



# L'approfondimento della conoscenza e lo sviluppo dell'innovazione per i Servizi di idrologia operativa

## Modelli fluviali di propagazione e trasporto

**Stefano Lanzoni**



Dipartimento di  
Ingegneria Civile, Edile e Ambientale  
Università di Padova





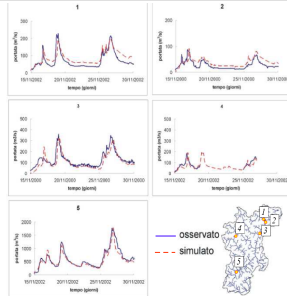
# Modellazione 2D del campo di moto

- Modelli idrologici (bacino del Piave, Progetto **MoDiTe** - Modelli per la Difesa del Territorio - Università di Padova)

Idrogrammi di piena



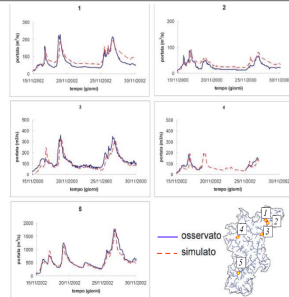
- Modelli idraulici 2D di propagazione di piena (Piave a Longarone)



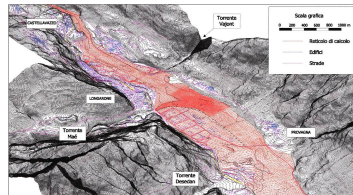
# Modellazione 2D del campo di moto

- Modelli idrologici (bacino del Piave, Progetto **MoDiTe** - Modelli per la Difesa del Territorio - Università di Padova)

Idrogrammi di piena



- Modelli idraulici 2D di propagazione di piena (Piave a Longarone)





# Modellazione morfodinamica

## Modelli idrodinamici con fondo mobile

- **Modelli 1D** (Modelli numerici di equilibrio e di evoluzione)
- **Modelli 2D** (Modelli numerici di evoluzione a breve medio termine)
- **Modelli quasi-2D** (Modelli analitico-numeric e di evoluzione planimetrica)
- **Modelli ad automi cellulari** (Evoluzione alvei intrecciati)

1D: monodimensionali

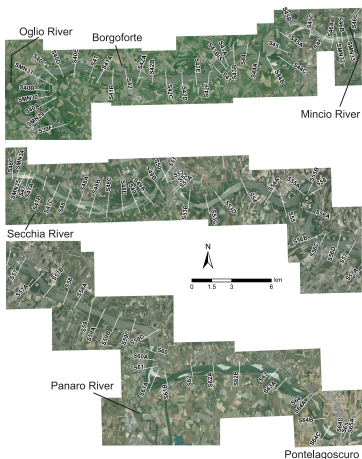
2D: bidimensionali

Quasi-2D: bidimensionali con parametrizzazione dei moti secondari



# Modelli 1D: profilo **equilibrio** Fiume Po

Lanzoni et al. (AWR 2015)



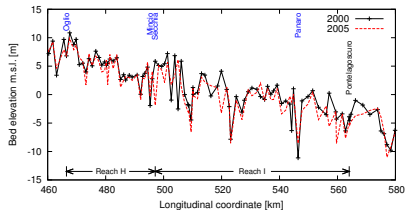


# Modelli 1D: profilo **equilibrio** Fiume Po

Lanzoni et al. (AWR 2015)



## Fondo rilevato 2000 & 2005

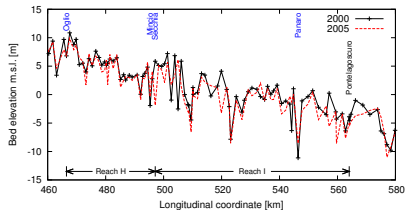


# Modelli 1D: profilo **equilibrio** Fiume Po

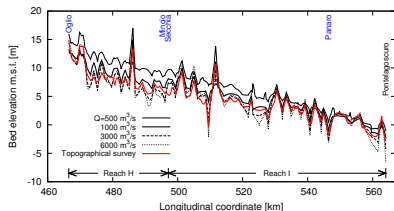
Lanzoni et al. (AWR 2015)



Fondo rilevato 2000 & 2005



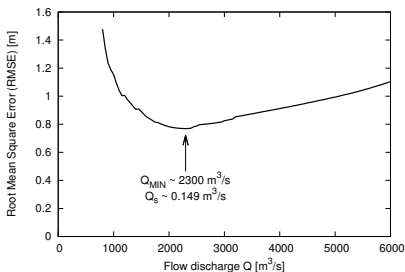
Fondo **calcolato** al variare di  $Q$





# Modelli 1D: portate formative Fiume Po

## Portate formative liquida ( $Q_{MIN}$ ) e solida ( $Q_S$ )

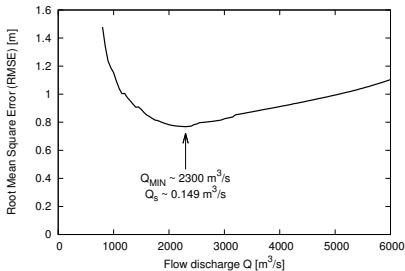




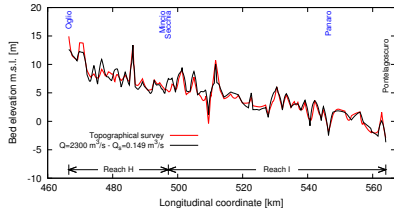


# Modelli 1D: portate formative Fiume Po

Portate formative liquida ( $Q_{MIN}$ ) e solida ( $Q_S$ )



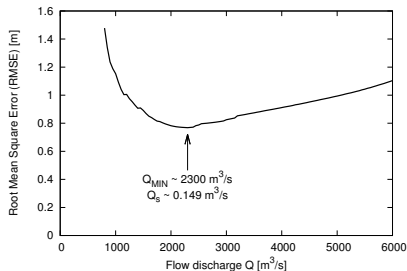
Profili fondo rilevato & calcolato



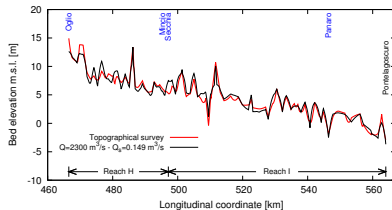


# Modelli 1D: portate formative Fiume Po

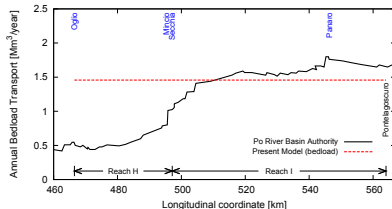
## Portate formative liquida ( $Q_{MIN}$ ) e solida ( $Q_S$ )



## Profili fondo rilevato & calcolato



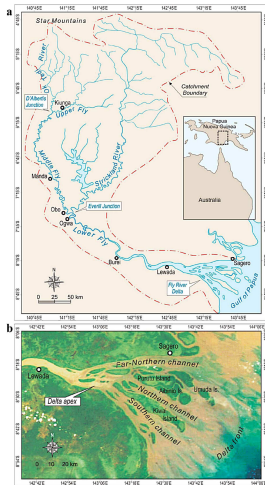
## Portata solida media annua osservata & calcolata





# Modelli 1D: evoluzione Fly River (Papua New Guinea)

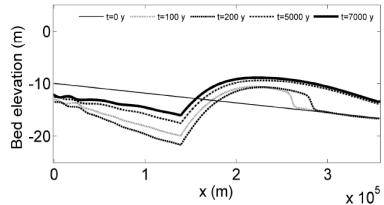
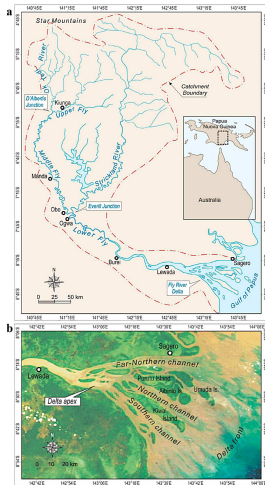
Canestrelli et al. (SG 2013)



# Modelli 1D: evoluzione Fly River (Papua New Guinea)

Canestrelli et al. (SG 2013)

Evoluzione a lungo termine del fondo

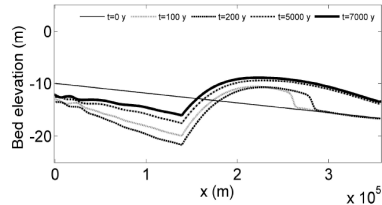
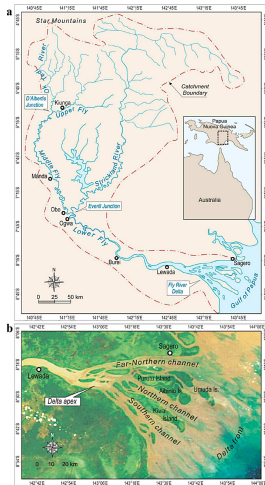




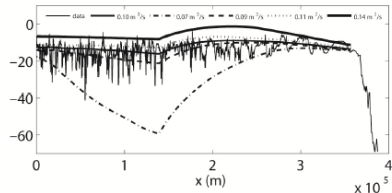
# Modelli 1D: evoluzione Fly River (Papua New Guinea)

Canestrelli et al. (SG 2013)

Evoluzione a lungo termine del fondo

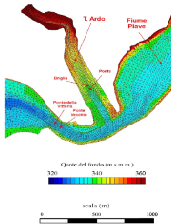
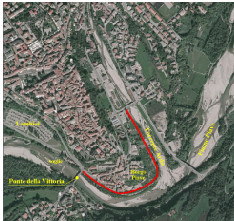


Effetto variazioni portata solida



# Modelli 2D: confluenze del Piave

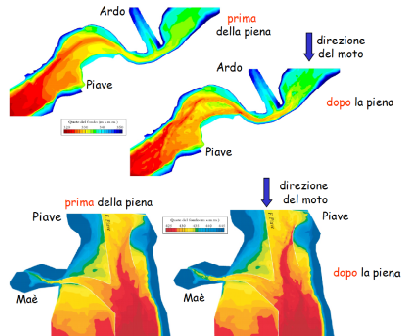
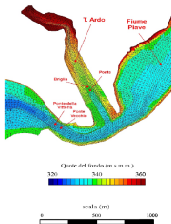
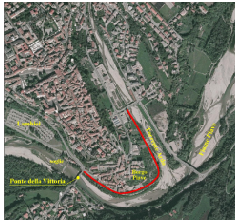
Progetto **MoDiTe**. Università di Padova



# Modelli 2D: confluenze del Piave

Progetto **MoDiTe**. Università di Padova

## Evoluzione a medio termine del fondo

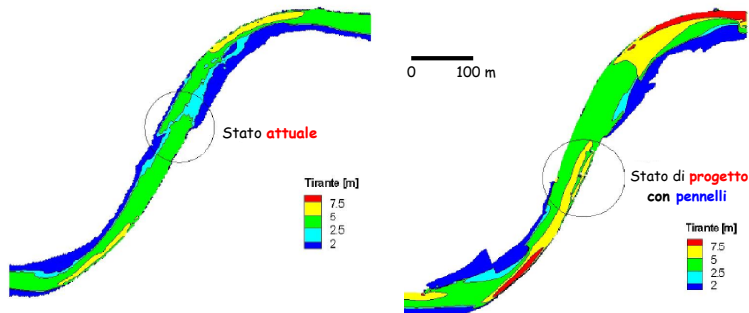




# Modelli 2D: navigazione Fiume Po.

Verifica pennelli trasversali per migliorare le condizioni di **navigabilità di un basso** in località Bosco Parmigiano (durata simulazione:  $\sim 40$  giorni).

Rosatti, G., A. Armanini, V. Galletta, M. Vergnani, F. Cerchia (IDRA 2008)



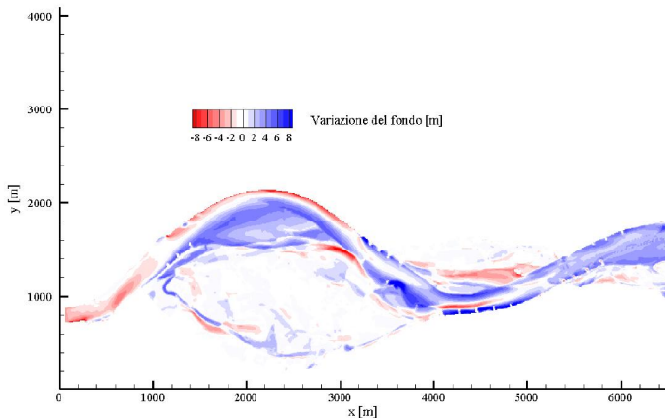




# Modelli 2D: rinaturalizzazione Fiume Po.

Riattivazione di una lanca (in località Torricella) per una portata di  $5000 \text{ m}^3/\text{s}$  (durata simulazione:  $\sim 40$  giorni).

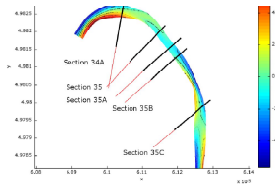
Rosatti, G., A. Armanini, V. Galletta, M. Vergnani, F. Cerchia (IDRA 2008)



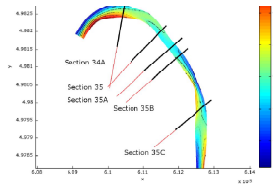


# Modelli 2D: Modellazione analitica

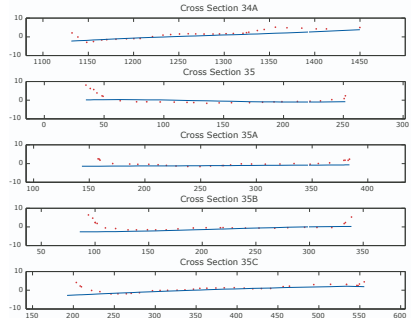
Modello linearizzato **campo di moto** e **batimetria di equilibrio**  
in alvei meandriformi (Frascati e Lanzoni, JGR 2013)



Modello linearizzato **campo di moto** e **batimetria di equilibrio**  
in alvei meandriformi (Frascati e Lanzoni, JGR 2013)



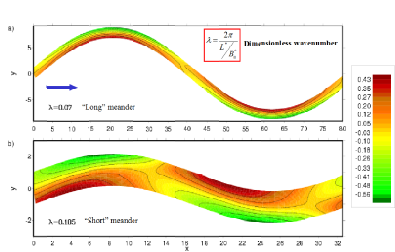
Confronto tra sezioni **misurate** e **calcolate**





# Modelli 2D: modellazione analitica

Modello **non lineare** campo di noto e batimetria di equilibrio  
in **alvei meandriciformi** (Bolla Pittaluga e Seminara, ESPL 2011)

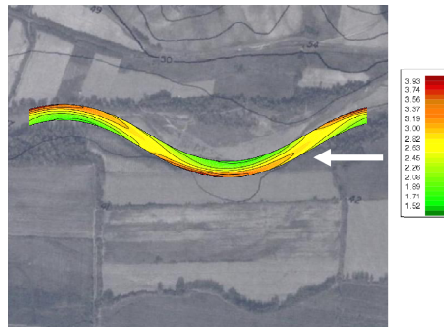
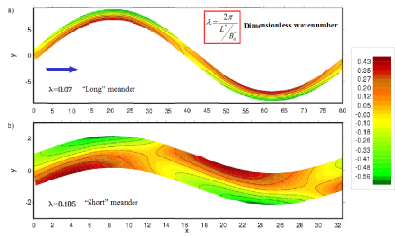




# Modelli 2D: modellazione analitica

Modello **non lineare** campo di noto e batimetria di equilibrio  
in **alvei meandriiformi** (Bolla Pittaluga e Seminara, ESPL 2011)

Applicazione al Fiume **Cecina**



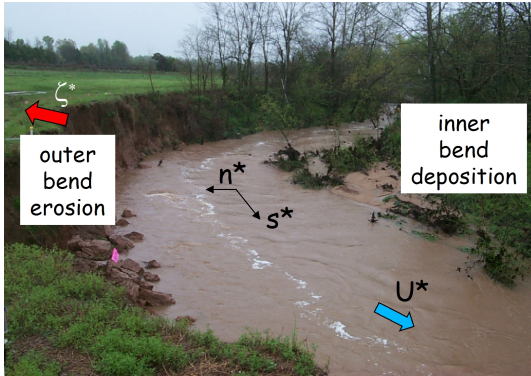


# Migrazione planimetrica fiumi alluvionali





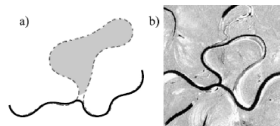
# Migrazione planimetrica fiumi alluvionali





# Simulazioni a lungo termine

- Modellazione dei cutoffs  
([Frascati & Lanzoni, JGR 2009](#);  
ESPL 2010)

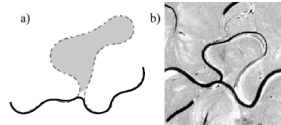






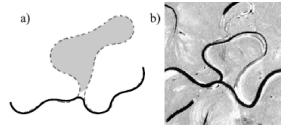
# Simulazioni a lungo termine

- Modellazione dei cutoffs  
(Frascati & Lanzoni, JGR 2009;  
ESPL 2010)

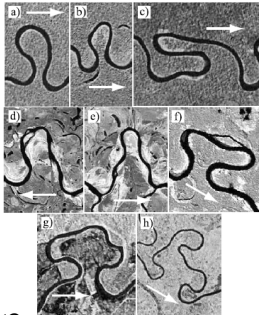


# Simulazioni a lungo termine

- Modellazione dei cutoffs  
(Frascati & Lanzoni, JGR 2009;  
ESPL 2010)

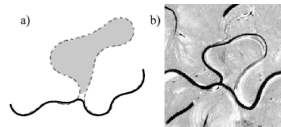


Observed



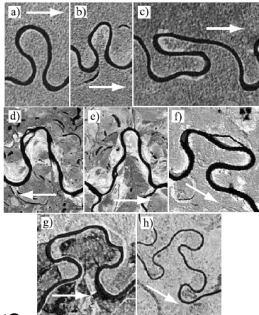
# Simulazioni a lungo termine

- Modellazione dei cutoffs  
(Fracati & Lanzoni, JGR 2009;  
ESPL 2010)

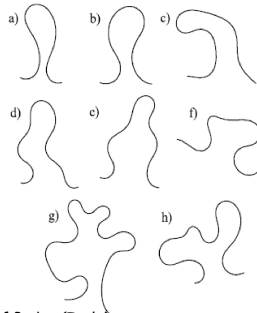


100 Half Width

Observed



Computed



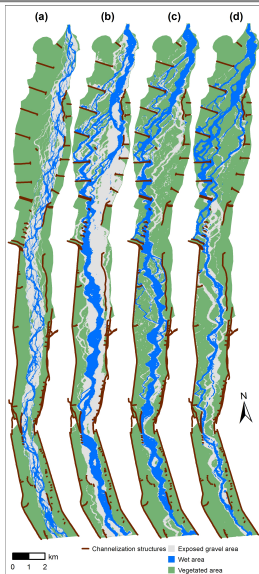


# Modelli Automi Cellulari

Comportamento morfodinamico a **lungo termine** di **alvei intrecciati**. Regole semplificate per: i) campo di **moto fluido**; ii) **erosione/deposito** fluviale; iii) **migrazione** delle sponde; iv) dinamica della **vegetazione**.

Applicazione al Fiume Tagliamento (Ziliani et al., JGR 2013)

- Morfologia al 2001 (foto aeree)
- Evoluzione al 2035 con **forzanti attuali**
- Evoluzione al 2035 con **tasso crescita vegetazione raddoppiato**
- Evoluzione al 2035 **senza trasporto solido** da monte





# Conclusioni

- Sono oggi disponibili numerosi **modelli numerici a fondo mobile** (e.g., Delft3D, Telemac, Mike21, ...), alcuni dei quali open-source.
- Tali modelli possono essere utilizzati con una certa affidabilità per **simulazioni morfodinamiche a breve/medio termine**.
- Il moto in curva necessita di opportune **parametrizzazioni dei moti secondari**, al momento descritte opportunamente solo in **modelli analitici lineari/nonlineari**;



# Conclusioni

- Sono oggi disponibili numerosi **modelli numerici** a **fondo mobile** (e.g., Delft3D, Telemac, Mike21, ...), alcuni dei quali open-source.
- Tali modelli possono essere utilizzati con una certa affidabilità per **simulazioni morfodinamiche a breve/medio termine**.
- Il moto in curva necessita di opportune **parametrizzazioni** dei **moti secondari**, al momento descritte opportunamente solo in **modelli analitici lineari/nonlineari**;



# Conclusioni

- Sono oggi disponibili numerosi **modelli numerici a fondo mobile** (e.g., Delft3D, Telemac, Mike21, ...), alcuni dei quali open-source.
- Tali modelli possono essere utilizzati con una certa affidabilità per **simulazioni morfodinamiche a breve/medio termine**.
- Il moto in curva necessita di opportune **parametrizzazioni dei moti secondari**, al momento descritte opportunamente solo in **modelli analitici lineari/nonlineari**;



# Conclusioni

- **Simulazioni a lungo termine**, stante l'attuale potenza di calcolo, necessitano ancora di modelli opportunamente **semplificati** (analitici o automi cellulari).
- La **vegetazione** può giocare un ruolo importante nell'evoluzione morfologica





# Conclusioni

- **Simulazioni a lungo termine**, stante l'attuale potenza di calcolo, necessitano ancora di modelli opportunamente **semplificati** (analitici o automi cellulari).
- La **vegetazione** può giocare un ruolo importante nell'evoluzione morfologica