

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



INFRASTRUTTURE FERROVIARIE STRATEGICHE DEFINITE DALLA LEGGE OBIETTIVO N. 443/01

CUP: J31J05000010001

U.O. INFRASTRUTTURE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA.

TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y.

Deviazione canale secondario Villoresi

Relazione idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore Parabiago

SCALA:

-

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

MDL1 30 D 26 RI ID0020 002 A


Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	Emissione esecutiva	M. Coccato	ottobre 2017	M. Ventura	ottobre 2017	S. Boralli	ottobre 2017	F. Sacchi	ottobre 2017

File: MDL130D26RIID0002002A.docx

ITALFERR
UO INFRASTRUTTURE NORD
Dati per il Progetto Sacchi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma
3172 S.p.A.

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	IDROGRAFIA DEL TERRITORIO	5
3	ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO DEL CANALE VILLORESI, IN LOCALITÀ PARABIAGO ..	8
3.1	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO.....	9
3.1.1	<i>Condizioni ante operam</i>	9
3.1.2	<i>Condizioni post operam</i>	10
3.1.3	<i>Condizioni al contorno</i>	10
3.1.4	<i>Risultati delle simulazioni</i>	10
4	RISOLUZIONE INTERFERENZA CON IL PROGETTO RHO-GALLARATE – SOLUZIONE IN AFFIANCAMENTO ALLA LINEA FERROVIARIA.....	12
4.1	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	12
4.2	DESCRIZIONE SINTETICA DELLO STATO DI FATTO.....	14
4.3	RISOLUZIONE INTERFERENZA CON IL PROGETTO RHO-GALLARATE – SOLUZIONE IN AFFIANCAMENTO ALLA LINEA FERROVIARIA	18
4.4	IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO MATEMATICO.....	19
4.4.1	<i>Metodologia di lavoro</i>	19
4.4.2	<i>Campagna di rilievo misura di portata canale</i>	20
4.4.3	<i>Condizioni ante operam</i>	22
4.4.4	<i>Condizioni post operam</i>	23
4.4.5	<i>Condizioni al contorno</i>	23
4.4.6	<i>Risultati delle simulazioni</i>	24


	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>3 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	3 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	3 di 64								

INDICE DELLE FIGURE

Figura 3.1 Stralcio planimetrico stato di fatto attraversamento ferroviario Canale Villoresi	8
Figura 3.2 Ponte ferroviario su Canale Villoresi vista da valle (Pista ciclabile in destra idraulica)	9
Figura 3.3 - Profili idrometrici ante e post-operam, con Q=30 m ³ /s e Q=50 m ³ /s.	11
Figura 4.1: Inquadramento territoriale.	13
Figura 4.2: Vista aerea diramatore di Parabiago, derivatore di Arluno Vittuone / Bareggio e V. Olona.	14
Figura 4.3: Vista dello sbarramento sul canale Villoresi prima e dopo gli interventi di riqualificazione.	15
Figura 4.4: Vista del manufatto partitore.	16
Figura 4.5: Vista del derivatore di Valle Olona.	16
Figura 4.6: Vista del derivatore di Arluno Vittuone / Bareggio.	17
Figura 4.7: Misura della portata sul Canale Villoresi con ADCP (battellino) sulla sezione a	20
Figura 4.8: Misura della portata sul Canale Villoresi con ADCP (battellino) sulla sezione a valle della	20
Figura 4.9: Derivatore Parabiago sezione 1 – 250 m valle derivazione, su ponte in via	21
Figura A.4.10 - Finestra principale del modello HEC-RAS 4.0	27
Figura A.4.11 – Posizionamento delle sezioni idrauliche per il calcolo dei ponti in Hec-Ras.	37

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 Campagna misura della portata e livelli idrometrici	21
Tabella 2 Coefficienti di scabrezza sezioni di misura	22

	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>4 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	4 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	4 di 64								

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione vengono riportate le analisi svolte per la verifica del corretto dimensionamento degli interventi necessari per la risoluzione delle interferenze idrauliche incontrate lungo la tratta ferroviaria Rho – Gallarate, facente parte della linea Rho – Arona, oggetto di un intervento di potenziamento.

Il progetto prevede la costruzione di nuovi binari, in affiancamento a quelli esistenti, e richiede l'ampliamento della larghezza dell'attuale sede ferroviaria. Di conseguenza, vi è la necessità di adeguare le strutture di attraversamento dei corsi d'acqua incontrati lungo il percorso e delle eventuali opere idrauliche che, per loro posizione, risultano incompatibili con il futuro assetto della linea ferroviaria.

	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>5 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	5 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	5 di 64								

2 IDROGRAFIA DEL TERRITORIO

Le principali interferenze idrauliche incontrate nella realizzazione delle opere in progetto, sono quelle dovute agli attraversamenti del fiume Olona e del canale Villoresi (sui quali è previsto l'adeguamento delle strutture di attraversamento esistenti) ed all'affiancamento del derivatore di Parabiago-Valli Olona, detto anche Canale secondario Villoresi, che prevede lo spostamento della sezione di deflusso esistente, necessario per far posto alla nuova piattaforma ferroviaria.

Di questi corsi d'acqua, solamente il primo rappresenta un corso d'acqua naturale, con regime idrologico dipendente dalle caratteristiche morfologiche e delle condizioni meteorologiche del bacino idrografico, mentre gli altri due costituiscono collettori artificiali utilizzati a scopi irrigui. Il loro regime idrologico dipende pertanto dalle modalità di gestione dei manufatti di regolazione idraulica presenti lungo il tracciato.


Il territorio interessato dal progetto rientra quindi interamente all'interno del bacino idrografico del fiume Olona che si estende nel territorio delle province di Varese, Milano e marginalmente quella di Como, oltre ad interessare marginalmente anche il territorio svizzero (vedi elaborato "Corografia del bacino del fiume Olona"). L'origine del corso d'acqua trova ubicazione presso le pendici dei monti a Nord di Varese ad una quota di circa 1000 m s.m.m. e, dopo un tragitto di circa 60 km, entra nell'abitato di Milano da cui esce con il nome di Lambro Meridionale. Lungo il suo percorso, lambisce la città di Varese, riceve, in sinistra, il contributo del Torrente Bevera e, in destra, le acque del Rio Velone; poco più a sud, in località Valle Folla, raccoglie le acque del Rio Ranza, il cui corso ha origine dalle pendici del Monte San Giorgio, in territorio svizzero.

Il bacino dell'Olona, chiuso in corrispondenza dell'immissione nel tombino appena a monte di Milano ha un'estensione complessiva di circa 475 km², che include sia il bacino del torrente Bozzente avente un'estensione di 79 km², sia il bacino del torrente Lura con superficie di 150 km², che si immettono nell'Olona poco a monte della sezione di chiusura del bacino complessivo.

I caratteri morfologici del bacino idrografico si differenziano in maniera netta in una parte montana e quella pianeggiante. La prima si chiude in corrispondenza di Ponte Gurone, in comune di Malnate, e presenta una superficie di 95 km². La seconda si estende dalla sezione di Ponte Gurone fino alla chiusura.

La parte montana del bacino ha una forma a Y, dove il ramo occidentale è rappresentato dal bacino dell'Olona vero e proprio mentre la parte orientale è costituita dal territorio tributario del Torrente Bevera, del Torrente Clivio e del Rio Ranza. Al ramo occidentale, il più urbanizzato dei due, appartengono gli abitati di Varese e di Induno Olona, mentre il ramo orientale, salvo alcuni centri abitati di modeste dimensioni, è per la maggior parte costituito da terreno boschivo e agricolo.

A valle di Ponte Gurone, il bacino assume una forma molto stretta e allungata in direzione Nord-Sud, alternando zone densamente urbanizzate ad altre in cui permane una considerevole


	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>6 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	6 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	6 di 64								

frazione di terreno agricolo e boschivo. Fino all'attraversamento con l'autostrada Milano-Varese l'alveo percorre una valle nella quale i centri abitati sono situati in posizione sopraelevata rispetto al corso del fiume. Oltrepassata l'autostrada l'Olona entra nella zona maggiormente urbanizzata attraversando i comuni di Castellanza e Legnano all'interno dei quali l'alveo risulta addirittura tombinato. Poco a valle dell'Autostrada Mi-Laghi, viene immessa la portata di scarico del bacino di invaso dei torrenti Rile e Tenore (max 10 m³/s). A valle dell'abitato di Legnano, il fiume attraversa nuovamente aree agricole alternate ad aree urbane fino al confine del territorio del Comune di Rho, in corrispondenza del quale è posta l'opera di scolmo delle piene denominata "Presa Olona 1", la quale è stata progettata per deviare verso il canale scolmatore di Nord-Ovest una portata pari a 25 m³/s mediante il Ramo Olona. Poco a monte della "Presa Olona 1" viene immessa la portata di scolmo delle piene del Bozzente (circa 13 m³/s) mediante uno scolmatore tombinato che devia le portate del Bozzente stesso a nord dell'abitato di Rho, in località Biringhello. La seconda presa dell'Olona, denominata "Presa Olona 2", a sud dell'abitato di Rho, è dimensionata per poter scaricare direttamente nel CSNO (Canale Scolmatore di Nord Ovest) sino a 15 m³/s.

Tra le due prese vi sono le confluenze di Bozzente e Lura, i cui bacini idrografici delimitano ad est il bacino dell'Olona: il primo immette la portata di magra (3 m³/s) e il secondo circa 18 m³/s. A valle della "Presa Olona 2" l'Olona sovrappassa il CSNO con un ponte canale e percorrendo un breve tratto (circa 3 km) raggiunge l'abitato di Pero, da cui prosegue completamente tombinato, fino all'attraversamento del Naviglio Grande oltre il quale continua a cielo aperto con il nome di Lambro Meridionale, fino a giungere al nodo di Conca Fallata. La massima portata compatibile con le canalizzazioni sotterranee risulta essere di 50÷54 m³/s.

Appena a valle dell'imbocco della tombinatura di Pero, si immette lo scarico del sistema fognante del bacino del fontanile Cagnola (comprendente il polo industriale di Arese, Mazzo di Rho, nuovo polo fieristico di Pero). Più a valle, l'Olona riceve gli apporti della Roggia Merlata (Guisa + Nirone, dopo gli scolmi in CSNO) e del Torrente Pudiga oltre a drenaggi minori della rete fognaria urbana.

Per alleggerire i carichi idraulici sul reticolo idrografico che entra in Milano, all'inizio degli anni '80 fu realizzato il Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO), che scolma i contributi di piena a Nord di Milano, intercettando i corsi d'acqua a partire dal Seveso, per sversarli nel Ticino all'altezza di Abbiategrasso. Lungo il percorso intercetta le portate eccedenti dell'Olona, derivate alle prese denominate Olona1 e Olona2; le portate provenienti da quest'ultima sversano nel canale scolmatore al nodo di Cornaredo, da dove parte il Deviatore Olona, realizzato recentemente per convogliare le portate in eccesso dell'Olona, che non possono essere scaricate nel CSNO. Il Deviatore aggira a ovest la città e si collega, presso Gratosoglio, al Lambro meridionale.

	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>7 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	7 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	7 di 64								

Il canale irriguo Villoresi rappresenta uno dei principali canali artificiali interferenti con il reticolo idrografico naturale, oltre ai navigli della Martesana, Grande e di Pavia, tutt'oggi utilizzati anche come vie navigabili.

3 ATTRAVERSAMENTO FERROVIARIO DEL CANALE VILLORESI, IN LOCALITÀ PARABIAGO

La linea ferroviaria oggetto di intervento, giunta nel territorio comunale di Parabiago, attraversa il canale irriguo Villoresi, circa 450 m a valle del manufatto di derivazione che alimenta il derivatore di Parabiago (canale secondario Villoresi). La direzione della corrente procede da Sud – Ovest verso Nord - Est.

Il canale Villoresi è un collettore gestito dal Consorzio Est Ticino – Villoresi.

Allo stato attuale la linea ferroviaria supera il canale Villoresi mediante una struttura a tre campate, ad arco, che produce il restringimento della vena liquida. La terza luce di destra è stata utilizzata per fare passare una pista ciclabile (Figura 3.1 e Figura 3.2).

L'intervento prevede l'ampliamento della sede ferroviaria affiancando, sul lato di monte, un ulteriore impalcato. La nuova struttura presenta un'unica campata di ampiezza tale da realizzare una luce libera al deflusso pari alla distanza tra le pile esistenti e altezza dell'intradosso della trave al colomo pari a 181.38 m s.m..

Rispetto alla struttura esistente, il nuovo manufatto non comporta un ulteriore restringimento della vena liquida ed è pertanto possibile escludere fin d'ora che l'intervento in progetto possa produrre la perdita di efficienza nella capacità di deflusso del canale irriguo. Tuttavia, in questo capitolo, verrà analizzato il regime idrometrico del canale nel tratto prossimità all'attraversamento ferroviario.

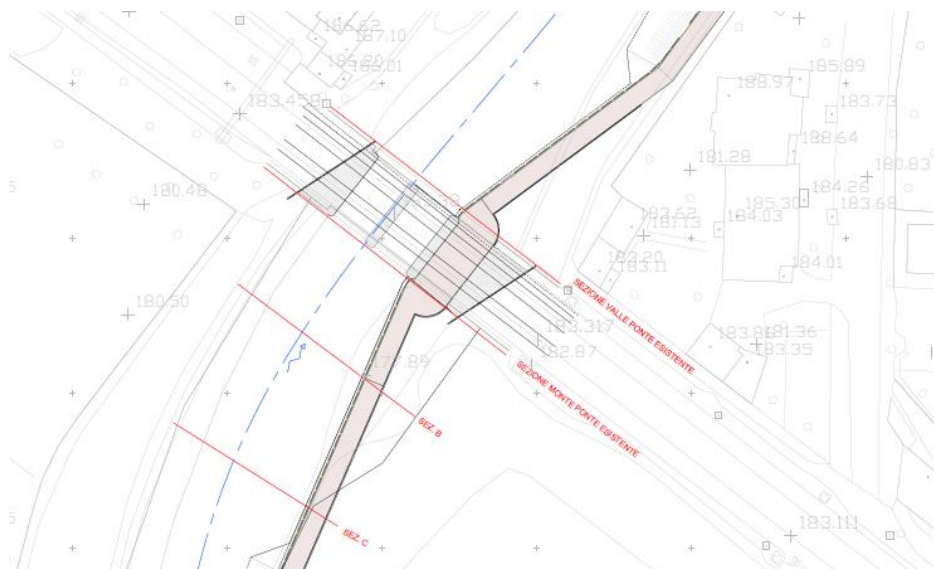


Figura 3.1 Stralcio planimetrico stato di fatto attraversamento ferroviario Canale Villoresi



Figura 3.2 Ponte ferroviario su Canale Villoresi vista da valle (Pista ciclabile in destra idraulica)

3.1 Implementazione del modello matematico

L'analisi idraulica del canale Villoresi è stato analizzato mediante l'implementazione del modello matematico HEC RAS, utilizzato ipotizzando che lungo l'alveo fluviale si instauri un regime di moto permanente.


3.1.1 Condizioni ante operam

Il canale Villoresi è un collettore artificiale, costruito con una sezione a forma trapezoidale, che presenta alcuni allargamenti in prossimità degli attraversamenti stradali o ferroviari.

La sua conformazione geometrica, nel tratto di interesse, è stata ricostruita mediante l'esecuzione di un rilievo plano-altimetrico, comprensivo della parte batimetrica. Il rilievo, è stato appositamente realizzato, ad integrazione del rilievo fotogrammetrico, a supporto della progettazione e delle presenti verifiche idrauliche. Sono state ricostruite 6 sezioni trasversali dell'alveo a monte dell'attraversamento ed 1 sezione a valle di esso, alla quale è stata aggiunta una ulteriore sezione a 140 metri più a valle, per consentire al modello di valutare correttamente la condizioni al contorno. Inoltre è stato inserito anche l'ingombro della pista ciclabile esistente.

Le sezioni sono state introdotte nel modello mantenendo la numerazione riportata nel rilievo topografico mentre la "river station" di ciascuna, che individua l'ordine di calcolo nello schema modellistico, è stata assunta pari alla progressiva chilometrica misurata a partire dalla sezione di valle e procedendo verso monte. Il tratto analizzato si estende per un totale di 237 m.

Una volta inserita la geometria nel modello matematico, è stato assunto un coefficiente di scabrezza di Manning pari a $0.035 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ per l'alveo centrale e pari a $0.025 \text{ m}^{-1/3}\text{s}$ per le sponde

 <p>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>10 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	10 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	10 di 64								

inclinate, in quanto rivestite in calcestruzzo (corrispondenti ai coefficienti di Strickler pari a $K_s = 28.5 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$ e a $K_s = 40 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1}$, rispettivamente).

3.1.2 Condizioni post operam

A partire dal modello precedentemente implementato, è stata inserita la nuova struttura di attraversamento, che di fatto costituisce la continuazione, verso monte, dell'impalcato esistente. La struttura è stata schematizzata nel modello come una seconda struttura per consentire il calcolo delle dissipazioni energetiche aggiuntive oltre a quelle dovute alla presenza del ponte esistente.

3.1.3 Condizioni al contorno

La ricostruzione di un profilo idrometrico richiede l'inserimento di opportune condizioni al contorno. Nel caso di simulazioni condotte in regime di moto permanente, e considerando che nel canale Villoresi il moto della corrente avviene in condizioni di moto subcritico, le condizioni da specificare sono:

- condizione al contorno di monte, rappresentata dalla portata in arrivo da monte;
- condizione al contorno di valle, rappresentata dalle condizioni idrodinamiche che si instaurano nella sezione estrema di valle.

Per quanto riguarda la condizione di monte, trattandosi di un collettore artificiale, non esistono scenari di piena al quale fare riferimento. Le analisi hanno pertanto fatto riferimento a due scenari rappresentativi di:

instaurare un profilo idrometrico tale da garantire un adeguato franco di sicurezza (pari a 1 m) rispetto alla sommità delle difese spondali in calcestruzzo;

instaurare un profilo idrometrico contenuto entro le difese spondali, ma in condizioni limite, ovvero senza margine di sicurezza.

Per quanto riguarda la condizioni al contorno di valle, si è ipotizzato che nella sezione estrema si instaurino condizioni idrometriche corrispondenti ad un regime di moto uniforme, corrispondente ad una pendenza dello 0.1 %.

3.1.4 Risultati delle simulazioni

Le simulazioni condotte nelle condizioni di ante-operam, hanno consentito di ottenere i due scenari precedentemente descritti con portate rispettivamente pari a:

$$Q = 30 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$Q = 50 \text{ m}^3/\text{s}$$

Una volta determinate le due portate di riferimento, le stesse condizioni al contorno sono state utilizzate per effettuare le analisi nelle condizioni post-operam, ottenendo i profili idrometrici riportati in Figura 3.3. Nella figura i profili idrometrici sono stati riportati sia nelle condizioni ante-operam sia nelle condizioni post-operam.

I profili dimostrano che, data l'esigua velocità della corrente, gli effetti dell'ostruzione del ponte esistente, sebbene costituito da due pile in alveo, e dal restringimento della terza luce per la presenza della pista ciclabile non produce effetti apprezzabili in termini di sovrizzo idraulico. Si nota un leggero abbassamento della vena liquida nel passaggio entro le pile ed un sovrizzo totale tra monte e valle dell'ordine di 2 cm.

Come facilmente prevedibile, la presenza del nuovo ponte da realizzare a monte dell'esistente, non induce ad uno scostamento apprezzabile dei profili idrometrici.

Se ne conclude l'assoluta non interferenza dell'opera in progetto sul regime idrometrico del canale.

Il dettaglio dei risultati viene riportato, in forma tabellare, in appendice C.

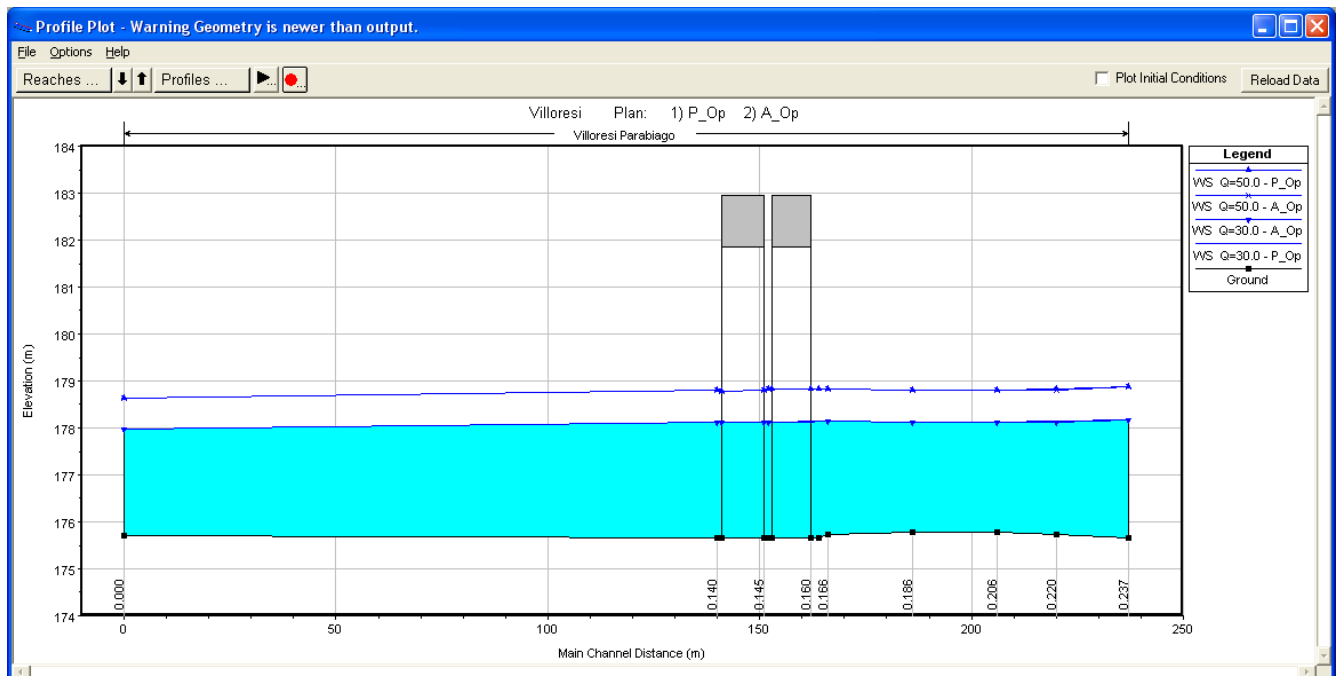



Figura 3.3 - Profili idrometrici ante e post-operam, con $Q=30 \text{ m}^3/\text{s}$ e $Q=50 \text{ m}^3/\text{s}$.

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>12 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	12 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	12 di 64								

4 RISOLUZIONE INTERFERENZA CON IL PROGETTO RHO-GALLARATE – SOLUZIONE IN AFFIANCAMENTO ALLA LINEA FERROVIARIA

Nel presente capitolo si trattano gli aspetti idraulici relativi al progetto di ristrutturazione e deviazione del diramatore di Parabiago, a partire dal punto in cui questo va in affiancamento alla linea ferroviaria Milano-Gallarate e del derivatore di Valle Olona dal manufatto partitore sino allo snodo ferroviario Novara-Milano / Milano-Gallarate, per una lunghezza complessiva del corpo ferroviario pari a circa *6350 m*. I canali si presentano a cielo aperto, fa eccezione un tratto interrato del derivatore di Valle Olona che scorre entro un collettore cilindrico di diametro nominale di *1800 mm*.

La ristrutturazione del canale consiste prevalentemente nella risoluzione delle interferenze del canale compatibilmente con le portate di progetto imposte dal Consorzio di Bonifica Est Ticino Villoresi, per i tratti che si rendono necessari al fine di permettere l'ampliamento della sede ferroviaria, o per il passaggio di opere quali ampliamenti di sottopassi, prevedendo la costruzione di un alveo, per i tratti oggetto di rifacimento ex-novo, interamente rivestito di calcestruzzo in grado di convogliare le portate transitanti. L'estensione di tali tratti è stata già precedentemente individuata in base non solo al criterio dettato dalla sovrapposizione del tracciato ferroviario in ampliamento, ma anche in ragione dell'interferenza dovuta alle fasi realizzative. In questa sede si assume valida l'individuazione dei tratti oggetto di rifacimento, così come precedentemente individuati.

4.1 Inquadramento territoriale

Il diramatore di Parabiago ed il derivatore di Valle Olona, limitatamente all'estensione dei tratti oggetto di ristrutturazione e adeguamento funzionale della sezione idraulica insistono prevalentemente sui territori comunali di Rho, Pregnana Milanese, Vanzago, Pogliano Milanese, Nerviano e Parabiago. In particolare l'area oggetto di studio risulta confinata a Nord dal canale Villoresi, a Sud dalla linea ferroviaria Novara-Milano, a Ovest dal derivatore di Arluno Vittuone e di Bareggio e ad est della linea ferroviaria Milano-Gallarate. Entrando nel dettaglio l'intervento si concentra fra due punti ben distinti: il primo, posto a Nord del manufatto partitore (edificio di partizione dei tre canali secondari principali: Parabiago, Arluno Vittuone/Bareggio e Valle Olona), si colloca in corrispondenza dell'affiancamento del diramatore di Parabiago alla linea ferroviaria Milano-Gallarate, il secondo, a Sud di anzidetto manufatto, si pone in prossimità della intersezione della linea ferroviaria Novara-Milano / Milano-Gallarate, immediatamente a monte dell'attraversamento ferroviario sul derivatore Valle Olona ovvero della confluenza del canale Ovest-Est.

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	13 di 64

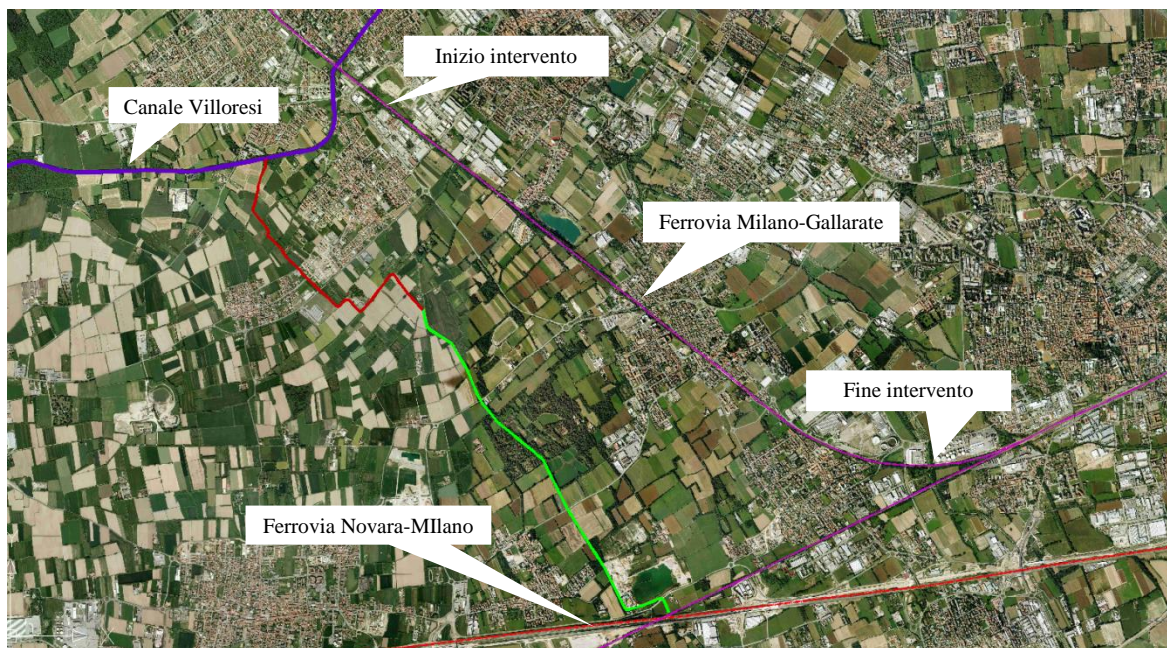


Figura 4.1: Inquadramento territoriale.

4.2 Descrizione sintetica dello Stato di fatto

Il diramatore di Parabiago rappresenta attualmente il nodo idraulico più importante del canale principale Villoresi.

La derivazione, in sponda destra, del Canale Villoresi, è posta in località Villastanza di Parabiago, da qui la portata captata viene addotta verso Sud così da alimentare la rete di canali terziari e secondari presenti in zona, Figura 4.2. Il fondo e le sponde del canale, per la parte interessata dai deflussi, risultano essere per lo più rivestite con lastre di calcestruzzo a formare una sezione rettangolare con larghezza media pari a circa 7.00÷7.50 m.

Circa 500 metri a valle della presa sul canale principale Villoresi il diramatore si affianca al lato Sud della linea ferroviaria Milano-Gallarate e rimane tale sino al raggiungimento, dopo 1300 metri circa, del manufatto partitore.

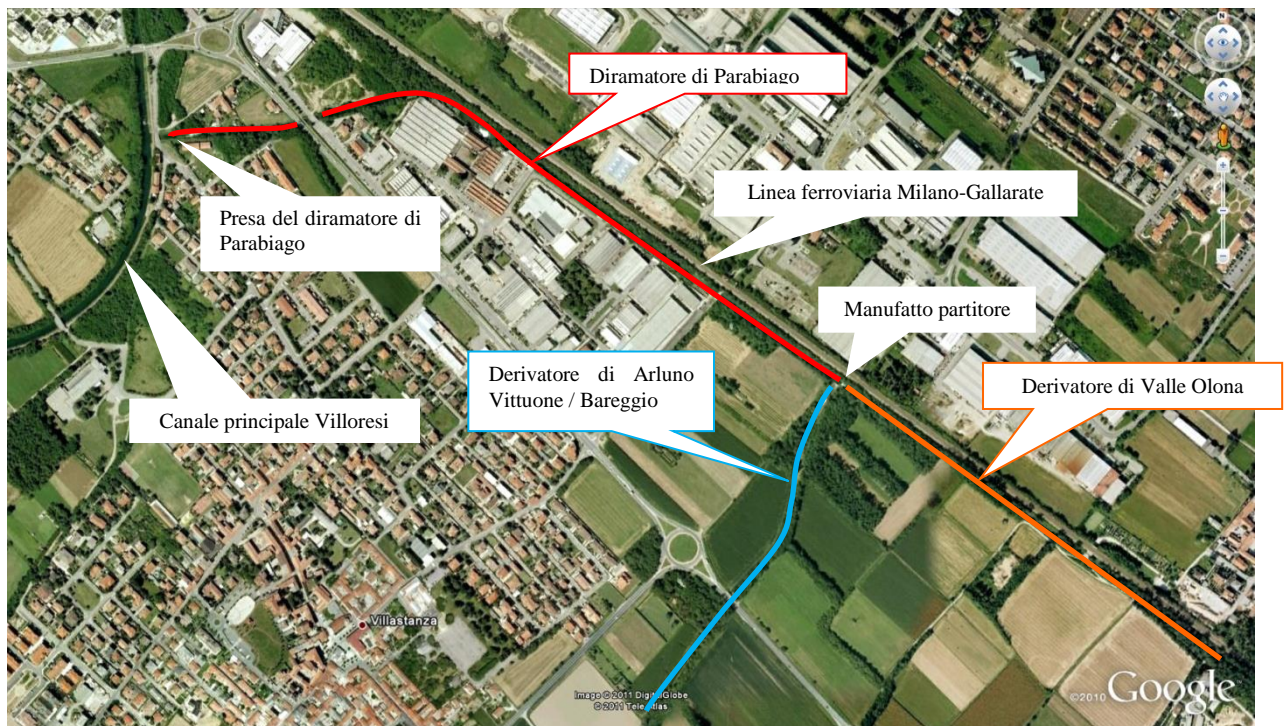


Figura 4.2: Vista aerea diramatore di Parabiago, derivatore di Arluno Vittuone / Bareggio e V. Olona.

Il canale in esame è stato negli anni oggetto di alcuni interventi di ammodernamento al fine di incrementare la portata captata.

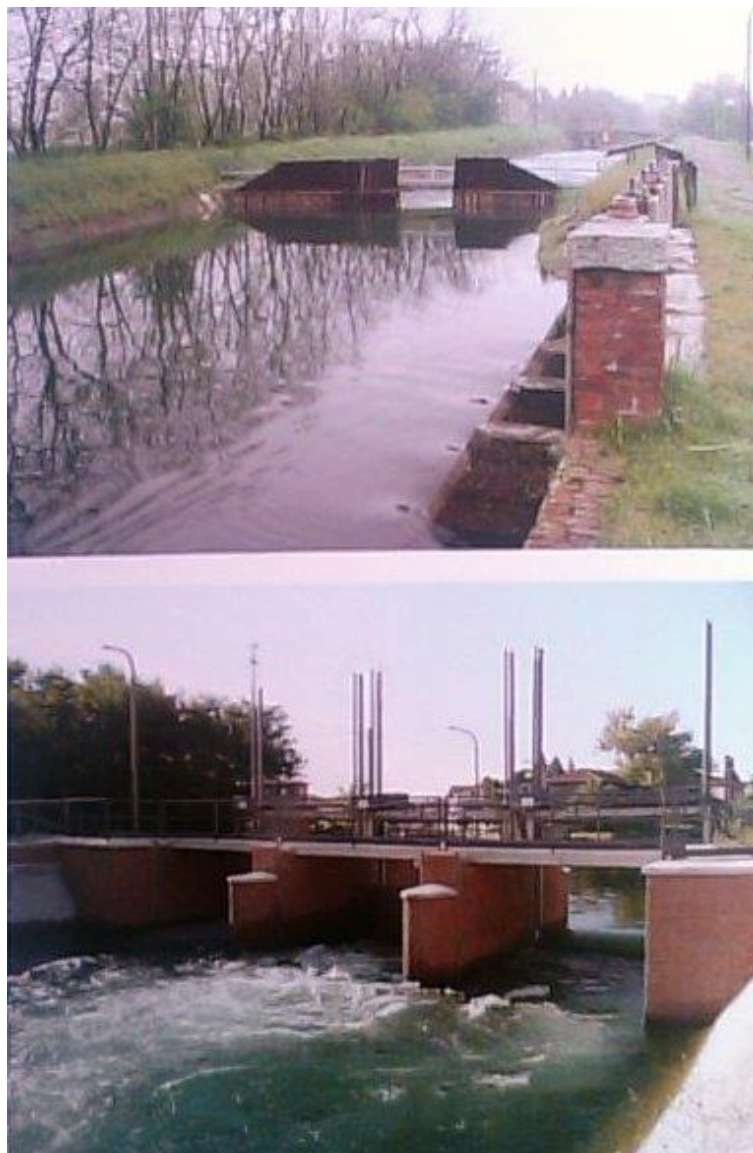


Figura 4.3: Vista dello sbarramento sul canale Villoresi prima e dopo gli interventi di riqualificazione.

Dal manufatto partitore, Figura 4.4, dipartono in direzione Sud-Est il derivatore di Valle Olona, Figura 4.5, anch'esso interamente costruito in affiancamento alla linea ferroviaria sopra citata, ed il derivatore di Arluno Vittuone/Bareggio, Figura 4.6, che adduce verso Sud-Ovest, Figura 4.1, circa ortogonalmente alla tratta ferroviaria, la portata necessaria ad alimentare i due canali secondari.



Figura 4.4: Vista del manufatto partitore.



Figura 4.5: Vista del derivatore di Valle Olona.



Figura 4.6: Vista del derivatore di Arluno Vittuone / Bareggio.

Il canale derivatore di Arluno Vittuone / Bareggio, interamente rivestito di calcestruzzo, non presenta particolari livelli di criticità in quanto si sviluppa su di un territorio a carattere prevalentemente rurale.

A valle del manufatto partitore, le sezioni che caratterizzano il derivatore di Valle Olona presentano un restringimento giustificato dalla riduzione puntuale di portata operata nel partitore.

Procedendo verso valle, in prossimità della progressiva 4+750.00 della linea ferroviaria, sono presenti un salto di quota e una presa. Da questo punto il canale prosegue intubato entro una condotta circolare di diametro nominale di 1800 mm per un tratto di lunghezza pari a circa 520 m. Al termine della condotta circolare il canale si presenta nuovamente a cielo aperto e rimane tale, fatta eccezione per alcuni tratti in tombino / sifone, sino a valle dello snodo ferroviario Novara-Milano / Milano-Gallarate.

Si osserva che lungo lo sviluppo longitudinale sia del Parabiago che del Valle Olona si concentrano una serie di salti di quota anche di notevole importanza.

Oltre le perdite di quota è possibile individuare una serie di opere puntuali di diversa natura quali ponti, ponti-canali e sifoni. Si riporta nel seguito un breve elenco, procedendo da monte verso valle, delle principali opere esistenti interessate dai due canali:

1. Sottovia agricolo (prog. 5+580.16 della linea ferroviaria);
2. Sottovia strada provinciale SP229;
3. Ponte canale sottopasso in Via Madre Teresa di Calcutta, Vanzago;

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>18 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	18 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	18 di 64								

4. Scatolare / sifone fra Via Ferrario e Via Gattinoni, Vanzago;
5. Ponte di Via Firenze, Vanzago;
6. Ponte di Via Greppi, Vanzago;
7. Ponte canale di V.le Europa Unita, Vanzago;
8. Ponte di Via Roma, Pregnana Milanese;
9. Tombino / sifone di Via Garibaldi, Pregnana Milanese;
10. Ponte in Via Vittorio Emanuele, Pregnana Milanese;
11. Sottovia di V.le Lombardia, Pregnana Milanese;
12. Sottovia di Via dei Rovedi, Pregnana Milanese;
13. Ramo scolmatore del fiume Olona.

Lungo il canale sono inoltre presenti una serie di sfiori che alimentano i canali terziari a servizio dei territori limitrofi.

4.3 Risoluzione interferenza con il progetto rho-gallarate – soluzione in affiancamento alla linea ferroviaria

Il Progetto Definitivo di potenziamento della Linea Rho-Arona – tratta Gallarate-Rho, di seguito indicato con l'acronimo PD, riguarda il potenziamento dell'attuale linea Rho-Gallarate, attraverso un quadruplicamento del tratto Rho-Parabiago ed un triplicamento del tratto Parabiago-Gallarate.


Tale progetto prevede la risoluzione dell'interferenza con il canale secondario Parabiago-Valle Olona, attraverso la realizzazione di nuovi tratti di canale in posizione traslata rispetto all'esistente e compatibile con le nuove opere dell'infrastruttura quadruplicata.

In particolare, il progetto prevede il rifacimento del collettore irriguo Parabiago - Valle Olona prevedendo l'adozione di una sezione rettangolare in calcestruzzo dimensionata e verificata con il modello matematico monodimensionale Hec-Ras.

Le porzioni di canale secondario oggetto di deviazione procedendo in direzione del verso di scorrimento dell'acqua da monte verso valle sono pertanto le seguenti:

- IN19: deviazione canale secondario Villoresi¹ da prog. 4+800 a prog. 5+500.00;
- IN18: deviazione canale secondario Villoresi da prog. 3+959 a prog. 4+108;

¹ Nel PD talvolta non viene fatta distinzione fra il diramatore di Parabiago ed il derivatore di Valle Olona. Viene infatti utilizzato per individuare i due canali il termine "canale secondario Villoresi".

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>19 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	19 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	19 di 64								

- IN17: deviazione canale secondario Villoresi da prog. 3+184 a prog. 3+902;
- IN04: deviazione canale secondario Villoresi da prog. 0+420 a prog. 1+100;

I tratti di intervento sopra riportati si raccordavano ai tratti di canale esistente alla medesima quota.

Oltre le deviazioni di canale il PD preve la realizzazione di diversi manufatti in pressione al fine di risolvere le diverse interferenze legate alle nuove opere a carattere viario e/o pedonale.

Per le specifiche di dettaglio previste dal PD si rimanda interamente agli elaborati ad esso dedicati.

I manufatti in questione sono i seguenti:

- Sifone SL25 Prog. 6+308
- Sifone SLX1 (ITX1B) Prog. 4+251
- Sifone SL05 ((INK4) Prog. 3+959
- Sifone SL01 Prog. 1+033.
- Sifone IN04b Prog. 0+810

4.4 Implementazione del modello matematico

4.4.1 Metodologia di lavoro

Come detto, l'obiettivo del progetto è quello di garantire la non riduzione della capacità di portata dell'attuale configurazione. Sono state pertanto realizzate alcune simulazioni con differenti valori di portata e scabrezza, utilizzando il modello nella conformazione ante-operam, fino a stabilire le portate compatibili con l'attuale conformazione geometrica. In particolare i passi operativi sono i seguenti:

- ricostruzione del comportamento idraulico dell'intero canale irriguo nello stato di fatto (condizioni ante operam), in base ai rilievi celerimetrici disponibili, mediante implementazione di un modello di calcolo idraulico;
- ridefinizione del modello di calcolo idraulico dello stato di fatto, modificandone la geometria per i tratti interferiti dal progetto ferroviario, addivenendo così ad un modello dello stato di progetto, nel quale la dimensione delle nuove sezioni idrauliche garantisce le portate richieste con adeguato franco idraulico, adottando i valori di scabrezza idraulica indicati dai tecnici del Consorzio;

- verifica dei valori di portata effettivamente transitabili, sempre con adeguato franco idraulico, adottando i valori di scabrezza ritenuti maggiormente rappresentativi delle condizioni di usura nel tempo del rivestimento in cls previsto.

4.4.2 Campagna di rilievo misura di portata canale


È stata fatta una campagna di rilievo di misura della portata e livello idrometrico, all'altezza della Derivazione sul Canale Villoresi a monte e a valle del partitore **Figura 4.7** e **Figura 4.8** e in 3 sezioni lungo il canale secondario Villoresi, . Tali misure sono state prese rispettivamente nelle sezioni di seguito rappresentate al fine di tarare il modello idraulico impostando le portate misurate e modificando la scabrezza della sezione idraulica al fine di ottenere il livello idrometrico misurato. Ciò ha permesso di tarare il modello idraulico in termini di scabrezza idraulica.



Figura 4.7: Misura della portata sul Canale Villoresi con ADCP (battellino) sulla sezione a monte della derivazione del Derivatore Parabiago.



Figura 4.8: Misura della portata sul Canale Villoresi con ADCP (battellino) sulla sezione a valle della

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>21 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	21 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	21 di 64								

derivazione del Derivatore Parabiago



Figura 4.9: Derivatore Parabiago sezione 1 – 250 m valle derivazione, su ponte in via Lombardia a Parabiago (MI)

Greppi Comune di Vanzago

La campagna di misura delle portate è stata eseguita nel Giugno 2017, nel pieno del periodo irriguo, pertanto con la portata massima derivabile dal Canale Villoresi, i cui dati sono di seguito riassunti:

Tabella 1 Campagna misura della portata e livelli idrometrici

numero	nome	descrizione	gg/mm/aaaa	hh:mm	hh:mm	mc/sec	cm	strumento
Posizione	Corso	Sezione di Misura	data	ora in	ora fin	portata	livello	metodo
1	Canale Villoresi a Parabiago	monte der.	22/06/2017	08:13	08:21	31.526	3.00	ADCP
2	Canale Villoresi a Parabiago	valle der.	22/06/2017	09:07	09:16	19.966	3.00	ADCP
3	Canale Der. Parabiago	sez 1	22/06/2017	10:05	10:58	11.700	1.20	mulinello
4	Canale Der. Parabiago	sez 2	22/06/2017	11:48	12:33	4.130	0.82	mulinello
5	Canale Der. Parabiago	sez 3	22/06/2017	13:12	13:50	3.420	1.45	mulinello

I livelli idrometrici sono relativi rispetto al fondo del canale.


	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>22 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	22 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	22 di 64								

Tabella 2 Coefficienti di scabrezza sezioni di misura

Sezione di misura	Sezione modello	Coefficiente di Manning
Sezione n. 1	5.621	0.020
Sezione n. 2	3614 (R20 S)	0.015
Sezione n. 3	1094 (R12 A)	0.022

4.4.3 Condizioni ante operam

La ricostruzione del comportamento idraulico del canale secondario Villoresi ha lo scopo di verificare quali sono i valori di portata transitabili nei vari tratti omogenei, con adeguato franco idraulico (20 cm rispetto alla sommità spondale).

Allo scopo è stato implementato il modello matematico HEC RAS, a partire dalle informazioni piano altimetriche disponibili. Queste sono state ottenute dal rilievo fotogrammetrico realizzato lungo l'intera tratta ferroviaria, e che ha permesso di ricavare un totale di 70 sezioni trasversali del collettore irriguo.

Le sezioni sono state introdotte nel modello mantenendo la loro numerazione riportata nel rilievo, dopo aver separato il tratto analizzato in due parti. Come ulteriore indicazione, la river station è stata posta pari alla progressiva chilometrica, misurata a partire dalla sezione ultima di valle e proseguendo verso monte.

Il tratto di monte, che dal punto in cui il derivatore affianca la linea ferroviaria giunge fino al partitore, è stato schematizzato nel modello a partire dalle sezioni del rilievo ubicate lungo il profilo avente codice R22. A valle del partitore, il secondo tratto è stato schematizzato a partire dalle sezioni del rilievo ubicate lungo il profilo avente codice R20.

Una volta inserita la geometria nel modello matematico, e le portate misurate è stato assunto un coefficiente di scabrezza di Strickler pari a $K_s = \text{variabile tra } 45 \text{ m}^{1/3}\text{s}^{-1} \text{ e } 66$, ovvero di manning paria $0,022 \div 0,015$.

L'implementazione del modello matematico, funzionante a moto permanente, è stato esteso fino alla fine del tratto ovvero fino a monte dell'attraversamento della ferrovia storica sez. -1138 del modello Hec-Ras oltre la sezione R20_V. Inserendo anche il tratto di canale che prosegue intubato entro una condotta circolare di diametro 1800 mm per un tratto di circa 520 m e tratti

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>23 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	23 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	23 di 64								

differenti utilizzando per quanto possibile i rilievi disponibili e le sezioni ubicate ferroviarie di progetto.

4.4.4 Condizioni post operam

Il progetto prevede il rifacimento del canale irriguo in alcuni tratti che interferiscono con l'ampliamento della ferrovia, così riassunti :


- **Sifone SL25** Da Idraulica RS: 4.857 a RS: 4.830
- **Tratto IN19** Da Idraulica RS: 4.029 a RS: 3.317, sezione di progetto 2.50X2.00
- **Sifone SLX1(ITX1B)** Da RS: 2.790 a RS: 2.768
- **Tratti IN18 e IN17 con sifone SL05(INK4)** Da RS: 2.622 a RS: 1.810
Sezione di progetto da sez. 2.622 a sez. 2.404: 3.00x2.00
Sezione di progetto da sez. 2.393 a sez. 2.404: 2.50x2.00
- **Tratto IN04 con sifone SL01 e sifone IN04b** Da RS: -433 alla fine IN04, sezione di progetto 3.00x1.5

Per i tratti di nuovo canale, è stata adottata una sezione rettangolare, in calcestruzzo, il cui dimensionamento è stato verificato implementando un nuovo modello matematico (post-operam). Le sezioni di progetto sono state dimensionate adottando un valore di scabrezza di Manning stimato dalle misure di portata pari a $0,022$, ovvero Strickler pari a $K_s=45$. Con tale assetto idraulico e mantenendo lo stesso andamento del profilo di fondo alveo attuale, sono state verificate le portate irrigue misurate e le portate dichiarate dal Consorzio, con franco idraulico di 20 cm rispetto alla sommità spondale, pari a $17\text{ m}^3/\text{s}$ per il tratto di canale fino al primo partitore e pari a $5\text{ m}^3/\text{s}$ dal primo partitore fino a valle.

Il dimensionamento dei sifoni presenti nei tratti di intervento è stato verificato sempre con il modello idraulico messo a punto per il progetto delle sezioni di progetto. L'ubicazione delle sezioni di progetto è riportata negli elaborati specifici, Deviazione Canale Secondario Villoresi - Sezioni Idrauliche da 1/6 a 6/6 e Profili di Rigurgito da 1/4 a 4/4, in cui sono anche riportati i sifoni in progetto.

4.4.5 Condizioni al contorno

Il modello matematico è stato utilizzato in regime di moto permanente e pertanto le condizioni al contorno richieste per il suo funzionamento si riducono all'introduzione della portata entrante nel collettore e nell'imposizione delle condizioni idrauliche della corrente nella sezione di valle.

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>24 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	24 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	24 di 64								

Per quanto riguarda la condizione al contorno di valle, nella sezione terminale del tratto analizzato è stato imposto un regime di moto uniforme secondo la pendenza desunta dal profilo longitudinale del collettore.

La condizione di monte viene introdotta indicando la portata all'ingresso del collettore. Trattandosi di un collettore artificiale, viene a mancare una portata di massima piena alla quale fare riferimento per la verifica.

4.4.6 Risultati delle simulazioni


I risultati delle simulazioni hanno evidenziato una minore capacità di portata del canale irriguo in corrispondenza del sopra citato partitore. A monte del partitore, la capacità di portata è stata stimata pari a circa 12 m³/s, portata massima e di poco superiore alla portata misurata di 11.70 m³/s. A valle del partitore, la capacità di portata risulta abbastanza stabile sul valore di 4,50 m³/s, di poco superiore alla portata misurata pari a 4.13m³/s ovvero fino all'imbocco del tratto intubato Ø1800 di circa 540 m, infatti è presente un derivazione con riduzione della portata che passa a 3.80 m³/s, come anche dimostrato dalla misurazione effettuata a valle. Assumendo questo andamento della portata, è stato ricostruito il profilo idrometrico riportato in Appendice B, nel quale sono state evidenziate le quote della sommità sinistra e destra della canaletta in calcestruzzo.

Riassumendo, i valori della portata defluibile all'interno del collettore irriguo sono i seguenti:

- dalla sezione R22_18 alla sezione R22_S12 (Partitore Canale Valle Olona e Canale Arluono vittuone/Bareggio) 12.00 m³/s
- dalla sezione a Valle del Partitore R22_S12 alla sezione I 26 4,50 m³/s
- dalla sezione I 26 alla sezione R12_F 3,8 m³/s
- dalla sezione R 12_F alla sezione R12_B 3,6 m³/s
- dalla sezione R 12_B alla sezione ultima di valle 3,42 m³/s


Si precisa che tali valori di portata sono stati stimati considerando un grado di sicurezza (franco idraulico di 20 cm) rispetto al bordo in calcestruzzo della canaletta.

I risultati delle simulazioni nelle condizioni post operam si riferiscono, come sopra specificato, per i fini cautelativi, all'assetto idraulico con indice di scabrezza di Manning pari a 0,022 sia per le parti di nuova realizzazione che per le parti non oggetto di rifacimento, per i quali sono stati calcolati i profili idrometrici relativi, rispettivamente, alle portate di 17 m³/s (a monte del partitore) e di 5 m³/s (a valle del partitore) ed alle portate di 12 m³/s (a monte) e di 3,8 m³/s (a valle).

	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>25 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	25 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	25 di 64								

Le sezioni di progetto sono state dimensionate in modo da far transitare le portate maggiori, con un franco di *20 cm* rispetto alla sommità spondale, nell'assetto idraulico di maggiore scabrezza. Nell'assetto idraulico di scabrezza maggiore, le stesse sezioni sono in grado di far transitare in sicurezza (franco di *20 cm*) le suddette portate minori.

Il profilo idrometrico dei tratti in progetto, nuove inalveazioni e sifoni, sono stati riportati in Allegato C e in Allegato D.

 <p>ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>26 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	26 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	26 di 64								

ALLEGATO A. MODELLO MATEMATICO HEC-RAS 4.0

Si riporta la descrizione degli algoritmi di calcolo alla base del modello matematico HEC-RAS utilizzato nel presente lavoro ai fini delle verifiche idrauliche delle opere di attraversamento stradali interferenti con il sistema idrografico.

Le procedure di calcolo descritte nelle seguenti pagine si limitano agli algoritmi effettivamente utilizzati ovvero a quelli che consentono la simulazione dei profili idrometrici operando in regime di moto permanente ed in corrente mista (sub e supercritica).


A.1 Obiettivi e capacità di elaborazione

Il modello di simulazione HEC-RAS è stato inizialmente sviluppato dall'US Army Corps of Engineers, Hydrologic Engineering Center, di Davis (USA) per lo studio delle correnti nelle reti di canali aperti, attraverso la ricostruzione dei profili idraulici di moto permanente in regime subcritico e supercritico, operando nell'ipotesi di monodimensionalità del flusso.

HEC-RAS rappresenta l'evoluzione del noto modello HEC-2, che fornisce tuttora la base di calcolo della versione attuale e al quale sono state aggiunte numerose altre funzioni e strumenti di analisi. In particolare, a partire dalla versione 3.1 è stato integrato con gli algoritmi di calcolo del modello idraulico UNET One-Dimensional Unsteady Flow Through a Full Network of Open Channels che consentono di simulare il comportamento della corrente in moto vario per il solo regime subcritico. Successivamente, nel Marzo del 2008 con la distribuzione della versione 4.0, il modello ha acquisito ulteriori capacità di simulazione, principalmente orientate alle valutazioni di trasporto solido, che lo rendono adatto a simulare profili di piena nell'ipotesi di fondo mobile in regime quasi vario ed a fornire previsioni sulle tendenze evolutive degli alvei.

Quest'ultima è la versione utilizzata nella presente analisi.

Obiettivo principale del modello, utilizzato nell'ipotesi di moto permanente, è quello di correlare l'entità della portata liquida in arrivo dal bacino di monte con le velocità e con l'altezza idrometrica raggiunta nell'alveo principale e nelle golene.

	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>27 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	27 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	27 di 64								

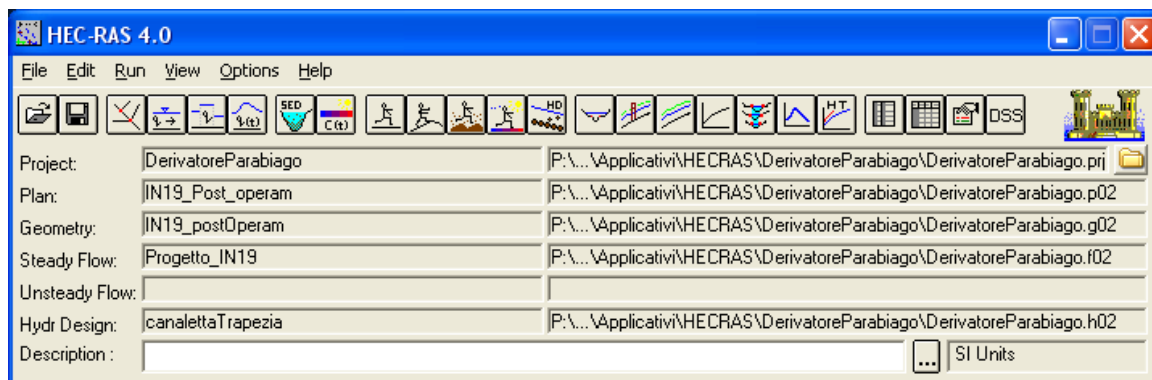


Figura A.4.10 - Finestra principale del modello HEC-RAS 4.0

Pur operando nell'ipotesi di monodimensionalità, il modello consente la ricostruzione dell'andamento della velocità all'interno di una stessa sezione di deflusso, distinguendo tra zone spondali e canale centrale, in funzione della variazione di scabrezza e di tirante idraulico.


Nel caso della simulazione in moto permanente il calcolo dell'andamento dei profili idraulici viene effettuato dal modello utilizzando un metodo numerico chiamato "standard step method", che risolve in modo sequenziale l'equazione monodimensionale dell'energia fra due sezioni adiacenti trasversali al moto.

In corrispondenza ad alcune tipologie di ponte, dove nascono condizioni di flusso complesse, vengono utilizzate invece specifiche equazioni dell'idraulica per determinare le variazioni di livello dovute a queste varie singolarità.

Sinteticamente, il modello funziona calcolando le variazioni di livello idrometrico tra sezioni trasversali adiacenti sulla base del calcolo delle perdite di energia. Il calcolo comincia a un'estremità del tronco d'alveo indagato, procedendo passo-passo sino all'altra estremità, e così sezione dopo sezione, cambiando il verso dell'indagine da valle verso monte per moto subcritico e da monte verso valle per moto supercritico.

Il funzionamento del modello HEC-RAS si basa su alcune semplificazioni nelle ipotesi di partenza:

- moto permanente;
- moto gradualmente vario;
- moto monodimensionale, con correzione della distribuzione orizzontale della velocità;
- perdite di fondo mediamente costanti fra due sezioni trasversali adiacenti;
- arginature fisse.

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>28 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	28 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	28 di 64								

Come altri programmi di simulazione, HEC-RAS non va considerato come una semplice “black box”, ma è invece molto importante l’accuratezza dei dati forniti come input per ottenere dei risultati di buona qualità; alla base della definizione di tutti i parametri utilizzati dal modello sta infatti un accurato studio del bacino e delle interazioni fra corso d’acqua e ambiente circostante.

A.2 Definizioni

Il modello utilizza, all’interno dei suoi algoritmi di calcolo, elementi dell’idraulica dei canali a pelo libero. Si ritiene opportuno, quindi, prima di procedere oltre, inserire alcuni elementi per meglio chiarire il funzionamento del modello stesso.

Moto permanente e vario


Il criterio di distinzione fra i due tipi di moto è il loro andamento nei confronti della variabile “tempo”. Se profondità, velocità e portata rimangono costanti nel tempo in una determinata sezione di un corso d’acqua, il moto è permanente; se una di queste caratteristiche varia, il moto è vario. Il passaggio di un’onda di piena lungo un tronco d’alveo è un esempio di moto vario perché profondità, velocità e portata cambiano nel tempo.

La ragione per cui HEC-RAS, modello di moto permanente, può essere usato per il moto vario, come è da considerarsi a rigore un’onda di piena, sta nella lentezza con cui l’onda cresce e si esaurisce. Un ipotetico osservatore sulla sponda di un corso d’acqua non è infatti in grado di apprezzare la curvatura dell’onda e non apprezza le variazioni istantanee di livello che si verificano.

Eccetto quindi casi estremi, la variazione di portata avviene gradualmente e i risultati ottenuti usando metodi analitici per moto permanente sono ugualmente di buona qualità.

Moto uniforme e vario

Quando il moto è uniforme, profondità e velocità sono costanti lungo un tratto di canale. La forza di gravità provoca il movimento dell’acqua, in equilibrio con gli attriti. Il moto non è accelerato né decelerato. Per un canale naturale non si può parlare di moto uniforme in senso stretto, perché la geometria delle sezioni trasversali e l’area bagnata variano lungo il canale, causando accelerazioni e decelerazioni del moto. A rigore il moto uniforme è possibile solo in

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>29 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	29 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	29 di 64								

un canale prismatico con sezione e pendenza costanti. D'altra parte è considerato corretto assumere che il moto sia uniforme quanto il pelo libero è approssimativamente parallelo al fondo del canale; in tal caso si assume che anche la linea dell'energia sia parallela al fondo.

Nel caso di moto vario profondità e velocità cambiano con la distanza lungo il canale; si può distinguere tra moto "gradualmente vario" quando le variazioni nell'altezza del pelo libero avvengono in una distanza relativamente lunga e modo "rapidamente vario" se le variazioni sono brusche.

Quest'ultima distinzione è importante in quanto HEC-RAS calcola i profili solamente in situazioni di moto gradualmente vario.

Moto subcritico e supercritico

Il moto in un canale a pelo libero può essere classificato come subcritico, supercritico o critico.

La determinazione del tipo di moto secondo questa classificazione è di fondamentale importanza nell'utilizzo del modello, perché cambia il verso in cui si procede nello studio del profilo idraulico partendo da una delle due estremità del tratto d'alveo in esame.

Le perturbazioni che interessano la superficie liquida, infatti, si propagano verso monte nel caso di moto subcritico ma non nel caso di moto supercritico, e ciò risulta fondamentale nella scelta del punto di partenza nel calcolo del profilo idraulico.

Una delle prime operazioni da fare è quindi la determinazione del tipo di moto che si sviluppa nel tratto oggetto dell'indagine condotta con il modello.

Per definire il punto di separazione fra moto subcritico e supercritico viene utilizzato il numero adimensionale di Froude, rapporto fra le forze gravitazionali e le forze inerziali:

$$Fr = \frac{V}{\sqrt{gD}} \quad (A.1)$$

dove:


V = velocità media Q/A [m/s]

g = accelerazione di gravità [m/s²]

D = raggio idraulico [m]

Se il numero di Froude risulta minore di 1, il moto è subcritico, se invece è superiore, il moto è supercritico; se risulta uguale a 1, il moto è critico e la situazione è di particolare instabilità.

Questa definizione del numero di Froude ipotizza che ci sia una distribuzione uniforme di

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>30 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	30 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	30 di 64								

velocità nella sezione. Per un canale simmetrico, rettangolare, triangolare, trapezoidale, ecc., questo presupposto si realizza, ma nel caso di un canale naturale, con sezioni irregolari e aree golenali, l'espressione data non è più valida e non può essere rigorosamente utilizzata per determinare il tipo di moto; in questo caso sarebbe più corretto utilizzare dei numeri di Froude particolari, che tengano conto delle variazioni geometriche, di velocità e di portata.

La ricerca di questi particolari numeri di Froude va effettuata caso per caso, consultando eventualmente la letteratura esistente.

Il modello, comunque, effettua al suo interno le necessarie approssimazioni e ridefinizioni del valore di questo parametro.

Altezza critica

L'altezza critica è una caratteristica molto importante per il moto, dato che, come già accennato, rappresenta un criterio per discriminare i vari regimi di moto.

Il moto che si sviluppa con un'altezza pari, o vicina, all'altezza critica è chiamato moto critico; questa situazione è molto instabile poiché una piccola variazione di energia specifica causa grandi variazioni di livello.

L'energia specifica E di una sezione trasversale è l'energia riferita al punto più basso del tratto in esame; è quindi la somma della profondità y e del termine $V^2/2g$:


$$E = y + \frac{V^2}{2g} \quad (A.2)$$

La determinazione dell'altezza critica viene complicata dalla distribuzione delle velocità che ci si trova ad avere in sezioni irregolari, associate a flusso nelle golene. Il contributo cinetico nell'equazione dell'energia specifica deve quindi essere corretto tramite un moltiplicatore α di Coriolis. Si ha quindi:

$$E = y + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (A.3)$$

In HEC-RAS, l'altezza critica relativa ad una sezione viene determinata ricercando il minimo dell'energia specifica.

La ricerca viene fatta con un procedimento iterativo partendo da un valore WS di primo tentativo al quale ne consegue un valore di energia specifica dato dalla (A.3), che verrà poi corretto fino

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villorresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>31 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	31 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	31 di 64								

alla determinazione del WS in grado di garantire il minimo valore di H.

HEC-RAS può calcolare l'andamento di profili subcritici e supercritici. Viene però richiesto all'utente di specificare il regime di moto all'atto del setup dell'applicazione.

Se si verifica il caso di avere la presenza dei due regimi nel tronco oggetto di studio, diventa necessario suddividere il tronco in tratti in cui si abbia presenza di un solo regime di moto. Nel punto in cui avviene il passaggio tra un regime e l'altro, infatti, HEC-RAS non effettuerà il calcolo attraverso l'altezza critica, ma assumerà al limite un'altezza pari a quella critica.

A.3 Procedure di calcolo per simulazioni in moto permanente

Ricostruzione del campo di moto in una sezione trasversale

Per trovare il valore del coefficiente α relativo a una sezione naturale, o comunque irregolare, è necessario conoscere come si suddivide la portata, ossia quanta fluisce nel canale propriamente detto e quanta nelle zone golenali. Viene a questo scopo utilizzata l'equazione di Manning:

$$V = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (\text{A.4})$$

$$Q = VA = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} S_f^{1/2} \quad (\text{A.5})$$

Ponendo quindi:

$$K = \text{trasporto} = \frac{1.486}{n} A R^{2/3} \quad (\text{A.6})$$

si ha che:

$$Q = K S_f^{1/2} \quad (\text{A.7})$$

che viene scritta per ognuna delle i-esime sezioni considerate.

In HEC-RAS, il raggio idraulico R di una subarea è calcolato dividendo l'area per il perimetro bagnato. Il confine d'acqua immaginario tra due subaree viene trascurato.

Tramite alcuni passaggi si trova che:

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>32 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	32 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	32 di 64								

$$\alpha = \frac{(\sum A_i)^2 (\sum K_i^3 / A_i^2)}{(\sum K_i)^3} \quad (A.8)$$

Distribuzione delle pressioni in una sezione trasversale

Come già detto, una delle ipotesi di base nel calcolo del profilo da parte di HEC-RAS è la distribuzione idrostatica delle pressioni. Si può assumere che la pressione sia idrostatica in un fluido in movimento se le linee di corrente sono essenzialmente dritte e parallele. La maggior parte dei canali naturali con moto gradualmente vario rispetta queste condizioni, non rispettate invece nel caso di moto rapidamente vario.

Distribuzione delle velocità in senso trasversale alla corrente

La libreria di algoritmi di simulazione idraulica in dotazione al modello HEC-RAS include la possibilità di analizzare la distribuzione delle velocità della corrente all'interno di una stessa sezione trasversale, eliminando la limitazione della teorica del moto unidimensionale che prevede, al contrario, l'imposizione di una unica velocità media caratteristica valida per l'intera sezione di deflusso.

Rispetto ad un vero modello bidimensionale, tale l'algoritmo di calcolo utilizzato da HEC RAS comporta l'accettazione di una serie di semplificazioni, tra cui:

- la quota idrometrica risulterà comunque orizzontale;
- non vengono considerati gli effetti della forza centrifuga.


Vengono invece considerati gli effetti della variazione del raggio idraulico locale, e la differente scabrezza del perimetro bagnato.

Questa tecnica consente di ottenere, con una certa attendibilità specie nei tratti rettilinei, l'andamento della velocità al variare della posizione del punto lungo una direttrice trasversale alla corrente che deve essere intesa come velocità media sulla verticale.

A.3 Calcolo dei profili idraulici

Il calcolo dei profili idraulici avviene in due fasi tra loro intimamente collegate: bilancio dell'energia e conseguente calcolo del profilo.

Bilancio dell'energia

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>33 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	33 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	33 di 64								

La perdita di energia fra due sezioni trasversali, prese perpendicolarmente al flusso, è la base per il calcolo del profilo idraulico. L'energia totale, in termini di altezza, è uguale alla somma dei contributi dovuti alla quota, alla pressione e al termine cinetico. Se θ rappresenta la pendenza del fondo si ha che:

$$H = Z + d \cos \theta + \alpha \frac{V^2}{2g} \quad (\text{A.9})$$

Il termine $\cos \theta$ è comunemente assunto uguale a 1 per canali naturali. Si può comprendere come comunque si compia un errore molto basso imponendo questa semplificazione considerando che per una pendenza di fondo di 1:10, molto elevata, $\cos \theta$ è uguale a 0.99. L'errore compiuto in questo caso, definibile estremo, considerandolo uguale a 1 è del 1%, e quindi, nel complesso, trascurabile.

Con riferimento all'equazione dell'energia appena scritta, si può riscriverla nel caso sia applicata tra due sezioni:

$$Z_1 + y_1 + \alpha_1 \frac{V_1^2}{2g} = Z_2 + y_2 + \alpha_2 \frac{V_2^2}{2g} + h_e \quad (\text{A.10})$$

o in altri termini:

$$H_1 = H_2 + h_e \quad (\text{A.11})$$

L'energia totale nella sezione di monte H_1 è quindi uguale all'energia della sezione di valle H_2 più il termine di perdita di energia h_e . Questa equazione è usata in successione da HEC-RAS spostandosi per passi da una sezione all'altra, calcolando il profilo idraulico.

Perdite di energia

In HEC-RAS la perdita totale di energia h_e è considerata composta da due componenti: una componente di attrito h_f , dovuta alla scabrezza delle superfici e calcolata secondo l'equazione di Manning, e una componente h_o , che rappresenta le altre perdite, soprattutto dovute a contrazioni ed espansioni.

Il programma determina se il flusso è in contrazione o espansione sottraendo il termine cinetico $V_2/2g$ alla sezione a valle dal termine cinetico alla sezione a monte. Se la differenza risulta un

numero negativo, il moto è di contrazione, se positivo è di espansione. Il programma, sulla base di questo controllo, applica un coefficiente appropriato.

Se consideriamo ora un tratto di canale, la pendenza S_f della linea dell'energia in corrispondenza a una determinata sezione può essere determinata con l'equazione di Manning, inserendo la quota del pelo libero, la portata, il coefficiente di rugosità n e la geometria della sezione. L'energia persa a causa dell'attrito tra le sezioni a monte e a valle è calcolata con il seguente integrale:

$$\int_{x_2}^{x_1} S_f dx = \bar{S}_f L \quad (\text{A.12})$$

dove S_f è la perdita specifica per attrito e L è la lunghezza del tratto in esame.

Un'approssimazione delle perdite per attrito h_f può essere ottenuta moltiplicando il termine S_f per la lunghezza L del tronco tra le due sezioni.

Ci sono quattro equazioni in HEC-RAS per l'approssimazione delle perdite tra due sezioni e sono le seguenti:

$$\bar{S}_f = \left(\frac{Q_1 + Q_2}{K_1 + K_2} \right)^2 \quad \text{trasporto medio} \quad (\text{A.13})$$

$$\bar{S}_f = \frac{\sqrt{S_{f_1} + S_{f_2}}}{2} \quad \text{attrito specifico medio} \quad (\text{A.14})$$

$$\bar{S}_f = \sqrt{S_{f_1} * S_{f_2}} \quad \text{media geometrica attrito specifico} \quad (\text{A.15})$$

$$\bar{S}_f = \frac{2 S_{f_1} * S_{f_2}}{S_{f_1} + S_{f_2}} \quad \text{media armonica attrito specifico} \quad (\text{A.16})$$

se nessuna di queste viene espressamente scelta in fase di setup dell'applicazione, il modello utilizza la prima delle quattro.

Perdite di energia per contrazione e espansione

Le perdite di energia per contrazione e espansione della corrente vengono calcolate da HEC RAS mediante la seguente espressione:

$$h_{ce} = C \left| \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} - \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} \right| \quad (A.17)$$

dove C è il coefficiente di contrazione o di espansione.

Il modello considera come “contrazione” ogni situazione in cui l’energia cinetica nella sezione di valle sia superiore all’energia cinetica della sezione di monte. Viceversa, quando l’energia cinetica nella sezione di valle sia inferiore all’energia cinetica della sezione di monte, il modello considera un situazione di “espansione”.

Per valutare l’entità delle perdite di energia associate a queste situazioni, l’utente deve assegnare i valori del coefficiente C, che possono variare per ciascun tratto considerato. Valori tipici consigliati, sono C = 0.3 nel caso di espansione e C = 0.1 nel caso di contrazione.

Standard step method

Per illustrare il metodo “standard step method” utilizzato da HEC-RAS si possono descrivere i passi necessari per il calcolo del profilo relativo a condizioni di moto subcritico con l’equazione dell’energia.

Si suppongano quindi due sezioni di cui si conosca la quota della superficie della sezione di valle; il problema che si vuole risolvere è la conoscenza della quota corrispondente alla sezione di monte.

Si può quindi scrivere il bilancio dell’energia fra le sezioni U di monte e D di valle:


$$WS_u + \frac{a_u V_u^2}{2g} = WS_d + \frac{a_d V_d^2}{2g} + h_e \quad (A.18)$$

$$WS_u = Z_u + y_u \quad (A.19)$$

$$WS_d = Z_d + y_d \quad (A.20)$$

Assumendo che la geometria delle sezioni sia nota, i termini incogniti dell’equazione sono W_{Su} , V_u e h_e . V_u è desumibile direttamente dal valore di W_{Su} , per cui le incognite possono essere ridotte a due.

Con due incognite è necessaria una seconda equazione, riguardante le perdite di energia ed espressa da $h_e = h_f + h_o$, per poter ottenere una soluzione. L’irregolarità dei canali naturali richiede una ricerca della soluzione di tipo “trail and error”, per successivi tentativi.

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>36 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	36 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	36 di 64								

I passi attraverso cui avviene il calcolo sono i seguenti.

1. viene supposta una quota di pelo libero per la sezione di monte (in primo tentativo viene imposta la pendenza della linea dell'energia pari alla pendenza del tronco d'alveo, quindi $\Delta W_s = (Q/K)^2 L$, dove ΔW_s rappresenta la variazione nella quota del pelo libero, Q è la portata, K il termine di trasporto e L la distanza dalla sezione a monte);
2. sulla base della quota di pelo libero assunta e della geometria della sezione, vengono determinati i termini cinetico e il trasporto totale per la sezione a monte;
3. con i valori calcolati del termine cinetico e di trasporto del passo 2, viene calcolato il valore di h_e ;
4. con il valore calcolato di h_e , viene calcolata l'altezza di pelo libero della sezione a monte utilizzando l'equazione dell'energia;
5. viene fatto un confronto fra il valore di h_e calcolato al passo 4 e il valore ipotizzato al passo 1 e se la differenza non è inferiore a una prefissata tolleranza, il ciclo riprende cambiando il valore di tentativo al passo 1.

A.4 Profili idraulici in presenza di ponti

La presenza di un ponte di attraversamento di un corso d'acqua rappresenta un punto di rapida variazione dei parametri idraulici caratteristici della corrente e di insorgenza di dissipazione localizzata di energia. In tali circostanze non è più applicabile l'equazione di Manning ed il modello ricorre ad una delle varie formulazioni presenti nella libreria di calcolo di cui dispone per una valutazione corretta del profilo che si instaura nel tratto adiacente.

Delimitazione dei tratti di contrazione e di espansione

Operazione preliminare che il modellista deve eseguire è quella della delimitazione esatta del tratto per il quale cessano di valere le condizioni di moto gradualmente variato e risulta necessaria l'applicazione di una delle formulazioni specifiche. Tale delimitazione viene eseguita imponendo la posizione planimetrica delle sezioni 1 e 4 indicate nella seguente figura.

A partire da queste il modello definisce automaticamente le sezioni 2 e 3, posizionate immediatamente a monte e a valle del ponte, normalmente in corrispondenza del piede del rilevato, come indicato nella stessa figura. Le 4 sezioni definiscono i tratti in cui avviene la contrazione e l'espansione della vena liquida a causa della presenza del ponte.

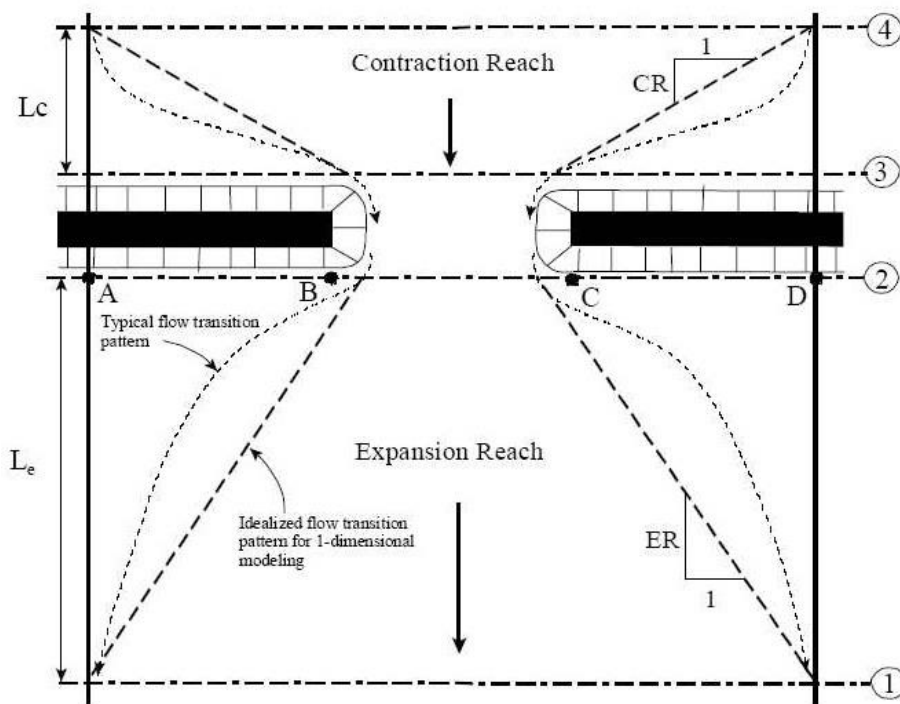



Figura A.4.11 – Posizionamento delle sezioni idrauliche per il calcolo dei ponti in Hec-Ras.

Il corretto posizionamento delle sezioni 1 e 4 è fondamentale nei casi in cui i rilevati di collegamento al ponte occupino una parte importante della zona di deflusso. La valutazione della posizione di tali sezioni è fatta sulla base dello studio effettuato dall'Hydrologic Engineering Center intitolato "Flow Transitions in Bridge Backwater Analysis" (RD-42, HEC, 1995). Lo scopo dello studio era quello di fornire delle linee guida nel calcolo con l'utilizzo di dati misurati sia con modellazioni di tipo bidimensionale, cercando, mediante regressione statistica, delle formulazioni che fornissero i 4 parametri fondamentali per la rappresentazione in un modello monodimensionale della dinamica legata alla contrazione ed espansione imposta dalla presenza del ponte, questi 4 parametri sono:

- L_e lunghezza del tratto di espansione;
- C_e coefficiente di espansione;
- L_c lunghezza del tratto di contrazione;
- C_c coefficiente di contrazione.

Per la lunghezza di espansione sono state determinate 3 formule (in unità Inglesi) in base alla

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>38 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	38 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	38 di 64								

dimensione del corso d'acqua e alla portata transitante.

Per corsi d'acqua di circa 1000 ft (300 m) e portate comprese tra 5000 e 30000 cfs (150-850 m³/s) la formula proposta è:

$$L_e = -298 + 257 \left(\frac{F_{c2}}{F_{c1}} \right) + 0.918 \bar{L}_{obs} + 0.00479Q$$

dove:

- L_e lunghezza del tratto di espansione in piedi (feet);
- F_{c2} numero di Froude del canale principale nella sezione 2;
- F_{c1} numero di Froude del canale principale nella sezione 1;
- \bar{L}_{obs} lunghezza media dell'ostruzione causata dai rilevati;
- Q portata in piedi cubi secondo (cfs).

Per corsi d'acqua più piccoli una valutazione migliore si ottiene con la seguente formula:

$$ER = \frac{L_e}{L_{obs}} = 0.421 + 0.485 \left(\frac{F_{c2}}{F_{c1}} \right) + 0.000018Q$$

Per i corsi d'acqua in cui la portata supera gli 850 m³/s è consigliata la formula:

$$ER = \frac{L_e}{L_{obs}} = 0.489 + 0.608 \left(\frac{F_{c2}}{F_{c1}} \right)$$

Il coefficiente di contrazione è definito dalla formula:

$$C_e = -0.09 + 0.570 \left(\frac{D_{ob}}{D_c} \right) + 0.075 \left(\frac{F_{c2}}{F_{c1}} \right)$$

dove:


D_{ob} tirante (calcolato come area diviso larghezza in superficie) dell'area golenale nella sezione 1;

D_c tirante del canale principale nella sezione 1.

Per la valutazione delle lunghezza di contrazione sono state ottenute 2 formule, la prima valida nel campo 150-850 m³/s:

$$L_c = 263 + 38.8 \left(\frac{F_{c2}}{F_{c1}} \right) + 257 \left(\frac{Q_{ob}}{Q} \right)^2 - 58.7 \left(\frac{n_{ob}}{n_c} \right)^{0.5} + 0.161 \bar{L}_{obs}$$

Q_{ob} portata convogliata dalle zone golenali nella sezione 4;

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>39 di 64</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	39 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	39 di 64								

n_{ob} coefficiente di Manning per le zone golenali nella sezione 4;

n_c coefficiente di Manning per il canale principale nella sezione 4.

Nei casi in cui la portata non rientri nel range specificato la formula consigliata è:


$$CR = 1.4 - 0.333 \left(\frac{F_{c2}}{F_{c1}} \right) + 1.86 \left(\frac{Q_{ob}}{Q} \right)^2 - 0.19 \left(\frac{n_{ob}}{n_c} \right)^{0.5}$$

Per quanto concerne il coefficiente di contrazione la regressione statistica non ha fornito una formula valida, per cui, in assenza di dati di calibrazione, si suggerisce di assegnare il valore in base al rapporto di contrazione secondo la seguente tabella:

Rapporto di contrazione	Coefficiente di contrazione
0.0 < b/B < 0.25	0.3-0.5
0.25 < b/B < 0.50	0.1-0.3
0.50 < b/B < 1.0	0.1

La definizione dei tratti di contrazione e di espansione, oltre che con il corretto posizionamento delle sezioni 1 e 4, avviene con la corretta impostazione delle aree contribuenti al deflusso nelle sezioni 2 e 3. Ciò avviene mediante l'impostazione all'interno del modello delle "Ineffective flow area", le quali definiscono la parte di sezione contribuente al deflusso e quella in cui si ha solo invaso. Nel caso i tratti di contrazione ed espansione siano troppo lunghi per essere definiti in modo soddisfacente da solo 2 sezioni, si possono usare delle sezioni intermedie, avendo l'accortezza di definire le "Ineffective flow area" in modo da riprodurre la forma della vena liquida in contrazione ed espansione.

La valutazione delle lunghezze dei tratti di contrazione ed espansione ed i loro relativi coefficienti è un processo iterativo, dipendendo questi dalle caratteristiche della corrente nelle sezioni che si vogliono posizionare. Tale processo comunque converge molto rapidamente e difficilmente si effettua più di 1,2 volte il calcolo.

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>40 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	40 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	40 di 64								

Calcolo del profilo attraverso il ponte

Il calcolo nei tratti di contrazione (sezioni 4-3) e espansione (sezioni 2-1) avviene mediante il bilanciamento dell'equazione dell'energia come tra 2 sezioni qualsiasi. Il calcolo tra le sezioni 2 e 3 avviene invece seguendo 4 diverse formulazioni a seconda della richiesta dell'utente:

equazione dell'energia;

conservazione della quantità di moto;

equazione di Yarnell;

Equazione dell'energia

In questo caso il programma inserisce due sezioni aggiuntive immediatamente all'interno del ponte e le tratta come due sezioni naturali, in cui l'area di deflusso è quella definita per il ponte e nel perimetro bagnato vengono aggiunti i tratti delle spalle ed eventualmente delle pile presenti.

Conservazione della quantità di moto

L'applicazione del metodo della conservazione della quantità di moto si basa su tre passaggi fondamentali. Si considerino, oltre alle due sezioni a monte e a valle del ponte (2 e 3), due sezioni immediatamente all'interno del ponte (BU e BD).

Il primo passo consiste nel bilancio della quantità di moto tra la sezione "2" e la sezione "BD".

L'equazione del bilancio può essere scritta nella seguente forma:

$$A_{BD} \overline{Y_{BD}}_v + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{g A_{BD}} = A_2 \overline{Y}_2 - A_{PBD} \overline{Y}_{PBD} + \frac{\beta_2 Q_2^2}{g A_2} + F_f - W_x$$

dove:

A_2, A_{BD} area liquida delle sezioni 2 e v;

A_{PBD} area liquida ostruita dalle pile nel lato di valle;

$\overline{Y}_2; \overline{Y}_{BD}$ distanza verticale tra la superficie dell'acqua ed il baricentro delle aree A_2 e A_{BD} ;

\overline{Y}_{PBD} distanza verticale tra la superficie dell'acqua ed il baricentro dell'area A_{PBD} ;

β_2, β_{BD} coefficienti di Coriolis per la media della velocità;

g accelerazione di gravità;

F_f forza esterna dovuta all'attrito, per unità di peso dell'acqua;

W_x forza peso dell'acqua nella direzione della corrente, per unità di volume.

Il secondo passo consiste nel bilancio della quantità di moto tra le sezioni “BD” e “BU”, espressa come:

$$A_{BU} \bar{Y}_{BU} + \frac{\beta_{BU} Q_{BU}^2}{gA_{BU}} = A_{BD} \bar{Y}_{BD} + \frac{\beta_{BD} Q_{BD}^2}{gA_{BD}} + F_f - W_x$$

ed infine il terzo passo è il bilancio della quantità di moto tra le sezioni “BU” e “3”, espressa come:

$$A_3 \bar{Y}_3 + \frac{\beta_3 Q_3^2}{gA_3} = A_{BU} \bar{Y}_{BU} + \frac{\beta_{BU} Q_{BU}^2}{gA_{BU}} + A_{PBU} \bar{Y}_{PBU} + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{PBU} Q_3^2}{gA_3^2} + F_f - W_x$$

dove con C_D si indica il coefficiente di trascinamento per il flusso attorno alle pile, che può variare in funzione della forma delle pile.

L'equazione della conservazione della quantità di moto richiede la conoscenza dei coefficienti di scabrezza per la stima della forza di attrito e per la stima del coefficiente di trascinamento. Questi ultimi sono usati per valutare la forza dovuta al moto dell'acqua attorno alle pile, la separazione del flusso e i fronti d'onda della scia che si genera a valle e sono riportati in apposite tabelle sperimentali in base alla forma ed alla posizione delle pile.

L'equazione è valida per deflusso con contrazione della vena liquida, ma non può essere applicata quando si abbiano le condizioni di deflusso a “bocca piena”, cioè quando il pelo libero della corrente, per effetto del soprizzo dovuto all'interazione con la struttura, dovesse toccare l'intradosso del ponte.

Equazione di Yarnell

L'equazione di Yarnell utilizzata per il calcolo del rigurgito è la seguente:

$$H_{3-2} = 2K(K + 10\omega - 0.6)(\alpha + 15\alpha^4) \frac{V_2^2}{2g}$$

dove:


H_{3-2} differenza di livello tra le sezioni 3 e 2;

K coefficiente di Yarnell che tiene conto della forma delle pile;

ω rapporto tra il carico cinetico e il tirante nella sezione 2;

α rapporto tra l'area occupata dalle pile e l'area non ostruita nella sezione 2;

V_2 velocità nella sezione 2.

 <p>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO</p>	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>42 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	42 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	42 di 64								

L'equazione è basata su esperienze di laboratorio effettuate su circa 2600 prove nelle quali sono stati valutati diversi parametri: la forma, la larghezza, la lunghezza delle pile, l'angolo di giacitura dell'asse del ponte rispetto alla direzione della corrente e l'entità della corrente.

I limiti della formula di Yarnell sono dovuti al fatto che non vengono considerate nel calcolo né la forma del ponte, né la forma delle spalle, né la larghezza del ponte stesso. A causa di queste limitazioni la formulazione di Yarnell può essere usata solo quando le maggiori perdite di carico sono dovute alla presenza delle pile e non all'ostruzione complessiva causata dal manufatto di attraversamento (rampe di accesso, spalle e pile). Il metodo è valido solamente se il moto è lento.

La formulazione utilizzata differisce di poco da quella indicata nella Direttiva 2/99 (Par. 4.8.5), che è scritta nella forma seguente:

$$\frac{\Delta y}{y} = K_y (K_y - 0.6 + 5 F_2^2) (1 - r + 15 (1 - r)^4) F_2^2$$


dove $(1-r) = (b_0 - b_1)/b_0$ è il grado di restringimento e F_2 il numero di Froude della sezione 2.

Le due equazioni sono sostanzialmente identiche, solo che la forma qui sopra riportata privilegia il concetto di una sezione rettangolare equivalente (il rapporto di contrazione r è infatti riferito alla larghezza) per cui è possibile esplicitare il numero di Froude come elemento caratteristico del moto, mentre la forma dell'equazione presentata prima fa riferimento, più in generale, ad una sezione di forma qualsiasi (il rapporto di contrazione α è infatti un rapporto di aree).

Tipi di profili idraulici attraverso il ponte

La procedura di calcolo appena illustrata si applica senza limitazioni al caso in cui la corrente si mantiene sempre in condizioni subcritiche durante il passaggio della struttura. Questo tipo di profilo idraulico viene indicato dal modello come profilo di "classe A high flow". In realtà il passaggio attraverso la struttura può avvenire in condizioni supercritiche o miste.

In particolare si genera un profilo di "classe B low flow" quando la corrente è costretta al passaggio attraverso una condizione critica proprio nel tratto in cui la struttura produce il restringimento. Tale circostanza può avvenire sia in condizioni di moto subcritico che supercritico. In ogni caso il modello calcola il tirante idraulico di monte mediante l'equazione

	POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI												
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>43 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	43 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	43 di 64								

della quantità di moto.

Infine si osserva un profilo di “classe C low flow” quando la corrente si mantiene sempre in condizioni di moto supercritico durante il passaggio della struttura. Il modello può utilizzare sia l’equazione dell’energia sia quella della quantità di moto.

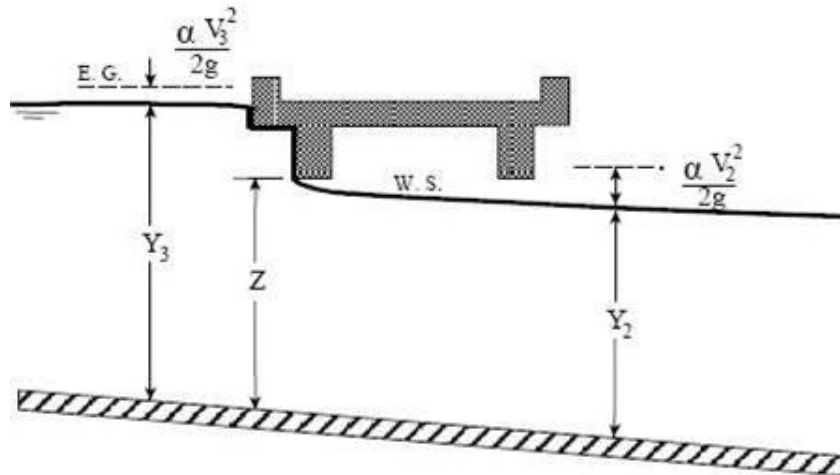
Calcolo del profilo in condizioni di high flow

Le formule descritte al paragrafo precedente sono valide quando il pelo libero non viene a contatto con l’intradosso del ponte, in questo caso infatti solo l’equazione dell’energia può ancora utilizzarsi, aggiungendo al perimetro bagnato della sezione BU, ed eventualmente BD, la lunghezza di intradosso. Nel caso si abbia il raggiungimento dell’intradosso dell’impalcato il deflusso avverrà in condizioni di “pressione” e, in caso di completo sormonto dell’impalcato, alla portata transitata attraverso la struttura dovrà essere aggiunta quella defluita al di sopra dell’impalcato, valutabile in modo simile al passaggio sopra una soglia fissa. In questi casi è possibile però utilizzare le formule della foronomia, variamente sviluppate da diversi autori. Il programma HEC-RAS utilizza le formule di seguito descritte.

Deflusso in pressione libero

Il deflusso in pressione libero si sviluppa quando il pelo libero entra in contatto con l’intradosso del ponte solo nel lato di monte del ponte, mentre a valle si ha il deflusso libero. La formula utilizzata è del tipo deflusso sotto battente ed in particolare è utilizzata la formula sviluppata dalla Federal Highway Administration:

$$Q = C_D A_{BU} \sqrt{2g \left(Y_3 - \frac{Z}{2} + \alpha_3 \frac{V_3^2}{2g} \right)}$$



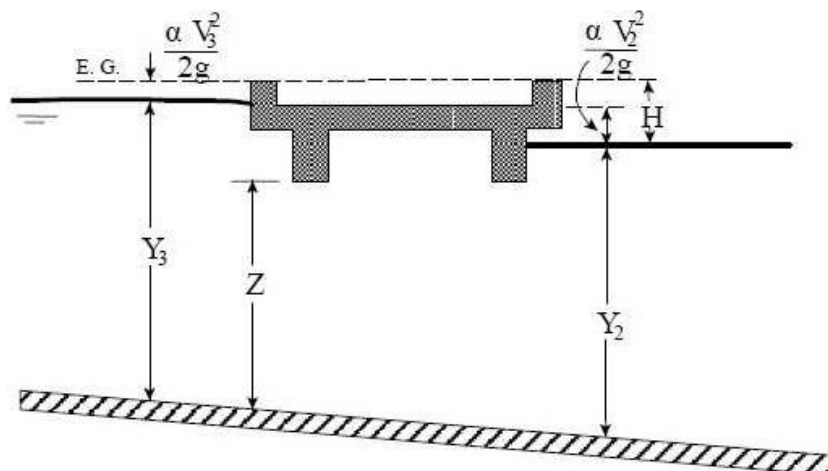
Il coefficiente di deflusso C_D può essere definito dall'utente o automaticamente "scelto" dal programma dato il rapporto Y_3/Z sulla base di dati sperimentali.

Deflusso in pressione rigurgitato

Il deflusso in pressione è rigurgitato quando anche a valle del ponte il pelo libero viene a contatto con l'intradosso, la capacità di deflusso diminuisce e la formula precedente non è più valida e il programma utilizza la seguente:

$$Q = CA\sqrt{2gH}$$

con C coefficiente di deflusso variabile tra 0.7 e 0.9.



Deflusso a stramazzo

Quando il pelo libero supera l'estradosso del ponte si ha deflusso anche al di sopra del ponte,

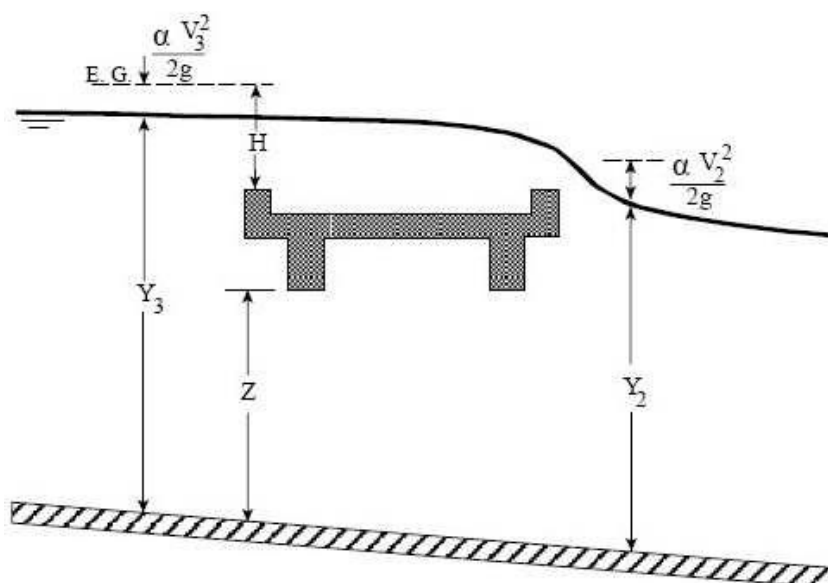
Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	45 di 64

tale deflusso viene calcolato con la tipica formula degli stramazzi:

$$Q = CLH^{3/2}$$

con C coefficiente di deflusso compreso tra 1.38 e 1.71.



Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 46 di 64

ALLEGATO B. DERIVATORE DI PARABIAGO: RISULTATI DELLE SIMULAZIONI – TABELLE DEI PARAMETRI IDRAULICI E PROFILO IDROMETRICO (ANTE OPERAM)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m³/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m²)	Top Width (m)	Froude # Chl
R22	5.621	P Misura	11.70	175.17	176.53	175.96	176.63	0.001070	1.43	8.20	6.64	0.41
R22	5.621	P Consorzio	17.00	175.17	176.82	176.16	176.96	0.001201	1.67	10.17	6.72	0.43
R22	5.473 Sez. 18 valle	P Misura	11.70	175.12	176.27	175.91	176.42	0.001812	1.70	6.87	6.59	0.53
R22	5.473 Sez. 18 valle	P Consorzio	17.00	175.12	176.53	176.11	176.73	0.001970	1.98	8.59	6.65	0.56
R22	5.431 Sezione 17	P Misura	11.70	175.10	176.17	175.87	176.33	0.002206	1.82	6.43	6.56	0.59
R22	5.431 Sezione 17	P Consorzio	17.00	175.10	176.41	176.07	176.64	0.002383	2.11	8.04	6.63	0.61
R22	5.399 Sezione R22_16	P Misura	11.70	175.05	175.85	175.85	176.20	0.006631	2.62	4.46	6.38	1.00
R22	5.399 Sezione R22_16	P Consorzio	17.00	175.05	176.05	176.05	176.50	0.006472	2.96	5.74	6.43	1.00
R22	5.336 Sezione R22_15mo	P Misura	11.70	174.88	175.58	175.37	175.64	0.001517	1.09	10.78	20.50	0.48
R22	5.336 Sezione R22_15mo	P Consorzio	17.00	174.88	175.72	175.46	175.80	0.001501	1.24	13.70	20.77	0.49
R22	5.33	Bridge										
R22	5.326 Sezione R22_15	P Misura	11.70	174.88	175.52	175.37	175.60	0.002188	1.22	9.61	20.40	0.57
R22	5.326 Sezione R22_15	P Consorzio	17.00	174.88	175.66	175.46	175.75	0.002045	1.37	12.42	20.66	0.56
R22	5.32	Ini Struct										
R22	5.316 Sezione R22_15 v	P Misura	11.70	172.19	173.71	172.65	173.72	0.000080	0.46	25.20	19.06	0.13
R22	5.316 Sezione R22_15 v	P Consorzio	17.00	172.19	174.04	172.76	174.05	0.000084	0.54	31.59	19.87	0.14
R22	5.279 Sezione R22_14	P Misura	11.70	172.22	173.64	172.99	173.70	0.000660	1.16	10.07	9.15	0.35
R22	5.279 Sezione R22_14	P Consorzio	17.00	172.22	173.95	173.18	174.04	0.000612	1.31	13.15	10.87	0.35
R22	5.231 Sezione R22_13	P Misura	11.70	172.07	173.61	172.87	173.67	0.000552	1.12	10.45	8.44	0.32
R22	5.231 Sezione R22_13	P Consorzio	17.00	172.07	173.92	173.06	174.01	0.000558	1.29	13.40	10.86	0.33
R22	5.189 Sezione R22_12	P Misura	11.70	172.05	173.57	172.90	173.65	0.000725	1.25	9.37	7.85	0.36
R22	5.189 Sezione R22_12	P Consorzio	17.00	172.05	173.87	173.11	173.98	0.000731	1.43	12.08	10.30	0.38
R22	5.134 Sezione R22_11	P Misura	11.70	171.95	173.56	172.76	173.61	0.000430	1.00	11.64	9.42	0.29
R22	5.134 Sezione R22_11	P Consorzio	17.00	171.95	173.87	172.94	173.94	0.000439	1.16	14.84	11.65	0.30
R22	5.08 Sezione R22_10	P Misura	11.70	171.97	173.51	172.81	173.58	0.000608	1.16	10.09	8.44	0.34
R22	5.08 Sezione R22_10	P Consorzio	17.00	171.97	173.82	173.00	173.91	0.000610	1.33	12.89	10.67	0.35
R22	5.028 Sezione R22_9	P Misura	11.70	171.96	173.47	172.79	173.55	0.000649	1.19	9.83	8.28	0.35
R22	5.028 Sezione R22_9	P Consorzio	17.00	171.96	173.78	172.98	173.87	0.000672	1.37	12.49	9.61	0.36
R22	4.963 Sezione R22_8	P Misura	11.70	171.98	173.43	172.78	173.50	0.000687	1.21	9.65	8.28	0.36
R22	4.963 Sezione R22_8	P Consorzio	17.00	171.98	173.73	172.97	173.83	0.000713	1.39	12.28	9.40	0.37
R22	4.919 Sezione R22_7	P Misura	11.70	171.87	173.40	172.71	173.47	0.000638	1.19	9.87	8.28	0.35
R22	4.919 Sezione R22_7	P Consorzio	17.00	171.87	173.70	172.91	173.80	0.000674	1.37	12.51	9.60	0.36
R22	4.857 Sezione R22_6 mo	P Misura	11.70	172.13	173.34	172.77	173.43	0.000775	1.31	8.94	7.44	0.38
R22	4.857 Sezione R22_6 mo	P Consorzio	17.00	172.13	173.63	172.95	173.75	0.000846	1.53	11.10	7.86	0.40
R22	4.855	Culvert										
R22	4.85 Sezione R22_6 va	P Misura	11.70	172.05	173.30	172.74	173.39	0.000786	1.34	8.75	7.45	0.39
R22	4.85 Sezione R22_6 va	P Consorzio	17.00	172.05	173.56	172.92	173.69	0.000893	1.58	10.77	7.73	0.42
R22	4.813 Sezione R22_5	P Misura	11.70	172.01	173.24	172.81	173.35	0.001183	1.46	8.02	8.00	0.47
R22	4.813 Sezione R22_5	P Consorzio	17.00	172.01	173.51	172.99	173.65	0.001213	1.66	10.21	8.49	0.48
R22	4.76 Sezione R22_4	P Misura	11.70	171.93	173.19	172.72	173.29	0.001045	1.40	8.38	8.15	0.44
R22	4.76 Sezione R22_4	P Consorzio	17.00	171.93	173.46	172.90	173.59	0.001106	1.60	10.61	8.57	0.46
R22	4.704 Sezione R22_3	P Misura	11.70	171.96	173.07	172.76	173.21	0.001777	1.68	6.97	7.71	0.56
R22	4.704 Sezione R22_3	P Consorzio	17.00	171.96	173.32	172.94	173.50	0.001759	1.89	9.00	8.03	0.57
R22	4.648 Sezione R22_2	P Misura	11.70	171.88	172.96	172.66	173.11	0.001832	1.69	6.90	7.72	0.57
R22	4.648 Sezione R22_2	P Consorzio	17.00	171.88	173.22	172.85	173.41	0.001782	1.90	8.96	8.06	0.57
R22	4.600	Ini Struct										
R22	4.597 Sezione R22_S12	P Misura	4.13	171.57	172.32	172.05	172.41	0.001656	1.36	3.04	4.09	0.50
R22	4.597 Sezione R22_S12	P Consorzio	5.00	171.57	172.44	172.11	172.54	0.001578	1.42	3.51	4.09	0.49
R22	4.57 Sezione R20_A	P Misura	4.13	171.24	172.29	171.80	172.37	0.001125	1.24	3.33	3.19	0.39
R22	4.57 Sezione R20_A	P Consorzio	5.00	171.24	172.41	171.88	172.50	0.001245	1.36	3.68	3.19	0.40
R22	4.55	Culvert										
R22	4.518 Sezione R20_B	P Misura	4.13	171.21	172.27	171.86	172.36	0.000682	1.31	3.15	3.66	0.45
R22	4.518 Sezione R20_B	P Consorzio	5.00	171.21	172.38	171.95	172.48	0.000712	1.40	3.56	3.79	0.46
R22	4.45 Sezione R20_C	P Misura	4.13	171.23	172.06	171.95	172.27	0.002293	2.03	2.64	3.06	0.79
R22	4.45 Sezione R20_C	P Consorzio	5.00	171.23	172.15	172.04	172.39	0.002300	2.15	2.33	3.15	0.80
R22	4.389 Sezione R20_D	P Misura	4.13	171.16	171.90	171.84	172.14	0.002766	2.17	1.90	3.05	0.88
R22	4.389 Sezione R20_D	P Consorzio	5.00	171.16	171.98	171.93	172.25	0.002855	2.32	2.15	3.13	0.89
R22	4.334 Sezione R20_E	P Misura	4.13	170.87	171.82	171.84	171.98	0.001563	1.78	2.33	3.43	0.69
R22	4.334 Sezione R20_E	P Consorzio	5.00	170.87	171.90	171.73	172.09	0.001695	1.92	2.60	3.59	0.72
R22	4.272 Sezione R20_F	P Misura	4.13	170.79	171.55	171.55	171.83	0.003399	2.34	1.76	3.20	1.01
R22	4.272 Sezione R20_F	P Consorzio	5.00	170.79	171.67	171.64	171.94	0.002872	2.32	2.16	3.47	0.94



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA.
TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO
RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y.
DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 47 di 64

HEC-RAS Plan: sdf_02 River: Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
R22	4.213	Sezione R20_G	P Misura	4.13	170.52	171.52	171.23	171.66	0.001344	1.63	2.53	2.85	0.55
R22	4.213	Sezione R20_G	P Consorzio	5.00	170.52	171.64	171.31	171.79	0.001382	1.74	2.87	2.86	0.56
R22	4.20		Inl Struct										
R22	4.197	Sezione R20_G1	P Misura	4.13	167.00	168.34	167.68	168.41	0.000539	1.20	3.44	2.88	0.35
R22	4.197	Sezione R20_G1	P Consorzio	5.00	167.00	168.54	167.77	168.62	0.000516	1.24	4.03	3.02	0.34
R22	4.143	Sezione R20_H	P Misura	4.13	166.95	168.31	167.63	168.38	0.000511	1.18	3.50	2.89	0.34
R22	4.143	Sezione R20_H	P Consorzio	5.00	166.95	168.51	167.73	168.59	0.000488	1.22	4.10	3.11	0.33
R22	4.120		P Misura	4.13	166.95	168.30	167.62	168.37	0.000515	1.18	3.49	2.88	0.34
R22	4.120		P Consorzio	5.00	166.95	168.50	167.71	168.58	0.000493	1.22	4.09	3.06	0.33
R22	4.119		Inl Struct										
R22	4.118		P Misura	4.13	162.45	168.29	163.14	168.30	0.000014	0.27	15.36	2.95	0.04
R22	4.118		P Consorzio	5.00	162.45	168.50	163.23	168.50	0.000019	0.31	15.97	3.05	0.04
R22	4.115		Culvert										
R22	4.101		P Misura	4.13	163.63	168.18	164.32	168.19	0.000028	0.36	11.61	2.84	0.06
R22	4.101		P Consorzio	5.00	163.63	168.34	164.42	168.35	0.000037	0.42	12.05	2.86	0.06
R22	4.099		P Misura	4.13	163.63	168.18	164.32	168.19	0.000028	0.36	11.61	2.84	0.06
R22	4.099		P Consorzio	5.00	163.63	168.34	164.42	168.35	0.000037	0.42	12.04	2.86	0.06
R22	4.098		P Misura	4.13	166.79	168.10	167.47	168.18	0.000598	1.25	3.31	2.76	0.36
R22	4.098		P Consorzio	5.00	166.79	168.25	167.56	168.34	0.000651	1.35	3.70	2.82	0.38
R22	4.091	Sezione R20_I	P Misura	4.13	166.79	168.09	167.50	168.18	0.000651	1.29	3.21	2.76	0.38
R22	4.091	Sezione R20_I	P Consorzio	5.00	166.79	168.23	167.59	168.33	0.000703	1.39	3.60	2.81	0.39
R22	4.029	Sezione R20_L	P Misura	4.13	166.85	168.04	167.54	168.13	0.000748	1.36	3.04	2.85	0.42
R22	4.029	Sezione R20_L	P Consorzio	5.00	166.85	168.18	167.62	168.29	0.000788	1.45	3.44	2.91	0.43
R22	3.971	Sezione R20_M	P Misura	4.13	166.76	168.01	167.42	168.09	0.000595	1.25	3.31	2.93	0.37
R22	3.971	Sezione R20_M	P Consorzio	5.00	166.76	168.15	167.51	168.24	0.000641	1.35	3.71	2.99	0.39
R22	3.91	Sezione R20_N	P Misura	4.13	166.68	167.98	167.36	168.06	0.000542	1.21	3.42	2.99	0.36
R22	3.91	Sezione R20_N	P Consorzio	5.00	166.68	168.11	167.45	168.20	0.000590	1.31	3.82	3.06	0.37
R22	3.861	Prospetto R20_A	P Misura	4.13	166.69	167.97	167.29	168.03	0.000362	1.02	4.06	3.32	0.29
R22	3.861	Prospetto R20_A	P Consorzio	5.00	166.69	168.11	167.36	168.17	0.000400	1.11	4.50	3.33	0.31
R22	3.86		Bridge										
R22	3.856	Prospetto R20_B	P Misura	4.13	166.69	167.96	167.33	168.02	0.000459	1.12	3.69	3.11	0.33
R22	3.856	Prospetto R20_B	P Consorzio	5.00	166.69	168.09	167.41	168.17	0.000507	1.22	4.10	3.11	0.34
R22	3.848	Sezione R20_O	P Misura	4.13	166.80	167.89	167.53	168.01	0.001096	1.58	2.62	2.83	0.52
R22	3.848	Sezione R20_O	P Consorzio	5.00	166.80	168.01	167.62	168.15	0.001135	1.68	2.97	2.93	0.53
R22	3.79	Sezione R20_P	P Misura	4.13	166.74	167.82	167.47	167.95	0.001087	1.57	2.63	2.86	0.52
R22	3.79	Sezione R20_P	P Consorzio	5.00	166.74	167.94	167.56	168.09	0.001129	1.68	2.98	2.95	0.53
R22	3.732	Sezione R20_Q	P Misura	4.13	166.72	167.74	167.43	167.88	0.001223	1.64	2.52	2.88	0.56
R22	3.732	Sezione R20_Q	P Consorzio	5.00	166.72	167.86	167.53	168.02	0.001259	1.74	2.87	2.97	0.57
R22	3.673	Sezione R20_R	P Misura	4.13	166.65	167.64	167.38	167.80	0.001541	1.78	2.32	2.74	0.62
R22	3.673	Sezione R20_R	P Consorzio	5.00	166.65	167.75	167.48	167.93	0.001609	1.91	2.62	2.81	0.63
R22	3.614	Sezione R20_S	P Misura	4.13	166.58	167.32	167.32	167.64	0.004119	2.53	1.63	2.56	1.01
R22	3.614	Sezione R20_S	P Consorzio	5.00	166.58	167.41	167.41	167.77	0.004028	2.65	1.89	2.62	1.00
R22	3.545	Sezione R20_T	P Misura	4.13	166.33	167.11	166.95	167.26	0.001559	1.73	2.39	3.79	0.69
R22	3.545	Sezione R20_T	P Consorzio	5.00	166.33	167.20	167.03	167.37	0.001535	1.82	2.75	3.95	0.70
R22	3.456	Sezione R20_U	P Misura	4.13	166.14	167.02	166.78	167.13	0.001033	1.49	2.78	4.11	0.58
R22	3.456	Sezione R20_U	P Consorzio	5.00	166.14	167.12	166.86	167.24	0.001040	1.57	3.18	4.32	0.59
R22	3.409	Sezione R20_V	P Misura	4.13	166.12	166.93	166.76	167.08	0.001419	1.67	2.48	3.93	0.67
R22	3.409	Sezione R20_V	P Consorzio	5.00	166.12	167.03	166.84	167.18	0.001394	1.75	2.86	4.13	0.67
R22	3.370	I_27	P Misura	4.13	165.98	166.88	166.67	167.02	0.001374	1.68	2.46	3.55	0.64
R22	3.370	I_27	P Consorzio	5.00	165.98	166.96	166.76	167.13	0.001459	1.81	2.77	3.69	0.67
R22	3.350	I_26	P Misura	4.13	166.03	166.82	166.69	166.99	0.001745	1.81	2.28	3.70	0.74
R22	3.350	I_26	P Consorzio	5.00	166.03	166.91	166.77	167.09	0.001754	1.91	2.61	3.67	0.74
R22	3.332	I_25	P Misura	4.13	165.99	166.68	166.68	166.94	0.003290	2.26	1.82	3.47	1.00
R22	3.332	I_25	P Consorzio	5.00	165.99	166.75	166.75	167.04	0.003231	2.38	2.10	3.63	1.00
R22	3.324	I_24	P Misura	4.13	165.93	166.54	166.54	166.77	0.003281	2.15	1.92	4.06	1.00
R22	3.324	I_24	P Consorzio	5.00	165.93	166.61	166.61	166.87	0.003171	2.26	2.21	4.19	0.99
R22	3.322	I_23	P Misura	4.13	165.93	166.50	166.37	166.60	0.001367	1.40	2.96	5.95	0.63
R22	3.322	I_23	P Consorzio	5.00	165.93	166.53	166.42	166.66	0.001630	1.58	3.16	5.95	0.69
R22	3.317	I_22	P Misura	4.13	165.99	166.52	166.39	166.58	0.000914	1.02	4.04	10.39	0.52
R22	3.317	I_22	P Consorzio	5.00	165.99	166.57	166.42	166.63	0.000929	1.11	4.52	10.39	0.54
R22	3.289	I_21	P Misura	4.13	166.08	166.39	166.39	166.52	0.003699	1.63	2.53	9.40	1.01
R22	3.289	I_21	P Consorzio	5.00	166.08	166.42	166.42	166.58	0.003552	1.74	2.88	9.40	1.00



POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA.
 TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO
 RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y.
DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
 Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	48 di 64

HEC-RAS Plan: sdf_02 River: Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
R22	3.284	P Misura	3.80	162.76	164.44	163.02	164.44	0.000010	0.24	15.75	9.41	0.06
R22	3.284	P Consortio	5.00	162.76	165.07	163.07	165.07	0.000007	0.23	21.73	9.41	0.05
R22	3	Culvert										
R22	2.747	P Misura	3.80	162.02	163.19	162.59	163.24	0.000746	0.99	3.83	3.75	0.31
R22	2.747	P Consortio	5.00	162.02	163.40	162.69	163.46	0.000767	1.06	4.63	3.90	0.32
R22	2.622 R17_C	P Misura	3.80	161.85	163.11	162.41	163.16	0.000575	0.90	4.21	3.82	0.27
R22	2.622 R17_C	P Consortio	5.00	161.85	163.32	162.52	163.37	0.000619	1.00	5.00	3.96	0.28
R22	2.573 R17_B	P Misura	3.80	161.83	163.09	162.36	163.13	0.000457	0.83	4.60	4.20	0.25
R22	2.573 R17_B	P Consortio	5.00	161.83	163.30	162.46	163.34	0.000490	0.91	5.47	4.37	0.26
R22	2.520 S11	P Misura	3.80	161.85	163.08	162.46	163.10	0.000428	0.75	5.07	6.38	0.27
R22	2.520 S11	P Consortio	5.00	161.85	163.28	162.56	163.31	0.000377	0.77	6.49	8.12	0.26
R22	2.472 R17_A	P Misura	3.80	161.74	163.05	162.33	163.08	0.000423	0.80	4.76	4.90	0.26
R22	2.472 R17_A	P Consortio	5.00	161.74	163.25	162.44	163.29	0.000426	0.86	5.80	5.30	0.26
R22	2.404 R15_N	P Misura	3.80	161.94	162.93	162.52	163.02	0.001880	1.37	2.77	2.83	0.44
R22	2.404 R15_N	P Consortio	5.00	161.94	163.11	162.63	163.23	0.002017	1.52	3.30	2.83	0.45
R22	2.393 R15_M	P Misura	3.80	161.75	162.96	162.32	163.00	0.000432	0.79	4.83	5.52	0.27
R22	2.393 R15_M	P Consortio	5.00	161.75	163.16	162.42	163.20	0.000401	0.84	6.00	7.05	0.26
R22	2.341 R15_L	P Misura	3.80	161.74	162.94	162.30	162.97	0.000448	0.80	4.74	5.34	0.27
R22	2.341 R15_L	P Consortio	5.00	161.74	163.14	162.40	163.18	0.000412	0.85	6.11	10.58	0.27
R22	2.290 R15_I	P Misura	3.80	161.67	162.91	162.28	162.95	0.000506	0.85	4.48	4.99	0.29
R22	2.290 R15_I	P Consortio	5.00	161.67	163.11	162.38	163.15	0.000496	0.91	5.52	5.41	0.29
R22	2.258 S10	P Misura	3.80	161.69	162.89	162.27	162.93	0.000519	0.85	4.45	5.01	0.29
R22	2.258 S10	P Consortio	5.00	161.69	163.09	162.38	163.14	0.000503	0.91	5.50	5.57	0.29
R22	2.22	Culvert										
R22	2.193 R15_H	P Misura	3.80	161.67	162.86	162.28	162.90	0.000589	0.89	4.26	5.00	0.31
R22	2.193 R15_H	P Consortio	5.00	161.67	163.05	162.39	163.10	0.000582	0.96	5.24	5.44	0.31
R22	2.140 R15_G	P Misura	3.80	161.56	162.84	162.19	162.87	0.000508	0.85	4.46	4.84	0.28
R22	2.140 R15_G	P Consortio	5.00	161.56	163.02	162.30	163.07	0.000523	0.93	5.39	5.21	0.29
R22	2.088 R15_F	P Misura	3.80	161.47	162.81	162.15	162.85	0.000542	0.88	4.32	4.59	0.29
R22	2.088 R15_F	P Consortio	5.00	161.47	162.99	162.26	163.04	0.000569	0.96	5.19	4.94	0.30
R22	2.050	Bridge										
R22	2.036 R15_E	P Misura	3.80	161.65	162.71	162.31	162.79	0.001397	1.26	3.02	3.65	0.44
R22	2.036 R15_E	P Consortio	5.00	161.65	162.88	162.42	162.97	0.001408	1.36	3.67	3.96	0.45
R22	1.983 R15_D	P Misura	3.80	161.59	162.61	162.25	162.70	0.001809	1.39	2.73	3.34	0.49
R22	1.983 R15_D	P Consortio	5.00	161.59	162.77	162.37	162.89	0.001857	1.52	3.30	3.54	0.50
R22	1.940 S09.2	P Misura	3.80	161.45	162.53	162.17	162.63	0.001813	1.40	2.72	3.36	0.50
R22	1.940 S09.2	P Consortio	5.00	161.45	162.69	162.30	162.81	0.001866	1.52	3.29	3.59	0.51
R22	1.872 R15_C	P Misura	3.80	161.45	162.36	162.10	162.48	0.002412	1.54	2.46	3.30	0.57
R22	1.872 R15_C	P Consortio	5.00	161.45	162.52	162.21	162.66	0.002396	1.66	3.01	3.51	0.57
R22	1.850	Inl Struct										
R22	1.810 S09.1	P Misura	3.80	157.72	158.66	158.19	158.71	0.000925	1.02	3.72	4.05	0.34
R22	1.810 S09.1	P Consortio	5.00	157.72	158.83	158.28	158.90	0.000968	1.13	4.43	4.06	0.35
R22	1.5	Culvert										
R22	1.362	P Misura	3.80	157.38	158.47	158.00	158.53	0.000885	1.04	3.67	4.66	0.37
R22	1.362	P Consortio	5.00	157.38	158.62	158.11	158.69	0.000936	1.14	4.38	4.92	0.39
R22	1.360	Bridge										
R22	1.357 R12_F	P Misura	3.80	157.38	158.47	158.00	158.52	0.000901	1.04	3.64	4.65	0.38
R22	1.357 R12_F	P Consortio	5.00	157.38	158.61	158.11	158.68	0.000952	1.15	4.35	4.92	0.39
R22	1.326 R12_E	P Misura	3.80	157.35	158.43	157.99	158.49	0.000986	1.08	3.53	4.63	0.39
R22	1.326 R12_E	P Consortio	5.00	157.35	158.59	158.11	158.65	0.000847	1.09	5.28	13.35	0.37
R22	1.286 R12_D	P Misura	3.80	157.38	158.37	158.02	158.45	0.001323	1.21	3.16	4.63	0.46
R22	1.286 R12_D	P Consortio	5.00	157.38	158.52	158.13	158.61	0.001266	1.30	3.91	5.38	0.46
R22	1.228 R12_C	P Misura	3.80	157.38	158.27	158.00	158.36	0.001809	1.32	2.87	4.53	0.53
R22	1.228 R12_C	P Consortio	5.00	157.38	158.43	158.10	158.52	0.001641	1.37	3.64	5.00	0.51
R22	1.198 R12_B	P Misura	3.80	157.37	158.19	157.98	158.29	0.002265	1.43	2.67	4.48	0.59
R22	1.198 R12_B	P Consortio	5.00	157.37	158.37	158.08	158.47	0.001850	1.43	3.50	5.01	0.54
R22	1.187 R12_B1	P Misura	3.80	157.36	158.20	157.84	158.26	0.001088	1.07	3.56	4.90	0.40
R22	1.187 R12_B1	P Consortio	5.00	157.36	158.38	157.93	158.44	0.001001	1.13	4.43	5.12	0.39
R22	1.161 R12_B2	P Misura	3.80	157.32	158.12	157.88	158.22	0.002169	1.43	2.67	4.15	0.57
R22	1.161 R12_B2	P Consortio	5.00	157.32	158.30	157.99	158.41	0.001811	1.45	3.46	4.52	0.53

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 49 di 64

HEC-RAS Plan: sdf_02 River: Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
R22	1.142	R12_A	P Misura	3.80	157.35	157.94	157.90	158.15	0.005766	2.01	1.89	3.75	0.90
R22	1.142	R12_A	P Consorzio	5.00	157.35	158.22	158.00	158.36	0.002644	1.66	3.01	4.26	0.63
R22	1.139	R12_A1	P Misura	3.80	157.08	157.98	157.68	158.11	0.002994	1.63	2.33	2.61	0.55
R22	1.139	R12_A1	P Consorzio	5.00	157.08	158.20	157.80	158.35	0.002789	1.71	2.92	2.61	0.52
R22	1.104		P Misura	3.80	157.03	157.79	157.63	157.98	0.004634	1.91	1.99	2.61	0.70
R22	1.104		P Consorzio	5.00	157.03	158.07	157.75	158.24	0.003412	1.85	2.71	2.61	0.58
R22	1.10		Bridge										
R22	1.094		P Misura	3.80	156.98	157.68	157.58	157.90	0.006015	2.09	1.82	2.60	0.80
R22	1.094		P Consorzio	5.00	156.98	157.77	157.70	158.07	0.007242	2.42	2.07	2.61	0.87
R22	0.881	S06	P Misura	3.80	156.52	157.04	156.88	157.12	0.002235	1.22	3.12	6.37	0.56
R22	0.881	S06	P Consorzio	5.00	156.52	157.14	156.95	157.23	0.002179	1.34	3.74	6.37	0.56
R22	0.870		Inl Struct										
R22	0.858	I_08	P Misura	3.80	155.40	156.33	156.00	156.40	0.001133	1.19	3.19	4.74	0.46
R22	0.858	I_08	P Consorzio	5.00	155.40	156.48	156.10	156.56	0.001081	1.26	3.97	5.19	0.46
R22	0.809	I_07	P Misura	3.80	155.28	156.27	155.91	156.35	0.001101	1.20	3.17	4.46	0.45
R22	0.809	I_07	P Consorzio	5.00	155.28	156.43	156.02	156.51	0.001087	1.28	3.89	4.86	0.46
R22	0.751	I_06	P Misura	3.80	155.24	156.19	155.89	156.27	0.001356	1.29	2.84	4.36	0.50
R22	0.751	I_06	P Consorzio	5.00	155.24	156.35	155.99	156.44	0.001233	1.36	3.68	4.84	0.49
R22	0.710	I_05	P Misura	3.80	155.18	155.91	155.86	156.16	0.005337	2.19	1.74	2.78	0.88
R22	0.710	I_05	P Consorzio	5.00	155.18	156.06	155.99	156.34	0.004733	2.34	2.17	3.28	0.85
R22	0.659	I_04	P Misura	3.80	155.04	155.88	155.61	155.98	0.001645	1.40	2.71	3.92	0.54
R22	0.659	I_04	P Consorzio	5.00	155.04	156.05	155.72	156.16	0.001450	1.46	3.43	4.24	0.51
R22	0.640	I_03	P Misura	3.80	154.92	155.75	155.57	155.93	0.003351	1.84	2.06	2.68	0.67
R22	0.640	I_03	P Consorzio	5.00	154.92	155.90	155.69	156.11	0.003558	2.03	2.46	2.72	0.68
R22	0.635	I_02	P Misura	3.80	154.93	155.59	155.59	155.89	0.007293	2.44	1.56	2.56	1.00
R22	0.635	I_02	P Consorzio	5.00	154.93	155.71	155.71	156.07	0.007405	2.66	1.88	2.62	1.00
R22	0.623	I_01	P Misura	3.80	154.87	155.51	155.51	155.79	0.006698	2.35	1.62	2.88	1.00
R22	0.623	I_01	P Consorzio	5.00	154.87	155.63	155.63	155.96	0.006554	2.53	1.97	3.01	1.00
R22	0.495	R10_A	P Misura	3.80	153.91	154.83	154.49	154.93	0.001570	1.40	2.72	3.34	0.50
R22	0.495	R10_A	P Consorzio	5.00	153.91	155.00	154.61	155.12	0.001573	1.51	3.30	3.48	0.50
R22	0.449	R10_B	P Misura	3.80	153.85	154.77	154.40	154.86	0.001357	1.31	2.89	3.42	0.46
R22	0.449	R10_B	P Consorzio	5.00	153.85	154.94	154.51	155.04	0.001389	1.44	3.48	3.52	0.46
R22	0.400	R10_C	P Misura	3.80	153.81	154.69	154.36	154.79	0.001463	1.35	2.81	3.53	0.48
R22	0.400	R10_C	P Consorzio	5.00	153.81	154.87	154.47	154.97	0.001441	1.46	3.43	3.66	0.48
R22	0.347	R10_D	P Misura	3.80	153.68	154.64	154.24	154.71	0.001146	1.24	3.06	3.70	0.44
R22	0.347	R10_D	P Consorzio	5.00	153.68	154.81	154.35	154.90	0.001146	1.34	3.72	3.88	0.44
R22	0.309	R10_E	P Misura	3.80	153.53	154.61	154.10	154.67	0.000794	1.09	3.48	3.73	0.36
R22	0.309	R10_E	P Consorzio	5.00	153.53	154.78	154.21	154.86	0.000849	1.21	4.14	3.90	0.37
R22	0.253	R10_F	P Misura	3.80	153.50	154.55	154.05	154.62	0.001105	1.21	3.15	3.03	0.38
R22	0.253	R10_F	P Consorzio	5.00	153.50	154.70	154.16	154.80	0.001297	1.38	3.62	3.03	0.40
R22	0.203	R10_G	P Misura	3.80	153.47	154.48	154.02	154.56	0.001246	1.26	3.01	3.01	0.40
R22	0.203	R10_G	P Consorzio	5.00	153.47	154.62	154.13	154.73	0.001494	1.45	3.44	3.01	0.43
R22	0.139	R10_H	P Misura	3.80	153.46	154.44	153.99	154.49	0.000717	1.02	3.72	4.72	0.37
R22	0.139	R10_H	P Consorzio	5.00	153.46	154.58	154.09	154.65	0.000763	1.13	4.42	5.00	0.38
R22	0.086	R10_I	P Misura	3.80	153.46	154.32	154.10	154.43	0.001929	1.47	2.58	4.10	0.59
R22	0.086	R10_I	P Consorzio	5.00	153.46	154.46	154.21	154.58	0.001895	1.58	3.17	4.45	0.60
R22	0.056	R10_L	P Misura	3.80	153.45	154.11	154.07	154.33	0.004988	2.09	1.82	3.46	0.92
R22	0.056	R10_L	P Consorzio	5.00	153.45	154.19	154.18	154.47	0.005716	2.38	2.10	3.63	1.00
R22	0	R10_M	P Misura	3.80	153.41	153.81	153.81	154.01	0.006340	1.96	1.94	4.87	0.99
R22	0	R10_M	P Consorzio	5.00	153.41	153.89	153.89	154.12	0.006233	2.15	2.33	4.88	0.99
R22	-5		Bridge										
R22	-35.5		P Misura	3.80	153.05	153.48	153.48	153.70	0.006671	2.06	1.84	4.27	1.00
R22	-35.5		P Consorzio	5.00	153.05	153.57	153.57	153.83	0.006476	2.25	2.22	4.27	1.00
R22	-130		P Misura	3.80	151.09	151.93	151.93	152.21	0.007524	2.36	1.69	3.24	0.95
R22	-130		P Consorzio	5.00	151.09	152.05	152.05	152.37	0.006870	2.54	2.10	3.51	0.94
R22	-188		P Misura	3.80	150.65	151.19	151.19	151.41	0.009028	2.07	1.84	4.24	1.00
R22	-188		P Consorzio	5.00	150.65	151.46	151.29	151.59	0.003504	1.61	3.10	5.02	0.65
R22	-190		Culvert										
R22	-198		P Misura	3.80	150.58	151.21	151.08	151.33	0.003935	1.52	2.49	4.87	0.68
R22	-198		P Consorzio	5.00	150.58	151.51	151.17	151.59	0.001698	1.23	4.06	5.70	0.47
R22	-261		P Misura	3.80	150.10	151.26	150.48	151.27	0.000176	0.48	7.94	8.51	0.16
R22	-261		P Consorzio	5.00	150.10	151.53	150.54	151.54	0.000141	0.48	10.40	9.25	0.14

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

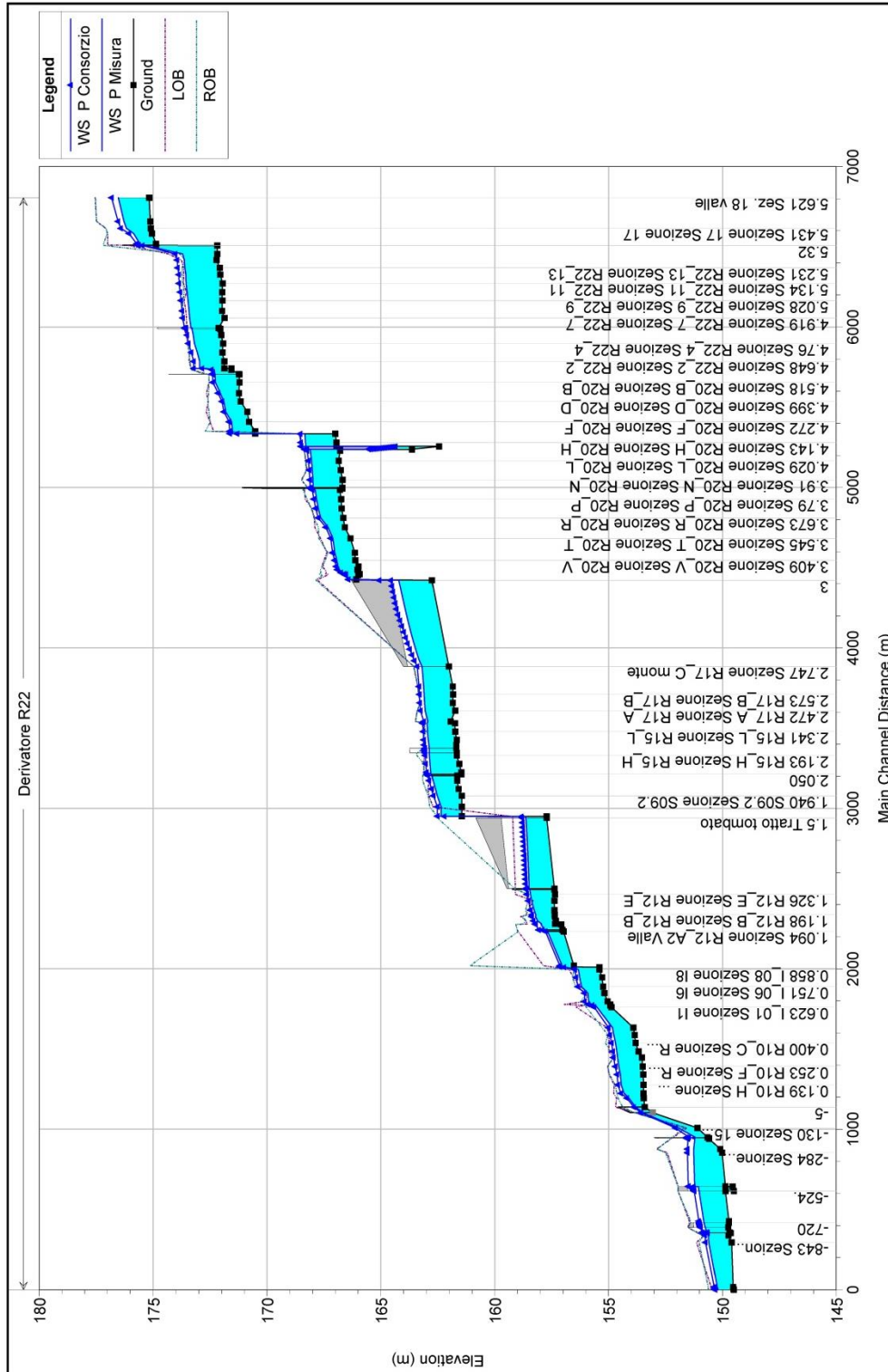
COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 50 di 64


HEC-RAS Plan: sdf_02 River: Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # CHI
R22	-284	P Misura	3.80	150.02	151.25	150.39	151.26	0.000130	0.43	8.93	9.18	0.14
R22	-284	P Consorzio	5.00	150.02	151.53	150.45	151.54	0.000107	0.43	11.80	10.02	0.13
R22	-494	P Misura	3.80	149.87	151.21	150.33	151.23	0.000208	0.54	7.04	6.73	0.17
R22	-494	P Consorzio	5.00	149.87	151.50	150.41	151.51	0.000180	0.55	9.02	7.33	0.16
R22	-495	P Misura	3.80	149.87	151.20	150.32	151.23	0.000274	0.71	5.33	4.01	0.20
R22	-495	P Consorzio	5.00	149.87	151.48	150.41	151.51	0.000280	0.78	6.44	4.02	0.20
R22	-496	P Misura	3.80	149.87	151.20	150.32	151.23	0.000274	0.71	5.33	4.01	0.20
R22	-496	P Consorzio	5.00	149.87	151.48	150.41	151.51	0.000280	0.78	6.44	4.02	0.20
R22	-497	P Misura	3.80	149.56	151.21	150.01	151.23	0.000151	0.58	6.61	4.01	0.14
R22	-497	P Consorzio	5.00	149.56	151.49	150.10	151.51	0.000172	0.65	7.72	4.02	0.15
R22	-500											
R22	-500	Culvert										
R22	-521	P Misura	3.80	149.50	151.03	149.95	151.05	0.000186	0.62	6.12	4.01	0.16
R22	-521	P Consorzio	5.00	149.50	151.24	150.04	151.27	0.000225	0.72	6.98	4.01	0.17
R22	-522	P Misura	3.80	149.87	151.01	150.32	151.05	0.000422	0.83	4.57	4.01	0.25
R22	-522	P Consorzio	5.00	149.87	151.22	150.41	151.27	0.000451	0.92	5.42	4.01	0.25
R22	-523	P Misura	3.80	149.87	151.01	150.32	151.05	0.000422	0.83	4.57	4.01	0.25
R22	-523	P Consorzio	5.00	149.87	151.22	150.41	151.27	0.000452	0.92	5.42	4.01	0.25
R22	-524	P Misura	3.80	149.87	151.02	150.33	151.04	0.000383	0.66	5.78	6.30	0.22
R22	-524	P Consorzio	5.00	149.87	151.24	150.41	151.28	0.000339	0.70	7.19	6.77	0.22
R22	-710	P Misura	3.80	149.72	150.81	150.37	150.90	0.001995	1.32	2.88	3.12	0.44
R22	-710	P Consorzio	5.00	149.72	151.03	150.50	151.13	0.001931	1.40	3.57	3.31	0.43
R22	-720											
R22	-720	Culvert										
R22	-750	P Misura	3.80	149.75	150.75	150.28	150.82	0.001791	1.22	3.12	3.13	0.39
R22	-750	P Consorzio	5.00	149.75	150.95	150.39	151.04	0.001860	1.33	3.75	3.13	0.39
R22	-781	P Misura	3.80	149.69	150.69	150.23	150.77	0.001797	1.22	3.12	3.13	0.39
R22	-781	P Consorzio	5.00	149.69	150.89	150.34	150.98	0.001877	1.34	3.74	3.14	0.39
R22	-783											
R22	-783	Culvert										
R22	-785	P Misura	3.80	149.64	150.67	150.23	150.73	0.001153	1.03	3.89	4.78	0.37
R22	-785	P Consorzio	5.00	149.64	150.82	150.34	150.89	0.001216	1.14	4.40	5.07	0.39
R22	-800	P Misura	3.80	149.74	150.61	150.35	150.70	0.002303	1.31	2.89	4.53	0.52
R22	-800	P Consorzio	5.00	149.74	150.76	150.45	150.86	0.002210	1.40	3.58	4.90	0.52
R22	-843	P Misura	3.80	149.60	150.59	150.08	150.63	0.000797	0.89	4.26	5.16	0.31
R22	-843	P Consorzio	5.00	149.60	150.74	150.17	150.79	0.000865	1.00	5.02	5.41	0.33
R22	-1121	P Misura	3.80	149.53	150.23	149.97	150.30	0.001909	1.17	3.24	5.26	0.48
R22	-1121	P Consorzio	5.00	149.53	150.36	150.05	150.44	0.001918	1.28	3.90	5.49	0.49
R22	-1134	P Misura	3.80	149.52	150.20	149.96	150.28	0.002127	1.22	3.12	5.21	0.50
R22	-1134	P Consorzio	5.00	149.52	150.32	150.04	150.41	0.002107	1.33	3.77	5.44	0.51
R22	-1138	P Misura	3.80	149.50	150.19	149.94	150.27	0.002000	1.19	3.18	5.21	0.49
R22	-1138	P Consorzio	5.00	149.50	150.32	150.03	150.40	0.002002	1.30	3.83	5.43	0.50

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	51 di 64



	<p>POTENZIAMENTO DELLA LINEA RHO-ARONA. TRATTA RHO-GALLARATE. QUADRUPPLICAMENTO RHO-PARABIAGO E RACCORDO Y. DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI</p>												
<p>Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale Villoresi e derivatore di Parabiago</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MDL1</td> <td>30</td> <td>D 26 RI</td> <td>ID 00 20 002</td> <td>A</td> <td>52 di 64</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	52 di 64
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	52 di 64								

**ALLEGATO C. DERIVATORE DI PARABIAGO: RISULTATI DELLE
SIMULAZIONI – TABELLE DEI PARAMETRI IDRAULICI E PROFILO
IDROMETRICO (POST OPERAM)**

HEC-RAS Plan: SdP_04 River Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
R22	4.518	Sezione R20_B	P Misura	4.13	171.21	172.40	171.86	172.47	0.000982	1.13	3.65	3.82	0.37
R22	4.518	Sezione R20_B	P Consorzio	5.00	171.21	172.52	171.95	172.60	0.001032	1.21	4.12	3.97	0.38
R22	4.45	Sezione R20_C	P Misura	4.13	171.23	172.23	171.95	172.36	0.002571	1.61	2.56	3.22	0.58
R22	4.45	Sezione R20_C	P Consorzio	5.00	171.23	172.33	172.04	172.48	0.002632	1.71	2.92	3.32	0.58
R22	4.399	Sezione R20_D	P Misura	4.13	171.16	172.07	171.84	172.22	0.002869	1.68	2.46	3.24	0.61
R22	4.399	Sezione R20_D	P Consorzio	5.00	171.16	172.18	171.93	172.34	0.002931	1.78	2.80	3.35	0.62
R22	4.334	Sezione R20_E	P Misura	4.13	170.87	171.93	171.64	172.05	0.002204	1.52	2.72	3.66	0.56
R22	4.334	Sezione R20_E	P Consorzio	5.00	170.87	172.03	171.73	172.16	0.002254	1.61	3.10	3.87	0.57
R22	4.272	Sezione R20_F	P Misura	4.13	170.79	171.69	171.55	171.66	0.003988	1.86	2.22	3.52	0.75
R22	4.272	Sezione R20_F	P Consorzio	5.00	170.79	171.81	171.64	171.99	0.003458	1.87	2.67	3.80	0.71
R22	4.213	Sezione R20_G	P Misura	4.13	170.52	171.52	171.23	171.66	0.002891	1.63	2.53	2.85	0.55
R22	4.213	Sezione R20_G	P Consorzio	5.00	170.52	171.64	171.31	171.79	0.002974	1.74	2.87	2.86	0.56
R22	4.20		Infl Struct										
R22	4.197	Sezione R20_G1	P Misura	4.13	167.00	168.51	167.69	168.57	0.000798	1.04	3.95	2.95	0.29
R22	4.197	Sezione R20_G1	P Consorzio	5.00	167.00	168.71	167.77	168.76	0.000655	1.03	5.42	7.67	0.27
R22	4.143	Sezione R20_H	P Misura	4.13	166.95	168.47	167.64	168.52	0.000786	1.04	3.98	2.96	0.29
R22	4.143	Sezione R20_H	P Consorzio	5.00	166.95	168.68	167.72	168.73	0.000621	1.01	5.55	7.74	0.26
R22	4.120		P Misura	4.13	166.95	168.45	167.62	168.51	0.000903	1.05	3.94	2.95	0.29
R22	4.120		P Consorzio	5.00	166.95	168.66	167.71	168.71	0.000645	1.02	5.45	7.68	0.26
R22	4.119		Infl Struct										
R22	4.118		P Misura	4.13	162.45	168.45	163.14	168.45	0.000029	0.26	15.82	3.96	0.04
R22	4.118		P Consorzio	5.00	162.45	168.66	163.23	168.67	0.000036	0.30	17.31	7.67	0.04
R22	4.115		Culvert										
R22	4.101		P Misura	4.13	163.63	168.33	164.32	168.33	0.000055	0.34	12.02	2.86	0.05
R22	4.101		P Consorzio	5.00	163.63	168.53	164.42	168.53	0.000069	0.39	13.04	8.00	0.06
R22	4.099		P Misura	4.13	163.63	168.33	164.32	168.33	0.000055	0.34	12.02	2.86	0.05
R22	4.099		P Consorzio	5.00	163.63	168.53	164.42	168.53	0.000069	0.39	13.03	7.99	0.06
R22	4.098		P Misura	4.13	166.79	168.27	167.47	168.33	0.000914	1.10	3.76	2.82	0.30
R22	4.098		P Consorzio	5.00	166.79	168.46	167.56	168.53	0.000975	1.15	4.50	6.17	0.30
R22	4.091	Sezione R20_I	P Misura	4.13	166.79	168.26	167.50	168.32	0.000986	1.13	3.66	2.82	0.32
R22	4.091	Sezione R20_I	P Consorzio	5.00	166.79	168.45	167.59	168.52	0.000941	1.18	4.36	5.87	0.31
R22	4.029	Sezione R20_L	P Misura	4.13	166.85	168.17	167.50	168.25	0.001375	1.25	3.29	2.50	0.35
R22	4.029	Sezione R20_L	P Consorzio	5.00	166.85	168.36	167.59	168.45	0.001409	1.32	3.76	2.50	0.34
R22	3.971	Sezione R20_M	P Misura	4.13	166.77	168.09	167.42	168.17	0.001374	1.25	3.30	2.50	0.35
R22	3.971	Sezione R20_M	P Consorzio	5.00	166.77	168.29	167.51	168.51	0.001414	1.33	3.77	2.50	0.34
R22	3.91	Sezione R20_N	P Misura	4.13	166.69	168.00	167.34	168.08	0.001388	1.26	3.28	2.50	0.35
R22	3.91	Sezione R20_N	P Consorzio	5.00	166.69	168.19	167.43	168.28	0.001434	1.33	3.75	2.50	0.35
R22	3.861	Prospetto R20_A	P Misura	4.13	166.63	167.93	167.28	168.01	0.001416	1.27	3.26	2.50	0.35
R22	3.861	Prospetto R20_A	P Consorzio	5.00	166.63	168.12	167.37	168.21	0.001466	1.34	3.72	2.50	0.35
R22	3.86		Culvert										
R22	3.856	Prospetto R20_B	P Misura	4.13	166.62	167.92	167.27	168.00	0.001431	1.27	3.25	2.50	0.36
R22	3.856	Prospetto R20_B	P Consorzio	5.00	166.62	168.10	167.35	168.19	0.001483	1.35	3.70	2.50	0.35
R22	3.849	Sezione R20_O	P Misura	4.13	166.61	167.91	167.26	167.99	0.001435	1.27	3.24	2.50	0.36
R22	3.849	Sezione R20_O	P Consorzio	5.00	166.61	168.09	167.35	168.18	0.001488	1.35	3.70	2.50	0.36
R22	3.79	Sezione R20_P	P Misura	4.13	166.54	167.82	167.19	167.90	0.001487	1.29	3.20	2.50	0.36
R22	3.79	Sezione R20_P	P Consorzio	5.00	166.54	168.00	167.28	168.09	0.001544	1.37	3.64	2.50	0.36
R22	3.732	Sezione R20_Q	P Misura	4.13	166.46	167.73	167.11	167.82	0.001514	1.30	3.18	2.50	0.37
R22	3.732	Sezione R20_Q	P Consorzio	5.00	166.46	167.91	167.20	168.00	0.001580	1.38	3.61	2.50	0.37
R22	3.673	Sezione R20_R	P Misura	4.13	166.39	167.64	167.04	167.73	0.001598	1.33	3.11	2.50	0.38
R22	3.673	Sezione R20_R	P Consorzio	5.00	166.39	167.80	167.13	167.91	0.001671	1.41	3.54	2.50	0.38
R22	3.614	Sezione R20_S	P Misura	4.13	166.31	167.54	166.96	167.63	0.001665	1.35	3.07	2.50	0.39
R22	3.614	Sezione R20_S	P Consorzio	5.00	166.31	167.70	167.05	167.81	0.001750	1.44	3.48	2.50	0.39
R22	3.545	Sezione R20_T	P Misura	4.13	166.22	167.41	166.87	167.51	0.001805	1.39	2.97	2.50	0.41
R22	3.545	Sezione R20_T	P Consorzio	5.00	166.22	167.57	166.96	167.68	0.001905	1.49	3.36	2.50	0.41
R22	3.456	Sezione R20_U	P Misura	4.13	166.10	167.22	166.75	167.33	0.002108	1.47	2.81	2.50	0.44
R22	3.456	Sezione R20_U	P Consorzio	5.00	166.10	167.37	166.84	167.49	0.002241	1.58	3.17	2.50	0.45
R22	3.409	Sezione R20_V	P Misura	4.13	166.04	167.10	166.69	167.23	0.002454	1.56	2.65	2.50	0.48
R22	3.409	Sezione R20_V	P Consorzio	5.00	166.04	167.24	166.78	167.38	0.002614	1.67	2.99	2.50	0.49
R22	3.370	I_27	P Misura	4.13	165.99	166.97	166.64	167.12	0.003026	1.68	2.46	2.50	0.54
R22	3.370	I_27	P Consorzio	5.00	165.99	167.10	166.73	167.26	0.003219	1.81	2.77	2.50	0.55
R22	3.350	I_26	P Misura	4.13	165.96	166.89	166.61	167.05	0.003528	1.78	2.33	2.50	0.59

DEVIAZIONE CANALE SECONDARIO VILLORESI

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 55 di 64

HEC-RAS Plan: SdP_04 River Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W/S Elev (m)	Crit W/S (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
R22	3.350 I_26	P Consorzio	5.00	165.96	167.01	166.70	167.19	0.003751	1.91	2.61	2.50	0.60
R22	3.332 I_25	P Misura	4.13	165.94	166.77	166.59	166.97	0.004812	1.99	2.06	2.50	0.69
R22	3.332 I_25	P Consorzio	5.00	165.94	166.88	166.68	167.11	0.005027	2.13	2.35	2.50	0.70
R22	3.324 I_24	P Misura	4.13	165.93	166.58	166.58	166.91	0.009547	2.53	1.63	2.50	1.00
R22	3.324 I_24	P Consorzio	5.00	165.93	166.67	166.67	167.04	0.009776	2.70	1.85	2.50	1.00
R22	3.322 I_23	P Misura	4.13	165.93	166.12	166.30	166.83	0.069555	3.74	1.10	5.95	2.78
R22	3.322 I_23	P Consorzio	5.00	165.93	166.14	166.35	166.96	0.068090	4.00	1.25	5.95	2.79
R22	3.317 I_22	P Misura	4.13	165.92	166.34	166.17	166.39	0.001520	0.94	4.37	10.39	0.46
R22	3.317 I_22	P Consorzio	5.00	165.92	166.08	166.21	166.55	0.054586	3.04	1.64	10.38	2.44
R22	3.289 I_21	P Misura	4.13	165.89	166.16	166.16	166.30	0.007905	1.63	2.54	9.40	1.00
R22	3.289 I_21	P Consorzio	5.00	165.89	166.20	166.20	166.35	0.007722	1.74	2.88	9.40	1.00
R22	3.284	P Misura	3.80	162.76	164.34	163.02	164.35	0.000025	0.26	14.90	9.41	0.06
R22	3.284	P Consorzio	5.00	162.76	165.10	163.07	165.10	0.000014	0.23	21.99	9.41	0.05
R22	3											
R22	2.792	P Misura	3.80	162.08	163.73	162.80	163.80	0.001208	1.15	3.30	2.00	0.29
R22	2.792	P Consorzio	5.00	162.08	164.14	162.94	164.22	0.001208	1.21	4.12	2.00	0.27
R22	2.79	P Misura	3.80	162.08	163.73	162.80	163.79	0.001213	1.15	3.29	2.00	0.29
R22	2.79	P Consorzio	5.00	162.08	164.14	162.94	164.21	0.001212	1.22	4.11	2.00	0.27
R22	2.7895											
R22	2.789	P Misura	3.80	154.35	163.72	155.07	163.73	0.000023	0.20	19.75	2.00	0.02
R22	2.789	P Consorzio	5.00	154.35	164.14	155.21	164.14	0.000036	0.26	19.57	2.00	0.03
R22	2.77											
R22	2.76874	P Misura	3.80	154.35	163.65	155.07	163.66	0.000023	0.20	18.61	2.00	0.02
R22	2.76874	P Consorzio	5.00	154.35	164.01	155.21	164.01	0.000037	0.26	19.32	2.00	0.03
R22	2.76864	P Misura	3.80	162.05	163.57	162.77	163.65	0.001488	1.25	3.04	2.00	0.32
R22	2.76864	P Consorzio	5.00	162.05	163.91	162.91	164.01	0.001542	1.34	3.73	2.00	0.31
R22	2.765	P Misura	3.80	162.05	163.56	162.77	163.64	0.001498	1.25	3.03	2.00	0.33
R22	2.765	P Consorzio	5.00	162.05	163.91	162.91	164.00	0.001551	1.34	3.72	2.00	0.31
R22	2.75											
R22	2.747	P Misura	3.80	162.02	163.38	162.59	163.39	0.000487	0.85	4.47	3.87	0.25
R22	2.747	P Consorzio	5.00	162.02	163.66	162.69	163.67	0.000144	0.52	11.74	15.71	0.14
R22	2.622 R17_C	P Misura	3.80	161.85	163.29	162.40	163.33	0.000566	0.88	4.32	3.00	0.23
R22	2.622 R17_C	P Consorzio	5.00	161.85	163.59	162.51	163.63	0.000596	0.96	5.21	3.00	0.23
R22	2.573 R17_B	P Misura	3.80	161.83	163.26	162.37	163.30	0.000575	0.89	4.29	3.00	0.24
R22	2.573 R17_B	P Consorzio	5.00	161.83	163.56	162.49	163.60	0.000605	0.97	5.18	3.00	0.23
R22	2.520 S11	P Misura	3.80	161.82	163.23	162.37	163.27	0.000600	0.90	4.22	3.00	0.24
R22	2.520 S11	P Consorzio	5.00	161.82	163.52	162.48	163.57	0.000626	0.98	5.10	3.00	0.24
R22	2.472 R17_A	P Misura	3.80	161.80	163.20	162.35	163.24	0.000611	0.91	4.19	3.00	0.24
R22	2.472 R17_A	P Consorzio	5.00	161.80	163.49	162.46	163.54	0.000639	0.99	5.07	3.00	0.24
R22	2.4546	P Misura	3.80	161.79	163.19	162.34	163.23	0.000611	0.91	4.19	3.00	0.24
R22	2.4546	P Consorzio	5.00	161.79	163.48	162.45	163.53	0.000639	0.99	5.07	3.00	0.24
R22	2.45455											
R22	2.4545	P Misura	3.80	152.88	163.19	153.43	163.19	0.000005	0.12	30.94	3.00	0.01
R22	2.4545	P Consorzio	5.00	152.88	163.48	153.54	163.48	0.000008	0.16	31.81	3.00	0.02
R22	2.4516	P Misura	3.80	152.88	163.19	153.43	163.19	0.000005	0.12	30.94	3.00	0.01
R22	2.4516	P Consorzio	5.00	152.88	163.48	153.54	163.48	0.000008	0.16	31.81	3.00	0.02
R22	2.43											
R22	2.42	P Misura	3.80	152.88	163.17	153.43	163.17	0.000005	0.12	30.90	3.00	0.01
R22	2.42	P Consorzio	5.00	152.88	163.45	153.54	163.46	0.000008	0.16	31.74	3.00	0.02
R22	2.41865	P Misura	3.80	152.88	163.17	153.43	163.17	0.000005	0.12	30.90	3.00	0.01
R22	2.41865	P Consorzio	5.00	152.88	163.45	153.54	163.46	0.000008	0.16	31.74	3.00	0.02
R22	2.41850	P Misura	3.80	161.77	163.12	162.32	163.17	0.000665	0.93	4.07	3.00	0.26
R22	2.41850	P Consorzio	5.00	161.77	163.40	162.43	163.45	0.000706	1.02	4.88	3.00	0.26
R22	2.404 R15_N	P Misura	3.80	161.75	163.10	162.30	163.15	0.000664	0.93	4.07	3.01	0.26
R22	2.404 R15_N	P Consorzio	5.00	161.75	163.37	162.41	163.43	0.000706	1.02	4.88	3.01	0.26
R22	2.393 R15_M	P Misura	3.80	161.75	163.08	162.36	163.14	0.001130	1.14	3.33	2.51	0.32
R22	2.393 R15_M	P Consorzio	5.00	161.75	163.34	162.49	163.42	0.001213	1.25	4.00	2.52	0.32
R22	2.3											
R22	2.258 S10	P Misura	3.80	161.69	162.85	162.30	162.95	0.001586	1.30	2.93	2.51	0.38
R22	2.258 S10	P Consorzio	5.00	161.69	163.11	162.43	163.21	0.001651	1.41	3.55	2.51	0.38

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 56 di 64

HEC-RAS Plan: SdP_04 River: Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W/S Elev (m)	Crit W/S (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl	
R22	2.22												
R22	2.193	R15_H	P Misura	3.80	161.65	162.83	162.27	162.91	0.001559	1.29	2.95	2.52	0.38
R22	2.193	R15_H	P Consorzio	5.00	161.65	163.07	162.39	163.17	0.001640	1.40	3.56	2.52	0.38
R22	2.140	R15_G	P Misura	3.80	161.59	162.74	162.20	162.83	0.001621	1.31	2.91	2.52	0.39
R22	2.140	R15_G	P Consorzio	5.00	161.59	162.98	162.32	163.08	0.001710	1.43	3.50	2.52	0.39
R22	2.088	R15_F	P Misura	3.80	161.52	162.65	162.14	162.74	0.001756	1.35	2.82	2.52	0.41
R22	2.088	R15_F	P Consorzio	5.00	161.52	162.88	162.26	162.99	0.001843	1.47	3.40	2.52	0.40
R22	2.050												
R22	2.036	R15_E	P Misura	3.80	161.45	162.58	162.06	162.67	0.001742	1.34	2.83	2.51	0.40
R22	2.036	R15_E	P Consorzio	5.00	161.45	162.80	162.19	162.91	0.001879	1.48	3.38	2.52	0.41
R22	1.983	R15_D	P Misura	3.80	161.39	162.47	162.01	162.57	0.001923	1.39	2.73	2.52	0.43
R22	1.983	R15_D	P Consorzio	5.00	161.39	162.68	162.13	162.80	0.002073	1.54	3.26	2.53	0.43
R22	1.940	S09_2	P Misura	3.80	161.34	162.37	161.95	162.48	0.002212	1.47	2.59	2.51	0.46
R22	1.940	S09_2	P Consorzio	5.00	161.34	162.57	162.08	162.71	0.002378	1.62	3.09	2.52	0.47
R22	1.873	R15_C	P Misura	3.80	161.25	162.16	161.87	162.30	0.003121	1.66	2.29	2.51	0.56
R22	1.873	R15_C	P Consorzio	5.00	161.25	162.35	161.99	162.51	0.003270	1.82	2.75	2.51	0.56
R22	1.850												
R22	1.810	S09_1	P Misura	3.80	157.72	158.67	158.19	158.72	0.000881	1.00	3.78	4.06	0.33
R22	1.810	S09_1	P Consorzio	5.00	157.72	158.67	158.28	158.93	0.000867	1.09	4.60	4.07	0.33
R22	1.5												
R22	1.362												
R22	1.362												
R22	1.360												
R22	1.357	R12_F	P Misura	3.80	157.38	158.48	158.00	158.54	0.000851	1.02	3.72	4.69	0.37
R22	1.357	R12_F	P Consorzio	5.00	157.38	158.68	158.11	158.73	0.000785	1.07	4.65	4.95	0.35
R22	1.326	R12_E	P Misura	3.80	157.35	158.45	157.99	158.51	0.000922	1.05	3.62	4.68	0.38
R22	1.326	R12_E	P Consorzio	5.00	157.35	158.67	158.11	158.71	0.000596	0.95	6.30	14.59	0.32
R22	1.286	R12_D	P Misura	3.80	157.38	158.40	158.02	158.47	0.001192	1.16	3.28	4.75	0.43
R22	1.286	R12_D	P Consorzio	5.00	157.38	158.63	158.13	158.68	0.000721	1.06	5.00	11.46	0.35
R22	1.228	R12_C	P Misura	3.80	157.38	158.31	158.00	158.39	0.001505	1.24	3.07	4.66	0.49
R22	1.228	R12_C	P Consorzio	5.00	157.38	158.56	158.10	158.63	0.000997	1.15	4.43	9.37	0.41
R22	1.198	R12_B	P Misura	3.80	157.37	158.26	157.98	158.34	0.001685	1.28	2.97	4.68	0.51
R22	1.198	R12_B	P Consorzio	5.00	157.37	158.54	158.08	158.60	0.000996	1.14	4.39	5.51	0.41
R22	1.187	R12_B1	P Misura	3.80	157.36	158.27	157.84	158.32	0.000857	0.98	3.87	4.98	0.36
R22	1.187	R12_B1	P Consorzio	5.00	157.36	158.54	157.93	158.59	0.000608	0.95	5.28	5.33	0.30
R22	1.161	R12_B2	P Misura	3.80	157.32	158.20	157.88	158.28	0.001498	1.25	3.04	4.33	0.48
R22	1.161	R12_B2	P Consorzio	5.00	157.32	158.50	157.99	158.57	0.000923	1.13	4.41	4.92	0.38
R22	1.142	R12_A	P Misura	3.80	157.35	158.14	157.91	158.25	0.002200	1.43	2.65	4.11	0.57
R22	1.142	R12_A	P Consorzio	5.00	157.35	158.47	158.02	158.55	0.001122	1.22	4.09	4.72	0.42
R22	1.139	R12_A1	P Misura	3.80	157.08	158.14	157.68	158.24	0.001866	1.38	2.76	2.61	0.43
R22	1.139	R12_A1	P Consorzio	5.00	157.08	158.44	157.80	158.54	0.001667	1.42	3.53	2.62	0.39
R22	1.104												
R22	1.104												
R22	1.096												
R22	1.094												
R22	1.094												
R22	0.881	S06	P Misura	3.80	156.52	157.04	156.89	157.12	0.002235	1.22	3.12	6.37	0.56
R22	0.881	S06	P Consorzio	5.00	156.52	157.14	156.95	157.23	0.002178	1.34	3.74	6.37	0.56
R22	0.870												
R22	0.858	I_08	P Misura	3.80	155.40	156.36	156.00	156.43	0.001195	1.13	3.35	4.84	0.43
R22	0.858	I_08	P Consorzio	5.00	155.40	156.52	156.10	156.69	0.001150	1.20	4.19	8.02	0.43
R22	0.809	I_07	P Misura	3.80	155.28	156.30	155.91	156.37	0.001192	1.15	3.30	4.54	0.43
R22	0.809	I_07	P Consorzio	5.00	155.28	156.48	156.02	156.54	0.001190	1.24	4.04	4.93	0.44
R22	0.751	I_06	P Misura	3.80	155.24	156.21	155.89	156.29	0.001500	1.25	3.04	4.42	0.48
R22	0.751	I_06	P Consorzio	5.00	155.24	156.37	155.99	156.46	0.001374	1.33	3.78	4.92	0.47
R22	0.710	I_05	P Misura	3.80	155.18	156.96	156.86	156.17	0.005232	2.05	1.86	2.87	0.79
R22	0.710	I_05	P Consorzio	5.00	155.18	156.11	156.99	156.35	0.004679	2.20	2.32	3.48	0.77
R22	0.659	I_04	P Misura	3.80	155.04	156.89	156.61	156.99	0.001879	1.37	2.77	3.94	0.52
R22	0.659	I_04	P Consorzio	5.00	155.04	156.07	156.72	156.17	0.001658	1.43	3.50	4.28	0.50
R22	0.640	I_03	P Misura	3.80	154.92	156.76	156.57	156.93	0.003993	1.83	2.08	2.68	0.66
R22	0.640	I_03	P Consorzio	5.00	154.92	155.91	156.69	156.12	0.004185	2.01	2.48	2.72	0.67

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 57 di 64

HEC-RAS Plan: SdP_04 River: Derivatore Reach: R22 (Continued)

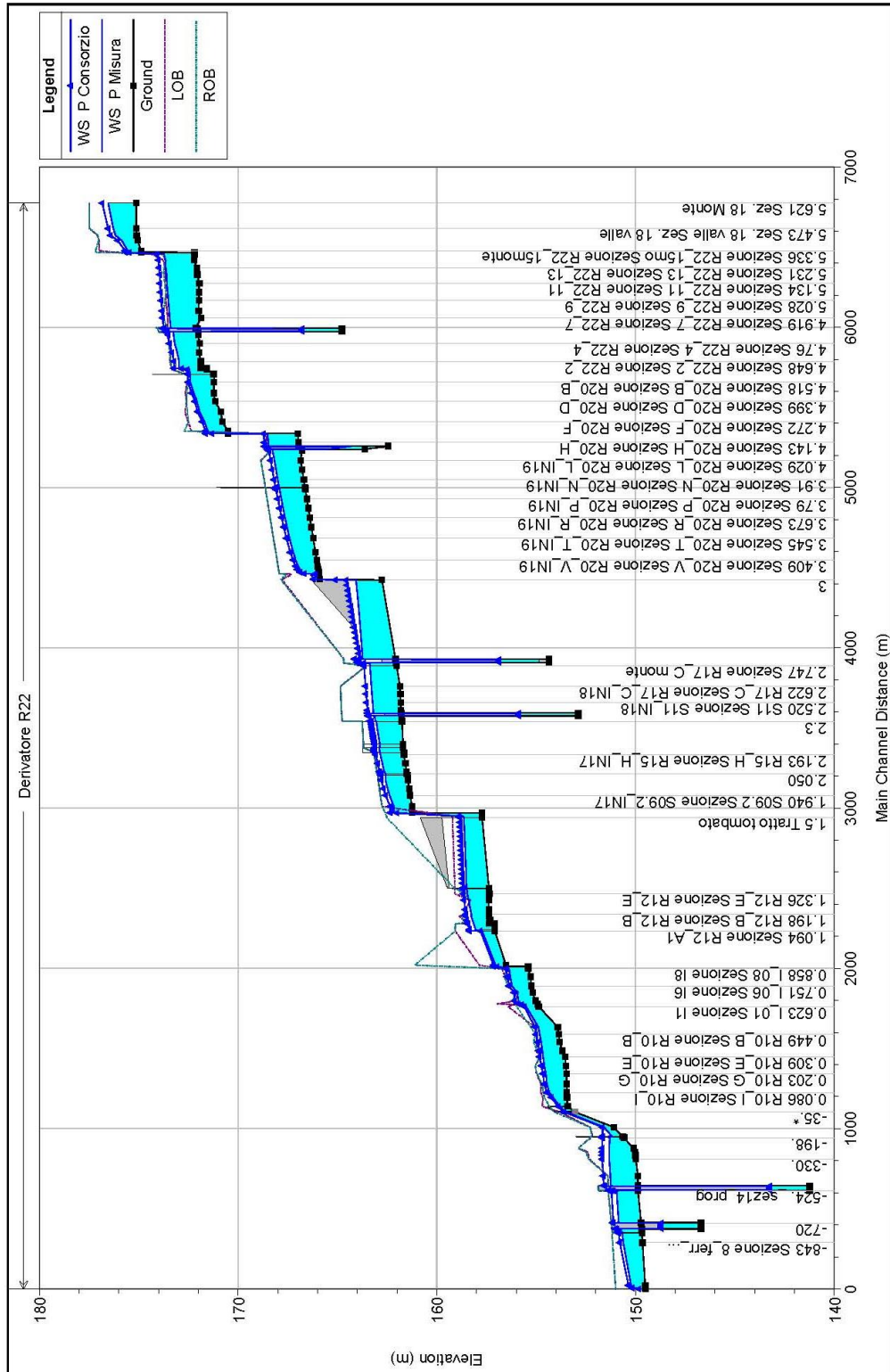
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W/S Elev (m)	Crit W/S (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
R22	0.635 I_02	P Misura	3.80	154.93	155.60	155.59	155.69	0.008186	2.38	1.60	2.57	0.96
R22	0.635 I_02	P Consorzio	5.00	154.93	155.71	155.71	156.07	0.008882	2.65	1.88	2.62	1.00
R22	0.623 I_01	P Misura	3.80	154.87	155.51	155.51	155.79	0.008104	2.35	1.62	2.88	1.00
R22	0.623 I_01	P Consorzio	5.00	154.87	155.59	155.63	155.96	0.009543	2.70	1.85	2.96	1.09
R22	0.495 R10_A	P Misura	3.80	153.92	154.89	154.51	154.98	0.001631	1.33	2.87	3.39	0.46
R22	0.495 R10_A	P Consorzio	5.00	153.92	155.06	154.63	155.17	0.001655	1.44	3.47	3.54	0.46
R22	0.449 R10_B	P Misura	3.80	153.86	154.82	154.42	154.90	0.001430	1.25	3.03	3.45	0.43
R22	0.449 R10_B	P Consorzio	5.00	153.86	155.00	154.52	155.09	0.001401	1.34	3.94	7.01	0.42
R22	0.400 R10_C	P Misura	3.80	153.82	154.74	154.38	154.83	0.001591	1.30	2.92	3.56	0.46
R22	0.400 R10_C	P Consorzio	5.00	153.82	154.92	154.49	155.02	0.001576	1.41	3.56	3.70	0.46
R22	0.347 R10_D	P Misura	3.80	153.68	154.68	154.25	154.75	0.001199	1.18	3.22	3.75	0.41
R22	0.347 R10_D	P Consorzio	5.00	153.68	154.86	154.35	154.94	0.001214	1.28	3.90	3.93	0.41
R22	0.309 R10_E	P Misura	3.80	153.53	154.65	154.09	154.71	0.000852	1.05	3.63	3.77	0.34
R22	0.309 R10_E	P Consorzio	5.00	153.53	154.83	154.20	154.90	0.000888	1.15	4.49	8.32	0.35
R22	0.253 R10_F	P Misura	3.80	153.50	154.59	154.05	154.65	0.001216	1.17	3.26	3.03	0.36
R22	0.253 R10_F	P Consorzio	5.00	153.50	154.74	154.16	154.83	0.001439	1.34	3.74	3.03	0.38
R22	0.203 R10_G	P Misura	3.80	153.47	154.51	154.02	154.59	0.001381	1.22	3.11	3.01	0.38
R22	0.203 R10_G	P Consorzio	5.00	153.47	154.65	154.13	154.75	0.001674	1.41	3.54	3.01	0.42
R22	0.139 R10_H	P Misura	3.80	153.46	154.46	153.99	154.51	0.000803	0.99	3.82	4.76	0.35
R22	0.139 R10_H	P Consorzio	5.00	153.46	154.60	154.09	154.67	0.000869	1.11	4.52	5.03	0.37
R22	0.086 R10_I	P Misura	3.80	153.46	154.34	154.10	154.44	0.002153	1.43	2.66	4.15	0.57
R22	0.086 R10_I	P Consorzio	5.00	153.46	154.47	154.20	154.59	0.002188	1.55	3.23	4.48	0.58
R22	0.056 R10_L	P Misura	3.80	153.45	154.15	154.07	154.34	0.004727	1.92	1.98	3.56	0.82
R22	0.056 R10_L	P Consorzio	5.00	153.45	154.24	154.18	154.48	0.005387	2.17	2.30	3.75	0.88
R22	0 R10_M	P Misura	3.80	153.41	153.81	153.81	154.01	0.007747	1.96	1.94	4.88	0.99
R22	0 R10_M	P Consorzio	5.00	153.41	153.89	153.89	154.12	0.007505	2.15	2.33	4.88	0.99
R22	-5	Bridge										
R22	-35*	P Misura	3.80	153.05	153.50	153.50	153.73	0.007888	2.09	1.81	4.18	1.01
R22	-35*	P Consorzio	5.00	153.05	153.60	153.60	153.86	0.007453	2.26	2.21	4.25	1.00
R22	-130	P Misura	3.80	151.09	151.58	151.82	152.34	0.031291	3.88	0.96	2.52	1.98
R22	-130	P Consorzio	5.00	151.09	151.67	151.94	152.53	0.029983	4.13	1.21	2.70	1.97
R22	-188	P Misura	3.80	150.65	151.18	151.19	151.41	0.007371	2.11	1.80	4.21	1.03
R22	-188	P Consorzio	5.00	150.65	151.60	151.28	151.69	0.001494	1.30	3.84	5.42	0.49
R22	-190	Culvert										
R22	-198	P Misura	3.80	150.58	151.27	151.08	151.36	0.002249	1.37	2.77	5.02	0.59
R22	-198	P Consorzio	5.00	150.58	151.63	151.17	151.68	0.000848	1.05	4.75	6.03	0.38
R22	-261	P Misura	3.80	150.10	151.31	150.48	151.32	0.000116	0.45	8.98	8.64	0.15
R22	-261	P Consorzio	5.00	150.10	151.65	150.54	151.66	0.000082	0.44	11.47	9.55	0.13
R22	-284	P Misura	3.80	150.02	151.31	150.39	151.32	0.000086	0.40	9.42	9.34	0.13
R22	-284	P Consorzio	5.00	150.02	151.65	150.45	151.65	0.000063	0.39	12.76	10.37	0.11
R22	-304.5	P Misura	3.80	150.01	151.31	150.38	151.31	0.000089	0.41	9.27	9.12	0.13
R22	-304.5	P Consorzio	5.00	150.01	151.64	150.45	151.65	0.000066	0.40	12.54	10.13	0.11
R22	-330	P Misura	3.80	149.99	151.30	150.37	151.31	0.000092	0.42	9.08	8.85	0.13
R22	-330	P Consorzio	5.00	149.99	151.64	150.44	151.65	0.000069	0.41	12.26	9.83	0.12
R22	-433	P Misura	3.80	149.90	151.25	150.45	151.29	0.000315	0.94	4.04	3.00	0.26
R22	-433	P Consorzio	5.00	149.90	151.59	150.56	151.63	0.000368	0.98	5.24	5.01	0.24
R22	-494	P Misura	3.80	149.87	151.22	150.42	151.26	0.000673	0.94	4.05	3.00	0.26
R22	-494	P Consorzio	5.00	149.87	151.55	150.53	151.60	0.000791	0.98	5.22	4.92	0.24
R22	-495	P Misura	3.80	149.87	151.22	150.42	151.26	0.000313	0.94	4.05	3.00	0.26
R22	-495	P Consorzio	5.00	149.87	151.55	150.53	151.60	0.000301	0.99	5.04	3.00	0.24
R22	-496	P Misura	3.80	149.87	151.14	150.59	151.26	0.001084	1.49	2.55	2.00	0.42
R22	-496	P Consorzio	5.00	149.87	151.47	150.73	151.59	0.001051	1.56	3.20	2.00	0.39
R22	-496.5	Int Struct										
R22	-497	P Misura	3.80	141.24	151.14	141.96	151.14	0.000009	0.19	19.81	2.00	0.02
R22	-497	P Consorzio	5.00	141.24	151.47	142.10	151.47	0.000015	0.24	20.45	2.00	0.02
R22	-498	P Misura	3.80	141.24	151.14	141.96	151.14	0.000086	0.19	19.81	2.00	0.02
R22	-498	P Consorzio	5.00	141.24	151.47	142.10	151.47	0.000010	0.24	20.45	2.00	0.02
R22	-500	Culvert										
R22	-520	P Misura	3.80	141.24	151.07	141.96	151.07	0.000006	0.19	19.65	2.00	0.02
R22	-520	P Consorzio	5.00	141.24	151.34	142.10	151.34	0.000010	0.25	20.19	2.00	0.02
R22	-521	P Misura	3.80	141.24	151.07	141.96	151.07	0.000010	0.19	19.65	2.00	0.02

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
MDL1 30 D 26 RI ID 00 20 002 A 58 di 64

HEC-RAS Plan: SdP_04 River: Derivatore Reach: R22 (Continued)

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
R22	-521	P Consorzio	5.00	141.24	151.34	142.10	151.34	0.000016	0.25	20.19	2.00	0.02
R22	-522	P Misura	3.80	149.87	150.86	150.59	151.05	0.002075	1.91	1.99	2.00	0.61
R22	-522	P Consorzio	5.00	149.87	151.11	150.73	151.32	0.001999	2.01	2.49	2.00	0.58
R22	-524	P Misura	3.80	149.87	150.94	150.42	151.01	0.000586	1.18	3.22	3.00	0.36
R22	-524	P Consorzio	5.00	149.87	151.20	150.53	151.28	0.000563	1.25	3.99	3.00	0.36
R22	-707	P Misura	3.80	149.72	150.84	150.27	150.90	0.000523	1.13	3.35	3.00	0.34
R22	-707	P Consorzio	5.00	149.72	151.10	150.37	151.17	0.000512	1.21	4.13	3.00	0.33
R22	-708	P Misura	3.80	146.70	150.88	147.25	150.89	0.000018	0.30	12.54	3.00	0.05
R22	-708	P Consorzio	5.00	146.70	151.14	147.36	151.15	0.000027	0.38	13.33	3.00	0.06
R22	-709	P Misura	3.80	146.70	150.87	147.42	150.88	0.000062	0.46	8.35	2.00	0.07
R22	-709	P Consorzio	5.00	146.70	151.13	147.56	151.15	0.000084	0.56	8.87	2.00	0.09
R22	-710	P Misura	3.80	146.70	150.87	147.42	150.88	0.000040	0.46	8.35	2.00	0.07
R22	-710	P Consorzio	5.00	146.70	151.13	147.56	151.15	0.000060	0.56	8.87	2.00	0.09
R22	-720											
		Culvert										
R22	-748	P Misura	3.80	146.70	150.80	147.42	150.82	0.000064	0.46	8.21	2.00	0.07
R22	-748	P Consorzio	5.00	146.70	151.01	147.56	151.03	0.000100	0.58	8.62	2.00	0.09
R22	-749	P Misura	3.80	146.70	150.80	147.42	150.82	0.000064	0.46	8.21	2.00	0.07
R22	-749	P Consorzio	5.00	146.70	151.01	147.56	151.03	0.000100	0.58	8.62	2.00	0.09
R22	-750	P Misura	3.80	146.70	150.81	147.25	150.81	0.000019	0.31	12.33	3.00	0.05
R22	-750	P Consorzio	5.00	146.70	151.02	147.36	151.03	0.000029	0.39	12.96	3.00	0.06
R22	-751	P Misura	3.80	149.69	150.73	150.24	150.81	0.000638	1.22	3.12	3.00	0.38
R22	-751	P Consorzio	5.00	149.69	150.92	150.35	151.02	0.000690	1.35	3.70	3.00	0.39
R22	-781	P Misura	3.80	149.68	150.72	150.23	150.79	0.000644	1.22	3.11	3.00	0.38
R22	-781	P Consorzio	5.00	149.68	150.91	150.34	151.00	0.000697	1.36	3.69	3.00	0.39
R22	-783											
		Culvert										
R22	-785	P Misura	3.80	149.68	150.66	150.23	150.75	0.000749	1.29	2.95	3.00	0.41
R22	-785	P Consorzio	5.00	149.68	150.84	150.34	150.95	0.000813	1.43	3.49	3.00	0.42
R22	-800	P Misura	3.80	149.68	150.66	150.23	150.75	0.000751	1.29	2.95	3.00	0.42
R22	-800	P Consorzio	5.00	149.68	150.84	150.34	150.95	0.000815	1.44	3.48	3.00	0.43
R22	-843	P Misura	3.80	149.65	150.61	150.20	150.70	0.000793	1.32	2.89	3.00	0.43
R22	-843	P Consorzio	5.00	149.65	150.79	150.31	150.90	0.000864	1.47	3.41	3.00	0.44
R22	-1121	P Misura	3.80	149.51	150.22	150.06	150.38	0.001867	1.78	2.13	3.00	0.67
R22	-1121	P Consorzio	5.00	149.51	150.35	150.17	150.55	0.002010	1.98	2.53	3.00	0.69
R22	-1134	P Misura	3.80	149.51	150.06	150.06	150.33	0.004110	2.32	1.64	3.00	1.00
R22	-1134	P Consorzio	5.00	149.51	150.17	150.17	150.48	0.004140	2.54	1.97	3.00	1.00
R22	-1138	P Misura	3.80	149.50	149.77	149.92	150.26	0.014195	3.10	1.23	4.50	1.89
R22	-1138	P Consorzio	5.00	149.50	149.83	150.00	150.42	0.014068	3.42	1.46	4.50	1.91



Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	60 di 64

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	61 di 64

**DERIVATORE DI PARABIAGO: RISULTATI DELLE SIMULAZIONI – TABELLE DEI
PARAMETRI IDRAULICI E PROFILO IDROMETRICO (POST OPERAM) PORTATE
TRANSITABILI**

Relazione Idraulica e di compatibilità idraulica – canale
Villoresi e derivatore di Parabiago

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
MDL1	30	D 26 RI	ID 00 20 002	A	64 di 64

