






ADEGUAMENTO DELLA TANGENZIALE DI ALBA

PROGETTO DEFINITIVO

02 - STUDI E INDAGINI

02.03 - Idrologia ed idraulica
Relazione idrologica e idraulica

IMPRESA 	PROGETTISTA 	INTEGRATORE ATTIVITA' SPECIALISTICHE Dott. Ing. Salvatore Sguazzo Albo degli Ingegneri provincia di Salerno n. 5031 	COMMITTENTE Autostrada Asti-Cuneo S.p.A. Direzione e Coordinamento: S.A.L.T. p.A. (Gruppo ASTI) Via XX Settembre, 98/E 00187 Roma
--	--	--	---

REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTR.	APPROV.	RIESAME	DATA	SCALA
A	05-2021	EMISSIONE	Dutto	Dutto	Ing. Sguazzo	Ing. Sguazzo	MAGGIO 2021	-
							N. Progr.	
							02.03.01	

CODIFICA <table style="width: 100%; text-align: center;"> <tr> <td>PROGETTO</td> <td>LIV</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV</td> </tr> <tr> <td>P018</td> <td>D</td> <td>IDR RI 001</td> <td>A</td> </tr> </table>	PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV	P018	D	IDR RI 001	A	WBS A33ITA0000 CUP G64E20002060005
PROGETTO	LIV	DOCUMENTO	REV						
P018	D	IDR RI 001	A						

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO 	VISTO DELLA COMMITTENTE
---------------------------------------	---------------------------------

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. PIANIFICAZIONE IDRAULICA VIGENTE	3
3. VERIFICA IDRAULICA.....	5
3.1. INQUADRAMENTO IDROLOGICO - PORTATE DI RIFERIMENTO	5
3.1.1. <i>Torrente Talloria.....</i>	<i>5</i>
3.1.2. <i>Fiume Tanaro.....</i>	<i>16</i>
3.2. MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO 2D.....	17
3.2.1. <i>Approccio metodologico.....</i>	<i>17</i>
3.2.2. <i>Assetto idraulico del torrente Talloria a seguito della sistemazione idraulica eseguita dal Comune di Alba</i>	<i>19</i>
3.2.3. <i>Costruzione del modello del terreno per il modello bidimensionale</i>	<i>27</i>
3.2.4. <i>Costruzione del modello monodimensionale MIKE 11</i>	<i>31</i>
3.2.5. <i>Costruzione del modello idrodinamico bidimensionale MIKE 21</i>	<i>34</i>
3.3. PARAMETRI IDRAULICI E CONDIZIONI AL CONTORNO	36
3.1. ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO	40

1. PREMESSA

Nei paragrafi che seguono viene presentata l'analisi idraulica di dettaglio del tratto di fiume Tanaro interessato dal collegamento stradale A6-A21 Asti-Cuneo - Lotto Tangenziale di Alba.

Il tracciato dell'autostrada è localizzato inizialmente in destra idraulica al fiume Tanaro, nel tratto compreso tra "la Casa Circondariale" e il ponte di attraversamento dello stesso Tanaro, per poi svilupparsi, a valle dell'attraversamento, in sinistra idraulica del corso d'acqua fino alla località Vaccheria; il Lotto della Tangenziale rientra in parte nella Fascia B individuata dal PAI oltre che nelle aree di pericolosità media definite nel PGRA.

L'adeguamento del tracciato autostradale A33 viene eseguito in asse all'attuale Tangenziale di Alba, mantenendo quindi una localizzazione planimetrica perfettamente coincidente con l'attuale sede stradale; la sua configurazione planimetrica è quindi perfettamente congruente le analisi idrauliche eseguite per il tracciamento delle aree di Pericolosità Idraulica e di Fascia Fluviale, redatte dalla Pianificazione vigente.

Il presente documento costituisce relazione Tecnica di verifica della compatibilità idraulica dell'infrastruttura autostradale, atta a verificarne le condizioni di sicurezza in termini di franchi idraulici rispetto alla piena di riferimento a tempo di ritorno 200 anni.

Le valutazioni idrauliche sono state supportate da analisi modellistiche bidimensionali che hanno tenuto conto delle piene sia di Tanaro che di Talloria, in modo da determinare con un buon dettaglio gli allagamenti generati dai 2 corsi d'acqua in occasione del manifestarsi dell'evento bicentenario.

2. PIANIFICAZIONE IDRAULICA VIGENTE

Secondo quanto definito dal PAI (Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po, adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Deliberazione n. 18 del 26 aprile 2001, approvato con DPCM del 24 maggio 2001), l'opera in progetto ricade all'interno della Fascia Fluviale B nel tratto compreso tra la Casa Circondariale e l'intersezione con corso Canale, (immediatamente a valle dell'attraversamento sul fiume Tanaro), per una lunghezza di circa 1810 m (Figura 1).

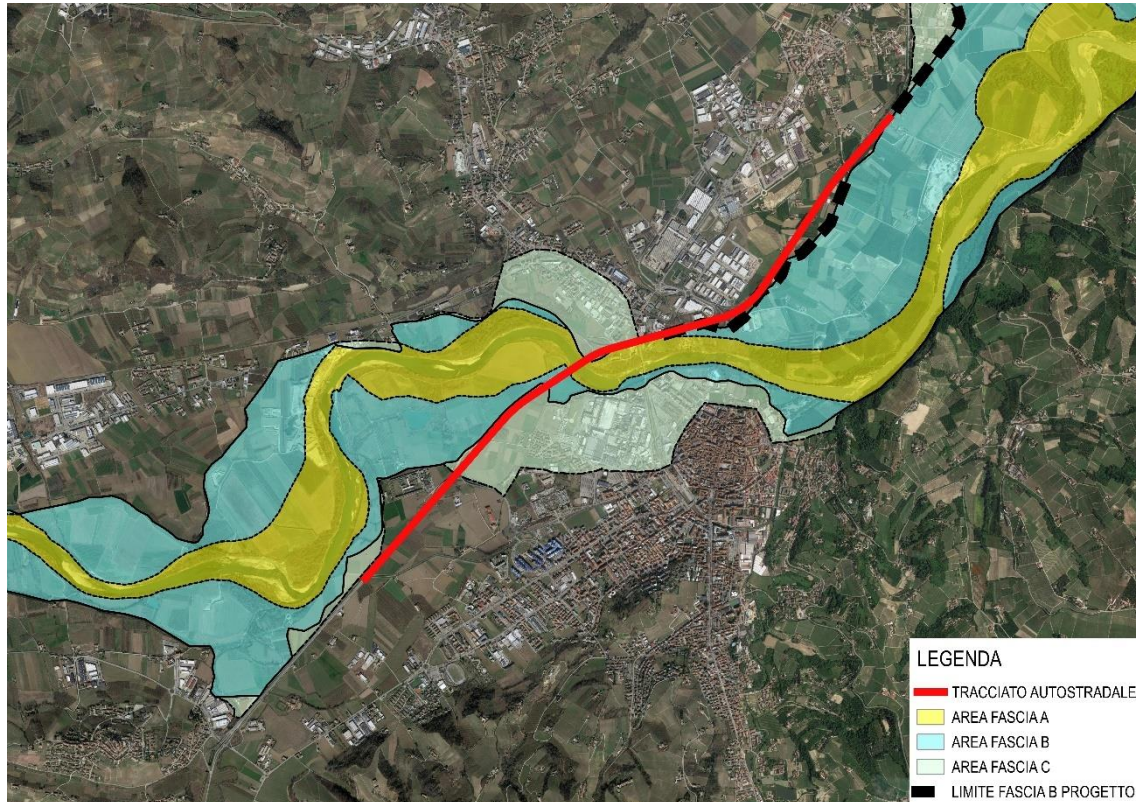



Figura 1 - Localizzazione dell'A33 in adeguamento rispetto alle Fasce fluviali (PAI).

Il vigente PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni) definisce invece l'estensione delle aree potenzialmente allagabili rappresentandole nelle mappe di Pericolosità idraulica, distinte per scenario di pericolosità:


- aree P3 (H nella cartografia) ad alta pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (tempi di ritorno compresi tra 10 e 20 anni);
- aree P2 (M nella cartografia) a media pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti (tempi di ritorno compresi tra 100 e 200 anni);
- aree P1 (L nella cartografia) a bassa pericolosità, o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare (tempo di ritorno di riferimento di 500 anni).


L'opera in adeguamento ricade nell'area di media pericolosità (P2, Figura 2) nel tratto equivalente in termini di localizzazione ed estensione a quello di Fascia B, descritto in precedenza.


LEGENDA

 TRACCIATO AUTOSTRADALE

PERICOLOSITA'

 Probabilità di alluvioni elevata (tr. 10/20)

 Probabilità di alluvioni media (tr. 100/200)

 Probabilità di alluvioni scarsa (tr. 500)

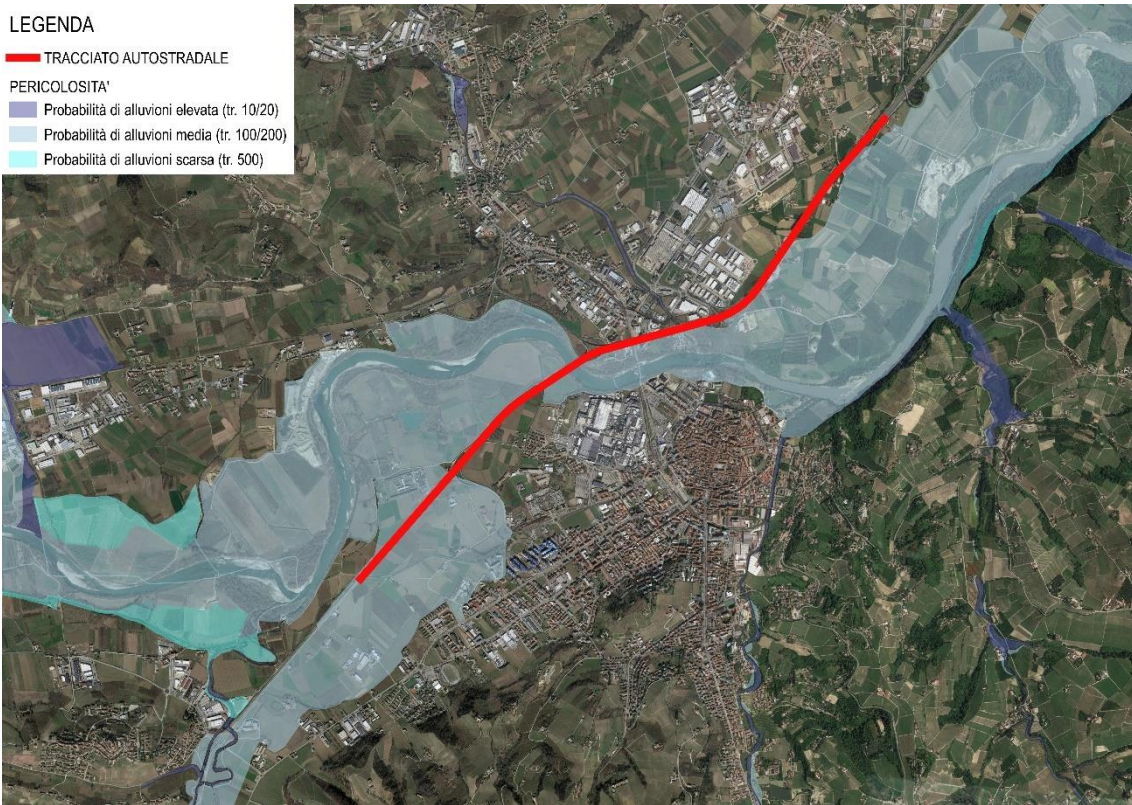


Figura 2 – Localizzazione dell'A33 in adeguamento rispetto aree a pericolosità idraulica elevata (H), media (M) e bassa (L) del PGRA.

3. VERIFICA IDRAULICA

L'analisi idraulica alla base delle verifiche oggetto del presente studio è stata condotta mediante allestimento di un modello idrodinamico di elevato dettaglio, con schema bidimensionale, utilizzando il software MIKE FLOOD del DHI.

Obiettivo dell'analisi è valutare l'interferenza dell'opera autostradale con la piena di riferimento (TR=200 anni), in termini sia di effetti che la presenza dell'opera può produrre sulle modalità di propagazione della piena, sia di effetti che la propagazione della piena può produrre sull'opera stessa.

Il calcolo è stato effettuato a fondo fisso in condizioni di moto non stazionario al fine di esaminare il comportamento idrodinamico dei 2 corsi d'acqua (Tanaro e Talloria) in relazione alla propagazione delle onde di piena lungo le aste fluviali. Le simulazioni rappresentano in termini planimetrici sia lo stato attuale che quello di progetto in quanto il tracciato autostradale è coincidente con quello della Tangenziale di Alba.

3.1. INQUADRAMENTO IDROLOGICO - PORTATE DI RIFERIMENTO

Le verifiche idrauliche oggetto del presente documento sono state condotte per la portata con tempo di ritorno di 200 anni.

3.1.1. Torrente Talloria

L'idrologia sviluppata a supporto del progetto di adeguamento dell'A33 rappresenta un aggiornamento di quella assunta come riferimento per la progettazione della sistemazione dell'asta del Talloria ad oggi eseguita.

In particolare l'impostazione metodologica adottata per la determinazione delle portate di piena di riferimento prende le mosse da quella assunta nel più recente progetto esecutivo dei "Lavori di sistemazione idraulica del torrente Talloria" redatto dal Comune di Alba (lotto IV), che già costituiva variante rispetto ai valori di riferimento assunti per le progettazioni pregresse. Va specificato che i valori di portata di piena assunti come riferimento per la progettazione complessiva della sistemazione del torrente Talloria, ed in particolare delle opere principali (nuova inalveazione – "drizzagno"), indicati all'epoca dalla Regione Piemonte, derivavano dall'applicazione del "metodo geomorfoclimatico", oggi superato.

Tali valori risultano sensibilmente inferiori a quelli oggi valutabili a seguito dell'aggiornamento delle serie storiche di precipitazioni intense e mediante applicazione di differenti metodologie.

3.1.1.1. Caratteristiche fisiografiche del bacino

Il bacino idrografico complessivo del Talloria (colore rosa) e i relativi sottobacini (colore nero) sono stati delimitati sulle cartografie tecniche regionali (CTR) in scala 1:10.000 della Regione Piemonte, e rappresentati in Figura 3 su base in scala 1:50.000.

Lo studio delle caratteristiche morfologiche e fisiografiche dei sottobacini è stato eseguito sulla base del DEM a maglia quadrata di dimensione 5X5 m elaborato a partire dal dataset DTM 2009-2011 Piemonte ICE della Regione Piemonte e rielaborato da HYDRODATA S.p.A. In particolare il DTM copre tutto il territorio regionale ed è stato acquisito con metodologia uniforme (LIDAR) in standard di livello 4. La risoluzione della griglia (passo) è di 5 m, ottenuta con una precisione di ± 0.30 m con un errore massimo di ± 0.50 m nelle aree di minor precisione (corrispondenti alle aree boscate). In Figura 4 si riporta il DTM elaborato per il calcolo delle caratteristiche fisiografiche.

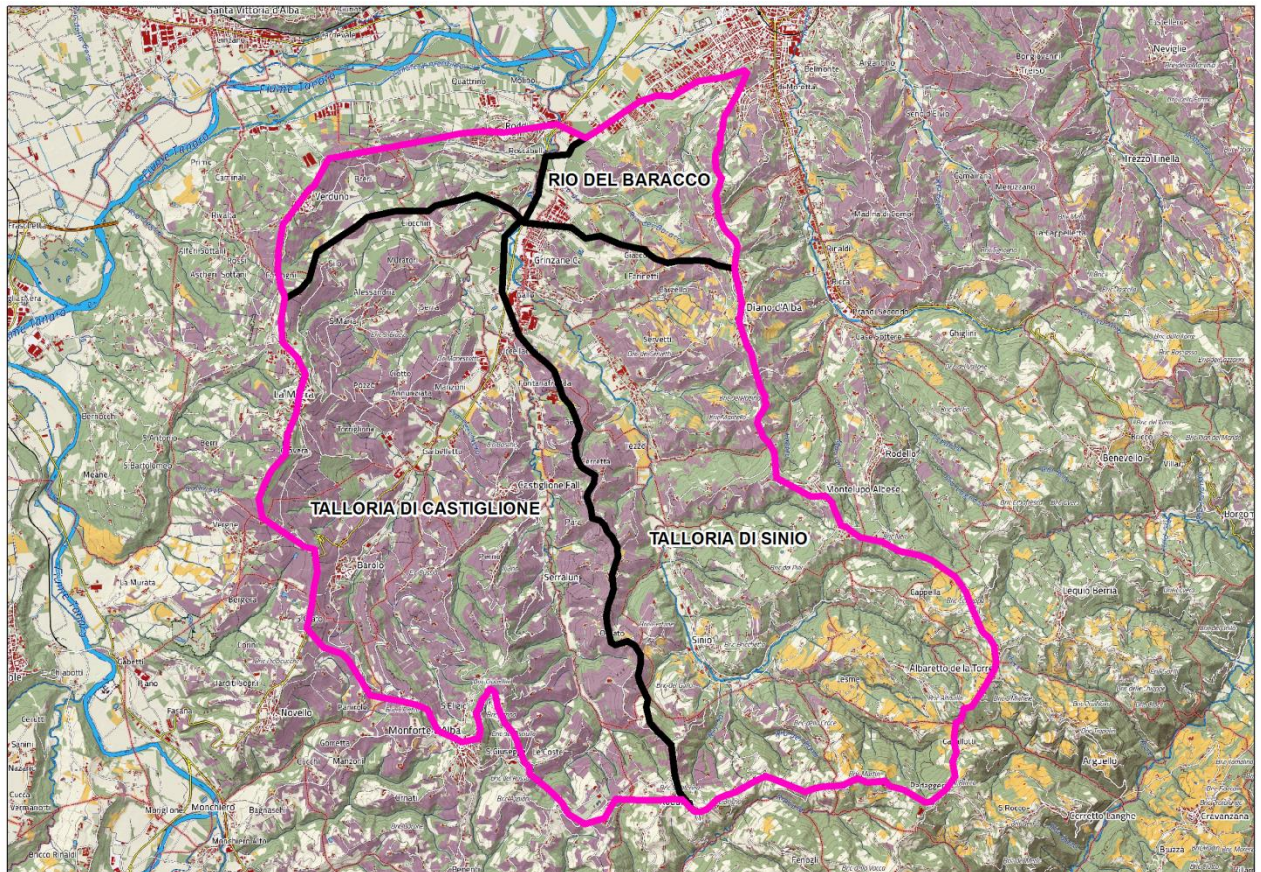


Figura 3 - Sottobacini del torrente Talloria su supporto CTR scala 1:50 000.

I parametri morfologici d'interesse sono i seguenti:

- l'area della superficie dei bacini (S) espressa in km^2 ;
- la lunghezza (L) delle aste principali espressa in km ;
- la pendenza (i) delle aste principali espressa in m/m ;
- le quote massima (H_{max}), minima (H_{min}) e media (H_{med}) dei bacini esprese in m s.m.

In Tabella 1 si riportano i parametri fisiografici determinati e le caratteristiche geometriche del bacino idrografico.

Denominazione bacino idrografico	S (km ²)	Hmax (m s.m.)	Hmed (m s.m.)	Hmin (m s.m.)	L (km)	i (m/m)
RIO DEL BARACCO	7,42	470,79	244,39	173,48	4,95	0,003
TALLORIA DI SINIO	42,94	737,86	402,72	182,25	16,43	0,026
TALLORIA DI CASTIGLIONE	43,90	589,84	312,87	181,54	16,22	0,015
TALLORIA ALLA CONFLUENZA IN TANARO	99,00	737,86	355,00	172,80	18,50	0,031

Tabella 1 - Caratteristiche fisiografiche dei sottobacini idrografici

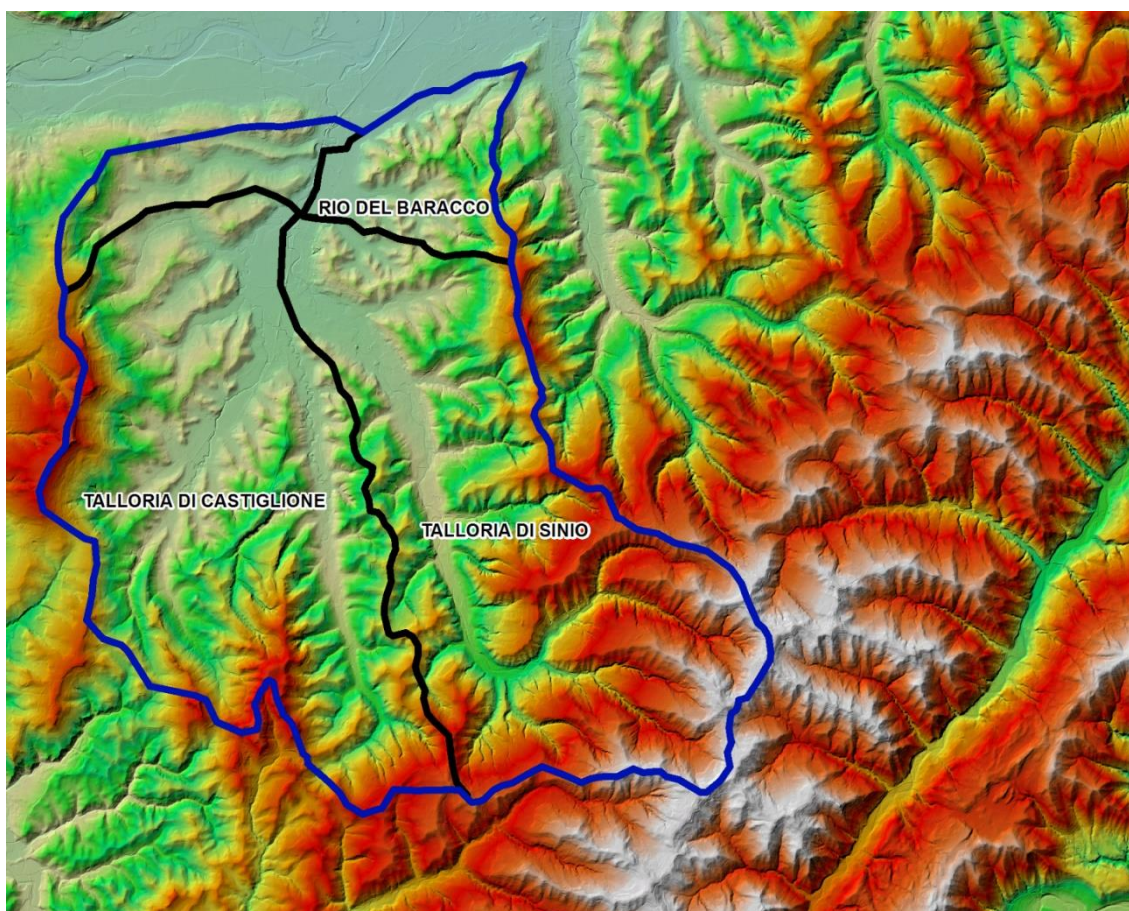


Figura 4 – Sottobacini idrografici del torrente Talloria su supporto DETM a maglia 5x5 m.

3.1.1.2. Pluviometria

I dati pluviometrici utilizzati nei calcoli idrologici sono stati desunti dal Progetto “Lavori di sistemazione idraulica del torrente Talloria” redatto dal Comune di Alba (Lotto IV).

Il metodo utilizzato fa riferimento allo studio relativo alla “Regionalizzazione delle piogge” redatto con modello TCEV a cura dell’Assessorato Regionale Tutela del Suolo – Settore OO.PP. e Difesa Assetto Idrogeologico della Regione Piemonte. Tale modello studia in modo statistico le massime altezze di precipitazione con assegnato tempo di ritorno e durata pari a 1-24 ore e 1-5 giorni sul territorio piemontese.

La procedura permette di determinare il tempo di ritorno associato ad una data altezza di pioggia che si è verificata su un’area caratterizzata dalla propria altitudine media e dal

fatto di essere contenuta in una particolare zona pluviometricamente omogenea. L'area in studio si colloca all'interno della zona omogenea 2.

La valutazione avviene attraverso due passaggi matematici. Il primo consiste nel definire il parametro E, corrispondente alla media delle altezze massime di precipitazione registrate in un dato intervallo di tempo. La funzione che definisce tale parametro varia da zona a zona, per cui sono state definite per la Regione Piemonte 6 aree pluviometricamente omogenee; per quanto attiene la zona 2 si individua la seguente funzione caratteristica:

$$\text{ZONA OMOGENEA 2:} \quad E2 = 25.37 \cdot t^{(0.469+0.00023 \cdot Z)/1.38}$$

dove t corrisponde alla durata della pioggia considerata (ore) e Z all'altitudine (m s.m.). Dal rapporto tra l'altezza di pioggia misurata X_T e il valore E si ricava $X_1 = X_T/E$.

Introducendo quest'ultimo parametro nella seguente funzione, che descrive la curva di crescita caratteristica di una data area omogenea, si ottiene la probabilità di non superamento SZ:

$$\text{ZONA PLUVIOMETRICA 2:} \quad SZ2 = e^{(-20.38.25.078 \cdot X_1 - 2.231.8.498 \cdot X_1^2)}$$

Dal parametro SZ si ricava infine il tempo di ritorno TR di un determinato evento dalla seguente relazione:

$$TR = 1/(1 - SZ1).$$

Applicando a ritroso le stesse funzioni si può ricavare l'altezza di precipitazione di assegnato tempo di ritorno da utilizzare poi nel calcolo delle portate tramite il metodo razionale. Introducendo nel modello di regionalizzazione TCEV il valore del tempo di pioggia e quello del relativo tempo di ritorno, si ottiene l'altezza di pioggia cercata.

Per il bacino complessivo del torrente Talloria alla confluenza in Tanaro l'altezza di pioggia critica risulta pari a 141 mm per TR=100 anni e 174 mm per TR=500 anni, con riferimento al tempo di pioggia definito in Tabella 5.

3.1.1.3. Determinazione del tempo di corrivazione

La determinazione del valore del tempo di corrivazione è stata eseguita avvalendosi della formula di Giandotti nel seguito riportata. Per coerenza dei risultati essa è stata considerata valida per tutti i bacini in esame, per quanto a rigore il bacino del rio Baracco sia ai limiti del campo di applicabilità in relazione alla modesta superficie contribuyente.

$$tc = \frac{4 \cdot S^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{(H_{med} - H_{min})}}$$

Tale formula necessita, come dati di input, dei valori delle caratteristiche morfologiche, fisiografiche ed altimetriche dei bacini definiti alla loro rispettiva sezione di chiusura. Le grandezze da considerare sono le seguenti:

- superficie S (km²);
- altitudine media H_{med} (m s.m.);

- quota della sezione di chiusura H_{\min} (m s.m.);
- lunghezza dell'asta principale L (km);
- pendenza dell'asta principale i (m/m).

Le grandezze fisiografiche utilizzate in input sono quelle determinate per il bacino idrografico, riportate in Tabella 1. I risultanti valori del tempo di corrivazione ottenuti applicando le formulazioni citate sono riportati in Tabella 2.

Denominazione bacino	S (km ²)	T _c (ore)
RIO DEL BARACCO	7,416	2,72
TALLORIA DI SINIO	42,942	4,28
TALLORIA DI CASTIGLIONE	43,904	5,54
TALLORIA ALLA CONFLUENZA IN TANARO	99,000	6,26

Tabella 2 - Valori del tempo di corrivazione per i bacini in analisi.

Il tempo di corrivazione del bacino complessivo alla confluenza in Tanaro così determinato si è rivelato congruente con quello assunto nel Progetto del Comune di Alba, pari a circa **6 ore**.

3.1.1.4. Determinazione dei parametri del modello di trasformazione afflussi-deflussi

Il ruolo del tipo di suolo e della copertura vegetale nella formazione del deflusso superficiale per gli stati idrologici di piena, che si identificano con eventi di piovosità intensa, è duplice; riguarda infatti, sia la funzione di trattenuta o intercettazione, sia il controllo del tempo di concentrazione delle portate superficiali.

Per la stima di tali parametri si devono tenere in conto i diversi fattori che influiscono sulla formazione dei deflussi, fra cui la natura dei terreni e la loro copertura vegetale, la capacità di accumulo del bacino, l'effetto di laminazione dell'intera rete idrica superficiale, la presenza di zone urbanizzate ecc.

I modelli concettuali di trasformazione afflussi-deflussi considerano tipicamente un parametro (coefficiente di deflusso, o analogo) che tiene conto in forma implicita di tutti i fattori che intervengono a determinare la relazione tra la portata al colmo e l'intensità media di pioggia; si utilizzano normalmente valori di riferimento, tratti dalla letteratura scientifica.

È noto come il valore di tale parametro in un dato bacino possa variare significativamente da evento ad evento, in particolare in funzione delle differenti condizioni climatiche antecedenti. È possibile comunque ipotizzare che, per gli eventi gravosi che sono di interesse nel campo della progettazione e delle verifiche idrauliche, il parametro assuma valori sufficientemente stabili.

Nel caso in esame, per la definizione degli idrogrammi di piena a partire dalle piogge critiche di riferimento è stato utilizzato il modello SCS dell'U.S. Soil Conservation Service (Department of Agriculture), che fa riferimento al parametro CN (Curve Number), coefficiente sperimentale che tiene conto delle caratteristiche del bacino classificate secondo criteri prestabiliti.

Il valore di CN si ricava con riferimento ai dati riportati nelle Tabella 3 e Tabella 4, assegnando le seguenti condizioni: classe di appartenenza del suolo, tipo di copertura, destinazione d'uso del suolo e condizioni idrologiche.

Le classi di appartenenza del suolo nel metodo S.C.S. sono:

- Suoli ad alta permeabilità, costituiti da sabbie grossolane, silt calcarei non consolidati ed omogenei.
- Suoli a moderata permeabilità, costituiti da sabbie limose ed argillose.
- Suoli a medio-bassa permeabilità, costituiti da argille e limi, con contenuti organici.
- Suoli a bassa permeabilità, costituiti da argille plastiche, con livello piezometrico permanentemente alto.

La classificazione del tipo di copertura del complesso è condotta attraverso la stima di 3 fattori: la destinazione d'uso del suolo, il tipo di utilizzo e la condizione idrologica del suolo. Essi sono riassunti nella Tabella 4.

Il contenuto d'acqua del suolo nelle condizioni antecedenti l'evento ha un effetto significativo sia sul volume d'acqua in gioco sia sul deflusso superficiale. Sono distinte tre condizioni:

- condizione I : suoli asciutti.
- condizione II : suoli in condizioni medie.
- condizione III: suoli saturi.

I valori di CN ottenuti dalla Tabella 4 sono relativi a suoli in condizione II. Se si considerano differenti condizioni si può far riferimento alla Tabella 3.

Per i bacini in esame sono stati ottenuti i valori di CN riportati in Tabella 5.

CN FOR CONDITION	CORRESPONDING CN FOR CONDITION	
	I	III
100	100	100
95	87	99
90	78	98
85	70	97
80	63	94
75	57	91
70	51	87
65	45	83
60	40	79
55	35	75
50	31	70
45	27	65
40	23	60
35	19	55
30	15	50
25	12	45
20	9	39

CN FOR CONDITION	CORRESPONDING CN FOR CONDITION	
II	I	III
15	7	33
10	4	26
5	2	17
0	0	0

Tabella 3 - Confronto fra i valori di CN nelle diverse condizioni idrologiche (Mc Cuen - SCS Method). Per i bacini in esame si è ipotizzato: un tipo suolo B e una condizione del suolo AMC di tipo II.

**Runoff Curve Numbers for Hydrologic Soil-Cover Complexes
 (Antecedent Moisture Condition II, and $I_a * 0.2 S$)**

<u>Land Use Description/Treatment/Hydrologic Condition Group</u>			<u>Hydrologic Soil</u>		
			<u>A</u>	<u>B</u>	<u>C</u>
Residential:					
	<u>D</u>				
Average lot size	Average Impervious				
1/8 acre or less	65	77	85	90	
	92				
1/4 acre	38	61	75	83	
	87				
1/3 acre	30	57	72	81	
	86				
1/2 acre	25	54	70	80	
	85				
1 acre	20	51	68	79	
	84				
Paved parking lots, roofs, driveways, etc.		98	98	98	
	98				
Streets and roads:					
paved with curbs and storm sewers		98	98	98	
	98				
gravel		76	85	89	
	91				
dirt		72	82	87	
	89				
Commercial and business area (85% impervious)		89	92	94	
	94				
Industrial districts (72% impervious)		81	88	91	
	93				
Open Spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.					
good condition: grass cover on 75% or more of the area		39	61	74	
	80				
fair condition: grass cover on 50% to 75% of the area		49	69	79	
	84				
Fallow	Straight row	77	86	91	
	94				
Row crops	Straight row	72	81	88	
	91				
	Straight row	67	78	85	
	89				
	Contoured	70	79	84	
	88				
	Contoured	65	75	82	
	86				
	Contoured & terraced	66	74	80	
	82				
	Contoured & terraced	62	71	78	
	81				
Small grain	Straight row	65	76	84	
	88				
		63	75	83	
	87				
	Contoured	63	74	82	
	85				
		61	75	81	
	84				
	Contoured & terraced	61	72	79	
	82				

		Good	59	70	78
Close - seeded	81				
	Straight row	Poor	66	77	85
legumes <u>4/</u>	89				
	Straight row	Good	58	72	81
or	85				
	Contoured	Poor	64	75	83
rotation	85				
	Contoured	Good	55	69	78
meadow	83				
	Contoured & terraced	Poor	63	73	80
Pasture	83				
	Contoured & terraced	Good	51	67	76
or range	80				
	79	86	Poor		68
or range	49	69	Fair		
	39	61	79	84	
Meadow	Contoured	Poor	Good		
	88		74	80	
Woods or	Contoured	Fair	6	35	70
	79				
Forest land	78	Good	30	58	71
	83	Poor	45	66	77
Farmsteads	79	Fair	36	60	73
	77	Good	25	55	70
Farmsteads	86	---	59	74	82

Tabella 4 - Valori del coefficiente CN (Rif. Mc Cuen - S.C.S. Method).

3.1.1.5. Portate e idrogrammi di piena di riferimento

Al fine della determinazione delle portate di piena con tempo di ritorno assegnato è stato applicato il modello idrologico SCS utilizzando il codice di calcolo RR - UHM del DHI.

Le ipotesi base per la messa a punto del modello, basato sul metodo dell'idrogramma unitario adimensionale proposto dal Soil Conservation Service (SCS), sono riassunte nella Tabella 5 in cui:

- Q_{iniz} è la portata iniziale di base costante;
- le perdite idrologiche iniziali sono calcolate con il metodo SCS a partire dai valori di CN e AMC;
- il "lag time" è calcolato con il metodo SCS in funzione di CN, della lunghezza dell'asta e della pendenza dei versanti;
- T_p (assunto pari al tempo di corruzione del bacino) è la durata della precipitazione intensa assunta uniformemente distribuita sul bacino, ad intensità costante e con altezza totale di pioggia pari al valore h di assegnato tempo di ritorno.

DENOMINAZIONE BACINO	Qiniz (m ³ /s)	CN	AMC	Lag time (ore)	Tp (ore)
RIO DEL BARACCO	0,2	68	2	1,57	2,61
TALLORIA DI SINIO	0,2	68	2	2,44	4,08
TALLORIA DI CASTIGLIONE	0,2	71	2	3,23	5,39

Tabella 5 - Parametri del modello idrologico e altezza di precipitazione in ingresso per tempo di ritorno assegnato

Gli idrogrammi di piena ottenuti con il metodo SCS per tempo di ritorno assegnato sono riportati nella seguente Figura 5 per i bacini di interesse.

Il calcolo idrologico è stato condotto unicamente per i 3 bacini riportati in Tabella 5; gli altri idrogrammi sono ottenuti dalla somma dei precedenti nelle sezioni di confluenza, considerando i diversi tempi di corrivazione.

In particolare l'idrogramma "Talloria a valle confluenza rami" è la somma dei due rami principali di monte, che differisce dall'idrogramma "confluenza Tanaro" per l'immissione del contributo del rio Baracco. Quest'ultimo è stato opportunamente traslato nel tempo in modo da ottenere una sovrapposizione parziale dei colmi, tale da produrre la portata di riferimento del torrente all'immissione in Tanaro adottata nel più recente progetto esecutivo dei "Lavori di sistemazione idraulica del torrente Talloria" redatto dal Comune di Alba (IV Lotto). Gli idrogrammi di Figura 5, sono stati introdotti in input per le simulazioni idrodinamiche descritte nei capitoli seguenti.

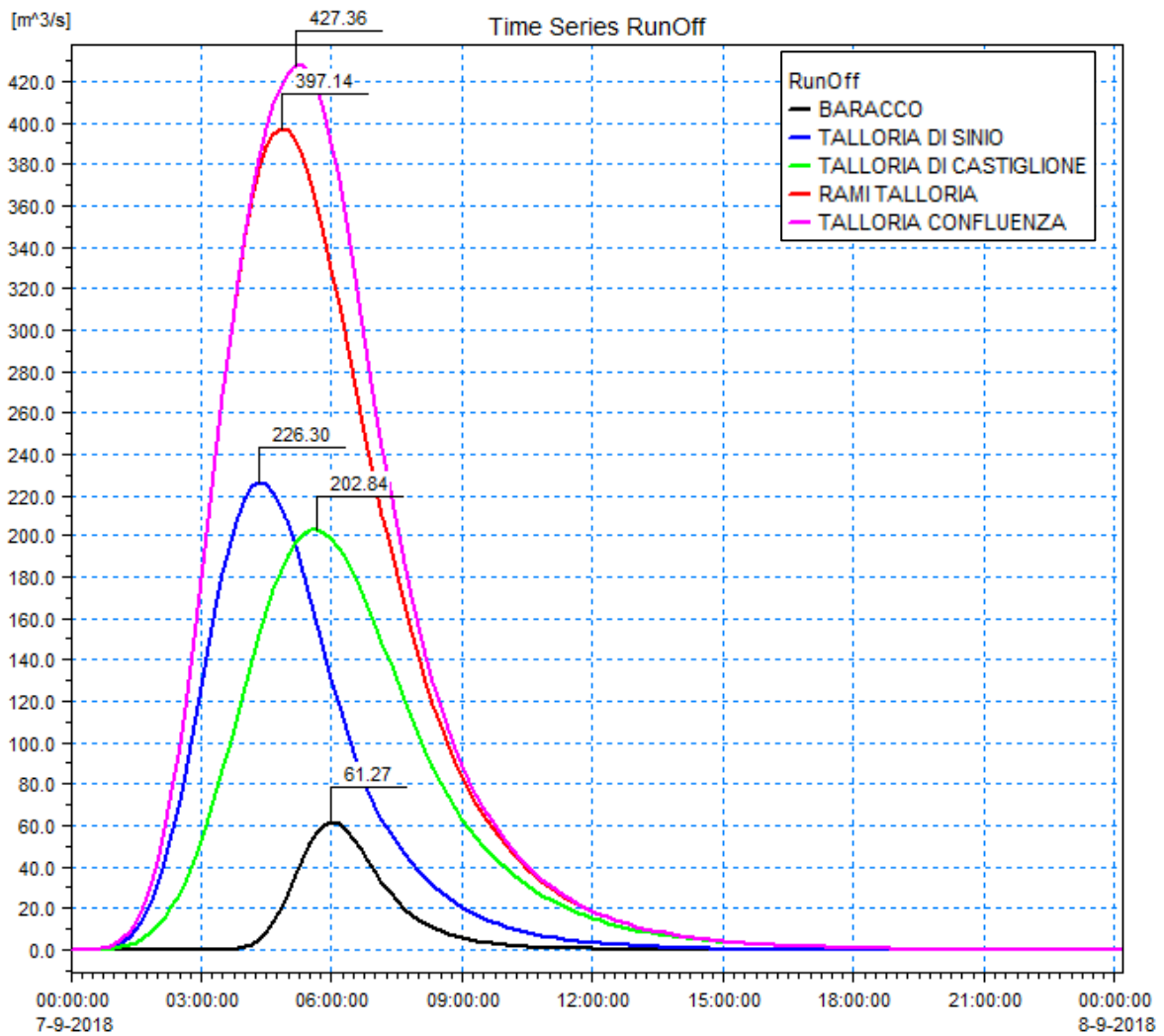


Figura 5 – Idrogrammi per tempo di ritorno di 200 anni sul torrente Talloria.

In termini di valore al colmo la portata di piena di riferimento per tempo di ritorno 200 anni alla confluenza Tanaro è pari a circa 428 m³/s.

Il citato progetto del IV lotto dei lavori di sistemazione considerava i seguenti valori di portata al colmo, del tutto congruenti: 347 m³/s per TR=50 anni; 426 m³/s per TR=200 anni; 481 m³/s per TR=500 anni.

3.1.2. Fiume Tanaro

La pianificazione idraulica vigente (PGRA, Piano di Gestione del Rischio da Alluvioni) riporta per il fiume Tanaro alla sezione di Alba (a valle della confluenza del Talloria) i valori di riferimento delle portate al colmo di piena per tempo di ritorno assegnato (Tabella 6).

	Progr. Km	Sezione n.°	Superficie (km ²)	Q TR20 (m ³ /s)	Q TR100 (m ³ /s)	Q TR200 (m ³ /s)	Q TR500 (m ³ /s)
Tanaro a Alba	141.85	68	3374	2050	2750	3050	3400

Tabella 6 - Portate di piena per il fiume Tanaro nel tratto in esame da Direttiva ADBPO e PGRA (non utilizzate per il presente studio a supporto dell'A33 in quanto considerano la presenza delle casse di espansione a monte di Alba, al momento non realizzate).

I valori di Tabella 6 considerano però la presenza delle casse di laminazione previste a monte della città dal Piano di assetto idrogeologico, ad oggi non realizzate. In via cautelativa pertanto si è fatto riferimento a eventi di maggiore gravosità, cioè caratterizzati da valori al colmo non laminati da tali opere.

In particolare si è fatto riferimento ai valori di portata indicati in Tabella 7. L'evento di piena catastrofico del 1994, associato a un tempo di ritorno maggiore di 200 anni, ha fatto effettivamente registrare una portata poco inferiore a 4200 m³/s.

	Progr. Km	Q TR100 (m ³ /s)	Q TR200 (m ³ /s)	Q TR500 (m ³ /s)
Tanaro a Alba	141.85	3440	3700	4250

Tabella 7 - Portate di piena per il fiume Tanaro utilizzate nelle simulazione in assenza di interventi di laminazione previsti dal PAI.

Anche l'idrogramma di portata utilizzato nelle verifiche è stato ricostruito a partire da quello reale misurato (a valle della confluenza del Talloria) nel corso dell'evento del novembre del 2016. Per la definizione di tale idrogramma è stata considerata cautelativamente la perfetta concomitanza con la piena di Tanaro di un evento di pari tempo di ritorno del Talloria (pari tempi di picco). Pertanto l'idrogramma di piena del Tanaro a monte confluenza Talloria (in colore rosso in Figura 5) è stato riscaldato a partire da quello misurato in modo che la somma con quello dell'affluente fornisce le portate massime di riferimento di Tabella 7.

In Figura 6 si riporta l'idrogramma per TR=200 anni utilizzato per le analisi idrodinamiche descritte nei capitoli che seguono.

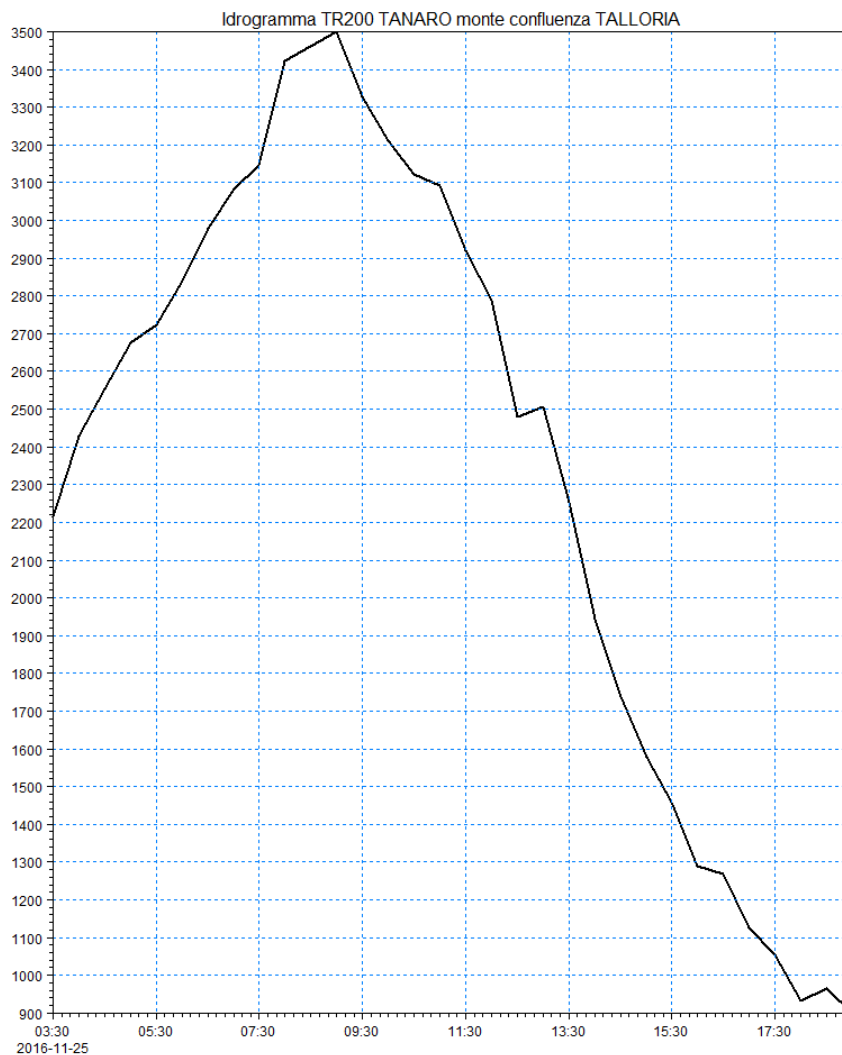


Figura 6 – Idrogramma a tempo di ritorno 200 anni sul Tanaro a monte della confluenza con il Talloria

3.2. MESSA A PUNTO DEL MODELLO NUMERICO 2D

3.2.1. Approccio metodologico

Al fine di descrivere con approfondito dettaglio la propagazione idrodinamica delle onde di piena per tempo di ritorno 200 anni lungo le aste del Tanaro e del Talloria, è stato messo a punto un modello numerico basato sul codice di calcolo MIKE Flood del DHI che combina dinamicamente l'approccio monodimensionale e quello bidimensionale.

Il codice di calcolo MIKE Flood è uno strumento modellistico integrato che permette di accoppiare in maniera dinamica, attraverso un'interfaccia utente grafica, il codice monodimensionale MIKE 11 e quello bidimensionale MIKE 21.

MIKE Flood consente di sfruttare al massimo le potenzialità di MIKE 11 e di MIKE 21, facendo intervenire nell'ambito di uno stesso modello l'uno o l'altro codice in funzione delle specifiche esigenze di rappresentazione geometrica e di simulazione necessarie:

- MIKE 11 per la simulazione monodimensionale di tratti di alveo incisi non coperti o mal rappresentati da un DTM e per il deflusso idrodinamico attraverso ponti, tombini, salti di fondo ecc.;
- MIKE 21 per il deflusso nelle aree golenali o di esondazione e di invaso ben rappresentate da un DTM.

MIKE Flood è caratterizzato dal fatto che MIKE 11 e MIKE 21 rimangono singoli codici indipendenti l'uno dall'altro nella messa a punto e nell'input-output, mentre una specifica interfaccia grafica consente di definire i collegamenti reciproci e biunivoci di MIKE 11 e MIKE 21 per gli interscambi di portata e di quantità di moto e per la congruenza dei livelli idrici di calcolo.

Nel caso in esame è stato messo a punto un modello MIKE Flood nel modo seguente:

- modello MIKE 11 monodimensionale per la rappresentazione dell'asta del Talloria, come da Progetto di sistemazione idraulica del Comune di Alba;
- modello MIKE 21 bidimensionale per la rappresentazione sia degli alvei del Tanaro e del rio Bearlotto (affluente di destra Tanaro che si sviluppa a lato dello stabilimento Ferrero e regolato immediatamente a monte della confluenza da una chiavica) che di tutte le aree golenali allagabili coperte dal modello idrodinamico;
- connessione dinamica dei modelli MIKE 11 e MIKE 21: il collegamento dinamico è di tipo "laterale" lungo tutto lo sviluppo di entrambe le sponde dell'alveo inciso del Talloria.

In maggior dettaglio, la rappresentazione idrodinamica dell'asta del torrente Talloria è stata effettuata:

- con approccio monodimensionale per quanto attiene l'alveo inciso dei rami del Talloria di Castiglione e di Sinio, attraverso l'inserimento delle sezioni trasversali del progetto di sistemazione completamente realizzato e descritto al seguente paragrafo 3.2.2, nel tratto da monte della loro confluenza fino all'intersezione con il canale di Verduno, comprensive dei manufatti di attraversamento (tombinature) e idraulici (soglia in corrispondenza del rio del Baracco);
- con approccio bidimensionale per quanto attiene l'alveo a valle del canale di Verduno (sviluppo meandrizzato in goleni di Tanaro), le golene fluviali presenti sia in sponda destra che in sponda sinistra e per il tratto terminale dell'alveo dell'affluente rio Baracco; l'interscambio di portata tra l'alveo inciso e gli ambiti golenali avviene tramite collegamenti dinamici, rappresentati da speciali strutture laterali di sfioro previste dal codice MIKE Flood, che consentono l'allagamento delle golene stesse nel rispetto delle quote dei limiti naturali del terreno (quote di ciglio sponda, orli di terrazzi, alti morfologici ecc.) o delle opere artificiali in rilevato esistenti (argini, infrastrutture viarie ecc.). La modellizzazione della dinamica di piena, effettuata con approccio bidimensionale, è stata estesa all'intero territorio di possibile esondazione, sia in sponda destra che in sponda sinistra.

La rappresentazione idrodinamica del fiume Tanaro è stata effettuata interamente con approccio bidimensionale per alveo inciso e golene fluviali, sia in sponda destra che in sponda sinistra, e in corrispondenza dell'abitato di Alba limitate dagli argini a carattere continuo; l'interscambio di portata tra l'alveo inciso e gli ambiti golenali viene eseguito dal modello M21 bidimensionale. Molta accuratezza è stata posta nella rappresentazione dei limiti naturali o artificiali del terreno (questi ultimi rappresentati dagli argini a monte ed a valle della città di Alba, e dai rilevati delle infrastrutture viarie presenti). La modellizzazione della dinamica di piena, effettuata con approccio bidimensionale, è stata estesa all'intero territorio di possibile esondazione (oltre i limiti della vigente fascia fluviale C), sia in sponda destra che in sponda sinistra.

La rappresentazione idrodinamica del rio Bearlotta è stata inserita soltanto per definire il fenomeno di risalita lungo la sua asta dei livelli di Tanaro quando la chiavica di regolazione presente in corrispondenza della confluenza risulta aperta; la schematizzazione dell'affluente è con completo approccio bidimensionale, inserendo le infrastrutture di attraversamento interferite lungo il suo sviluppo e la chiavica presente poco a monte della sua confluenza in Tanaro.

3.2.2. Assetto idraulico del torrente Talloria a seguito della sistemazione idraulica eseguita dal Comune di Alba

L'assetto idraulico attuale del torrente Talloria è quello definito dagli interventi di sistemazione realizzati sul tratto d'asta che si estende dalla confluenza dei due rami principali di monte (di Sinio e di Castiglione) fino all'intersezione con il canale di Verduno.

Gli interventi principali, la cui ubicazione è individuata nella corografia di Figura 7, hanno riguardato l'ampliamento dell'alveo inciso, al fine di aumentarne l'efficienza idraulica, e la realizzazione di un "drizzagno" in corrispondenza di un'ansa di meandro del corso d'acqua che intersecava la circonvallazione, finalizzato a rimuovere il rischio idraulico e morfologico da esso indotto.

In maggior dettaglio, con riferimento agli elaborati grafici del progetto esecutivo (versione aggiornata con le varianti realizzate in corso d'opera), dei quali si riportano stralci da Figura 8 a Figura 11 e ai quali si rimanda per ulteriori informazioni, la sistemazione del Talloria è caratterizzata dai seguenti elementi.

- Primo tratto di riprofilatura dell'alveo inciso nel tratto compreso tra le sezioni 1 e 6 sul Talloria di Sinio (monte/valle del ponte in loc. Ravinali) e 201-211 sul Talloria di Castiglione, ovvero su entrambi i rami di monte fino alla confluenza. La sezione realizzata è di forma trapezia avente larghezza di base pari a 14 m e altezza variabile.
- Secondo tratto di riprofilatura dell'alveo inciso nel tratto compreso tra le sezioni 6 e 26 (dalla confluenza dei due rami di monte fino all'imbocco del "drizzagno"); la sezione realizzata è di forma trapezia a due banche, avente larghezza di base pari a 12 m e altezza variabile.
- Nuova inalveazione tra le sezioni 26 e 50 ("drizzagno") così articolata:
 - tratto di monte (compreso tra le sezioni 26 e 30) costituito da sezione rettangolare di larghezza di base variabile da 12,0 a 12,5 m e altezza pari a 5,0 m, con sponde rivestite da gabbioni metallici e fondo in c.a.;
 - due tratti di tombino scatolare in c.a. di larghezza alla base di 12,5 m; quello di monte con altezza minima di 5,10 m (5,20 m in centro sezione) e quello di valle con altezza minima di 4,70 m (4,80 m in centro sezione);
 - tratto a sezione rettangolare a cielo aperto tra i due tombini scatoari, con sezione in c.a. avente larghezza di base pari a 12,50 m e altezza di 4,70 m.
- Al termine del drizzagno (sezione 51) è presente un salto di fondo in c.a. (soglia) di raccordo con l'alveo esistente del corso d'acqua.
- Il ramo di meandro che è stato "tagliato" dal drizzagno è stato mantenuto nella sua condizione naturale preesistente, in quanto in esso confluisce un tributario del Talloria, il rio del Baracco. Tale ramo "morto" attraversa la circonvallazione all'inizio del suo sviluppo e nuovamente nel tratto terminale, confluendo nel ramo "attivo" a valle del drizzagno, in corrispondenza del nodo di raccordo in cui è stato realizzato il salto di fondo di cui al punto precedente (v. Figura 10).

- Il ramo morto del Talloria non viene alimentato da quello attivo (c'è continuità della sponda destra, a tergo della quale è stato realizzato un rilevato in terra a sostegno della stessa e di riempimento della sezione d'alveo). È presente una paratoia piana di piccole dimensioni che oltrepassa tale rilevato e sarebbe utilizzabile per l'alimentazione del ramo morto con modeste portate di "DMV" (deflusso minimo vitale). Essa, sulla base di quanto desumibile dal sopralluogo eseguito, appare ad oggi dismessa, e l'intera portata del torrente defluisce nel ramo attivo.
- A valle del nodo di confluenza (da sezione 51 a fine intervento) l'alveo del torrente è stato riprofilato su fondo e sponde e rivestito in massi di cava sciolti a formare una sezione incisa stabile morfologicamente.
- È stato inoltre realizzato un breve tratto di arginatura in destra idraulica del corso d'acqua (argine di rigurgito) che si raccorda alle opere di contenimento dei livelli di Tanaro. Tale tratto è finalizzato alla protezione della circonvallazione nel tratto di monte e all'interruzione del canale di Verduno (Figura 11).



Figura 7 – Corografia con localizzazione dei principali interventi di sistemazione del torrente Talloria.

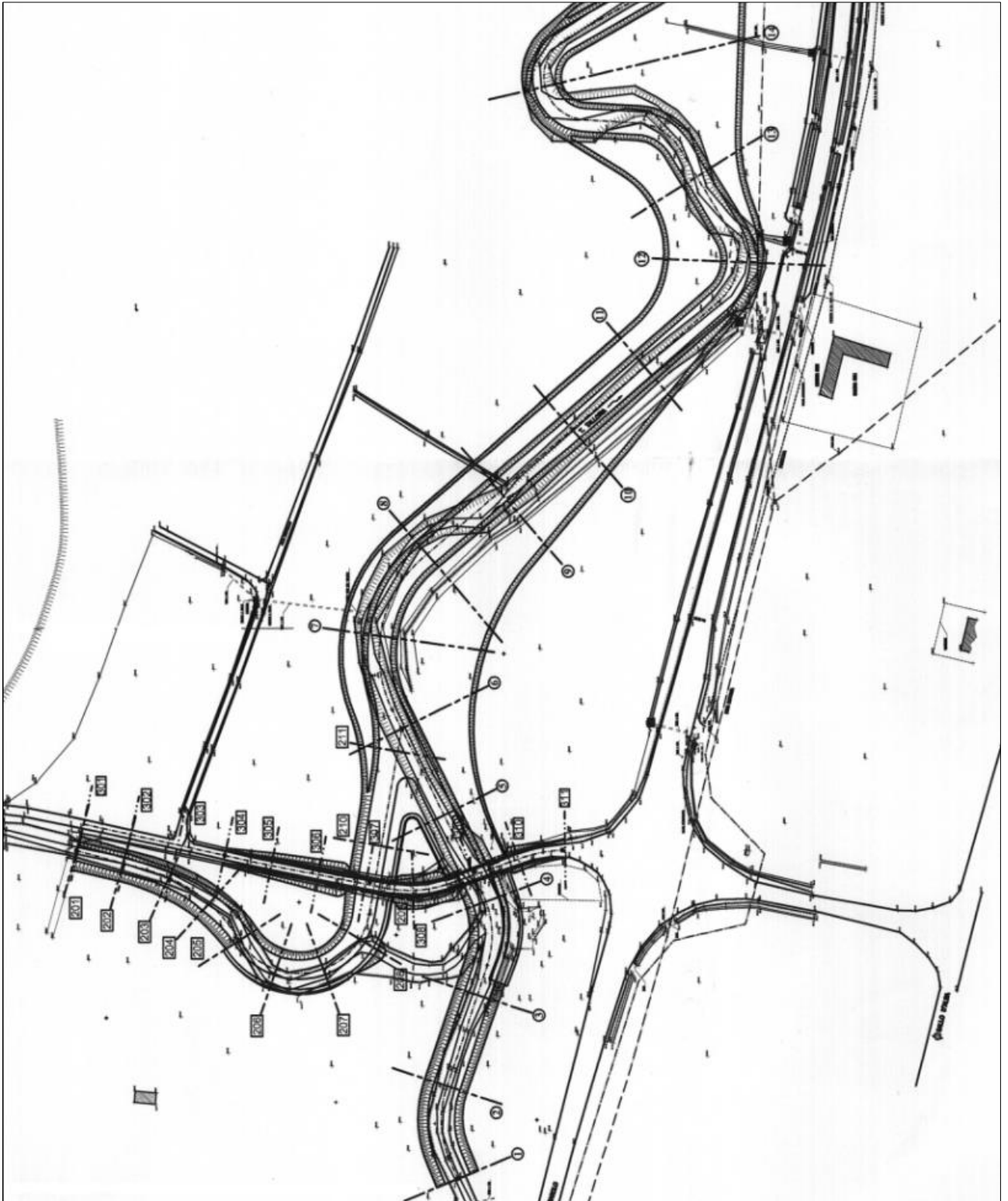


Figura 8 – Sistemazione del Talloria nel tratto a monte del “drizzagno” (sottotratto di monte).

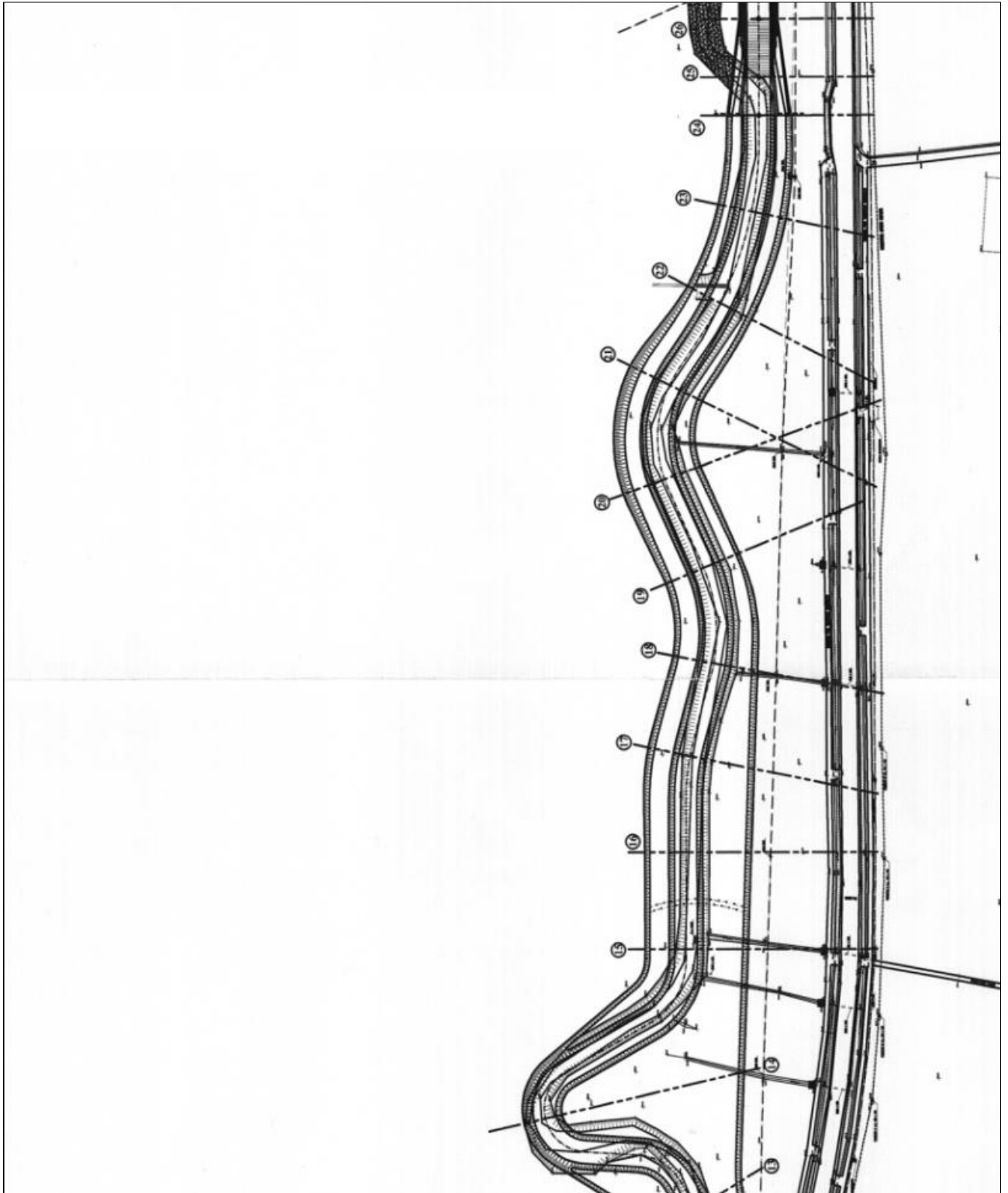


Figura 9 – Sistemazione del Talloria nel tratto a monte del “drizzagno” (sottotratto di valle).

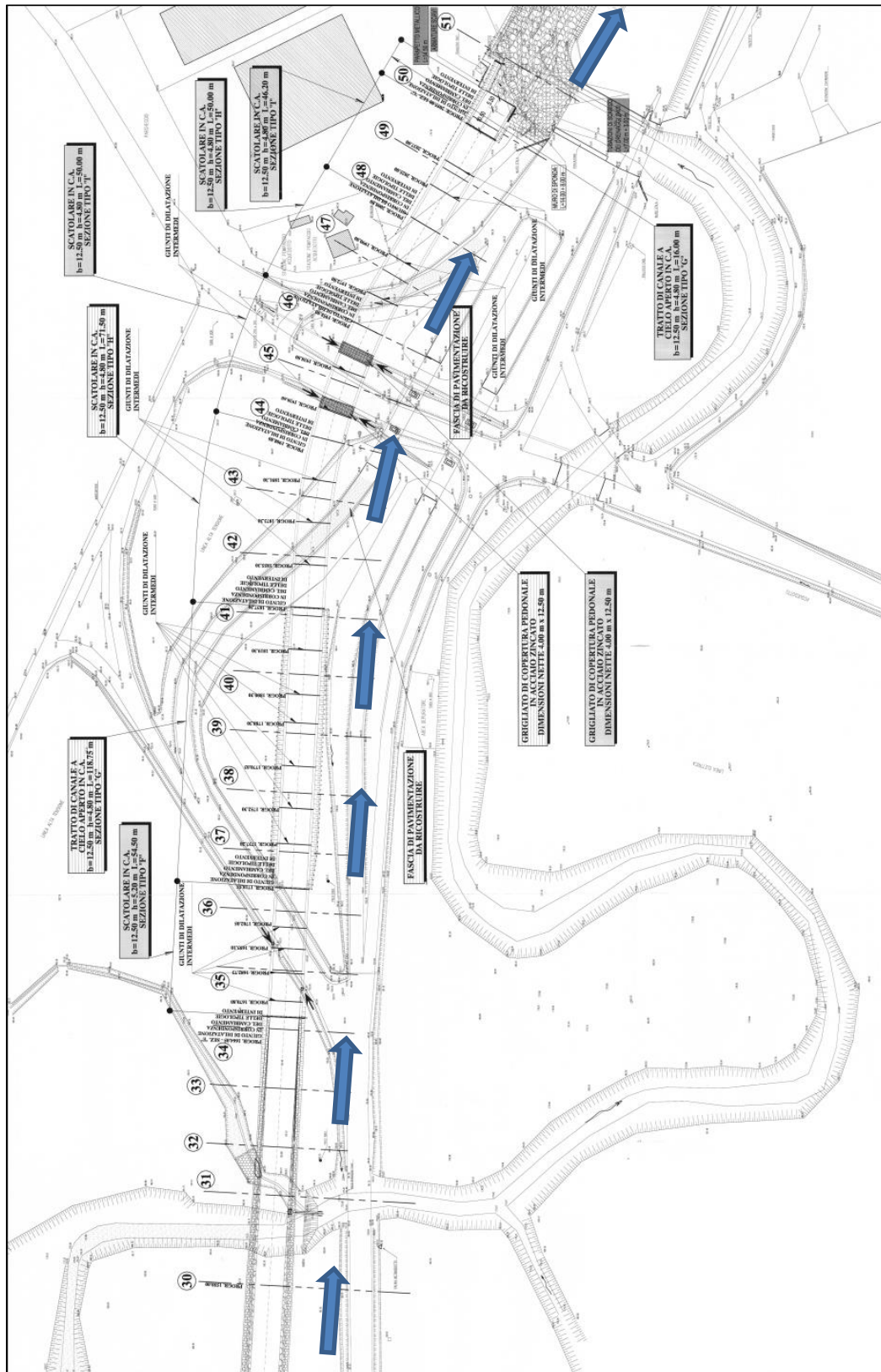


Figura 10 – Sistemazione del torrente Talloria nel tratto del “drizzagno”.

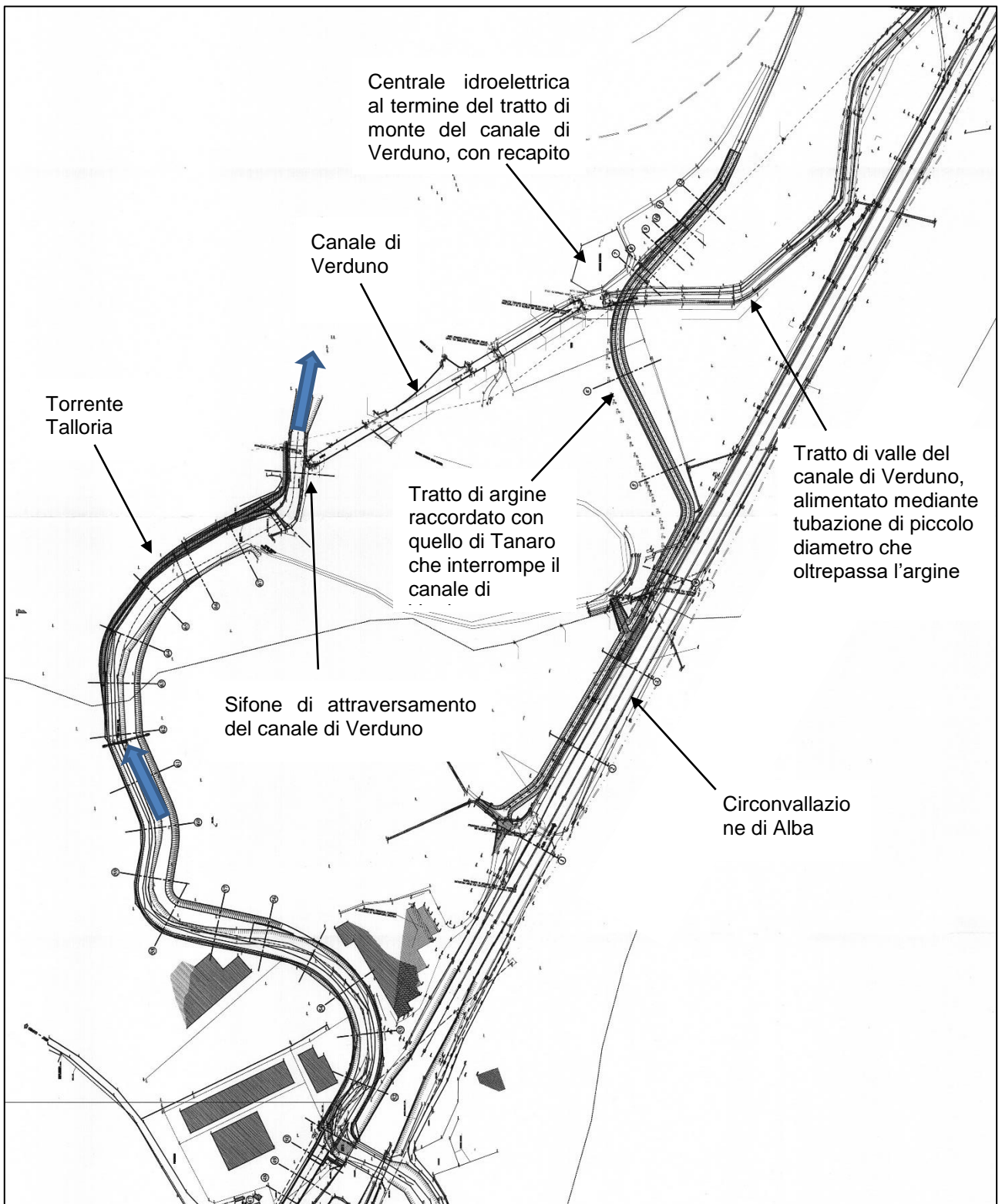


Figura 11 – Sistemazione del torrente Talloria e del canale di Verduno nel tratto a valle del “drizzagno”.

A titolo di esempio si riportano in Figura 12 e Figura 13 le sezioni tipo di sistemazione idraulica nel tratto di nuova inalveazione (drizzagno) del Talloria, relativamente ai due scatolari e al tratto a cielo aperto intercluso.

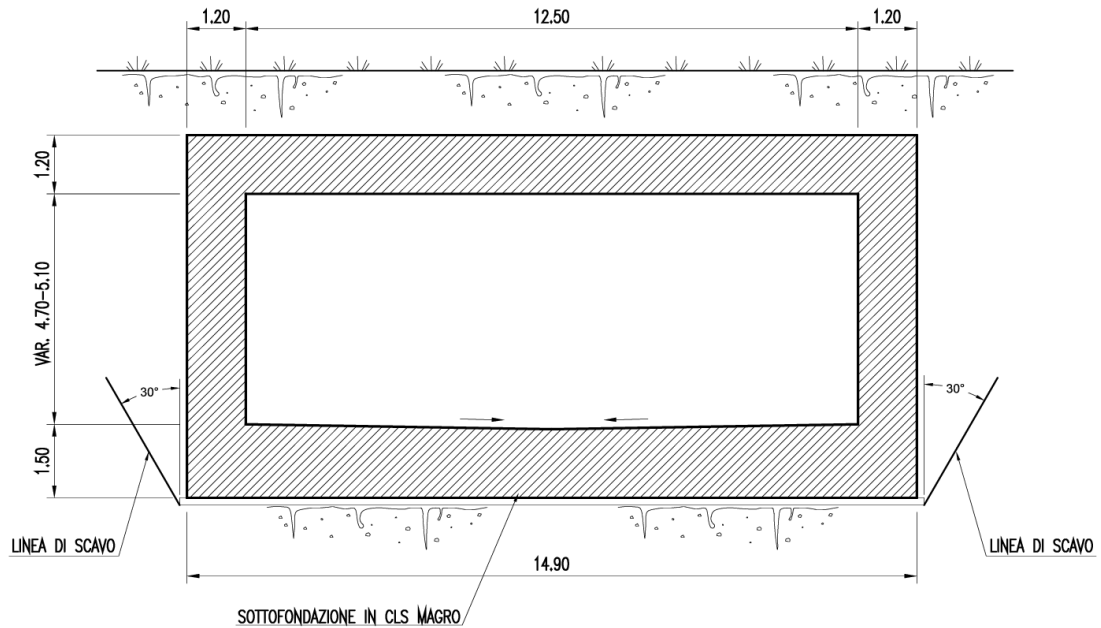


Figura 12 – Sezione tipo dei tombini scatalari.

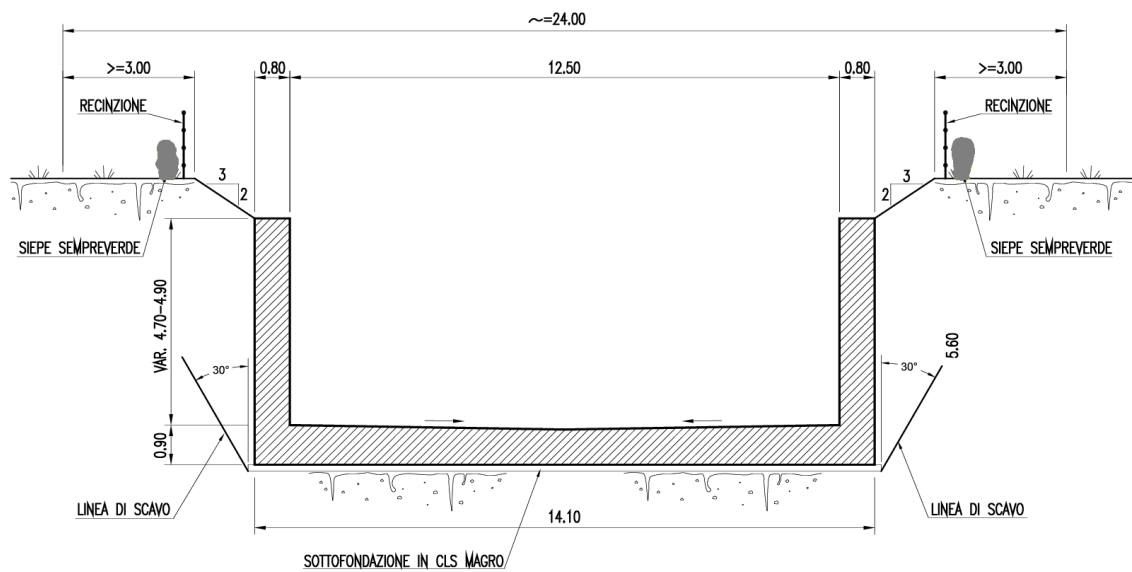


Figura 13 – Sezione tipo a cielo aperto nel tratto intercluso tra i tombini scatalari.

In Figura 14 si rappresenta la condizione attuale del tratto del drizzagno; la sezione risulta interessata da significativa presenza di vegetazione nonostante la sezione rivestita in calcestruzzo.

La Figura 15 mostra invece il tratto iniziale del ramo “morto” del Talloria poco a valle del rilevato che ne interrompe la continuità.



Figura 14 – Drizzagno, condizioni di stato attuale. Foto sx: tratto a monte del primo scatolare, vista da valle; foto dx: tratto intercluso tra i due scatolari, vista da monte.



Figura 15 – Ramo morto del torrente Talloria nel tratto di monte (attraversamento circonvallazione).

3.2.3. Costruzione del modello del terreno per il modello bidimensionale

Il modello del terreno (DTM) utilizzato come batimetria del modello numerico deve poter rappresentare in modo esaustivo i più estesi ambiti di allagamento indotti dal transito della massima piena simulata (a tempo di ritorno 200 anni), rappresentati dalla Pianificazione vigente come fascia fluviale B (equivalente alle aree a media probabilità di esondazione da PGRA).

Malgrado gli ambiti di allagamento da rappresentare con la simulazione bicentenaria siano coperti dal DTM a scala 1m x 1m derivato da volo LiDAR realizzato dal Ministero dell’Ambiente si è ampliato cautelativamente il dominio di calcolo del modello fino alla fascia C (TR500 anni), che non è totalmente coperta dal LiDAR sopraccitato (si veda il quadro di unione di colore rosa di Figura 16).

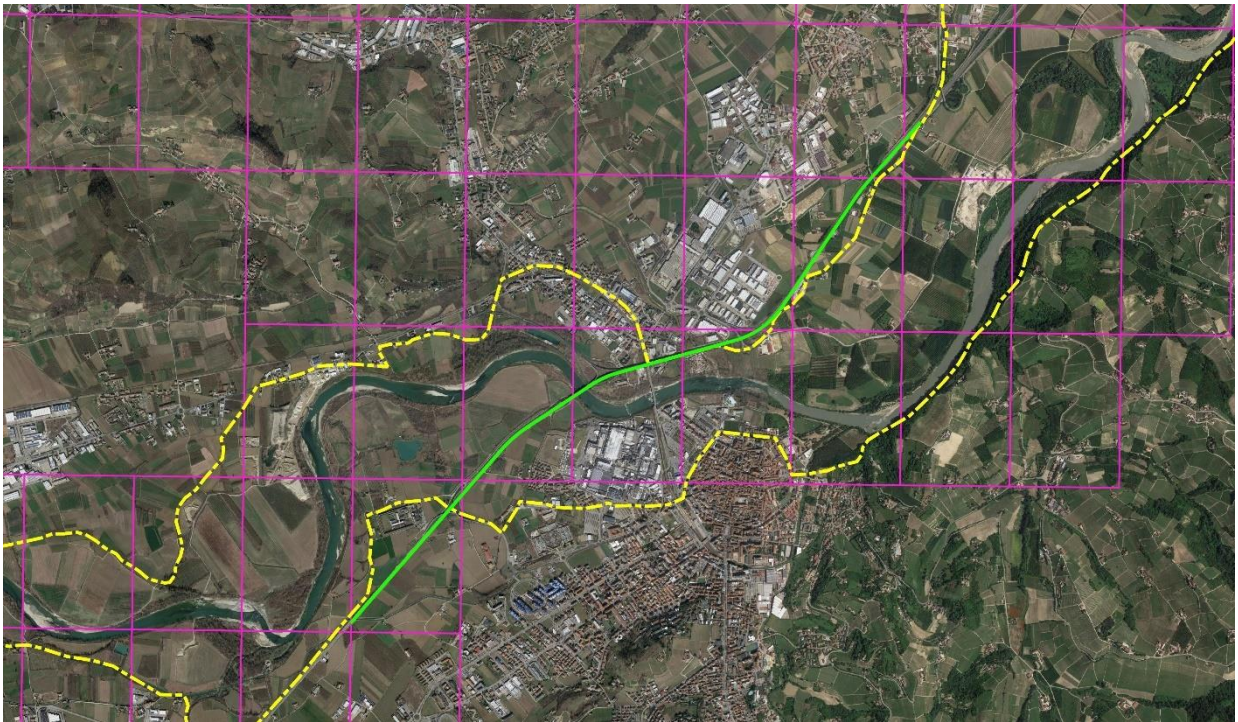


Figura 16 – Quadro di unione del DTM Lidar (colore rosa) a maglia 1x1 m a confronto con la fascia fluviale C (colore giallo) con rappresentazione della A33 in colore verde.

Si è reso pertanto necessario ampliare il modello del terreno da inserire nel modello bidimensionale; tale operazione è stata eseguita unendo il DTM a maglia 5x5 m redatto dalla Regione Piemonte con quello 1x1 m del Ministero dell’Ambiente. Preliminarmente all’inserimento nel modello si è eseguita una verifica di congruenza geometrica tra le due basi geometriche, confrontando alcuni profili del terreno in un’area di sovrapposizione tra i due DTM, come rappresentato in Figura 17.



Figura 17 – Confronto geometria sezioni su DTM 1x1 m e 5x5 m.

Il confronto ha mostrato una buona coerenza e congruenza delle informazioni topografiche territoriali sia in termini altimetrici che geometrici; di seguito si riportano i grafici di confronto.

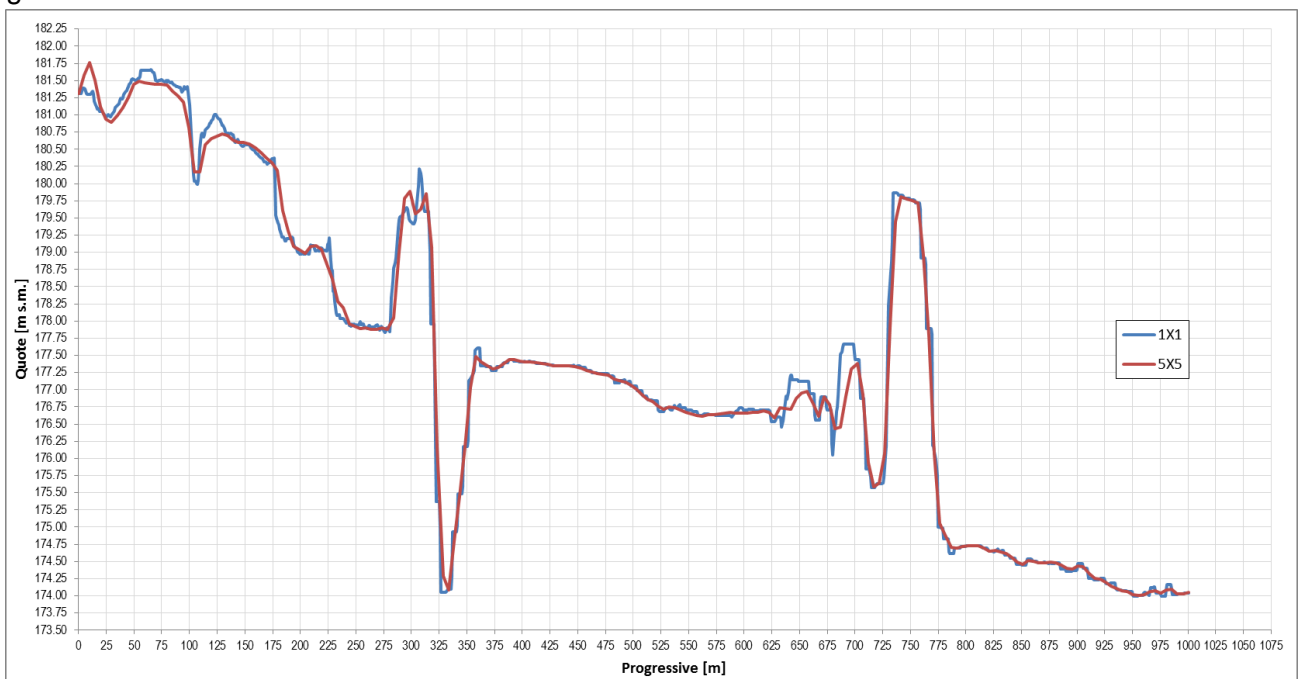


Figura 18 – Confronto DTM per la sezione 1.

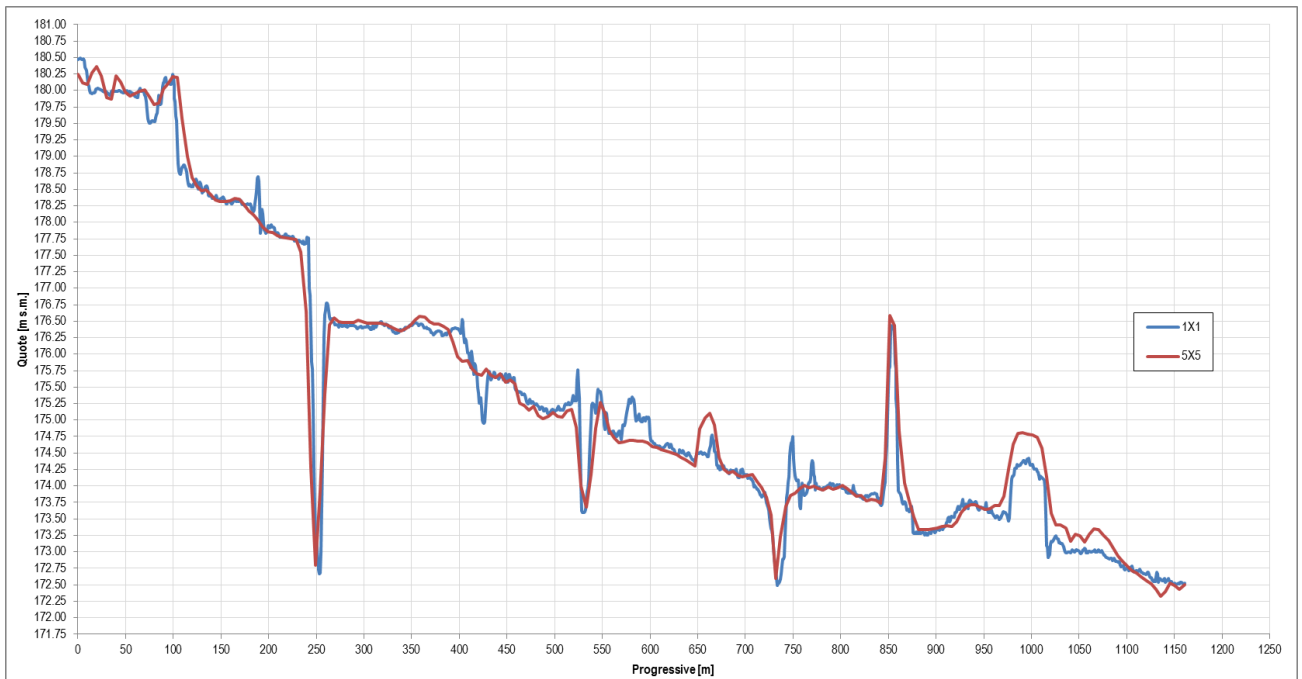


Figura 19 – Confronto DTM per la sezione 2.

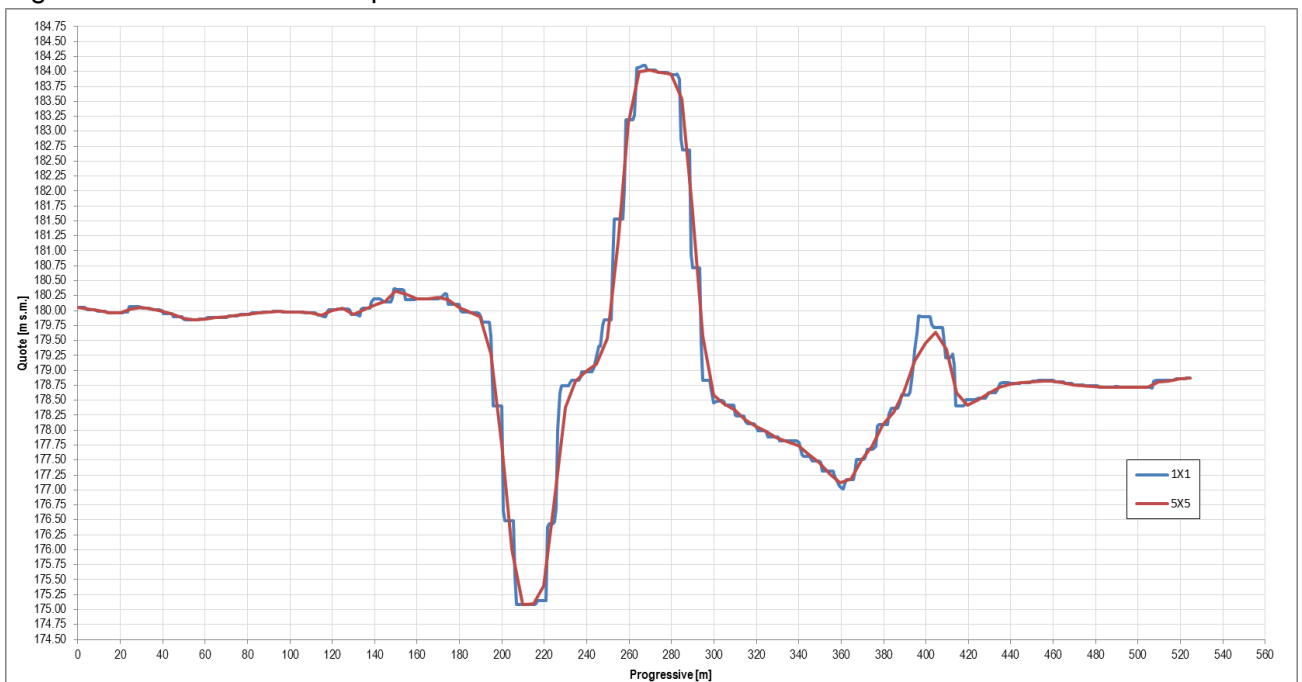


Figura 20 – Confronto DTM per la sezione 3.

Data la coerenza tra i rilievi si è quindi proceduto al loro accorpamento, previa re interpolazione del DTM 1x1 m su una griglia di dimensioni 5x5 m.

Il DTM ottenuto è quello che è stato inserito nel modello bidimensionale M21 nel seguito mostrato. Le opere arginali e i rilevati delle infrastrutture viarie (di estremo dettaglio poiché appartenenti al Lidar 1x1 m) sono stati interpolati separatamente nella nuova griglia 5x5 m, in modo da controllare che il profilo delle loro sommità rimanesse equivalente a quello originario, e quindi uniti al modello del terreno complessivo.

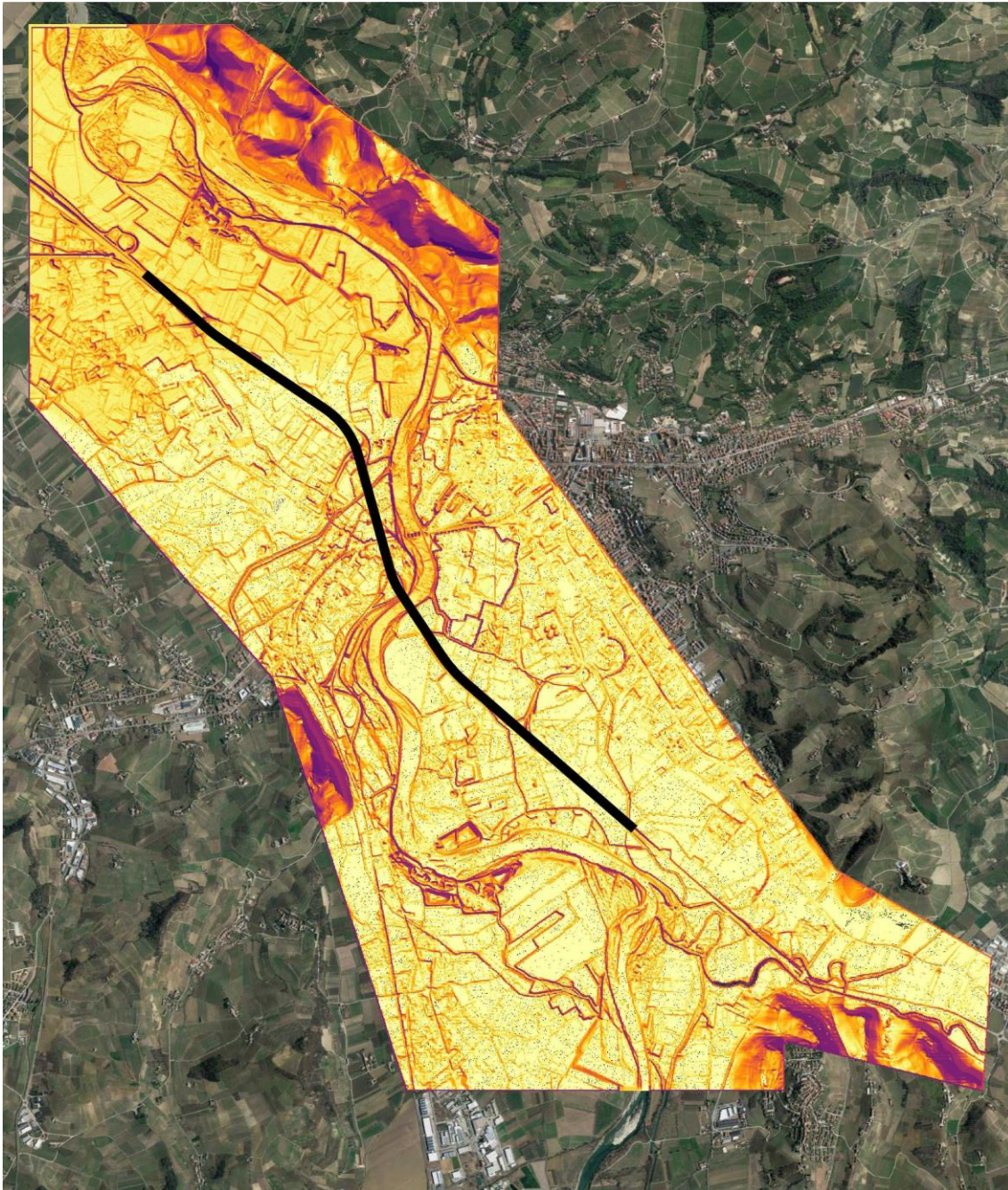


Figura 21 – DTM complessivo ottenuto inserito nel modello bidimensionale (in nero l'autostrada A33).

3.2.4. Costruzione del modello monodimensionale MIKE 11

Ai fini della messa a punto del modello MIKE Flood si è realizzato innanzitutto il modello monodimensionale dell'alveo inciso del Talloria utilizzando il codice di calcolo MIKE 11 HD (modulo idrodinamico).

La geometria dell'alveo inciso del corso d'acqua è stata rappresentata sulla base del progetto di sistemazione dell'asta (paragrafo 3.2.2), a partire da monte della confluenza dei rami di Sinio e Castiglione fino all'intersezione con il canale di Verduno. Il modello è costituito da 57 sezioni trasversali sul Talloria di Sinio e da 11 su quello di Castiglione; il

ramo “Talloria di Sinio” (che include l’intera asta a valle della confluenza dei due rami di monte) misura una lunghezza pari a circa 2.751 m, mentre quello di Castiglione (solo a monte confluenza) di circa 300 m.

Una rappresentazione grafica dell’intero modello monodimensionale è riportata nella Figura 22, in cui in rosso sono evidenziate le sezioni d’alveo utilizzate e in blu l’asse del corso d’acqua. Gli attraversamenti costituiti da tombini scatolari sono stati schematizzati nell’ambito del modello con una struttura tipo “culvert”. Nella Tabella 8 sono riportate per ciascun ramo di Talloria la denominazione delle sezioni di rilievo, la loro progressiva metrica e la quota di fondo alveo minimo (thalweg).

RAMO	Note	Sezione	Progressiva	Fondo alveo
-	-	-	m	m s.m.
TALLORIA DI CASTIGLIONE		201	0,00	181,50
TALLORIA DI CASTIGLIONE		202	25,08	181,47
TALLORIA DI CASTIGLIONE		203	46,84	181,44
TALLORIA DI CASTIGLIONE		204	65,18	181,40
TALLORIA DI CASTIGLIONE		205	89,72	181,37
TALLORIA DI CASTIGLIONE		206	118,69	181,34
TALLORIA DI CASTIGLIONE		207	168,97	181,31
TALLORIA DI CASTIGLIONE		208	222,43	181,28
TALLORIA DI CASTIGLIONE		209	260,84	181,25
TALLORIA DI CASTIGLIONE		210	285,92	181,21
TALLORIA DI CASTIGLIONE		211	298,35	181,14
TALLORIA DI SINIO		1	0,00	181,85
TALLORIA DI SINIO		2	69,34	181,78
TALLORIA DI SINIO		3	119,52	181,70
TALLORIA DI SINIO		4	151,41	181,62
TALLORIA DI SINIO		5	199,63	181,38
TALLORIA DI SINIO		6	249,66	181,14
TALLORIA DI SINIO	interpolata inizio modello M21		287,93	181,06
TALLORIA		7	316,94	181,00
TALLORIA		8	387,98	180,85
TALLORIA		9	438,99	180,71
TALLORIA		10	489,31	180,57
TALLORIA		11	539,45	180,43
TALLORIA		12	577,69	180,21
TALLORIA		13	600,02	180,07
TALLORIA		14	706,51	179,79

RAMO	Note	Sezione	Progressiva	Fondo alveo
-	-	-	m	m s.m.
TALLORIA		15	843,99	179,44
TALLORIA		16	894,23	179,30
TALLORIA		17	946,70	179,16
TALLORIA		18	996,50	179,01
TALLORIA		19	1039,87	178,88
TALLORIA		20	1090,27	178,73
TALLORIA		21	1148,85	178,59
TALLORIA		22	1199,16	178,45
TALLORIA		23	1245,82	178,30
TALLORIA		24	1292,92	178,16
TALLORIA		25	1313,02	178,11
TALLORIA		26	1343,02	177,05
TALLORIA		27	1393,02	176,88
TALLORIA		28	1446,86	176,69
TALLORIA		29	1493,55	176,53
TALLORIA		30	1543,61	176,35
TALLORIA		31	1581,82	176,22
TALLORIA		32	1602,43	176,15
TALLORIA		33	1627,45	176,06
TALLORIA		34	1652,47	175,97
TALLORIA	monte scatolare	35	1677,48	175,89
TALLORIA	valle scatolare	37	1727,48	175,71
TALLORIA		38	1752,48	175,63
TALLORIA		39	1777,48	175,54
TALLORIA		40	1802,48	175,45
TALLORIA		41	1827,49	175,36
TALLORIA	monte scatolare	42	1852,49	175,27
TALLORIA	valle scatolare	50	2055,22	174,57
TALLORIA		51 confluenza ramo morto	2083,49	173,84
TALLORIA		52	2142,55	173,64
TALLORIA		53	2196,98	173,46
TALLORIA		54	2252,56	173,29
TALLORIA		55	2304,34	173,11
TALLORIA		56	2356,88	172,94
TALLORIA		57	2407,85	172,89
TALLORIA		58	2456,75	172,84
TALLORIA		59	2497,17	172,80
TALLORIA		60	2549,76	172,75
TALLORIA		61	2602,12	172,70
TALLORIA		62	2650,94	172,65
TALLORIA		63	2702,73	172,60
TALLORIA		64	2750,77	172,55

Tabella 8 - Sezioni trasversali d'alveo del torrente Talloria inserite nel modello monodimensionale.



Figura 22 - Rappresentazione planimetrica di dettaglio del tratto di modello monodimensionale (MIKE 11).

3.2.5. Costruzione del modello idrodinamico bidimensionale MIKE 21

Per la messa a punto del modello MIKE Flood, dopo aver realizzato il modello monodimensionale dell'alveo inciso con il codice MIKE 11 HD, si è proceduto alla costruzione del modello bidimensionale che comprende gli alvei del fiume Tanaro, del rio del Baracco e del rio Bearlotto, e di tutto il territorio di potenziale esondazione, utilizzando il codice di calcolo MIKE 21 HD.

In seguito, utilizzando il codice MIKE Flood, si è proceduto all'accoppiamento dei due modelli (monodimensionale e bidimensionale) mediante collegamenti laterali distribuiti lungo le sponde incise del corso d'acqua.

In un modello bidimensionale alle differenze finite, come MIKE 21, la descrizione geometrica del terreno è eseguita definendo la quota media del terreno in ogni cella di calcolo. Tale valore è usualmente calcolato, a partire dai dati rilevati, mediante tecniche di interpolazione.

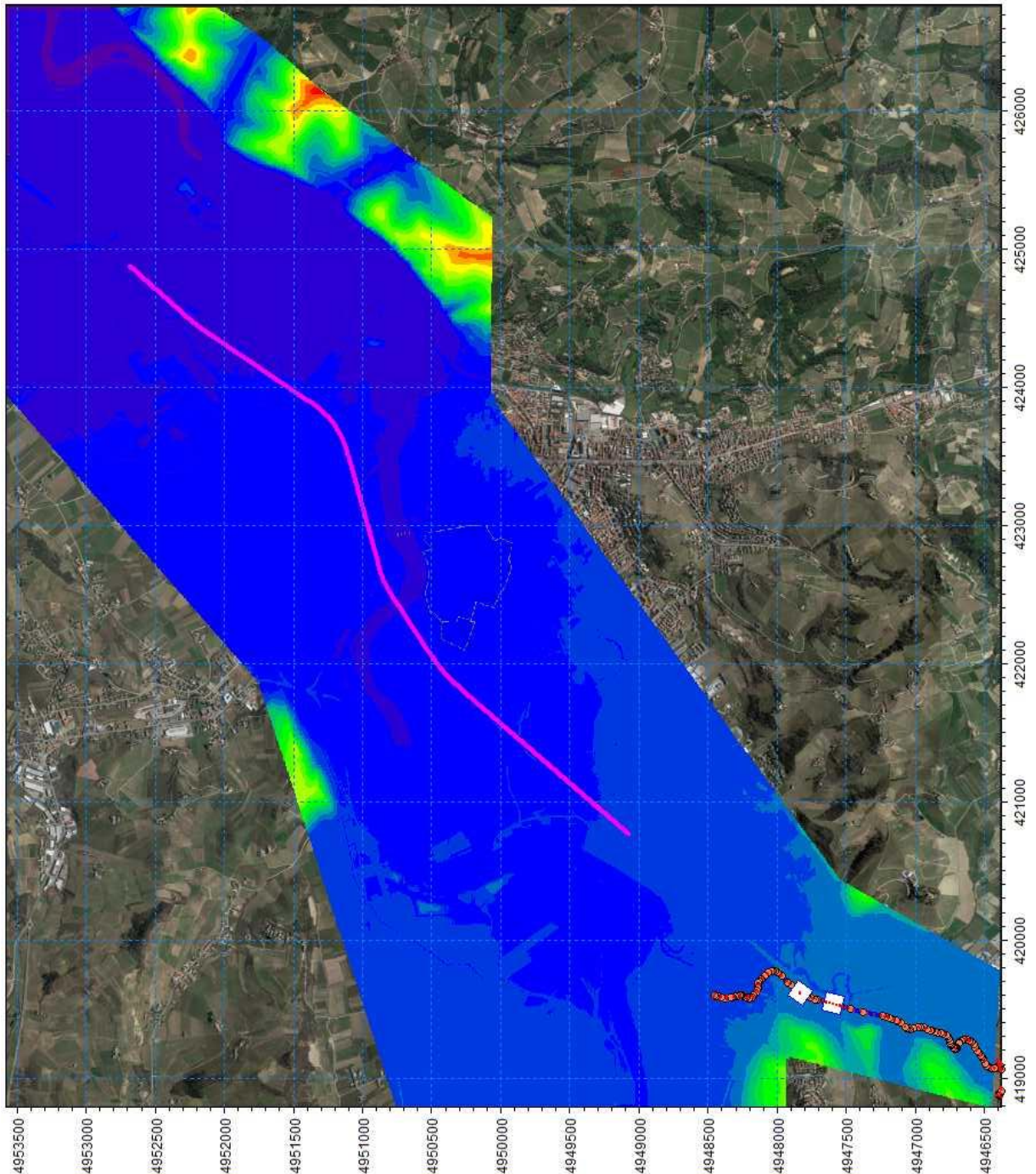


Figura 23 - Area di indagine complessiva coperta dal modello. In rosa il tracciato A33.

Nel caso in esame la geometria del modello è stata interpolata a partire dai punti quotati appartenenti al DTM composto dall'unione del DTM Lidar 1x1 m del MATTM e dal DTM 5x5 m della Regione, così come descritto nel paragrafo 3.2.3. Nella Figura 23 è riportata una corografia dell'area di indagine con evidenziati la batimetria di calcolo del modello 2D e il modello monodimensionale accoppiato.

Fondamentale è stata la definizione della dimensione del passo della griglia rettangolare da utilizzare per la messa a punto del modello, che influenza direttamente i tempi di calcolo e l'accuratezza spaziale della soluzione. All'aumentare del passo della griglia diminuiscono i tempi di calcolo, ma diminuisce l'accuratezza spaziale. La scelta deve

quindi essere un compromesso tra le due esigenze. Nel caso in esame la scelta è stata dettata prevalentemente dall'esigenza di rappresentare bene la geometria delle aree esondabili e non quella dell'alveo inciso del Talloria, già descritta con il modello 1D. Si è deciso pertanto di adottare una griglia di calcolo a maglia 5x5 m. La griglia presenta complessivamente 1441 righe e 1596 colonne per un totale di 2.299.836 celle di calcolo.

Nella Figura 24 è riportata la batimetria complessiva del modello (o geometria di input).

Occorre osservare come parte dell'alveo inciso del Talloria sia stato escluso dalla simulazione con il modello bidimensionale MIKE 21 (rappresentato in colore bianco sempre in Figura 24) perché il suo contributo al deflusso delle piene è già simulato con il modello monodimensionale MIKE 11 nell'ambito del codice MIKE Flood che è in grado, come già detto in precedenza, di "accoppiare" in contemporanea il funzionamento di entrambi i modelli.

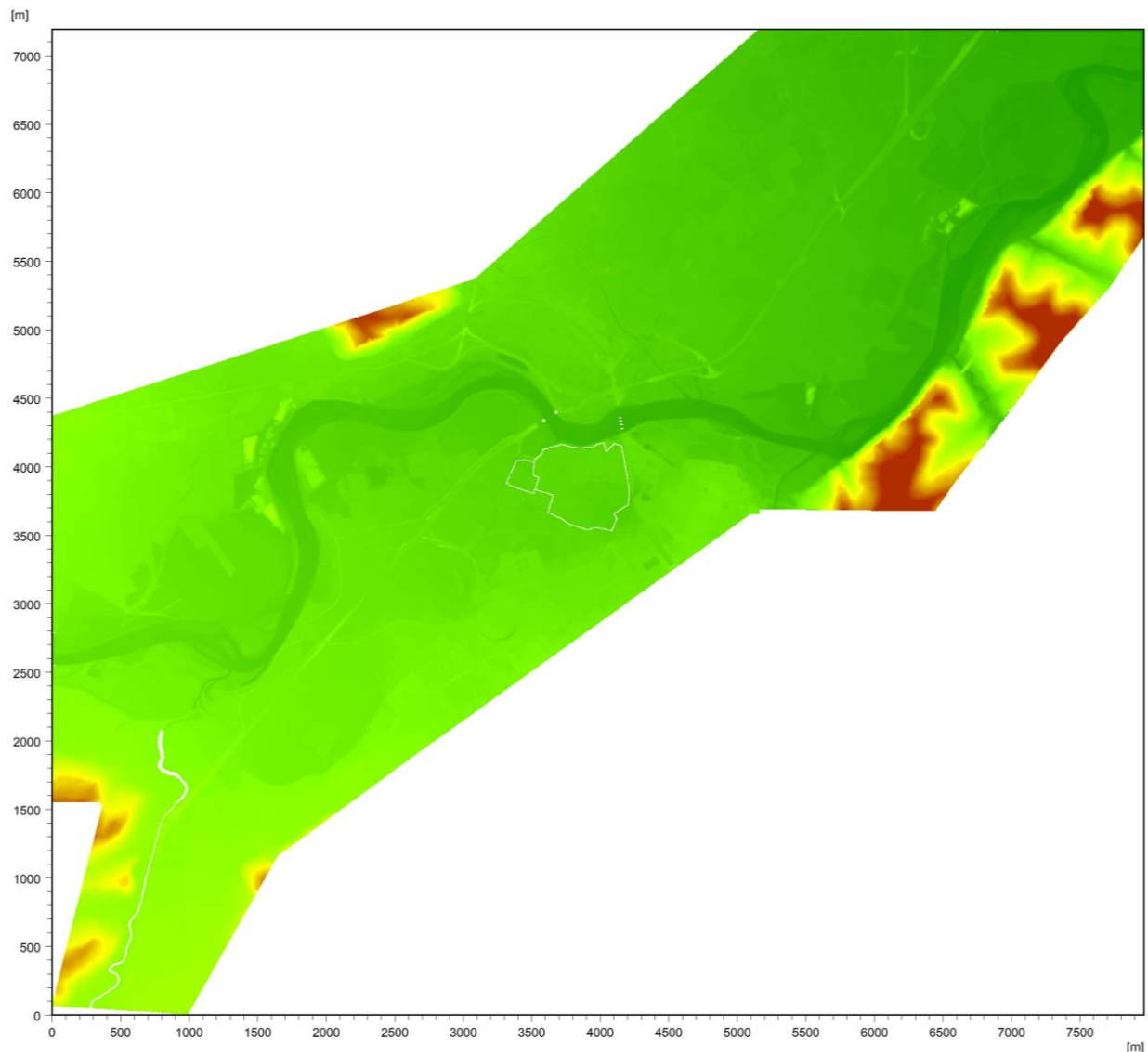


Figura 24 - Batimetria del modello 2D a maglia 5x5 m.

Il modello MIKE Flood richiede l'introduzione di condizioni al contorno per eseguire le simulazioni idrodinamiche.

Nel modello MIKE11 sono state assegnate condizioni al contorno sui due rami di torrente Talloria (nelle sezioni localizzate più a monte) in termini di idrogrammi di portata a tempo di ritorno 200 anni.

In particolare sul ramo di Castiglione le condizioni al contorno in portata sono assegnate nella sezione 201 alla progressiva 0.00 m e sono caratterizzate da un valore al colmo di circa 202.8 m³/s; sul ramo di Sinio le condizioni al contorno in portata sono assegnate nella sezione 1 alla progressiva 0.00 m e sono caratterizzate da un valore al colmo di circa 226.3 m³/s (si veda la Figura 25).

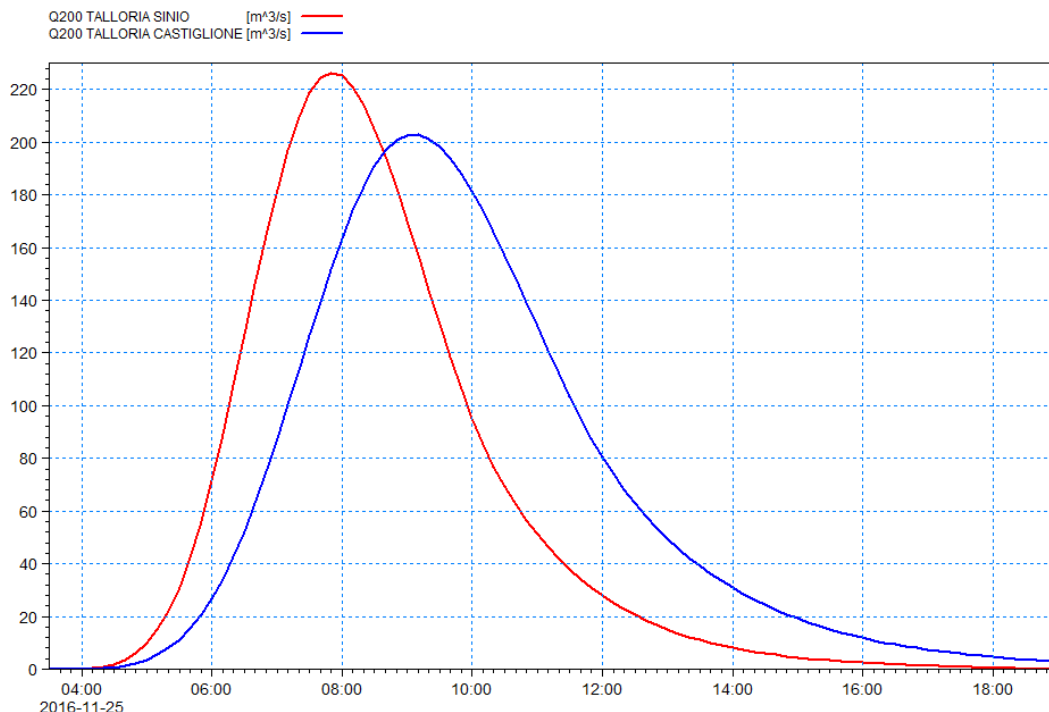


Figura 25 – Idrogrammi in portata a tempo di ritorno 200 anni sui Talloria di Castiglione e Sinio.

Nel modello MIKE21 si sono assegnate:

- in entrata nel modello sul fiume Tanaro condizione al contorno in portata a tempo di ritorno 200 anni con valore al colmo di 3.550 m³/s (Figura 26);
- sul rio Baracco come sorgente puntuale (point source) condizioni al contorno in portata a tempo di ritorno 200 anni caratterizzata da valore al colmo di circa 61 m³/s (Figura 27);
- sul Tanaro nella sezione terminale i livelli idrici desunti dalla scala di deflusso in moto uniforme.

Per quanto attiene l'inserimento delle condizioni iniziali per entrambi i codici MIKE11 e MIKE21 accoppiati durante la simulazione occorre definire all'istante t=0:

- in MIKE 21 la superficie di livello idrico;
- nel ramo di Talloria di MIKE 11 livelli e portate su ogni sezione, calcolati in condizioni di moto stazionario per una portata contenuta nell'alveo assunta pari a 1,0 m³/s.

Nel caso in esame si è deciso per semplicità di iniziare la simulazione considerando uno stato di “alveo asciutto” in tutte le celle di MIKE 21.

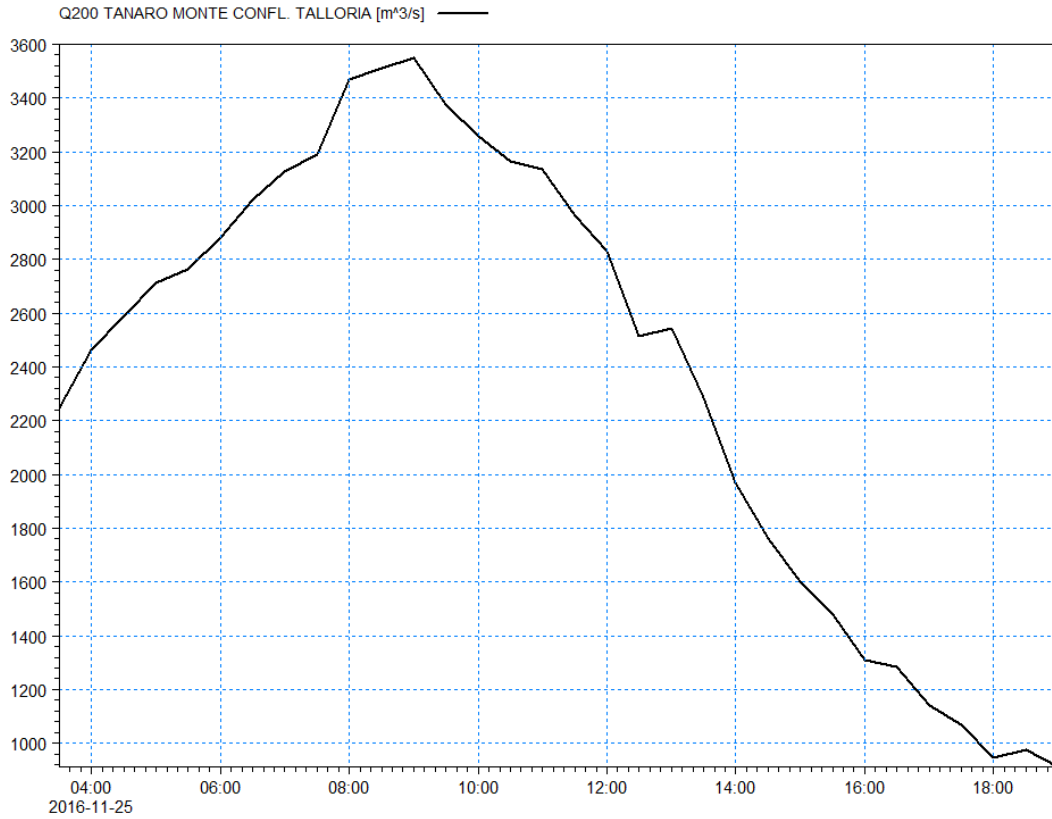


Figura 26 – Idrogramma in portata a tempo di ritorno 200 anni sul Tanaro

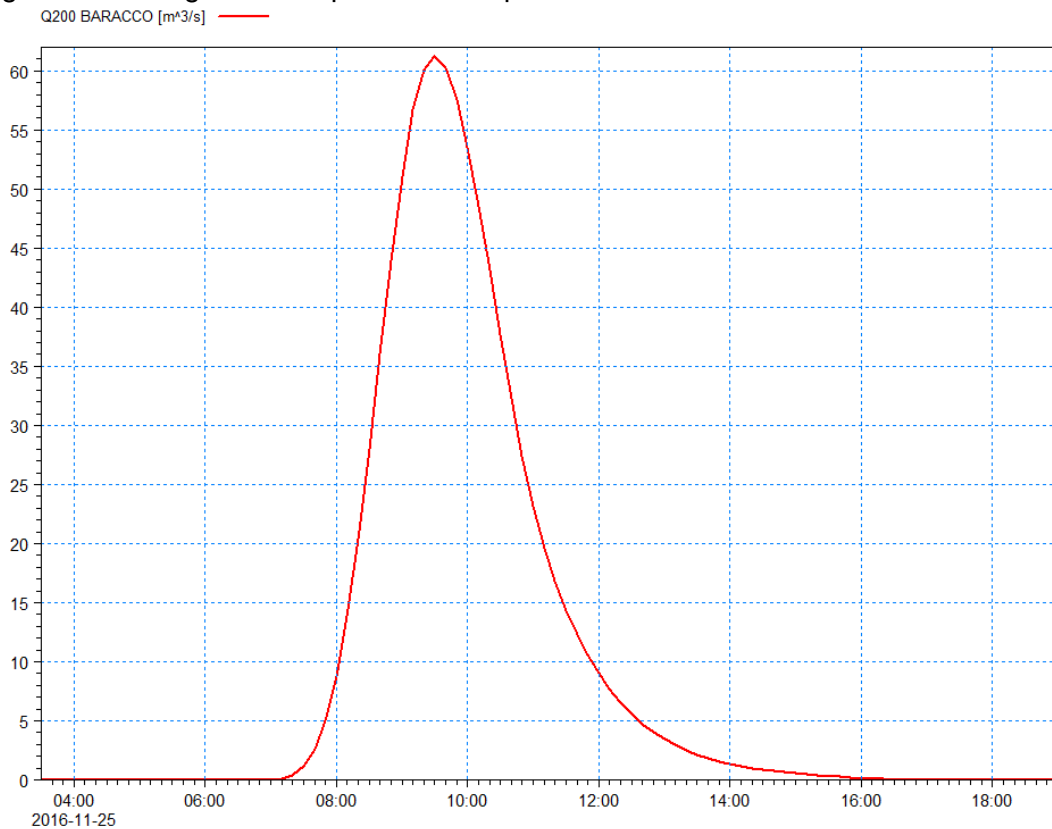


Figura 27 – Idrogramma in portata a tempo di ritorno 200 anni sul rio del Baracco.

Nella schematizzazione utilizzata per il modello 1D sono state introdotte le sole sezioni incise dell'alveo del Talloria, la cui caratterizzazione in termini di coefficienti di resistenza distribuita è stata effettuata in seguito ai sopralluoghi eseguiti in campo, in cui si sono riscontrate le condizioni di manutenzione dei tratti sistemati. Le indicazioni acquisite in campo sono state quindi riferite alla metodologia prescritta nella Deliberazione 11 maggio 1999 dell'Autorità di Bacino del Fiume Po – aggiornata con deliberazione n.10 del Comitato Istituzionale del 5 Aprile 2006 "*Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B*" e degli altri riferimenti normativi in essa citati.

Per l'alveo inciso del Talloria sono stati quindi assegnati coefficienti di Strickler, in funzione della tipologia e della densità della vegetazione presente, di $22 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i tratti con alveo in terra, $30 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i tratti sistemati con rivestimento in gabbioni metallici o massi, $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i tratti in calcestruzzo (vista la presenza di depositi e vegetazione).

Il modello 2D, oltre alla descrizione geometrica e alle condizioni al contorno descritte nei paragrafi precedenti, necessita di un'altra serie di parametri che sono: passo di tempo di integrazione del sistema, coefficienti di scabrezza e coefficiente di viscosità turbolenta ("eddy viscosity").

Come passo di tempo di integrazione è stato utilizzato un valore pari a 0,5 secondi, che, in relazione alla dimensione delle celle di calcolo, può supportare numeri di Courant adeguati anche per velocità di deflusso dell'ordine di 8-10 m/s.

La viscosità turbolenta è legata alla non uniforme distribuzione del campo delle velocità e viene simulata nel modello tramite il coefficiente di "eddy viscosity". Nel caso in esame al coefficiente di eddy viscosity è stato assegnato un valore costante pari a $1 \text{ m}^2/\text{s}$ sull'intera estensione del modello.

La scabrezza idraulica associata all'area modellizzata con approccio bidimensionale è stata definita in modo omogeneo sul piano campagna, assumendo valori piuttosto cautelativi per rappresentare i numerosi ostacoli presenti al moto (fabbricati, vegetazione, muretti, recinzioni) non rappresentati nel modello del terreno e non descrivibili in una griglia di passo 5 m. In particolare i valori assunti, espressi secondo Strickler, sono variabili tra 10 e $12 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Tale assunzione è assai prudente, tenendo conto anche di come i coefficienti di scabrezza (Strickler) da utilizzare nei modelli bidimensionali, a pari geometria e condizioni dell'alveo, siano generalmente superiori (meno scabri) a quelli assunti nei modelli con schematizzazione monodimensionale, poiché nell'approccio 2D le perdite di carico dovute alla non linearità del corso d'acqua e ai moti trasversali sono già tenute in conto dal codice di calcolo. Tale differenza, variabile in funzione della morfologia fluviale, è generalmente stimabile nell'ordine del 15-25%.

La scabrezza assegnata nel modello bidimensionale è riportata nella Figura 28. L'alveo di Tanaro presenta valori di scabrezza differenziati che derivano dalla taratura del modello eseguita nell'ambito di studi pregressi.

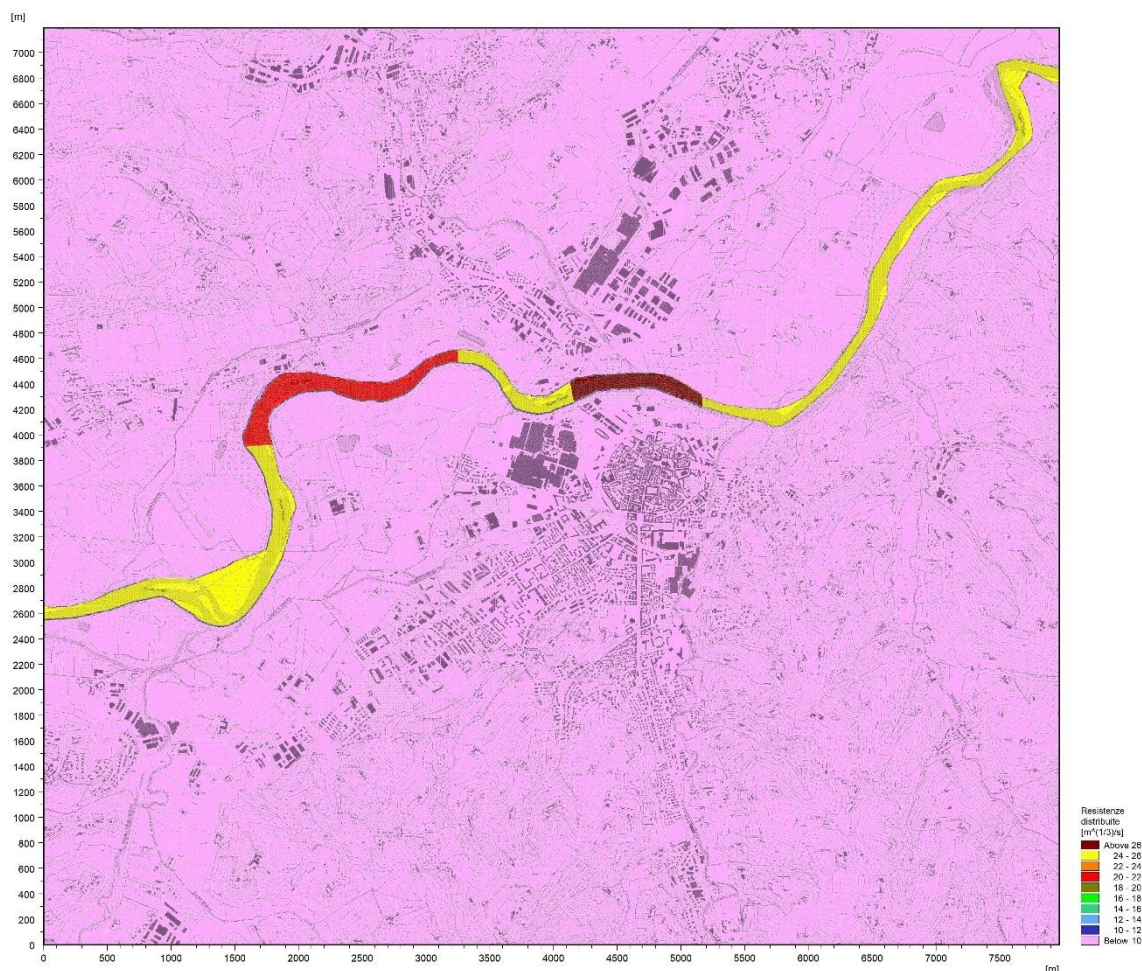


Figura 28 – Mappa delle resistenze distribuite secondo la formulazione di Gauckler – Strickler.

3.1. ANALISI DEI RISULTATI DEL MODELLO

Nelle figure che seguono si forniscono le rappresentazioni dei risultati del modello bidimensionale ottenuti dalla simulazione per tempo di ritorno 200 anni.

Data la coincidenza planimetrica del tracciato tra le configurazioni di stato attuale e di progetto (in quanto come già detto l'attuale tangenziale di Alba viene adeguata soltanto in sagoma e non in termini di variazione planimetrica di tracciato), si è eseguita una sola simulazione idrodinamica.

Nella Figura 29 si rappresentano le aree allagabili ottenute applicando il modello idrodinamico (in colore rosso) a confronto con le aree a pericolosità media perimetrate dal PGRA (in colore azzurro). Tale confronto mostra una buona coerenza tra gli ambiti di esondazione, evidenziando in particolare che l'adeguamento dell'A33 non modifica gli allagamenti generati dal transito della portata a tempo di ritorno 200 anni rispetto a quanto definito nel PGRA.

I risultati ottenuti con il modello bidimensionale vengono mostrati inoltre a livello di maggior dettaglio in corrispondenza del solo territorio attraversato dall'A33 in adeguamento; in particolare le mappe da Figura 30 a Figura 35 rappresentano, in termini

di inviluppo di massimi valori raggiunti, la distribuzione dei livelli idrici in quota assoluta, delle altezze d'acqua rispetto al fondo alveo e al piano golenale, e delle velocità.

Nelle mappe di distribuzione di livello idrico si è inoltre riportata, per confronto, la perimetrazione delle Fasce Fluviali redatta nel PAI (in colore giallo).

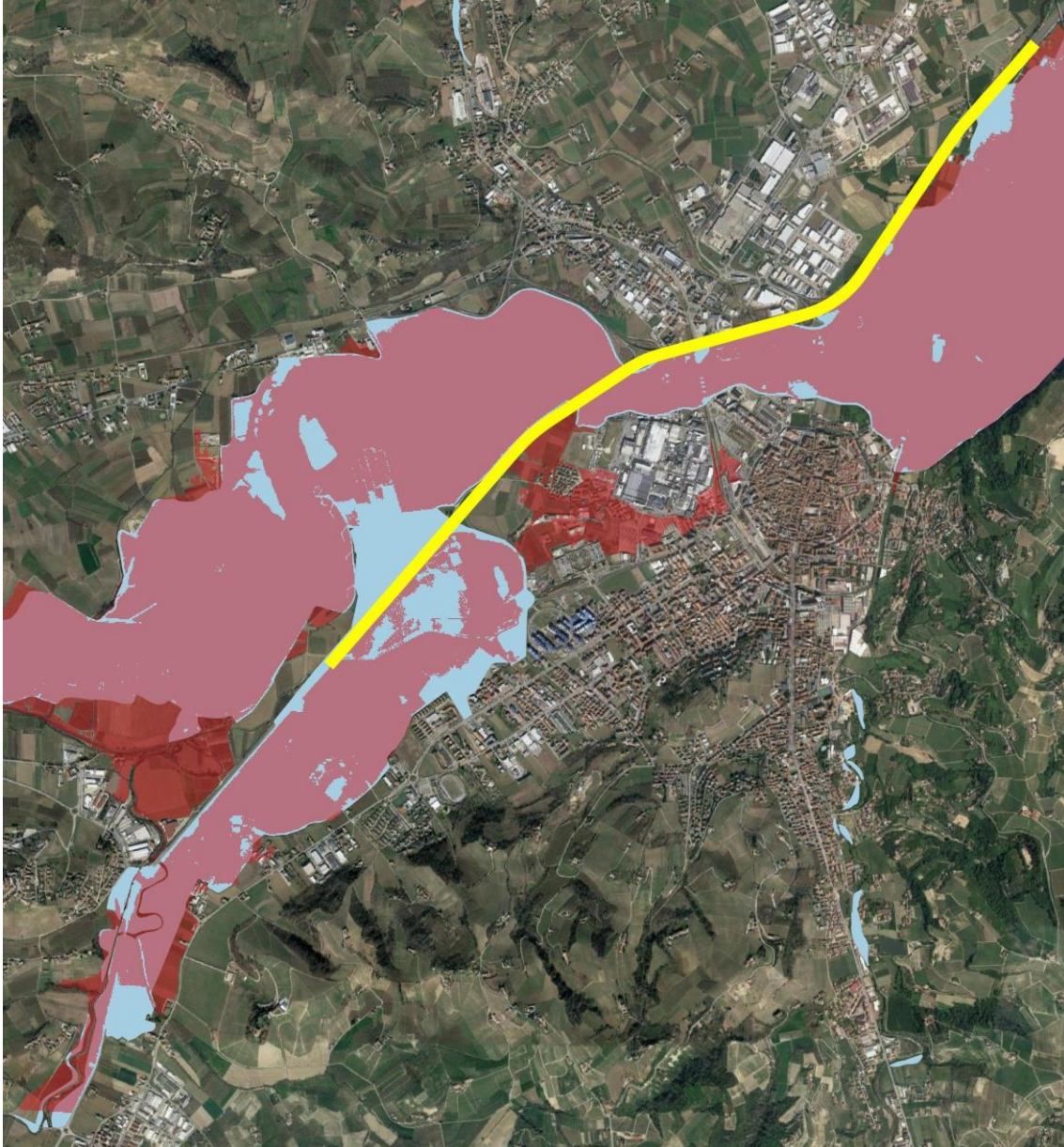


Figura 29 –Aree esondabili riprodotte con il modello bidimensionale (colore rosso) a confronto con le aree a pericolosità media del PGRA (colore azzurro).

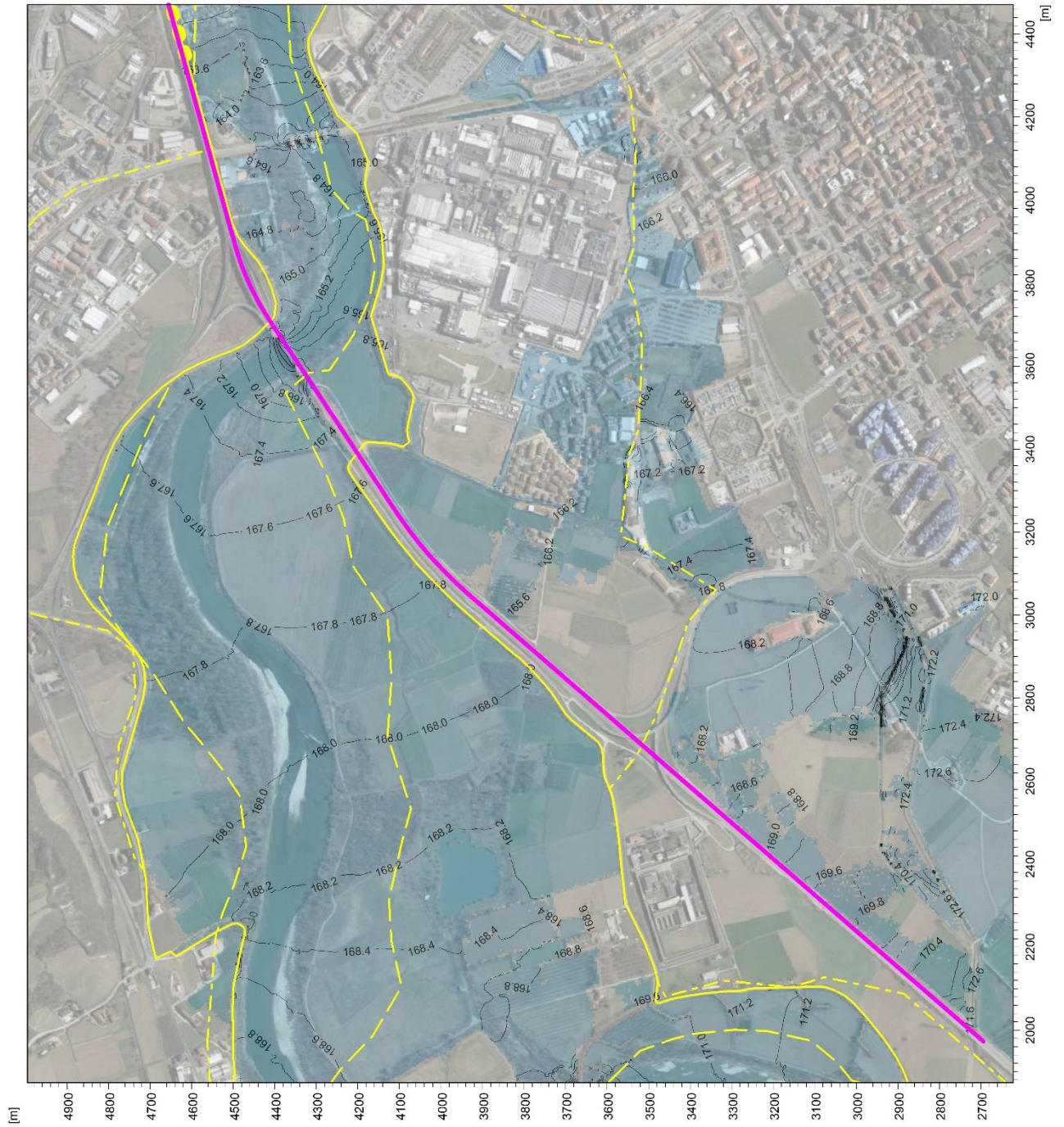


Figura 30 – Distribuzione delle massime quote di livello idrico per la portata con tempo di ritorno di 200 anni (in colore giallo i limiti delle Fasce fluviali – PAI).

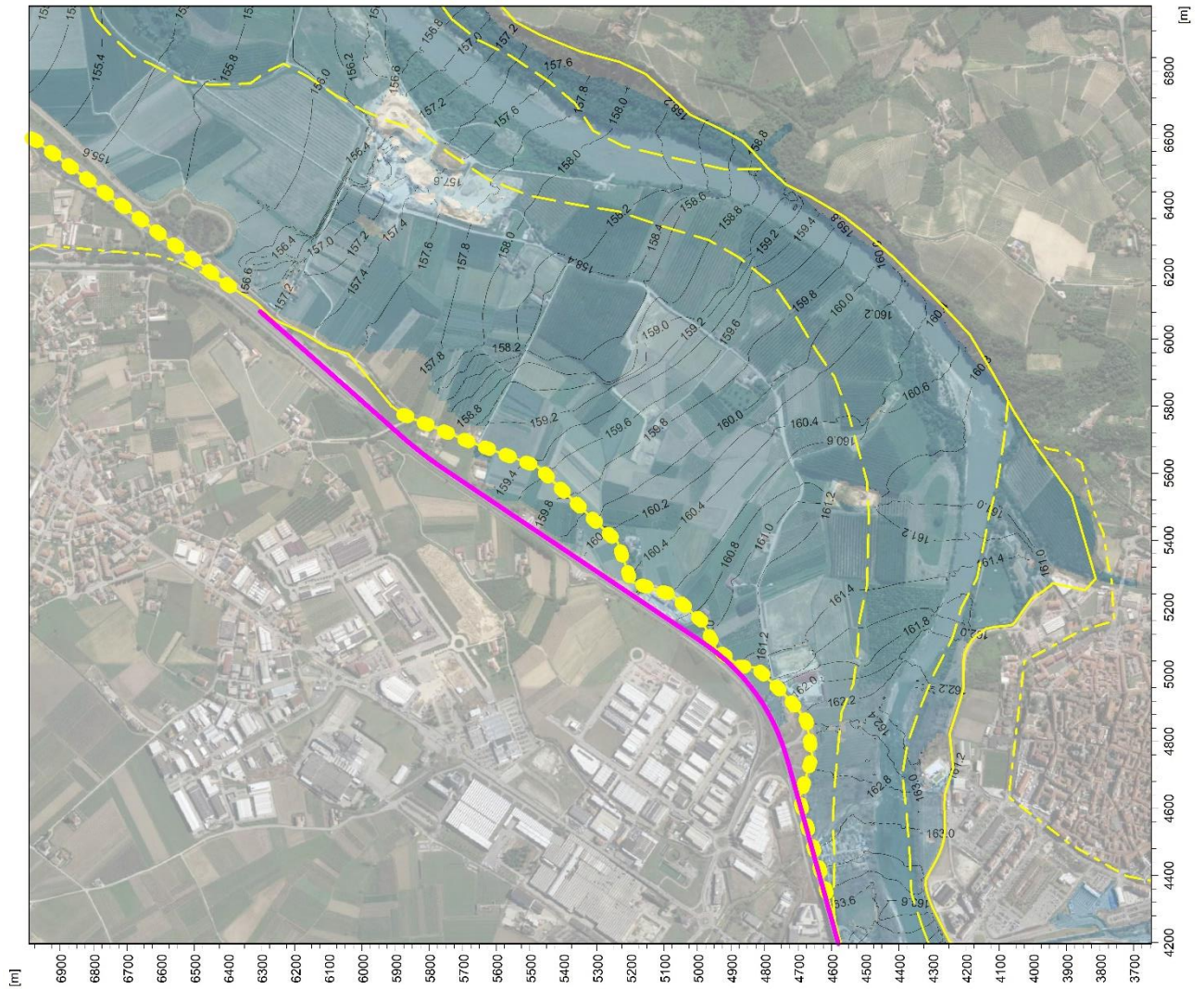


Figura 31 – Distribuzione delle massime quote di livello idrico per la portata con tempo di ritorno di 200 anni (in colore giallo i limiti delle Fasce fluviali – PAI)

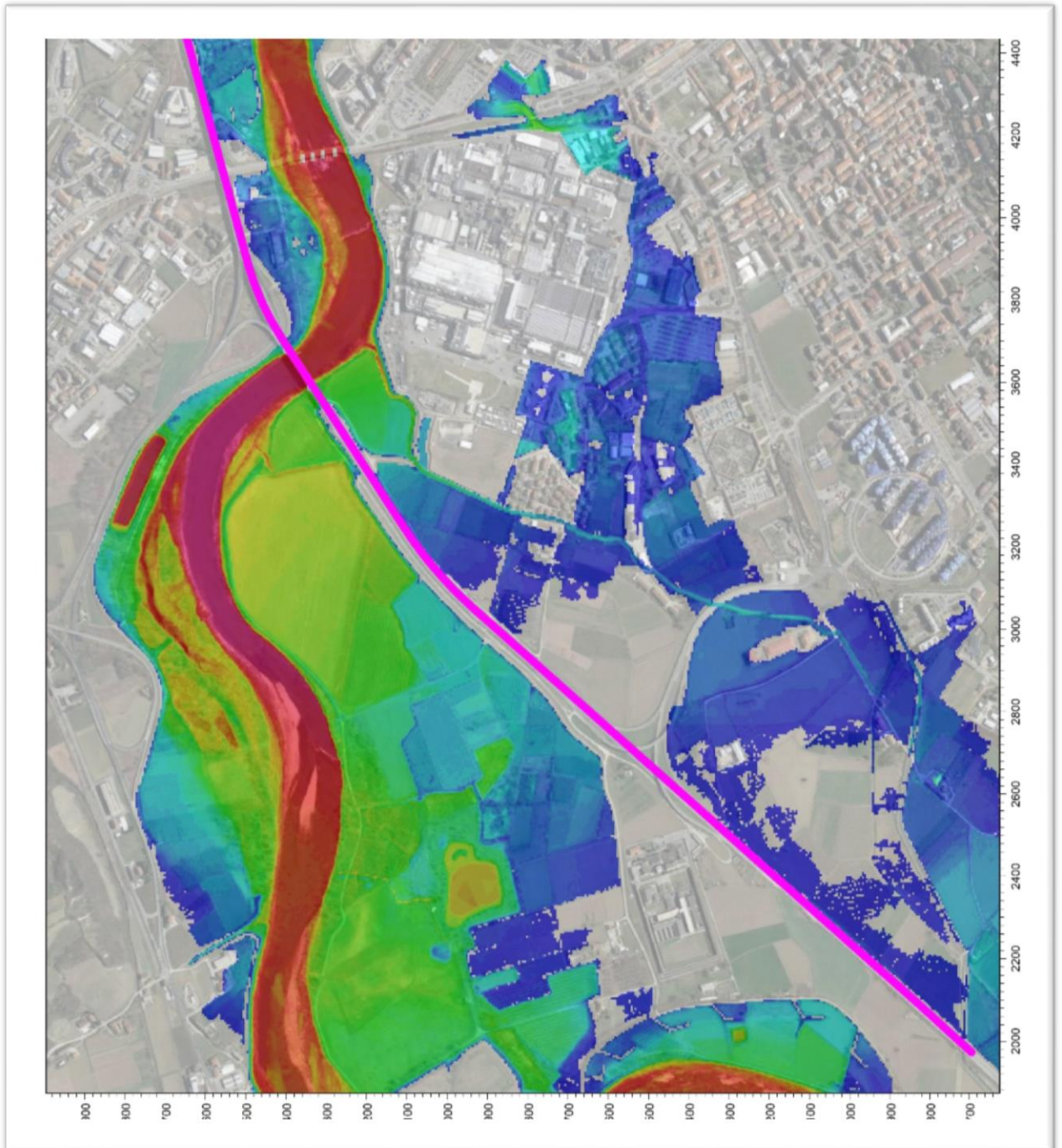
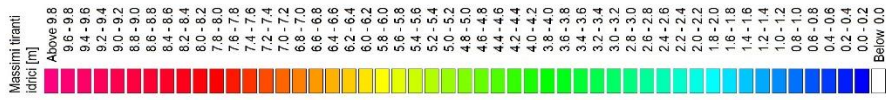


Figura 32 – Distribuzione delle massime altezze d'acqua rispetto al fondo alveo e al piano campagna per la portata con tempo di ritorno di 200 anni.

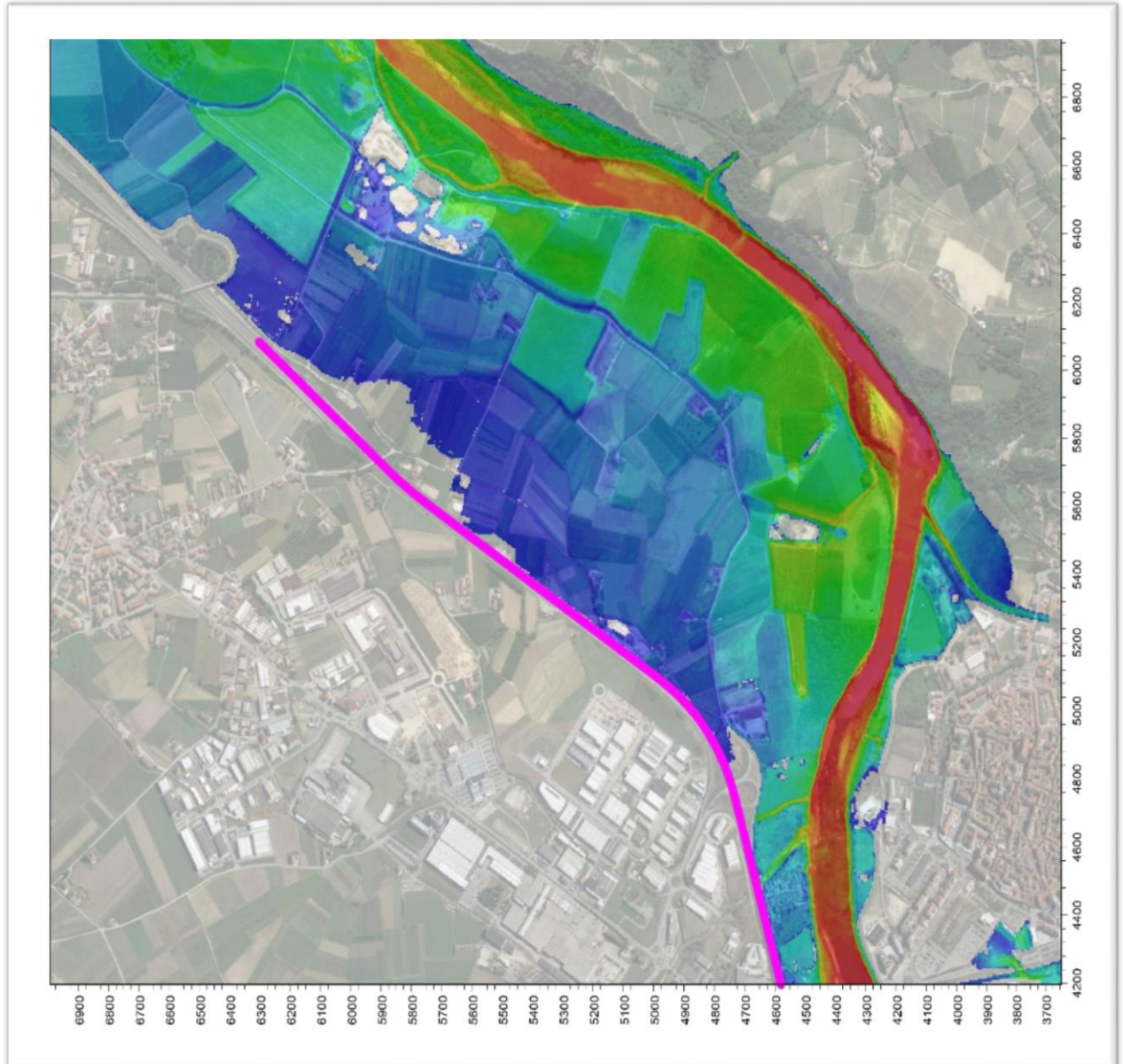
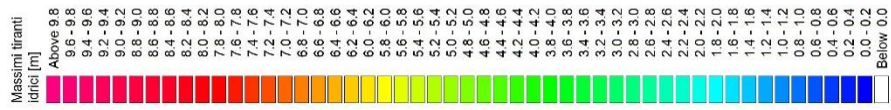


Figura 33 – Distribuzione delle massime altezze d’acqua rispetto al fondo alveo e al piano campagna per la portata con tempo di ritorno di 200 anni.

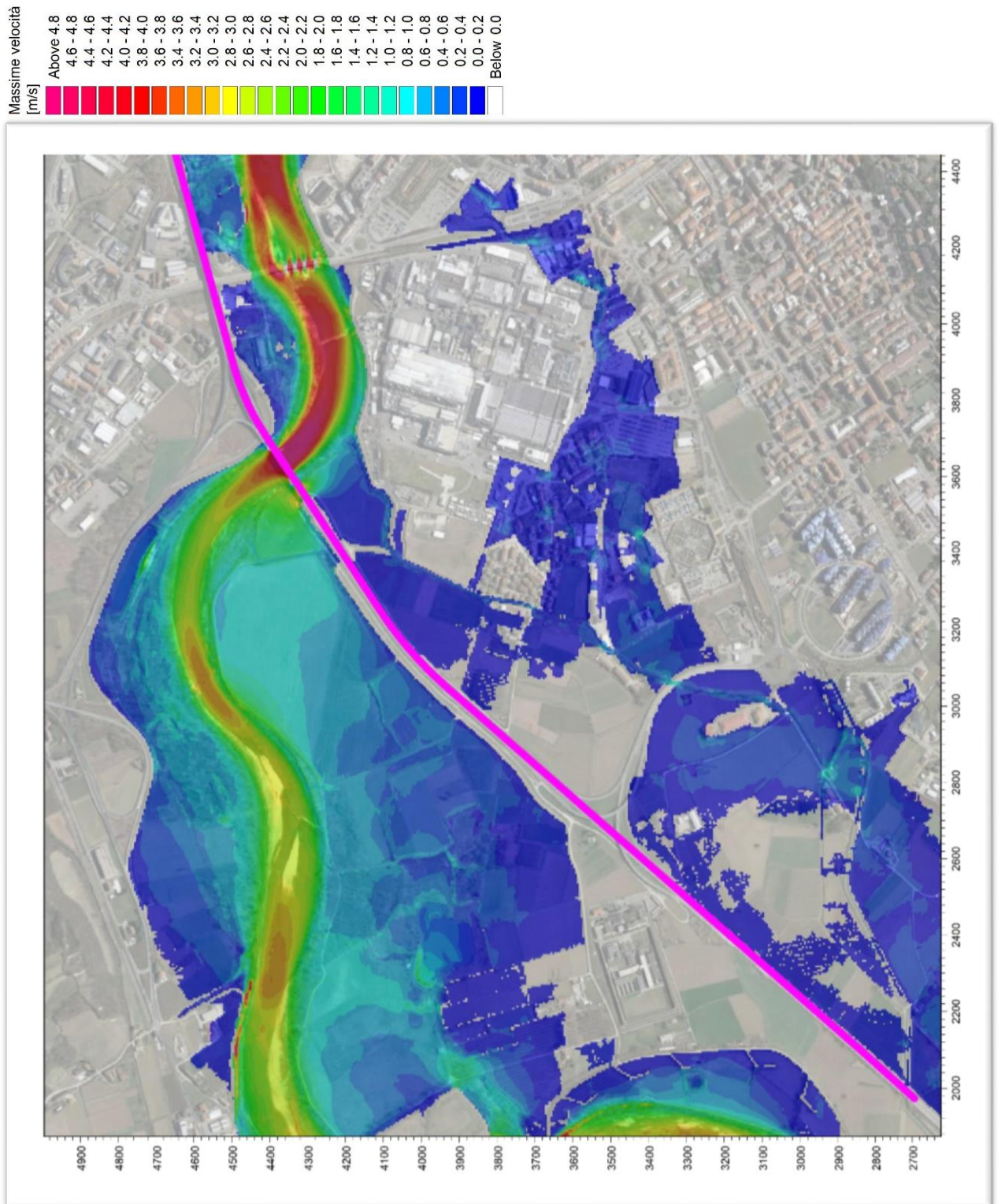


Figura 34 – Distribuzione delle massime velocità per la portata con tempo di ritorno di 200 anni.

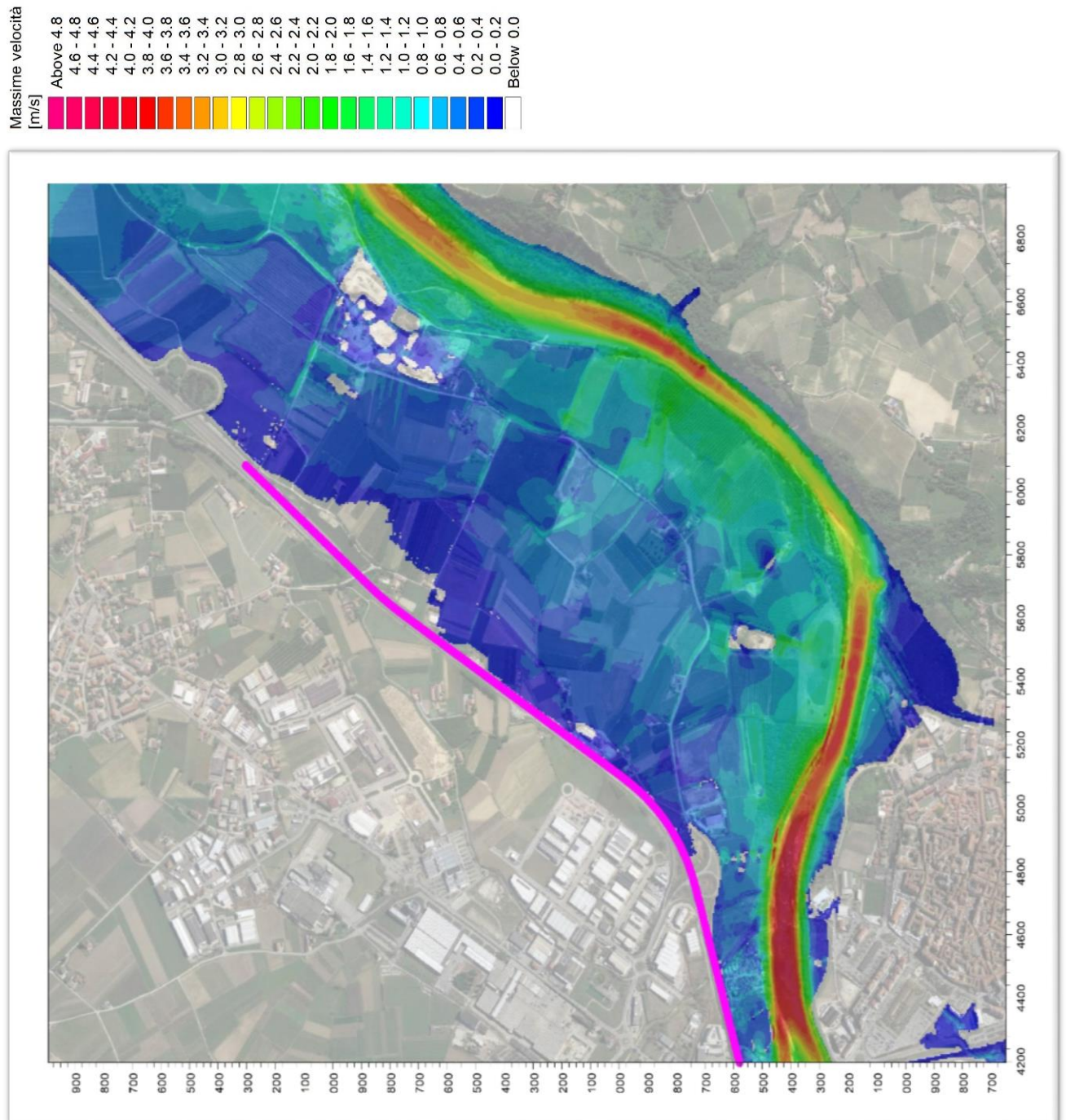


Figura 35 – Distribuzione delle massime velocità per la portata con tempo di ritorno di 200 anni.

Al fine di valutare il grado di rischio idraulico a cui è sottoposta l'A33 in adeguamento, si sono estratti profili longitudinali in adiacenza del rilevato autostradale, in modo da valutarne il franco idraulico rispetto all'evento di riferimento a tempo di ritorno 200 anni. Si sono quindi estratti tratti di profilo sia dal lato di marcia in direzione Asti che Cuneo.

I profili allegati nel seguito, da Figura 36 a Figura 39, mostrano l'andamento del piano campagna, del livello idrico bicentenario e del piano viabile.

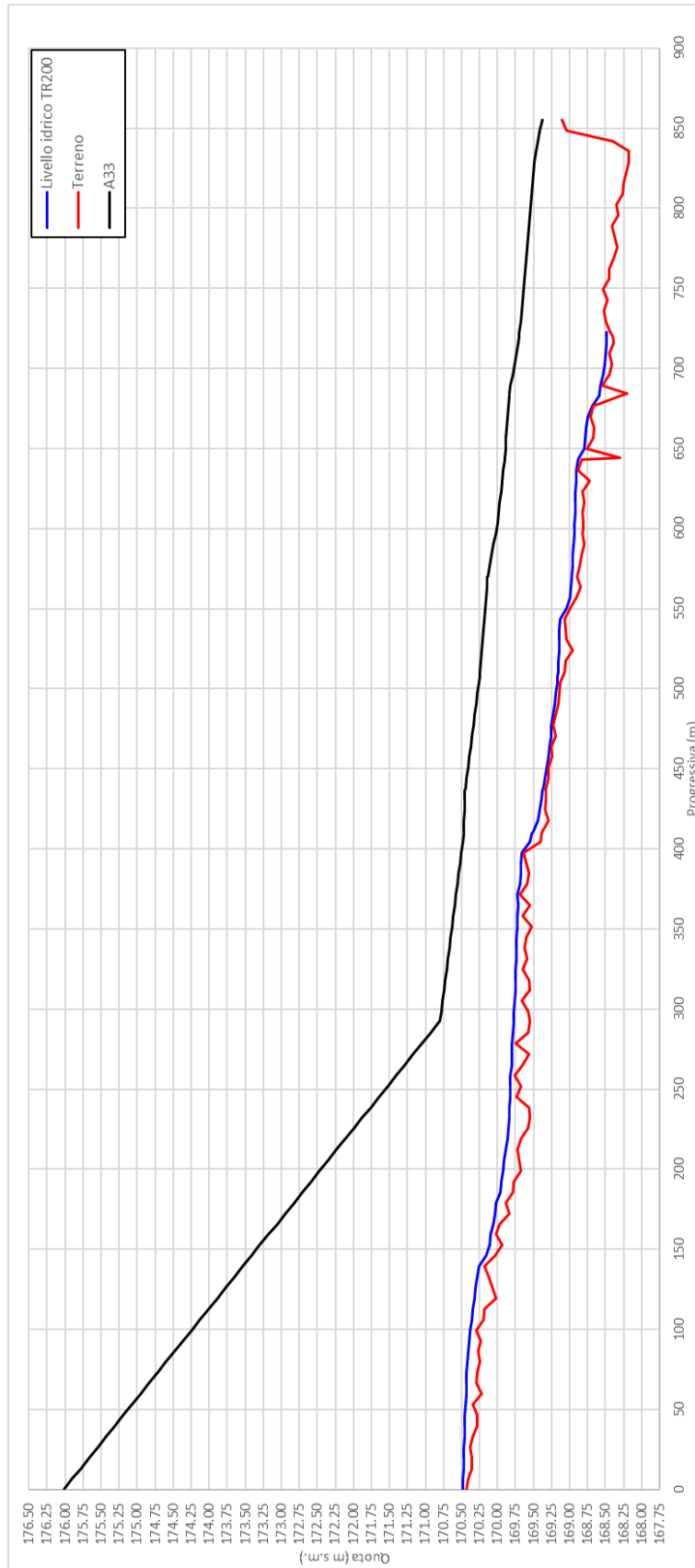


Figura 36 – Profilo longitudinale in direzione di marcia Asti nel tratto tra le Pk 0+000-0+855.55.

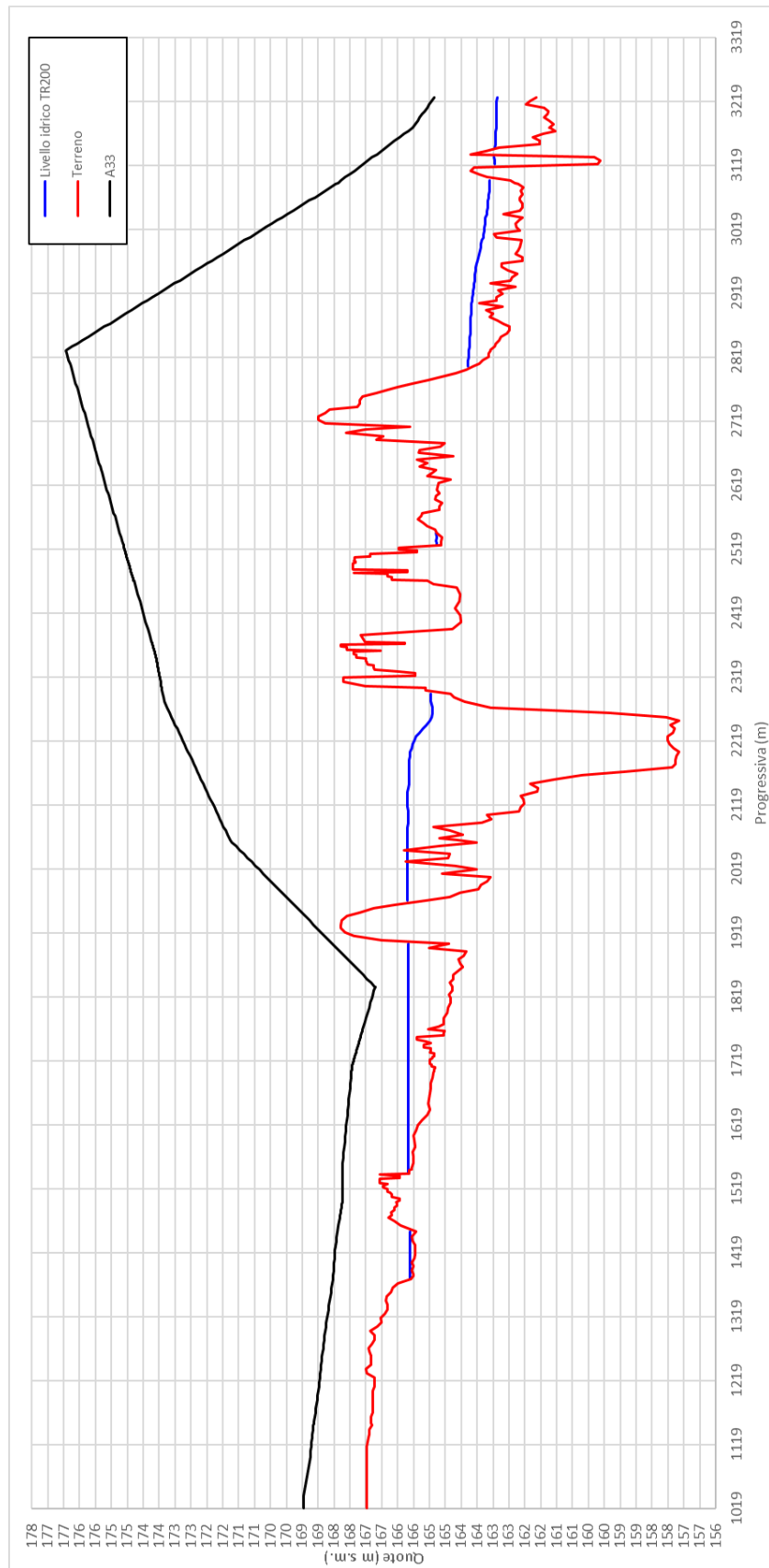


Figura 37 – Profilo longitudinale in direzione di marcia Asti nel tratto tra le Pk 1+110-3+235.

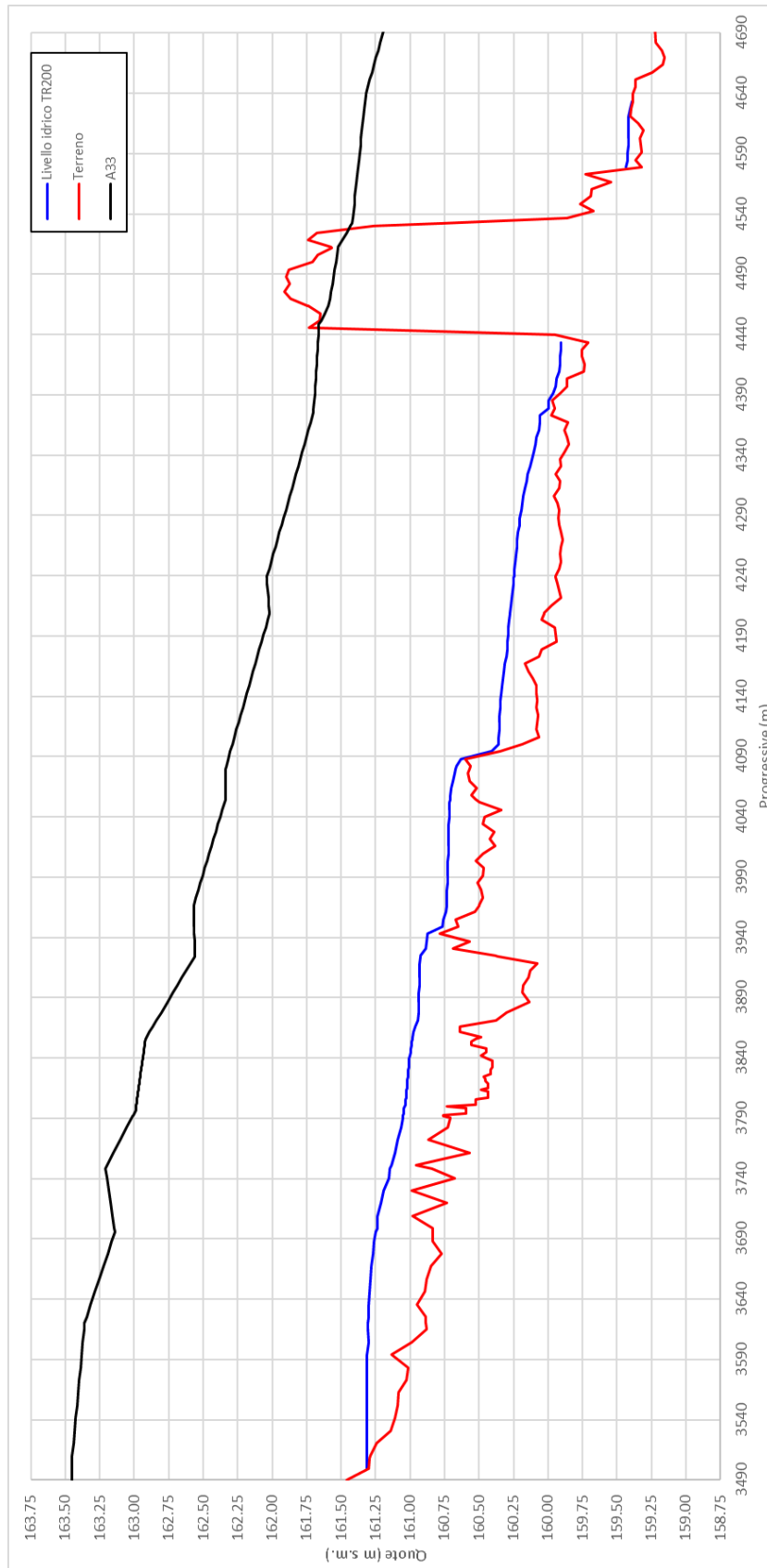


Figura 38 – Profilo longitudinale in direzione di marcia Asti nel tratto tra le Pk 3+490-4+670.

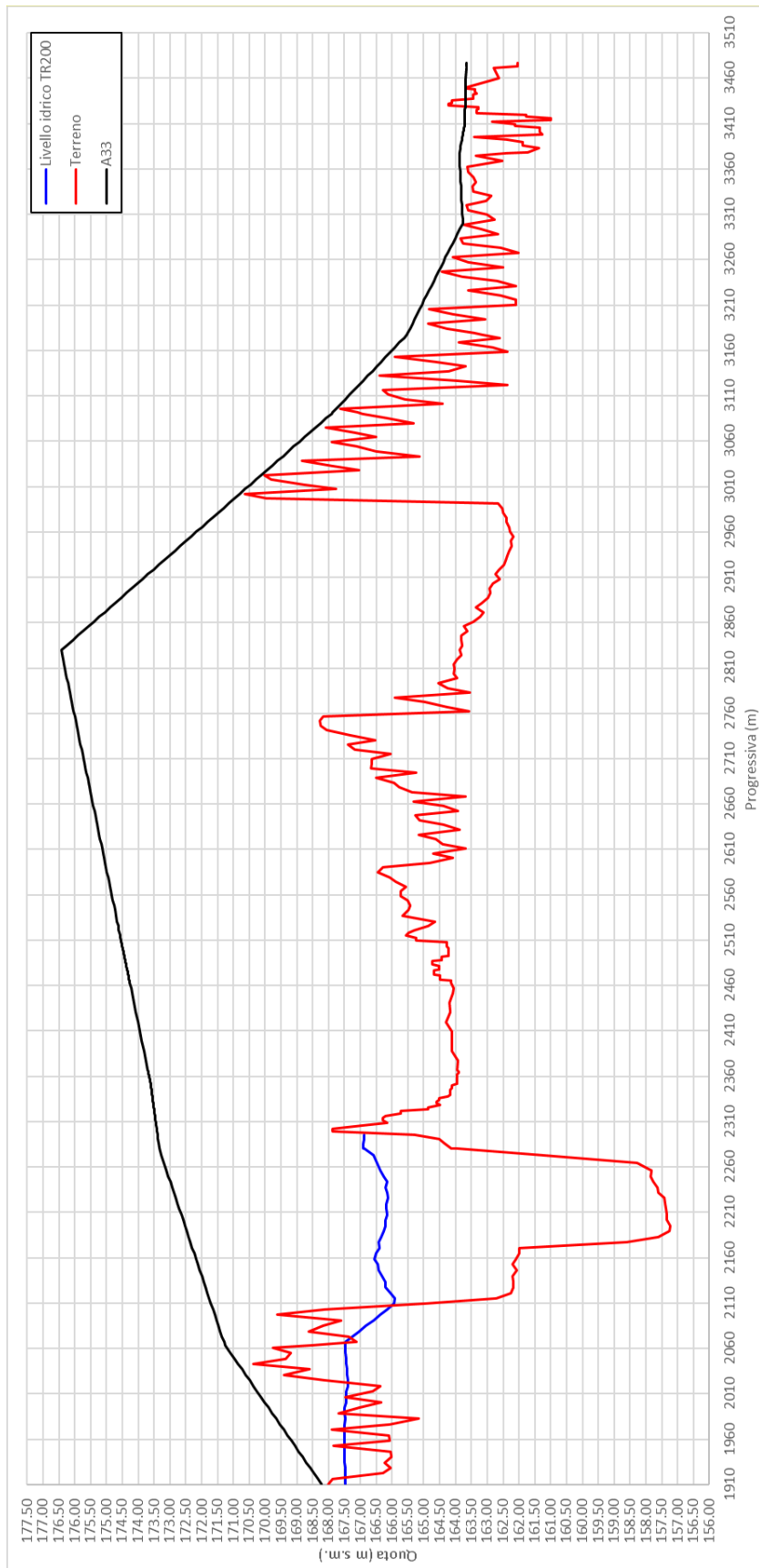


Figura 39 – Profilo longitudinale in direzione di marcia Cuneo nel tratto tra le Pk 1+910-3+466.55.

I profili allegati nelle figure sopra riportate mostrano una generale adeguatezza del piano viabile autostradale rispetto all'evento di riferimento a tempo di ritorno 200 anni; in particolare dall'esame di ciascuno di essi è possibile evincere che:

tratto in direzione di marcia Asti compreso tra le Pk 0+000 e 0+855.55:

- si registra un franco idraulico leggermente inferiore ad un metro, con un minimo pari a 0,84 m, unicamente tra le progressive 0+300 e 0+415 circa; nella restante parte il franco risulta sempre superiore a 1,0 m;

tratto in direzione di marcia Asti compreso tra le Pk 1+110 e 3+235:

- sempre in direzione Asti tra, l'A33 fa registrare franchi idraulici sempre abbondantemente superiori al metro; il franco minimo è riscontrabile alla progressiva 1+834 caratterizzato da un valore di 1,03 m;

tratto in direzione di marcia Asti compreso tra le Pk 3+490 e 4+670:

- si registrano franchi idraulici mai inferiori a 1,63 m;

tratto in direzione di marcia Cuneo compreso tra le Pk 1+910 e 3+466.55:

- solamente nei primi 12 m (tra le progressive 1+910 e 1+922) il franco idraulico presenta valori leggermente inferiori ad un metro, con un minimo pari a 0,74; per il resto esso risulta sempre superiore al metro.

Si è inoltre valutato il franco idraulico di sicurezza dell'attraversamento dell'A33 sul Tanaro che è abbondantemente superiore al metro; infatti il massimo livello idrico bicentenario raggiunto dalla piena a monte dell'attraversamento fa registrare una quota assoluta massima pari a 166.97 m s.m., che confrontata con la quota di intradosso dell'impalcato di 170.10 m s.m. conferisce all'attraversamento un franco idraulico di sicurezza pari a 3,13 m. Il viadotto è pertanto adeguato idraulicamente.