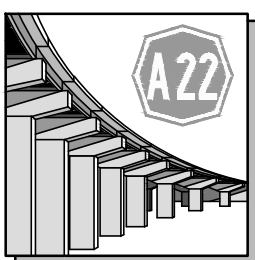



IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
dott. ing. Roberto Bosetti

autostrada del brennero

PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE
DELLA TERZA CORSIA NEL TRATTO COMPRESO
TRA VERONA NORD (KM 223) E L'INTERSEZIONE
CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

E.1	STUDI SPECIALISTICI - STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA
A.4.1.	CANALE FISSERO - TARTARO Relazione di compatibilità idraulica

0	MAR. 2021	EMISSIONE	EOS	G. VOGEL	C. COSTA
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: LUGLIO 2009			DIREZIONE TECNICA GENERALE		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA: 
NUMERO PROGETTO: 31/09					


SOCIETA' PER AZIONI AUTOSTRADA DEL BRENNERO - TRENTO

autostrada del brennero

REALIZZAZIONE DELLA TERZA CORSIA NEL
TRATTO COMPRESO TRA VERONA NORD (KM 223)
E L'INTERSEZIONE CON L'AUTOSTRADA A1 (KM 314)

RECEPIMENTO PRESCRIZIONI DECRETO DI COMPATIBILITA' AMBIENTALE

A	STUDIO PER LA COMPATIBILITÀ IDRAULICA
A.4.1	Canale Fissero-Tartaro Relazione di compatibilità idraulica

0	giugno '12	EMISSIONE	EOS	G. Vogel	C. Costa
REVISIONE:	DATA:	DESCRIZIONE:	REDAZIONE:	VERIFICA:	APPROVAZIONE:
DATA PROGETTO: FEBBRAIO 2012		 EOS Studio di ingegneria <small>EOS - Studio di Ingegneria C.so Garibaldi 79, Villafranca di Verona (VR) mail: eos.ingegneria@gmail.com</small>	IL TECNICO:		IL DIRETTORE TECNICO GENERALE E PROGETTISTA:
NUMERO PROGETTO: 16/12					 ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROV. DI BOLZANO Dot. Ing. CARLO COSTA Nr. 891 INGENIEURKAMMER DER PROVINZ BOZEN

Indice

Indice	1
Indice delle Figure	2
Indice delle Tabelle	3
Premessa	4
1 Inquadramento generale	6
1.1 Caratteristiche generali dell'Idrovia Mantova - Venezia.....	6
1.2 Analisi storico-idraulica del Bacino dell'Idrovia Mantova Venezia	7
1.3 Riferimenti normativi.....	9
2 Descrizione del progetto	12
2.1 Interventi sulle opere d'arte: Ponte sul Fissero – Tartaro - Canalbianco.....	14
2.2 Ponte sul Fiume Fissero – Tartaro – Canalbianco: stato di progetto.....	15
2.3 Lavori riguardanti le pile in alveo.....	17
3 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale	17
4 Analisi Idrologica	20
4.1 Analisi delle precipitazioni	20
4.1.1 Sezioni di chiusura	23
4.1.2 Definizione del tempo di ritorno di progetto	23
4.1.3 Portate di piena	23
4.1.4 Valutazione del rischio e del pericolo idraulico	25
5 Analisi idraulica	27
5.1 Assetto geometrico dell'alveo	27
5.2 Caratteristiche morfologiche dell'alveo.....	27
5.3 Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo.....	28
5.4 Opere di difesa idraulica	28
5.5 Manufatti interferenti.....	29
5.6 Modalità di deflusso in piena.....	31
5.6.1 Schema di calcolo e modello idraulico	32
5.6.2 Condizioni al contorno	37

5.6.3	Taratura del modello	37
5.6.4	Condizioni fisiche di riferimento	37
6	Verifica di compatibilità idraulica ed effetti degli interventi in progetto	38
6.1	Profilo di inviluppo di piena.....	38
6.1.1	Stato di fatto	38
6.1.2	Stato di progetto	41
6.2	Erosioni localizzate in corrispondenza delle pile in alveo	43
6.2.1	Formula di Holmes	43
7	Conclusioni	46
8	Allegati	47

Indice delle Figure

Figura 1 – Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento	13
Figura 2 - Planimetria del nuovo ponte in progetto.....	15
Figura 3 - Sezione trasversale del nuovo ponte autostradale.....	16
Figura 4 – Sezione trasversale tipo durante la costruzione del ponte.....	17
Figura 5 - Schema del Canalbianco e dei corsi d'acqua che si immettono in esso (fonte PAI F.T.C.).....	23
Figura 6 - Estratto della mappa della pericolosità idraulica (fonte: PAI F.T.C.).....	26
Figura 7 - Estratto della mappa del rischio idraulico (fonte: PAI F.T.C.).....	26
Figura 8 - Sezione tipo canale navigabile Fissero Tartaro Canalbianco.....	28
Figura 9 - Localizzazione conca di San Leone (fonte: Bing Maps)	30
Figura 10 - Conca di Trevenzuolo	31
Figura 11 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di stato di fatto)	39
Figura 12 - Planimetria del tratto di Canale Fissero – Tartaro – Canalbianco modellato	39
Figura 13 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di fatto.....	40
Figura 14 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di fatto.....	40
Figura 15 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di stato di progetto).....	41
Figura 16 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di progetto.....	42

Figura 17 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di progetto 42
Figura 18 - Diagramma del coefficiente f_3 45

Indice delle Tabelle

Tabella 1 – Fonte: *Risoluzione n.92/2 sulla nuova classificazione delle vie navigabili [CEMT/CM(92)6/FINAL], Conferenza Europea dei Ministri del Trasporto* 6
Tabella 2 - Livelli di pericolosità idraulica (fonte PAI F.T.C.) 10
Tabella 3 - Classificazione delle vulnerabilità (fonte: PAI F.T.C.) 11
Tabella 4 - Valutazione dei livelli di rischio idrogeologico (fonte PAI F.T.C.)..... 12
Tabella 5 – Fonte: *P.T.U.A. Regione Lombardia - Stazioni termometriche utilizzate nel bacino del Mincio*..... 19
Tabella 6 – Fonte: *P.T.U.A. Regione Lombardia - Temperature medie mensili misurate nelle stazioni termometriche del bacino del Mincio* 19
Tabella 7 - Coefficienti a ed u delle rette regolarizzatrici secondo Gumbel (Fonte: PAI F.T.C.) 21
Tabella 8 - Coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica ragguagliate a febbraio (Fonte: PAI F.T.C.)..... 22
Tabella 9 - Portate con diversi tempi di ritorno per i principali affluenti del Canalbianco.... 24
Tabella 10 - Valori utilizzati nel calcolo dello scavo - Formula di Holmes 45

Premessa

Il progetto di realizzazione della terza corsia dell'Autostrada Brennero – Modena (A22) prevede l'allargamento delle carreggiate autostradali nord e sud. Di conseguenza, tutte le opere d'arte che si trovano nella tratta interessata dal progetto di terza corsia devono essere allargate

La presente relazione di Valutazione di Compatibilità Idraulica riguarda i lavori per la demolizione e la ricostruzione del ponte autostradale sul canale navigabile “Fissero-Tartaro-Canalbianco” (opera n°352 alla progr. km 261+950).

Il ponte, progettato per sostenere i carichi mobili ai sensi della Circolare n°384 del 14 febbraio 1962, non rispetta quanto prescritto dal vigente D.M. 14.01.2008 e per tale motivo si è dovuto optare per la demolizione parziale e successiva ricostruzione dell’opera. Il nuovo ponte, progettato nel rispetto dei più moderni criteri in materia di tecnica costruttiva e tecnologia dei materiali, avrà una capacità portante in linea con il citato D.M. 14.01.2008 per quanto attiene i ponti di prima categoria.

Facendo seguito alla procedura di VIA è stato emanato il Decreto Interministeriale 401 del 18/07/2011 da parte del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare di concerto con il Ministero per i Beni e le Attività Culturali. Tale decreto contiene la seguente prescrizione: *"prima dell'avvio dei lavori, il proponente dovrà predisporre uno studio di compatibilità, da sottoporre all'Autorità competente, per l'espressione di parere rispetto la pianificazione di bacino, che documenti, in conformità alla nota prot. 4635(33) del 20/07/2010 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po e secondo l'art. 38 delle NA del PAI adottato con Del.Com.Istit. 18 del 26/04/2001, come le opere non modificano i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale, che non costituiscano significativo ostacolo al deflusso e non limitino in modo significativo la capacità d'invaso, e che non concorrano ad incrementare il carico insediativo"*.

Con parere del Ministero per i Beni e le Attività Culturali prot. 13552 del 21/04/2011 si cita la nota prot. 501540 del 23/09/2010 con cui l'Autorità di Bacino del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco esprime parere positivo con le seguenti prescrizioni: *"al fine di non determinare condizioni di pericolosità idraulica nelle aree interessate le opere e le attività previste dovranno essere tali da mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica e non ostacolare il normale deflusso delle acque. Inoltre non dovranno dar luogo a condizioni di pericolo a valle e a monte delle aree direttamente interessate"*.

La presente relazione di Valutazione di Compatibilità Idraulica è stata affidata allo scrivente studio “EOS – Studio d’Ingegneria” con lo scopo di predisporre uno studio che documenti

come le opere in progetto non modifichino i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale.

Competenze per l'emissione del parere

L'Idrovia Fissero – Tartaro – Canalbianco – Po di Levante è amministrativamente di competenza dell'Autorità di Bacino del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco ed è territorialmente compresa all'interno delle regioni Lombardia e Veneto (province di Mantova, Verona e Rovigo più un comune della provincia di Venezia).

L'Autorità di Bacino del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco si è formalmente costituita dal mese di febbraio del 1998.

Secondo lo schema di accordo con la Regione Veneto, divenuto legge tramite Deliberazione della Giunta della Regione Lombardia n. VIII/001736 del 18 gennaio 2006, il tratto lombardo della Via Navigabile Mantova - Venezia è in gestione al competente ufficio della Regione Lombardia. All'interno dell'Allegato alla D.G.R. 1736/2006 si citano le infrastrutture viarie di competenza della Regione Lombardia:

- Conca di Valdaro in Comune di Mantova, attualmente in fase di realizzazione, che metterà in comunicazione la via navigabile con il fiume Mincio in località Valdaro di Mantova;
- Conca di San Leone in comune di Roncoferraro (MN) che mette in comunicazione la via navigabile con il fiume Mincio poco a monte della confluenza con il fiume Po.

La gestione e la manutenzione ordinaria della via navigabile è curata dalla Regione Veneto e dalla Regione Lombardia le quali hanno facoltà di delegare questi compiti ad Enti direttamente dipendenti oppure ad altre strutture appositamente individuate. In particolare la Regione Lombardia ha firmato un accordo con l'Agenzia Interregionale per il Fiume Po (AIPO) che stabilisce la delega in materia di gestione idraulica di tutto il tratto di competenza lombardo, definito dall'art. 4.2 dell'Allegato alla D.G.R. 1736/2006:

"4.2 La Regione Lombardia garantirà la gestione e la manutenzione della via navigabile dall'incile della stessa in località Valdaro di Mantova fino alla conca di Trevenzuolo esclusa".

1 Inquadramento generale

1.1 Caratteristiche generali dell'Idrovia Mantova - Venezia

Il canale navigabile Mantova - Venezia (Fissero - Tartaro - Canalbianco) presenta le seguenti principali caratteristiche tecniche:

- Si sviluppa a partire da Mantova Valdaro per una lunghezza complessiva pari a circa 135 km (di cui circa 35 km in territorio lombardo) fino al mare, con un percorso sostanzialmente parallelo al fiume Po attraverso le province di Mantova, Verona e Rovigo;
- È suddiviso in sei tronchi da cinque sostegni con conca (di cui uno in territorio lombardo), che regolano i livelli in funzione delle portate da smaltire;
- Lo sbocco a mare può avvenire secondo tre diverse direttrici: attraverso la conca di Volta Grimana ed il Ramo principale del fiume Po, a Porto Levante attraverso il Po di levante e a Chioggia attraverso il Po di Brondolo;
- Il canale nel suo complesso è percorribile da imbarcazioni aventi le caratteristiche minime della Va Classe della classificazione C.E.M.T. (Conferenza Europea dei Ministri dei Trasporti) così come adottata nella risoluzione n. 92/2 nella riunione di Atene dell'11 e 12 giugno 1992 [CEMT/CM(92)6/FINAL].

Si riporta in Tabella 1 la classificazione delle vie navigabili con le caratteristiche principali delle stesse.

Classi	Vascelli e chiatte					Convogli a spinta			
	Tipo di Nave	Lung	Raggio	Pescaggio	Ton	Lung	Raggio	Pescaggio	Ton
I-II-III	Chiatta	38.5	5.05	1.80-2.20	250-650	118.132	8.2-9.0	1.60-2.00	1000-1200
IV	Vascello	80-85	9.5	2.50	1000-1500	85	9.5	2.50-2.80	1250-1450
Va	Vascello	95-110	11.4	2.50-2.80	1500-3000	95-110	11.4	2.50-4.50	1600-3000
Vb	Vascello	95-110	11.4	2.50-2.80	1500-3000	172-185	11.4	2.50-4.50	3200-6000
V	Fluviomar.	76.5	10.9	2.50	2060				

Tabella 1 – Fonte: Risoluzione n.92/2 sulla nuova classificazione delle vie navigabili [CEMT/CM(92)6/FINAL], Conferenza Europea dei Ministri del Trasporto

Le imbarcazioni della Va Classe C.E.M.T. necessitano di un “tirante d'aria” minimo di 5.25 m e di un pescaggio minimo di 2.5 m.

1.2 Analisi storico-idraulica del Bacino dell'Idrovia Mantova Venezia

Il territorio compreso fra Adige e Po, dal mare fino al confine tra Mantova e Verona, comprende nella sua parte occidentale il bacino scolante del Tartaro – Canalbianco. Prima delle recenti sistemazioni le acque avevano recapito a Canda e defluivano in condizioni normali nel Po per la Fossa ed il sostegno di Polesella; nel Canalbianco inferiore a valle del sostegno di Bosaro durante le piene di Po.

Le rotte di Castagnaro e Malopera, aperte nel 1432 e nel 1438 in destra Adige, avevano reso il Canalbianco un diversivo di questo, pregiudicando, a lungo andare, le condizioni della zona scolante ed aggravando la sinistra idrografica del bacino del Tartaro, corrispondente al territorio delle Valli Grandi Veronesi, rimaste fino al secolo scorso una estesa palude. La zona scolante in destra del Canalbianco è stata oggetto di ulteriori interventi che hanno provocato un ulteriore peggioramento delle condizioni delle Valli Grandi Veronesi. Altre zone scolavano in Po per le chiaviche di Sustinente, della Mantovana, di Serravalle, di Ostiglia. L'abbassamento dei livelli del Po ha portato indubbi benefici sul territorio delle zone limitrofe a tali manufatti, nonché nelle zone di valle, corrispondenti al Polesine.

Col tempo tali benefici andarono riducendosi, tanto che nel 1791 fu necessario edificare un sostegno a Bosaro per divergere nel Canalbianco inferiore le acque del Castagnaro. Il sostegno, in base a regole di manovre in vigore dal 1796, rimaneva chiuso finché in Po non si verificassero livelli pari o superiori a circa 6.0 m s.l.m. L'opera non risultò sufficiente a permettere lo scolo del Polesine nel Canalbianco a causa della morfologia del territorio e degli elevati livelli generati dalle piene. Pertanto furono necessarie ulteriori opere di sistemazione e bonifica delle terre del Polesine, che ne hanno prodotto l'attuale idrografia.

Verso la metà del diciannovesimo secolo furono attuati molti interventi sui territori delle Valli Grandi Veronesi e dell'Ostigliese, che permisero la bonifica naturale delle Valli Grandi tramite la chiusura del Castagnaro e la bonifica meccanica del Polesano.

I lavori di bonifica delle Valli Grandi si protrassero dal 1957 al 1881 su progetto degli ingg. Toniolo e Zucchelli, modificati poi dall'Ing. Zanella. Anche nella zona del Polesine furono eseguiti dei lavori di bonifica meccanica nello stesso periodo.

Dopo la rotta dell'Adige del settembre 1882, che rimane a tutt'oggi una delle alluvioni più disastrose che hanno coinvolto l'arco alpino orientale, il Ministero dei Lavori Pubblici elesse una commissione composta dai Professori Turazza e Bucchia e dagli Ispettori del Genio Civile Cavalletto, Bompiani, Lanciani, Rappacioli, Manara e Spadon, la quale, con relazione 8 luglio 1883, fu del parere "*che si potesse costruire un collettore a destra del Canalbianco servente pei Padani e pei Polesani a valle di Fossa Polesella ed altro collettore pei Polesani alla sinistra di Canalbianco, lasciando il Canalbianco ad uso esclusivo delle Valli Veronesi*" (A. Averone - Sistemazione idraulica del territorio in sinistra Po da Cremona al mare collegata alla regolazione del Lago di Garda - Ostiglia 1915).

Dopo alcuni decenni di interruzione l'attenzione su queste zone portò alla formazione, nel 1938 del Piano di Sistemazione Generale Adige, Garda, Mincio, Tartaro, Canalbianco, Po di Levante che consegnò al territorio la configurazione attualmente esistente ottenendo una soluzione unitaria, completa ed organica che, oltre alla grave situazione dell'Adige, risolvesse anche tutti i problemi di sicurezza idraulica, di bonifica, di irrigazione e di navigazione interna che attendevano una soluzione dalla sistemazione del Tartaro – Canalbianco. In particolare si stimò:

- La diminuzione fino ad un massimo di 500 m³/s delle punte di piena del fiume Adige deviando la quota eccedente nel lago di Garda per mezzo di una galleria da Mori a Torbole;
- L'utilizzazione del Garda come serbatoio per l'irrigazione e la produzione di forza motrice, mediante la costruzione di uno sbarramento presso Salionze sul Mincio per la regolazione delle portate del fiume e dei deflussi del lago;
- Sistemazione del fiume Mincio fino a Goito per portate di 200 m³/s;
- Costruzione in destra Mincio di un canale da Salionze a casale di Goito e sistemazione del Mincio da Casale di Goito ai laghi di Mantova per la navigazione di natanti da 600 tonnellate e la concomitante costruzione di due centrali idroelettriche a Montecorno e a Casale di Goito;
- La costruzione di un diversivo fra Casale di Goito e Formigosa in modo da liberare la città di Mantova dal regime delle acque del Mincio e del Po;
- Costruzione di un canale seguente prima il Fissero e poi il Tartaro per lo scarico delle acque dei Laghi di Mantova nel Canalbianco, proseguente fino all'Adriatico;
- Sistemazione del canale Fissero – Tartaro – Canalbianco – Po di Levante al fine di consentire la navigazione a natanti di 600 tonnellate.

Il piano fu approvato dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto n. 2629 del 28 dicembre 1938, mentre già con Regio Decreto Legge n. 1810 del 1 dicembre 1938 si era "riconosciuta la necessità urgente ed assoluta di provvedere alle opere idrauliche necessarie per la sistemazione dell'Adige e del Tartaro - Canalbianco - Po di Levante" con stanziamento di circa 470 milioni di lire.

Gli anni del dopoguerra portarono dei cambiamenti nella politica dei trasporti e si impose a livello europeo un carico utile per i natanti pari a 1350 tonnellate pertanto il progetto originario fu modificato permettendo ove già in fase di realizzazione la premessa per un futuro possibile ampliamento rispetto allo standard europeo.

Nella seconda metà degli anni '80 dello scorso secolo furono eseguiti i "Lavori di sistemazione della cunetta d'alveo dell'idrovia Fissero - Tartaro - Canalbianco - Po di Levante mediante dragaggio e rivestimento di sponda" che ha sostanzialmente portato alla configurazione odierna, soprattutto per quanto concerne il tratto lombardo.

1.3 Riferimenti normativi

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco è previsto a livello normativo dal Decreto Legge n. 180 dell'11 giugno 1998, poi convertito in Legge n. 267 del 3 agosto 1998 "Misure urgenti per la prevenzione del rischio idrogeologico ed a favore delle zone colpite da disastri franosi nella Regione Campania".

Tale norma prevede che le Autorità di Bacino nazionali ed interregionali, caso quest'ultimo dell'Autorità di Bacino del Fiume Fissero Tartaro Canalbianco, adottino, ove già non si sia provveduto, di piani stralcio di bacino per l'assetto idrogeologico all'interno dei quali vengano individuate le aree a rischio e pericolo idrogeologico. I metodi per la valutazione del rischio permettono conseguentemente di prevedere delle idonee misure di salvaguardia per le aree che ne sono soggette.

Le modalità con cui valutare il rischio dipendente da fenomeni di carattere idrogeologico sono indicate dal D.P.C.M. 29 ottobre 1998 secondo quanto previsto all'art. 1 commi 1 e 2 del D. L. 180 dell'11 giugno 1998.

Il concetto di rischio dipendente da fenomeni di carattere naturale viene fatto dipendere dal prodotto di tre fattori:

- *La pericolosità*: la probabilità di accadimento di un avvenimento calamitoso;
- *Il valore degli elementi a rischio*: il valore dell'incolumità delle persone, gli agglomerati urbani comprese le zone di espansione urbanistica, le aree su cui insistono insediamenti produttivi, impianti tecnologici di rilievo, le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione anche a livello locale, ecc.;
- *La vulnerabilità degli elementi a rischio*: dipendente sia dalla capacità di sopportare le sollecitazioni esercitate dall'evento, sia dall'intensità dell'evento stesso.

Le attività previste vengono articolate in tre fasi di azione successive, corrispondenti ad un diverso livello di approfondimento:

- La prima fase individua le aree soggette a rischio idrogeologico, attraverso l'acquisizione di tutte le informazioni disponibili sullo stato del dissesto;
- La seconda fase effettua l'attività di perimetrazione e di valutazione del livello di rischio esistente nelle diverse aree del territorio. Indica inoltre le misure di salvaguardia necessarie;

- La terza fase prevede la programmazione della mitigazione del rischio.

Nella prima fase, le aree soggette a rischio idrogeologico vengono distinte in tre zone, in funzione del tempo di ritorno (T_r):

- aree ad alta probabilità di inondazione ($T_r=20 \div 50$ anni);
- aree a moderata probabilità di inondazione ($T_r=100 \div 200$ anni);
- aree a bassa probabilità di inondazione ($T_r=300 \div 500$ anni).

Le zone protette da argini, secondo la legge, devono comunque essere inserite almeno tra le aree a bassa probabilità d'inondazione.

Per la determinazione dei livelli di pericolosità idraulica, l'Autorità di Bacino del fiume Fissero Tartaro Canalbianco propone l'utilizzo di due tempi di ritorno di riferimento: 50 e 100 anni e di due soglie di superamento di tirante, secondo lo schema proposto di seguito in Tabella 2:

Pericolosità		
Elevata	Media	Moderata
Tr = 50 anni	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni
H > 1 m	1 m > H > 0 m	H > 0 m

Tabella 2 - Livelli di pericolosità idraulica (fonte PAI F.T.C.)

La determinazione del rischio idraulico è stata stabilita come prodotto di tre fattori:

- pericolosità;
- valore;
- vulnerabilità.

Per giungere ad un determinazione della vulnerabilità l'Autorità di Bacino del fiume Fissero Tartaro Canalbianco ha utilizzato una classificazione schematica basata sulle Zone Territoriali Omogenee, tipiche della pianificazione urbanistica a livello comunale. Si riporta di seguito in Tabella 3 la suddivisione della vulnerabilità in funzione dei diversi tipi di Zone Territoriali Omogenee.

		ELEMENTI VULNERABILI PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO		
		Elementi areali	Elementi lineari	Elementi puntiformi
VULNERABILITÀ	Elevata	-ZTO-A -ZTO-B -ZTO C	-Viabilità principale -Linea ferroviaria -Servizi a rete	-Edifici Pubblici (Municipio, Scuole) -Caserme -Strutture ospedaliere -Discariche ... -Industrie a rischio
	Media	-ZTO-D	-Viabilità secondaria	- Beni storici, artistici, architettonici, geologici
	Moderata	-ZTO-E -Aree attrezzate di interesse comune (sport e tempo libero, parcheggi, ...) -Vincolo ambientale	/	/

Tabella 3 - Classificazione delle vulnerabilità (fonte: PAI F.T.C.)

Per giungere alla caratterizzazione del rischio come prodotto dei fattori pericolosità, valore e vulnerabilità si utilizza lo schema proposto dal D.P.C.M. 29 settembre 1998, individuando quattro classi di rischio:

- moderato R1;
- medio R2;
- elevato R3;
- molto elevato R4.

In Tabella 4 si riporta la caratterizzazione dei livelli di rischio in funzione della pericolosità e della vulnerabilità.

VALUTAZIONE DEI LIVELLI DI RISCHIO		PERICOLOSITA'		
		Tr = 50 anni h > 1m	Tr = 50 anni 1m > h > 0m	Tr = 100 anni h > 0m
VULNERABILITA'	ZTO-A, B, C, Viabilità principale, Linea ferroviaria, Servizi a rete, Edifici Pubblici (Municipio, ...), Caserme, Edifici scolastici	R3	R3	R2
	ZTO-D, Beni artistici ed architettonici	R3	R2	R1
	ZTO-E, Aree attrezzate di interesse comune (sport e tempo libero, parcheggi, ...), Vincolo Ambientale	R2	R1	R1

Tabella 4 - Valutazione dei livelli di rischio idrogeologico (fonte PAI F.T.C.)

Si rimanda ai successivi paragrafi per la localizzazione dell'intervento in progetto in relazione alle aree a rischio idraulico.

2 Descrizione del progetto

Il progetto prevede l'ampliamento alla terza corsia dell'Autostrada A22 Modena – Brennero tra il casello di Verona Nord e l'intersezione con l'autostrada A1 nei pressi di Modena, per un tratto di complessivi 90 km che si sviluppano in direzione Nord – Sud attraversando le Regioni Veneto, Lombardia ed Emilia-Romagna, nelle Province di Verona, Mantova, Reggio Emilia e Modena.

Nel dettaglio il progetto prevede la realizzazione di una terza corsia autostradale tra le progressive chilometriche 223 e 314, ed è stato suddiviso secondo in tre segmenti territorialmente omogenei riassumibili in:

- **Segmento A**
Tra la progressiva chilometrica autostradale 223+100 e 230+717, interamente in territorio veneto;
- **Segmento B**
Tra la progressiva chilometrica autostradale 230+717 e 312+200 in territorio veneto, lombardo ed emiliano;
- **Segmento C**

Tra la progressiva chilometrica autostradale 312+200 e l'intersezione con la A1 Milano – Napoli interamente in territorio emiliano.

Nella figura seguente viene schematizzato il tratto oggetto d'intervento con identificazione della tratta autostradale, dei caselli e delle stazioni di servizio presenti.

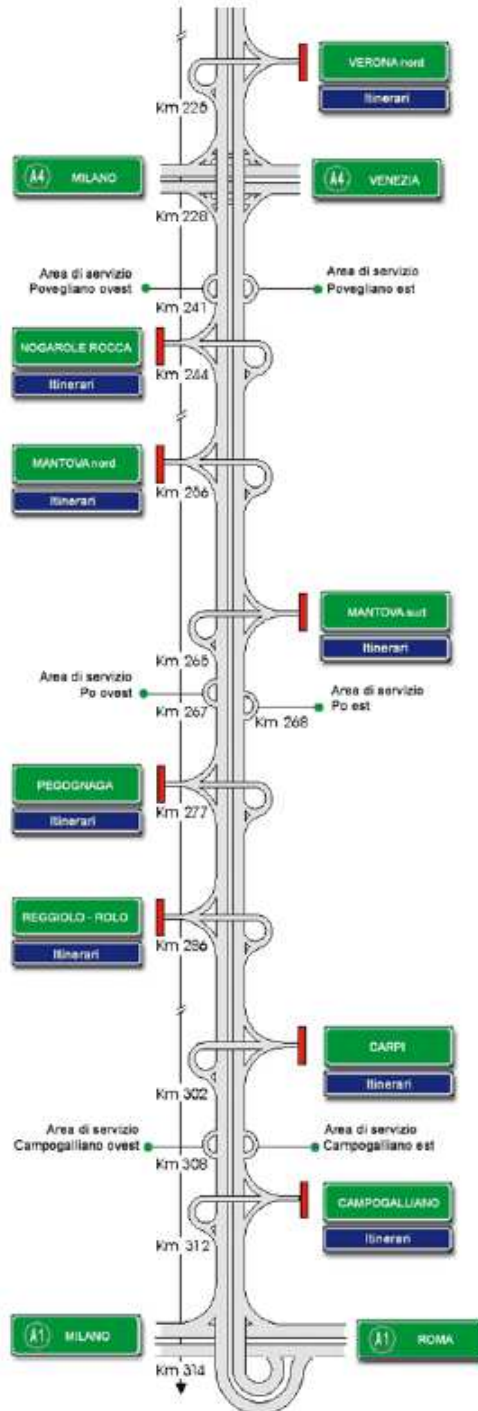


Figura 1 – Schema tratto autostradale oggetto dell'intervento

Il **Segmento A** comprende la parte più a nord dell'intervento e inizia poche centinaia di metri a nord del casello autostradale di "Verona Nord" e si conclude alla nei pressi del manufatto di attraversamento della linea ferroviaria Verona - Mantova, ove le carreggiate iniziano a separarsi per proseguire con spartitraffico più ampio (da 3.00 m a 12.00 m).

Il progetto prevede l'adeguamento delle attuali carreggiate autostradali con allargamento su ambo i lati al fine di realizzare la terza corsia di marcia e la corsia di emergenza con ampiezza minima pari a 3.50 m.

Il **Segmento B** comprende la parte più estesa della terza corsia si sviluppa dal manufatto di attraversamento della linea ferroviaria Verona – Mantova, in direzione Modena.

La sezione attuale presenta una larghezza complessiva di 33.50 m, compreso lo spartitraffico di larghezza pari a 12.0 m, sistemato a verde e provvisto di barriera metallica di sicurezza.

Il progetto prevede la realizzazione della terza corsia per la quasi totalità nella fascia centrale a verde, senza quindi ricorrere ad espropri lungo i margini esterni dell'attuale sede stradale.

La nuova sezione sarà pertanto composta da 3 + 3 corsie di marcia, di larghezza pari a 3,75 m, corsie di emergenza da 3,50 m, franchi da 45 cm in adiacenza allo spartitraffico ed arginelli erbosi esterni alla piattaforma pavimentata.

Nel presente tratto rientrano gli interventi previsti sulle opere di attraversamento del canale diversivo Fissero-Tartaro, oggetto della presente relazione di compatibilità idraulica, avente lunghezza di circa 98 m, in corrispondenza della progressiva chilometrica 261+949, del fiume Mincio (lunghezza di circa 220 m, in corrispondenza della progressiva chilometrica 262+446) e del fiume Po (lunghezza di circa 1.000 m in corrispondenza della progressiva chilometrica 269+115).

Nel **Segmento C** compreso tra Campogalliano e l'intersezione con l'Autostrada A1 Milano – Napoli, il progetto prevede il completo rifacimento dello svincolo di interconnessione i due tratti autostradali.

2.1 Interventi sulle opere d'arte: Ponte sul Fissero – Tartaro - Canalbianco

Lungo il tratto compreso tra Verona e Modena sono presenti ponti e sovrappassi aventi caratteristiche diverse.

In particolare il ponte sul canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco è costituito da un impalcato in calcestruzzo armato precompresso a campata unica di luce pari a circa 25 m.

2.2 Ponte sul Fiume Fissero – Tartaro – Canalbianco: stato di progetto

Il progetto prevede la demolizione completa e successiva ricostruzione dell'impalcato e delle spalle del ponte esistente ed il rinforzo e allargamento delle pile.

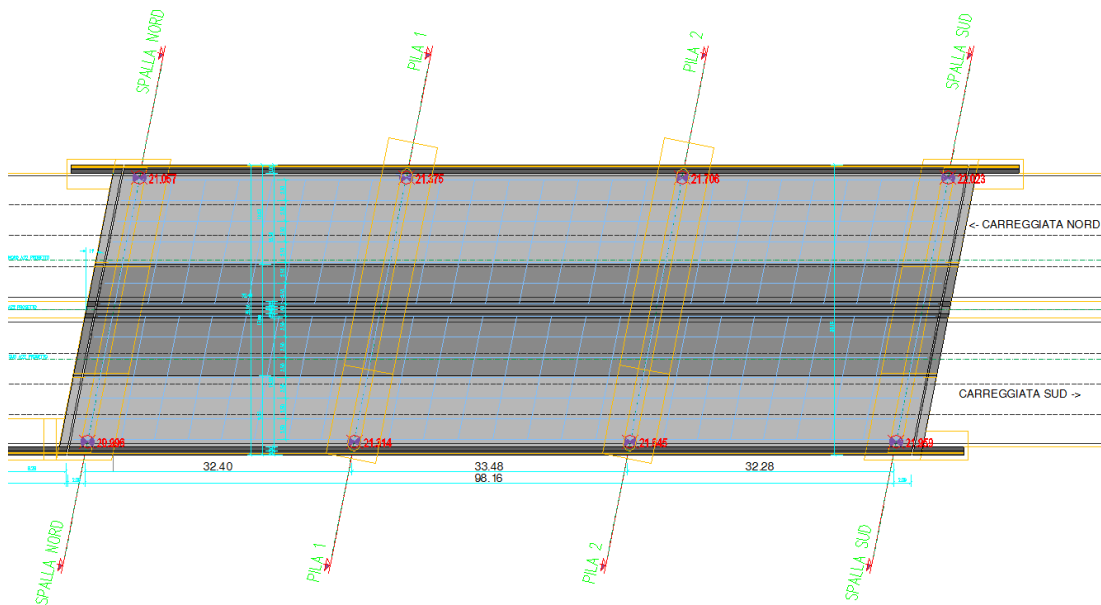


Figura 2 - Planimetria del nuovo ponte in progetto

La sezione trasversale è costituita da due impalcati separati, uno per carreggiata, composti ciascuno da sette travi principali in acciaio S355J2G2W di altezza $h=1.50$ m e interasse $i=2.50$ m.

Ogni 4.60 m circa le travi sono irrigidite da traversi di campata di altezza $h=0.7$ m. Sulle piattabande superiori delle travi principali poggiano le piastre tralicciate prefabbricate, di spessore 7 cm, sulle quali viene gettata la soletta in calcestruzzo armato, dello spessore minimo di 30 cm. Il collegamento tra le travi in acciaio e la soletta è garantito dalla piolatura delle travi: si utilizzano pioli $\phi 19$ del tipo Nelson, in numero di 3/20 cm per ogni trave. L'impermeabilizzazione della soletta è ottenuta mediante apposita membrana in malta polimerica.

Gli appoggi sono di tipo sismico in neoprene armato e vengono ancorati alla struttura metallica attraverso un perno del diametro di 200 mm. Inferiormente l'ancoraggio è garantito da boccole annegate nel getto di calcestruzzo. La sostituibilità degli appoggi è garantita dall'unione bullonata inferiore.

Le pile esistenti vengono allargate e rinforzate. Essendo lo spessore dell'elevazione della parte nuova di 1.40 m, sulla parte esistente di 1.00 m si esegue un ringrosso di 0.20 m su entrambi i lati. I nuovi getti vengono collegati alla struttura esistente mediante connettori ϕ 20/40 cm. Per ogni pila vengono realizzati 22 nuovi pali trivellati di fondazione, con $d = 1.20$ m e lunghezza $l = 40.0$ m. E' quindi necessario allargare la platea di fondazione; il nuovo blocco viene unito alla pila esistente mediante putrelle HEM160 in acciaio S355 lunghe 3.0 m e annegate nel getto della fondazione di progetto ad interasse $i=1.0$ m.

Le pile in alveo sono rese accessibili da isole in rilevato assicurate con scogliere in massi ciclopici. Lo scavo di accesso alle fondazioni delle due pile in alveo è realizzato all'interno di una paratia in jet grouting profonda 12.0 m con spessore 1.8 m e rinforzata mediante micropali 101/8mm in acciaio S355 ancorati superiormente ad un cordolo in cemento armato.

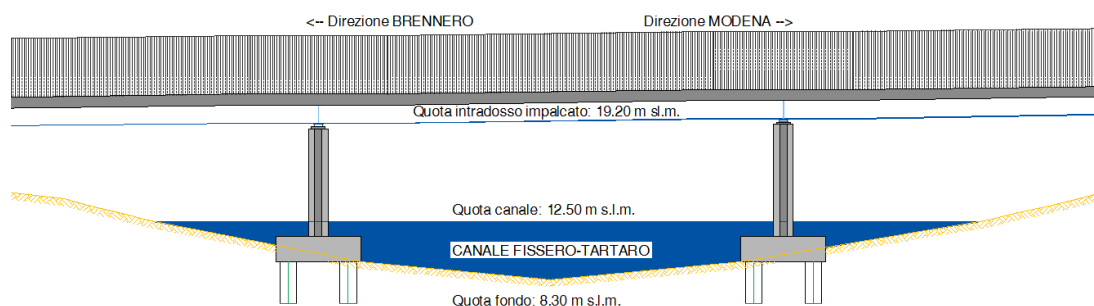


Figura 3 - Sezione trasversale del nuovo ponte autostradale

Le spalle vengono completamente ricostruite e si fondano su pali di grosso diametro, con $d=1.2$ m e lunghezza $l=40.0$ m. Sono presenti anche dei muri andatori di dimensioni abbastanza contenute.

In corrispondenza delle spalle si prevede un giunto di dilatazione a pettine in acciaio CORTEN. Il giunto, arretrato rispetto alla zona degli appoggi per evitare eventuali infiltrazioni e percolazioni sulle testate delle travi principali e sugli appoggi stessi, è completamente ispezionabile, così come le testate delle travi. Per questo è stata prevista una camera di ispezione su tutte e due le spalle, con porte di accesso in acciaio inossidabile.



Figura 4 – Sezione trasversale tipo durante la costruzione del ponte

2.3 Lavori riguardanti le pile in alveo

Per il risanamento e l'allargamento del ponte sul canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco sono necessari il rinforzo e l'allargamento anche delle pile in alveo e dei rispettivi pali di fondazione.

La soluzione progettata prevede la realizzazione di una paratia in jet grouting profonda 12.0 m, di spessore $b = 1.80$ m e rinforzata con micropali 101/8 mm in acciaio S355. In sommità è previsto un cordolo in calcestruzzo armato di collegamento dei pali. Inoltre, per evitare la rottura per sifonamento del terreno, si eseguirà un tappo di fondo alla quota della fondazione esistente dello spessore pari a 2.0 m. Dopo la realizzazione della paratia provvisoria si potranno eseguire i nuovi pali, ventidue per ogni pila, e lo scavo a sezione ristretta per accedere alla fondazione esistente ed eseguire il nuovo plinto in aggetto all'esistente. Quando tutti i lavori saranno ultimati, compresi quelli di montaggio degli impalcati, si potranno eliminare le due isole di lavoro ed estrarre i micropali inseriti nel jet grouting. Anche il paramento in jet grouting sarà rimosso.

La quota di deflusso libero del canale "Fissero-Tartaro" si trova a +12.50 m s.l.m.

Le isole di accesso per la realizzazione dei lavori riguardanti le pile in alveo saranno posizionate a una quota pari a +13.50 m s.l.m. Tale quota è stata scelta in accordo con il Dr. Arch. Salarci Fabio, dal momento che la quota di deflusso del canale "Fissero-Tartaro" è regolata e quindi fissa.

Per la navigazione infine, durante i lavori è stata verificata una larghezza minima misurata a fondo alveo di circa 16.0 m s.l.m..

3 Caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale

Si descrivono nel presente capitolo le caratteristiche ambientali e paesistiche della regione fluviale del Fissero – Tartaro – Canalbianco in accordo a quanto riportato nella Relazione

del Progetto di Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del fiume Fissero – Tartaro - Canalbianco.

Il bacino del Fissero – Tartaro – Canalbianco ha un'estensione complessiva di 2'885 km² di cui circa il 90 % in Regione Veneto e la restante parte in Regione Lombardia.

Si tratta di un bacino interessato da cospicue opere artificiali di canalizzazione ed attraversato da ovest ad est dal fiume Fissero – Tartaro – Canalbianco Po di Levante.

Le fondamentali caratteristiche fisiche e paesaggistiche del bacino sono le seguenti:

- Territorio pressoché pianeggiante, con ampie zone poste a quota inferiore ai livelli di piena dei fiumi Adige e Po;
- Presenza di una fitta rete di canali di irrigazione alimentati in prevalenza dalle acque del Lago di Garda e del fiume Adige. Parte della rete irrigua ha anche funzione di bonifica, allontanando in Canalbianco le acque di piena.

Dal punto di vista idraulico la funzione dell'Idrovia Fissero – Tartaro – Canalbianco è legata all'allontanamento delle acque di piena dei laghi di Mantova ed allo scolo ed al recapito a mare delle acque del vasto comprensorio in sinistra Po, totalmente arginato sull'estremità sud con arginature di difesa dalle piene del Po.

Il territorio del bacino, da un punto di vista socio-economico, è di tipo rurale in quanto tradizionalmente a vocazione agricola, con relativamente bassa densità di popolazione insediata, ad eccezione delle aree limitrofe ai capoluoghi di provincia di Mantova e Rovigo.

La relativa marginalità del territorio del bacino rispetto alle principali aree urbanizzate delle tre regioni (Lombardia, Veneto ed Emilia Romagna) che fanno capo al nodo idraulico in esame ha lentamente portato a tendenze di esodo della popolazione, nonché all'invecchiamento della popolazione residente, dinamiche di sviluppo frammentate e disorganizzate e la relativa sotto-infrastrutturazione del territorio, rimasto per lo più ancora ancorato alla originaria matrice agricola.

Dal punto di vista geomorfologico il bacino idrografico del Fissero – Tartaro – Canalbianco nel tratto in esame presenta le tipiche caratteristiche degli ambienti tipici della pianura alluvionale compresa tra i laghi di Mantova, i fiumi Adige e Po e il Mare Adriatico.

Il clima del bacino è quello caratteristico della regione climatica “Padano – Veneta”, definito secondo la classificazione di Peguy come continentale di transizione. Tale clima è caratterizzato da un'escursione termica annua compresa tra i 20 e i 28 gradi e da una piovosità compresa tra i 500 e gli 800 mm, prevalentemente primaverile ed autunnale.

Per le misure di temperatura il bacino del Mincio ha a disposizione nove stazioni di misura. In Tabella 5 sono indicate la quota delle stazioni e le principali caratteristiche, mentre nella successiva Tabella 6 sono indicate le medie mensili delle sezioni.

Nome	Quota (m s.l.m.)	Anni di rilevazione	Numero anni	Anni completi	Anni non completi
Calliera di Goito	32	1992-1997	5	5	-
Rodigo	21	1993-1995	3	3	-
Monzambano	88	1993-1995	3	3	-
Volta Mantovana	84	1992-2001	10	8	2
Piubega	40	1993-2001	9	6	3
Goito	33	1992-2001	10	6	4
Cavriana	120	1991-2001	11	11	-
Curtatone	26	1992-2001	10	5	5
Roverbella	42	1992-2001	10	9	1
Totale			73	58	15

Tabella 5 – Fonte: P.T.U.A. Regione Lombardia - Stazioni termometriche utilizzate nel bacino del Mincio

Nome	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
Calliera di Goito	2.76	4.57	9.04	12.18	18.13	20.44	23.51	23.50	18.64	13.68	8.64	4.41
Rodigo	2.72	4.13	8.43	11.88	17.72	20.88	25.22	23.95	18.25	13.07	7.62	3.42
Monzambano	4.48	4.88	8.87	11.57	17.32	20.58	23.93	23.38	17.92	13.75	8.07	5.60
Volta Mantov.	3.11	5.19	9.35	12.74	19.00	22.20	24.96	24.99	19.28	14.74	7.14	3.15
Piubega	1.85	4.95	8.47	12.79	18.54	21.37	23.34	23.05	18.20	14.19	7.23	2.95
Goito	2.31	4.16	8.06	12.64	18.54	21.66	24.03	24.18	19.22	13.93	6.75	2.57
Cavriana	2.03	4.26	8.66	12.02	17.86	20.87	23.52	23.81	18.90	13.56	7.09	2.58
Curtatone	2.05	2.95	7.90	12.00	18.38	21.98	25.23	23.93	19.78	13.58	7.95	2.93
Roverbella	5.03	7.17	11.93	15.95	21.90	24.13	25.92	25.86	20.75	16.89	10.62	5.49

Tabella 6 – Fonte: P.T.U.A. Regione Lombardia - Temperature medie mensili misurate nelle stazioni termometriche del bacino del Mincio

Dal punto di vista prettamente ambientale l'area oggetto d'intervento risulta essere pesantemente influenzata dalla limitrofa presenza dell'area lacustre del fiume Mincio.

Tale area, che si apre a Rivalta sul Mincio e prosegue oltre Mantova circondando la città, presenta importanti caratteristiche di naturalità e di biodiversità soprattutto per quanto riguarda l'area a ridosso delle Valli del Mincio. Dal punto di vista prettamente ambientale le aree riparali più che il vero e proprio alveo racchiudono al proprio interno diverse tipologie di habitat con spiccate caratteristiche di biodiversità. Le zone umide, mediate anche dal contesto limitrofo al corso principale del fiume Mincio, sono l'habitat perfetto per aironi, garzette, nitticore e falchi di palude e numerose altre specie protette.

Al fine di poter valutare in maniera più completa ed esaustiva gli aspetti di dettaglio legati alle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale si rimanda all'allegato di dettaglio che racchiude le valutazioni elaborate in merito a tali aspetti.

4 Analisi Idrologica

Per la presente relazione di compatibilità idraulica si è fatto riferimento all'analisi idrologica ufficiale pubblicata dall'Autorità di Bacino del Fissero – Tartaro – Canalbianco nella propria relazione generale del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del 12 aprile 2002.

4.1 Analisi delle precipitazioni

I dati di precipitazione utilizzati sono stati ricavati dai risultati della ricerca prodotta dal Prof. Bixio: "Indagini idrologiche per la redazione dei Piani Generali di Bonifica e Tutela del Territorio Rurale (1990)". Tale studio esamina i dati di 144 stazioni pluviometriche comprese tra il fiume Tagliamento ed il Po, tra la fascia collinare pedemontana del Tagliamento stesso ed il Lago di Garda. I valori giornalieri utilizzati sono quelli pubblicati dall'Ufficio Idrografico del Magistrato alle Acque di Venezia sui Bollettini Mensili per il periodo 1920 -1954 e sugli Annali Idrologici per il periodo 1955 -1980. Alcuni dati fanno riferimento ai Bollettini Mensili e agli Annali Idrologici dell'Ufficio Idrografico del Po di Parma e dal servizio Idrografico del Genio Civile di Bologna, attualmente entrambi di competenza dell'ARPA Emilia Romagna.

I valori di pioggia sono stati elaborati secondo il metodo di Gumbel per ottenere la regolarizzazione dei dati di precipitazione massima annuale, con riferimento alla durata compresa tra 1 e 5 giorni. I calcoli effettuati hanno tenuto conto sia delle piogge reali, sia delle precipitazioni efficaci. Queste ultime hanno utilizzato i coefficienti di ragguglio di Bixio relativi al bacino del Robosola, morfologicamente e climatologicamente ben approssimabile al bacino in esame.

In base ai valori dei coefficienti delle rette regolatrici secondo Gumbel, gli autori hanno calcolato i valori di precipitazioni per differenti durate di pioggia e per i tempi di ritorno oggetto di indagine del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, ossia 20, 50 100 e 200 anni. I valori sono poi stati interpolati per ricavare i coefficienti a ed n delle rette di

possibilità pluviometrica secondo la nota equazione $h = a t^b$. Si giustifica l'utilizzo delle precipitazioni efficaci a causa dell'effetto stagionale delle precipitazioni sul bacino dovuto a sua volta ad effetti di temperatura, di presenza di vegetazione e di contenuto d'acqua nel terreno. Sono state effettuate ricerche da Bixio: "Indagine statistica sui rapporti tra afflussi e deflussi in un comprensorio di bonifica (1980)" tra la provincia di Padova e di Venezia, per un periodo di osservazione di circa 50 anni.

Stazione	1		2		3		4		5	
	u	a	u	a	u	a	u	a	u	a
Albaredo D'Adige	23.08	8.79	32.63	11.33	37.55	12.98	42.30	13.62	45.25	15.00
Badia Polesine	22.53	7.63	29.91	9.58	34.60	10.43	38.43	11.49	41.22	11.81
Baricetta	22.45	7.06	30.27	8.80	34.74	9.83	38.00	10.73	39.62	11.25
Bovolone	22.43	9.88	30.29	14.39	34.84	15.40	38.69	16.53	42.24	16.59
Castel d'Ario	22.28	7.72	30.42	9.70	35.41	10.65	39.01	12.30	41.95	13.00
Fiesso Umbertino	23.53	8.23	30.94	10.03	34.97	10.78	38.40	10.94	41.19	10.87
Governalo	23.49	7.77	31.85	10.63	36.34	11.43	39.97	12.75	43.26	12.63
Isola della Scala	23.00	8.18	31.02	10.98	36.40	11.17	40.28	12.43	43.89	13.13
Isola di Mezzano	23.06	5.43	31.29	7.18	35.13	7.36	37.88	8.44	39.92	9.32
Nogarole Rocca	20.66	9.02	28.87	10.06	33.25	11.07	36.45	11.61	38.90	12.71
Ostiglia	21.95	8.19	29.25	10.77	33.49	11.21	36.77	11.86	39.86	12.55
Rovigo	22.31	8.36	29.21	9.31	33.12	10.32	36.38	12.07	38.67	12.47
Sanguinetto	21.93	7.04	29.53	9.46	34.90	10.74	38.84	11.70	41.28	11.88
Torretta Veneta	22.55	9.05	29.65	10.30	34.33	11.17	38.40	11.74	41.26	12.26
Villafranca Veronese	21.36	8.59	30.43	9.60	35.18	10.53	39.57	11.07	42.90	11.80

Tabella 7 - Coefficienti a ed u delle rette regolarizzatrici secondo Gumbel (Fonte: PAI F.T.C.)

Stazione	Tr = 20 anni		Tr = 50 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni	
	A	n	a	n	a	n	a	n
Albaredo D'Adige	50.02	0.370	58.31	0.364	64.53	0.360	70.72	0.357
Badia Polesine	45.71	0.328	52.91	0.321	58.31	0.317	63.69	0.313
Baricetta	44.11	0.327	50.73	0.323	55.70	0.320	60.65	0.318
Bovolone	53.86	0.352	63.64	0.348	70.97	0.345	78.28	0.343
Castel d'Ario	45.51	0.360	52.68	0.355	58.06	0.352	63.41	0.350
Fiesso Umbertino	49.06	0.266	56.98	0.255	62.93	0.248	68.85	0.243
Governolo	47.87	0.344	55.40	0.340	61.04	0.337	66.66	0.335
Isola della Scala	48.23	0.342	56.09	0.334	61.97	0.329	67.84	0.325
Isola di Mezzano	40.03	0.330	45.15	0.329	48.98	0.328	52.80	0.325
Nogarole Rocca	47.62	0.294	55.91	0.282	62.11	0.274	68.30	0.268
Ostiglia	47.37	0.310	55.27	0.302	61.19	0.297	67.08	0.294
Rovigo	46.70	0.300	54.25	0.295	59.91	0.291	65.55	0.289
Sanguinetto	43.70	0.368	50.46	0.364	55.52	0.361	60.56	0.359
Torretta Veneta	49.49	0.282	57.92	0.269	64.23	0.262	70.52	0.255
Villafranca Veronese	47.06	0.314	54.98	0.298	60.92	0.288	66.84	0.281

Tabella 8 - Coefficienti delle curve di possibilità pluviometrica ragguagliate a febbraio (Fonte: PAI F.T.C.)

L'analisi delle precipitazioni come sopra descritte ha consentito la determinazione della portata massima transitabile all'interno del canale navigabile in quanto, a partire dall'incile dello stesso, il fiume è regolato artificialmente.

Tali aspetti consentono di definire una portata massima dipendente non dalle condizioni idrologiche del bacino idrografico, ma dalla regolazione artificiale effettuata sul canale stesso. La regolazione deriva dai manufatti presenti nella cosiddetta 'sorgente' del canale

navigabile, in particolare dallo scaricatore di piena ubicato in Vallazza, come estesamente descritto nel paragrafo 5.6.2.

La portata al colmo di riferimento è stata perciò posta pari a $30 \text{ m}^3/\text{s}$. Tale valore risulta dalla comunicazione del Ministero dei Lavori Pubblici - Magistrato per il Po - Ufficio Operativo di Mantova (oggi Agenzia Interregionale per il fiume Po - AIPO, U.O. di Mantova) prot. 275 del 21 gennaio 2000

4.1.1 Sezioni di chiusura

Nello studio condotto dall'Autorità di Bacino del Fiume – Fissero – Tartaro – Canalbianco sono stati applicati i metodi cinematico e dell'invaso alle sezioni di chiusura dei sottobacini dei collettori principali. Si riporta di seguito in Figura 5 lo schema dell'Idrovia Mantova – Adriatico e dei corsi d'acqua considerati all'interno del PAI.

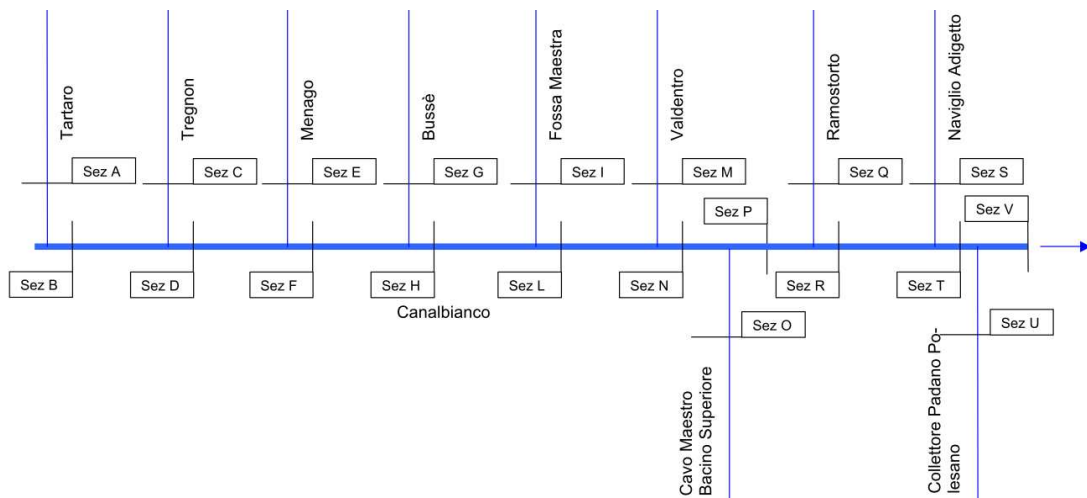


Figura 5 - Schema del Canalbianco e dei corsi d'acqua che si immettono in esso (fonte PAI F.T.C.)

4.1.2 Definizione del tempo di ritorno di progetto

La perimetrazione delle aree a rischio ed a pericolo idraulico è stata effettuata secondo uno schema che prevede l'utilizzo di tempi di ritorno crescenti ai quali corrispondono livelli di rischio e di pericolo maggiori.

Nonostante non vi sia un rischio idraulico di esondazione anche per portate con tempo di ritorno superiore ai 200 anni, ai fini della valutazione di compatibilità idraulica delle opere di adeguamento dell'attraversamento del canale navigabile si è considerato comunque una portata avente **tempo di ritorno pari a 200 anni**.

Tale portata costituisce il termine di confronto per la definizione dei profili di piena per le successive analisi idrauliche.

4.1.3 Portate di piena

L'Autorità di Bacino del Fiume Fissero – Tartaro – Canalbianco, ha stimato mediante l'ausilio di un modello monodimensionale (HEC-RAS) a moto permanente e di un modello

bidimensionale (SOBEK) a moto vario sia gli effetti derivanti dalle portate a determinato tempo di ritorno, sia gli effetti generati nei tratti in cui la sezione non è in grado di contenere la portata.

Si riporta di seguito il riepilogo delle portate calcolate per i principali affluenti del Canalbianco.

	Stazione	Portate di progetto [m ³ /s] a diversi tempi di ritorno			
		20 anni	50 anni	100 anni	200 anni
A	Tartaro	23.80	34.40	44.20	55.80
B	Canalbianco	99.00	106.20	111.60	117.00
C	Tregonn	14.54	20.77	26.34	32.60
D	Canalbianco	114.40	123.80	130.90	137.90
E	Menago	22.63	34.60	45.24	57.67
F	Canalbianco	128.00	139.80	148.60	157.40
G	Bussè	28.60	40.80	51.50	63.50
H	Canalbianco	150.70	166.00	177.40	188.80
I	Fossa Maestra	13.50	21.50	29.30	38.30
L	Canalbianco	165.60	183.00	196.00	209.00
M	Valdentoro	12.48	17.30	22.20	27.70
N	Canalbianco	174.70	193.40	207.40	221.40
O	Cavo Maestro Bacino Superiore	18.40	25.70	31.80	38.30
P	Canalbianco	206.50	229.60	246.90	264.10
Q	Ramostorto	6.50	10.30	13.90	17.42
R	Canalbianco	212.40	236.30	254.20	272.10
S	Naviglio Adigetto	12.80	19.60	25.90	32.40
T	Canalbianco	237.10	264.70	285.40	306.00
U	Collettore Padano Polesano	22.30	33.60	49.30	65.50
V	Canalbianco	218.40	243.20	261.80	280.40

Tabella 9 - Portate con diversi tempi di ritorno per i principali affluenti del Canalbianco

A monte dell'immissione del fiume Tartaro si trova solamente l'immissione del fiume Tione, del quale non viene fornita esplicitamente una portata con tempo di ritorno, ma implicitamente è data dalla differenza tra la portata del Canalbianco (stazione B) e la portata del Tartaro (stazione A).

Il manufatto autostradale oggetto della presente relazione di Compatibilità Idraulica si trova a monte della confluenza del fiume Tione nel Canalbianco.

Pertanto nel tratto in esame si può ritenere trascurabile il contributo della portata nella determinazione del livello massimo raggiungibile attraverso una piena con tempo di ritorno duecentennale e quindi definire in sede di verifica una quota costante e pari alla quota di regolazione del tratto, fissata (come già descritto nel paragrafo 6.2) a 12.50 m s.l.m.

Si specifica inoltre che, una volta terminata la costruzione della conca di Valdaro, essa non andrà a modificare l'attuale livello di regolazione del tratto lombardo del canale Fissero Tartaro Canalbianco, avendo funzione di regolazione dei livelli per permettere il transito delle imbarcazioni dalla Vallazza al canale stesso.

4.1.4 Valutazione del rischio e del pericolo idraulico

La valutazione del pericolo idraulico, secondo quanto proposto dall'Autorità di Bacino del fiume Fissero Tartaro Canalbianco, considera principalmente due parametri:

- Il tirante idrico nelle sedi fluviali ovvero la profondità massima di esondazione in concomitanza con l'istante più gravoso dell'onda di piena di progetto;
- La probabilità di accadimento (dipendente dal tempo di ritorno).

Il D.P.C.M. del 29 settembre 1998, come già descritto in precedenza, individua tre classi di pericolosità riassumibili sinteticamente in:

- Aree ad alta probabilità di inondazione - indicativamente con tempo di ritorno inferiore a 100 anni;
- Aree a moderata probabilità di inondazione - indicativamente con tempo di ritorno pari a 100 - 200 anni;
- Aree a bassa probabilità di inondazione - indicativamente con tempo di ritorno superiore a 200 anni.

Una volta individuate le aree, sono assegnate quattro diverse categorie di rischio, a gravosità crescente (da 1, corrispondente a moderato, a 4, corrispondente a molto elevato):

- *Moderato R1*: danni sociali, economici ed al patrimonio marginali;
- *Medio R2*: danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio che non pregiudicano l'incolumità, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche;

- *Elevato R3*: possibili problemi all'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, interruzione delle attività socio-economiche;
- *Molto elevato R4*: possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, agli edifici ed alle infrastrutture; danni rilevanti al patrimonio ambientale e culturale e la distruzione delle attività socio - economiche.

Si riporta di seguito, in Figura 6 e in Figura 7 un estratto delle mappe del pericolosità e del rischio idrogeologico, di cui si produce copia estesa in allegato.

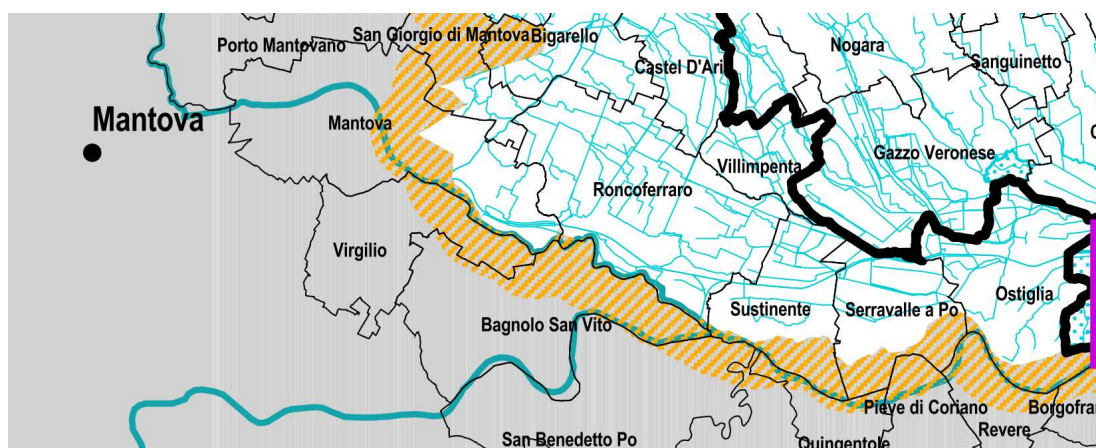


Figura 6 - Estratto della mappa della pericolosità idraulica (fonte: PAI F.T.C.)

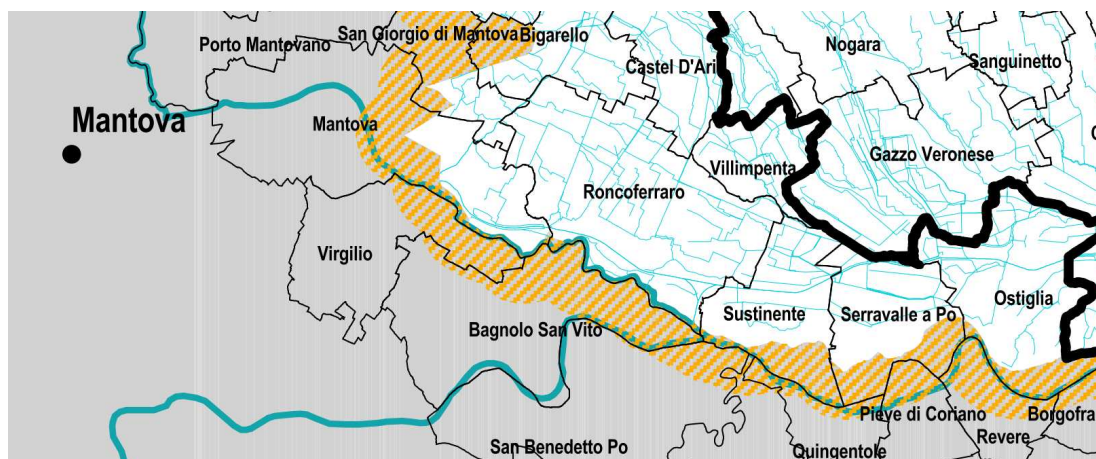


Figura 7 - Estratto della mappa del rischio idraulico (fonte: PAI F.T.C.)

Si evidenzia come nel tratto in esame non sono presenti né aree a rischio, né tantomeno aree a pericolo idraulico, ossia non sussiste il rischio di esondazione durante gli eventi di piena.

5 Analisi idraulica

5.1 Assetto geometrico dell'alveo

Il tratto di canale navigabile oggetto di interesse nel presente studio di compatibilità idraulica risulta compreso tra la conca di Valdaro e località Ca' Basse (circa 8 km a monte dell'immissione del fiume Tione).

Le sezioni trasversali del primo tronco, posto tra la conca di Valdaro e la conca di Trevenzuolo, presentano una cunetta di fondo larga circa 28 m, con sponde aventi scarpa 4:1 (h:v), rivestite con lastre di calcestruzzo armato nella fascia superiore, ossia la parte di sponda interessata dal moto ondoso delle navi in transito.

Nello specifico la sezione tipo del primo tronco ha una larghezza della cunetta di base di 28.90 m, posta ad una quota di circa 9.40 m s.l.m., le sponde partono da una quota di 9.40 m s.l.m. e arrivano a 14.00 m s.l.m. e possiedono uno sviluppo orizzontale di 8.50+10.60 m s.l.m..

La sponda rivestita da lastre di calcestruzzo va da una quota di 11.40 m s.l.m. fino ad una quota di 14.00 m s.l.m..

In corrispondenza del passaggio dalla botte a sifone in prossimità della conca di Valdaro, la sezione puntualmente si restringe ad un'area di 147 m², con un raggio idraulico di 28 m, mentre nel restante tratto a monte della conca di Trevenzuolo l'area trasversale è pari a circa 247 m² e il raggio idraulico è di circa 3.53 m.

5.2 Caratteristiche morfologiche dell'alveo

Attualmente l'alveo dell'Idrovia Fissero – Tartaro – Canalbianco Po di Levante, nel tratto di competenza della Regione Lombardia, ha caratteri spiccatamente artificiali a causa della sua funzione di canale navigabile.

Pertanto le sezioni trasversali sono omogenee lungo vari tratti longitudinali e dal punto di vista planimetrico non si può considerare come un normale fiume, quanto piuttosto un canale artificiale, avente altresì raggi di curvatura stabiliti per legge.

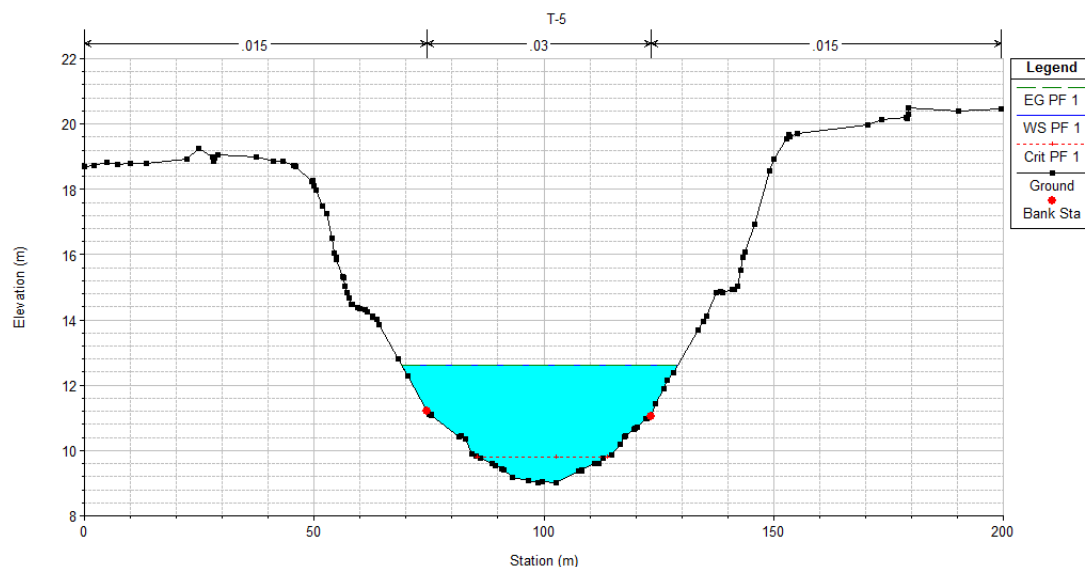


Figura 8 - Sezione tipo canale navigabile Fissero Tartaro Canalbianco

5.3 Caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo

Nell'ambito dell'analisi idraulica del canale navigabile, nel tratto oggetto dello studio (compreso tra la conca di Valdaro e località Ca' Basse, circa 8 km a monte dell'immissione del fiume Tione), non è stato necessario effettuare approfondimenti sulla capacità di trasporto solido e su eventuali fenomeni erosivi locali.

Appare comunque utile evidenziare in tale paragrafo che il tratto oggetto di studio, avendo spiccate caratteristiche artificiali come anticipato precedentemente, non presenta particolari effetti di trasporto solido e i fenomeni erosivi risultano essere estremamente limitati.

Alla luce di ciò non si è ritenuto necessaria una caratterizzazione del materiale d'alveo mediante analisi granulometriche.

5.4 Opere di difesa idraulica

Il tratto oggetto di studio, essendo esso stesso un canale artificiale, presenta un elevato numero di opere di difesa con la duplice funzione di regolazione delle acque e di difesa dalle stesse.

Appare utile evidenziare nel presente paragrafo che all'interno dell'area immediatamente a ridosso dell'attraversamento sul canale Fissero – Tartaro – Canalbianco ricadono ulteriori opere idrauliche non a servizio del canale navigabile ma con funzioni di difesa idraulica dalle acque di piena di Mincio e di rigurgito da Po.

Tutto il tratto analizzato è contiguo alle opere di difesa passiva (arginatura maestra) del fiume Mincio posta ad una quota pressoché costante di circa 29.55 m s.l.m..

Tale arginatura permette di garantire il contenimento della portata di piena del Mincio, arbitrariamente stabilita pari a $200 \text{ m}^3/\text{s}$ (fonte: Autorità di Bacino del fiume Po) e la portata con tempo di ritorno $T_r = 200$ anni del Po, rigurgitato da valle ad una quota pressoché invariata di 29.09 m s.l.m. (dato ufficiale, fonte: Autorità di Bacino del Fiume Po, Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Fiume Po).

5.5 Manufatti interferenti

Il tratto interessato dalla modellazione idraulica descritta nei paragrafi seguenti è delimitato da tre conche di navigazione che fanno sì che si possa mantenere al suo interno una quota di navigazione costante, pari a 12.50 m s.l.m. (fonti: Autorità di Bacino del fiume Po, Autorità di Bacino del Fissero – Tartaro – Canalbianco, Regione Lombardia S.TER. di Mantova).

Nello specifico le tre conche di navigazione sono:

- Conca di Valdaro;
- Conca di San Leone;
- Conca di Trevenzuolo.

La conca di Valdaro è attualmente in fase di cantierizzazione e l'ultimazione del primo lotto è prevista per il 2012. Essa funge da collegamento tra i laghi di Mantova (in particolare la Vallazza) e l'imbocco di monte del canale navigabile. E' stata dimensionata per permettere il transito di natanti di classe V, secondo la classificazione C.E.M.T. (Conferenza Europea dei Ministri dei Trasporti) così come adottata nella risoluzione n. 92/2 nella riunione di Atene dell'11 e 12 giugno 1992 [CEMT/CM(92)6/FINAL].

Fino all'ultimazione del secondo lotto, che prevede lo scavo del tratto di canale navigabile che collega la conca di Valdaro alla botte a sifone posta circa 300 m più a valle, l'opera sarà interclusa all'utilizzo per cui è stata progettata.

La conca di San Leone è stata progettata per collegare il fiume Mincio, in prossimità della sua foce, al canale navigabile artificiale Fissero – Tartaro – Canalbianco. Lo scopo è quello di sottrarre la navigazione commerciale dal tratto inferiore del Mincio al fine di evitare l'erosione degli argini provocata dallo sciacquo dei natanti. La conca permette alle imbarcazioni di superare il dislivello esistente fra il canale a livello costante (quota + 12,50 m s.l.m.) e il fiume Mincio a livello variabile.

La navigazione è possibile entro queste due quote del fiume: massima m. + 18, minima m. + 10,80.

A monte e a valle della conca è stato realizzato un bacino munito di attracchi per le barche in sosta. I natanti che possono attraversare questo manufatto hanno una stazza massima di 1.350 tonnellate (norme CEE). Il tempo medio per l'attraversamento è di 7-8 minuti. La

conca consiste essenzialmente di due vasche lunghe rispettivamente 125 m e 101 m, larghe 12,30 m e della profondità di 13 m. Essa è munita di tre paratoie a manovra verticale che consentono di usare separatamente una vasca per il passaggio di una sola barca o entrambe per il passaggio contemporaneo di più natanti.

A valle sono state poste una porta vinciana per intercludere il complesso conca in caso di piene eccezionali del Po. In caso di un eventuale mancato funzionamento della stessa è possibile provvedere con una panconatura di emergenza.



Figura 9 - Localizzazione conca di San Leone (fonte: Bing Maps)

La conca di Trevenzuolo ha una larghezza di 12.50 m, una lunghezza di 110 m e un salto di 4.0 m (da una quota di 12.50 m s.l.m. ad una quota di 8.50 m s.l.m.). La conca è dotata di porte vinciane e garantisce un tirante d'acqua di 3.50 m e un tirante d'aria di 6.50 m.



Figura 10 - Conca di Trevenzuolo

5.6 Modalità di deflusso in piena

Al fine di determinare e verificare la compatibilità idraulica dell'opera in progetto, è stato creato un modello monodimensionale di parte di canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco per il tratto che va a monte dalla botte sifone in corrispondenza dell'immissione della Vallazza e a valle fino a località Ca' Basse, circa 8 km prima dell'immissione del fiume Tione.

Non si è resa necessaria una modellazione bidimensionale del tratto, vista sia la tendenza monodimensionale del moto all'interno del canale e vista l'artificialità dello stesso sia per quanto concerne le caratteristiche planimetriche sia per quanto concerne le caratteristiche altimetriche.

Non si è resa necessaria nemmeno una simulazione in moto vario, visto che il canale navigabile è regolato ad una quota costante di 12.50 m s.l.m. ed eventuali variazioni in aumento causate da piene degli affluenti sono gestite dalle conche di navigazione poste lungo il percorso dell'idrovia verso valle.

5.6.1 Schema di calcolo e modello idraulico

Per la determinazione del profilo della superficie libera del tratto di corso d'acqua in oggetto si sono utilizzate le equazioni quasi – bidimensionali e in regime stazionario di una corrente a pelo libero in alveo quasi cilindrico con portata costante (steady state). Le equazioni che governano il moto sono state risolte applicando il codice di calcolo HEC-RAS, sviluppato da Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers (release 4.1.0, Gennaio 2010), del quale verrà fornita una descrizione nel seguito.

La simulazione dei fenomeni di esondazione da alvei fluviali e la relativa inondazione delle aree limitrofe è piuttosto complessa. L'adozione di una schematizzazione semplificata, come la soluzione in condizioni di moto monodimensionale delle equazioni che governano il moto della corrente, trova giustificazione nella necessità di giungere in maniera speditiva quanto esaustiva all'individuazione delle criticità. Tale approccio permette di delineare gli aspetti essenziali dei possibili scenari di piena che possono verificarsi sui tratti di corso d'acqua oggetto dell'analisi, consentendo di definire in maniera fisicamente attendibile i livelli idrometrici nelle sezioni idriche, valutando l'andamento delle stesse per un'assegnata onda di piena con tempo di ritorno fissato.

La disponibilità di rilievi affidabili della geometria dell'alveo e della pendenza media dei vari tratti consente di attribuire un buon grado di accuratezza al profilo di moto calcolato per le diverse configurazioni previste.

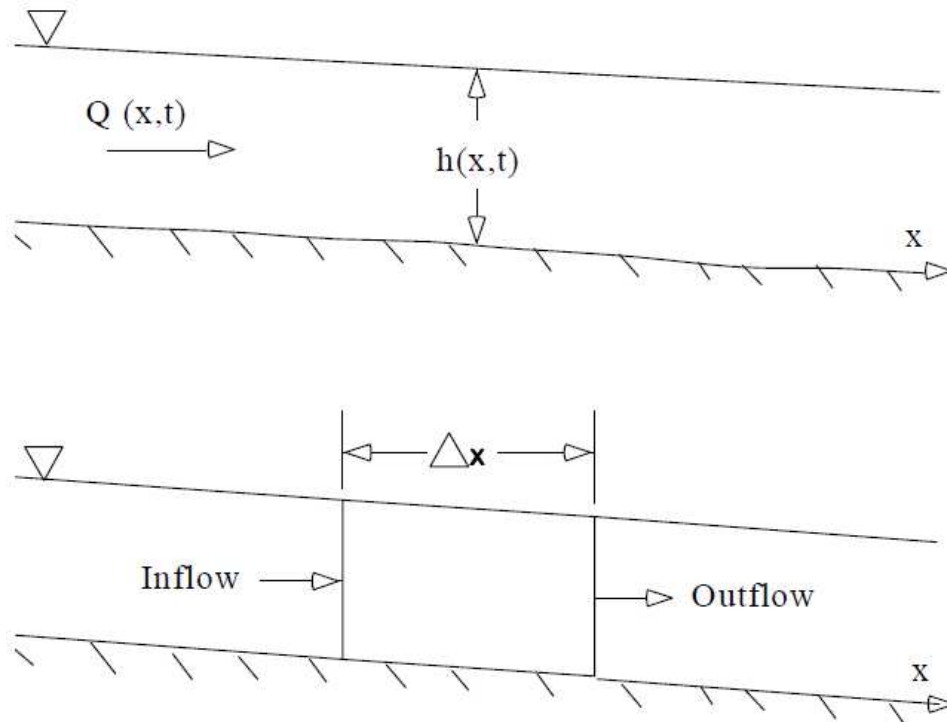
Le leggi fisiche che governano il flusso di un fluido all'interno di un contorno fissato sono:

- il principio di conservazione della massa (continuità);
- il principio di conservazione del momento o della quantità di moto.

Tali leggi sono espresse matematicamente nella forma di equazioni differenziali parziali. Lo schema di derivazione di tali equazioni presentato di seguito è basato sui seguenti testi: ASCE (1996) *River Hydraulics*, as adapted from the U.S.A.C.E.: no.18 Chow V. T. (1959) *Open Channel Hydraulics*, McGraw-Hill Book Co, N.Y. Henderson F. M. (1966) *Open Channel Flow*, Macmillan, N.Y..

Si consideri il volume elementare di controllo mostrato nella Figura di seguito. Si noti che la distanza x è misurata longitudinalmente rispetto la direzione di flusso del fluido. Nella parte centrale del volume di controllo la portata e l'area totale sono indicati rispettivamente con $Q(x,t)$ e A_T . L'area totale è data dalla somma dell'area bagnata A e dalla rimanente area asciutta della sezione trasversale S .

La conservazione della massa per un volume di controllo afferma che la quantità netta di portata all'interno del volume di controllo è uguale alla differenza di portata entrante ed uscente dal volume stesso nel tempo.



La portata entrante (*Inflow*) può essere scritta come:

$$Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

La portata uscente (*Outflow*) come:

$$Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

e la variazione di volume come:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x$$

Assumendo che Δx sia sufficientemente piccolo, la variazione della massa all'interno del volume di controllo è pari a:

$$\rho \frac{\partial A_T}{\partial t} \Delta x = \rho \left[\left(Q - \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) - \left(Q + \frac{\partial Q}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right) + Q_t \right]$$

dove Q_l è la portata laterale entrante nel volume di controllo e ρ è la densità del fluido.

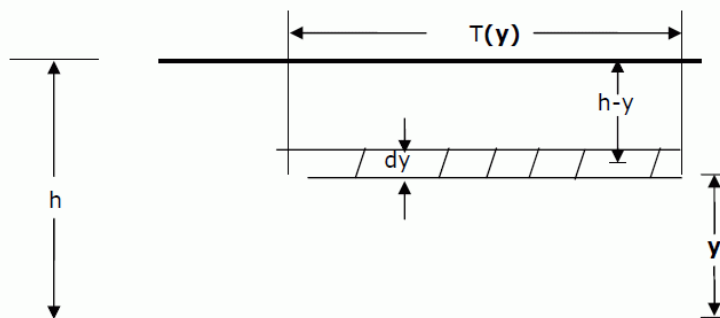
La stessa equazione, semplificata e divisa ambo le parti per $\rho \Delta x$ fornisce la forma classica dell'equazione di continuità:

$$\frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

L'equazione di conservazione del momento è invece espressa mediante la seconda legge di Newton scritta come:

$$\sum F_x = \frac{d\vec{M}}{dt}$$

La conservazione del momento per un volume di controllo afferma che la somma del valore netto della quantità di moto entrante nel volume (flusso di quantità di moto) e della sommatoria di tutte le forze esterne agenti sul volume è uguale al grado di accumulo della quantità di moto. Si tratta di un'equazione vettoriale applicata in direzione x. Il flusso di quantità di moto (MV) è dato dalla massa del fluido moltiplicata per il vettore velocità in direzione del flusso. Si considerano tre forze distinte: la pressione, la gravità e l'attrito.



Forze di pressione: la figura mostra il caso generale di una sezione trasversale. La distribuzione della pressione è assunta di tipo idrostatico (varia linearmente con la profondità) e la forza di pressione totale è calcolata come l'integrale del prodotto tra pressione e area sulla verticale della sezione. Dopo Shames (1962), la forza di pressione può essere scritta come:

$$F_p = \int_0^h \rho g (h - y) T(y) dy$$

dove h è la quota del pelo libero, y è la quota del fondo alveo, T(y) è una funzione che lega la larghezza sezione trasversale alla distanza dal fondo alveo.

Se F_p è la forza in direzione longitudinale nel punto medio del volume di controllo, la forza nell'estremo di monte del volume di controllo può essere scritta come:

$$F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

e nell'estremo di valle come:

$$F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2}$$

La somma delle forze di pressione per il volume di controllo considerato può perciò essere scritta come:

$$F_{pn} = \left| F_p - \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| - \left| F_p + \frac{\partial F_p}{\partial x} \frac{\Delta x}{2} \right| + F_B$$

che, semplificando, porta a:

$$F_{pn} = -\frac{\partial F_p}{\partial x} \Delta x + F_B$$

in cui F_{pn} è la forza di pressione netta per il volume di controllo e F_B è la forza esercitata dalla banca in direzione longitudinale sul fluido.

Applicando la regola di Leibniz si può svolgere l'equazione differenziale ottenendo:

$$F_{pn} = -\rho g \Delta x \left[\frac{\partial h}{\partial x} \int_0^h T(y) dy + \int_0^h (h-y) \frac{\partial T(y)}{\partial y} dy \right] + F_B$$

che, semplificata, porta a:

$$F_{pn} = -\rho g A \frac{\partial h}{\partial x} \Delta x$$

Forza di gravità: la forza dovuta alla gravità sul fluido nel volume di controllo in direzione x è:

$$F_g = -\rho g A \sin \theta \Delta x$$

in cui θ è l'angolo che il fondo del canale forma rispetto all'orizzontale. Per corsi d'acqua naturali il valore dell'angolo è sufficientemente piccolo da poter considerare $\theta \approx \tan \theta \approx -\partial z_0 / \partial x$, dove z_0 è l'altezza del fondo. Riscrivendo, si ha:

$$F_g = -\rho g A \frac{\partial z_0}{\partial x} \Delta x$$

Forza d'attrito: le forze d'attrito tra il canale e il fluido possono essere scritte come:

$$F_f = -\tau_0 P \Delta x$$

dove τ_0 è la tensione tangenziale media sul contorno agente sul contorno del fluido, P rappresenta il contorno bagnato. Il segno negativo indica che, procedendo longitudinalmente da monte verso valle, la forza dovuta all'attrito agisce in senso opposto al moto.

Il valore di τ_0 può essere espresso in funzione del coefficiente di Chezy (C):

$$\tau_0 = \rho \frac{g}{C} \sqrt{RS_f}$$

che, sostituita su F_f restituisce:

$$F_f = \rho g A S_f \Delta x$$

con

$$S_f = \frac{Q|Q|n^2}{R^{4/3}A^2}$$

con R il raggio idraulico e n il coefficiente di Manning.

Andando a riscrivere l'equazione di conservazione della quantità di moto, ricordando che il tirante z è uguale a $z_0 + h$ si ottiene la forma finale:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

I profili di superficie libera sono stati computati tra due sezioni successive attraverso l'equazione di conservazione dell'energia, espressa come segue:

$$Z_2 + Y_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Z_1 + Y_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_s$$

e l'equazione della conservazione della quantità di moto espressa come segue:

$$\frac{Q_2^2 \beta_2}{g A_2} + A_2 \bar{Y}_2 + \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L S_0 - \left(\frac{A_1 + A_2}{2} \right) L \bar{S}_f = \frac{Q_1^2 \beta_1}{g A_1} + A_1 \bar{Y}_1$$

5.6.2 Condizioni al contorno

Il ponte dell'Autostrada del Brennero va ad intersecare il canale navigabile Fissero Tartaro Canalbianco circa 2 km a valle rispetto la botte sifone della Vallazza e a monte del primo contributo di portata naturale, dovuto al fiume Tione.

Considerando che la pendenza di fondo del canale, per tutti i 16 km di lunghezza di simulazione, è pari a 7 cm/km ossia pari a 0.00007 m/m (0.07 permille), la condizione di moto è in corrente lenta.

Non avendo contributi di portata naturale provenienti da monte nel tratto in esame perché formalmente ci si trova alla 'sorgente' del canale navigabile, la portata al colmo di riferimento è stata posta pari a 30 m³/s. Tale valore risulta dalla comunicazione del Ministero dei Lavori Pubblici - Magistrato per il Po - Ufficio Operativo di Mantova (oggi Agenzia Interregionale per il fiume Po - AIPO, U.O. di Mantova) prot. 275 del 21 gennaio 2000 in cui si afferma: "*Recentemente, ed in particolare nei primi anni novanta, al suddetto scenario si è aggiunto lo scaricatore di piena dei 30 m³/s ubicato in Vallazza e posto all'incile del canale navigabile Fissero-Tartaro-Canalbianco. Il suddetto manufatto ha la caratteristica di scaricare a gravità nel canale navigabile ed in caso di piena una portata fino a 30 m³/s dal bacino proprio dei Laghi di Mantova, interclusi a Casale e Formigosa a causa delle piene del fiume Mincio*".

La condizione di valle per il calcolo in moto stazionario è data dalla quota di riferimento imposta nel tratto di canale navigabile in esame, pari a 12.50 m s.l.m..

Essendo un caso in cui il tempo di ritorno non rappresenta un parametro fondamentale per il calcolo, secondo le indicazioni della "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B" a cura dell'Autorità di Bacino del fiume Po, non sono stati valutati tempi di ritorno superiori o inferiori a quello stabilito in sede normativa.

5.6.3 Taratura del modello

Vista l'assenza di dati relativi ad onde di piena transitanti all'interno del canale navigabile e visto inoltre che il canale navigabile viene tenuto costantemente ad una quota imposta dal regolamento di navigazione interna, non è stato necessario effettuare una taratura del modello monodimensionale e si sono tenuti i valori medi di scabrezza proposti da Chow per il calcestruzzo di rivestimento delle sponde e per alveo pulito e rettilineo nell'inciso.

5.6.4 Condizioni fisiche di riferimento

Le condizioni fisiche di riferimento per la valutazione di Compatibilità Idraulica sono state condotte con riferimento alle seguenti condizioni fisiche del corso d'acqua:

- A. Stato di fatto: presenza dell'attuale ponte autostradale esistente;
- B. Stato di progetto: presenza dell'opera nella configurazione definitiva;

6 Verifica di compatibilità idraulica ed effetti degli interventi in progetto

6.1 Profilo di inviluppo di piena

Al fine di valutare gli effetti indotti sul profilo di inviluppo di piena sono state analizzate le tre condizioni di riferimento sopra descritte e di seguito esplicitate:

1. Stato di fatto
2. Stato di progetto

6.1.1 Stato di fatto

La configurazione di stato di fatto prevede dal punto di vista idraulico l'utilizzo di una portata pari a $30 \text{ m}^3/\text{s}$ come condizione al contorno di monte ed una quota pari alla quota di regolazione e pari a 12.50 m s.l.m. come condizione al contorno di valle.

Le sezioni trasversali di riferimento sono quelle derivanti dal piano quotato effettuato da Autostrade del Brennero nell'anno 2009, confrontate ed equiparate alla sezione tipo del canale, come descritta all'interno del paragrafo "Assetto geometrico dell'alveo".

Nello specifico sono state utilizzate 10 delle sezioni trasversali derivanti dal rilievo di Autostrade del Brennero (da monte verso valle: T-1, T-2, T-3, T-4, T-5, T-11, T-12, T-13, T-14, T-15). Per la modellazione geometrica del ponte, si sono utilizzate le tavole progettuali del "Progetto Definitivo per la realizzazione della terza corsia nel tratto compreso tra Verona Nord (km 223) e l'intersezione con l'autostrada A1 (km 314)".

Per la preparazione del modello monodimensionale si sono utilizzate due ulteriori sezioni di riferimento, una in corrispondenza della condizione di monte ed una in corrispondenza della condizione di valle. Tra la sezione di monte e la sezione T-1 e tra la sezione T-15 e la sezione di valle è stata posta una pendenza di fondo pari a 7 cm/km, ovvero 0.07 permille.

Il coefficiente di scabrezza secondo Manning è stato posto pari a $0.03 \text{ m}^{-1/3}$ s per il cunettone di base e pari a $0.015 \text{ m}^{-1/3}$ s in corrispondenza delle lastre di calcestruzzo presenti sulle sponde.

Allo stato attuale il ponte dell'autostrada Brennero-Modena è caratterizzato da una quota di intradosso pari a 19.00 m s.l.m., la distanza tra gli assi delle pile in alveo è pari a 33.50 m.

Si riporta di seguito la sezione trasversale del ponte nella configurazione di stato di fatto.

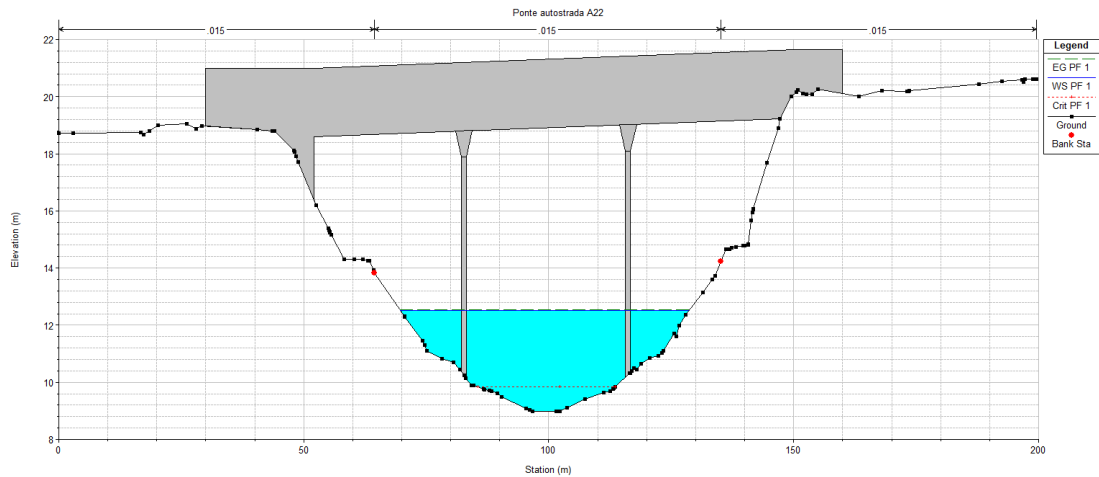


Figura 11 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di stato di fatto)

Si riporta di seguito l'andamento planimetrico della simulazione dalla sezione di monte posta circa 2 km a monte del ponte dell'Autostrada del Brennero alla sezione di valle posta circa 14 km a valle del ponte dell'Autostrada del Brennero e l'estratto del profilo longitudinale della corrente per tutto il tratto della simulazione.

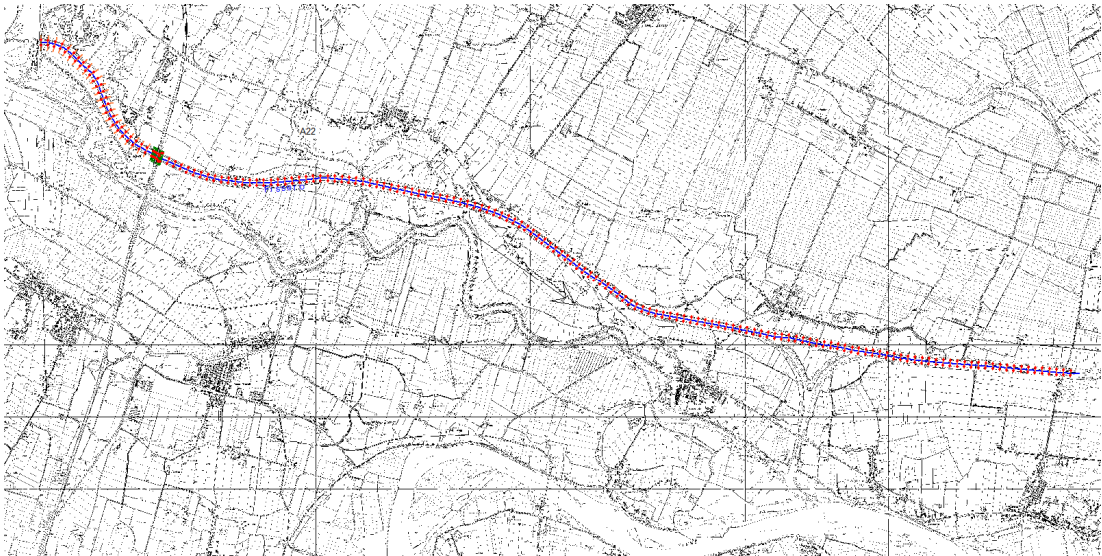


Figura 12 - Planimetria del tratto di Canale Fissero – Tartaro – Canalbianco modellato

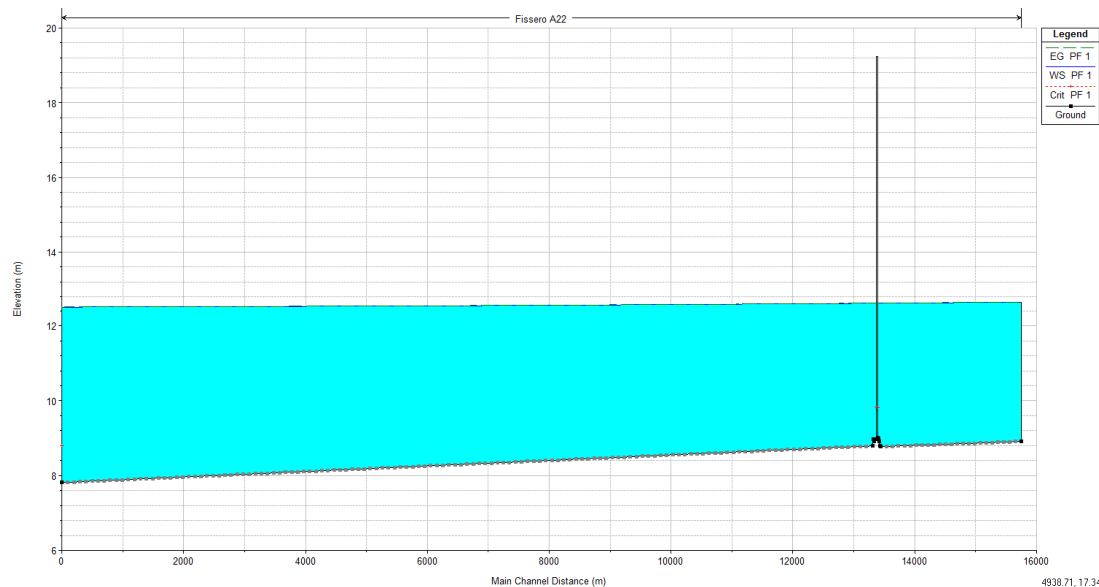


Figura 13 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di fatto

Dai risultati della modellazione si evince che il ponte autostradale, nella configurazione di stato di fatto presenta un tirante pari a 12.61 m, contro una quota dell'intradosso del ponte calcolata in asse al canale pari a 19.00 m. Il tirante d'aria garantito in condizioni di piena è quindi di 6.39 m. Si riporta nella Figura 14 l'estratto delle caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza del ponte dell'Autostradale.

Plan: Plan 02 Fissero A22 RS: 6.5 Profile: PF 1				
E.G. US. (m)	12.61	Element	Inside BR US	Inside BR DS
W.S. US. (m)	12.61	E.G. Elev (m)	12.61	12.61
Q Total (m3/s)	30.00	W.S. Elev (m)	12.61	12.60
Q Bridge (m3/s)	30.00	Crit W.S. (m)	9.81	9.83
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.59	3.63
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.22	0.22
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	138.48	136.63
Weir Submerg		Froude # Chl	0.04	0.05
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	197.44	193.80
Min El Weir Flow (m)	18.70	Hydr Depth (m)	2.38	2.37
Min El Prs (m)	19.24	W.P. Total (m)	68.34	67.75
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	7391.6	7269.8
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	58.11	57.63
BR Open Area (m2)	645.62	Frctn Loss (m)	0.00	0.00
BR Open Vel (m/s)	0.22	C & E Loss (m)	0.00	0.00
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	0.33	0.34
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00

Figura 14 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di fatto

6.1.2 Stato di progetto

La configurazione di stato di progetto prevede dal punto di vista idraulico l'utilizzo di una portata pari a $30 \text{ m}^3/\text{s}$ come condizione al contorno di monte ed una quota pari alla quota di regolazione e pari a 12.50 m s.l.m. come condizione al contorno di valle.

Le sezioni trasversali di riferimento sono le stesse utilizzate nella configurazione dello stato di fatto.

Il coefficiente di scabrezza secondo Manning è stato posto pari a $0.03 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ per il cunettone di base e pari a $0.015 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$ in corrispondenza delle lastre di calcestruzzo presenti sulle sponde.

Nello stato di progetto il ponte dell'autostrada Brennero-Modena è caratterizzato da una quota di intradosso pari a 19.20 m s.l.m. , la distanza tra gli assi delle pile in alveo è pari a 33.50 m .

Si riporta di seguito la sezione trasversale del ponte nella configurazione di stato di progetto.

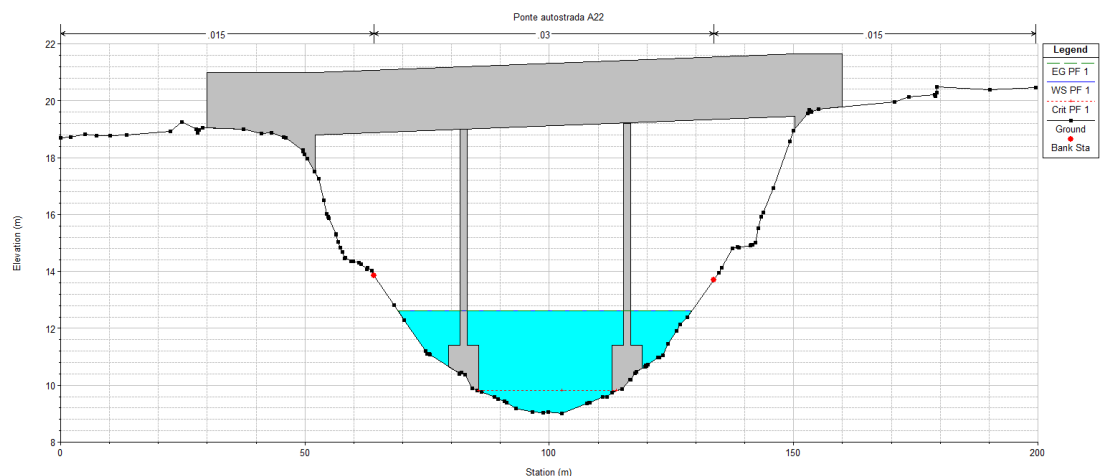


Figura 15 - Sezione trasversale del ponte dell'Autostrada del Brennero sul Canale Fissero Tartaro Canalbianco (configurazione di stato di progetto)

Si riporta di seguito l'andamento del profilo longitudinale della corrente per tutto il tratto della simulazione nella configurazione di stato di progetto.

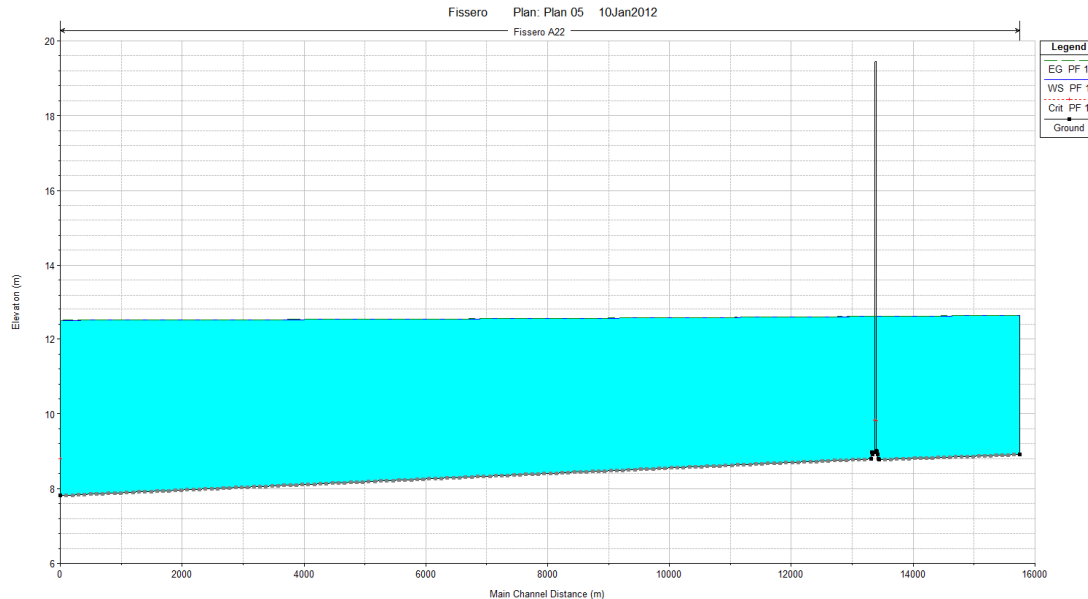


Figura 16 - Profilo longitudinale dell'intero tratto modellato - Configurazione di stato di progetto

Dai risultati della modellazione si evince che il ponte autostradale, nella configurazione di stato di progetto presenta un tirante pari a 12.61 m, contro una quota dell'intradosso del ponte calcolata in asse al canale pari a 19.12 m. Il tirante d'aria garantito in condizioni di piena è quindi di 6.51 m. Si riporta nella Figura 14 l'estratto delle caratteristiche idrodinamiche in corrispondenza del ponte dell'Autostradale.

River:	Fissero	Profile:	PF 1	Plan:	Plan 05
Reach:	A22	RS:	6.5		
Plan: Plan 05 Fissero A22 RS: 6.5 Profile: PF 1					
E.G. US. (m)	12.61	Element	Inside BR US	Inside BR DS	
W.S. US. (m)	12.61	E.G. Elev (m)	12.61	12.61	
Q Total (m3/s)	30.00	W.S. Elev (m)	12.60	12.60	
Q Bridge (m3/s)	30.00	Crit W.S. (m)	9.81	9.83	
Q Weir (m3/s)		Max Chl Dpth (m)	3.59	3.63	
Weir Sta Lft (m)		Vel Total (m/s)	0.24	0.24	
Weir Sta Rgt (m)		Flow Area (m2)	125.22	123.99	
Weir Submerg		Froude # Chl	0.05	0.05	
Weir Max Depth (m)		Specif Force (m3)	174.44	171.99	
Min El Weir Flow (m)	18.70	Hydr Depth (m)	2.19	2.18	
Min El Prs (m)	19.44	W.P. Total (m)	67.44	66.78	
Delta EG (m)	0.00	Conv. Total (m3/s)	6306.1	6243.7	
Delta WS (m)	0.00	Top Width (m)	57.31	56.82	
BR Open Area (m2)	648.56	Frctn Loss (m)	0.00	0.00	
BR Open Vel (m/s)	0.24	C & E Loss (m)	0.00	0.00	
Coef of Q		Shear Total (N/m2)	0.41	0.42	
Br Sel Method	Energy only	Power Total (N/m s)	0.00	0.00	
Errors, Warnings and Notes					

Figura 17 - Tabella delle grandezze idrodinamiche del ponte autostradale - Configurazione di stato di progetto

Dalle analisi effettuate si evince che il nuovo ponte in progetto, nelle più gravosi condizioni di piena garantisce un tirante d'aria pari a 6.51 m, idoneo a permettere il transito delle imbarcazioni di classe Va per le quali è dimensionata la via navigabile.

Implicitamente è verificato anche il tirante d'aria minimo previsto in sede normativa, pari ad 1.00 m.

6.2 Erosioni localizzate in corrispondenza delle pile in alveo

Per il calcolo dello scalzamento delle pile si è fatto riferimento alla trattazione proposta da Holmes di seguito esplicitata.

La formulazione suggerita da Holmes è stata utilizzata in quanto tiene conto di tutte le grandezze geometriche e morfodinamiche presenti nello specifico caso delle pile del canale navigabile Fissero Tartaro Canalbianco. L'utilizzo di tale trattazione è previsto dalla "Direttiva contenente i criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce "A" e "B"" al paragrafo 4.8.6 "La scelta della formula da utilizzare è demandata alle valutazioni da effettuare [...] in funzione della migliore rispondenza alle condizioni dello specifico caso e degli elementi conoscitivi migliori".

6.2.1 Formula di Holmes

Holmes propone la seguente formula:

$$H_s = H_{sl} + d_{so}$$

nella quale:

H_s profondità di scalzamento valutata dalla quota di pelo libero della piena di riferimento;

H_{sl} profondità dello scalzamento medio del fondo in corrispondenza della pila dovuto all'erosione generalizzata del fondo;

d_{so} profondità dell'erosione localizzata ai piedi della pila a partire della quota prodotta da H_{sl} ;

Il termine H_{sl} è il maggiore tra i valori forniti dalle due seguenti espressioni:

$$H_{sl} = Y_0$$

$$H_{sl} = y_r \frac{V_0'}{\sqrt{g \frac{A}{B} K_H}}$$

in cui:

- Y_0 profondità della corrente di piena indisturbata;
 y_r differenza tra il livello idrico medio ed il livello di piena;
 A area della sezione trasversale della corrente indisturbata;
 B larghezza della sezione trasversale;
 $V_{0'}$ velocità caratteristica della corrente in piena:

$$V_{0'} = \frac{Q}{A} \left[\frac{Y_0}{\frac{A}{B}} \right]^{\frac{2}{3}} C_H$$

- Q portata di piena di calcolo;
 C_H parametro che vale 1.2 per correnti convergenti e 1.0 negli altri casi;
 K_H parametro che rappresenta la capacità di trasporto della corrente

$$K_H = \sqrt{B/B_r}$$

dove

$$B_r = 4.85\sqrt{Q}$$

Il termine H_{s1} diventa efficace solamente quando si manifesta un reale e consistente abbassamento generalizzato del fondo, cioè quando:

$$\frac{y_r V_{0'}}{\sqrt{g \frac{A}{B} K_H}} - Y_0 > 0$$

Il termine d_{s0} è dato dalla seguente espressione:

$$d_{s0} = 0.8\sqrt{V_{0'} b}$$

nella quale:

- b dimensione trasversale caratteristica della pila, data dall'espressione:

$$b = b' f_3$$

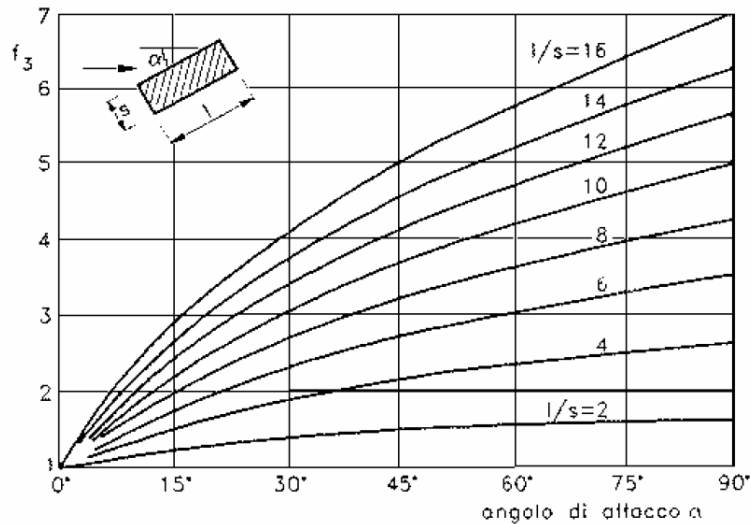


Figura 18 - Diagramma del coefficiente f_3

- b' larghezza della pila;
- l lunghezza della pila;
- α angolo di attacco della corrente;
- f_3 parametro di forma della pila:

$$f_3 = f(l/s, \alpha)$$

Formula di Holmes				
		NORD	SUD	
Profondità di scalzamento a partire dal pelo libero	H_s	3.27	3.27	[m]
Profondità di scalzamento a partire dal fondo alveo	Δz	0.46	0.48	[m]
Dati				
Profondità dello scalzamento medio del fondo dovuto all'erosione	H_{s1}	2.81	2.81	[m]
Profondità dell'erosione localizzata ai piedi della pila	d_{s0}	0.46	0.46	[m]
Profondità della corrente di piena indisturbata	Y_0	2.81	2.79	[m]
Differenza tra il livello idrico medio ed il livello di piena	y_r	0.11	0.11	[m]
Area della sezione trasversale della corrente indisturbata	A	143.28	143.28	[m ²]
Larghezza della sezione trasversale	B	60	60	[m]
Velocità caratteristica della corrente in piena	V_0'	0.24	0.24	[m/s]
Portata di piena di calcolo	Q	30	30	[m ³ /s]
	Br	26.56	26.56	[m]
parametro CH	C_H	1.2	1.2	[-]
Parametro della capacità di trasporto	K_H	1.50	1.50	[-]
Dimensione trasversale caratteristica della pila	b	1.4	1.4	[m]
Larghezza della pila	b'	1.4	1.4	[m]
Parametro di forma della pila	f_3	1.0	1.0	[-]
Lunghezza della pila	l	34.80	34.80	[m]
Angolo di incidenza	α	0.0	0.0	[°]

Tabella 10 - Valori utilizzati nel calcolo dello scavo - Formula di Holmes

Il parametro f_3 è pari a uno e viene ricavato dal diagramma riportato in Figura 18 considerando che l'angolo di attacco della corrente è pari a 0° . Nell'applicazione sistematica della formula, al fine di assumere condizioni cautelative di verifica, si è considerato sempre un valore di γ_r pari a Y_0 , considerando totalmente l'effetto della piena di riferimento.

Si sono inoltre inseriti nel calcolo i valori specifici del tirante riferiti alle singole pile analizzate, al fine di permettere un'ottimale stima dello scavo massimo.

Dall'analisi della formulazione sopraesposta emerge che lo scavo massimo teorico si assesta su valori pari a circa 0.46 m per la pila Nord e 0.48 m per la pila Sud.

I valori di quota di fondo alveo in corrispondenza delle due pile, Nord e Sud rispettivamente, attestano il fondo ad una quota pari a circa 10.75 m s.l.m. e 9.78 m s.l.m., evidenziando dunque la compatibilità degli stessi rispetto alla profondità di infissione delle pile presenti in alveo.

7 Conclusioni

L'esame critico delle simulazioni numeriche effettuate evidenzia come l'adeguamento dell'attraversamento autostradale sul canale navigabile Fissero – Tartaro – Canalbianco presenti un impatto idraulico del tutto trascurabile sull'ambiente fluviale verificando gli aspetti legati al deflusso della piena di progetto garantendo i franchi minimi sia per quanto riguarda la sicurezza in termini di protezione dalle piene sia per quanto riguarda il passaggio delle imbarcazioni di classe V CEMT sulla via navigabile.

8 Allegati

Elaborato A.4.2. – Studio delle caratteristiche degli ecosistemi fluviali

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Fissero Reach: A22 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
A22	12	PF 1	30.00	8.91	12.63		12.63	0.000011	0.20	150.92	62.75	0.04
A22	11.9583*	PF 1	30.00	8.91	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.09	62.70	0.04
A22	11.9166*	PF 1	30.00	8.90	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.25	62.64	0.04
A22	11.875*	PF 1	30.00	8.89	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.38	62.58	0.04
A22	11.8333*	PF 1	30.00	8.89	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.52	62.53	0.04
A22	11.7916*	PF 1	30.00	8.88	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.68	62.47	0.04
A22	11.75*	PF 1	30.00	8.88	12.62		12.63	0.000011	0.20	151.84	62.42	0.04
A22	11.7083*	PF 1	30.00	8.87	12.62		12.63	0.000011	0.20	152.01	62.36	0.04
A22	11.6666*	PF 1	30.00	8.86	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.17	62.30	0.04
A22	11.625*	PF 1	30.00	8.86	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.29	62.25	0.04
A22	11.5833*	PF 1	30.00	8.85	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.44	62.19	0.04
A22	11.5416*	PF 1	30.00	8.85	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.60	62.13	0.04
A22	11.5*	PF 1	30.00	8.84	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.76	62.08	0.04
A22	11.4583*	PF 1	30.00	8.83	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.92	62.02	0.04
A22	11.4166*	PF 1	30.00	8.83	12.62		12.62	0.000011	0.20	153.08	61.97	0.04
A22	11.375*	PF 1	30.00	8.82	12.62		12.62	0.000010	0.20	153.21	61.91	0.04
A22	11.3333*	PF 1	30.00	8.82	12.61		12.62	0.000010	0.20	153.35	61.85	0.04
A22	11.2916*	PF 1	30.00	8.81	12.61		12.62	0.000010	0.20	153.51	61.80	0.04
A22	11.25*	PF 1	30.00	8.81	12.61		12.61	0.000010	0.20	153.67	61.74	0.04
A22	11.2083*	PF 1	30.00	8.80	12.61		12.61	0.000010	0.20	153.83	61.69	0.04
A22	11.1666*	PF 1	30.00	8.79	12.61		12.61	0.000010	0.19	153.99	61.63	0.04
A22	11.125*	PF 1	30.00	8.79	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.12	61.58	0.04
A22	11.0833*	PF 1	30.00	8.78	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.25	61.52	0.04
A22	11.0416*	PF 1	30.00	8.78	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.41	61.46	0.04
A22	11	PF 1	30.00	8.77	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.57	61.41	0.04
A22	10	PF 1	30.00	8.79	12.61		12.61	0.000011	0.20	151.08	60.72	0.04
A22	09	PF 1	30.00	8.91	12.61		12.61	0.000012	0.21	145.57	60.61	0.04
A22	08	PF 1	30.00	9.00	12.61		12.61	0.000013	0.21	143.44	60.40	0.04
A22	07	PF 1	30.00	9.02	12.61	9.81	12.61	0.000013	0.21	143.26	60.11	0.04
A22	6.5		Bridge									
A22	06	PF 1	30.00	8.98	12.60		12.61	0.000013	0.21	141.33	59.63	0.04
A22	05	PF 1	30.00	8.97	12.60		12.61	0.000013	0.21	141.59	60.13	0.04
A22	04	PF 1	30.00	8.91	12.60		12.61	0.000014	0.22	136.93	59.59	0.05
A22	03	PF 1	30.00	8.97	12.60		12.61	0.000015	0.22	136.30	59.24	0.05
A22	02	PF 1	30.00	8.79	12.60		12.61	0.000013	0.21	141.83	59.09	0.04
A22	1.99253*	PF 1	30.00	8.79	12.60		12.60	0.000013	0.21	142.17	59.10	0.04
A22	1.98507*	PF 1	30.00	8.78	12.60		12.60	0.000013	0.21	142.58	59.12	0.04
A22	1.97761*	PF 1	30.00	8.77	12.60		12.60	0.000012	0.21	142.92	59.13	0.04
A22	1.97014*	PF 1	30.00	8.76	12.60		12.60	0.000012	0.21	143.27	59.14	0.04
A22	1.96268*	PF 1	30.00	8.76	12.60		12.60	0.000012	0.21	143.67	59.15	0.04
A22	1.95522*	PF 1	30.00	8.75	12.60		12.60	0.000012	0.21	144.02	59.16	0.04
A22	1.94776*	PF 1	30.00	8.74	12.60		12.60	0.000012	0.21	144.37	59.17	0.04
A22	1.94029*	PF 1	30.00	8.73	12.59		12.60	0.000012	0.21	144.76	59.18	0.04
A22	1.93283*	PF 1	30.00	8.73	12.59		12.60	0.000012	0.21	145.12	59.19	0.04
A22	1.92537*	PF 1	30.00	8.72	12.59		12.59	0.000012	0.21	145.47	59.20	0.04
A22	1.91791*	PF 1	30.00	8.71	12.59		12.59	0.000012	0.21	145.83	59.21	0.04
A22	1.91044*	PF 1	30.00	8.71	12.59		12.59	0.000012	0.21	146.23	59.23	0.04
A22	1.90298*	PF 1	30.00	8.70	12.59		12.59	0.000011	0.20	146.58	59.24	0.04
A22	1.89552*	PF 1	30.00	8.69	12.59		12.59	0.000011	0.20	146.94	59.25	0.04
A22	1.88806*	PF 1	30.00	8.68	12.59		12.59	0.000011	0.20	147.35	59.26	0.04
A22	1.88059*	PF 1	30.00	8.68	12.59		12.59	0.000011	0.20	147.70	59.27	0.04
A22	1.87313*	PF 1	30.00	8.67	12.58		12.59	0.000011	0.20	148.05	59.28	0.04
A22	1.86567*	PF 1	30.00	8.66	12.58		12.58	0.000011	0.20	148.47	59.29	0.04
A22	1.85820*	PF 1	30.00	8.65	12.58		12.58	0.000011	0.20	148.82	59.30	0.04
A22	1.85074*	PF 1	30.00	8.65	12.58		12.58	0.000011	0.20	149.18	59.31	0.04
A22	1.84328*	PF 1	30.00	8.64	12.58		12.58	0.000011	0.20	149.60	59.33	0.04
A22	1.83582*	PF 1	30.00	8.63	12.58		12.58	0.000011	0.20	149.96	59.34	0.04
A22	1.82835*	PF 1	30.00	8.62	12.58		12.58	0.000011	0.20	150.31	59.35	0.04
A22	1.82089*	PF 1	30.00	8.62	12.58		12.58	0.000010	0.20	150.73	59.36	0.04
A22	1.81343*	PF 1	30.00	8.61	12.58		12.58	0.000010	0.20	151.09	59.37	0.04
A22	1.80597*	PF 1	30.00	8.60	12.57		12.58	0.000010	0.20	151.45	59.38	0.04
A22	1.79850*	PF 1	30.00	8.60	12.57		12.58	0.000010	0.20	151.81	59.39	0.04
A22	1.79104*	PF 1	30.00	8.59	12.57		12.57	0.000010	0.20	152.23	59.40	0.04
A22	1.78358*	PF 1	30.00	8.58	12.57		12.57	0.000010	0.20	152.59	59.41	0.04
A22	1.77611*	PF 1	30.00	8.57	12.57		12.57	0.000010	0.20	152.95	59.42	0.04
A22	1.76865*	PF 1	30.00	8.57	12.57		12.57	0.000010	0.20	153.37	59.44	0.04
A22	1.76119*	PF 1	30.00	8.56	12.57		12.57	0.000010	0.20	153.74	59.45	0.04
A22	1.75373*	PF 1	30.00	8.55	12.57		12.57	0.000010	0.19	154.10	59.46	0.04
A22	1.74626*	PF 1	30.00	8.54	12.57		12.57	0.000010	0.19	154.52	59.47	0.04
A22	1.73880*	PF 1	30.00	8.54	12.57		12.57	0.000010	0.19	154.89	59.48	0.04
A22	1.73134*	PF 1	30.00	8.53	12.56		12.57	0.000010	0.19	155.25	59.49	0.04
A22	1.72388*	PF 1	30.00	8.52	12.56		12.57	0.000009	0.19	155.68	59.50	0.04
A22	1.71641*	PF 1	30.00	8.51	12.56		12.56	0.000009	0.19	156.04	59.51	0.04
A22	1.70895*	PF 1	30.00	8.51	12.56		12.56	0.000009	0.19	156.41	59.53	0.04
A22	1.70149*	PF 1	30.00	8.50	12.56		12.56	0.000009	0.19	156.83	59.54	0.04
A22	1.69403*	PF 1	30.00	8.49	12.56		12.56	0.000009	0.19	157.21	59.55	0.04
A22	1.68656*	PF 1	30.00	8.49	12.56		12.56	0.000009	0.19	157.57	59.56	0.04
A22	1.67910*	PF 1	30.00	8.48	12.56		12.56	0.000009	0.19	157.95	59.57	0.04
A22	1.67164*	PF 1	30.00	8.47	12.56		12.56	0.000009	0.19	158.37	59.58	0.04
A22	1.66417*	PF 1	30.00	8.46	12.56		12.56	0.000009	0.19	158.74	59.59	0.04
A22	1.65671*	PF 1	30.00	8.46	12.56		12.56	0.000009	0.19	159.11	59.60	0.04
A22	1.64925*	PF 1	30.00	8.45	12.55		12.56	0.000009	0.19	159.54	59.62	0.04
A22	1.64179*	PF 1	30.00	8.44	12.55		12.56	0.000009	0.19	159.91	59.63	0.04

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Fissero Reach: A22 Profile: PF 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
A22	1.63432*	PF 1	30.00	8.44	12.55		12.55	0.000009	0.19	160.29	59.64	0.04
A22	1.62686*	PF 1	30.00	8.43	12.55		12.55	0.000009	0.19	160.71	59.65	0.04
A22	1.61940*	PF 1	30.00	8.42	12.55		12.55	0.000008	0.19	161.09	59.66	0.04
A22	1.61194*	PF 1	30.00	8.41	12.55		12.55	0.000008	0.19	161.46	59.67	0.04
A22	1.60447*	PF 1	30.00	8.40	12.55		12.55	0.000008	0.19	161.89	59.68	0.04
A22	1.59701*	PF 1	30.00	8.40	12.55		12.55	0.000008	0.18	162.27	59.69	0.04
A22	1.58955*	PF 1	30.00	8.39	12.55		12.55	0.000008	0.18	162.65	59.71	0.04
A22	1.58209*	PF 1	30.00	8.38	12.55		12.55	0.000008	0.18	163.08	59.72	0.04
A22	1.57462*	PF 1	30.00	8.38	12.55		12.55	0.000008	0.18	163.46	59.73	0.04
A22	1.56716*	PF 1	30.00	8.37	12.55		12.55	0.000008	0.18	163.83	59.74	0.04
A22	1.55970*	PF 1	30.00	8.36	12.54		12.55	0.000008	0.18	164.22	59.75	0.04
A22	1.55223*	PF 1	30.00	8.35	12.54		12.55	0.000008	0.18	164.65	59.76	0.04
A22	1.54477*	PF 1	30.00	8.35	12.54		12.55	0.000008	0.18	165.03	59.77	0.03
A22	1.53731*	PF 1	30.00	8.34	12.54		12.54	0.000008	0.18	165.40	59.78	0.03
A22	1.52985*	PF 1	30.00	8.33	12.54		12.54	0.000008	0.18	165.84	59.80	0.03
A22	1.52238*	PF 1	30.00	8.33	12.54		12.54	0.000008	0.18	166.22	59.81	0.03
A22	1.51492*	PF 1	30.00	8.32	12.54		12.54	0.000008	0.18	166.60	59.82	0.03
A22	1.50746*	PF 1	30.00	8.31	12.54		12.54	0.000008	0.18	167.04	59.83	0.03
A22	1.5*	PF 1	30.00	8.30	12.54		12.54	0.000007	0.18	167.42	59.84	0.03
A22	1.49253*	PF 1	30.00	8.30	12.54		12.54	0.000007	0.18	167.80	59.85	0.03
A22	1.48507*	PF 1	30.00	8.29	12.54		12.54	0.000007	0.18	168.24	59.86	0.03
A22	1.47761*	PF 1	30.00	8.28	12.54		12.54	0.000007	0.18	168.62	59.87	0.03
A22	1.47015*	PF 1	30.00	8.27	12.54		12.54	0.000007	0.18	169.00	59.88	0.03
A22	1.46268*	PF 1	30.00	8.27	12.54		12.54	0.000007	0.18	169.44	59.90	0.03
A22	1.45522*	PF 1	30.00	8.26	12.53		12.54	0.000007	0.18	169.83	59.91	0.03
A22	1.44776*	PF 1	30.00	8.25	12.53		12.54	0.000007	0.18	170.21	59.92	0.03
A22	1.44029*	PF 1	30.00	8.24	12.53		12.53	0.000007	0.18	170.64	59.93	0.03
A22	1.43283*	PF 1	30.00	8.24	12.53		12.53	0.000007	0.18	171.04	59.94	0.03
A22	1.42537*	PF 1	30.00	8.23	12.53		12.53	0.000007	0.18	171.43	59.95	0.03
A22	1.41791*	PF 1	30.00	8.22	12.53		12.53	0.000007	0.17	171.81	59.96	0.03
A22	1.41044*	PF 1	30.00	8.21	12.53		12.53	0.000007	0.17	172.26	59.97	0.03
A22	1.40298*	PF 1	30.00	8.21	12.53		12.53	0.000007	0.17	172.64	59.99	0.03
A22	1.39552*	PF 1	30.00	8.20	12.53		12.53	0.000007	0.17	173.03	60.00	0.03
A22	1.38806*	PF 1	30.00	8.19	12.53		12.53	0.000007	0.17	173.47	60.01	0.03
A22	1.38059*	PF 1	30.00	8.19	12.53		12.53	0.000007	0.17	173.86	60.02	0.03
A22	1.37313*	PF 1	30.00	8.18	12.53		12.53	0.000007	0.17	174.25	60.03	0.03
A22	1.36567*	PF 1	30.00	8.17	12.53		12.53	0.000007	0.17	174.70	60.04	0.03
A22	1.35821*	PF 1	30.00	8.16	12.53		12.53	0.000006	0.17	175.09	60.05	0.03
A22	1.35074*	PF 1	30.00	8.16	12.53		12.53	0.000006	0.17	175.47	60.06	0.03
A22	1.34328*	PF 1	30.00	8.15	12.52		12.53	0.000006	0.17	175.92	60.08	0.03
A22	1.33582*	PF 1	30.00	8.14	12.52		12.53	0.000006	0.17	176.31	60.09	0.03
A22	1.32835*	PF 1	30.00	8.14	12.52		12.52	0.000006	0.17	176.70	60.10	0.03
A22	1.32089*	PF 1	30.00	8.13	12.52		12.52	0.000006	0.17	177.14	60.11	0.03
A22	1.31343*	PF 1	30.00	8.12	12.52		12.52	0.000006	0.17	177.54	60.12	0.03
A22	1.30597*	PF 1	30.00	8.11	12.52		12.52	0.000006	0.17	177.93	60.13	0.03
A22	1.29850*	PF 1	30.00	8.11	12.52		12.52	0.000006	0.17	178.33	60.14	0.03
A22	1.29104*	PF 1	30.00	8.10	12.52		12.52	0.000006	0.17	178.78	60.15	0.03
A22	1.28358*	PF 1	30.00	8.09	12.52		12.52	0.000006	0.17	179.17	60.16	0.03
A22	1.27612*	PF 1	30.00	8.08	12.52		12.52	0.000006	0.17	179.56	60.17	0.03
A22	1.26865*	PF 1	30.00	8.08	12.52		12.52	0.000006	0.17	180.01	60.19	0.03
A22	1.26119*	PF 1	30.00	8.07	12.52		12.52	0.000006	0.17	180.41	60.20	0.03
A22	1.25373*	PF 1	30.00	8.06	12.52		12.52	0.000006	0.17	180.80	60.21	0.03
A22	1.24626*	PF 1	30.00	8.05	12.52		12.52	0.000006	0.17	181.25	60.22	0.03
A22	1.23880*	PF 1	30.00	8.05	12.52		12.52	0.000006	0.17	181.65	60.23	0.03
A22	1.23134*	PF 1	30.00	8.04	12.52		12.52	0.000006	0.16	182.04	60.24	0.03
A22	1.22388*	PF 1	30.00	8.03	12.52		12.52	0.000006	0.16	182.49	60.25	0.03
A22	1.21641*	PF 1	30.00	8.03	12.51		12.52	0.000006	0.16	182.89	60.26	0.03
A22	1.20895*	PF 1	30.00	8.02	12.51		12.52	0.000006	0.16	183.29	60.27	0.03
A22	1.20149*	PF 1	30.00	8.01	12.51		12.51	0.000006	0.16	183.73	60.28	0.03
A22	1.19403*	PF 1	30.00	8.00	12.51		12.51	0.000006	0.16	184.14	60.30	0.03
A22	1.18656*	PF 1	30.00	8.00	12.51		12.51	0.000005	0.16	184.54	60.31	0.03
A22	1.17910*	PF 1	30.00	7.99	12.51		12.51	0.000005	0.16	184.94	60.32	0.03
A22	1.17164*	PF 1	30.00	7.98	12.51		12.51	0.000005	0.16	185.39	60.33	0.03
A22	1.16418*	PF 1	30.00	7.97	12.51		12.51	0.000005	0.16	185.79	60.34	0.03
A22	1.15671*	PF 1	30.00	7.97	12.51		12.51	0.000005	0.16	186.19	60.35	0.03
A22	1.14925*	PF 1	30.00	7.96	12.51		12.51	0.000005	0.16	186.64	60.36	0.03
A22	1.14179*	PF 1	30.00	7.95	12.51		12.51	0.000005	0.16	187.04	60.37	0.03
A22	1.13432*	PF 1	30.00	7.94	12.51		12.51	0.000005	0.16	187.44	60.38	0.03
A22	1.12686*	PF 1	30.00	7.94	12.51		12.51	0.000005	0.16	187.90	60.40	0.03
A22	1.11940*	PF 1	30.00	7.93	12.51		12.51	0.000005	0.16	188.30	60.41	0.03
A22	1.11194*	PF 1	30.00	7.92	12.51		12.51	0.000005	0.16	188.70	60.42	0.03
A22	1.10447*	PF 1	30.00	7.92	12.51		12.51	0.000005	0.16	189.16	60.43	0.03
A22	1.09701*	PF 1	30.00	7.91	12.51		12.51	0.000005	0.16	189.56	60.44	0.03
A22	1.08955*	PF 1	30.00	7.90	12.51		12.51	0.000005	0.16	189.96	60.45	0.03
A22	1.08209*	PF 1	30.00	7.89	12.51		12.51	0.000005	0.16	190.42	60.46	0.03
A22	1.07462*	PF 1	30.00	7.89	12.50		12.51	0.000005	0.16	190.83	60.47	0.03
A22	1.06716*	PF 1	30.00	7.88	12.50		12.51	0.000005	0.16	191.23	60.48	0.03
A22	1.05970*	PF 1	30.00	7.87	12.50		12.50	0.000005	0.16	191.64	60.49	0.03
A22	1.05224*	PF 1	30.00	7.86	12.50		12.50	0.000005	0.16	192.09	60.50	0.03
A22	1.04477*	PF 1	30.00	7.86	12.50		12.50	0.000005	0.16	192.49	60.51	0.03
A22	1.03731*	PF 1	30.00	7.85	12.50		12.50	0.000005	0.16	192.90	60.53	0.03
A22	1.02985*	PF 1	30.00	7.84	12.50		12.50	0.000005	0.16	193.36	60.54	0.03
A22	1.02238*	PF 1	30.00	7.83	12.50		12.50	0.000005	0.15	193.77	60.55	0.03

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Fissero Reach: A22 Profile: PF 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
A22	1.01492*	PF 1	30.00	7.83	12.50		12.50	0.000005	0.15	194.17	60.56	0.03
A22	1.00746*	PF 1	30.00	7.82	12.50		12.50	0.000005	0.15	194.63	60.57	0.03
A22	01	PF 1	30.00	7.81	12.50	8.79	12.50	0.000005	0.15	195.04	60.58	0.03

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Fissero Reach: A22 Profile: PF 1

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
A22	12	PF 1	30.00	8.91	12.63		12.63	0.000011	0.20	150.95	62.76	0.04
A22	11.9583*	PF 1	30.00	8.91	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.11	62.70	0.04
A22	11.9166*	PF 1	30.00	8.90	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.28	62.64	0.04
A22	11.875*	PF 1	30.00	8.89	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.40	62.59	0.04
A22	11.8333*	PF 1	30.00	8.89	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.54	62.53	0.04
A22	11.7916*	PF 1	30.00	8.88	12.63		12.63	0.000011	0.20	151.71	62.47	0.04
A22	11.75*	PF 1	30.00	8.88	12.62		12.63	0.000011	0.20	151.87	62.42	0.04
A22	11.7083*	PF 1	30.00	8.87	12.62		12.63	0.000011	0.20	152.03	62.36	0.04
A22	11.6666*	PF 1	30.00	8.86	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.19	62.31	0.04
A22	11.625*	PF 1	30.00	8.86	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.32	62.25	0.04
A22	11.5833*	PF 1	30.00	8.85	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.46	62.19	0.04
A22	11.5416*	PF 1	30.00	8.85	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.62	62.14	0.04
A22	11.5*	PF 1	30.00	8.84	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.78	62.08	0.04
A22	11.4583*	PF 1	30.00	8.83	12.62		12.62	0.000011	0.20	152.94	62.03	0.04
A22	11.4166*	PF 1	30.00	8.83	12.62		12.62	0.000010	0.20	153.10	61.97	0.04
A22	11.375*	PF 1	30.00	8.82	12.62		12.62	0.000010	0.20	153.24	61.91	0.04
A22	11.3333*	PF 1	30.00	8.82	12.61		12.62	0.000010	0.20	153.37	61.86	0.04
A22	11.2916*	PF 1	30.00	8.81	12.61		12.62	0.000010	0.20	153.53	61.80	0.04
A22	11.25*	PF 1	30.00	8.81	12.61		12.61	0.000010	0.20	153.69	61.75	0.04
A22	11.2083*	PF 1	30.00	8.80	12.61		12.61	0.000010	0.19	153.85	61.69	0.04
A22	11.1666*	PF 1	30.00	8.79	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.01	61.64	0.04
A22	11.125*	PF 1	30.00	8.79	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.14	61.58	0.04
A22	11.0833*	PF 1	30.00	8.78	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.28	61.52	0.04
A22	11.0416*	PF 1	30.00	8.78	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.44	61.47	0.04
A22	11	PF 1	30.00	8.77	12.61		12.61	0.000010	0.19	154.60	61.41	0.04
A22	10	PF 1	30.00	8.79	12.61		12.61	0.000011	0.20	151.10	60.72	0.04
A22	09	PF 1	30.00	8.91	12.61		12.61	0.000012	0.21	145.59	60.62	0.04
A22	08	PF 1	30.00	9.00	12.61		12.61	0.000013	0.21	143.46	60.40	0.04
A22	07	PF 1	30.00	9.02	12.61	9.81	12.61	0.000013	0.21	143.28	60.12	0.04
A22	6.5		Bridge									
A22	06	PF 1	30.00	8.98	12.60		12.61	0.000013	0.21	141.33	59.63	0.04
A22	05	PF 1	30.00	8.97	12.60		12.61	0.000013	0.21	141.59	60.13	0.04
A22	04	PF 1	30.00	8.91	12.60		12.61	0.000014	0.22	136.93	59.59	0.05
A22	03	PF 1	30.00	8.97	12.60		12.61	0.000015	0.22	136.30	59.24	0.05
A22	02	PF 1	30.00	8.79	12.60		12.61	0.000013	0.21	141.83	59.09	0.04
A22	1.99253*	PF 1	30.00	8.79	12.60		12.60	0.000013	0.21	142.17	59.10	0.04
A22	1.98507*	PF 1	30.00	8.78	12.60		12.60	0.000013	0.21	142.58	59.12	0.04
A22	1.97761*	PF 1	30.00	8.77	12.60		12.60	0.000012	0.21	142.92	59.13	0.04
A22	1.97014*	PF 1	30.00	8.76	12.60		12.60	0.000012	0.21	143.27	59.14	0.04
A22	1.96268*	PF 1	30.00	8.76	12.60		12.60	0.000012	0.21	143.67	59.15	0.04
A22	1.95522*	PF 1	30.00	8.75	12.60		12.60	0.000012	0.21	144.02	59.16	0.04
A22	1.94776*	PF 1	30.00	8.74	12.60		12.60	0.000012	0.21	144.37	59.17	0.04
A22	1.94029*	PF 1	30.00	8.73	12.59		12.60	0.000012	0.21	144.76	59.18	0.04
A22	1.93283*	PF 1	30.00	8.73	12.59		12.60	0.000012	0.21	145.12	59.19	0.04
A22	1.92537*	PF 1	30.00	8.72	12.59		12.59	0.000012	0.21	145.47	59.20	0.04
A22	1.91791*	PF 1	30.00	8.71	12.59		12.59	0.000012	0.21	145.83	59.21	0.04
A22	1.91044*	PF 1	30.00	8.71	12.59		12.59	0.000012	0.21	146.23	59.23	0.04
A22	1.90298*	PF 1	30.00	8.70	12.59		12.59	0.000011	0.20	146.58	59.24	0.04
A22	1.89552*	PF 1	30.00	8.69	12.59		12.59	0.000011	0.20	146.94	59.25	0.04
A22	1.88806*	PF 1	30.00	8.68	12.59		12.59	0.000011	0.20	147.35	59.26	0.04
A22	1.88059*	PF 1	30.00	8.68	12.59		12.59	0.000011	0.20	147.70	59.27	0.04
A22	1.87313*	PF 1	30.00	8.67	12.58		12.59	0.000011	0.20	148.05	59.28	0.04
A22	1.86567*	PF 1	30.00	8.66	12.58		12.58	0.000011	0.20	148.47	59.29	0.04
A22	1.85820*	PF 1	30.00	8.65	12.58		12.58	0.000011	0.20	148.82	59.30	0.04
A22	1.85074*	PF 1	30.00	8.65	12.58		12.58	0.000011	0.20	149.18	59.31	0.04
A22	1.84328*	PF 1	30.00	8.64	12.58		12.58	0.000011	0.20	149.60	59.33	0.04
A22	1.83582*	PF 1	30.00	8.63	12.58		12.58	0.000011	0.20	149.96	59.34	0.04
A22	1.82835*	PF 1	30.00	8.62	12.58		12.58	0.000011	0.20	150.31	59.35	0.04
A22	1.82089*	PF 1	30.00	8.62	12.58		12.58	0.000010	0.20	150.73	59.36	0.04
A22	1.81343*	PF 1	30.00	8.61	12.58		12.58	0.000010	0.20	151.09	59.37	0.04
A22	1.80597*	PF 1	30.00	8.60	12.57		12.58	0.000010	0.20	151.45	59.38	0.04
A22	1.79850*	PF 1	30.00	8.60	12.57		12.58	0.000010	0.20	151.81	59.39	0.04
A22	1.79104*	PF 1	30.00	8.59	12.57		12.57	0.000010	0.20	152.23	59.40	0.04
A22	1.78358*	PF 1	30.00	8.58	12.57		12.57	0.000010	0.20	152.59	59.41	0.04
A22	1.77611*	PF 1	30.00	8.57	12.57		12.57	0.000010	0.20	152.95	59.42	0.04
A22	1.76865*	PF 1	30.00	8.57	12.57		12.57	0.000010	0.20	153.37	59.44	0.04
A22	1.76119*	PF 1	30.00	8.56	12.57		12.57	0.000010	0.20	153.74	59.45	0.04
A22	1.75373*	PF 1	30.00	8.55	12.57		12.57	0.000010	0.19	154.10	59.46	0.04
A22	1.74626*	PF 1	30.00	8.54	12.57		12.57	0.000010	0.19	154.52	59.47	0.04
A22	1.73880*	PF 1	30.00	8.54	12.57		12.57	0.000010	0.19	154.89	59.48	0.04
A22	1.73134*	PF 1	30.00	8.53	12.56		12.57	0.000010	0.19	155.25	59.49	0.04
A22	1.72388*	PF 1	30.00	8.52	12.56		12.57	0.000009	0.19	155.68	59.50	0.04
A22	1.71641*	PF 1	30.00	8.51	12.56		12.56	0.000009	0.19	156.04	59.51	0.04
A22	1.70895*	PF 1	30.00	8.51	12.56		12.56	0.000009	0.19	156.41	59.53	0.04
A22	1.70149*	PF 1	30.00	8.50	12.56		12.56	0.000009	0.19	156.83	59.54	0.04
A22	1.69403*	PF 1	30.00	8.49	12.56		12.56	0.000009	0.19	157.21	59.55	0.04
A22	1.68656*	PF 1	30.00	8.49	12.56		12.56	0.000009	0.19	157.57	59.56	0.04
A22	1.67910*	PF 1	30.00	8.48	12.56		12.56	0.000009	0.19	157.95	59.57	0.04
A22	1.67164*	PF 1	30.00	8.47	12.56		12.56	0.000009	0.19	158.37	59.58	0.04
A22	1.66417*	PF 1	30.00	8.46	12.56		12.56	0.000009	0.19	158.74	59.59	0.04
A22	1.65671*	PF 1	30.00	8.46	12.56		12.56	0.000009	0.19	159.11	59.60	0.04
A22	1.64925*	PF 1	30.00	8.45	12.55		12.56	0.000009	0.19	159.54	59.62	0.04
A22	1.64179*	PF 1	30.00	8.44	12.55		12.56	0.000009	0.19	159.91	59.63	0.04

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Fissero Reach: A22 Profile: PF 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
A22	1.63432*	PF 1	30.00	8.44	12.55		12.55	0.000009	0.19	160.29	59.64	0.04
A22	1.62686*	PF 1	30.00	8.43	12.55		12.55	0.000009	0.19	160.71	59.65	0.04
A22	1.61940*	PF 1	30.00	8.42	12.55		12.55	0.000008	0.19	161.09	59.66	0.04
A22	1.61194*	PF 1	30.00	8.41	12.55		12.55	0.000008	0.19	161.46	59.67	0.04
A22	1.60447*	PF 1	30.00	8.40	12.55		12.55	0.000008	0.19	161.89	59.68	0.04
A22	1.59701*	PF 1	30.00	8.40	12.55		12.55	0.000008	0.18	162.27	59.69	0.04
A22	1.58955*	PF 1	30.00	8.39	12.55		12.55	0.000008	0.18	162.65	59.71	0.04
A22	1.58209*	PF 1	30.00	8.38	12.55		12.55	0.000008	0.18	163.08	59.72	0.04
A22	1.57462*	PF 1	30.00	8.38	12.55		12.55	0.000008	0.18	163.46	59.73	0.04
A22	1.56716*	PF 1	30.00	8.37	12.55		12.55	0.000008	0.18	163.83	59.74	0.04
A22	1.55970*	PF 1	30.00	8.36	12.54		12.55	0.000008	0.18	164.22	59.75	0.04
A22	1.55223*	PF 1	30.00	8.35	12.54		12.55	0.000008	0.18	164.65	59.76	0.04
A22	1.54477*	PF 1	30.00	8.35	12.54		12.55	0.000008	0.18	165.03	59.77	0.03
A22	1.53731*	PF 1	30.00	8.34	12.54		12.54	0.000008	0.18	165.40	59.78	0.03
A22	1.52985*	PF 1	30.00	8.33	12.54		12.54	0.000008	0.18	165.84	59.80	0.03
A22	1.52238*	PF 1	30.00	8.33	12.54		12.54	0.000008	0.18	166.22	59.81	0.03
A22	1.51492*	PF 1	30.00	8.32	12.54		12.54	0.000008	0.18	166.60	59.82	0.03
A22	1.50746*	PF 1	30.00	8.31	12.54		12.54	0.000008	0.18	167.04	59.83	0.03
A22	1.5*	PF 1	30.00	8.30	12.54		12.54	0.000007	0.18	167.42	59.84	0.03
A22	1.49253*	PF 1	30.00	8.30	12.54		12.54	0.000007	0.18	167.80	59.85	0.03
A22	1.48507*	PF 1	30.00	8.29	12.54		12.54	0.000007	0.18	168.24	59.86	0.03
A22	1.47761*	PF 1	30.00	8.28	12.54		12.54	0.000007	0.18	168.62	59.87	0.03
A22	1.47015*	PF 1	30.00	8.27	12.54		12.54	0.000007	0.18	169.00	59.88	0.03
A22	1.46268*	PF 1	30.00	8.27	12.54		12.54	0.000007	0.18	169.44	59.90	0.03
A22	1.45522*	PF 1	30.00	8.26	12.53		12.54	0.000007	0.18	169.83	59.91	0.03
A22	1.44776*	PF 1	30.00	8.25	12.53		12.54	0.000007	0.18	170.21	59.92	0.03
A22	1.44029*	PF 1	30.00	8.24	12.53		12.53	0.000007	0.18	170.64	59.93	0.03
A22	1.43283*	PF 1	30.00	8.24	12.53		12.53	0.000007	0.18	171.04	59.94	0.03
A22	1.42537*	PF 1	30.00	8.23	12.53		12.53	0.000007	0.18	171.43	59.95	0.03
A22	1.41791*	PF 1	30.00	8.22	12.53		12.53	0.000007	0.17	171.81	59.96	0.03
A22	1.41044*	PF 1	30.00	8.21	12.53		12.53	0.000007	0.17	172.26	59.97	0.03
A22	1.40298*	PF 1	30.00	8.21	12.53		12.53	0.000007	0.17	172.64	59.99	0.03
A22	1.39552*	PF 1	30.00	8.20	12.53		12.53	0.000007	0.17	173.03	60.00	0.03
A22	1.38806*	PF 1	30.00	8.19	12.53		12.53	0.000007	0.17	173.47	60.01	0.03
A22	1.38059*	PF 1	30.00	8.19	12.53		12.53	0.000007	0.17	173.86	60.02	0.03
A22	1.37313*	PF 1	30.00	8.18	12.53		12.53	0.000007	0.17	174.25	60.03	0.03
A22	1.36567*	PF 1	30.00	8.17	12.53		12.53	0.000007	0.17	174.70	60.04	0.03
A22	1.35821*	PF 1	30.00	8.16	12.53		12.53	0.000006	0.17	175.09	60.05	0.03
A22	1.35074*	PF 1	30.00	8.16	12.53		12.53	0.000006	0.17	175.47	60.06	0.03
A22	1.34328*	PF 1	30.00	8.15	12.52		12.53	0.000006	0.17	175.92	60.08	0.03
A22	1.33582*	PF 1	30.00	8.14	12.52		12.53	0.000006	0.17	176.31	60.09	0.03
A22	1.32835*	PF 1	30.00	8.14	12.52		12.52	0.000006	0.17	176.70	60.10	0.03
A22	1.32089*	PF 1	30.00	8.13	12.52		12.52	0.000006	0.17	177.14	60.11	0.03
A22	1.31343*	PF 1	30.00	8.12	12.52		12.52	0.000006	0.17	177.54	60.12	0.03
A22	1.30597*	PF 1	30.00	8.11	12.52		12.52	0.000006	0.17	177.93	60.13	0.03
A22	1.29850*	PF 1	30.00	8.11	12.52		12.52	0.000006	0.17	178.33	60.14	0.03
A22	1.29104*	PF 1	30.00	8.10	12.52		12.52	0.000006	0.17	178.78	60.15	0.03
A22	1.28358*	PF 1	30.00	8.09	12.52		12.52	0.000006	0.17	179.17	60.16	0.03
A22	1.27612*	PF 1	30.00	8.08	12.52		12.52	0.000006	0.17	179.56	60.17	0.03
A22	1.26865*	PF 1	30.00	8.08	12.52		12.52	0.000006	0.17	180.01	60.19	0.03
A22	1.26119*	PF 1	30.00	8.07	12.52		12.52	0.000006	0.17	180.41	60.20	0.03
A22	1.25373*	PF 1	30.00	8.06	12.52		12.52	0.000006	0.17	180.80	60.21	0.03
A22	1.24626*	PF 1	30.00	8.05	12.52		12.52	0.000006	0.17	181.25	60.22	0.03
A22	1.23880*	PF 1	30.00	8.05	12.52		12.52	0.000006	0.17	181.65	60.23	0.03
A22	1.23134*	PF 1	30.00	8.04	12.52		12.52	0.000006	0.16	182.04	60.24	0.03
A22	1.22388*	PF 1	30.00	8.03	12.52		12.52	0.000006	0.16	182.49	60.25	0.03
A22	1.21641*	PF 1	30.00	8.03	12.51		12.52	0.000006	0.16	182.89	60.26	0.03
A22	1.20895*	PF 1	30.00	8.02	12.51		12.52	0.000006	0.16	183.29	60.27	0.03
A22	1.20149*	PF 1	30.00	8.01	12.51		12.51	0.000006	0.16	183.73	60.28	0.03
A22	1.19403*	PF 1	30.00	8.00	12.51		12.51	0.000006	0.16	184.14	60.30	0.03
A22	1.18656*	PF 1	30.00	8.00	12.51		12.51	0.000005	0.16	184.54	60.31	0.03
A22	1.17910*	PF 1	30.00	7.99	12.51		12.51	0.000005	0.16	184.94	60.32	0.03
A22	1.17164*	PF 1	30.00	7.98	12.51		12.51	0.000005	0.16	185.39	60.33	0.03
A22	1.16418*	PF 1	30.00	7.97	12.51		12.51	0.000005	0.16	185.79	60.34	0.03
A22	1.15671*	PF 1	30.00	7.97	12.51		12.51	0.000005	0.16	186.19	60.35	0.03
A22	1.14925*	PF 1	30.00	7.96	12.51		12.51	0.000005	0.16	186.64	60.36	0.03
A22	1.14179*	PF 1	30.00	7.95	12.51		12.51	0.000005	0.16	187.04	60.37	0.03
A22	1.13432*	PF 1	30.00	7.94	12.51		12.51	0.000005	0.16	187.44	60.38	0.03
A22	1.12686*	PF 1	30.00	7.94	12.51		12.51	0.000005	0.16	187.90	60.40	0.03
A22	1.11940*	PF 1	30.00	7.93	12.51		12.51	0.000005	0.16	188.30	60.41	0.03
A22	1.11194*	PF 1	30.00	7.92	12.51		12.51	0.000005	0.16	188.70	60.42	0.03
A22	1.10447*	PF 1	30.00	7.92	12.51		12.51	0.000005	0.16	189.16	60.43	0.03
A22	1.09701*	PF 1	30.00	7.91	12.51		12.51	0.000005	0.16	189.56	60.44	0.03
A22	1.08955*	PF 1	30.00	7.90	12.51		12.51	0.000005	0.16	189.96	60.45	0.03
A22	1.08209*	PF 1	30.00	7.89	12.51		12.51	0.000005	0.16	190.42	60.46	0.03
A22	1.07462*	PF 1	30.00	7.89	12.50		12.51	0.000005	0.16	190.83	60.47	0.03
A22	1.06716*	PF 1	30.00	7.88	12.50		12.51	0.000005	0.16	191.23	60.48	0.03
A22	1.05970*	PF 1	30.00	7.87	12.50		12.50	0.000005	0.16	191.64	60.49	0.03
A22	1.05224*	PF 1	30.00	7.86	12.50		12.50	0.000005	0.16	192.09	60.50	0.03
A22	1.04477*	PF 1	30.00	7.86	12.50		12.50	0.000005	0.16	192.49	60.51	0.03
A22	1.03731*	PF 1	30.00	7.85	12.50		12.50	0.000005	0.16	192.90	60.53	0.03
A22	1.02985*	PF 1	30.00	7.84	12.50		12.50	0.000005	0.16	193.36	60.54	0.03
A22	1.02238*	PF 1	30.00	7.83	12.50		12.50	0.000005	0.15	193.77	60.55	0.03

HEC-RAS Plan: Plan 05 River: Fissero Reach: A22 Profile: PF 1 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
A22	1.01492*	PF 1	30.00	7.83	12.50		12.50	0.000005	0.15	194.17	60.56	0.03
A22	1.00746*	PF 1	30.00	7.82	12.50		12.50	0.000005	0.15	194.63	60.57	0.03
A22	01	PF 1	30.00	7.81	12.50	8.79	12.50	0.000005	0.15	195.04	60.58	0.03