

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
VIADOTTI
PONTE SUL CANALE DUGALE DAL KM 12+305,58 AL Km 12+330,58 - L=25 M
INTERFERENZE E SISTEMAZIONI IDRAULICHE
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA**

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

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

I	N	1	7	1	2	E	I	2	R	H	V	I	0	3	0	8	0	0	1	A				P			
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	--	--	--	---	--	--	--

	VISTO CONSORZIO IRICAV DUE	
	Firma	Data
	Luca RANDOLFI	Giugno 2021

Progettazione:

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

CIG. 8377957CD1	CUP: J41E91000000009	File: IN1712EI2RHVI0308001A.DOCX
		Cod. origine: IN1712EI2RHVI0308001A



Progetto cofinanziato dalla Unione Europea

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 2 di 67

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 del Fiume Adige.....	8
4.1.2	Piano stralcio per la gestione del rischio alluvione 2015-2021	9
4.1.3	Piano di assetto idrogeologico del bacino idrografico dell'Adige	11
4.1.4	Aree a rischio allagamento redatte dall'Autorità di Bacino del fiume Adige.....	13
4.1.4.1	Zona Verona città, a sud della linea ferroviaria esistente, all'interno dell'area golenale del fiume Adige	13
5	CRITERI DI VERIFICA.....	14
6	ANALISI IDROLOGICA	17
6.1	Il bacino idrografico	17
7	STATO ATTUALE	21
8	STATO DI PROGETTO.....	24
9	STATO DI CANTIERIZZAZIONE	27
10	ANALISI IDRAULICA	29
10.1	Il Modello HEC-RAS.....	29
10.1.1	Calcolo del profilo 1D a moto permanente	29
10.1.2	Scelta dei parametri e simulazioni.....	32
10.1.2.1	Simulazioni ante operam.....	32
10.1.2.2	Simulazioni post operam.....	37
10.2	Aree di esondazione ante operam e post operam.....	42
10.3	Verifica del rivestimento di fondo e di sponda	44
10.4	Verifica tubazione di drenaggio	47
11	CONCLUSIONI	49
ALLEGATI		50
Risultati simulazioni		50
Risultati ante operam		50
Risultati post operam.....		55

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 3 di 67

1 PREMESSA

Obiettivo della presente relazione è la definizione dei parametri idrologici e idraulici relativi allo Scolo Sereghetta e al Canale Maestro. 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;
- Raccolta ed analisi preliminare dei dati pluviometrici;
- Analisi statistica delle piogge intense e determinazione delle curve di probabilità pluviometriche rappresentative;
- 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: 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 VI0308 001	Rev. A	Foglio 4 di 67

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

TITOLO DOCUMENTO	CODICE DOCUMENTO
RELAZIONE IDROLOGICA	IN1710EI2RHID0000001
CARTA IDROGRAFICA DI INQUADRAMENTO E BACINI PRINCIPALI	IN1710EI2C2ID0000001
CARTA DEI BACINI IDROGRAFICI	IN1710EI2C5ID0000001 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	IN1712EI2ROVI0308001A
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	IN1712EI2RHVI0308001A
ANTE OPERAM - CANALE MAESTRO - PLANIMETRIA, AREE DI ESONDAZIONE TAV. 1/3	IN1712EI2PZVI0308001A
ANTE OPERAM - CANALE MAESTRO - PROFILO TAV. 2/3	IN1712EI2FZVI0308001A
ANTE OPERAM - CANALE MAESTRO - SEZIONI TAV. 3/3	IN1712EI2WAVI0308001A
POST OPERAM - CANALE MAESTRO - PLANIMETRIA, AREE DI ESONDAZIONE TAV. 1/4	IN1712EI2PZVI0308002A
POST OPERAM - CANALE MAESTRO - PROFILO TAV. 2/4	IN1712EI2FZVI0308002A
POST OPERAM - CANALE MAESTRO - SEZIONI TAV. 3/4	IN1712EI2WAVI0308002A
POST OPERAM - CANALE MAESTRO - SEZIONI TAV. 4/4	IN1712EI2WAVI0308003A
ANTE OPERAM - SCOLO SEREGHETTA - PLANIMETRIA, AREE DI ESONDAZIONE TAV. 1/3	IN1712EI2PZVI0308003A
ANTE OPERAM - SCOLO SEREGHETTA - PROFILO TAV. 2/3	IN1712EI2FZVI0308003A
ANTE OPERAM - SCOLO SEREGHETTA - SEZIONI TAV. 3/3	IN1712EI2WAVI0308004A
POST OPERAM - SCOLO SEREGHETTA - PLANIMETRIA, AREE DI ESONDAZIONE TAV. 1/4	IN1712EI2PZVI0308004A
POST OPERAM - SCOLO SEREGHETTA - PROFILO TAV. 2/4	IN1712EI2FZVI0308004A
POST OPERAM - SCOLO SEREGHETTA - SEZIONI TAV. 3/4	IN1712EI2WAVI0308005A
POST OPERAM - SCOLO SEREGHETTA - SEZIONI TAV. 4/4	IN1712EI2WAVI0308006A
FASI REALIZZATIVE	IN1712EI2P8VI0308001A
PARTICOLARI COSTRUTTIVI E PROTEZIONI DI SPONDA	IN1712EI2DZVI0308001A

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 5 di 67

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 VI0308 001	Rev. A	Foglio 6 di 67

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 sistemazione dello Scolo Sereghetta e del Canale Maestro.

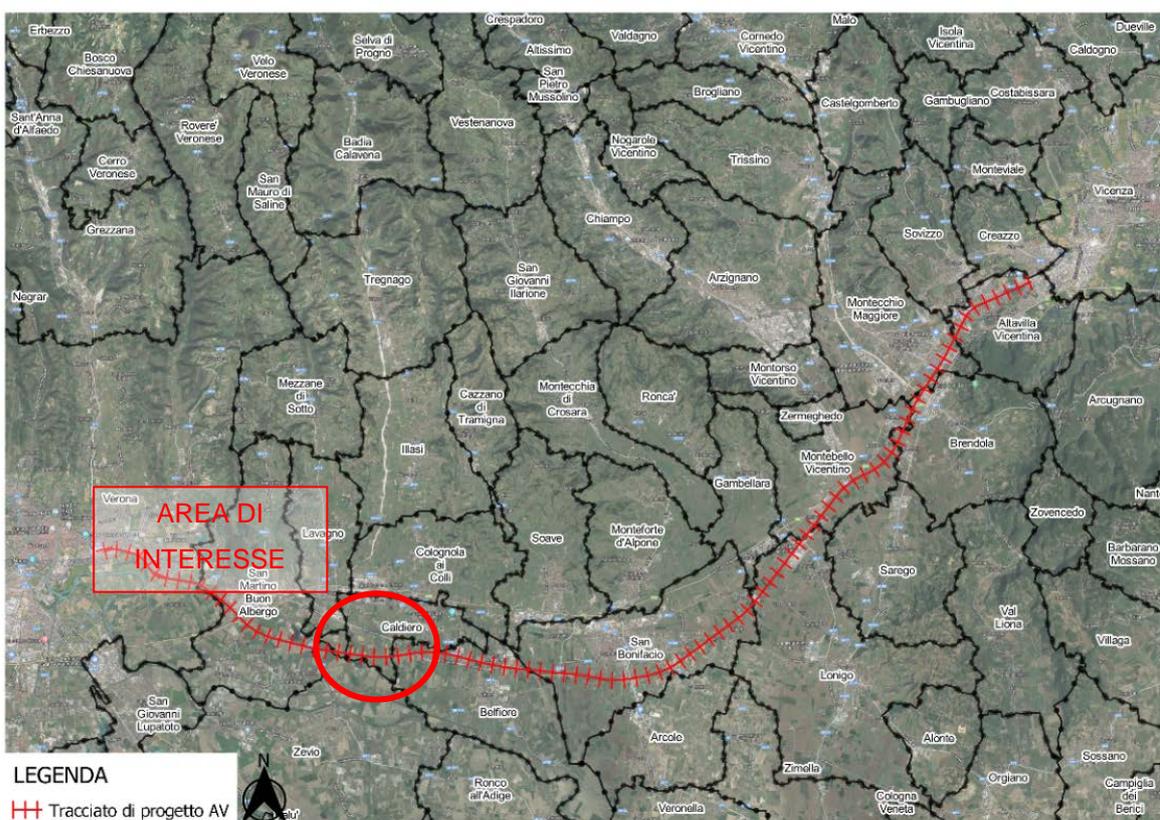


Figura 4-1 Inquadramento dell'intervento

La realizzazione del nuovo tracciato ferroviario AV/AC interferisce con lo Scolo Sereghetta e con il Canale Maestro nel comune di Caldiero (VR).

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
12+314	VI03	Canale Maestro	Consorzio APV	Irriguo
12+322	VI03	Scolo Sereghetta	Consorzio APV	Irriguo

<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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 7 di 67</p>

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.

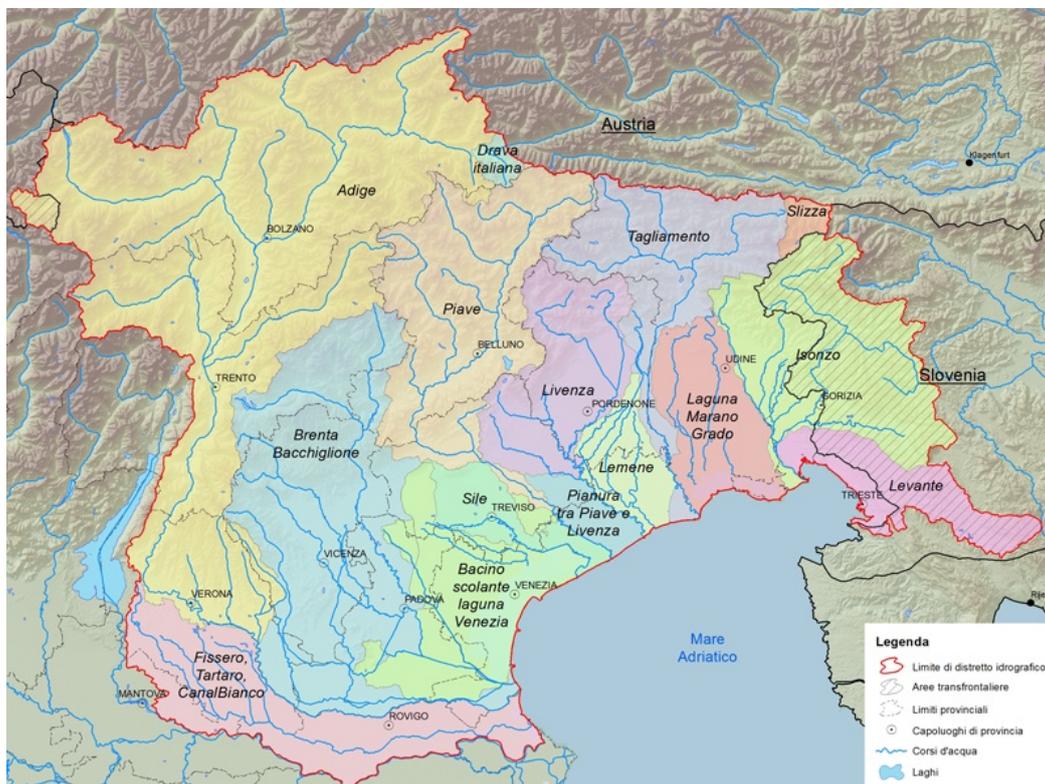


Figura 4-2 Bacini idrografici del distretto idrografico Alpi Orientali
fonte: Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 8 di 67</p>

4.1.1 Bacino idrografico del Fiume Adige

Il PGRA dell'Autorità di Bacino distrettuale delle Alpi Orientali riporta la seguente descrizione: "L'Adige, secondo fiume italiano per lunghezza d'asta e terzo per estensione del bacino imbrifero (Figura 5.4) nasce in Alta Val Venosta a quota 1.550 m s.m.m. e, dopo aver percorso 409 km attraverso Alto Adige, Trentino e Veneto, sfocia nel Mare Adriatico.



Figura 4-3 Bacino idrografico del Fiume Adige
fonte: PGRA 2015-2021 Autorità di Bacino Distrettuale delle Alpi Orientali

Il bacino tributario dell'Adige copre una superficie di circa 12.100 km² ed interessa anche una piccola parte di Svizzera: il primo tratto si sviluppa dal lago di Resia a Merano (area drenata pari a 2.670 km²), poi lungo la Valle dell'Adige sino a Trento (circa 9.810 km² di area drenata) e da Trento a Verona la valle assume la denominazione di Lagarina (11.100 km² circa). Successivamente e fino ad Albaredo, dove chiude il suo bacino

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 9 di 67

tributario, l'Adige assume carattere di fiume di pianura; poi, per successivi 110 km, è pensile fino allo sbocco in Adriatico dove sfocia tra la foce del Brenta ed il delta del Po.

In provincia di Bolzano l'affluente principale è l'Isarco nel quale confluiscono il Rio Gardena, il torrente Talvera e la Rienza che sua volta riceve le acque dell'Aurino e della Gadera. Altri affluenti importanti sono il Passirio e il rio Valsura.

In provincia di Trento l'affluente principale in destra è il Noce, mentre quelli in sinistra sono l'Avisio, il Fersina e il Leno. Nei pressi dell'abitato di Mori il sistema di canali Montecatini-Biffis deriva ad uso idroelettrico una consistente portata che convoglia l'acqua dell'Adige da Mori alla centrale di Bussolengo. In Veneto, i maggiori affluenti in sinistra idrografica sono il fiume Chiampo e i torrenti Tramigna, Aldegà, Fibbio, Alpone. In destra idrografica vi è solamente il torrente Tasso. Va evidenziata anche la consistente derivazione ad uso idroelettrico, in sinistra idrografica, del canale ex-Sava nei pressi della diga di Pontoncello.

Nella panoramica del bacino va anche segnalata la presenza della galleria scolmatrice denominata "galleria Adige Garda", che collega il fiume Adige nei pressi di Mori con il lago di Garda. Essa può scolare portate fino al massimo di 500 m³/s contribuendo sostanzialmente alla sicurezza idraulica dei tratti a valle. Il manufatto venne iniziato nel 1939 e terminato nel 1959 (con una lunga interruzione dal 1943 al 1954).

Una peculiarità del bacino dell'Adige è poi dovuta al fatto che esistono attualmente 31 bacini artificiali, aventi capacità di invaso variabili, dai valori massimi di 183 milioni di m³ di S. Giustina e 118 milioni di m³ del lago di Resia, ai valori minimi di 100.000 m³ per l'invaso presente in Val d'Ega e di 90.000 m³ per quello di Sarentino. Complessivamente i serbatoi artificiali compresi all'interno del bacino idrografico del fiume Adige hanno un invaso pari a circa 571 milioni di m³."

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 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.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 10 di 67

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 $1 \text{ m} > h_{30} > 0.5 \text{ m}$ 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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 11 di 67</p>

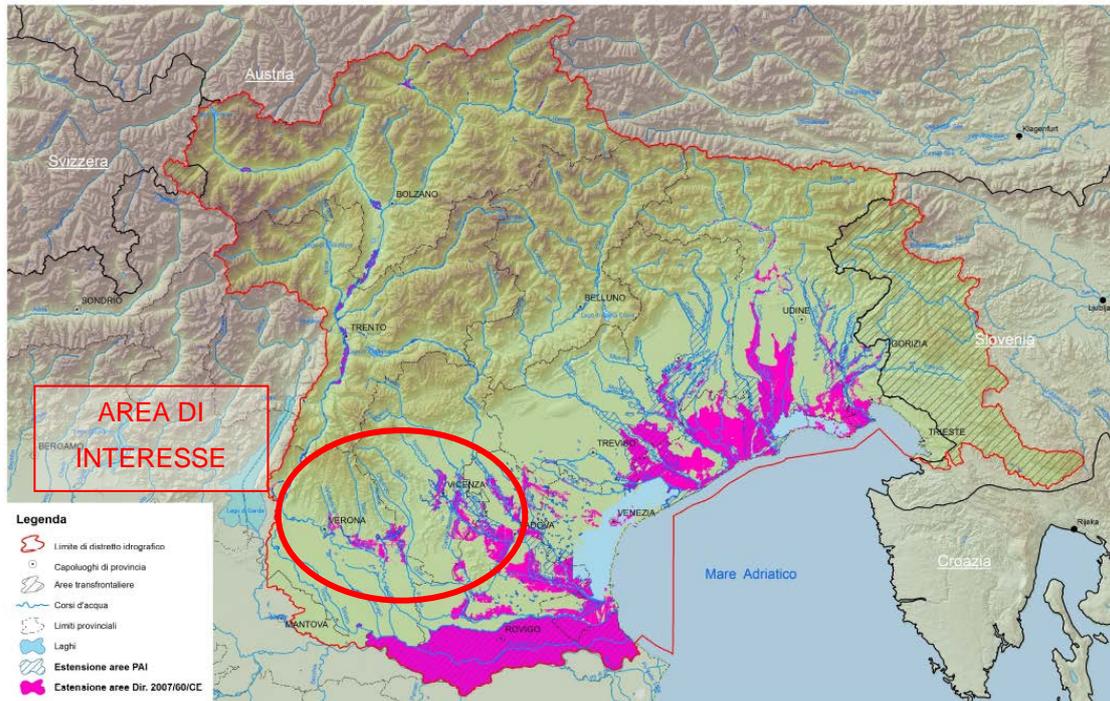


Figura 4-5 Sovrapposizione tra aree di pericolosità del PAI e di allagabilità del PGRA (Fonte: PGRA)

4.1.3 Piano di assetto idrogeologico del bacino idrografico dell'Adige

Il piano di stralcio per la tutela dal rischio idrogeologico del bacino dell'Adige – Regione descrive quanto segue:

- Individua e delimita quattro tipologie di aree di pericolosità idraulica stabilendo per esse prescrizioni relative per lo più alla gestione dei patrimoni edilizi ed alla previsione di opere ed infrastrutture pubbliche;
- Individua e perimetra aree a rischio elevato e medio da frana e da colata detritica;
- Individua e perimetra comunque aree a rischio idraulico di classe R4, R3, R2 e R1, ricomprese nelle aree di pericolosità idraulica;

In tutte le aree delimitate prevede azioni di mitigazione del rischio e vi dispone normative di attuazione e prescrizione.

In particolare, i comuni interessati da esondazioni nel bacino dell'Adige sono i seguenti:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 12 di 67

COMUNE	PROVINCIA	R4	R3	R2	R1	P4	P3	P2	P1
Affi	Verona	X	X	X	X		X	X	X
Badia Calavena	Verona				X	X	X		X
Brentino Belluno	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Bussolengo	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Caprino Veronese	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Costermano	Verona		X	X	X		X	X	X
Dolcè	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Gambellara	Vicenza	X		X	X		X	X	X
Montebello Vicentino	Vicenza			X	X			X	X
Monteforte d'Alpone	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Pastrengo	Verona	X	X	X	X		X	X	X
Pescantina	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Rivoli Veronese (*)	Verona	X		X	X	X	X	X	X
S. Bonifacio	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
S. Martino Buon Albergo	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
S. Pietro in Cariano	Verona			X	X			X	X
Soave	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Tregnago	Verona				X	X	X		X
Verona (*)	Verona	X	X	X	X	X	X	X	X
Zevio	Verona			X	X			X	X

Figura 4-6 Elenco dei comuni interessati da esondazioni a diverso grado di rischio (R) e di pericolo (P)
 (*) Comuni con aree di esondazione afferenti a vari corsi d'acqua Fonte: PAI bacino Adige

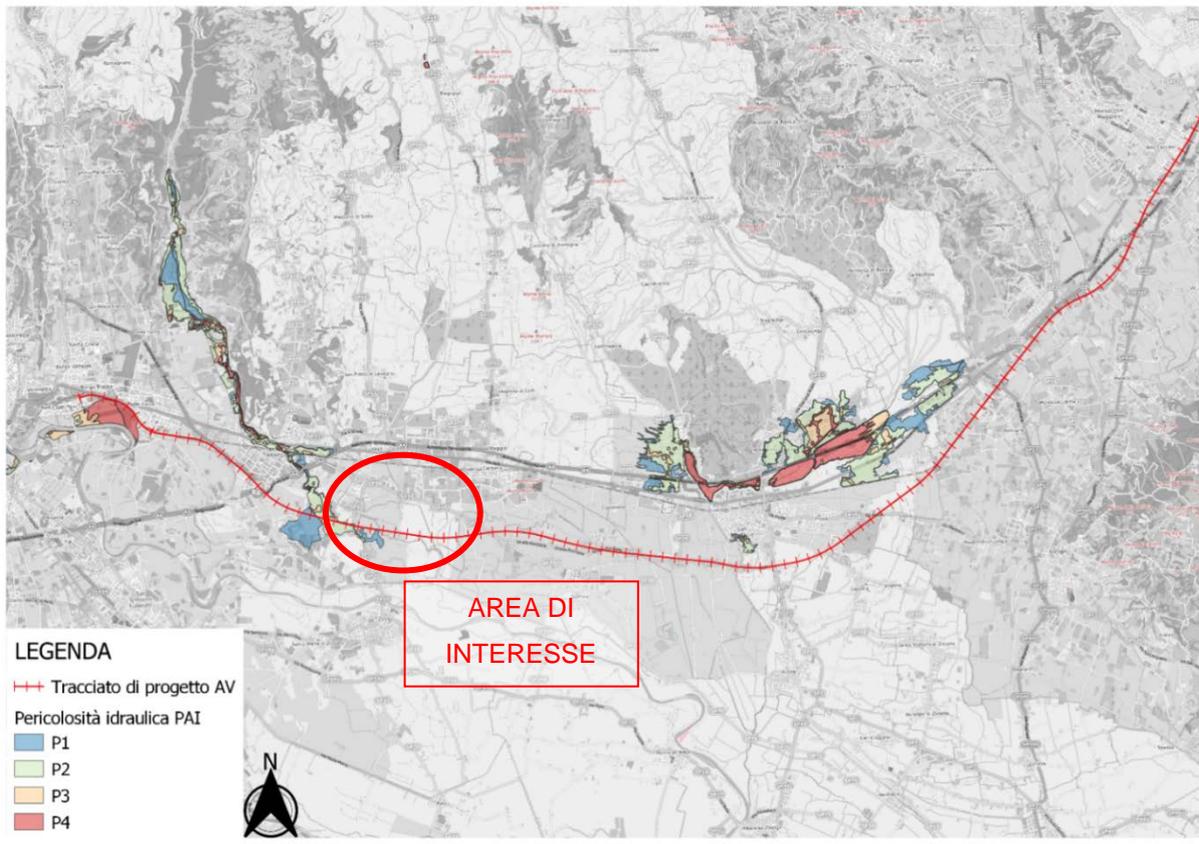


Figura 4-7 Pericolosità PAI bacino Adige nella zona di interesse del progetto AV

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 13 di 67

4.1.4 Aree a rischio allagamento redatte dall'Autorità di Bacino del fiume Adige

Nell'ambito dello studio idraulico ante operam si è fatto riferimento alle carte di allagamento redatte dall'Autorità di Bacino del fiume Adige, Ente di riferimento per quanto riguarda il rischio idraulico nel territorio interessato dal progetto.

Nello studio dello scenario di allagamento del territorio attraversato dal tracciato di progetto sono state indicate le altezze idriche con tempo di ritorno di 300 anni, basate su tali carte di allagamento della direttiva alluvioni, considerando per maggior cautela il massimo nel range di valori indicato: tra 0.5 m ed 1 m si è preso quest'ultimo valore, ad esempio, a favore di sicurezza.

Si ricorda poi che essendo le carte di allagamento della direttiva alluvioni basate sulle carte tecniche regionali CTR della Regione Veneto, essendo quest'ultime affette da una tolleranza nella misura dei rilievi, come del resto in tutte le misure scientifiche, anche le carte di allagamento risulteranno affette da tale scarto.

4.1.4.1 Zona Verona città, a sud della linea ferroviaria esistente, all'interno dell'area golenale del fiume Adige.

In questa zona sono previsti allagamenti con altezze idriche attorno ai 0,5 m in relazione ad eventi di piena con tempo di ritorno pari a 300 anni.

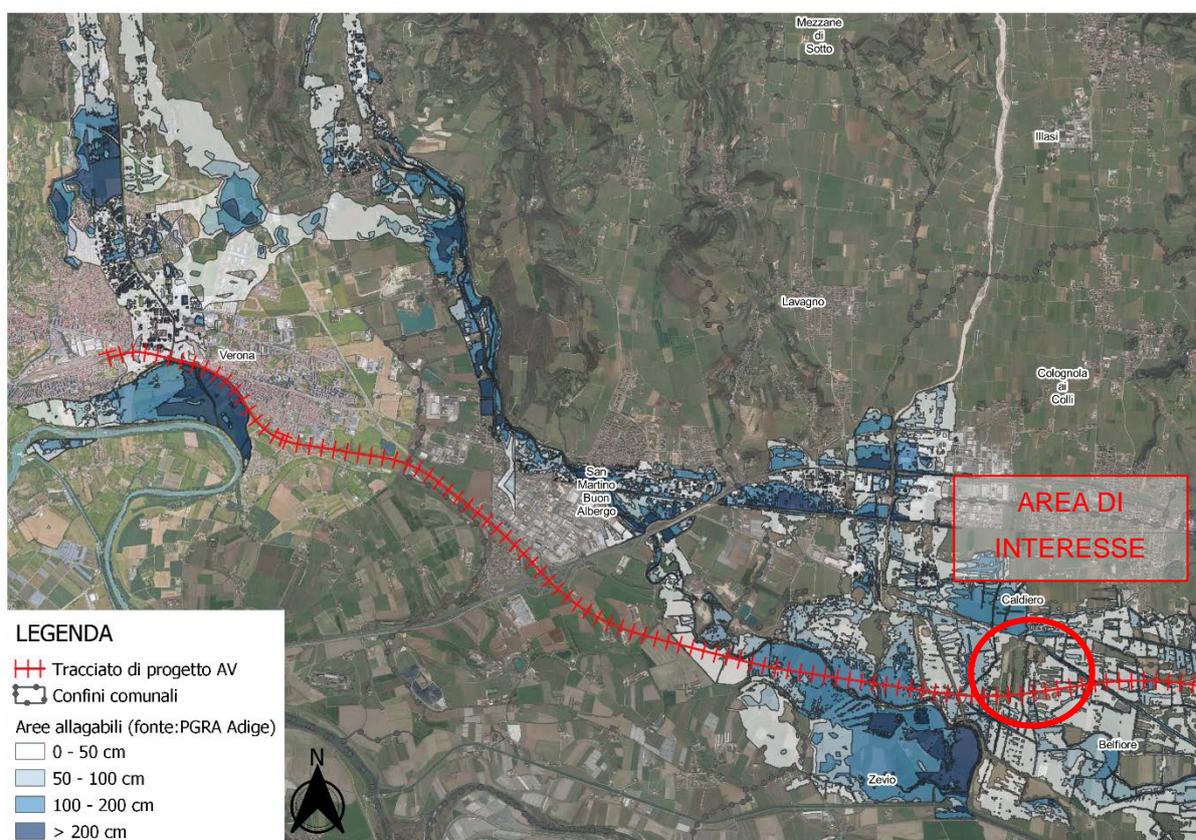


Figura 4-8 Planimetrie aree allagabili ante operam con Tr pari a 300 anni

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 14 di 67

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:

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 15 di 67

- *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 T_r :

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

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

Manufatti di attraversamento (ponti e tombini):

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

Inalveamenti:

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

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

Impianti di sollevamento: $T_r = 25$ 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 VI0308 001	Rev. A	Foglio 16 di 67

“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”.

Infine, nella stessa sezione al capitolo 3.7.2.2.1 viene riportato quanto segue:

“3.7.2.2.2 Attraversamenti secondari

Le tipologie ammesse sono:

- tombini circolari in c.a. con diametro minimo 1.5 m;
- tombini scatolari in c.a. con dimensione minima 2 m.

Sono ammessi fino a due tombini affiancati.

In nessun caso saranno ammessi attraversamenti con opere a sifone.

La pendenza longitudinale del fondo dell'opera non dovrà essere inferiore al 0,2% e ciò al fine di impedire la sedimentazione di eventuale materiale solido trasportato

La sezione di deflusso complessiva del tombino dovrà consentire lo smaltimento della portata di massima piena con un grado di riempimento non superiore al 70% della sezione totale.

Dovranno essere previsti gli opportuni accorgimenti per evitare, in corrispondenza delle fondazioni del manufatto, fenomeni di scalzamento o erosione”.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 17 di 67

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 disponibili;
- Elaborazione delle curve di probabilità pluviometriche;
- Definizione degli idrogrammi o delle portate al colmo di progetto.

6.1 Il bacino idrografico

Per il progetto in esame sono previste due modalità di determinazione della portata di progetto, definite a seconda della dimensione del bacino idrografico analizzato:

- Per bacini secondari con superficie $S < 10\text{km}^2$ è stato utilizzato il metodo cinematico-razionale;
- Per i bacini principali con superficie S di poco superiore a 10km^2 è stato implementato il modello HEC-HMS.

Di seguito viene riportata una rappresentazione del bacino idrografico dello Scolo Sereghetta.

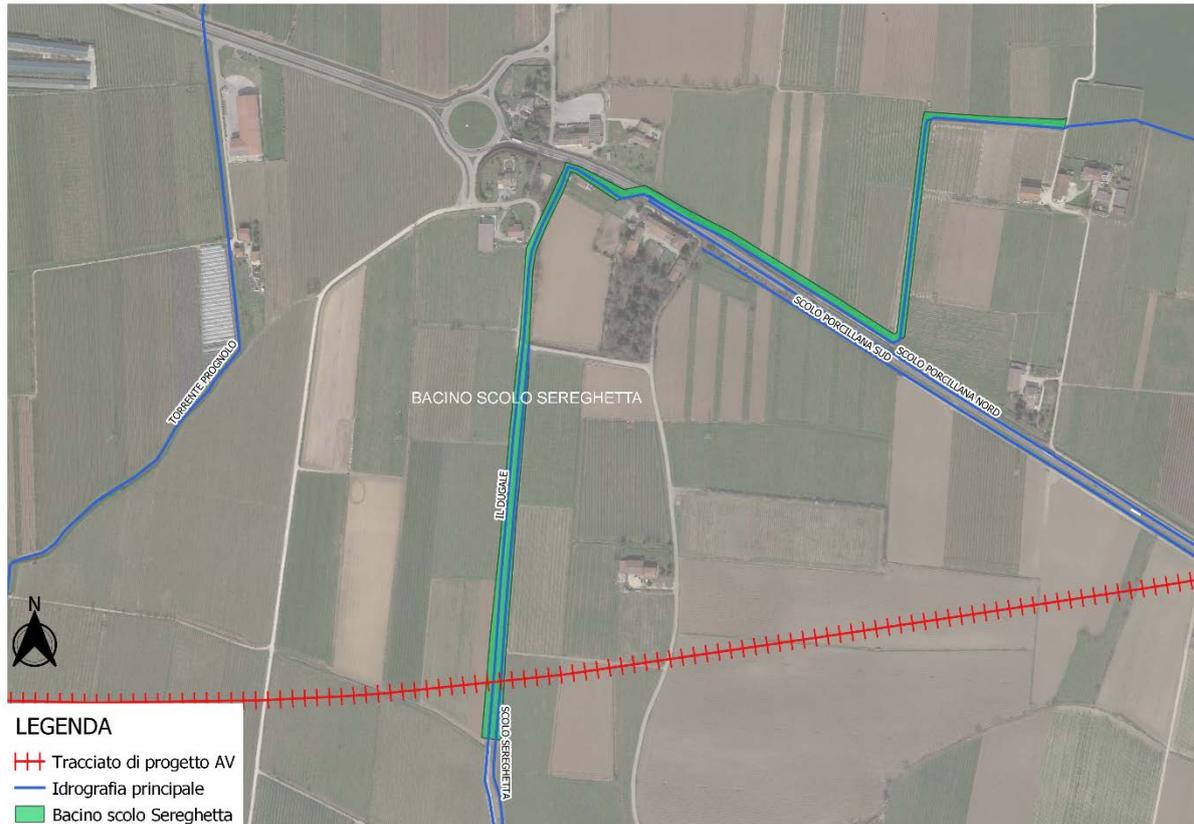


Figura 6-1 Bacino imbrifero della Scolo Sereghetta relativo alla sistemazione di progetto

Il Canale Maestro è un canale prettamente irriguo e per tale motivo non ha un bacino imbrifero proprio.

<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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 18 di 67</p>

È stata eseguita un'analisi pluviometrica, che per maggior dettaglio si rimanda alla relazione idrologica e idraulica attraversamenti secondari (IN1710EI2RHID0000002).

Le stazioni di riferimento ARPAV utilizzate nel presente studio sono le seguenti:

1. Arcole
2. Brendola
3. Buttapietra
4. Chiampo
5. Colognola ai colli
6. Lonigo
7. Montecchia di Crosara
8. S. Agostino Vicenza
9. Trissino
10. Verona-Parco Adige Nord
11. 50% Buttapietra-50% Arcole

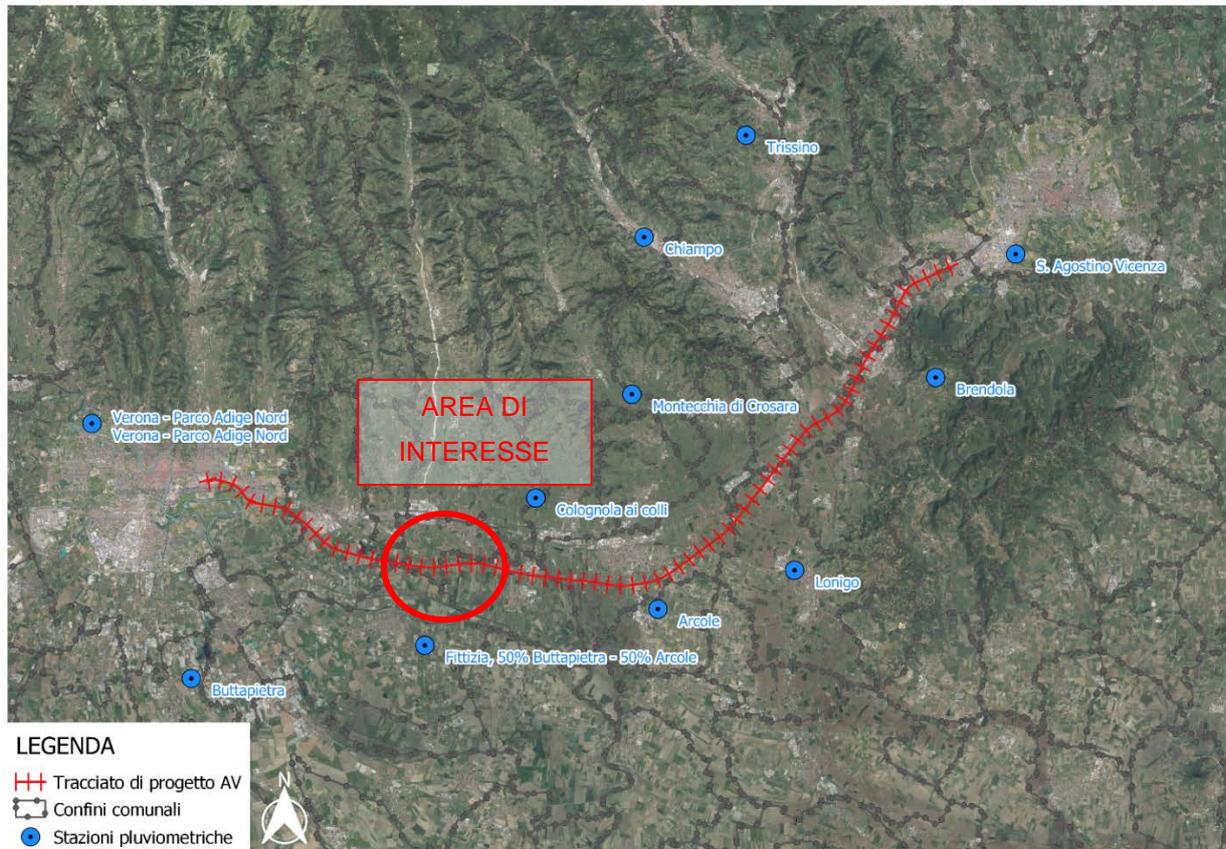


Figura 6-2 Stazioni pluviometriche di riferimento

Per ogni stazione sono stati ricavati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica utilizzati successivamente per ricavare le altezze di precipitazione.

Per la distribuzione spaziale delle piogge è stato utilizzato il metodo dei poligoni di Thiessen o topoietai.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 19 di 67

L'area oggetto di intervento ricade totalmente all'interno della stazione pluviometrica fittizia 50 Buttapietra 50 Arcole di cui si riporta i parametri della relativa CPP rispettivamente per Arcole e Buttapietra.

Tabella 6-1 Parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica. Durata < 1ora

STAZIONI	Tr= 5		Tr= 10		Tr= 20		Tr= 50		Tr= 100		Tr= 200		Tr= 300	
	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
Arcole	55,9	0,580	67,0	0,595	77,6	0,606	91,4	0,616	101,8	0,622	112,1	0,627	118,1	0,630
Buttapietra	52,7	0,576	60,8	0,587	68,5	0,595	78,5	0,603	86,0	0,607	93,5	0,611	97,9	0,614

Tabella 6-2 Parametri delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica. Durata > 1ora

STAZIONI	Tr= 5		Tr= 10		Tr= 20		Tr= 50		Tr= 100		Tr= 200		Tr= 300	
	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n	a	n
Arcole	48,7	0,152	58,8	0,143	68,6	0,137	81,3	0,130	90,8	0,127	100,2	0,124	105,7	0,122
Buttapietra	47,1	0,148	55,4	0,141	63,4	0,136	73,8	0,131	81,6	0,129	89,4	0,126	93,9	0,125

Come è possibile notare è stata inserita una stazione fittizia denominata 50% Buttapietra 50% Arcole. Questa stazione è stata creata perché una parte del tracciato era in parte scoperta da stazioni pluviometriche vicine. Per infittire le stazioni e rendere più attendibili i risultati è stata aggiunta tale stazione fittizia.

L'intervento in esame ricade all'interno dei bacini con $S < 10 \text{ km}^2$; nello specifico si riportano le caratteristiche morfometriche, il tempo di corrivazione e il coefficiente di deflusso del bacino.

Tabella 6-3 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)
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12+314	VI03	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12+322	VI03	0,020	1669596,3	5029659,1	24,7	30,3	27,1	25,5	1631,3	0,0008	0,3211

Tabella 6-4 Tempi di corrivazione calcolati con varie formule presenti in letteratura

Progressiva	WBS di progetto	Tc	Tc	Tc	Tc
		Ventura	Pezzoli	Turazza	Kirpich
-	-	(ore)	(ore)	(ore)	(ore)
12+314	VI03	-	-	-	-
12+322	VI03	3,72	3,13	1,08	1,49

Tabella 6-5 Coefficiente di deflusso del bacino

Progressiva	WBS di progetto	Coefficiente di deflusso Φ_{TOT}
-	-	-
12+314	VI03	-
12+322	VI03	0,50

Implementando i dati fin qui ricavati è possibile, tramite il metodo cinematico, ricavare i valori della portata idrologica relativi al bacino secondario.

GENERAL CONTRACTOR 		ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 20 di 67

A tali valori vanno sommate le portate di derivazione in testa (desunte dal progetto definitivo), nel caso il corso d'acqua derivi una parte di portata da altri corsi d'acqua, ed eventuali valori delle risorgive (riportate nel progetto definitivo), nel caso ci sia un contributo di quest'ultime all'idrografia in esame.

I risultati ottenuti sono i seguenti:

Tabella 6-6 Portate di progetto per $Tr = 200$ anni

Progres.	WBS di progetto	Corso d'acqua	Autorità competente	Tipologia	Q idrologica (m ³ /s)	Q risorgiva (m ³ /s)	Q derivata (m ³ /s)	Q complessiva (m ³ /s)	Q MAX PD (m ³ /s)	Q PE (m ³ /s)	Direzione di deflusso
-	-	-	-	-	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	(m ³ /s)	
12+314	VI03	Canale Maestro	Consorzio APV	Irriguo	-	-	2,60	2,60	8,11	2,60	N
12+322	VI03	Scolo Sereghetta	Consorzio APV	Irriguo	0,19	-	2,60	2,79	23,08	2,79	S

Dal confronto tra la Q complessiva così calcolata e la Q di progetto indicata nel Progetto Definitivo, è stata determinata la Q di Progetto Esecutivo (Q_{PE}) da assumere nel dimensionamento delle sistemazioni idrauliche di progetto, tenendo conto dell'esito delle interlocuzioni intervenute tra il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta e il Consorzio Iricav Due.

È evidente che la portata di progetto esecutivo è una portata teorica e prescinde da eventuali condizioni di esondazioni della rete di monte. Tuttavia, nell'impossibilità di prevedere quali saranno i possibili interventi di sistemazione e mitigazione idraulica nella rete di monte e di valle, da parte degli enti competenti, si assume per l'intervento di progetto l'ipotesi più cautelativa corrispondente alla portata teorica Q_{PE} . Maggiori dettagli sono riportati nella relazione idraulica (IN1710EI2RIID0000001) e nella relazione idrologica e idraulica attraversamenti secondari (IN1710EI2RHID0000002).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 21 di 67

7 STATO ATTUALE

Il Consorzio di Bonifica Alta Pianura Veneta ha eseguito in fase di redazione del progetto definitivo dell'AV/AC un rilevamento della rete idraulica consorziale lungo il tracciato della linea AV/AC Torino – Venezia, tratta Verona – Padova, lotto funzionale Verona – bivio Vicenza.

Per quanto riguarda lo Scolo Sereghetta e Canale Maestro tale relazione riporta quanto segue: *La TAV in località Gombion –Bova, interseca un corpo arginale formato da due collettori paralleli: il Canale Maestro e il Sereghetta.*

Il Canale Maestro, costruito negli anni 20, si presenta rispetto al piano campagna con arginature pensili e il vaso rivestito in calcestruzzo. Ha una funzione prevalentemente irrigua per una vasta area agricola che comprende i comuni di Zevio, Caldiero, Belfiore, S. Bonifacio, veicolando acqua proveniente dall'Antanello con una portata media stimata in 2.500-2600 l/s. Presenta un vaso regolare con una bocca di m 4,50, sponda a campagna di m 1,50, sommità arginale di m 1,00, sponde in froldo di m 2,50 e fondo m 1,50.

Il Sereghetta ha una valenza mista di scolo e irrigua con presenza di bocchette di attingimento dal Canale Maestro. Altimetricamente risulta a quota inferiore rispetto al piano campagna in sinistra Canale Maestro, da cui provengono acque di scolo confluenti nel Sereghetta per mezzo di botti sifone. Presenta una bocca di m 4,50 con uno sviluppo della sponda a campagna di m 2,00 fondo m 2,50 e sponda inclinata dell'argine divisorio dal Canale Maestro di m 4,00.

Come descritto nella relazione la Scolo Sereghetta e Canale Maestro ha una modesta sezione con sponde inclinate 1:1; oltre a convogliare acque di risorgiva ha funzione sia di scolo sia di irrigazione per le aree agricole presenti. Di seguito una sezione schematizzata della Scolo Sereghetta e Canale Maestro ricavata dalla relazione del Consorzio Alta pianura Veneta:

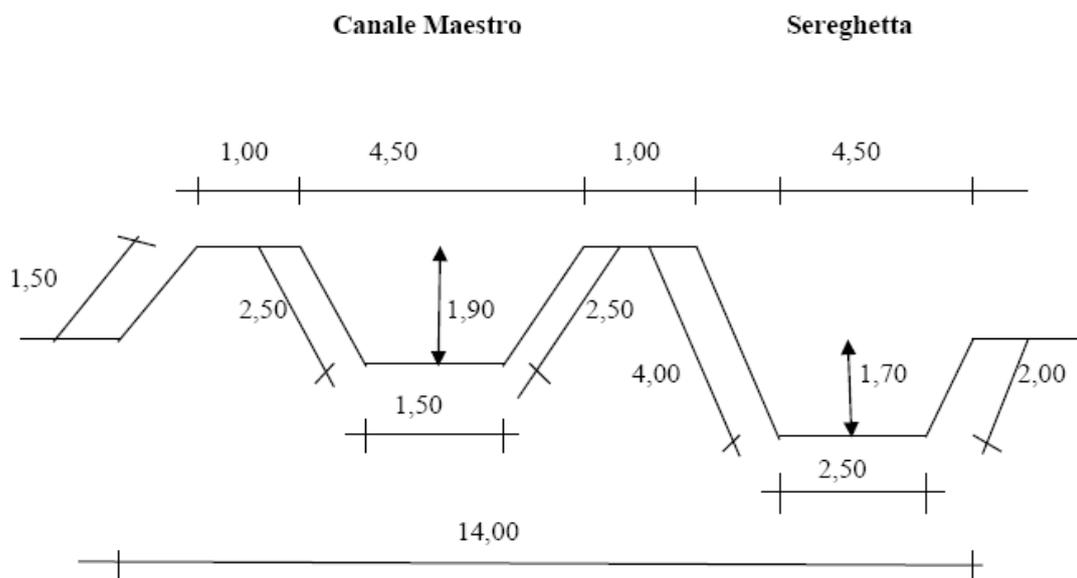


Figura 7-1 Sezione dello Scolo Sereghetta e del Canale Maestro (fonte: Consorzio di bonifica Alta pianura Veneta)

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 22 di 67



Figura 7-2 Foto del Canale Maestro e dello Scolo Sereghetta in corrispondenza della deviazione di progetto (fonte: Consorzio di bonifica Alta pianura Veneta)

Nella fase di progetto esecutivo è stata eseguita una campagna di rilievi che ha portato a dettagliare maggiormente la zona di interesse, integrando quanto già stato eseguito nella fase definitiva.

In particolare è stata estrapolata una superficie tridimensionale della zona interessata; la stessa è stata utilizzata per le analisi idrauliche descritte nei paragrafi successivi.

Si riporta di seguito l'estratto della tavola dello stato di fatto e la rappresentazione altimetrica del DTM ricavato dal rilievo topografico.

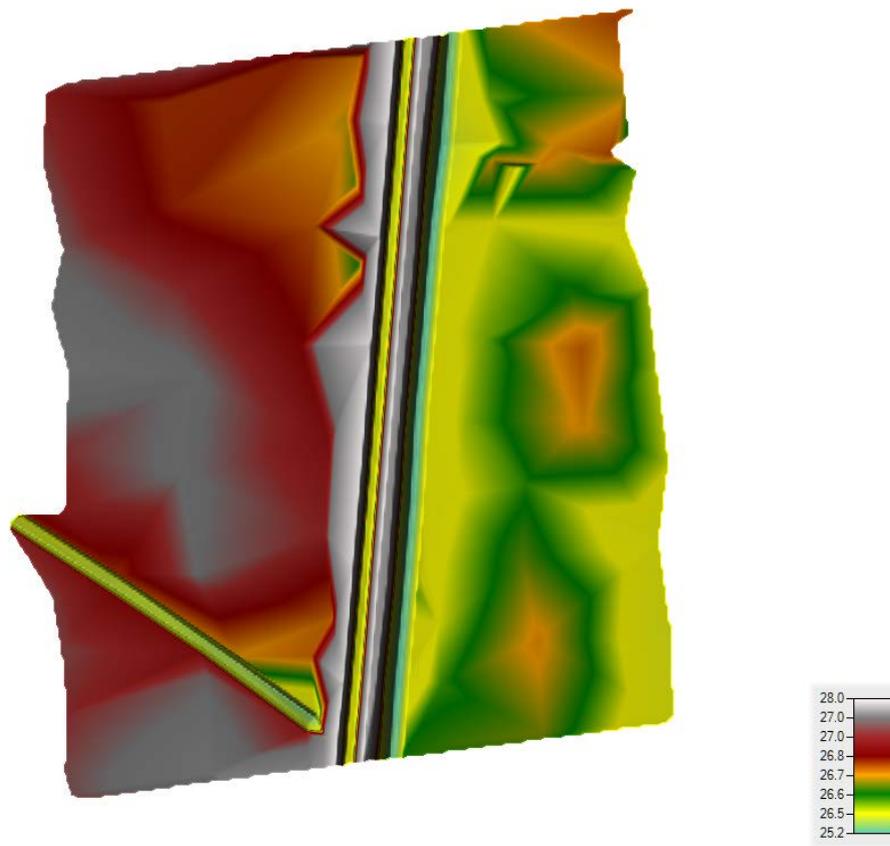


Figura 7-3 DTM ricavato da rilievo topografico (i valori riportati sono in m s. m.).

<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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 23 di 67</p>

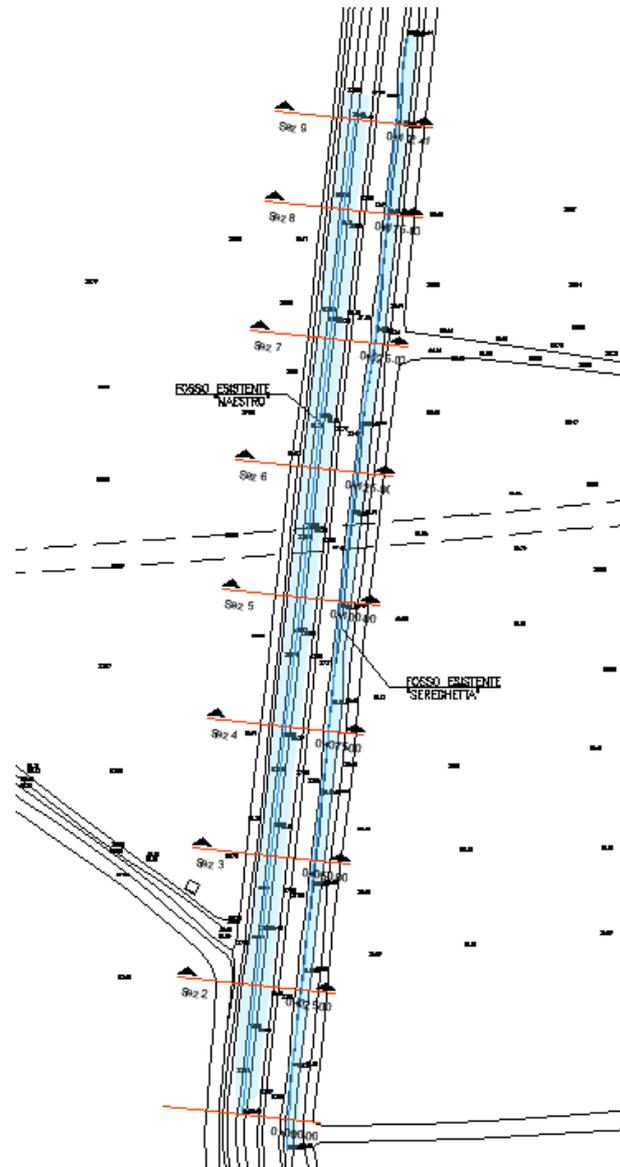


Figura 7-4 Estratto dalla tavola stato di fatto deviazione Scolo Sereghetta e Canale Maestro

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 24 di 67

8 STATO DI PROGETTO

Lo Scolo Sereghetta e Canale Maestro costituisce una interferenza con il rilevato della nuova linea AV/AC. Il progetto in particolare è costituito dalla sistemazione dello scolo in prossimità del passaggio del viadotto VI03 di progetto.

Entrambi i corsi d'acqua verranno risezionati e rivestiti rispettivamente con un rivestimento in calcestruzzo per il Canale Maestro (Dugale) e un rivestimento in materassi tipo Reno per lo Scolo Sereghetta. Le sponde non subiranno modifiche di pendenza, la quale rimarrà pari a 1:1 per entrambi i corsi d'acqua. Le sponde lato campagna al di sotto del viadotto verranno rivestite in materassi tipo Reno vista l'inaccessibilità della zona da parte dei mezzi di manutenzione.

Di seguito un estratto della planimetria di progetto post operam.

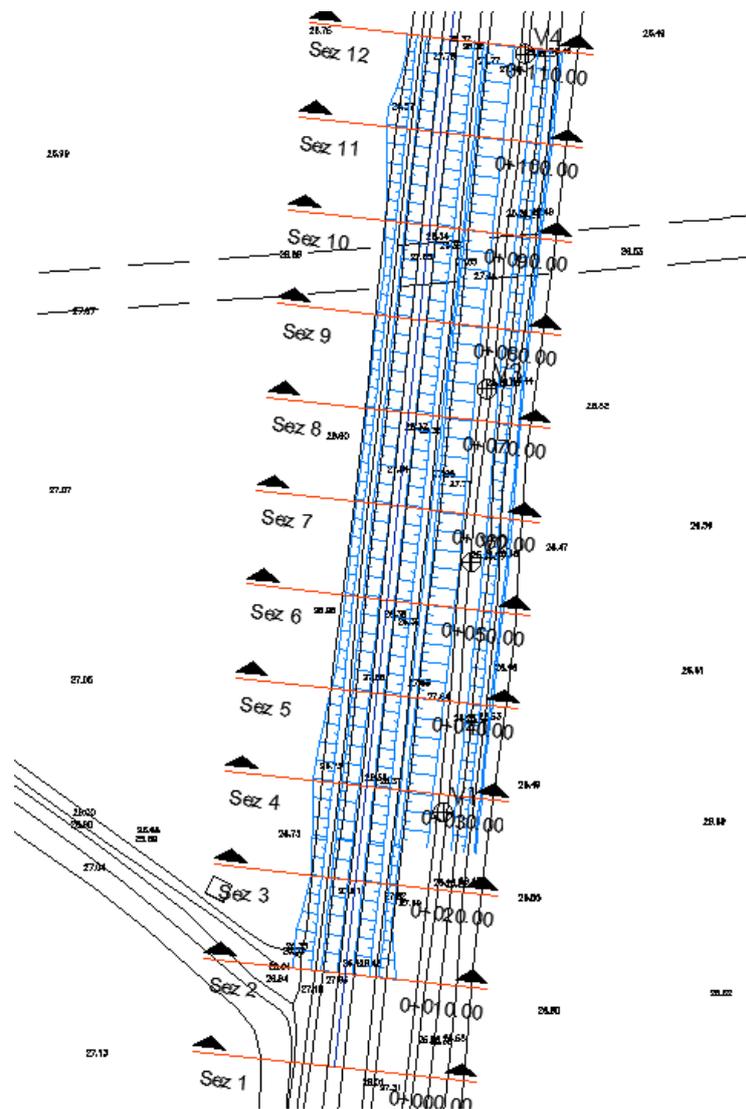


Figura 8-1 Estratto dalla planimetria di progetto post operam

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 25 di 67

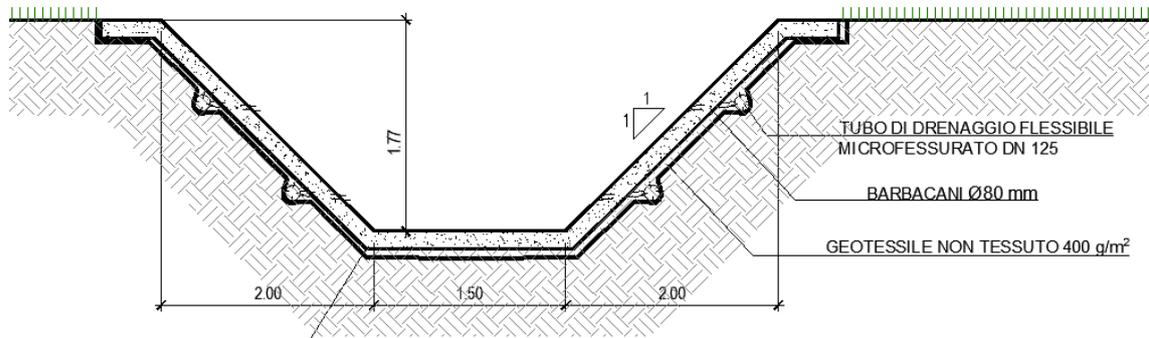


Figura 8-2 Sezione tipo trasversale Canale Maestro

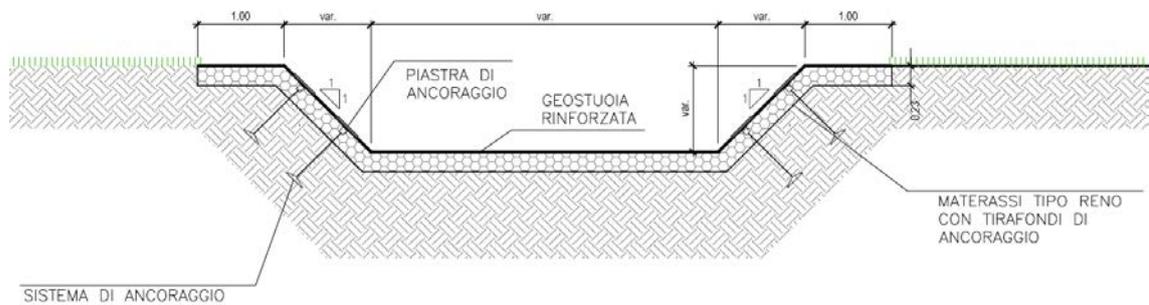


Figura 8-3 Sezione tipo trasversale Scolo Sereghetta

Dimensioni		MATERASSI METALLICI	
Lunghezza (m)	Larghezza (m)	Maglia tipo	
		Spessore (m)	Filo
3	2	0,23	Fili proietto con lega ZN-5% AL, MM e rivestiti con polimero plastico Øi 2,2 mm Øe 3,2 mm (nominale)
4	2		
5	2		
6	2		

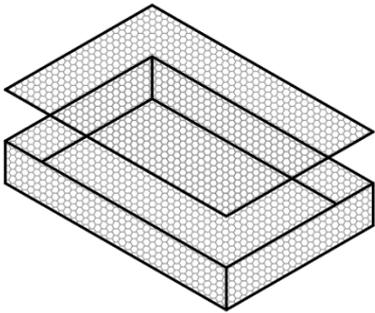


Figura 8-4 Dettaglio materassi tipo Reno

<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 E12 RH VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 26 di 67</p>

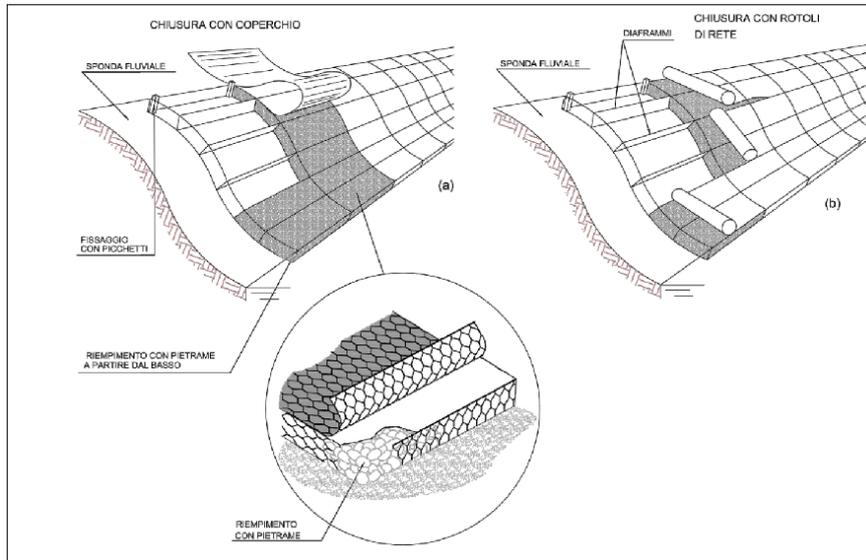


Figura 8-5 Modalità di posa dei materassi tipo Reno

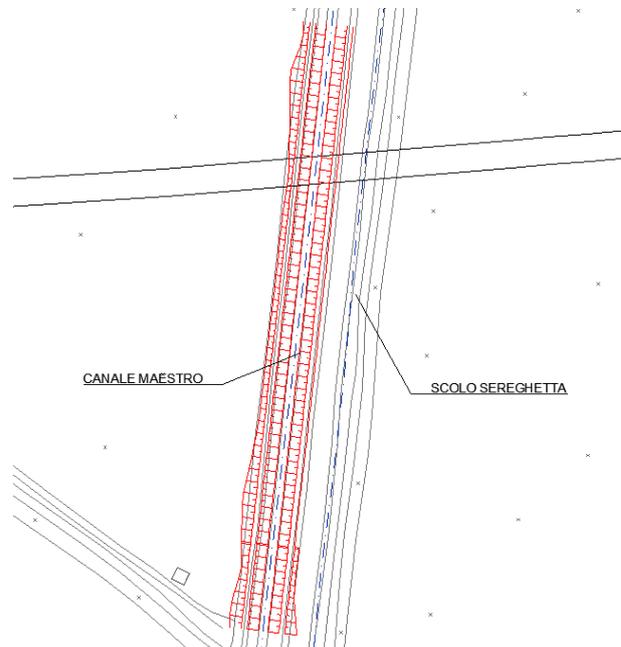
<p>GENERAL CONTRACTOR</p> 	<p>ALTA SORVEGLIANZA</p> 				
<p>RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA</p>	<p>Progetto IN17</p>	<p>Lotto 12</p>	<p>Codifica Documento EI2 RH VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 27 di 67</p>

9 STATO DI CANTIERIZZAZIONE

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

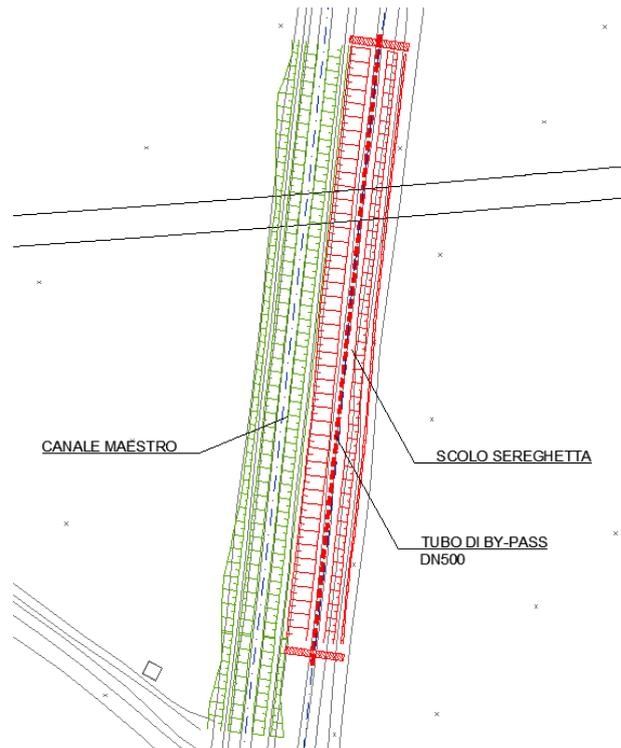
FASE 1:

- Costruzione della sistemazione idraulica di progetto del canale Maestro in un'unica fase, sfruttando la stagione invernale (canale irriguo)



FASE 2:

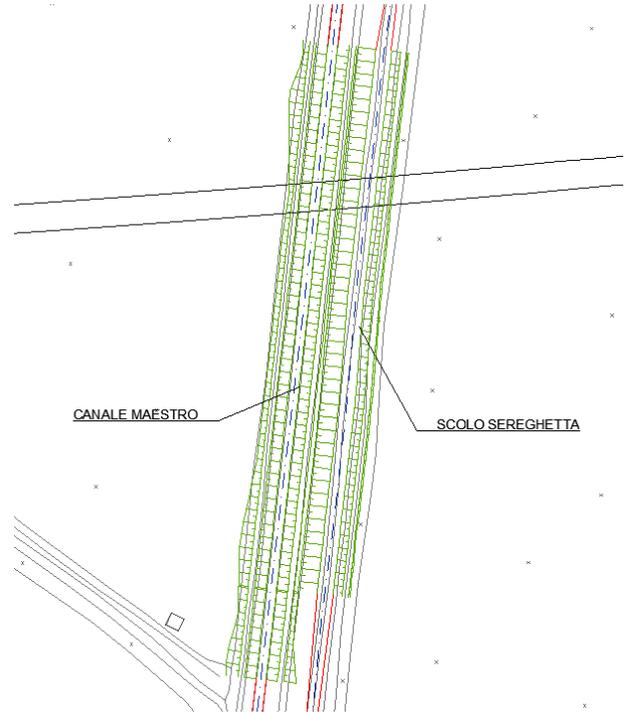
- Sbarramento a monte e a valle della sistemazione con tura in terra tracimabile $H = 1$ m;
- Posa tubazione a gravità per drenaggio acque di risorgiva tramite tubazione di cantiere DN400 in materiale plastico (PVC SN8); la tubazione può essere posta all'interno dell'area di lavoro, posizionandola nella posizione opposta al lato in lavorazione;
- Realizzazione intervento su Scolo Sereghetta



<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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 28 di 67</p>

FASE 3:

- Sistemazioni finali con riprofilatura fondo tratto iniziale e tratto finale
- Riapertura dello Scolo Sereghetta



GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 29 di 67

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).

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 30 di 67

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:

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

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

<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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 31 di 67</p>

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.

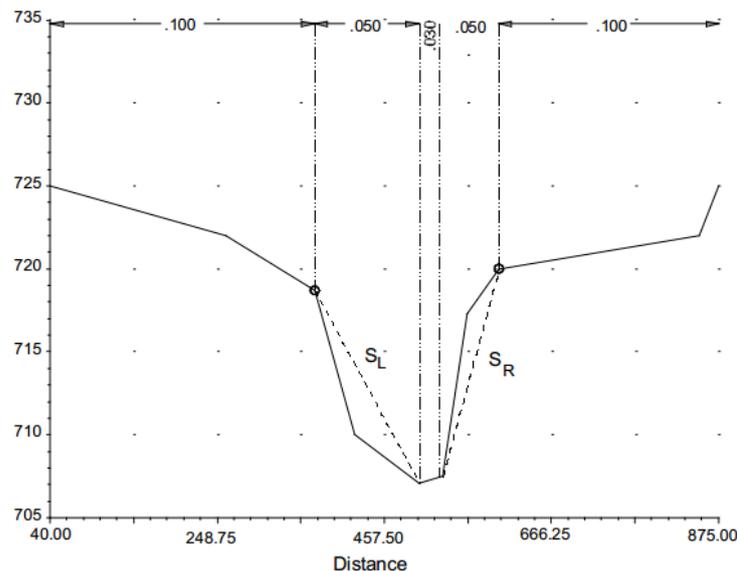


Figura 10-1 Schema per il calcolo della scabrezza equivalente

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 VI0308 001	Rev. A	Foglio 32 di 67

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.

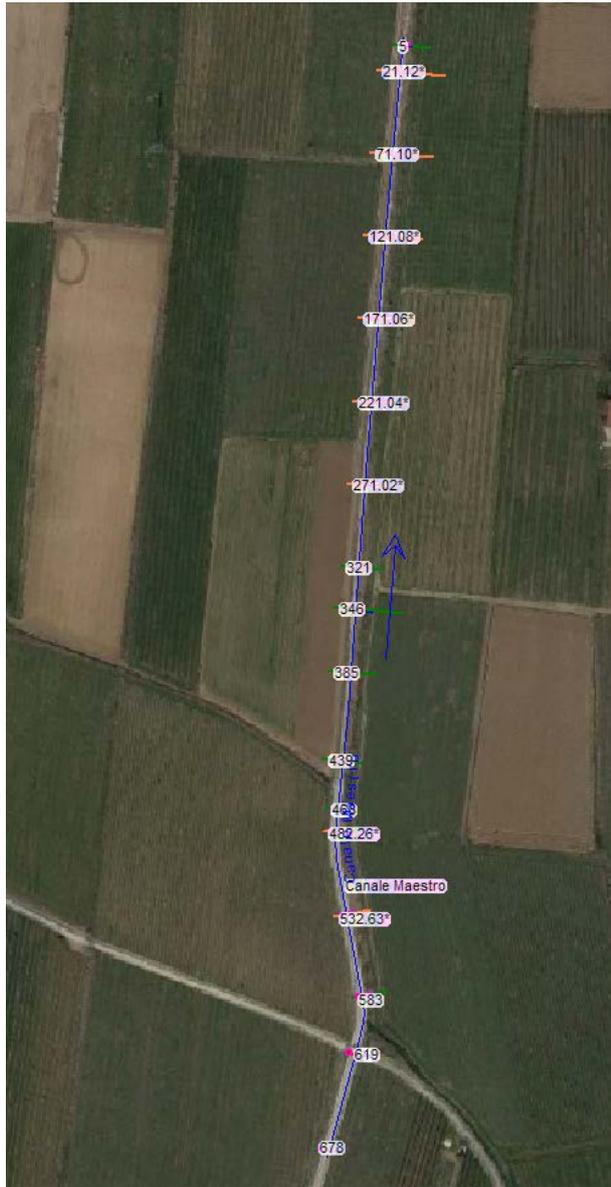


Figura 10-2 Planimetria di modellazione dello Scolio Sereghetta e Canale Maestro, ante operam

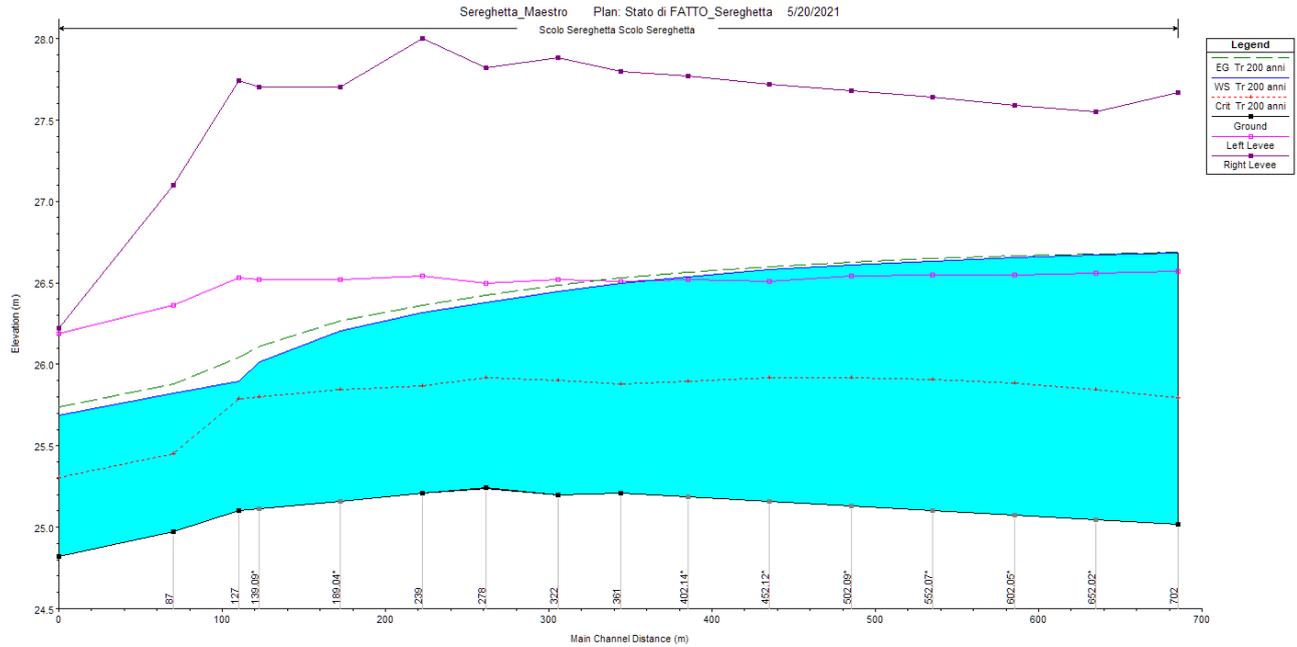


Figura 10-3 Profilo di modellazione dello Scolo Sereghetta con portata riferita ad un Tr 200 anni, ante operam

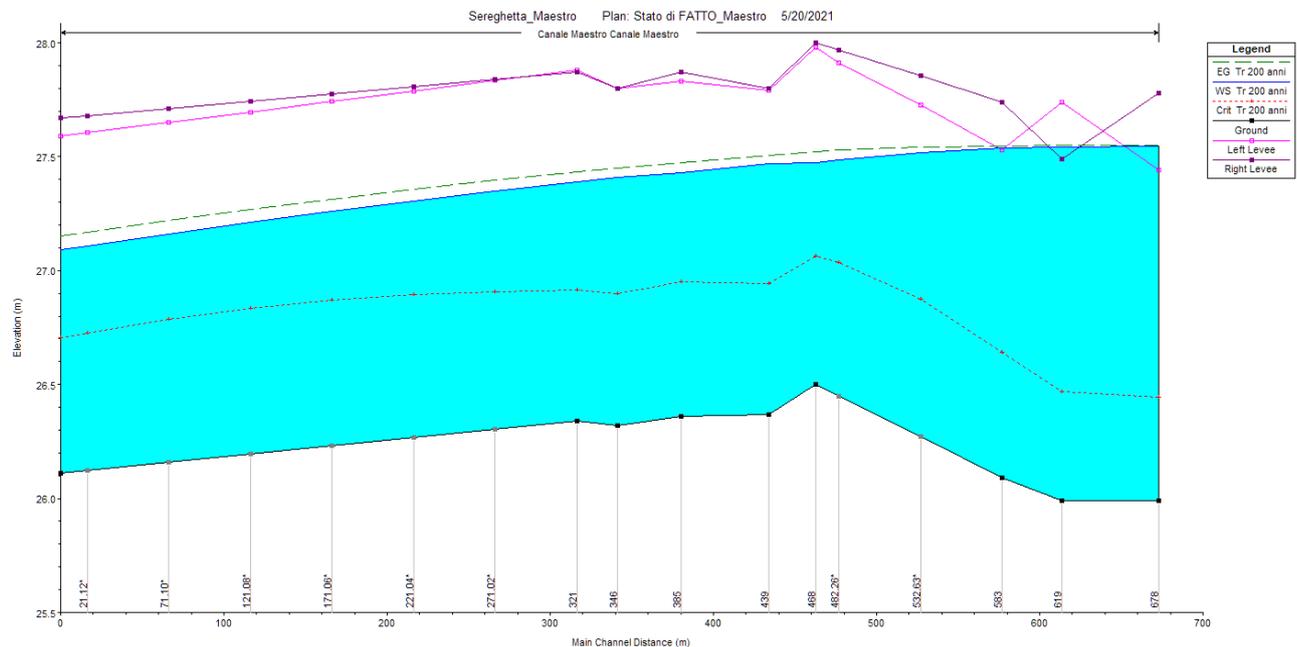


Figura 10-4 Profilo di modellazione del Canale Maestro con portata riferita ad un Tr 200 anni, ante operam

La portata di progetto esecutivo calcolata attraverso analisi idrologica, descritta nei paragrafi precedenti e pari a $2,79 \text{ m}^3/\text{s}$, porta lo Scolo Sereghetta ad una condizione critica con allagamenti nelle sezioni di monte e annullamento del franco idraulico in corrispondenza dell'attraversamento del viadotto VI03. Per il canale Maestro con portata pari a $2,6 \text{ m}^3/\text{s}$ la sezione in corrispondenza del viadotto VI03 è adeguata a contenere la portata di progetto mantenendo un franco di sicurezza pari a 0,6 m. Come precedentemente riportato la portata di progetto esecutivo è una portata teorica e prescinde da eventuali condizioni di esondazioni della rete di monte.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 35 di 67

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.

Per lo Scolo Sereghetta si è preso come coefficiente di scabrezza il valore di Manning pari a 0,03 che equivale ad un canale caratterizzato da una discreta manutenzione e con presenza di eventuali arbusti e che corrisponde ad un valore Ks di Gauckler-Strickler pari a $33 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Per il canale Maestro si è preso come coefficiente di scabrezza valori di Manning diversi in base alle caratteristiche della sezione:

- 0,02 per la parte di sezione in calcestruzzo ammalorato; $Ks = 50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- 0,014 per la parte di sezione in calcestruzzo in buono stato; $Ks = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

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.

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.

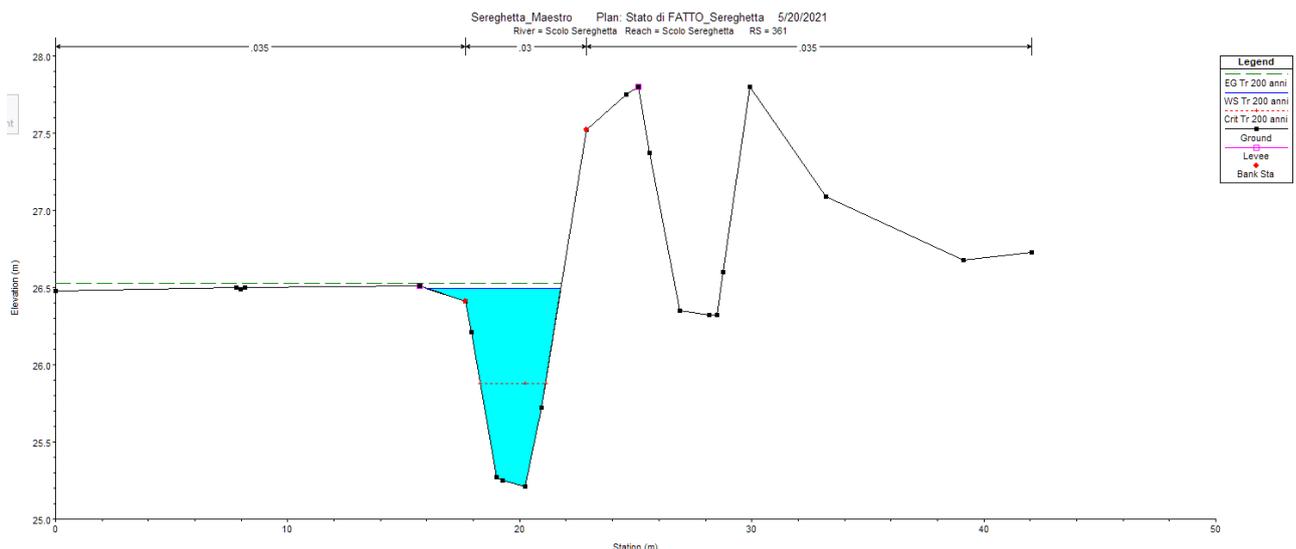


Figura 10-5 Sezione dello Scolo Sereghetta ricavata da HEC-RAS con un Tr = 200 anni

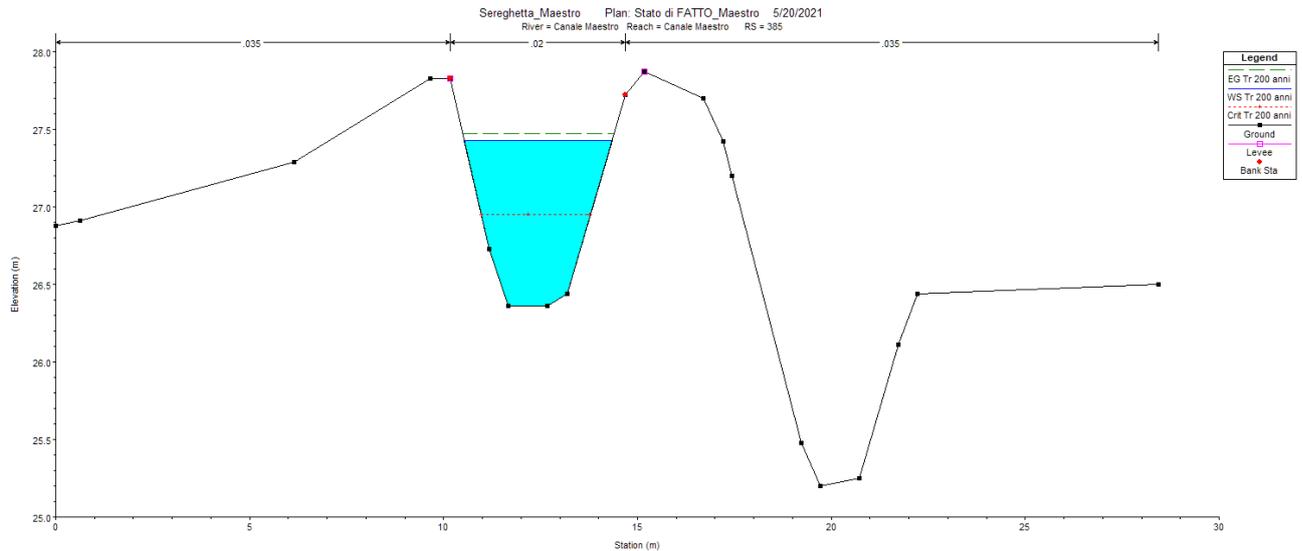


Figura 10-6 Sezione del Canale Maestro ricavata da HEC-RAS con un Tr = 200 anni

Si riportano di seguito i risultati della simulazione.

Tabella 10-1 Risultati simulazione 1D ante operam per Tr 200 anni per lo scolo Sereghetta

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Scolo Sereghetta	702	2.79	25.02	26.68	25.79	26.69	0.000214	0.47	9.01	21.87	0.14
Scolo Sereghetta	361	2.79	25.21	26.50	25.88	26.53	0.000939	0.80	3.55	5.84	0.28
Scolo Sereghetta	322	2.79	25.20	26.45	25.90	26.49	0.001199	0.92	3.11	4.55	0.32
Scolo Sereghetta	278	2.79	25.24	26.38	25.92	26.43	0.001635	0.96	2.91	4.09	0.36
Scolo Sereghetta	239	2.79	25.21	26.32	25.87	26.36	0.001595	0.94	2.95	4.24	0.36
Scolo Sereghetta	127	2.79	25.10	25.90	25.79	26.04	0.007428	1.67	1.67	3.28	0.75
Scolo Sereghetta	87	2.79	24.97	25.83	25.45	25.88	0.001909	1.01	2.76	4.04	0.39
Scolo Sereghetta	17	2.79	24.82	25.69	25.31	25.74	0.002000	1.04	2.69	3.81	0.39

Tabella 10-2 Risultati simulazione 1D ante operam per Tr 200 anni per il canale Maestro

Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	Crit W.S.	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
		(m3/s)	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m2)	(m)	
Canale Maestro	678	2.60	25.99	27.55	26.44	27.55	0.000027	0.36	9.59	11.26	0.11
Canale Maestro	619	2.60	25.99	27.54	26.47	27.55	0.000036	0.40	7.86	12.01	0.12
Canale Maestro	583	2.60	26.09	27.54	26.64	27.55	0.000057	0.46	7.09	10.05	0.15
Canale Maestro	468	2.60	26.50	27.47	27.06	27.52	0.000410	1.00	2.59	3.75	0.38
Canale Maestro	439	2.60	26.37	27.47	26.94	27.50	0.000530	0.85	3.07	4.07	0.31
Canale Maestro	385	2.60	26.36	27.43	26.95	27.47	0.000642	0.92	2.84	3.81	0.34
Canale Maestro	346	2.60	26.32	27.41	26.90	27.45	0.000560	0.86	3.01	3.98	0.32
Canale Maestro	321	2.60	26.34	27.39	26.92	27.43	0.000666	0.93	2.80	3.77	0.34
Canale Maestro	5	2.60	26.11	27.09	26.70	27.15	0.001000	1.08	2.40	3.42	0.41

<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 VI0308 001</p>	<p>Rev. A</p>	<p>Foglio 37 di 67</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 10-7 Planimetria di modellazione dello Scolo Sereghetta e Canale Maestro, ante operam

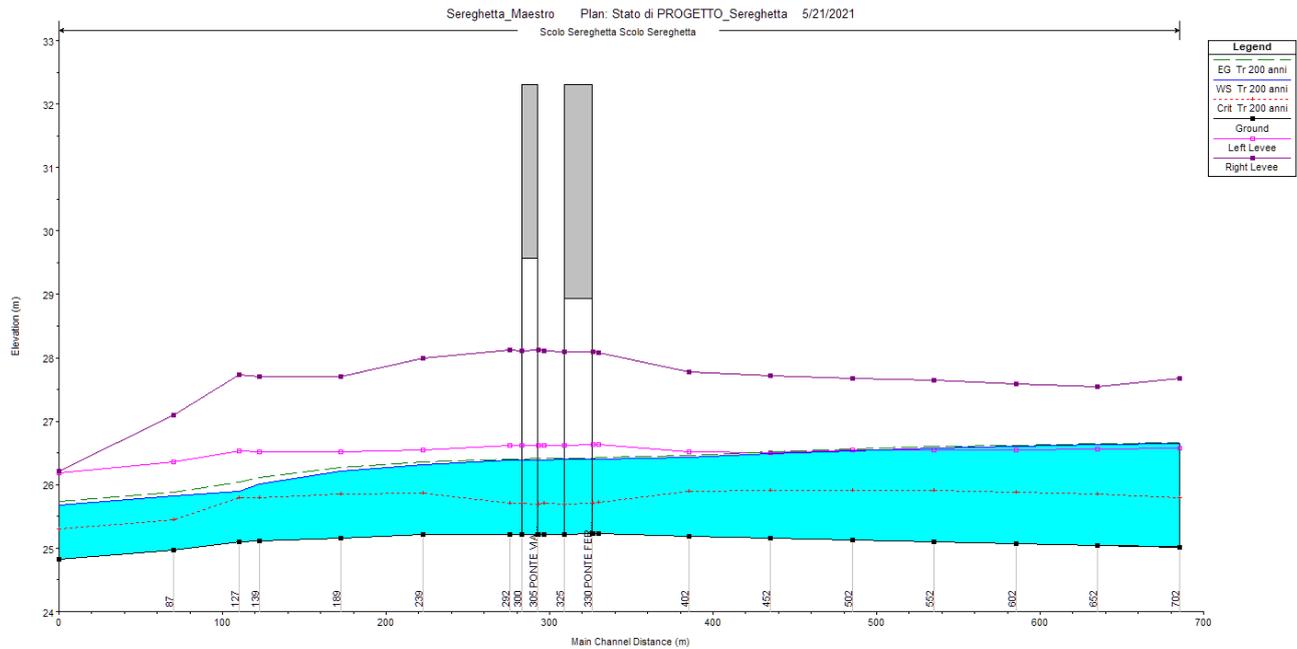


Figura 10-8 Profilo di modellazione dello Scolo Sereghetta, post operam

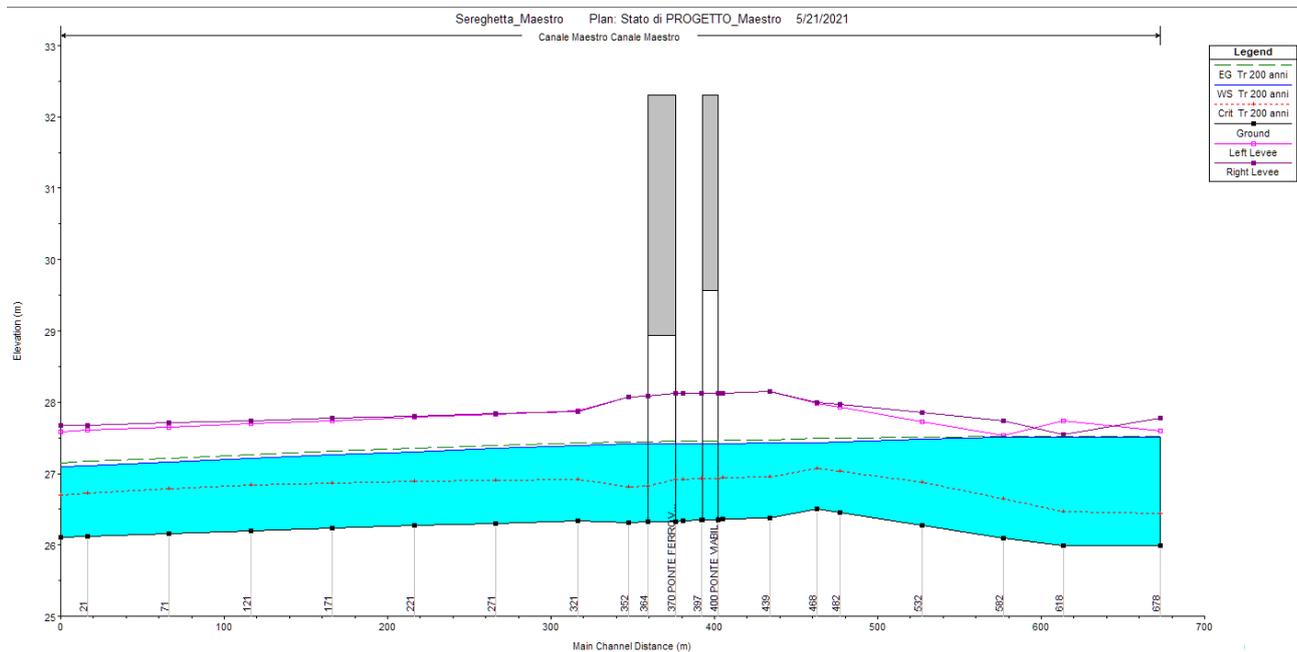


Figura 10-9 Profilo di modellazione dello Scolo Maestro, post operam

Per le simulazioni idrauliche di seguito riportate in condizione post operam, è stata utilizzata la portata riferita al tempo di ritorno pari a 200 anni in accordo con quanto riportato nel manuale di progettazione RFI.

Tale portata, calcolata attraverso analisi idrologica, è pari a 2,79 m³/s riferita allo scolo Sereghetta. Per il Canale Maestro la portata di riferimento è pari a 2,60 m³/s.

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

- $K_s = 40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, per il tratto di sezione rivestito in materassi Reno;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 39 di 67

- $K_s = 70 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, per le parti di sezione rivestite in calcestruzzo,

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.

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.

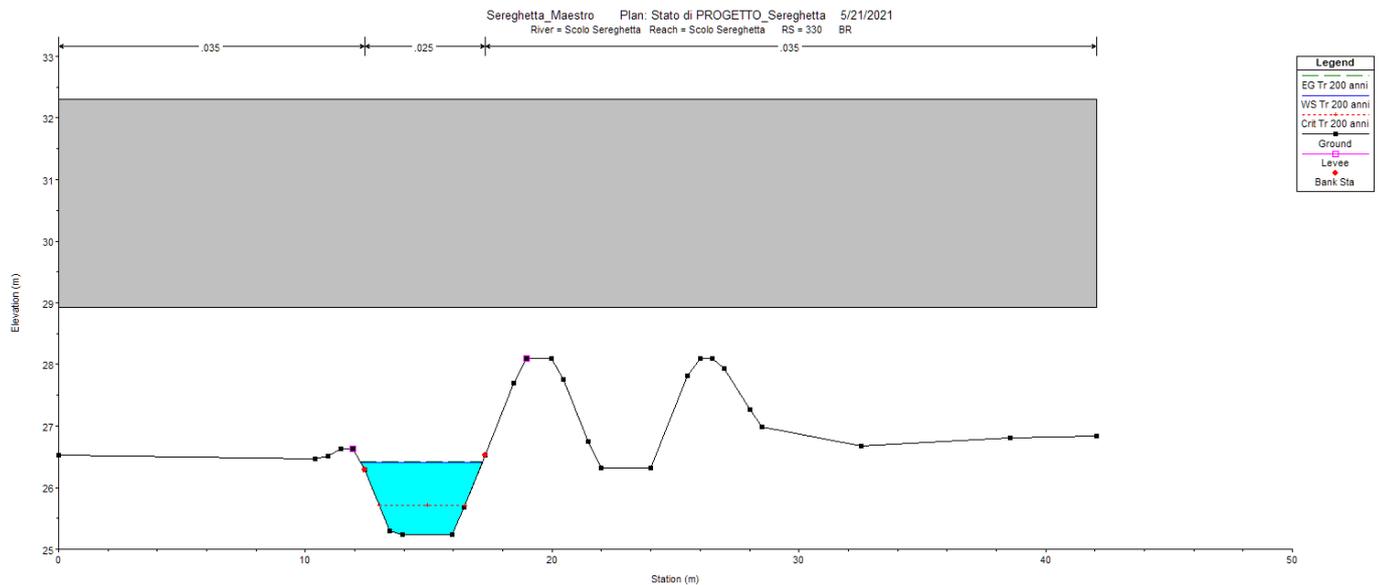


Figura 10-10 Sezione tipo post operam estratta da HEC-RAS per lo scolo Sereghetta in corrispondenza del ponte ferroviario VI03

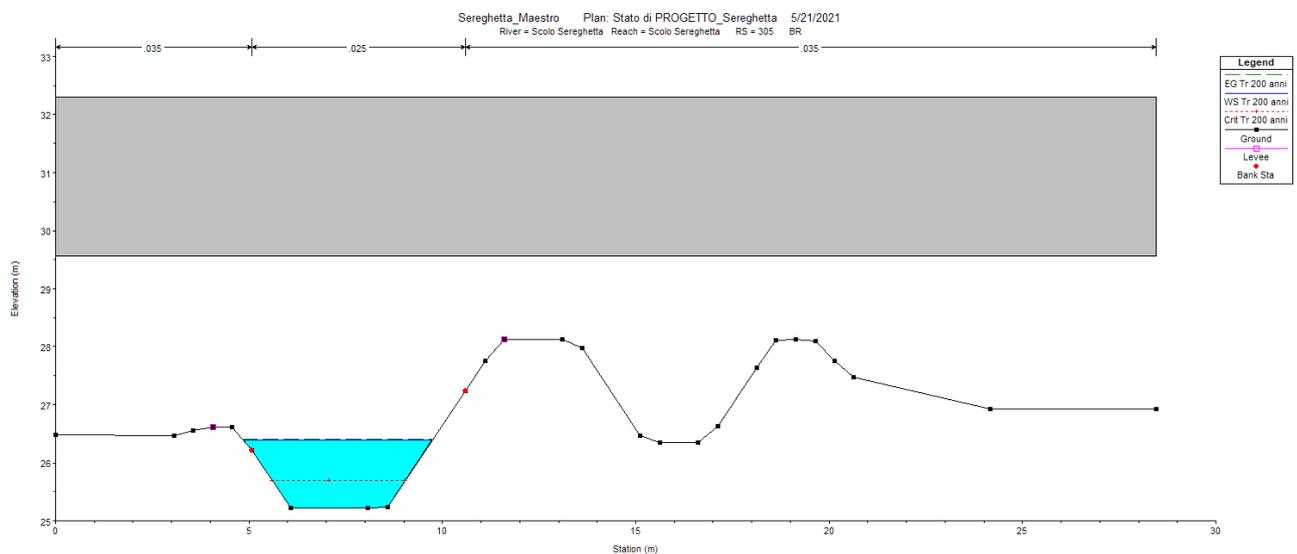


Figura 10-11 Sezione tipo post operam estratta da HEC-RAS per lo scolo Sereghetta in corrispondenza del nuovo ponte per la viabilità di progetto

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 40 di 67

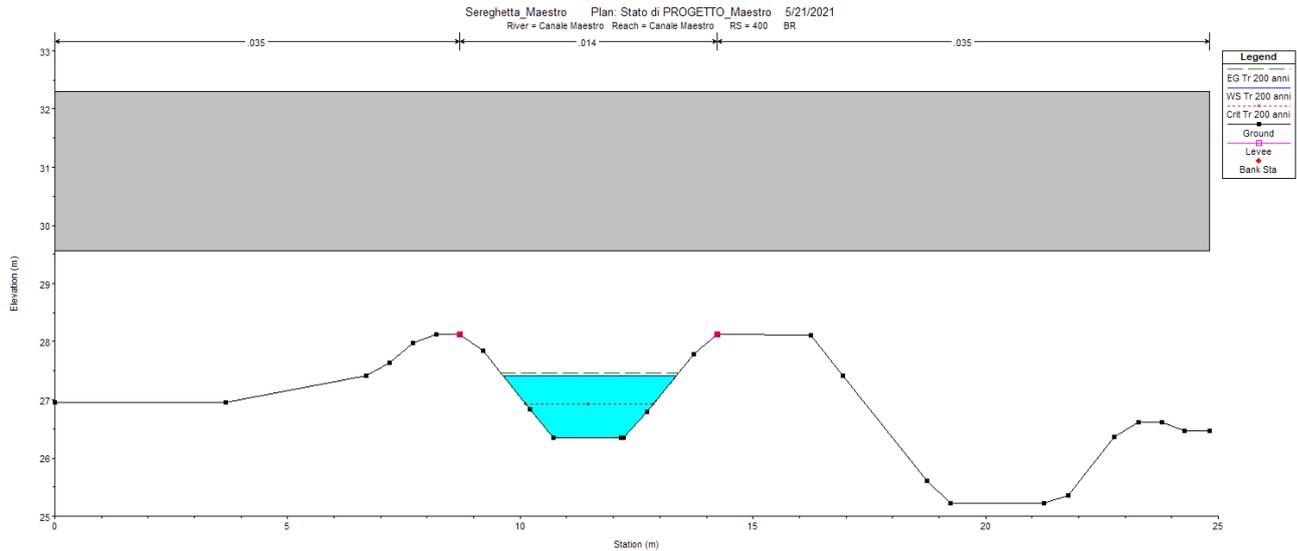


Figura 10-12 Sezione tipo post operam estratta da HEC-RAS per il Canale Maestro in corrispondenza del nuovo ponte per la viabilità di progetto

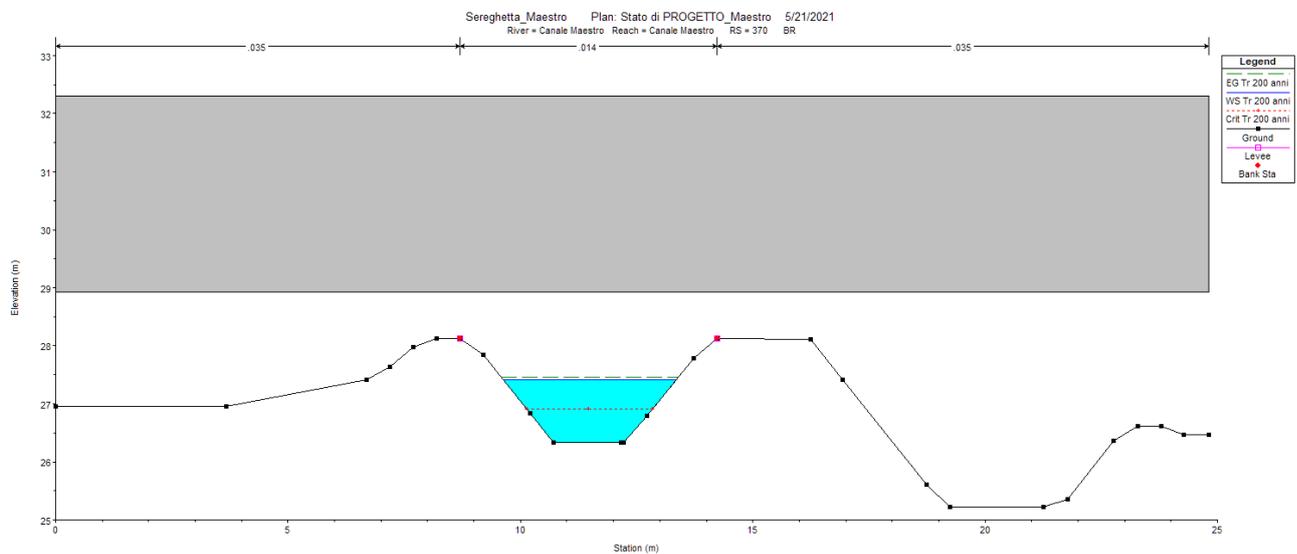


Figura 10-13 Sezione tipo post operam estratta da HEC-RAS per il Canale Maestro in corrispondenza del ponte ferroviario VI03

Dalle immagini precedenti si nota come in fase post operam le sezioni dello Scolo Sereghetta e le sezioni del Canale Maestro oggetto di sistemazione sia in grado di trattenere la portata di progetto pari a $Q = 2,79 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q = 2,60 \text{ m}^3/\text{s}$, con un grado di riempimento pari al 75% per lo scolo Sereghetta e del 56% per il canale Maestro. Il franco di sicurezza rispetto alla quota di sottotrave viene rispettato (max 1,50 m), in quanto per il canale Maestro in corrispondenza del ponte ferroviario il franco è di 1,52 m e in corrispondenza del ponte della viabilità il franco è di 2,15 m.

Si riporta di seguito una tabella riepilogativa in corrispondenza delle sezioni di attraversamento che mette a confronto il livello idrico e la quota di sottotrave.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 41 di 67

OPERE	LIVELLO IDRICO Tr 200 anni (m s.m.m.)	QUOTA SOTTOTRAVE WBS VI03 (m s.m.m.)	FRANCO DI SICUREZZA (m)
Canale Maestro	27,41	28,93	1,52
Scolo Sereghetta	26,40	28,93	2,53

OPERE	LIVELLO IDRICO Tr 200 anni (m s.m.m.)	QUOTA SOTTOTRAVE PONTE VIABILITÀ (m s.m.m.)	FRANCO DI SICUREZZA (m)
Canale Maestro	27,42	29,57	2,15
Scolo Sereghetta	26,39	29,57	3,18

Si riportano di seguito i risultati completi della simulazione.

Tabella 10-3 Risultati di HEC-RAS da simulazione post operam per il Canale Maestro

Reach	River Sta	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
Canale Maestro	678	2.60	25.99	27.51	26.45	27.52	0.000037	0.41	6.37	6.16	0.12
Canale Maestro	618	2.60	25.99	27.51	26.47	27.52	0.000044	0.44	6.00	6.72	0.13
Canale Maestro	582	2.60	26.09	27.50	26.64	27.52	0.000074	0.52	4.99	5.48	0.17
Canale Maestro	532	2.60	26.27	27.49	26.88	27.51	0.000165	0.71	3.67	4.67	0.25
Canale Maestro	482	2.60	26.45	27.45	27.03	27.50	0.000380	0.97	2.68	3.88	0.37
Canale Maestro	468	2.60	26.50	27.43	27.06	27.49	0.000480	1.06	2.45	3.66	0.41
Canale Maestro	439	2.60	26.38	27.43	26.96	27.47	0.000338	0.94	2.76	3.70	0.35
Canale Maestro	410	2.60	26.36	27.42	26.94	27.46	0.000322	0.92	2.81	3.74	0.34
Canale Maestro	407	2.60	26.35	27.42	26.93	27.46	0.000316	0.92	2.83	3.74	0.34
Canale Maestro	400	Bridge									
Canale Maestro	397	2.60	26.35	27.42	26.93	27.46	0.000320	0.92	2.82	3.73	0.34
Canale Maestro	386	2.60	26.34	27.41	26.92	27.46	0.000318	0.92	2.82	3.72	0.34
Canale Maestro	381	2.60	26.33	27.41	26.91	27.45	0.000313	0.92	2.84	3.72	0.33
Canale Maestro	370	Bridge									
Canale Maestro	364	2.60	26.32	27.42	26.82	27.45	0.000183	0.74	3.50	4.30	0.26
Canale Maestro	352	2.60	26.31	27.42	26.81	27.44	0.000180	0.74	3.52	4.31	0.26
Canale Maestro	321	2.60	26.34	27.39	26.92	27.43	0.000666	0.93	2.80	3.77	0.34
Canale Maestro	271	2.60	26.30	27.35	26.91	27.40	0.000745	0.97	2.69	3.73	0.36
Canale Maestro	221	2.60	26.27	27.31	26.90	27.36	0.000822	1.00	2.60	3.68	0.38
Canale Maestro	171	2.60	26.23	27.26	26.87	27.31	0.000896	1.03	2.51	3.63	0.40
Canale Maestro	121	2.60	26.19	27.21	26.83	27.27	0.000960	1.06	2.45	3.57	0.41
Canale Maestro	71	2.60	26.16	27.16	26.79	27.22	0.001003	1.08	2.41	3.51	0.42
Canale Maestro	21	2.60	26.12	27.11	26.72	27.17	0.001007	1.08	2.40	3.44	0.41
Canale Maestro	5	2.60	26.11	27.09	26.70	27.15	0.001000	1.08	2.40	3.42	0.41

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 					
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA		Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 42 di 67

Tabella 10-4 Risultati di HEC-RAS da simulazione post operam per lo scolo Sereghetta

Reach	River Sta	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
Scolo Sereghetta	702	2.79	25.02	26.65	25.79	26.66	0.000263	0.51	8.23	21.82	0.15
Scolo Sereghetta	652	2.79	25.05	26.63	25.85	26.64	0.000319	0.54	7.59	21.84	0.17
Scolo Sereghetta	602	2.79	25.08	26.61	25.88	26.62	0.000406	0.58	6.89	21.78	0.19
Scolo Sereghetta	552	2.79	25.10	26.58	25.91	26.60	0.000525	0.64	6.07	21.76	0.21
Scolo Sereghetta	502	2.79	25.13	26.54	25.92	26.57	0.000787	0.76	4.06	8.93	0.26
Scolo Sereghetta	452	2.79	25.16	26.49	25.92	26.52	0.000991	0.82	3.56	7.25	0.29
Scolo Sereghetta	402	2.79	25.19	26.43	25.90	26.47	0.001259	0.89	3.17	4.87	0.32
Scolo Sereghetta	346	2.79	25.23	26.40	25.72	26.43	0.000402	0.66	4.25	4.86	0.22
Scolo Sereghetta	343	2.79	25.23	26.40	25.71	26.42	0.000383	0.65	4.29	4.91	0.22
Scolo Sereghetta	330	Bridge									
Scolo Sereghetta	325	2.79	25.22	26.40	25.70	26.42	0.000381	0.65	4.29	4.90	0.22
Scolo Sereghetta	313	2.79	25.22	26.39	25.71	26.41	0.000406	0.66	4.23	4.85	0.23
Scolo Sereghetta	309	2.79	25.22	26.39	25.69	26.41	0.000379	0.65	4.28	4.88	0.22
Scolo Sereghetta	305	Bridge									
Scolo Sereghetta	300	2.79	25.22	26.38	25.71	26.41	0.000407	0.66	4.22	4.86	0.23
Scolo Sereghetta	292	2.79	25.22	26.38	25.71	26.40	0.000416	0.66	4.20	4.83	0.23
Scolo Sereghetta	239	2.79	25.21	26.32	25.87	26.36	0.001595	0.94	2.95	4.24	0.36
Scolo Sereghetta	189	2.79	25.16	26.21	25.85	26.27	0.002251	1.08	2.59	3.97	0.43
Scolo Sereghetta	139	2.79	25.11	26.01	25.80	26.11	0.004329	1.38	2.03	3.70	0.58
Scolo Sereghetta	127	2.79	25.10	25.90	25.79	26.04	0.007428	1.67	1.67	3.28	0.75
Scolo Sereghetta	87	2.79	24.97	25.83	25.45	25.88	0.001909	1.01	2.76	4.04	0.39
Scolo Sereghetta	16	2.79	24.82	25.69	25.31	25.74	0.002000	1.04	2.69	3.81	0.39

10.2 Aree di esondazione ante operam e post operam

Lo studio, eseguito dall'ATI, legato alle aree di esondazione ante operam e post operam prevede un'analisi dettagliata a larga scala degli allagamenti causati sia dall'idrografia principale sia dall'idrografia secondaria con tempi di ritorno pari a 100 anni e 300 anni in modo da ottenere risultati più realistici.

Per tale motivo si è scelto di andare a rappresentare gli effetti di esondazione legati all'idrografia principale la quale tiene conto anche dell'idrografia secondaria come nel caso in esame dello Scolo Sereghetta e Canale Maestro.

Le simulazioni prendono in esame le portate della rete idrografica messe a disposizione dall'Autorità di Bacino dell'Adige e sono riferite agli eventi $Tr=100$ anni e $Tr=300$ anni. Il tempo di pioggia è pari a 24 ore e l'andamento della precipitazione nel tempo è lineare crescente.

Le condizioni al contorno per le simulazioni della propagazione della piena sono completate dai dati sull'andamento del livello nei nodi terminali della rete. In questo caso, si sono assegnati:

- in corrispondenza della sezione di confluenza del canale SAVA con l'Adige, un andamento del livello idrometrico variabile da una quota di 20 m s.m., fino ai valori di massima piena forniti dall'Autorità di Bacino dell'Adige, o dedotti per interpolazione, pari a 24.66 m s.m., per l'evento centenario, ed a 24.93 m s.m. per l'evento tricentenario;
- in corrispondenza della sezione di confluenza dell'Alpone con l'Adige ad Albaredo d'Adige, un andamento del livello idrometrico variabile da una quota di 17 m s.m., fino ai valori di massima piena forniti dall'Autorità di Bacino dell'Adige, o dedotti per interpolazione, pari a 21.19 m s.m., per l'evento centenario, ed a 21.57 m s.m. per l'evento tricentenario;
- in corrispondenza della sezione terminale del rio Acquetta, un andamento del livello idrometrico variabile da una quota di 22.5 m s.m., fino ad un valore di piena stimato pari a 24.0 m s.m.;

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 43 di 67

- in corrispondenza delle sezioni terminali di alcuni scoli minori nel bacino del Togna, in sinistra Alpone, valori di livello costanti, corrispondenti a stati idrometrici di piena a franco idraulico ridotto e/o di incipiente esondazione.

Alcune simulazioni preliminari consentono di valutare l'effetto di eventuali variazioni di livello imposte nelle sezioni a valle del reticolo di calcolo sulla propagazione della piena e quindi sui risultati ottenuti con il modello nelle diverse sezioni dei sistemi idrografici indagati. Si tratta di effetti contenuti che si esauriscono sostanzialmente, per le massime portate, nei tratti terminali dei corsi d'acqua considerati.

Per l'area in esame sono stati ricavati i seguenti risultati:

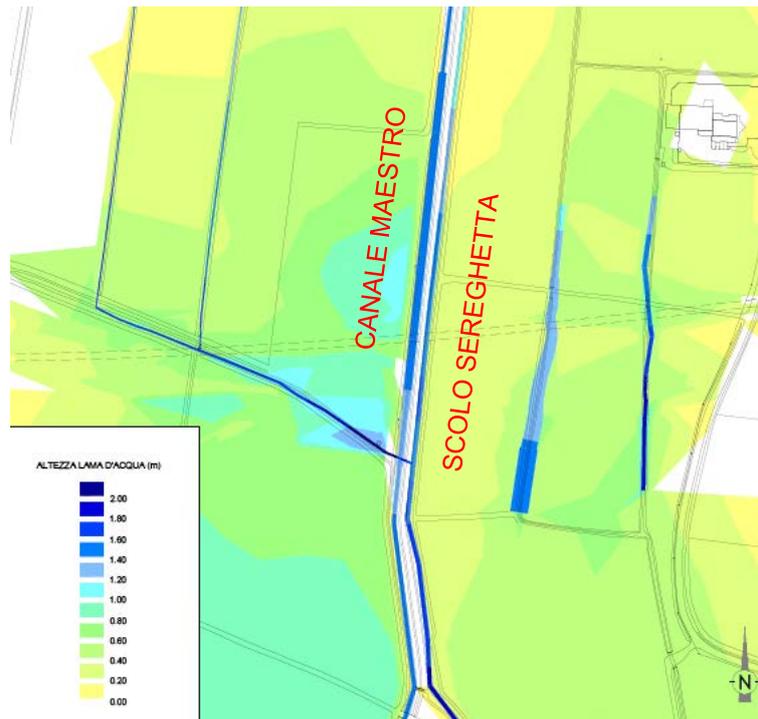


Figura 10-14 Aree di esondazione ante operam, relativa alla zona dello Scolo Sereghetta e Canale Maestro; gli allagamenti sono causati sia dall'idrografia principale sia dall'idrografia secondaria

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 44 di 67

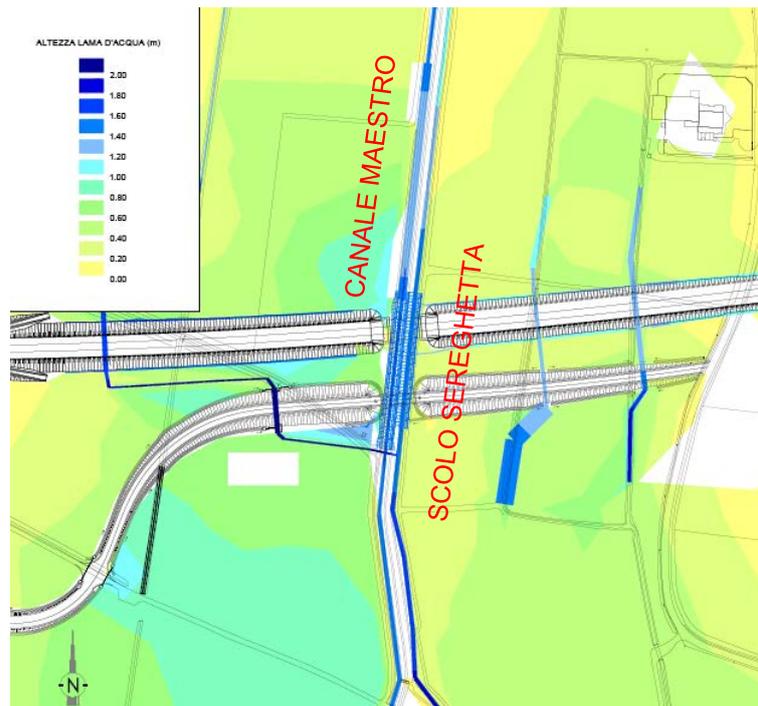


Figura 10-15 Aree di esondazione post operam, relativa alla zona dello Scolo Sereghetta e Canale Maestro; gli allagamenti sono causati sia dall'idrografia principale sia dall'idrografia secondaria

Per maggiori dettagli si rimanda alla relazione specifica IN1710EI2RHID0000003 RELAZIONE IDROLOGICA IDRAULICA - RISULTATI STUDIO CON MODELLO UNI-BIDIMENSIONALE. N MODELLI NIDIFICATI INTERNAMENTE (SOTTOPASSI E STAZIONI ELETTRICHE).

10.3 Verifica del rivestimento 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, per una protezione contro i fenomeni di scavo che si possono verificare in corrispondenza di eventi di piena. Tale intervento è composto da una sistemazione con materassi "Reno" come rivestimento del fondo alveo e delle sponde.

Il rivestimento realizzato con materassi di tipo "reno" svolgerà una funzione di rivestimento antiersivo nei confronti dell'azione delle correnti.

In letteratura sono disponibili varie formule per la stima della stabilità dei materiali di assegnata granulometria sottoposti all'azione di trascinarsi 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.

Seguendo il criterio che si basa sulla definizione dello sforzo tangenziale esercitato dalla corrente sul materiale costituente il letto fluviale, la condizione di stabilità 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:

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

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 45 di 67

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.

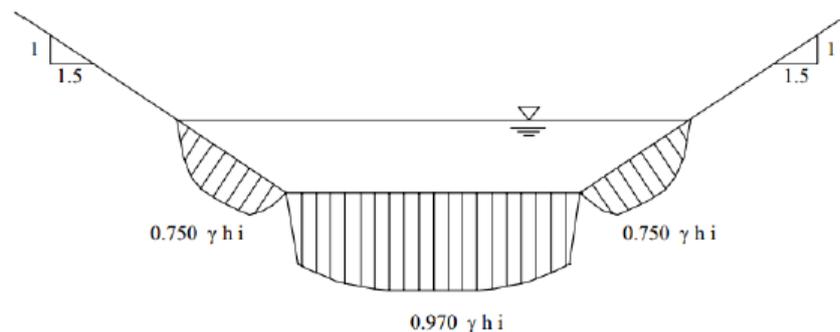


Figura 10-16 Andamento tensioni tangenziali

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, 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]

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 46 di 67

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 river station nr. 313 del modello HEC RAS post operam per lo scolo Sereghetta:

Verifica protezione al fondo		
γ_s	25000	N/m ³
γ_w	9810	N/m ³
R_H	0,74	m
i	0,001	m/m
V	0,66	m/s
θ	0,116	-
d	0,1	m

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 47 di 67

τ_0	7,23	N/m ²
τ_{cr}	176,20	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 0,1 m è appropriato per il fondo.

Verifica protezione di sponda		
γ_s	25000	N/m ³
γ_w	9810	N/m ³
R_H	0,74	m
i	0,001	m/m
V	0,66	m/s
θ	0,116	-
α	45	grad
φ	47	grad
d	0,1	m
τ_0	5,42	N/m ²
τ_{cr}	45,00	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 0,1 m è appropriato per la sponda.

10.4 Verifica tubazione di drenaggio

In fase di realizzazione dello scolo Sereghetta dovranno essere deviate e convogliate tramite una condotta di drenaggio le possibili acque presenti nello scolo e stimate pari a 0,03 m³/s (portate di cantierizzazione relazione IN1710EI2RHID0000002). La condotta realizzata in materiale plastico (PVC SN8) avrà un diametro nominale pari a DN500, una pendenza pari 0,1% e una lunghezza massima pari a 90 m.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 48 di 67

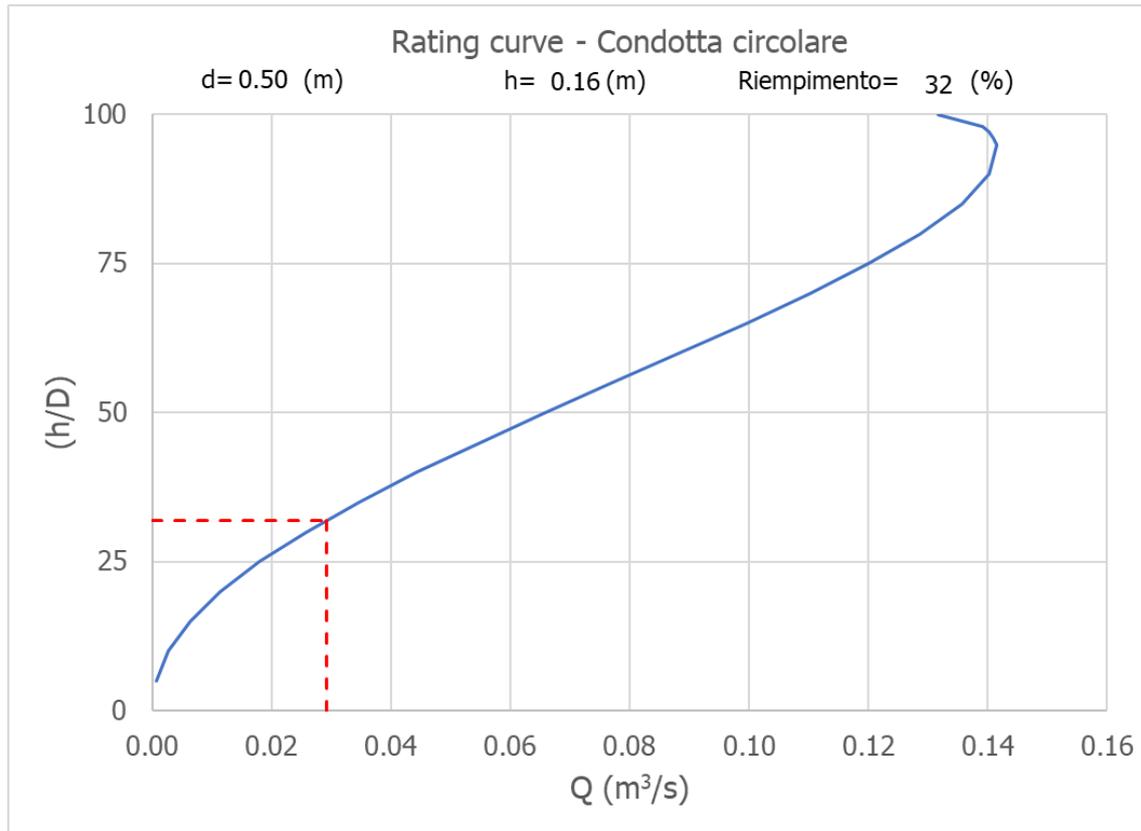


Figura 10-17 Rating curve della tubazione di drenaggio con indicazione del valore max di portata transitabile

0,03 m³/s corrisponde a un grado di riempimento del 32%, minore del 75% (ritenuto il valore massimo accettabile) e quindi la tubazione risulta verificata.

GENERAL CONTRACTOR 	ALTA SORVEGLIANZA 				
RELAZIONE IDROLOGICA E IDRAULICA	Progetto IN17	Lotto 12	Codifica Documento EI2 RH VI0308 001	Rev. A	Foglio 49 di 67

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;
- Raccolta ed analisi preliminare dei dati pluviometrici;
- Analisi statistica delle piogge intense e determinazione delle curve di probabilità pluviometriche rappresentative;
- Analisi geomorfologica del bacino del corso d'acqua, oggetto della presente relazione, attraverso anche l'acquisizione di nuovi dati topografici;
- 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.

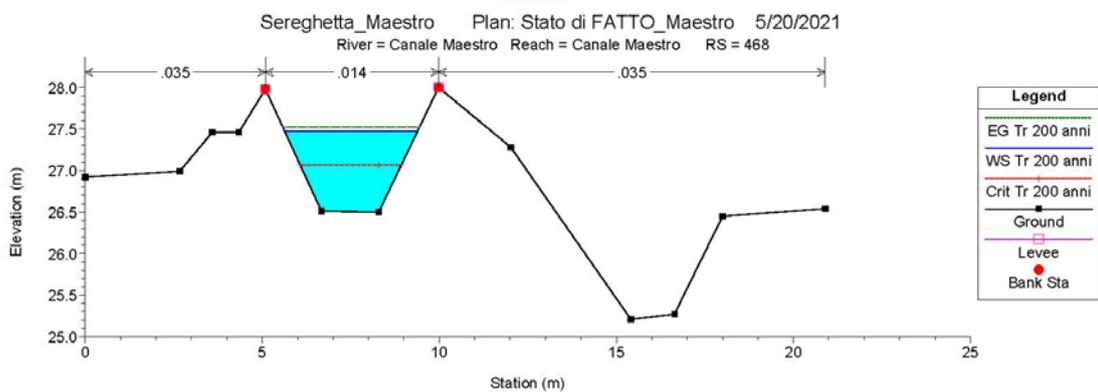
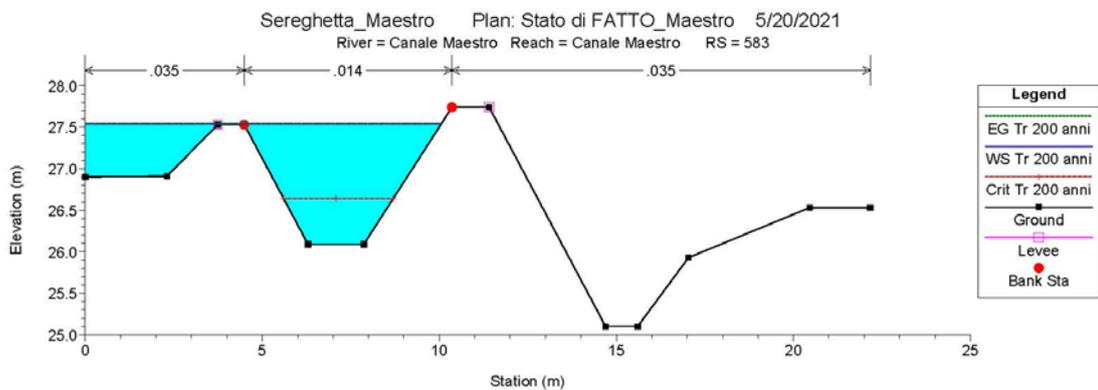
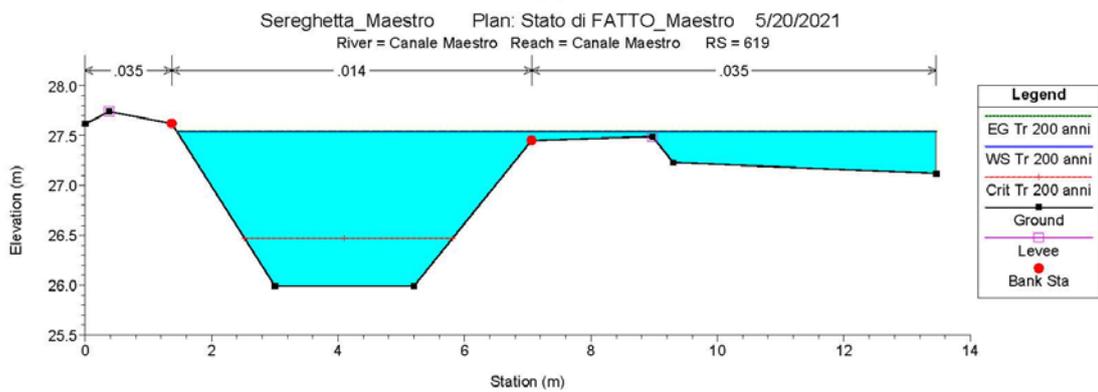
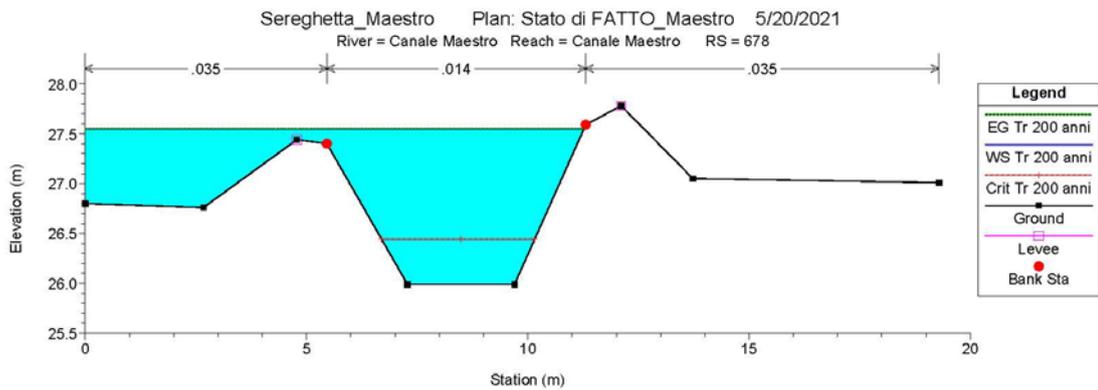
La soluzione proposta permette di risolvere l'interferenza con il rilevato della linea AV/AC. La portata di progetto esecutivo, calcolata attraverso analisi idrologica e descritta nei paragrafi precedenti e pari a 2,79 m³/s, porta lo Scolo Sereghetta ad una condizione critica con allagamenti nelle sezioni di monte e annullamento del franco idraulico in corrispondenza dell'attraversamento del viadotto VI03 nella configurazione ante operam. La sistemazione di progetto permette di contenere la portata di progetto dello Scolo Sereghetta con le relative sezioni in grado di trattenere la portata di progetto pari a $Q = 2,79 \text{ m}^3/\text{s}$ con un grado di riempimento pari al 75%.

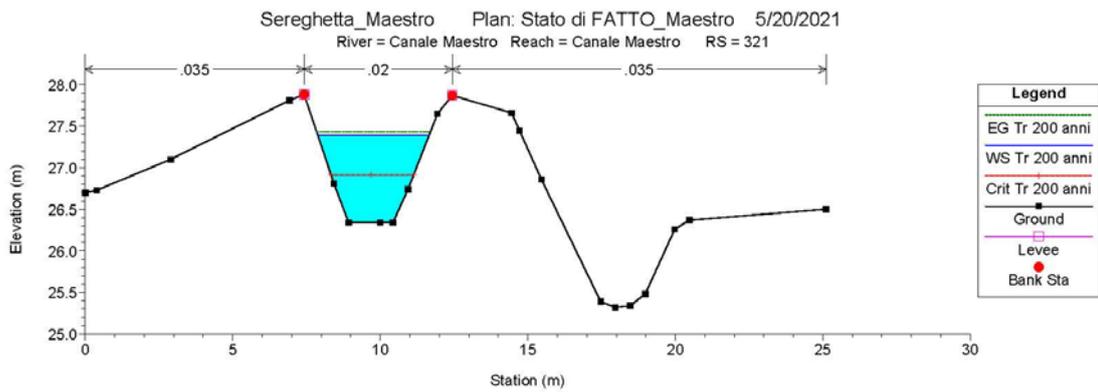
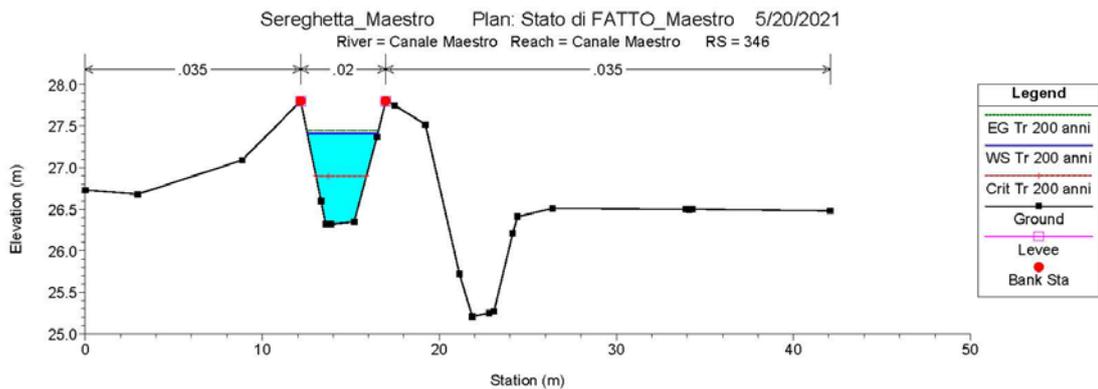
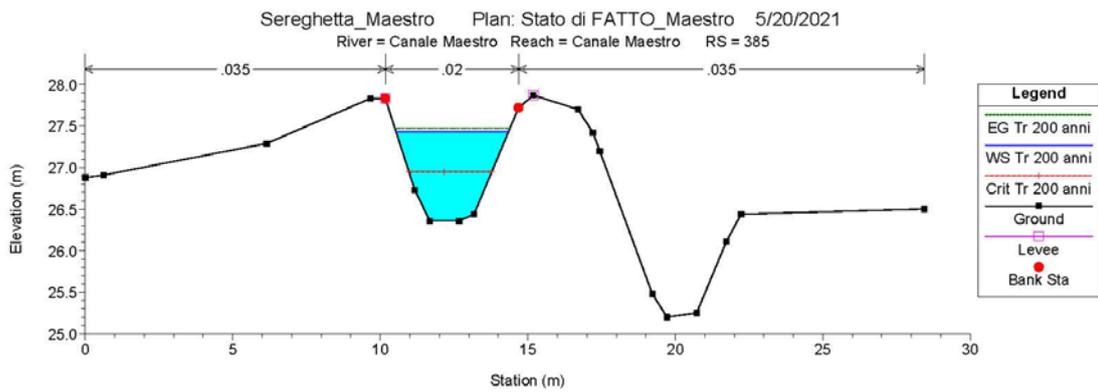
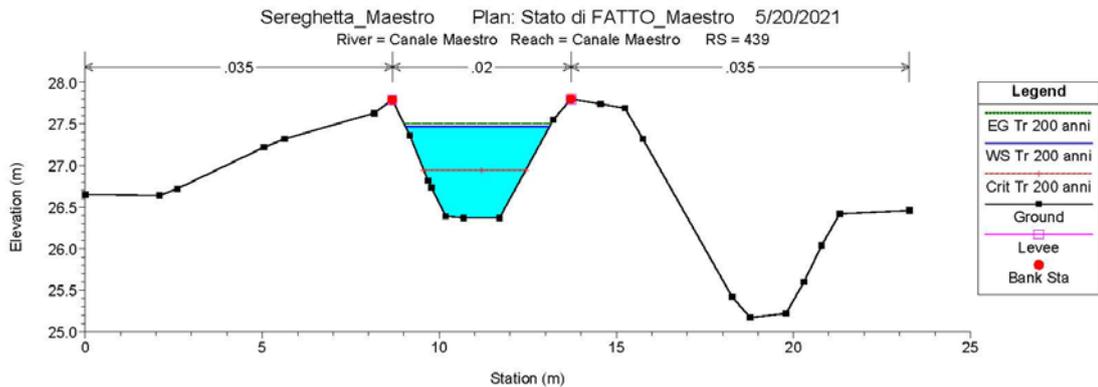
Il Canale Maestro (Dugale) è prettamente irriguo con portata pari a 2,60 m³/s e le relative sezioni risultano verificate sia nella condizione ante operam sia nella condizione post operam. La quota di sottotrave, in corrispondenza del viadotto VI03 risulta verificata con un franco di sicurezza superiore a 1,50 m.

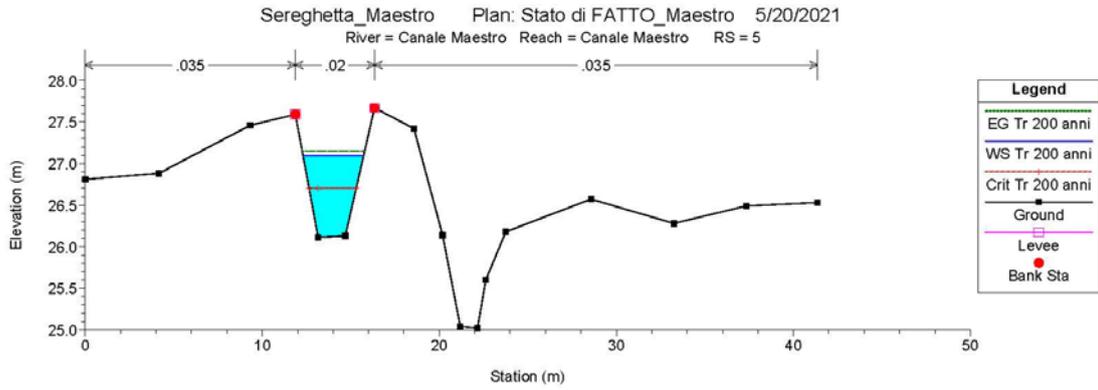
ALLEGATI

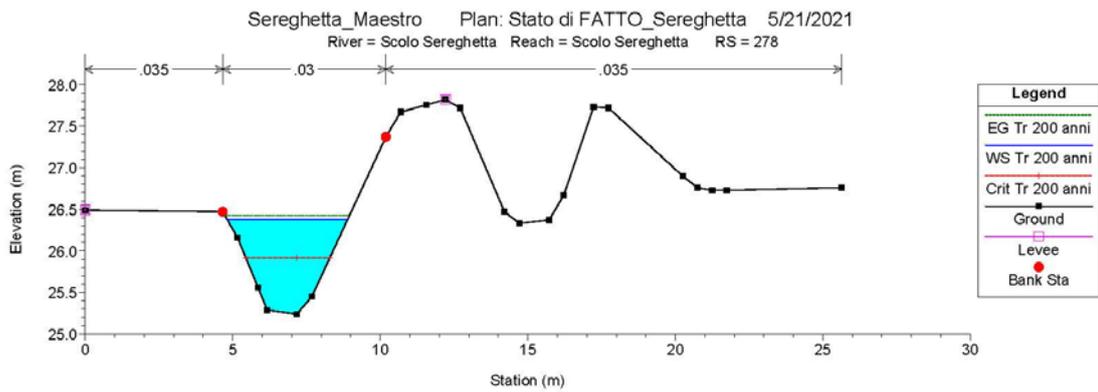
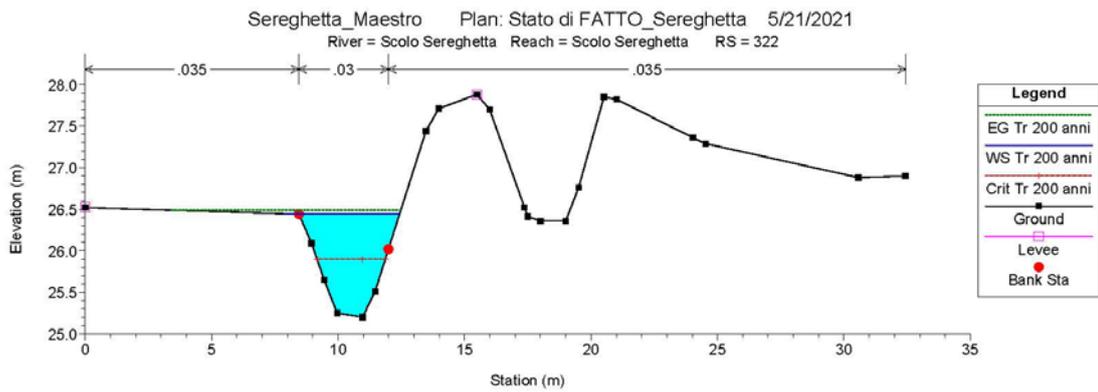
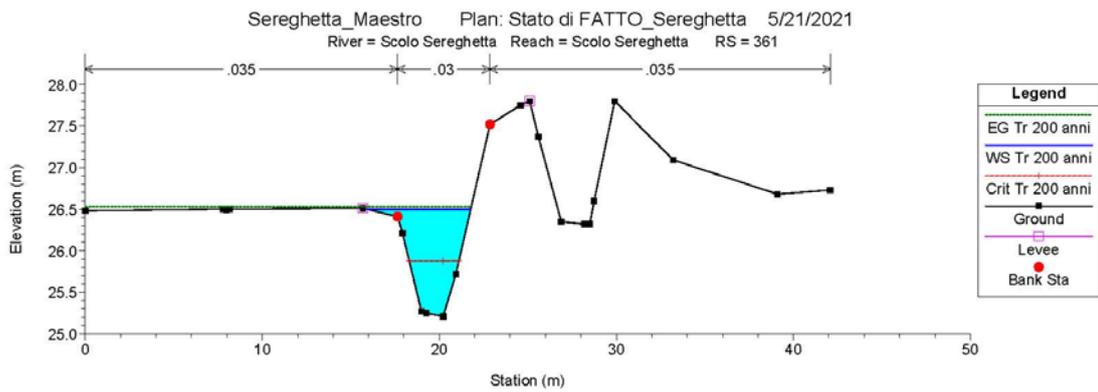
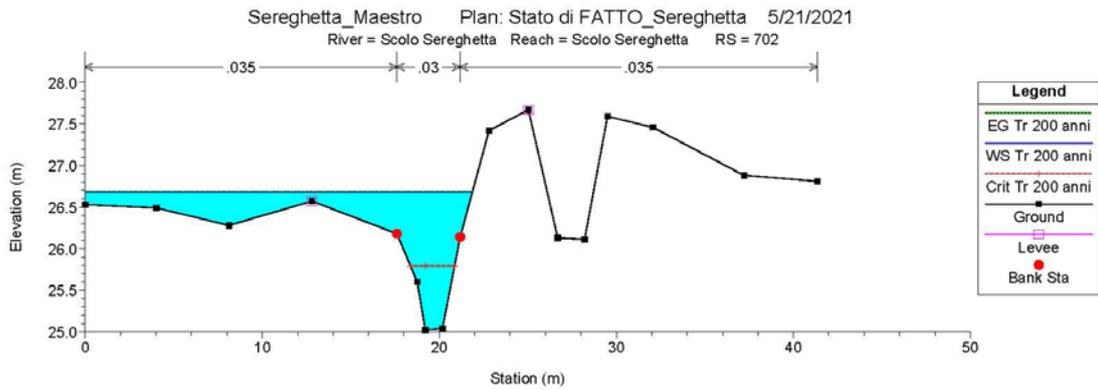
Risultati simulazioni

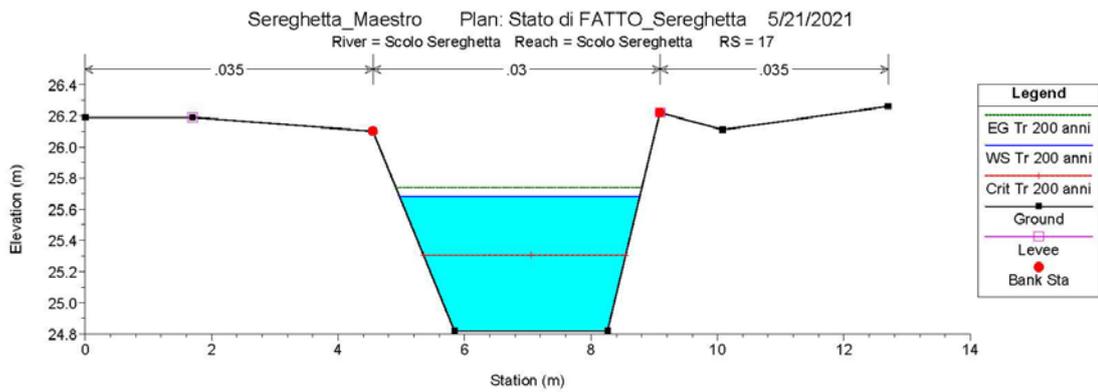
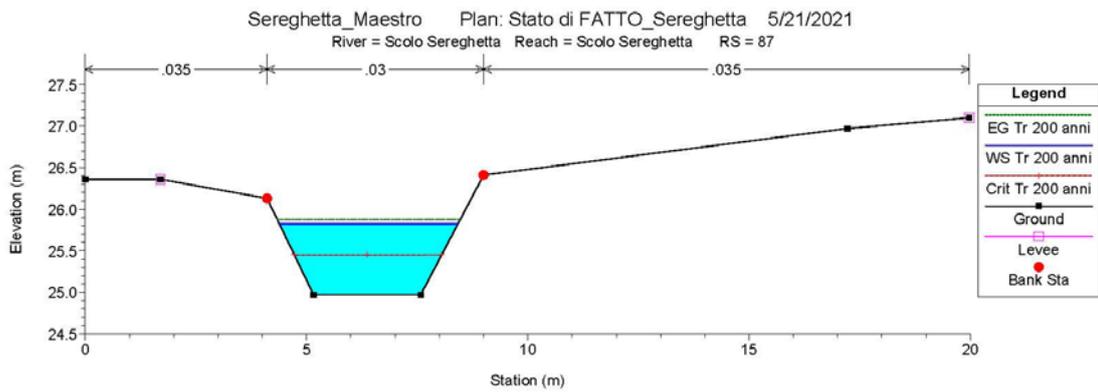
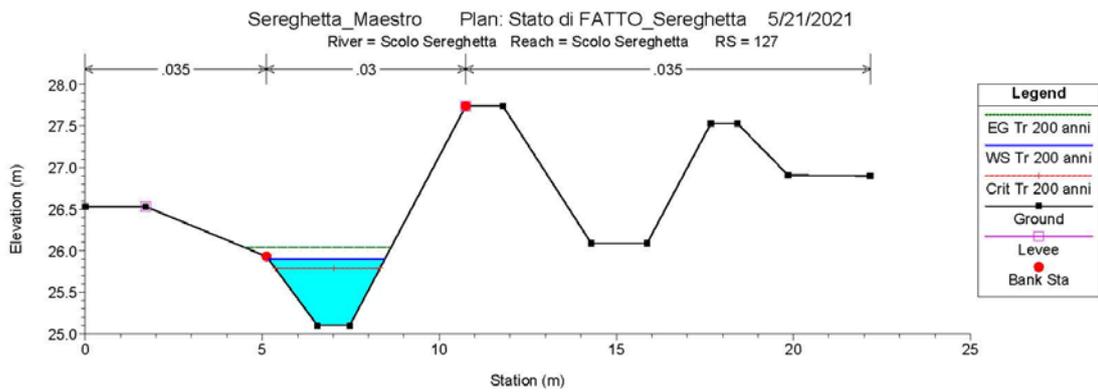
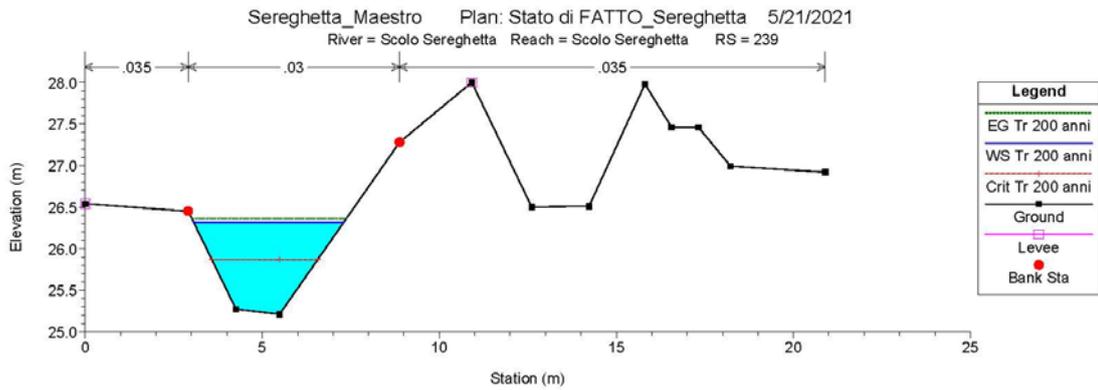
Risultati ante operam













Risultati post operam

