Fare i conti con l'ambiente
Rifiuti acqua energia

Ravenna 17·18·19 maggio 2017

Simulazione degli effetti dinamici dovuti a rottura arginale mediante modello numerico agli elementi finiti

Beppe Patrizi

Fabrizio Morandi

(Servin Ravenna)

www.ravenna2017.it

Le norme del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico approvato con del. G. R. 1877 del 19-12-2011

Riferimenti del P. S. per l'applicazione

- allegato n. 7 - Verifica speditiva delle distanze di rispetto dai corpi arginali (art.10, comma 1)
- tavole di perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico
- analisi su sezioni d'alveo e valutazione della propensione al collasso arginale

Obiettivi del modello e strumenti

A) obiettivi:

- **stima del tirante idrico a seguito di collasso arginale**
- **stima della velocità di flusso a seguito di collasso arginale**

B) strumenti:

- **stima della sezione di collasso e della portata in uscita**
- **modello di simulazione, basato sulla suite applicativa WinWasp, sviluppata presso Servin**

WinWasp: la versione Servin di Flomod e Wasp5

WinWasp integra in una sola suite applicativa:

a) **Geompack (Joe, 2006 e segg.): generazione automatica di griglie irregolari**
b) **Flomod 1.0 (Froehlich, 1989): simulazione del moto dell'acqua nei corpi idrici Superficiali agli elementi finiti**
c) **Umfpack (Davis, 2004a, 2004b): solutore per i sistemi di equazioni lineari generati da Flomd**
d) **Wasp 5 (Ambrose, Wool and Martin, 1993, 1998): simulazione della qualità dell'acqua alle differenze finite**
e) **GSLIB (Deutch and Journel, 1992): regionalizzazioni per l'esecuzione delle mappature in ingresso e uscita**
f) **utilità di sistema (mapping, contouring, gestione delle condizioni al bordo, editing del dominio, animazioni ecc.)**

Le equazioni di flusso «depth averaged»: equazione generale del trasporto di massa

$$\frac{\partial z_w}{\partial t} + \frac{\partial q_1}{\partial x} + \frac{\partial q_2}{\partial y} = q_m$$

$q_1 = UH$ = flusso unitario secondo x,
$q_2 = VH$ = flusso unitario secondo y,
q_m = ingresso di massa (positivo) o uscita di massa (negativo) per unità d'area

Le equazioni di flusso «depth averaged»: equazioni del momento in (x, y):

$$\frac{\partial q_1}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\beta \frac{q_1^2}{H} + \frac{1}{2} g H^2\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\beta \frac{q_1 q_2}{H}\right) + gH\frac{\partial z_b}{\partial x} + \frac{H}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial x} - \Omega q_2 + \frac{1}{\rho}\left[\tau_{bx} - \tau_{sx} - \frac{\partial(H\tau_{xx})}{\partial x} - \frac{\partial(H\tau_{xy})}{\partial y}\right] = 0$$

$$\frac{\partial q_2}{\partial t} + \frac{\partial}{\partial x}\left(\beta \frac{q_1 q_2}{H}\right) + \frac{\partial}{\partial y}\left(\beta \frac{q_1^2}{H} + \frac{1}{2} g H^2\right) + gH\frac{\partial z_b}{\partial y} + \frac{H}{\rho}\frac{\partial p_a}{\partial y} + \Omega q_1 + \frac{1}{\rho}\left[\tau_{by} - \tau_{sy} - \frac{\partial(H\tau_{yx})}{\partial x} - \frac{\partial(H\tau_{yy})}{\partial y}\right] = 0$$

β **= coefficiente isotropico di correzione del momento che tiene conto della variazione di velocità lungo la verticale**

g **= accelerazione di gravità**

ρ **= densità della massa d'acqua**

p_a **= pressione atmosferica alla superficie dell'acqua**

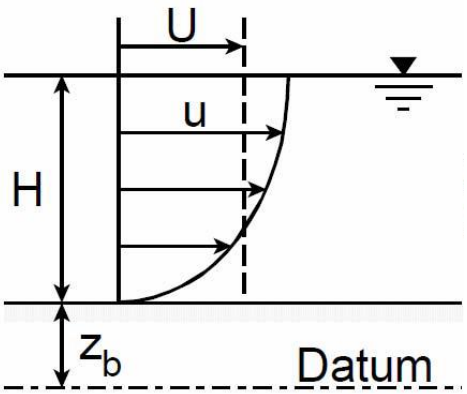
Ω **= parametro di Coriolis**

τ_{bx} **e** τ_{sx} **= sforzo di attrito sul fondo nelle due direzioni *x* e *y***

τ_{xx}, τ_{xy} **e** τ_{yy} **= sforzo di attrito dovuto a turbolenza**

Le equazioni di flusso «depth averaged»: equazione del flusso verticale mediato

$$U = \frac{1}{H}\int_{z_b}^{z_s} u \; dz \qquad V = \frac{1}{H}\int_{z_b}^{z_s} v \; dz$$



H **= profondità dell'acqua**
z **= direzione verticale**
z_b **= elevazione del fondo**
$z_s = z_b + H$ **= elevazione della superficie dell'acqua**
u **= velocità orizzontale secondo *x***
v = velocità orizzontale secondo *y*

Condizioni possibili e limiti

Condizioni di calcolo possibili:

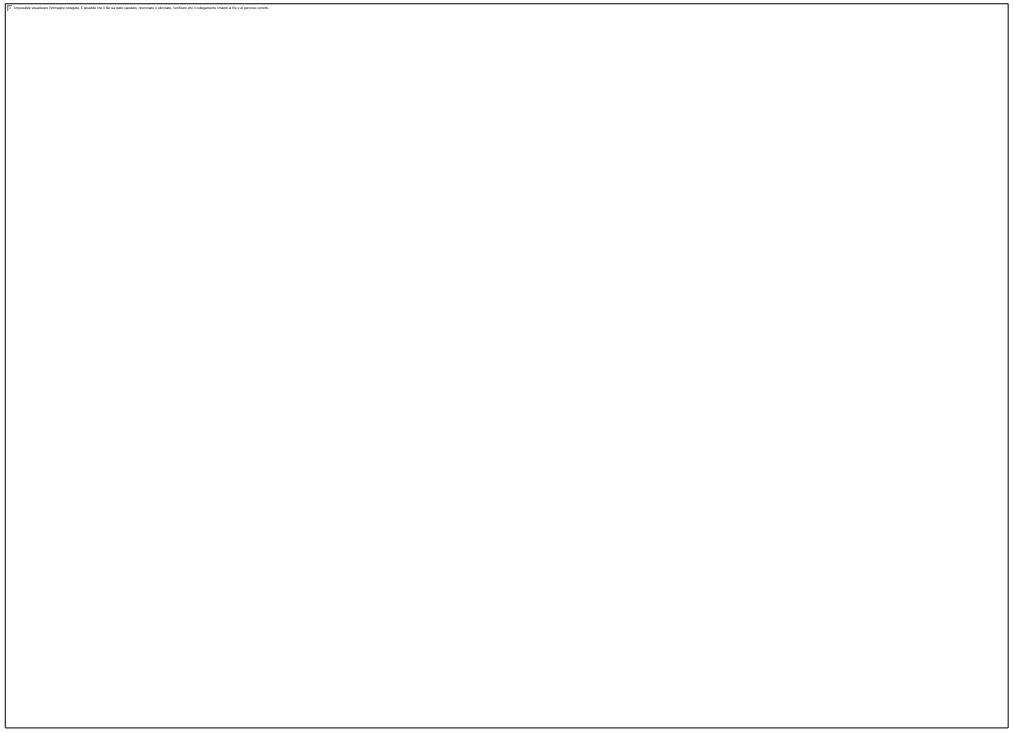
- **attrito laterale per turbolenza**
- **attrito di fondo**
- **effetto di Coriolis**
- **effetto del vento**

Limiti:

- **trascura le velocità e le accelerazioni verticali**
- **non simula stratificazioni verticali**

Sviluppi

Il metodo originale di Flomod per la soluzione diretta del sistema di equazioni lineari è stato sostituito con un altro metodo, di tipo numerico, che ha consentito di migliorare le prestazioni in modo significativo



Applicazioni e casi di studio

1) Inquadramento

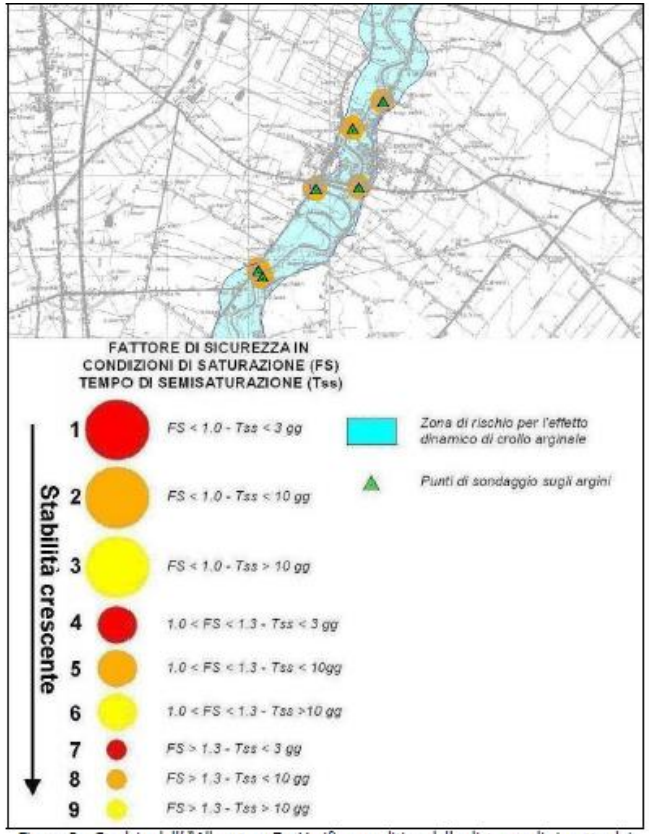
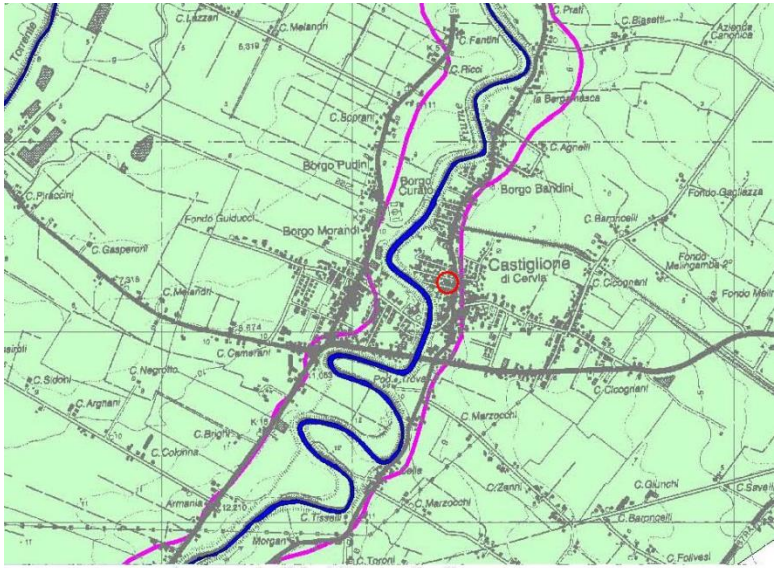


Figura 3 - Stralcio dell' "Allegato n.7 - Verifica speditiva delle distanze di rispetto dai corpi arginali (art. 10, comma1)"del Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli



Aree a rischio idrogeologico

Titolo II - "Assetto della rete idrografica"

- *Art. 2 ter - alveo*
- *Art. 3 - aree ad elevata probabilità di esondazione*
- *Art. 4 - aree a moderata probabilità di esondazione*
- *Art. 6 - aree di potenziale allagamento*
- *Art. 10 - distanze di rispetto dai corpi arginali*

2) Stima della portata in uscita dalla breccia

$$q_{max} = 0{,}15\left(\frac{Q_{max}}{L_b}\right)^{0{,}5} P^{1.25} \qquad (1)$$

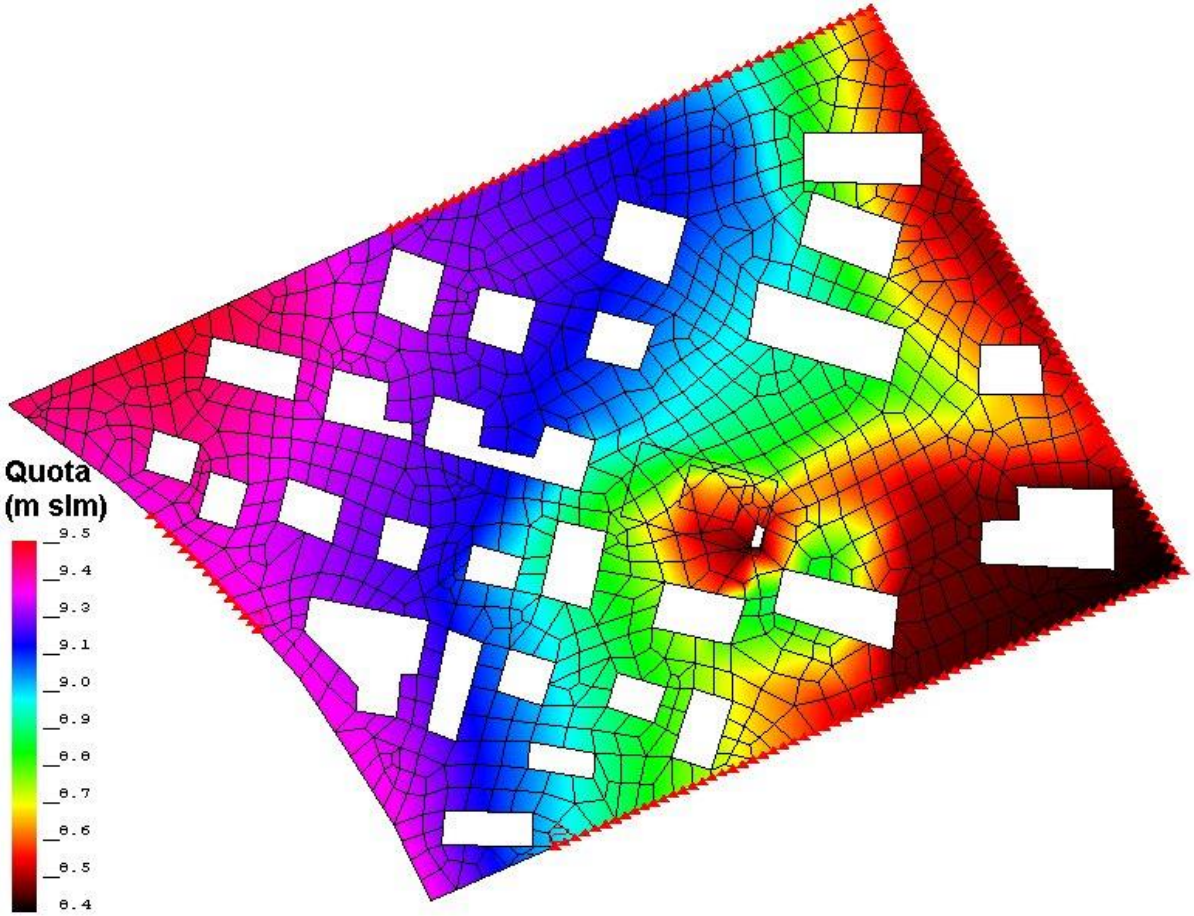
dove:

P è la profondità della breccia;

L_b è la larghezza della breccia;

Q_{max} è la portata massima in alveo da simulare

3) Rilievo plano altimetrico



Casi di studio sul Savio, a Castiglione di Cervia: dominio di calcolo

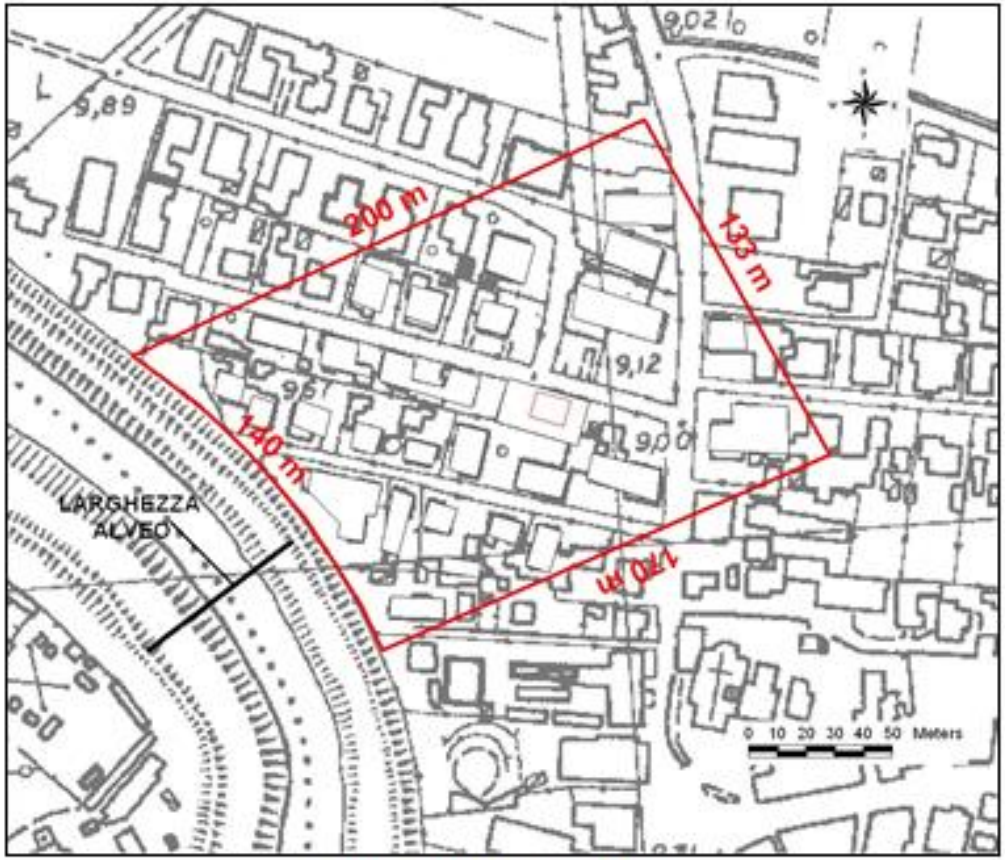
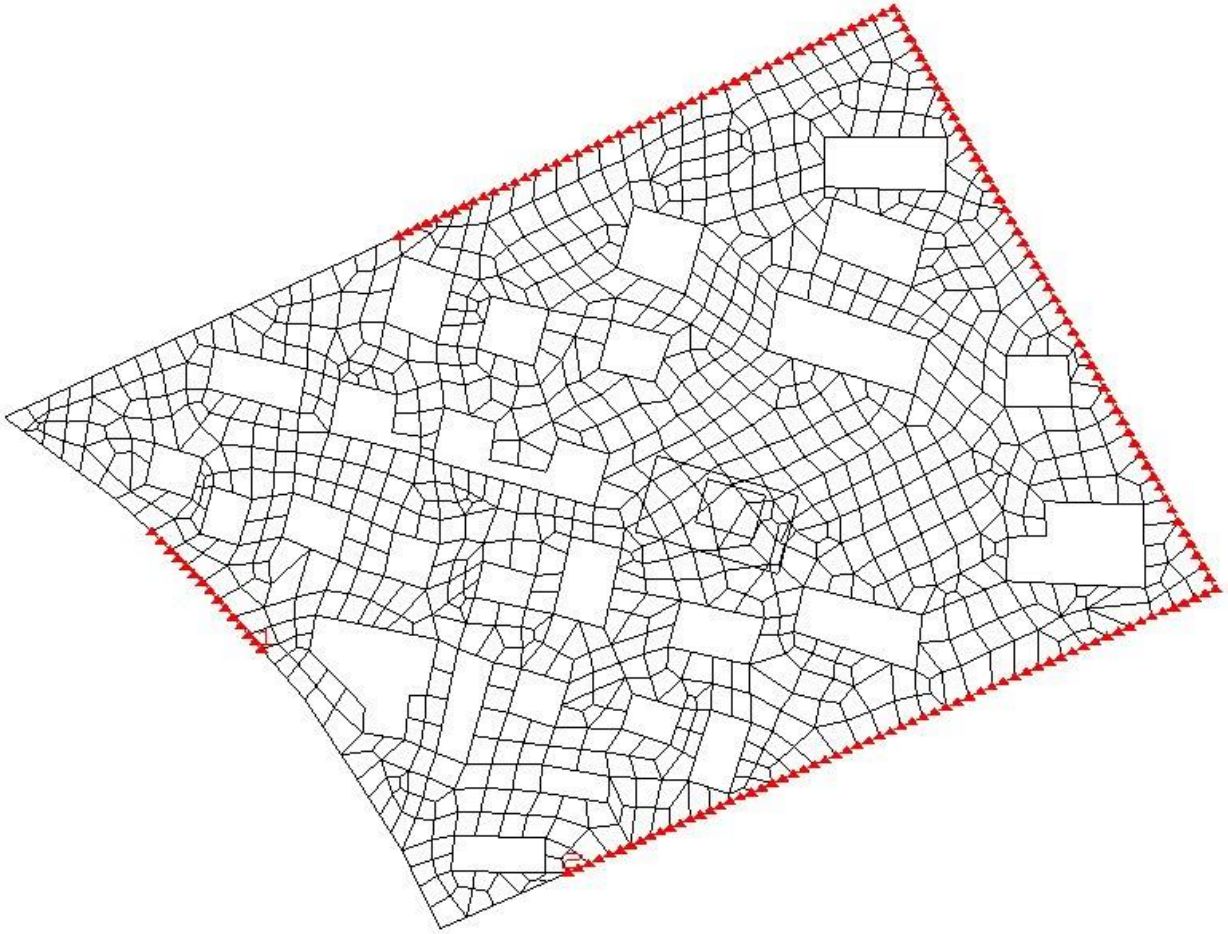
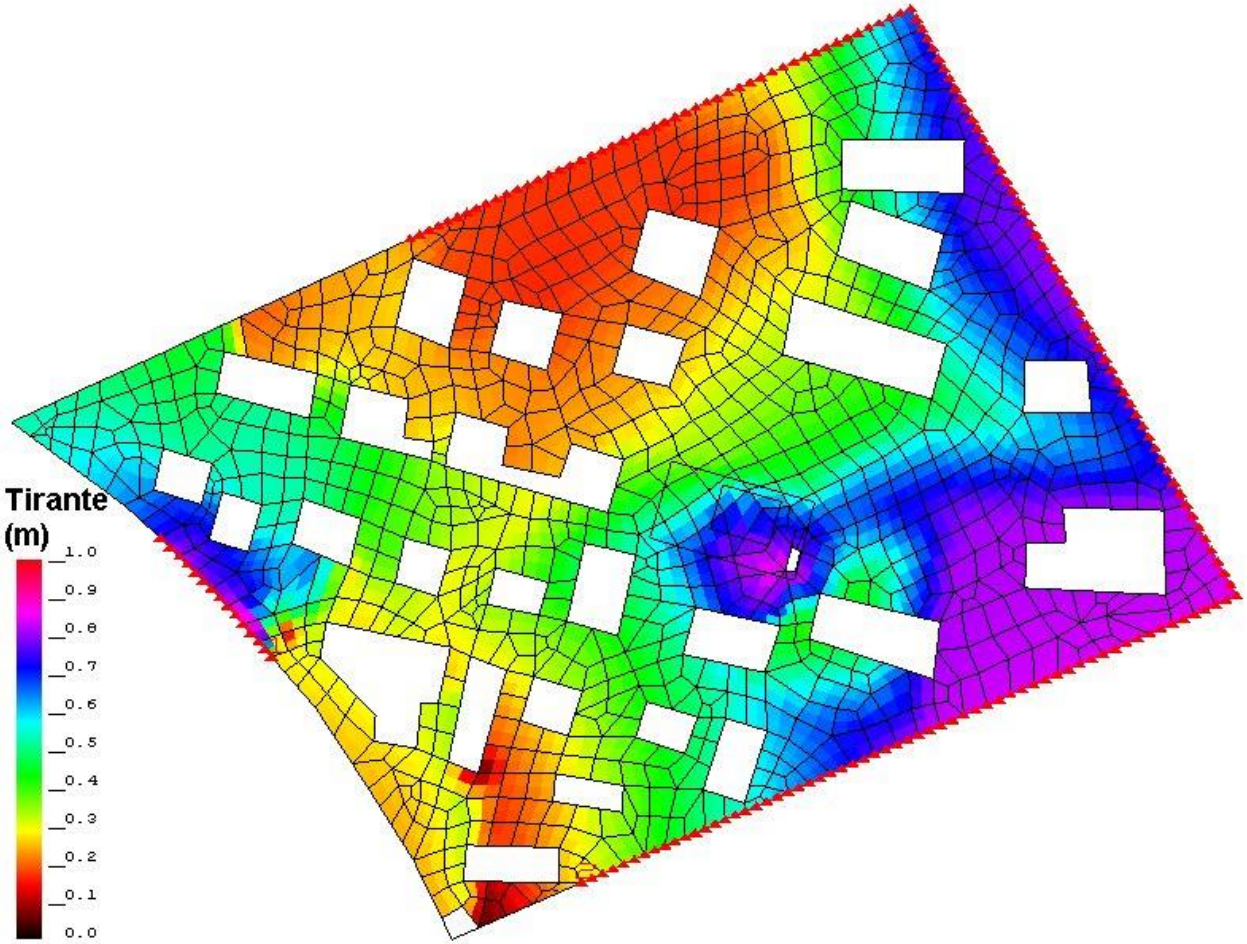


Figura 6 – Dominio di calcolo

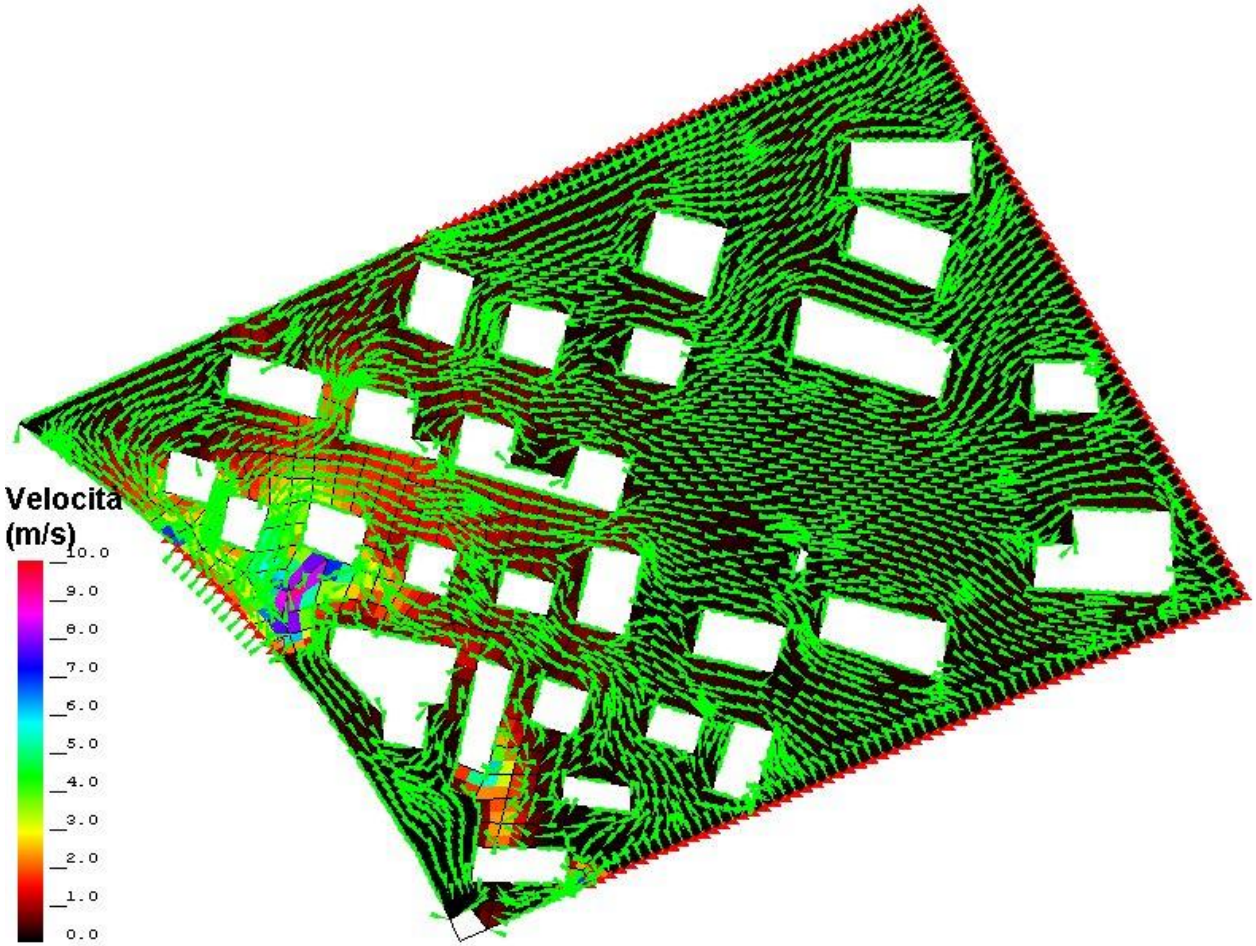
Caso di studio sul Savio, a Castiglione di Cervia: discretizzazione e condizioni al bordo



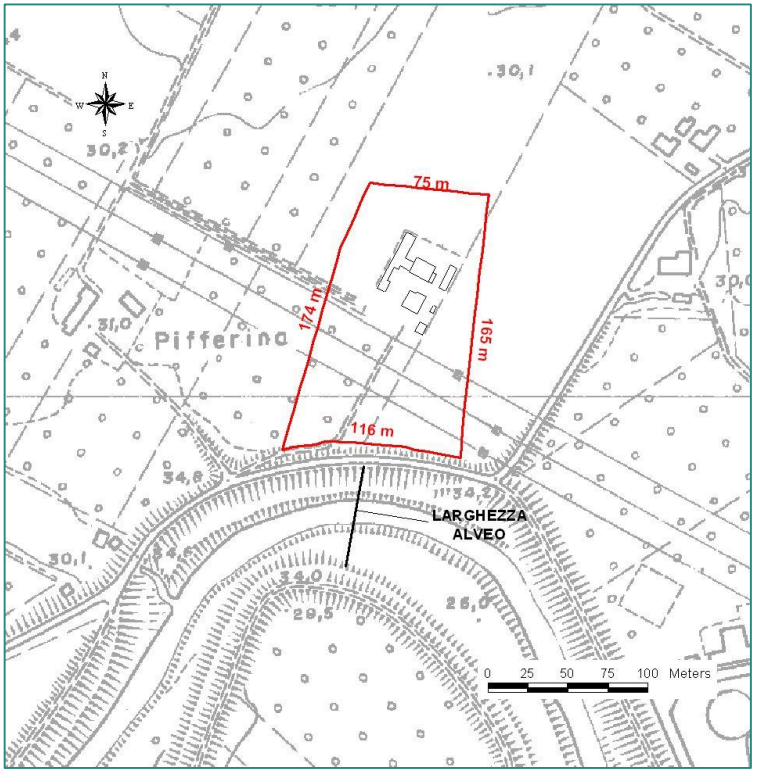
Caso di studio sul Savio, a Castiglione di Cervia: tirante idrico stimato

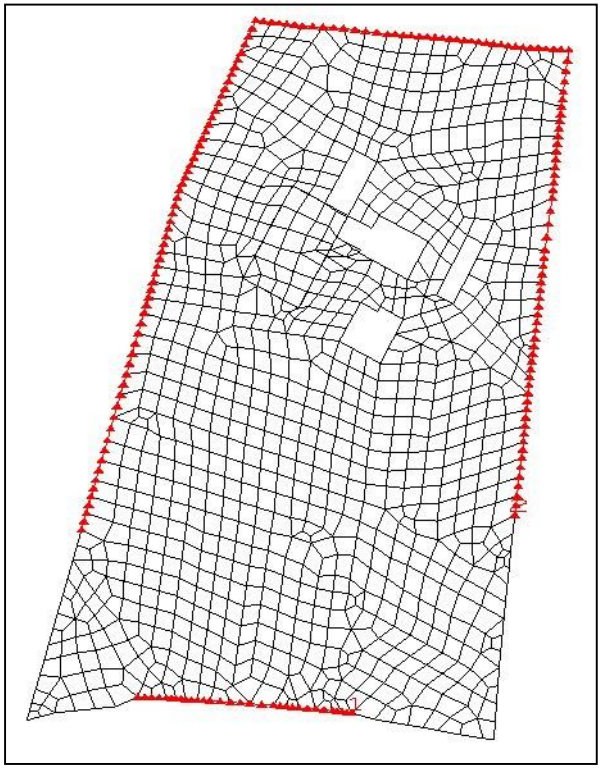


Caso di studio sul Savio, a Castiglione di Cervia: velocità di flusso stimata

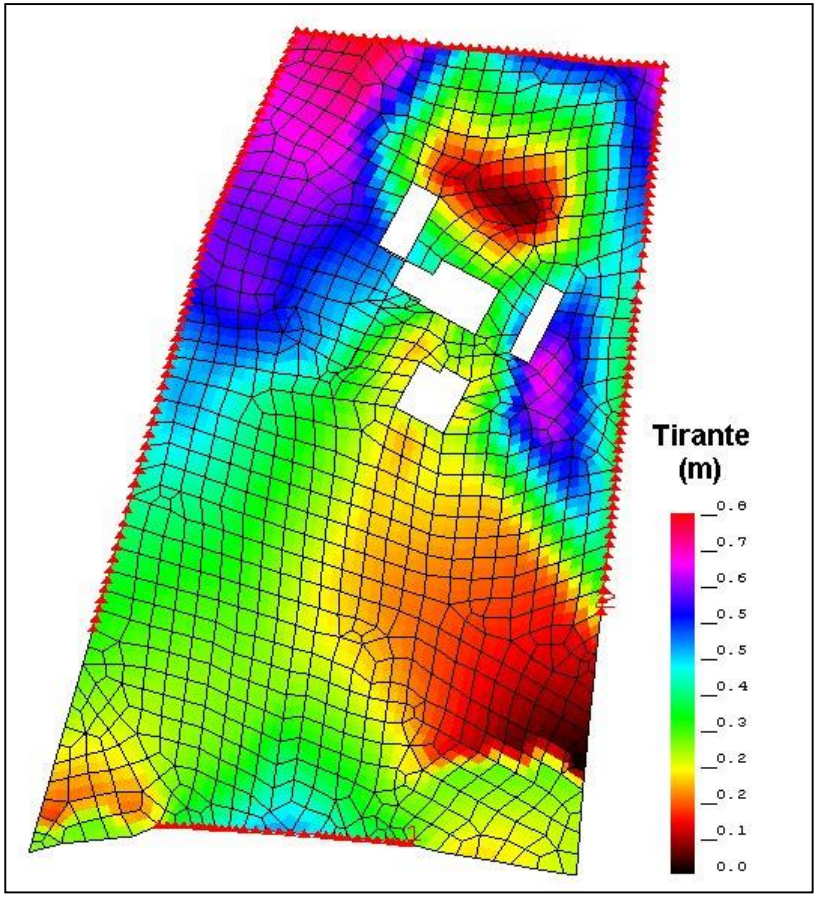


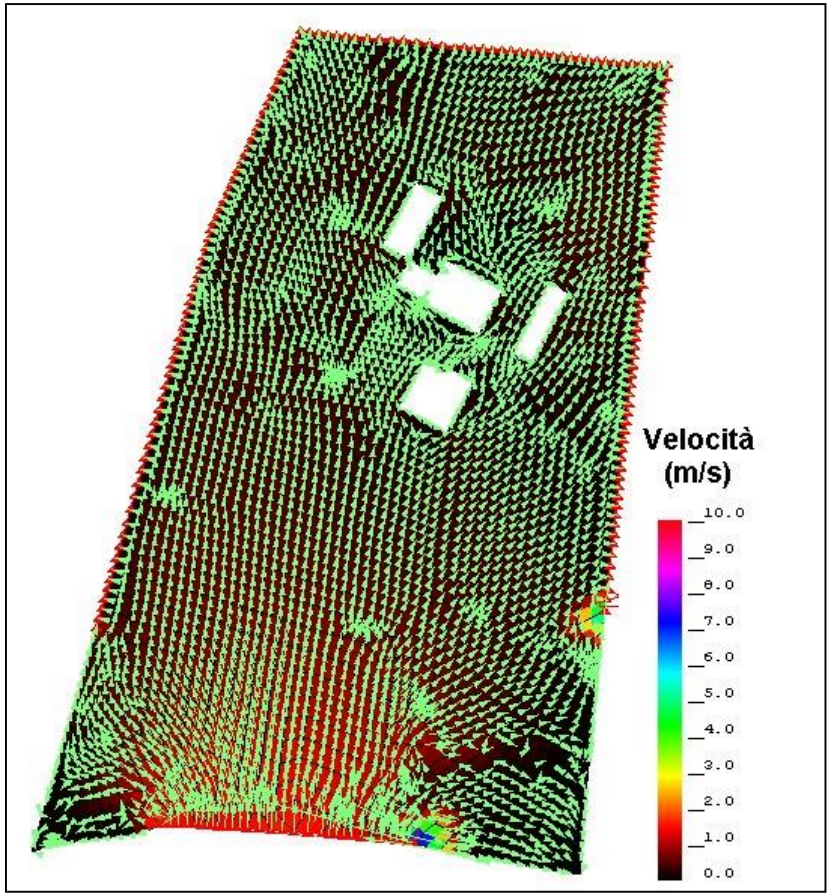
Lamone a Faenza, loc. Fornace: dominio di calcolo e condizioni al bordo



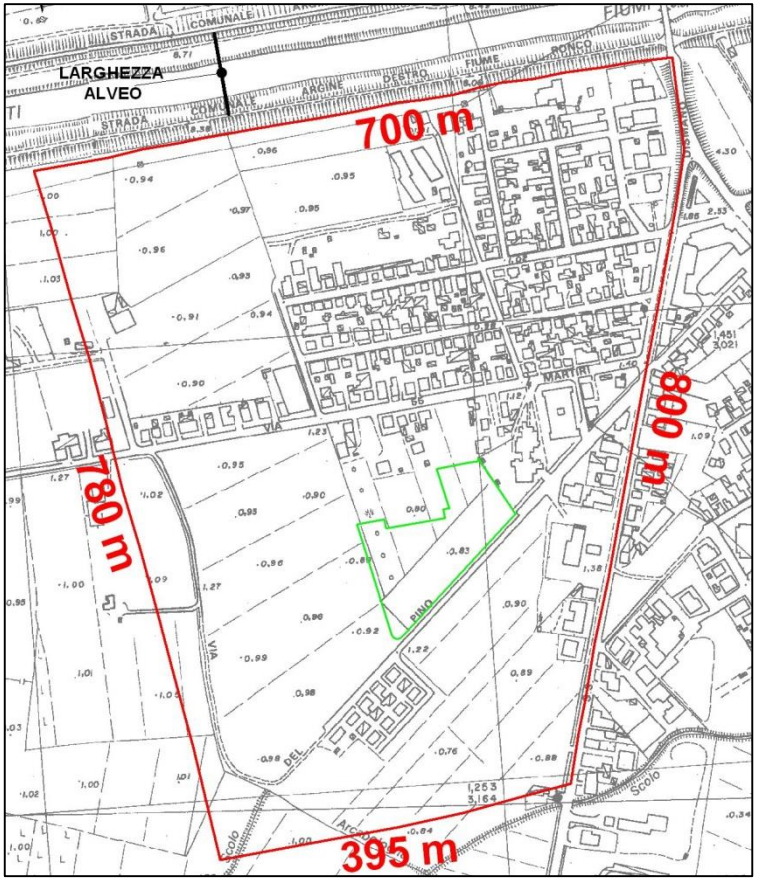


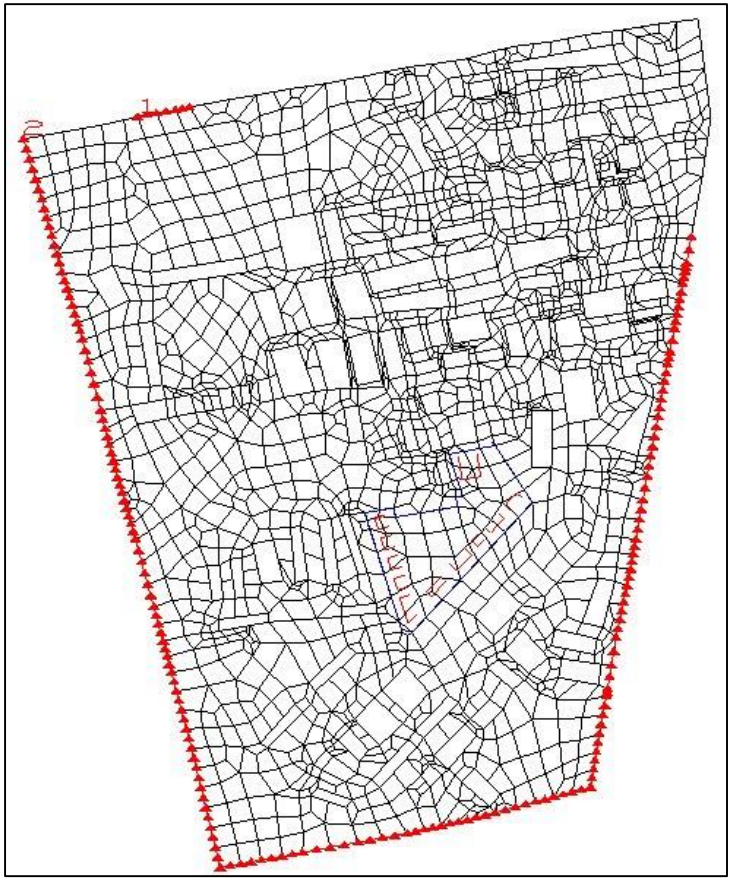
Lamone a Faenza, loc. Fornace: tirante idrico e velocità di flusso



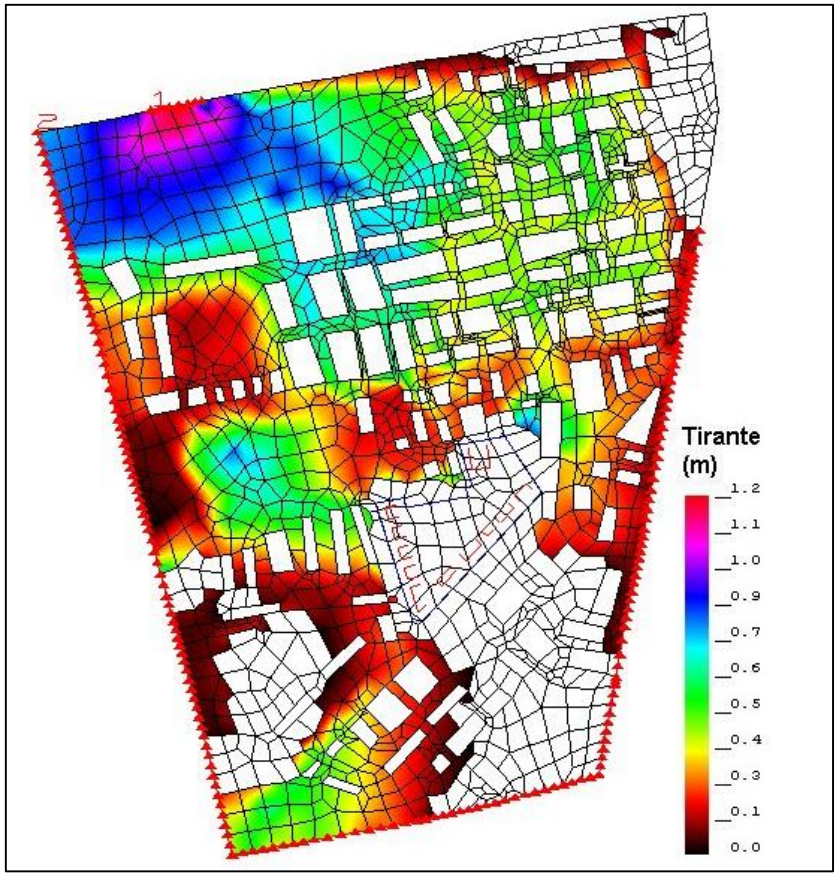


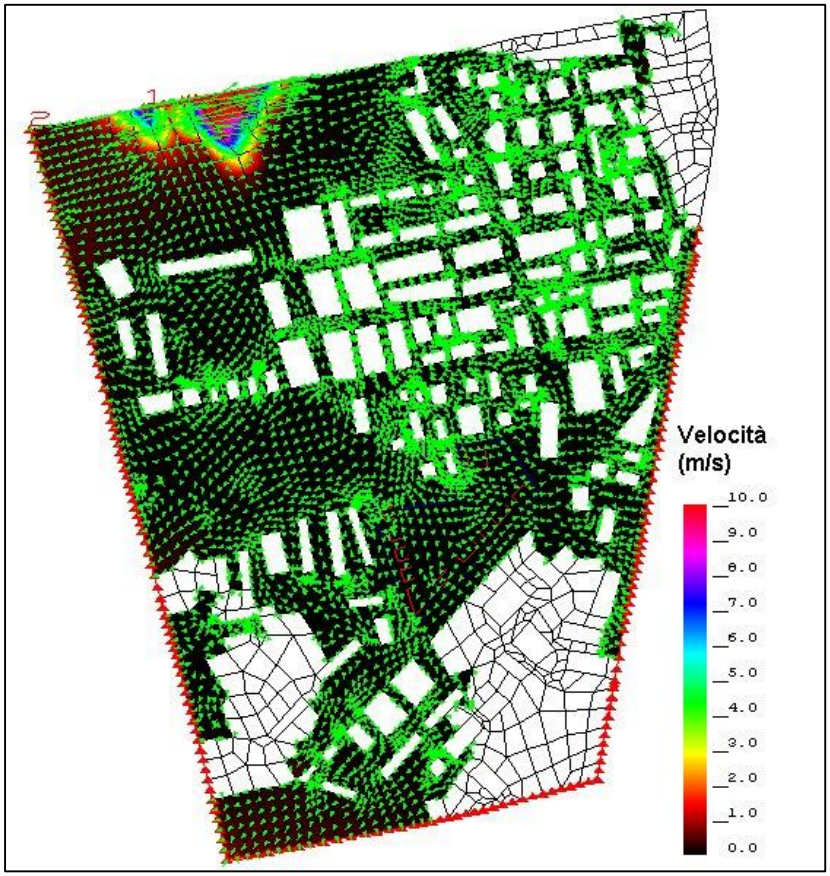
F. Uniti, zona Ponte Nuovo: dominio di calcolo e condizioni al bordo



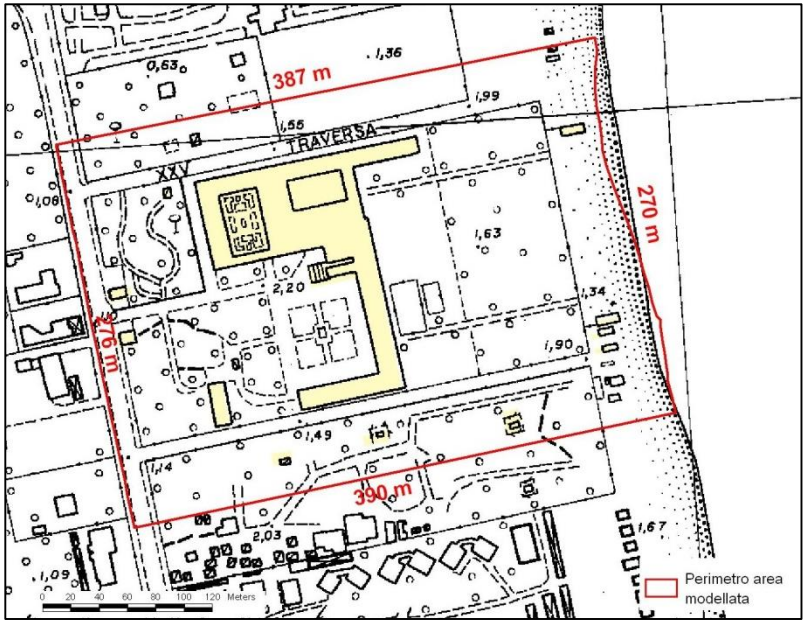


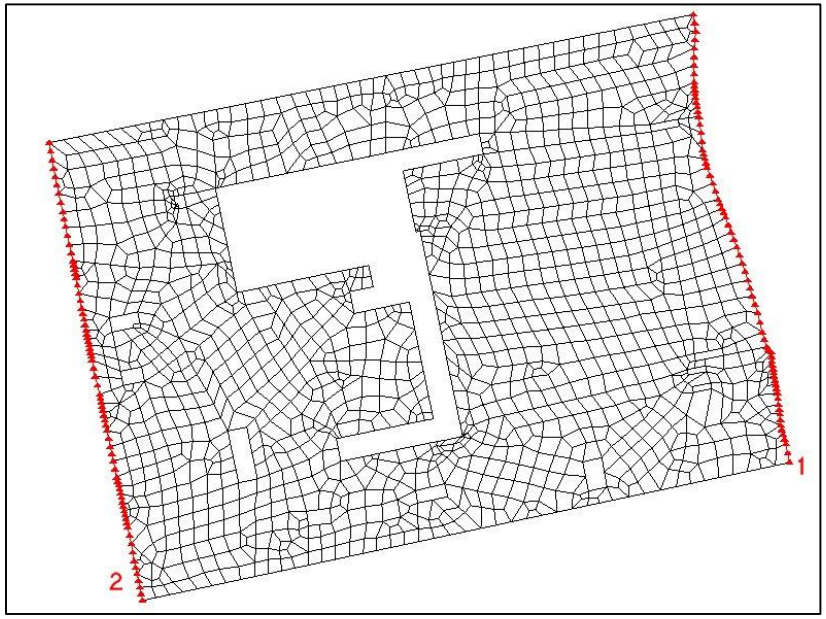
F. Uniti, zona Ponte Nuovo: tirante idrico e velocità di flusso



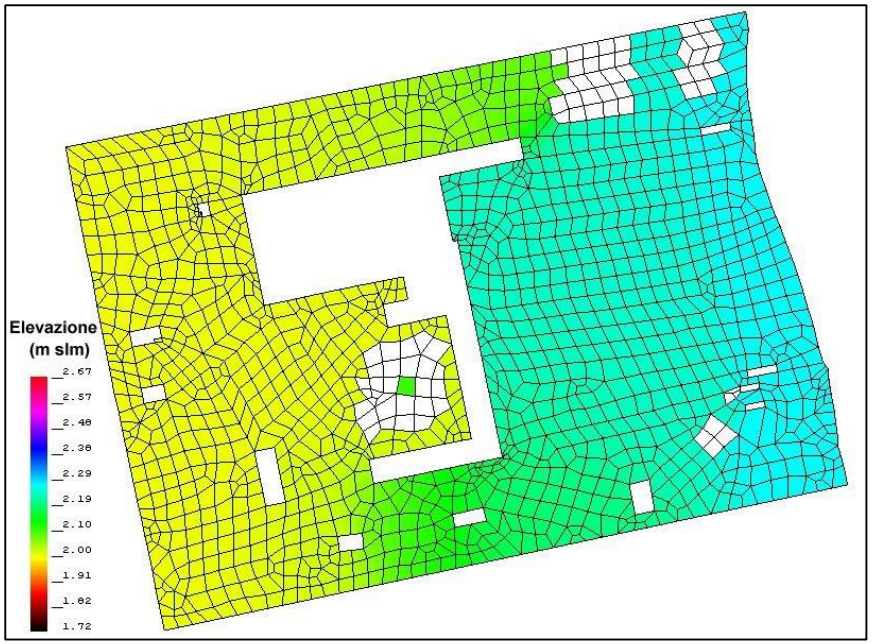


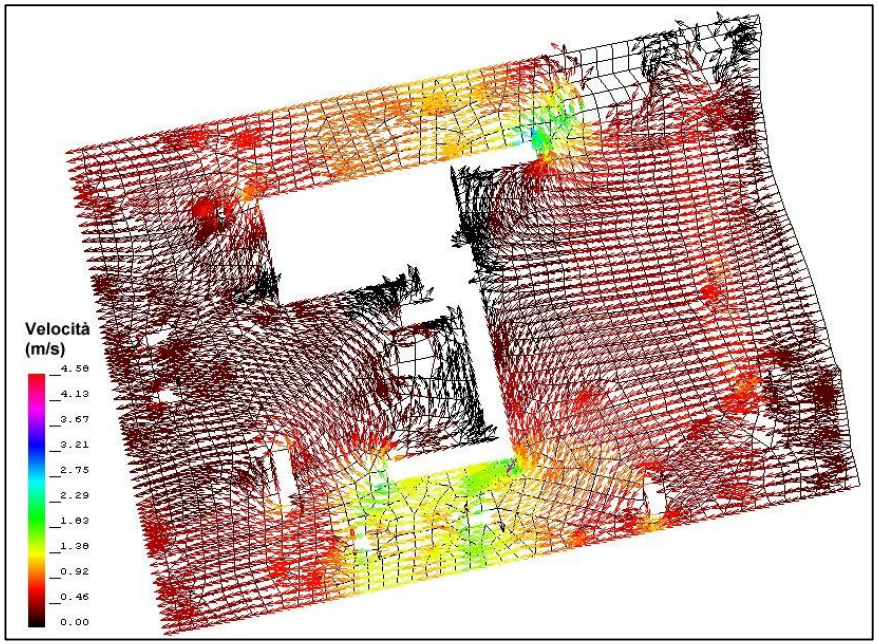
ex colonia M. S., Milano Marittima: dominio di calcolo e condizioni al bordo



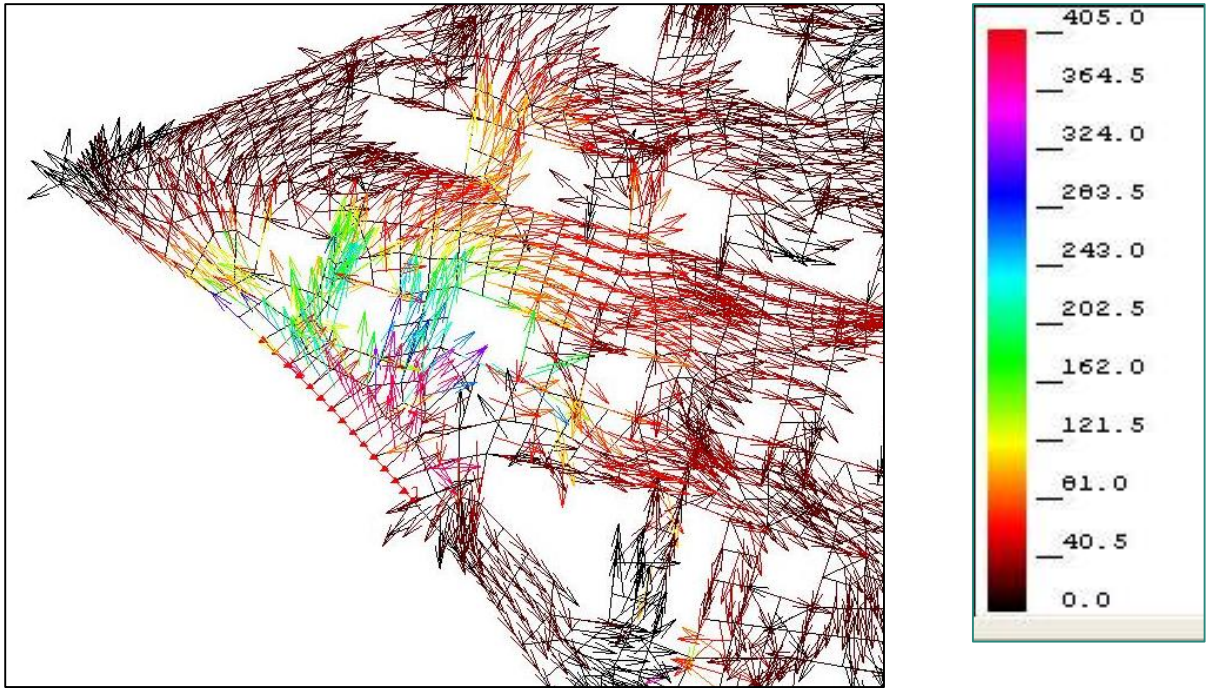


ex colonia M. S., Milano Marittima: tirante idrico e velocità di flusso





Dettaglio della velocità di uscita nel punto di rottura (valori in m/s)



Utilizzazione dei risultati nella progettazione di manufatti

Noti la velocità e il tirante d'acqua, è possibile intervenire, ad esempio, per:

1) **rialzare il pano di posa al di sopra del tirante idrico stimato**
2) **prevedere il primo solaio su pilastri a quota superiore rispetto al tirante idrico stimato**
3) **utilizzare paratie o sistemi di chiusura a tenuta stagna delle aperture poste a quote inferiori del tirante idrico stimato**
4) **recinzioni o dossi in terra per deviare il flusso**

thanks

www.ravenna2017.it