

**NOUVELLE LIGNE LYON TURIN – NUOVA LINEA TORINO LIONE  
PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE – PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE  
CUP C11J05000030001**

**Chantier Opérationnel 10 – Cantiere Operativo 10  
CIG Z2727BDB1C**

**LOT 2: TRAVAUX DE VALORISATION DES TERRES ET ROCHES D'EXCAVATION COTÉ ITALIE – CHANTIER  
OPERATIONNEL 10 (CO10)**

**LOTTO 2: LAVORI DI VALORIZZAZIONE TERRE E ROCCE DA SCAVO LATO ITALIA – CANTIERE OPERATIVO 10  
(CO10)**

**MISSION COMPLEMENTAIRE – CHANTIER INDUSTRIEL DE SALBERTRAND-MISE A' JOUR ÉTUDE HYDRAULIQUE  
MISSIONE COMPLEMENTARE - CANTIERE INDUSTRIALE DI SALBERTRAND-AGGIORNAMENTO STUDIO IDRAULICO**

**Rapport hydraulique d'approfondissement modélisation bidimensionnelle en présence de cumules de  
matériaux dans les zones A-C-D en condition de relevée**

**Relazione idraulica di approfondimento modellazione bidimensionale in presenza di cumuli di materiale  
nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo**

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	26/01/2021	Première diffusion / Prima emissione	L. Gattiglia (EDes) B. Visconti (EDes)	C. Ognibene	A. Malaguti A. Mordasini
A	12/02/2021	Révision suite aux commentaires TELT Revisione a seguito commenti TELT	L. Gattiglia (EDes) B. Visconti (EDes)	C. Ognibene	A. Malaguti A. Mordasini
B	23/02/2021	Révision suite aux commentaires TELT Revisione a seguito commenti TELT	L. Gattiglia (EDes) B. Visconti (EDes)	C. Ognibene	A. Malaguti A. Mordasini

1	0	0	1	8	0	3	5	1	0	G	N	2	3	0	0
Cantiere Operativo Chantier Opérationnel				Contratto Contrat				Opera Ouvrage				Tratta Section	Parte Partie		

G	R	E	I	D	3	1	1	5	B
Fase Phase	Tipo documento Type de document	Oggetto Objet	Numero documento Numéro de document		Indice				

Scala / Echelle
-----------------

A	P
Stato / Statut	

Indirizzo / Adresse GED
-------------------------

Il progettista / Le designer

Dott. Ing. LUCA GATTIGLIA  
n° 7803K

L'appaltatore / L'entrepreneur

Dott. Ing. ANTONIO MORDASINI  
n° 5844 T

Il Direttore dei Lavori / Le Maître d'Oeuvre



## SOMMAIRE / INDICE

1.	INTRODUZIONE .....	5
2.	ASSETTO GEOMETRICO.....	8
2.1	VINCOLI E DISSESTI ESISTENTI .....	8
2.2	FONTI DEI DATI TOPOGRAFICI E DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA.....	8
3.	ASSETTO IDROLOGICO .....	11
4.	CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE .....	13
4.1	DESCRIZIONE DEL MODELLO ADOTTATO .....	13
4.2	DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE .....	14
4.3	DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO .....	15
4.4	DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO INGRESSO/USCITA .....	16
4.5	SCABREZZA.....	17
4.6	MODELLAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI.....	17
5.	RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E MODALITÀ DI DEFLUSSO IN PIENA.....	18
6.	CONCLUSIONI.....	26

## LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1 – Ubicazione dei cumuli “A”, “C”, “D” attualmente presenti sull’area .....</i>	6
<i>Figura 2 – poligono di ritaglio per inserimento dei cumuli nella geometria di rilievo .....</i>	9
<i>Figura 3 –Terreno di rilievo con mucchi “A”, “B” e “C” ed ubicazione sezioni .....</i>	9
<i>Figura 4 –Terreno di rilievo senza mucchi “A”, “B” e “C” ed ubicazione sezioni .....</i>	10
<i>Figura 5 –Terreno di progetto area industriale ed ubicazione sezioni .....</i>	10
<i>Figura 6 – Idrogrammi di piena a Salbertrand- attività 3.2.1Studio fattibilità dell’AdBPo.....</i>	12
<i>Figura 7 – Idrogrammi di piena utilizzati nel modello conformi alla Figura 11 .....</i>	12
<i>Figura 8 – Valutazione del soprizzo di livello per effetto del trasporto solido, schema grafico esplicativo.....</i>	14
<i>Figura 9 – Caratteristiche del Mesh di calcolo .....</i>	16
<i>Figura 10 – Tempo di ritorno di 50 anni -profilo longitudinale in alveo – confronto livelli per rilievo con cumuli, rilievo senza cumuli e cantiere .....</i>	18
<i>Figura 11 – Tempo di ritorno di 100 anni -profilo longitudinale in alveo – confronto livelli per rilievo con cumuli, rilievo senza cumuli e cantiere .....</i>	19
<i>Figura 12 – Tempo di ritorno di 200 anni -profilo longitudinale in alveo – confronto livelli per rilievo con cumuli, rilievo senza cumuli e cantiere .....</i>	19
<i>Figura 13 – Raffronto tra i 3 idrogrammi in uscita TR 200 anni.....</i>	20
<i>Figura 14 – Raffronto tra idrogramma in ingresso ed idrogramma in uscita TR 200 anni condizioni di rilievo .....</i>	20
<i>Figura 15 – Simulazione TR 50 - raffronto planimetrico tra aree interessate dalla piena, in rosa, le due condizioni di rilievo, rispetto a quelle di progetto (senape). .....</i>	22
<i>Figura 16 – Simulazione TR 100 - raffronto planimetrico tra aree interessate dalla piena: marrone condizioni di progetto, arancione condizioni di rilievo con cumuli, in rosa le condizioni di rilievo senza cumuli. ....</i>	22

*Figura 17 – Simulazione TR 200 – raffronto planimetrico tra aree interessate dalla piena: verde condizioni di progetto, rosa condizioni di rilievo con cumuli, viola le condizioni di rilievo senza cumuli. .... 23*

*Figura 18 – Simulazione TR 50 – tiranti liquidi massimi - condizioni di rilievo con cumuli. .... 24*

*Figura 19 – Simulazione TR 100 – tiranti liquidi massimi - condizioni di rilievo con cumuli. ... 24*

*Figura 20 – Simulazione TR 200 – tiranti liquidi massimi - condizioni di rilievo con cumuli. ... 25*

## LISTE DES TABLEAUX / INDICE DELLE TABELLE

*Tabella 1 –Portata di massima Piena Dora Riparia a Salbertrand..... 11*

*Tabella 2 – riassunto degli scenari considerati e riferimenti alle simulazioni..... 15*

*Tabella 3 – riassunto condizioni al contorno interne al modello 2D per i manufatti con riferimento alle simulazioni ..... 17*

*Tabella 4 – Confronto rilievi con o senza cumuli / cantiere relativamente all’area esondata al colmo ..... 21*

*Tabella 5 – Confronto rilievo/cantiere relativamente al volume invasato al colmo ..... 21*

## RESUME / RIASSUNTO

Ce rapport explore ce qui a déjà été produit dans le Variant Project (PRV) au moyen d'une modélisation numérique bidimensionnelle des conditions de défaillance hydraulique pour la zone industrielle de Salbertrand.

Plus en détail, les analyses décrites constituent un approfondissement de l'analyse hydraulique dans les conditions de mise à disposition du site de chantier en présence de quelques tas de matériaux inertes en correspondance de trois zones dites "A", "C" et "D".

La presente relazione approfondisce quanto già prodotto in sede di Progetto di Variante (PRV) mediante la modellazione numerica bidimensionale delle condizioni di dissesto idraulico per l'area industriale di Salbertrand.

In particolare le analisi descritte costituiscono un approfondimento d'analisi idraulica relativa alle condizioni di consegna del cantiere che prevedono ancora la presenza di alcuni cumuli di materiali inertes in corrispondenza di 3 aree denominate "A" "C" e "D".

## 1. INTRODUZIONE

La presente Relazione costituisce un aggiornamento ed un'integrazione al documento "PRV\_C3A\_6720\_22-02-96\_10-02\_Relazione idraulica sviluppo modello bidimensionale\_B" (Modello bidimensionale della Dora a Salbertrand – Relazione idraulica: Sviluppo modello bidimensionale) emesso in data 15/12/2017 nell'ambito dell'istruttoria del Progetto Definitivo di Variante (PRV) elaborato in ottemperanza alla Prescrizione n° 235 della Delibera CIPE n° 19/2015 ed approvato con le Delibere CIPE n°30 e 39 del 2018.

Tuttavia, a valle dell'approvazione CIPE e durante l'attuale fase di produzione dei documenti di gara (DCE) per il Cantiere Operativo CO10, sono state introdotte importanti modifiche nelle fasi di allestimento del Cantiere industriale di Salbertrand e si è reso pertanto necessaria la verifica degli eventuali impatti indotti sulla valutazione dei tiranti idraulici e sulle superfici interessate da esondazione a seguito di queste variazioni. Ciò in particolare al fine di garantire che queste modifiche rispetto alla configurazione di PRV approvato dal CIPE, non presentino elementi ostativi all'ottenimento del Parere di conformità idraulica che verrà rilasciato, prima dell'inizio dei lavori, da parte della Regione Piemonte.

In particolare la riproduzione del modello idraulico bidimensionale ha mantenuto inalterati:

- la definizione delle condizioni al contorno di ingresso/uscita,
- il valore del coefficiente di scabrezza assunto pari a  $0.05 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  ( $20.0 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  C di Strickler), sia per le sponde sia per il fondo alveo,
- la modellazione degli attraversamenti,
- la condizione di massima trasparenza idraulica delle opere/installazioni allo scopo di garantire l'effetto di laminazione dell'area e di minimizzare gli impatti sulla sicurezza delle maestranze e delle installazioni in caso di evento di piena; al riguardo si ricorda che le uniche opere, ubicate in zona di esondazione, previste prive di trasparenza idraulica, sono la fabbrica conci e l'impianto trattamento acque,
- le simulazioni con tempi di ritorno TR pari a 50, 100 e 200,
- le assunzioni per le quali:
  - ✓ l'intervento di cantierizzazione assume un carattere transitorio e prevede il ripristino finale dello stato naturale dei luoghi,
  - ✓ il progetto deve garantire in modo rigoroso le disposizioni di cui all'art. 38 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI), ovvero non modificare i fenomeni idraulici naturali e le caratteristiche di particolare rilevanza naturale dell'ecosistema fluviale, non costituire significativo ostacolo al deflusso e non limitare in modo significativo la capacità di invaso.

Viceversa, sulla base del modello di rilievo e della quota del terreno ante operam (996 m slm), assunti in fase di PRV, il nuovo modello idraulico ha tenuto conto delle seguenti variazioni introdotte in sede di elaborazione del DCE del CO10:

- presenza dei cumuli di materiale sulle aree denominate "A", "C" e "D" (vedi Figura 1), condizione che rappresenta la Fase di cantiere 1 a fronte della quale l'area posta a est dell'Autostrada A32 non risulta essere disponibile,
- ubicazione delle opere come da nuovo layout.

Si precisa che per quanto riguarda i cumuli identificati con le lettere “B1” e “B”, posti a monte della linea ferroviaria storica, la loro ubicazione risulta essere invariata rispetto a quanto previsto in sede di PRV.



**Figura 1** – Ubicazione dei cumuli “A”, “C”, “D” attualmente presenti sull’area

Questa nuova elaborazione del modello consente in particolare di:

- definire le variabili di moto della corrente di piena (tiranti, velocità, direzioni principali di deflusso), sia nelle aree di alveo attivo, sia in corrispondenza delle aree di golena in presenza dei cumuli,
- eseguire il confronto tra tutti i tempi di ritorno e tutte le geometrie implementate e quindi determinare quali porzioni dei cumuli presenti sono attualmente interessabili dalle piene della Dora Riparia.;
- A seguito di tale confronto, come sarà meglio evidenziato nel prosieguo della trattazione, stabilire in particolare quali dissesti sono prevedibili sulle aree analizzate, anche durante la prima fase di insediamento del cantiere studiata in sede di DCE, fase che prevede la sistemazione dell’area “A” a quota progetto PRV mentre le aree “C” e “D” restano ancora alla quota attuale di rilievo.

Gli elaborati di riferimento per il presente elaborato relativamente alla prima fase dello studio idraulico del 2017 sono:

- PRV\_LOM\_22-02-96\_30-02\_6722\_Planimetria PAI e vincoli idraulici
- PRV\_LOM\_22-02-96\_30\_03\_6723 Restituzione della geometria adottata - Condizioni di rilievo

- PRV\_LOM\_22-02-96\_30\_04\_da 6725 - a 6727 Planimetria risultanze di modello 2d - Condizioni di rilievo - Planimetria delle aree di esondazione tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida e solida
- PRV\_LOM\_22-02-96\_30\_07\_da 6728 - a 6730 Planimetria risultanze di modello 2D - Condizioni di rilievo - Tiranti e velocità tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida
- PRV\_LOM\_22-02-96\_30\_10\_6731 Restituzione della geometria adottata - Condizioni di cantiere
- PRV\_LOM\_22-02-96\_30\_11\_da 6732 - a 6734 Planimetria risultanze di modello 2D - Condizioni di rilievo - Tiranti e velocità tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida
- PRV\_LOM\_22-02-96\_30\_14\_da 6735 - a 6737 Condizioni di cantiere - Tiranti e velocità tempo di ritorno 50-100-200 anni - Portata liquida
- PRV\_LOM\_22-02-96\_40\_03\_da 6745 - a 6753 Sezioni idrauliche della Dora

A questi, che permangono di notevole interesse poiché oggetto di confronto con quanto svolto ad oggi, occorre ancora aggiungere i nuovi elaborati che illustrano la nuova fase di lavoro svolta.

- 100\_CN23\_00\_G\_PL\_ID\_3116 Restituzione della geometria adottata in presenza di cumuli di materiale nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo
- 100\_CN23\_00\_G\_PL\_ID\_3117 Planimetria in presenza di cumuli di materiale nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo- aree esondazione TR50
- 100\_CN23\_00\_G\_PL\_ID\_3118 Planimetria in presenza di cumuli di materiale nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo - aree esondazione TR100
- 100\_CN23\_00\_G\_PL\_ID\_3119 Planimetria in presenza di cumuli di materiale nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo - aree esondazione TR200
- 100\_CN23\_00\_G\_PL\_ID\_3120 Planimetria in presenza di cumuli di materiale nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo - Tiranti e velocità TR50
- 100\_CN23\_00\_G\_PL\_ID\_3121 Planimetria in presenza di cumuli di materiale nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo - Tiranti e velocità TR100
- 100\_CN23\_00\_G\_PL\_ID\_3122 Planimetria in presenza di cumuli di materiale nelle aree A-C-D su condizioni di rilievo - Tiranti e velocità TR200
- 100\_CN23\_00\_G\_SE\_ID\_3123 Sezioni idrauliche TR 50 – tav. 1 di 2
- 100\_CN23\_00\_G\_SE\_ID\_3124 Sezioni idrauliche TR 50 – tav. 2 di 2
- 100\_CN23\_00\_G\_SE\_ID\_3125 Sezioni idrauliche TR 100 – tav. 1 di 2
- 100\_CN23\_00\_G\_SE\_ID\_3126 Sezioni idrauliche TR 100 – tav. 2 di 2
- 100\_CN23\_00\_G\_SE\_ID\_3127 Sezioni idrauliche TR 200 – tav. 1 di 2
- 100\_CN23\_00\_G\_SE\_ID\_3128 Sezioni idrauliche TR 200 – tav. 2 di 2

Con riferimento alla documentazione si evidenzia che la Sezione n.115, posta in corrispondenza del ponte sulla Dora, e quelle a monte del ponte (120, 130, 140, 150, 160, 170, 180 e 190), sebbene siano indicate nelle planimetrie e inserite nel modello, in questa nuova emissione delle tavole esse non sono più state rappresentate.

Ciò è dovuto al fatto che, trovandosi esse a monte dei cumuli delle aree A-C-D, esse non sono impattate da alcuna variazione, sia in termini di aree di esondazione, sia in termini di tiranti. Per queste sezione resta pertanto valida la rappresentazione all'interno delle tavole di PRV

a) PRV\_C3A\_6747\_22-02-96\_40-05\_Sezioni idrauliche TR50 3di3\_A

b) PRV\_C3A\_6750\_22-02-96\_40-08\_Sezioni idrauliche TR100 3di3\_A

c) PRV\_C3A\_6753\_22-02-96\_40-11\_Sezioni idrauliche TR200 3di3\_A

## 2. ASSETTO GEOMETRICO

### 2.1 VINCOLI E DISSESTI ESISTENTI

La piana di Salbertrand è sottoposta a numerosi vincoli individuati sia dalla Direttiva Alluvioni che nel PAI delle aree oggetto di intervento.

Nella precedente fase relativa alle indagini di PRV era stata redatta una apposita cartografia dei vincoli ove questi sono stati rappresentati (PRV\_LOM\_22-02-96\_30-02\_6722\_Planimetria PAI e vincoli idraulici). Si conferma che ad oggi, con riferimento al precedente elaborato, i vincoli non risultano variati. Permangono dunque valide tutte le considerazioni già sviluppate sull'esistenza dei vincoli e delle condizioni di dissesto.

L'analisi proposta nel seguito consentirà quindi di redigere un approfondimento del grado di dissesto per il tratto esaminato tenuto conto anche della condizione geometrica denominata come "rilievo in presenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D".

### 2.2 FONTI DEI DATI TOPOGRAFICI E DEFINIZIONE DELLA GEOMETRIA

L'assetto geometrico utilizzato per poter fornire dei dati confrontabili con le altre simulazioni svolte necessita di avere delle assunzioni geometriche coerenti sulle quali sono innestate le differenze rispetto alle geometrie di rilievo (senza cumuli) e di progetto dell'area industriale. Si conferma pertanto l'utilizzo del medesimo impianto topografico utilizzato per le precedenti simulazioni che in sintesi si compone di:

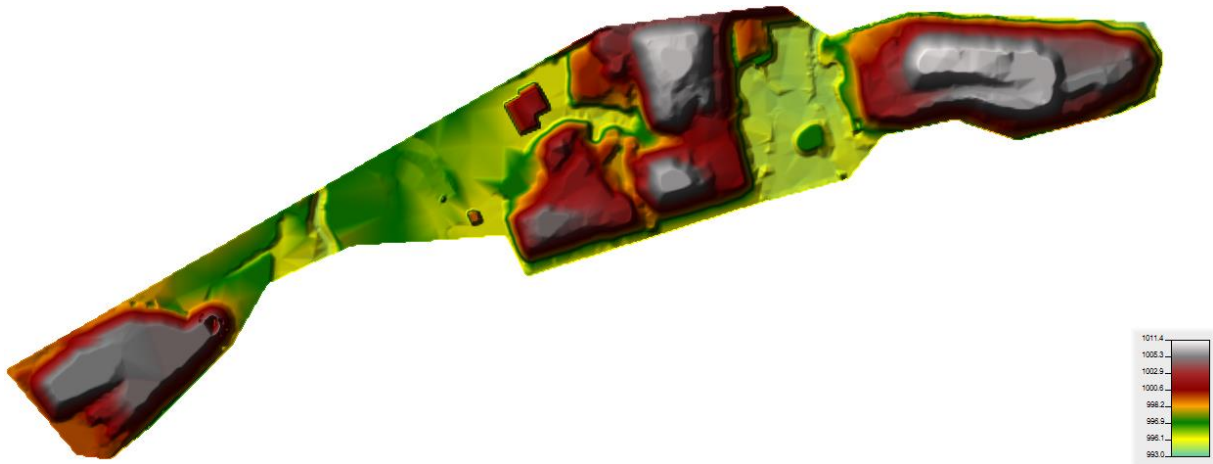
- Rilievo di dettaglio – completo di batimetria del corso d'acqua - effettuato a luglio 2016, costituito da 19 sezioni
- Carta Tecnica di PRV maggio 2016 restituita in coordinate LTF2004 alla scala 1:2000 e costituita da file vettoriale 3D dei limiti fisici.
- DTM del Ministero dell'Ambiente POT2008 fornito dalla Regione Piemonte e realizzato nel 2008.
- Sezioni dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica nel tratto da Oulx alla confluenza in Po" (AdBPo 2002-2005).

il sistema di riferimento adottato si conferma il EPGS:32632 WGS84 – UTM ZONE 32M.

Sulla base di numerosi raffronti, esplicitati nella fase di redazione del PRV, il DTM per la ricostruzione della topografia della Dora Riparia nel tratto considerato è stato basato sui punti rilevati in loco e dai limiti 3D disponibili nella carta tecnica del PRV – rilievo di dettaglio 2016. La precedente fase di PRV ha quindi implementato le condizioni di rilievo (in assenza di cumuli) e le condizioni di progetto in condizioni di realizzazione dell'area industriale di Salbertrand; la presente fase di integrazione invece deriva la sua geometria dal DTM implementato in condizioni di rilievo senza asportazione dei cumuli.

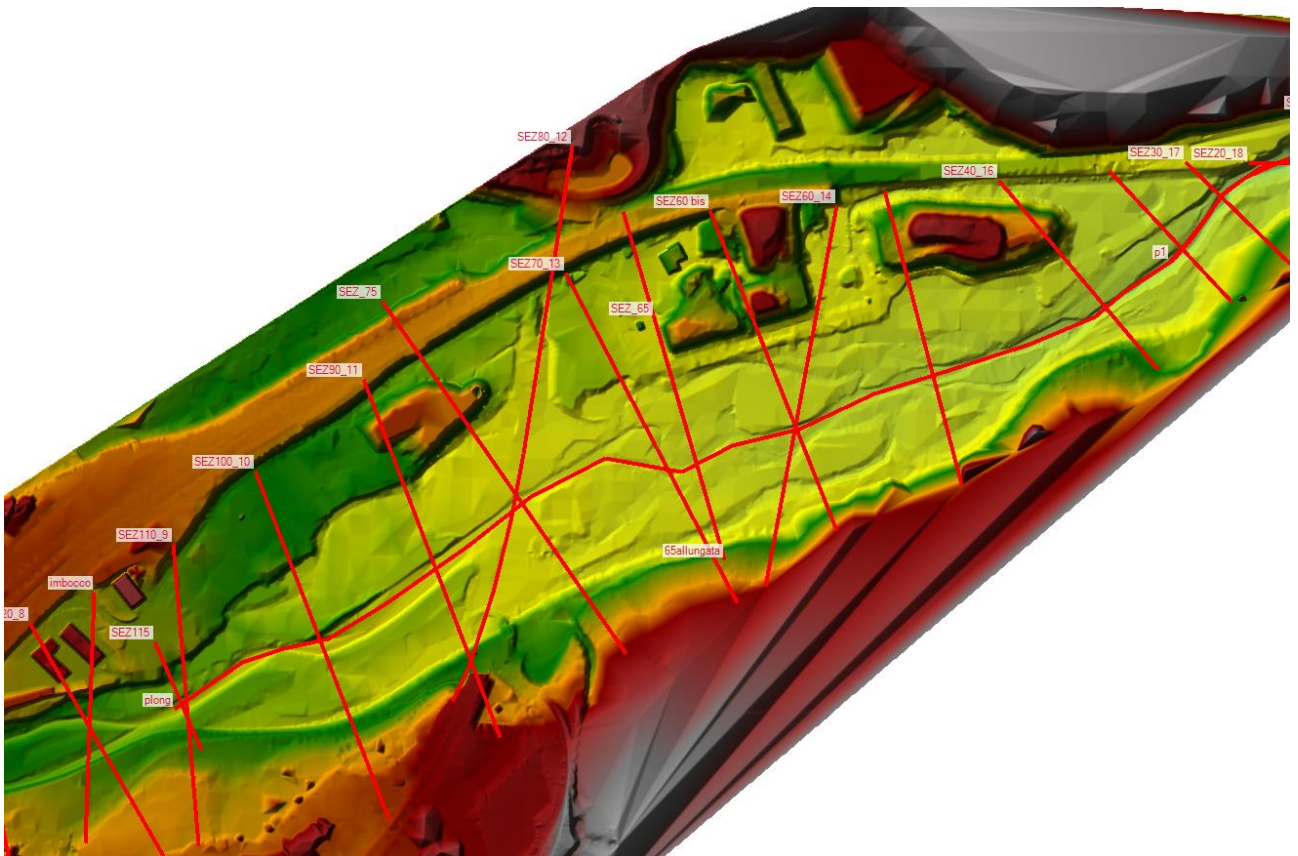
Nella fase di predisposizione di questa ultima geometria si è operativamente proceduto inserendo i cumuli sulla geometria di rilievo ritagliata. La geometria inserita risulta la seguente:



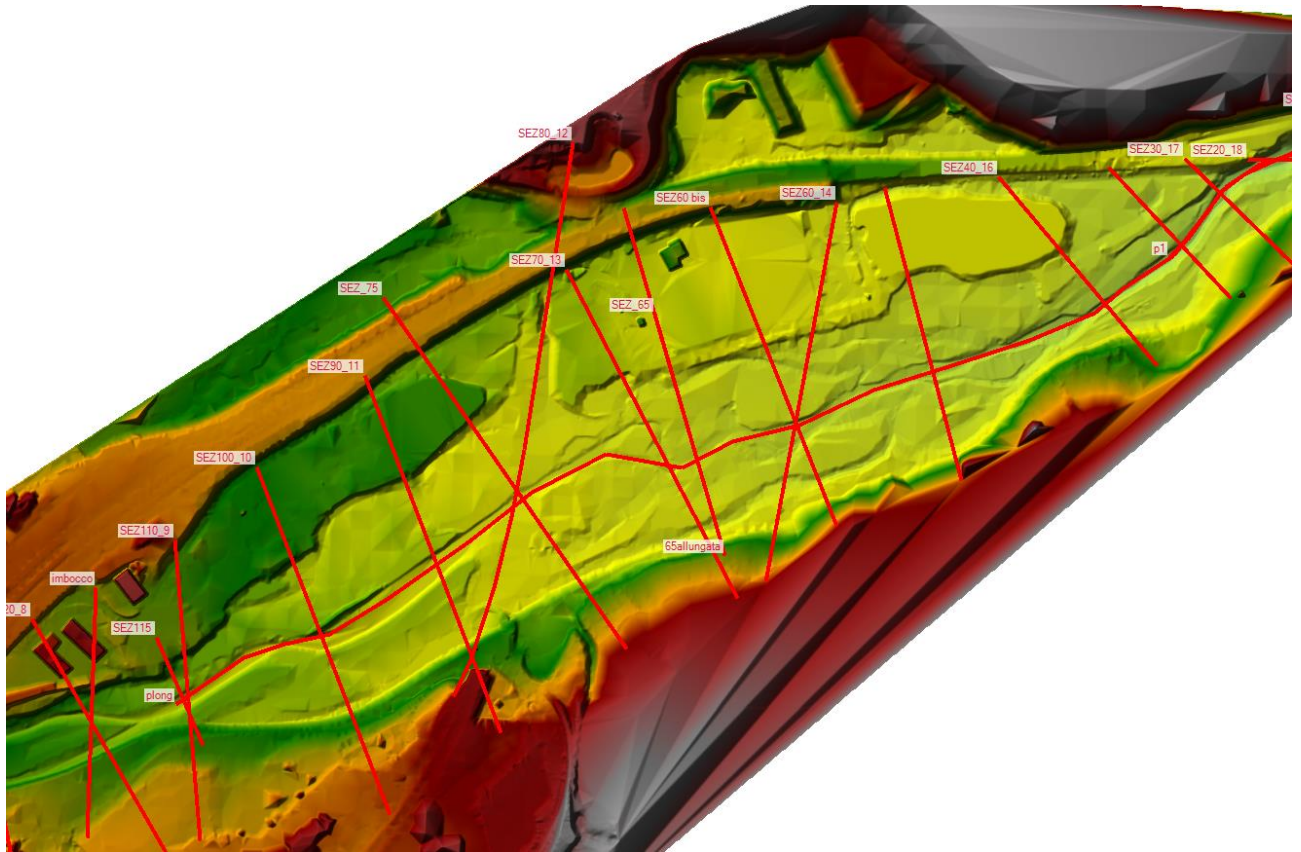


**Figura 2** – poligono di ritaglio per inserimento dei cumuli nella geometria di rilievo

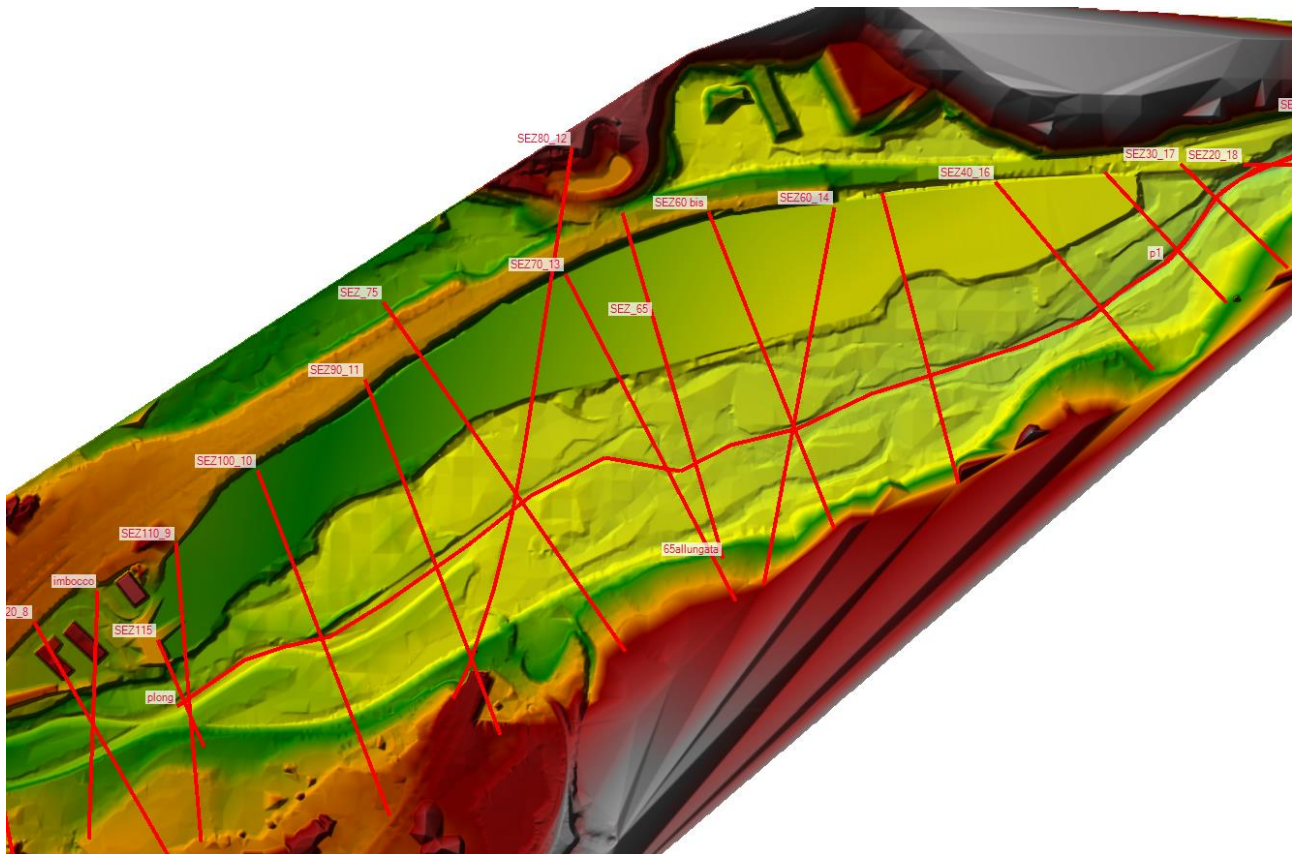
Il risultato dell’inserimento ed il riassunto di confronto con tutte le geometrie ora disponibili è invece rappresentato nelle seguenti 3 immagini: una per geometria.



**Figura 3** –Terreno di rilievo con mucchi “A”, “B” e “C” ed ubicazione sezioni



**Figura 4** –Terreno di rilievo senza mucchi “A”, “B” e “C” ed ubicazione sezioni



**Figura 5** –Terreno di progetto area industriale ed ubicazione sezioni

In conclusione si conferma la confrontabilità dei DTM tra loro e l'estensione degli stessi. L'approccio consente di mantenere per tutte le simulazioni il medesimo tratto d'alveo indagato mediante modello 2D. Il dominio di calcolo è esteso a tutto il fondo valle e si sviluppa da poco a monte del ponte di Via Chenebières sino alla traversa di Serre La Voute di IREN spa. Analogamente quindi al modello 2D di PRV si sono mantenute le medesime caratteristiche anche relativamente alla batimetria, alla ricostruzione della geometria della centrale di Serre La Voute ed ai limiti di estensione dei DTM. Si conferma inoltre anche per il DTM "rilievo in presenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D" la risoluzione di 0.3x0.3 m per pixel.

### 3. ASSETTO IDROLOGICO

Nel presente paragrafo, sono indicati gli aspetti idrologici connessi con lo studio del moto vario bidimensionale. In esso si riprendono e si riprenderanno i valori di massima portata al colmo per il Fiume Dora Riparia indicati nella direttiva sulla piena di progetto e nella documentazione tecnica disponibile dell'AdBPo.

Vi è necessità di definire, per lo studio del moto vario, non solo i valori di portata al colmo, ma anche un idrogramma significativo.

Per quanto concerne i valori di portata al colmo, le portate di massima piena determinate dall'AdBPo per la Dora Riparia nella piana di Salbertrand, sono invariate e tutte confermate in sintesi si riassume:

Tempo di ritorno (Anni)	Portata di massima Piena (m <sup>3</sup> /s)
50	283(**)
100	365 (**)
200	450(*)

(\*)fonte: Relazione tecnica allegata alla deliberazione n°9 /2007 del comitato istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po

(\*\*)fonte: Studio di fattibilità della sistemazione idraulica nel tratto da Oulx alla confluenza in Po (Autorità di Bacino 2003).

**Tabella 1** –Portata di massima Piena Dora Riparia a Salbertrand

### Sezione di Salbertrand: idrogrammi sintetici di piena

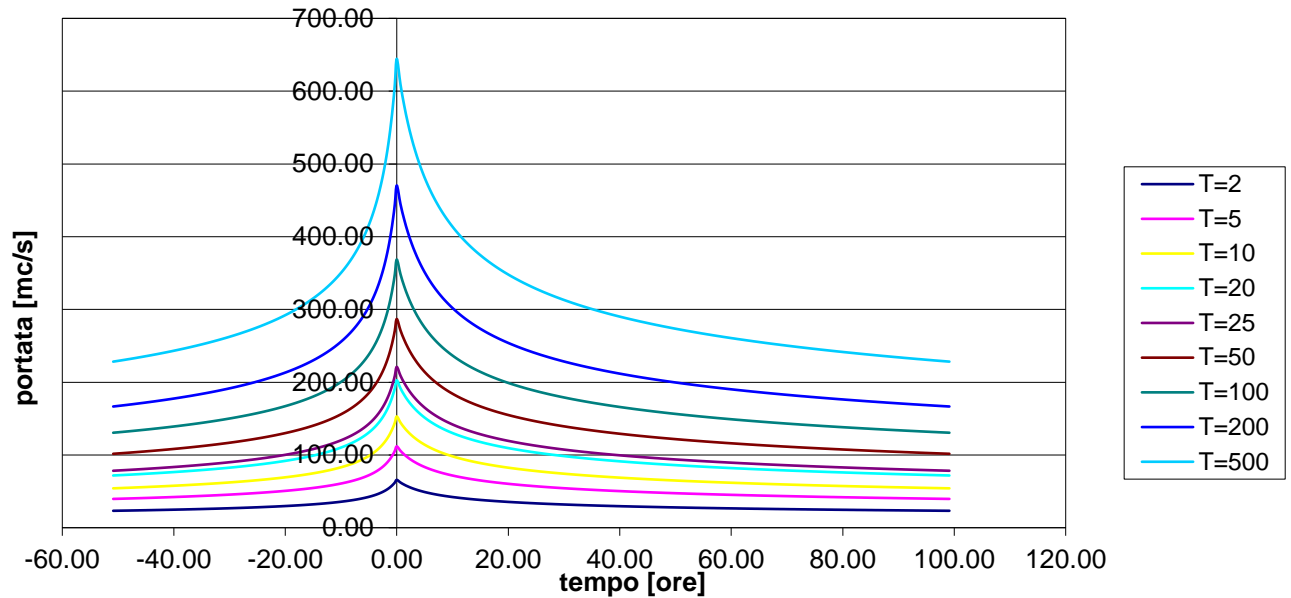


Figura 6 – Idrogrammi di piena a Salbertrand- attività 3.2.1Studio fattibilità dell'AdBPo

Nel rispetto dei precedenti idrogrammi, anche nel presente approfondimento, in analogia alla precedente fase di PRV, sono stati introdotti i seguenti idrogrammi relativi alle 3 configurazioni idrologiche considerate con campionamento a 10 minuti nelle 8 ore di evento maggiormente significative a cavallo del colmo di piena:

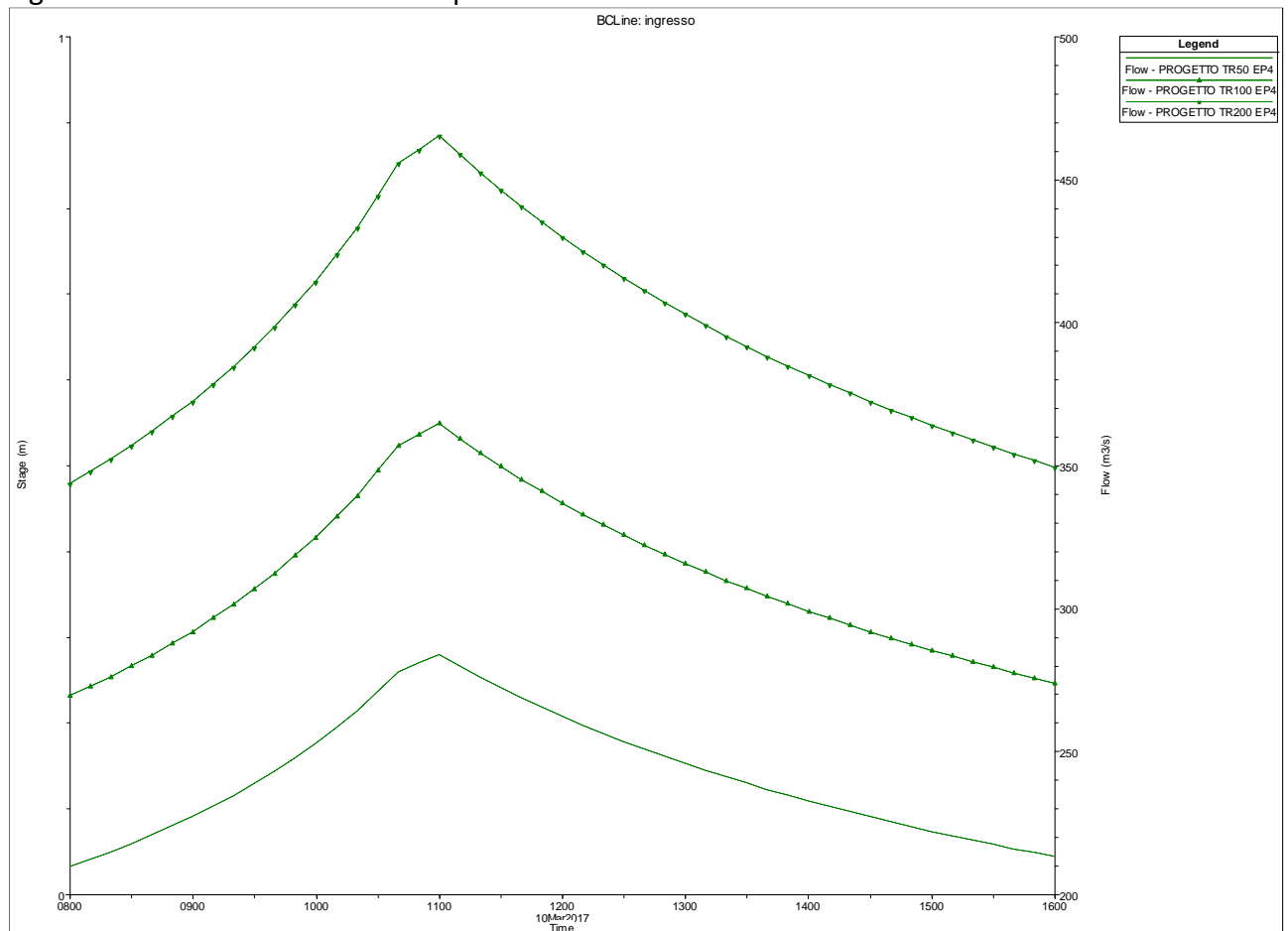


Figura 7 – Idrogrammi di piena utilizzati nel modello conformi alla Figura 11

## 4. CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA BIDIMENSIONALE

### 4.1 DESCRIZIONE DEL MODELLO ADOTTATO

Il problema idraulico consiste nel calcolo delle grandezze idrauliche corrispondenti all'assegnata portata di piena, lo schema di calcolo adottato è quello bidimensionale di moto vario implementato dal codice HECRAS "River Analysis System". 5.03 (U.S. Army Corps of Engineers Hydrologic Engineering Center).

In modello in questione risolve le equazioni costitutive dei fluidi note come equazione di continuità e della quantità di moto (equazione dei momenti).

L'equazione di conservazione della massa (equazione di continuità) assume la seguente forma differenziale:

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} + q = 0$$

(Dove  $H$  è il carico totale,  $h$  il tirante locale,  $u$  e  $v$  le velocità mediate sull'altezza lungo una delle direzioni  $x$  o  $y$ ,  $t$  il tempo,  $q$  l'intensità degli eventuali afflussi o sottrazioni).

L'equazione dei momenti assume la forma:

$$\begin{aligned} \frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} &= -g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left( \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + fv \\ \frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} &= -g \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \left( \frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v + fu \end{aligned}$$

Dove  $g$  è l'accelerazione di gravità,  $v_t$  rappresenta il coefficiente dell'Eddy viscosity orizzontale,  $c_f$  rappresenta il coefficiente d'attrito di fondo ed  $f$  il parametro di Coriolis.

La bidimensionalità è data dal fatto che le variabili sono calcolate su due dimensioni cartesiane  $x$  ed  $y$  e mediate invece sulla profondità e che le componenti lungo  $z$  delle grandezze idrauliche vettoriali sono trascurate.

Il modello 2D adottato infine risulta a fondo fisso senza componenti di trasporto solido. Nella configurazione adottata il risolutore numerico utilizza uno schema di risoluzione implicito ai volumi finiti e risolve le equazioni trascurando le accelerazioni di Coriolis. In condizioni "full momentum", ovvero considerando anche gli effetti della turbolenza secondo lo schema noto come Eddy viscosity; nelle versioni proposte di PRV ed attuale la turbolenza è stata cautelativamente tenuta in conto in quanto, nella sostanza, aggiunge elementi dissipativi. Essa risulta un'assunzione qualificante anche a fronte degli standard di modellazione 2D richiesti su altri progetti da AIPO o già utilizzati per la redazione del modello 2D della piana di Susa e Bussoleno nel Progetto Definitivo approvato.

La versione del software adottata nella presente analisi ha una certa rilevanza e va analizzata: la versione 5.03 utilizzata nel PRV è stata ad oggi ampiamente superata e la versione corrente di HEC RAS in uso è la 5.07. Tra le due versioni sono state implementate numerose correzioni, anche al risolutore numerico principale, ragione per cui i livelli calcolati con la versione 503 non sono coincidenti a quelli calcolati con la versione 507. Una delle principali correzioni segnalata dalle note di rilascio del software riguarda proprio la risoluzione delle equazioni di Saint Venant nelle condizioni "full momentum". Per la nuova simulazione "rilievo in presenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D" si è dunque preliminarmente posta la questione se utilizzare un modello teoricamente più corretto (il 507) oppure confrontabile con le altere simulazioni (il 503). Per un caso pilota (TR 200 anni rilievo in presenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D") sono state operate entrambe le simulazioni e le risultanze ottenute si sono

rilevate in linea con quanto atteso e previsto anche dal manuale del software. In particolare nel caso in esame i livelli simulati con HEC 507 risultano mediamente più bassi di 14 cm (delta di -4%) mentre le velocità sono leggermente maggiori di 0.14 m/s (delta +8%) a compensare la riduzione di livello rispetto alla versione di HEC 503. Le differenze delle variabili riscontrate si verificano in particolare nella zona dei ponti ferroviari a valle del cantiere in corrispondenza della maggiore influenza della turbolenza dovuta alla di curvatura del flusso. Tali differenze indicano che in particolare i livelli calcolati nella fase di PRV sono certamente cautelativi. Le differenze riscontrate rientrano ampiamente nell'errore prevedibile che è possibile compiere come conseguenza della scelta di parametri molto più influenti quali per esempio il valore di portata e di scabrezza per la simulazione. Nella presente fase, si è dunque preferito privilegiare la possibilità di confrontare le simulazioni tra loro, consapevoli del fatto che presumibilmente alcuni livelli possano risultare sovrastimati.

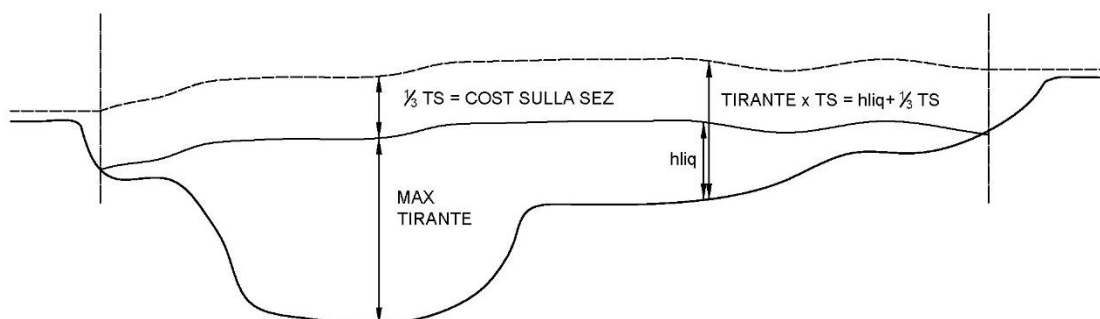
#### 4.2 DEFINIZIONE DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE

Le geometrie complessive in precedenza definite risultano com'è noto tre: lo stato di "rilievo in presenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D", lo stato di "rilievo in assenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D" (rilievo PRV) e lo stato di realizzazione dell'area industriale (progetto di PRV). Le tre geometrie sono state accoppiate agli idrogrammi relativi ai 3 tempi di ritorno analizzati (50 anni, 100 anni, 200 anni), individuando quindi 9 possibili scenari complessivi di simulazione. Nel seguito, sebbene nella presente fase si sia sviluppata solo la tripletta di simulazioni associata alla presenza dei cumuli, si sono ripresi tutti gli scenari con il solo fine di poterli confrontare con le nuove risultanze.

Come richiesto inoltre dalle osservazioni della Regione Piemonte, le valutazioni dei tiranti devono tenere in conto della presenza del trasporto solido in via semplificata, ovvero devono cautelativamente prevedere di valutare un sopralzo per trasporto solido pari ad 1/3 del tirante liquido misurato in corrispondenza della massima profondità topografica dell'alveo.

Lo schema per la determinazione del sopralzo è stato così interpretato: si è determinata una costante di sopralzo solido per ciascuna sezione e, successivamente, tale sopralzo è stato sommato ai livelli variabili sulla sezione.

Ove finisce l'indicazione del livello liquido, il livello complessivo di trasporto solido è esteso a quota costante. La seguente immagine risulta esplicativa dell'assunzione operata.



**Figura 8** – Valutazione del sopralzo di livello per effetto del trasporto solido, schema grafico esplicativo

Si precisa che lo scenario relativo al trasporto solido è tracciato a partire dalla simulazione numerica liquida. Pertanto detto scenario determina sì dei livelli massimi, ma tuttavia vengono

perse le altre informazioni relative alla dinamica del moto (velocità, direzioni di deflusso, etc.). Il sopralzo ed i livelli massimi dipendono poi dalla topografia della sezione, dal punto dove questa è tracciata ed il piano definito dall'involuppo di tali tiranti sulle varie sezioni potrebbe non essere riconducibile ad una dinamica realistica di piena. La presenza di avvallamenti potrebbe determinare variazioni del sopralzo ed infine la perimetrazione delle aree esterne alla fascia liquida è affidata a considerazioni di natura topografica e non più modellistica.

È evidente che dove il prolungamento a quota costante incontra la topografia della sezione dopo pochi metri risulta una perimetrazione più coerente rispetto a quella potenzialmente definibile per quelle zone ove un prolungamento della linea potrebbe portare a sovrastime eccessive oppure a condizioni indefinite per discese repentine del terreno o intersezioni di livelli differenti su sezioni diverse. Per tale ragione, in sede di resa grafica dello scenario di simulazione per trasporto solido, si sono distinte le perimetrazioni riconducibili ad una semplice estensione della linea di sopralzo, rispetto a quelle determinate invece con criteri morfologici e riconducibili a reinterpretazioni.

Ai 9 scenari di modellazione (portata liquida TR50, TR100, TR200 in condizioni di rilievo + portata liquida TR50, TR100, TR200 in condizioni di cantiere), si aggiungono pertanto altri 9 scenari caratterizzati da sopralzo per trasporto solido.

Complessivamente gli scenari indagati risultano riassunti nella tabella seguente:

Tempo di ritorno (anni)	Nome File terreno di riferimento in RAS MAPPER	RESULT di riferimento in RAS MAPPER	GEOMETRY FILE	UNSTEADY FLOW FILE	PLAN FILE	SOPRALZO PER TRASPORTO SOLIDO
50	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR50 EP	g02	u02	P06	NO
100	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR100 EP2s	g05	u03	P14	NO
200	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR200 EP2s	g03	u01	P15	NO
50	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR50 EP	g02	u02	P06	SI
100	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR100 EP	g05	u03	P14	SI
200	RILIEVO18_3_TOT	RILIEVO TR200 EP	g03	u01	P15	SI
50	PROGETTO4	PROGETTO TR50 EP4	g07	u02	P11	NO
100	PROGETTO4	PROGETTO TR100 EP4	g08	u03	P12	NO
200	PROGETTO4	PROGETTO TR200 EP4	g09	u01	P13	NO
50	PROGETTO4	PROGETTO TR50 EP4	g07	u02	P11	SI
100	PROGETTO4	PROGETTO TR100 EP4	g08	u03	P12	SI
200	PROGETTO4	PROGETTO TR200 EP4	g09	u01	P13	SI
50	RILIEVO MUCCHI	RIL TR50 MUCCHI	g10	u02	P17	NO
100	RILIEVO MUCCHI	RIL TR100 MUCCHI	g12	u03	P18	NO
200	RILIEVO MUCCHI	RIL TR200 MUCCHI	g13	u01	P19	NO
50	RILIEVO MUCCHI	RIL TR50 MUCCHI	g10	u02	P17	SI
100	RILIEVO MUCCHI	RIL TR100 MUCCHI	g12	u03	P18	SI
200	RILIEVO MUCCHI	RIL TR200 MUCCHI	g13	u01	P19	SI

**Tabella 2** – riassunto degli scenari considerati e riferimenti alle simulazioni

### 4.3 DEFINIZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO

Il DTM fornisce al modello la topografia di riferimento mentre una mesh (maglia, reticolo) in HEC RAS 2D definisce il dominio di calcolo, ovvero i punti ove le variabili idrauliche sono calcolate. Nel caso in esame essa è costituita da celle adiacenti disposte in forme strutturate (rettangoli o quadrati), oppure non strutturate (da 3 a 8 lati di forma variabile).

L'area di interesse è stata inclusa in un'unica mesh di calcolo del tipo "2D area" che comprende l'intera area di interesse, compreso il corso d'acqua.

La mesh implementata, di estensione al più uguale al DTM, nel caso in esame può essere adottata per tutte le differenti geometrie sottostanti. La risoluzione generale della cella di calcolo (parte del dominio strutturato) della mesh è stata assegnata pari a 9 x 9 m e successivamente infittita e dettagliata in corrispondenza dei corsi d'acqua e dei limiti significativi aventi funzionalità idraulica sino ad una risoluzione di 2 m circa o anche inferiore dove necessario (parte del dominio non strutturato). Complessivamente il dominio si estende per 0.72 km<sup>2</sup> ed è caratterizzato dalle seguenti caratteristiche medie:

```
Mesh contains: 9107 cells
max cell (8408) = 205.25 (m2)
min cell = 4.35 (m2)
avg cell = 79.53 (m2)
```

**Figura 9** – Caratteristiche del Mesh di calcolo

La dimensione delle celle non rappresenta per il modello HEC RAS 5.03 il limite della risoluzione. Il calcolo del risolutore in termini di area liquida, volume di invaso e raggio idraulico, si basa infatti sulla sottostante geometria e sulla risoluzione del DTM.

Il dominio di calcolo viene infine completato da una serie di "Break Lines" e "Internal Connection" che rappresentano limiti fisici della geometria e, nel caso, manufatti particolari quali muri ed attraversamenti puntuali.

Mediante "Break Lines" è stato fornito al modello un maggiore dettaglio di celle nelle zone maggiormente dissipative e con potenziali problematiche numeriche.

Utilizzando invece le opzioni "Internal Connection" si sono descritti nel dettaglio gli attraversamenti esistenti o in progetto.

Con riferimento alla nuova simulazione effettuata (stato di "rilievo in assenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D") si precisa che il DTM geometrico di base risulta variato come descritto nell'assetto geometrico mentre, sempre per ragioni legate alla confrontabilità dei risultati ed anche ovviamente all'invarianza degli altri aspetti geometrici quali i ponti "Internal Connection" "Break Lines" e il mesh di calcolo soprastante il DTM è stato mantenuto invariato e confrontabile con le altre simulazioni.

In conclusione le assunzioni geometriche, sia per quanto riguarda la descrizione delle aree che per quanto attiene alla trasposizione di queste all'interno del modello, si ritengono sufficientemente curate ed esaustive delle esigenze di dettaglio e modellazione.

#### 4.4 DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO INGRESSO/USCITA

Per quanto riguarda il nuovo stato di "rilievo in assenza dei cumuli sulle aree "A", "C" e "D" Per ciascuno dei 3 scenari nuovi simulati sono state introdotte le differenti condizioni al contorno relative allo scenario stesso e coerenti con le precedenti simulazioni. In particolare come per gli scenari di PRV precedenti nel modello 2D è stato imposto l'ingresso della portata nella zona di monte del dominio (sezione 190) mediante l'introduzione degli idrogrammi precedentemente descritti.

Si conferma anche che a valle il dominio è stato attestato alla soglia della traversa di Serre La Voute dove è stata imposta una condizione al contorno di tipo "friction slope", ovvero una pendenza del pelo libero verso valle pari al 10% per determinare il richiamo verso l'altezza critica dovuto allo scivolo della traversa stessa, certamente svincolato, in uscita. La pendenza



motrice adottata a valle infine è certamente inferiore a quella reale presente a valle soglia, pertanto non vi sono assunzioni al contorno di uscita tali da creare accelerazioni anomale o effetto di richiamo superiore a quello reale della traversa stessa.

#### 4.5 SCABREZZA

Per quanto riguarda il nuovo stato di “rilievo in assenza dei cumuli sulle aree “A”, “C” e “D” il coefficiente di scabrezza per il modello 2D è stato assunto analogamente ai precedenti casi di PRV pari a  $0.05 \text{ m}^{-1/3} \text{ s}$  ( $20.0 \text{ m}^{1/3} \text{ s}^{-1}$  C di Strickler), sia per le sponde sia per il fondo alveo. La scelta effettuata, confermata dai valori adottati in letteratura, è conforme alle indicazioni espresse dalla Regione Piemonte riportate in Premessa.

Non si è ritenuto di adottare valori di scabrezza ancora più severi in quanto non si sono riscontrati irragionevoli valori di velocità ed inoltre nel tratto in esame non sussistono zone particolarmente vegetate o con ostacoli al deflusso tali da giustificare significativi incrementi del suddetto valore. Le precedenti considerazioni, considerato l’andamento estremamente regolare della profilatura prevista, valgono anche per le aree di cantiere (in questo caso il valore di scabrezza adottato risulta fortemente cautelativo).

#### 4.6 MODELLAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI

Le assunzioni relativamente alla nuova simulazione dello stato di “rilievo in assenza dei cumuli sulle aree “A”, “C” e “D” sono coerenti con il progetto di PRV già simulato. In particolare con riferimento alla modellazione degli attraversamenti il criterio che era stato adottato e mantenuto anche nella presente serie di simulazioni è:

Se il manufatto non genera particolare interferenza il ponte è stato implementato come “internal connections” del tipo “Weir” ovvero senza impalcato.

Se il manufatto, al contrario, genera un’interferenza significativa il ponte è stato implementato come “internal connections” ma del tipo “Weir and Culvert”

In conclusione le condizioni al contorno interne al modello 2D per i manufatti dello stato di “rilievo in assenza dei cumuli sulle aree “A”, “C” e “D” risultano le seguenti:

Nome	Descrizione	Tempo di ritorno	Geometria	Tipo di connessione	Overflow computation method
A32	Viadotto della autostrada A32	tutti	Rilievo e progetto	Weir	Normal 2D equation
ferr_monteS20	Ponte della ferrovia binario direzione Bardonecchia sulla sezione 20	50 anni	Rilievo e progetto	Weir	Normal 2D equation
ferr_monteS20	Ponte della ferrovia binario direzione Bardonecchia sulla sezione 20	100 e 200 anni	Rilievo e progetto	Weir and culvert	Normal 2D equation
ferr_valleS10	Ponte della ferrovia binario direzione Torino sulla sezione 10	50 anni	Rilievo e progetto	Weir	Normal 2D equation
ferr_valleS10	Ponte della ferrovia binario direzione Torino sulla sezione 10	100 e 200 anni	Rilievo e progetto	Weir and culvert	Normal 2D equation

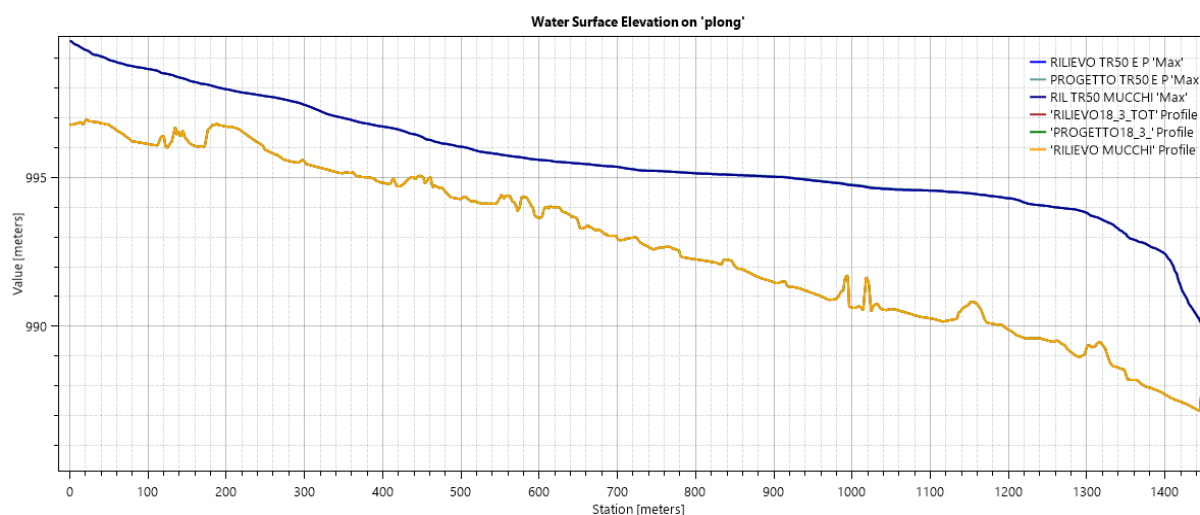
**Tabella 3** – riassunto condizioni al contorno interne al modello 2D per i manufatti con riferimento alle simulazioni

Tali condizioni confermano le simulazioni ed i criteri già adottati anche nel PRV per le altre 2 serie di simulazioni ovvero “rilievo senza cumuli” e “progetto”.

## 5. RISULTATI DELLE SIMULAZIONI E MODALITÀ DI DEFLUSSO IN PIENA

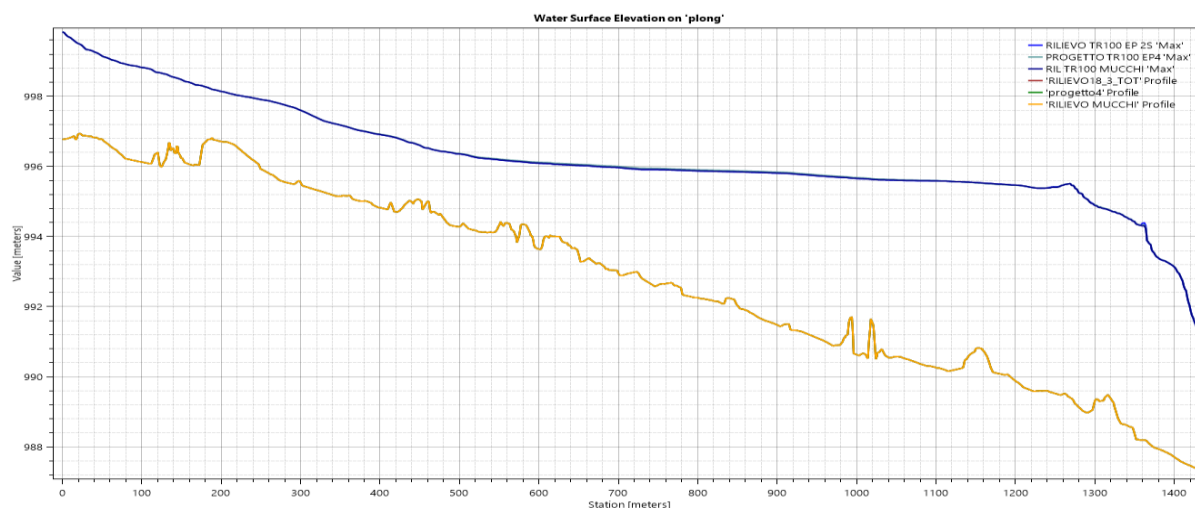
Dall’analisi particolareggiata di tutte le risultanze comparate è possibile affermare che la presenza dei cumuli sulle aree di cantiere denominate “A”, “C” e “D” ha una influenza molto limitata sui livelli di piena e può essere classificata come una simulazione intermedia tra le condizioni di rilievo senza cumuli (minore) e la condizione di Progetto (maggiore). Tutte le suddette simulazioni sono tutte racchiuse in una fascia di livelli molto ristretta pertanto, indipendentemente dalla geometria di base, a parità di tempo di ritorno è possibile affermare che in realtà tutte le modifiche geometriche simulate non perturbano il regime di piena in modo significativo.

Particolarmente significativi sono i raffronti tra le simulazioni eseguiti sui profili longitudinali che sintetizzano similitudini e differenze dovute alle geometrie a parità di tempo di ritorno. Confrontando tutte le simulazioni si osserva che per Tr 50 nessuna delle modifiche indotte dai cumuli o dalla loro rimozione o dalla realizzazione del cantiere ha influenza sui livelli come evidente dal seguente profilo

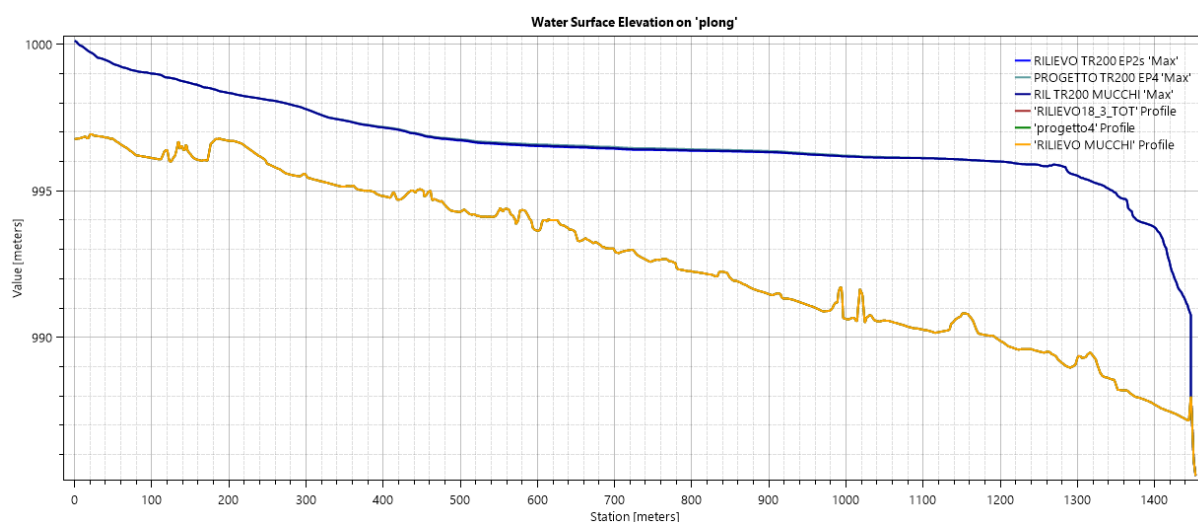


**Figura 10** – Tempo di ritorno di 50 anni -profilo longitudinale in alveo – confronto livelli per rilievo con cumuli, rilievo senza cumuli e cantiere

Per tr 100 e 200 anni le tre simulazioni differiscono solo per il fatto che quella di progetto risulta leggermente più elevata rispetto alle altre due che sono praticamente coincidenti ; le differenze sono tuttavia difficilmente apprezzabili sia sulle sezioni che nei seguenti profili.



**Figura 11** – Tempo di ritorno di 100 anni -profilo longitudinale in alveo – confronto livelli per rilievo con cumuli, rilievo senza cumuli e cantiere

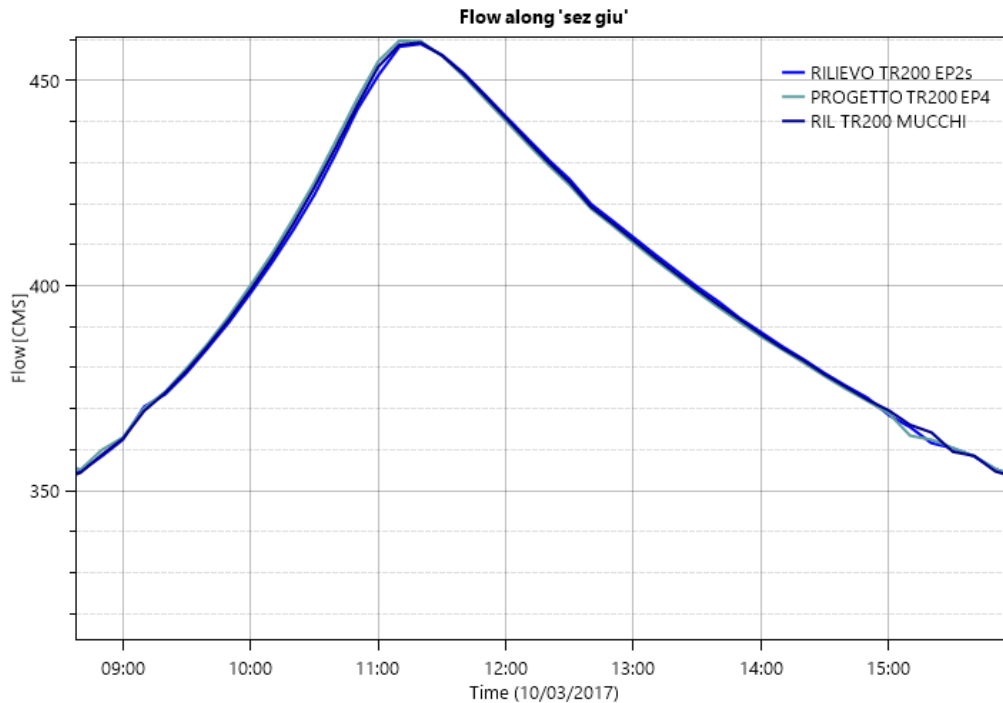


**Figura 12** – Tempo di ritorno di 200 anni -profilo longitudinale in alveo – confronto livelli per rilievo con cumuli, rilievo senza cumuli e cantiere

Alla luce delle precedenti risultanze si confermano e si completano alcune conclusioni salienti elaborate in sede di PRV ed in particolare :

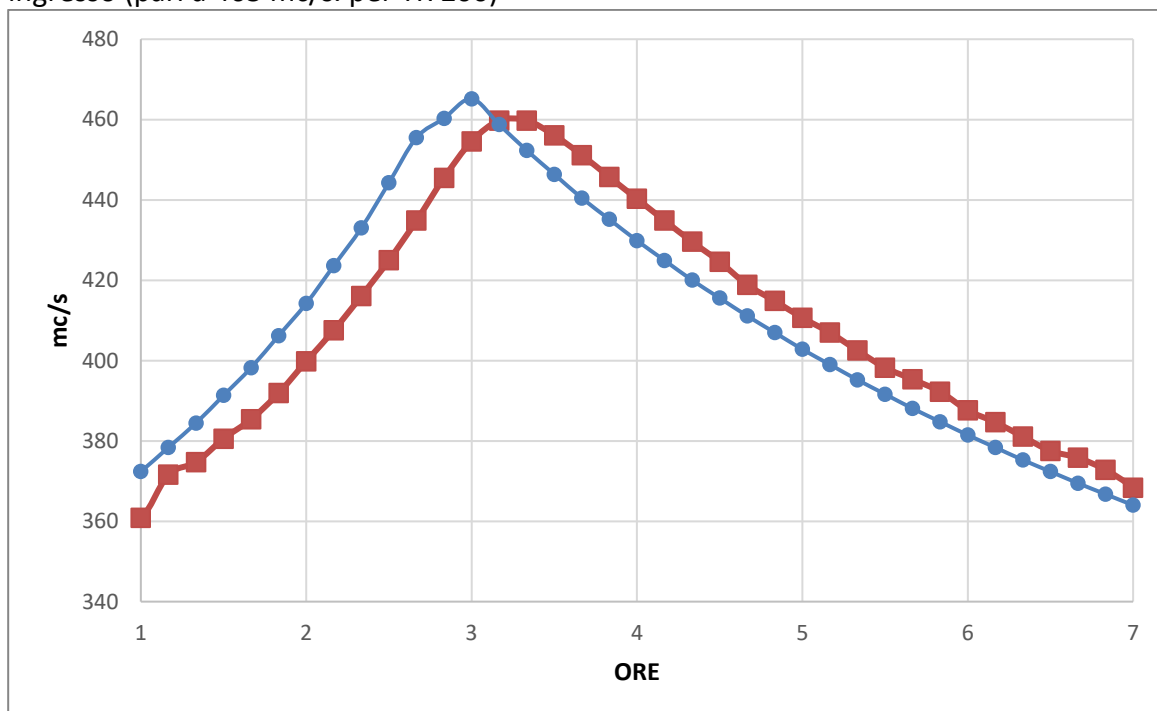
- Sebbene la piana di Salbertrand costituisca effettivamente una zona di espansione e rallentamento del corso d'acqua, gli effetti di laminazione dell'onda di piena sono nel tratto in esame, limitati per tutti i TR e per tutte le geometrie simulate.
- Le simulazioni con cumuli non differiscono significativamente, in termini di idrogramma di piena in uscita, dalle simulazioni sia in "assenza di cumuli" che di "progetto".
- Anche con la nuova simulazione si verifica una traslazione temporale del colmo tra ingresso ed uscita del modello pari a circa 20 min ed una riduzione del colmo di circa 5

Nel caso in esame il seguente grafico è rappresentativo della simulazione con tempo di ritorno di 200 anni per le tre condizioni geometriche simulate da cui si evince che le tre geometrie sono praticamente influenti sull'idrogramma:



**Figura 13** – Raffronto tra i 3 idrogrammi in uscita TR 200 anni

il grafico successivo dimostra invece la differenza nei massimi in uscita rispetto al valore in ingresso (pari a 465 mc/s. per TR 200)



**Figura 14** – Raffronto tra idrogramma in ingresso ed idrogramma in uscita TR 200 anni condizioni di rilievo

Il precedente grafico evidenzia, una traslazione temporale del colmo tra ingresso ed uscita del modello pari a circa 20 min ed una riduzione del colmo di circa 5 m<sup>3</sup>/s massimi rispetto al valore in ingresso pari a 465 mc/s. ; pertanto nel tratto esaminato gli effetti di laminazione sono di fatto trascurabili mentre vi è un ritardo del deflusso dovuto alla celerità di propagazione dell'onda di piena.

Nella seguente tabella si riportano gli elementi utili a valutare estensione dell'area esondata nelle diverse configurazioni e tempi di ritorno.

TR	AREA ESONDATA AL COLMO RILIEVO CON CUMULI "A","C","D" (DCE) (m <sup>2</sup> )	AREA ESONDATA AL COLMO RILIEVO IN ASSENZA CUMULI "A","C","D" (PRV) (m <sup>2</sup> )	AREA ESONDATA AL COLMO NEL TRATTO CANTIERE (PRV) (m <sup>2</sup> )
50	250945	250937	239655
100	291616	295039	263307
200	307631	326898	289298

**Tabella 4** – Confronto rilievi con o senza cumuli / cantiere relativamente all'area esondata al colmo

Come si vede per tr 50 l'estensione dell'area esondata risulta invariata con o senza cumuli e si riduce in condizioni di cantiere. Per gli altri due tempi di ritorno la massima superficie esondata si ha ovviamente nel caso di rimozione dei cumuli ma poco differisce dalle altre due.

Analogamente per i volumi si ha:

TR	VOLUME INVASATO NEL MODELLO AL COLMO RILIEVO CON CUMULI "A","C","D" (DCE) (m <sup>3</sup> )	VOLUME INVASATO NEL MODELLO AL COLMO RILIEVO IN ASSENZA CUMULI "A","C","D" (PRV) (m <sup>3</sup> )	VOLUME INVASATO NEL MODELLO AL COLMO NEL TRATTO CANTIERE (PRV) (m <sup>3</sup> )
50	401697	400417	389512
100	570470	573058	545996
200	669604	666919	625449

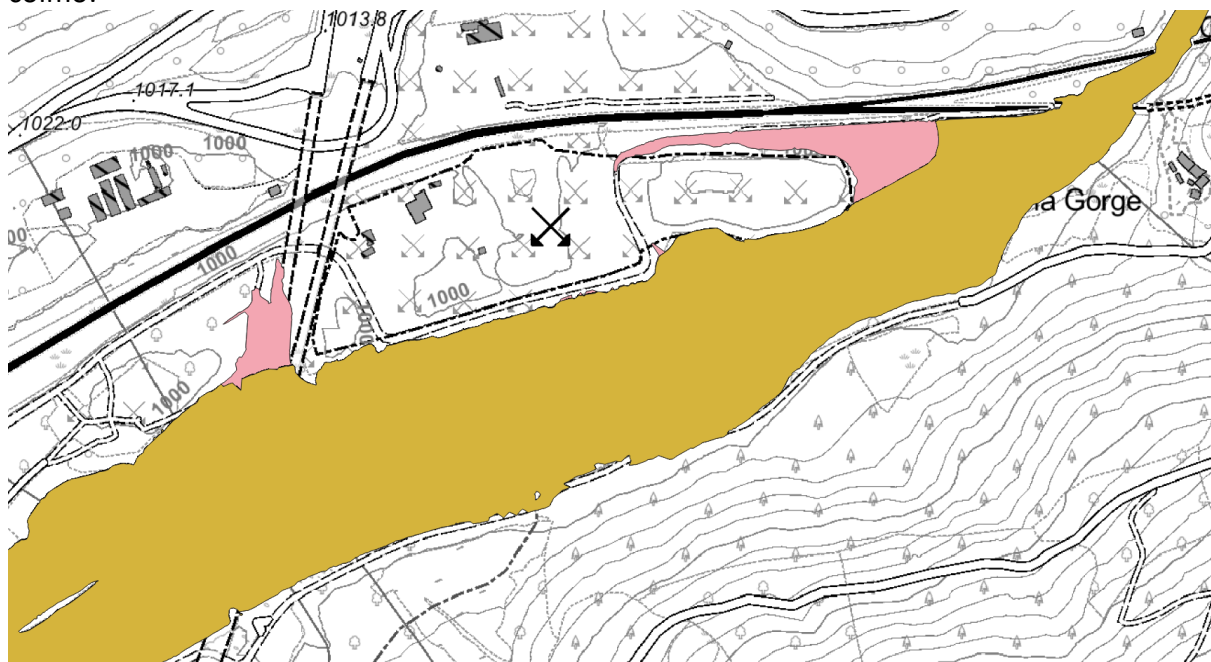
**Tabella 5** – Confronto rilievo/cantiere relativamente al volume invasato al colmo

La tabella 5 indica che per tr 50 il volume di invaso è invariato con o senza cumuli mentre si riduce leggermente in progetto, per tr 100 il volume con o senza cumuli è invariato ma è leggermente maggiore quest'ultimo per effetto che una parte di volume occupato dai cumuli che diviene disponibile all'invaso. Anche nell'ultimo caso il Tr 200 il volume con o senza cumuli è invariato ma il maggior volume reso disponibile dalla rimozione dei cumuli è ampiamente compensato, in presenza dei cumuli, dall'impercettibile innalzamento del livello che i cumuli stessi comportano.

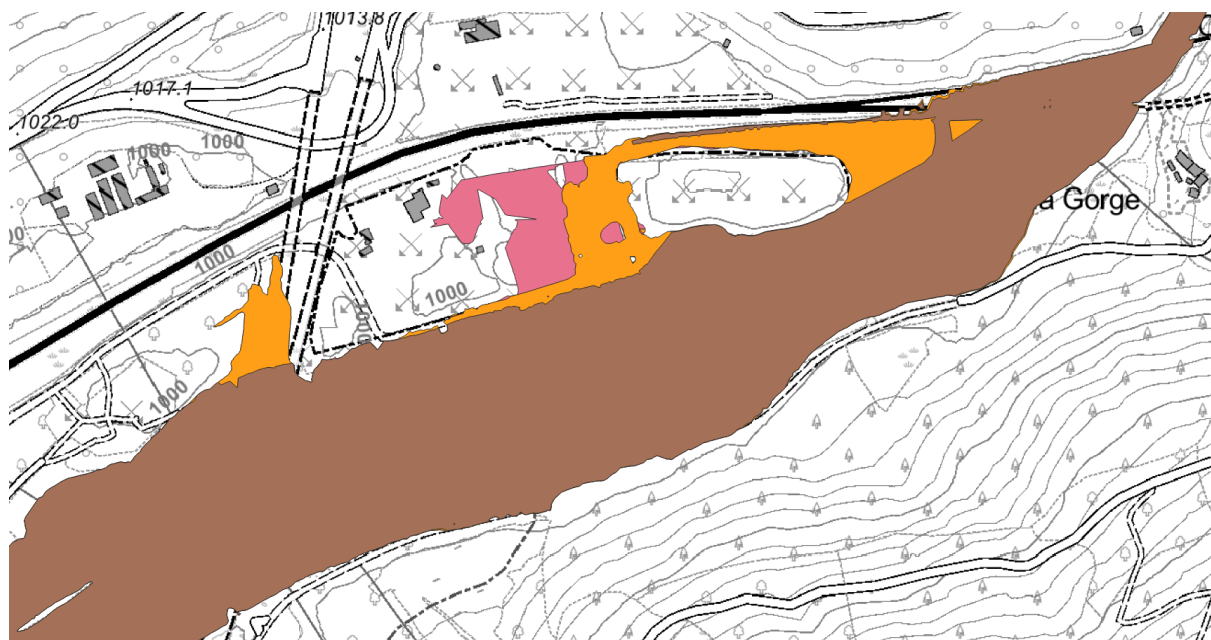
In conclusione è evidente che le variazioni complessive in termini di laminazione dell'idrogramma, di estensione delle esondazioni e di variazione del volume invasato sul tratto di modello, non siano variazioni tali da influenzare in modo rilevabile la dinamica di piena.

Oltre al confronto quantitativo precedentemente illustrato è possibile anche effettuare un confronto planimetrico.

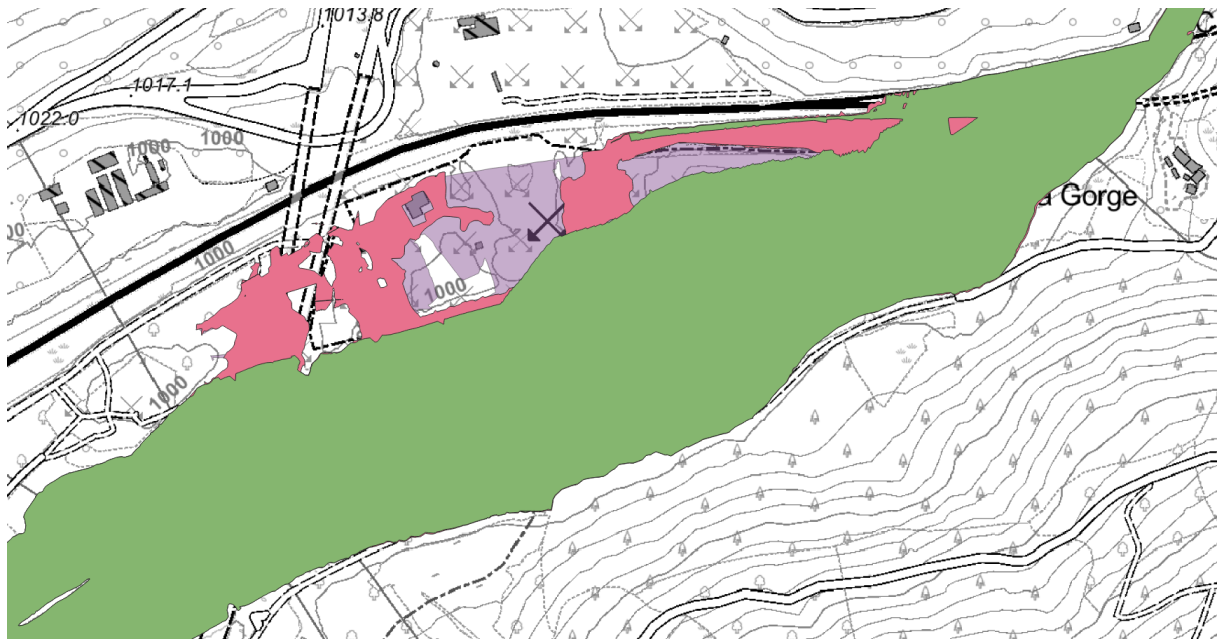
Nelle condizioni di rilievo in presenza di cumuli la dinamica di piena è rappresentata sia nelle tavole grafiche, che rendono le risultanze del modello, sia nelle tavole grafiche di involuppo della massima esondazione che, peraltro, a partire dai dati della simulazione liquida, delimitano anche l'esondazione per trasporto solido sulla base topografica. Per riassumere le condizioni di rilievo con cumulo si rappresenta un confronto a parità di  $T_r$  tra le varie condizioni simulate si riportano le seguenti immagini sintetiche del modello per soli tiranti liquidi al colmo:



**Figura 15** – Simulazione TR 50 - raffronto planimetrico tra aree interessate dalla piena, in rosa, le due condizioni di rilievo, rispetto a quelle di progetto (senape).



**Figura 16** – Simulazione TR 100 - raffronto planimetrico tra aree interessate dalla piena: marrone condizioni di progetto, arancione condizioni di rilievo con cumuli, in rosa le condizioni di rilievo senza cumuli.

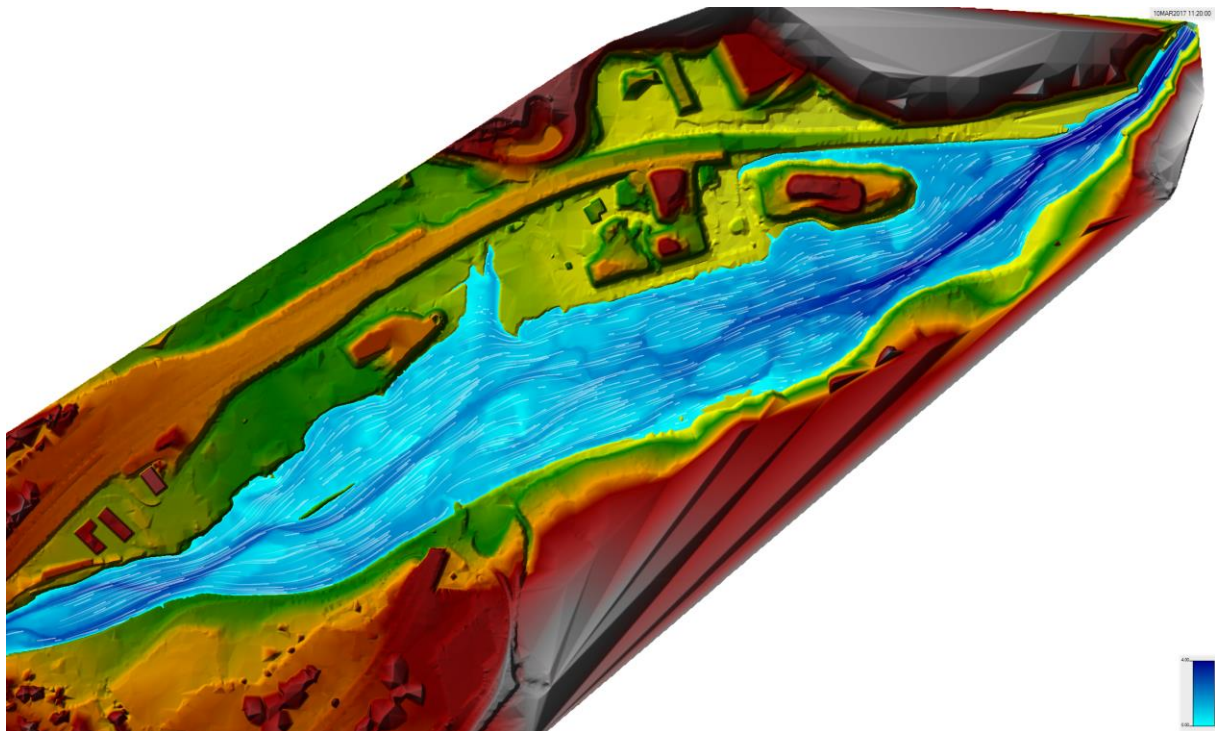


**Figura 17** – Simulazione TR 200 – raffronto planimetrico tra aree interessate dalla piena: verde condizioni di progetto, rosa condizioni di rilievo con cumuli, viola le condizioni di rilievo senza cumuli.

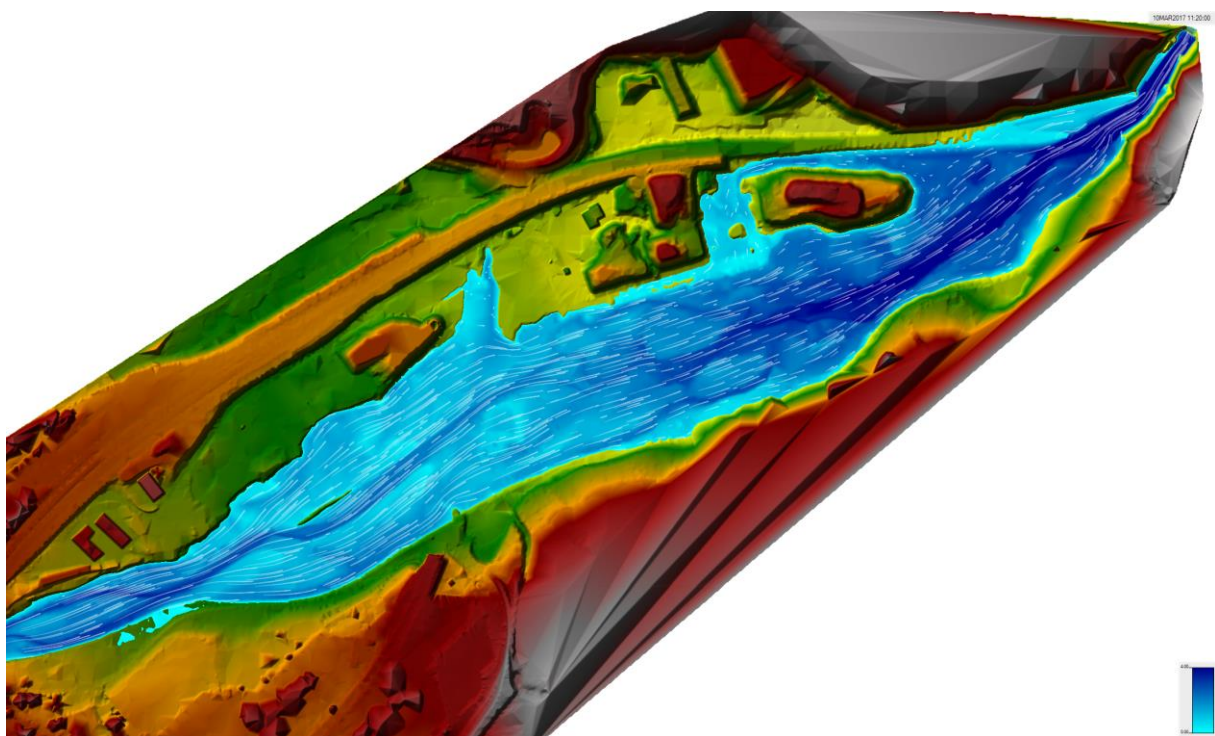
Le esondazioni, come ricordato, differiscono poco in termini di livello sebbene siano evidenti dal punto di vista planimetrico. Questo è dovuto al fatto che tali differenze planimetriche si verificano generalmente per ristagni su aree con flussi limitati conseguentemente poco influiscono sulle variabili idrauliche del tratto.

Le indagini idrauliche condotte permettono pertanto di affermare che la presenza dei cumuli di materiale sulle aree "A", "C" e "D" (o anche solo di alcuni di questi) non modificano in modo rilevabile la dinamica idraulica del corso d'acqua rispetto alla loro rimozione ed alle condizioni di cantiere.

Nelle successive immagini si riportano le variabili idrauliche relative alle simulazioni di rilievo in presenza di cumuli con riferimento al campo di moto

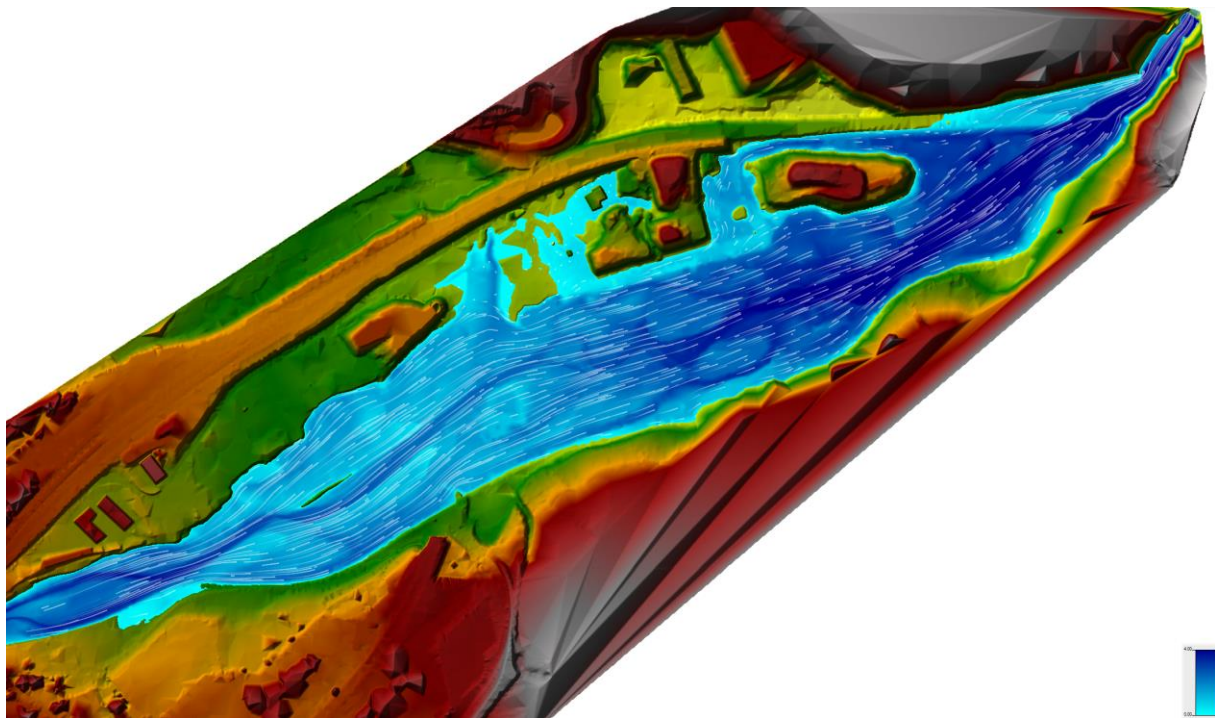


**Figura 18** – Simulazione TR 50 – tiranti liquidi massimi - condizioni di rilievo con cumuli.



**Figura 19** – Simulazione TR 100 – tiranti liquidi massimi - condizioni di rilievo con cumuli.

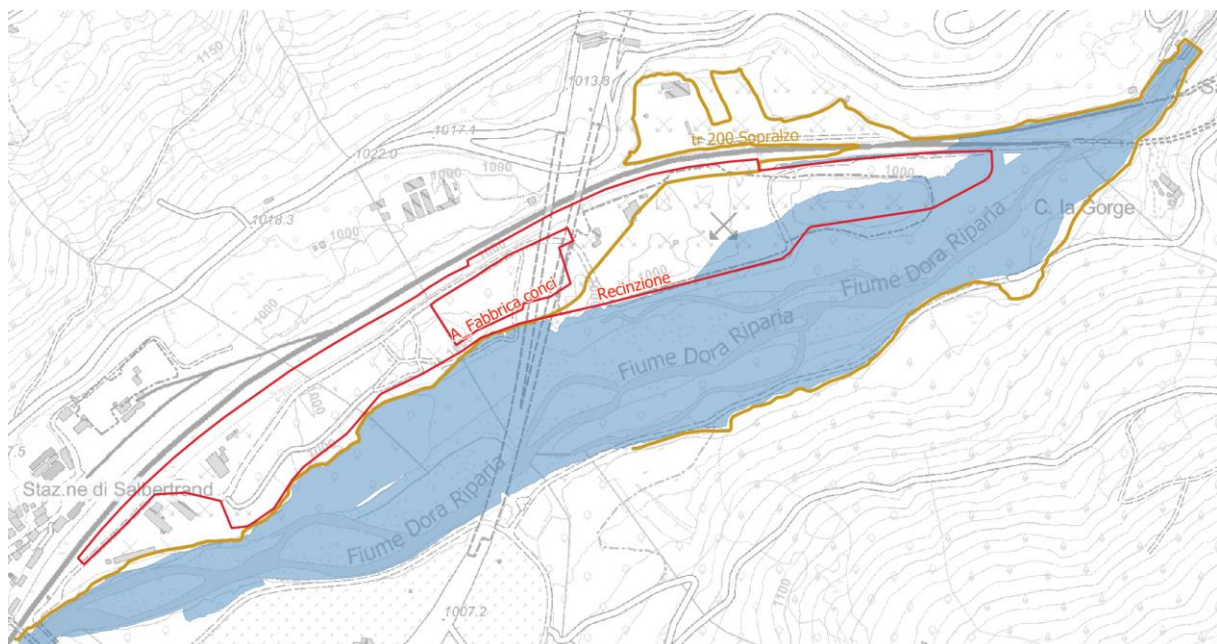




**Figura 20** – Simulazione TR 200 – tiranti liquidi massimi - condizioni di rilievo con cumuli.

Un'ultima considerazione merita la seguente immagine che rappresenta i limiti del fabbricato conci rispetto ai limiti di esondazione con e senza trasporto solido.

L'impianto di produzione dei conci, unico elemento non trasparente al deflusso delle acque, costituita da un fabbricato vero e proprio, è posizionato all'incirca in corrispondenza della posizione occupata dai cumuli "A". La presente analisi conferma che la posizione di tale fabbricato è pienamente compatibile in quanto esente da dissesti legati all'esondazione, sia in condizioni liquide che di trasporto solido.



**Figura 21** – Simulazione TR 200 – tiranti liquidi massimi + limite sopralzo trasporto solido - condizioni di cantiere con ubicazione della recinzione e della fabbrica conci. Base cartografica DBTRE 2019 livello BLU, TS Marrone, limiti cantiere Rossi

## 6. CONCLUSIONI

In merito all'osservazione dell'obbligo di ottenere, prima dell'avvio dei lavori, il parere di conformità idraulica da parte della Regione Piemonte relativamente alla presenza dei cumuli in oggetto, si ritiene che la presente relazione fornisca tutti gli elementi richiesti e dimostri che dal punto di vista idraulico la presenza di cumuli di materiali sulle aree "A" "C" e "D", contestualmente o anche singolarmente, non alteri le condizioni di deflusso della Dora Riparia. L'approfondimento del modello idraulico di PRV mette in evidenza pertanto gli esigui impatti indotti dalle nuove assunzioni progettuali sulla base di tutti i raffronti operati e le tavole prodotte.

Oltre a quanto già riportato in precedenza occorre ribadire che, coerentemente con le precedenti fasi progettuali e le assunzioni che erano state operate allora, sono state prese in conto le richieste relative: al trasporto solido, alla scabrezza, alle condizioni al contorno, al tipo di approccio modellistico richiesto.

Si sono mantenuti gli infittimenti delle sezioni introdotte ed in particolare le sezioni 60Bis, 35, 65 e 75 e, considerato che a monte della sezione 110 non vi sono modifiche ai livelli, le condizioni di rilievo in presenza di cumuli sono state sintetizzate in due tavole nel tratto compreso tra le sezioni 110 e 10.

Si ritiene infine di aver illustrato adeguatamente le minime differenze in termini di variabili idrauliche riscontrate tra le varie geometrie disponibili.

Risultano confermate ampiamente anche i raffronti tra le risultanze ottenute ed il quadro del dissesto attuale.

Le estese analisi svolte consentono di confermare che il progetto anche in presenza dei cumuli non richiede opere di contenimento dei livelli per fare fronte alle condizioni di dissesto previste dalla vita del cantiere e dimensionate con un tempo di ritorno significativo in riferimento alla durata dei lavori (TR50).

Per quanto riguarda l'esondazione che si verifica per i tempi di ritorno superiori al cinquantennale, si osserva che questa avviene in corrispondenza del cantiere con tiranti (liquidi) limitati, e per la porzione più a valle e vicina al corso d'acqua, con velocità molto limitate.

La configurazione geometrica del cantiere, ancorché temporanea, anche in presenza dei cumuli non apporta infine variazioni significative al regime delle acque della Dora Riparia verso valle o verso monte, il cantiere stesso pertanto non costituisce dissesto per soggetti terzi.

Dal confronto con il layout di cantiere precedente, relativo alla fase di PRV, rispetto alle attuali fasizzazioni si osserva una ulteriore miglioria delle condizioni generali idrauliche dell'area di cantiere in quanto l'impianto di produzione dei conci, unico elemento non trasparente al deflusso delle acque, costituita da un fabbricato vero e proprio, è stato spostato maggiormente ad ovest verso monte in corrispondenza, all'incirca, della posizione occupata dai cumuli "A". La presente analisi ed il confronto con la precedente analisi di PRV hanno acclarato che tale spostamento è compatibile, anzi vantaggioso, dal punto di vista idraulico in quanto l'edificio sarebbe quindi collocato in una nuova posizione esente da dissesti legati all'esondazione, sia in condizioni liquide che di trasporto solido.

## 7. ALLEGATO OUTPUT MODELLO HEC RAS

TABELLE RIASSUNTIVE DI TUTTI I LIVELLI CALCOLATI SULLE SEZIONI E RIPORTATI SULLE TAVOLE GRAFICHE

CUMULI: geometria in presenza di cumuli di materiali sulle aree “A” “C” e “D”

RILIEVO: geometria proposta in PRV in assenza di cumuli di materiali sulle aree “A” “C” e “D”

PROGETTO: geometria con piano di campagna rimodellato sulle quote di progetto previste

TR: tempo di ritorno (anni)

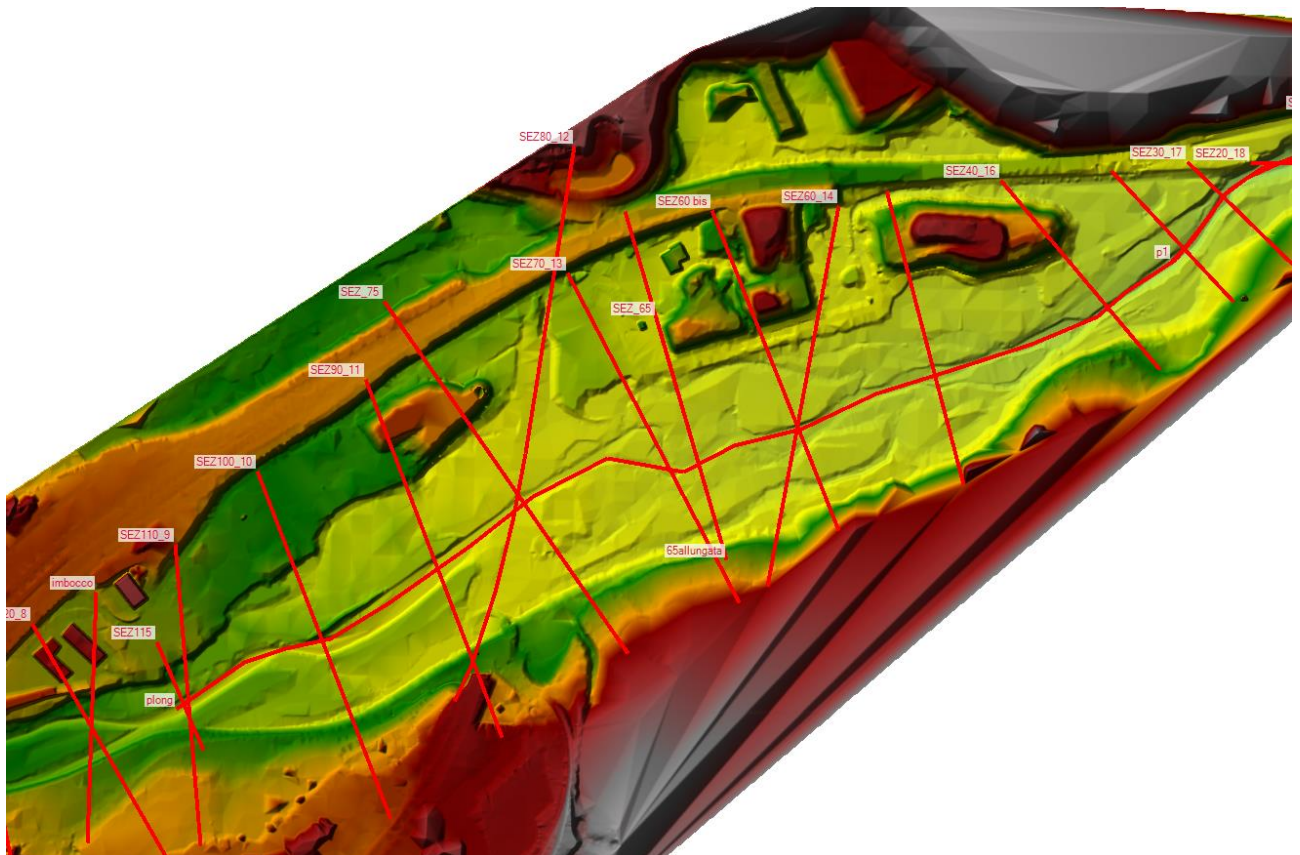
LIVELLI SOLO PORTATA LIQUIDA (msm)

SEZIONE	TR50			TR100			TR200		
	CUMULI	RILIEVO	PROGETTO	CUMULI	RILIEVO	PROGETTO	CUMULI	RILIEVO	PROGETTO
10	992.67	992.67	992.67	994.06	994.08	994.08	994.62	994.62	994.62
20	994.08	994.07	994.07	995.38	995.38	995.39	995.91	995.91	995.91
30	994.40	994.40	994.38	995.52	995.52	995.49	996.05	996.05	996.03
35	994.56	994.56	994.53	995.58	995.58	995.56	996.11	996.11	996.06
40	994.55	994.55	994.62	995.58	995.58	995.61	996.10	996.13	996.24
50	995.08	995.08	995.10	995.85	995.84	995.87	996.36	996.29	996.40
60	995.24	995.24	995.25	995.92	995.86	995.95	996.42	996.37	996.44
60bis	995.34	995.35	995.36	995.97	995.96	996.00	996.45	996.38	996.50
65	995.63	995.63	995.63	996.11	996.11	996.14	996.58	996.53	996.61
70	995.84	995.84	995.85	996.23	996.22	996.25	996.63	996.61	996.68
75	996.69	996.69	996.71	996.90	996.90	996.93	997.17	997.17	997.21
80	996.50	996.50	996.47	996.76	996.76	996.72	997.07	997.07	997.04
90	997.35	997.35	997.35	997.51	997.51	997.51	997.71	997.70	997.71
100	997.95	997.95	997.95	998.16	998.16	998.16	998.37	998.37	998.37
110	998.95	998.95	998.95	999.15	999.15	999.15	999.36	999.36	999.35

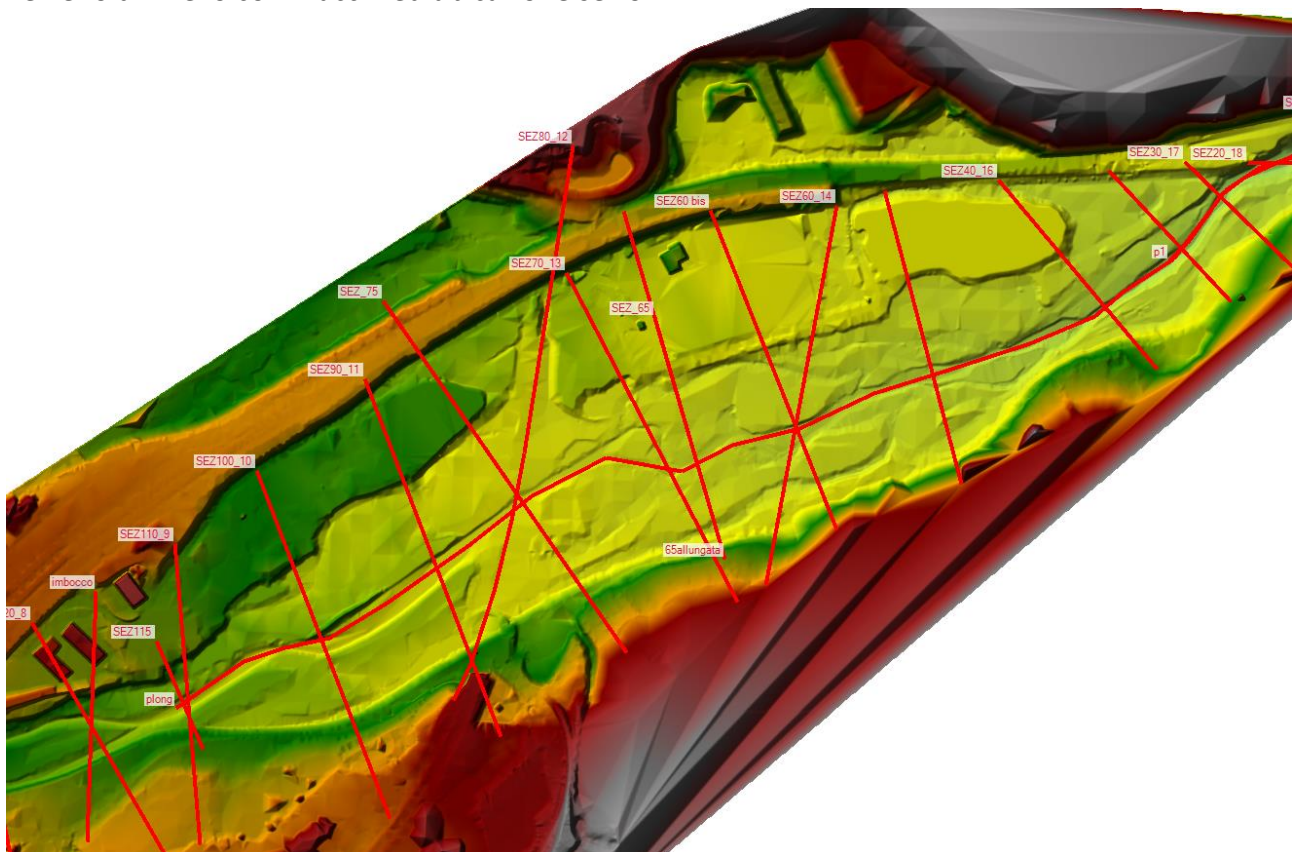
LIVELLI COMPRENSIVI DI SOPRALZO PER TRASPORTO SOLIDO (msm)

SEZIONE	TR50			TR100			TR200		
	CUMULI	RILIEVO	PROGETTO	CUMULI	RILIEVO	PROGETTO	CUMULI	RILIEVO	PROGETTO
10	994.28	994.28	994.28	996.14	996.20	996.17	996.86	996.85	996.86
20	995.68	995.67	995.68	997.50	997.50	997.51	998.14	998.13	998.14
30	995.90	995.90	995.88	997.39	997.40	997.36	998.11	998.11	998.08
35	996.04	996.04	996.02	997.42	997.41	997.38	998.12	998.12	998.08
40	995.84	995.84	995.92	997.19	997.20	997.23	997.89	997.92	998.04
50	996.04	996.04	996.07	997.07	997.06	997.10	997.76	997.68	997.80
60	996.05	996.05	996.06	996.92	996.86	996.96	997.58	997.52	997.62
60bis	996.18	996.18	996.19	997.00	996.98	997.05	997.65	997.56	997.71
65	996.27	996.27	996.28	996.92	996.91	996.96	997.54	997.49	997.59
70	996.46	996.46	996.47	996.99	996.99	997.02	997.54	997.51	997.60
75	997.34	997.34	997.36	997.62	997.62	997.65	997.98	997.97	998.03
80	997.12	997.14	997.12	997.46	997.47	997.43	997.88	997.87	997.85
90	998.00	998.00	998.00	998.22	998.22	998.22	998.48	998.48	998.48
100	998.76	998.76	998.76	999.02	999.02	999.02	999.31	999.31	999.31
110	999.90	999.90	999.90	1000.18	1000.18	1000.18	1000.47	1000.48	1000.47

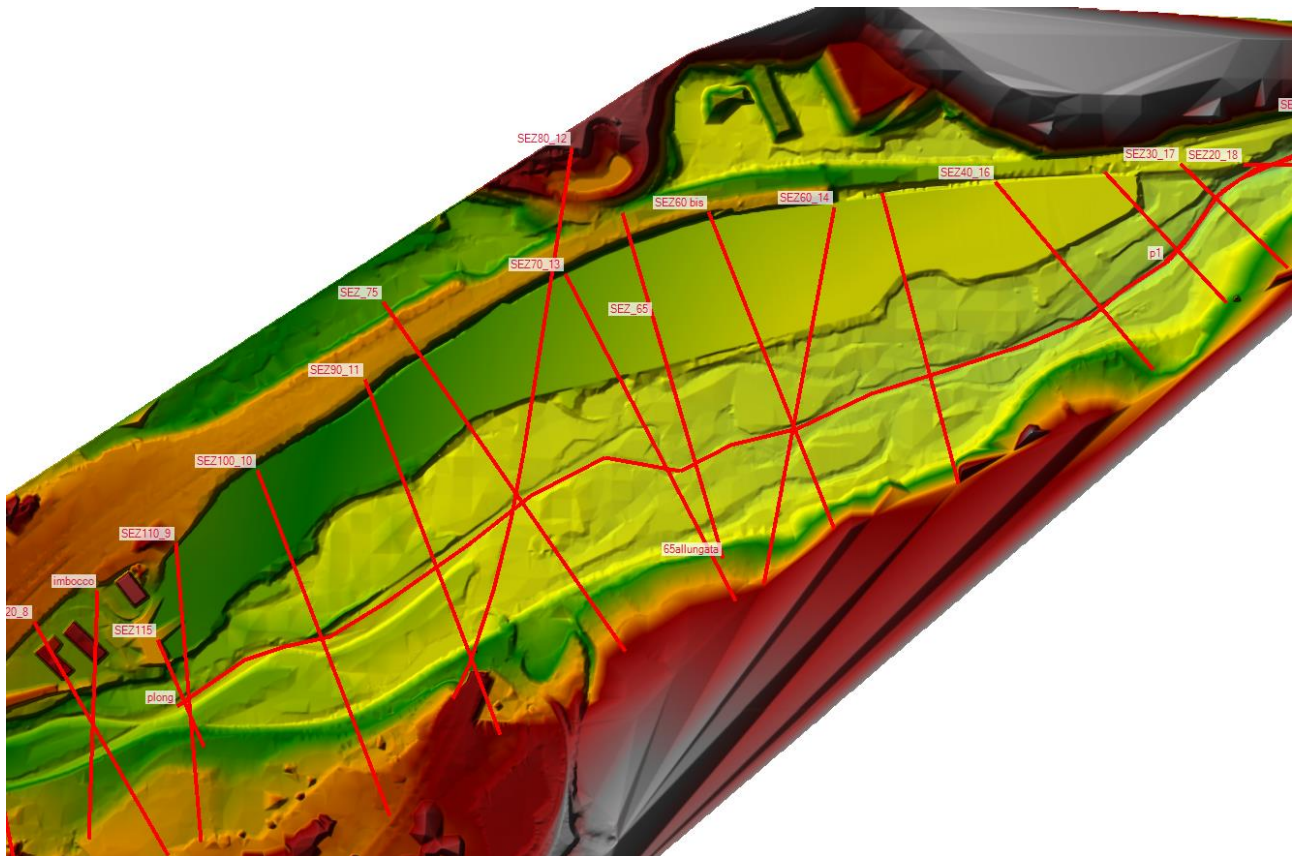
## CONFRONTI PLANIMETRICI TERRENI



Terreno di rilievo con mucchi ed ubicazione sezioni

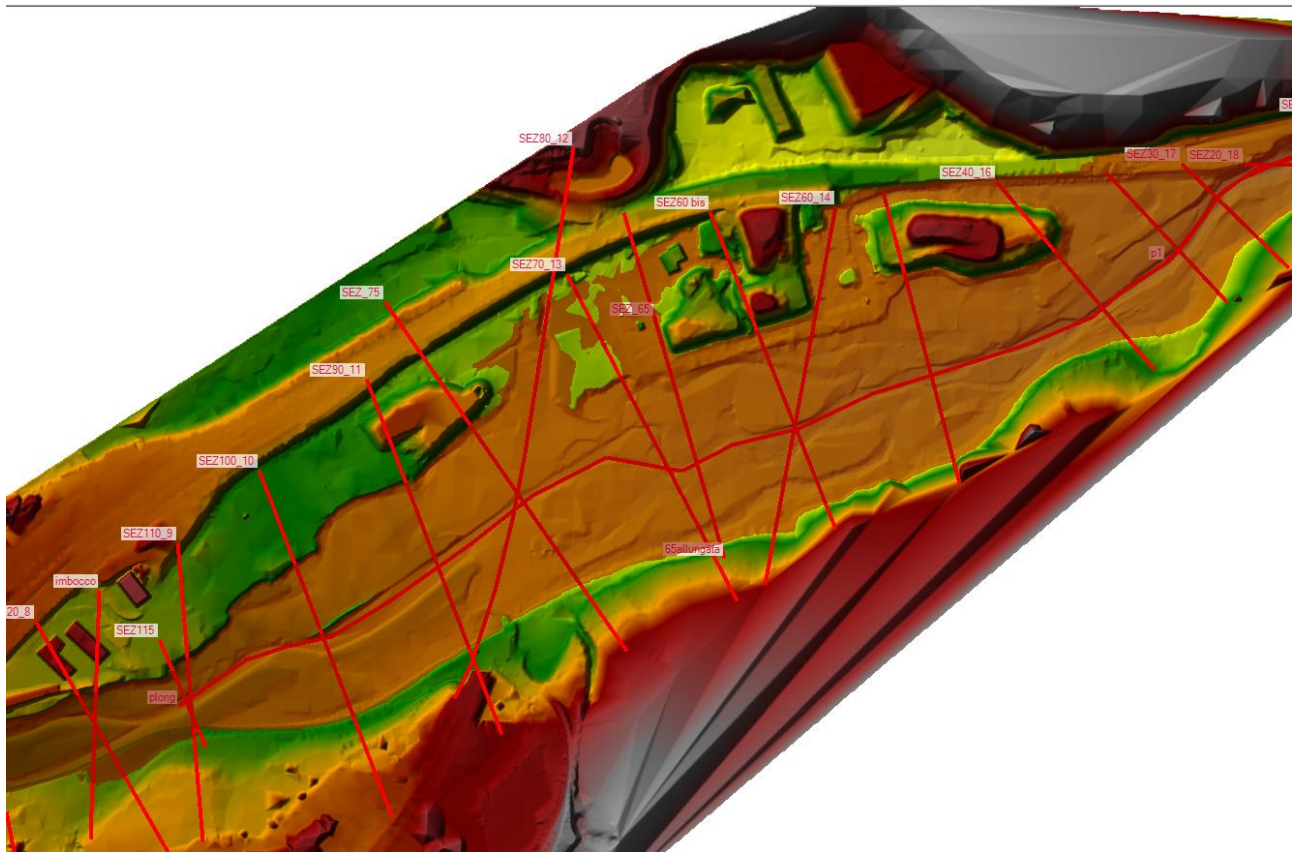


Terreno rilievo senza mucchi ed ubicazione sezioni

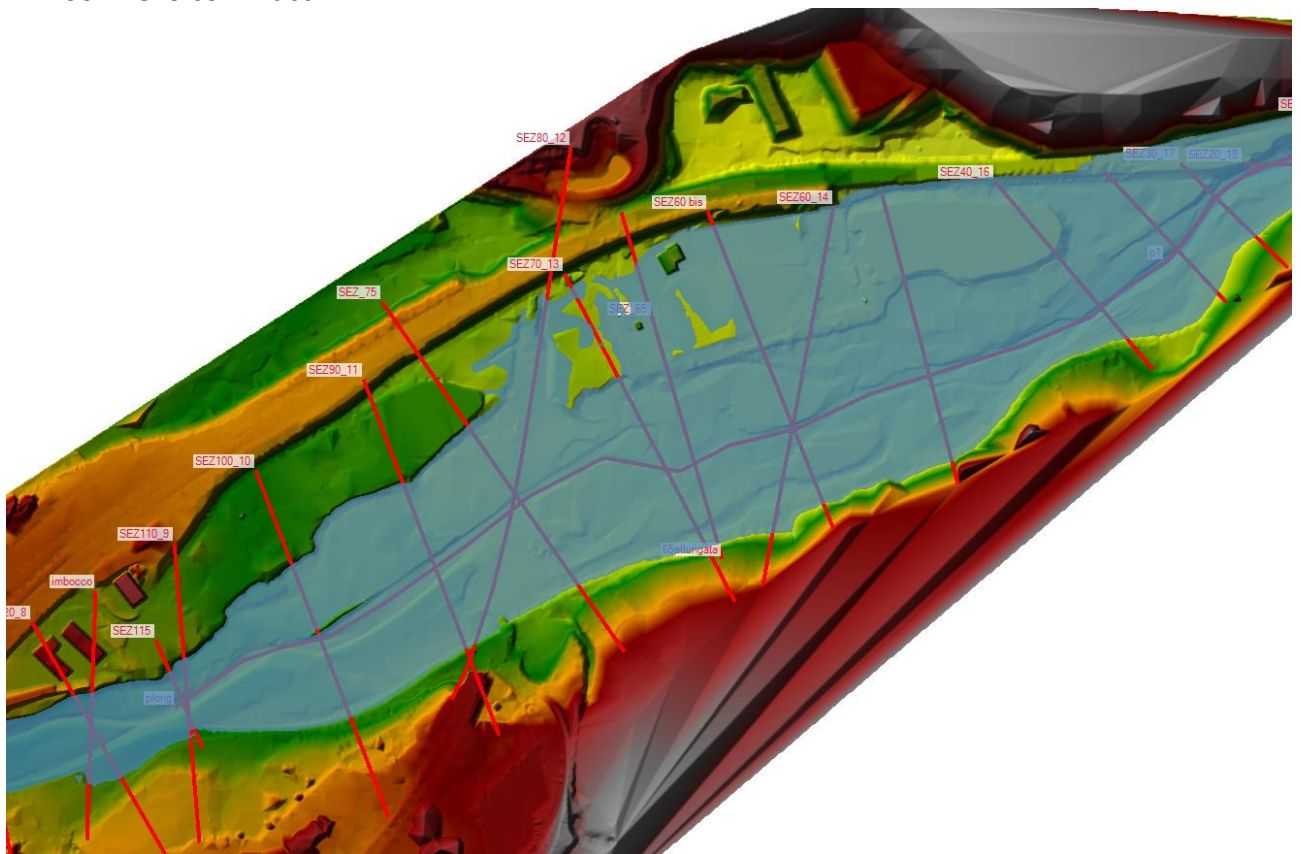


Terreno condizioni di progetto ed ubicazione sezioni

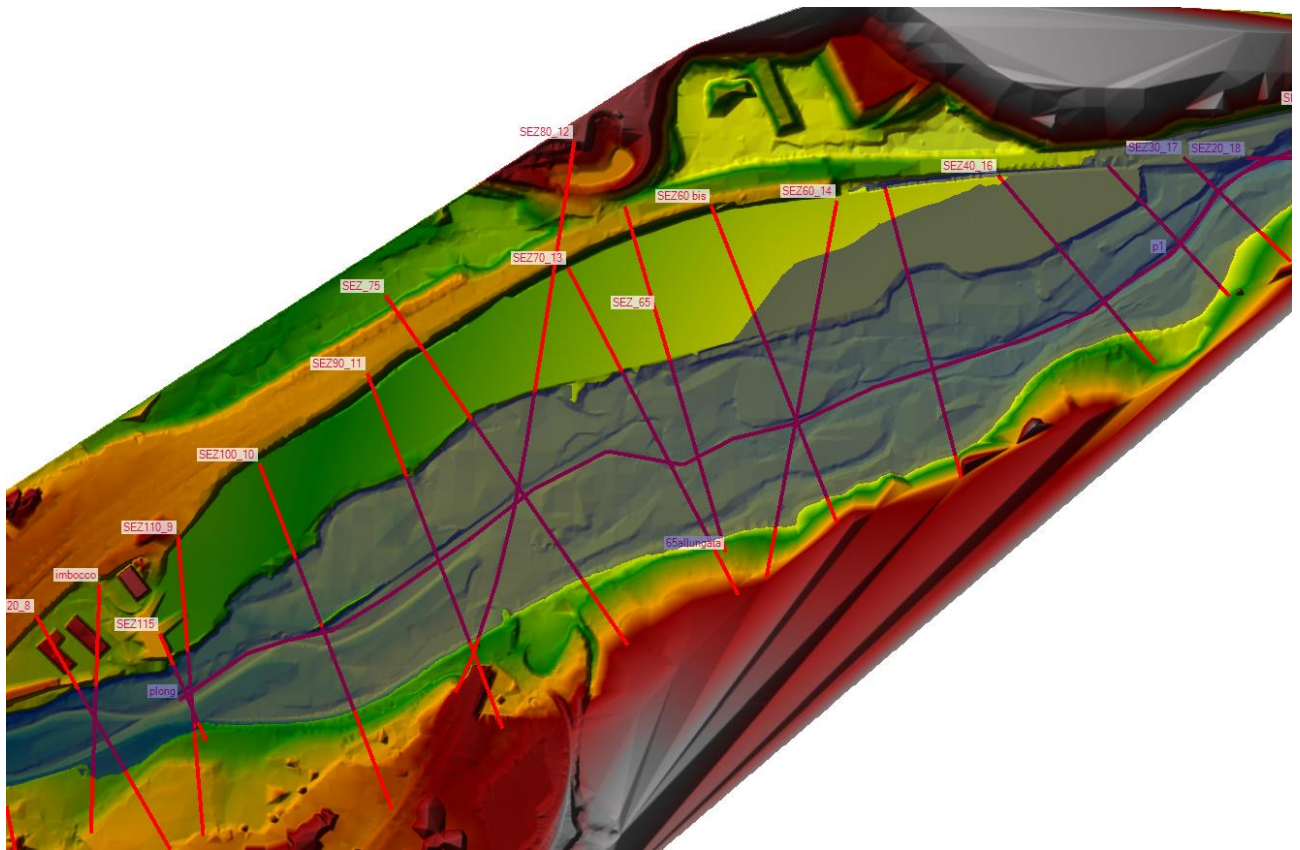
## CONFRONTI PLANIMETRICI ESTENSIONI D'ESONDAZIONE



TR 200 rilievo con mucchi



Tr 200 rilievo senza mucchi



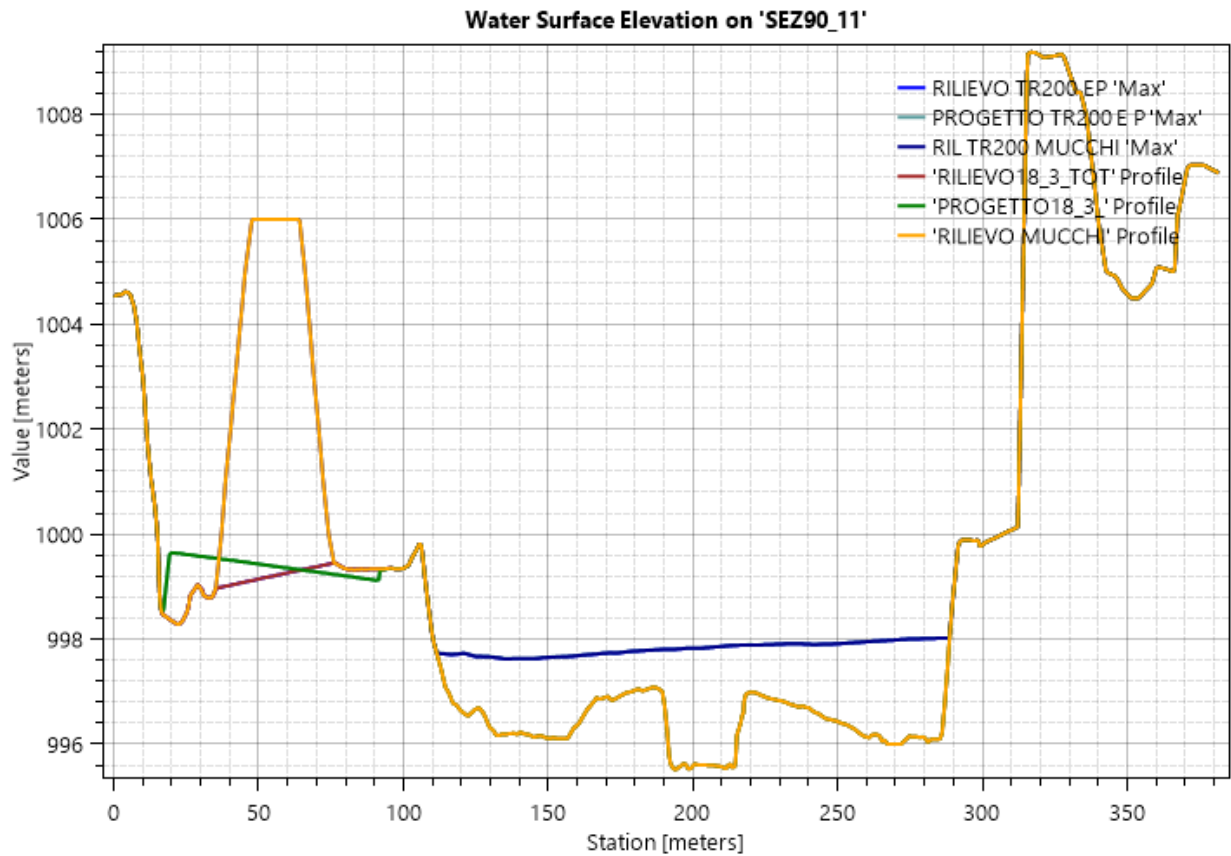
Tr 200 condizioni di progetto

## CONFRONTI SEZIONI

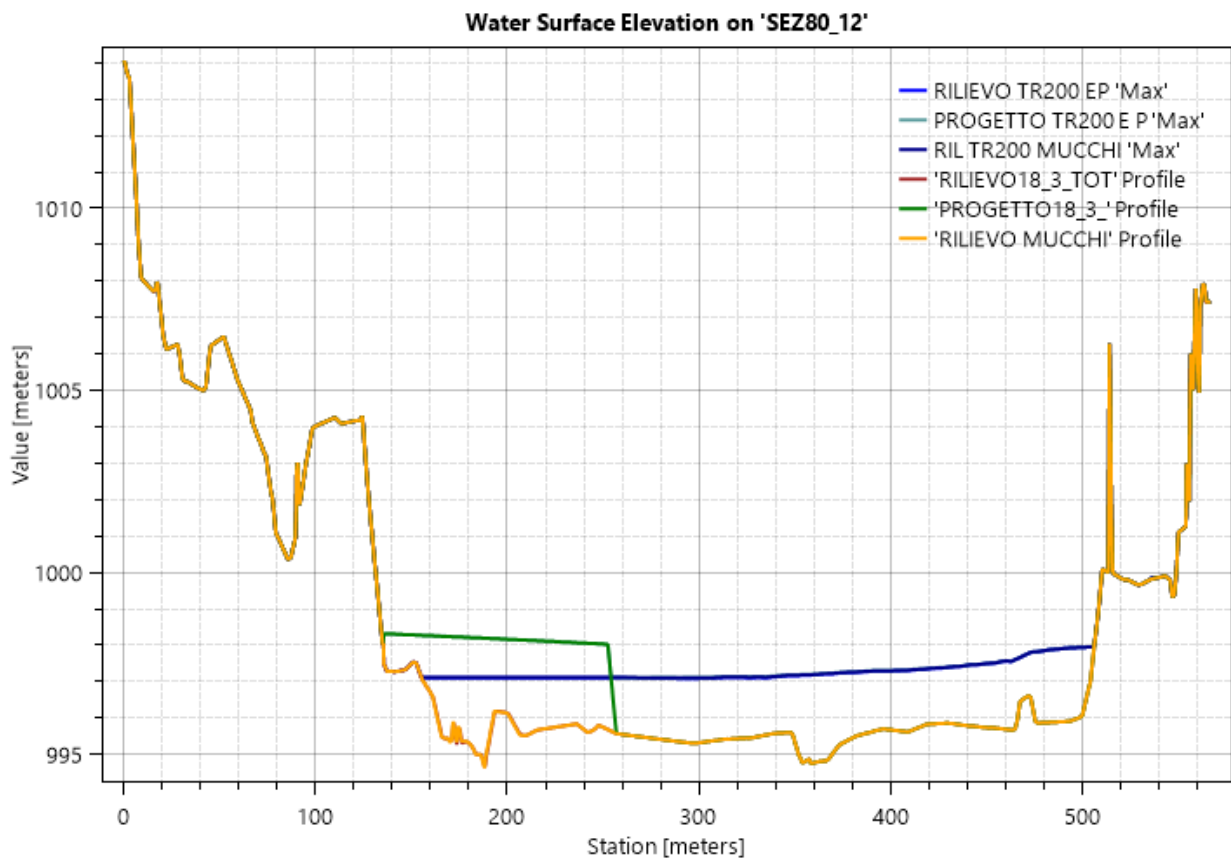
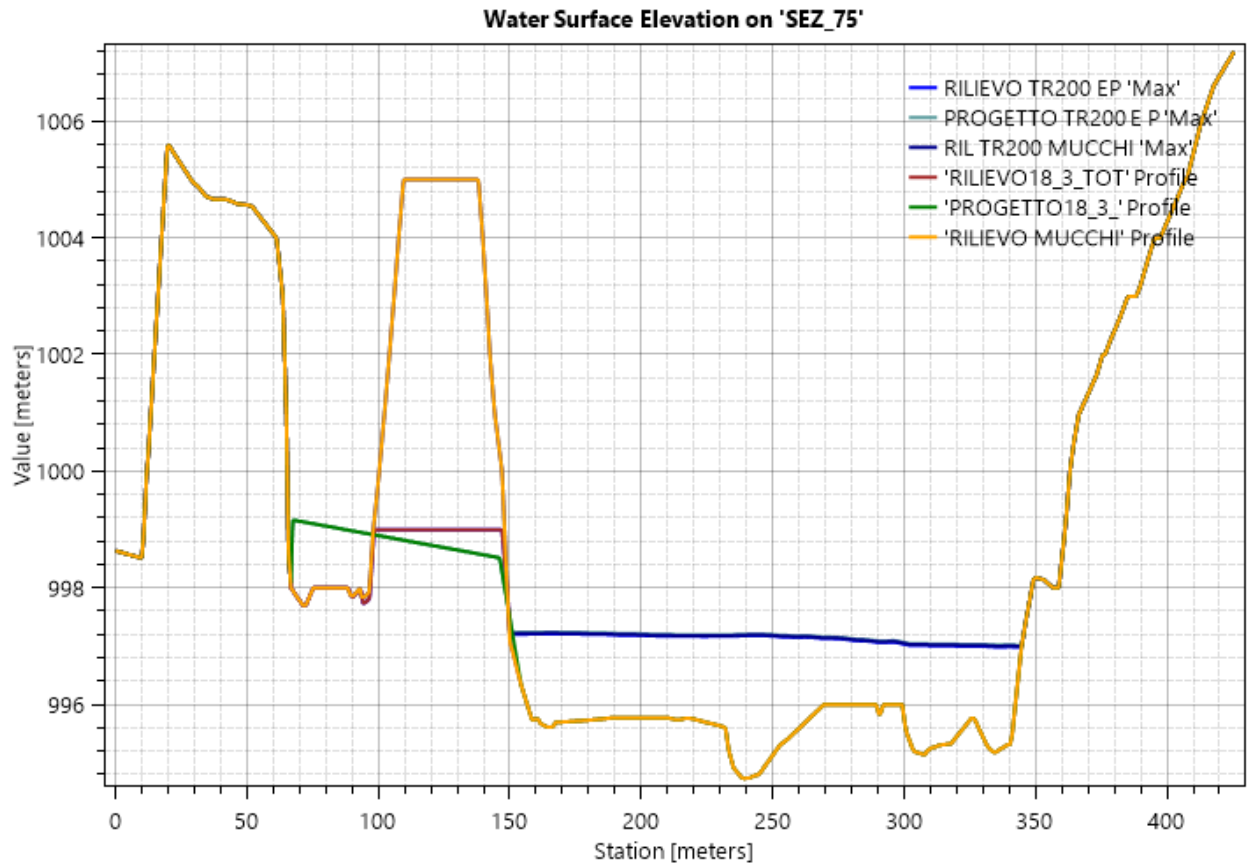
Legenda:

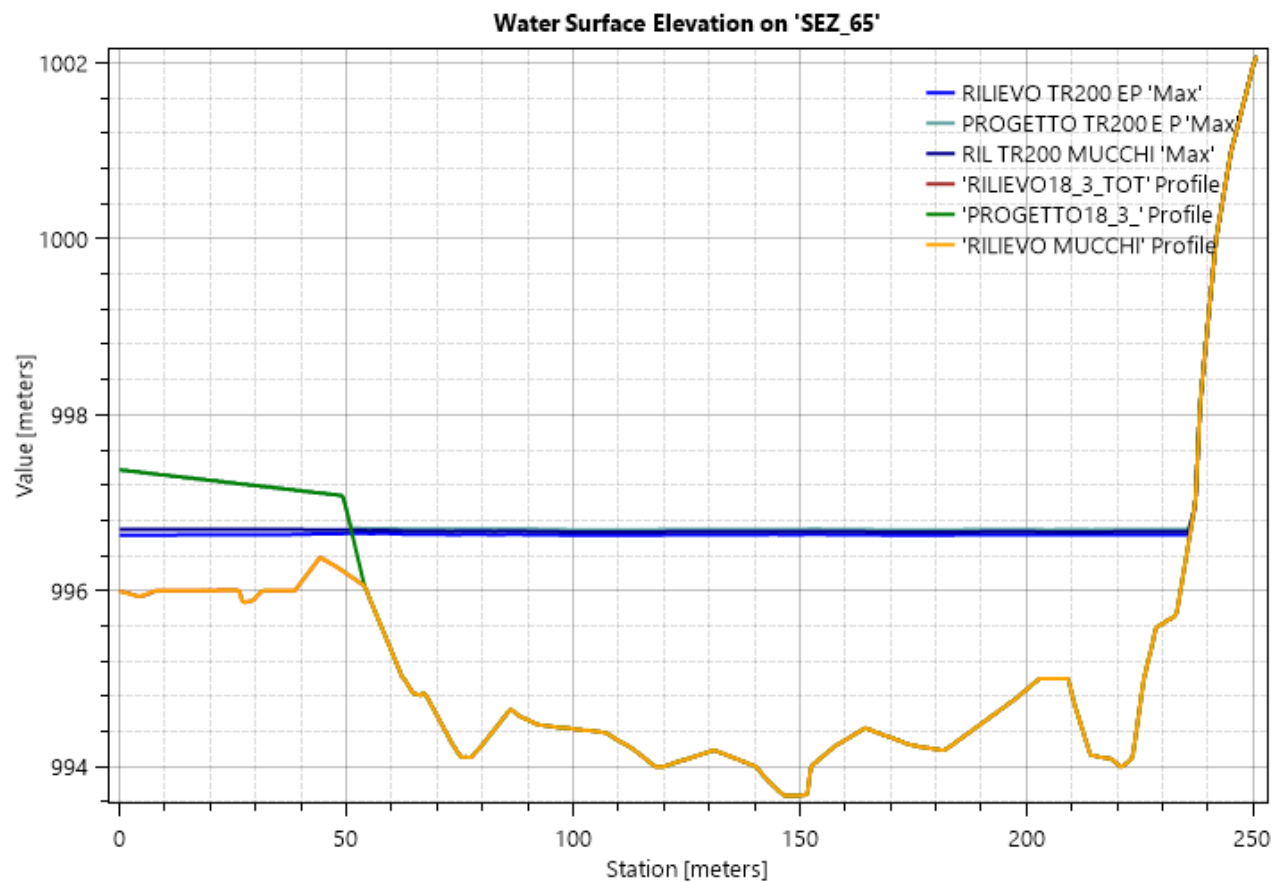
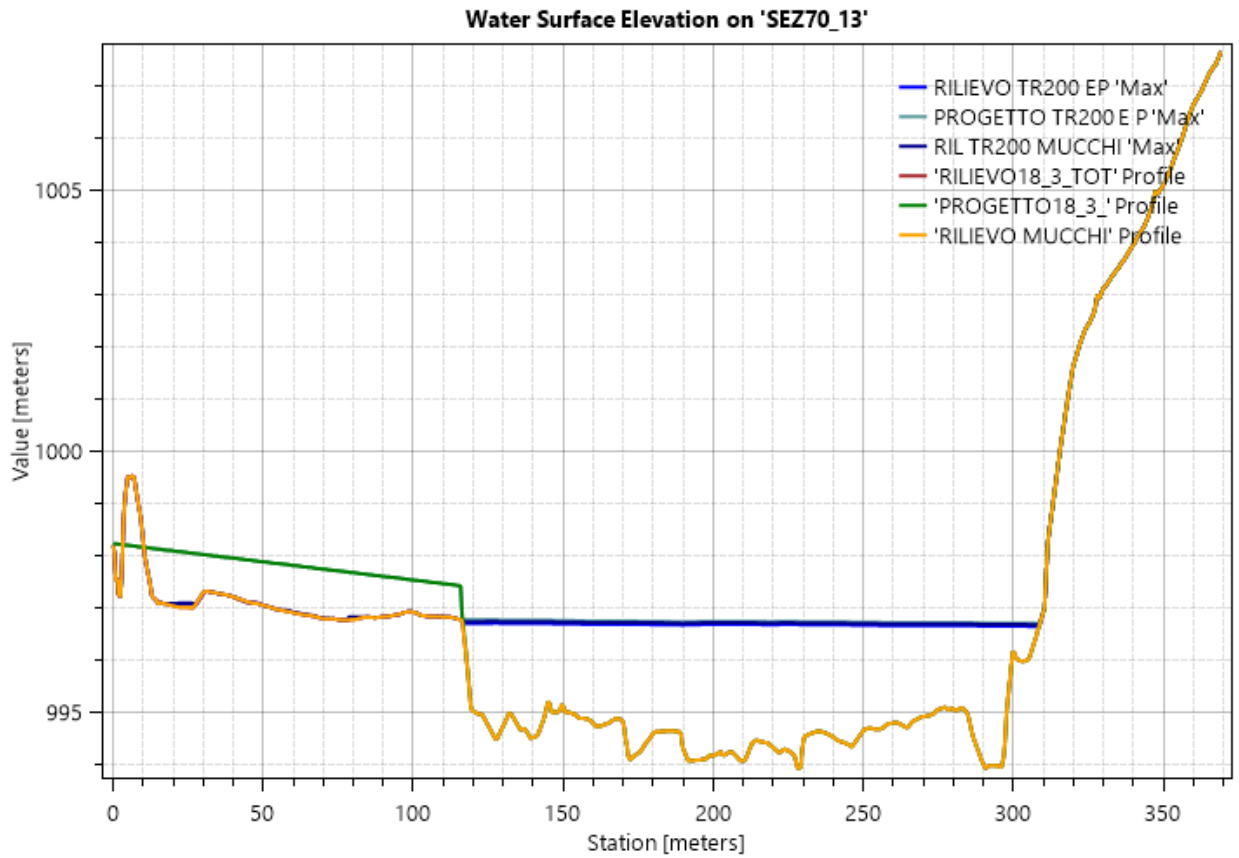
azzurro livello condizioni di progetto, blu condizioni di rilievo senza cumuli, blu scuro condizioni di rilievo con cumuli.

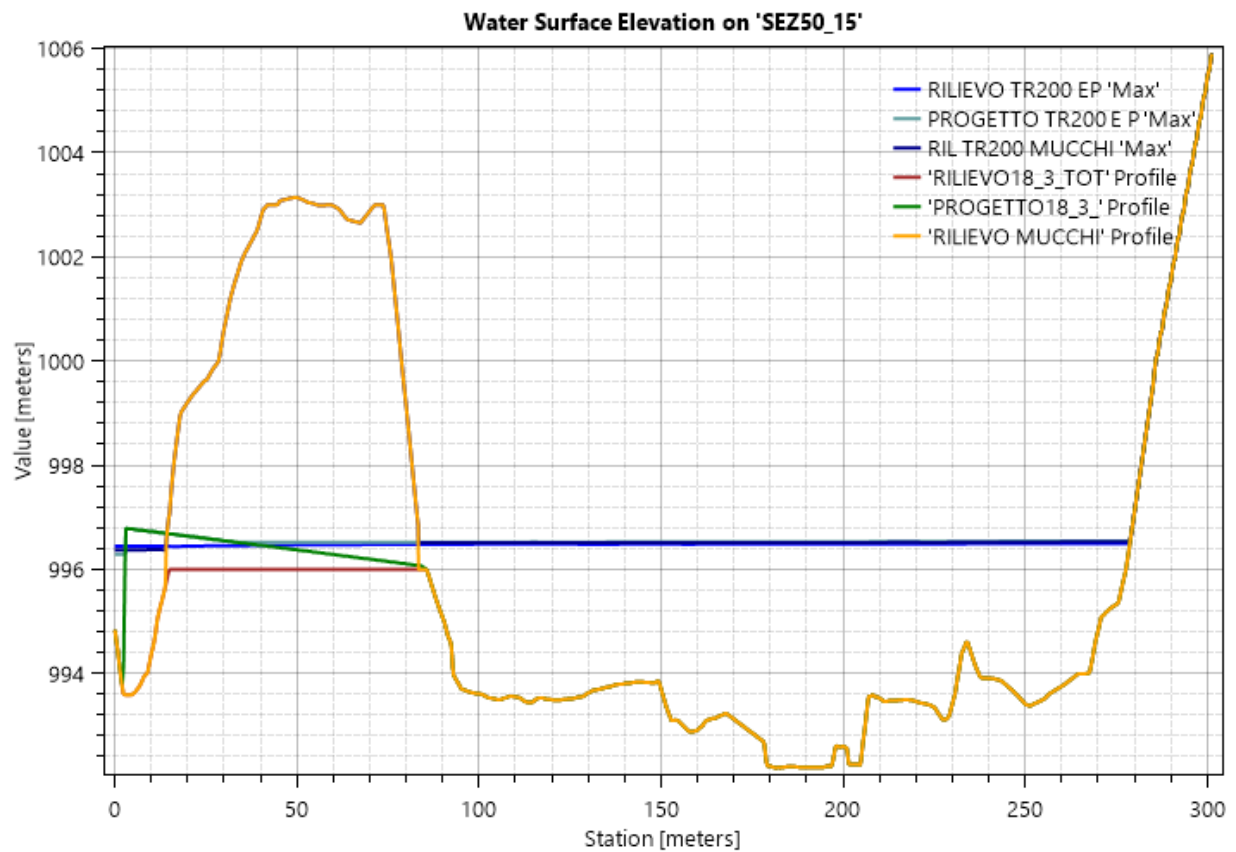
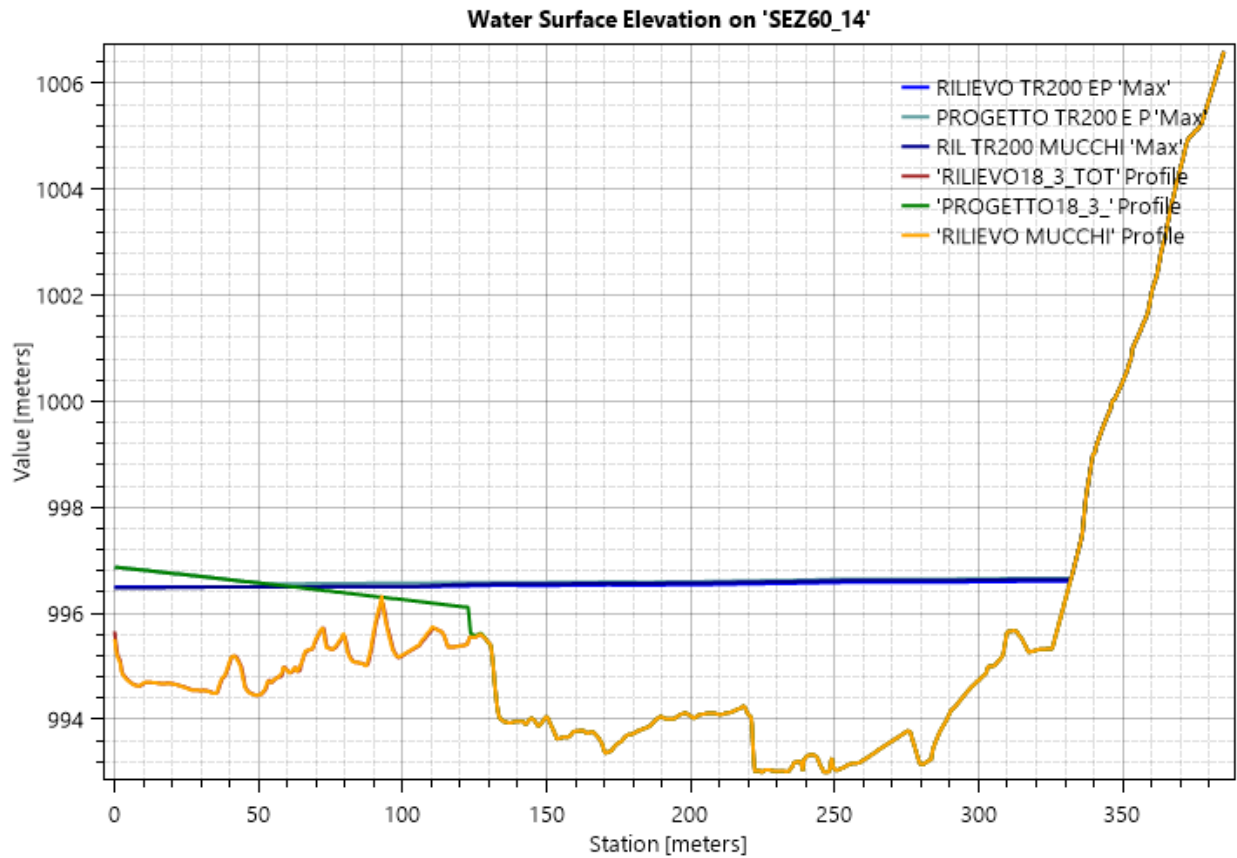
Verde terreno condizioni di progetto, marrone terreno condizioni di rilievo senza cumuli, giallo-arancio terreno condizioni di rilievo con cumuli.

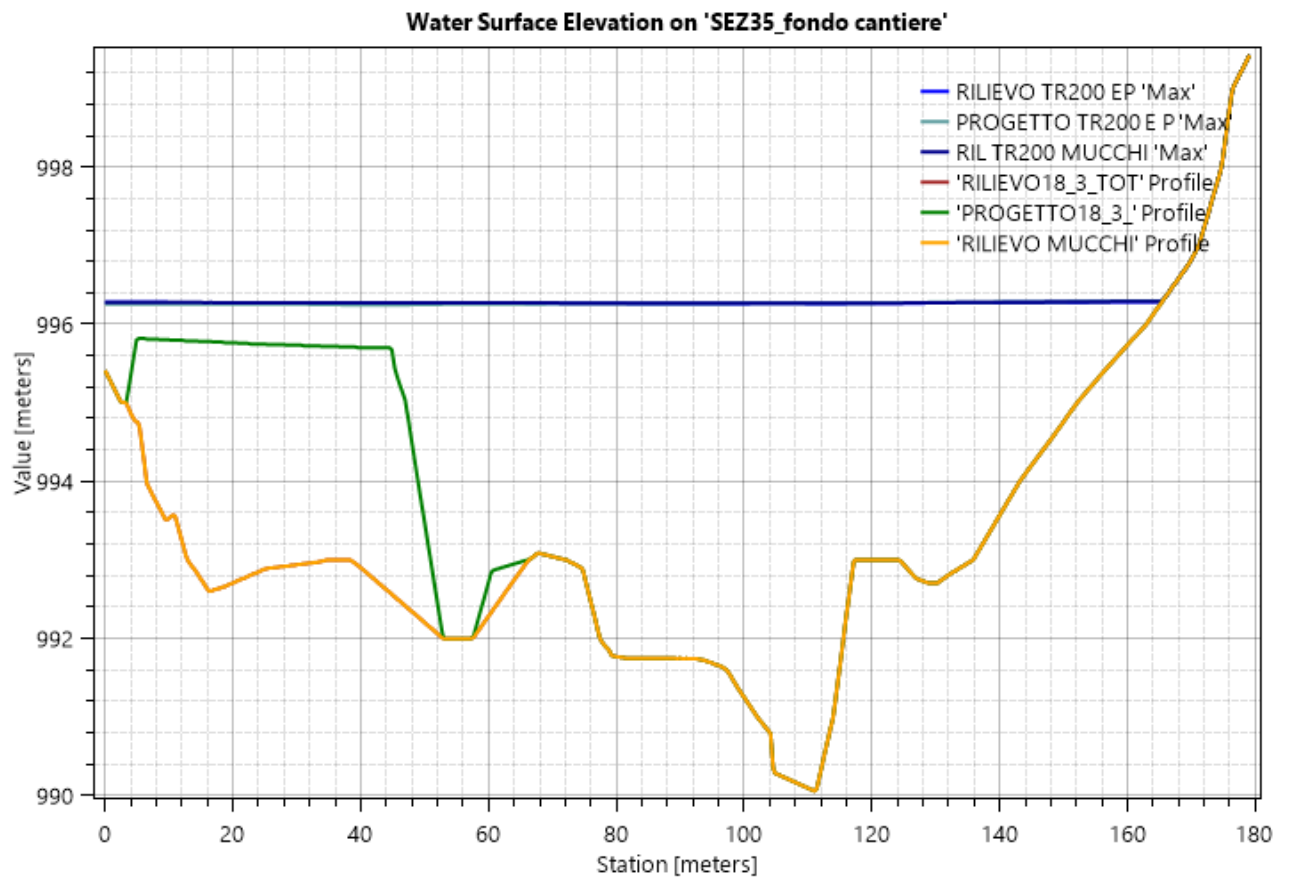
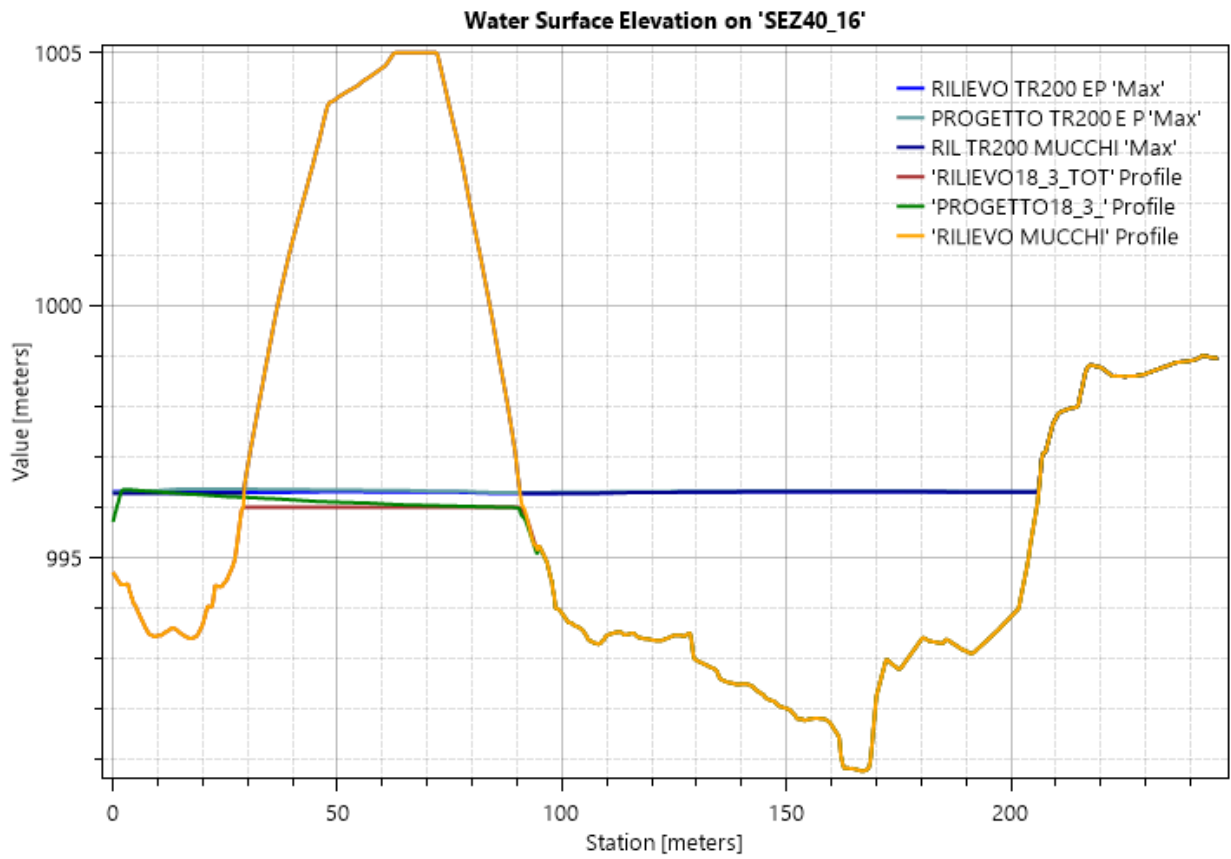


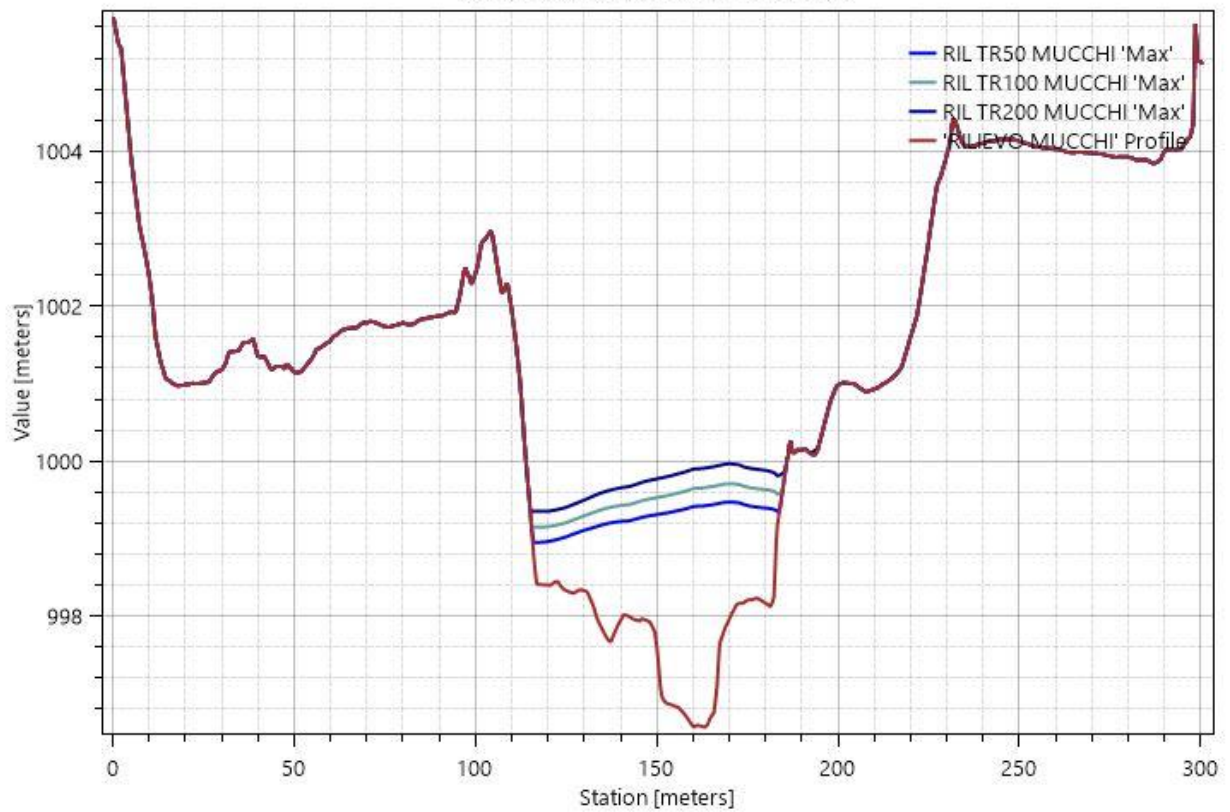










**CONFRONTO DEI LIVELLI IDRAULICI AI DIVERSI TEMPI DI RITORNO NELLE SEZIONI IDRAULICHE DI MODELLO IN PRESENZA DI CUMULI DI MATERIALE NELLE AREE A-C-D****Water Surface Elevation on 'SEZ110\_9'****Water Surface Elevation on 'SEZ100\_10'**