

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



MANDATARIA

MANDANTI

PROGETTAZIONE:



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI

RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA

LOTTO 2 e 3: RADDOPPIO TERMOLI - RIPALTA

PIANO DI SICUREZZA E COORDINAMENTO

PSC Sezione Particolare opere di fase B - Volume 3

Argini difesa rischio idraulico fiume Biferno

APPALTATORE	PROGETTAZIONE	RESPONSABILE DEI LAVORI	SCALA:	
DIRETTORE TECNICO Ing. G. Babini A.A. D'AGOSTINO COSTRUZIONI GENERALI S.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE Ing. M. Facchini HUB ENGINEERING CONSORZIO STABILE scrl Il Legale Rappresentante	Per presa visione RdL Ing. F. Cataldo Incarico con lettera RFI-NEMI.DIN.DICSA.PAILTINCIPI2023\0000467 del 23/06/2023	Ing. MASSIMO MANGINI CRINE ING. CENERI VARESE C.S.P.02 Ing. M. Mangini Incarico con lettera DG.AGPCS.PMBTMB.0003272.23.U del 10/01/2023	<input type="text"/>

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC.	OPERA/DISCIPLINA	PROGR.	REV.	SCALA:
L I O B	0 2	E	Z Z	P U	S Z 0 0 0 2	0 1 3	A	-

Revis.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Prima emissione	M. Mangini	02/02/2024	S. De Censi	02/02/2024	M. Mangini	02/02/2024	M. Facchini 02/02/2024



PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA
FERROVIARIA TERMOLI - LESINA**

Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina

**PSC – Relazione verifica arginature difesa
Rischio Idraulico**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI0B	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	2 DI 18

INDICE

1	PREMESSA	3
2	STUDIO FASE REALIZZATIVA	5
2.1	Metodo di Scalamento Temporale	5
2.2	Modellazione idraulica	9
2.3	Risultati modellazione bidimensionale “Fasizzazione”	12
3	CONCLUSIONE	18

	PROGETTO ESECUTIVO LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina					
	PSC – Relazione verifica arginature difesa Rischio Idraulico	PROGETTO LIOB	LOTTO 02 E ZZ	CODIFICA PU	DOCUMENTO SZ 0001 013	REV. A

1 PREMESSA

La presente «Sezione Particolare - costituisce parte integrante del Piano di Sicurezza e Coordinamento (PSC), redatto ai sensi dell'art. 91 ed in conformità all'art. 100 del D. Lgs. 81/2008 e s.m.i..

Il PSC del Progetto Esecutivo è articolato in diverse Sezioni tra loro complementari che rappresentano un unico documento inscindibile. La validità e l'efficacia del PSC è da considerarsi nell'ambito della contestuale disponibilità di tutte le Sezioni sopra definite, compresi gli allegati richiamati al loro interno ed elencati nell'indice di ogni documento.

Questa relazione si basa sullo studio idraulico effettuato mediante modellazione numerica bidimensionale del Fiume Biferno. L'obiettivo principale è la valutazione delle opere di sistemazione e difesa idraulica relative all'attraversamento dell'infrastruttura ferroviaria sul Fiume Biferno (Viadotto VI02) nell'ambito della Progettazione Esecutiva.

Lo studio si basa sulle direttive fornite dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e Minori, Saccione e Fortore, nonché sulle linee guida del piano di gestione del rischio alluvioni del distretto idrografico dell'Appennino Meridionale. Inoltre, si considerano gli effetti dei progetti di messa in sicurezza stabiliti dall'Autorità di Bacino.

Per condurre simulazioni idrauliche, definire le zone soggette a inondazione, calcolare i livelli dell'acqua e le velocità, è stato utilizzato il software HECRAS 6.3.1 sviluppato dallo U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center.

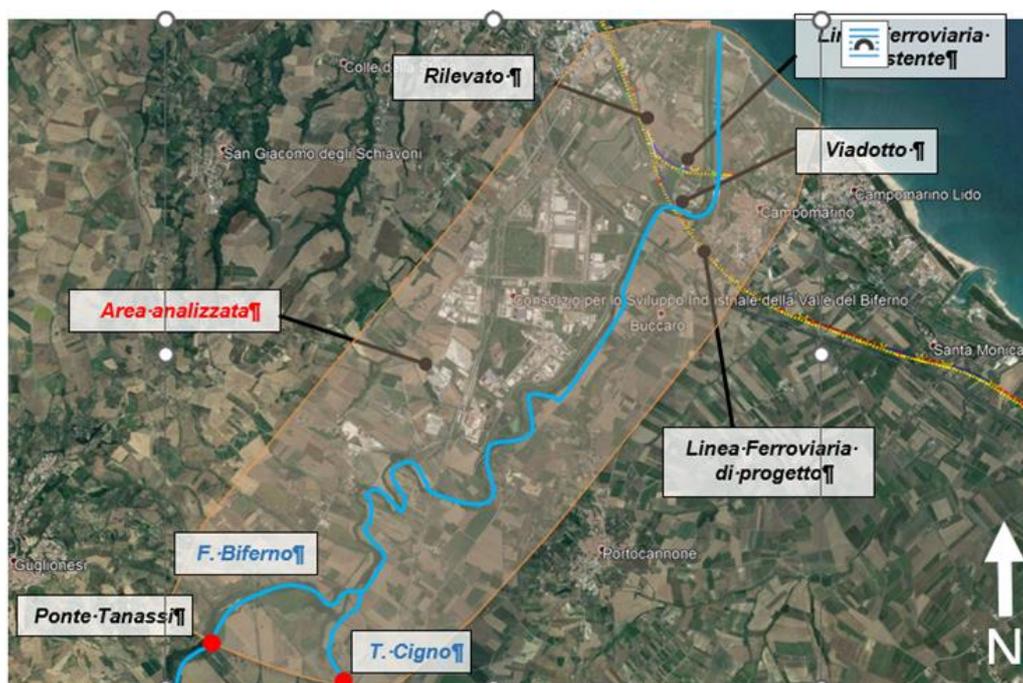


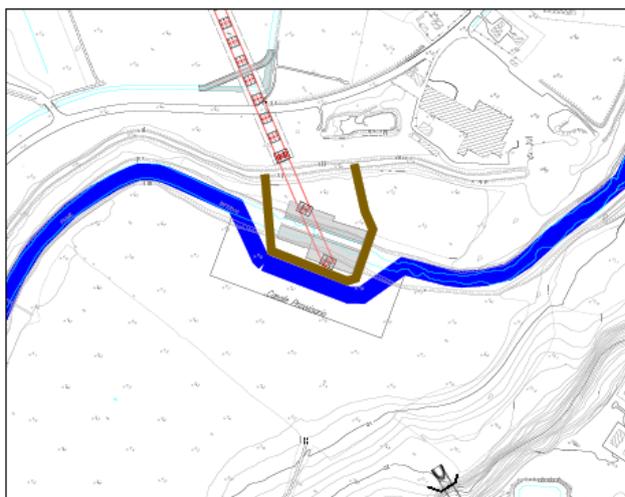
Figura 1 – Area modellata, sezione di applicazione dell'onda di piena in ingresso.

Ipotesi progettuale per la sicurezza dei lavoratori in fase di realizzazione delle pile del Viadotto VI02.

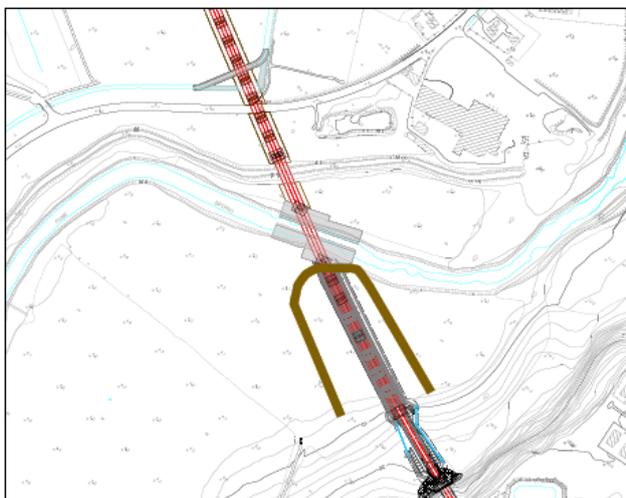
STATO DI FATTO – scala 1:1500



FASE 1 – scala 1:1500



FASE 2 – scala 1:1500



TERMINI DEI LAVORI – scala 1:1500



FASE 1= in sx idraulica deviazione provvisoria dell'alveo del Fiume e costruzione di un argine provvisorio per protezione delle aree di lavoro per le opere di fondazione e sistemazione fluviale

FASE 2= in dx idraulica tombamento della deviazione di FASE 1 e costruzione di un argine provvisorio per protezione delle aree di lavoro relative alle altre pile del viadotto

	PROGETTO ESECUTIVO LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina					
	PSC – Relazione verifica arginature difesa Rischio Idraulico	PROGETTO LI0B	LOTTO 02 E ZZ	CODIFICA PU	DOCUMENTO SZ 0001 013	REV. A

2 STUDIO FASE REALIZZATIVA

All'interno della fase di realizzazione, è stato svolto uno studio idraulico che si concentra sulla realizzazione di un canale transitorio progettato per consentire la cantierizzazione dell'area di interesse. In merito agli aspetti legati alla sicurezza dei lavoratori durante la costruzione delle pile del Viadotto, è necessaria la realizzazione di due argini provvisori che consentano lo svolgimento dei lavori minimizzando il rischio idraulico di inondazione del cantiere. Questo studio si basa sulla progettazione di argini in grado di contenere una portata massima durante eventi di piena con un tempo di ritorno di 5 anni. L'idrogramma di piena a 5 anni è stato ottenuto attraverso un'analisi di regressione utilizzando il metodo di scalamento temporale. Questa analisi si basa su gli idrogrammi noti forniti dall'Autorità di Bacino competente, con tempi di ritorno di 500, 300, 200 e 30 anni.

Per la verifica dei componenti del progetto, è stato utilizzato un modello idraulico bidimensionale (2D) in regime di moto vario mediante l'uso del software HEC-RAS. La superficie oggetto di studio è stata adattata in base ai dati topografici forniti dalla Regione, utilizzando un modello digitale del terreno (DTM) con una risoluzione superiore al metro.

Questo approccio tecnico consente di ottimizzare la progettazione del canale transitorio e degli argini per garantire una gestione adeguata delle piene con un tempo di ritorno di 5 anni, utilizzando dati idrologici dettagliati e strumenti di modellazione avanzati.

2.1 Metodo di Scalamento Temporale

Il metodo di scalamento temporale, in ambito idrologico, è una procedura tecnica utilizzata per stimare idrogrammi di portata a tempi di ritorno diversi a partire da dati idrologici noti a tempi di ritorno superiori. Questo approccio si basa sulla premessa che la relazione tra il tempo di ritorno e la portata possa essere approssimata come una funzione potenziale. In termini tecnici, l'idrogramma noto a un tempo di ritorno maggiore (ad esempio, 200 anni) viene ridimensionato o scalato in base al rapporto tra i tempi di ritorno noti e il tempo di ritorno desiderato (ad esempio, 5 anni). Il valore dell'esponente della funzione potenziale, solitamente denominato "a," influenza la forma dell'idrogramma scalato e può variare a seconda delle condizioni idrologiche specifiche del bacino.

$$Q_{Tr5} = Q_{Trx} \left(\frac{Tr_5}{Tr_x} \right)^a$$

Dove:

Q_{Tr5} è la portata al tempo di ritorno desiderato in m³/s;

	<p>PROGETTO ESECUTIVO</p> <p>LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA</p> <p>Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina</p>												
<p>PSC – Relazione verifica arginature difesa Rischio Idraulico</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LIOB</td> <td>02 E ZZ</td> <td>PU</td> <td>SZ 0001 013</td> <td>A</td> <td>6 DI 18</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LIOB	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	6 DI 18
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LIOB	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	6 DI 18								

Q_{Trx} è la portata nota con tempo di ritorno maggiore in m^3/s ;

$\frac{Tr_5}{Tr_x}$ è in rapporto tra il tempo di ritorno desiderato e il tempo di ritorno noto, espresso in anni.

a è il valore esponente della funzione potenziale, che influenza la forma dell'idrogramma scalato (adimensionale).

Questo metodo consente di ottenere una stima dell'idrogramma per il tempo di ritorno desiderato, consentendo la valutazione dei potenziali impatti delle piene o delle precipitazioni a tempi di ritorno diversi da quelli direttamente osservati nei dati storici. La corretta applicazione del metodo richiede dati idrologici completi e affidabili e l'impiego di analisi statistiche adeguate a ottenere risultati accurati.

Sono stati utilizzati gli idrogrammi di piena a 30, 200, 300 e 500 anni, disponibili dalla Autorità di Bacino competente, che ha indicato quanto segue nella nota di invio dei dati da utilizzare (prot. n.2624/2018 del 08-01-2018):

“Si precisa che gli idrogrammi di piena (a favore di sicurezza) sono desunti dal solo modello idrologico e non tengono conto di fenomeni di esondazione e/o possibili fenomeni di rotture arginali. Attesa l'impossibilità di prevedere eventuali fenomeni di rotture arginali per tempi di ritorno superiori a 200 anni (tr di dimensionamento delle opere in progetto) si ritiene che qualsiasi opera infrastrutturale possa essere dimensionata a vantaggio di sicurezza considerando le portate di piena dal solo modello idrologico.”

È stata condotta un'analisi di calibrazione dei parametri di scalamento, impiegando tutti i dati disponibili relativi agli idrogrammi. In particolare, è stata effettuata un'interrogazione degli idrogrammi per determinare la portata massima in condizioni di piena, variando il periodo di ritorno. Successivamente, è stata condotta un'analisi di regressione e applicata una curva di legge di potenza. Il risultato ottenuto ha determinato il valore del parametro “ a ” pari a 0.2516 per il Fiume Biferno, mentre “ a ” è pari a 0.2254 per il Torrente Cigno.

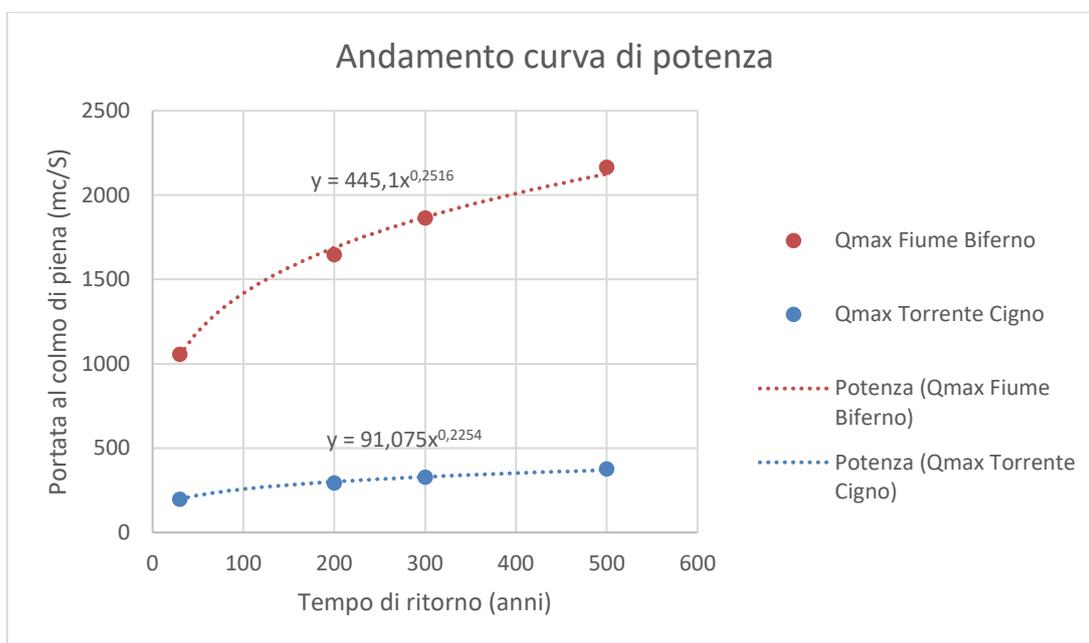


Figura 1 Andamento della curva di potenza che confronta le portate al colmo di piena con tempo di ritorno 30, 200, 300 e 500 anni.

	F. Biferno	t. Cigno
Tr (anni)	Q (mc/s)	Q (mc/s)
500	2165.7	376.7
300	1863.9	328.3
200	1646.4	293.6
30	1056.2	197.7

Tabella 1 Portate al colmo di piena con tempo di ritorno pari a 500, 300, 200 e 30 anni.

Una volta ottenuto il parametro a è stato possibile ricostruire l'idrogramma al colmo di piena con tempo di ritorno pari a 5 anni sia per il fiume Biferno che per il torrente Cigno.

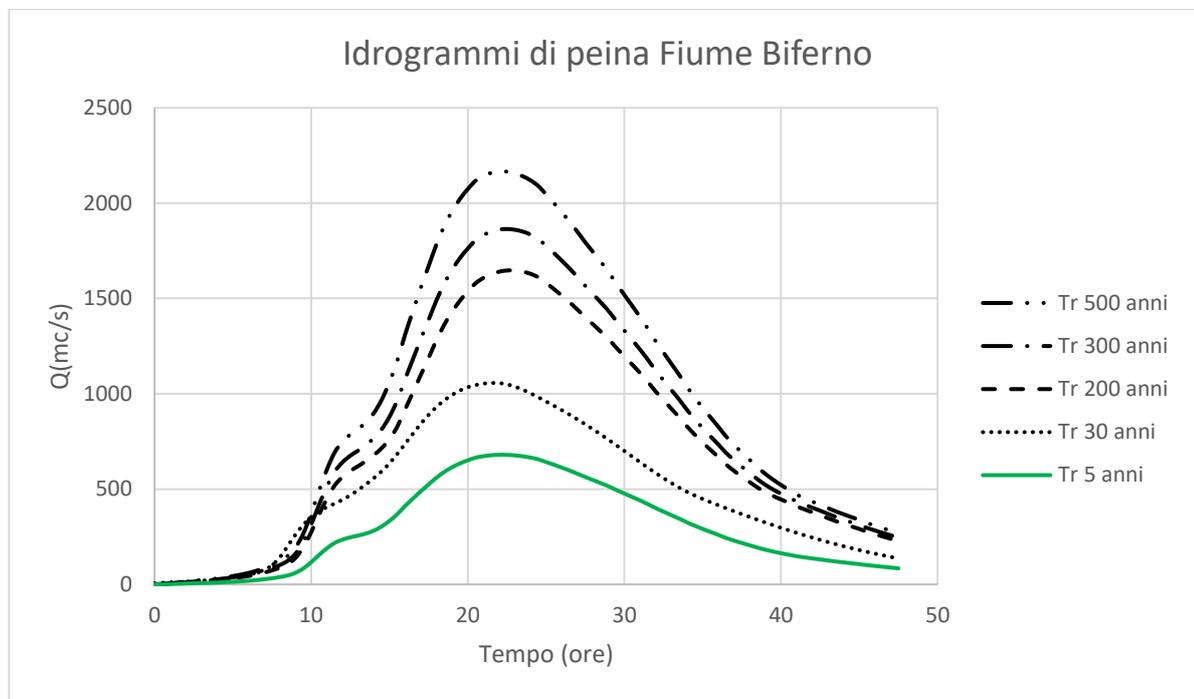


Figura 2 Andamento della portata al colmo di piena per il Fiume Biferno con differente tempo di ritorno.

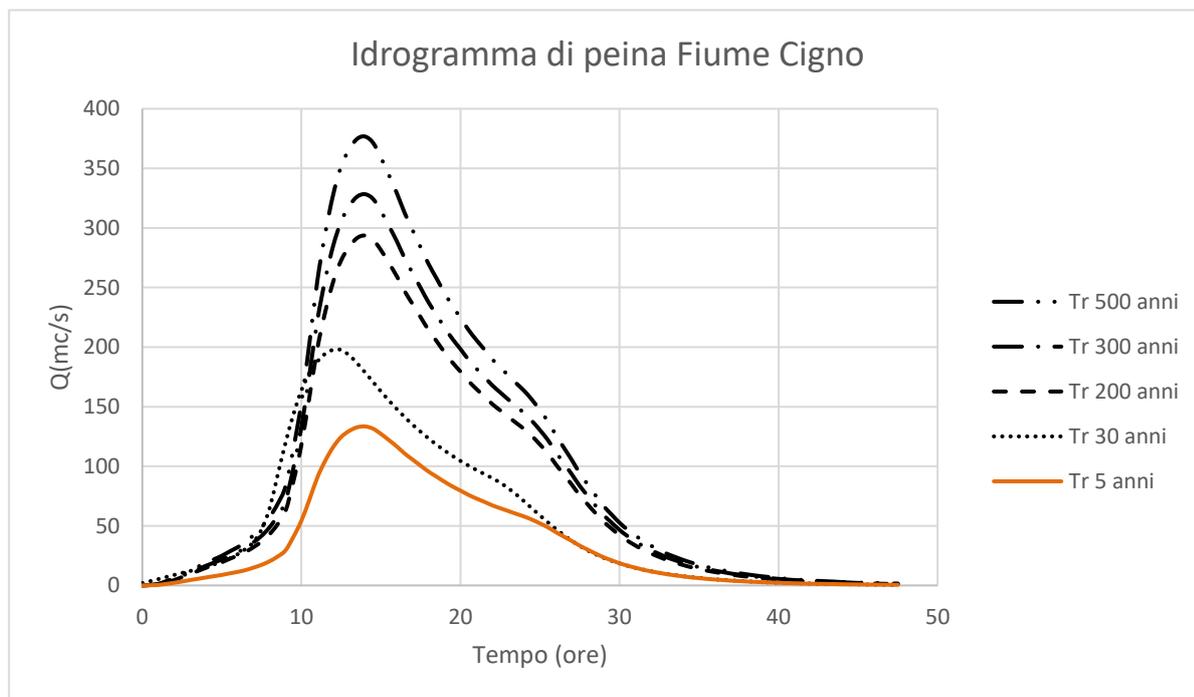


Figura 3 Andamento della portata al colmo di piena per il torrente Cigno con differente tempo di ritorno.

	<p>PROGETTO ESECUTIVO</p> <p>LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA</p> <p>Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina</p>												
<p>PSC – Relazione verifica arginature difesa Rischio Idraulico</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI0B</td> <td>02 E ZZ</td> <td>PU</td> <td>SZ 0001 013</td> <td>A</td> <td>9 DI 18</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI0B	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	9 DI 18
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI0B	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	9 DI 18								

2.2 Modellazione idraulica

Per condurre un'approfondita valutazione dei componenti del progetto, è stato utilizzato un modello idraulico bidimensionale (2D) per esaminare il flusso idrico in diverse condizioni.

Questa analisi è stata condotta attraverso l'impiego del software HEC-RAS. Sono stati formulati cinque scenari distinti al fine di valutare il comportamento idraulico in situazioni di piena.

Questi scenari comprendono:

- **Stato di Fatto:** Rappresenta la situazione attuale o il contesto idraulico esistente con portata a tempo di ritorno 5 anni.
- **Fase 1:** Indica la prima fase del progetto o intervento pianificato con portata a tempo di ritorno 5 anni.
- **Fase 2:** Rappresenta la seconda fase del progetto con portata a tempo di ritorno 5 anni.
- **Fase 1.1:** Questo scenario è una sottosezione in cui viene realizzata una verifica idraulica della Fase 1 con portata a tempo di ritorno 200 anni.
- **Fase 2.1:** Analogamente al caso precedente, rappresenta una sottosezione all'interno della Fase 2 per valutare il comportamento idraulico delle strutture con portata a 200 anni.

La superficie specifica oggetto dell'indagine è stata adattata in conformità ai dati topografici forniti dalla Regione. Questo adattamento è stato realizzato utilizzando un modello digitale del terreno (DTM) caratterizzato da una risoluzione estremamente dettagliata, superiore al metro. La figura 4 rappresenta il dominio della modellazione. Vengono utilizzati gli stessi parametri di condizioni al contorno come realizzato nelle modellazioni precedenti sulla sezione 5 di questo studio.

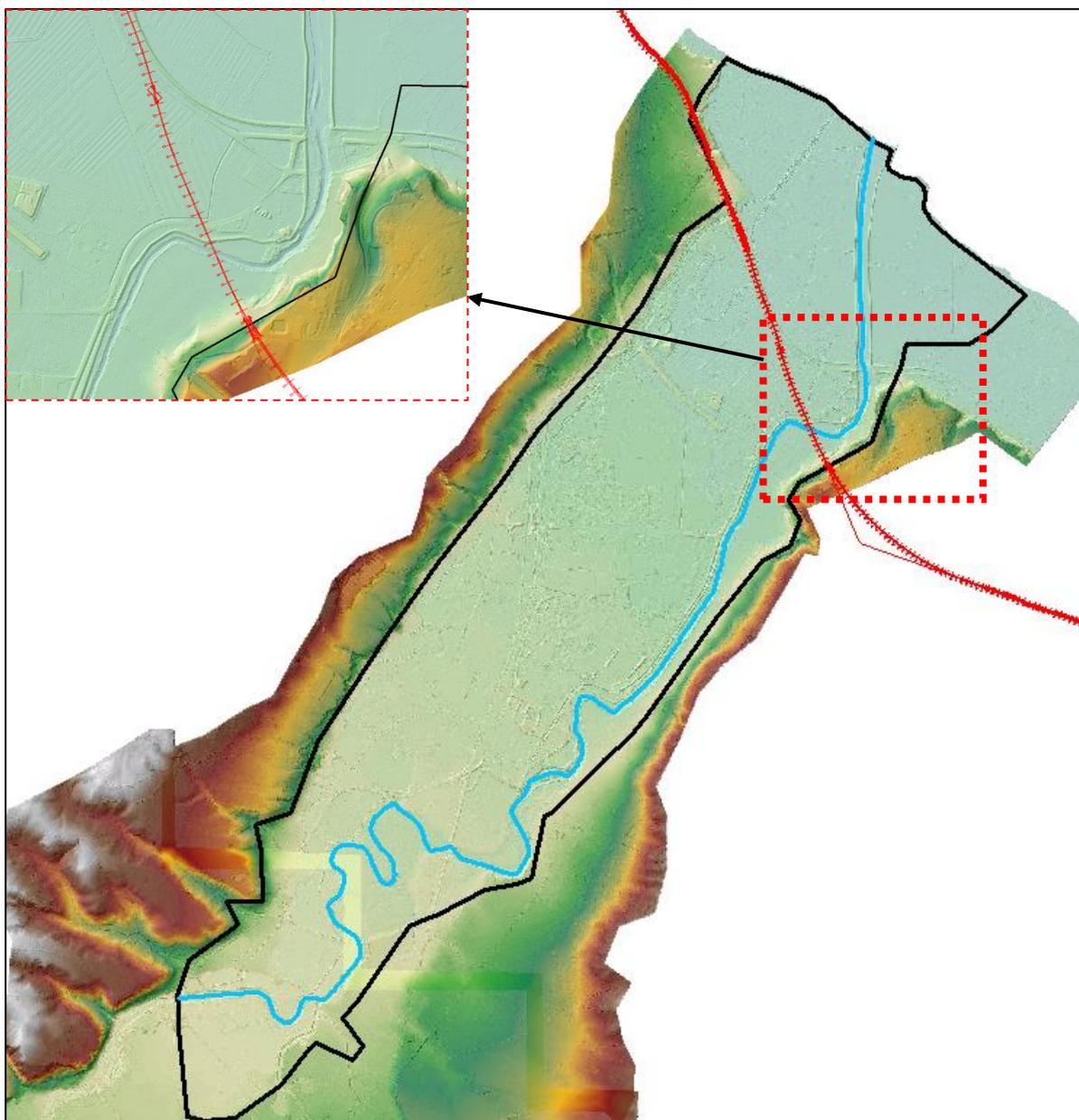


Figura 4 Dominio della modellazione

Mediante l'impiego degli idrogrammi di piena con un periodo di ritorno di 5 anni, ottenuto tramite il metodo di scalamento temporale precedentemente descritto, sono stati ipotizzati alcuni scenari di fasizzazione concernenti la modifica della posizione dell'alveo del fiume Biferno. Questa modifica è finalizzata a consentire la realizzazione delle strutture di fondazione e l'innalzamento della struttura VI02 in condizioni di sicurezza idraulica accettabile durante le stesse operazioni. Il piano idraulicamente più idoneo per tale scopo comporta la realizzazione in fasi distinte di due argini

	PROGETTO ESECUTIVO LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina					
	PSC – Relazione verifica arginature difesa Rischio Idraulico	PROGETTO LIOB	LOTTO 02 E ZZ	CODIFICA PU	DOCUMENTO SZ 0001 013	REV. A

temporanei all'interno del letto del fiume Biferno, insieme all'escavazione deviante delle acque di magra. In particolare, si illustra:

FASE 1 (Lato NORD):

- Realizzazione di scavo trapezio (base minore 15.00m, sponde 1:1 con altezza di circa 3.50m) con sezione pari a 70mq/ml per uno sviluppo longitudinale di 280m; lo scavo è utilizzato per spostare le acque di magra e rendere agevole la realizzazione delle due pile della campata principale;
- Realizzazione di un argine provvisorio trapezio con testa larga 2.00m, sponde 1:1 e altezza 4.50m, sezione pari a 27mq/ml per uno sviluppo totale di 360.00m;

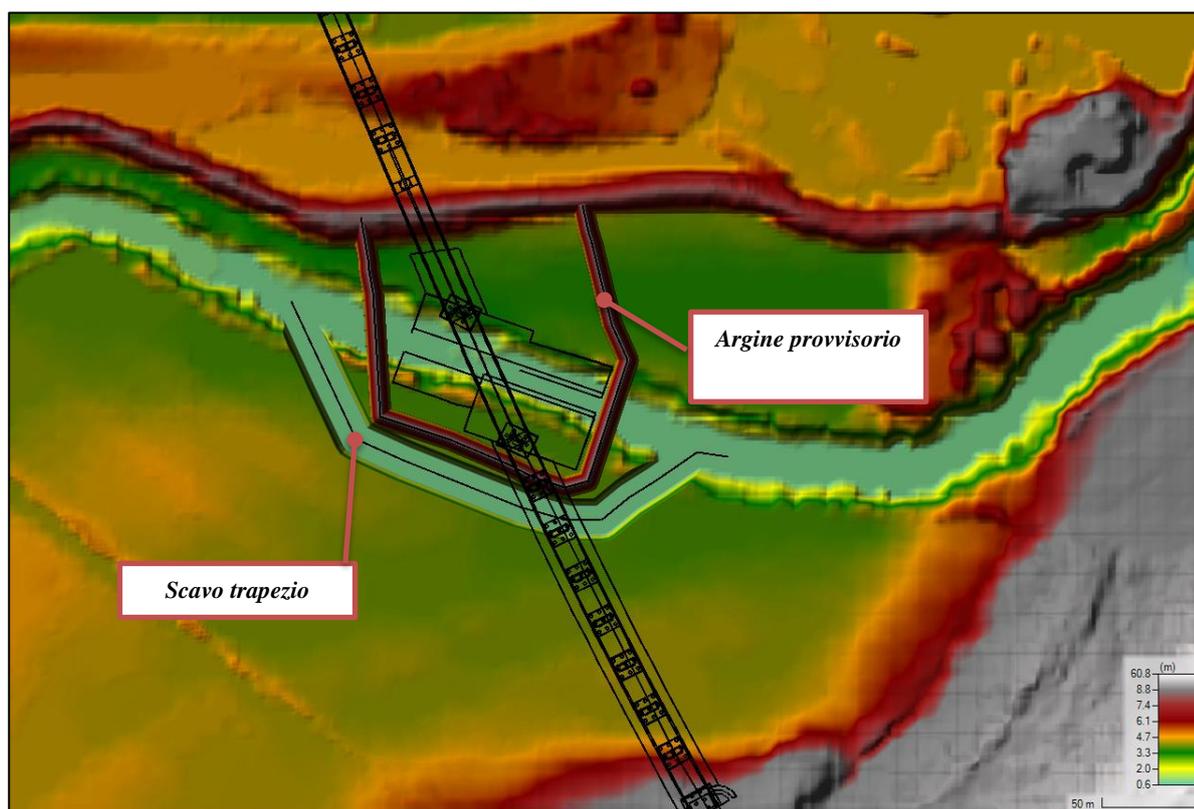


Figura 5 Fase1, argine provvisorio lato Nord.

FASE 2 (Lato SUD):

- Rinterro canale provvisorio della fase 1;
- Realizzazione di un argine provvisorio trapezio con testa larga 2.00m, sponde 1:1 e altezza 4.50m, sezione pari a 27mq/ml per uno sviluppo totale di 450.00m;

	PROGETTO ESECUTIVO LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina					
	PSC – Relazione verifica arginature difesa Rischio Idraulico	PROGETTO LIOB	LOTTO 02 E ZZ	CODIFICA PU	DOCUMENTO SZ 0001 013	REV. A

- Demolizione argine provvisorio fase 1

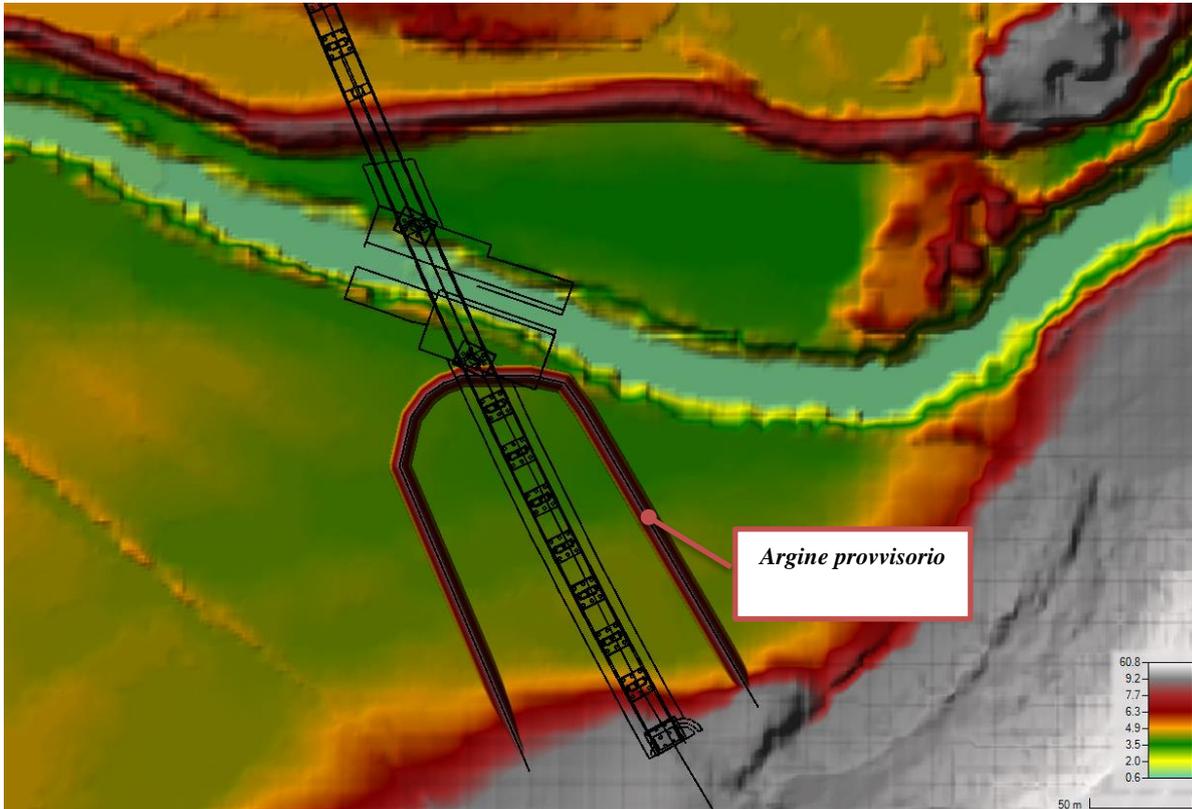
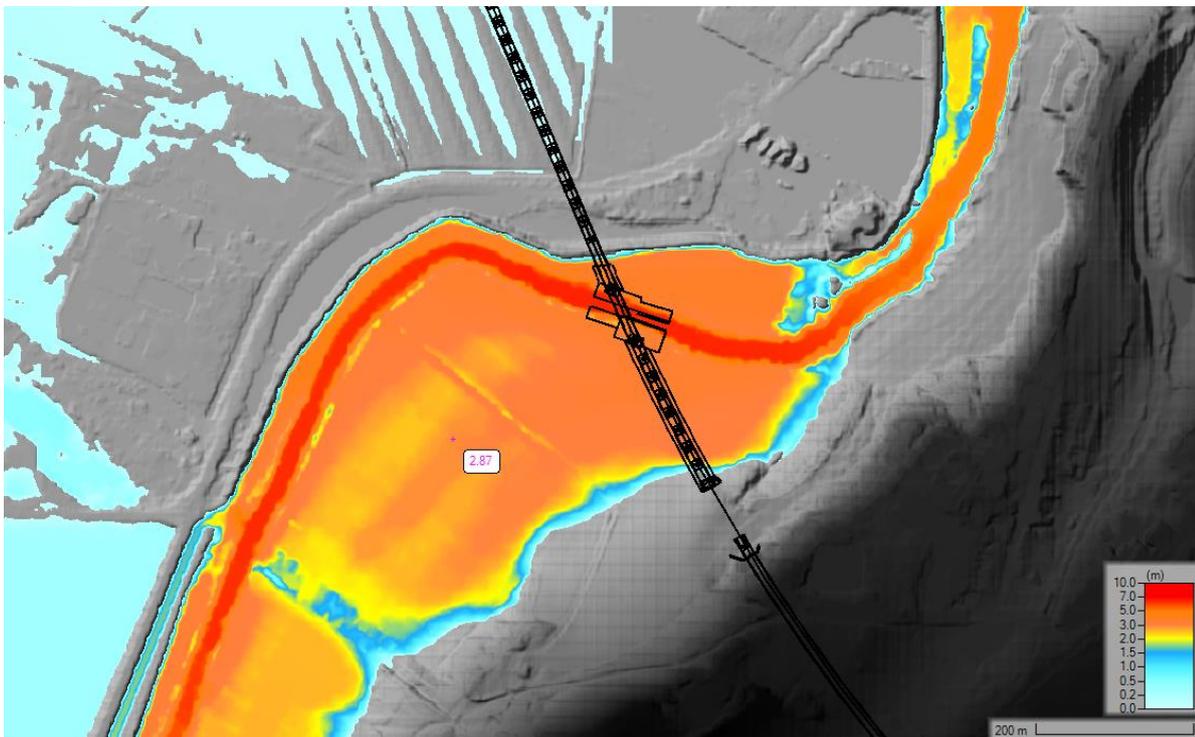


Figura 6 Fase 2, argine provvisorio lato Sud..

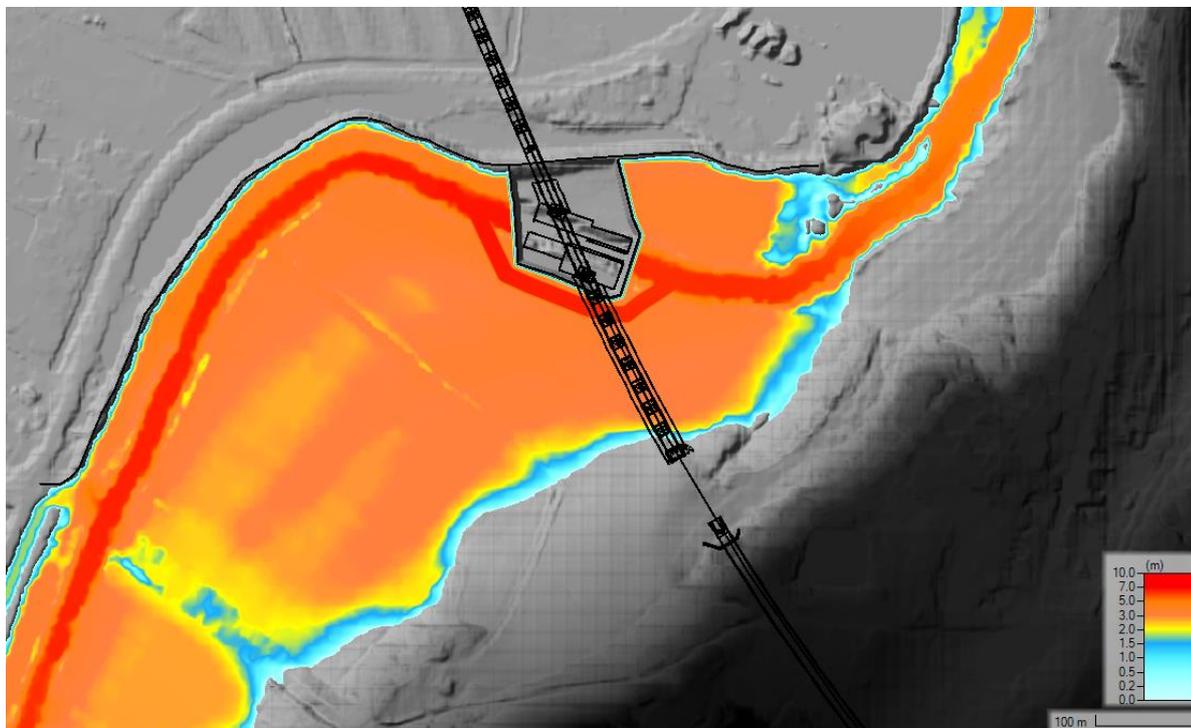
2.3 Risultati modellazione bidimensionale “Fasizzazione”.

Il manuale di progettazione ferroviaria prescrive che sia necessario condurre verifiche delle strutture temporanee di fase, in questo caso una verifica di no esondazione dell’area per un periodo di ritorno di 5 anni. Allo stesso modo, è richiesta una verifica idraulica delle opere provvisorie per la possibilità di cedimento in condizioni estreme, con un periodo di ritorno a 200 anni. Questi controlli e verifiche sono essenziali per garantire la sicurezza e la stabilità delle strutture temporanee durante il processo di costruzione e per garantire che resistano in modo adeguato a situazioni di piena idraulica.

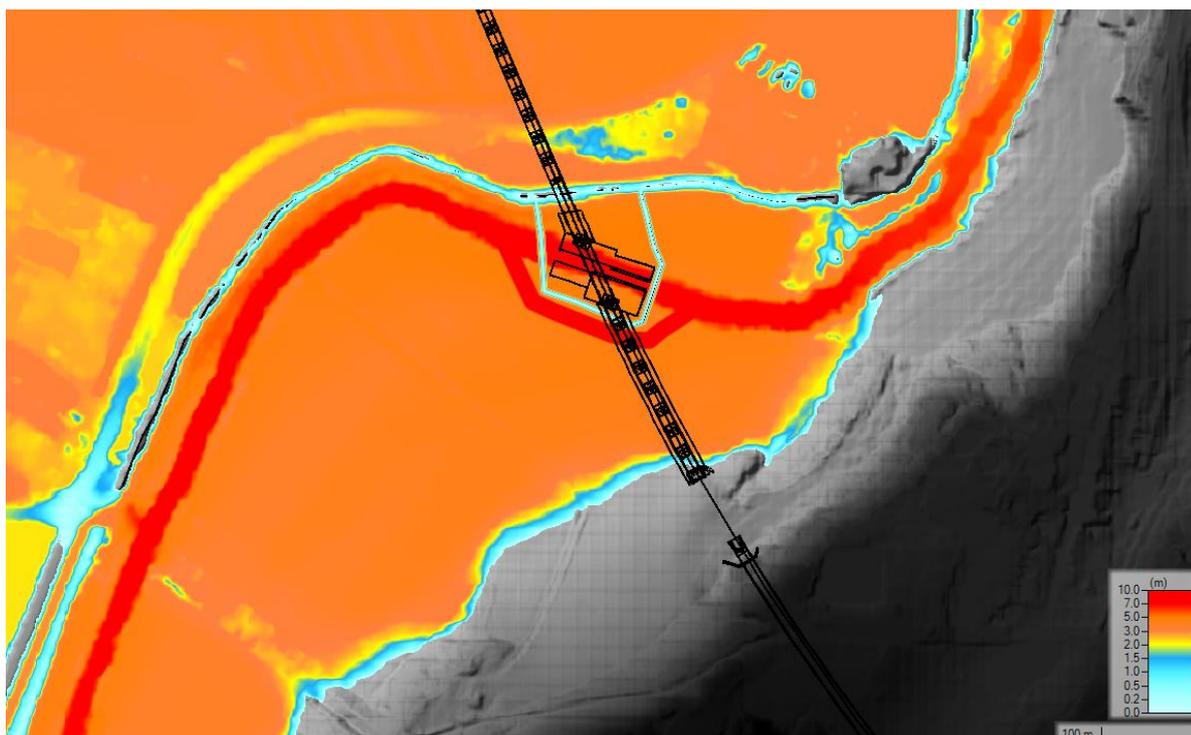
Stato di fatto TR 5 anni



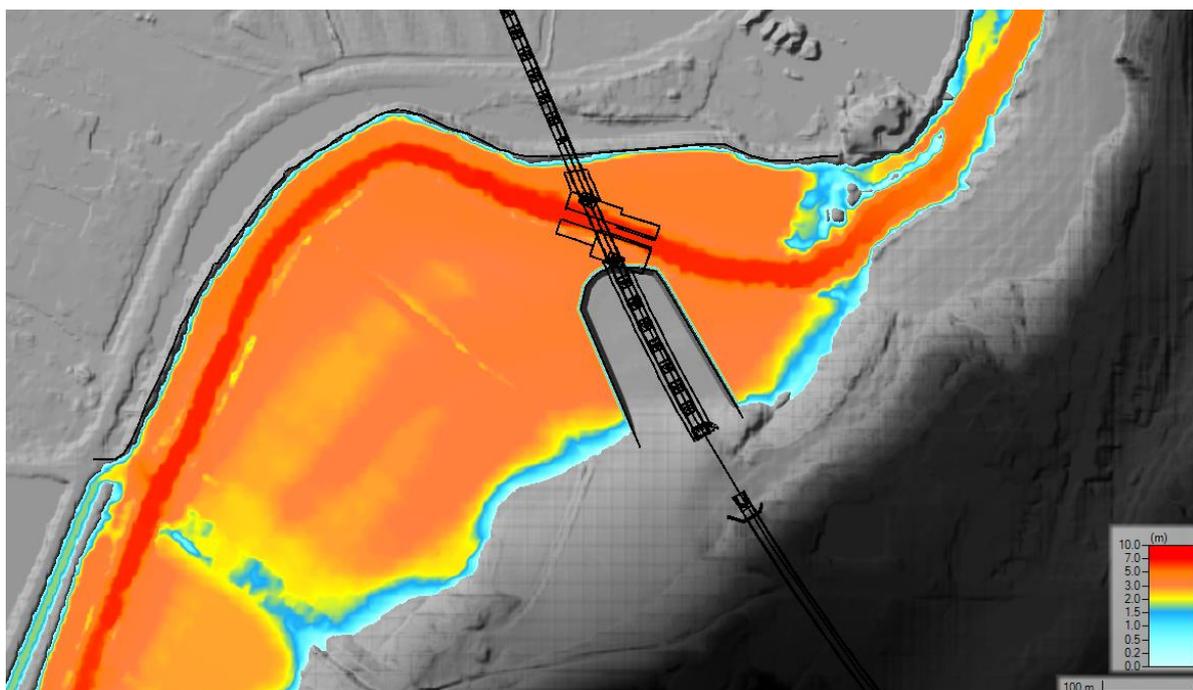
Fase 1 TR 5 anni



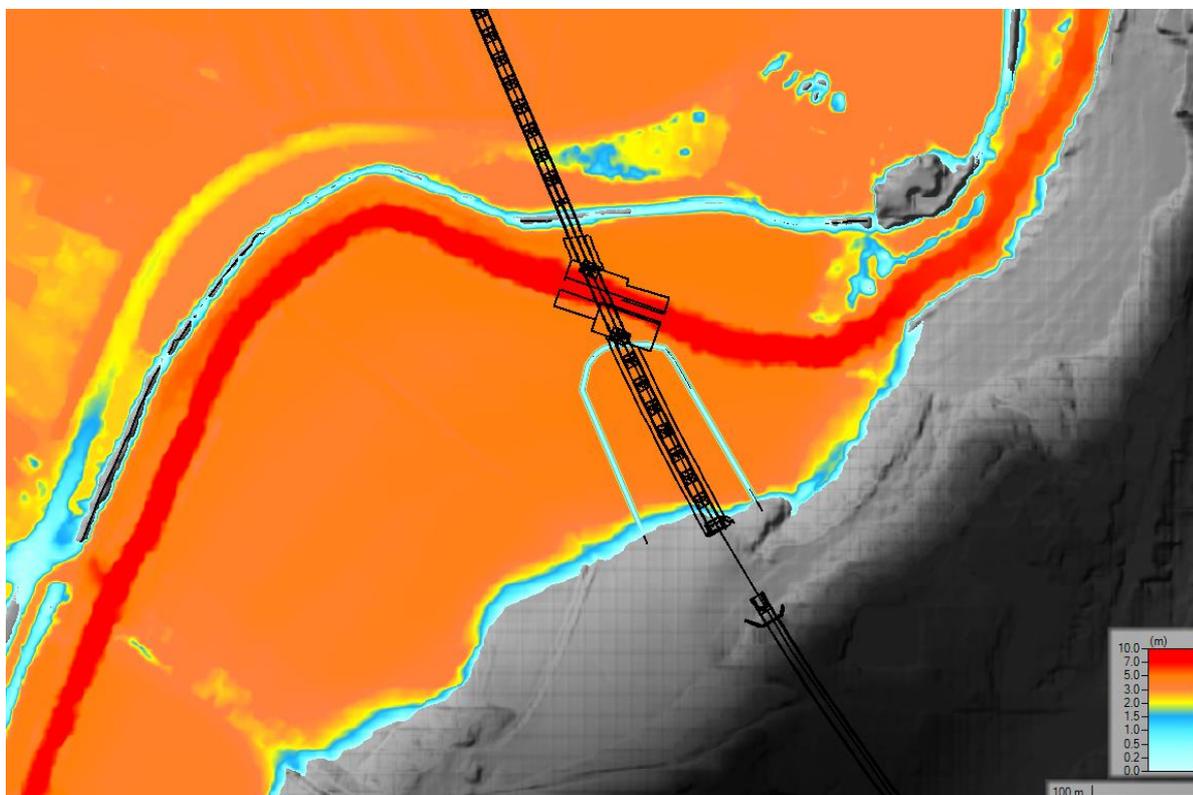
Fase 1.1 TR 200 anni



Fase 2 TR 5 anni



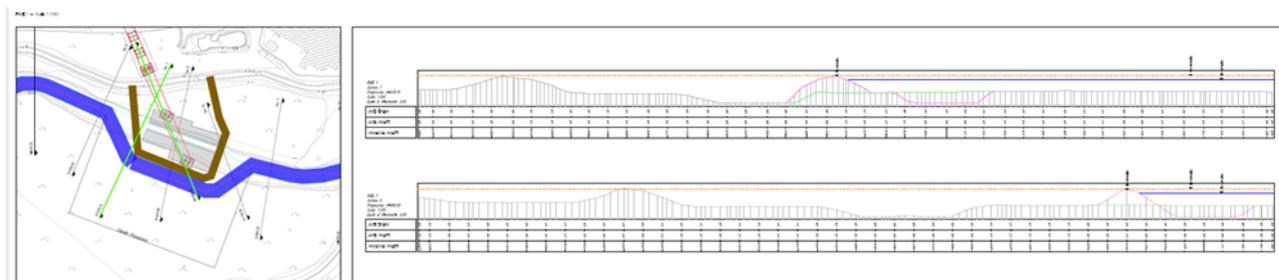
Fase 2.1 TR 200 anni



Conclusioni

Le strutture temporanee destinate alla fase di realizzazione dimostrano un'eccellente adattabilità al comportamento idraulico del fiume Biferno in presenza di eventi di piena con un periodo di ritorno di 5 anni. Questo periodo di ritorno è ampiamente congruente con il cronoprogramma del cantiere nella zona. Inoltre, tali strutture soddisfano completamente i requisiti del manuale ferroviario, che prevede che queste strutture debbano essere progettate per cedere in caso di evento di piena di 200 anni, al fine di consentire il normale deflusso del corpo idrico.

Vedasi anche LI0B02EZZPZID0002167A “Fasi Realizzative Fiume Biferno Tav. 2”





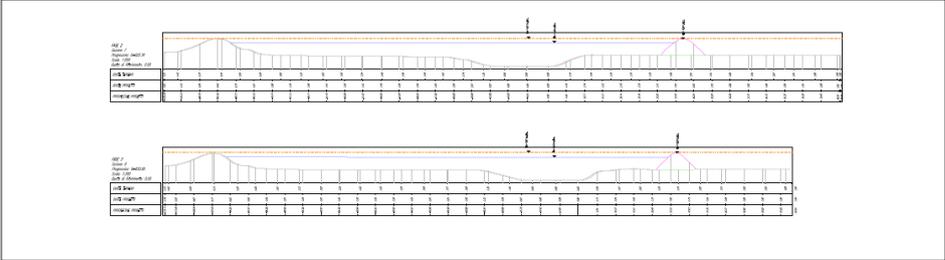
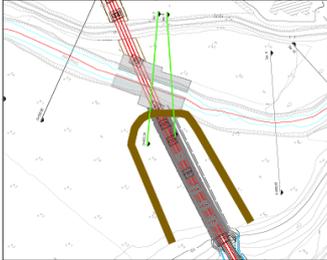
PROGETTO ESECUTIVO

**LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA
FERROVIARIA TERMOLI - LESINA**

Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina

**PSC – Relazione verifica arginature difesa
Rischio Idraulico**

PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI0B	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	17 DI 18



	<p>PROGETTO ESECUTIVO</p> <p>LINEA PESCARA-BARI, RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA</p> <p>Lotto 2-3 – Raddoppio Termoli Lesina</p>												
<p>PSC – Relazione verifica arginature difesa Rischio Idraulico</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>PROGETTO</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>LI0B</td> <td>02 E ZZ</td> <td>PU</td> <td>SZ 0001 013</td> <td>A</td> <td>18 DI 18</td> </tr> </tbody> </table>	PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	LI0B	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	18 DI 18
PROGETTO	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
LI0B	02 E ZZ	PU	SZ 0001 013	A	18 DI 18								

3 CONCLUSIONE

Come dimostrato nei capitoli precedenti, è corretto dimensionare sia la deviazione locale dell'alveo che gli argini a protezione del cantiere di realizzazione delle pile del Viadotto VI.02 con un tempo di ritorno di 5 anni, e pertanto le opere necessarie per la realizzazione e il successivo smantellamento degli argini provvisori costruiti a difesa del cantiere sono stati inseriti all'interno del Computo Metrico Estimativo dei costi della sicurezza allegati al presente progetto esecutivo.