

Progetto:	23P08	<b>CITTADELLA DELLA LOGISTICA</b> PDC CON CONTESTUALE VARIANTE AGLI STRUMENTI URBANISTICI	<b>Techbau</b> Engineering & Construction 
Rev.:	00		
Data:	2024/01/15		
CRESPINA LORENZANA (PI)			

# CITTADELLA DELLA LOGISTICA

PERMESSO DI COSTRUIRE CON CONTESTUALE VARIANTE  
AGLI STRUMENTI URBANISTICI ART.35 LRT 65/2014

---

## RELAZIONE IDRAULICA

---

# 23P08DAR037RR-00

Professionista incaricato:

	Studio Croce srl Dott. Ing. Nicola Croce - Prof. Ing. Pietro Croce via Carducci, 47 - 56017 Ghezzano (PI) e-mail: <a href="mailto:studiocroce@gmail.com">studiocroce@gmail.com</a> tel 050 878716 www.studio-croce.com	 CERTIFICAZIONE ISO 9001 n.C 953
---	---	--

00	2024/02/22	RELAZIONE IDRAULICA	N.C.	N.C.	N.C.
REV.	DATA	DESCRIZION <i>DESCRIPTION</i>	PREPARATO <i>PREPARED</i>	CONTROLLATO <i>CHECKED</i>	APPROVATO <i>APPROVED</i>

## Sommario

1. Premessa.....	1
2. Modello idrologico.....	2
3. Modello idraulico.....	5
4. Risultati della modellazione.....	14
5. Opere di compensazione e Conclusioni.....	26

## 1. Premessa

La presente relazione riguarda la definizione della sicurezza idraulica delle nuove opere relative all'insediamento logistico-produttivo in Loc. Cenaia, svincolo SGC di Lavoria.



Fig. 1.1 - Inquadramento

L'area è soggetta alle potenziali esondazioni duecentennali del Torrente Crespina e solo marginalmente dal tratto terminale del fosso Zannone e Antifossetto. Non vi sono esondazioni trentennali che possono interessare l'area oggetto di intervento; pertanto la Pericolosità idraulica è di tipo medio (P2 – Alluvioni poco frequenti): vedasi Fig. 1.2 seguente.

Pertanto, ai sensi dell'Art.11 della L.R. 41-2018 e smi, *nelle aree a pericolosità per alluvioni poco frequenti, indipendentemente dalla magnitudo idraulica, possono essere realizzati interventi di nuova costruzione a condizione che sia realizzata almeno una delle opere di cui all'articolo 8, della medesima legge, comma 1, lettere a), b) o c).*

L'intervento prevede opere di cui all' articolo 8, della medesima legge, comma 1, lettera c), da ubicarsi nella zona nord del comparto.



Fig. 1.2- Estratto della Pericolosità Idraulica.

## 2. Modello idrologico

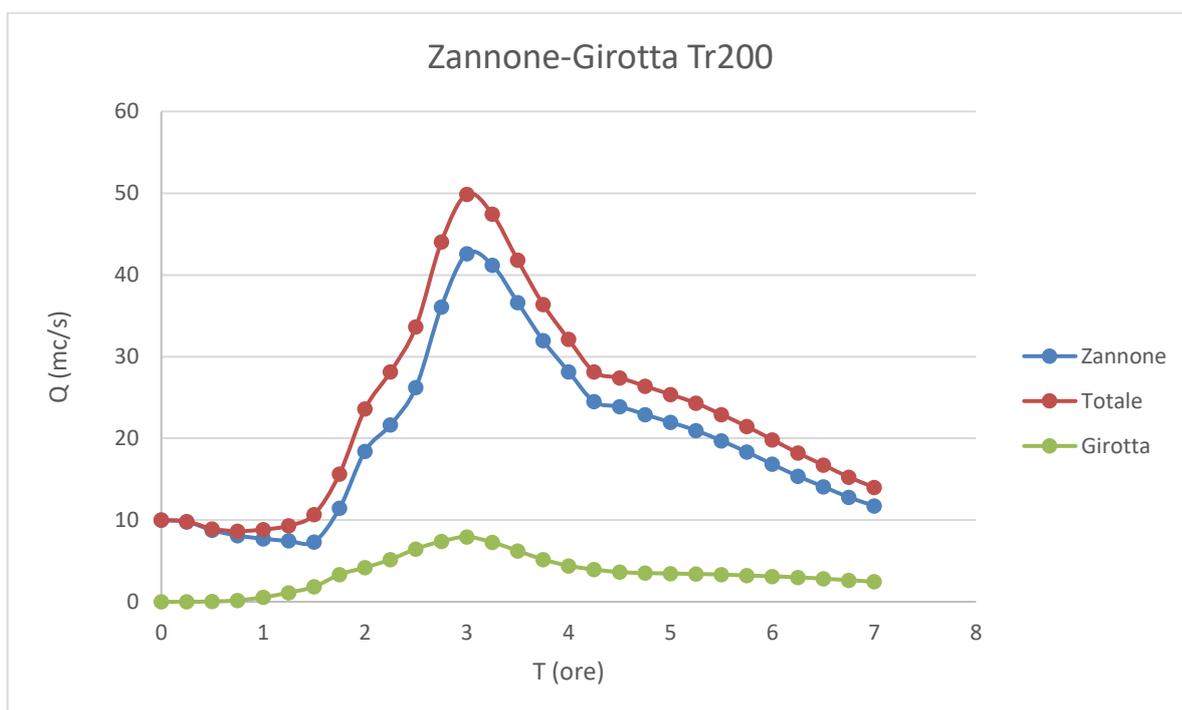
Si è provveduto alla realizzazione di un modello idraulico mono e bidimensionale, ove sono stati analizzati i seguenti corsi d'acqua che potrebbero interessare l'intervento:

- Torrente Crespina;
- Canale Antifossetto;
- Rio Zannone;
- Canale Scolmatore

La simulazione è stata estesa ad un'area sufficientemente ampia idraulicamente collegata alla zona oggetto di intervento. Nell'area insistono, in particolare, il Canale Antifossetto che sottopassa i rii, il Crespina e lo Zannone. L'esondazione dello Zannone è limitata e ha modesti volumi di sfioro, mentre i principali sfiori provengono dal Crespina in loc. Cenaia.

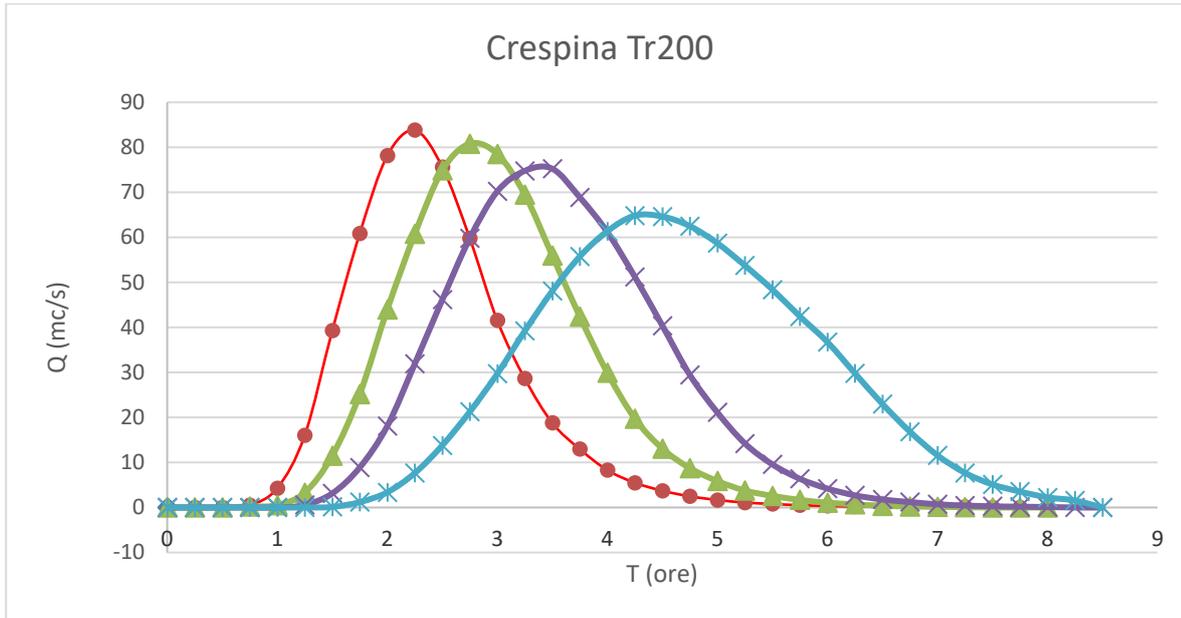
L'analisi idrologica è stata desunta direttamente dagli studi esistenti che sono stati condotti tenendo conto delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) aggiornate nel 2012, dall'Università di Firenze (Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale) nell'ambito dell'accordo di collaborazione con la Regione Toscana di cui alla DGRT 1133/2012; in particolare:

- Per il fosso Zannone si è utilizzato l'idrogramma dello studio di supporto al PO di Casciana Terme - Lari effettuato dallo scrivente e già approvato; più in dettaglio è stato preso l'output del modello idraulico al lordo dei volumi sfiorati, calcolato sommando l'idrogramma, in uscita dalle casse di espansione di Perignano, con l'idrogramma affluente dal rio Girotta (anche questo senza potenziali esondazioni), ottenendo:



Che risulta in linea con altri studi (Comune di Collesalveti)

- Per quanto riguarda in torrente Crespina, si è fatto riferimento allo studio in corso a cura del Comune di Crespina-Lorenzana, da cui si desumono i seguenti idrogrammi, utilizzati per i calcoli:



Detto idrogramma è quello più critico sia come portata che come flussi di esondazione ed è stato desunto da quelli riportati nel succitato studio:

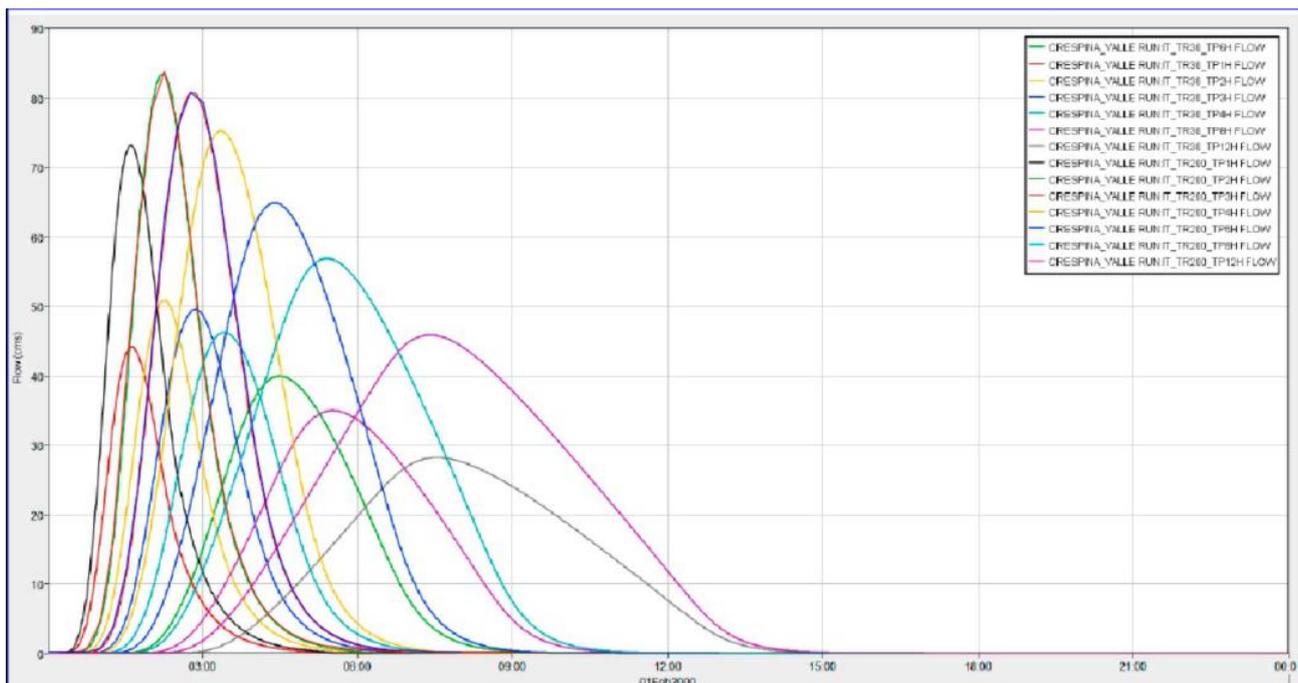


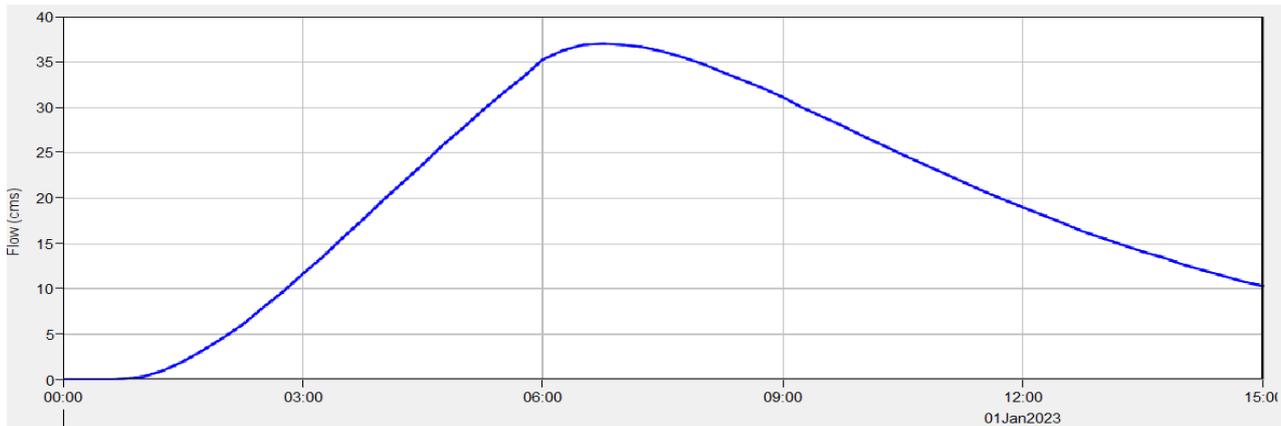
Figura 19: Idrogrammi per  $Tr=200$  anni e  $Tr=30$  anni del tratto di valle del Torrente Crespina

- Per quanto riguarda l'Antifossetto, si è fatto riferimento allo studio del Comune di Collesalveti (LI), in cui non è presente l'idrogramma relativo al bacino pertinente al presente studio, ma si possono desumere i seguenti dati per l'Antifossetto:
  - Sup. Bacino : 10,46 Km<sup>2</sup>;
  - Modello perdite di bacino: SCS-CN;
  - CN III: 93;

- Durata critica: 6 ore
- Massima portata di picco nella sezione in prossimità dell'area di studio: 36,80 mc/s.

Dati di pioggia: a= 86,4 mm, n= 0,291

Mediante tali dati e sulla base di un modello A-D basato sull'IUH SCS-CN, si è potuto ricostruire il seguente idrogramma, utilizzato a base delle simulazioni:



L'Antifossetto, essendo un canale di "acque basse", crea fenomeni di stagnazione che si distribuiscono nelle aree a est del comparto e nord e interessano marginalmente il comparto stesso e in particolare laddove si prevede di realizzare proprio le opere di compenso.

- Per quel che concerne lo scolmatore, è stato modellato un tratto di esso quale ricettore finale di Zannone e Crespina e si è assunto un livello dinamico al limite dell'esondazione sull'argine destro anche in considerazione che l'argine sinistro, contiguo all'area di studio, è significativamente più alto del destro.

Per quanto riguarda le geometrie fluviali si sono utilizzati, sia per lo Zannone che per il Crespina i dati in possesso dello scrivente, già utilizzati per gli studi precedenti e, in particolare quello del Comune di Casciana T.me-Lari del 2008 e seguenti; in ogni caso non ci risultano variazioni geometriche dei corsi d'acqua sopra richiamati; per lo Scolmatore si sono utilizzate le sezioni che furono fornite dalla Provincia di Pisa in occasione dei succitati studi. L'Antifossetto, così come il territorio circostante, è stato modellato utilizzando i dati Lidar della Regione e confrontandoli con i rilievi effettuati nel 2023 per l'area di studio, operando così a favore di sicurezza.

Per quanto riguarda i coefficienti di scabrezza dei canali, sono stati utilizzati valori in linea con gli studi sopra citati, ovvero:

- Crespina: 0,038
- Zannone: 0,03 - 0,035
- Scolmatore: 0,025 (poco influente visto che come condizioni al contorno è stato fissato il livello)
- Antifossetto: 0,05 pari al valore assunto per le aree 2D allagate (open space).

### 3. Modello idraulico

La simulazione per perimetrare le aree inondabili è stata effettuata con un modello idraulico bidimensionale mediante il software di calcolo utilizzato è HEC-RAS ver. 6.4.1.

Questo modello, sviluppato presso l'U.S. Army Corps of Engineers sul codice di calcolo UNET, gode oggi di una vasta diffusione grazie alle vaste potenzialità offerte.

Proprio alla sua diffusione, incentivata da una distribuzione di tipo freeware, si deve la stima posta su un prodotto considerato ampiamente collaudato.

HEC RAS adotta una schematizzazione mono e bi-dimensionale con variazioni graduali della sezione dell'alveo, limitata curvatura dei filetti liquidi, distribuzione di velocità pressoché uniforme nelle sezioni trasversali, su alveo assunto a fondo fisso sia per il moto permanente che per quello vario (non stazionario).

Per il calcolo delle perdite di carico distribuite si utilizza l'equazione di Manning che risulta:

$$3.1) \quad S_f = v^2 n^2 / R^{\frac{4}{3}}$$

in cui :

$S_f$  = perdita di carico distribuita ;

$v$  = velocità media della corrente ;

$n$  = coefficiente di scabrezza;

$R$  = raggio idraulico della sezione (rapporto tra l'area liquida ed il contorno bagnato);

Considerando che in letteratura tecnica la portata della corrente liquida può essere rappresentata dalla seguente espressione:

$$3.2) \quad Q = K S_f^{1/2}$$

dove il termine  $K$  definito conveyance (esso misura l'attitudine di una data sezione a far defluire le portate) diviene, tenendo conto della formula di Manning e introducendo l'area  $A$  della sezione liquida

$$3.3) \quad K = \frac{1}{n} A R^{2/3}$$

Per il calcolo del coefficiente di Manning si è fatto riferimento alla "Guide for selecting Manning's roughness coefficient for natural channels and flood plains" del United States Geological Survey Water Supply- Paper 2339, che in funzione della granulometria del letto del fiume e della vegetazione oltre che del grado di irregolarità del corso d'acqua consente di calcolare il valore di scabrezza.

Qui di seguito vengono descritte sommariamente le basi teoriche delle due procedure utilizzate

– Moto Vario

Per la derivazione delle equazioni del moto vario si adottando le seguenti ipotesi:

- La distribuzione della pressione è di tipo idrostatico (ipotesi valida se le linee di flusso non presentano curvatura accentuata).
- La pendenza di fondo alveo è piccola, così che la sezione trasversale normale alla corrente si confonde con la sezione verticale.
- L'alveo è prismatico, le variazioni nella sezione trasversale e nella pendenza di fondo possono essere prese in considerazione approssimando il corso d'acqua con una serie di tratti prismatici.
- Le perdite di carico in moto vario possono essere espresse tramite una delle classiche formule adottate per il moto uniforme (si utilizza l'equazione di Manning); con questa ipotesi si assume che in regime di moto vario ad una data velocità  $V$  della corrente si abbiano le stesse perdite di carico che si avrebbero in moto uniforme con la stessa velocità
- La velocità e le accelerazioni lungo la verticale sono trascurabili rispetto alle analoghe grandezze in direzione del moto.
- Le variazioni della densità del fluido sono trascurabili

Adottando le ipotesi sopra elencate; e nell'ipotesi di moto monodimensionale, si ottengono le classiche equazioni di De Saint Venant nella seguente forma:

$$3.4) \frac{\partial A_T}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} - q_l = 0$$

$$3.5) \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial QV}{\partial x} + g \cdot A \cdot \left( \frac{\partial z}{\partial x} + S_f \right) = 0$$

dove  $q_l$  è la portata laterale per unità di lunghezza e  $S_f$  la perdita di carico esprimibile, anche in questo caso, attraverso l'equazione di Manning.

Lo schema monodimensionale è applicabile nel caso di corsi d'acqua con un alveo a sezione semplice (channel), privo cioè delle aree golenali laterali (floodplain). Tale schema viene, comunque, applicato anche al caso di alvei a sezione composta considerando le aree golenali al di fuori del canale come un'unica area di accumulo o di espansione che scambia acqua con il canale, mentre il flusso in tali aree è considerato come flusso in un canale separato.

Per i due flussi separati vengono scritte le equazioni di continuità e di conservazione della quantità di moto, per semplificare il problema si ipotizza che la superficie dell'acqua sia definita da un'unica superficie orizzontale in ogni sezione normale alla direzione del flusso, in maniera tale che lo scambio di quantità di moto tra il canale e le aree laterali sia trascurabile e la portata sia distribuita secondo l'intera sezione

La suddivisione della portata defluente tra l'alveo centrale (channel) e l'area costituita dalle golene viene effettuata attribuendo al primo una frazione della portata complessiva determinata come segue:

$$3.6) \quad Q_c = \varphi Q$$

dove:

$Q_c$  = portata nell'alveo centrale;

$Q =$  portata totale;

$\phi =$   $K_c / (K_c + K_f)$ ;

$K_c =$  trasporto (conveyance) dell'alveo centrale (channel);

$K_f =$  trasporto (conveyance) dell'area golenale (floodplain).

Sotto queste ipotesi l'equazione del moto monodimensionale può essere scritta:

$$3.7) \quad \frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial(\phi Q)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\phi) \cdot Q]}{\partial x_c} = 0$$

$$3.8) \quad \frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(\phi^2 Q^2 / A_c)}{\partial x_c} + \frac{\partial[(1-\phi)^2 Q^2 / A_f]}{\partial x_c} + gA_c \left[ \frac{\partial Z}{\partial x_c} + S_{fc} \right] + gA_f \left[ \frac{\partial Z}{\partial x_f} + S_{ff} \right] = 0$$

nelle quali i suffissi  $c$  e  $f$  si riferiscono all'alveo centrale e all'area golenale.

Lo schema di calcolo precedente, consente di tener conto delle diverse caratteristiche di scabrezza tra l'alveo centrale e le golene.

Queste equazioni rappresentano un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali non lineare la cui soluzione non è generalmente possibile per via analitica, per la loro integrazione è necessario quindi ricorrere a metodi numerici.

Il solutore di Hec-Ras per il moto vario adotta un metodo alle differenze finite basato su uno schema implicito a quattro punti. Il sistema di equazioni algebriche che così si ottiene viene risolto con il metodo di Newton-Raphson. L'equazione 3.8 ha subito ulteriori affinamenti al fine di rendere le soluzioni più stabili, in particolare alle classiche equazioni di continuità e di moto nella formulazione generale di De Saint Venant, si vanno ad aggiungere opportune equazioni per la stima delle dissipazioni energetiche sia di carattere concentrato che di carattere distribuito.

Per molti manufatti particolari, l'USACE ha svolto campagne sperimentali mirate alla determinazione di appositi modelli di calcolo, permettendo all'utente la specificazione del caso progettuale mediante il solo inserimento di alcuni coefficienti reperibili da tabelle allegate.

Ovviamente, oltre che da questi, il grado di risoluzione della simulazione dipenderà dalla attendibilità dei dati inseriti, dalla distanza adottata tra le sezioni e dal numero di punti con cui queste saranno descritte.

Nello schema alle differenze finite adottato le funzioni derivate e i valori di funzione sono calcolati in un punto interno  $(n+\theta)\Delta t$ ; questo valore a  $(n+1)\Delta t$  è presente in tutti i termini delle equazioni. Per un corso d'acqua, tali assunti, danno luogo a un sistema di soluzioni simultanee delle equazioni; il sistema di soluzioni simultanee rappresenta un importante aspetto dello schema perché da informazioni dell'intero corso d'acqua e possono influenzare le soluzioni in ogni punto, pertanto il passo temporale deve essere significativamente più grande rispetto agli schemi numerici espliciti.

L'analisi di stabilità della soluzione con Von Neumann mostra che lo schema implicito è teoricamente incondizionatamente stabile per  $0.5 < \theta \leq 1$ , condizionatamente stabile per  $\theta = 0.5$  e instabile per  $\theta < 0.5$ .

Altri fattori che contribuiscono all'instabilità della soluzione sono:

- brusche variazioni delle caratteristiche delle sezioni;
- brusche variazioni di pendenza longitudinale;
- caratteristica dell'onda di piena;
- opere d'arte come argini, soglie sfioranti, luci a battente, sfioratori che provochino variazioni brusche nella geometria dell'alveo o delle condizioni del moto.

Pertanto ogni simulazione richiede uno studio di dettaglio specifico per eliminare le cause di instabilità numerica.

Il codice UNET assicura soluzioni stabili nelle simulazioni in moto permanente per correnti lente, per correnti veloci ed anche per scenari misti (gestiti tramite uno switch automatico tra i due approcci). Maggiori problemi si hanno invece per quanto riguarda il moto vario dove, per ottenere la convergenza alla soluzione, si deve porre grande attenzione alle condizioni al contorno imposte, alla specificazione del modello geometrico ed alla scelta del passo temporale per l'elaborazione.

Per quanto riguarda il moto vario, le simulazioni saranno ancora estendibili ad un intero reticolo fluviale ma, per ogni tronco, questa volta le determinazioni dei valori di portata dovranno essere rappresentate dall'introduzione degli interi idrogrammi di piena.

Per la modellazione di ponti, tombamenti, dighe e altre particolarità idrauliche sono stati incorporati gli stessi codici di calcolo sviluppati nel modulo relativo al moto permanente.

La soluzione delle equazioni di moto monodimensionale gradualmente variato basata sul codice UNET, nata inizialmente per correnti essenzialmente in regime sub-critico, presenta talvolta problemi di stabilità, specialmente in presenza di passaggi da corrente lenta a veloce e viceversa.

La corretta specificazione delle condizioni al contorno ricoprirà qui un'importanza fondamentale. Ad esempio, per quanto riguarda l'inserimento della condizione di valle, se in condizioni di moto permanente è generalmente sufficiente introdurre la pendenza della linea dell'energia approssimata alla pendenza del fondo alveo, in moto vario questo risulta generalmente invalidare l'attendibilità dei risultati nelle prossimità delle condizioni stesse. Si avrà perciò la necessità di ottenere ulteriori informazioni quali la scala di deflusso della sezione di valle piuttosto che, nei particolari casi in cui sia noto, un idrogramma osservato.

Si ricorda qui che UNET, per la risoluzione del sistema non lineare di equazioni differenziali (3.7) e (3.8) adotta la linearizzazione proposta da Preissmann-Cunge-Chen. Come schema generale, avendo per ogni tronco fluviale, diviso in  $N-1$  tratti,  $2N$  incognite ( $Q$  e  $z$  negli  $N$  nodi) e  $2N-2$  equazioni (equazioni (3.1) e (3.2) negli  $N-1$  tratti), le condizioni al contorno da imporre saranno sempre due. In realtà sarà qui richiesto di seguire piccole prescrizioni dettate dall'esperienza e di calibrare alcuni parametri quali tolleranze, passi temporali, numero di iterazioni massimo per passo, raddoppi di sezione, etc... che, pur non essendo classificabili come condizioni al contorno, caratterizzano il modello variando da caso a caso. Relativamente alle prescrizioni di cui si è ora accennato, si dovrà cercare di ottenere una specificazione geometrica del

modello, caratterizzata da un infittimento delle sezioni trasversali nelle prossimità di particolarità idrauliche, così da compensare le rapide variazioni del livello idrico (z) con il minore passo (x). E' consigliabile poi eliminare tratti di alveo a forte pendenza, se privi di manufatti idraulici di non trascurabile importanza, trasferendo eventualmente inalterata l'onda di piena a valle di essi. Spesso infatti, lo studio delle equazioni di moto vario per le correnti supercritiche, rappresenta un forte limite di HEC RAS.

Per quanto riguarda invece la descrizione dell'onda di piena, di norma si dovrà disporre di una serie di valori misurati a intervalli di tempo di ampiezza costante tale da non determinare differenze di portate superiori al 10-12%. L'esperienza nell'utilizzo del codice UNET inoltre consiglia l'eliminazione di eventuali code nell'idrogramma, caratterizzate da portate molto ridotte, per le quali si crea un fenomeno di "run bombing" dovuto al calcolo delle differenze percentuali tra livelli idrici nei successivi passi temporali.

Sia per l'editing della Geometry Data che per quello della Flow Data sarà dunque utile ricorrere, dove richiesto e dove non supportato dalla reperibilità degli stessi, alla generazione di valori con tecniche di interpolazione.

Molti studi dimostrano che da questi stessi dati dipenderà anche la scelta del Computation Interval. L'USACE, a titolo orientativo, indica una relazione tra velocità di convergenza e caratteristiche medie dei dati immessi del tipo (criterio di Von Neumann):

$$(3.9) \quad Dc = K \epsilon \lambda / \Delta x$$

$$(3.10) \quad \Delta Tc \propto \Delta Tf * \Delta x / \lambda$$

dove:

Dc = damping estimator;

K = model accuracy factor;

$\epsilon$  = length of wave;

x = distance between cross sections;

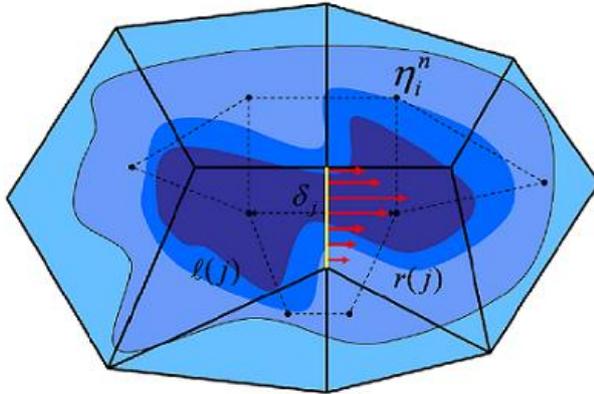
Tc = optimal computaion interval;

Tf = hydrograph simulation time.

#### DESCRIZIONE DEL MODELLO 2D:

Le nuove funzionalità di simulazione della propagazione dei deflussi in HEC - RAS sono state sviluppate per permettere all'utente di eseguire la modellazione 1D/2D combinato. L'algoritmo di modellazione del moto bidimensionale in HEC-RAS ha la possibilità di eseguire una modellazione combinata

1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale, e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi.



All'interno delle storage modellate in 2D, il programma risolve le equazioni 2D di diffusione dell'onda (Diffusion Wave) o quelle complete di Saint Venant (Full Momentum):

(3.11) Full Saint Venant Equations:

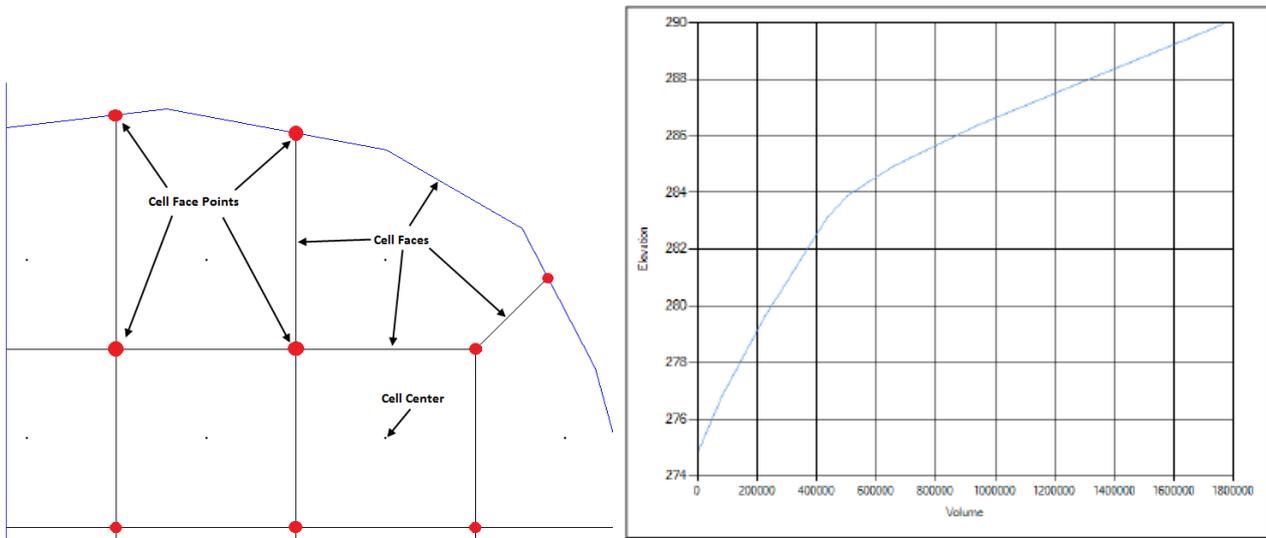
$$C = \frac{V * \Delta T}{\Delta X} \leq 1.0 \quad (\text{with a max } C = 3.0)$$

Where:	C	=	Courant Number
	V	=	Velocity of the Flood Wave (ft/s)
	$\Delta T$	=	Computational Time Step (seconds)
	$\Delta X$	=	The average Cell size (ft)

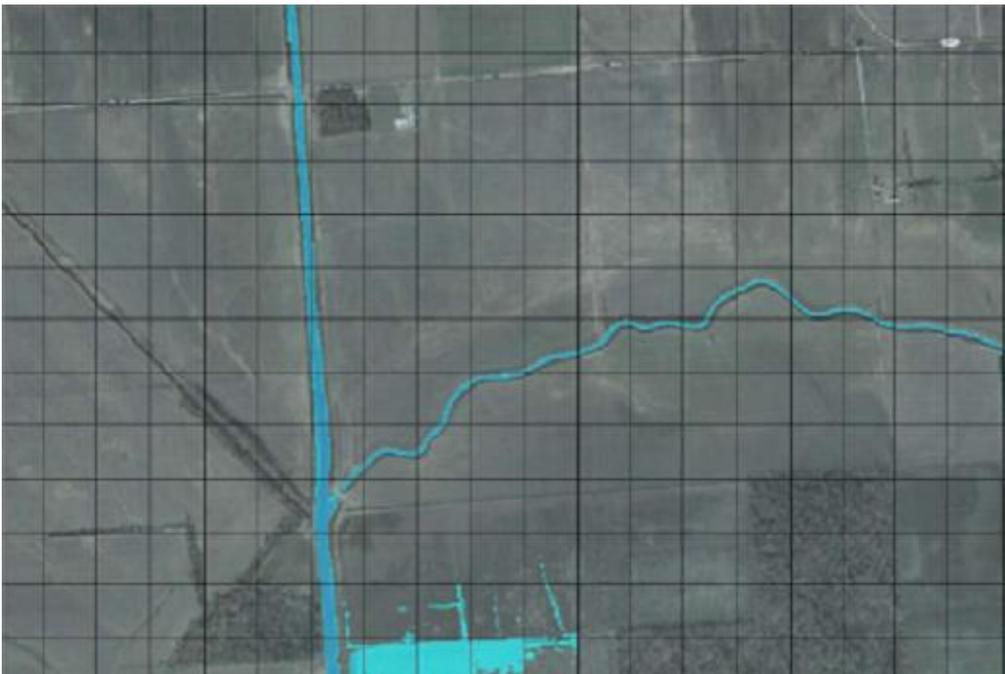
Diffusion Wave Equations:

$$C = \frac{V * \Delta T}{\Delta X} \leq 2.0 \quad (\text{with a max } C = 5.0)$$

L'algoritmo di soluzione, "ai volumi finiti e di tipo implicito", consente di utilizzare passi temporali di calcolo maggiori rispetto ai metodi espliciti e utilizza mesh con cellule computazionali di varie forme che bene si adattano al dtm del terreno (triangoli, quadrati, rettangoli o anche elementi a cinque e sei facce).



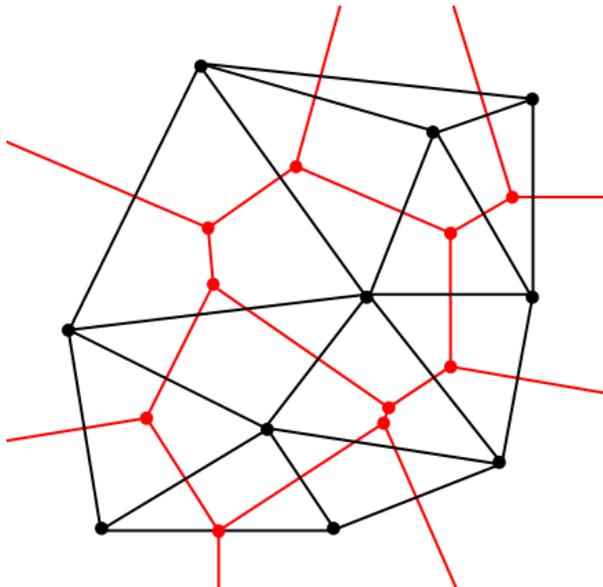
Es. di Relazione tra Vol. e quota.



HEC-RAS costruisce la rete computazionale seguendo la tecnica di triangolazione Delaunay Triangolazione, e quindi la costruzione di un Diagramma Voronoi (triangoli in nero nella figura sottostante).

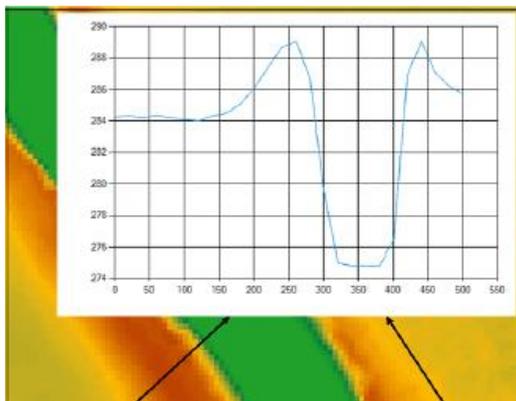
In matematica e geometria computazionale, la triangolazione di Delaunay per un gruppo di punti  $P$  su un piano è una triangolazione  $DT(P)$  tale che nessun punto appartenente a  $P$  sia all'interno del circumcerchio di ogni triangolo in  $DT(P)$ . La triangolazione di Delaunay massimizza il minor angolo di tutti gli angoli dei triangoli nella triangolazione e si tende a evitare i triangoli stretti. La triangolazione prende il nome da Boris Delaunay per il suo lavoro su questo argomento dal 1934.

Le cellule (rosso) sono poi costruite bisecando tutti i bordi dei triangoli (bordi neri), in modo analogo al noto metodo dei poligoni di Thiessen.



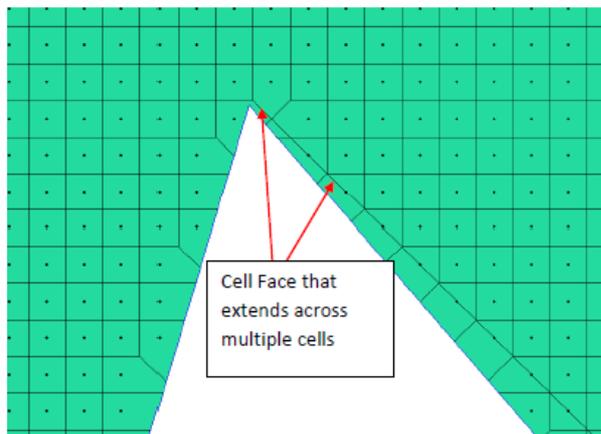
Esempio di diagramma Delaunay - Voronoi.

In tal modo Poiché le cellule riescono a rappresentare in modo ottimale i dettagli del terreno sottostante a differenza di molti altri modelli 2D che utilizzano semplicemente una quota costante per l'intera cella che viene così ad essere modellata come "piatta". Analogo ragionamento per le facce della cella le quali modellano il flusso seguendo il reale andamento del terreno senza interpolazioni e appiattimenti:



La chiave per ottenere una buona maglia di calcolo in HEC-RAS, è garantire che le facce delle celle catturino il punto più alto degli ostacoli al flusso. Inoltre, si deve considerare la pendenza della superficie dell'acqua; maggiore è la dimensione della cella e più distanti sono i valori calcolati della superficie dell'acqua, quindi la pendenza della superficie dell'acqua è mediata su distanze maggiori (in due dimensioni). Tale valore può essere accettabile per alcune zone, ma non appropriato per gli altre. Se la pendenza superficie dell'acqua varia rapidamente, le dimensioni delle celle devono essere più piccole in quella zona. HEC-RAS consente all'utente di variare la dimensione della cella e la forma in tutte le parti nel modello.

In certi casi la maglia generata in modo automatico potrebbe creare celle che si estendono oltrepassando più cellule.



questo si verifica solo per le celle di confine, e di solito dove il confine è un angolo molto acuto. Per risolvere questo problema è possibile aggiungere punti al poligono di confine e appianare il confine stesso. È inoltre possibile aggiungere altri centri cellulari, eliminare le cellule, o spostare alcuni centri cellulari, al fine di affinare il modello e renderlo perfettamente coerente con l'andamento del terreno.

La perimetrazione delle aree allagabili così come le animazioni dello scenario degli allagamenti in funzione del tempo può essere fatta all'interno di HEC-RAS utilizzando le funzionalità di RAS - Mapper. La mappatura delle aree allagate si basa sul DTM, ciò significa che la reale superficie bagnata sarà basata sui dettagli della morfologia del terreno sottostante e non sulla dimensione della cella di calcolo. Oltre alla mappa dei battenti e velocità in formato raster, il software permette di generare le linee di flusso degli allagamenti nelle aree dove sono state definite le celle2D, sia in forma vettoriale (vector arrows) che lagrangiano (Particle Tracing) generando il "campo delle velocità".

## 4. Risultati della modellazione

La mappa dei battenti duecentennali, risultante dalle simulazioni è in linea con la pericolosità idraulica vigente e con gli studi in corso al Comune di Crespina – Lorenzana:

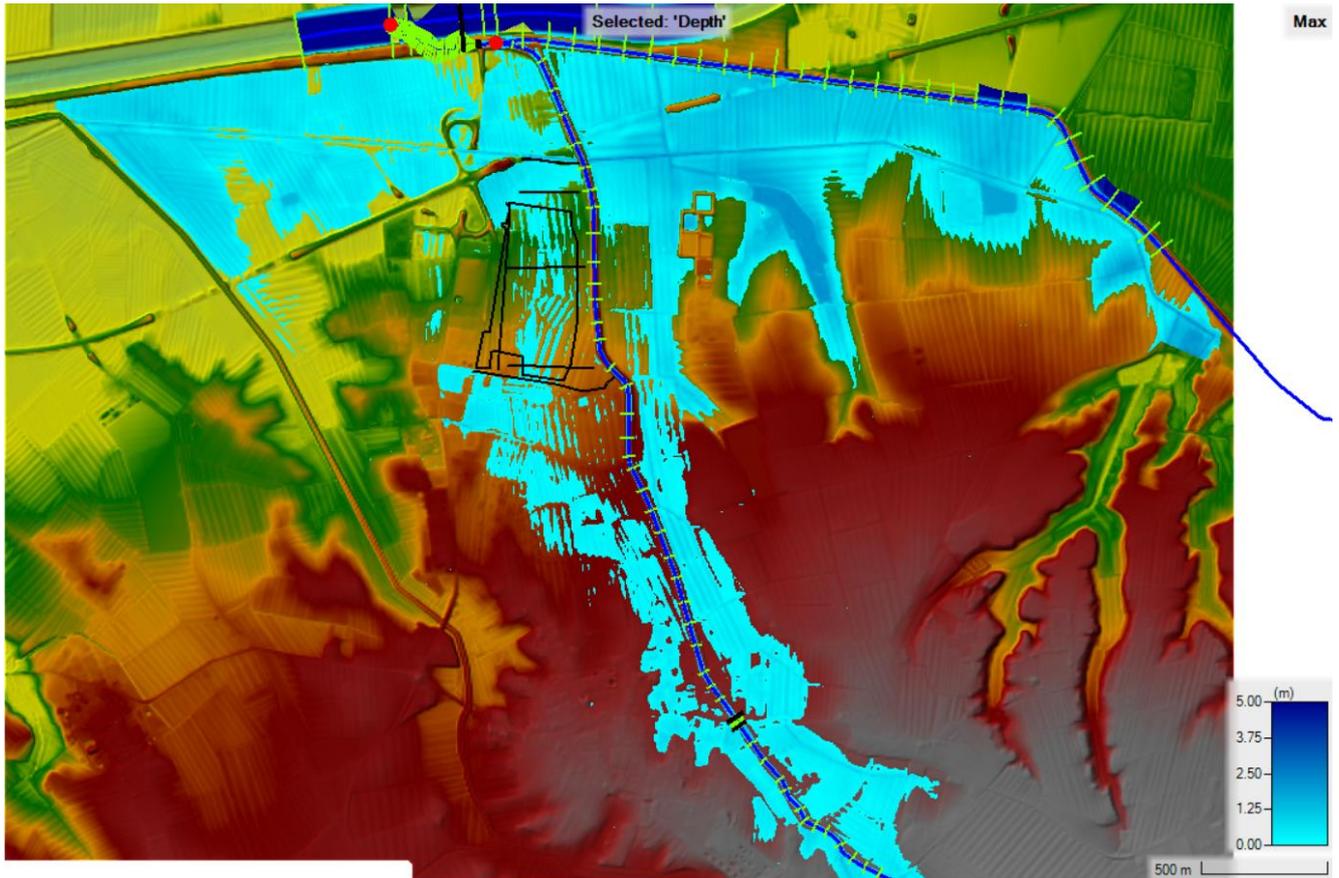


Fig. 4.1 – Estratto della mappa dei battenti.

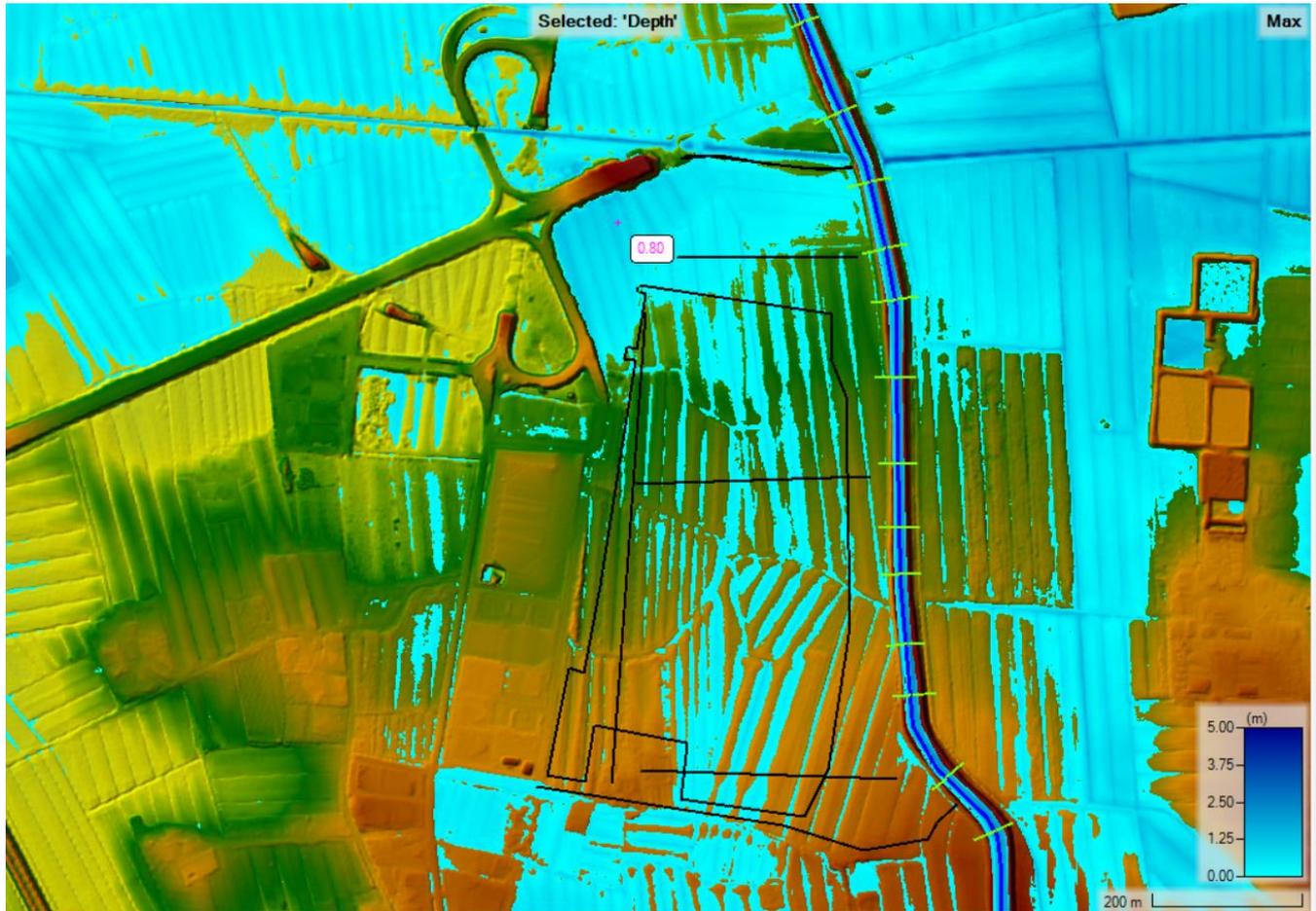


Fig. 4.2 – Estratto della mappa dei battenti nell'area di intervento.

Il comparto oggetto di intervento è interessato dalla piena di transito dovuta agli sfiori del Crespina in Loc. Cenaia; i battenti sono modesti (circa 10-15 cm a con valori di pochi centimetri in molte aree); di conseguenza si è potuto stimare un volume di compenso di circa 20000 mc; il volume complessivo effettivo, da realizzare nella zona tra il comparto e la FI-PI-Li, sarà ulteriormente incrementato per tener conto dell'impermeabilizzazione dei suoli conseguente alle nuove opere e diventa 38600 mc trattandosi di un volume dinamico:

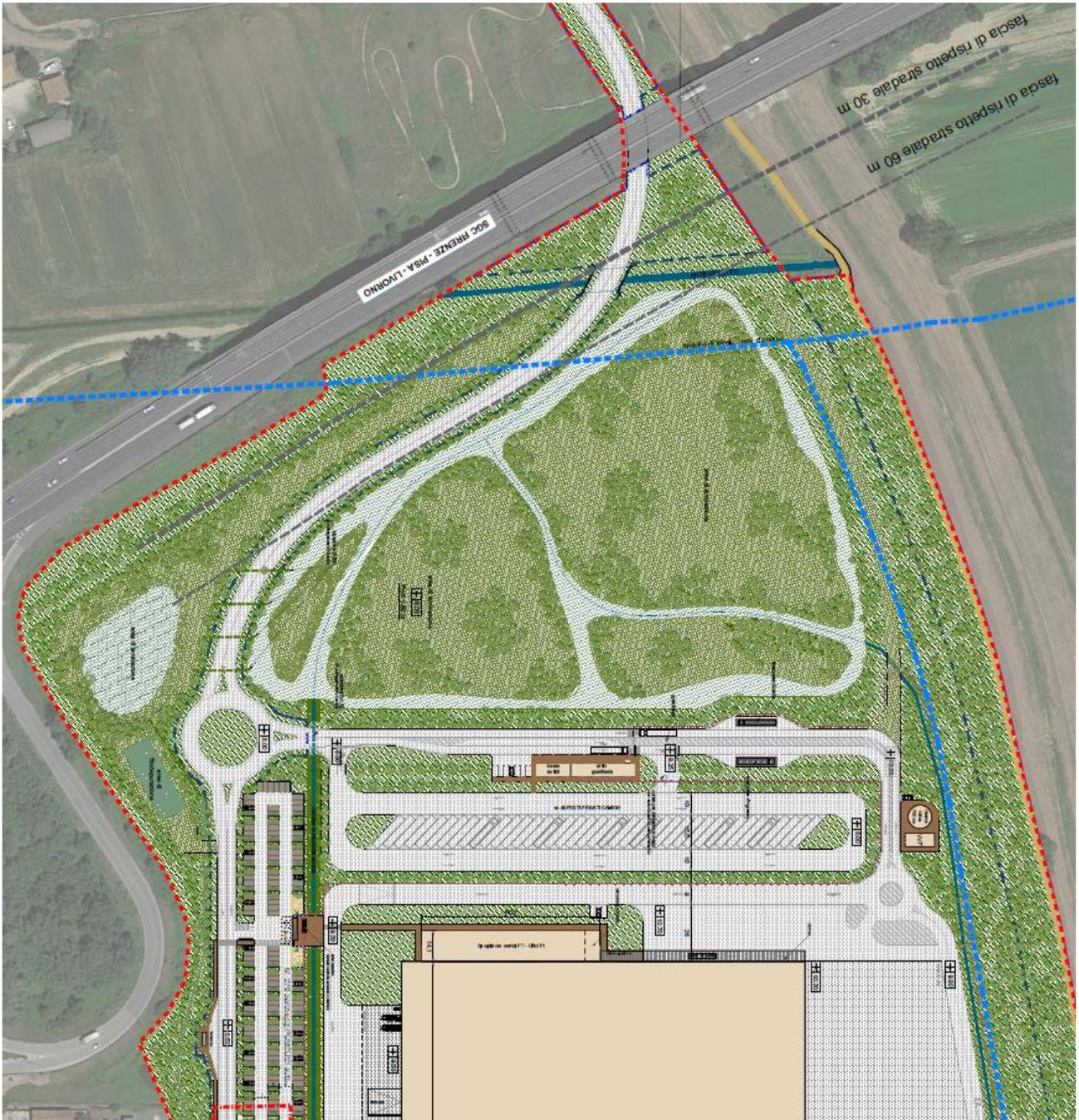


Fig. 4.3 – Opere di compenso.

Battenti maggiori nella zona nord, sono da tenere in considerazione per la realizzazione della nuova viabilità.

Lo scenario critico per l'area di studio è quello di 4 ore

**Tabella delle principali grandezze idrauliche TR200:**

River	Reach	River Sta	Q Total	Min Ch El	W.S. Elev	E.G. Elev	E.G. Slope	Vel Chnl	Flow Area	Top Width	Froude # Chl
			(m <sup>3</sup> /s)	(m)	(m)	(m)	(m/m)	(m/s)	(m <sup>2</sup> )	(m)	
Zannone	Zan Zancin Cresp	30	47.99	9.64	13.45	13.45	0.000029	0.27	171.75	66.25	0.05
Zannone	Zan Zancin Cresp	29.9	Lat Struct								
Zannone	Zan Zancin Cresp	29	47.22	9.47	13.33	13.47	0.001369	1.79	30.57	17.14	0.35
Zannone	Zan Zancin Cresp	28	39.68	9.28	13.18	13.29	0.001143	1.57	28.84	15.78	0.3
Zannone	Zan Zancin Cresp	27	38.41	9.33	13.16	13.16	0.000007	0.12	244.34	71.07	0.02
Zannone	Zan Zancin Cresp	26	38.39	9.24	13.15	13.23	0.000772	1.36	32.46	16.83	0.25
Zannone	Zan Zancin Cresp	25	38.24	9.38	13.05	13.15	0.000926	1.51	29.05	15.42	0.29
Zannone	Zan Zancin Cresp	24	37.91	9.28	12.95	13.05	0.001068	1.53	28.46	16.05	0.3
Zannone	Zan Zancin Cresp	23	37.46	9.09	12.87	12.95	0.000923	1.43	30.3	17.69	0.28
Zannone	Zan Zancin Cresp	22	35.96	9.11	12.71	12.82	0.001217	1.61	25.58	14.83	0.32
Zannone	Zan Zancin Cresp	21	34.6	9.1	12.68	12.68	0.000003	0.09	315.42	87.77	0.02
Zannone	Zan Zancin Cresp	20	32.83	8.8	12.61	12.69	0.000773	1.32	28	14.82	0.26
Zannone	Zan Zancin Cresp	19	32.4	8.79	12.55	12.62	0.000728	1.29	28.81	15.59	0.25
Zannone	Zan Zancin Cresp	18	32.17	8.83	12.47	12.55	0.000768	1.31	27.67	15.41	0.26
Zannone	Zan Zancin Cresp	17	32.14	8.65	12.4	12.47	0.000723	1.21	28.54	15.74	0.25
Zannone	Zan Zancin Cresp	16	32	8.64	12.33	12.4	0.000643	1.25	29.73	15.38	0.23
Zannone	Zan Zancin Cresp	15	31.91	8.62	12.27	12.34	0.000652	1.23	29.5	15.52	0.24
Zannone	Zan Zancin Cresp	14	31.8	8.6	12.21	12.27	0.000648	1.15	29.72	15.79	0.24
Zannone	Zan Zancin Cresp	13	31.79	8.75	12.13	12.21	0.000717	1.28	28.95	17.1	0.25
Zannone	Zan Zancin Cresp	12	31.61	8.48	12.05	12.13	0.000762	1.42	27.03	14.34	0.26
Zannone	Zan Zancin Cresp	11	31.6	8.39	12	12.06	0.000616	1.2	30.46	16.17	0.23
Zannone	Zan Zancin Cresp	10	31.58	8.38	11.93	12	0.000616	1.21	30.09	16.24	0.24
Zannone	Zan Zancin Cresp	9	31.56	8.34	11.88	11.94	0.000623	1.21	30.46	16.67	0.24
Zannone	Zan Zancin Cresp	8	31.43	8.16	11.81	11.87	0.00063	1.19	30.55	16.66	0.23
Zannone	Zan Zancin Cresp	7	31.37	8.04	11.76	11.82	0.000512	1.15	32.88	17.96	0.21
Zannone	Zan Zancin Cresp	6	31.33	8.25	11.72	11.77	0.000477	1.07	34.51	19.14	0.2
Zannone	Zan Zancin Cresp	5	31.26	8.26	11.67	11.72	0.000486	1.06	35.01	20.45	0.21
Zannone	Zan Zancin Cresp	4	31.18	8.15	11.64	11.67	0.000355	0.98	39.55	23.41	0.18
Zannone	Zan Zancin Cresp	3	31.09	8.44	11.6	11.64	0.000379	0.98	39.15	24.56	0.19
Zannone	Zan Zancin Cresp	2	30.99	8.28	11.56	11.6	0.000387	1.01	36.88	20.44	0.19

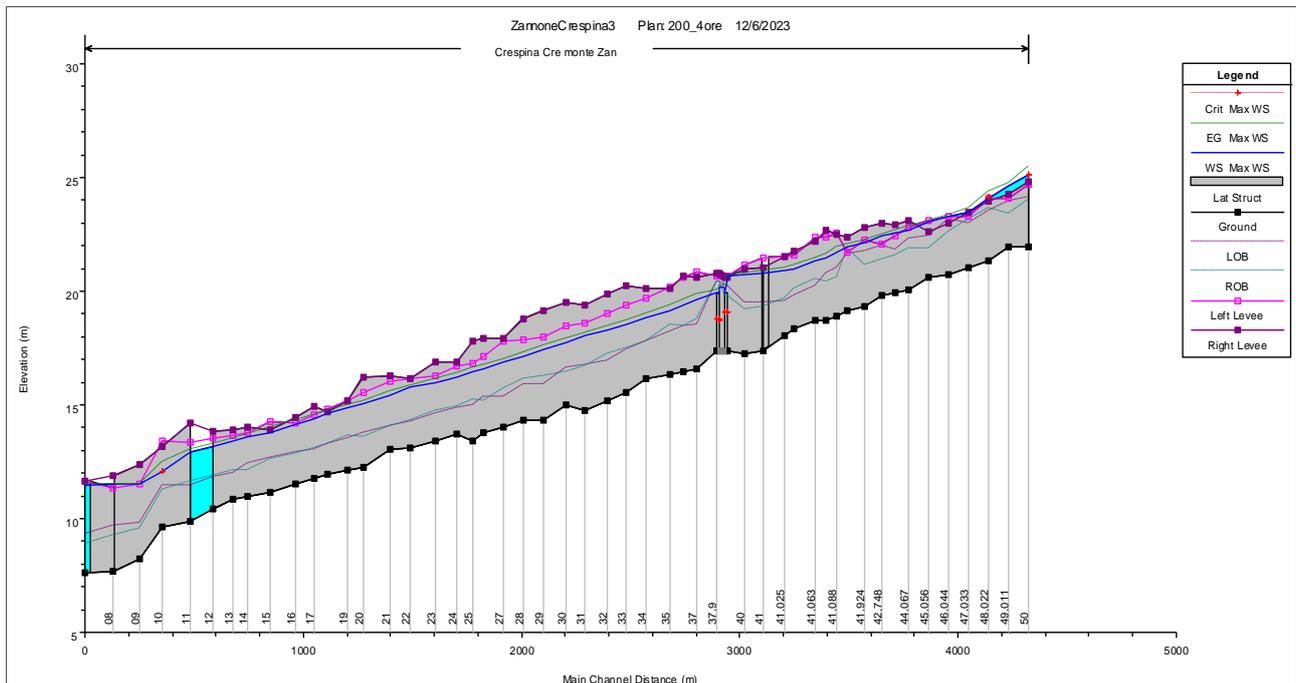
Zannone	Zan valle Cre	6.1	58.74	7.89	10.99	11.29	0.003213	2.41	24.33	15.01	0.61
Zannone	Zan valle Cre	6	58.74	7.89	10.99	11.29	0.003213	2.41	24.33	15.01	0.61
Zannone	Zan valle Cre	5.95	Bridge								
Zannone	Zan valle Cre	5.9	58.74	7.89	10.56	11.06	0.005601	3.15	18.66	12.78	0.79
Zannone	Zan valle Cre	5	58.74	8.13	10.08	10.85	0.0117	3.89	15.09	12.5	1.13
Zannone	Zan valle Cre	4.4	-0.11	7.72	9.49	9.49	0	-0.01	17.96	10.13	0
Zannone	Zan valle Cre	4.3	-0.12	8.07	9.49	9.49	0	-0.01	14.42	10.13	0
Zannone	Zan valle Cre	4.2	19.66	8.07	9.06	9.26	0.004445	1.96	10.03	10.13	0.63
Zannone	Zan valle Cre	4.1	19.66	5.17	9.13	9.14	0.000074	0.49	40.14	10.13	0.08
Zannone	Zan valle Cre	3.4	17.64	5.23	9.11	9.12	0.000066	0.45	40.58	21.31	0.07
Zannone	Zan valle Cre	3.3	17.64	5.66	9.1	9.12	0.000091	0.51	36.29	21.26	0.09
Zannone	Zan valle Cre	3.2	17.61	5.66	9.1	9.12	0.000091	0.51	36.28	21.25	0.09
Zannone	Zan valle Cre	3.1	17.61	3.04	9.11	9.12	0.00002	0.29	60.04	9.89	0.04
Zannone	Zan valle Cre	2.4	15.8	2.96	9.06	9.06	0.000012	0.23	78.88	47.98	0.03
Zannone	Zan valle Cre	2.3	15.8	3.44	9.06	9.06	0.000013	0.24	74	47.98	0.03
Zannone	Zan valle Cre	2.2	15.75	3.44	9.06	9.06	0.000013	0.24	73.97	47.97	0.03
Zannone	Zan valle Cre	2.1	15.75	2.08	9.06	9.06	0.000009	0.2	87.78	47.97	0.02
Zannone	Zan valle Cre	1.4	15.07	2.08	9.04	9.05	0.000008	0.19	87.4	47.81	0.02
Zannone	Zan valle Cre	1.3	15.07	2.48	9.04	9.05	0.000009	0.2	83.34	47.81	0.03
Zannone	Zan valle Cre	1.2	15.02	2.48	9.04	9.04	0.000009	0.2	83.31	47.8	0.03
Zannone	Zan valle Cre	1.1	15.02	2.48	9.04	9.04	0.000009	0.2	83.31	47.8	0.03
Zannone	Zan valle Cre	1	12.44	2.15	9.01	9.01	0	0.07	196.75	48.42	0.01
Zannone	Zan valle Cre	0	40.37	1.09	8.93	8.93	0.000003	0.21	202.62	64.57	0.02
Scolmatore	Sco monte Zan	97	691.23	0.46	9	9.04	0.000049	1.04	826.65	172.91	0.12
Scolmatore	Sco monte Zan	96	599.86	0.34	9.07	9.1	0.000036	0.95	828.25	168.84	0.11
Scolmatore	Sco monte Zan	95	566.1	0.02	9.05	9.07	0.000034	0.89	823.53	169.59	0.1
Scolmatore	Sco monte Zan	93	605.6	0.03	9.02	9.06	0.00004	0.98	833.36	187.55	0.11
Scolmatore	Sco monte Zan	92	597.55	-0.3	9.02	9.05	0.000031	0.86	877.53	174.11	0.1
Scolmatore	Sco monte Zan	91	577.82	-0.76	9	9.03	0.000036	0.96	734.26	142.39	0.11
Scolmatore	Sco monte Zan	90	Bridge								
Scolmatore	Sco monte Zan	89	577.82	-0.96	9	9.03	0.000029	0.88	781.93	141.46	0.1
Scolmatore	Sco monte Zan	88	531.59	-1.13	8.93	8.95	0.000017	0.7	959.8	157.26	0.07
Scolmatore	Sco valle Zan	88	571.96	-1.13	8.93	8.95	0.00002	0.75	959.8	157.26	0.08
Scolmatore	Sco valle Zan	87	100	-1.07	8.5	8.5	0.000001	0.15	874.64	176.81	0.02
Crespina	Cre monte Zan	50	75.21	21.94	25.1	25.49	0.007055	3.28	33.52	40.75	0.68
Crespina	Cre monte Zan	49.99	Lat Struct								
Crespina	Cre monte Zan	49.98	Lat Struct								
Crespina	Cre monte Zan	49.011	52.06	21.95	24.63	24.77	0.003619	2.06	35.55	43	0.5
Crespina	Cre monte Zan	48.022	34.03	21.33	24.08	24.38	0.008592	2.67	17.98	44.49	0.72
Crespina	Cre monte Zan	47.033	30.56	21.07	23.49	23.66	0.004082	2.06	22.63	45.98	0.51

Crespina	Cre monte Zan	46.044	25.59	20.74	23.26	23.35	0.00199	1.47	22.53	27.98	0.35
Crespina	Cre monte Zan	45.056	29.79	20.58	23.02	23.13	0.002792	1.81	25.83	45.45	0.43
Crespina	Cre monte Zan	44.067	24.59	20.08	22.68	22.87	0.004066	2.07	13.54	12.66	0.5
Crespina	Cre monte Zan	43.408	23.86	19.95	22.55	22.65	0.002278	1.55	20.11	30.88	0.39
Crespina	Cre monte Zan	42.748	27.37	19.8	22.42	22.51	0.001832	1.5	24.76	30.91	0.35
Crespina	Cre monte Zan	41.924	38.12	19.31	22.13	22.28	0.003238	1.97	25.26	30.2	0.47
Crespina	Cre monte Zan	41.1	37.18	19.13	21.95	22.06	0.002273	1.62	27.63	30.41	0.4
Crespina	Cre monte Zan	41.088	36.52	18.93	21.69	21.93	0.005726	2.42	18.09	17.73	0.61
Crespina	Cre monte Zan	41.075	36.5	18.74	21.46	21.67	0.004362	2.24	19.39	19.08	0.55
Crespina	Cre monte Zan	41.063	36.49	18.72	21.34	21.47	0.002564	1.82	24.33	20.9	0.43
Crespina	Cre monte Zan	41.038	36.43	18.38	21.01	21.18	0.003467	1.98	20.66	17.36	0.51
Crespina	Cre monte Zan	41.025	36.4	18.02	20.94	21.05	0.00148	1.61	26.61	17.13	0.34
Crespina	Cre monte Zan	41	36.34	17.39	20.8	20.9	0.001426	1.59	27.78	18.09	0.32
Crespina	Cre monte Zan	40.99	Lat Struct								
Crespina	Cre monte Zan	40.98	Lat Struct								
Crespina	Cre monte Zan	40	36.29	17.23	20.71	20.79	0.001185	1.47	29.86	19.17	0.29
Crespina	Cre monte Zan	39	36.2	17.37	20.66	20.71	0.000844	1.1	39.75	39.33	0.26
Crespina	Cre monte Zan	38.95	Bridge								
Crespina	Cre monte Zan	38.9	36.19	17.37	20.14	20.3	0.003063	1.79	20.84	18.93	0.47
Crespina	Cre monte Zan	38	36.19	17.4	20.18	20.24	0.001039	1.11	32.53	20.09	0.28
Crespina	Cre monte Zan	37.95	Bridge								
Crespina	Cre monte Zan	37.9	36.19	17.4	19.95	20.04	0.00142	1.28	28.28	17.79	0.32
Crespina	Cre monte Zan	37	36.19	16.57	19.64	19.86	0.003635	2.27	19.33	16.5	0.5
Crespina	Cre monte Zan	36	36.19	16.49	19.38	19.63	0.004209	2.39	18.1	15.77	0.54
Crespina	Cre monte Zan	35	36.18	16.33	19.17	19.37	0.003668	2.15	20.07	18.65	0.51
Crespina	Cre monte Zan	34	36.18	16.16	18.83	18.99	0.002966	2.04	21.47	17.29	0.46
Crespina	Cre monte Zan	33	36.17	15.52	18.54	18.72	0.003029	2.11	20.99	16.95	0.45
Crespina	Cre monte Zan	32	36.17	15.2	18.29	18.47	0.002949	2.09	21.02	16.13	0.45
Crespina	Cre monte Zan	31	36.16	14.76	18.02	18.18	0.002666	1.99	22.16	16.72	0.42
Crespina	Cre monte Zan	30	36.16	14.98	17.75	17.93	0.00313	2.15	20.61	16.28	0.47
Crespina	Cre monte Zan	29	36.15	14.34	17.41	17.59	0.003195	2.13	20.4	15.41	0.46
Crespina	Cre monte Zan	28	36.15	14.32	17.13	17.31	0.003142	2.1	20.87	17.07	0.47
Crespina	Cre monte Zan	27	36.14	14.05	16.88	17.04	0.002817	2.03	22.01	17.31	0.45
Crespina	Cre monte Zan	26	36.14	13.79	16.61	16.76	0.002944	2.02	21.76	16.59	0.45
Crespina	Cre monte Zan	25	36.13	13.41	16.44	16.62	0.003272	2.14	20.35	15.01	0.46
Crespina	Cre monte Zan	24	36.13	13.69	16.24	16.4	0.002874	2.07	21.73	17.1	0.46
Crespina	Cre monte Zan	23	36.12	13.39	16	16.13	0.002617	1.86	23.44	18.86	0.44
Crespina	Cre monte Zan	22	36.12	13.13	15.78	15.87	0.001806	1.58	27.88	21.99	0.36
Crespina	Cre monte Zan	21	36.12	13.07	15.41	15.62	0.004114	2.34	18.52	14.33	0.55
Crespina	Cre monte Zan	20	36.11	12.28	15.06	15.19	0.002549	1.91	23.02	16.96	0.41
Crespina	Cre monte Zan	19	36.11	12.15	14.85	15.01	0.002996	2.03	21.38	16.03	0.45
Crespina	Cre monte Zan	18	33.32	11.96	14.6	14.73	0.002624	1.86	21.61	16.46	0.4
Crespina	Cre monte Zan	17	36.11	11.78	14.41	14.6	0.003729	2.22	19.57	14.79	0.49
Crespina	Cre monte Zan	16	33.11	11.54	14.16	14.32	0.003376	2.07	19.14	14.62	0.45

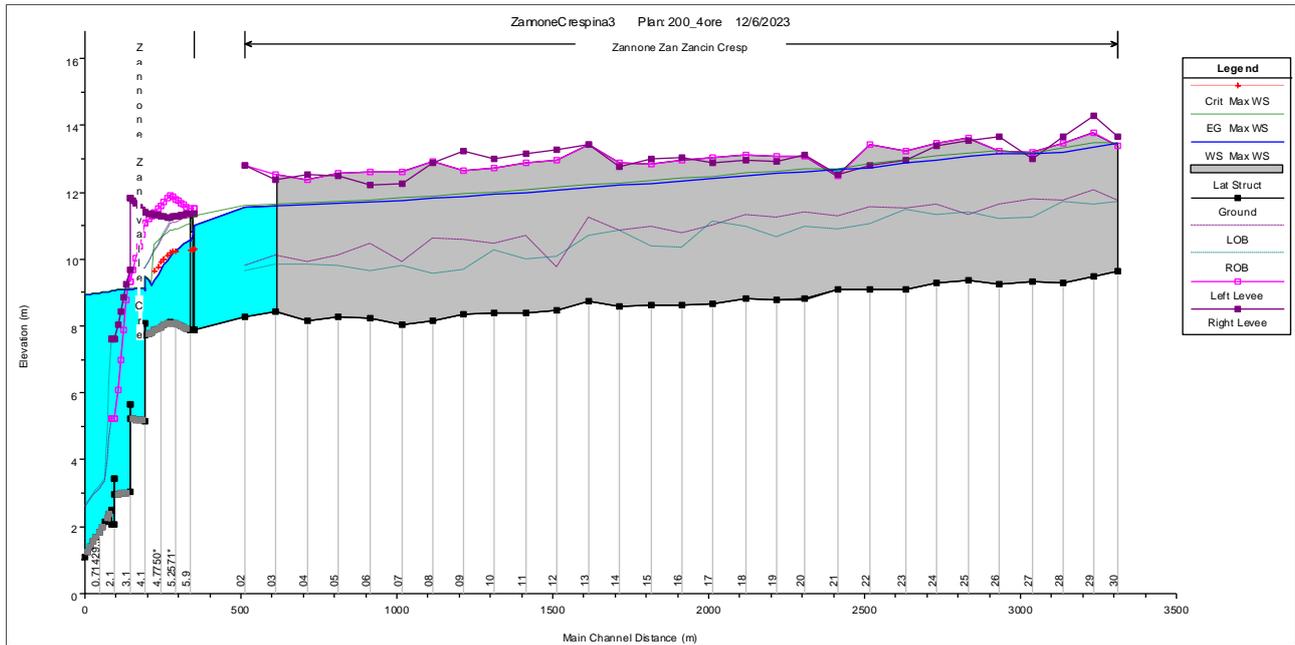
Crespina	Cre monte Zan	15	35.64	11.13	13.79	13.99	0.004046	2.26	18.9	15.01	0.51
Crespina	Cre monte Zan	14	35.65	10.97	13.59	13.7	0.002303	1.79	24.85	20	0.39
Crespina	Cre monte Zan	13	35.64	10.84	13.41	13.54	0.002519	1.89	23.25	18.1	0.42
Crespina	Cre monte Zan	12	35.64	10.43	13.17	13.31	0.002556	1.93	22.54	16.69	0.41
Crespina	Cre monte Zan	11	35.64	9.89	12.91	13.05	0.002518	1.92	22.48	16.86	0.42
Crespina	Cre monte Zan	10.99	Lat Struct								
Crespina	Cre monte Zan	10.98	Lat Struct								
Crespina	Cre monte Zan	10	35.64	9.61	12.08	12.5	0.010376	3.2	13.68	15.32	0.8
Crespina	Cre monte Zan	9	35.61	8.24	11.52	11.55	0.000292	0.78	56.45	28.4	0.15
Crespina	Cre monte Zan	8	29.68	7.66	11.51	11.53	0.000176	0.63	59.39	28.67	0.12
Crespina	Cre monte Zan	7	27.71	7.64	11.48	11.51	0.000262	0.85	39.27	16.82	0.15

### Profili idraulici Tr200:

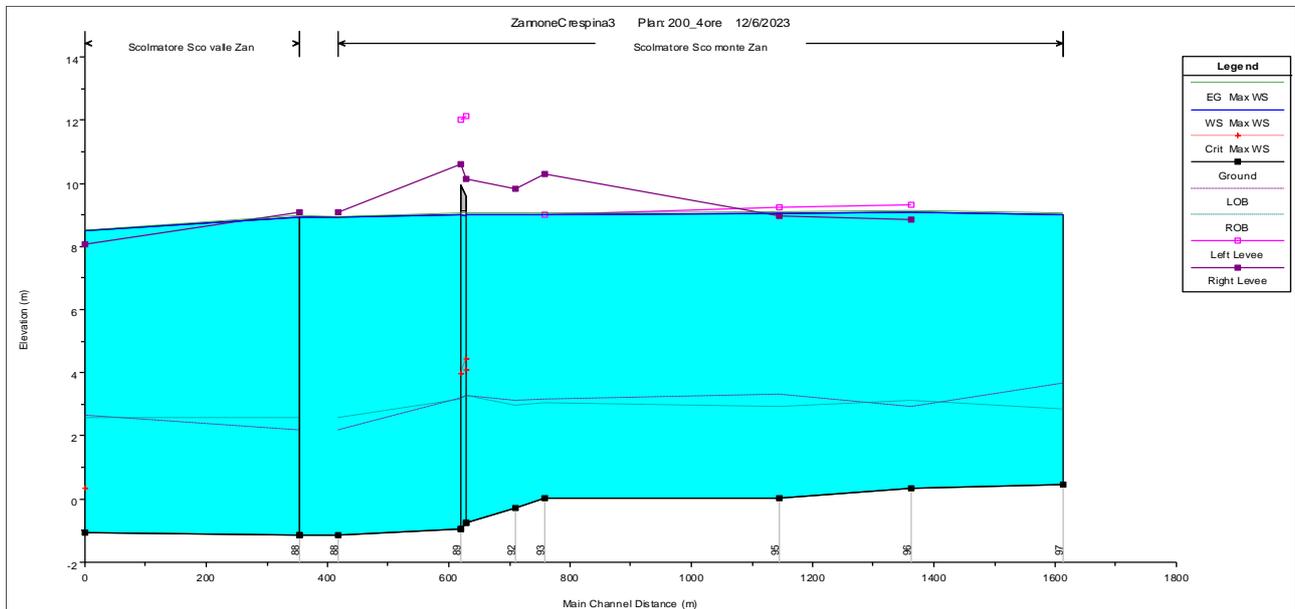
Crespina:



Zannone:

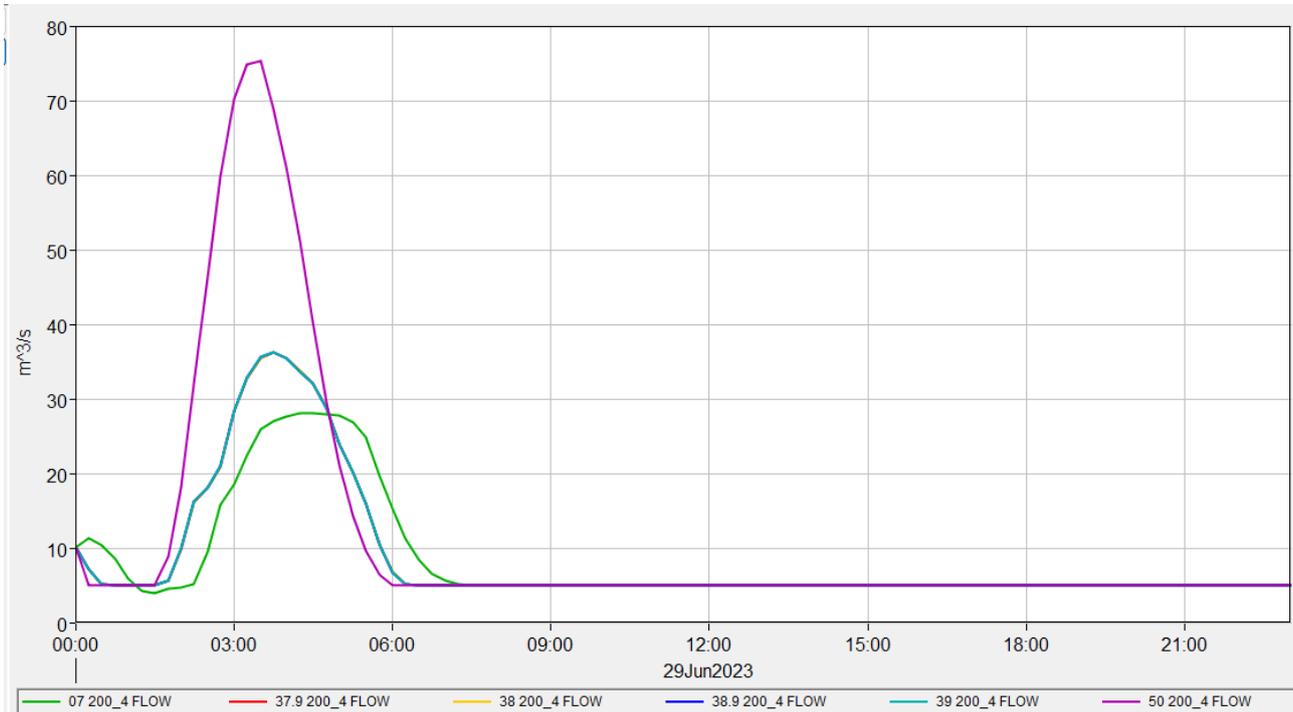


Scolmatore:

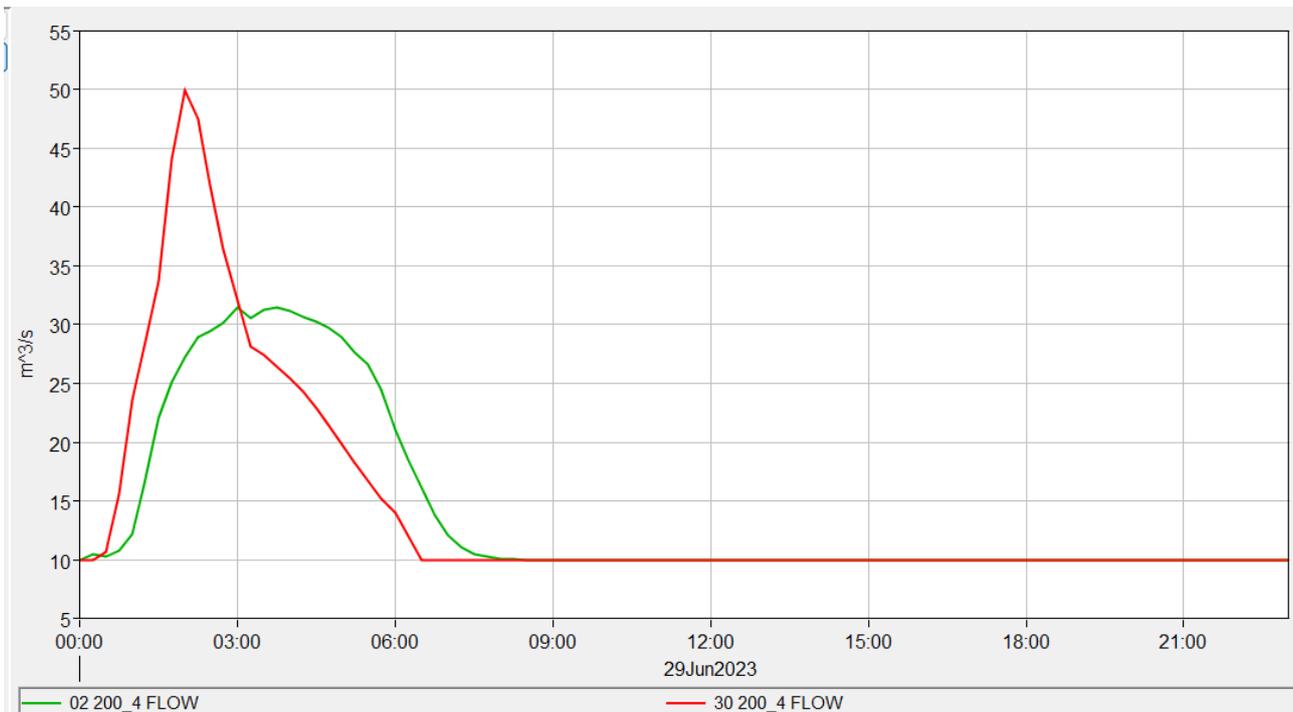


Idrogrammi di piena Tr 200:

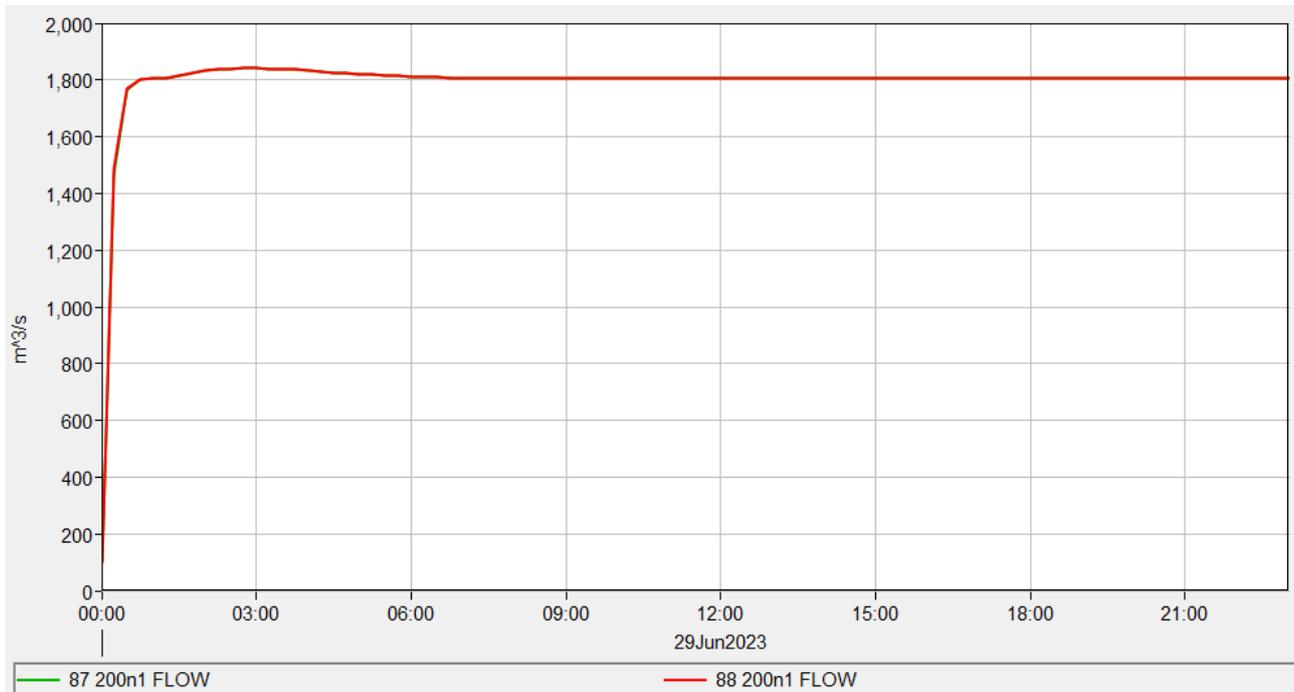
Crespina:



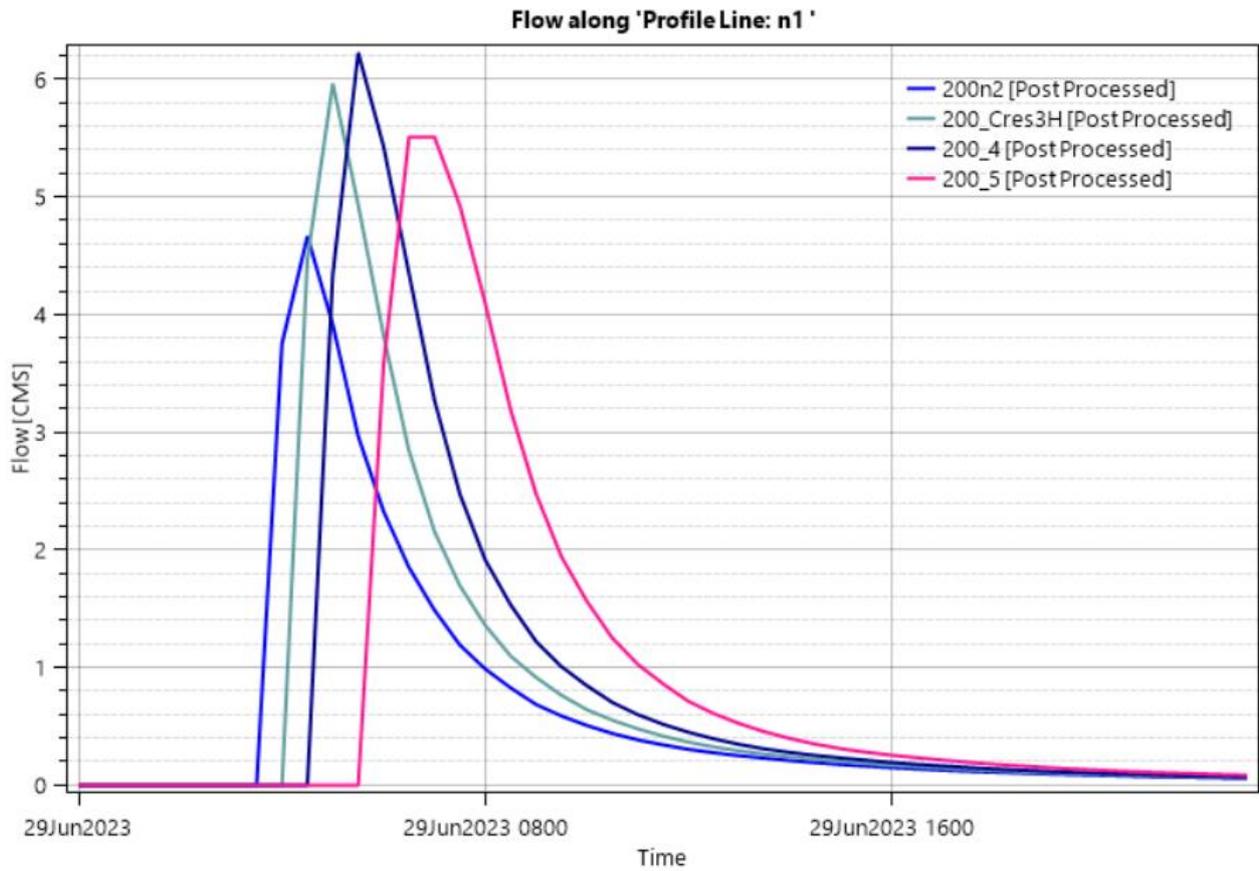
Zannone:



Scolmatore:



Idrogrammi tr200 relativi ai flussi di sfioro in sinistra idraulica del Crespina, interessanti il transito nell'area oggetto di intervento:



Con tali idrogrammi sono dimensionate le opere relative alla cassa di compenso (alimentazione e scarico)

## 5. Opere di compensazione e Conclusioni

Per garantire la sicurezza idraulica delle nuove opere, il piano di imposta del nuovo comparto sarà rialzato rispetto al P.C., nelle aree interessate dall'esonazione: +10.70 per lo stabilimento e variabile da 9 a 10,2 per i piazzali circostanti come meglio indicato in planimetria di progetto.

Gli altri parcheggi e le strade esterne sono sempre mediamente rialzate rispetto all'ipotetico battente duecentennale; va specificato che l'esonazione del Crespina a monte viene incanalata e trasportata direttamente nella cassa di laminazione. In particolare il raccordo di collegamento tra il polo e lo svincolo sarà posto a quota a 8 m slm, per quanto riguarda il piano viabile; il massimo livello duecentennale infatti è di 7,7 m slm (area a nord del polo) ed è in linea con gli studi idraulici del Comune di Crespina-Lorenzana.

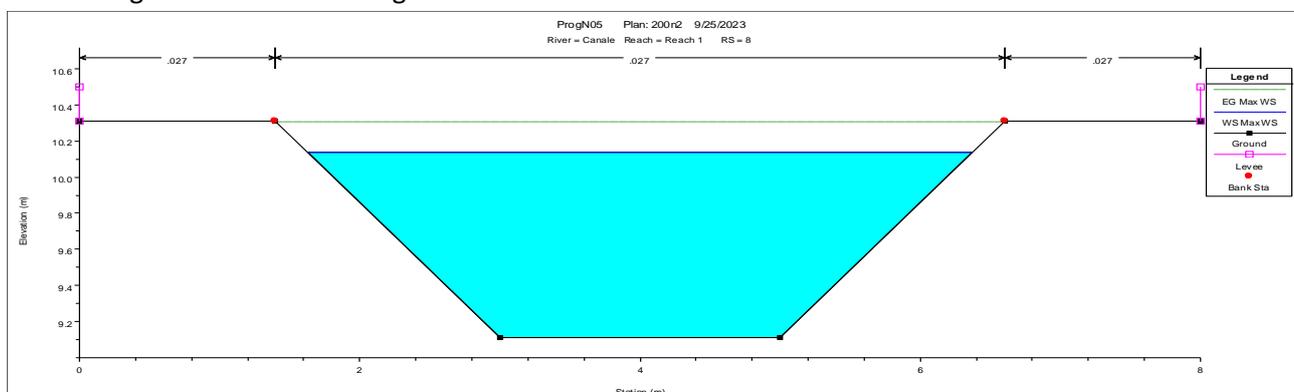
Nella tavola possono facilmente ricavarsi i franchi nelle varie sezioni.

Le opere di compenso permetteranno di mitigare l'impatto idraulico delle opere, compresa la chiusura delle fosse campestri esistenti; le acque verranno intercettate in un canale di drenaggio, di adeguate dimensioni, posto sul lato sud del comparto e di lì saranno collettate verso la cassa di compenso insieme alle acque pluviali del comparto stesso. Tale canale permetterà inoltre la ricezione di parte delle acque pluviali (circa metà del comparto); la restante parte delle acque pluviali verrà raccolta da un fosso di guardia ubicato sul lato est (e in parte sud) che terminerà anch'esso nelle casse di compenso.

La cassa di compenso sarà dotata di opere di scarico (verso l'Antifossetto) in modo tale da non creare aggravii e permettere il vuotamento del volume invasato temporaneamente.

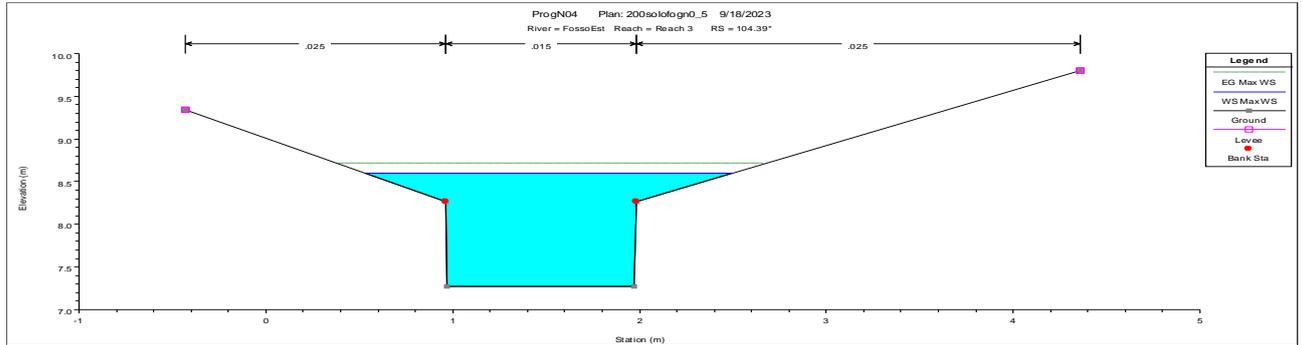
Le opere di compenso sono specificate in apposita tavola grafica impostata su specifico rilievo topografico di dettaglio a corredo dei dati lidar disponibili; dette opere comprendono:

- Cassa di compenso di profondità di 1,5 m, della superficie utile di 30000 mq circa; pertanto il volume disponibile utile è di 40000 mc ed è quindi adeguato, in base a quanto prima detto; In realtà il volume dinamico effettivo è 38000 mc con livello idrico massimo di 7,30 m slm, che non costituisce rischio in quanto le casse sono circondate dalla nuova viabilità a quota 8 m slm.
- Canale di raccolta atto a convogliare verso le casse, i flussi idrici: sia quelli pluviali di una porzione del comparto, sia quelli provenienti dalle potenziali esondazioni di monte; la sezione del canale ha le seguenti caratteristiche geometriche:



Nel tratto lato sud ha una sezione rettangolare in calcestruzzo 2,5 m x 1,5 m.

- Canale di scolo delle acque pluviali lato est e sud:



Trattasi di un collettore ad U in c.a. 1m x 1m raccordato ai piazzali e al terreno circostante con sponde in terra rivestite.

- Tubazione di scarico  $D_{int.}$  1000, per vuotare le casse verso l'Antifossetto; sarà dotata di apposito clapet di protezione.
- Opere accessorie quali attraversamenti e scogliere.

Di seguito si riportano i risultati delle modellazioni idrauliche relative alle opere di compenso di cui sopra; sono state condotte verifiche considerando o meno i flussi di potenziale esondazione provenienti da monte; ciò al fine di verificare il non aggravio di rischio anche nel caso di eventi riguardanti la sola fognatura pluviale:

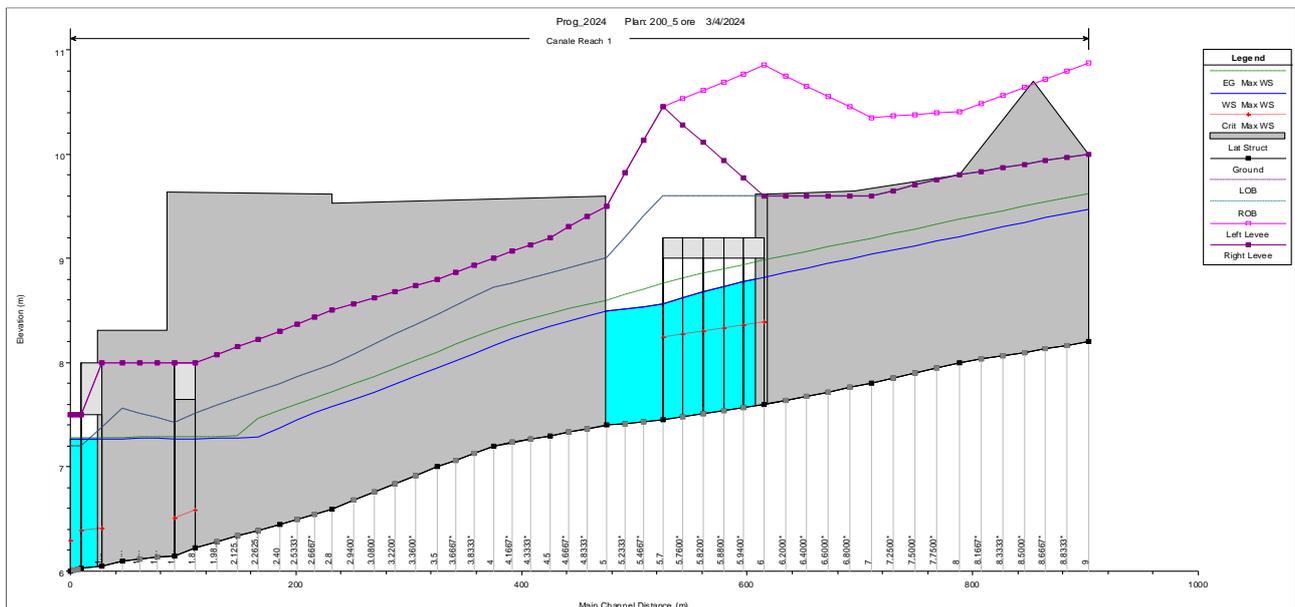
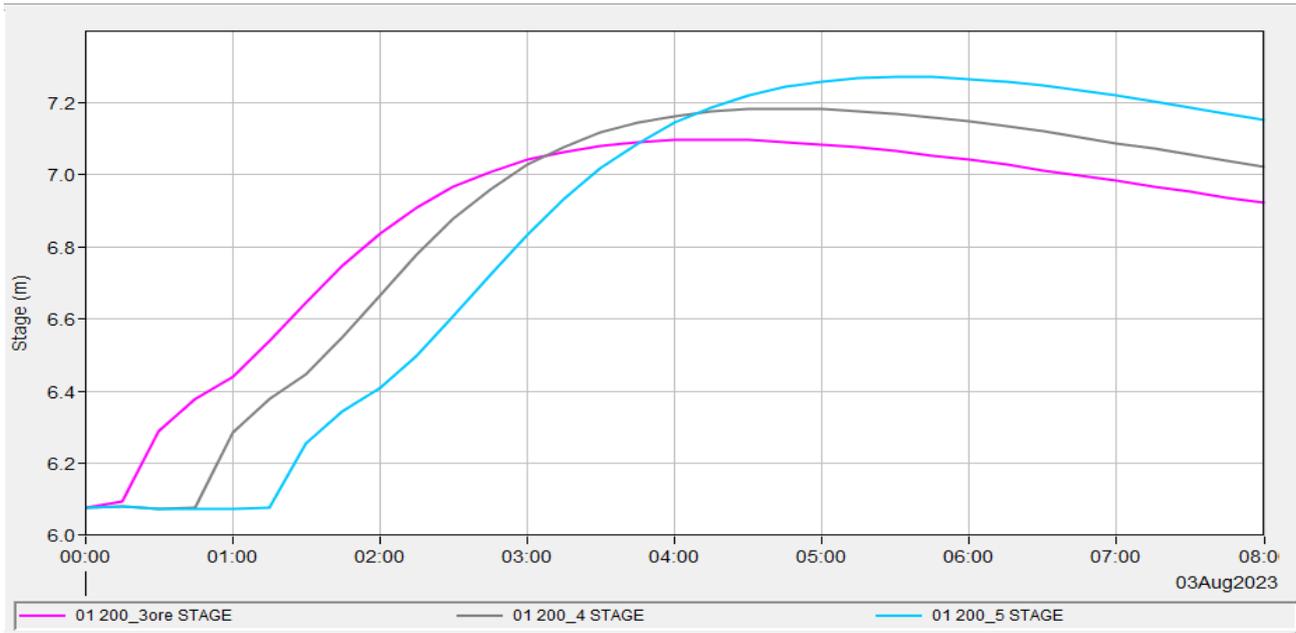


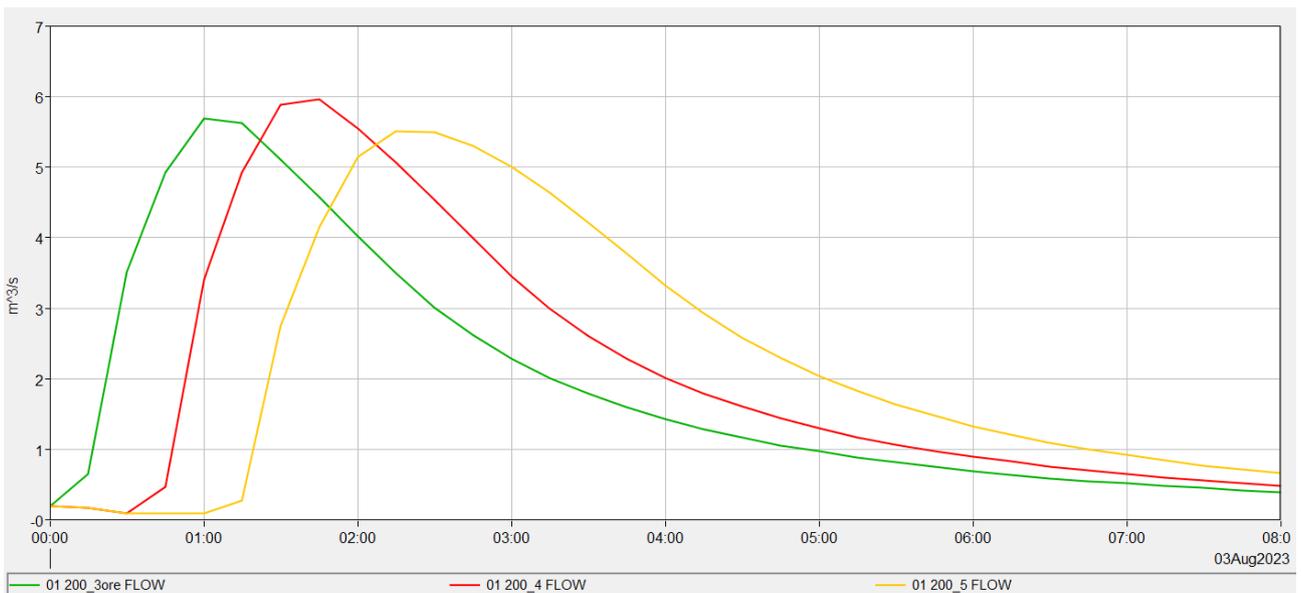
Fig. 6.1 – Profilo idraulico di massima piena duecentennale.

E' stato modellato anche lo scarico nell'Antifossetto onde verificarne il non aggravio.

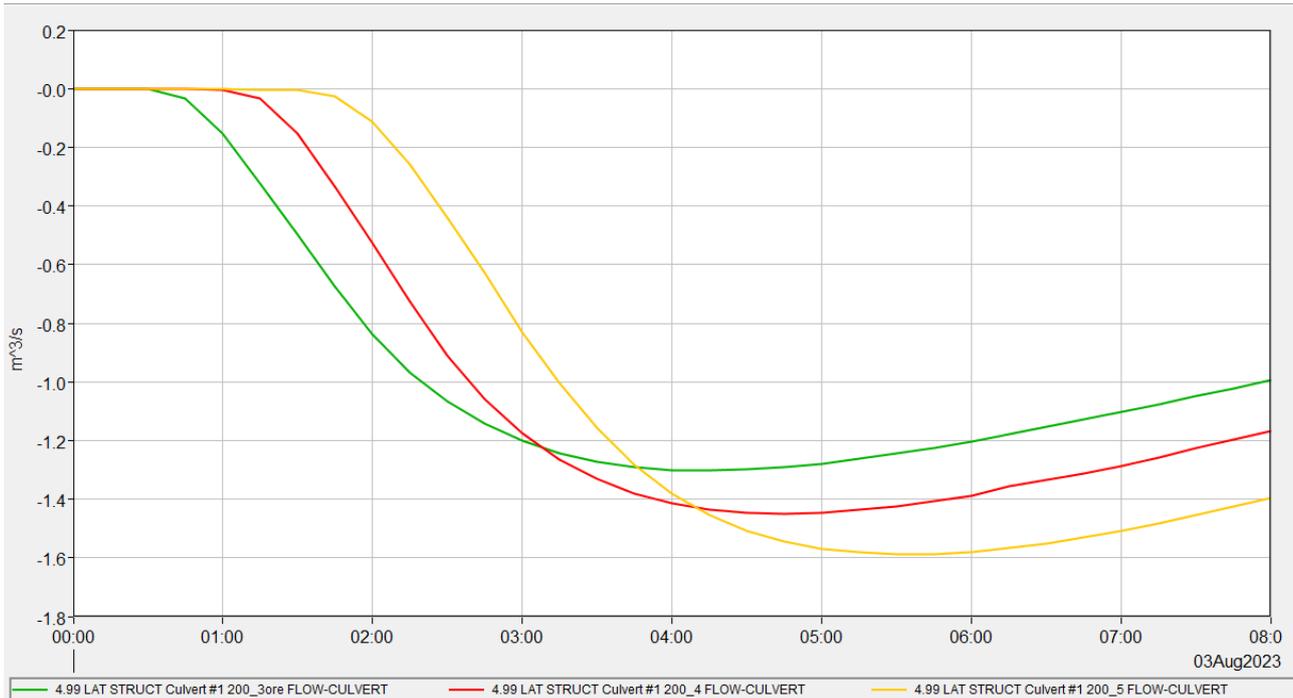
**TABELLE DELLE PRINCIPALI GRANDEZZE IDRAULICHE E IDROGRAMMI – VARI SCENARI Tr200:**



### Livelli dinamici Area di invaso

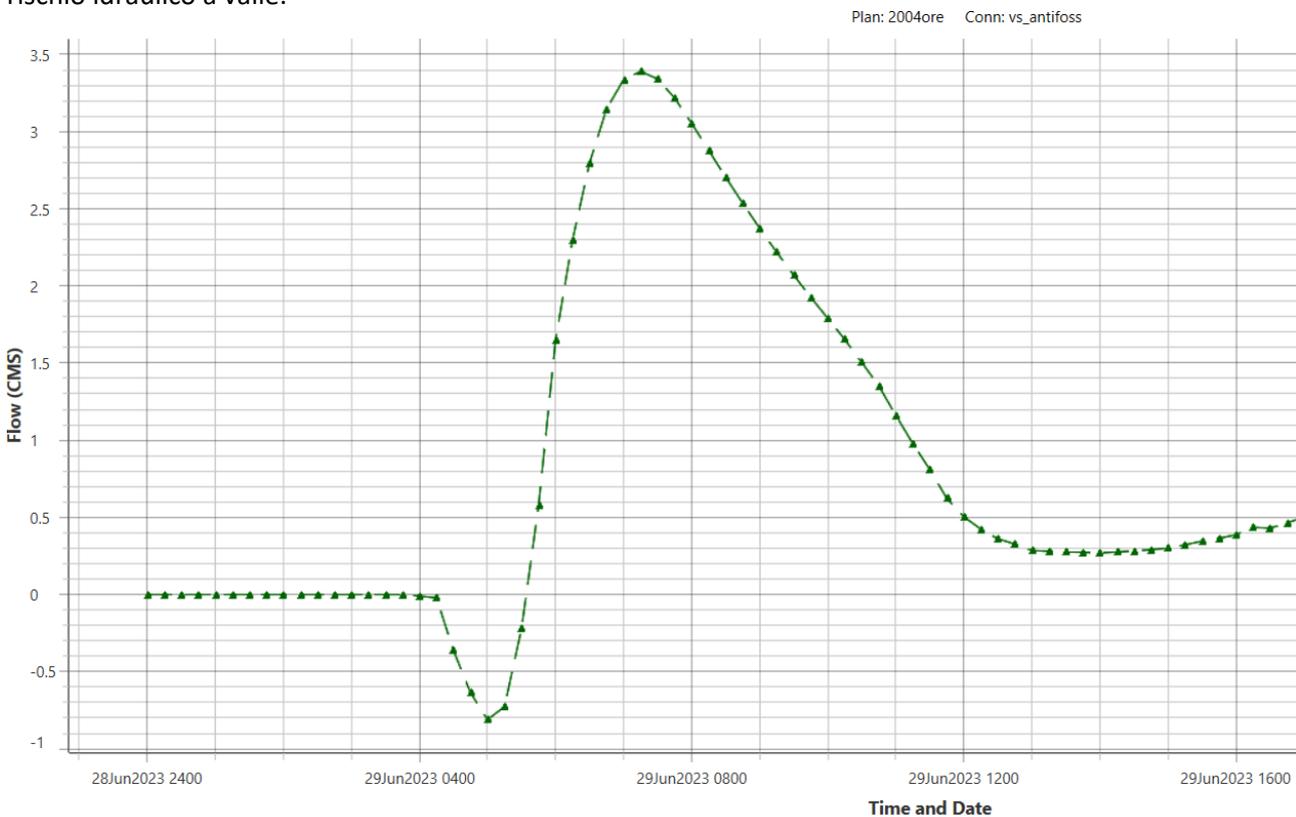


### Canale di scolo



Idrogrammi laterali verso l'Antifossetto (positive se uscenti dal fosso)

La massima portata è inferiore all'attuale, che è superiore a 3 mc/s; pertanto c'è anche una riduzione del rischio idraulico a valle:



Tr 200 – durata 3 ore:

HEC-RAS Plan: 200_3ore River: Canale Reach: Reach 1 Profile: Max WS												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	9	Max WS	5.95	8.20	9.53		9.69	0.002077	1.73	3.43	2.65	0.49
Reach 1	8.99		Lat Struct									
Reach 1	8	Max WS	5.93	8.00	9.27		9.44	0.002373	1.82	3.25	2.64	0.52
Reach 1	7	Max WS	5.92	7.80	9.09		9.25	0.002237	1.78	3.32	2.64	0.51
Reach 1	6.38		Lat Struct									
Reach 1	6	Max WS	5.91	7.60	8.87	8.42	9.04	0.002368	1.82	3.25	2.63	0.52
Reach 1	5.7	Max WS	5.91	7.45	8.60	8.27	8.81	0.003110	2.01	2.94	2.61	0.60
Reach 1	5	Max WS	5.90	7.40	8.53		8.64	0.002517	1.45	4.08	5.21	0.52
Reach 1	4.99		Lat Struct									
Reach 1	4.5	Max WS	5.90	7.30	8.39		8.51	0.002942	1.53	3.85	5.09	0.56
Reach 1	4	Max WS	5.90	7.20	8.19		8.35	0.004142	1.74	3.40	4.84	0.66
Reach 1	3.5	Max WS	5.90	7.00	7.98		8.14	0.004279	1.75	3.36	4.84	0.67
Reach 1	2.8	Max WS	5.89	6.60	7.61		7.75	0.003799	1.68	3.51	4.94	0.64
Reach 1	2.40	Max WS	5.89	6.45	7.40		7.57	0.004744	1.82	3.24	4.77	0.71
Reach 1	1.85	Max WS	5.89	6.23	7.14	7.01	7.41	0.002424	2.30	2.55	3.00	0.77
Reach 1	1.70	Max WS	1.33	6.15	7.10	6.48	7.11	0.000108	0.50	2.68	3.00	0.16
Reach 1	1.35	Max WS	1.31	6.10	7.10		7.11	0.000224	0.40	3.23	4.47	0.15
Reach 1	1.225	Max WS	1.27	6.05	7.09	6.37	7.10	0.000076	0.43	2.94	3.00	0.14
Reach 1	01.1	Max WS	1.27	6.03	7.09	6.35	7.10	0.000070	0.42	3.02	3.00	0.13
Reach 1	01	Max WS	1.31	6.00	7.10	6.26	7.10	0.000066	0.27	4.92	5.97	0.09

Tr 200 – durata 4 ore:

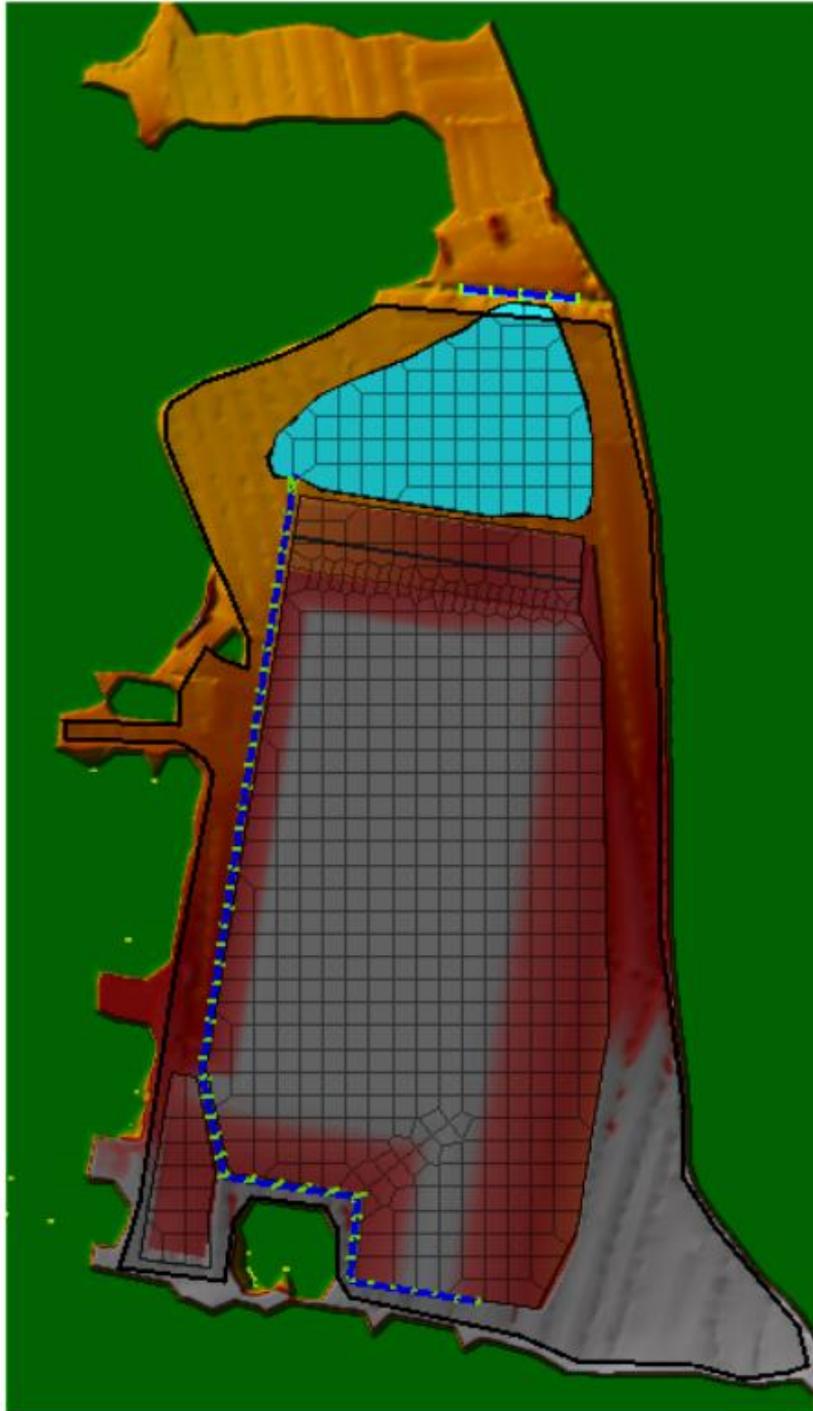
HEC-RAS Plan: 200_4 River: Canale Reach: Reach 1 Profile: Max WS												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	9	Max WS	6.20	8.20	9.57		9.73	0.002085	1.75	3.53	2.65	0.49
Reach 1	8.99		Lat Struct									
Reach 1	8	Max WS	6.18	8.00	9.30		9.48	0.002384	1.84	3.35	2.65	0.52
Reach 1	7	Max WS	6.18	7.80	9.13		9.29	0.002262	1.81	3.42	2.65	0.51
Reach 1	6.38		Lat Struct									
Reach 1	6	Max WS	6.17	7.60	8.90	8.45	9.08	0.002415	1.85	3.34	2.63	0.52
Reach 1	5.7	Max WS	6.17	7.45	8.62	8.30	8.84	0.003211	2.06	3.00	2.61	0.61
Reach 1	5	Max WS	6.16	7.40	8.55		8.66	0.002528	1.47	4.20	5.28	0.53
Reach 1	4.99		Lat Struct									
Reach 1	4.5	Max WS	6.16	7.30	8.41		8.53	0.002956	1.55	3.97	5.16	0.57
Reach 1	4	Max WS	6.16	7.20	8.22		8.37	0.004150	1.76	3.50	4.90	0.66
Reach 1	3.5	Max WS	6.16	7.00	8.00		8.17	0.004283	1.78	3.47	4.91	0.67
Reach 1	2.8	Max WS	6.15	6.60	7.63		7.78	0.003812	1.70	3.62	5.00	0.64
Reach 1	2.40	Max WS	6.15	6.45	7.42		7.60	0.004757	1.84	3.34	4.84	0.71
Reach 1	1.85	Max WS	1.47	6.23	7.19	6.57	7.20	0.000128	0.54	2.71	3.00	0.18
Reach 1	1.70	Max WS	1.47	6.15	7.19	6.50	7.20	0.000102	0.50	2.94	3.00	0.16
Reach 1	1.35	Max WS	1.45	6.10	7.18		7.19	0.000202	0.40	3.62	4.68	0.15
Reach 1	1.225	Max WS	1.41	6.05	7.18	6.39	7.19	0.000074	0.44	3.20	3.00	0.13
Reach 1	01.1	Max WS	1.41	6.03	7.18	6.37	7.19	0.000069	0.43	3.28	3.00	0.13
Reach 1	01	Max WS	1.45	6.00	7.18	6.28	7.19	0.000062	0.27	5.45	6.21	0.09

Tr 200 – durata 5 ore:

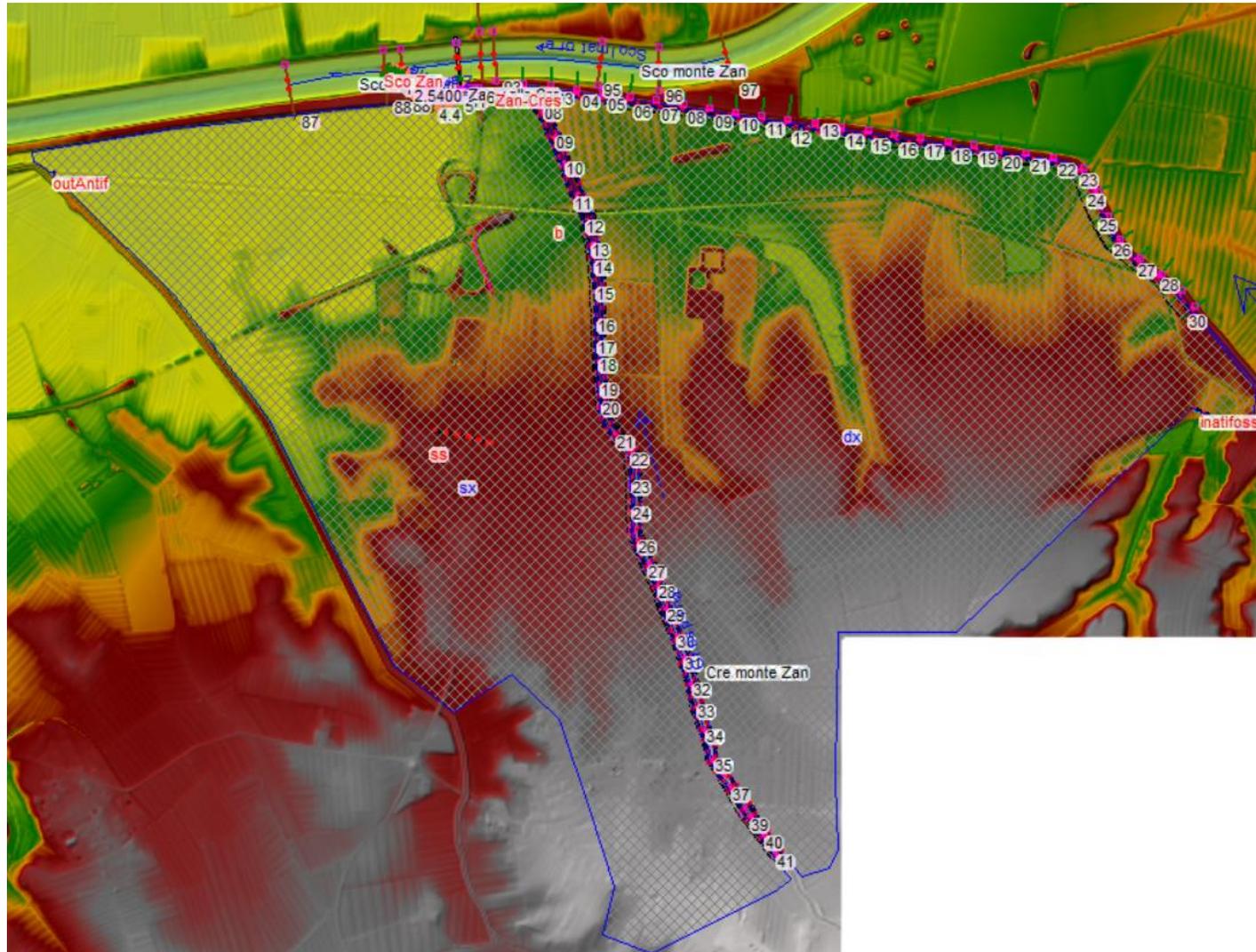
HEC-RAS Plan: 200_5 River: Canale Reach: Reach 1 Profile: Max WS												
Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
Reach 1	9	Max WS	5.51	8.20	9.47		9.62	0.002037	1.69	3.26	2.64	0.48
Reach 1	8.99	Lat Struct										
Reach 1	8	Max WS	5.51	8.00	9.21		9.37	0.002339	1.78	3.10	2.63	0.52
Reach 1	7	Max WS	5.51	7.80	9.04		9.19	0.002188	1.73	3.18	2.64	0.50
Reach 1	6.38	Lat Struct										
Reach 1	6	Max WS	5.51	7.60	8.82	8.39	8.98	0.002289	1.76	3.13	2.62	0.52
Reach 1	5.7	Max WS	5.51	7.45	8.57	8.24	8.76	0.002953	1.94	2.85	2.60	0.59
Reach 1	5	Max WS	5.51	7.40	8.49		8.60	0.002494	1.42	3.89	5.11	0.52
Reach 1	4.99	Lat Struct										
Reach 1	4.5	Max WS	5.51	7.30	8.35		8.47	0.002917	1.50	3.67	4.99	0.56
Reach 1	4	Max WS	5.51	7.20	8.16		8.31	0.004139	1.70	3.23	4.74	0.66
Reach 1	3.5	Max WS	5.51	7.00	7.95		8.10	0.004276	1.72	3.20	4.75	0.67
Reach 1	2.8	Max WS	5.51	6.60	7.58		7.72	0.003744	1.64	3.36	4.85	0.63
Reach 1	2.40	Max WS	5.51	6.45	7.38		7.54	0.004624	1.77	3.11	4.70	0.69
Reach 1	1.85	Max WS	1.57	6.23	7.27	6.59	7.29	0.000114	0.53	2.97	3.00	0.17
Reach 1	1.70	Max WS	1.58	6.15	7.27	6.51	7.28	0.000093	0.49	3.20	3.00	0.15
Reach 1	1.35	Max WS	1.58	6.10	7.27		7.28	0.000177	0.39	4.04	4.90	0.14
Reach 1	1.225	Max WS	1.55	6.05	7.27	6.41	7.28	0.000073	0.45	3.46	3.00	0.13
Reach 1	01.1	Max WS	1.55	6.03	7.27	6.39	7.28	0.000068	0.44	3.54	3.00	0.13
Reach 1	01	Max WS	1.59	6.00	7.27	6.29	7.28	0.000054	0.26	6.12	8.00	0.09

**Allegato:**

**Schemi idraulici:**



Comparto



Modello generale corsi d'acqua naturali.

## Sezioni HEC-RAS