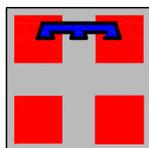


AUTOSTRADA ASTI - CUNEO S.p.A.



PROVINCIA DI ASTI



REGIONE PIEMONTE



PROVINCIA DI CUNEO

COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE ASTI - CUNEO

TRONCO II A21 (ASTI EST) - A6 (MARENE)

LOTTO 6 RODDI - DIGA ENEL

VERIFICA DI ASSOGGETTABILITA' EX ART. 20 D.LGS. 152/06
STRALCIO DEL PROGETTO ESECUTIVO
OPERE D'ARTE DI ATTRAVERSAMENTO

OPERE IDRAULICHE
OPERE DI SISTEMAZIONE TORRENTE TALLORIA
RELAZIONE IDRAULICA

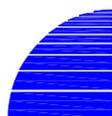
Aggiornato: 00	Data : Marzo 2014	Descrizione: EMISSIONE	Redatto: Ing. Dutto	Controllato: Ing. Ossesia	Approvato: Ing. Ghislandi	Codifica: 2.6 E - r E.3.10.01
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Lotto Prog. Tipo Elaborato
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data: MARZO 2014
Aggiornato:	Data :	Descrizione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Scala: -



PROGETTISTA e RESP. INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Enrico Ghislandi
Albo di Milano
N° A 16993

CONCESSIONARIA:



AUTOSTRADA ASTI - CUNEO S.p.A.



INDICE

1. PREMESSA	2
2. INQUADRAMENTO GENERALE.....	3
3. STATO ATTUALE DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA	4
4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI	5
4.1. SISTEMAZIONE ALVEO T. TALLORIA	5
4.2. RIPROFILATURA RAMO SECONDARIO.....	8
4.3. RILEVATO ARGINALE IN SPONDA SINISTRA DEL NUOVA ALVEO DEL TALLORIA9	
4.4. SPOSTAMENTO ARGINE IN DESTRA TANARO	9
5. CANTIERIZZAZIONE.....	10
5.1. OPERE PROVVISORIALI IN ALVEO	11
5.1.1. <i>Valutazione del tempo di ritorno della portata di riferimento per la verifica delle opere provvisionali</i>	<i>11</i>
5.1.2. <i>Stima delle portate di piena di riferimento per le opere provvisionali.....</i>	<i>13</i>
5.1.3. <i>Verifica idraulica delle opere provvisionali.....</i>	<i>14</i>
6. ANALISI IDRAULICA.....	16
6.1. MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO.....	16
6.2. COSTRUZIONE DELLA GRIGLIA DI CALCOLO DEL MODELLO NUMERICO 2D	16
6.2.1. <i>Parametri del modello</i>	<i>20</i>
6.2.2. <i>Condizioni al contorno.....</i>	<i>20</i>
6.2.3. <i>Descrizione delle simulazioni e delle analisi idrauliche condotte 20</i>	
6.3. RISULTATI DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE	21
6.3.1. <i>Scenario SIM1 - situazione attuale.....</i>	<i>21</i>
6.3.2. <i>Scenario SIM2 - situazione di progetto.....</i>	<i>28</i>
6.4. OSSERVAZIONI SUI RISULTATI DELL'ANALISI IDRODINAMICA	37
6.5. ANALISI DELLO SCALZAMENTO DELLE PILE DEL PONTE SUL T.TALLORIA....	39
6.5.1. <i>Condizioni idrauliche di riferimento.....</i>	<i>39</i>
6.5.2. <i>Schematizzazione geometrica</i>	<i>39</i>
6.5.3. <i>Calcolo dello scalzamento</i>	<i>40</i>



1. PREMESSA

Nella presente relazione, parte integrante del Progetto esecutivo del Collegamento A6-A21 (Asti Cuneo) Tronco II - Lotto 6, sono descritti gli interventi, di sistemazione idraulica del T. Talloria tra il limite di valle del 3 Lotto di interventi a protezione della città di Alba dei comuni di Alba e Roddi, recentemente realizzati, e il sifone del canale di Verduno. Nella seconda parte del documento si illustrano le analisi e le verifiche idrauliche riguardanti gli interventi in progetto. Per un maggior dettaglio in merito alle valutazioni idrologiche idrauliche eseguite sul nodo idraulico, si rimanda all'elaborato specifico "*Relazione idrologica e idraulica – Fiume Tanaro e confluenze principali (2.6E-rB.4.1.01)*".



2. INQUADRAMENTO GENERALE

Per analizzare dal punto di vista idraulico il nodo costituito dalla confluenza del T. Talloria in Tanaro, tenendo conto dell'interferenza tra le opere autostradali in progetto e i corsi d'acqua naturali e artificiali esistenti, è stato messo a punto un modello idraulico bidimensionale dell'area di foce del torrente considerando un evento di piena con tempo di ritorno duecentennale.

Il risultato più significativo di tali simulazioni è la chiara indicazione che le aree comprese tra il T. Talloria e il nuovo argine, a lato della superstrada e delle future rampe dello svincolo di Alba dell'autostrada Asti-Cuneo, saranno interessate dal deflusso delle acque della piena duecentennale che si espanderanno su tutta la zona. Tale risultato ha confermato l'opportunità, già evidenziata nei precedenti studi e progetti dei comuni di Alba e Roddi, di prevedere la realizzazione di interventi di sistemazione idraulica del T. Talloria che garantiscano il franco idraulico di 1 m rispetto alla sommità della sponda in sinistra mentre consentano alle acque di esondare in destra e di allagare le campagne circostanti, riducendo in tal modo, per quanto possibile, i livelli e le velocità, garantendo ancora il franco minimo (sempre di 1 m) rispetto all'argine appena realizzato.



3. STATO ATTUALE DELLE OPERE DI DIFESA IDRAULICA

Le opere di protezione idraulica esistenti, di significativo interesse per quanto riguarda il lotto autostradale in esame, risultano ubicate in prossimità del nodo di confluenza del torrente Talloria nel fiume Tanaro. In particolare si evidenziano:

- lo scolmatore del torrente Talloria;
- la sistemazione dell'interferenza Talloria-Canale di Verduno;
- le nuove arginature del Tanaro.

Lo scolmatore del Talloria è un manufatto scatolare tombato che incanala la portata defluente nel torrente, sottraendola all'alveo originario in loc. C. Prassano (poco a valle della confluenza del Talloria di Castiglione) e restituendola immediatamente a valle dell'attraversamento della SS 231. Il vecchio alveo, diventato a seguito degli interventi un ramo secondario, è interessato da deflussi pressochè solo in condizioni di piena, per la quota parte di portata non derivata dallo scolmatore e per il drenaggio del bacino residuo. A valle della SS 231 vi è un'interferenza tra il canale artificiale di Verduno e il Talloria. L'alveo nel torrente è stato deviato realizzando un taglio di meandro artificiale rispetto all'alveo originario, con sezione in calcestruzzo.

Il canale sottopassa con un sifone tale tratto di deviazione, e successivamente attraversa anche il ramo d'alveo originario (il quale è in grado di riattivarsi solo in caso di piena) mediante ponte canale. In corrispondenza del sottopasso viabile della SS 231, circa 400 m a valle dell'attraversamento del Talloria, ha inizio l'argine principale del Tanaro di sponda destra. Esso si sviluppa inizialmente parallelo alla viabilità, per poi deviare dopo circa 400 m avvicinandosi alla sponda del fiume, con un tratto di recente realizzazione. Il canale di Verduno nella configurazione attuale alimenta con gran parte della portata da esso veicolata una centralina idroelettrica ubicata in prossimità di tale tratto di argine, la quale scarica le acque turbinate direttamente in Tanaro.

Nel tratto a valle dello scolmatore sopracitato sono già state realizzate dal Comune di Alba opere spondali per la sistemazione del torrente Talloria; tali opere terminano in corrispondenza della sezione da cui prende inizio la sistemazione prevista nell'ambito del presente progetto.

4. DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Le opere previste in progetto sono:

- a) lo spostamento dell'alveo del T. Talloria tra il limite di valle degli interventi di sistemazione idraulica a protezione della città di Alba nei comuni di Alba e Roddi, realizzati e il canale Enel;
- b) la realizzazione del rilevato arginale in sommità alla sponda sinistra per garantire il franco di 1 m sino oltre il sifone del canale Enel ed il tombamento dell'alveo attuale;
- c) la riprofilatura del ramo secondario del T. Talloria lungo il tratto immediatamente a monte del sottopasso del canale Enel ed il ripristino del piano campagna della zona a tergo della sistemazione in massi esistente della sponda destra del Talloria, profondamente erosa ed incisa dalle acque durante la piena del '94;
- d) la costruzione di due sifoni irrigui e dei relativi collegamenti alla rete irrigua esistente;
- e) lo spostamento di un breve tratto di argine destro di Tanaro in corrispondenza della spalla lato Asti dei 2 viadotti autostradali.

Tali interventi hanno i seguenti scopi:

- ridefinire l'alveo del T. Talloria in modo tale da renderlo compatibile con il rilevato ed il viadotto autostradale in progetto ed evitare che l'alveo attuale sia per qualsiasi motivo riattivabile;
- sistemare la sponda sinistra a completamento degli interventi già realizzati in modo tale da garantire il franco minimo di 1 m rispetto alla portata duecentennale e non ostacolare l'esondazione in destra per limitare i livelli e le velocità dell'acqua in caso di piena;
- migliorare il regime idraulico del torrente con la demolizione del guado esistente in modo da regolarizzare il deflusso lungo il tracciato più breve sino oltre il canale Enel;
- sistemare il ramo secondario del corso d'acqua, che attualmente viene riattivato solo durante i periodi caratterizzati dalle maggiori portate, per evitare che il deflusso delle acque interferisca con le pile di sostegno del viadotto autostradale e mantenerlo umido mediante la posa in opera di una tubazione in cls di attraversamento della difesa spondale esistente (presa ecologica);
- garantire il corretto funzionamento dei cavi irrigui esistenti.

4.1. SISTEMAZIONE ALVEO T. TALLORIA

Per ridefinire l'alveo del T. Talloria in modo tale da renderlo compatibile con il rilevato ed il viadotto autostradale in progetto è stato necessario prevederne lo spostamento rispetto alla posizione attuale. Lo spostamento del tratto di alveo in esame, conclusi i lavori del 3° lotto degli interventi di sistemazione idraulica dei comuni di Alba e Roddi, dovrà raccordarsi al nuovo corso del T. Talloria. Il nuovo alveo sarà realizzato quasi parallelo a quello esistente (il suo asse sarà spostato mediamente di una quarantina di metri verso il centro dell'ampia curva) e risulterà leggermente più corto di quello attuale (all'incirca di una trentina di metri). Inoltre la corrente sarà indirizzata quasi in asse alla sistemazione esistente in corrispondenza del sifone Enel mentre attualmente subisce una brusca deviazione che, in casi di piena, provocherebbe il possibile sormonto da



parte delle acque della difesa di sponda esistente creando danni nelle zone a monte del canale di Verduno.

Il nuovo alveo si raccorderà a monte con le opere di sistemazione idraulica dei comuni di Alba e Roddi e a valle con la sistemazione dell'alveo in massi esistente in corrispondenza del sifone del canale Enel. Il nuovo alveo, nel tratto in esame (tra le sezioni n 1 e n 14), avrà uno sviluppo in asse all'incirca di 390 m, e sarà in gran parte realizzato totalmente in scavo rispetto al piano campagna circostante (solo in corrispondenza del raccordo a monte con l'alveo naturale e/o già sistemato e nella zona a monte del sifone il nuovo alveo sarà realizzato sistemando in rilevato il materiale di risulta degli scavi).

In linea generale gli interventi previsti consistono in:

- difesa di sponda in sinistra da progr. 12,45 (sez. 1 - riferimento al profilo longitudinale) a progr. 447,12;
- difesa di sponda in destra da progr. 225,12 a progr. 400,86 (sez. 14);
- sifone De 800 mm a progr. 72,44;
- sifone De 800 mm a progr. 217,62;
- nuovo guado a progr. 225,34 (misurato in asse);
- presa ecologica a progr. 350,03;
- scarico tubazione DN 800 acque di piattaforma a progr. 401,71.

La sezione d'alveo di progetto avrà larghezza di base pari a 20,0 m da inizio sistemazione fino quasi alla sezione 9 per poi ridursi fino a 13,0 m per sovrappassare il sifone del Canale Enel e raccordarsi alle opere esistenti.

Per facilità di esposizione le 2 difese di sponda vengono illustrate separatamente.

- Difesa in sinistra - è prevista una scogliera in massi di cava di caratteristiche diverse procedendo da monte verso valle:
 - tipo A per una lunghezza di 130,0 m; difesa in massi sciolti di spessore 1,00 m, rinforzata al piede e pendenza sponde 2 su 3; altezza 5,30 m e rilevato arginale a tergo per ulteriori 0,90 m per garantire un franco di 1,00 m rispetto alla piena duecentennale;
 - tipo B per una lunghezza di 91,60 m; difesa in massi sciolti, come A, di altezza variabile da 5,30 a 4,72 m e rilevato arginale a tergo per ulteriori 0,90 m; in questo caso la pendenza di sponda è anch'essa variabile per raccordarsi gradualmente alla situazione di valle;
 - tipo C per una lunghezza di 60,00 m; difesa in massi sciolti di altezza variabile da 4,72 a 4,31 m e rilevato arginale a tergo per ulteriori 0,90 m; anche la pendenza della sponda è variabile aumentando di inclinazione procedendo verso valle. All'interno del tratto di validità della sezione tipo C è prevista la realizzazione del nuovo guado ed il raccordo dello stesso al rilevato arginale che funge anche da pista di servizio;
 - tipo D per una lunghezza di 39,40 m; difesa in massi cementati di altezza variabile da 4,31 a 4,02 m e rilevato arginale a tergo per ulteriori 0,90 m; come per le sezioni precedenti la pendenza della sponda è variabile per raccordarsi all'attraversamento del Canale Erga senza restringere eccessivamente la sezione d'alveo;
 - tipo E per una lunghezza di 41,30 m; difesa in massi cementati di altezza variabile da 4,02 a 3,71 m e larghezza della sponda variabile da 3,55 a 2,62 m (misurata come proiezione orizzontale). Nel tratto di validità della sezione tipo E, la larghezza di base dell'alveo sistemato varia da 18,40 a 13,45 m;
 - tipo F per una lunghezza di 27,90 m; difesa in massi cementati di altezza variabile da 3,71 a 3,50 m e larghezza della sponda variabile da 2,62 a 2,45

m; la larghezza di base dell'alveo sistemato si riduce ancora da 13,45 a 13,00 m;

- tipo G per una lunghezza di 15,30 m e altezza variabile da 3,50 a 3,30 m; in questo caso, per mancanza di spazio, a tergo della difesa in massi è prevista la posa di un gabbione metallico con un modesto rilevato a tergo al fine di dare continuità al rilevato arginale che, nel tratto precedente (sezioni tipo E e F) si discosta dalla difesa per aggirare le fondazioni della prima pila per i 2 viadotti in progetto;
- tipo H per una lunghezza di 31,00 m; in questo caso la scogliera in massi esistenti viene mantenuta e l'intervento consiste nel semplice rialzo della stessa mediante la posa di una gabbionata di caratteristiche analoghe a quanto descritto per la precedente sezione tipo G.

- Difesa in destra - In destra è prevista la sola ricalibratura della sponda secondo una pendenza di 2 su 3 per tutto il tratto riferibile alle sezioni tipo A e B (lunghezza 204,0 m che diventa pari a 212,80 m se misurati in asse al corso d'acqua).

La difesa spondale inizia a progr. 225,12 (riferimento al profilo longitudinale di progetto) ed è prevista in massi sciolti per la sezione tipo C e in massi cementati per le sezioni successive.

In dettaglio la difesa avrà le seguenti caratteristiche, procedendo da monte verso valle:

- tipo C per una lunghezza di 60,00 m, pendenza sponda 2 su 3 e altezza pari a 3,80 m;
- tipo D per una lunghezza di 45,10 m, altezza variabile da 3,80 a 3,65 m e pendenza sponde più elevata procedendo verso valle;
- tipo E per una lunghezza di 47,90 m, altezza variabile da 3,65 a 3,50 m; nel tratto considerato con la sezione tipo E l'intervento consiste oltre che nella difesa di sponda anche nella realizzazione di un rivestimento di sommità e di una difesa a tergo in corrispondenza del vecchio ramo del Talloria al fine di creare una zona destinata alla tracimazione per alimentare in condizioni di piena il ramo secondario del corso d'acqua; nello stesso tratto è prevista anche la realizzazione di una tubazione attraverso l'opera di sfioro con la funzione di presa ecologica, per alimentare la zona umida costituita dal ramo secondario di Talloria;
- tipo F per una lunghezza di 28,00 m e altezza variabile da 3,50 a 2,60 m.

In particolare, occorre precisare quanto segue in merito alla tipologia ed alla funzionalità delle opere in progetto.

I massi di cava non cementati saranno posati su teli di geotessile del peso di 400 g/m²; il rivestimento della sponda dello spessore di 1.00 m sarà contrastato al piede da una struttura, sempre in massi, di 1.50 m di spessore e della larghezza di 3.50 m. La scogliera dovrà essere intasata e in sommità all'opera i massi di cava saranno coperti con uno strato di terreno vegetale di 20 cm di spessore che sarà successivamente inerbito e saranno inserite tra i massi delle talee di specie arbustive autoctone di facile attecchimento. La sponda destra lungo il tratto interessato dalle sezioni A e B sarà semplicemente riprofilata.

In corrispondenza del limite di valle della sezione tipo B è stata prevista la costruzione del nuovo guado in massi cementati che dovrà essere realizzato senza interferire con l'andamento del nuovo profilo di fondo alveo. Il guado sarà collegato mediante due brevi tratti di pista interpodereale con la strada comunale del Pozzetto e con la viabilità dei campi esistente, transitando in sommità alla difesa in massi sotto la quale sarà



realizzata la presa ecologica del ramo secondario. Il guado e le piste dovranno essere realizzate in modo tale da consentire il transito di mezzi agricoli di qualsiasi dimensioni (la zona più stretta lungo la quale i mezzi dovranno risalire lungo le sponde sarà larga 6.00 m).

La sistemazione in massi della sponda destra inizierà poco a monte del guado; le scogliere su entrambe le sponde saranno raccordate con le rampe del guado e per un tratto di circa 25 m in asse (compreso anche tutto il guado) tutte le sistemazioni in massi saranno cementate. La sistemazione in massi della sponda destra sarà molto simile a quella prevista in sponda sinistra; il piede della difesa di sponda sarà identico, mentre, la parte alta della scogliera sarà sostanzialmente differente, in quanto, nella zona in esame, in concomitanza con una portata di piena con tempo di ritorno di 200 anni, le acque di esondazione interessano la pista in prossimità del guado.

La difesa in massi della sponda destra sarà raccordata con il piano campagna attuale; per proteggere dalle acque di esondazione il terreno immediatamente a ridosso della sponda, per una fascia di 9,00 m di larghezza e per un tratto di 48 m circa di lunghezza, sarà proseguita la sistemazione in massi della scogliera (sezione tipo E). A valle della sezione n. 10, in caso di esondazione, la presenza dell'alveo secondario a breve distanza determinerà localmente un aumento della velocità di deflusso delle acque e quindi un aumento del fenomeno di erosione del terreno. In base a tali considerazioni tra le sezioni n 10 e 13 è stata prevista, per un tratto all'incirca di 48 m di lunghezza, la realizzazione lungo la sponda destra di una scogliera in grado di risultare stabile anche nell'eventualità che il terreno a tergo sia completamente asportato durante l'esondazione. La sezione sarà ovviamente interrata a tergo tranne in corrispondenza del ramo secondario; tra le sezioni n. 11 e 12 è prevista la posa in opera della tubazione in c.a. della presa ecologica che servirà a mantenere umido l'alveo ormai normalmente disattivato.

A valle della sezione n. 13 la difesa in massi della sponda destra del T. Talloria proseguirà per altri 28 m circa di lunghezza sino a raccordarsi con la sistemazione spondale esistente. A valle della sezione n. 14 sino al limite della zona d'intervento (circa 45 m) è previsto l'innalzamento della sistemazione in massi esistente solo in sponda sinistra al fine di garantire il franco minimo di 1.00 m sino oltre il canale di Verduno, mentre in sponda destra non sono previsti interventi di adeguamento della difesa esistente.

4.2. RIPROFILATURA RAMO SECONDARIO

Lungo il ramo secondario del T. Talloria, che attualmente è riattivato solo durante i periodi caratterizzati dalle maggiori portate, per evitare che in futuro il deflusso delle acque interferisca normalmente con le pile di sostegno del viadotto autostradale, è stato previsto di modificare leggermente il tracciato per circa 166 m di lunghezza. Una volta completati i lavori nel ramo in esame, normalmente, defluiranno solo le acque immesse dalla presa ecologica o quelle di scolo provenienti dai campi. In caso di esondazione le acque saranno intercettate dall'alveo secondario sino al limite della sua capacità di deflusso, successivamente interesseranno zone sempre più ampie sino a raggiungere il limite dell'area esondabile rappresentato dall'argine di Tanaro.

La sezione di scavo è prevista con larghezza di base pari a 6,25 m e pendenza sponda 1 su 2 ed è congruente con quella attuale.



4.3. RILEVATO ARGINALE IN SPONDA SINISTRA DEL NUOVA ALVEO DEL TALLORIA

L'alveo è stato ricalibrato in modo tale da garantire il deflusso della portata di piena duecentennale con un franco minimo di 1 m rispetto alla sponda in sinistra e, contemporaneamente, non ostacolare l'esondazione in destra, ma consentire la laminazione riducendo, per quanto possibile, al minimo i livelli e le velocità dell'acqua in caso di piena. A tale scopo è stata prevista anche la demolizione della soglia in c.a. esistente e la realizzazione a monte di un nuovo guado a raso rispetto al fondo. Per garantire il franco minimo di 1 m, rispetto alla piena duecentennale, in sommità alla sponda sinistra è stato necessario prevedere la realizzazione di un rilevato arginale lungo circa 390 m. L'argine per motivi di manutenzione dovrà essere percorribile in sommità (solo nella zona sottostante il viadotto autostradale sarà posto un limite al transito ai mezzi, in quanto, tra l'intradosso della struttura e la sommità dell'argine l'altezza utile sarà ridotta).

L'argine in sommità sarà largo 4.00 m mentre la pista di servizio, realizzata in misto di cava stabilizzata, avrà una larghezza di 2.50 m circa. L'argine sarà costruito per la maggior parte completamente in terra, ma in adiacenza al sifone del canale di Verduno per motivi di spazio sarà sostenuto da gabbioni metallici, mentre la scarpata lato Talloria sarà rivestita in massi cementati al fine di aumentarne l'inclinazione e quindi ridurre l'ingombro trasversale.

Durante le fasi finali dei lavori di sistemazione idraulica si procederà al tombamento dell'alveo attuale del T. Talloria ed il piano campagna circostante sarà raccordato, ove possibile, con la sommità dell'argine in progetto; in tal modo si favorisce l'inserimento paesaggistico dell'argine che, di fatto, non sarebbe più distinguibile da una scarpata naturale di un corso d'acqua protetta al piede da una difesa in massi (la parte alta della scogliera in massi sarà interrata e piantumata).

4.4. SPOSTAMENTO ARGINE IN DESTRA TANARO

L'argine esistente in destra al nodo di confluenza Talloria/Tanaro, poco a monte dell'attraversamento del Canale di Verduno interferisce con le spalle dei 2 viadotti autostradali per cui si rende necessario prevederne lo spostamento per un breve tratto a cavallo della zona interferita.

Complessivamente l'intervento si sviluppa per 80,50 m (misurati in asse al nuovo tracciato) compresi i raccordi a monte e a valle con l'argine esistente; la sagoma dell'opera verrà riproposta uguale a quella esistente, con larghezza di sommità 4,50 m, altezza 2,65 m e pendenza scarpate 2 su 3.

Come richiesto in sede di autorizzazione da parte di AIPO si prevede inoltre di rivestire le 2 scarpate (lato fiume e lato campagna) con lastre prefabbricate in calcestruzzo armato fino all'altezza di 0,60 m dalla sommità arginale per uno sviluppo effettivo di 4,00 m; le lastre saranno fondate al piede con un cordolo in calcestruzzo armato di dimensioni $b \times h = 0,50 \times 0,80$ m.

L'intervento di deviazione dell'argine dovrà essere realizzato preventivamente all'inizio dei lavori per la realizzazione delle spalle dei viadotti in modo tale da garantire sempre la piena funzionalità del sistema arginale; lo spostamento è stato definito planimetricamente in modo da consentire, con la necessaria adeguatezza, lo svolgersi delle operazioni di cantiere.

5. CANTIERIZZAZIONE

Le opere di sistemazione idraulica in progetto verranno realizzate prima di procedere con i lavori di costruzione dei 2 viadotti autostradali, almeno in riferimento alle opere viarie che interferiscono con la rete idrografica.

In considerazione della posizione delle spalle lato Cuneo e lato Asti dei 2 viadotti, delle pile e del rilevato autostradale lato Cuneo, tutte opere che interferiscono con l'attuale posizione del Talloria ramo principale, del Talloria ramo secondario e dell'argine destro del nodo Talloria-Tanaro, occorrerà organizzare le operazioni di cantiere secondo lo schema cronologico di seguito descritto.

- **Fase 1 - Realizzazione delle opere di deviazione nei tratti non interferenti con l'attuale alveo, mediante:**

Sottofase A

- a) Scavo della nuova sezione d'alveo nel tratto tra le sezioni 4 e 9 e realizzazione di savanella (alle quote di progetto) per un breve tratto a monte (circa 50 m);
- b) scavo per la costruzione del nuovo sifone n. 2 a progr. 217,62 e realizzazione dell'opera di attraversamento compresi i pozzetti di testata, il collegamento provvisorio a monte all'esistente ed il raccordo al fosso di valle;
- c) realizzazione parziale del nuovo sifone n. 1 a progr. 72,44;
- d) realizzazione difese spondali in sinistra e in destra del nuovo alveo di Talloria, compreso il nuovo guado rivestito in massi.

Sottofase B

- e) realizzazione tura per chiusura ramo principale ed attivazione ramo secondario di Talloria;
- f) demolizione guado esistente;
- g) realizzazione guado provvisorio in posizione compatibile con la prima pila lato Cuneo dei 2 viadotti;
- h) infissione di palancole metalliche a protezione della zona interessata dalla realizzazione delle fondazioni della prima pila dei 2 viadotti;
- i) realizzazione scavi e parti fondazionali delle pile;
- j) scavi e realizzazione difese spondali in sinistra e destra Talloria sull'intero tratto terminale (a partire dalla sezione 13) a meno delle interferenze con la struttura delle pile;
- k) estrazione palancole metalliche;
- l) completamento difesa spondale sinistra per le parti interferenti con la fondazione delle pile.

- **Fase 2 - Realizzazione delle opere di deviazione nel tratto di Talloria intermedio tra i 2 sistemati in Fase 1, mediante:**

- a) predisposizione tubazione in lamiera ondulata di diametro 2,00 m per futura alimentazione provvisoria tratto terminale del nuovo alveo di Talloria;
- b) realizzazione tura per chiusura ramo secondario e attivazione tubazione in lamiera ondulata per alimentare il nuovo tratto terminale di Talloria già sistemato;
- c) scavo della nuova sezione d'alveo nel tratto intermedio e realizzazione della presa ecologica;
- d) realizzazione difese spondali e rivestimento tratto di rilevato in destra predisposto per la tracimazione.

- **Fase 3 - Completamento delle opere di deviazione, mediante:**
 - a) realizzazione tura per chiusura a monte dell'alveo attuale e completamento della savanella in destra, già in parte eseguita con i lavori di Fase 1;
 - b) tombamento alveo esistente fino alle quote di piano campagna di progetto per il tratto di Talloria fino alla sezione 7;
 - c) completamento del sifone n. 1 e collegamento dei pozzetti di testata dei sifoni 1 e 2 con la rete irrigua esistente;
 - d) scavo in sinistra per predisposizione profilo scarpata di progetto e realizzazione del tratto iniziale della difesa spondale;
 - e) completamento nuova sezione d'alveo nel tratto di monte e attivazione finale della deviazione del Talloria;
 - f) completamento tombamento alveo dismesso e dismissione tubazione in lamiera ondulata attivata in fase 2 in prossimità della sezione 12;

- **Fase 4 - Realizzazione argine sinistro e completamento viabilità, mediante:**
 - a) realizzazione rilevato arginale in sinistra;
 - b) completamento nuovo guado e collegamento con viabilità poderale/piste di cantiere;
 - c) dismissione guado provvisorio;
 - d) ripristino aree di cantiere e completamento lavori accessori.

La presente fasizzazione dei lavori non riguarda i 2 interventi di deviazione del ramo secondario del Talloria e deviazione argine destro del nodo di confluenza Talloria-Tanaro, in quanto **tali interventi, la cui realizzazione dovrà precedere i lavori di costruzione delle opere autostradali che interferiscono direttamente**, potrà essere programmata in un'unica fase con tempi e modalità compatibili con l'avanzamento del cantiere.

5.1. OPERE PROVVISORIALI IN ALVEO

Le opere di attraversamento provvisionali di cui alla fase 1g, pertinenti alla realizzazione di un nuovo guado su cui verrà deviata la pista di cantiere nella fase di realizzazione delle pile del viadotto e della sistemazione idraulica del Talloria, sono state dimensionate e verificate secondo una pendenza di posa dello 2,0% e con una geometria tale da garantire la massima sezione di deflusso possibile.

L'attraversamento previsto è costituito da 3 tombini affiancati a sezione policentrica in ondulato metallico (ARMCO) aventi larghezza massima pari a 4,568 m e altezza pari a 2,989 m.

5.1.1. Valutazione del tempo di ritorno della portata di riferimento per la verifica delle opere provvisionali

Generalmente le opere provvisionali disposte in alveo dovrebbero consentire una parzializzazione di sezione utile tale da far defluire un determinato valore di portata, calcolabile in riferimento ad un assegnato tempo di ritorno secondo la procedura di seguito indicata.

In particolare, si sono applicate le metodologie di calcolo prescritte dalle Autorità di Bacino di rilievo nazionale; a titolo di esempio si cita la Direttiva 2/99 dell'Autorità di Bacino del fiume Po (deliberazione 11 maggio 1999) la quale stabilisce al paragrafo 4-8.3 – Condizioni fisiche di riferimento – che per le “fasi significative” di costruzione

dell'opera, tenendo conto delle opere provvisionali eventualmente inserite, qualora comportino interazioni più severe con le condizioni di deflusso in piena rispetto alla condizione di opera realizzata [...], il tempo di ritorno della piena da assumere per le valutazioni è quello la cui probabilità di essere raggiunta o superata una volta nel periodo temporale corrispondente alle fasi di costruzione, non è superiore alla probabilità che ha la portata di progetto di essere raggiunta o superata una volta nel periodo di vita dell'opera.

Tale definizione richiama il concetto di "rischio idraulico", cioè la probabilità composta di non superamento che un determinato evento caratterizzato da un tempo di ritorno assegnato, T, si manifesti nel corso di un periodo temporale prefissato, N.

Lo sviluppo della formulazione di tempo di ritorno, associato alla probabilità composta per la quale l'evento si manifesti all'interno dell'orizzonte temporale stabilito, porta alla seguente formulazione del rischio idraulico:

$$R = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^N$$

nella quale:

R = rischio idraulico, inteso come probabilità di non superamento;

T = tempo di ritorno dell'evento di riferimento (anni);

N = orizzonte temporale di riferimento (anni).

L'assunto della Direttiva sopraccitata può essere interpretato nel modo seguente: il rischio idraulico associato all'interferenza prodotta dalle opere provvisionali nel periodo d'installazione del cantiere (periodo di costruzione dell'opera) deve essere uguale al rischio idraulico che l'evento di progetto si manifesti nel corso della vita dell'opera.

Stabilite quindi le seguenti variabili:

T = tempo di ritorno di progetto dell'opera (anni);

V = durata dell'opera (anni);

c = durata di costruzione (anni);

T_{pr} = tempo di ritorno per la verifica delle opere provvisionali (anni);

l'assunto precedente si trasforma nella seguente eguaglianza:

$$1 - \left(1 - \frac{1}{T_{pr}}\right)^c = 1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^v$$

dalla quale si ricava T_{pr}:

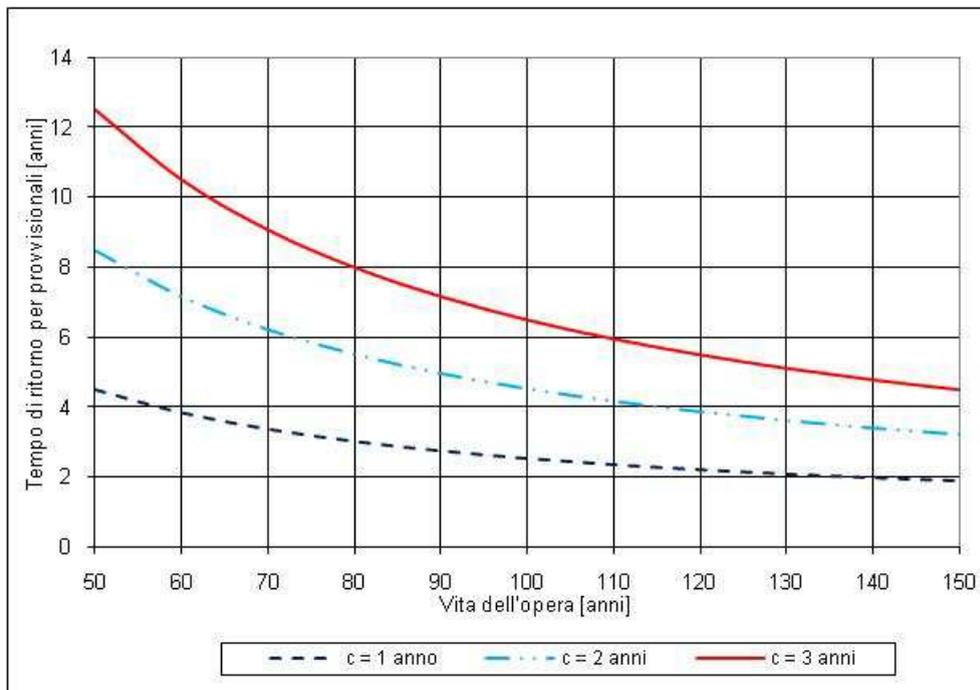
$$T_{pr} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{1}{T}\right)^{\frac{v}{c}}}$$

Per le opere provvisionali previste in alveo per la deviazione della pista di cantiere in corrispondenza del viadotto Talloria è possibile assumere i seguenti valori di riferimento:

- il tempo di ritorno (T) utilizzato per il dimensionamento dell'opera (200 anni);
- la vita dell'opera (V);
- il tempo di installazione del cantiere (c).

Facendo variare V tra 50 e 150 anni (con passo di 10 anni) e assumendo per c valori di 1, 2 e 3 anni, sono state costruite le curve di variazione di T_{pr} riportate nella seguente Figura 1.

Figura 1 - Variazione del tempo di ritorno in funzione della vita dell'opera (V) e del tempo di costruzione (c) a partire da un tempo di ritorno di progetto di 200 anni.



Come si può notare dal grafico, all'aumentare della vita dell'opera ed al diminuire del tempo di costruzione si riduce il tempo di ritorno richiesto per la verifica delle opere provvisionali, coerentemente con la struttura delle formulazioni statistiche utilizzate.

Considerando una vita utile dell'opera pari a 100 anni ed assumendo, cautelativamente, un tempo relativo alla presenza del cantiere in alveo di circa 2 anni, risulta che il tempo di ritorno da assumere per la verifica delle opere provvisionali sarebbe di circa 5 anni.

5.1.2. Stima delle portate di piena di riferimento per le opere provvisionali

La portata corrispondente al tempo di ritorno $T_r=5$ anni, individuata quale evento di riferimento per la verifica delle opere provvisionali, è stata estrapolata sulla base dei valori di portata idrologici riportati nella Relazione idrologica-idraulica generale (Fiume Tanaro e confluenze principali).

L'estrapolazione è stata eseguita ricavando dalla distribuzione di Gumbel nella forma:

$$P(Q) = \exp(\exp(-\alpha \cdot (Q - \mu)))$$

la seguente relazione lineare:

$$\ln\left(\ln\left(\frac{TR}{TR-1}\right)\right) = -\alpha \cdot (Q - \mu)$$

dove Q è la portata, α e μ sono i parametri della distribuzione e $P(Q) = \left(\frac{TR}{TR-1} \right)$.

I valori di portata al colmo con differenti tempi di ritorno e la portata di riferimento per TR5 anni sono riportati nella seguente tabella.

Tabella 1 – Portate di piena del Talloria alla confluenza in Tanaro per differenti tempi di ritorno.

Corso d'acqua	QTR50 (m ³ /s)	QTR200 (m ³ /s)	QTR500 (m ³ /s)	QTR5 (m ³ /s)
Torrente Talloria	347	426	481	207,50

5.1.3. Verifica idraulica delle opere provvisionali

Lo schema di dimensionamento e verifica idraulica utilizzato per l'attraversamento costituito da 3 tombini affiancati a sezione policentrica in ondulato metallico (ARMCO) è quello di moto uniforme.

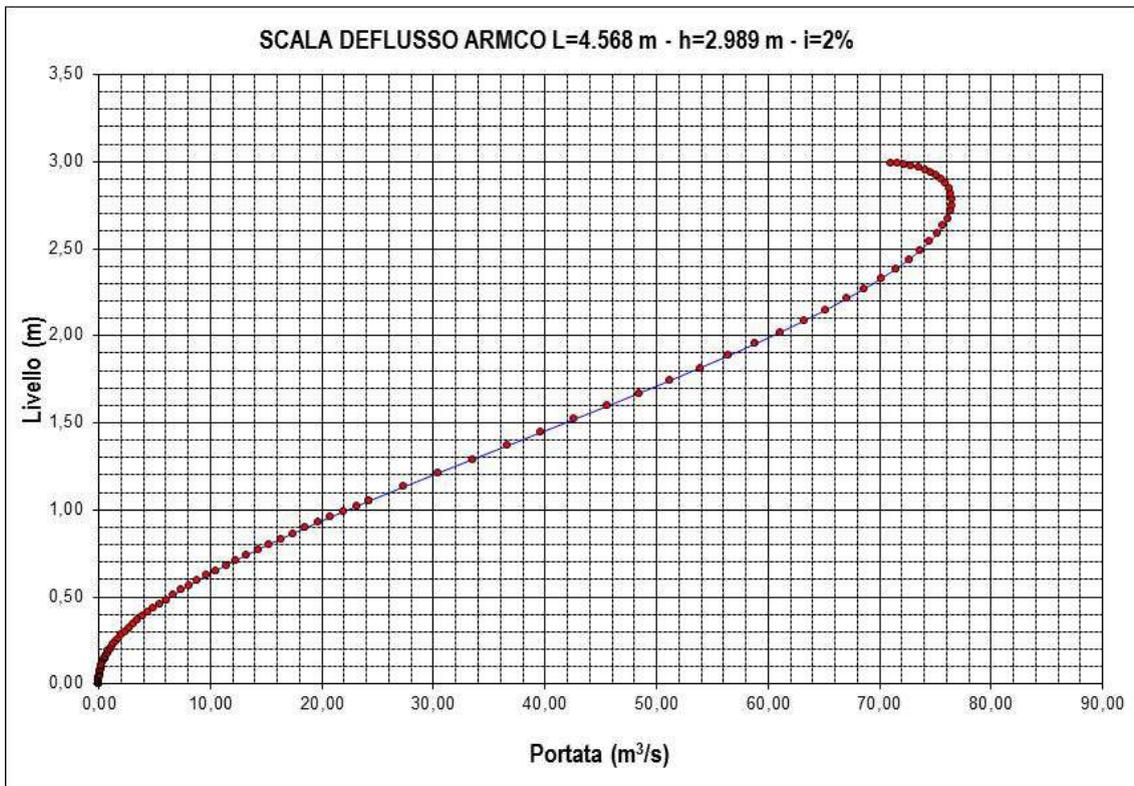
La scabrezza assunta nel calcolo idraulico è di 50 m^{1/3}/s facendo riferimento ai coefficienti dell'espressione che definisce le resistenze distribuite proposta da Gauckler-Strickler.

Ciascun tombino ovoidale, posato secondo una pendenza del 2% è in grado di smaltire una portata di 71,49 m³/s circa, con un tirante idrico di 2,385 m, un riempimento dell'80% e con un franco residuo di oltre 60 cm. La capacità di portata complessiva risulta dunque di 214,47 m³/s.

L'attraversamento risulta adeguato idraulicamente e la portata al colmo con TR 5 anni di 207,50 m³/s determina un tirante idrico di 2,32 m circa e un grado di riempimento del 77,6%.

Nella seguente figura, viene riportata la scala di deflusso della condotta ARMCO prevista per la realizzazione della sistemazione idraulica del ramo principale.

Figura 2 – Scala di deflusso canalizzazione provvisoria sul torrente Talloria.



6. ANALISI IDRAULICA

Nella presente parte di relazione viene descritta l'analisi idraulica del nodo costituito dalla confluenza del torrente Talloria nel Tanaro, tenendo conto dell'interferenza indotta dalle opere esistenti e da quelle previste nel progetto di attraversamento del collegamento A6-A21 Asti-Cuneo.

Sull'area di indagine il progetto prevede, oltre al viadotto di attraversamento autostradale e le relative pile, una sistemazione idraulica dell'alveo del torrente Talloria nel tratto terminale e una deviazione del canale di Verduno. Risulta viceversa già realizzato l'argine in sponda destra Talloria (di cui si prevede una modesta deviazione del tracciato per non interferire con la spalla lato Asti del viadotto), posizionato lungo il tracciato della tangenziale di Alba per impedire che le acque del torrente, come è avvenuto durante l'evento di piena del 1994, possano tracimare la sede stradale e quindi defluire verso Alba.

Data la complessità del nodo idraulico, per l'esecuzione dello studio è stato costruito un modello idrodinamico bidimensionale a fondo fisso, utilizzando il codice di calcolo MIKE 21 del DHI_{Water.Environment.Health} che risolve le equazioni del moto bidimensionali di De St. Venant.

Con il modello idrodinamico bidimensionale sono stati simulati i seguenti due scenari di riferimento, entrambi in condizioni di evento di piena di progetto con tempo di ritorno 200 anni:

- 1) situazione attuale;
- 2) situazione di progetto con opere autostradali e sistemazione idraulica del torrente Talloria realizzate.

L'analisi accurata dei risultati delle simulazioni condotte ha consentito di verificare la compatibilità idraulica degli interventi in progetto.

Con riferimento alla Relazione idrologica idraulica - Fiume Tanaro e confluenze principali (Elaborato 2.6E-rB.4.1.01-00) alla quale si rimanda per ogni indicazione di dettaglio in merito alla metodologia applicata, risultano le seguenti portate di riferimento per lo scenario di verifica più cautelativo:

- QTR200 = 426 m³/s in ingresso nel torrente Talloria;
- QTR200 = 3700 m³/s defluenti nel Tanaro alla confluenza Talloria.

6.1. MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO

6.2. COSTRUZIONE DELLA GRIGLIA DI CALCOLO DEL MODELLO NUMERICO 2D

La geometria del territorio è stata ricostruita mediante una griglia di calcolo a maglia 4x4 m in modo da mantenere il grado di dettaglio dell'informazione fornita dal rilievo di origine e da rappresentare con sufficiente precisione anche l'esatta ubicazione delle pile del viadotto.



La griglia di calcolo del modello a maglia 4x4 m presenta complessivamente 1070 righe x 523 colonne (559610 punti di calcolo).

Nella Figura 3 è rappresentata la batimetria (o geometria di input) complessiva del modello relativa alla situazione attuale mentre nella Figura 4 è rappresentata la batimetria relativa allo scenario di progetto. In grigio sono evidenziate le zone escluse dal calcolo (celle inattive) perché considerate non allagabili (essenzialmente le aree con quota maggiore di 185 m s.m.). In verde scuro sono evidenziate le aree più depresse (alveo del Tanaro) mentre in marrone e giallo sono distinguibili i rilevati stradali e arginali, nonché le ulteriori aree in rilievo. Nelle figure, sovrapposte alla rappresentazione della batimetria, sono riportate le linee vettoriali rappresentanti gli elementi topografici (di rilievo e/o di progetto) di maggiore interesse.

Rispetto al DTM di rilievo, è stata infine opportunamente modificata la zona di imbocco del modello in corrispondenza dell'alveo del torrente Talloria per facilitare l'assegnazione della condizione al contorno di portata in ingresso al modello stesso. Modifiche locali alle quote del DTM sono state inoltre apportate lungo l'alveo del Tanaro per favorire l'assegnazione della condizione al contorno di valle.

Figura 3 – Batimetria del modello 2D a maglia 4x4 m (situazione attuale).

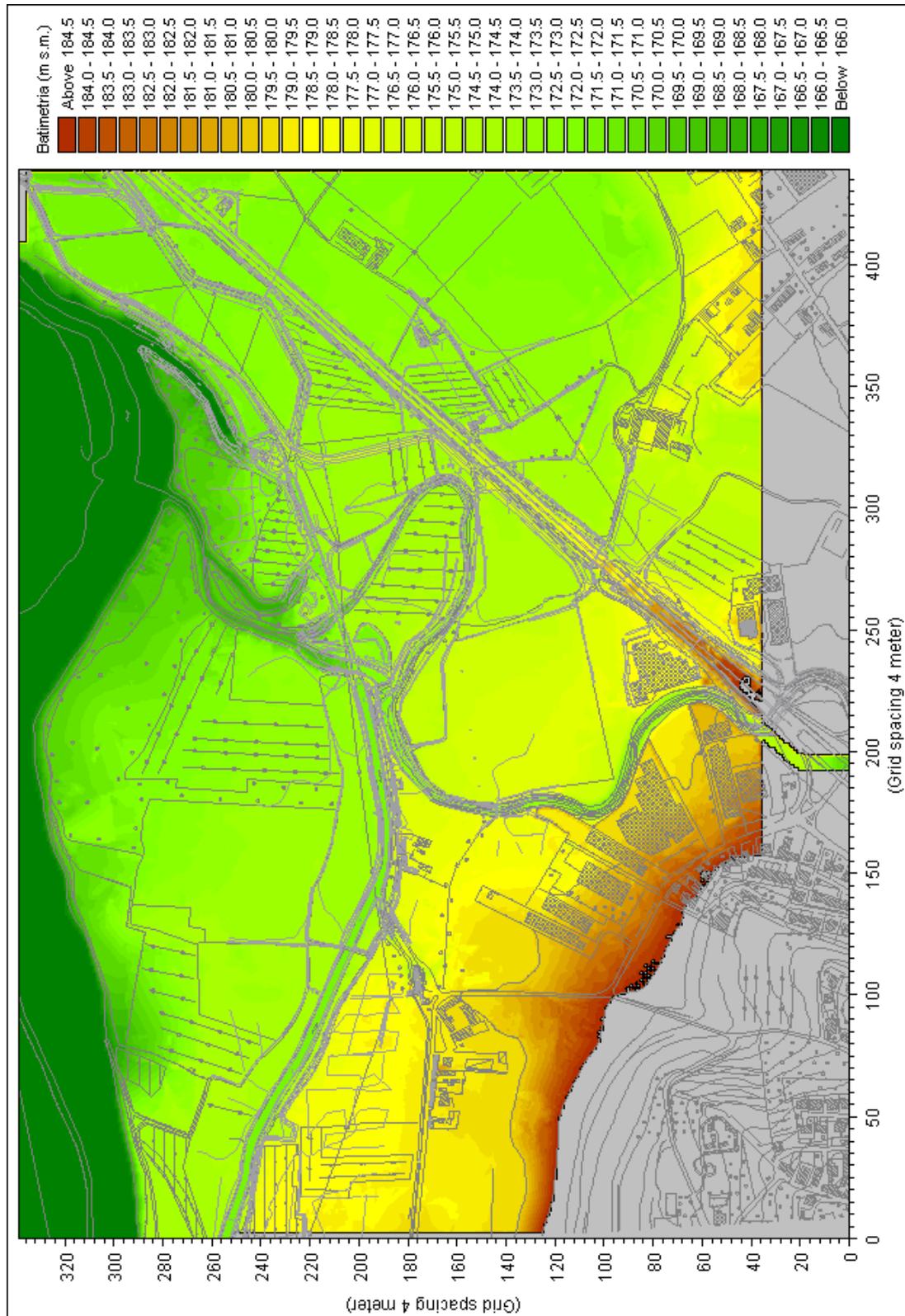
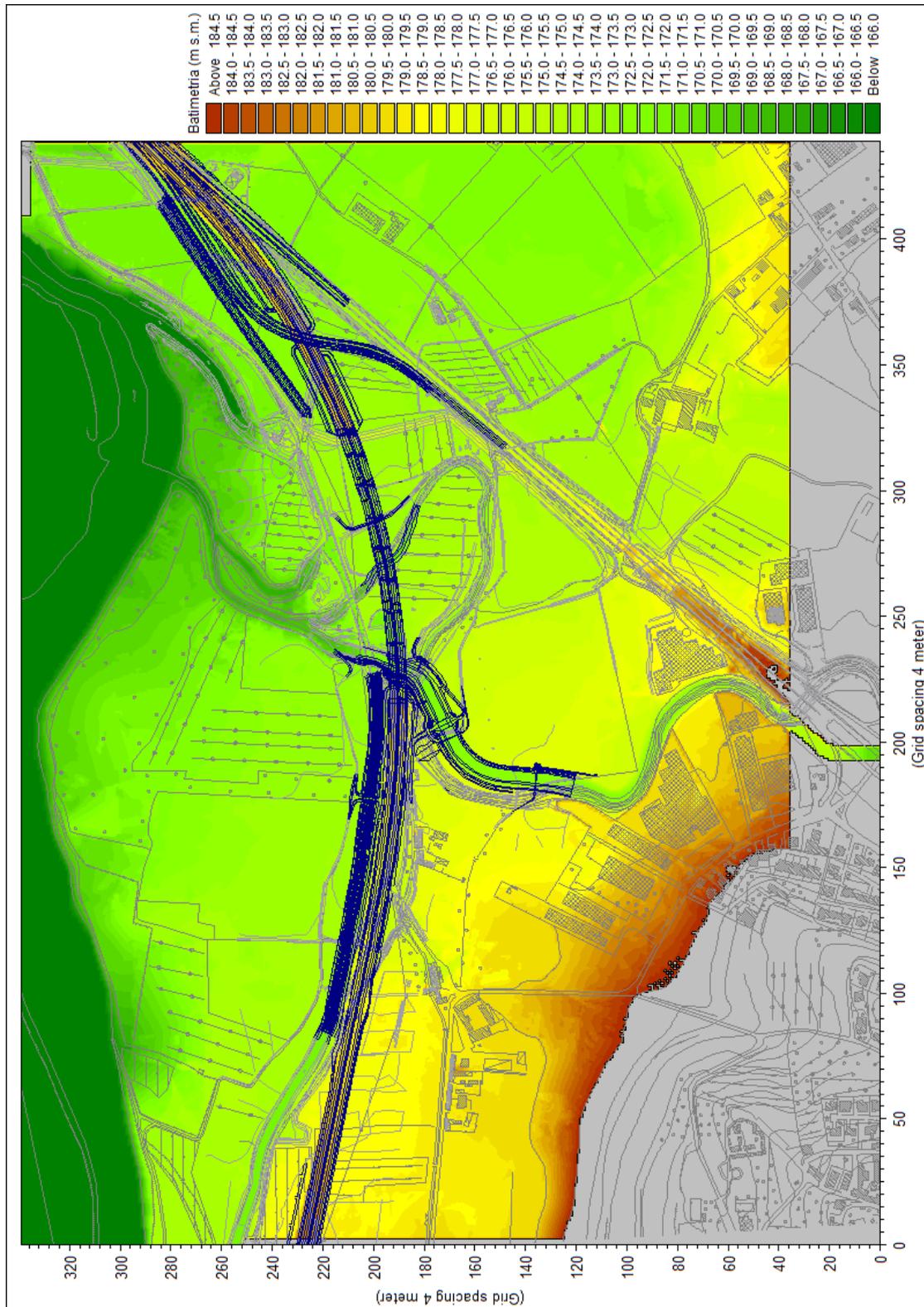


Figura 4 – Batimetria del modello 2D a maglia 4x4 m (scenario di progetto).



6.2.1. Parametri del modello

Nel caso in esame sono stati utilizzati coefficienti di scabrezza di Strickler, corrispondenti a quelli già adottati nei precedenti studi idraulici, opportunamente incrementati per tenere conto del fatto in un modello 2D sono già in tutto o almeno in gran parte direttamente considerati nelle equazioni del moto gli effetti di resistenza al moto indotti dalle condizioni di moto non-monodimensionali (turbolenza, moti vorticosi, sinuosità dell'alveo ecc.) che invece in un modello 1D devono essere necessariamente rappresentati mediante il ricorso ad un coefficiente globale di scabrezza inferiore (cui corrisponde una resistenza al moto maggiore).

Sono stati considerati i seguenti valori cautelativi del coefficiente c di Strickler, assegnati cella per cella:

- $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per il fondo e le sponde delle risagomature d'alveo ed i rivestimenti in massi di cava sciolti;
- $50 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i rivestimenti in massi di cava cementati;
- $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per l'alveo abbandonato del Talloria;
- $10 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per le aree golenali;
- $40 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per l'alveo del canale di Verduno.

6.2.2. Condizioni al contorno

Al modello sono state assegnate le seguenti condizioni al contorno:

- condizione al contorno di monte: portata al colmo con $TR = 200$ anni pari a $426 \text{ m}^3/\text{s}$ in ingresso al modello;
- condizione al contorno di valle: profilo longitudinale dei livelli idrici con $TR = 200$ anni lungo il Tanaro.

Le condizioni al contorno risultano applicate in punti sufficientemente lontani dall'area di interesse e con i dovuti accorgimenti da poter ritenere del tutto trascurabili eventuali errori commessi nell'introduzione delle condizioni al contorno stesse.

6.2.3. Descrizione delle simulazioni e delle analisi idrauliche condotte

Con il modello 2D sono state condotte le seguenti simulazioni:

- SIM1: situazione attuale;
- SIM2: situazione di progetto (geometria dei manufatti congruente con il progetto esecutivo).

I risultati delle simulazioni ottenuti con il modello bidimensionale sono illustrati nei capitoli successivi mediante l'ausilio di elaborati grafici esplicativi:

- aree di esondazione con rappresentazione delle altezze d'acqua e dei vettori velocità;
- campi di distribuzione delle velocità di deflusso;
- campi di distribuzione delle densità di portata.

6.3. RISULTATI DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE

6.3.1. Scenario SIM1 - situazione attuale

Nella Figura 5 è riportata la distribuzione delle altezze d'acqua rispetto al fondo alveo e al piano golenale indotte dal transito di una portata al colmo di piena di progetto con tempo di ritorno 200 anni nel torrente Talloria pari a $426 \text{ m}^3/\text{s}$, nell'ipotesi di concomitanza di una piena con stesso tempo di ritorno nel Tanaro: le tonalità di azzurro più scure evidenziano le aree con tiranti idrici maggiori; nella stessa figura è rappresentato anche il campo dei vettori velocità di deflusso. Nella Figura 6 è riportato un ingrandimento della stessa rappresentazione nei pressi dell'area di intervento, in corrispondenza dell'attraversamento del canale di Verduno, con sovrapposto il campo dei vettori velocità di deflusso.

Risulta allagata tutta l'area golenale in destra orografica con altezze idriche dell'ordine dei $0,5\div 1,0 \text{ m}$, contenute dal rilevato arginale di recente costruzione che corre in affiancamento alla tangenziale di Alba per poi svoltare perpendicolarmente al canale di Verduno e proseguire poi parallelamente al corso del Tanaro. In sinistra Talloria si verifica invece una modesta esondazione sul piano campagna con tiranti mediamente dell'ordine dei $0,2 \text{ m}$.

Nella Figura 7 è rappresentata una mappa a curve di livello delle quote massime del pelo libero nella situazione attuale sull'intera estensione del modello, in base alla quale è possibile verificare le quote arginali esistenti. La concentrazione di curve di livello in corrispondenza dell'attraversamento dell'area golenale del Talloria da parte del canale di Verduno evidenzia come questo determini un effetto di rigurgito e condizioni di deflusso con funzionamento a "stramazzo" che separa distintamente l'area golenale di esondazione del Tanaro da quella di esondazione del Talloria. Nella Figura 8 è riportato un ingrandimento della stessa rappresentazione nei pressi dell'area di intervento in modo da meglio evidenziare in tale zona le quote massime di pelo libero che si attestano su valori compresi tra $173,50$ e $176,00 \text{ m s.m.}$.

Nella Figura 9 è rappresentata la distribuzione areale delle velocità di flusso al colmo dell'evento di piena di progetto considerato che evidenzia come i valori massimi delle stesse siano concentrati tutti in corrispondenza dell'alveo inciso del Talloria, mentre sulle aree golenali le velocità di flusso si mantengano mediamente inferiori a $1,0 \text{ m/s}$, con valori che arrivano fino a $2,0\div 2,5 \text{ m/s}$ in corrispondenza del sormonto del canale di Verduno.

Nella *Figura 10* è infine rappresentata una mappa di distribuzione areale della densità di portata ($\text{m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$) che illustra molto chiaramente come il deflusso avvenga in prevalenza nell'alveo inciso del Talloria, e come nella golena destra le densità di portata risultino generalmente inferiori a $1 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$, con valori che raggiungono $3\div 4 \text{ m}^3/\text{s}\cdot\text{m}$ in corrispondenza del ramo secondario del Talloria.

Figura 5 – Situazione attuale - mappa dei tiranti e campo delle velocità di deflusso.

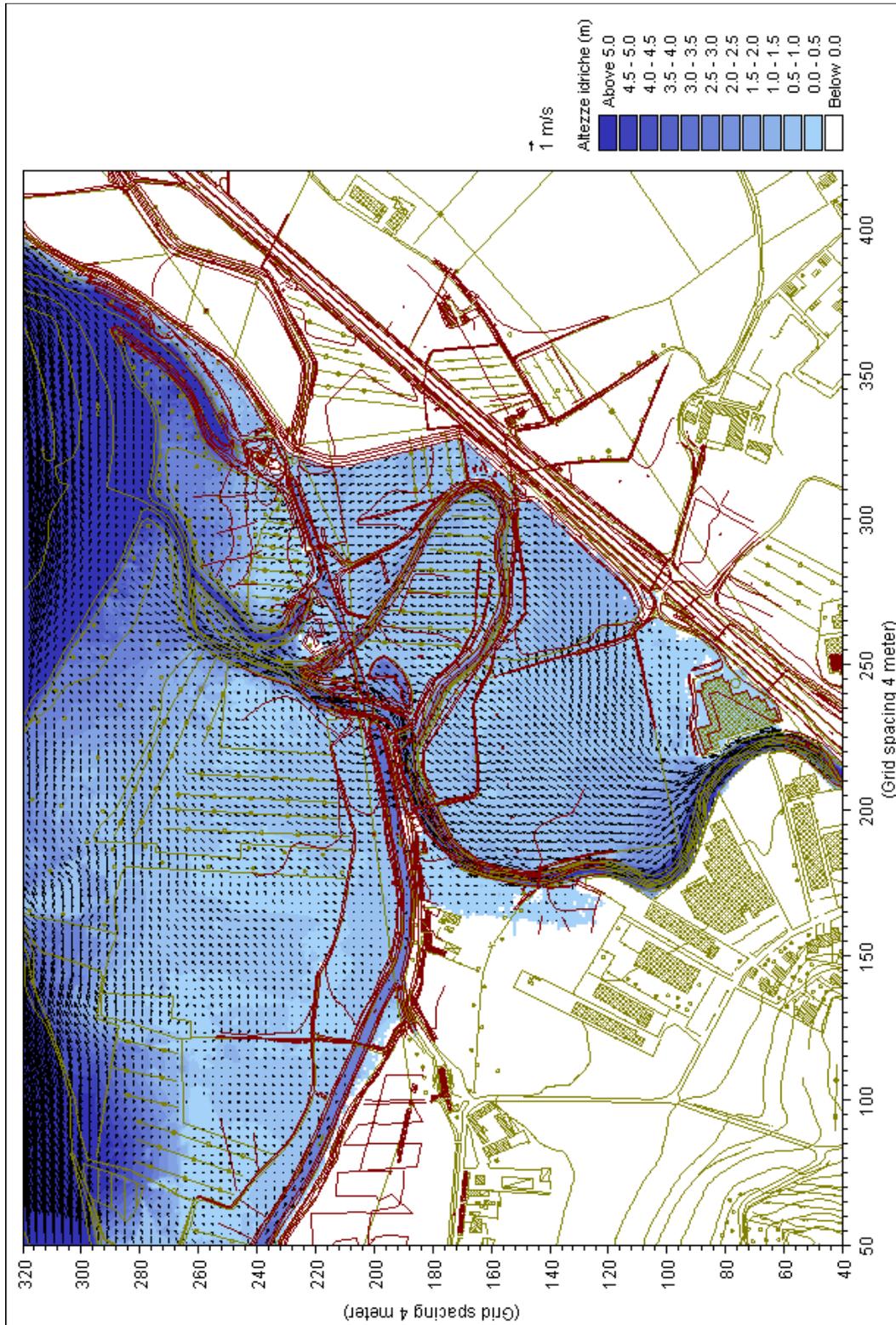


Figura 6 – Situazione attuale - particolare mappa dei tiranti e campo delle velocità di deflusso.

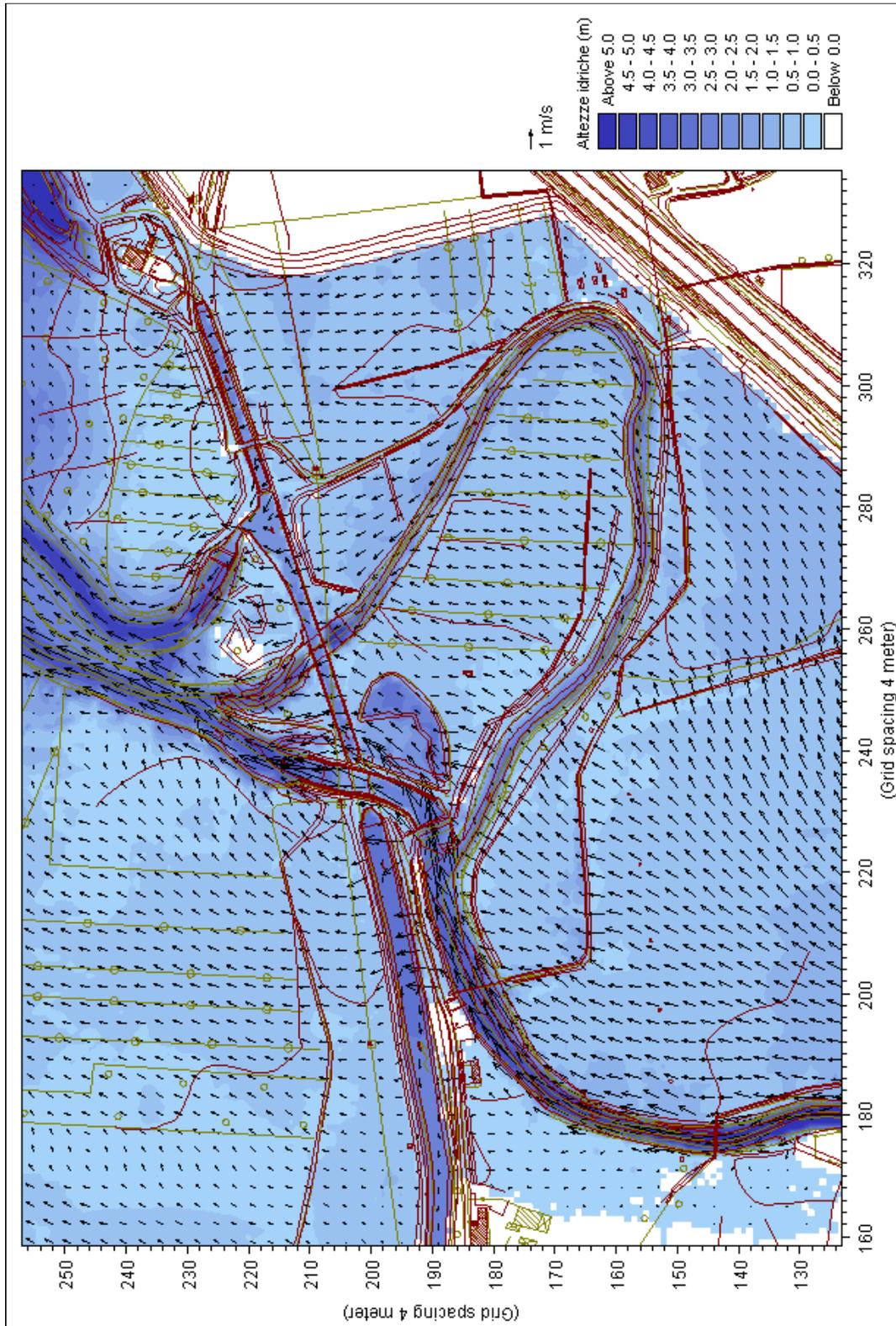


Figura 7 – Situazione attuale - mappa delle quote di pelo libero.

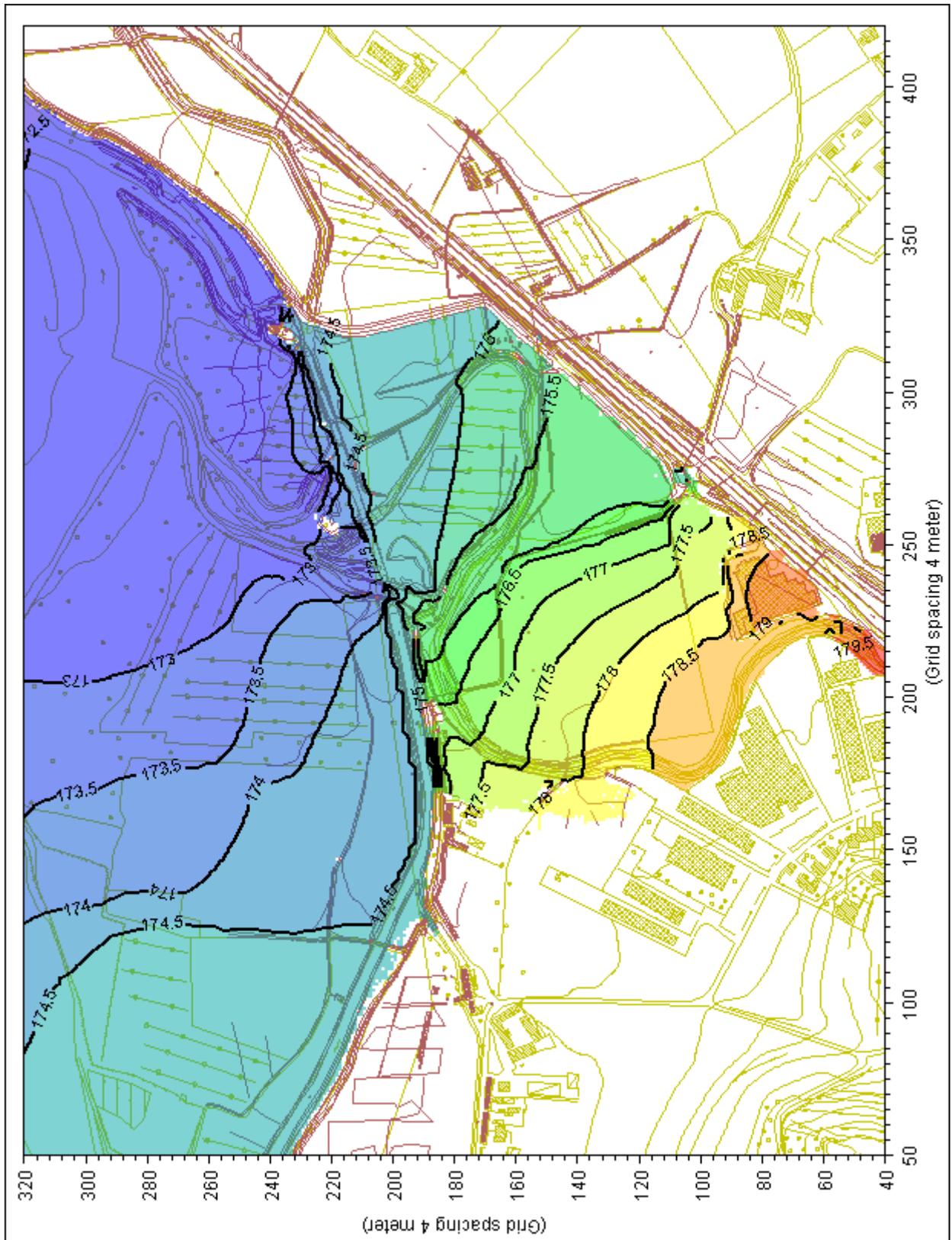


Figura 8 – Situazione attuale - particolare mappa delle quote di pelo libero.

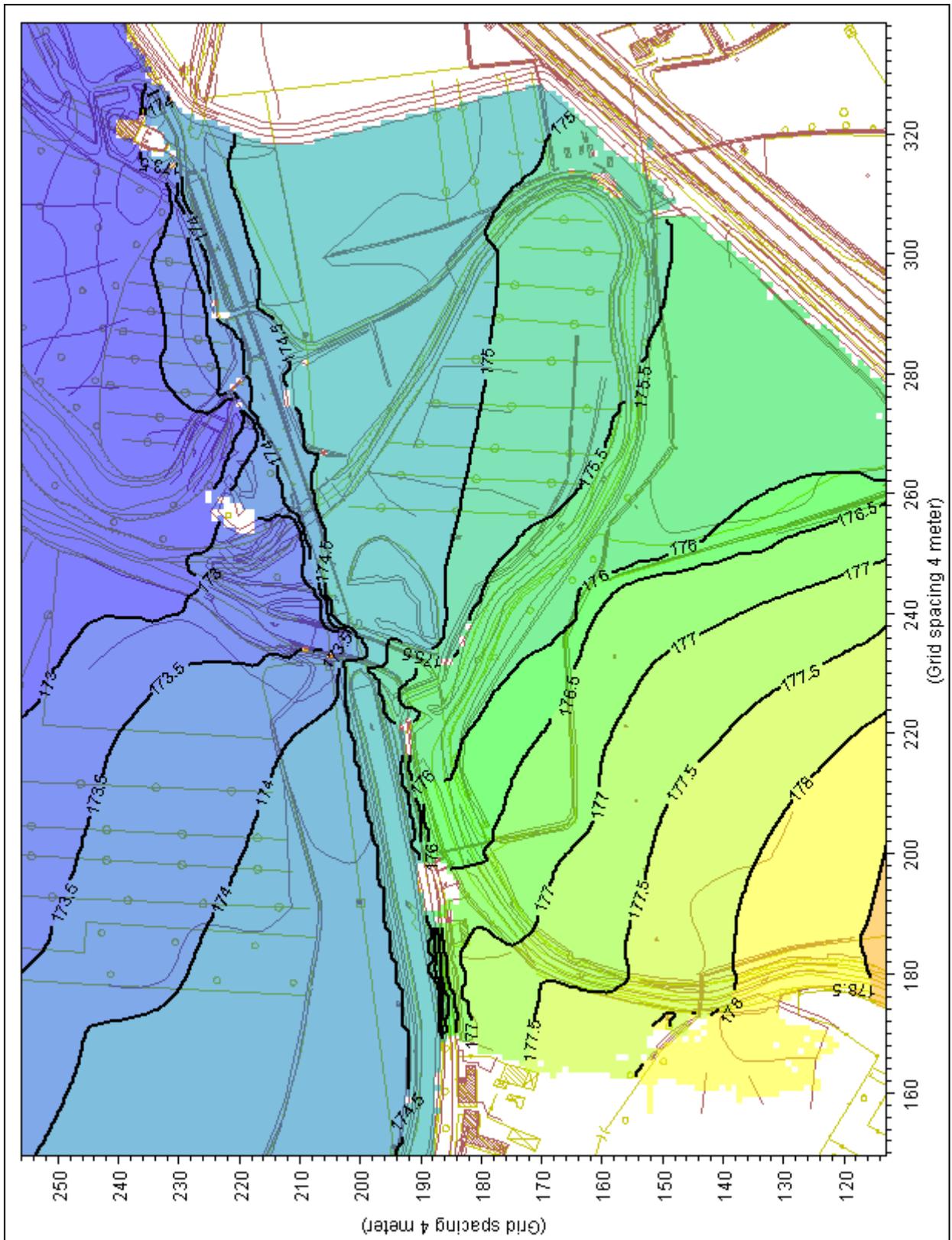


Figura 9 – Situazione attuale - particolare distribuzione delle velocità di deflusso

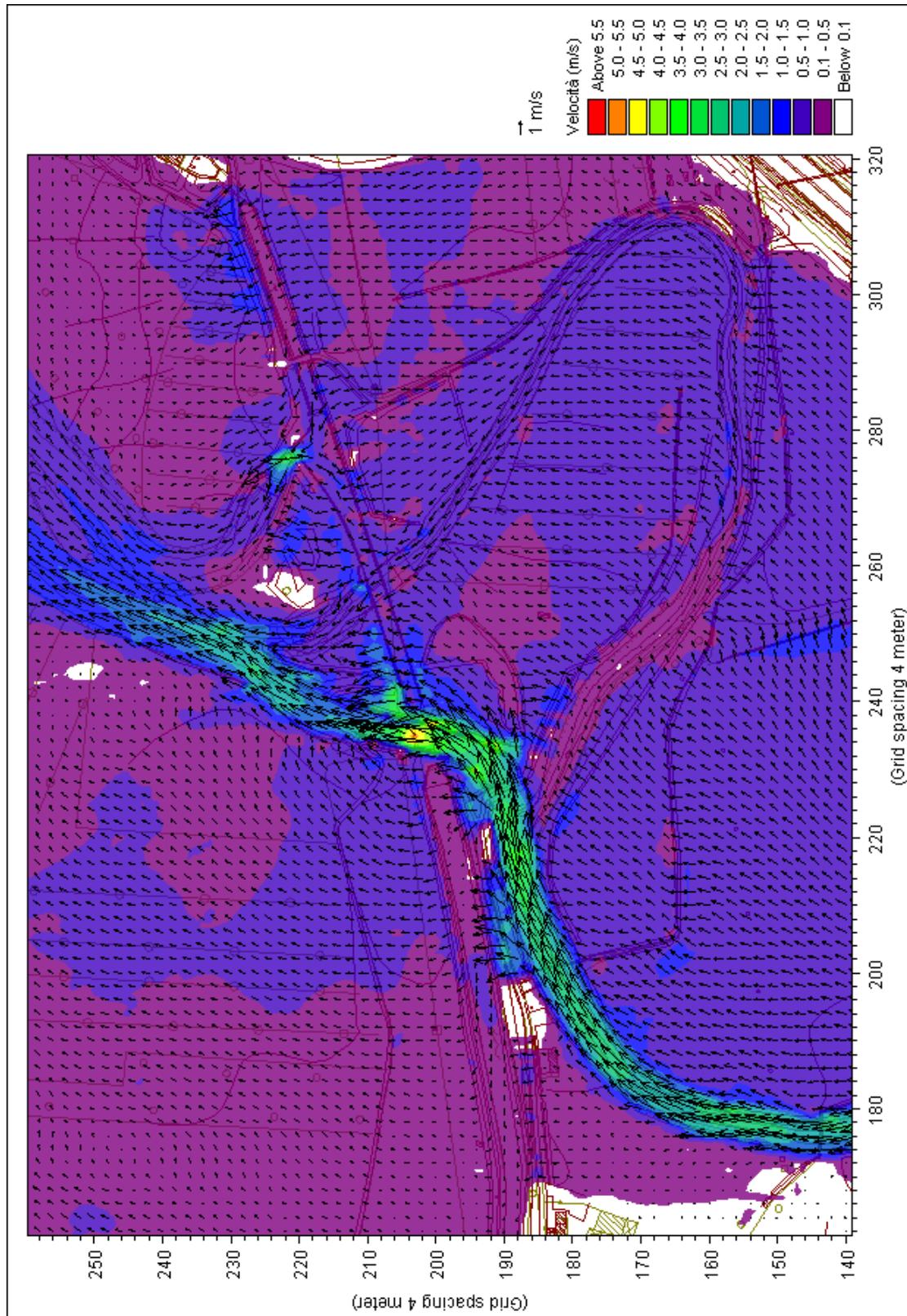
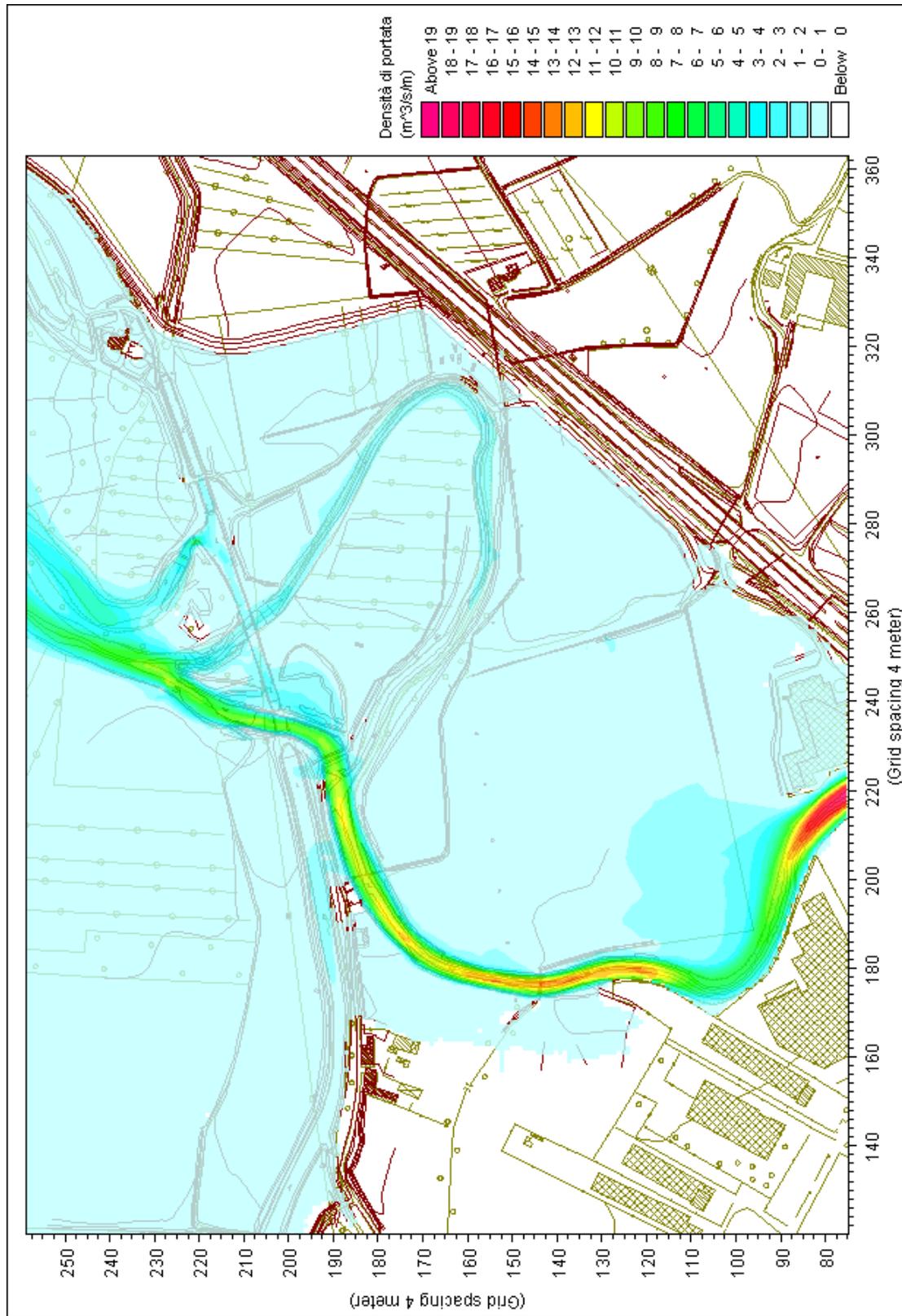


Figura 10 – Situazione attuale - mappa delle densità di portata



6.3.2. Scenario SIM2 - situazione di progetto

La simulazione dello scenario di progetto consente di analizzare gli effetti indotti dagli interventi di deviazione e sistemazione del tratto terminale del torrente Talloria, nonché di realizzazione del rilevato autostradale e del relativo viadotto di attraversamento che presenta 9 + 9 pile nell'area golenale di piena.

Al fine di agevolare i confronti con i risultati relativi alla simulazione della situazione attuale, sono state prodotte rappresentazioni grafiche dei risultati ottenuti del tutto analoghe a quelle riportate nel capitolo precedente.

Nella *Figura 11* è riportata la distribuzione delle altezze d'acqua nelle condizioni di piena considerate (tempo di ritorno 200 anni nel torrente Talloria pari a 426 m³/s e nel Tanaro pari a 3700 m³/s) sull'intera estensione dell'area modellizzata, con sovrapposto il campo dei vettori velocità di deflusso. Nella *Figura 12* è riportato il corrispondente ingrandimento della stessa rappresentazione nei pressi dell'area di intervento, in cui risultano evidenti le opere di sistemazione del torrente Talloria (linee grafiche in rosso), le opere di attraversamento autostradali e di deviazione del canale di Verduno (linee grafiche in marrone).

Le condizioni di deflusso sono simili a quelle descritte nella situazione attuale, ma in questo caso si osserva una maggiore concentrazione del flusso lungo l'alveo inciso del Talloria per effetto della sua incrementata capacità di portata a bordi pieni: ne conseguono pertanto altezze idriche in golena mediamente inferiori di 0,25÷0,40 m.

In sinistra orografica si verifica un limitato sormonto del tratto di monte della difesa di sponda in massi e dell'argine previsti in progetto con altezze d'acqua dell'ordine di 0,1÷0,2 m: i volumi esondati rientrerebbero però in alveo a tergo del successivo tratto di rilevato arginale defluendo tra quest'ultimo e la spalla sinistra del viadotto. La sistemazione in progetto del Talloria era stata infatti dimensionata in origine (progetto definitivo) per una portata di piena pari a 310 m³/s (vedi capitolo 6.2), mentre nel presente studio si è deciso per maggior cautela di verificare le opere autostradali in progetto considerando una portata di piena nel Talloria pari a 426 m³/s.

Nella *Figura 13* è rappresentata una mappa a curve di livello delle quote massime del pelo libero nella situazione di progetto sull'intera estensione del modello, mentre nella *Figura 14* è riportato un ingrandimento della stessa nei pressi della zona di intervento: in base a queste rappresentazioni è possibile verificare le quote di progetto degli interventi e di intradosso del viadotto.

Nella *Figura 15* è rappresentata la distribuzione areale delle velocità di flusso al colmo dell'evento di piena di progetto considerato che evidenzia come, rispetto alla situazione attuale, si incrementino le velocità nell'alveo inciso del Talloria mentre si riducano quelle relative ai deflussi golenali che risultano in gran parte inferiori a 0,5 m/s.

Nella *Figura 16* è infine rappresentata la mappa di distribuzione areale della densità di portata (m³/s·m) che illustra con ancora maggiore evidenza l'aumento di flusso nell'alveo sistemato del Talloria e la corrispondente diminuzione nell'area golenale in destra orografica.

Figura 11 – Situazione di progetto - mappa dei tiranti e campo delle velocità di deflusso.

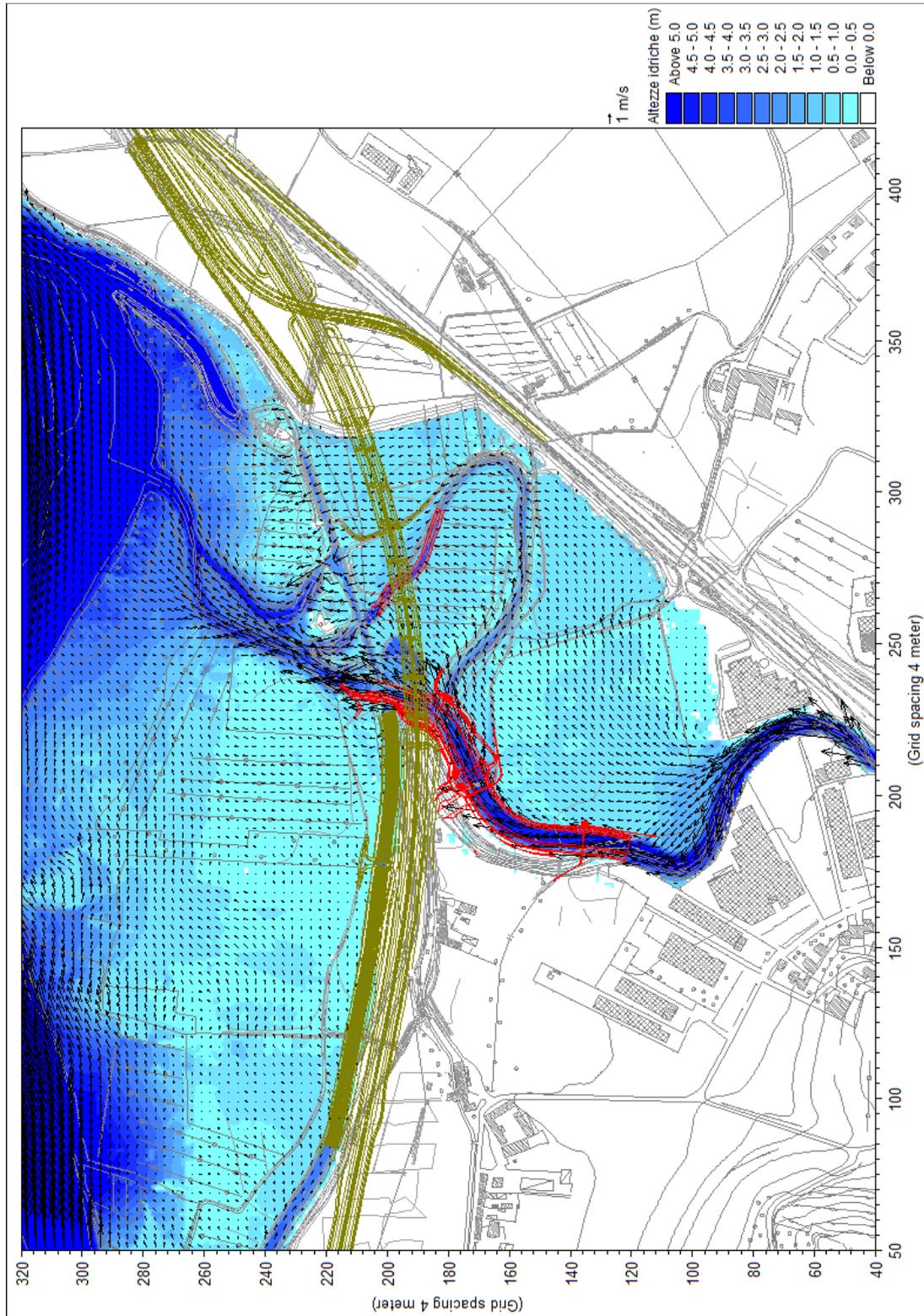


Figura 12 – Situazione di progetto - particolare mappa dei tiranti e campo delle velocità di deflusso.

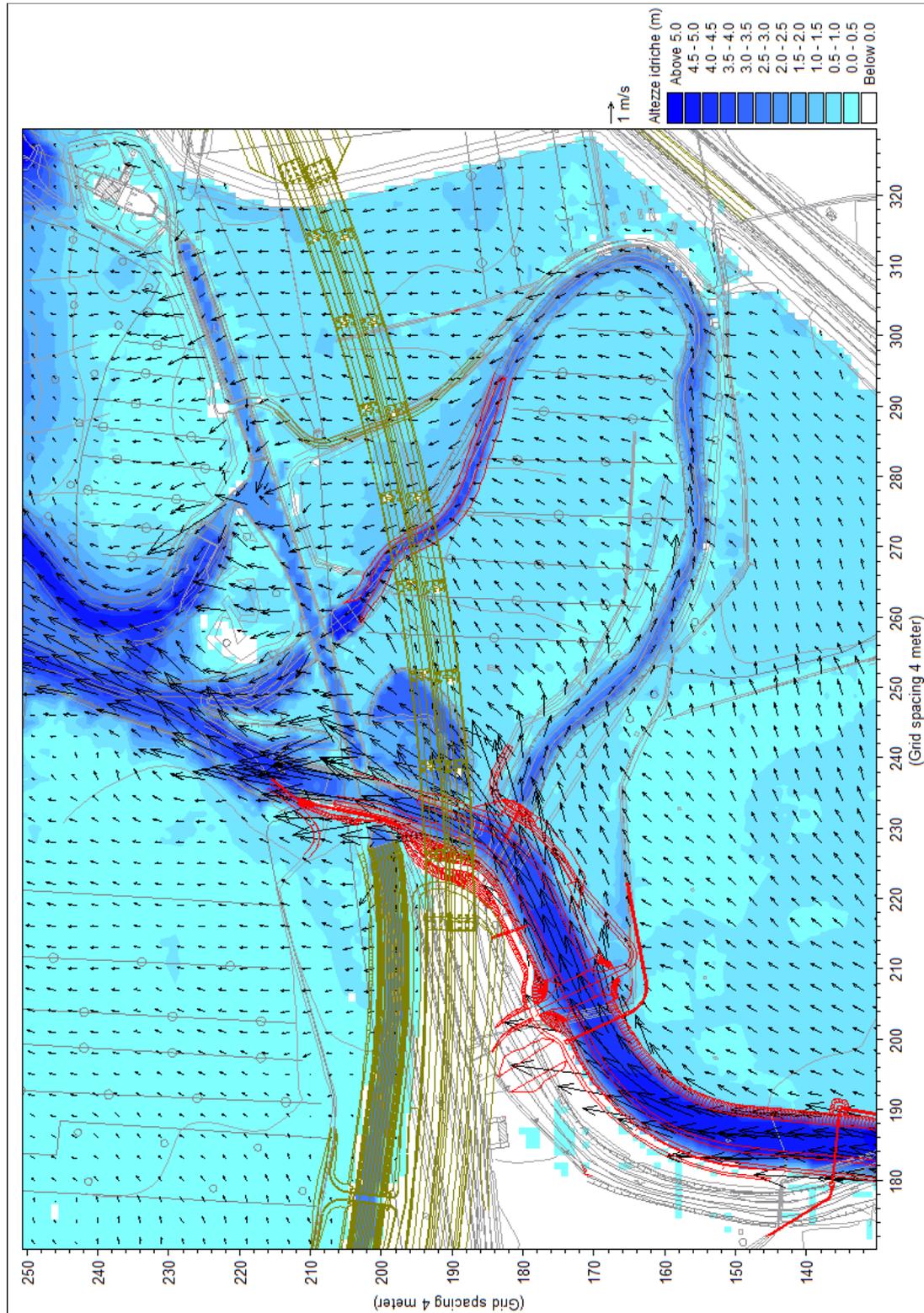


Figura 13 – Situazione di progetto - mappa delle quote di pelo libero

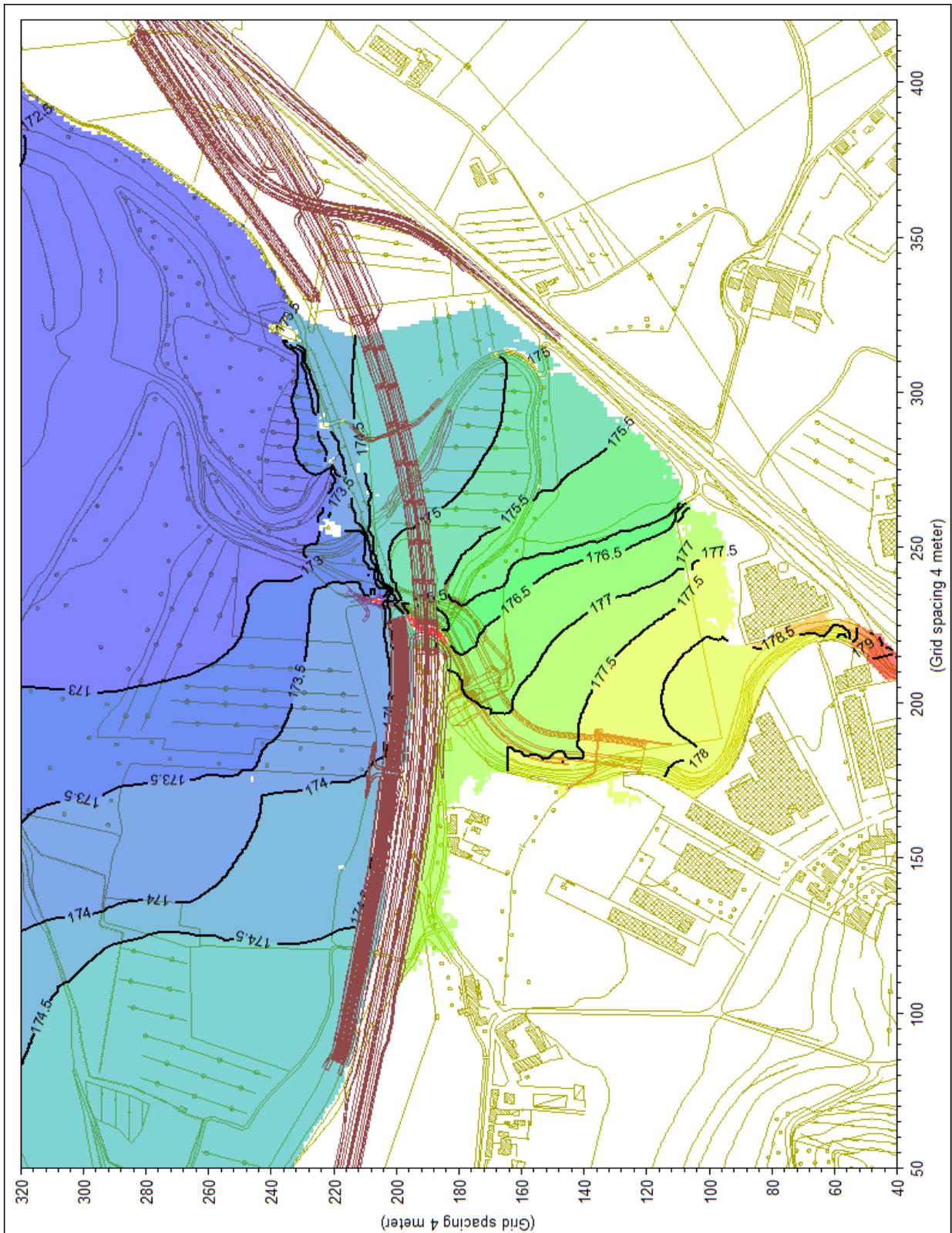


Figura 14 – Situazione di progetto - particolare mappa delle quote di pelo libero.

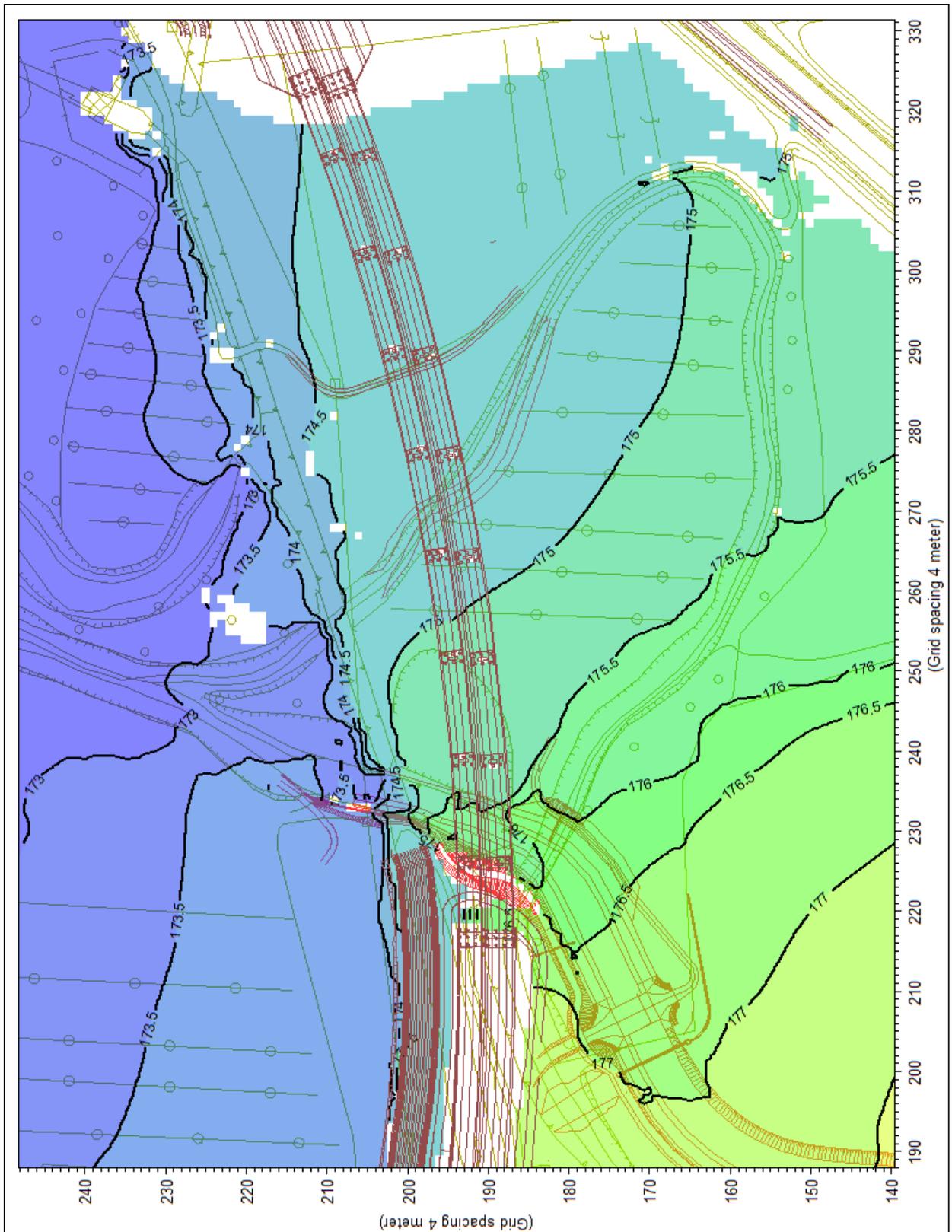


Figura 15 – Situazione di progetto - particolare distribuzione delle velocità di deflusso.

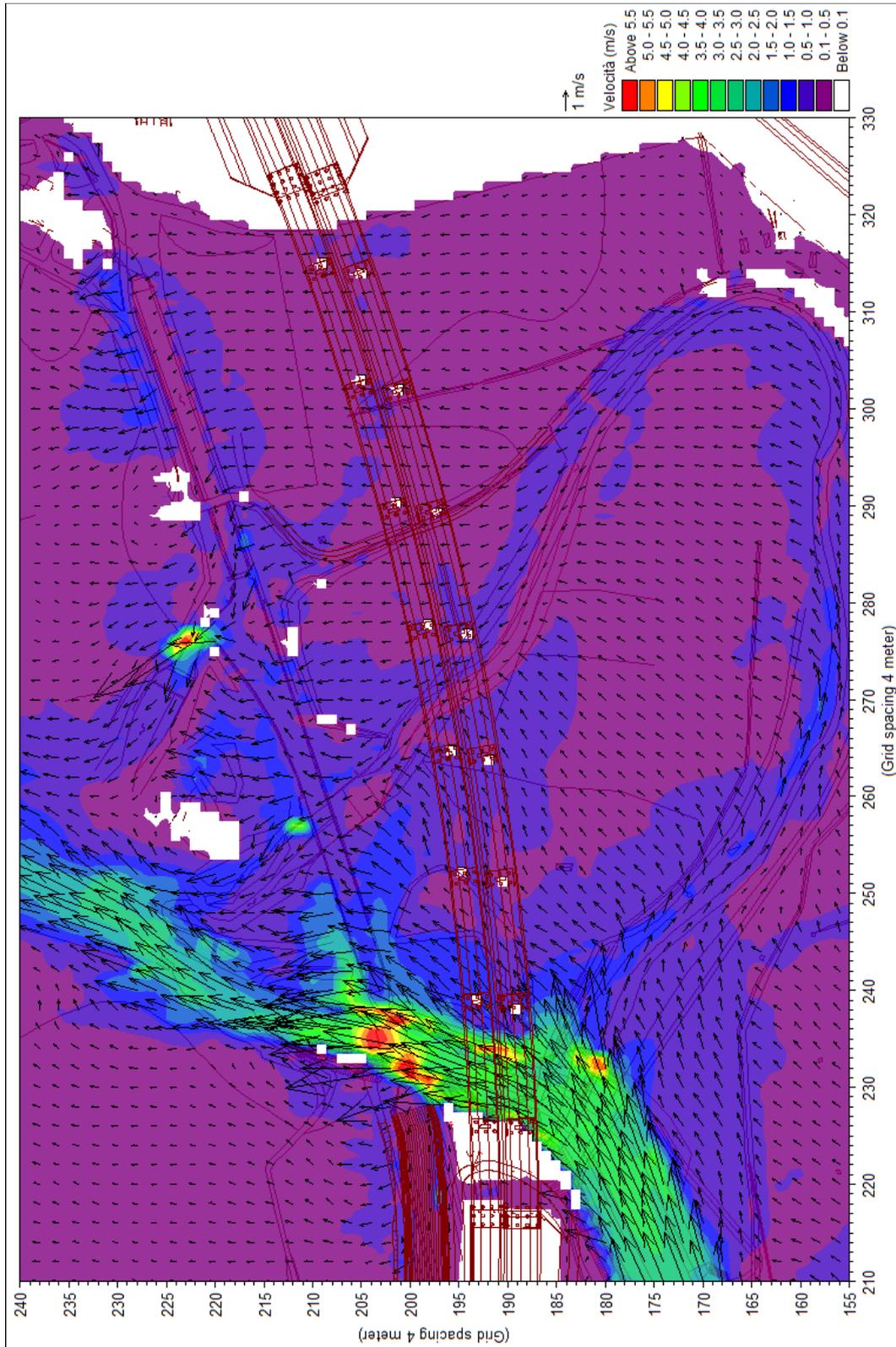
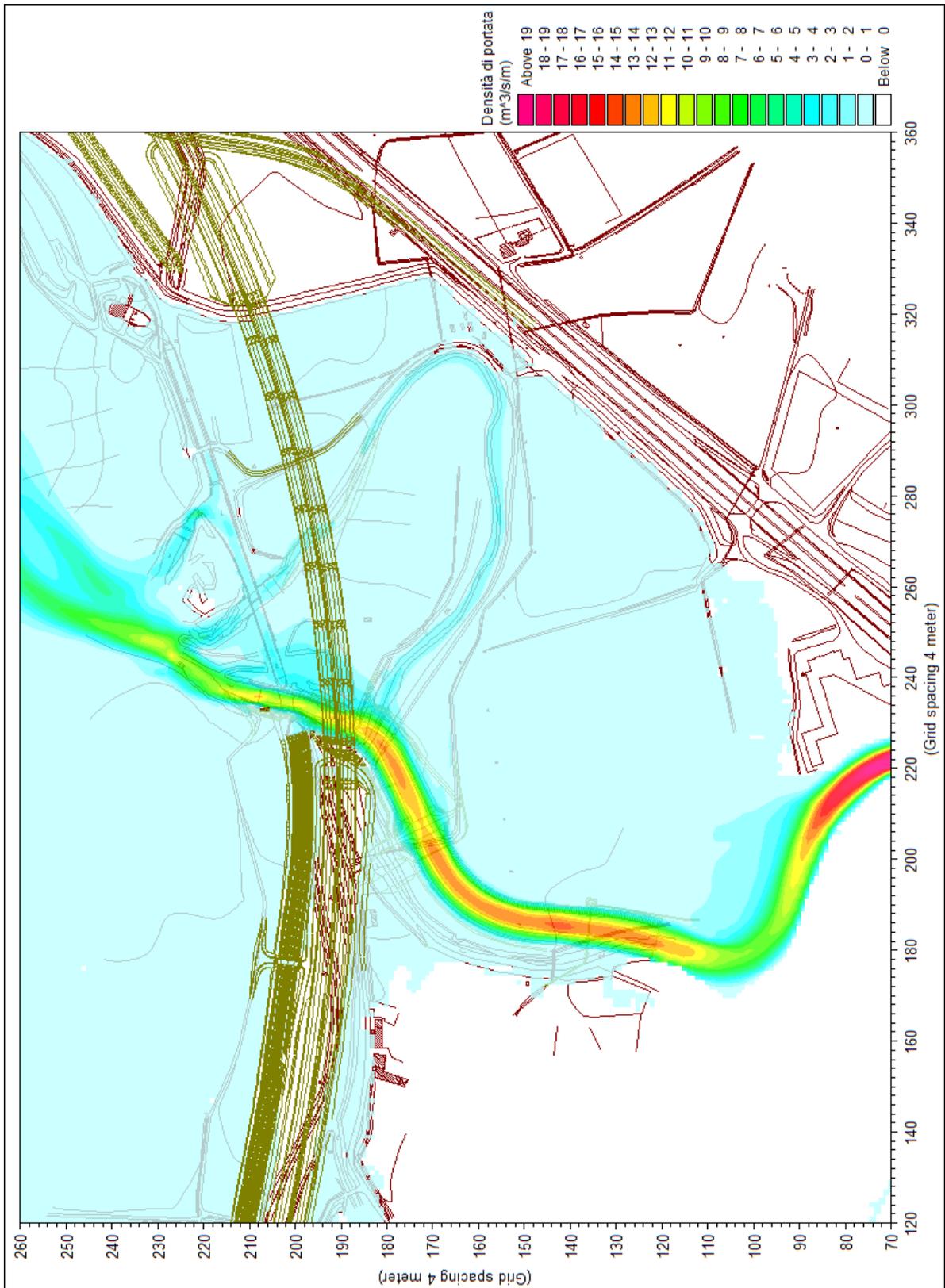


Figura 16 – Situazione di progetto - mappa delle densità di portata.





La concentrazione del flusso è pertanto massima in corrispondenza del Talloria e la disposizione delle pile risulta adeguatamente studiata in modo da non interferire con i filoni principali di corrente che si trovano, oltre che nell'alveo principale, anche in minor misura nel ramo parallelo.

L'interferenza tra le pile del viadotto presenti nell'area golenale ed il flusso di piena non desta preoccupazioni in quanto le velocità di corrente si mantengono su valori generalmente inferiori a 1 m/s.

La *Figura 17* illustra il confronto tra gli andamenti del pelo libero lungo lo sviluppo della sezione di monte del viadotto autostradale, relativi alle simulazioni della situazione attuale (SIM1) e dello scenario di progetto (SIM2), nell'ipotesi di deflusso della portata di piena di progetto considerata. Nella figura sono anche riportati a confronto gli andamenti del terreno nella situazione attuale e in quella futura (estratti dalle batimetrie degli scenari SIM1 e SIM2 rispettivamente).

Per effetto del restringimento indotto dalla presenza della spalla sinistra del viadotto, che è posizionata in corrispondenza dell'alveo inciso attuale del Talloria, si assiste in sinistra orografica ad un modesto incremento dei livelli di piena, e in destra a una diminuzione dei livelli golenali.

Il livello massimo raggiunto dalla piena risulta pari a circa 176,2 m s.m.: considerando un franco di sicurezza di 1,00 m si ottiene pertanto una quota minima di intradosso del viadotto pari a 177,20 m s.m.

Nella *Figura 18* è riportato l'andamento delle velocità di deflusso lungo lo sviluppo del viadotto nella situazione di progetto: la velocità massima in alveo è pari a circa 3,4 m/s mentre in golena le velocità massime si attestano su valori pari a 0,7 m/s; unica eccezione è la seconda pila che viene investita da un flusso di esondazione in curva che presenta una velocità massima circa equivalente a quella in alveo e pari a 3,4 m/s.

Figura 17 – Profilo longitudinale delle velocità lungo il filo di monte del viadotto in progetto.

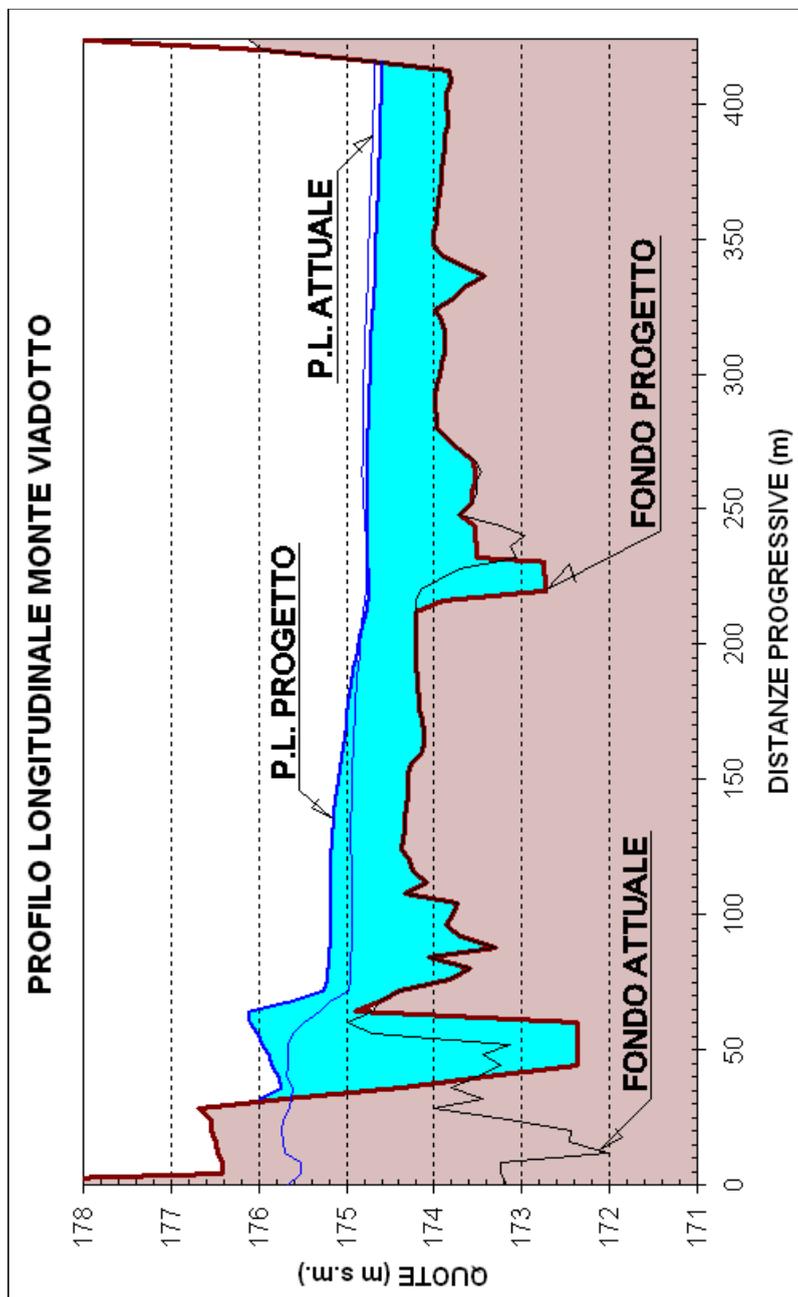
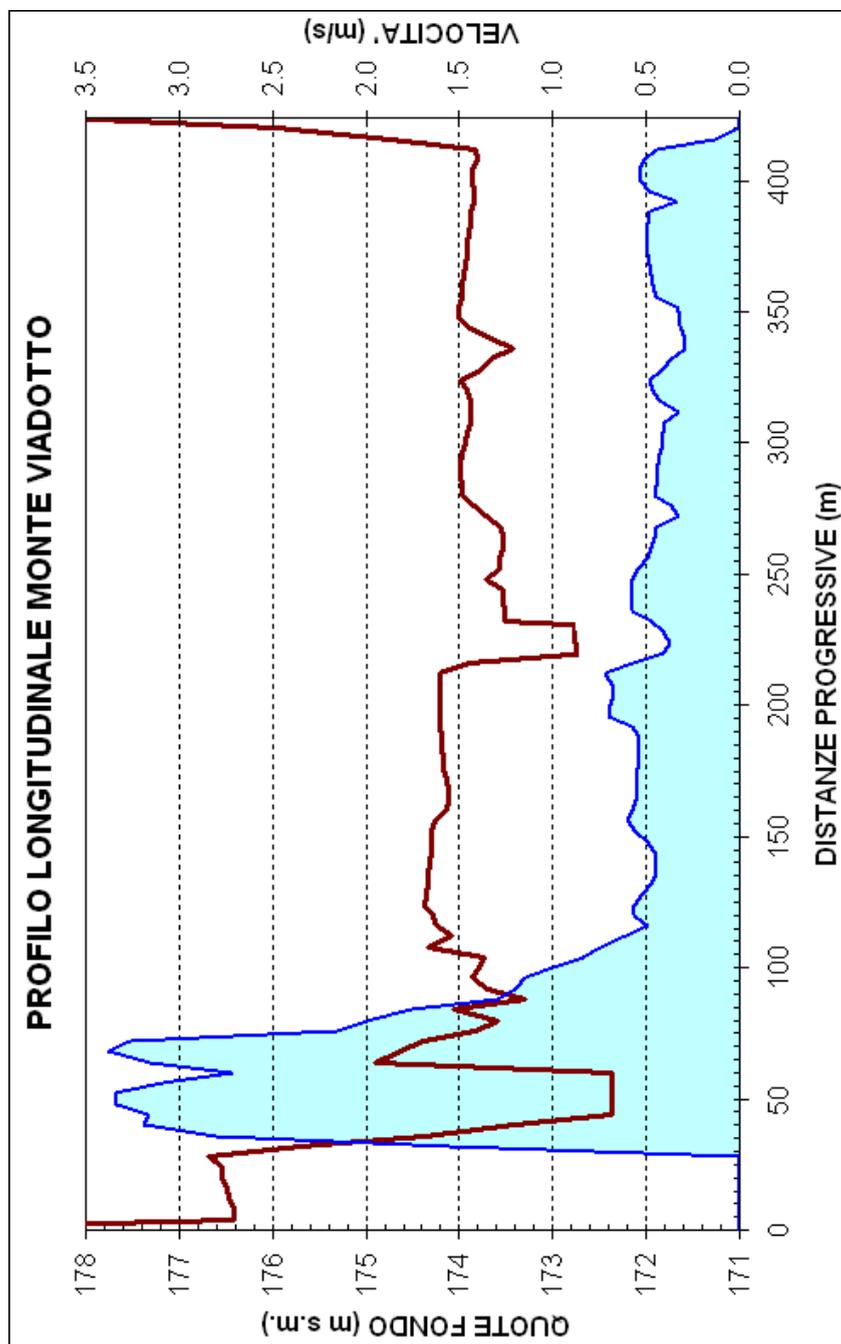


Figura 18 – Profilo longitudinale delle velocità a monte del viadotto in progetto.



6.4. OSSERVAZIONI SUI RISULTATI DELL'ANALISI IDRODINAMICA

Le simulazioni effettuate nel settore di confluenza Tanaro-Talloria nell'assetto attuale e in quello di progetto con la portata duecentennale del Talloria pari a 426 m³/s hanno evidenziato, in sintesi, quanto segue:

- il campo di flusso in corrispondenza dell'attraversamento autostradale in viadotto è simile a quello relativo alla situazione attuale, con una maggiore concentrazione del

- flusso nell'alveo inciso del Talloria, per effetto della incrementata capacità di portata conseguente alle opere di sistemazione idraulica in progetto: ne conseguono altezze idriche in golena mediamente inferiori di $0,25 \div 0,40$ m;
- per quanto sopra osservato, le velocità nell'alveo inciso del Talloria si incrementano di $0,5 \div 1$ m/s rispetto alla situazione attuale, mentre nelle aree golenali queste si riducono fino a valori dell'ordine di 0,5 m/s;
 - i livelli idrici di piena di progetto in corrispondenza del viadotto subiscono un incremento rispetto allo stato attuale, in corrispondenza dell'alveo inciso, dell'ordine di $0,1 \div 0,3$ m per effetto della maggiore concentrazione di flusso; il franco rispetto alla quota minima di intradosso (circa 179,35 m s.m.) risulta di oltre 3,0 m rispetto al livello idrico massimo sulla sezione (presso la sponda sinistra) e di oltre 4,0 m rispetto al livello idrico medio sull'intera estensione del viadotto;
 - le velocità di deflusso in corrispondenza dell'attraversamento raggiungono il valore massimo di 3,4 m/s nell'alveo inciso, mentre in golena si attestano su valori di circa 0,7 m/s;
 - la disposizione delle pile è adeguatamente studiata in modo da minimizzare l'interferenza con i filoni principali di corrente.

Per assicurare la sicurezza idraulica delle aree a tergo in sinistra, in cui sono presenti alcuni edifici ad uso abitativo, è previsto un sovrizzo dell'argine stesso, per un'altezza mediamente pari ad 1,0 m (cfr. specifici elaborati di progetto).

La *Tabella 2* fornisce infine i valori del livello idrico in corrispondenza di entrambe le sponde (SX: sinistra, DX: destra) della deviazione dell'alveo del torrente Talloria in corrispondenza del viadotto in progetto, nella configurazione definitiva delle opere.

Il numero della sezione e la distanza progressiva fanno riferimento ai corrispondenti elaborati progettuali, ai quali si rimanda per ogni dettaglio.

Tabella 2 – Livelli idrici di progetto in corrispondenza delle due sponde lungo la deviazione del torrente Talloria in corrispondenza del viadotto in progetto (TR=200 anni, estrazione dal modello 2D).

Sezione	Progressiva in asse [m]	P.L. sponda SX [m s.m.]	P.L. sponda DX [m s.m.]
1	2545,5	177,84	177,85
2	2575,5	177,77	177,78
3	2605,5	177,65	177,68
4	2635,5	177,47	177,48
5	2665,5	177,43	177,40
6	2710,5	177,41	177,20
7	2755,5	177,03	176,80
8	2785,5	176,95	176,81
9	2845,5	176,39	176,39
10	2860,5	176,17	176,39
11	2875,5	176,11	176,26
12	2890,5	176,00	176,14
13	2905,5	175,76	176,10
14	2935,5	175,70	175,51



Sezione	Progressiva in asse [m]	P.L. sponda SX [m s.m.]	P.L. sponda DX [m s.m.]
15	2950,5	175,46	175,15
16	2965,5	174,08	174,95

6.5. ANALISI DELLO SCALZAMENTO DELLE PILE DEL PONTE SUL T.TALLORIA

Lo scalzamento delle pile dei ponti è un complesso fenomeno idraulico legato al trasporto solido e all'erosibilità del materiale di fondo.

Causa dell'erosione del fondo è il "vortice a ferro di cavallo" che si forma attorno alla pila per l'effetto localizzato della presenza di un ostacolo nella corrente idrica.

La dimensione del vortice e la massima profondità dell'erosione sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche idrauliche della corrente, dalla forma geometrica dell'ostacolo e dalle caratteristiche del materiale di fondo alveo.

Il fenomeno di scalzamento è progressivo nel tempo ed è soggetto ad un'alternanza di condizioni di erosione e di deposito di materiale nella buca al piede della pila, determinata dal regime idrologico cui è soggetto il corso d'acqua e quindi dal manifestarsi di eventi caratterizzati da portate di entità differente.

La profondità massima che viene calcolata attraverso le formule rappresenta una condizione ultima di equilibrio cui tende il fenomeno: per tale motivo risulta sufficientemente cautelativo fare riferimento a condizioni idrodinamiche della corrente che abbiano probabilità di manifestarsi pari a quelle dell'evento di piena di progetto.

6.5.1. Condizioni idrauliche di riferimento

I dati idrodinamici della corrente in corrispondenza delle pile del ponte sono stati desunti dalle simulazioni idrauliche condotte con modello bidimensionale in relazione all'evento di piena di progetto:

- QTR200 = 426 m³/s in ingresso nel torrente Talloria;
- QTR200 = 3700 m³/s portata defluente nel Tanaro.

6.5.2. Schematizzazione geometrica

L'opera di attraversamento in esame del torrente Talloria prevede la realizzazione di due viadotti, uno per ogni senso di marcia. Entrambi i viadotti sono costituiti da nove campate: le due campate esterne hanno una luce di 35,00 m mentre quelle centrali misurano tutte 51,50 m.

Le pile presentano una sezione piena di forma ellittica, con dimensioni in pianta di 5,20x1,50 m per la direzione Asti e 4,40x1,50 m per la direzione Cuneo. Le fondazioni sono di tipo indiretto, costituite da palificate con pali di diametro 1,20 m, disposti ad un interasse minimo di 3,80 m in numero pari a 6. I plinti hanno tutti dimensioni in pianta pari a 10,60x7,00 m e altezza 2,20 m.

Per le verifiche di scalzamento si possono distinguere due differenti zone, caratterizzate dai seguenti parametri:

- a) zona prossima all'alveo inciso sistemato del Talloria, la più sollecitata dal punto di vista idrodinamico:
 - quota fondo di riferimento = 172,40 m s.m.;



- massima altezza d'acqua $Y = 3,1$ m (quota massima di pelo libero 175,50 m s.m.);
 - velocità massima della corrente $v = 3,4$ m/s;
- b) zona golenale, poco sollecitata dal punto di vista idrodinamico:
- quota fondo di riferimento = 172,40 m s.m..
 - massima altezza d'acqua $Y = 2,6$ m (quota massima di pelo libero 175,00 m s.m.);
 - velocità media della corrente nel suo complesso $v = 0,8$ m/s.

La quota di fondo di riferimento corrisponde alla quota di progetto del fondo alveo principale sistemato anche se tutte le pile sono fondate nel settore golenale, in ragione della potenziale instabilità morfologica della zona attraversata.

Il calcolo dello scalzamento è stato effettuato considerando la dimensione effettiva delle pile e si è valutata quindi la quota dell'approfondimento massimo ipotizzabile, utilizzando le formule di calcolo sviluppate da Yaroslavtziev, Holmes e Breusers.

6.5.3. Calcolo dello scalzamento

I risultati prodotti dall'applicazione delle formule sono riportati nella *Tabella 3*: "S1" rappresenta l'entità della massima profondità di scalzamento ipotizzabile per effetto della pila e rispetto alla quota di fondo alveo.

In allegato sono riportate le tabelle di calcolo delle varie formule.

Tabella 3 – Risultati dell'applicazione delle formule di scalzamento per effetto della pila.

	S1 - Breusers (m)	S1 - Holmes (m)	S1 - Yarosl. (m)	S1 medio (m)
Pila 5,20x1,50 – zona a	2,18	1,81	4,40	2,80
Pila 4,40x1,50 – zona a	2,18	1,81	4,53	2,84
Pila 5,20x1,50 – zona b	2,11	0,88	0,38	1,12
Pila 4,40x1,50 – zona b	2,11	0,88	0,39	1,13

Come massima profondità di scalzamento ipotizzabile per effetto delle pile si assume pertanto un valore pari a **2,85** m per le pile in zona "a" e pari a **1,15** m per le pile in zona "b" rispetto alla quota di fondo alveo di riferimento, considerando il valore medio fornito dalle varie formule applicate.

In tali condizioni il vortice a ferro di cavallo verrebbe ad intercettare la struttura dei plinti di fondazione con possibile innesco di un processo di erosione più marcato.

Cautelativamente il calcolo della massima profondità di scalzamento ipotizzabile rispetto alla quota di fondo alveo di riferimento è stato pertanto condotto considerando la geometria dei plinti.

La dimensione trasversale del plinto considerata è pari a 7,00 m mentre come dimensione longitudinale si è adottato un valore pari a 24,90 m corrispondente all'ingombro complessivo dei due plinti disposti in serie a breve distanza tra loro, tanto da poterli considerare ai fini dello scalzamento come un unico ostacolo.

I risultati prodotti dall'applicazione delle formule sono riportati nella *Tabella 4*: "S2" rappresenta l'entità della massima profondità di scalzamento ipotizzabile per effetto del doppio plinto, rispetto alle quote di fondo alveo di riferimento sopra definite.



Tabella 4 – Risultati dell'applicazione delle formule di scalzamento per effetto del plinto.

	S2 - Breusers (m)	S2 - Holmes (m)	S2 - Yarosl. (m)	S2 medio (m)
Plinto L=24,9 m – zona a	7,57	3,90	9,24	6,90
Plinto L=24,9 m – zona b	6,47	1,89	0,66	3,01

In questo caso, a favore di sicurezza, considerando che le ipotesi di scalzamento del plinto sono direttamente correlate alla stabilità stessa della struttura del ponte, è opportuno fare riferimento al valore massimo di calcolo delle tre formulazioni considerate e quindi adottare un'altezza di scalzamento pari a **9,30** m per la zona "a" e pari a **6,50** m per la zona "b".