



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

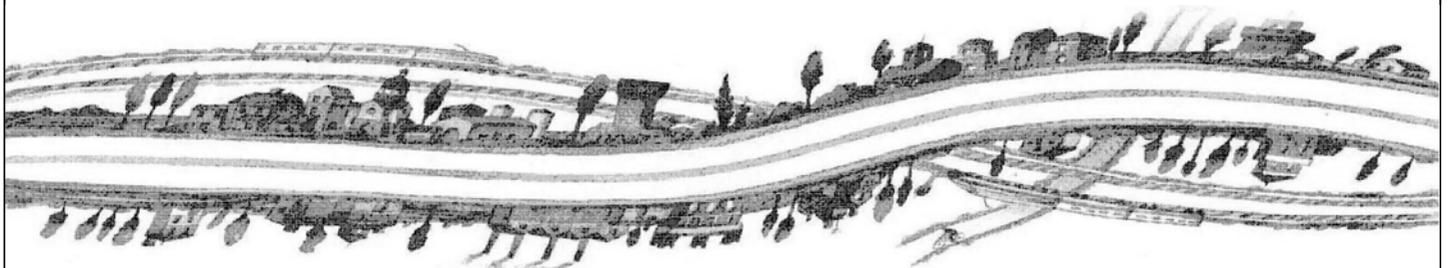
**ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI  
DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)**

**IDROLOGIA E IDRAULICA**

**IDRAULICA CORSI D'ACQUA PRINCIPALI**

**CAVO ACQUE BASSE MODENESI**

**RELAZIONE IDRAULICA ACQUE BASSE MODENESI**



**IL PROGETTISTA**

Ing. Riccardo Telò  
Albo Ing. Parma n°1099



**RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE**

Ing. Emilio Salsi  
Albo Ing. Reggio Emilia n° 945



**IL CONCESSIONARIO**

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G					
F					
E					
D					
C					
B					
A	17.04.2012	EMISSIONE		Ing. Mammi	Ing. Telò
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.
0669	PD	0	A08	AWS03	0	WW	RI	01	A

DATA: **MAGGIO 2012**

SCALA: **varie**

## 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.....	11
6. INQUADRAMENTO TERRITORIALE CAVO ACQUE BASSE MODENESI .....	12
6.1. Caratteristiche idrografiche.....	12
6.2. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo e tendenza morfo-evolutiva .....	12
7. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PROGETTO E DELLE CONDIZIONI DI VALLE	17
8. VERIFICHE IDRAULICHE .....	20
8.1. Attraversamento ed opere idrauliche connesse .....	20
8.2. Verifica di compatibilità idraulica stato di fatto/stati di progetto.....	20
8.2.1. Verifica del franco di sicurezza dell'attraversamento.....	21
8.2.2. Valutazione della compatibilità idraulica .....	25
8.3. Verifica di compatibilità idraulica in presenza di opere provvisionali.....	29
9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA .....	30
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRESCRIZIONI DEL CONSORZIO .....	31

## 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 Cavo Acque Basse Modenesi, corso d'acqua interferito dalla viabilità in progetto.

Questo percorso progettuale è stato coordinato e condiviso con l'Ente Gestore del corso d'acqua interessato dall'interferenza (Consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale) e tiene conto delle prescrizioni impartite durante la Conferenza dei Servizi sul Preliminare che si è conclusa con l'approvazione del Progetto Preliminare nel Dicembre 2011.

Il risultato finale consiste nell'aver rispettato:

- ❑ ogni singola sezione di deflusso di attraversamento per il transito di piene relative alla portata massima sostenibile del corso d'acqua (QMS) nel rispetto della Direttiva dell'Autorità di Bacino del fiume Po e del Regolamento interno di polizia idraulica dell'Ente gestore;
- ❑ i franchi imposti tra livelli idrometrici per piene prefissate e quote spondali,
- ❑ distanze minime dai cigli spondali;
- ❑ le opere idrauliche di protezione sotto l'attraversamento stradale e nelle immediate vicinanze dello stesso;
- ❑ la continuità e la conservazione della viabilità gestionale.

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 e 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.

## 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\_0000\_0000\_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 i quali 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<sup>^</sup>: 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<sup>^</sup>: Analisi idraulica del corso d'acqua*

L'analisi idrologica ed idraulica effettuata per il cavo Acque Basse Modenesi 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 dei deflussi volta ad individuare i livelli idrometrici da assumere a riferimento per la progettazione dei manufatti di attraversamento.

La soluzione adottata per l'attraversamento è stata discussa e concordata con il Consorzio di bonifica competente con il quale il confronto diretto ha consentito di approfondire le problematiche dell'intervento, nonché di rispettare le preliminari prescrizioni di carattere generale che sono state fornite.

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 assunta e calcolata tramite una procedura modellistica matematica, è in linea con le indicazioni del Consorzio ed in particolare con le risultanze dello studio condotto dall'ing. Marinelli su incarico dello stesso Consorzio.

Tali valori sono stati ricavati tramite il procedimento di calcolo della portata massima portata sostenibile dal tronco rilevato all'interno del quale ricadono le infrastrutture di attraversamento, incrementata per poter risolvere i tratti di maggior criticità.

Infatti le verifiche sono state impostate anche nell'ipotesi di adeguamento spondale 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 le condizioni future, stati di progetto.

#### *Fase 3<sup>a</sup>: 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 Cavo Acque Basse Modenesi è stata condotta un'analisi idraulica mediante modellazione numerica monodimensionale. La ricostruzione in formato digitale delle morfologie dell'alveo 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,
- $\alpha_1, \alpha_2$  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 scolorari, 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 eventuali 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

---

Il Consorzio di Bonifica dell' Emilia Centrale è un ente di diritto pubblico, nasce nell'ottobre del 2009 dalla fusione dei Consorzi di Bonifica Parmigiana Moglia Secchia e Bentivoglio-Enza, ed assicura la gestione e distribuzione delle acque superficiali per la tutela e lo sviluppo del territorio. Il territorio del comprensorio consorziale dell'ex bonifica Bentivoglio-Enza ricade per la maggior parte della sua estensione in Emilia Romagna e per una modesta superficie in Toscana; interessa tre province (Reggio Emilia, Parma e Massa Carrara) e 27 Comuni. L'estensione complessiva è di 97.066 ha. Il territorio di montagna ha un'estensione di 57.060 ha, mentre il territorio di pianura risulta avere un'estensione di 40.006 ha.

Il comprensorio dell'ex Consorzio di Bonifica Parmigiana Moglia – Secchia, all'interno del quale si trova il Cavo Acque Basse Modenesi, presenta invece un'estensione complessiva pari a 214.318 ha ed è pressoché coincidente con il bacino idrografico del fiume Secchia.

L'intero comprensorio viene suddiviso in due zone altimetriche distinte: quella di pianura, che da quota 17.00 m s.l.m. si eleva sino a quota 50.00 m s.l.m., e quella collinare e di montagna, che si estende fino al crinale appenninico Tosco-Emiliano.

Gli interventi e le opere di bonifica eseguite a partire dal 1919 all'interno dell'attuale comprensorio di bonifica in esame, hanno condotto ad una razionale separazione delle acque basse da quelle alte, consentendo, inoltre, di portare acqua in tutti i periodi dell'anno nei terreni agricoli fino in Appennino. Originariamente il reticolo superficiale è stato impostato mediante l'esecuzione di due collettori, il primo delle acque basse, l'altro per le alte, entrambi scaricanti nel Secchia tramite due impianti idrovori: il primo, per le acque alte, realizzato a Mondine di Moglia, mentre il secondo, per le acque basse, ubicato a San Siro di San Benedetto Po. Per evitare che i cavi che trasportano acque provenienti dai territori più alti invadano i territori più bassi, sono state separate le acque alte da quelle basse.

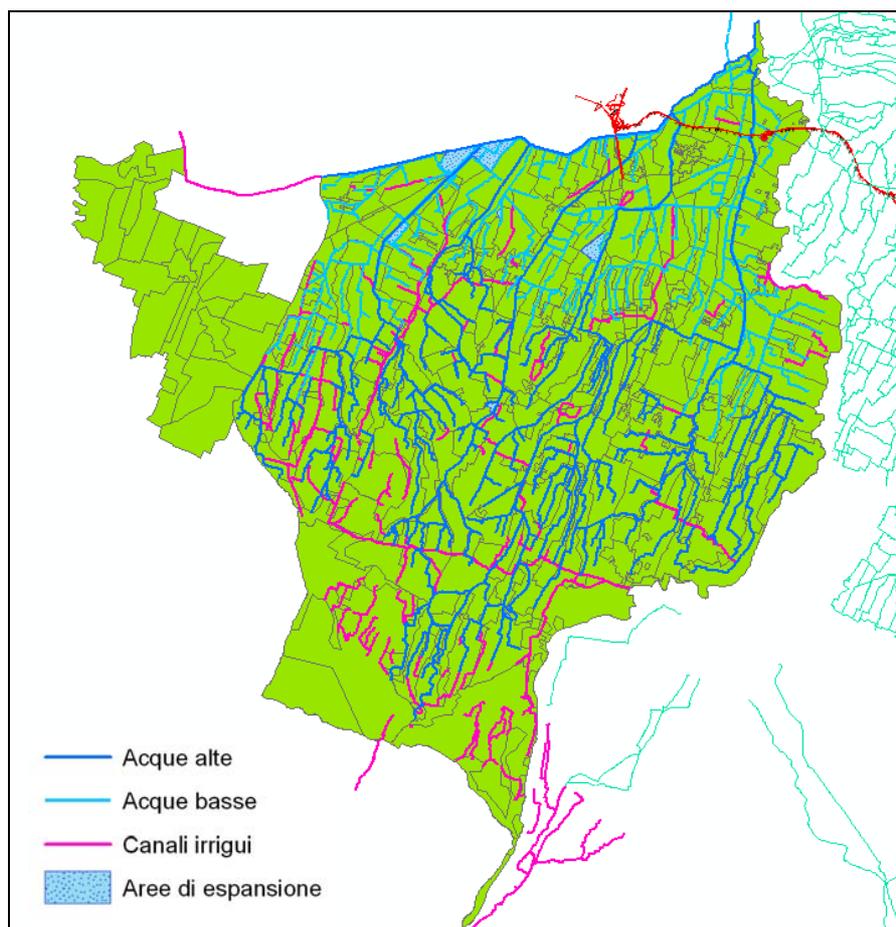
Le acque alte scorrono in zone alla quota di 25 metri sul livello del mare e si trovano nella parte meridionale del comprensorio. Queste acque vengono convogliate, attraverso i cavi Bondeno, Naviglio, Tresinaro e Lama, in un unico collettore, il cavo Parmigiana-Moglia. Tale collettore scarica le acque provenienti dalle terre alte, per caduta libera, nel fiume Secchia in località Bondanello (Moglia). Quando il Secchia è in piena, le chiaviche di Bondanello si chiudono e le acque del cavo Parmigiana-Moglia, convogliate nel tratto terminale del cavo Lama, possono comunque venire smaltite dall'impianto idroforo di Mondine.

Le acque basse scorrono al di sotto di tale quota nella parte settentrionale, e sono immediatamente riconoscibili per l'assenza di argini. Nei punti di incrocio fra canali di acque alte e canali di acque basse,

queste ultime passano al di sotto delle prime tramite apposite botti. Le acque basse, quindi, confluiscono in due canali di scolo principali: il Collettore Acque Basse Reggiane e il Collettore Acque Basse Modenesi. Questi si riuniscono poi in un Canale Emissario che sottopassa il cavo Parmigiana-Moglia alla botte S.Prospero, e convoglia le acque basse al Secchia presso l'impianto idrovoro di S. Siro.

L'acqua necessaria per l'irrigazione viene derivata dal Po a Boretto, dove entra nel Canale Derivatore e quindi nel cavo Parmigiana-Moglia. Da qui si distribuisce per gravità nelle zone al di sotto dei 20 metri sul livello del mare, nel restante comprensorio occorre innalzarla attraverso impianti di sollevamento. Per questo, canali come Parmigiana-Moglia e Lama, che in autunno-inverno scolano le acque alte verso valle, nei periodi secchi (da maggio a settembre) convogliano verso monte l'acqua destinata all'irrigazione.

La rete di infrastrutture e canali costruita per la bonifica del territorio della bassa reggiano-modenese è costituito da innumerevoli opere, tra cui 2 impianti di sollevamento a Po, in località Boretto, 25 impianti di sollevamento secondario, oltre 1.000 Km di canali di risalita e distributori, e innumerevoli manufatti secondari di regolazione e distribuzione.



**FIGURA 5-1: TERRITORIO DELL'EX BONIFICA PARMIGIANA MOGLIA - SECCHIA**

Il tracciato in progetto interessa la porzione 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. La campagna è prevalentemente destinata a seminativi con presenza di frutteti e vigneti ed altre colture arboree, mentre i centri abitati non sono particolarmente frequenti.

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.

La maggior parte dei canali è di uso promiscuo, questo fa sì che sia quasi sempre presente acqua nel canale e quindi lo stesso è frequentemente popolato da specie ittiche ed anfibe.

## **5.2. Tracciato autostradale interferente con il corso d'acqua**

Il tracciato autostradale in progetto inizia al casello di Reggiolo-Rolo sulla A22 "Autostrada del Brennero" per poi proseguire fino 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 quasi 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 CAVO ACQUE BASSE MODENESI

### 6.1. Caratteristiche idrografiche

Il bacino del Cavo Acque Basse Modenesi (C.A.B.M) ricopre un'area di 187 Km<sup>2</sup>, di cui 17.30 costituiti dall'area urbana dei comuni di Rio Saliceto, Budrione, Fossoli, S. Martino, Novi di Modena e Fabbrico e parte dell'area del comune di Carpi.

Il C.A.B.M. è lungo 18.5 km, con pendenza media di 0.3 m/km. Il principale affluente è la Fossetta Cappello. Di questa un bacino molto importante è drenato dal Cavetto Inferiore.

Nella tabella seguente vengono espone le principali caratteristiche fisiche del bacino chiuso alla sezione di attraversamento del tracciato autostradale in progetto.

Area del bacino	187	km <sup>2</sup>
Lunghezza dell'asta principale	18.5	km
Elevazione massima del bacino	25	m s.l.m.
Elevazione della sezione di chiusura	12.7	m s.l.m.
Distanza dalla foce	3.1	km

**TABELLA 6-1: CAVO ACQUE BASSE MODENESI - CARATTERISTICHE FISICHE ALLA SEZIONE DI ATTRAVERSAMENTO DEL VIADOTTO CISPADANA**

### 6.2. Caratteristiche geometriche e morfologiche dell'alveo e tendenza morfo-evolutiva

Il canale in esame, di pertinenza delle acque basse, non risulta delimitato da alcun sistema di arginature e presenta dislivelli, tra il fondo dell'alveo e le sponde, dell'ordine di 6-8 m. Il tratto oggetto di simulazione numerica si estende dalla sezione n.1, 1200 m a monte del viadotto in progetto, fino alla sezione n.20, 2100 m a valle dello stesso, per una lunghezza totale di circa 3300 m.

Nel tratto oggetto di intervento il corso d'acqua ha andamento rettilineo e si sviluppa tendenzialmente da Sud verso Nord.

Il rilievo topografico specificatamente condotto sul tratto d'interferenza si compone di 20 sezioni trasversali; le sezioni sono estese oltre il ciglio spondale ad individuare il piano della campagna esistente. Nel tratto

rapresentato sono presenti il ponte di Via Gazzoli, il ponte di Via Valle Bassa ed il ponte Corte Strazetto.

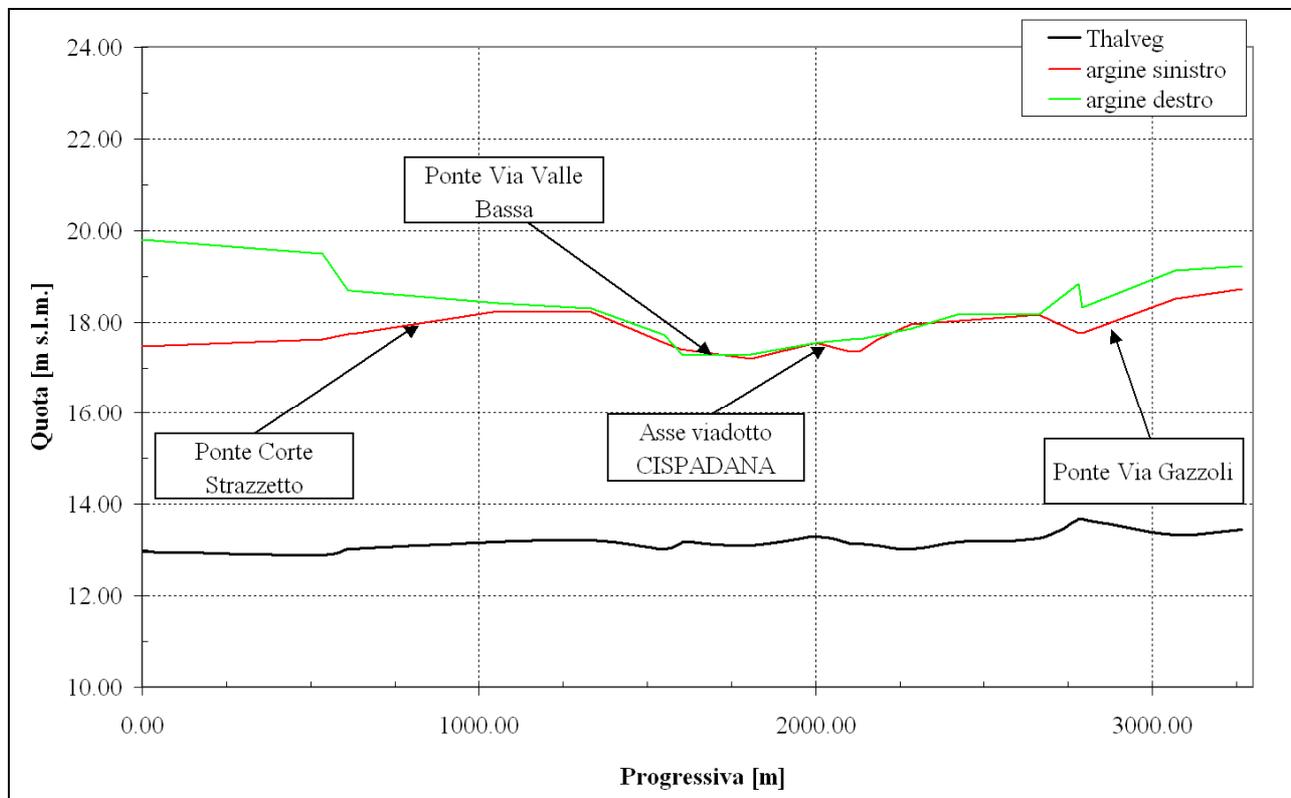


FIGURA 6-1: ANDAMENTO DEL THALWEG E DELLE SPONDE DEL CAVO ACQUE BASSE MODENESI NEL TRATTO ANALIZZATO

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 cavo Acque Basse Modenesi 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 è 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 ACQUE BASSE MODENESI 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	<b>A01A037</b>
NOME	<b>COLLETTORE ACQUE BASSE MODENESI</b>

DATA RILIEVO	10/08/2011
PROPRIETA'	demaniale
ENTE GESTORE	CONSORZIO DI BONIFICA DELL'EMILIA CENTRALE
LOCALITA'	Novi di Modena

COMUNE	<i>Novi di Modena</i>	
PROVINCIA	<i>MO</i>	
PROGRESSIVA	<i>09+291</i>	
FOTOGRAFIE	<i>A01A037_1</i>	<i>A01A037_2</i>

UBICAZIONE	GAUSS BOAGA X	<i>1652842.03</i>
	GAUSS BOAGA Y	<i>4973978.40</i>
CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	BACINO (m <sup>2</sup> )	<i>187.000.000</i>
	LUNGHEZZA (m)	<i>18.500</i>
	SORGENTE	<i>campagna tra Campagnola Emilia e Fabbrico</i>
	FOCE	<i>cavo Lama</i>
CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE	TIPO TRACCIATO	<i>rettilineo</i>
	TIPO SEZIONE	<i>arginato</i>
	TIPO ALVEO	<i>alveo artificiale arginato a sezione trapezoidale con banche e pendenza delle sponde 1/2</i>
	EROSIONI	<i>assenza di erosioni</i>
CARATTERISTICHE CORSO D'ACQUA	RANGO	<i>principale</i>
	USO	<i>irriguo</i>
	GRANULOMETRIA	<i>limo argilloso</i>
	AMBIENTE FLUVIALE	<i>vegetazione spondale erbacea rada con sporadiche canne (phragmites) - vegetazione riparia erbacea rada</i>
CARATTERISTICHE DEL PAESAGGIO	TERRITORIO CIRCOSTANTE	<i>campagna aperta</i>
CARATTERISTICHE IDRAULICHE	CONDIZIONI AL CONTORNO	<i>corrente lenta: pendenza di moto uniforme a valle</i>
	SCABREZZA (m <sup>1/3</sup> /s)	<i>22-25</i>
NOTE		<i>ponti e viadotti stradali</i>

COD	A01A037	NOME	COLLETTORE ACQUE BASSE MODENESI
			
FOTOGRAFIA	A01A037_1		
			
FOTOGRAFIA	A01A037_2		

---

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

---

Analogamente agli altri corsi d'acqua esaminati nel presente Progetto Definitivo, anche nel caso del Cavo Acque Basse Modenesi, 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 carattere artificiale prevalentemente in scavo rispetto alla campagna. La campagna è destinata a seminativi e l'urbanizzazione non risulta particolarmente frequente.

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. L'analisi è stata condotta con riferimento alla Carta dell'uso del suolo della Regione Emilia Romagna

Le analisi idrologiche condotte in fase di progetto preliminare, che hanno individuato coefficienti idrometrici omogenei per i bacini dei corsi d'acqua insistenti sul medesimo ambito territoriale in sinistra Secchia, in virtù della caratterizzazione morfologica comune e della vicinanza geografica che implica una similitudine delle caratteristiche pluviometriche, sono state integrate prendendo a riferimento il recente studio condotto nel 2005 dall'ing. A. Marinelli per conto dell'allora Consorzio di Bonifica della Parmigiana Moglia e Secchia.

Questo studio è composto da 2 parti: nella prima sono state preliminarmente analizzate le precipitazioni del periodo 1968 – 2004 su diverse stazioni pluviometriche, quindi sono state definite le relative curve di possibilità pluviometrica per porzioni omogenee del bacino. Successivamente è stata effettuata l'analisi dettagliata del sistema idraulico in regime di scolo dei canali investigati ed all'individuazione di interventi infrastrutturali e della logica gestionale degli impianti e delle paratoie volti a ottenere una migliore sicurezza idraulica del territorio. Soprattutto nella seconda parte l'ing. A. Marinelli ha focalizzato l'attenzione sui tratti di maggior criticità esponendo per ognuno di essi azioni volte alla mitigazione. Grazie all'utilizzo di un modello di simulazione SWMM, tra l'altro utilizzato anche nel presente Progetto Definitivo per il calcolo degli scoli generati dalla piattaforma stradale e calibrato su casi realmente accaduti, ha stimato valori di portata critici per singolo canale investigato in funzione delle azioni comportamentali ad esso associabili e legate alla gestione delle chiaviche e paratoie.

**Tabella 2.3. 10 – Caratteristiche principali del C.A.B.M. e del bacino afferente**

Codice canale	Nome	Tratto	Progressiva	Sezione	Lunghezza (m)	Pendenza media	Volume geometrico (mc)	Q <sub>minif</sub> (mc/s)	Area afferente al tratto (ha)	Area afferente totale (ha)
B2000	CABM	da monte a confi f. Bondione	18485 - 18021	SP_B3000_18485	443	0.0003	25 251	61.4	41.27	41.27
		da confi F. Bondione a confi C. Bondione	18021 - 17404	SP_B3000_18485	617		35 169	61.4	31.86	236.33
		da confi C. Bondione a confi F. Colombarone	17404 - 16775	SP_B3000_16750	629		22 015	32.5	26.90	1320.02
		da confi F. Colomabrone a confi c. Fossatelli	16775 - 13020	SP_B3000_16750	819		28 665	32.5	254.18	1755.20
				SP_B3000_14530	1 458		56 862	34.5		
				SP_B3000_14490	529		15 870	24.9		
				SP_B3000_13166	949		10 439	7.4		
		da confi C. Fossatelli a confi c. Cuscina	13020 - 12904	SP_B3000_13020	116		6 032	51.2	16.21	2775.09
		da confi c. Cuscina a confi c. Rolo	12904 - 11113	SP_B3000_12855	1 791		94 923	51.7	88.58	3211.92
		da confi c. Rolo a confi c. Valtrina	11113 - 10542	SP_B3000_9539	571		29 121	46.2	204.62	3588.57
		da confi c. Valtrina a confi s. Calicella	10542-10257	SP_B3000_9539	285		14 535	46.2	8.61	5695.61
		da confi s. Calicella a confi irriguo Bruciate	10257 - 9847	SP_B3000_9539	410		20 910	46.2	12.38	5799.03
		da confi irriguo Bruciate a confi F. Bruciate	9847 - 9709	SP_B3000_9539	138		7 038	46.2	4.17	6292.94
		da confi F. Bruciate a confi c. Gavasseto	9709 - 8696	SP_B3000_9539	1 013		51 663	46.2	44.06	6511.47
		da confi c. Gavasseto a confi F. Gruppo	8696 - 7771	SP_B3000_7100	925		73 075	85.1	51.74	7744.77
		da confi F. Gruppo a confi F. Cappello	7771 - 7065	SP_B3000_7100	706		55 774	85.1	40.85	7999.50
		da confi F. Cappello a confi F. Compagnoni	7065 - 6690	SP_B3000_7000	375		21 750	57.6	21.70	15680.92
		da confi F. Compagnoni a confi F. Bacini	6690 - 6022	SP_B3000_6325	668		48 096	74.4	84.02	15801.39
		da confi F. Bacini a confi F. Vecchi	6022 - 5391	SP_B3000_6325	631		45 432	74.4	35.27	15910.43
		da confi F. Vecchi a confi F. Cittadini	5391 - 4522	SP_B3000_6325	869		62 568	74.4	24.55	16173.32
da confi F. Cittadini a confi f. Bigarano	4522 - 3265	SP_B3000_1000	7 787	864 357	142.6	103.34	16726.34			
da confi F. Bigarano a confi C. S. Stefano	3265 - 890	SP_B3000_1000	2 375	263 625	142.6	308.70	17079.02			
da confi C. S. Stefano a immissione in Emissario	890 - 0	SP_B3000_120	890	89 890	124.5	79.08	<b>18714.51</b>			

**TABELLA 7-1: CAVO ACQUE BASSE MODENESI - CARATTERISTICHE PRINCIPALI (DA STUDIO MARINELLI)**

Le portate di riferimento adottate per la modellazione idraulica 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 spondale 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  $Q_{MS1}=67 \text{ m}^3/\text{s}$ ;
2. massima portata sostenibile con adeguamento in quota dei tratti di maggior criticità  $Q_{MS2}= 110 \text{ m}^3/\text{s}$ ;

La condizione al contorno viene fissata alla sezione di valle n. 20, in corrispondenza della confluenza con il Collettore Acque Basse Reggiane, e si traduce in un livello di moto uniforme pari a 17.03 m s.l.m. per la  $Q_{MS1}$  e pari a 17.97 m s.l.m. per la  $Q_{MS2}$ .

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

I valori di portata massima sostenibile dal Cavo Acque basse Modenesi ottenuti sono del tutto paragonabili

con quelli ottenuti dall'ing. Marinelli, mentre essi sono decisamente superiori a quelli calcolati per gli eventi di piena più gravosi registrati dal Consorzio stesso.

Per tale motivazioni i valori calcolati con il metodo della portata massima sostenibile si assumono come portate di riferimento.

Avendo constatato che il tratto oggetto di analisi è caratterizzato da moderata lunghezza ed estensione, e dato 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 dell'ordine di  $25 \text{ m/s}^{1/3}$ .

---

## 8. VERIFICHE IDRAULICHE

---

### 8.1. Attraversamento ed opere idrauliche connesse

---

Il Ponte in progetto, che sovrappassa il Cavo Acque Basse Modenesi in Comune di Novi di Modena, Provincia di Modena, è posto alla progr. 6+176.53 (Spalla Ovest) ed ha lunghezza pari a 32.0 m (distanza tra asse appoggi sulle spalle).

Lo scavalco dell'interferenza è realizzato mediante 2 impalcati affiancati, ognuno dei quali di larghezza totale 16.35 m.

Esso risulta pressoché ortogonale al canale, dal momento che l'angolo tra asse del tracciato e normale al corso d'acqua è inferiore a 3°.

Alla sezione in corrispondenza dell'attraversamento in progetto il Cavo Acque Basse Modenesi presenta una sezione in scavo senza arginature ed è in grado di scolare una portata di 67 metri cubi al secondo, fungendo da scolo di tutte le acque provenienti da un'area complessiva di circa 187 km<sup>2</sup>.

L'intradosso dell'impalcato, a seguito delle verifiche idrauliche successivamente descritte ed in funzione della livelletta stradale, è stato imposto ad una quota pari a 19.59 m s.l.m. garantendo un franco idraulico in linea con le prescrizioni impartite dalle Direttive AdBPo e Norme cogenti.

La continuità monte-valle per i mezzi di gestione e manutenzione è garantita in corrispondenza delle banche lato canale, con la realizzazione di un tratto di pista di servizio su ciascuna sponda. L' altezza utile di transito sotto al viadotto è pari a circa 4.30 m per entrambe le sponde.

Nel tratto d'interferenza dell'infrastruttura viaria con il corso d'acqua si prevede, inoltre, la realizzazione di una berma ed una difesa sulla sponda interna e sulle banche ottenuta mediante il posizionamento di massi di cava non gelivi del peso di 50-100 kg per una lunghezza complessiva di 54 m circa.

Si rimanda al paragrafo 9 una descrizione approfondita dei presidi idraulici progettati.

### 8.2. Verifica di compatibilità idraulica stato di fatto/stati 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;

- 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);
- 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 in progetto nelle configurazioni di progetto.

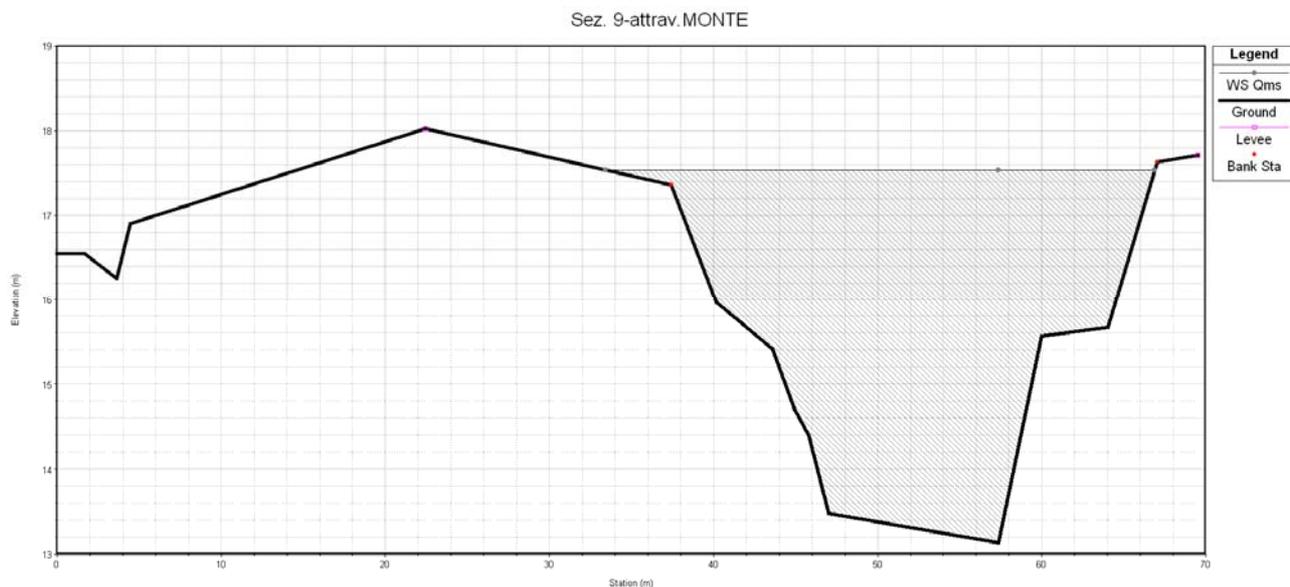
Le risultanze delle propagazioni nelle configurazioni simulate consistono nell'espore le principali grandezze idrauliche, soprattutto in termini di livelli idrometrici raggiunti durante gli eventi considerati in corrispondenza delle varie sezioni trasversali del corso d'acqua. Inoltre, risultano rilevate 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

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

Con le condizioni al contorno sopra indicate la  $Q_{MS1}$  del Cavo Acque Basse Modenesi risulta pari a 67 m<sup>3</sup>/s e il livello raggiunto dalla piena di progetto nella sezione immediatamente a monte del ponte è pari a 17.55 m s.l.m.

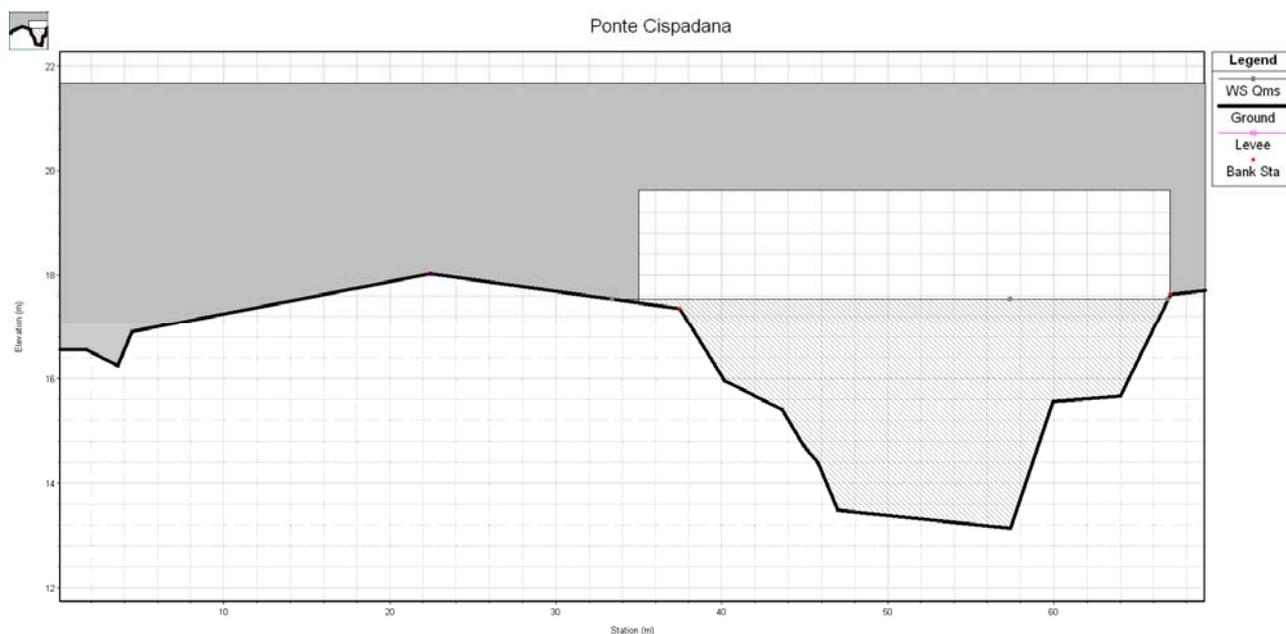


**FIGURA 8-1: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER  $Q_{MS1}=67 \text{ M}^3/\text{S}$  ALLA SEZIONE TRASVERSALE IMMEDIATAMENTE A MONTE DELL'ASSE DEL VIADOTTO NELLO STATO DI FATTO**

### Stato di progetto 1

Nella configurazione di progetto 1 e ponendo l'intradosso del ponte a quota 19.59 m s.l.m. ovvero 1.80 m sopra la quota spondale (vedi Tav. PD\_0\_A08\_AWS03\_0\_WW\_PZ\_01\_A) si determina che, con la condizione di portata massima sostenibile nella configurazione attuale  $Q_{ms1}=67 \text{ m}^3/\text{s}$ , il livello idrometrico immediatamente a monte del viadotto rimane invariato rispetto allo stato di fatto, attestandosi a quota 17.55 m s.l.m.

Le spalle del ponte in progetto non esercitano nessun ostacolo al deflusso essendo esterne all'alveo; il franco idraulico del sottotrave risulta sempre superiore a 2.00 m anche nel caso più gravoso, in linea con quanto imposto dalla Circolare C.S.LL.PP. 07.02.2009 (Ponti stradali e ferroviari) dalla Direttiva 4/99 del PAI dell'AdBPo.



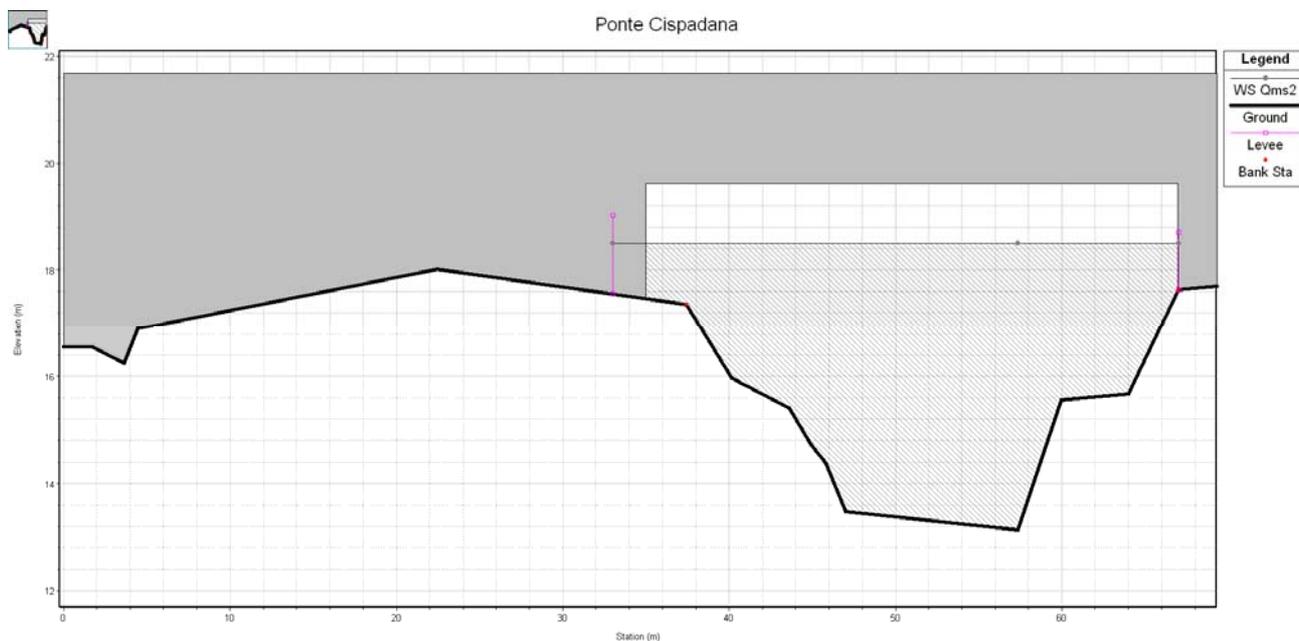
**FIGURA 8-2: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL VIADOTTO NELLO STATO DI PROGETTO 1 –  $Q_{MS1}=67 \text{ M}^3/\text{SEC}$**

### Stato di progetto 2

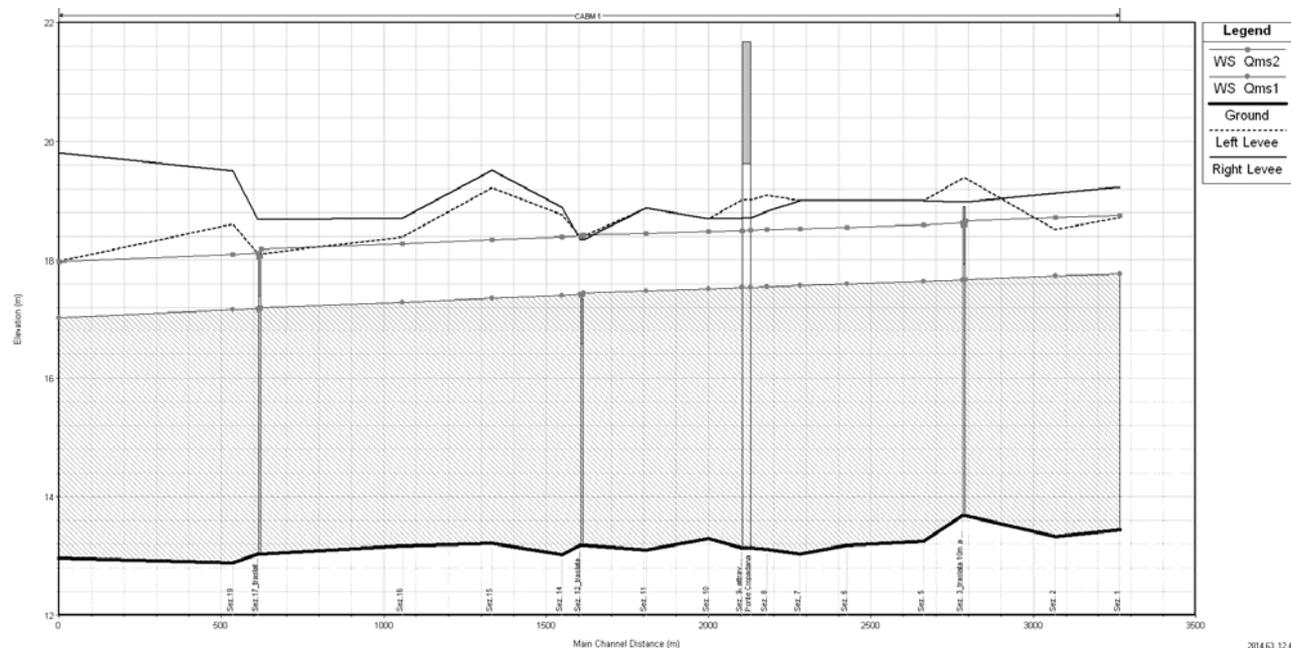
Nella configurazione di progetto 2 è stato ipotizzato un adeguamento spondale nelle sezioni più critiche a monte e in quelle immediatamente a valle del viadotto in progetto, oltre al posizionamento del ponte stesso. e ai rispettivi interventi di adeguamento spondale. Con questa ipotesi la portata massima sostenibile del Cavo Acque Basse Modenesi passa da  $67 \text{ m}^3/\text{s}$  a  $110 \text{ m}^3/\text{sec}$ .

In queste condizioni si determina che il livello idrometrico immediatamente a monte del viadotto in progetto si attesta a quota  $18.51 \text{ m s.l.m.}$

Il profilo di piena arriva ad interessare le spalle in progetto su entrambe le sponde mentre il franco idraulico del sottotrave risulta comunque sempre superiore a  $1.00 \text{ m}$  anche nel caso più gravoso, in linea con quanto imposto dalla Direttiva 4/99 del PAI dell'AdBPo.



**FIGURA 8-3: LIVELLO IDROMETRICO RAGGIUNTO PER LE CONDIZIONI IDROMETRICHE DI RIFERIMENTO ALLA SEZIONE TRASVERSALE IN CORRISPONDENZA DELL'ASSE DEL VIADOTTO NELLO STATO DI PROGETTO 2 –  $Q_{ms2}=110m^3/sec$**



**FIGURA 8-4 PROFILI DI RIGURGITO PER  $Q_{ms1}=67 m^3/sec$  E  $Q_{ms2}=110 m^3/sec$  NELLO STATO DI PROGETTO 2 (ADEGUAMENTO SPONDALE)**

## 8.2.2. Valutazione della compatibilità idraulica

Effetto E.1. Modifiche indotte sul profilo involuppo 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.

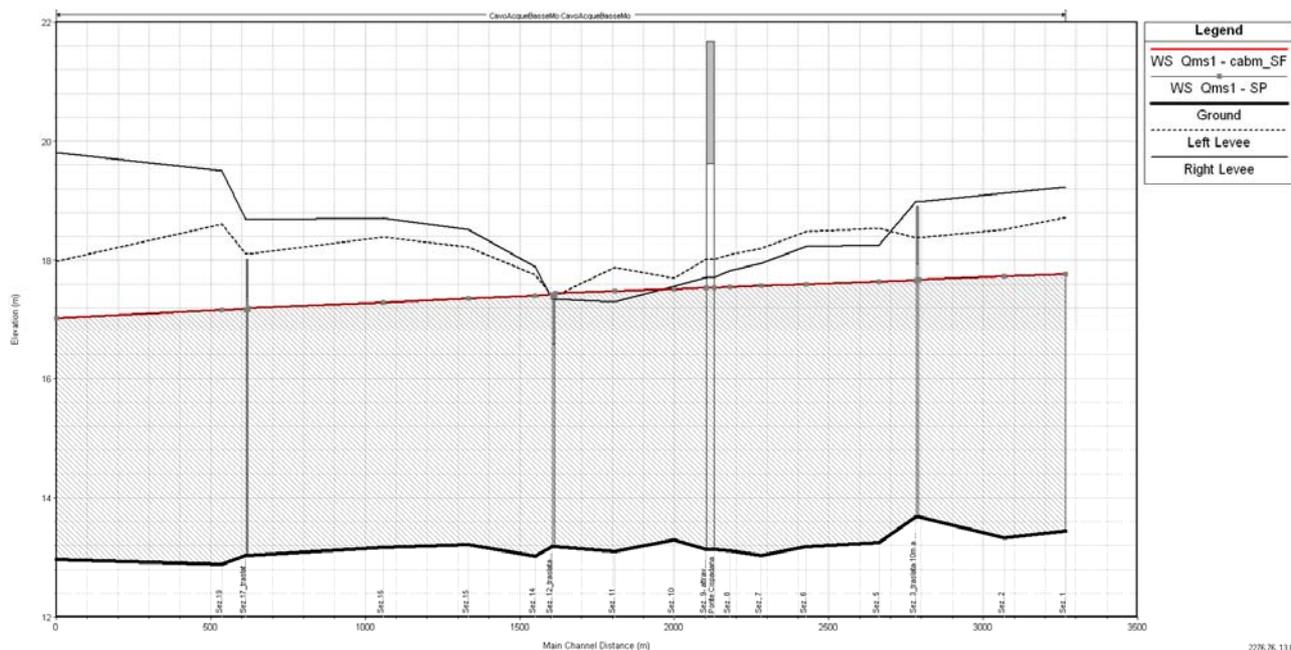
Di seguito si riportano i risultati delle simulazioni numeriche eseguite relativamente allo stato di fatto e di progetto 1. Nelle tabelle e nei grafici seguenti si riporta il confronto fra le principali grandezze idrauliche per la configurazione presa a riferimento nella verifica del franco idraulico.

Come si evince in tutte le sezioni le differenze tra i profili Ante e Post operam sono nulle.

Sezione Topografica	Progressiv	Quota	Q di	Livelli	Livelli	$\Delta H$	Velocità	Velocità	Pendenz	Carico	Carico
	a	del fondo	progetto	idrometri	idrometri		S.F.	à S.P.1	a	Totale S.F.	Totale S.P.1
	[m]	[m s.l.m.]	[m³/s]	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]	[m]	[m/s]	[m/s]	-	[m s.l.m.]	[m s.l.m.]
Sez.1	3217.00	13.44	67	17.76	17.76	<b>0.00</b>	0.86	0.86	0.0005	17.80	17.80
Sez.2	3017.00	13.33	67	17.73	17.73	<b>0.00</b>	0.81	0.81	-0.0013	17.76	17.76
Sez.3	2742.00	13.68	67	17.67	17.67	<b>0.00</b>	0.85	0.85	0.0000	17.71	17.71
Ponte Via Gazzoli	2740.00	13.68	Bridge	17.67	17.67	<b>0.00</b>	0.85	0.85	0.0000	17.71	17.71
Sez. 3 valle	2740.00	13.68	67	17.66	17.66	<b>0.00</b>	0.85	0.85	0.0036	17.70	17.70
Sez.5	2621.00	13.25	67	17.64	17.64	<b>0.00</b>	0.85	0.85	0.0003	17.68	17.68
Sez.6	2385.00	13.18	67	17.60	17.60	<b>0.00</b>	0.84	0.84	0.0010	17.63	17.63
Sez.7	2240.00	13.03	67	17.57	17.57	<b>0.00</b>	0.83	0.83	-0.0008	17.61	17.61
Sez.8	2138.00	13.11	67	17.55	17.55	<b>0.00</b>	0.80	0.80	-0.0006	17.59	17.59
Sez. 9 attravers. MONTE	2088.00	13.14	67	17.54	17.54	<b>0.00</b>	0.82	0.82	0.0000	17.58	17.58
PONTE CISPADANA	2087.00	13.14	Bridge	17.54	17.54	<b>0.00</b>	0.82	0.82	0.0000	17.58	17.58
Sez. 9 attravers. VALLE	2087.00	13.14	67	17.54	17.54	<b>0.00</b>	0.82	0.82	-0.0015	17.57	17.57
Sez. 10	1984.00	13.29	67	17.52	17.52	<b>0.00</b>	0.87	0.87	0.0010	17.55	17.55
Sez. 11	1791.00	13.10	67	17.48	17.48	<b>0.00</b>	0.84	0.84	-0.0004	17.52	17.52
Sez. 12	1599.00	13.18	67	17.45	17.45	<b>0.00</b>	0.74	0.74	0.0000	17.48	17.48
Ponte di Via Valle Bassa	1597.00	13.18	Bridge	17.45	17.45	<b>0.00</b>	0.74	0.74	0.0000	17.48	17.48
Sez. 12 valle	1597.00	13.18	67	17.43	17.43	<b>0.00</b>	0.75	0.75	0.0029	17.45	17.45

Sez.14	1541.00	13.02	67	17.41	17.41	<b>0.00</b>	0.86	0.86	-0.0009	17.44	17.44
Sez.15	1325.00	13.22	67	17.36	17.36	<b>0.00</b>	0.85	0.85	0.0002	17.40	17.40
Sez.16	1049.00	13.17	67	17.29	17.29	<b>0.00</b>	0.90	0.90	0.0003	17.33	17.33
Sez.17	614.00	13.03	67	17.20	17.20	<b>0.00</b>	0.85	0.85	0.0000	17.23	17.23
Ponte Corte Strazetto	612.00	13.03	Bridge	17.20	17.20	<b>0.00</b>	0.85	0.85	0.0000	17.23	17.23
Sez.17 valle	612.00	13.03	67	17.18	17.18	<b>0.00</b>	0.86	0.86	0.0018	17.22	17.22
Sez.19	535.00	12.89	67	17.16	17.16	<b>0.00</b>	0.86	0.86	-0.0001	17.20	17.20
Sez.20	0.00	12.96	67	17.03	17.03	<b>0.00</b>	0.91	0.91	0.0000	17.08	17.08

**TABELLA 8-1: PRINCIPALI GRANDEZZE IDRAULICHE A CONFRONTO RISULTANTI DELLE SIMULAZIONI CON L'IDROGRAMMA DI PIENA DI RIFERIMENTO NELLO STATO DI FATTO (S.F.) E DI PROGETTO 1 (S.P. 1) CON QMS=67 M<sup>3</sup>/SEC.**



**FIGURA 8-5: CONFRONTO TRA I PROFILI DI RIGURGITO PER QMS=67 M<sup>3</sup>/SEC NELLO STATO DI FATTO E DI PROGETTO 1.**

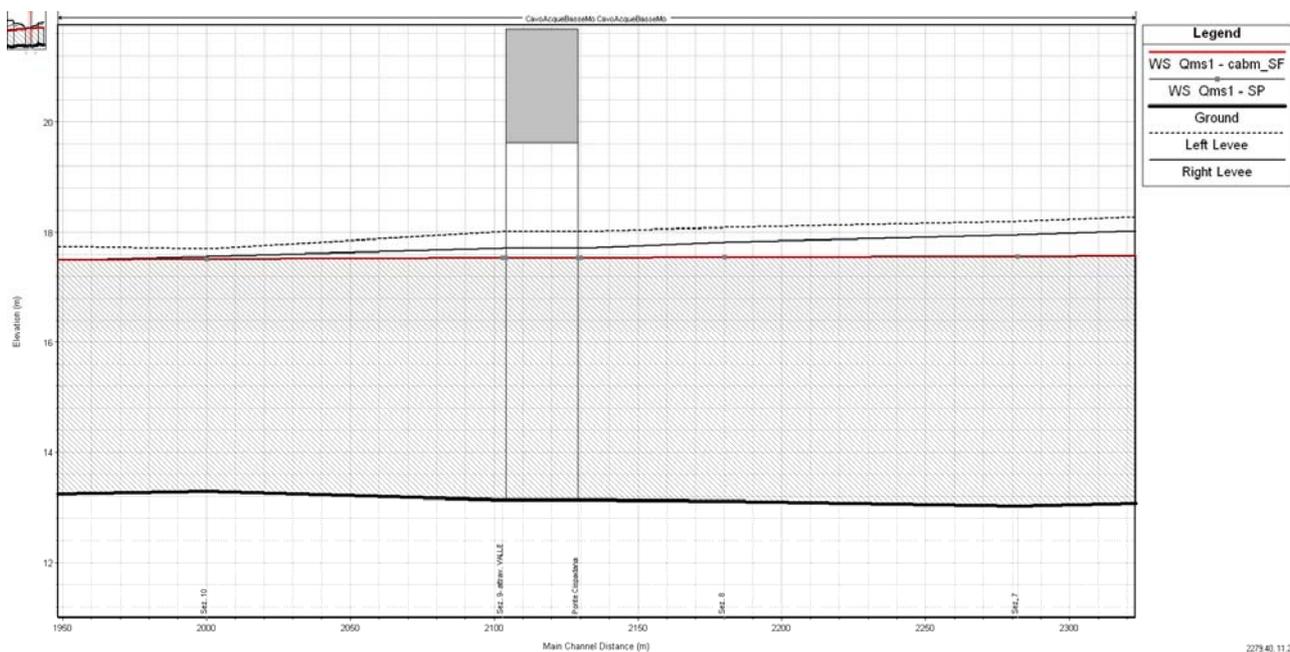


FIGURA 8-6: PARTICOLARE DEL CONFRONTO DEI PROFILI DI RIGURGITO PER  $Q_{MS1}=67 \text{ M}^3/\text{SEC}$  TRA LO STATO DI FATTO E DI PROGETTO 1 IN CORRISPONDENZA DEL PONTE.

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

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.

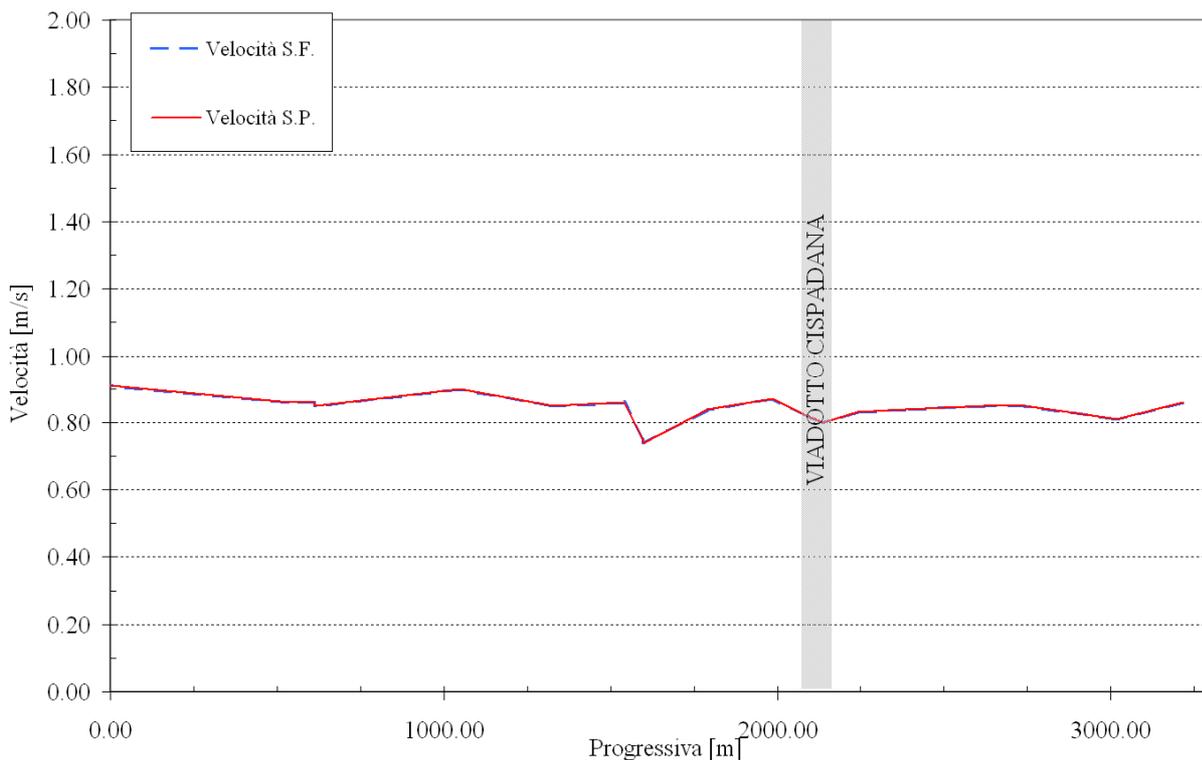
L'opera in progetto non comporta alcuna variazione delle superfici allagabili.

Effetto E.3. Interazioni con le opere di difesa idrauliche (opere di sponda e argini) 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 8-7: ANDAMENTO DELLA VELOCITÀ MEDIE DELLA CORRENTE PER QMS=67 M<sup>3</sup>/SEC STATO DI FATTO E DI PROGETTO 1.**

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 9

---

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 e a quelli derivanti dell'azione erosiva della corrente sulle strutture e sulle fondazioni;
- tipologia funzionale dell'intervento.

Il franco tra l'intradosso del ponte ed il livello idrometrico negli stati di progetto 1 e 2 è adeguato in quanto sempre superiore a 1.00 m.

### **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 dell'alveo 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.

## 9. INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

Sulla base di quanto già licenziato in sede di Conferenza dei Servizi e tenendo conto di quanto prescritto dallo stesso Consorzio di bonifica dell'Emilia Centrale in quella sede, si è proceduto alla Progettazione dei presidi difensivi da apporre a protezione delle sponde del canale.

Gli interventi previsti si possono suddividere in 2 categorie:

1. difese longitudinali volte a contenere i processi erosivi sulle sponde,
2. mantenimenti e collegamento della viabilità di servizio interferita.

La difesa spondale si ottiene attraverso la realizzazione di una berma ed una difesa sulla sponda interna e sulle banche ottenuta mediante il posizionamento di massi di cava non gelivi del peso di 50-100 kg/cad .

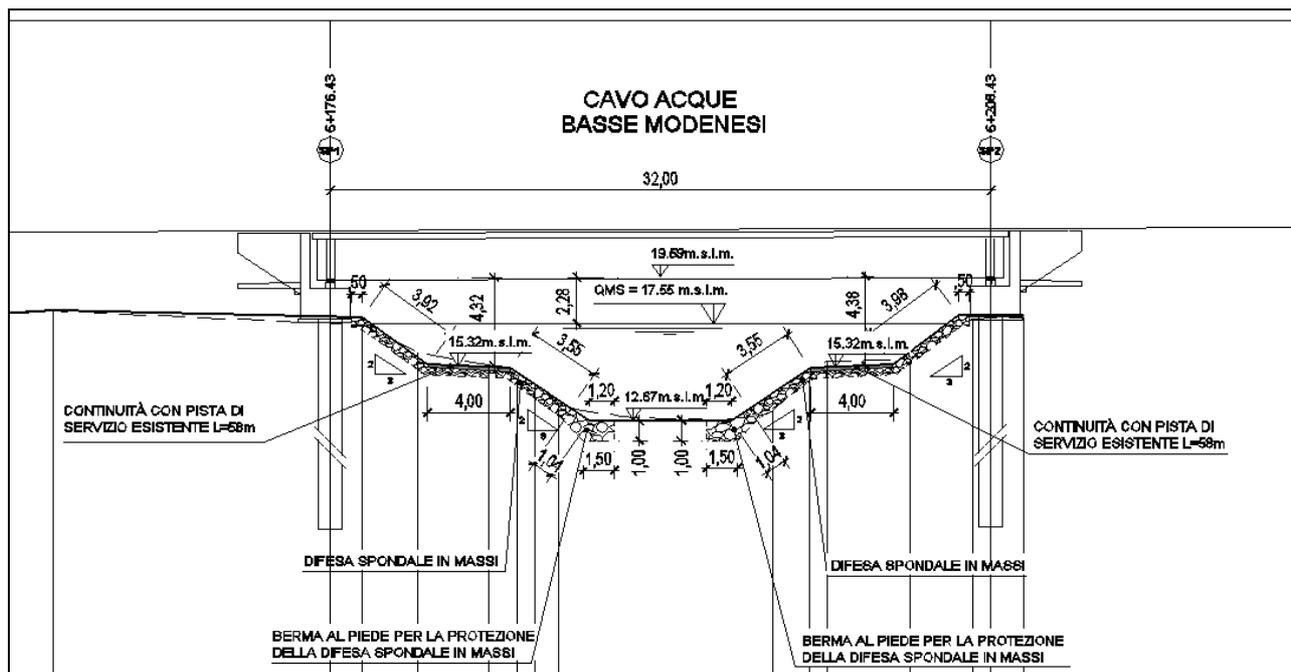


FIGURA 9-1 – PARTICOLARE DIFESA SPONDALE

Le difese in massi si estenderanno per un tratto complessivo di 54 m in corrispondenza dell'attraversamento.

Infine, una volta completati i lavori di realizzazione delle opere idrauliche, si procederà ad effettuare semina a spaglio per rinvigire la nuova configurazione morfologica nell'intorno del fiume.

Per dare continuità alla viabilità di servizio si prevede di garantire il passaggio ai mezzi del Consorzio sulle sottobanche interne, per le quali in franco minimo rispetto all'intradosso del ponte è maggiore di 4 m sia in sponda destra che sinistra, così come prescritto nella Conferenza dei Servizi sul Preliminare.

---

## **10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE SULLE PRESCRIZIONI DEL CONSORZIO**

---

Le analisi e le opere idrauliche precedentemente descritte recepiscono integralmente le prescrizioni/osservazioni trasmesse dal Consorzio di Bonifica dell'Emilia Centrale 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 Cavo Acque Basse Modenesi è stata riportata la richiesta di prevedere la sistemazione (abbassamento) della sottobanca interna Ovest, analogamente a quella Est, con un estradosso minimo di 4.00 m per il transito dei mezzi del Consorzio.

Tali prescrizioni sono state recepite nel presente progetto definitivo (v. paragrafo 9).