

# **Un nuovo approccio basato sull'analisi spettrale per la generazione a priori di una griglia di calcolo accurata nella modellistica idrodinamica 2D a scala di bacino**

**Domenico Ferraro<sup>1</sup>, Gabriella Petaccia<sup>1</sup>, Carmelina Costanzo<sup>2</sup>, Pierfranco Costabile<sup>2</sup>, Francesco Macchione<sup>2</sup>**

*<sup>1</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura, Università di Pavia, Italy*

*<sup>2</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile per l'Ambiente e il Territorio e Ingegnaria Chimica, Università della Calabria, Italy*

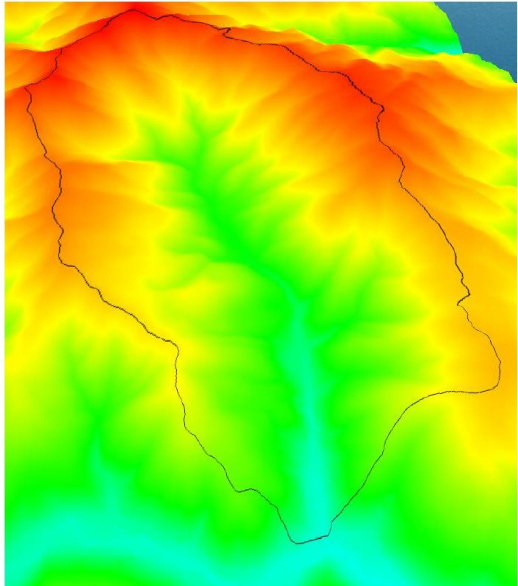
# Introduzione

- **Metodologia**
  - **Analisi Spettrale** ⇒ Determinazione delle scale caratteristiche di un bacino naturale
- **Caso Studio**
  - **Bacino South Fork Eel River (California - USA)**
  - **Bacino modificato South Fork Eel River (California - USA)**
- **Risultati**
- **Conclusioni**

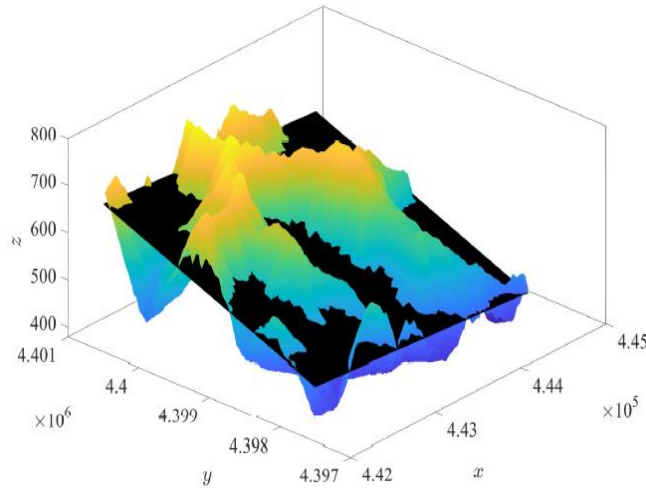


# Metodologia

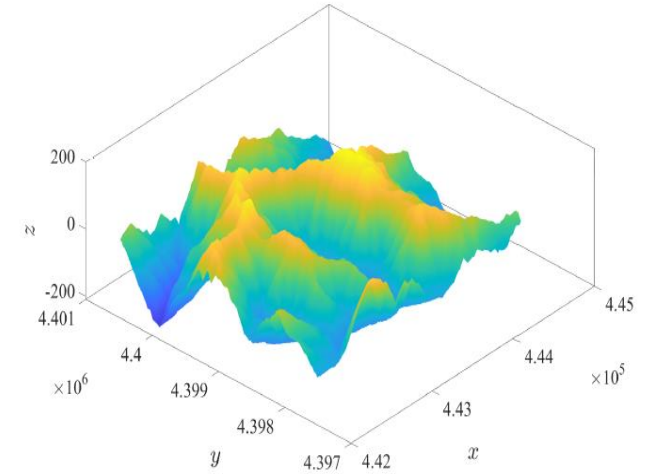
Dato Topografico



Piano Interpolante



Operazione di eliminazione della media



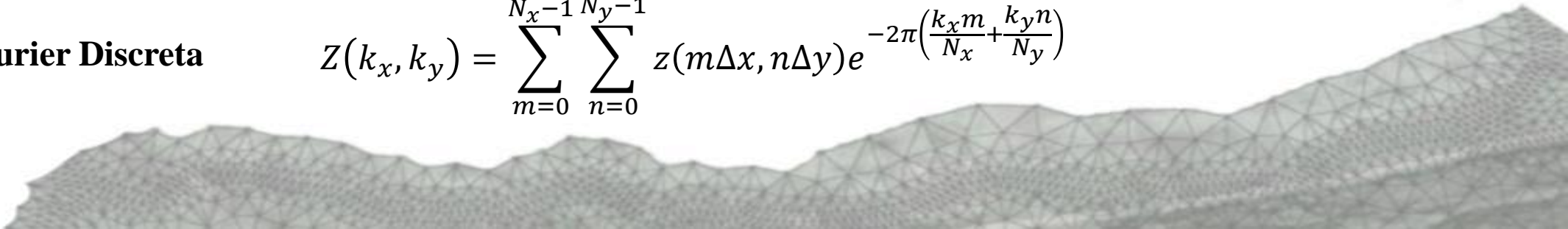
Condizione di Quasi Periodicità

DEM: Segnale Discreto in 2D



Trasformata di Fourier Discreta

$$Z(k_x, k_y) = \sum_{m=0}^{N_x-1} \sum_{n=0}^{N_y-1} z(m\Delta x, n\Delta y) e^{-2\pi i \left( \frac{k_x m}{N_x} + \frac{k_y n}{N_y} \right)}$$

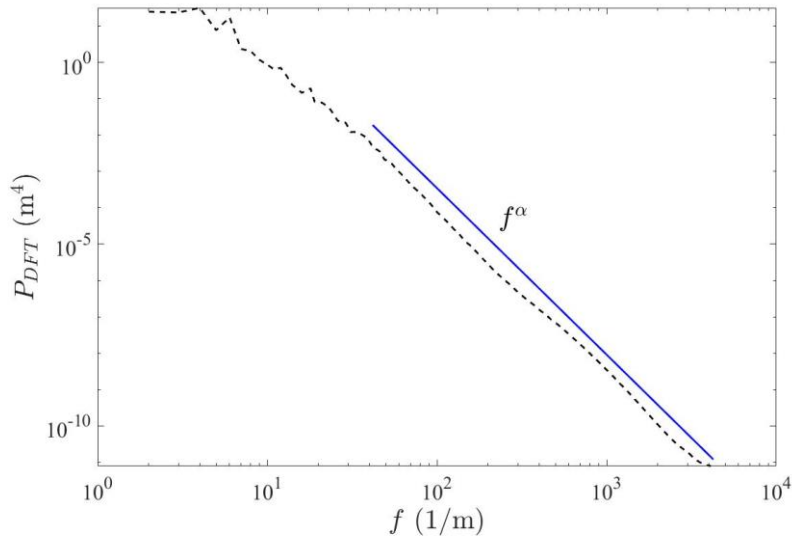


# Metodologia

## Spettro di Potenza

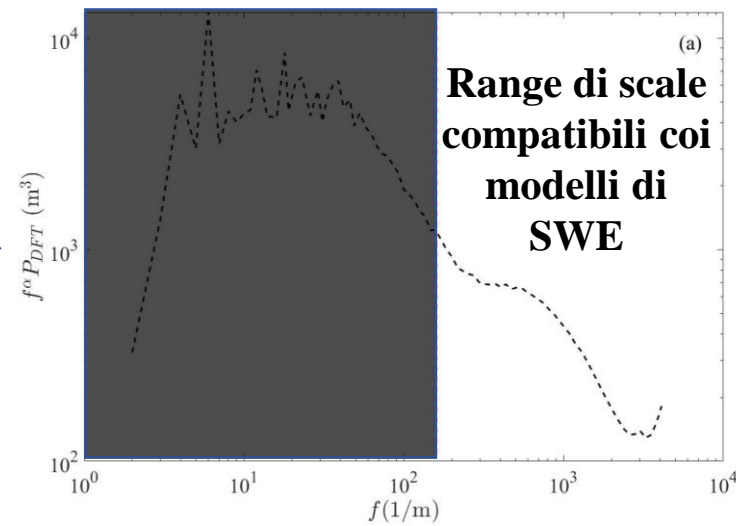
$$P_{DFT}(k_x, k_y) = \frac{1}{N_x^2 N_y^2} |Z(k_x, k_y)|^2$$

$$f_x = \frac{k_x}{N_x \Delta x}, f_y = \frac{k_y}{N_y \Delta y},$$

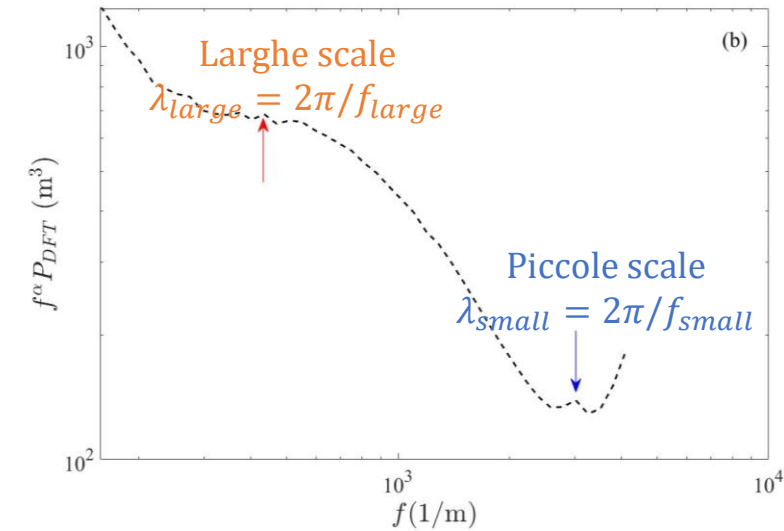


## Spettro di Potenza Premoltiplicato

$$f^\alpha P_{DFT}$$

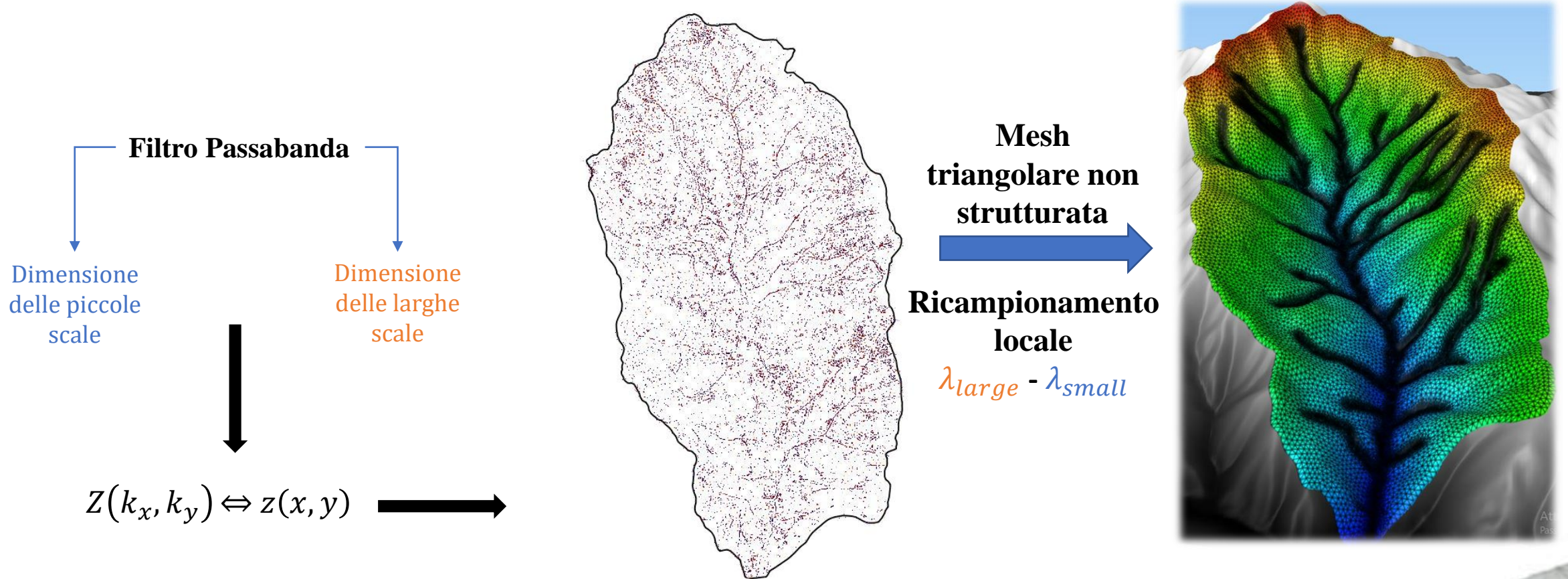


## Individuazione dei Picchi di energia



# Metodologia

## Posizionamento delle scale caratteristiche nel dominio reale



# Modello matematico e numerico per la propagazione dello scorrimento superficiale

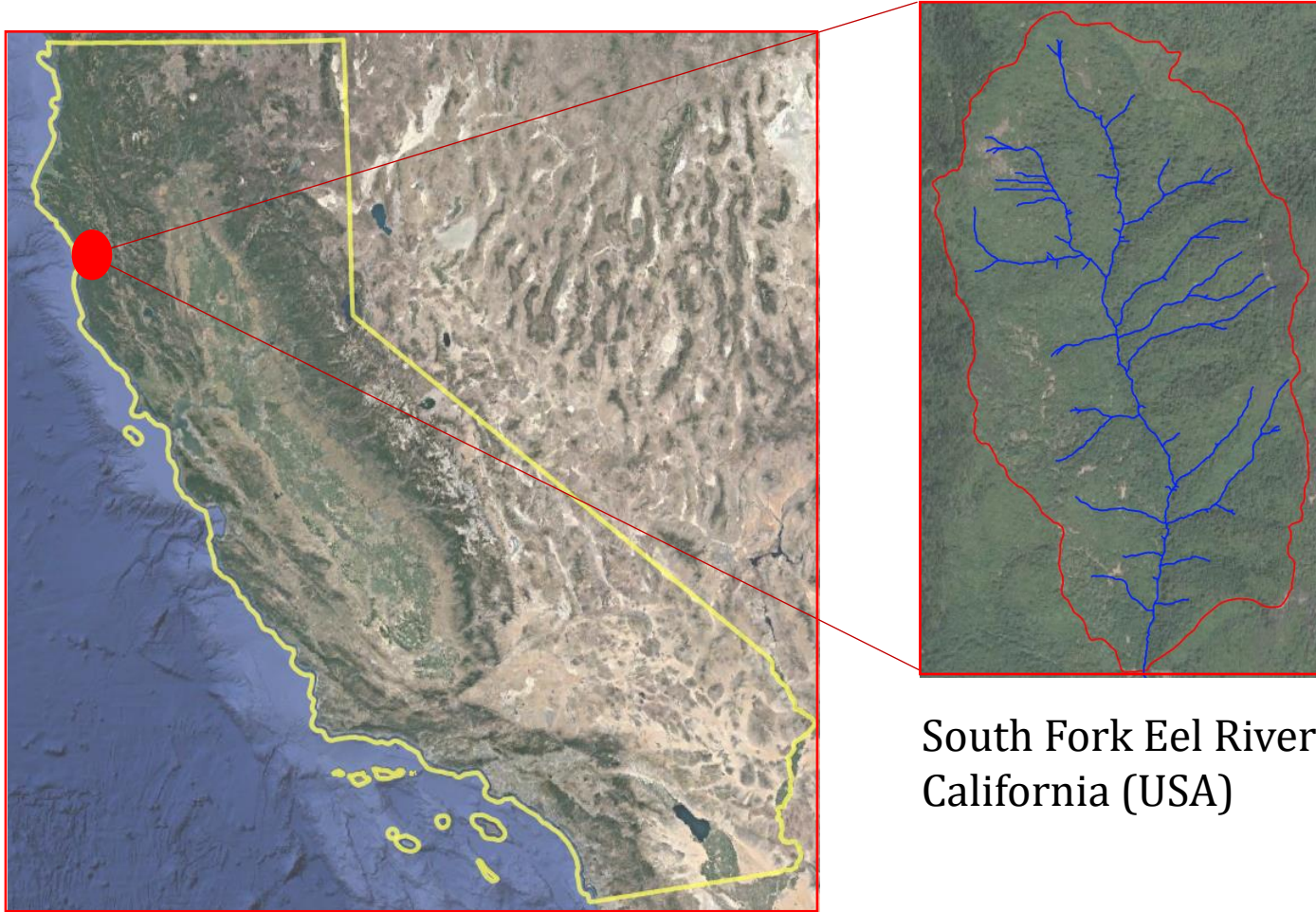
$$\frac{\partial U}{\partial t} + \frac{\partial F}{\partial x} + \frac{\partial G}{\partial y} = \mathbf{S}$$

$$\mathbf{U} = \begin{pmatrix} h \\ hu \\ hv \end{pmatrix}; \mathbf{F} = \begin{pmatrix} hu \\ hu^2 + \frac{gh^2}{2} \\ huv \end{pmatrix}; \mathbf{G} = \begin{pmatrix} hv \\ huv \\ hv^2 + \frac{gh^2}{2} \end{pmatrix}; \mathbf{S} = \begin{pmatrix} R-i \\ gh(S_{0x} - S_{fx}) \\ gh(S_{0y} - S_{fy}) \end{pmatrix}$$

$$\mathbf{U}_i^{n+1} = \mathbf{U}_i^n - \frac{\Delta t}{\Omega_i} \sum_{r=1}^N [\mathbf{F}, \mathbf{G}]_r^n \cdot \mathbf{n}_r \Delta L_i + \Delta t \mathbf{S}_i^n$$

Costabile et al. (2017,2013,2012)

# Caso Studio: Caratteristiche del bacino



South Fork Eel River  
California (USA)

## *South Fork Eel River:*

- $A$  1.68 km<sup>2</sup>;
- $z_{min}$  380 above s.l.;
- $z_{max}$  786 above s.l.;
- $z_{medio}$  578 above s.l.;
- $S_{media}$  64%.

## DEM:

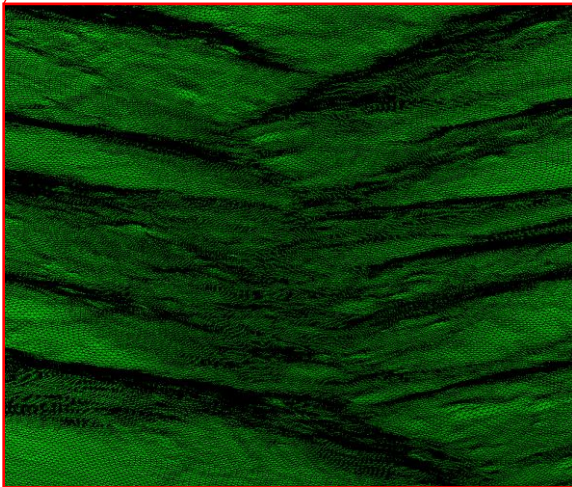
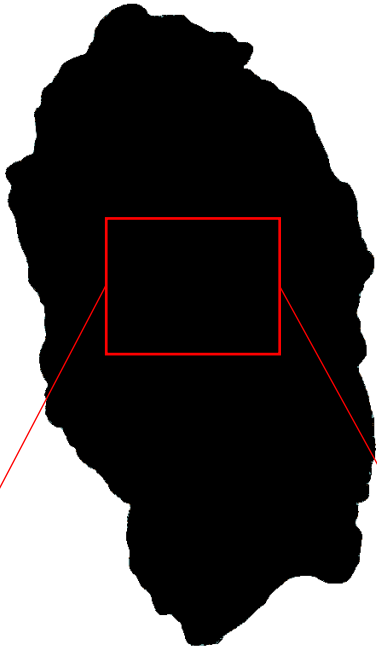
- Risoluzione LiDAR: 1 m;
- Precisione vertical: 0.1 m.



# Risoluzione spaziale delle mesh di calcolo

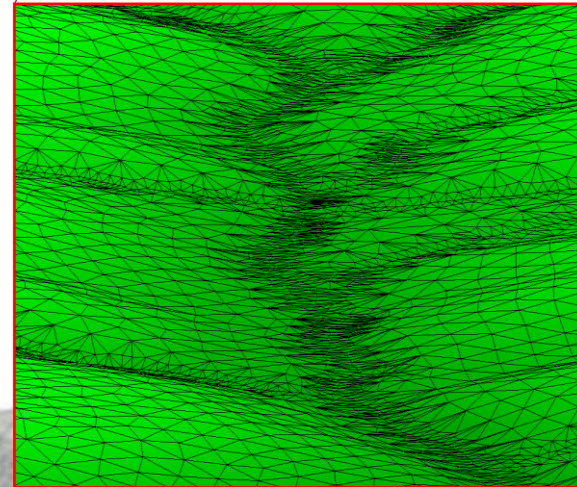
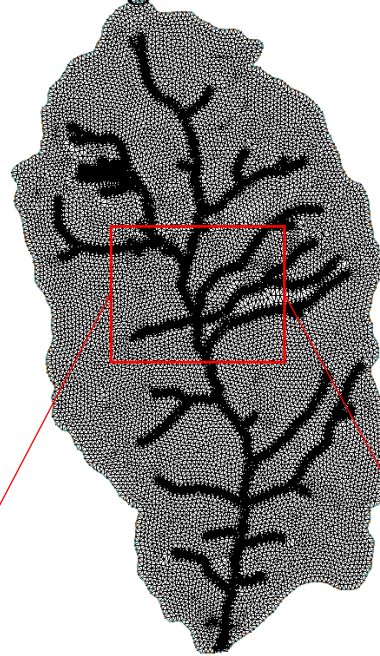
**Alta Risoluzione  
Griglia1**

Area media  
della cella  
 $1.66 \text{ m}^2$



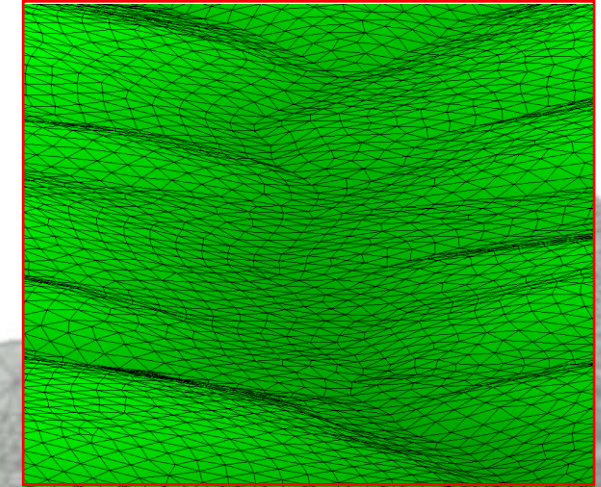
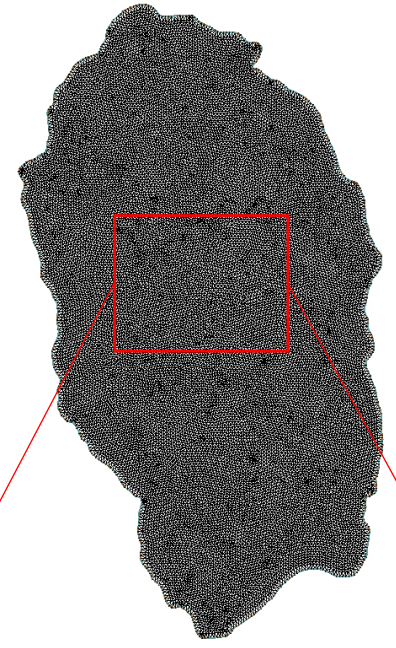
**Analisi Spettrale  
Griglia2**

Area media  
della cella  
 $23.74 \text{ m}^2$



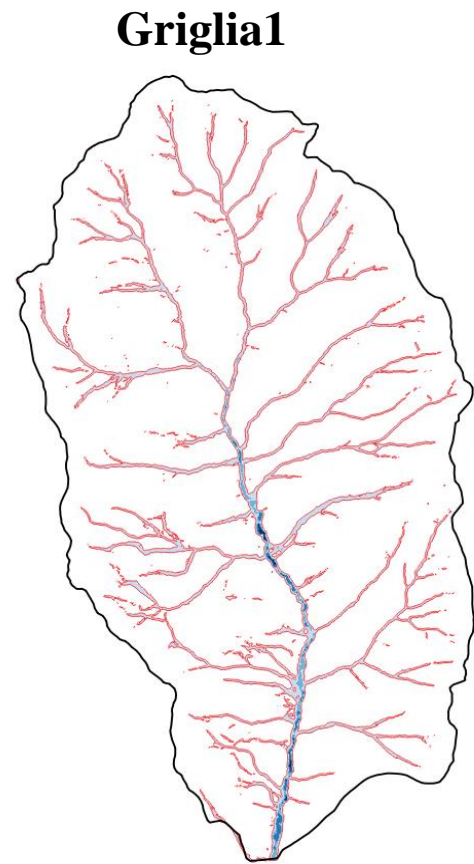
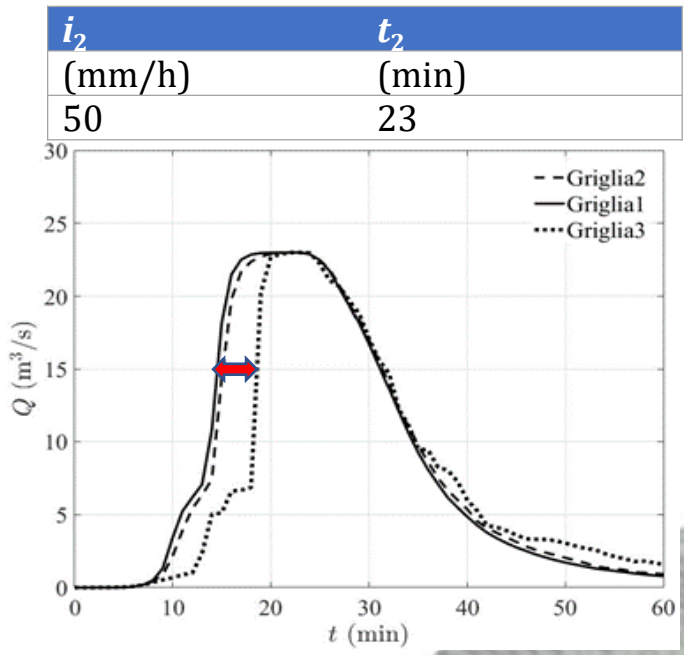
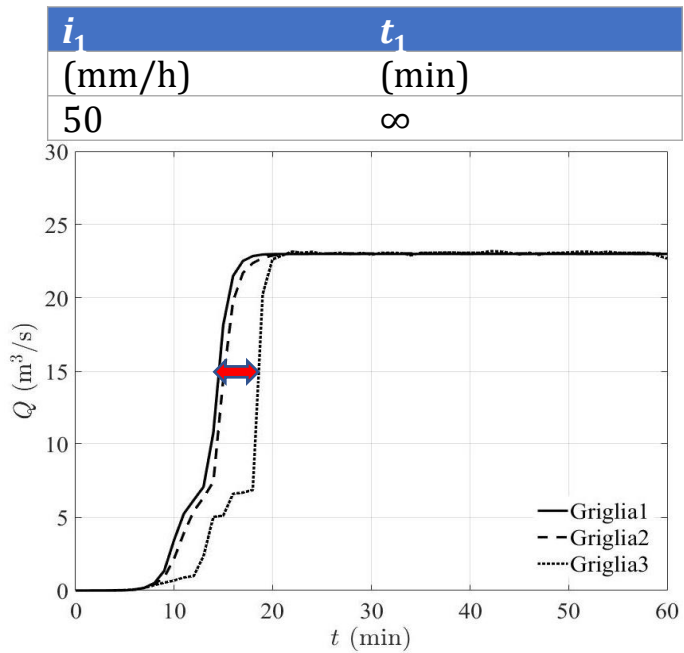
**Tipica Risoluzione  
Griglia3**

Area media  
della cella  
 $42.77 \text{ m}^2$

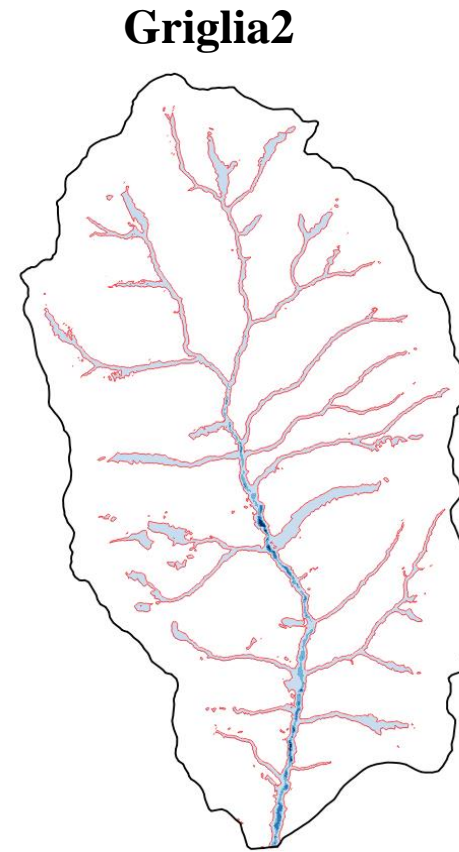




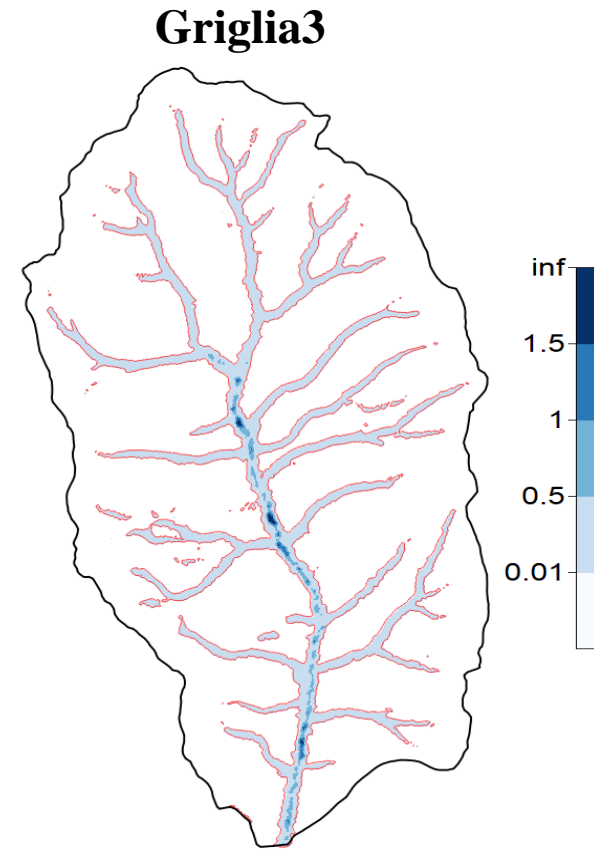
# Resultati: South Fork Eel River



| Area            | Numero       | $T$   |
|-----------------|--------------|-------|
| <i>inondata</i> | <i>Celle</i> |       |
| km <sup>2</sup> | n°           | (min) |
| 0.1152          | 1'055'582    | 310   |



| Area            | Numero       | $T$   |
|-----------------|--------------|-------|
| <i>inondata</i> | <i>Celle</i> |       |
| km <sup>2</sup> | n°           | (min) |
| 0.1152          | 74'184       | 8.4   |



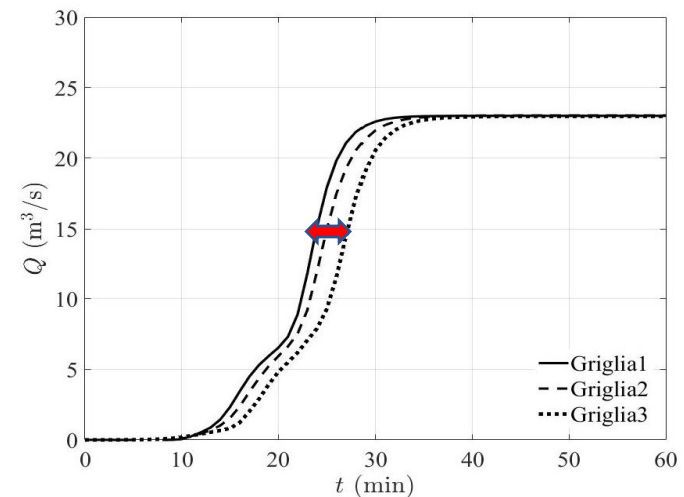
| Area            | Numero       | $T$   |
|-----------------|--------------|-------|
| <i>inondata</i> | <i>Celle</i> |       |
| km <sup>2</sup> | n°           | (min) |
| 0.1416          | 41'178       | 4.2   |

| $\Delta$ area | Riduzione di $T$ |
|---------------|------------------|
| %             | %                |
| 0.26          | 97.3             |

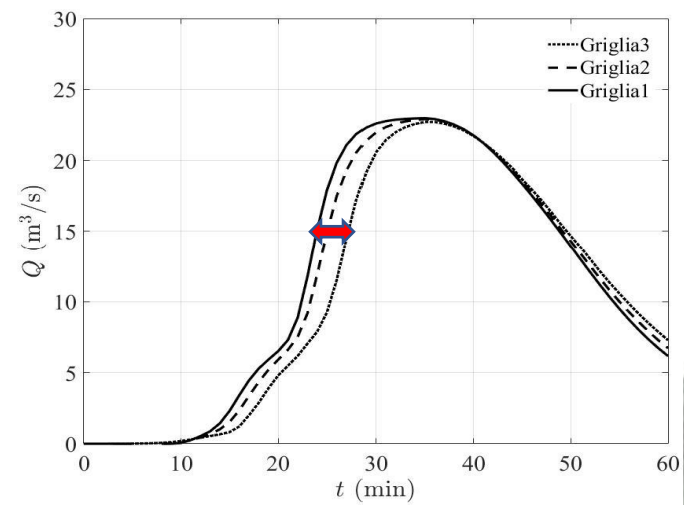
| $\Delta$ area | Riduzione di $T$ |
|---------------|------------------|
| %             | %                |
| 22.9          | 98.2             |

# Risultati: South Fork Eel River modificato

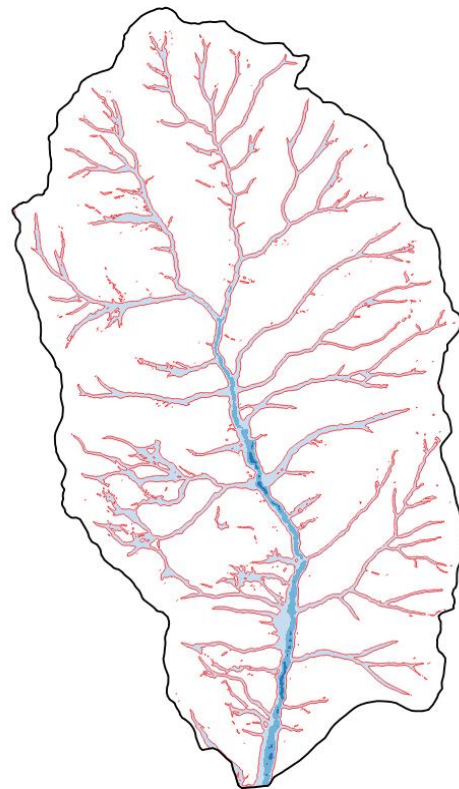
| $i_1$  | $t_1$    |
|--------|----------|
| (mm/h) | (min)    |
| 50     | $\infty$ |



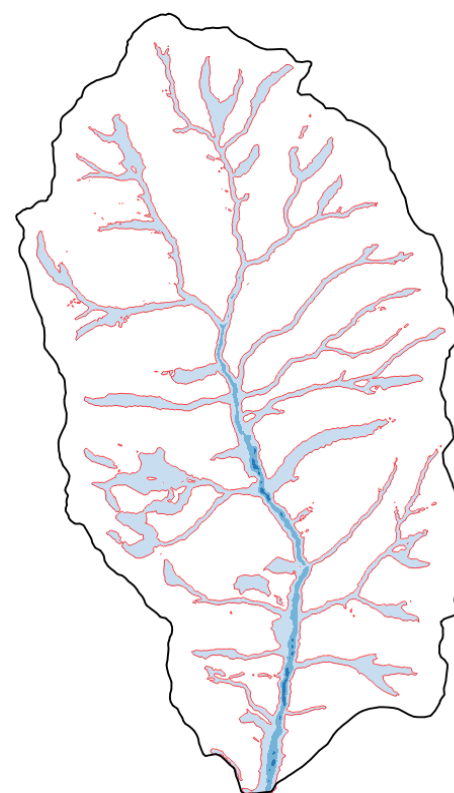
| $i_2$  | $t_2$ |
|--------|-------|
| (mm/h) | (min) |
| 50     | 35    |



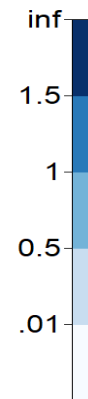
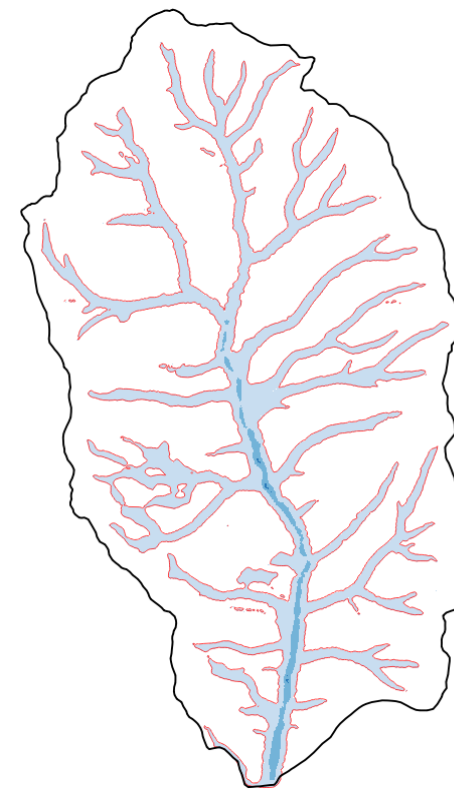
## Griglia1



## Griglia2



## Griglia3



| Area            | Numero       | $T$   |
|-----------------|--------------|-------|
| <i>inondata</i> | <i>Celle</i> |       |
| km <sup>2</sup> | n°           | (min) |
| 0.209           | 1'055'582    | 310   |

| Area            | Numero       | $T$   |
|-----------------|--------------|-------|
| <i>inondata</i> | <i>Celle</i> |       |
| km <sup>2</sup> | n°           | (min) |
| 0.264           | 74'184       | 8.4   |

| Area            | Numero       | $T$   |
|-----------------|--------------|-------|
| <i>inondata</i> | <i>Celle</i> |       |
| km <sup>2</sup> | n°           | (min) |
| 0.362           | 41'178       | 4.2   |

| $\Delta$ area | Riduzione di $T$ |
|---------------|------------------|
| %             | %                |
| 26.3          | 97.3             |

| $\Delta$ area | Riduzione di $T$ |
|---------------|------------------|
| %             | %                |
| 42.3          | 98.2             |

# Conclusioni

- L'analisi spettrale può essere applicata per individuare le scale caratteristiche di un bacino naturale;
- gli idrogrammi nella sezione di chiusura e le aree allagate ottenute dalla mesh costruita utilizzando le scale caratteristiche presentano un'alta similitudine con i risultati ottenuti dalla simulazione di riferimento;
- si ottiene un grande risparmio del tempo computazionale.

**GRAZIE PER LA CORTESE  
ATTENZIONE**

