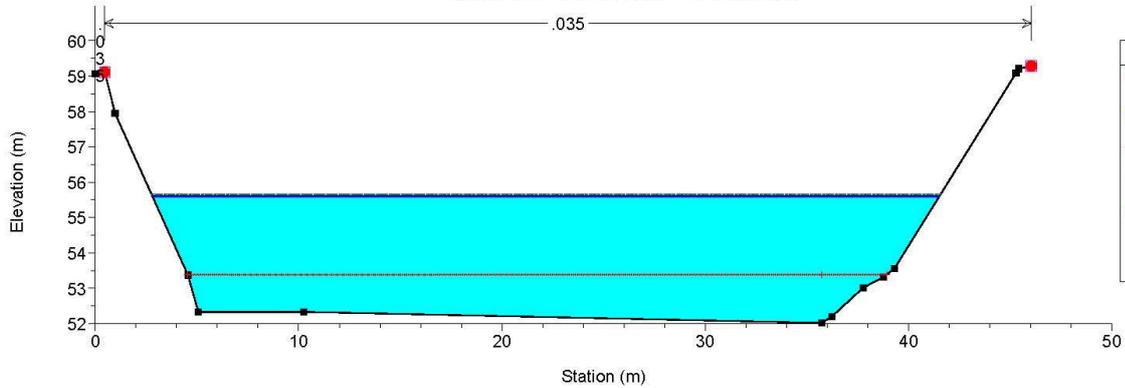




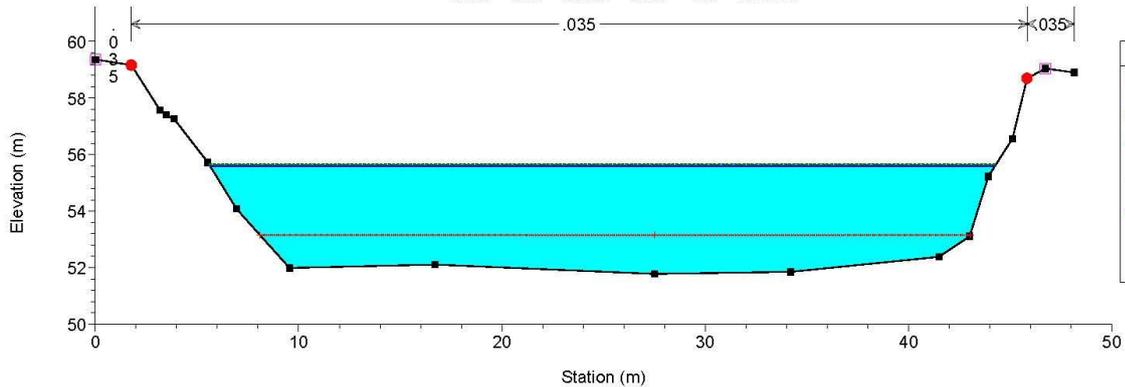
Sistemazione_Gua Plan: Stato_cantierizzazione_rev04 4/7/2021
River = Gua' Reach = Gua' RS = 2560.58



Sistemazione_Gua Plan: Stato_cantierizzazione_rev04 4/7/2021
River = Gua' Reach = Gua' RS = 2540.45



Sistemazione_Gua Plan: Stato_cantierizzazione_rev04 4/7/2021
River = Gua' Reach = Gua' RS = 2522.21



Sistemazione_Gua Plan: Stato_cantierizzazione_rev04 4/7/2021
River = Gua' Reach = Gua' RS = 2485.78

