

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. INFRASTRUTTURE CENTRO

PROGETTO DEFINITIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione Idraulica interferenze minori

SCALA:

-

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

IF1W 00 D 29 RI ID0002 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato	Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	F.Lasaponara D. Orlando	Sett. 2018	C.Volpini	Sett. 2018	D. Aprea	Sett. 2018	F. Arduini	Sett. 2018
B	EMISSIONE ESECUTIVA	F.Lasaponara D. Orlando	Dic. 2018	C.Volpini	Dic. 2018	D. Aprea	Dic. 2018	F. Arduini	Dic. 2018

ITALFERR S.p.A.  
Direzione Tecnica  
Infrastrutture Centro  
Dott. Ing. Fabrizio Arduini  
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Roma  
n. 16392 del 1/4

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

## INDICE

1	INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO .....	3
2	DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....	5
3	RISOLUZIONE INTERFERENZE CON LA RETE IDRAULICA MINORE .....	6
3.1	Criteri di progetto .....	6
3.2	I bacini di interesse .....	6
3.3	Sistemazioni idrauliche e Tombini .....	7
3.4	Ponte sul Torrente Acquara .....	7
3.5	Sistemazione Idraulica IN01 .....	8
3.6	Sistemazione Idraulica IN02 .....	9
3.7	Sistemazione Idraulica IN05 .....	9
3.8	Sistemazione Idraulica IN06 .....	11
4	VERIFICHE IDRAULICHE .....	12
4.1	Verifica a moto uniforme .....	12
4.2	Modello di calcolo HEC RAS .....	12
4.2.1	Modellazione Bidimensionale (2D).....	23
4.3	Verifica Attraversamento Torrente Acquara .....	24
4.4	Verifica Tombino IN01 .....	26
4.5	Verifica Tombino IN02 .....	33
4.6	Verifica Tombino IN05 - Cantalanotte.....	36
4.7	Verifica Canale e Tombino IN06 .....	38
5	TOBINO IN05 - AREE INONDABILI.....	41
5.1	Risultati Post-operam .....	43
5.2	Interventi di sistemazione .....	44

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

## 1 INQUADRAMENTO GENERALE DEL PROGETTO

La tratta ferroviaria Orsara-Bovino si inserisce nel più ampio ambito di riqualificazione e potenziamento dell'itinerario ferroviario Roma – Napoli – Bari finalizzato a rispondere all'esigenza prioritaria di miglioramento delle connessioni interne del Mezzogiorno, con l'obiettivo di realizzare una rete di servizi al fine di ottimizzare lo scambio commerciale, culturale e turistico tra le varie città e relative aree.

Sotto il profilo funzionale e strutturale, la realizzazione dell'alta capacità Napoli – Bari, unitamente all'attivazione del sistema ferroviario dell'alta velocità Roma – Napoli, favorirà l'integrazione dell'infrastruttura ferroviaria del Sud – Est con le Diretrici di collegamento al Nord del Paese e con l'Europa, a sostegno dello sviluppo socio-economico del Mezzogiorno, riconnettendo due aree, quella campana e quella pugliese.

La riqualificazione e lo sviluppo dell'itinerario Roma/Napoli – Bari prevede interventi di raddoppio delle tratte ferroviarie a singolo binario e varianti agli attuali scenari perseguendo la scelta delle migliori soluzioni che garantiscano la velocizzazione dei collegamenti e l'aumento dell'offerta generalizzata del servizio ferroviario, elevando l'accessibilità al servizio medesimo nelle aree attraversate.

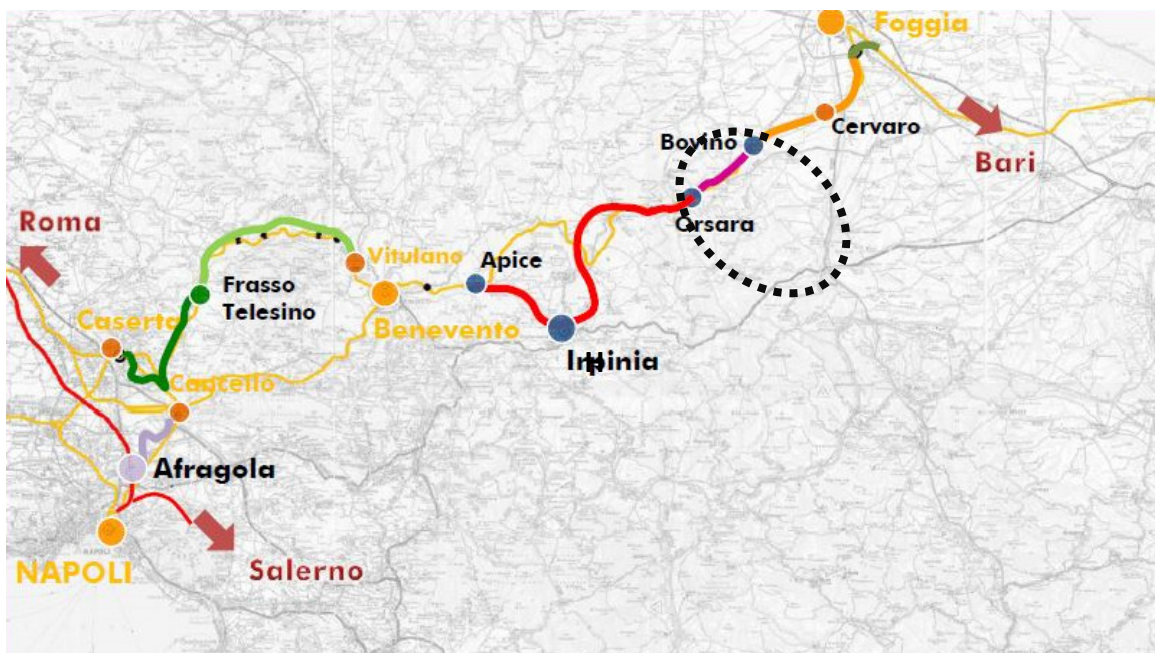


Figura 1 - Corografia Generale Itinerario Napoli – Foggia – Bari

Gli obiettivi generali derivanti dalla realizzazione dell'itinerario consistono quindi in:

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B	FOGLIO 4 di 44

- rispondere all'esigenza prioritaria di migliorare le connessioni interne al Mezzogiorno per costruire una rete di servizi tra le varie città e le relative aree urbane, che assicuri il netto miglioramento di ogni forma di scambio turistico;
- migliorare la competitività del trasporto su ferro attraverso l'incremento di livelli prestazionali, comparabili con il trasporto in gomma, ed un significativo recupero dei tempi di percorrenza;
- migliorare l'integrazione della rete ferroviaria verso Sud – Est ed estendendo in tale direzione i collegamenti AV/AC;
- migliorare le connessioni della Regione Puglia e delle province più interne della Regione Campania al sistema di trasporto nazionale, ed in particolare alla dorsale ferroviaria appenninica, di cui la linea AV/AC Milano – Roma – Napoli è parte integrante, quale primo passo di un processo di più ampio respiro che vede la presenza di altre Regioni.

Il potenziamento dell'asse ferroviario di collegamento fra il Tirreno e l'Adriatico permetterà inoltre di creare un "tripolo" (Roma, Napoli e Bari) che costituirà uno dei sistemi metropolitani più grandi d'Europa. Sul fronte internazionale, nell'ambito del nuovo assetto dei corridoi transeuropei (TEN-T) definito dalla Commissione Europea il 19 ottobre 2011, è stato identificato come prioritario lo sviluppo dell'Itinerario Napoli – Bari, che nello specifico rientra all'interno del Corridoio 5 Helsinki – Valletta.

L'itinerario Roma/Napoli – Bari è articolato in diverse tratte funzionali, di cui alcune già attive e alcune in fase di progettazione preliminare e definitiva:

- Variante alla linea Napoli - Cannello – in fase di aggiudicazione appalto;
- Tratta Cannello – Frasso – in fase di aggiudicazione appalto;
- Tratta Frasso – Vitulano – progetto definitivo;
- Tratta Vitulano – Apice – tratta attiva a doppio binario (anni '80);
- Tratta Apice – Hirpinia – in fase di aggiudicazione appalto;
- Tratta Hirpinia – Orsara – progetto definitivo;
- Tratta Orsara – Bovino – progetto definitivo;
- Tratta Bovino – Cervaro – tratta attivata nel 2017;
- Tratta Cervaro – Foggia Centrale – tratta attiva a doppio binario;
- Tratta Foggia – Bari - tratta attiva a doppio binario.

La variante oggetto del presente Progetto di Fattibilità Tecnica Economica interessa il tratto centrale della direttrice Napoli – Bari e risulta strategica nel riassetto complessivo dei collegamenti metropolitani, regionali e lunga percorrenza previsto con la realizzazione di tutto il potenziamento. Si colloca in territorio campano e i comuni attraversati sono rispettivamente per la provincia di Avellino: Ariano Irpino e Flumeri per la provincia di Foggia: Orasara di Puglia.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

## 2 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto della tratta Bovino-Orsara è da considerarsi come la 1<sup>a</sup> fase (fase funzionale) dell'intera tratta Bovino-Orsara-Hirpinia. Il tracciato infatti prevede in prossimità dell'attuale fermata di Orsara un allaccio provvisorio con la linea storica Foggia-Caserta.

La linea AV/AC si sviluppa prevalentemente in galleria è a doppio binario con una velocità compresa tra 200 e 250 Km/h ed ha una lunghezza complessiva di L=11,85 km, il collegamento provvisorio, sempre a doppio binario è progettato con una velocità di 90 Km/h e sviluppa complessivamente 1,25 km circa.



Figura 2 - Inquadramento della tratta con GoogleEarth

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

### 3 RISOLUZIONE INTERFERENZE CON LA RETE IDRAULICA MINORE

#### 3.1 CRITERI DI PROGETTO

Nel dimensionamento dell'opera si è cercato, laddove possibile, di non determinare restringimenti significativi delle sezioni del corso d'acqua verificando che i massimi livelli per l'evento di progetto non determinino gradi di riempimento superiori al 70% dell'altezza dell'opera durante il normale funzionamento nel caso di tombini, mentre, nel caso di ponte, di garantire un franco minimo di 1,5m sul livello idrico di progetto che in questi casi è relativo al tempo di ritorno di 200 anni, in quanto tutti i bacini idrografici risultano minori.

#### 3.2 I BACINI DI INTERESSE

Tramite l'analisi morfologica del modello digitale del terreno sono stati individuati i bacini di interesse, rappresentati nella Figura 3, e le cui caratteristiche sono riportate nelle tabelle seguenti.

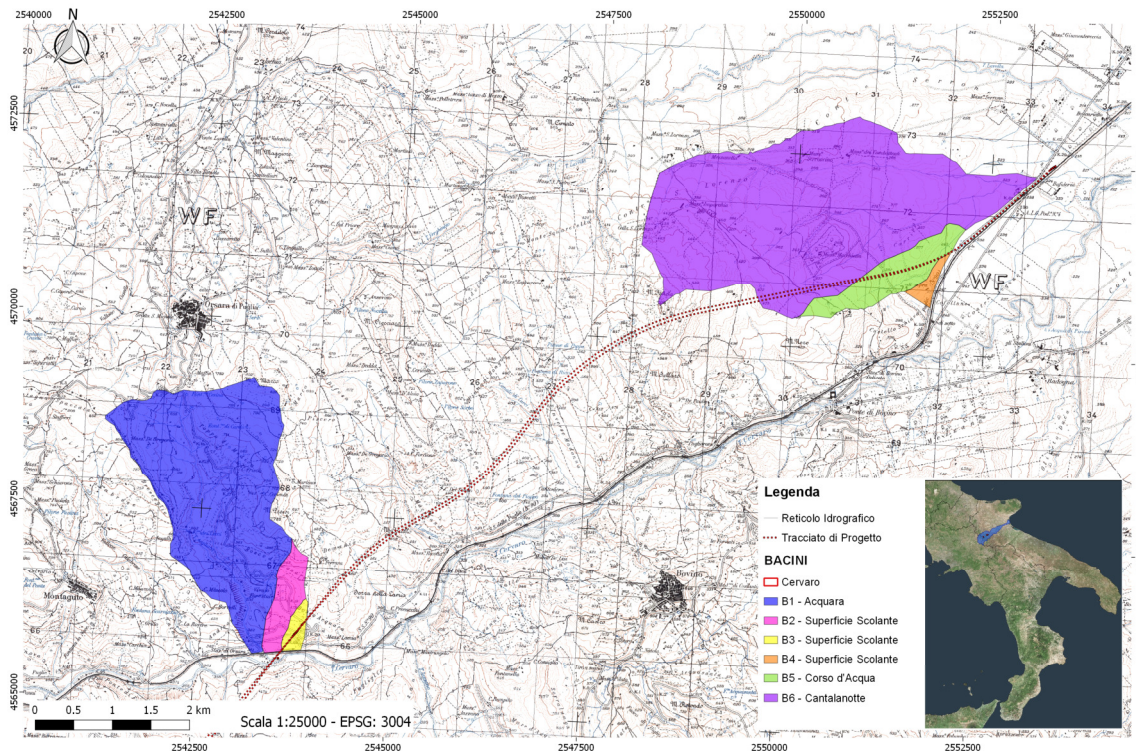


Figura 3 – Corografia bacini di interesse

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

Tabella 1 – Caratteristiche Morfologiche dei bacini

Prog.*	Id. Bacino	Area (km <sup>2</sup> )	Quota media (m.s.m.m)	Quota min (m.s.m.m)	Quota max (m.s.m.m)	Pendenza media (%)	Distanza spartiacque (km)	Tempo di ritardo (h)
0+450	B1 - Acquara	4.8	647.7	367.5	805.6	29.7%	4.5	0.75
0+300	B2 - Superficie scolante	0.4	446.7	358.3	541.8	20.4%	1.5	0.61
0+000	B3 - Superficie scolante	0.1	363.6	349.2	397.3	29.3%	0.8	0.40
30+669	B4 - Superficie scolante	0.2	243.9	243.2	244.6	2.2%	0.5	0.49
30+342	B5 - Corso d'acqua	0.7	265.3	244.7	288.7	9.3%	2.5	0.29
29+188	B6 - Cantalanotte	7.5	338.4	235.7	549.3	12.6%	5.9	0.94

Tabella 2 – Portate al variare del tempo di ritorno

Prog.*	Bacino	Q <sub> Tr=2</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub> Tr=5</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub> Tr=10</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub> Tr=20</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub> Tr=50</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub> Tr=100</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub> Tr=200</sub> (m <sup>3</sup> /s)	Q <sub> Tr=500</sub> (m <sup>3</sup> /s)
0+450	B1 - Acquara	10.4	17.5	23.3	29.8	39.6	47.3	55.2	65.7
0+300	B2 - Superficie scolante	1.1	1.8	2.4	3.0	4.0	4.8	5.6	6.7
0+000	B3 - Superficie scolante	0.5	0.8	1.1	1.3	1.8	2.1	2.5	3.0
30+669	B4 - Superficie scolante	0.4	0.7	0.9	1.1	1.5	1.8	2.1	2.5
30+342	B5 - Corso d'acqua	2.2	3.7	4.9	6.3	8.3	10.0	11.6	13.8
29+188	B6 - Cantalanotte	14.0	23.4	31.1	39.8	52.9	63.2	73.8	87.7

### 3.3 SISTEMAZIONI IDRAULICHE E TOMBINI

Le sistemazioni idrauliche di progetto prevedono la realizzazione delle seguenti opere:

- Sistemazione idraulica IN01: Canale a sezione trapezia rivestito in materassi RENO, Canale a sezione trapezia rivestito in Calcestruzzo, Tombino IN01\_E (4.00x2.00), Tombino IN01\_G (3.00x2.00), Tombino IN01\_A (3.00x2.00);
- Sistemazione idraulica IN02: Canale a sezione trapezia rivestito in materassi RENO, Tombino IN02\_A (3.00x2.00), Tombino IN02\_B (2.00x2.00);
- Sistemazione idraulica IN05: Canale a sezione trapezia rivestito in materassi RENO, Canale a sezione composta rivestito in materassi RENO e Gabbioni, Tombino IN05 (2x5.00x4.50);
- Sistemazione idraulica IN06: Canale a sezione rettangolare in calcestruzzo con massi cementati, Tombino IN06\_A (3.00x2.00), Tombino IN06\_B (3.00x2.00);

### 3.4 PONTE SUL TORRENTE ACQUARA

L'attraversamento del torrente Acquara, affluente del torrente Cervaro, viene realizzato per mezzo di un ponte a travi incorporate di luce 17.00 m e spessore di 2.00 m. Da un punto di vista idraulico il ponte sul torrente Acquara è verificato per una piena con tempo di ritorno di 200 anni, garantendo un franco minimo di sicurezza di 1,5m sul livello idrico e di 0,50m sul carico cinetico, come prescritto dalla normativa NTC2018 e dal Manuale di progettazione di Rfi.





 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

### 3.6 SISTEMAZIONE IDRAULICA IN02

La linea ferroviaria di progetto, nei pressi della progressiva 31+000 intercetta il bacino idrografico del corso d'acqua B4 dividendolo in due parti. La parte ovest del bacino, nella situazione Post-Operam, viene convogliata nella sistemazione idraulica IN01, mentre la parte Est del bacino B4 (nella relazione idrologica è identificata con B5), viene convogliata nella sistemazione idraulica IN02 ( $Q_{Tr200}=1.50 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La sistemazione idraulica IN02 è composta da un canale trapezio rivestito in materassi RENO, da un tombino stradale IN02\_B e da un tombino ferroviario IN02\_A. La sistemazione IN02 termina in un raccordo in materassi RENO che la collega alla sistemazione idraulica IN01 a valle della linea ferroviaria di progetto.

### 3.7 SISTEMAZIONE IDRAULICA IN05

La deviazione della strada statale SS90 in prossimità della ferrovia di progetto (pk 29+200) interferisce con un affluente del torrente Cervaro (Canale Cantalanotte, superficie B6,  $Q_{Tr200}=70.8 \text{ m}^3/\text{s}$ ). La risoluzione dell'interferenza idraulica avviene tramite il prolungamento del tombino a doppia canna 5.00x4.50, realizzato nell'appalto della tratta ferroviaria Cervaro-Bovino. Il tratto del canale Cantalanotte a valle della linea ferroviaria di progetto è stato anch'esso realizzato nell'appalto della tratta ferroviaria Cervaro-Bovino mentre il tratto del canale Cantalanotte a monte della linea ferroviaria di progetto interferisce con la deviazione di progetto della SS90. Tale interferenza idraulica viene risolta prolungando il tombino a doppia canna 2x(5.00x4.50) realizzato sotto la ferrovia. La sistemazione idraulica IN05 prevede una deviazione del corso d'acqua ed una inalveazione in un canale di progetto avente sezione trapezia rivestita in materassi RENO in un primo tratto (fig. 5) e sezione ad "U" rivestita in materassi RENO e gabbioni nel (fig. 6) tratto a ridosso del tombino a doppia canna.

TIPO A: RIVESTIMENTO IN MATERASSI TIPO RENO

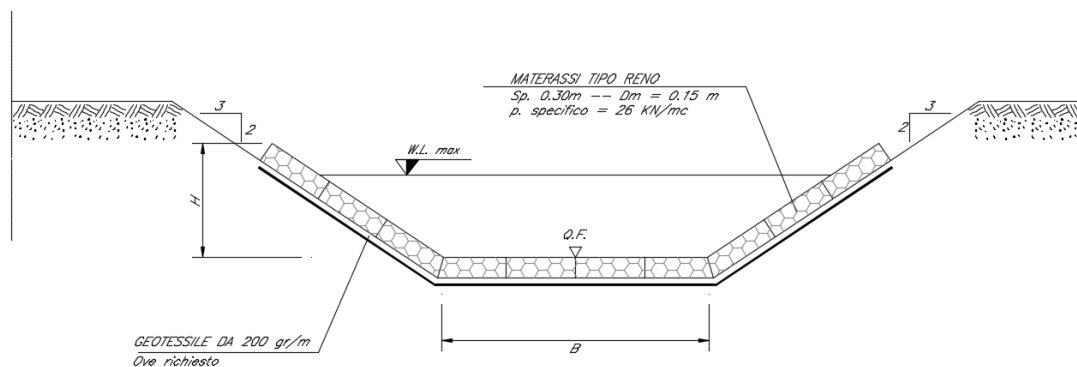


Figura 5 – Sistemazione idraulica a sezione trapezia e materassi RENO.

TIPO B: RIVESTIMENTO IN GABBIONI E MATERASSI TIPO RENO

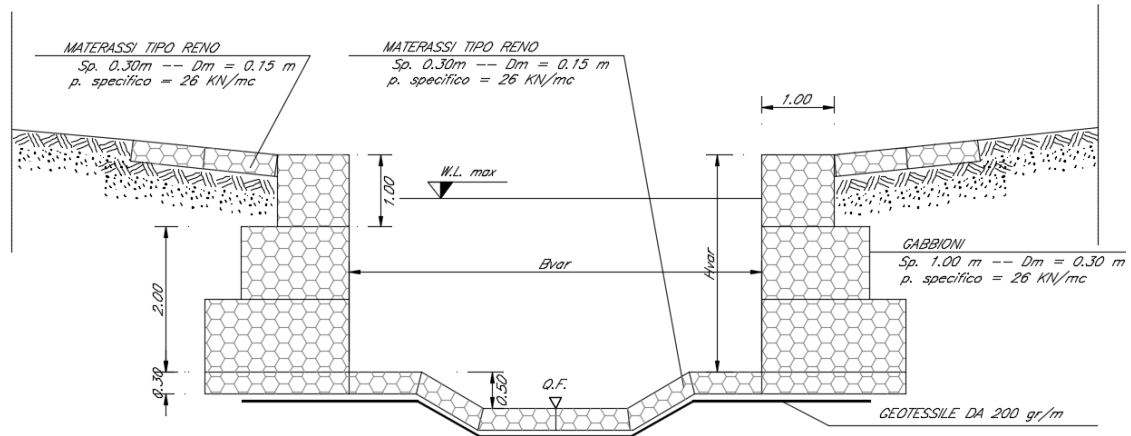


Figura 6 – Sistemazione idraulica tipo a sezione ad “U” rivestita in materassi RENO e gabbioni.

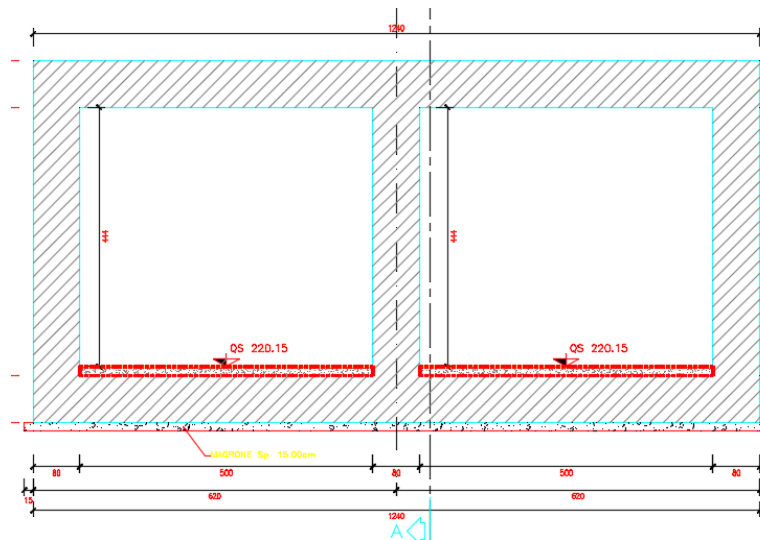


Figura 5 - Tombino a doppia canna

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

### 3.8 SISTEMAZIONE IDRAULICA IN06

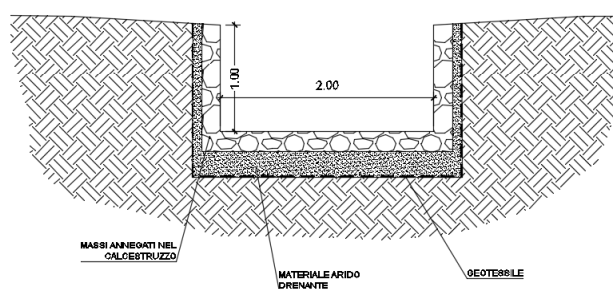
La linea ferroviaria di progetto, nei pressi della progressiva 40+992.60, interferisce con un'incisione naturale che raccoglie le acque di scolo di un bacino idrografico di superficie 0.4 km<sup>2</sup>, la portata di progetto è di  $Q_{Tr200}=1.50$  m<sup>3</sup>/s. L'incisione naturale attraversa la Strada Statale 90 e prosegue in alveo naturale fino alla linea storica arrivando al torrente Cervaro per mezzo di un tombino ad arco parzialmente interrato. L'interferenza idraulica viene risolta per mezzo di un canale a sezione rettangolare in calcestruzzo con massi cementati (Figura 8) e di un tombino (Tombino IN06\_A sezione 3.00x2.00) che attraversa le viabilità di accesso ai piazzali NV03, NV05 e la linea ferroviaria di progetto.

Durante la fase di esecuzione lavori e di esercizio della linea storica, la sistemazione idraulica IN06 si attesta al piede del rilevato della linea storica, e scarica le acque, per mezzo di un canale a cielo aperto, nel tombino esistente. Per tali ragioni devono essere previste delle lavorazioni per il ripristino totale del tombino esistente (IN06\_C).

Dal momento in cui la linea di progetto entra in esercizio e la linea storica viene dismessa, è possibile ultimare la sistemazione idraulica IN06 eseguendo un nuovo tombino attraverso la linea storica (Tombino IN06\_B sezione 3.00x2.00) che scarica le acque direttamente nel torrente Cervaro.

*TIPO D: CEMENTO ARMATO CON MASSI ANNEGATI NEL CALCESTRUZZO*

*SEZIONE RETTANGOLARE*



*Figura 8 – Sistemazione idraulica tipo con sezione rettangolare in massi cementati.*

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

## 4 VERIFICHE IDRAULICHE

Le verifiche idrauliche sono state eseguite mediante verifica a moto uniforme, eccetto che per l'inalveazione IN05 che è stato verificato con un modello bidimensionale a moto vario.

### 4.1 VERIFICA A MOTO UNIFORME

La portata di riferimento utilizzata per la verifica è la portata duecentennale, che è stata calcolata nella specifica relazione idrologica IF1W00RIID00001001A.

Per la verifica dell'altezza idrica e della velocità della corrente all'interno della canna si è ipotizzato il raggiungimento del moto uniforme con l'espressione di Chezy:

$$V = K\sqrt{Ri}$$

e l'equazione di continuità

$$Q = \sigma V$$

dove K, il coefficiente di scabrezza, è stato valutato secondo la formula di Manning:

$$K = 1/n R^{1/6}$$

ottenendo:

$$Q = 1/n \cdot R^{2/3} \cdot i^{1/2} \cdot \sigma$$

dove:

- Q, portata [m<sup>3</sup>/s];
- R, raggio idraulico [m];
- $\sigma$ , sezione idraulica [m<sup>2</sup>];
- i, pendenza [m/m]
- n, coefficiente di scabrezza [m<sup>-1/3</sup>s]

### 4.2 MODELLO DI CALCOLO HEC RAS

Per la valutazione della compatibilità idraulica delle opere in progetto con l'attuale conformazione dei corsi d'acqua interferenti è stato sviluppato uno studio idraulico teso alla determinazione dei profili di rigurgito in moto permanente sia nella configurazione attuale che post operam.

La modellazione idraulica è stata condotta attraverso l'ausilio del programma di calcolo numerico HEC-RAS, sviluppato dall'Hydrologic Engineering Center del US Army Corps of Engineers.

Il modello idraulico è ideato per il calcolo del profilo di rigurgito in moto permanente gradualmente vario con l'ipotesi di fondo alveo fisso. In particolare è basato sulla soluzione dell'equazione monodimensionale

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B	FOGLIO 13 di 44

dell'energia valutando le perdite di energia per attrito (equazione di Manning) e quelle causate dalla contrazione o espansione delle sezioni.

Laddove la corrente subisce brusche variazioni, come ad esempio in condizioni di regime misto, nei punti di passaggio da corrente veloce a corrente lenta (risalti idraulici) ed in corrispondenza di confluenze o di attraversamento di ponti, è utilizzata l'equazione della conservazione della quantità di moto.

Nei calcoli possono essere considerati gli effetti di punti singolari quali ponti, sottopassi e manufatti con paratoie.

Conservazione dell'energia totale

Isolando un tratto di fiume e indicando con 1 e 2 le sezioni a monte e a valle del tratto, si è definita l'equazione dell'energia, in riferimento alla Figura seguente, nel modo seguente:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e \quad (1)$$

dove

$h_e$ , perdite di energia;

$V_i$ , velocità media nella sezione pari al rapporto tra portata totale ed area totale;

$\alpha_i$ , coefficienti legati alla velocità

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

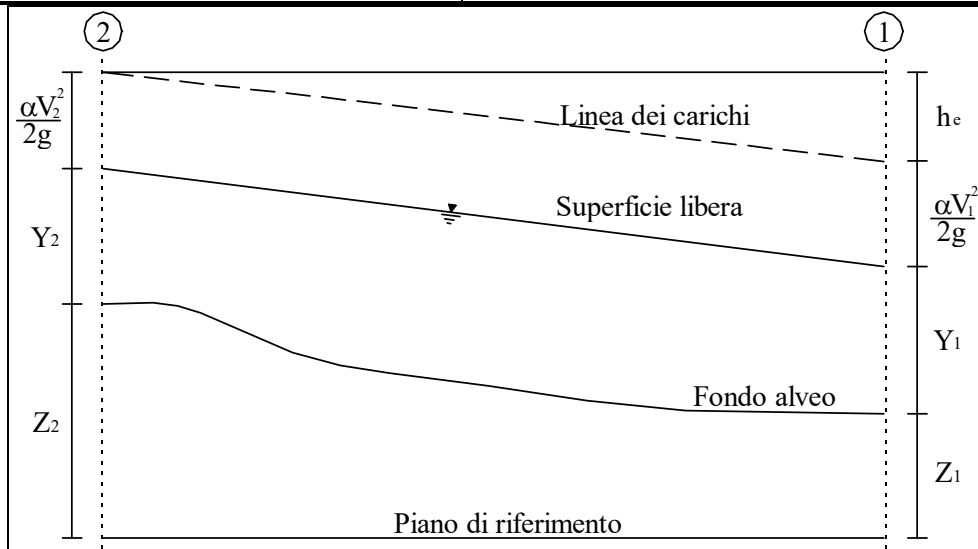


Figura 6 - Schema di calcolo

La perdita di carico  $h_e$  presente tra due sezioni è causata prevalentemente dalla perdita per attrito o per le variazioni di velocità intrinseche nelle zone di espansione o contrazione della corrente. Indicando con  $J$  la cadente piezometrica e con  $C$  un coefficiente che tiene conto del fenomeno dell'espansione o contrazione, le perdite di pressione sono state calcolate nel modo seguente:

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

La lunghezza  $L$  del ramo è stata valutata tenendo in conto la forma non regolare che presenta la sezione trasversale del fiume.

Il coefficiente  $C$  di espansione o contrazione è stato valutato in funzione del tipo di transizione che avviene secondo la Tab. 3 seguente

Tabella 3 - Coefficiente di contrazione o espansione

C	Contrazione	Espansione
Nessuna transizione	0,0	0,0
Transizione graduale	0,1	0,3
Sezione tipica di un ponte	0,3	0,5
Rapida transizione	0,6	0,8

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

La presenza di una espansione o contrazione è valutata confrontando la velocità a monte e a valle della sezione considerata. In particolare, se la velocità a monte risulta maggiore della velocità a valle, nella sezione si attesta un'espansione del canale; viceversa una contrazione.

Le incognite presenti nelle equazioni (1) e (2) sono la cadente piezometrica  $J$  e il coefficiente adimensionale  $\alpha$ . La pendenza d'attrito  $J$  è stata calcolata come rapporto tra la portata media  $Q$  ed il coefficiente medio di resistenza  $K$ .

$$J = \left( \frac{Q}{K} \right)_{\text{con}}^2 \quad K = \frac{1.486}{n} AR^{2/3} \quad (3)$$

dove

- $n$ , coefficiente di scabrezza di Mannings;
- $A$ , area della sezione;
- $R$ , raggio idraulico.

Il coefficiente  $\alpha$  è stato valutato come media pesata sulle portate della velocità suddividendo la sezione in più campi. Ad esempio nella figura seguente otteniamo:

$$\frac{\alpha \bar{V}^2}{2g} = \frac{Q_1 \frac{V_1^2}{2g} + Q_2 \frac{V_2^2}{2g}}{Q_1 + Q_2} \Rightarrow \alpha = \frac{Q_1 V_1^2 + Q_2 V_2^2}{(Q_1 + Q_2) \bar{V}^2} \quad (4)$$

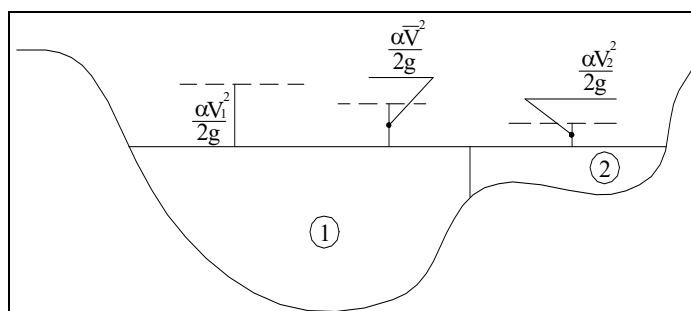


Figura 7 – Schema di calcolo

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

Una soluzione in forma chiusa della (1) non risulta di facile individuazione. Si è proceduto quindi con metodi iterativi cercando di volta in volta di raffinare la soluzione fino a giungere ad un errore che sia stimato accettabile.

L'equazione (1) è applicabile a correnti che presentano un regime costante per tutto il tratto. È risultato quindi necessario calcolare l'altezza critica della sezione al fine di determinare il tipo di corrente.

Per definizione l'altezza critica della corrente coincide con il minimo dell'energia totale, come del resto evidenziata dalla Figura 8, dove è diagrammata nel piano h, H la curva dell'energia totale della corrente.

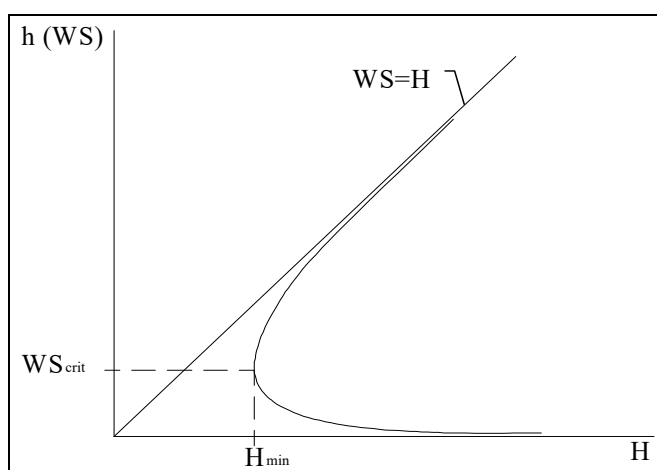


Figura 8 – Diagramma (H,h) per una generica sezione trasversale

Partendo quindi dalla definizione

$$H = h + \frac{\alpha V^2}{2g}$$

per iterazioni successive al variare di h e di V si è ricavato il valore di H fino ad arrivare ad un valore di H<sub>cr</sub> corrispondente al minimo.

### Equazione della Conservazione della quantità di moto

L'equazione della conservazione dell'energia totale (1) ha validità solo nel caso di correnti variabili lentamente all'interno del ramo in esame. In particolare essa è stata applicata nel caso di corrente ovunque subcritiche o supercritiche. Qualora all'interno di un ramo si verificasse il passaggio da corrente lenta a veloce si è utilizzata l'equazione della conservazione del momento.



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

Applicando la seconda legge di Newton  $\sum F_x = ma$ , con x la direzione del moto, ad un elemento di fluido tra due sezioni 1-2, Figura 9, per equilibrio si ottiene:

$$P_2 - P_1 + W_x - F_f = Q\rho\Delta V_x \quad (5)$$

dove

- $P_i$ , risultante della pressione idrostatica;
- $W_x$ , componente della forza peso nella direzione del moto;
- $F_f$ , forza d'attrito tra le due sezioni;
- $Q$ , portata complessiva;
- $\rho$ , densità del fluido;
- $\Delta V_x$ , variazione della velocità tra le due sezioni.

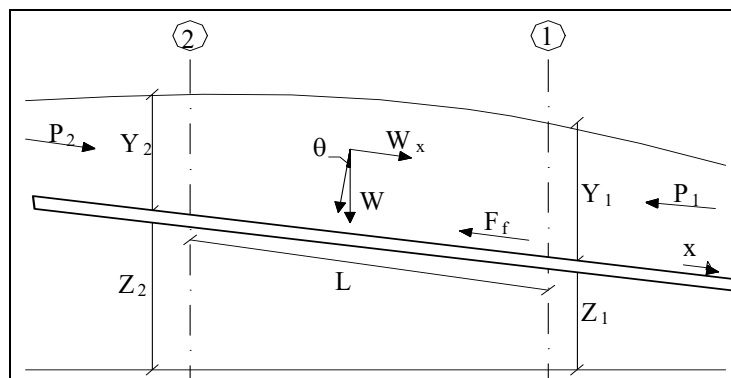


Figura 9 – Schema di calcolo

La risultante della pressione idrostatica per pendenze dell'ordine di 1 a 10 è valutabile come

$$P = \gamma A \bar{Y} \cos \theta \cong \gamma A \bar{Y} \quad (6)$$

potendo porre, per le pendenze in esame,  $\cos \theta = 1$ .

Nella relazione (6)  $\gamma$  corrisponde al peso specifico del fluido, A l'area della sezione ed  $\bar{Y}$  l'altezza del pelo libero nel baricentro della sezione.

La componente della forza peso, noto il peso specifico del fluido, la lunghezza L del tronco e l'area totale di fluido presente, è stata valutata nel modo seguente:

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

$$W = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot L \Rightarrow W_x = W \cdot \text{sen}\theta \quad (7)$$

La forza d'attrito  $F_f$  è funzione delle caratteristiche del fluido come la densità dell'acqua, l'azione tangenziale che si esplica sul letto del fiume e la cadente piezometrica  $J$ .

In particolare, scriviamo:

$$F_f = \tau PL$$

$$\tau = \gamma RJ \Rightarrow F_f = \gamma \frac{A}{P} JPL = \gamma \left( \frac{A_1 + A_2}{2} \right) \cdot JL \quad (8)$$

dove  $P$  ed  $R$  sono rispettivamente il perimetro bagnato ed il raggio idraulico della sezione.

La soluzione dell'equazione (5) è stata fatta per iterazioni successive.

Le equazioni (1) e (5) sono state applicate anche alle sezioni caratterizzate dalla presenza di un ponte. E' stato sufficiente suddividere il tratto interessato in più sezioni e ripetere per la successione di esse l'analisi svolta per il tratto delimitato da sole due sezioni.

Prendendo un tratto caratterizzato dalla presenza di un ponte, Figura 10 e Figura 11, si evidenziano 3 zone:

- una zona di contrazione in cui arriva la corrente;
- una zona intermedia interessata dalla presenza del ponte;
- una zona di espansione in cui esce la corrente.

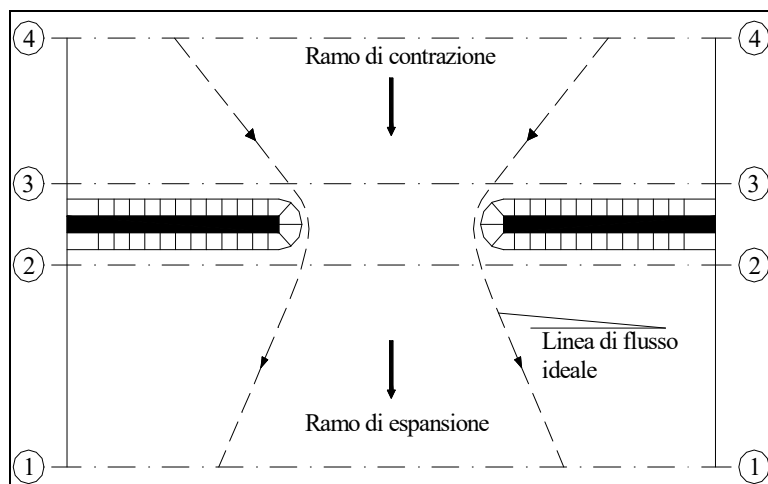


Figura 10 – Pianta schematica di un attraversamento fluviale

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

L'applicazione dell'equazione della conservazione del momento tra le sezioni 1-2 e 3-4 è del tutto analoga alla situazione vista in precedenza mentre la presenza del ponte comporta termini nuovi nella valutazione dell'equilibrio tra le sezioni 2-BD (Step 1), BD-BU (Step 2) ed BU-3 (Step 3).

Step 1; definendo con  $A_{pi}$  l'area ostruita ed con  $Y_{pi}$  la distanza verticale che intercorre tra il baricentro delle pile e la superficie libera WS nella zona di valle, l'espressione del bilancio è stata scritta come

$$\frac{Q_{BD}^2 \beta_{BD}}{gA_{BD}} + A_{BD} Y_{BD} = \frac{Q_2^2 \beta_2}{gA_2} + A_2 Y_2 - A_{P_{BD}} Y_{P_{BD}} + F_f - W_x$$

Step 2 ; equilibrio tra BU e BD

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

Step 3 ; equilibrio tra BU e 3

$$\frac{Q_3^2 \beta_3}{gA_3} + A_3 Y_3 = \frac{Q_{BU}^2 \beta_{BU}}{gA_{BU}} + A_{BU} Y_{BU} - A_{P_{BU}} Y_{P_{BU}} + F_f - W_x + \frac{1}{2} C_D \frac{A_{P_{BU}} Q_3^2}{gA_3^2}$$

con  $C_D$  coefficiente di resistenza idrodinamica intorno alla pila ricavabile dalla Tabella 4 in funzione del tipo di pila presente.

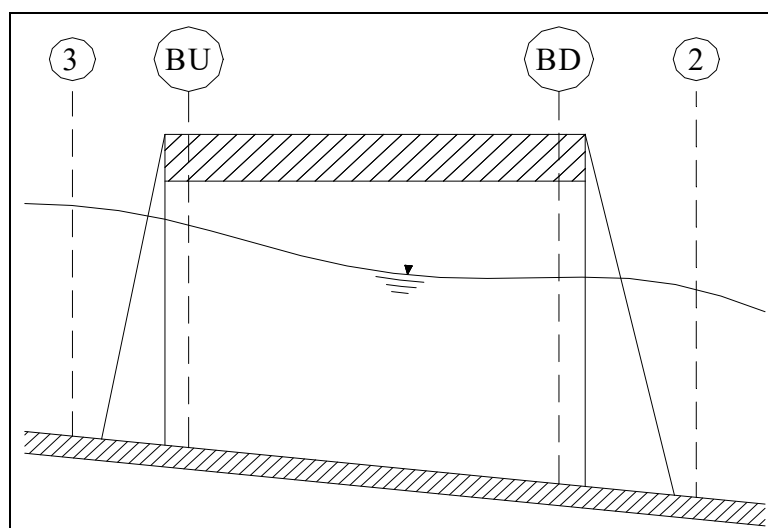


Figura 11 – Sezione schematica di un attraversamento fluviale

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

<b>TIPO DI PILA</b>	<b>C<sub>D</sub></b>
Pila circolare	1.2
Pila allungata con punta semicircolare	1.33
Pila ellittica con rapporto assi 2 :1	0.6
Pila ellittica con rapporto assi 4 :1	0.32
Pila ellittica con rapporto assi 8 :1	0.29
Pila rettangolare	2.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 30^\circ$	1.00
Pila triangolare con apertura $\alpha = 60^\circ$	1.39
Pila triangolare con apertura $\alpha = 90^\circ$	1.60
Pila triangolare con apertura $\alpha = 120^\circ$	1.72

*Tabella 4 – Coefficiente di resistenza idrodinamico CD*

### **Equazione di Yarnell**

In alternativa all'equazione della conservazione del momento si è utilizzata l'equazione di Yarnell che permette di valutare le perdite di energia localizzate in corrispondenza di un ponte.

Con riferimento alle Figura 10 e Figura 11, le perdite di energia tra le sezioni 2 e 3 sono state valutate nel modo seguente:

$$H_{3-2} = 2K(K + 10\omega - 0.6) \cdot (\alpha + 15\alpha^4) \cdot \frac{V_2^2}{2g} \quad (9)$$

dove  $H_{i-j}$  rappresenta appunto la perdita di energia nel passaggio della corrente attraverso la sezione ostruita e  $K$ , coefficiente di Yarnell, tiene conto delle differenti sagome di pila esistenti, Tabella 5;

<b>TIPO DI PILA</b>	<b>K</b>
Pila semicircolare in punta	0.9
Pila cilindrica doppia collegata con diaframma	0.95
Pila cilindrica doppia senza diaframma	1.05
Pila con punta triangolare $\alpha = 90^\circ$	1.05
Pile rettangolari	1.25
Dieci pile a cavalletto inclinate	2.5

*Tabella 5 – Coefficiente di Yarnell*

$\omega$  rappresenta il rapporto tra la velocità e l'altezza della sezione 2;  $\alpha$  il rapporto tra l'area ostruita dalle pile e l'area totale ed infine  $V_2$  la velocità a valle della sezione.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

Il modello elaborato prevede una corrente con un'altezza idrica minore dell'altezza di intradosso del ponte. Nel caso di correnti con altezza idrica superiore o eguale alla quota di intradosso dell'attraversamento fluviale, la valutazione delle perdite di energia è effettuata attraverso il calcolo della portata che attraversa la sezione. In particolare, in riferimento ad un caso generico, Figura 12, la portata è calcolata nel modo seguente:

$$Q = C_d A_1 \left[ 2g \left( Y_1 - \frac{Z}{2} + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right) \right]^{1/2} \quad (10)$$

dove

$C_d$ , coefficiente di deflusso il cui andamento è riportato nel grafico di Figura 13, con valori tra 0.27 e 0.5;

- $A_1$ , area della luce nella sezione di monte;
- $Y_1$ , altezza idrica della sezione di monte;
- $\alpha$ , coefficiente correttivo cinetico;
- $V_1$ , velocità della corrente a monte.
- 

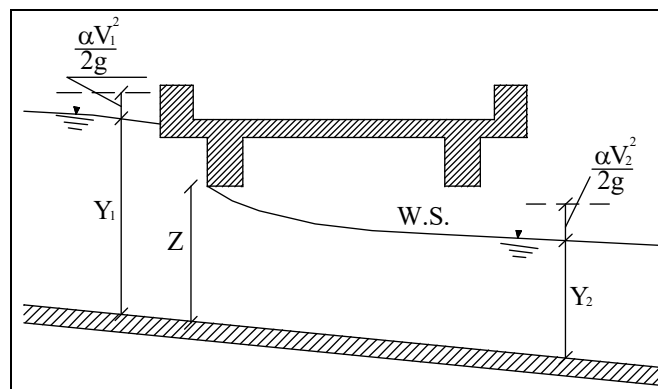


Figura 12 – Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

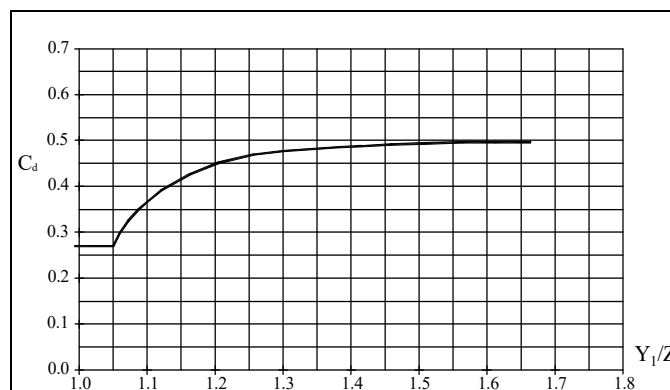


Figura 13 - Diagramma per la stima del coefficiente di deflusso  $C_d$

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO					
	RELAZIONE IDRAULICA	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

Se il ponte è in pressione sia a monte che a valle l'equazione (10) è corretta nel modo seguente:

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

dove C assume il valore di 0.8 ed H coincide con la perdita di energia totale tra la sezione di monte e di valle del ponte come indicato in Figura 14.

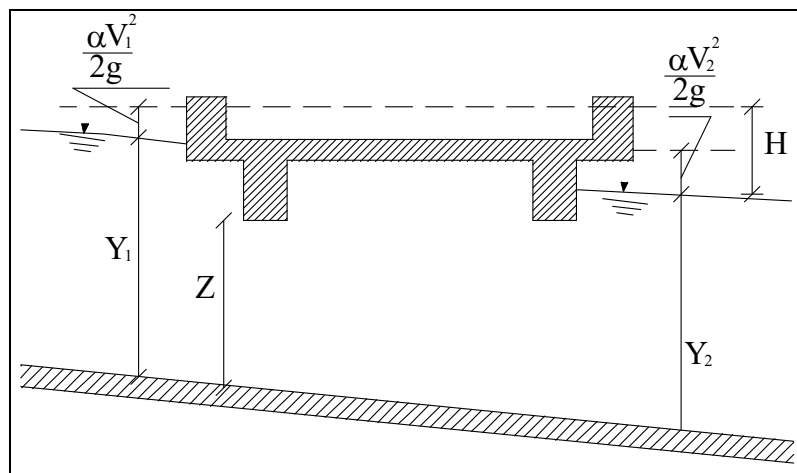


Figura 14 - Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

Infine se il ponte è superato dalla corrente di piena, Figura 15, la portata si calcola nel modo seguente:

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

con C si indica un coefficiente correttivo della portata, L la lunghezza del ponte ed H la differenza di energie tra monte e valle.

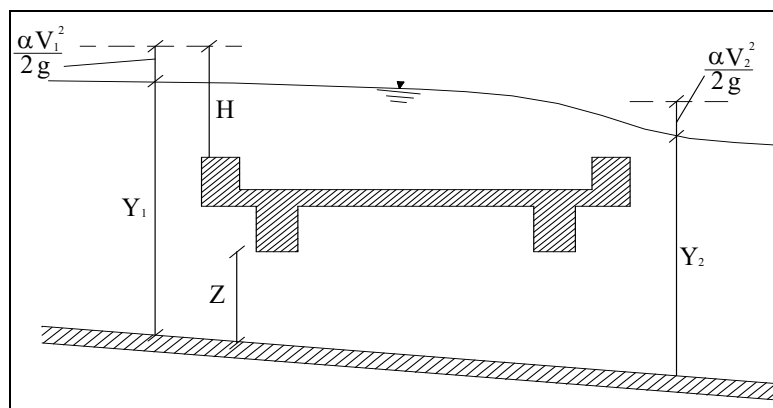


Figura 15 - Sezione schematica di un ponte – Schema di calcolo

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

#### 4.2.1 Modellazione Bidimensionale (2D)

Il software HEC-RAS 5.0.3 permette di eseguire una modellazione bidimensionale delle aree inondabili. È possibile eseguire sia di uno schema di modellazione accoppiata monodimensionale (1D) e bidimensionale (2D) all'interno della simulazione condotta HEC-RAS in regime di moto vario, sia di eseguire una modellazione completamente bidimensionale. La modellazione accoppiata utilizza uno schema monodimensionale per l'asta fluviale principale, ed uno bidimensionale per le zone esterne che richiedono un approccio più appropriato la propagazione dei deflussi. L'accoppiamento tra le aree 1D-2D avviene introducendo un'opportuna connessione realizzata tramite una struttura laterale (lateral weir).

È possibile creare un reticolo computazionale strutturato o non strutturato, con maglie rettangolari e quadrate (celle strutturate) o con maglie ad elementi triangolari o quadrilateri con dimensioni diverse (celle non strutturate). Ogni cella viene pre-processata in modo da creare una serie di tabelle idrauliche, che mettono in relazione l'elevazione e il volume e, su ogni lato della cella, l'elevazione con il perimetro bagnato, l'area e la scabrezza. Queste tabelle permettono una diminuzione dei tempi computazionali e di utilizzare celle di dimensioni più grandi rispetto ad altri programmi 2D.

Algoritmo per la soluzione accoppiata dei modelli 1D e 2D: Gli algoritmi di soluzione 1D e 2D sono strettamente accoppiati nello stesso passo temporale di calcolo. Questo permette una perfetta coerenza a ogni passo temporale tra i modelli 1D e 2D. Ad esempio, se un fiume è modellato in 1D, ma l'area dietro un argine è modellata in 2D, il deflusso al di sopra dell'argine o eventualmente attraverso una breccia nell'argine è valutato utilizzando come carico di monte il livello nel fiume 1D e come carico di valle il livello nell'area 2D. L'equazione dello stramazzone è utilizzata per calcolare il deflusso al di sopra l'argine o attraverso la breccia. Il programma risolve inoltre sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda o quelle complete di Saint Venant. Questa opzione è selezionabile dall'utente, offrendo quindi una maggiore flessibilità all'utente. In generale, le equazioni di diffusione dell'onda in 2D consentono al software di funzionare più velocemente garantendo inoltre una maggiore stabilità. Le equazioni 2D in forma completa di Saint Venant sono applicabile a una gamma più ampia di problemi. Il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai Volume finiti. L'algoritmo di soluzione consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti. L'approccio ai volumi finiti fornisce una misura dei miglioramenti in termini di stabilità e robustezza rispetto alle tradizionali tecniche differenziali di soluzione basate su metodi a elementi finiti.

Per le aree 2D possono inoltre essere aggiunte le seguenti condizioni al contorno, sfruttando lo strumento SA/2D Area BC Lines all'interno dell'editor Geometric Data:

- Variazione portata in funzione del tempo (Flow Hydrograph);
- Variazione livello idrico in funzione del tempo (Stage Hydrograph);
- Altezza di moto uniforme (Normal Depth);
- Scala di deflusso (Rating Curve).

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

### 4.3 VERIFICA ATTRAVERSAMENTO TORRENTE ACQUARA

Il tratto oggetto di modellazione numerica si estende a valle per circa 600 m. Vengono rappresentati di seguito i risultati della modellazione del torrente Acquara, affluente del fiume Cervaro. Il corso d'acqua Acquara ha un regime idraulico torrentizio.

Per sviluppare il modello sono state utilizzate 19 sezioni provenienti dal rilievo Lidar e dal rilievo celerimetrico. Sul torrente Acquara è in progetto un viadotto ferroviario provvisorio di luce 17m, l'impalcato ha una altezza di 2,10m ed il piano ferro è posto a quota 362.96.

I coefficienti di Manning utilizzati sono:

- 0.030 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo naturale;
- 0.035 s/m<sup>1/3</sup> per le aree golenali.

La portata di calcolo, corrispondente ad un evento con tempo di ritorno duecentennale è pari a 55.2 m<sup>3</sup>/s. Le condizioni al contorno sono di tirante idrico imposto nella sezione valle in conformità ai livelli idrici risultanti dal modello bidimensionale prodotto dall'Autorità di Bacino sul Torrente Cervaro, e di pendenza del carico idraulico nella sezione di monte.

La tabella seguente riporta tutte le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, in particolare: la quota del fondo (zf), la quota del pelo libero della corrente (h), il livello critico (hc) ed energetico (H), la pendenza (i), la velocità media della corrente (U) ed il numero di Froude (Fr). Il nome delle sezioni corrisponde a quello riportato negli elaborati grafici.

Tabella 6: Torrente Acquara - Risultati simulazione TR 200 anni

Sezione Hec-ras	Zf	h	hc	H	i	U	Fr
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
599.87	377.0	378.3	378.8	380.3	0.04601	7.08	2.35
552.87	374.8	376.4	377.0	378.6	0.04533	6.56	2.47
502.44	373.1	374.2	374.8	376.5	0.04220	6.7	2.34
493.18	373.0	374.1	374.7	375.9	0.03321	6.02	2.04
436.39	369.8	371.6	372.2	374.1	0.04317	7.87	2.23
387.68	366.6	367.7	368.7	371.7	0.07314	8.79	3.08
373.58	366.2	367.4	368.4	370.7	0.04957	7.99	2.44
336.73	363.0	363.9	364.5	368.4	0.11466	10.28	3.46
259.57	357.4	358.6	359.8	362.9	0.06866	9.14	2.66
256.34	356.2	357.3	358.5	362.5	0.09312	10.12	3.17
243.45	355.6	356.5	357.6	361.2	0.09060	9.54	3.23
230	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00000	0	0



RELAZIONE IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	25 di 44

(Bridge)							
224.61	354.7	355.7	356.7	359.4	0.06443	8.52	2.71
222.84	354.6	355.6	356.6	359.3	0.06294	8.46	2.67
215							
(Bridge)	0.0	0.0	0.0	0.0	0.00000	0	0
209.62	354.3	356.2	356.8	358.3	0.02733	6.32	1.73
178.89	353.5	355.6	356.1	357.4	0.03145	6	2.01
89.35	351.3	355.0	353.3	355.0	0.00011	0.68	0.14
60.58	350.8	355.0	349.4	355.0	0.00000	0.07	0.01
41.38	350.3	355.0	352.6	355.0	0.00008	0.9	0.14
16.06	349.3	355.0	351.4	355.0	0.00002	0.51	0.07

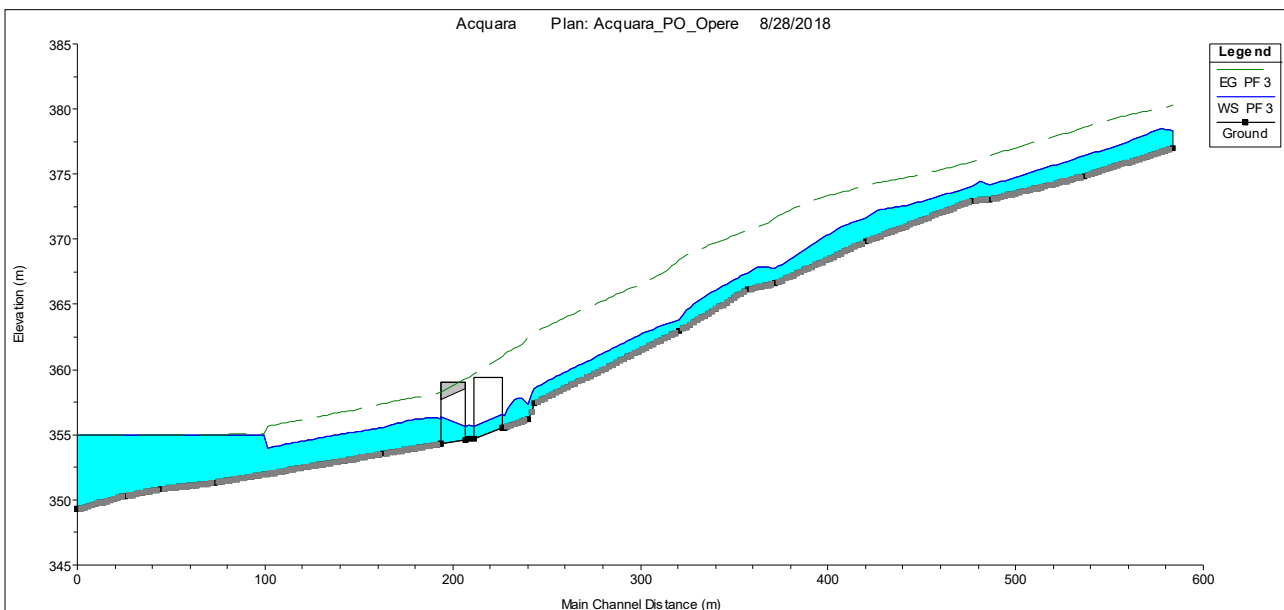


Figura 16: Torrente Acquara, Profilo idraulico

Dai risultati della simulazione è possibile osservare che il franco di sicurezza nei pressi del viadotto in progetto, rispetto al livello idrico della portata con tempo di ritorno 200 anni, è di 2.46 m, il relativo franco di sicurezza rispetto al carico cinetico è di 2.86.

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

#### 4.4 VERIFICA TOMBINO IN01

##### ANTE OPERAM

La linea ferroviaria, presso la pk 30+800.000, interferisce con un canale di scolo, affluente del torrente Cervaro, per cui risulta necessaria la sua deviazione.

Il canale oggetto della sistemazione idraulica ha una sezione trapezia che per alcuni tratti è rivestita in calcestruzzo, per altri tratti è in terra. Il canale, in prossimità della viabilità SS90, prosegue nel fosso di guardia della viabilità stessa, viene intubato in un collettore DN800 nei pressi di un accesso alla viabilità e successivamente attraversa la SS90 in un tombino ad arco 1.00x1.20 e la ferrovia storica in un tombino circolare DN800. Successivamente l'alveo inciso del termina nei pressi delle viabilità locali e terreni coltivati (Figura 17).

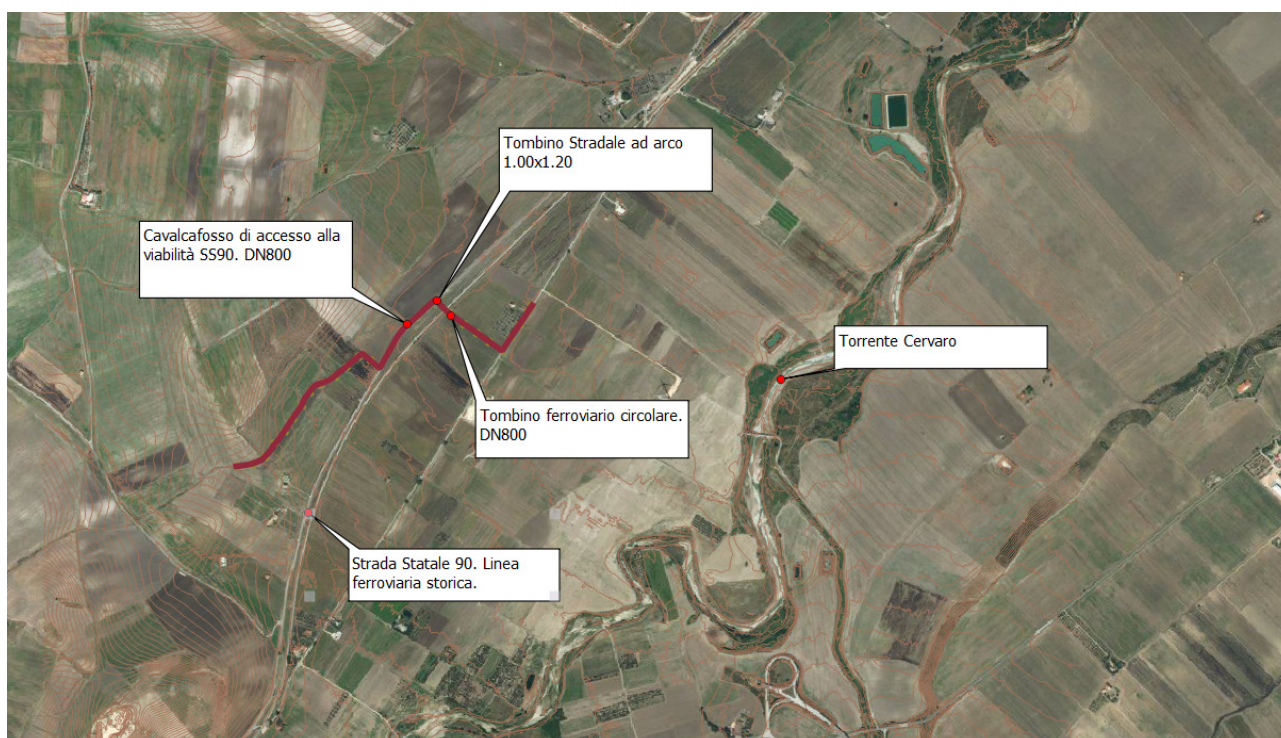


Figura 17 – Inquadramento Planimetrico

Il tratto oggetto di modellazione si estende per circa 1375 m. Vengono rappresentati di seguito i risultati della modellazione del canale IN01 nello stato di fatto. Per sviluppare il modello sono state utilizzate 31 sezioni di cui 12 ottenute da rilievo e 19 da modello digitale del terreno.

I coefficienti di Manning utilizzati sono:

- 0.04 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo naturale (e materassi RENO)
- 0.035 s/m<sup>1/3</sup> per le aree golenali
- 0.015 s/m<sup>1/3</sup> per le aree rivestite in cls

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

La portata di calcolo, corrispondente ad un evento con tempo di ritorno duecentennale è pari a 12.1 m<sup>3</sup>/s. Le condizioni al contorno sono nella sezione di monte e in quella di valle le altezze di moto uniforme date dalla pendenza del canale in tali tratti.

Dall'analisi dei risultati si può osservare (Figura 18) come le sezioni naturali del corso d'acqua sono insufficienti, le opere idrauliche esistenti sono in pressione (Figura 19-20-21) e determinano un forte rigurgito con conseguente innalzamento dei tiranti, che nei pressi della viabilità SS90 e della linea storica, raggiungono 1.30m al di sopra delle sponde dell'alveo.

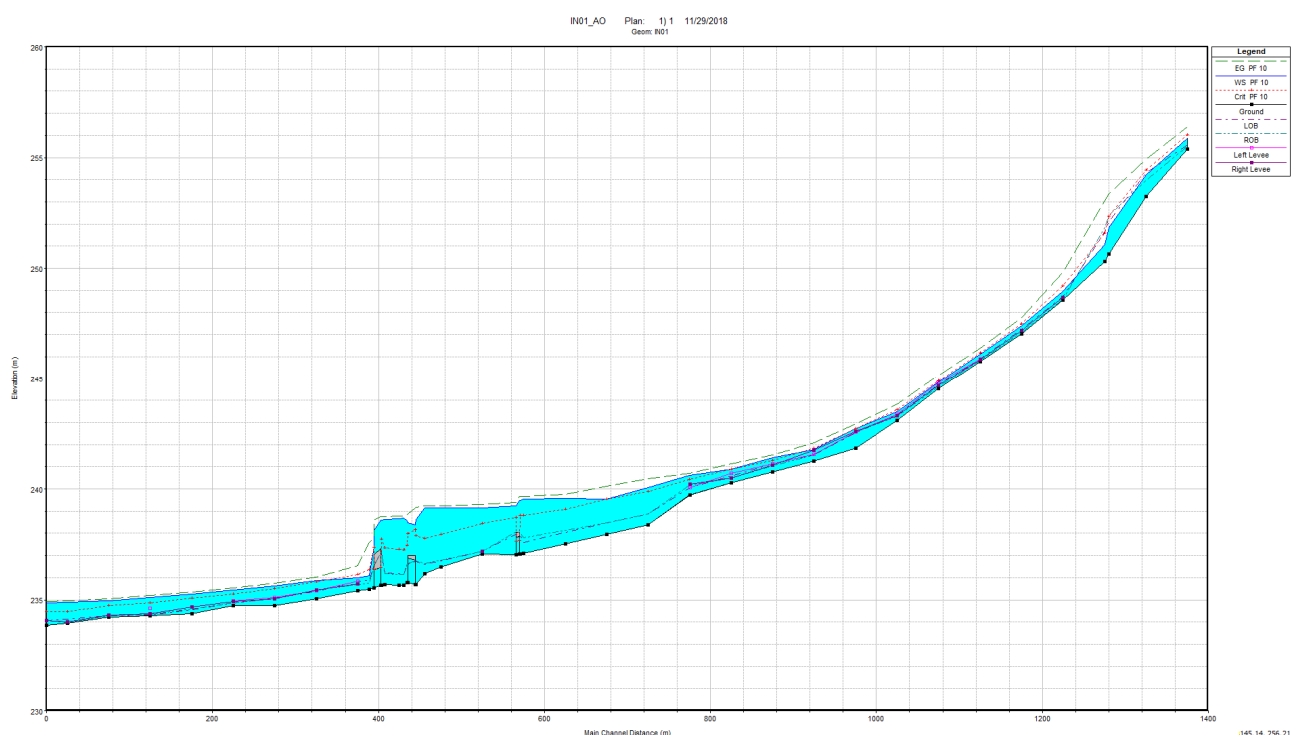


Figura 188 – Profilo Idraulico Canale IN01 Ante Operam

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	28 di 44

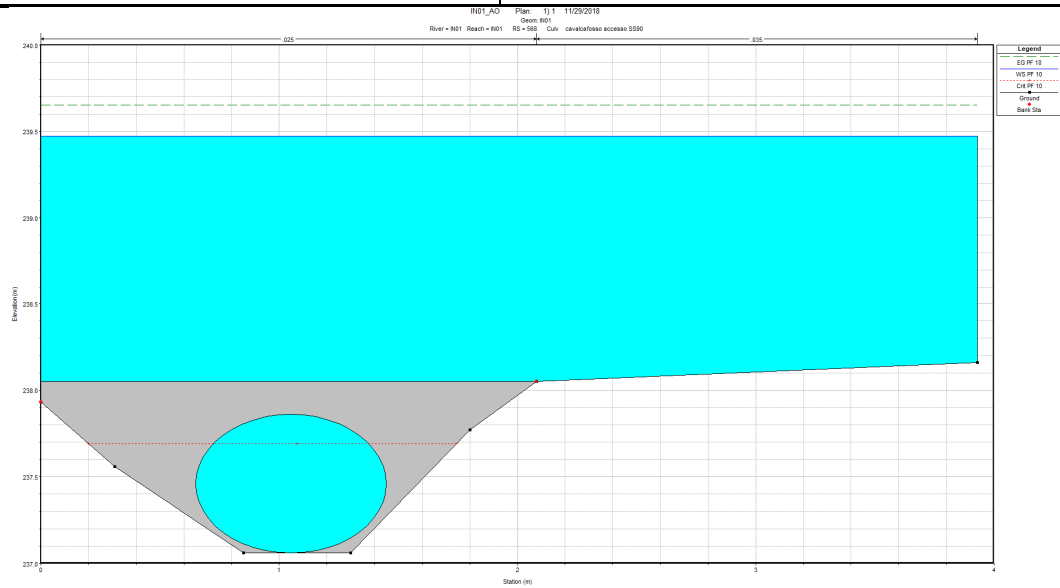


Figura 199 – Canale IN01 Ante Operam: sezione in prossimità del cavalcafosso accesso alla viabilità SS90. DN800

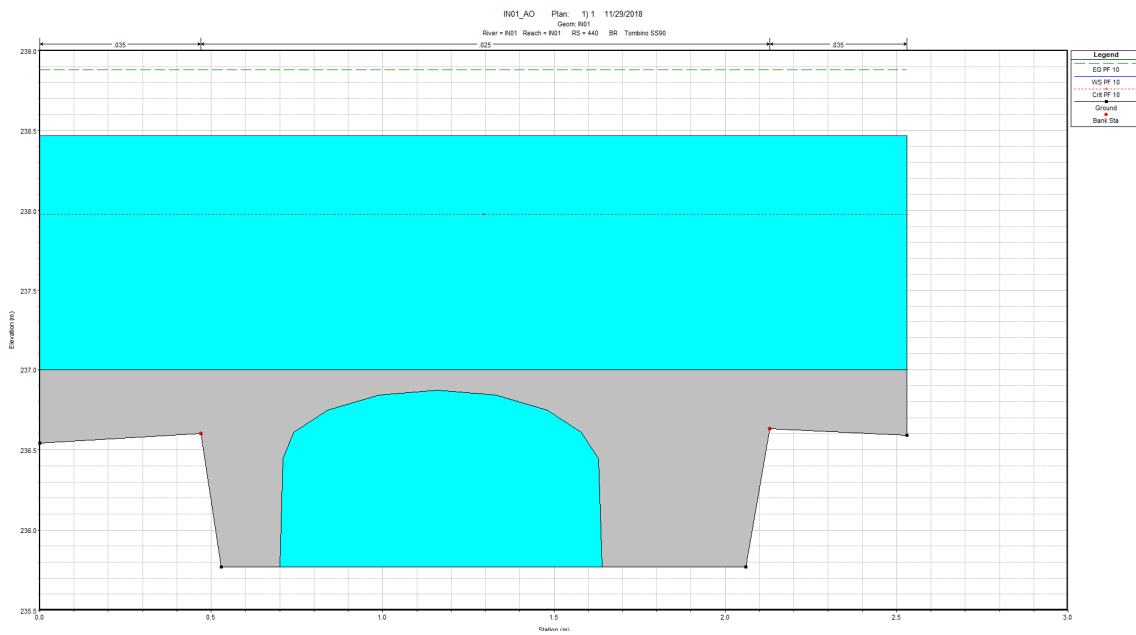


Figura 20 – Canale IN01 Ante Operam: Tombino stradale ad arco 1.00x1.15.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

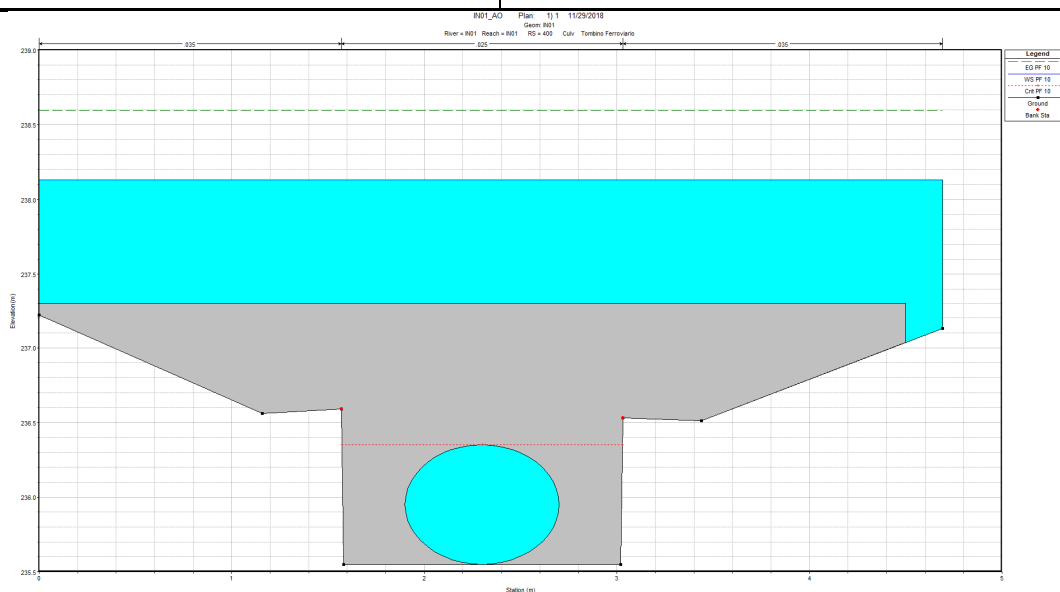


Figura 21 – Canale IN01 Ante Operam: Tombino ferroviario DN800.

## POST OPERAM

Il tratto oggetto di modellazione si estende per circa 2000 m. Vengono rappresentati di seguito i risultati della modellazione della deviazione del canale. Per sviluppare il modello sono state utilizzate 63 sezioni Sviluppate con un software BIM. L'inalveazione IN01 comincia, nel tratto di monte, con una deviazione del canale esistente per mezzo di un nuovo canale con sezione trapezia (Base=2.00m, Altezza=1.5m e pendenza sponde 3:2) e rivestita in materassi Reno. L'inalveazione attraversa la viabilità NV01 mediante un tombino di dimensioni 4.0mx2.0m. La sistemazione idraulica prosegue verso valle in adiacenza alla ferrovia ed attraversa due viabilità poderali per mezzo di tombini 3.00x2.00. infine la sistemazione idraulica IN01 termina nel canale Cantalanotte.

I coefficienti di Manning utilizzati sono:

- 0.04 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo naturale (e materassi RENO)
- 0.035 s/m<sup>1/3</sup> per le aree golenali
- 0.015 s/m<sup>1/3</sup> per le aree rivestite in cls

La portata di calcolo, corrispondente ad un evento con tempo di ritorno duecentennale è pari a 12.1 m<sup>3</sup>/s. Le condizioni al contorno sono nella sezione di monte e in quella di valle le altezze di moto uniforme date dalla pendenza del canale in tali tratti.

La tabella seguente riporta tutte le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, in particolare: la quota del fondo (zf), la quota del pelo libero della corrente (h), il livello critico (hc) ed energetico (H), la pendenza (i), la velocità media della corrente (U) ed il numero di Froude (Fr). Il nome delle sezioni corrisponde a quello riportato negli elaborati grafici.

RELAZIONE IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	30 di 44

Sezione Hec-ras	Zf	h	hc	H	i	U	Fr
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
2032.02	247.9	249.5	249.1	249.7	0.0048	1.64	0.51
1981.97	247.7	248.9	248.9	249.3	0.0202	2.82	1.00
1981.77	246.7	247.4	247.9	249.2	0.1455	5.85	2.54
1966.87	246.6	247.9	247.9	248.3	0.0200	2.81	1.00
1966.62	245.6	246.4	246.9	248.1	0.1451	5.85	2.54
1951.77	245.5	246.8	246.8	247.2	0.0203	2.83	1.00
1951.57	244.5	245.3	245.8	247.0	0.1464	5.87	2.55
1932.02	244.4	246.0	245.6	246.2	0.0050	1.68	0.52
1907.03	244.3	245.9	245.4	246.0	0.0048	1.65	0.51
1872.88	244.1	245.4	245.4	245.8	0.0202	2.82	1.00
1872.63	243.1	243.9	244.4	245.6	0.1458	5.86	2.55
1852.78	243.0	244.3	244.3	244.7	0.0202	2.82	1.00
1852.53	242.0	242.8	243.3	244.5	0.1458	5.86	2.55
1832.03	241.9	243.5	243.1	243.7	0.0049	1.66	0.52
1794.74	241.7	243.0	243.0	243.4	0.0202	2.82	1.00
1794.44	240.7	241.5	242.0	243.3	0.0206	5.87	2.55
1785.58	240.7	241.5	241.9	243.0	0.0182	5.59	2.41
1784.11	240.7	242.4	241.4	242.5	0.0002	1.13	0.27
1782.63	240.7	242.4	241.4	242.5	0.0002	1.13	0.27
1782	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0	0.00
1760.98	240.5	241.9	241.3	242.0	0.0006	1.49	0.41
1759.53	240.5	241.9	241.3	242.0	0.0006	1.5	0.41
1732.05	240.4	241.6	241.6	242.0	0.0023	2.59	0.90
1682.05	240.2	241.6	241.3	241.8	0.0014	2.14	0.71
1665.15	240.1	241.4	241.4	241.8	0.0028	2.81	1.00
1664.85	239.1	239.9	240.3	241.6	0.0207	5.88	2.56
1632.05	238.9	240.5	240.0	240.6	0.0050	1.67	0.52
1582.05	238.6	240.3	239.7	240.4	0.0045	1.62	0.49
1532.05	238.4	240.0	239.6	240.1	0.0054	1.72	0.54
1515.9	238.3	239.6	239.6	240.0	0.0202	2.82	1.00
1514.75	237.3	238.1	238.6	239.8	0.1377	5.74	2.48
1493.6	237.0	238.6	238.3	238.8	0.0072	1.93	0.61
1456.07	236.7	238.4	237.9	238.6	0.0061	1.83	0.56
1432.07	236.6	238.2	237.8	238.4	0.0068	1.91	0.59
1407.08	236.5	238.0	237.7	238.2	0.0086	2.09	0.66
1332.09	235.8	237.5	237.0	237.6	0.0054	1.75	0.53
1282.09	235.6	237.2	236.8	237.4	0.0053	1.71	0.54

**RELAZIONE IDRAULICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	31 di 44

1262.89	235.5	236.8	236.8	237.2	0.0200	2.81	1.00
1262.64	235.0	235.9	236.3	237.1	0.0895	4.89	2.02
1232.09	234.9	236.4	236.0	236.6	0.0061	1.8	0.57
1222.99	234.8	236.1	236.1	236.5	0.0200	2.81	1.00
1222.59	234.3	235.2	235.6	236.4	0.0868	4.84	1.99
1182.09	233.9	235.7	235.1	235.8	0.0045	1.62	0.49
1142.79	233.7	235.4	235.0	235.6	0.0071	1.94	0.60
1129.79	233.7	235.3	234.8	235.5	0.0051	1.7	0.52
1082.09	233.3	235.1	234.5	235.2	0.0047	1.65	0.49
1032.09	233.1	234.9	234.3	235.0	0.0044	1.62	0.48
982.09	232.8	234.6	234.0	234.8	0.0050	1.59	0.51
932.09	232.6	234.4	233.8	234.5	0.0050	1.59	0.51
882.09	232.3	234.1	233.5	234.3	0.0049	1.57	0.50
832.09	232.1	233.9	233.3	234.0	0.0046	1.55	0.49
732.09	231.8	233.3	233.0	233.5	0.0068	1.89	0.60
713.29	231.78	232.94	232.94	233.33	0.019903	2.79	1.00
712.94	231.3	232.1	232.4	233.2	0.0882	4.8	2.02
632.09	230.9	232.3	232.0	232.5	0.0075	1.94	0.63
613.23	230.8	231.9	231.9	232.3	0.0200	2.79	1.00
612.93	229.8	230.5	230.9	232.2	0.1504	5.82	2.60
582.11	229.6	231.2	230.8	231.4	0.0060	1.69	0.56
532.1	229.4	230.8	230.5	231.0	0.0082	2.01	0.66
513.25	229.3	230.4	230.4	230.8	0.0199	2.79	1.00
512.9	228.3	229.0	229.4	230.7	0.1502	5.81	2.59
482.1	228.07	229.69	229.22	229.84	0.005923	1.68	0.56
432.1	227.9	229.3	229.0	229.5	0.0074	1.94	0.63
413.2	227.8	228.9	228.9	229.3	0.0200	2.79	1.00
413	226.8	227.5	227.9	229.2	0.1528	5.84	2.61
382.1	226.6	228.2	227.8	228.4	0.0059	1.68	0.56
332.1	226.4	227.8	227.5	228.0	0.0082	2.01	0.66
313.3	226.3	227.4	227.4	227.8	0.0199	2.78	1.00
313	225.3	227.1	226.4	227.2	0.0029	1.36	0.40
282.1	225.1	227.1	226.3	227.1	0.0023	1.21	0.36
279.35	225.1	227.1	226.3	227.1	0.0024	1.27	0.37
276.35	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0	0.00
263.72	225.0	226.6	226.2	226.7	0.0068	1.87	0.60
255.9	225.0	226.5	226.2	226.7	0.0073	1.92	0.62
232.1	224.9	226.3	226.0	226.5	0.0095	2.12	0.70
223.2	224.8	226.0	226.0	226.4	0.0197	2.78	1.00
223	223.8	224.5	225.0	226.2	0.1508	5.82	2.60

**RELAZIONE IDRAULICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	32 di 44

182.1	223.7	225.0	224.8	225.3	0.0091	2.09	0.69
169.75	223.6	224.7	224.7	225.1	0.0198	2.78	1.00
169.55	222.6	223.3	223.7	225.0	0.0213	5.81	2.60
132.1	222.5	223.3	223.6	224.3	0.0106	4.51	1.87
105.15	222.3	223.8	223.5	224.0	0.0010	1.9	0.61
102.15	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0	0.00
90	222.2	223.4	223.4	223.8	0.0026	2.71	0.96
32.1	222.1	223.3	223.2	223.6	0.0026	2.7	0.96
0	222.0	223.2	223.2	223.6	0.0028	2.78	1.00

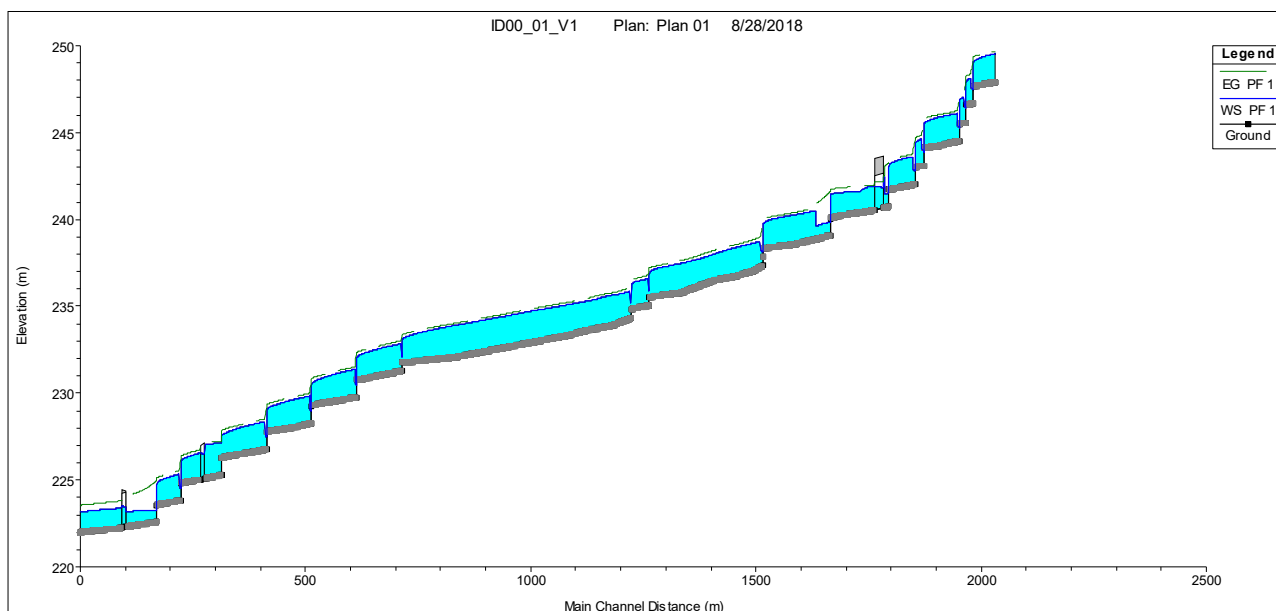


Figura 22 – Tombino IN01, Profilo Idraulico

Le verifiche dei tombini afferenti al corso d'acqua, ed identificati dalla loro progressiva di progetto, sono riportate nella tabella di seguito, dalla quale si evince il raggiungimento dei requisiti progettuali sul grado di riempimento e sulla velocità di deflusso.

Pk Tombino	Quota Fondo (m)	Quota Intradosso (m)	Livello Idrico (m)	Grado Riempimento (%)	Velocità (m/s)
IN01_E	240.65	242.65	241.83	59%	1.3
IN01_G	225.11	227.1	226.48	69%	1.6
IN01_A	222.33	224.33	223.41	54%	2.3



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

#### 4.5 VERIFICA TOMBINO IN02

Il tratto oggetto di modellazione si estende per circa 800 m. Vengono rappresentati di seguito i risultati della modellazione della deviazione del canale. Per sviluppare il modello sono state utilizzate 41 sezioni Sviluppate con un software BIM. L'in-alveazione IN02 comincia, nel tratto di monte, con una deviazione del canale esistente per mezzo di un nuovo canale con sezione trapezia (Base=1.00m, Altezza=1.0m e pendenza sponde 3:2) e rivestita in materassi Reno. L'in-alveazione attraversa la viabilità NV01 mediante un tombino di dimensioni 2.0mx2.0m e più a valle, dopo un salto di fondo di 0,5m, attraversa la ferrovia di progetto con un tombino 3.00x2.00. La sistemazione IN02 si collega alla sistemazione idraulica IN01 per mezzo di un raccordo con una vasca in c.a.

I coefficienti di Manning utilizzati sono:

- 0.04 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo naturale (e materassi RENO)
- 0.035 s/m<sup>1/3</sup> per le aree golenali
- 0.015 s/m<sup>1/3</sup> per le aree rivestite in cls

La portata di calcolo, corrispondente ad un evento con tempo di ritorno duecentennale è pari a 2.1 m<sup>3</sup>/s. Le condizioni al contorno sono nella sezione di monte e in quella di valle le altezze di moto uniforme date dalla pendenza del canale in tali tratti.

La tabella seguente riporta tutte le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, in particolare: la quota del fondo (zf), la quota del pelo libero della corrente (h), il livello critico (hc) ed energetico (H), la pendenza (i), la velocità media della corrente (U) ed il numero di Froude (Fr). Il nome delle sezioni corrisponde a quello riportato negli elaborati grafici.

Sezione Hec-ras	Zf	h	hc	H	i	U	Fr
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
828.44	250.8	251.2	251.4	251.9	0.1200	3.64	2.11
803.44	247.8	248.2	248.4	248.9	0.1174	3.61	2.09
778.44	245.7	246.1	246.3	246.6	0.0852	3.21	1.8
753.44	244.1	244.5	244.7	245.0	0.0662	2.93	1.6
728.44	243.1	243.6	243.7	244.0	0.0400	2.44	1.26
703.44	242.2	242.8	242.8	243.1	0.0372	2.37	1.21
678.44	241.5	242.1	242.1	242.3	0.0184	1.83	0.87
653.44	241.0	241.7	241.6	241.9	0.0149	1.7	0.79
628.44	240.6	241.3	241.2	241.5	0.0147	1.68	0.78
603.44	240.2	241.0	240.9	241.1	0.0126	1.59	0.73
578.44	239.9	240.7	240.5	240.8	0.0091	1.41	0.62
553.44	239.7	240.5	240.3	240.6	0.0093	1.42	0.63
528.44	239.4	240.2	240.0	240.3	0.0122	1.57	0.72
503.44	239.1	239.8	239.7	240.0	0.0163	1.75	0.82
478.45	238.7	239.4	239.3	239.5	0.0197	1.88	0.9

**RELAZIONE IDRAULICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	34 di 44

453.45	238.2	239.0	238.8	239.1	0.0088	1.39	0.62
428.45	237.9	238.9	238.6	238.9	0.0050	1.13	0.47
403.45	237.8	238.7	238.4	238.8	0.0050	1.13	0.47
378.45	237.7	238.6	238.3	238.7	0.0050	1.13	0.47
353.45	237.6	238.5	238.2	238.5	0.0050	1.13	0.47
328.45	237.4	238.3	238.1	238.4	0.0051	1.13	0.47
303.45	237.3	238.2	237.9	238.3	0.0052	1.14	0.48
278.45	237.2	238.1	237.8	238.2	0.0054	1.16	0.49
253.45	237.1	237.9	237.7	238.0	0.0059	1.2	0.51
228.45	236.9	237.8	237.6	237.9	0.0075	1.31	0.57
212.45	236.8	237.6	237.5	237.7	0.0093	1.42	0.63
174	236.5	237.2	237.1	237.3	0.0163	1.75	0.82
173.51	236.5	237.3	236.7	237.3	0.0010	0.57	0.2
170.54	236.4	237.3	236.7	237.3	0.0009	0.55	0.2
157.43	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0	0
144.86	236.2	237.0	236.5	237.0	0.0008	0.52	0.18
141.89	236.2	237.0	236.4	237.0	0.0007	0.52	0.18
141.4	236.1	236.9	236.8	237.0	0.0107	1.5	0.68
128.5	236.0	236.8	236.6	236.9	0.0126	1.59	0.73
121.3	235.9	236.6	236.6	236.8	0.0246	2.04	1
120.95	235.4	235.7	236.0	236.7	0.2265	4.34	2.85
103.5	235.3	236.0	235.8	236.1	0.0093	1.4	0.64
78.5	235.0	235.7	235.6	235.8	0.0076	1.3	0.58
57	234.9	235.6	235.4	235.7	0.0091	1.39	0.63
56.505	234.9	235.6	235.1	235.6	0.0012	0.62	0.23
53.532	234.8	235.6	235.1	235.6	0.0012	0.6	0.22
40.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0000	0	0
28.268	234.7	235.5	235.0	235.5	0.0009	0.56	0.2
25.295	234.7	235.5	235.0	235.5	0.0009	0.55	0.19
24.8	234.7	235.5	235.2	235.5	0.0060	1.2	0.52
0.05	234.5	235.3	235.1	235.4	0.0060	1.19	0.52

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

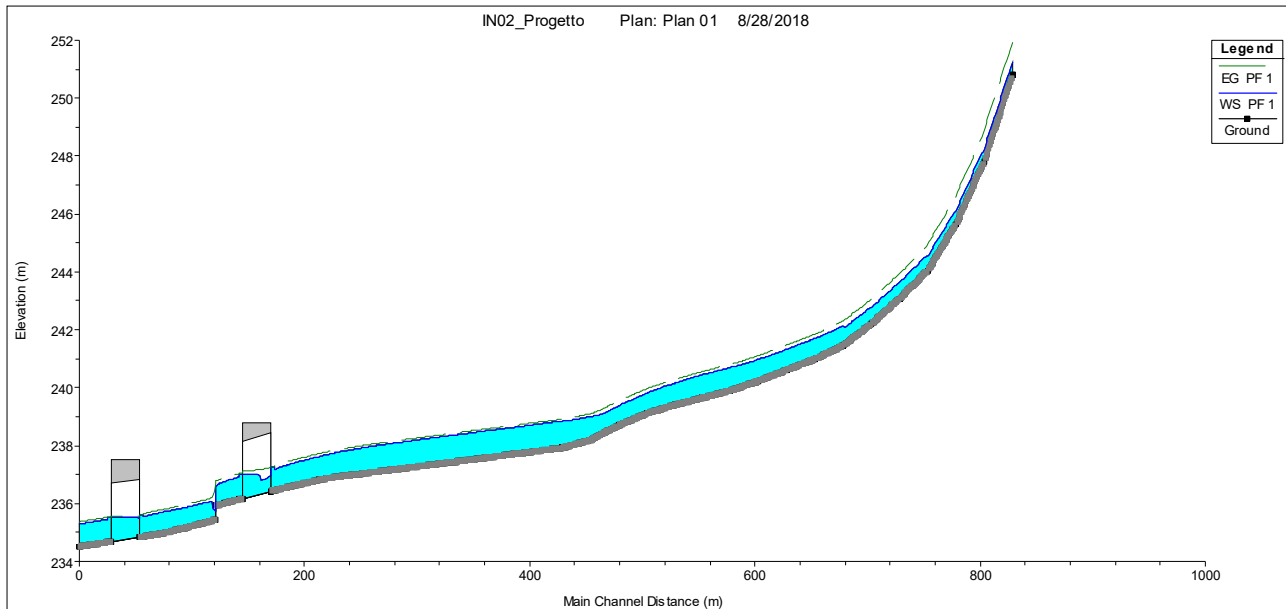


Figura 23 – Tombino IN01, Profilo Idraulico

Le verifiche dei tombini afferenti al corso d’acqua, ed identificati dalla loro progressiva di progetto, sono riportate nella tabella di seguito, dalla quale si evince il raggiungimento dei requisiti progettuali sul grado di riempimento e sulla velocità di deflusso.

<b>Pk Tombino</b>	<b>Quota Fondo (m)</b>	<b>Quota Intradosso (m)</b>	<b>Livello Idrico (m)</b>	<b>Grado Riempimento (%)</b>	<b>Velocità (m/s)</b>
IN02_B	236.43	238.43	236.97	27%	0.5
IN02_A	234.84	236.84	235.5	33%	0.6

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

#### 4.6 VERIFICA TOMBINO IN05 - CANTALANOTTE

Il tratto oggetto di modellazione si estende per circa 200 m. Vengono rappresentati di seguito i risultati della modellazione della sistemazione idraulica del tratto e degli attraversamenti. Per sviluppare il modello sono state utilizzate 17 elaborazioni tramite un software BIM.

I coefficienti di Manning utilizzati sono:

- 0.04 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo rivestito con materassi Reno e gabbioni e 0.015 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo rivestito in calcestruzzo;
- 0.05 s/m<sup>1/3</sup> per le aree golenali

La portata di calcolo, corrispondente ad un evento con tempo di ritorno duecentennale è pari a 73.8 m<sup>3</sup>/s. Le condizioni al contorno sono nella sezione di monte e in quella di valle le altezze di moto uniforme date dalla pendenza del canale in tali tratti.

L'inalveazione IN05 comincia, nel tratto di monte, con una riprofilatura dell'alveo naturale volta a creare un naturale invito verso il tratto di corso d'acqua realizzato con una sezione gradonata in gabbioni, di forma sostanzialmente trapezoidale. Le dimensioni della sezione sono coerenti con quelle del tratto già esistente a valle della nuova sistemazione.

La tabella seguente riporta tutte le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, in particolare: la quota del fondo (zf), la quota del pelo libero della corrente (h), il livello critico (hc) ed energetico (H), la pendenza (i), la velocità media della corrente (U) ed il numero di Froude (Fr). Il nome delle sezioni corrisponde a quello riportato negli elaborati grafici.

Sezione Hec-ras	Zf	h	hc	H	i	U	Fr
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
1474.378	230.8	233.0	233.2	233.6	0.0175	4.23	1.07
1474.1	Lateral Structure						
1474	Lateral Structure						
1446.351	230.8	232.5	232.8	233.4	0.0321	4.99	1.43
1271.14	226.1	228.3	228.3	228.9	0.0285	3.92	1.11
1253.982	225.8	227.9	228.1	228.7	0.0234	4.33	1.12
1216.565	225.0	226.6	227.5	228.5	0.0631	6.11	1.65
1216.065	224.5	226.6	-	227.4	0.0176	3.83	0.93
1183.649	223.9	226.1	-	226.8	0.0137	3.53	0.82
1152.958	223.2	225.6	225.7	226.8	0.0316	4.94	1.16
1113.86	222.5	224.4	224.6	225.6	0.0283	4.87	1.18
1101.85	222.2	224.0	224.4	225.5	0.0393	5.49	1.39
1089.111	222.0	223.1	224.2	227.7	0.2025	9.53	3.15
1085.665	220.4	223.1		223.4	0.0006	2.43	0.47
1081.665	220.4	223.1		223.4	0.0006	2.43	0.47

RELAZIONE IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	37 di 44

1072.608	Culver						
1064.006	220.3	222.8		223.2	0.0007	2.57	0.51
1045.534	220.1	222.9		223.2	0.0006	2.43	0.47
1038.41	Culvert						
1031.908	220.0	222.7		223.0	0.0006	2.47	0.48
1029.266	220.0	222.7		223.0	0.0006	2.43	0.47
1019.207	Culver						
1007.623	219.9	222.1		222.6	0.0011	2.99	0.64
997.7218	219.7	222.2		222.5	0.0008	2.64	0.53
980.3885	219.3	222.0		222.7	0.0018	3.87	0.83
569.7524	216.7	220.3		220.9	0.0085	3.32	0.61
544.05	216.5	220.1		220.7	0.0092	3.4	0.63
518.35	216.3	219.9	219.3	220.5	0.0101	3.5	0.65
492.6418	216.1	219.7	219.1	220.3	0.0109	3.59	0.67
3.223678	213.4	215.4	215.0	215.6	0.0056	2.67	0.64

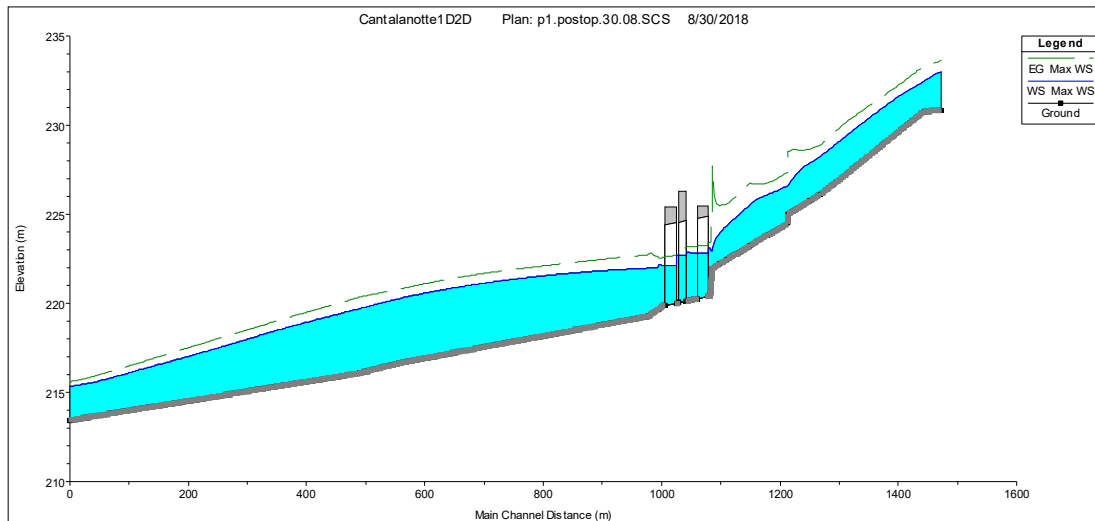


Figura 24 -- Tombino IN05, Profilo Idraulico

Pk Tombino	Quota Fondo (m)	Quota Intradosso (m)	Livello Idrico (m)	Grado Riempimento (%)	Velocità (m/s)
IN05_T1	220.39	224.89	222.68	51%	2.5
IN05_T2	220.13	224.63	222.58	54%	2.4
IN05_T3	220.00	224.50	221.92	43%	2.7

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA IF1W	LOTTO 00 D 29	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0002 001	REV. B

#### 4.7 VERIFICA CANALE E TOMBINO IN06

Il tratto oggetto di modellazione si estende per circa 300 m. Vengono rappresentati di seguito i risultati della modellazione della deviazione del canale. Per sviluppare il modello sono state utilizzate 33 sezioni sviluppate con un software BIM. L'inalveazione IN06 comincia, nel tratto di monte, con una deviazione del canale esistente per mezzo di un nuovo canale con sezione rettangolare (Base=2.00m, Altezza=1.0m) e rivestita in massi cementati. L'inalveazione attraversa la viabilità NV03, NV05 e la linea ferroviaria di progetto mediante un tombino di dimensioni 3.0mx2.0m. La sistemazione idraulica termina infine con un altro tombino 3.00x2.00 sotto la linea storica.

I coefficienti di Manning utilizzati sono:

- 0.03 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo naturale (e massi cementati) e 0.015 s/m<sup>1/3</sup> per l'alveo rivestito in calcestruzzo;
- 0.04 s/m<sup>1/3</sup> per le aree golenali

La portata di calcolo, corrispondente ad un evento con tempo di ritorno duecentennale è pari a 5.6 m<sup>3</sup>/s. Le condizioni al contorno sono nella sezione di monte e in quella di valle le altezze di moto uniforme date dalla pendenza del canale in tali tratti.

La tabella seguente riporta tutte le grandezze fondamentali del moto risultanti dalla simulazione, in particolare: la quota del fondo (zf), la quota del pelo libero della corrente (h), il livello critico (hc) ed energetico (H), la pendenza (i), la velocità media della corrente (U) ed il numero di Froude (Fr). Il nome delle sezioni corrisponde a quello riportato negli elaborati grafici.

Tabella 7 – Tombino IN06 - Risultati simulazione TR 200 anni

Sezione Hec-ras	Zf	h	hc	H	i	U	Fr
	(m)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	
293	372.5	373.2	373.4	374.0	0.0400	3.78	1.4
289	372.3	373.1	373.3	373.8	0.0386	3.73	1.38
288.95	371.3	371.8	372.3	373.7	0.1538	6.06	2.86
286.98	371.3	371.8	372.2	373.3	0.1149	5.49	2.46
286.93	370.3	370.7	371.2	373.2	0.2396	7.05	3.58
284.96	370.2	370.6	371.1	372.6	0.1685	6.26	2.99
284.91	369.2	369.6	370.1	372.5	0.3020	7.63	4.02
282.94	369.1	369.5	370.0	371.8	0.2079	6.72	3.33
282.89	368.1	368.5	369.0	371.7	0.3451	7.98	4.3
280.92	368.0	368.4	368.9	370.9	0.2352	7.01	3.55
280.87	367.0	367.4	368.0	370.8	0.3771	8.22	4.5
267.4	366.6	367.3	367.5	368.2	0.0519	4.15	1.61
267.35	366.1	366.6	367.0	368.1	0.1082	5.37	2.38
264.39	366.0	366.6	366.9	367.8	0.0760	4.75	1.98
264.34	365.6	366.1	366.5	367.7	0.1275	5.69	2.59

**RELAZIONE IDRAULICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	39 di 44

261.38	365.4	366.0	366.4	367.3	0.0874	4.99	2.13
261.33	364.9	365.4	365.9	367.2	0.1461	5.96	2.78
258.37	364.8	365.4	365.8	366.7	0.0952	5.14	2.22
258.32	364.3	364.8	365.3	366.7	0.1512	6.03	2.83
255.36	364.3	364.8	365.2	366.2	0.0935	5.11	2.21
255.31	363.8	364.2	364.7	366.1	0.1539	6.07	2.86
252.35	363.6	364.2	364.6	365.6	0.0998	5.22	2.28
252.3	363.2	363.6	364.1	365.5	0.1551	6.08	2.87
249.34	363.1	363.6	364.0	365.0	0.0991	5.21	2.27
249.29	362.6	363.0	363.5	364.9	0.1554	6.09	2.87
246.33	362.5	363.0	363.4	364.4	0.1017	5.26	2.31
246.28	361.5	361.9	362.4	364.3	0.2212	6.87	3.44
239.31	361.2	361.8	362.1	363.0	0.0825	4.89	2.07
239.26	360.7	361.2	361.6	362.9	0.1403	5.88	2.73
235.3	360.6	361.2	361.5	362.4	0.0793	4.82	2.02
235.25	360.1	360.6	361.0	362.3	0.1368	5.82	2.69
231.29	360.0	360.6	360.9	361.7	0.0784	4.8	2.01
231.24	359.5	360.0	360.4	361.7	0.1357	5.81	2.68
228.28	359.2	359.7	360.2	361.3	0.1165	5.51	2.48
228.23	358.9	359.3	359.8	361.2	0.1543	6.08	2.86
225.27	358.8	359.3	359.7	360.7	0.0993	5.21	2.27
225.22	358.3	358.7	359.2	360.6	0.1559	6.09	2.87
222.26	358.2	358.7	359.1	360.1	0.0974	5.18	2.25
222.21	357.7	358.2	358.6	360.1	0.1558	6.09	2.88
219.25	357.6	358.1	358.5	359.5	0.0985	5.2	2.27
219.2	357.1	357.6	358.0	359.5	0.1561	6.09	2.88
216.24	357.0	357.5	357.9	358.9	0.1004	5.23	2.29
216.19	356.5	357.0	357.4	358.9	0.1563	6.1	2.88
213.23	356.4	357.0	357.4	358.3	0.0980	5.19	2.26
213.17	355.9	356.4	356.9	358.3	0.1562	6.1	2.88
210.22	355.8	356.4	356.8	357.8	0.0982	5.19	2.26
210.17	355.3	355.8	356.3	357.7	0.1563	6.1	2.88
208.21	355.3	355.8	356.2	357.3	0.1154	5.49	2.46
208.16	354.8	355.2	355.7	357.3	0.1732	6.32	3.03
202	354.6	355.2	355.5	356.3	0.0712	4.64	1.91
201.95	353.5	353.8	354.2	356.2	0.0747	6.85	4.19
199	353.4	353.7	354.1	355.9	0.0638	6.51	3.89
150 (Culvert)	0	0	0	0	0	0	0

RELAZIONE IDRAULICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF1W	00 D 29	RI	ID0002 001	B	40 di 44

120	351.9	353.0	352.6	353.2	0.0010	1.6	0.47
113.1	351.7	353.0	352.4	353.1	0.0007	1.41	0.39
113	351.7	352.7	352.6	353.1	0.0198	2.92	0.95
93	351.3	352.3	352.2	352.7	0.0199	2.92	0.96
75	351.0	351.9	351.9	352.3	0.0194	2.9	0.95
68	350.8	351.8	351.7	352.2	0.0199	2.92	0.96
43	350.3	351.3	351.2	351.7	0.0201	2.93	0.96
30	350.1	351.0	351.0	351.4	0.0221	3.04	1.01
20 (Culvert)	0	0	0	0	0	0	0
6	349.7	351.0	350.8	351.1	0.0041	1.62	0.45
0	349.6	350.5	350.5	351.0	0.0200	2.93	0.96

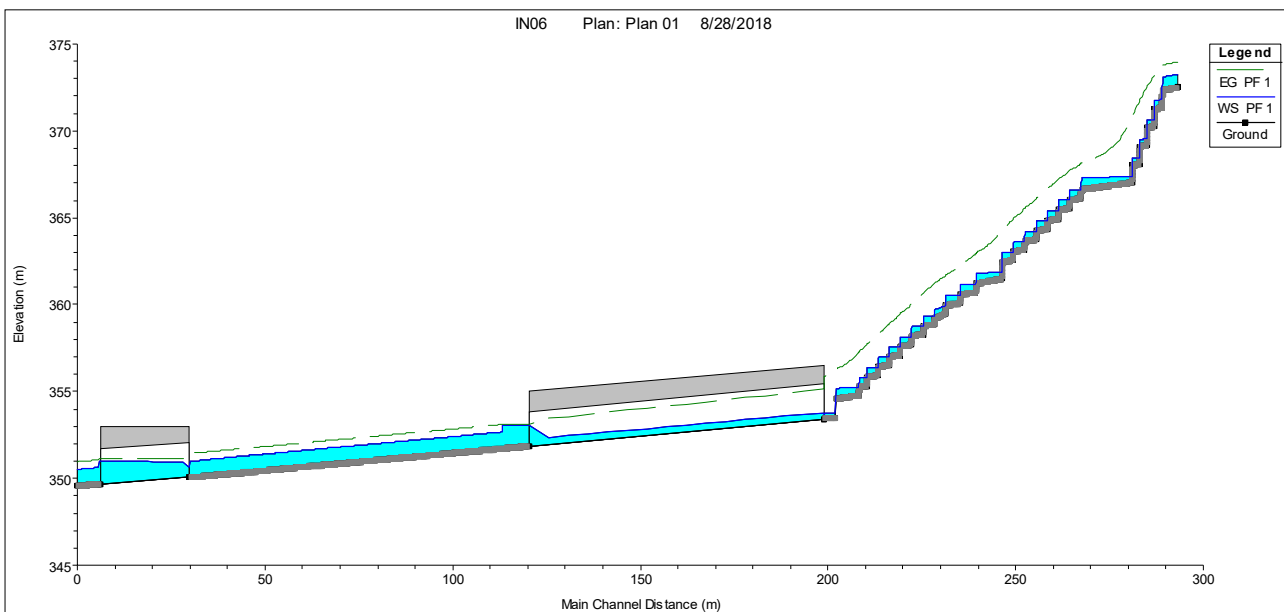


Figura 25 – Tombino IN06, Profilo idraulico

Le verifiche dei tombini afferenti al corso d'acqua, ed identificati dalla loro progressiva di progetto, sono riportate nella tabella di seguito, dalla quale si evince il raggiungimento dei requisiti progettuali sul grado di riempimento e sulla velocità di deflusso.

Pk Tombino	Quota Fondo (m)	Quota Intradosso (m)	Livello Idrico (m)	Grado Riempimento (%)	Velocità (m/s)
IN06_A	353.43	355.43	353.79	18%	4.1
IN06_B	350.05	352.05	350.63	29%	2.3



 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

## 5 TOBINO IN05 - AREE INONDABILI

Vengono presentati i risultati della sistemazione idraulica del tombino IN05 in termini di aree inondabili post-operam.

Dopo aver valutato l'adeguatezza delle opere in progetto rispetto la portata con tempo di ritorno duecentennale (vedi nel paragrafo 4.6), è stata effettuata una modellazione completamente bidimensionale al fine di valutare il massimo tirante idrico al fianco della nuova viabilità in progetto, relativa all'evento con tempo di ritorno 200anni.

Le aree inondabili sono ottenute mediante modellazione bidimensionale, eseguita su di un modello digitale del terreno opportunamente modificato per tenere conto della sistemazione idraulica effettuata. La condizione al contorno di monte è un idrogramma con portata di picco pari alla portata con tempo di ritorno 200anni, e la cui forma è basata sull'idrogramma unitario Natural Resources Conservation Service (NRCS). Nella Tabella 8 sono riportate le coppie di punti ( $t/t_p$  e  $Q/Q_p$ , con  $t_p$  tempi di picco dell'idrogramma pari a  $1.1 \times$  tempo corrivazione e  $Q_p$  portata di picco) che permettono di tracciare tale idrogramma, mentre una rappresentazione grafica è fornita nella Figura 26. A valle del tombino è stato inserito un ulteriore contributo di portata, pari ad un idrogramma avente stessa forma di quello di monte ma portata di picco pari alla somma dei contributi dei tombini IN01 e IN02.

Le aree in cui viene eseguito un calcolo bidimensionale sono evidenziate nella Figura 27 – Grigliato di calcolo bidimensionale per la valutazione delle aree inondabili del tombino IN05 Figura 27. Il grigliato di calcolo bidimensionale è di tipo non strutturato con passo 5m. Ai bordi sono presenti condizioni al contorno di libero deflusso con pendenza dei carichi pari a 0.005 m/m.

Il coefficiente di scabrezza per le aree canalizzate è pari a  $0.04 \text{ sm}^{-1/3}$ ; per le aree al di fuori del canale è stato utilizzato un coefficiente pari a  $0.17 \text{ sm}^{-1/3}$ , coerente con un uso del suolo valutato tramite il progetto Corine Land Cover classificato come “seminativi in aree non irrigue” (211).

Tabella 8 – Valori adimensionali dell'idrogramm SCS :  $t_p$  tempo di picco.  $Q_p$  portata di picco

$(t/t_p)$	$(q/q_p)$	$(t/t_p)$	$(q/q_p)$	$(t/t_p)$	$(q/q_p)$
0.0	0.000	1.1	0.990	2.4	0.147
0.1	0.030	1.2	0.930	2.6	0.107
0.2	0.100	1.3	0.860	2.8	0.077
0.3	0.190	1.4	0.780	3.0	0.055
0.4	0.310	1.5	0.680	3.2	0.040
0.5	0.470	1.6	0.560	3.4	0.029
0.6	0.660	1.7	0.460	3.6	0.021
0.7	0.820	1.8	0.390	3.8	0.015
0.8	0.930	1.9	0.330	4.0	0.011
0.9	0.990	2.0	0.280	4.5	0.005
1.0	1.000	2.2	0.207	5.0	0.000

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>					
COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>	FOGLIO <b>42 di 44</b>	

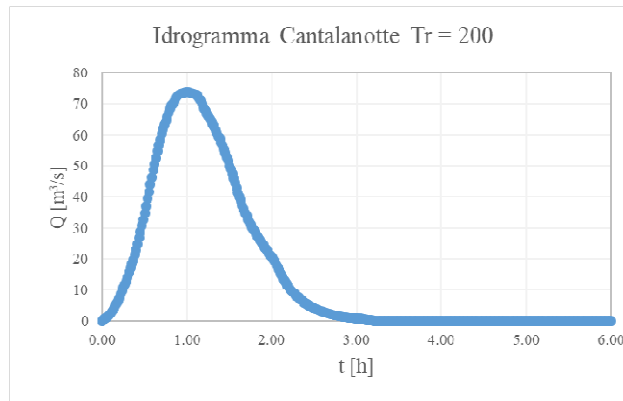


Figura 26 – Idrogramma di progetto utilizzato per le analisi in moto vario bidimensionale dell'IN05

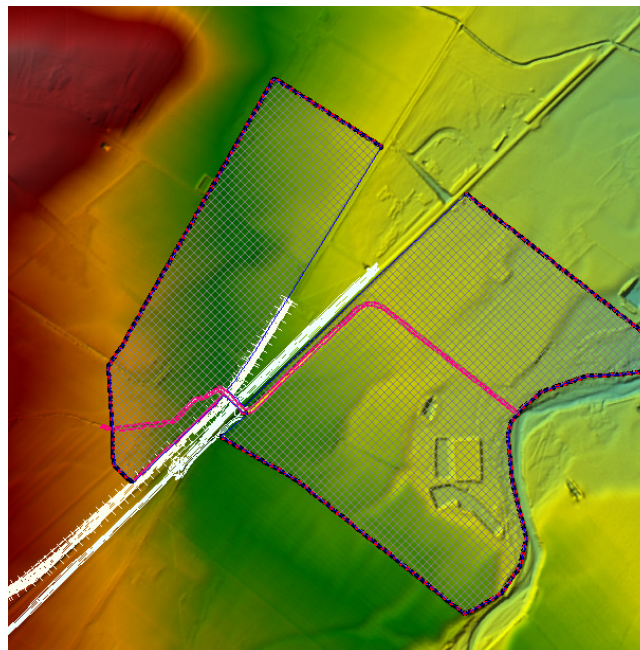


Figura 27 – Grigliato di calcolo bidimensionale per la valutazione delle aree inondabili del tombino IN05

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA</b> <b>PROGETTO DEFINITIVO</b>					
	<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	COMMESSA <b>IF1W</b>	LOTTO <b>00 D 29</b>	CODIFICA <b>RI</b>	DOCUMENTO <b>ID0002 001</b>	REV. <b>B</b>

## 5.1 RISULTATI POST-OPERAM

I risultati della simulazione evidenziano delle aree inondabili sia a monte che a valle dell'IN05. Tali esondazioni sono dovute all'insufficienza dei tratti non oggetto delle lavorazioni in esame nella presente relazione. L'insufficienza del tratto a monte della sistemazione idraulica causa un'esondazione che, favorita dalla conformazione naturale del terreno dove sono presenti due depressioni che scorrono parallelamente al canale Cantalanotte, si propaga ai lati del corso d'acqua naturale senza rientrare nello stesso (Figura 28); tale esondazione procede quindi verso nord-est seguendo il fosso di guardia della viabilità.

Dalla Figura 29 si nota tuttavia come gran parte delle aree esondate, soprattutto nel tratto di valle, siano occupati da tiranti idrici inferiori ai dieci centimetri.

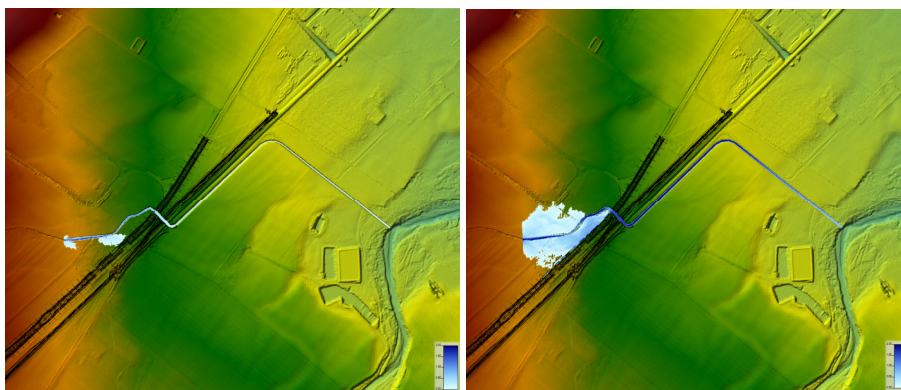


Figura 28 – Fasi iniziali dell'esondazione nei tratti di canale non oggetto della sistemazione idraulica



Figura 29 – Aree inondabili IN05

	<b>ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA BOVINO – ORSARA PROGETTO DEFINITIVO</b>					
<b>RELAZIONE IDRAULICA</b>	<b>COMMESSA</b> IF1W	<b>LOTTO</b> 00 D 29	<b>CODIFICA</b> RI	<b>DOCUMENTO</b> ID0002 001	<b>REV.</b> B	<b>FOGLIO</b> 44 di 44

## 5.2 INTERVENTI DI SISTEMAZIONE

A seguito della simulazione idraulica bidimensionale è stato previsto un arginello con altezza variabile (100-80cm) a protezione della nuova viabilità dai possibili deflussi superficiali derivanti dall'onda di piena duecentennale del Cantalanotte, ed una risagomatura del terreno circostante il tratto a monte dell'IN05, al fine di favorire il ritorno in alveo dei volumi esondabili.