

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. INQUADRAMENTO NORMATIVO	3
3. CRITERI GENERALI	4
3.1. Articolazione dello studio.....	4
4. L'APPLICAZIONE DEI MODELLI UTILIZZATI	6
4.1. Il modello per la propagazione dell'onda di piena	6
5. AMBITO DI RIFERIMENTO.....	9
5.1. Il comprensorio di Bonifica	9
5.2. Tracciato autostradale interferente con il corso d'acqua.....	10
6. INQUADRAMENTO TERRITORIALE CANALE CAVEZZO.....	11
6.1. Caratteristiche idrografiche.....	11
6.2. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo e tendenza morfo-evolutiva	11
7. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO E DELLE CONDIZIONI DI VALLE	16
8. VERIFICHE IDRAULICHE	18
8.1. Attraversamento ed opere idrauliche connesse	18
8.2. Verifica di compatibilità idraulica stato di fatto/stato di progetto.....	18
8.2.1. Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento.....	19
8.2.2. Valutazione della compatibilità idraulica	25
8.3. Verifica di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisoriale.....	30
9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA	31
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRESCRIZIONI DEL CONSORZIO	32

1. PREMESSA

La presente relazione è parte integrante del Progetto Definitivo dell'Autostrada Regionale Cispadana, ed in particolare dell'Asse autostradale compreso tra il casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 e il casello di Ferrara Sud sulla A13 e si propone di definire le grandezze idrauliche di riferimento e, di conseguenza, di stabilire gli interventi e gli accorgimenti da adottare, al fine di garantire la compatibilità tra le infrastrutture di attraversamento e il Canale Diversivo di Cavezzo.

Il percorso di definizione progettuale delle opere di compatibilità idraulica tiene conto in generale delle prescrizioni impartite durante la Conferenza dei Servizi che si è conclusa con l'approvazione del Progetto Preliminare nel Dicembre 2011, anche se in realtà nel progetto preliminare non era prevista la trincea di San Giacomo Roncole in prossimità dell'attraversamento. Questa scelta progettuale impone che il passaggio stradale sopra il canale Cavezzo sia vincolato dal rispetto delle pendenze della rampa di collegamento con la trincea stessa, per cui l'impalcato del ponte taglia con sezione inclinata l'asse del canale.

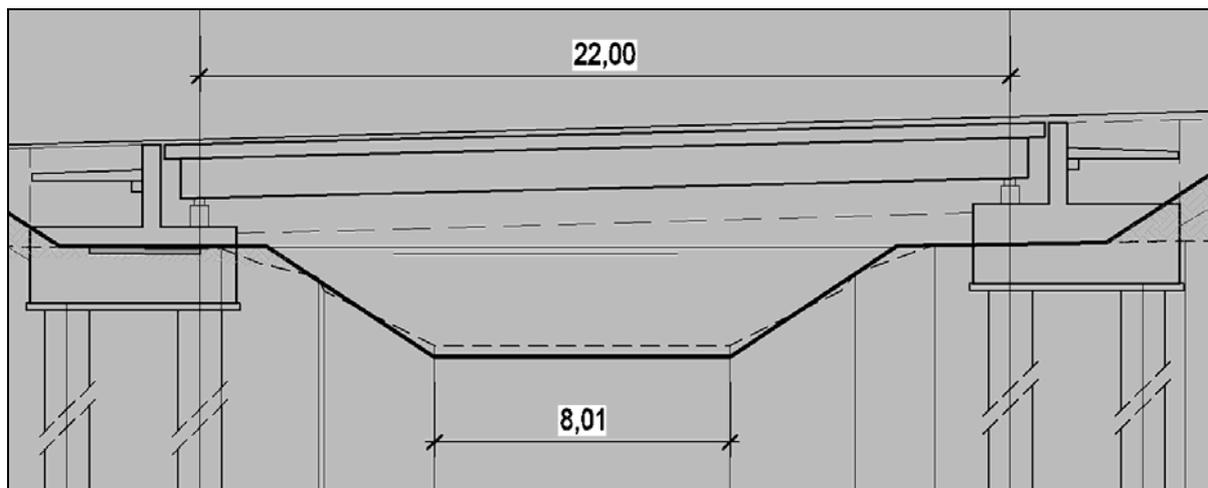


FIGURA 1-1 PONTE SUL CANALE DIVERSIVO DI CAVEZZO

Lo studio eseguito, nonché i risultati delle modellazioni numeriche effettuate, hanno consentito di definire le caratteristiche geometriche che le infrastrutture di attraversamento devono rispettare, sia in termini di impalcato che di spalle con le relative fondazioni, ai fini della compatibilità con i processi idrodinamici. Sulla base delle risultanze ottenute sono state, inoltre, progettate le opere di presidio idraulico, sia di tipo attivo che passivo, necessarie alla minimizzazione delle mutue interferenze tra struttura e corso d'acqua nel rispetto delle prescrizioni impartite.

2. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Le analisi idrauliche, di seguito riportate, sono state condotte rispettando gli indirizzi e le prescrizioni riportate nella normativa di riferimento nazionale, elencata nell'elaborato PD_0_000_00000_0_GE_KT_01_A Elenco delle Normative di Riferimento.

Lungo tutto lo sviluppo dell'analisi e della progettazione idraulica dell' attraversamento in oggetto ci si è, inoltre, attenuti e riferiti a tutto l'insieme di indicazioni e prescrizioni (Norme di polizia idraulica) impartite dall'ente gestore (Consorzio di Bonifica), con il quale è stato attivato un positivo confronto.

3. CRITERI GENERALI

3.1. Articolazione dello studio

Lo studio idrologico-idraulico, nel suo complesso, si è articolato nelle seguenti fasi.

Fase 1[^]: Definizione di un quadro conoscitivo di riferimento morfologico e idraulico

Scopo di questa fase è di predisporre uno strumento conoscitivo in grado di valutare le sollecitazioni idrauliche del corso d'acqua nel tratto di interesse, intese quali idrogrammi di piena (livelli e portate), ricavate attraverso analisi idrologiche e processi di modellazione matematica, e le condizioni idrauliche al contorno, sia a monte che a valle, per quanto non espresso dagli eventuali dati idrometrici disponibili.

Il rilievo delle sezioni trasversali aggiornato al 2011 proprio nell'ambito della presente progettazione definitiva, ha permesso, inoltre, di definire la geometria del corso d'acqua nel tratto oggetto di studio.

Fase 2[^]: Analisi idraulica del corso d'acqua

L'analisi idrologica ed idraulica effettuata per il Canale Diversivo di Cavezzo rispecchia le considerazioni fatte per i diversi ambiti territoriali esaminati per le verifiche idrauliche delle diverse porzioni del tracciato autostradale, in quanto ciascuna di esse presenta peculiari caratteristiche morfologiche e climatologiche che modificano i parametri idrologici connessi alla formazione ed al deflusso delle piene.

La particolare caratteristica dei corsi d'acqua di bonifica risiede proprio nella loro funzionalità e negli usi a cui sono preposti; l'ambivalenza delle funzioni di scolo ed irrigazione rende non poco difficile l'analisi idrologica in quanto, a rigore, essi vanno studiati sotto il profilo della funzione di drenaggio delle acque meteoriche, tuttavia essi sono utilizzati, soprattutto nelle stagioni primaverili ed estive, anche per irrigazione mantenendo alti i livelli in alveo e riducendo la capacità di assorbimento di eventi pluviometrici importanti. Ai fini della caratterizzazione dei deflussi dei canali principali è stata predisposta una modellazione matematica volta ad individuare i livelli idrometrici da assumere a riferimento per la progettazione dei manufatti di attraversamento.

Lo studio è stato condotto adottando parametri progettuali e di verifica cautelativi, estendendo le prescrizioni tecniche stabilite dall'Autorità di bacino per il Po nell'ambito del PAI anche sui canali principali. Tra i parametri progettuali si è scelta come condizione più critica la funzione di scolo.

La portata massima è stata assunta, in accordo con l'esperienza e le indicazioni del Consorzio, pari alla massima portata sostenibile lungo tutto il tratto modellato del Canale Diversivo di Cavezzo. È stata inoltre valutata una Qms incrementata del 30% per prendere in considerazione anche i possibili futuri afflussi meteorici dovuti all'incremento delle superfici urbanizzate nel territorio oggetto di intervento.

Per poter risolvere i tratti di maggior criticità del cavo sono state impostate verifiche anche nell'ipotesi di adeguamento arginale lungo buona parte del tratto di corso d'acqua analizzato.

L'analisi idraulica è stata condotta mediante modellazione matematica in moto permanente, si sono indagate e confrontate la condizione attuale, stato di fatto e quella futura, stato di progetto.

Fase 3^a: Progettazione delle opere di presidio idraulico

Sulla base delle risultanze delle analisi idrauliche si è, quindi, proceduto alla definizione delle opere di presidio idraulico necessarie a garantire sia l'ufficiosità idraulica delle strutture in progetto, che la compatibilità delle stesse con le dinamiche del corso d'acqua. Sono stati, inoltre, definiti gli accorgimenti e gli interventi necessari alla risoluzione delle interferenze con gli ulteriori elementi idraulici presenti. Per il progetto delle difese attive sono state privilegiate soluzioni di ingegneria naturalistica a basso impatto ambientale, condivise con gli Enti preposti al governo del territorio.

4. L'APPLICAZIONE DEI MODELLI UTILIZZATI

4.1. Il modello per la propagazione dell'onda di piena

Per il Canale Diversivo di Cavezzo è stata condotta un'analisi idraulica mediante modellazione numerica monodimensionale. La ricostruzione in formato digitale delle morfologie dell'alveo, delle arginature e delle aree limitrofe si è basata sui dati geometrici desunti dal rilievo topografico realizzato ad hoc per questa fase progettuale.

Il confronto tra le dinamiche idrauliche nello stato di fatto ed in quello di progetto, che prevede la realizzazione del tracciato autostradale e delle relative opere accessorie, ha consentito di evidenziare sia il funzionamento attuale del corso d'acqua, sia l'influenza apportata dall'infrastruttura in esame. Tali influenze si riconducono soprattutto ad alterazioni dei profili di rigurgito e di velocità della corrente, mentre dall'analisi modellistiche nello stato di fatto si desumono i vincoli geometrici che l'opera di attraversamento deve rispettare, in termini di quota dell'intradosso e di posizione delle spalle del viadotto.

Il modello adottato per le simulazioni matematiche effettuate, integra numericamente le equazioni differenziali del moto vario per correnti monodimensionali gradualmente variate. L'ipotesi di monodimensionalità è ampiamente giustificata nella grande maggioranza dei tratti dei corsi analoghi a quelli in esame; essa risulta poco corretta solo in corrispondenza di brusche variazioni nella geometria della sezione liquida trasversale, ma in tali circostanze il raffittimento del rilievo geometrico limita le possibili fonti di imprecisione.

Il modello utilizzato, è *HEC-RAS River Analysis System*, elaborato dall'*Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers degli U.S.A.* (versione 4.1.0).

Si tratta di uno strumento d'applicabilità molto ampia, largamente utilizzato presso Enti Pubblici e Privati negli Stati Uniti e in oltre 40 nazioni, ed ormai adottato anche da molti Enti Pubblici Italiani.

Il modello è stato progettato per contenere vari moduli di analisi idraulica monodimensionale: analisi di moto permanente, analisi del moto vario, analisi del trasporto solido in letto mobile. Tra le diverse componenti quella utilizzata nel presente studio consiste nell'algoritmo di calcolo idraulico per la determinazione delle variazioni della portata, della velocità, della larghezza del pelo libero della corrente e di altre caratteristiche idrauliche del moto durante la propagazione verso valle della corrente idrica di portata nota, per effetto della capacità di laminazione naturale dell'alveo, della sua resistenza d'attrito, della presenza di opere interagenti con la corrente (ponti e traverse).

Il modello, calcola i profili di moto vario per corsi d'acqua monodimensionali in regime di corrente lenta, veloce o mista. Il programma, è in grado di calcolare e gestire i profili per una rete di canali naturali o artificiali in un sistema ad albero od a singolo ramo. Le relazioni fondamentali della formulazione matematica sono le equazioni dei moti permanenti nell'espressione classica dell'equazione monodimensionale dell'energia

secondo Manning. Le perdite valutate sono quelle d'attrito (secondo Manning), valutate per le diverse parti della sezione trasversale (canale centrale, sponde laterali, golene e parti di golene), e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni (tramite un coefficiente che moltiplica la variazione dell'altezza cinetica). L'equazione della quantità di moto è utilizzata nei punti dove il profilo del pelo libero subisce brusche variazioni ovvero in regime misto nel passaggio da corrente veloce a corrente lenta oppure, in corrispondenza di ponti, traverse e sottopassi o alla confluenza di più rami di una rete.

Il modello richiede, oltre alla geometria generale del corso d'acqua, profili e sezioni trasversali, i dati di portata in ingresso nella prima sezione di monte ed, eventualmente in tutte le sezioni dove sono disponibili dati di portata, ed infine le condizioni al contorno dipendenti dal regime di moto della corrente.

L'equazione generale dell'energia è la seguente:

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

dove:

- Y_1, Y_2 altezza idrometrica nella sezione 1 e 2,
- Z_1, Z_2 quota del fondo alveo nelle sezioni 1 e 2,
- V_1, V_2 velocità medie (portata totale/area bagnata) nelle sezioni 1 e 2,
- α_1, α_2 coefficienti di velocità,
- h_e perdita di carico nel tratto 1-2.

La perdita di carico tra due sezioni trasversali è calcolata come somma delle perdite distribuite per attrito e di quelle concentrate per effetto di contrazioni o allargamenti bruschi di sezione secondo l'equazione:

$$h_e = LS_f + C \left(\alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} - \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} \right)$$

dove:

- L distanza pesata, in funzione della portata, tra le due sezioni trasversali 1 e 2,
- S_f pendenza motrice tra le sezioni 1 e 2,
- C coefficiente di perdita di carico per contrazione o allargamento di sezione.

La pendenza d'attrito S_f è valutata secondo l'espressione di Manning:

$$S_f = n^2 Q|Q| / (A^2 R^{4/3})$$

dove n è il coefficiente di resistenza di Manning (che vale anche $n=1/c$ con c di Gauckler-Strickler) ed R è il raggio idraulico.

L'equazione differenziale del moto viene integrata per via numerica, attraverso un insieme di fasi iterative che vengono ripetute più volte per affinarne la risoluzione; per la determinazione dei profili è quindi necessario

fornire le condizioni iniziali di portata in ingresso e le condizioni al contorno in funzione del regime di moto.

La procedura di calcolo per la determinazione del profilo idraulico per portata assegnata, richiede i seguenti dati:

- descrizione completa del tronco fluviale, costituita dalla rappresentazione geometrica delle sezioni di rilievo trasversali e relativo loro posizionamento piano-altimetrico;
- descrizione geometrica di opere trasversali (ponti e relativi rilevati di accesso, tombini scatoari, traverse fluviali, soglie di fondo, briglie etc.) e/o longitudinali in alveo;
- caratterizzazione della resistenza al moto in alveo e golene mediante la definizione del coefficiente di scabrezza di Manning;
- definizione dei coefficienti di contrazione/espansione, per effetto di perturbazioni offerte al moto da parte di opere trasversali presenti in alveo;
- definizione del tipo di moto (corrente lenta o veloce) nel tronco fluviale;
- condizione al contorno di partenza del calcolo del profilo secondo tre possibili metodologie:
- introduzione di una altezza d'acqua nota di valle o di monte, a seconda che il moto avvenga in corrente lenta o veloce,
- calcolo eseguito a partire dall'altezza critica,
- calcolo eseguito a partire dalla pendenza di fondo alveo.

Il calcolo del rigurgito prodotto dalle pile del ponte viene eseguito secondo diversi metodi :

- Equazione di Yarnell;
- Metodo di conservazione della quantità di moto.

5. AMBITO DI RIFERIMENTO

5.1. Il comprensorio di Bonifica

L'attuale Consorzio della Bonifica Burana nasce il 1° ottobre 2009 dall'unificazione tra l'ex Consorzio di bonifica Burana-Leo-Scotenna-Panaro e parte della pianura bolognese, quella in sinistra Samoggia, prima gestita dal Consorzio della bonifica Reno Palata.

Il comprensorio del Consorzio della Bonifica Burana, ricadente nel bacino idrografico del fiume Panaro, dal crinale tosco-emiliano arriva fino al Po in Lombardia ed è delimitato ad est dal fiume Secchia e ad ovest dal torrente Samoggia. Il comprensorio consortile ricade oggi in 58 comuni delle province di Modena, Mantova, Ferrara, Bologna e Pistoia per una superficie di 242.532 ettari.

Dell'intero comprensorio, circa 80.000 ha ricadono nella parte montana, mentre i rimanenti 162.000 ha si estendono nella porzione di pianura. Di quest'ultimi oltre 75.000 sono a scolo meccanico.

Il reticolo di bonifica attuale drena le acque di scolo delle aree agricole e collettate dai sistemi fognari dei centri urbani, sino a riversarle all'interno dei canali artificiali per poi convogliarle al fiume Panaro, al fiume Po ed al mare Adriatico, secondo lo schema di seguito esposto.

Nel territorio del Consorzio di Burana il punto nevralgico in cui confluiscono le acque raccolte dalla fitta rete di canalizzazione è Bondeno. Attraverso l'impianto di scolo S. Bianca l'acqua dei terreni e dei centri urbani della parte alta del comprensorio di pianura confluisce nel Diversivo di Burana e viene scaricata nel Panaro.

Le acque della parte più depressa del comprensorio vengono invece incanalate nel Collettore di Burana, e attraverso la Botte Napoleonica, sottopassano a gravità il fiume Panaro per raggiungere il mare Adriatico; per mezzo dell'impianto idrovoro Pilastresi l'acqua che la Botte Napoleonica non è in grado di scolare naturalmente viene pompata direttamente in Po.

L'approvvigionamento idrico del comprensorio consortile è, invece, garantito da impianti e chiaviche di derivazione che prelevano l'acqua dai fiumi Po, Panaro e Secchia. Attraverso impianti di sollevamento, canali, canalette irrigue ed impianti pluvirrigui l'acqua viene distribuita capillarmente su un territorio di 87.755 ettari.

Sul fiume Po gli impianti di derivazione sono il Sabbioncello a Quingentole, che distribuisce acqua alla parte alta della pianura e Pilastresi a Bondeno, che assicura l'acqua alla parte orientale della provincia ferrarese. L'acqua destinata all'irrigazione dell'area collinare e di alta pianura viene invece derivata dal fiume Secchia dalla Presa del Canale Maestro o di Modena a Sassuolo, dalla Chiavica Secchia a Bomporto, dal fiume Panaro dalla Presa del Canale S. Pietro a Vignola, nonché dagli impianti Bagazzano e Campazzo a Nonantolae Casoni e Picozza a Ravarino.

La rete di infrastrutture e canali realizzate e gestite dal consorzio in esame comprendono numerose opere, tra

cui 1655 km di canali promiscui con funzione di scolo, 601 km di canali di irrigazione, 52 impianti di sollevamento, 7 impianti di scolo e 44 impianti irrigui .

Il tracciato in progetto interessa la porzione centrale di pianura del comprensorio, caratterizzato da una morfologia piatta sulla quale si ergono i modesti rilevati naturali dei dossi di pianura ed artificiali delle arginature o rilevati infrastrutturali, strade e ferrovie. Analogamente ai comprensori attigui, la campagna è prevalentemente destinata a seminativi con presenza di frutteti e vigneti ed altre colture arboree, con frequente presenza di centri abitati.

Il territorio è soggetto ad un clima continentale temperato tipico della pianura padana tuttavia con influenze, soprattutto nella parte di alta pianura, del clima sublitoraneo appenninico dominato da due massimi e due minimi di precipitazione.

Quasi tutti i canali principali attraversati dal tracciato autostradale in esame, tra cui il Canale Diversivo di Cavezzo, presentano nel tratto di interesse una sezione con alveo in scavo e arginature assenti o di altezza modesta (inferiore al metro).

5.2. Tracciato autostradale interferente con il corso d'acqua

Il tracciato autostradale in progetto si diparte dal casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" e termina al casello di Ferrara Sud sulla A13 "Autostrada Bologna-Padova". Si tratta di una strada di categoria A in ambito extraurbano a 2+2 corsie di marcia.

L'area entro cui si sviluppa il corridoio autostradale di progetto ricade interamente nel bacino idrografico del fiume Po, è tuttavia presente lo Scolmatore del Fiume Reno che appartiene al bacino idrografico del fiume Reno.

Lo studio idrologico ed idraulico generale è stato differenziato per sistemi idrografici e per ambiti territoriali al fine di inquadrare il territorio interessato non tanto sotto il profilo del corridoio autostradale bensì sotto il profilo delle sue caratteristiche idrografiche e quindi con riferimento all'entità prevalente del bacino idrografico di riferimento.

Il sistema di riferimento è quindi organizzato in due classi prevalenti:

- corsi d'acqua naturali: fiume Secchia e fiume Panaro;
- corsi d'acqua artificiali: sistema dei canali di bonifica, principali e secondari.

6. INQUADRAMENTO TERRITORIALE CANALE CAVEZZO

Il Canale Diversivo di Cavezzo è un corso d'acqua artificiale gestito dal Consorzio di Bonifica Burana e viene attraversato dall'opera autostradale in progetto alla progressiva chilometrica 18+790.320 (Spalla Ovest)

Alla sezione in corrispondenza dell'attraversamento in progetto il Canale Diversivo di Cavezzo presenta una sezione priva di arginature. Nello stato di fatto il Canale è in grado di scolare una portata di 24 m³/s, fungendo da scolo di tutte le acque provenienti da un'area complessiva di circa 42.5 km².

6.1. Caratteristiche idrografiche

Il bacino imbrifero del Canale diversivo di Cavezzo si estende lungo la porzione di pianura della provincia di Modena e presenta, alla sezione di interesse, una superficie complessiva pari a 42.5 km². Nella tabella seguente vengono espone le principali caratteristiche fisiche del bacino chiuso alla sezione di attraversamento del tracciato autostradale in progetto.

Area del bacino	42.5	km ²
Lunghezza dell'asta principale	18.9	km
Elevazione massima del bacino	25	m s.l.m.
Elevazione della sezione di chiusura	16.7	m s.l.m.
Distanza dalla foce	0.3	km

TABELLA 6-1: CANALE CAVEZZO - CARATTERISTICHE FISICHE ALLA SEZIONE DI ATTRAVERSAMENTO DEL VIADOTTO CISPADANA

6.2. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo e tendenza morfologica evolutiva

Il canale in esame non risulta delimitato da alcun sistema di arginature, e presenta dislivelli, tra il fondo dell'alveo e le sponde, dell'ordine di 3-4 m. Il tratto oggetto di simulazione numerica si estende dalla sezione 1, 820 m a monte del viadotto in progetto, fino alla sezione 5, 185 m a valle dello stesso, per una lunghezza totale di circa 1023 m.

Il rilievo topografico specificatamente condotto sul tratto d'interferenza si compone di 5 sezioni trasversali ortogonali all'asse del canale; le sezioni sono estese oltre il ciglio spondale ad individuare il piano della campagna esistente.

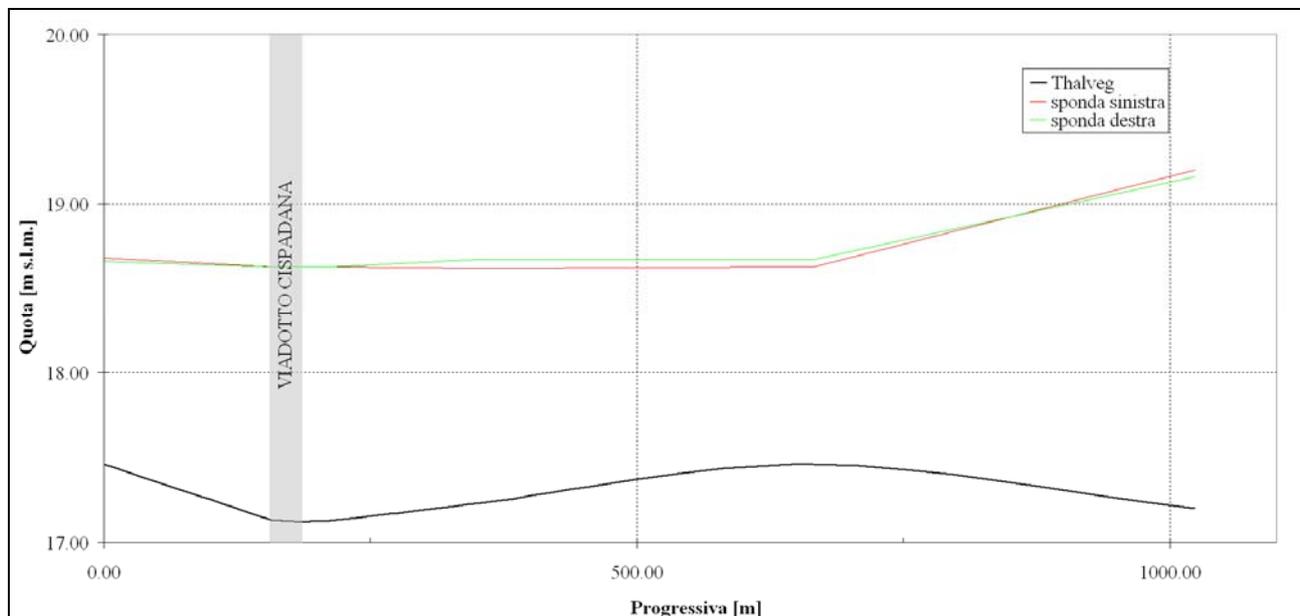


FIGURA 6-1: ANDAMENTO DEL THALWEG E DELLE SPONDE DEL CANALE DIVERSIVO DI CAVEZZO NEL TRATTO ANALIZZATO

Il materiale d'alveo, analogamente agli altri corsi d'acqua artificiali insistenti sulle medesime zone di pianura, è materiale fine di base limosa.

Il trasporto solido nel Canale Diversivo di Cavezzo è caratterizzato dalla presenza proprio di questo materiale d'alveo a matrice prevalente di limi sabbiosi ed in parte argillosi, dovuta al dilavamento dei campi circostanti. Altro contributo sul trasporto solido è dovuto al processo erosivo delle sponde provocato dalla presenza delle nutrie che ricavano delle vere e proprie gallerie e del gambero rosso della Louisiana (*Procambarus clarkii*) che trafora le sponde stesse in più punti e a diverse altezze idrometriche. Nel tratto in questione quindi il fondo del canale è soggetto a continui ripascimenti tanto che rientra nelle opere manutentive dell'Ente Gestore anche l'attività di dragaggio e bonifica.

Per tale motivazioni il processo erosivo del fondo e generalizzato lungo l'asta del canale è pressochè assente fatto salvo specifici punti ove sono inseriti corpi ostacolanti il deflusso delle acque.



FIGURA 6-2: CAVO DIVERSIVO DI CAVEZZO ALLA SEZIONE D'INTERFERENZA

Nell'ambito del progetto sono state svolte indagini specialistiche finalizzate alla determinazione delle caratteristiche idrografiche ed ambientali del corso d'acqua; si riporta nel seguito la scheda di censimento da cui emergono tali rilevamenti.

CODICE	A01A073
NOME	CANALE DIVERSIVO DI CAVEZZO

DATA RILIEVO	26/08/2011
PROPRIETA'	demaniale
ENTE GESTORE	CONSORZIO DI BONIFICA BURANA
LOCALITA'	San Giacomo Roncole

COMUNE	<i>Mirandola</i>	
PROVINCIA	<i>MO</i>	
PROGRESSIVA	<i>21+935</i>	
FOTOGRAFIE	<i>A01A073_1</i>	<i>A01A073_2</i>

UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	<i>1663514.32</i>
	GAUSS BOAGA Y	<i>4970399.14</i>
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m²)	<i>425.000.000</i>
	LUNGHEZZA (m)	<i>18.900</i>
	SORGENTE	<i>località San Martino (MO)</i>
	FOCE	<i>Canale Diversivo di Burana</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>In scavo</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale in scavo a sezione trapezoidale</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>principale</i>
	USO	<i>promiscuo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea con presenza di canneto (phragmites) - vegetazione riparia erbacea e arborea con presenza di salici bianchi e pioppi</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>centro abitato - area industriale - pista ciclabile</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>valle: altezza idrometrica nota pari a 19.81 m s.l.m.</i>
	SCABREZZA (m ^{1/3} /s)	<i>22-25</i>
NOTE		<i>ponte stradale circa 300m a monte del tracciato autostradale</i>

COD	A01A073	NOME	CANALE DIVERSIVO DI CAVEZZO
			
FOTOGRAFIA	A01A073_1		
			
FOTOGRAFIA	A01A073_2		

7. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO E DELLE CONDIZIONI DI VALLE

La regione fluviale nel tratto studiato è tipica dei territori di bassa pianura caratterizzati da una campagna piatta inframmezzata da rilevati stradali e da alcuni dossi di pianura, mentre varia ed articolata la presenza di incisioni idrografiche di prevalente carattere artificiale prevalentemente in scavo rispetto alla campagna. La campagna è destinata a seminativi, e l'urbanizzazione è rilevante su entrambe le sponde, dove si riscontra la presenza anche di nuclei urbani estesi quali quello di Medolla.

Il bacino idrografico afferente presenta suoli di prevalente matrice poco permeabile con dominanza di limi ed argille intervallati da lenti di sabbie. La falda freatica, analogamente ai canali adiacenti, è pressoché superficiale nei pressi del tracciato in progetto, mentre si approfondisce procedendo verso monte.

L'uso del suolo è stato ricavato per il bacino imbrifero afferente, chiuso in corrispondenza dell'attraversamento Cispadana, e l'analisi è stata condotta con riferimento alla Carta dell'uso del suolo della Regione Emilia Romagna.

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica, secondo lo schema precedentemente definito, si riferiscono a quelle massime sostenibili all'interno, rispettivamente, della configurazione attuale del canale in prossimità dell'attraversamento in progetto e della configurazione che prevede l'adeguamento arginale dei tratti che nel limitano il deflusso. Tali portate di progetto valgono, rispettivamente:

1. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato $Q_{MS1}=18.50 \text{ m}^3/\text{s}$;
2. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato incrementata del 30% come da prescrizione del Consorzio della Bonifica Burana in sede di Conferenza dei servizi preliminare, $Q_{MS2}=24.00 \text{ m}^3/\text{s}$;
3. massima portata sostenibile a franco nullo lungo l'intero tratto esaminato con adeguamento in quota dei tratti di maggior criticità, $Q_{MS3}= 42.00 \text{ m}^3/\text{s}$;

La condizione al contorno viene fissata alla sezione di valle n. 5, in corrispondenza della confluenza con il Canale Diversivo Di Burana, e si traduce in un livello di moto uniforme pari a 19.70 per la Q_{MS1} e pari a 19.81 m s.l.m per la Q_{MS2} .

La determinazione dei parametri idraulici sopraesposti è stata eseguita attraverso le procedure di calcolo che verranno esposte nel successivo Capitolo 8.

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e specialmente il fatto che le opere idrauliche in progetto non determinano significativa riduzione del volume d'alveo disponibile per la laminazione delle piene, sono state effettuate simulazioni idrauliche in moto permanente (stazionario).

I valori di scabrezza assunti tengono conto della combinazione di diversi fattori che intervengono nella caratterizzazione delle perdite distribuite durante un evento di piena:

- caratteristiche granulometriche del materiale d'alveo,
- caratteristiche morfologiche e geometriche del tratto d'alveo e brusche variazioni di geometria della sezione;
- caratterizzazione della copertura vegetale presente nelle zone spondali.

Sulla base dei sopralluoghi effettuati, dei riferimenti bibliografici che si riconducono ai principali studi in materia si sono quindi assunti valori opportuni della scabrezza in funzione non solo della copertura vegetale ma anche del tipo e granulometria del materiale presente in alveo.

I valori provenienti dalla modellazione idraulica sono stati ottenuti, assumendo un coefficiente di Strickler differenziate in funzione della posizione tra sponde e fondo alveo (rif. Cap.8.2)

8. VERIFICHE IDRAULICHE

8.1. Attraversamento ed opere idrauliche connesse

Il Canale Diversivo di Cavezzo è attraversato dal corpo autostradale in corrispondenza del centro urbano di San Giacomo Roncole. Nel progetto preliminare esaminato dal consorzio competente era stato previsto un attraversamento mediante viadotto con lunghezza della campata pari a 40m.

Nel presente progetto definitivo la soluzione è stata modificata per permettere la realizzazione della trincea in corrispondenza del centro urbano di S.Giacomo Roncole.

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati in c.a.p., di larghezza totale 21.25 m (impalcato Sud) e 18.65 m (impalcato Nord).

L'opera è posta in uscita dalla trincea di S. Giacomo Roncole, quindi la quota dell'intradosso del ponte è imposta dalla pendenza longitudinale massima autostradale. Nello specifico l'intradosso resta compreso tra quota 20,21 e 20,92 m s.l.m., con la condizione più gravosa esposta per la carreggiata nord.

Il franco idraulico si mantiene comunque superiore a 50 cm per più dei 2/3 della luce del ponte.

Nel tratto d'interferenza dell'infrastruttura viaria con il corso d'acqua si prevede, inoltre, la realizzazione di una difesa sulla sponda interna e sul fondo ottenuta mediante il posizionamento di massi di cava non gelivi del peso di 100-300 kg per una lunghezza complessiva di 66 m circa.

Si rimanda al paragrafo 0 una descrizione approfondita dei presidi idraulici progettati.

8.2. Verifica di compatibilità idraulica stato di fatto/stato di progetto

Ai fini modellistici, le condizioni di riferimento per la verifica del viadotto in progetto sono le seguenti:

- stato di fatto, che considera la morfologia attuale del corso d'acqua, senza l'introduzione di alcuna opera in progetto;
- stato di progetto 1, che prevede l'introduzione del viadotto in progetto e la realizzazione dell'adeguamento della sezione di deflusso;
- stato di progetto 2, che oltre a prevedere l'introduzione del viadotto in progetto, tiene conto della possibilità che vengano realizzate opere di adeguamento spondale nel tratto modellato a monte e a valle dell'attraversamento in progetto.

Per l'implementazione degli scenari sopra esposti, i parametri idraulici di calcolo sono:

- rappresentazione geometrica del corso d'acqua: ricavata dal rilievo topografico eseguito ad hoc per la progettazione definitiva (2011) , nonché, per lo stato di progetto, dalla geometria del viadotto previsto;
- scabrezza di alveo e sponde: si sono differenziate le scabrezze per il fondo alveo e sponde inferiori, più spoglie di vegetazione, rispetto a quella della banca e sponde superiori oltre a differenziare i valori per le opere in calcestruzzo (ponti); i valori adottati sono quelli proposti dall'Autorità di bacino del fiume Po nell'ambito della Direttiva 4 (ricavati da "Open-Channel Hydraulics" - Chow, 1959), scabrezza sponde $22 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$, scabrezza fondo canale $28 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$;
- portate di riferimento, assunte come portate massime ammissibili nelle diverse configurazioni sopra esposte (rif. Cap. 7)

La tabella ed i grafici seguenti illustrano i risultati ottenuti andando ad individuare sia la portata massima ammissibile lungo tutto il tratto simulato nella configurazione morfologica attuale, sia la condizione critica per il viadotto nelle configurazioni di progetto.

Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano rilevate le velocità medie della corrente nei singoli tratti dell'alveo sia in condizioni di alveo attuale che di progetto.

8.2.1. Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento

Stato di fatto 1 e 2

In questa configurazioni è stato simulato il tratto di corso d'acqua in oggetto in occasione del raggiungimento del massimo livello di piena sostenibile e del massimo livello di piena incrementata del 30% nella configurazione morfologica attuale.

Con le condizioni al contorno sopra indicate la Q_{MS1} del Canale Diversivo di Cavezzo risulta pari a $18.5 \text{ m}^3/\text{s}$ e il livello raggiunto dalla piena di progetto nella sezione immediatamente a monte del ponte è pari a 19.84 m s.l.m. La Q_{MS2} è invece pari a $24 \text{ m}^3/\text{s}$ e il livello idrico nella sezione a monte del ponte si attesta a quota 19.86 m s.l.m.

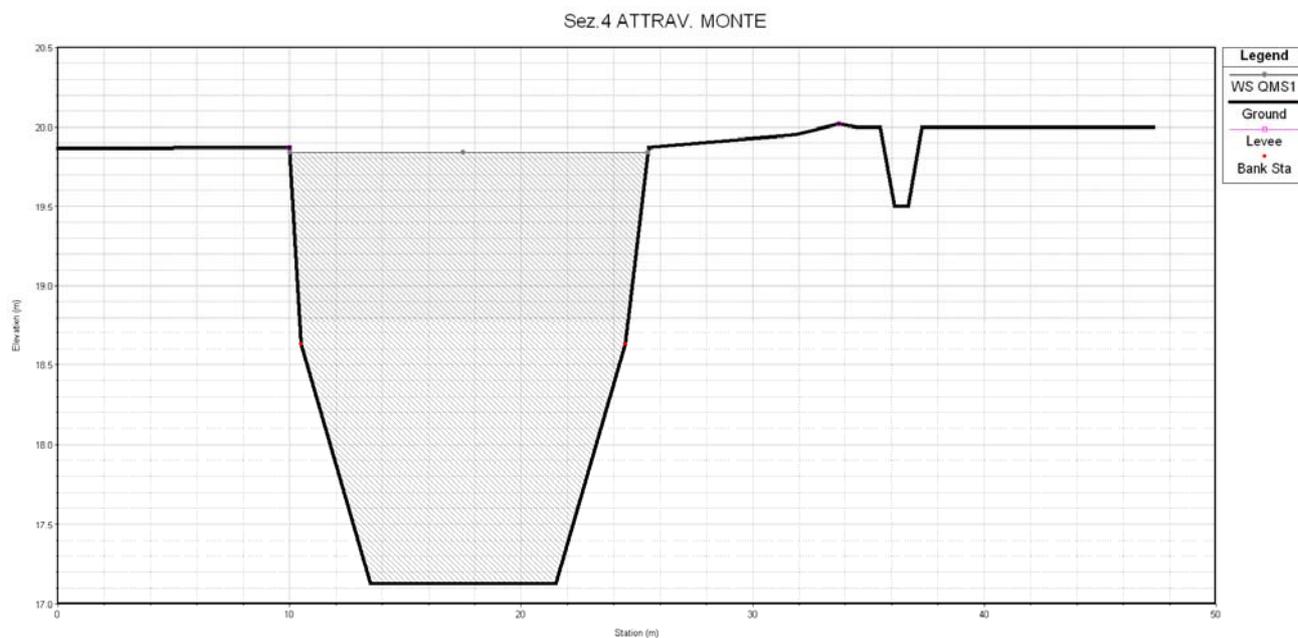


FIGURA 8-1: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER $Q_{MS1}=18.5$ M³/S ALLA SEZIONE TRASVERSALE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'ASSE DEL VIADOTTO AUTOSTRADALE NELLO STATO DI FATTO1

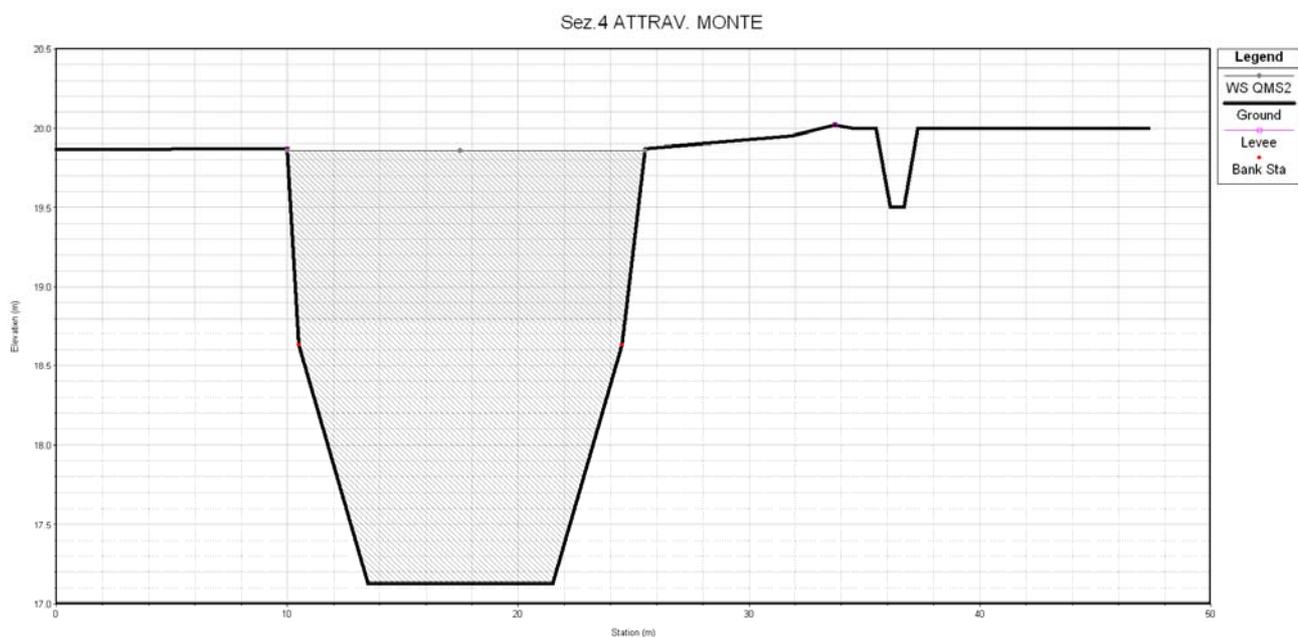


FIGURA 8-2: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER $Q_{MS2}=24$ M³/S ALLA SEZIONE TRASVERSALE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'ASSE DEL VIADOTTO AUTOSTRADALE NELLO STATO DI FATTO 2

Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1, ponendo l'intradosso del ponte autostradale ad una quota compresa tra 20,21 e 20,92 m s.l.m. (vedi Tav. PD_0_A18_AWS08_0_WW_PZ_02_A_CavezzoProgetto) si determina che, con la condizione di portata massima sostenibile nella configurazione attuale $Q_{MS1}=18.5$ m³/s, il livello

idrometrico immediatamente a monte del viadotto rimane invariato rispetto allo stato di fatto, attestandosi a quota 19.73 m s.l.m.

Le spalle del viadotto in progetto non esercitano nessun ostacolo al deflusso essendo esterne all'alveo, mentre il franco idraulico del sottotrave risulta superiore a 60 cm per più dei 2/3 della luce del ponte anche nel caso più gravoso (carreggiata nord).

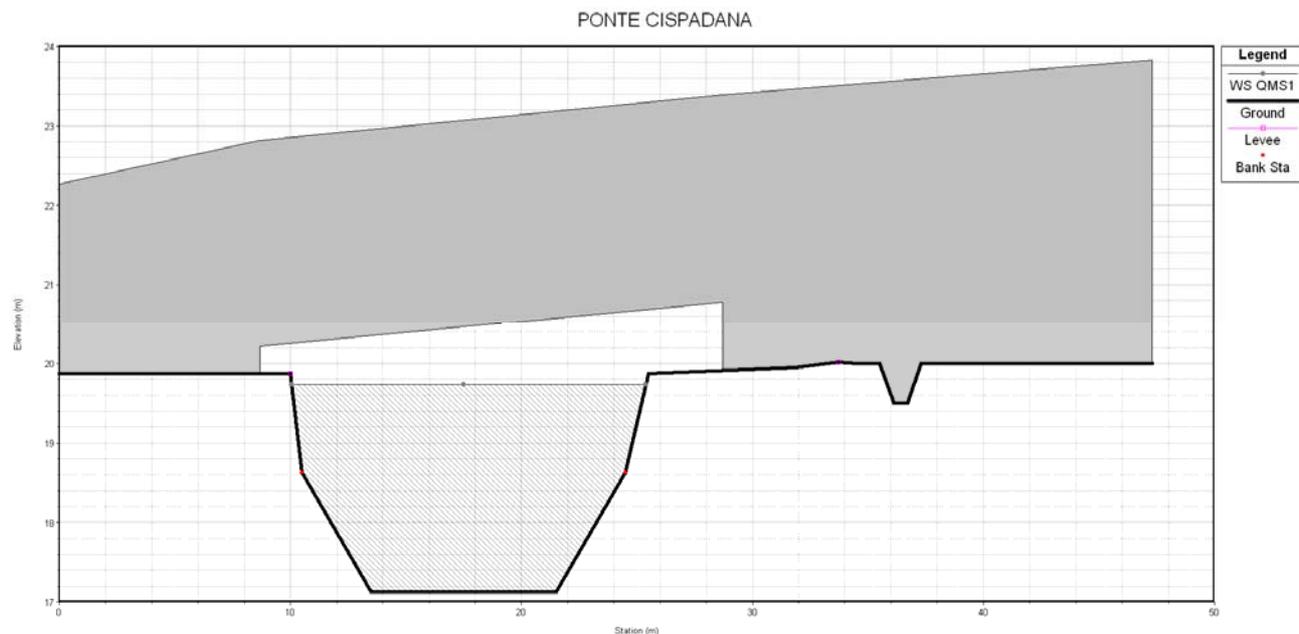


FIGURA 8-3: LIVELLO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL VIADOTTO AUTOSTRADALE (CARREGGIATA NORD) NELLO STATO DI PROGETTO 1 – $Q_{MS1}=18.5$ M³/SEC

Stato di progetto 2

Nella configurazione di progetto 2 e inserendo il medesimo attraversamento dello stato di progetto 1 si determina che, con la condizione di portata massima sostenibile nella configurazione attuale $Q_{MS2}=24$ m³/s, il livello idrometrico immediatamente a monte del viadotto rimane invariato rispetto allo stato di fatto, attestandosi a quota 19.86 m s.l.m.

Le spalle del viadotto in progetto non esercitano nessun ostacolo al deflusso essendo esterne all'alveo, mentre il franco idraulico del sottotrave risulta superiore a 50 cm per più dei 2/3 della luce del ponte anche nel caso più gravoso (carreggiata nord).

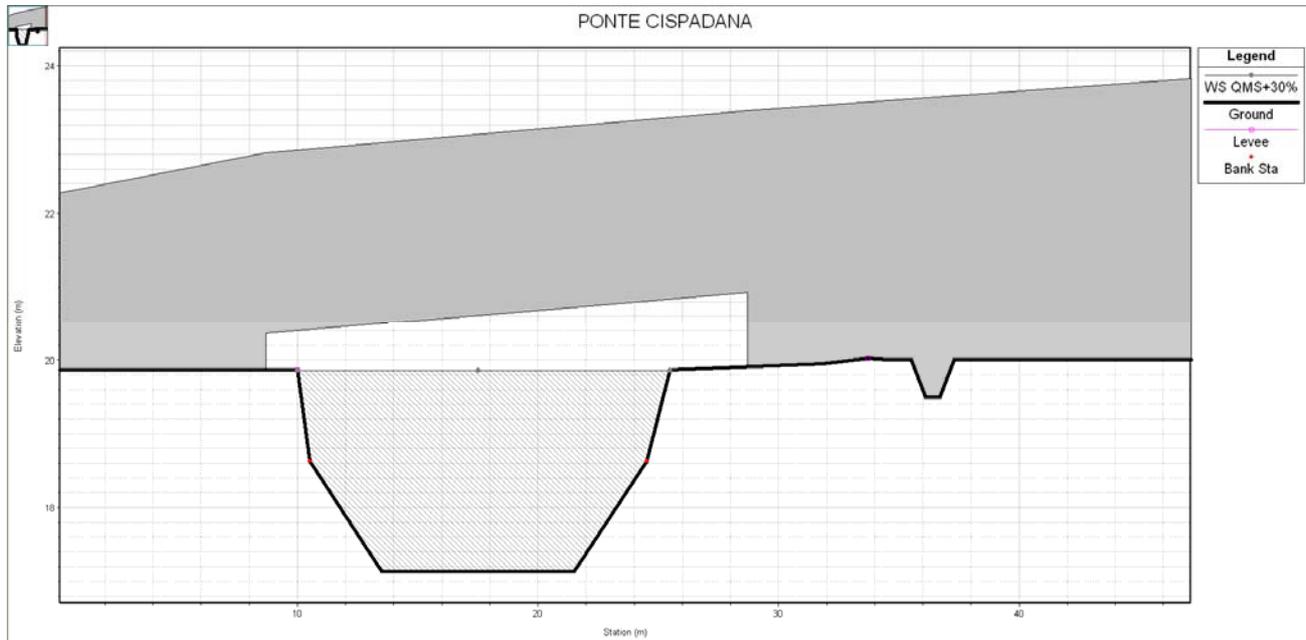


FIGURA 8-4: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL VIADOTTO AUTOSTRADALE (CARREGGIATA SUD) NELLO STATO DI PROGETTO 1 – QMS=24 M³/SEC

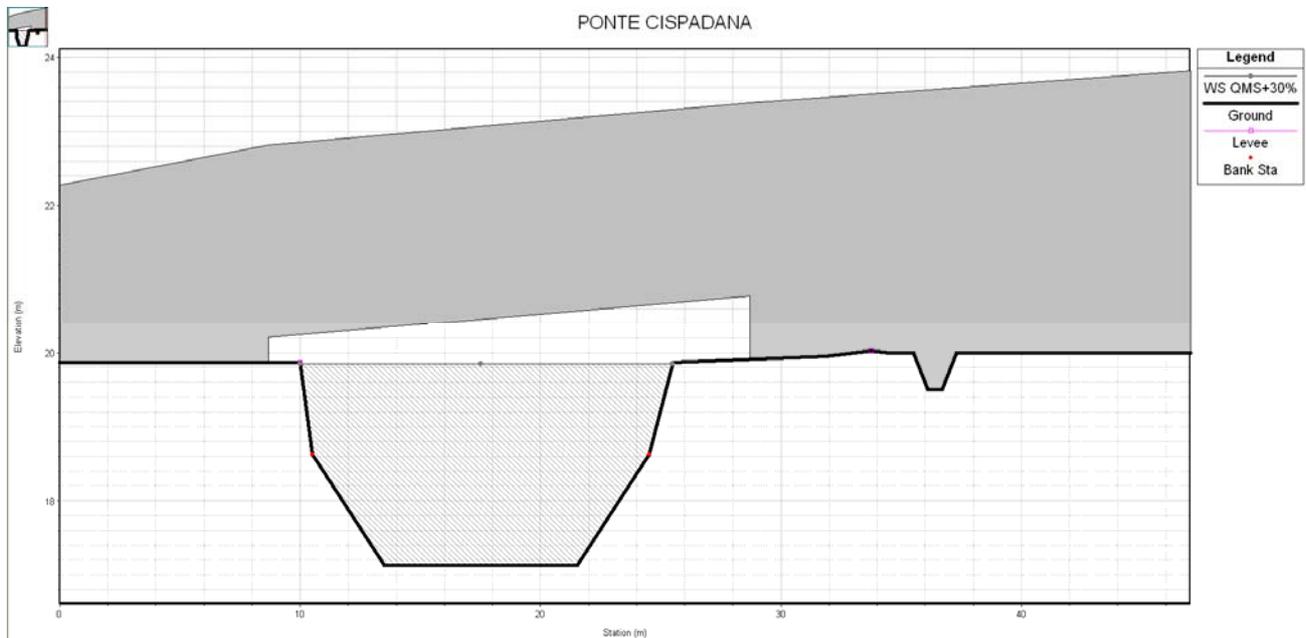


FIGURA 8-5: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL VIADOTTO AUTOSTRADALE (CARREGGIATA NORD) NELLO STATO DI PROGETTO 1 – QMS=24 M³/SEC

Stato di progetto 3

Nella configurazione di progetto 3 è stato ipotizzato un adeguamento spondale nelle sezioni più critiche a monte e in quelle immediatamente a valle del viadotto in progetto, oltre al posizionamento dello stesso ponte e all'intervento di adeguamento della sezione di deflusso. Con questa ipotesi la portata massima sostenibile del Canale Diversivo di Cavezzo raggiunge i 42 m³/sec.

In queste condizioni si determina che il livello idrometrico immediatamente a monte del viadotto in progetto si attesta a quota 20.00 m s.l.m.

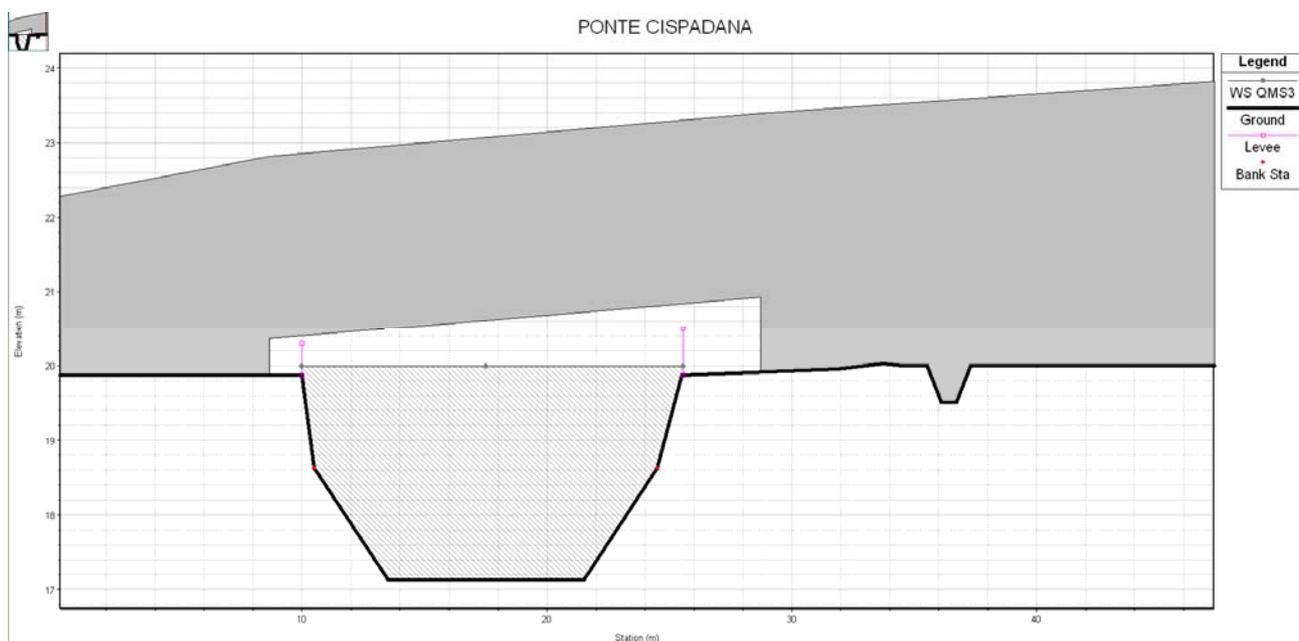


FIGURA 8-6: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL VIADOTTO NELLO STATO DI PROGETTO 3 – $Q_{MS3}=42 \text{ M}^3/\text{SEC}$

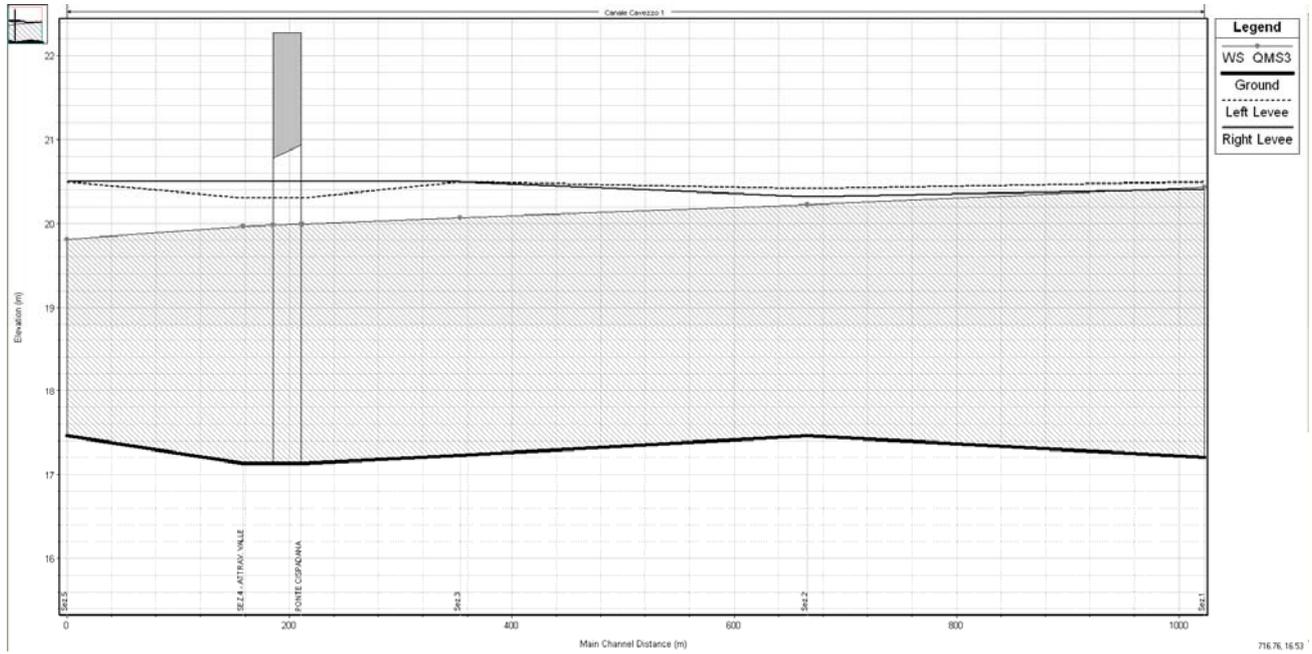


FIGURA 8-7 PROFILO DI RIGURGITO PER $Q_{MS3}=42 \text{ M}^3/\text{SEC}$ NELLO STATO DI PROGETTO 3 (ADEGUAMENTO SPONDALE)

8.2.2. Valutazione della compatibilità idraulica

Effetto E.1. Modifiche indotte sul profilo inviluppo di piena.

Fattori determinanti: restringimenti di sezioni o ostacoli al deflusso nel tratto di corso d'acqua interessato.

Modalità di quantificazione: confronto tra il profilo di piena in condizioni indisturbate e ad intervento realizzato.

Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni numeriche eseguite relativamente allo stato di fatto e di progetto 1 e 2. Nelle tabelle e nei grafici seguenti si riporta il confronto fra le principali grandezze idrauliche per la configurazione presa a riferimento nella verifica del franco idraulico.

Come si evince in tutte le sezioni le differenze tra i profili Ante e Post operam sono nulle in entrambi i casi (confronto S.F.1-S.P.1 e S.F.2-S.P. 2)

Sezione Topografica	Progressiv	Quota	Q di	Livelli	Livelli	ΔH	Velocit	Velocit	Pendenz	Carico	Carico
	a	del fondo	progetto	idrometri	idrometri		à S.F.1	à S.P.1	a	totale	totale
	[m]	[m s.l.m.]	[m ³ /s]	ci S.F.1	ci S.P.1	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m]	[m]
Sez.1	1023.00	17.20	18.5	19.88	19.88	0.00	0.79	0.79	-0.0007	20.08	20.08
Sez.2	666.00	17.46	18.5	19.80	19.80	0.00	0.81	0.81	0.0007	19.98	19.98
Sez.3	353.50	17.23	18.5	19.75	19.75	0.00	0.69	0.69	0.0007	19.91	19.91
Sez.4 ATTRAV MONTE	211.70	17.13	18.5	19.73	19.73	0.00	0.71	0.71	0.0000	19.88	19.88
PONTE CISPADANA	158.70	17.13	Bridge	19.73	19.73	0.00	0.71	0.71	0.0000	19.88	19.88
Sez.4 ATTRAV VALLE	158.70	17.13	18.5	19.73	19.73	0.00	0.71	0.71	-0.0008	19.87	19.87
Sez.5	0.00	17.26	18.5	19.70	19.70	0.00	0.78	0.78	0.0000	19.84	19.84

TABELLA 8-1: PRINCIPALI GRANDEZZE IDRAULICHE A CONFRONTO RISULTANTI DELLE SIMULAZIONI CON L'IDROGRAMMA DI PIENA DI RIFERIMENTO NELLO STATO DI FATTO 1 (S.F.1) E DI PROGETTO 1 (S.P. 1) CON $Q_{MS1}=18.5 \text{ M}^3/\text{SEC}$.

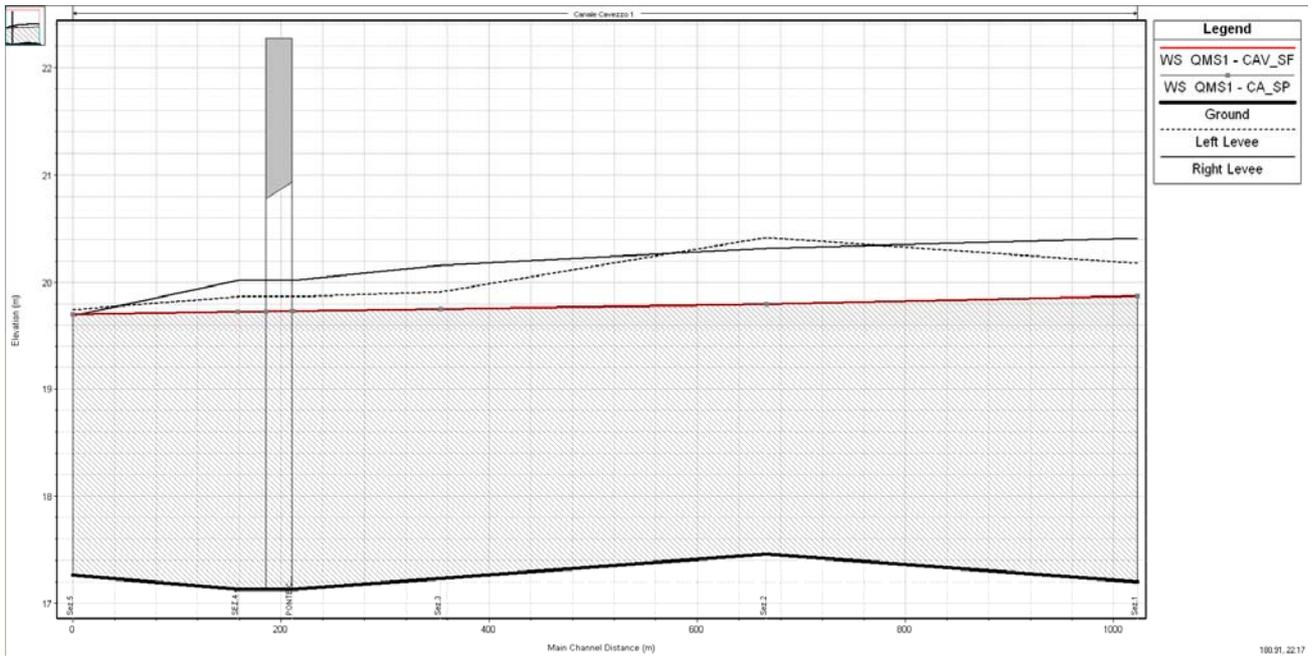


FIGURA 8-8: CONFRONTO TRA I PROFILI DI RIGURGITO PER $Q_{MS1}=18.5 \text{ M}^3/\text{SEC}$ NELLO STATO DI FATTO 1 E DI PROGETTO 1.

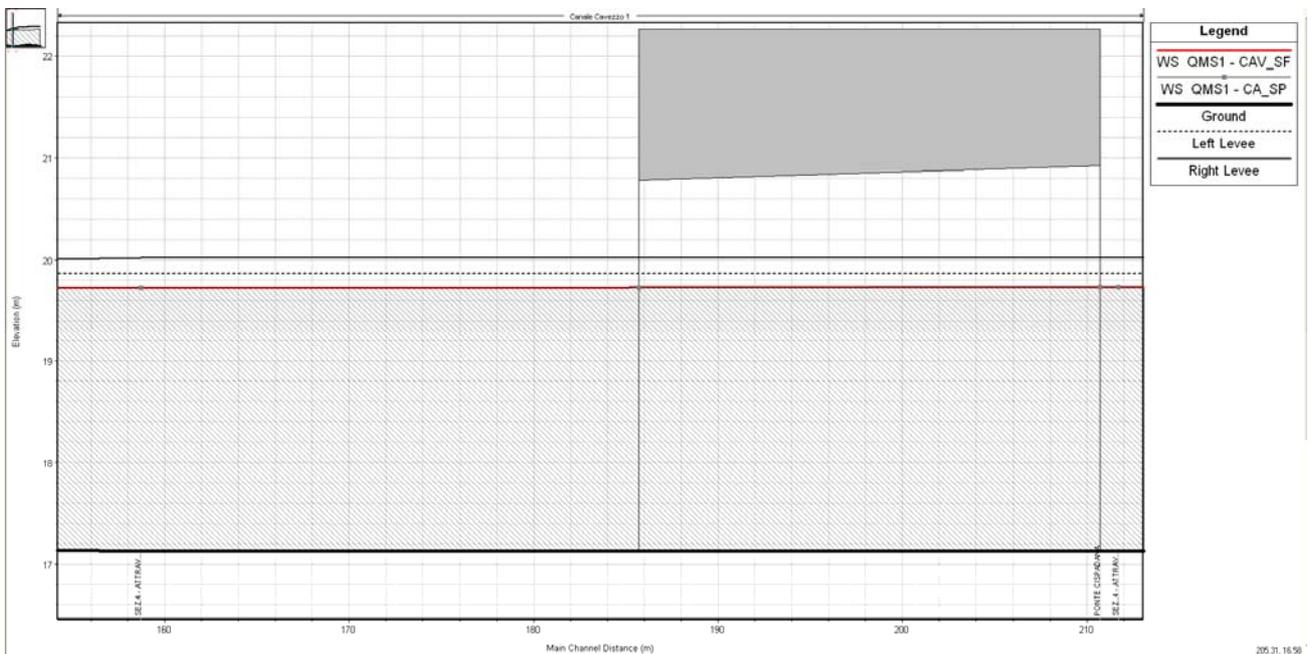


FIGURA 8-9: PARTICOLARE DEL CONFRONTO DEI PROFILI DI RIGURGITO PER $Q_{MS1}=18.5 \text{ M}^3/\text{SEC}$ TRA LO STATO DI FATTO 1 E DI PROGETTO 1 IN CORRISPONDENZA DEL PONTE.

Sezione Topografica	Progressiva	Quota del fondo	Q di progetto	Livelli idrometri ci S.F.2	Livelli idrometri ci S.P.2	ΔH	Velocità a S.F.2	Velocità a S.P.2	Pendenza	Carico totale S.F.2	Carico totale S.P.2
	[m]	[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m]	[m]
Sez.1	1023.00	17.20	24	20.05	20.05	0.00	0.79	0.79	-0.0007	20.08	20.08
Sez.2	666.00	17.46	24	19.95	19.95	0.00	0.81	0.81	0.0007	19.98	19.98
Sez.3	353.50	17.23	24	19.88	19.88	0.00	0.69	0.69	0.0007	19.91	19.91
Sez.4 ATTRAVERSO MONTE	211.70	17.13	24	19.86	19.86	0.00	0.71	0.71	0.0000	19.88	19.88
PONTE CISPADANA	158.70	17.13	Bridge	19.86	19.86	0.00	0.71	0.71	0.0000	19.88	19.88
Sez.4 ATTRAVERSO VALLE	158.70	17.13	24	19.85	19.85	0.00	0.71	0.71	-0.0008	19.87	19.87
Sez.5	0.00	17.26	24	19.81	19.81	0.00	0.78	0.78	0.0000	19.84	19.84

TABELLA 8-2: PRINCIPALI GRANDEZZE IDRAULICHE A CONFRONTO RISULTANTI DELLE SIMULAZIONI CON L'IDROGRAMMA DI PIENA DI RIFERIMENTO NELLO STATO DI FATTO 2 (S.F. 2) E DI PROGETTO 2 (S.P. 2) CON $Q_{MS2}=24 \text{ M}^3/\text{SEC}$.

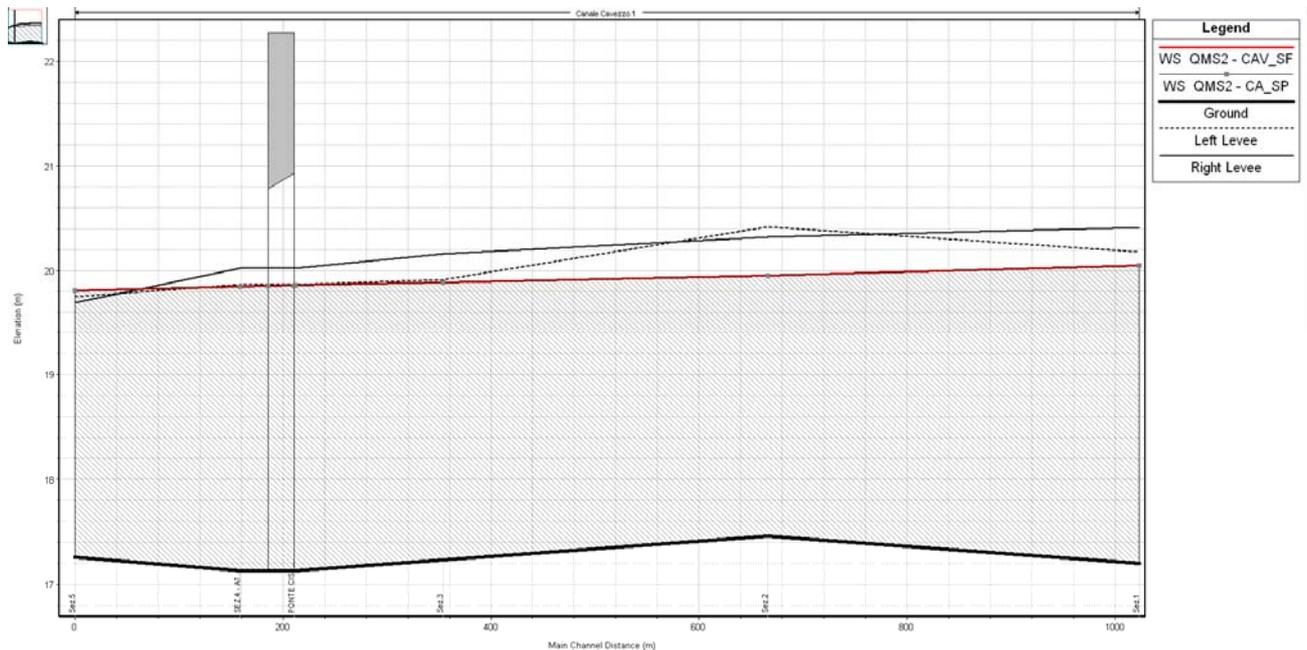


FIGURA 8-10: CONFRONTO TRA I PROFILI DI RIGURGITO PER $Q_{MS2}=24 \text{ M}^3/\text{SEC}$ NELLO STATO DI FATTO 2 E DI PROGETTO 2.

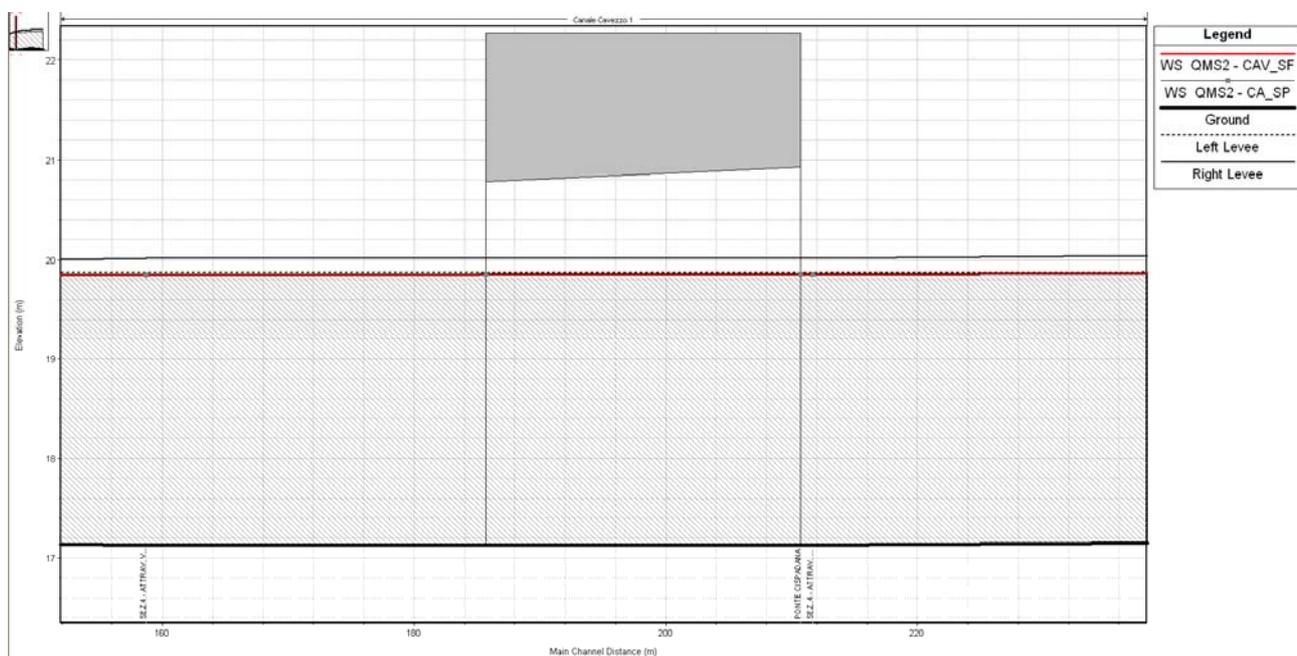


FIGURA 8-11: PARTICOLARE DEL CONFRONTO DEI PROFILI DI RIGURGITO PER $QMS2=24 \text{ M}^3/\text{SEC}$ TRA LO STATO DI FATTO 2 E DI PROGETTO 2 IN CORRISPONDENZA DEL PONTE.

Per quanto riguarda i livelli idrometrici, quindi, non si ha alcun incremento sui profili di rigurgito indotto dalla presenza del viadotto in progetto per entrambe le portate analizzate.

Effetto E.2. Riduzione della capacità di invaso dell'alveo.

Fattori determinanti: riduzioni delle superfici allagabili causate dalla realizzazione dell'intervento e l'effetto delle stesse in termini di diminuzione della laminazione in alveo lungo il tratto fluviale.

L'opera in progetto non comporta alcuna variazione delle superfici allagabili.

Effetto E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche esistenti.

Fattori determinanti: localizzazione e caratteristiche strutturali degli elementi costituenti parte delle opere in progetto.

Modalità di quantificazione: valutazioni idrodinamiche sugli effetti idrodinamici indotti.

La situazione di progetto non determina variazioni idrodinamiche apprezzabili delle caratteristiche della corrente di piena rispetto alla situazione attuale.

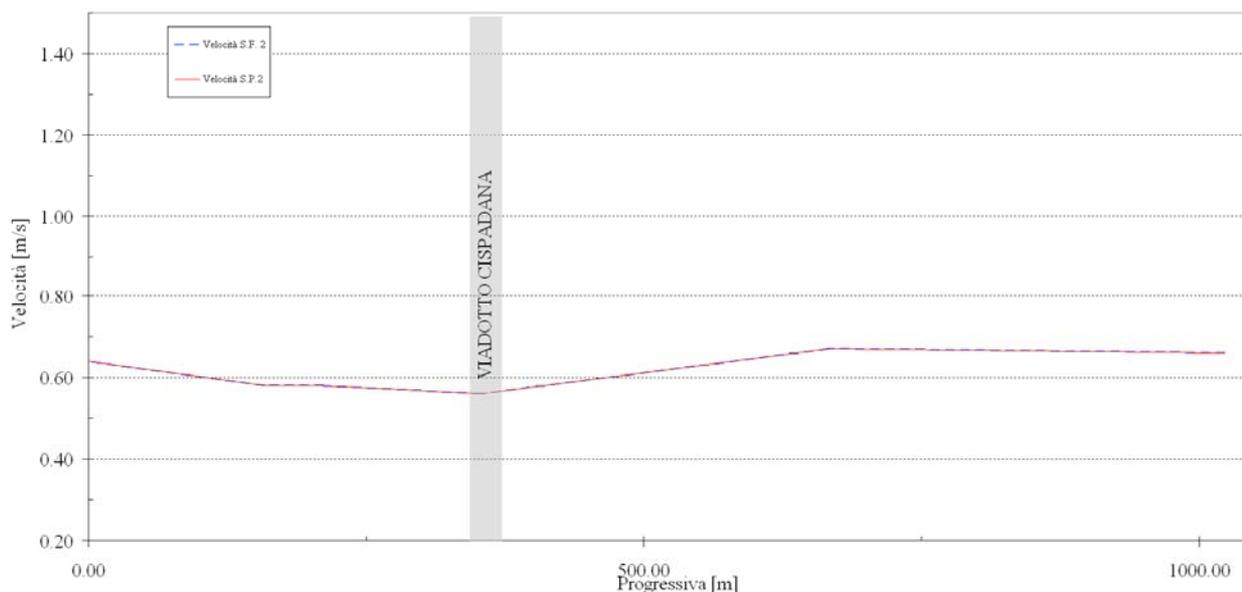


FIGURA 8-12: ANDAMENTO DELLA VELOCITÀ MEDIE DELLA CORRENTE PER $Q_{MS2}=24 \text{ M}^3/\text{SEC}$ STATO DI FATTO 2 E DI PROGETTO 2.

Effetto E.4. Opere idrauliche in progetto nell'ambito dell'intervento.

Si prevede la realizzazione di opere accessorie di difesa spondale, opportunamente dimensionate al fine di proteggere le sponde e l'alveo da possibili erosioni localizzate e divagazioni. Queste opere verranno descritte nel capitolo 0

Effetto E.5. Modifiche indotte sull'assetto morfologico planimetrico e altimetrico dell'alveo inciso e di piena.

Non si segnala alcuna modifica sostanziale dal punto di vista planimetrico né altimetrico dell'alveo né in regime ordinario né in piena.

Effetto E.6. Modifiche indotte sulle caratteristiche naturali e paesaggistiche della regione fluviale.

Fattori determinanti: opere in progetto e soluzioni di inserimento delle stesse nel sistema fluviale. L'inserimento del ponte non implica una modificazione della attuale caratteristica ambientale della fascia fluviale.

Effetto E.7. Condizioni di sicurezza dell'intervento rispetto alla piena.

Fattori determinanti:

- condizioni di stabilità delle opere costituenti l'intervento in relazione alle sollecitazioni derivanti dalle condizioni di deflusso in piena con riferimento in particolare agli effetti connessi ai livelli idrici di piena;
- tipologia funzionale dell'intervento.

Il franco tra l'intradosso del ponte ed il livello idrometrico nello stato di progetto 1 è > 60cm per i 2/3 della luce del ponte e di 50 cm per il punto più basso del ponte posto in sponde sinistra (carreggiata Nord). Per lo stato di progetto 2 esso è comunque >50cm per i 2/3 della luce, mentre è di 37 cm per il punto più basso sempre posto in sponda sinistra (carreggiata Nord).

8.3. Verifica di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisionali

La realizzazione del ponte non richiede la predisposizione di opere provvisionali in quanto la costruzione delle spalle avviene dall'esterno senza interessare il corso d'acqua la cui funzionalità verrà mantenuta inalterata.

Non essendo previsti interventi di riduzione della sezione di deflusso durante la costruzione non risulta necessario sviluppare verifica di compatibilità idraulica per la fase provvisoria, anche se risulta agevole e di minor impatto realizzare il ponte in progetto nel periodo di non irrigazione.

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRESCRIZIONI DEL CONSORZIO

Le analisi e le opere idrauliche precedentemente descritte recepiscono le prescrizioni/osservazioni trasmesse dal Consorzio di Bonifica Burana relative all'analisi del Progetto Preliminare dell'Autostrada regionale Cispadana – Conferenza dei Servizi preliminare ex art. 14 bis della Legge 241/90.

In particolare relativamente all'attraversamento del Canale Diversivo di Cavezzo sono state riportate le seguenti richieste:

- il rivestimento della sezione del canale in corrispondenza dell'attraversamento, mediante la posa in opera di massi di cava intasati con calcestruzzo, deve essere realizzato in modo continuo su tutta la sezione del Canale Diversivo di Cavezzo, sotto l'impalcato dei due ponti senza soluzione di continuità e per 10 m a monte e 10 m a valle;
- la misurazione dello sviluppo del rivestimento dovrà essere riferita alla proiezione dell'impalcato del ponte sul ciglio in sinistra idraulica per m 10.00 a monte e dalla proiezione dell'impalcato del ponte sul ciglio in destra idraulica per m 10.00 a valle, speculare all'asse del canale ovvero l'inizio e il termine del rivestimento dovranno risultare ortogonali all'asse del Canale Diversivo di Cavezzo;
- per la realizzazione della protezione spondale in massi di cava non gelivi, si prescrive l'utilizzo di massi di pezzatura compresa tra un minimo di 100 kg e un massimo di 300 kg, con intasamento in calcestruzzo

Tali prescrizioni sono state recepite integralmente nel presente progetto definitivo (v. capitolo 0).

Infine rientra tra le diverse prescrizioni generali impartite dal Consorzio anche quella di prevedere la continuità delle piste di servizio monte-valle e per entrambe le sponde. Questa prescrizione viene risolta nel seguente modo:

- a) sponda destra la possibilità di passaggio è garantita con l'utilizzo di una pista ciclopedonale larga 3,00m posta subito a tergo del ponte;
- b) sponda sinistra il passaggio è garantito utilizzando le strade comunali esistenti compreso il cavalcavia della SS12 per by-passare la trincea di San Giacomo.