**COMUNE DI GENOVA**
**Provincia Di Genova**
**Regione Liguria**

# Opere di adeguamento idraulico del Rio San Michele sito in Via G. Ratto Genova, Prà

# RELAZIONE IDRAULICA Stato do progetto

Roncone
Walter
14.02.2025
16:56:13
GMT+02:00

# Indice generale

1. PREMESSA ..... 3
2. DESCRIZIONE ..... 4
    2.1. Portata di piena ..... 4
3. VERIFICA IDRAULICA ..... 7
    3.1. Verifica sezione campione ..... 7
    3.2. Moto permanente ..... 9
    3.3. Moto vario ..... 10
4. RISULTATI ..... 15

# 1. PREMESSA

Il presente studio è volto alla mitigazione del rischio idraulico relativo al Rio San Michele sito in Genova Prà nel tratto compreso tra via G. Ratto e via Ungaretti. La verifica è relativa alla condizione attuale del Rio San Michele; è inoltre condotta una verifica con parziale ostruzione della sezione dovuta al trasporto solido.

Il presente progetto di sistemazione idraulica fa parte di un progetto generale di ristrutturazione urbanistica dell'area Ex Fonderie San Giorgio. Il progetto di ristrutturazione urbanistica prevede la realizzazione di diversi fabbricati a destinazione in parte commerciale in parte residenziale.

Nella situazione attuale il corso d'acqua risulta in parte con sponde e fondo naturali in parte con sponde in cemento; in prossimità di via Ratto è presente un guado che consente l'accesso ad alcune abitazioni poste a monte del Rio stesso. A valle di tale guado il Rio risulta tombinato fino alla linea ferroviaria posta nelle immediate vicinanze della foce del Rio San Michele. Le criticità individuate sono essenzialmente quelle relative al guado in prossimità di via Ratto.

Il Rio San Michele fa parte dell'Ambito 12 e 13 dei Piani di Bacino, trattasi di un'asta fluviale sottesa ad un bacino imbrifero modesto.

La verifica a seguire è condotta per un tratto significativo fino alla tombinatura presente sotto via Ratto. Dalla documentazione disponibile presso i Piani di Bacino si è rilevato uno studio idraulico del 2022 che individuava come principale criticità idraulica quella relativa al nodo presente su via Ratto. Nella presente verifica idraulica dello stato attuale si sono utilizzati i dati di input relativi alle portate assunti nel citato studio idraulico.

Inoltre anche il piano di bacino (pag. 210 Relazione Generale ambito 12 e 13) evidenzia come fonte di possibile criticità la zona subito a monte dell'imbocco della tombinatura sottostante Via Ratto dove la presenza di un guado rende possibile la fuoriuscita già della portata 50- ennale La tombinatura sottostante Via Ungaretti risulta sufficiente al deflusso delle tre portate di piena.

# 2. DESCRIZIONE

Il rio S. Michele drena una superficie complessiva pari a 0.6 kmq alla foce. Esso ha origine alle spalle dell'abitato di Prà, in località Vignolo, a quota 120 m s.l.m. circa. Dopo un percorso di circa 1.4 km in direzione N-S, defluisce in mare, perpendicolarmente alla linea di costa, a Prà, in Comune di Genova. Il bacino del rio S. Michele è delimitato a ponente ed a settentrione dallo spartiacque con il bacino del torrente San Pietro ed a levante dallo spartiacque con il bacino del rio Grillè – S. Antonio. La pendenza media dell'asta è pari a circa il 9%. Il bacino del rio San Michele è caratterizzato da una forte urbanizzazione. Nella parte a monte del tracciato autostradale, le pendenze medie dei versanti variano generalmente tra il 20% ed il 50%. Nella parte a valle del tracciato le pendenze si riducono generalmente al di sotto del 20%. Ad esclusione dei primi 400 m. dove il rio scorre in un'incisione naturale, il corso d'acqua si presenta generalmente tombinato. A valle dell'incrocio tra via Ungaretti e via Quasimodo, il rio percorre un breve tratto a cielo aperto e poi rientra in tombinatura sotto via G. Ratto per proseguire tombinato quasi fino a mare. La tombinatura interessa via G. Ratto, S.S. Aurelia, la linea ferroviaria Genova-Ventimiglia e l'area portuale Terminal container. Le dimensioni della tombinatura all'imbocco sono di circa 3 m di larghezza e di 2 m di altezza. Il rio S. Michele è inserito nel 5° elenco delle acque pubbliche pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale No. 199 del 21 Luglio 1979.

## 2.1. Portata di piena

Per il calcolo della portata al colmo di piena di progetto si è fatto riferimento ai metodi illustrati nel capitolo 2.9 della relazione Generale ambito 12 e 13. Relativamente ai bacini idrografici appartenenti all'area 6, nel quale rientra il rio S. Michele, il calcolo è effettuato tramite il "Metodo CIMA" e la "Formula Razionale". La figura seguente riporta le caratteristiche del Bacino del rio S. Michele e le portate calcolate con entrambi i metodi per assegnati tempi di ritorno come riportati nella Relazione Generale degli Ambiti Regionali di Bacino.

BACINO DEL RIO S.MICHELE

| Bacino del rio S. Michele | | |
|---|---|---|
| Area | $Km^2$ | 0.618 |
| Longitudine | | 8°48' |
| Lunghezza | Km | 1.4 |
| Pendenza media | % | 8 |
| CN | | 92 |
| UA | $m^3s^{-1}km^{-2}$ | 9.53 |

| PORTATE PER ASSEGNATO PERIODO DI RITORNO | | | |
|---|---|---|---|
| | *CIMA* | *Razionale* | |
| Q5 | 8 | - | $m^3s^{-1}$ |
| Q10 | 11 | - | $m^3s^{-1}$ |
| Q30 | 17 | - | $m^3s^{-1}$ |
| Q50 | 20 | 18 | $m^3s^{-1}$ |
| Q100 | 25 | - | $m^3s^{-1}$ |
| Q200 | 30 | 22 | $m^3s^{-1}$ |
| Q500 | 36 | 25 | $m^3s^{-1}$ |

*Figura 1: Caratteristiche e portate del rio S. Michele (estratto dalla Relazione Generale degli Ambiti Regionali di Bacino 12 e 13)*

Con riferimento al tempo di ritorno di 200 anni, il metodo CIMA calcola la portata al colmo è pari a 30 $m^3/s$.

Per quanto riguarda, invece, il calcolo della portata al colmo con l'utilizzo della formula Razionale, esso prevede l'utilizzo dall'altezza di precipitazione. Si riporta di seguito i risultati dell'applicazione del metodo Razionale per le aree 6, come descritto nel capitolo 2.9.3 della Relazione Generale Ambito 12 e 13:

- Tempo di coltivazione $t_c$

$$t_c = \frac{L}{v} + \Delta t_c$$

dove $\Delta t_c$ rappresenta il tempo di introduzione in rete, assunto in questo caso pari a 10 minuti, mentre la velocità media di percorrenza dellasta v[m/s] è stata assunta pari a 1 m/s. Applicando quanto sopra il tempo di coltivazione risulta pari a 2000 secondi.

$$t_c = \frac{1400m}{1\,m/s} + 600s = 2000s$$

- CPP

La stazione pluviometrica di riferimento considerata per l'elaborazione è quella di "Madonna delle Grazie".

Università di Genova | **DICCA** DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA E AMBIENTALE

| Stazione | Quota [m slm] | Long | Lat | N | n [-] | $a_1$ [mm/h$^n$] | κ [-] | α [-] | ε [-] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Madonna delle Grazie | 145 | 8.74155 | 44.43429 | 45 | 0.326 | 46.7 | -0.156 | 0.347 | 0.737 |

*Figura 2: : Parametri per la stima delle CPP relativi alla stazione pluviometrica Madonna delle Grazie (dati elaborati dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale dell'Università di Genova)*

L'altezza di precipitazione per un periodo di ritorno di 200 anni è pari a 127,47mm

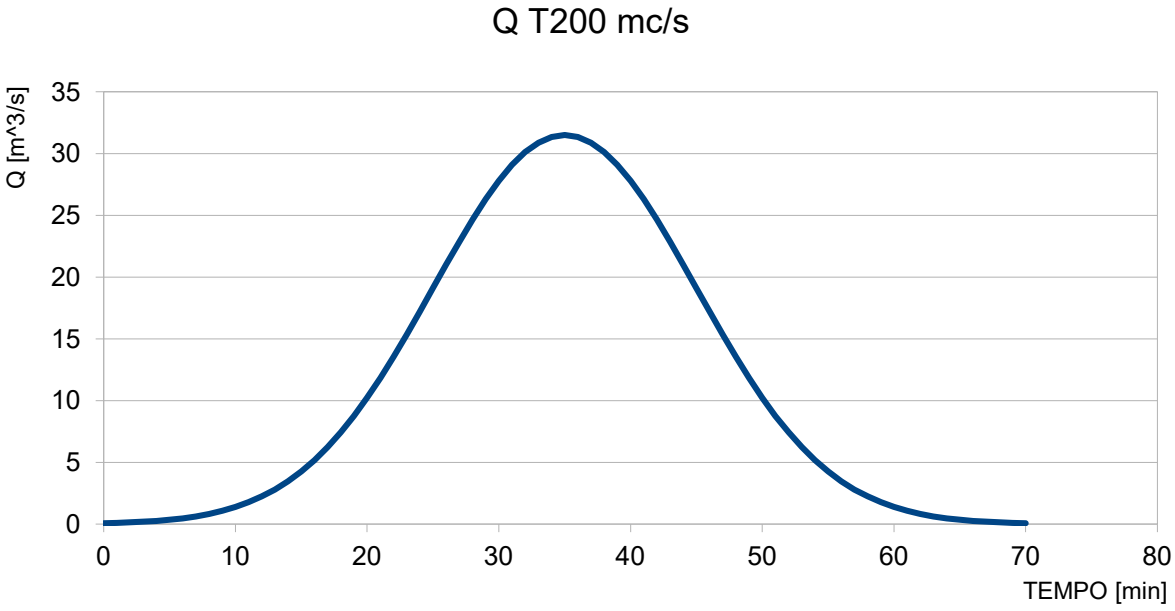
$$h = a_1 \cdot w_T \cdot d^n = 127.47mm$$

- Portata

  La portata risultante applicando la Formula Razionale con le nostre modifiche rispetto a quanto stimato nella Relazione Generale degli Ambiti Regionali di Bacino risulta pari a **31.5 m$^3$/s**.

$$Q(T) = \frac{C \cdot A \cdot h(T, t_c)}{t_c}$$

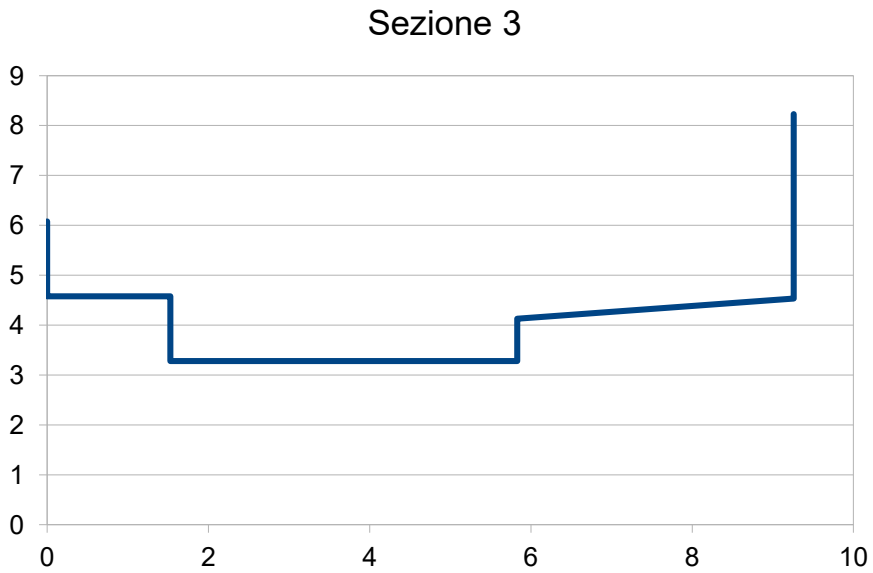
$$Q(200) = \frac{0.8 \cdot 0.618km^2 \cdot 127.47mm}{2000s} = 31.5\, m^3/s$$



# 3. VERIFICA IDRAULICA

## 3.1. Verifica sezione campione

Si procede alla verifica di una sezione campione, in questo caso è stata scelta la sezione 3, sintetizzata nel grafico di seguito riportato:




Per la verifica sono stati utilizzati i seguenti parametri:

coefficiente si scabrezza Kutter m = 1.5 $m^{1/2}$

perimetro contorno bagnato P = 14.48 m

Area della sezione A = 20.34 $m^2$

pendenza i = 0.1%

raggio idraulico $R = \frac{A}{P} = 1.4$

coefficiente di scabrezza $X = \frac{100}{1+\frac{m}{\sqrt{R}}} = 44.13$

velocità $V = X\sqrt{Ri} = 1.65\, m/s$

portata $Q = V\dot{A} = 33.63\, m^3/s$

Essendo la portata di progetto uguale a 31.5 $m^3/s$ si deduce che la sezione è sufficiente al passaggio della portata di piena.

Per la sezione immediatamente prima dell'attraversamento denominata sezione 2, si verifica la sezione con i seguenti parametri:




coefficiente si scabrezza Kutter m = 1.5 $m^{1/2}$

perimetro contorno bagnato P = 8,64 m

Area della sezione A = 9,29 $m^2$

facendo riferimento ai risultati di hec-ras si ipotizza una velocità pari a:

velocità $V = 3\,m/s$

portata $Q = V\dot{A} = 27{,}87\,m^3/s$

Essendo la portata di progetto uguale a 31.5 $m^3/s$ si deduce che la sezione non è sufficiente al passaggio della portata di piena.

## 3.2. Moto permanente

Il calcolo idraulico è relativo allo studio del regime di massima piena del corso d'acqua naturale al fine di ricercare la massima altezza del pelo libero della sezione di deflusso. Come detto la portata di massima piena (200ennale) assunta è stata desunta come riportato di sopra seguendo la documentazione dei Piani di Bacino e quindi:

$Q_{200}$ = 31.5 mc/s

Lungo il Rio, è stato assegnato un coefficiente di scabrezza di Manning pari a 0.033 $m^{-1/3}s$ tra la Sez. 17 alla Sez. 12 come da studio dello stato di fatto nel Piano di Bacino; 0.025 $m^{-1/3}s$ per il tratto che si estende tra la Sez. 11 e la Sez. 0 (dove il fondo è costituito da soletta in cemento armato);

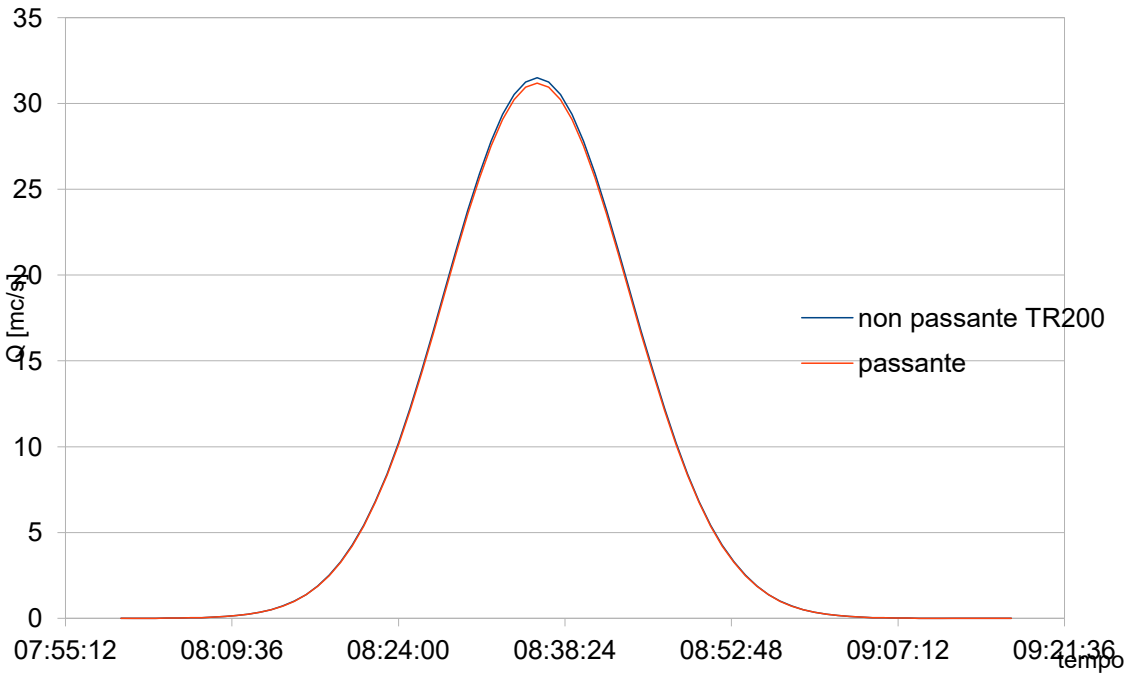
Sono state individuate 17 sezioni idrauliche nei punti considerati più significativi a monte dell'attraversamento di via Ratto.

Il tratto studiato si sviluppa per circa 250m.

Il franco non viene rispettato dalla modellazione monodimensionale, ma il livello dell'acqua sormonta il ponte.

Il profilo idraulico mostra come il deflusso della portata 200entennale, avviene prevalentemente in condizioni di corrente veloce. Si segnalano diversi passaggi da corrente veloce a corrente lenta e viceversa. La corrente risulta avere velocità media pari a 3,23m/s.

Per ottenere i battenti attraverso la modellazione monodimensionale si calcola la portata per la quale la corrente passa attraverso la tombinatura di via Ratto per poi ricavare il volume di che sormonta l'attraversamento e fuoriesce sull'area circostante:




La corrente scorre senza sormontare per una portata di 31,18 $m^3/s$, che corrisponde a un volume di 380 $m^3$ durante tutto il periodo di piena duecentennale.

L'acqua lamina lungo la strada di Via Ratto con una corrente profonda 5 cm e ristagna nei punti di sella o minor profondità: ridistribuendo questo volume sul terreno circostante di ottengono i seguenti intervalli di battenti con un massimo di 26 cm:

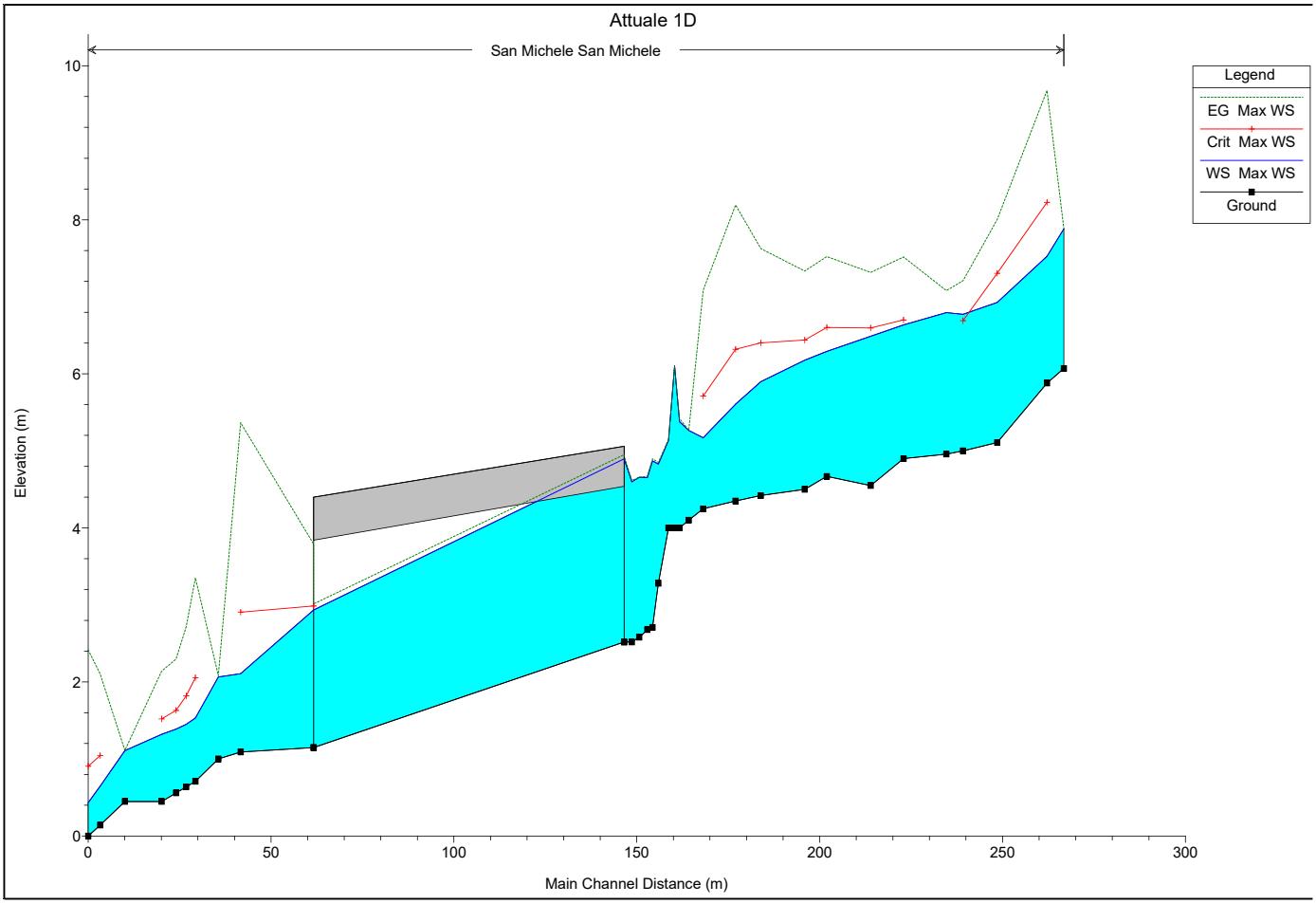



*Figura 3: Battenti dovuti al volume sormontante la tombinatura*

Nell’area oggetto di studio, secondo la modellazione effettuata, il battente risulta inferiore a 30cm per cui ricadrebbe nella fascia B0 cioè aree perifluviali inondabili al verificarsi dell’evento di piena a tempo di ritorno T=200 anni a “minor pericolosità relativa” rispetto ai massimi tiranti idrici e velocità di scorrimento corrispondenti alla piena duecentennale.




Si riconfermano le aree delle fasce di inondabilità come individuate dal Piano di Bacino ma con minor pericolosità.


Attuale 1D
San Michele San Michele
Legend
EG Max WS
Crit Max WS
WS Max WS
Ground
Elevation (m)
Main Channel Distance (m)
0
2
4
6
8
10
0
50
100
150
200
250
300

HEC-RAS Plan: Plan 04 River: San Michele Reach: San Michele Profile: Max WS

| Reach | River Sta | Profile | Q Total | Min Ch El | W.S. Elev | Crit W.S. | E.G. Elev | E.G. Slope | Vel Chnl | Flow Area | Top Width | Froude # Chl |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | (m3/s) | (m) | (m) | (m) | (m) | (m/m) | (m/s) | (m2) | (m) | |
| San Michele | 17 | Max WS | 0.53 | 6.07 | 7.88 | | 7.88 | 0.000017 | 0.11 | 4.91 | 3.64 | 0.03 |
| San Michele | 16 | Max WS | 31.50 | 5.88 | 7.53 | 8.23 | 9.68 | 0.064716 | 6.50 | 4.84 | 3.97 | 1.88 |
| San Michele | 15 | Max WS | 31.42 | 5.11 | 6.93 | 7.31 | 8.01 | 0.023944 | 4.60 | 6.83 | 4.42 | 1.18 |
| San Michele | 14 | Max WS | 30.59 | 5.00 | 6.77 | 6.69 | 7.21 | 0.008623 | 3.17 | 11.10 | 11.34 | 0.77 |
| San Michele | 13 | Max WS | 31.63 | 4.96 | 6.80 | | 7.08 | 0.006230 | 2.81 | 14.78 | 18.06 | 0.67 |
| San Michele | 12 | Max WS | 31.50 | 4.90 | 6.64 | 6.70 | 7.52 | 0.020804 | 4.15 | 7.58 | 4.90 | 1.07 |
| San Michele | 11 | Max WS | 31.49 | 4.55 | 6.49 | 6.59 | 7.32 | 0.013128 | 4.03 | 7.80 | 5.97 | 1.13 |
| San Michele | 10 | Max WS | 31.48 | 4.67 | 6.29 | 6.60 | 7.52 | 0.020373 | 4.92 | 6.40 | 4.93 | 1.38 |
| San Michele | 9 | Max WS | 31.47 | 4.50 | 6.18 | 6.44 | 7.34 | 0.017222 | 4.77 | 6.60 | 4.92 | 1.31 |
| San Michele | 8 | Max WS | 31.47 | 4.42 | 5.90 | 6.40 | 7.63 | 0.029653 | 5.83 | 5.40 | 4.91 | 1.77 |
| San Michele | 7 | Max WS | 31.46 | 4.35 | 5.61 | 6.32 | 8.19 | 0.055598 | 7.12 | 4.42 | 4.71 | 2.35 |
| San Michele | 5 | Max WS | 31.46 | 4.25 | 5.17 | 5.71 | 7.09 | 0.044292 | 6.27 | 5.19 | 6.95 | 2.29 |
| San Michele | 4.5 | Max WS | 1.70 | 4.10 | 5.27 | | 5.27 | 0.000030 | 0.19 | 9.56 | 11.87 | 0.06 |
| San Michele | 4 | Max WS | 7.43 | 4.00 | 5.38 | | 5.42 | 0.000584 | 0.88 | 8.46 | 7.69 | 0.27 |
| San Michele | 3.3 | Max WS | 1.98 | 4.00 | 6.10 | | 6.10 | 0.000007 | 0.13 | 15.61 | 8.01 | 0.03 |
| San Michele | 3.2 | Max WS | -4.80 | 4.00 | 5.14 | | 5.15 | 0.000308 | -0.60 | 8.04 | 8.35 | 0.19 |
| San Michele | 3.1 | Max WS | 6.93 | 3.28 | 4.83 | | 4.85 | 0.000292 | 0.67 | 10.28 | 8.95 | 0.20 |
| San Michele | 2.7 | Max WS | 7.09 | 2.71 | 4.87 | | 4.90 | 0.000485 | 0.75 | 9.47 | 9.29 | 0.24 |
| San Michele | 2.5 | Max WS | 4.43 | 2.68 | 4.66 | | 4.67 | 0.000242 | 0.56 | 7.86 | 5.86 | 0.16 |
| San Michele | 2.4 | Max WS | 0.94 | 2.58 | 4.66 | | 4.66 | 0.000006 | 0.11 | 8.97 | 4.32 | 0.02 |
| San Michele | 2.2 | Max WS | 4.63 | 2.52 | 4.60 | | 4.62 | 0.000212 | 0.59 | 7.85 | 4.15 | 0.14 |
| San Michele | 2 | Max WS | -9.58 | 2.52 | 4.90 | | 4.94 | 0.000389 | -0.88 | 10.93 | 4.60 | 0.18 |
| San Michele | 1.5 | | Bridge | | | | | | | | | |
| San Michele | -1 | Max WS | 31.46 | 1.15 | 2.93 | 2.99 | 3.79 | 0.010496 | 4.10 | 7.67 | 5.00 | 1.06 |
| San Michele | -2.4 | Max WS | 31.46 | 1.09 | 2.11 | 2.91 | 5.37 | 0.073335 | 8.00 | 3.93 | 5.00 | 2.88 |
| San Michele | -3 | Max WS | -5.19 | 1.00 | 2.06 | | 2.08 | 0.000313 | -0.61 | 8.55 | 9.20 | 0.20 |
| San Michele | -4 | Max WS | 31.46 | 0.71 | 1.53 | 2.06 | 3.35 | 0.039312 | 5.98 | 5.26 | 6.40 | 2.10 |
| San Michele | -4.7 | Max WS | 31.46 | 0.64 | 1.45 | 1.82 | 2.72 | 0.026531 | 4.99 | 6.31 | 7.80 | 1.77 |
| San Michele | -5.5 | Max WS | 31.46 | 0.56 | 1.39 | 1.63 | 2.30 | 0.017994 | 4.23 | 7.45 | 9.00 | 1.48 |
| San Michele | -6.5 | Max WS | 31.46 | 0.45 | 1.32 | 1.52 | 2.14 | 0.015245 | 4.01 | 7.85 | 9.00 | 1.37 |
| San Michele | -7 | Max WS | -1.31 | 0.45 | 1.11 | | 1.11 | 0.000046 | -0.19 | 6.87 | 10.40 | 0.07 |
| San Michele | -8 | Max WS | 31.46 | 0.14 | 0.65 | 1.05 | 2.10 | 0.049397 | 5.35 | 5.88 | 11.60 | 2.40 |
| San Michele | -9 | Max WS | 31.46 | 0.00 | 0.43 | 0.90 | 2.42 | 0.081365 | 6.24 | 5.04 | 11.60 | 3.02 |

## 3.3. Moto vario

Per la modellazione idraulica dell'area indagata è stata fatta a partire da una base topografica adeguata alla tipologia di studio e alla scala di dettaglio del modello. In particolare per la definizione del dominio di calcolo sono state utilizzate le seguenti basi topografiche opportunamente integrate ed omogeneizzate tra loro:

 DTM fornito dalla Regione Liguria prodotto da CTR 1:5000, caratterizzato da una maglia di 5x5 m, le cui informazioni topografiche appartengono all'anno 2017.

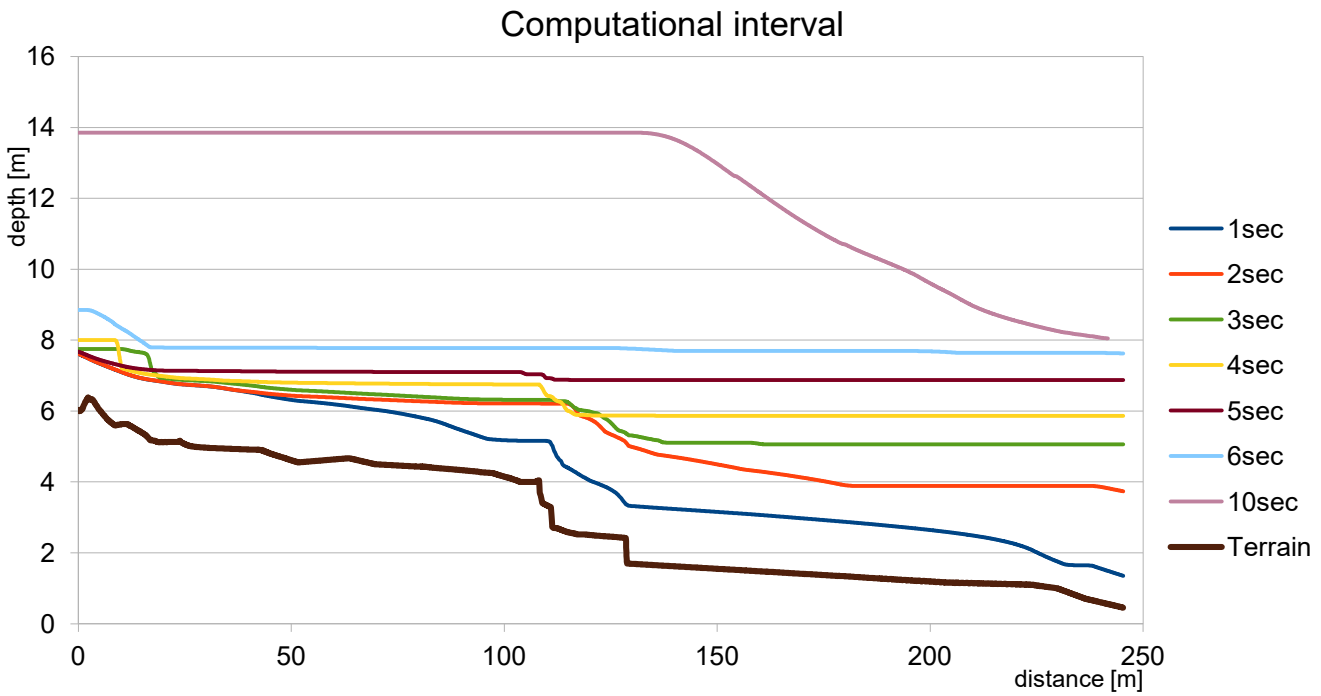
 Carta Tecnica Regionale (C.T.R.), scala 1:5000, vettoriale tridimensionale (formato shp).

 Rilievo plano-altimetrico di dettaglio dell'area oggetto della presente relazione.

Con la modellazione tridimensionale quindi utilizzando l'ipotesi di moto vario si ottengono risultati comparabili alla modellazione monodimensionale precedente. La sezione dell'attraversamento di via G. Ratto, come prima, sormonta oltre l'attraversamento e scorre lungo seguendo il profilo del terreno circostante.

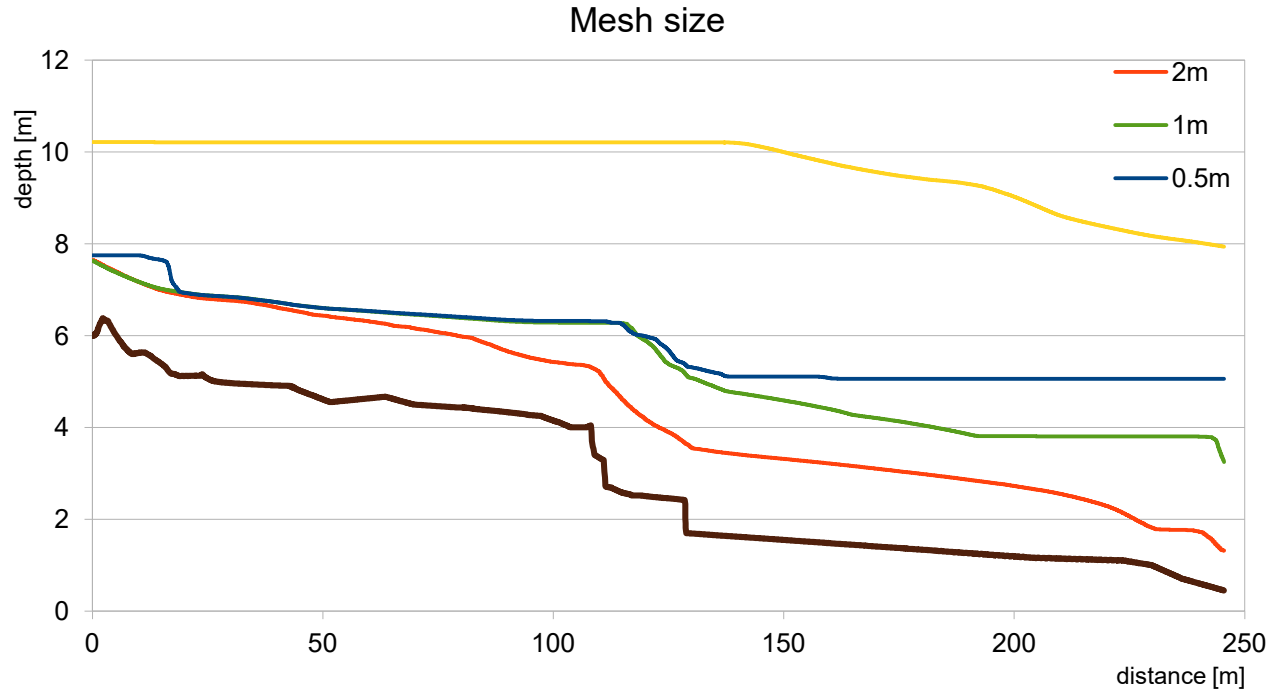
La mappatura delle profondità è visibile nella planimetria in allegato.

Per la calibrazione del modello sono state eseguite varie simulazioni cambiando i parametri di progetto per poi scegliere gli input adeguati ad avere un modello stabile. La prima variabile da tener conto, poiché influenza i risultati in modo significativo è il computational interval, come si vede dal grafico sottostante un intervallo superiore a 3 secondi porta ad un'instabilità del modello questo si percepisce dalla discordanza del profilo dell'acqua da quello del terreno, per valori più bassi si ottiene una precisione maggiore ma considerando il livello di dettaglio del modello non sono adeguati, per tenere conto di questo aspetto la modellazione è stata fatta un computational interval di 3 secondi.




Un secondo parametro da tenere in considerazione è la dimensione della mesh. La dimensione opportuna risulta essere 0.5m poiché una valore più alto è poco preciso e un valore più basso porta instabilità, che considerando il livello di dettaglio del rilievo è più che adeguata.

Di seguito viene illustrato una comparazione tra 4 mesh da: 2m; 1m; 0.5m e 0.2m.



Si nota che con le impostazioni di default la velocità lungo il canale diverge. Per calibrare il modello affinché la velocità converga, è però necessario diminuire l'intervallo di computazione, e utilizzare la Shallow Water Equation che viene utilizzata generalmente quando si vuole un accuratezza maggiore.

I risultati delle simulazioni effettuate con il modello integrato bidimensionale sono illustrati di seguito mediante l'ausilio di rappresentazioni grafiche esplicative quali:

- mappe delle aree di esondazione con rappresentazione delle altezze idriche massime sul piano campagna e dei vettori delle velocità;

- profili longitudinali di inviluppo dei massimi livelli idrici lungo l'alveo.

A seguire è riportato il profilo della corrente per il tratto analizzato:

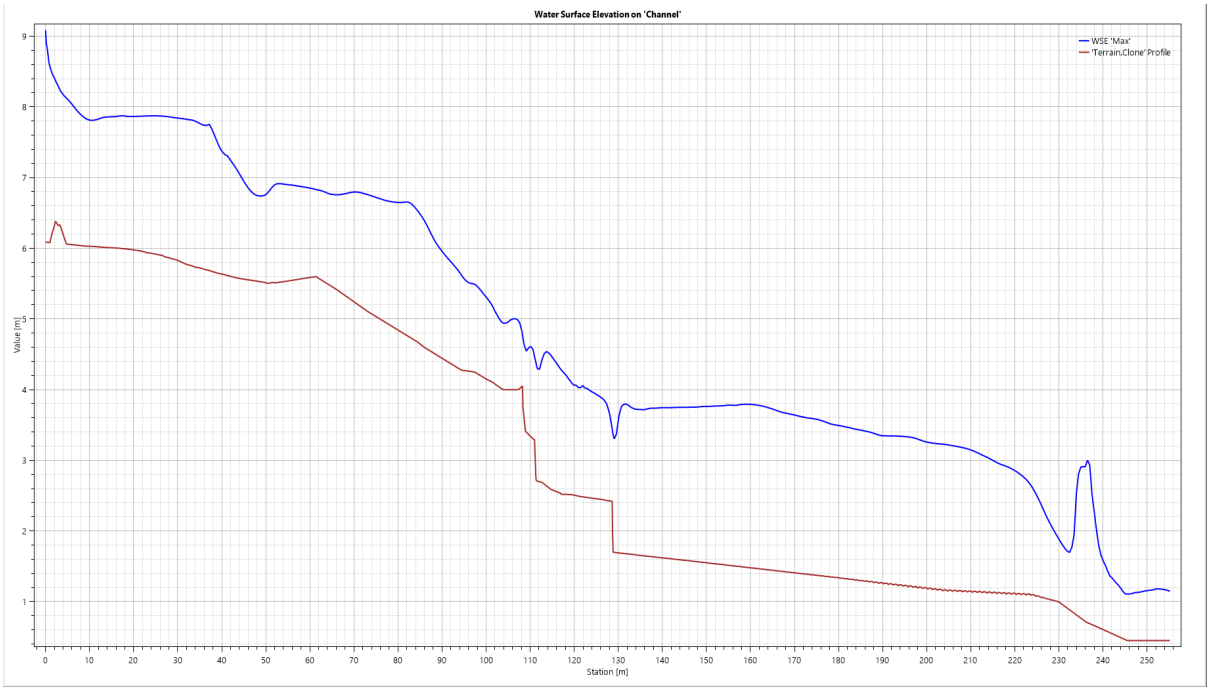



*Figura 4: Profilo longitudinale del Rio San Michele TR200*

I risultati ottenuti, per una portata con tempo di ritorno duecentennale evidenziano una marcata insufficienza idraulica con fenomeni di evidente esondazione in corrispondenza dell'attraversamento di via G. Ratto.

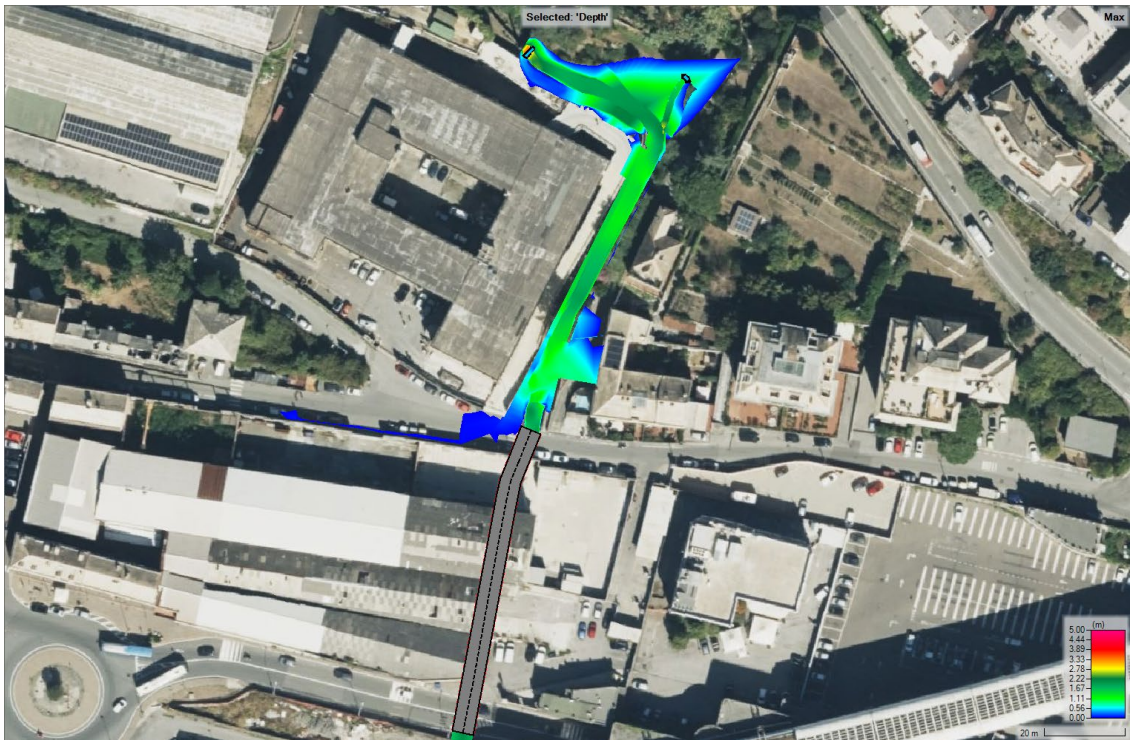



*Figura 5: Distribuzione inviluppo delle masse altezze idriche rispetto al piano di campagna TR200*

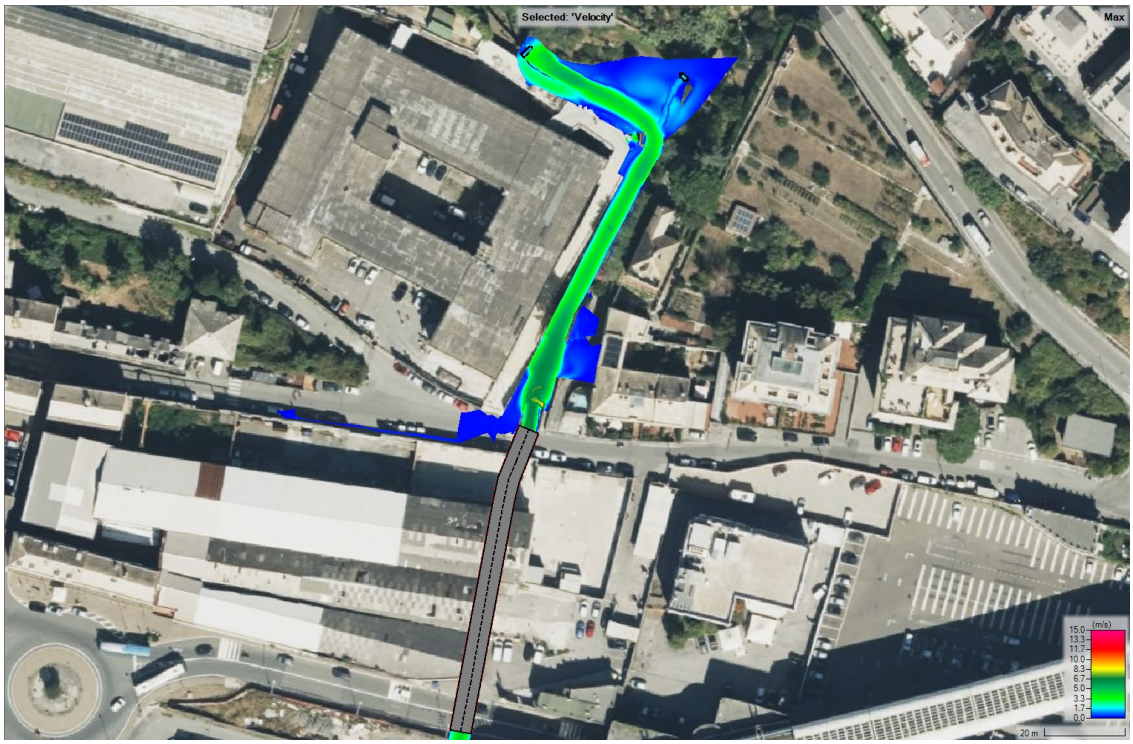



*Figura 6: Distribuzione inviluppo delle masse velocità di flusso TR200*

Si ritiene di utilizzare per lo studio di maggior dettaglio della zona mappata in Fascia B, il modello in moto permanente della modellazione in quanto il modello bidimensionale si rilevato eccessivamente instabile al minimo variare di alcuni parametri.