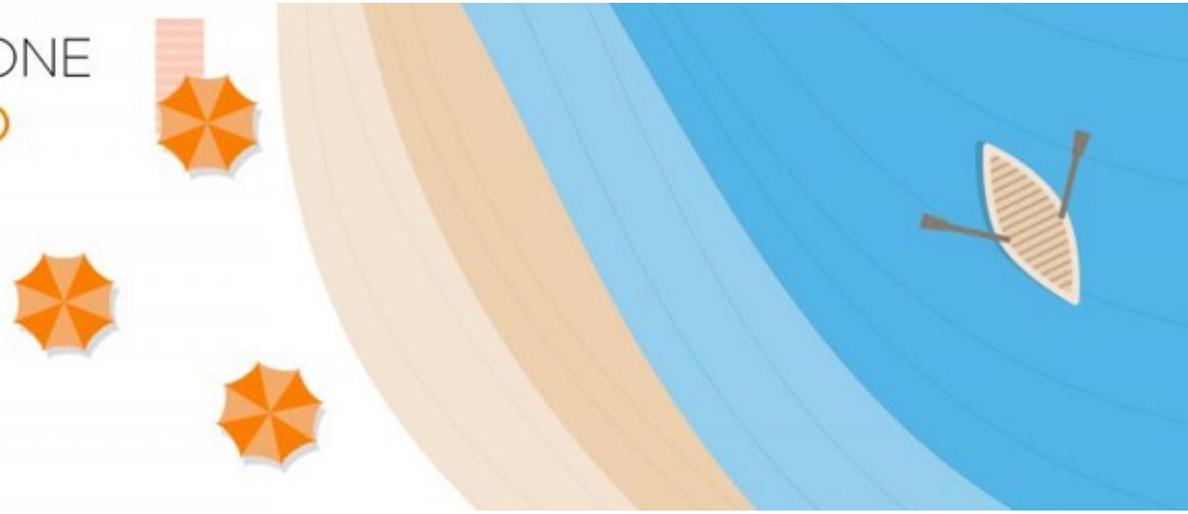


GESTIONE E PREVENZIONE
DEL **RISCHIO COSTIERO**
DI UN TERRITORIO
IN EVOLUZIONE

PISA 8 OTTOBRE 2019

Scuola Normale Superiore
Piazza dei Cavalieri
9:00 - 17:30



Linee guida per gli studi di dettaglio del rischio da mareggiata

Francesco Lalli

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca



La cooperazione al cuore del Mediterraneo



MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



METODI E MODELLI PER L'ANALISI DELL'INONDAZIONE COSTIERA: UNO STUDIO PER LA BAIJA DI ALGHERO

Francesco Lalli¹, Antonello Bruschi¹, Maria Luisa Cassese¹, Pio Di Manna¹, Iolanda Lisi¹, Eutizio Vittori¹, Francesco Memmola², Matteo Postacchini², Debora Bellafore³, Marco Bajo³, Maurizio Brocchini²

- (1) ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, Roma**
- (2) DICEA, Dip. Ing. Civile, Edile e Architettura, Univ. Politecnica delle Marche, Ancona**
- (3) ISMAR–CNR, Istituto di Scienze Marine, Consiglio Nazionale delle Ricerche (Venezia)**

D. L. 23/2/2010 n. 49, “Attuazione della direttiva 2007/60/CE per la valutazione e la gestione dei rischi di alluvioni”, introduce criteri di mitigazione dell’impatto di alluvioni sulla salute, l’ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche.



Interreg
UNIONE EUROPEA
MARITTIMO-IT FR-MARITIME
Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



convenzione tra:

- *Agenzia Distretto Idrografico Sardegna*
- *ISPRA*

Studio della pericolosità da inondazione in aree costiere individuate dal Piano Gestione Rischio Alluvioni Sardegna.

OBIETTIVI

- 1. Redazione di Linee Guida per gli studi di dettaglio nelle aree costiere esposte a inondazione marina.**
- 2. Implementazione di una catena modellistica comprensiva di modelli di allagamento costiero ad alta risoluzione.**

Forzanti meteo-marine (CNR-ISMAR)

OBIETTIVI

- Caratterizzazione degli eventi estremi;
- Preparazione dei **dati al contorno** per la **catena modellistica** predisposta per gli studi di dettaglio.

METODOLOGIA

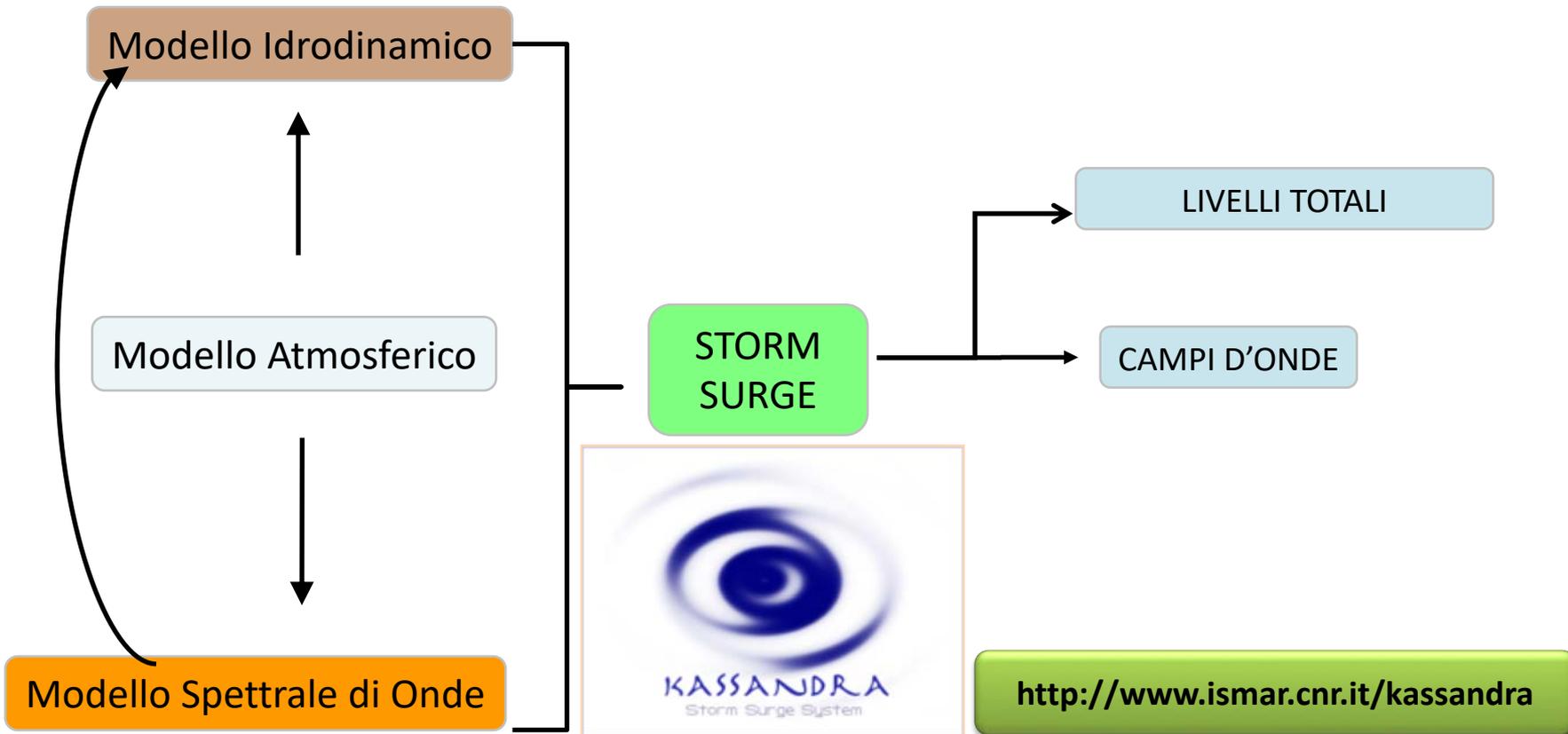
- Uso di un dataset modellistico (sistema operativo a scala regionale) ad alta risoluzione (~2000 nodi griglia lungo le coste sarde);
- Analisi dati:
 - **Analisi degli eventi estremi (Hs e livelli) su base stagionale;**
 - Calcolo **valori di ritorno a 2, 20 e 100 anni;**
 - Caratterizzazione eventi estremi in termini di **persistenza**, oltre al valore di picco, importante nella determinazione dell'impatto.

KASSANDRA - Sistema di previsione onde-livelli marini (CNR-ISMAR)

TWO-WAY COUPLING { modello idrodinamico FEM (**SHYFEM**);
modello spettrale d'onda FEM (**WWMII**)).

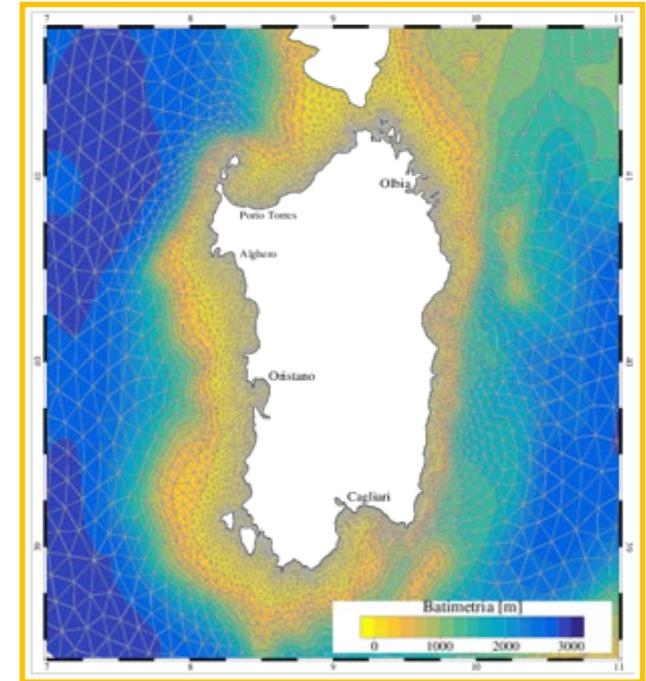
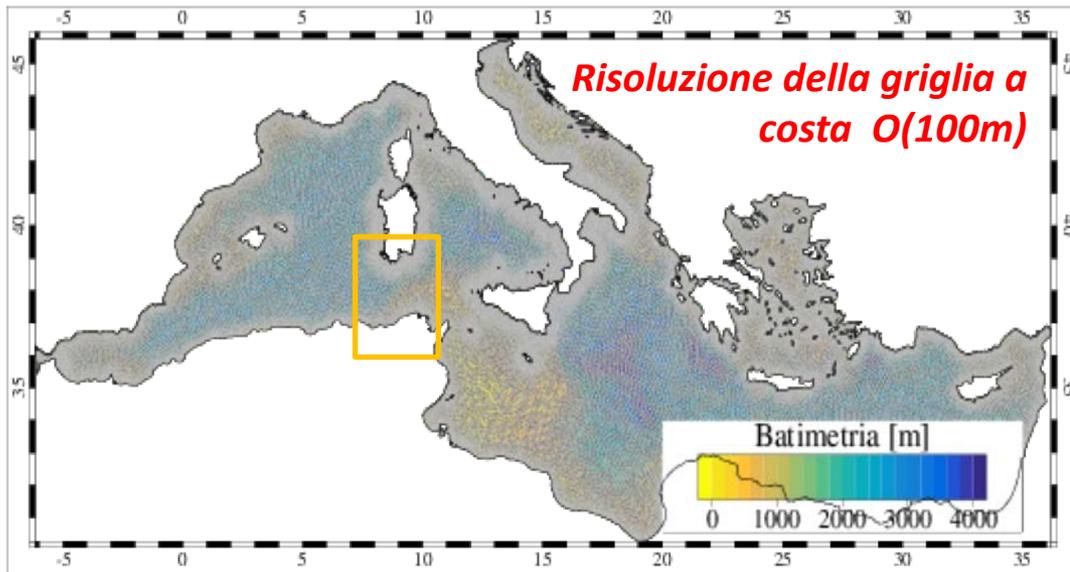
dati vento e pressione da modellistica atmosferica (BOLAM, MOLOCH, CNR-ISAC).

KASSANDRA FRAMEWORK



Dati da modello

Dataset 2012 - 2016 – una corsa al giorno – 4 giorni di forecast – serie temporale: successione dei primi giorni di forecast.



Kassandra: griglia agli elementi finiti

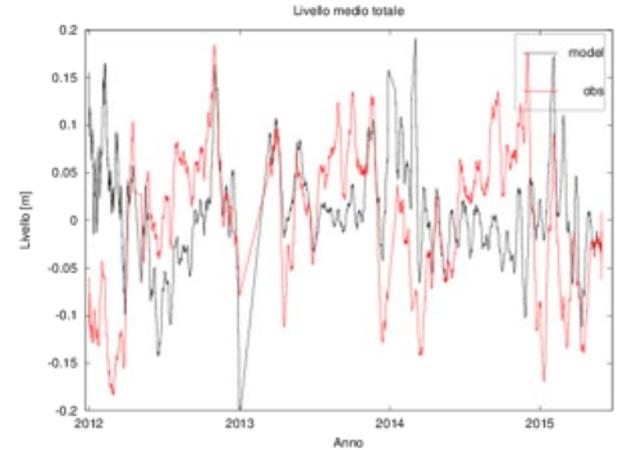
VARIABILI (flusso barotropico)

- Livello: marea astronomica + storm surge + set-up dei frangenti
- Corrente mareale 3D
- Altezza d'onda significativa
- Periodo dell'onda
- Direzione dell'onda

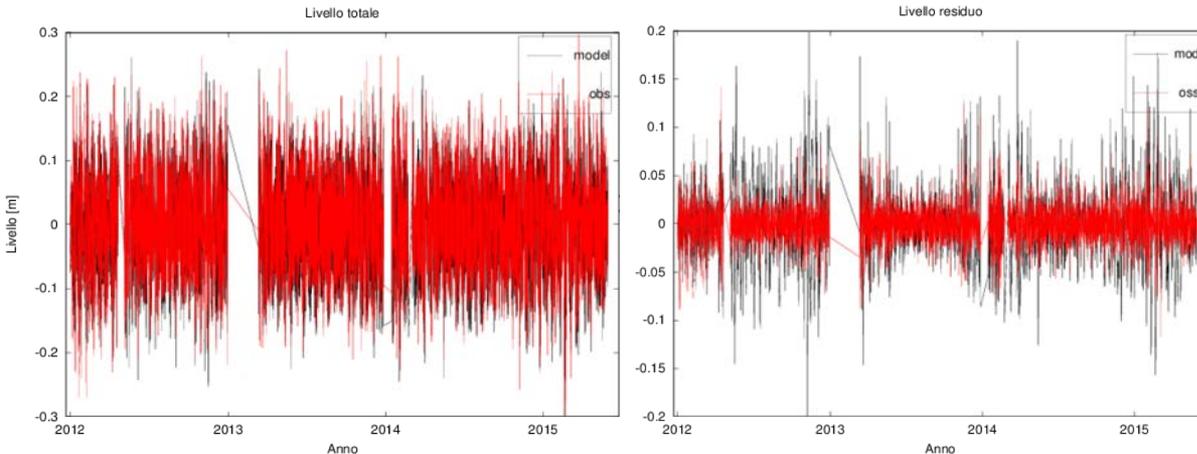
Confronto tra dati da modello e dati misurati

LIVELLI DEL MARE – mareografo di Cagliari

- **A)** Livello medio stagionale (media 10 gg);
- **B)** Livello - media stagionale = livello di STORM SURGE, SET-UP delle onde e MAREA ASTRONOMICA



A



- **C)** Livello residuo

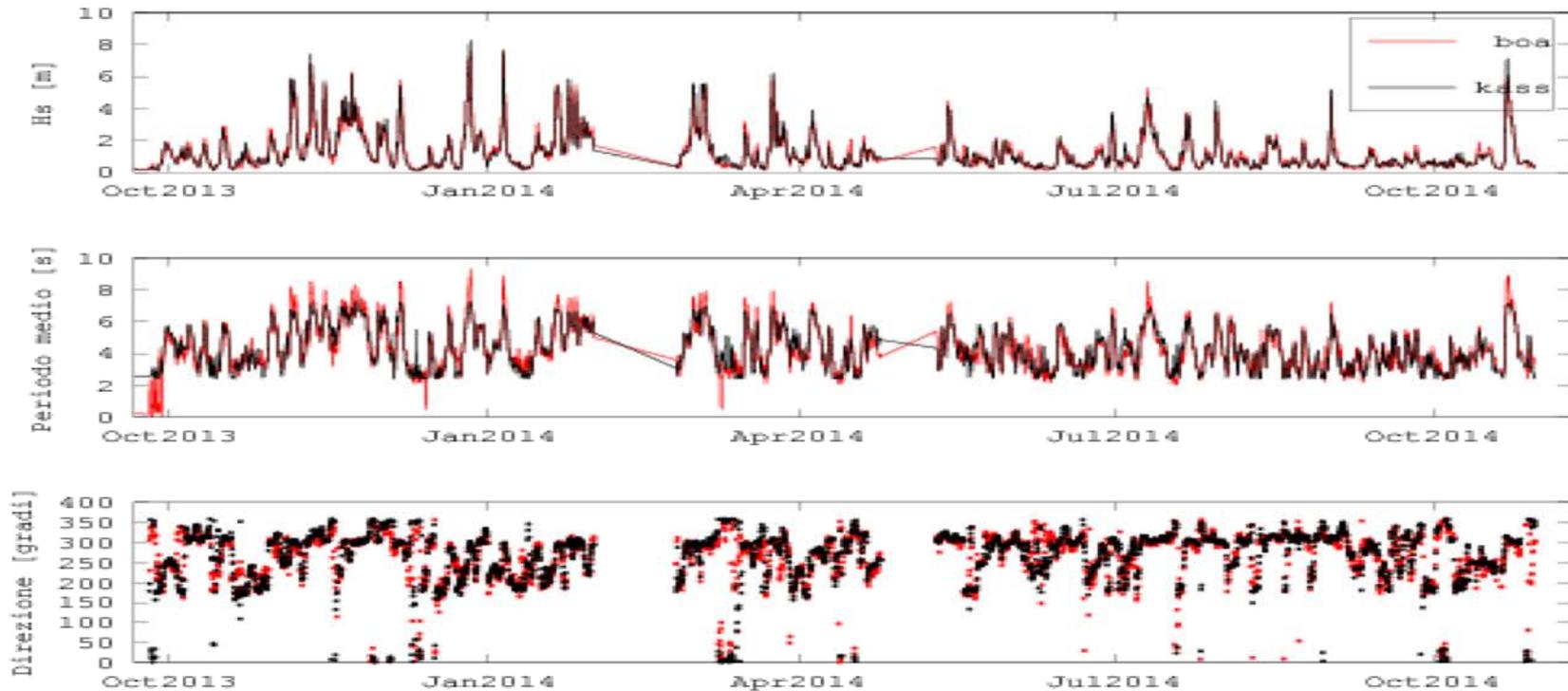
C

L'accuratezza della componente non periodica dipende dalla qualità delle forzanti meteorologiche e dall'accuratezza della simulazione.

Variabile	Correlazione	RMSE [cm]
Livello totale	0.8939	3.7
Livello residuo	0.4040	3.3
Livello astronomico	0.9754	1.6

Confronto tra dati da modello e dati misurati

ONDE - boa al largo di Alghero



Variabile	Corr	RMSE	Errore Medio
Hs	0.967	0.315 m	0.034 m
Tm	0.906	1 s	0

IDENTIFICAZIONE

ONDE

Mareggiata: $H_s >$ livello soglia (1.5m, rumore di fondo del Mediterraneo, Boccotti 1997) per un periodo > 12 h, con attenuazione sotto soglia < 12 h.

LIVELLI

Evento di livello estremo: sequenza $>$ livello di soglia (5 cm sul valore medio), al netto della componente astronomica, per un periodo > 6 h, con attenuazione sotto soglia < 12 h.



2 eventi distanti ≥ 48 h possono essere considerati indipendenti

Importante:

- ***mantenere attivi per tempi lunghi i sistemi operativi a scala regionale***
- ***fornire valori di livelli e correnti vicino a costa, idonei per studi di dettaglio***

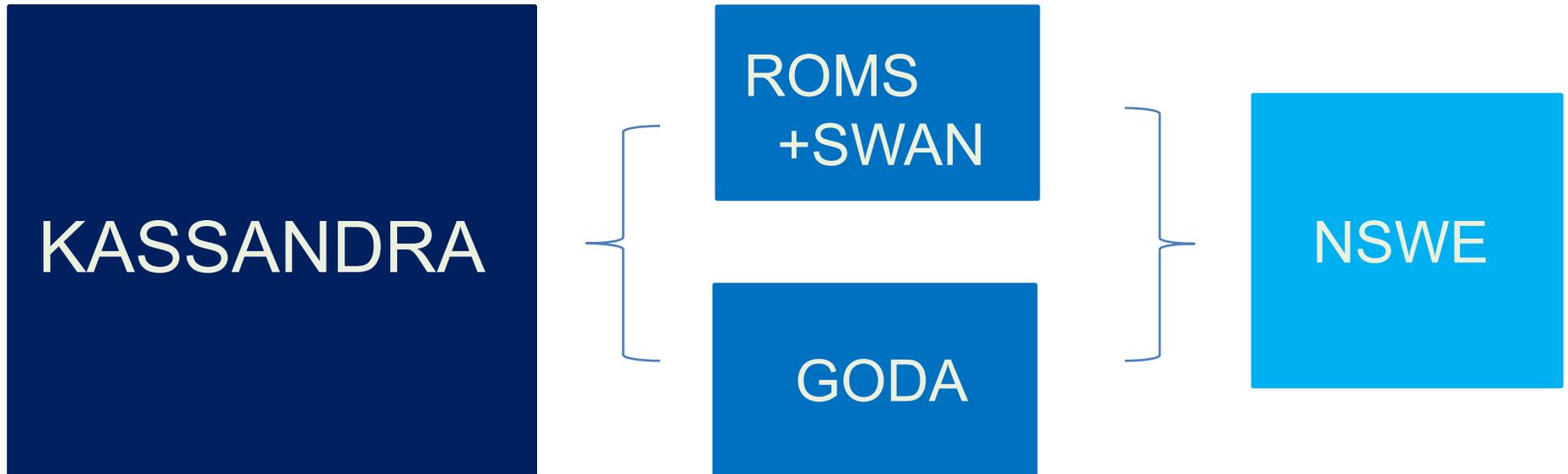
Calcolo dei valori di ritorno

- Distribuzione di probabilità delle eccedenze di tipo Pareto Generalizzata (GPD).
- Il dataset a disposizione è di 5 anni, ma si è riscontrata buona corrispondenza con analisi di altri dataset, più estesi nel tempo ma meno risolti nello spazio (NOAA-NCEP 1/16° e ERA-INTERIM 1°).

Mappe stagionali

- *livello mareale massimo e STD*
- *circolazione superficiale media, massima e STD*
- *altezza significativa d'onda media, massima e STD*
- *valori di ritorno a 2, 20, 100 anni di livello residuo e Hs*
- *livelli residui e Hs per eventi con persistenza > 6, 12, 24 h*

Simulazione di un evento di inondazione costiera nella rada di Alghero, con periodo di ritorno 2 anni.



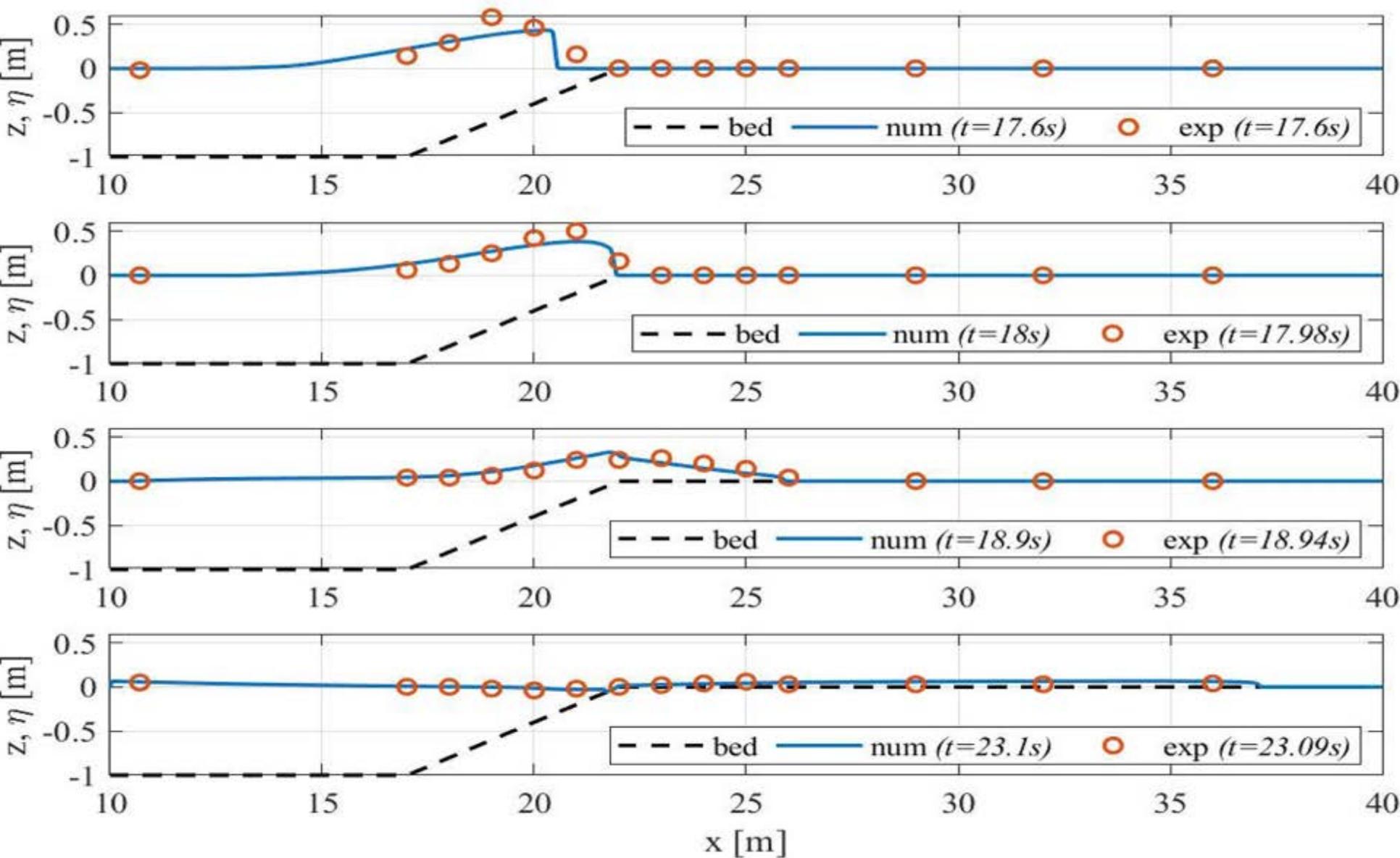
FILIERA DI MODELLI: DAL MARE APERTO AL RUN-UP

METODOLOGIA

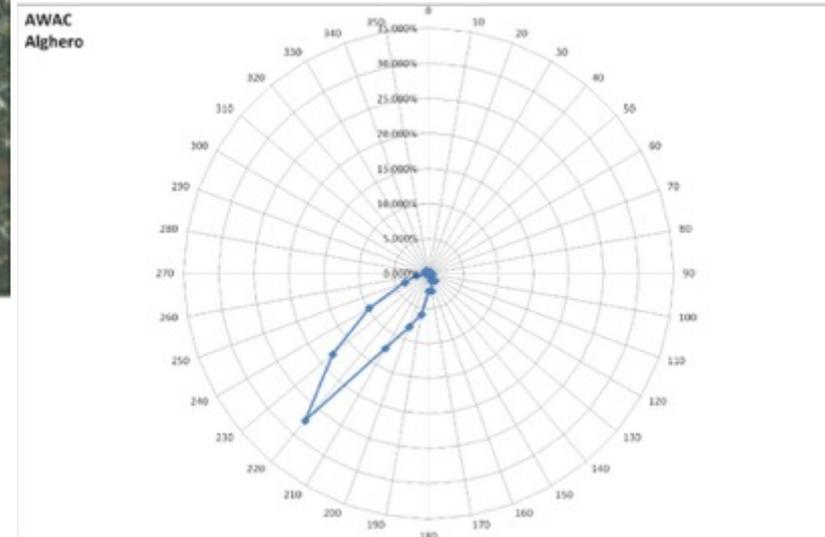
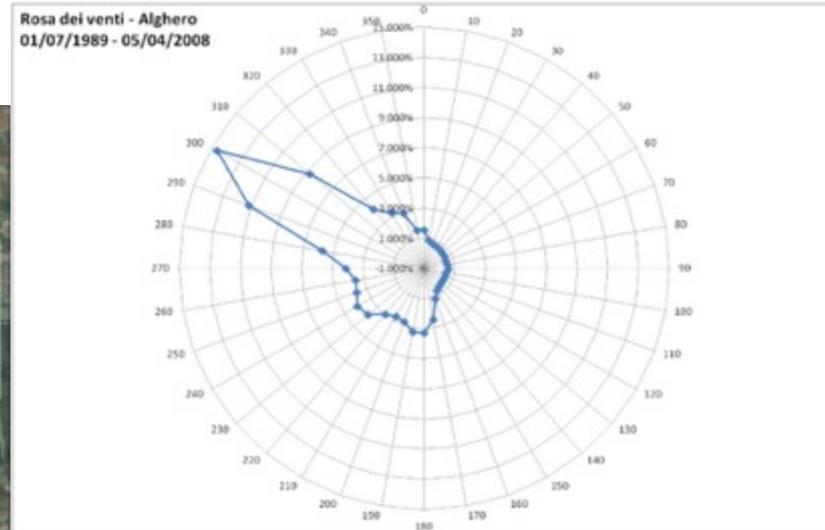
ROMS (Regional Ocean Modeling System; Haidvogel et al., 2008), accoppiato con SWAN (Simulating WAve Nearshore; Booij et al., 1999), rappresenta l'idrodinamica in acque profonde e in acque basse: ottimo strumento per trasferire il dato d'onda dal mare aperto a costa. ROMS è un modello 3D, a superficie libera, terrain-following che risolve le equazioni RANS. SWAN è un modello spettrale di terza generazione specifico per le acque basse.

Le NSWЕ rappresentano adeguatamente i principali fenomeni riguardanti le onde lunghe, in particolare il run-up. Dal punto di vista numerico si fa riferimento in particolare al metodo WAF (Weighted Averaged Flux, Brocchini et al 2001)

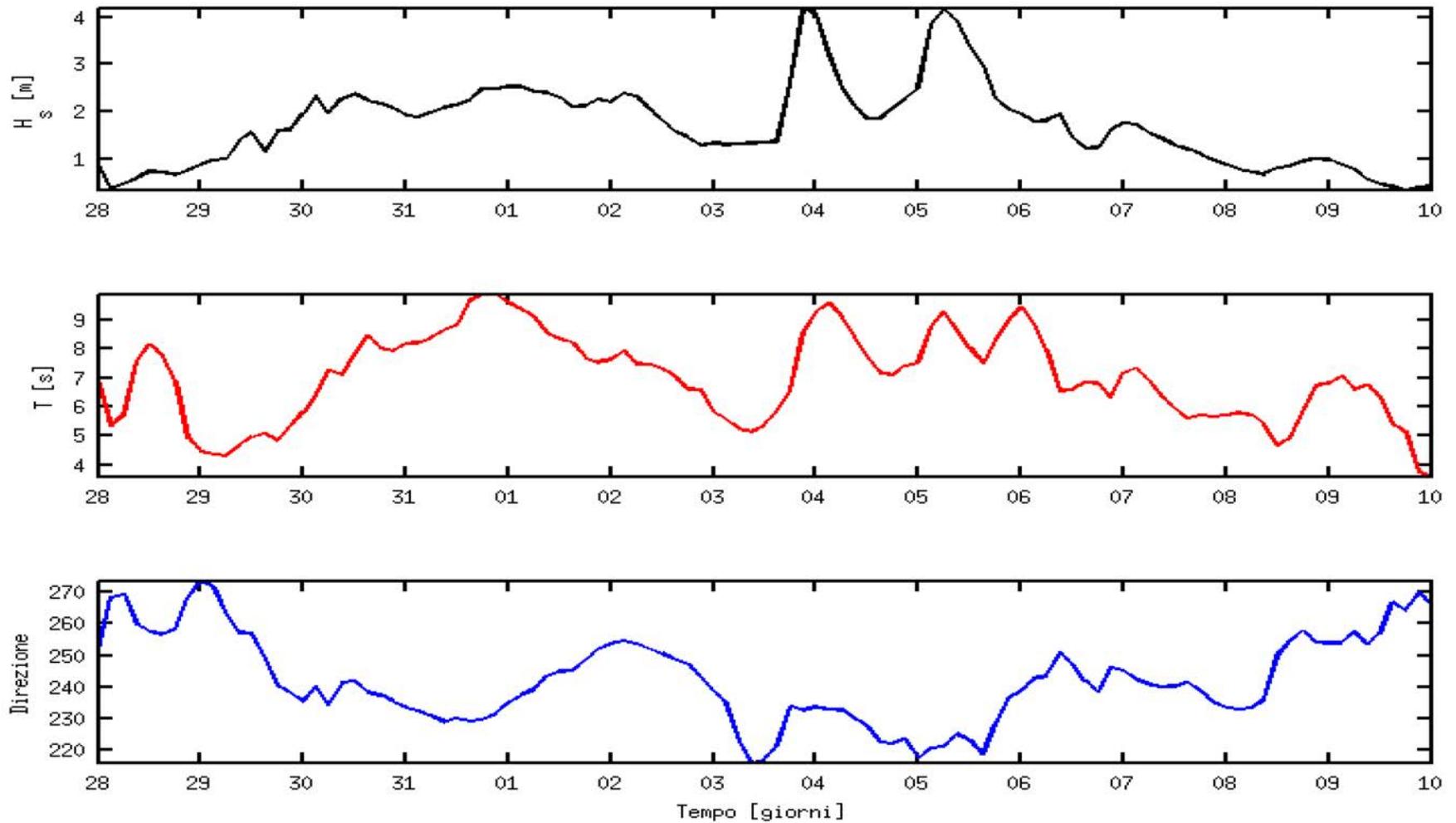
Validazione NSW



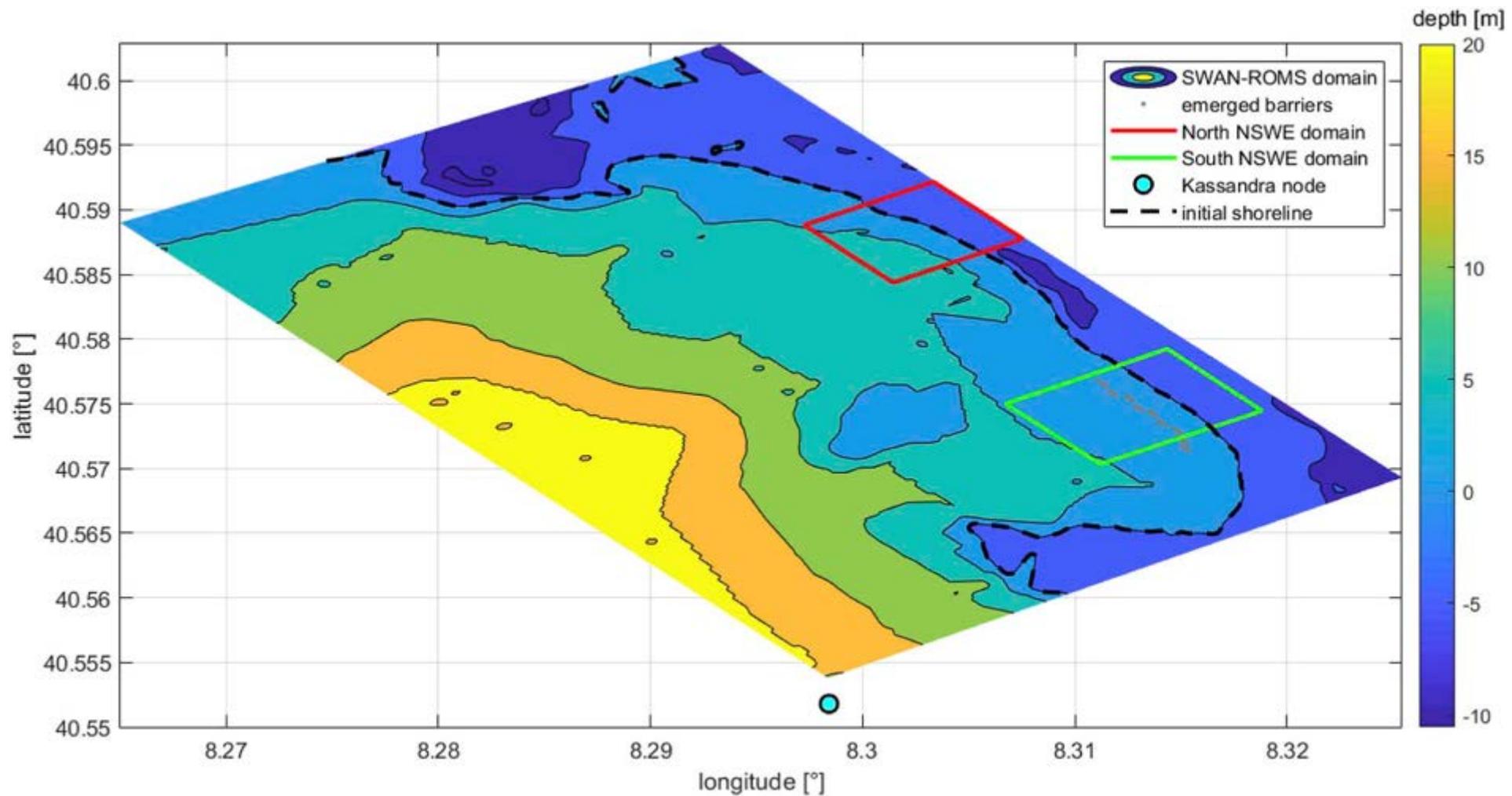
AREA DI STUDIO



Mareggiata dal 28/01/2015 al 10/02/2015



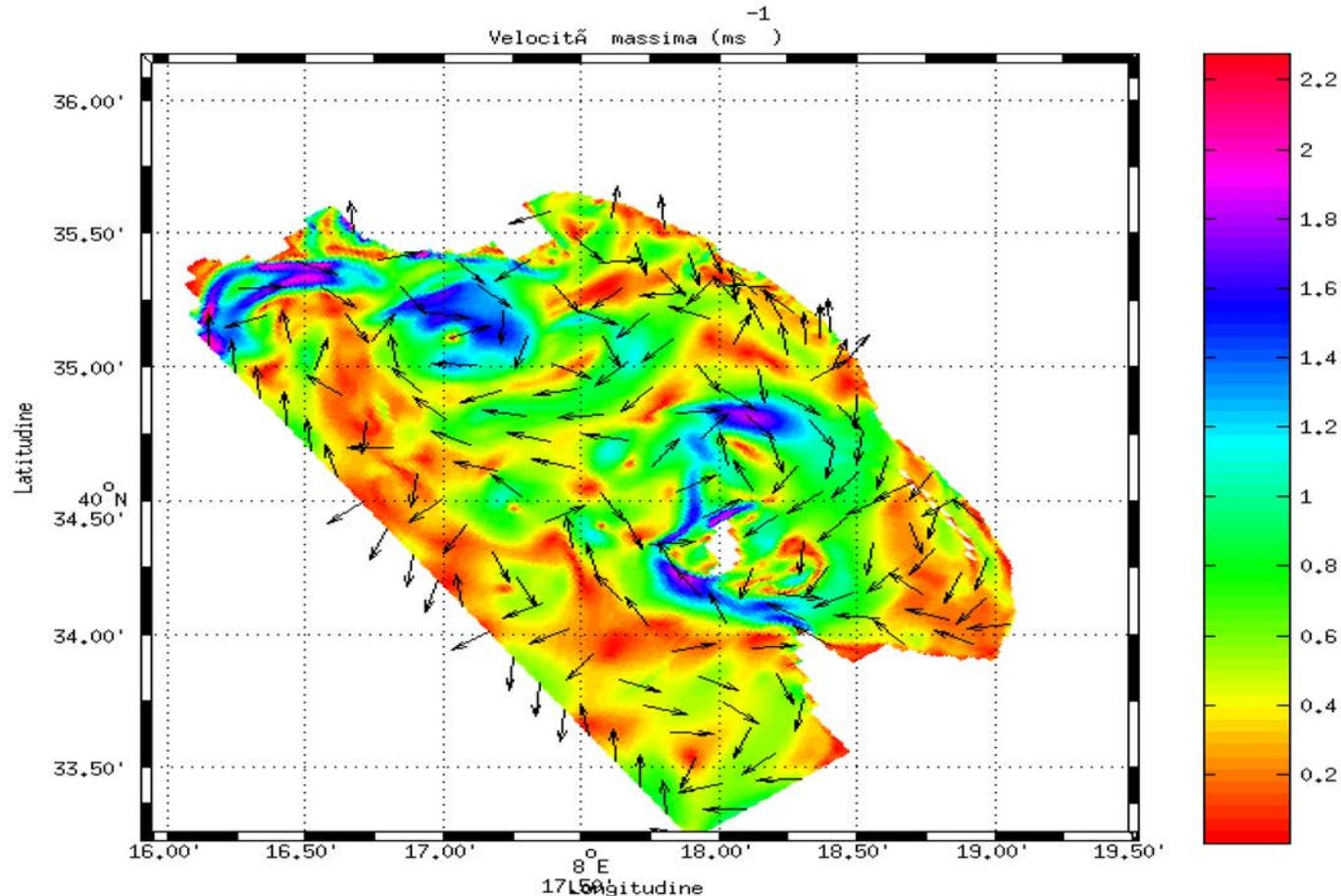
Serie temporale dei dati ondosi al contorno al largo per la simulazione con ROMS-SWAN. Dall'alto: H_s , T_p , direzione.

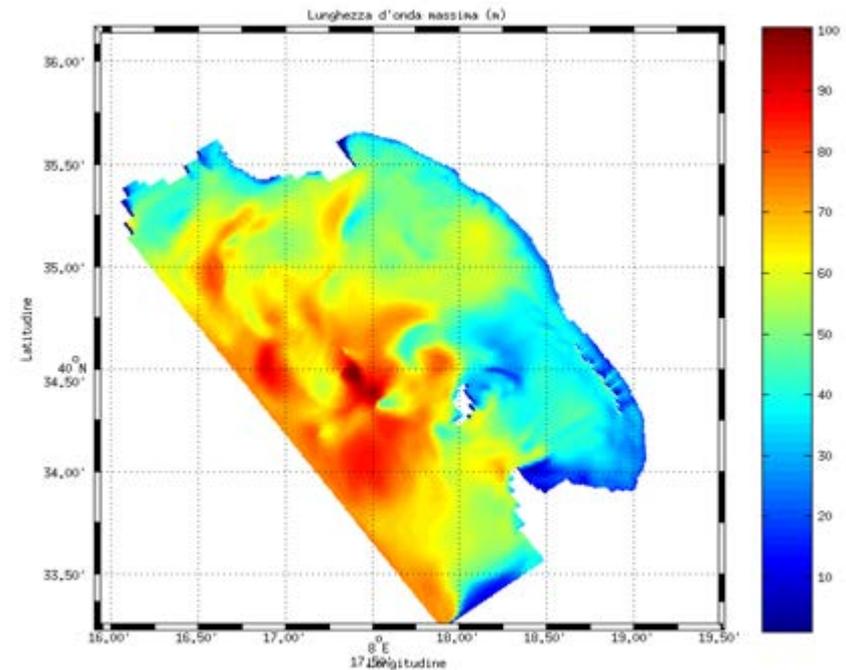
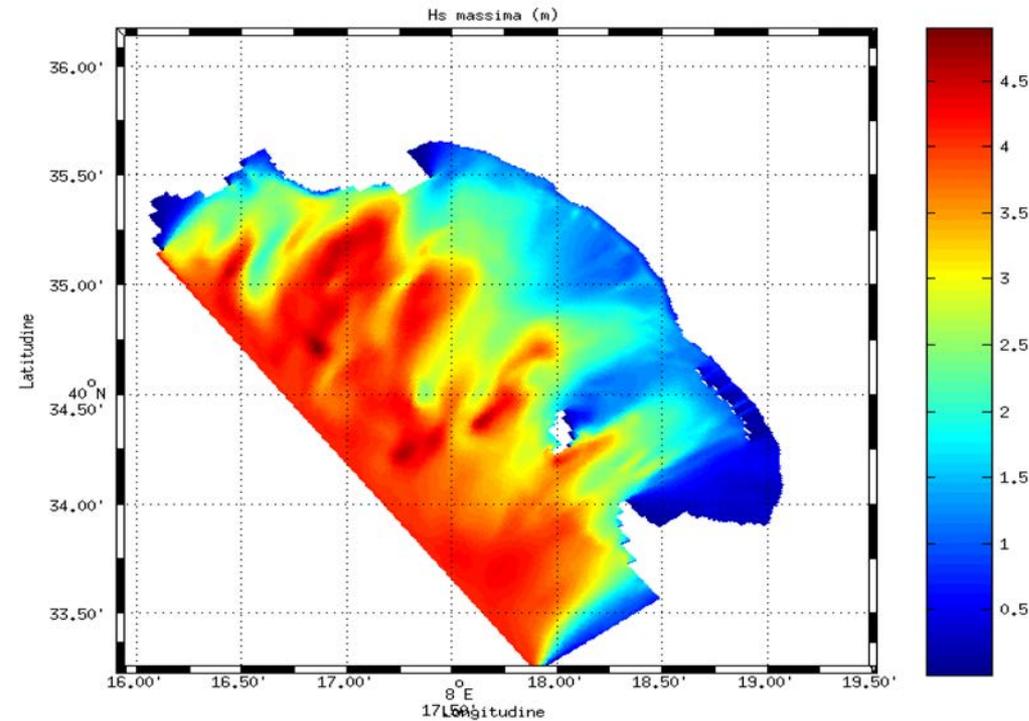


Batimetria del dominio di calcolo della simulazione SWAN-ROMS (risoluzione della griglia: $\sim 25\text{m}$ al largo, $\sim 5\text{m}$ a costa). Domini di calcolo delle simulazioni NSWE: parte Nord della baia (rettangolo rosso), parte Sud (rettangolo verde).

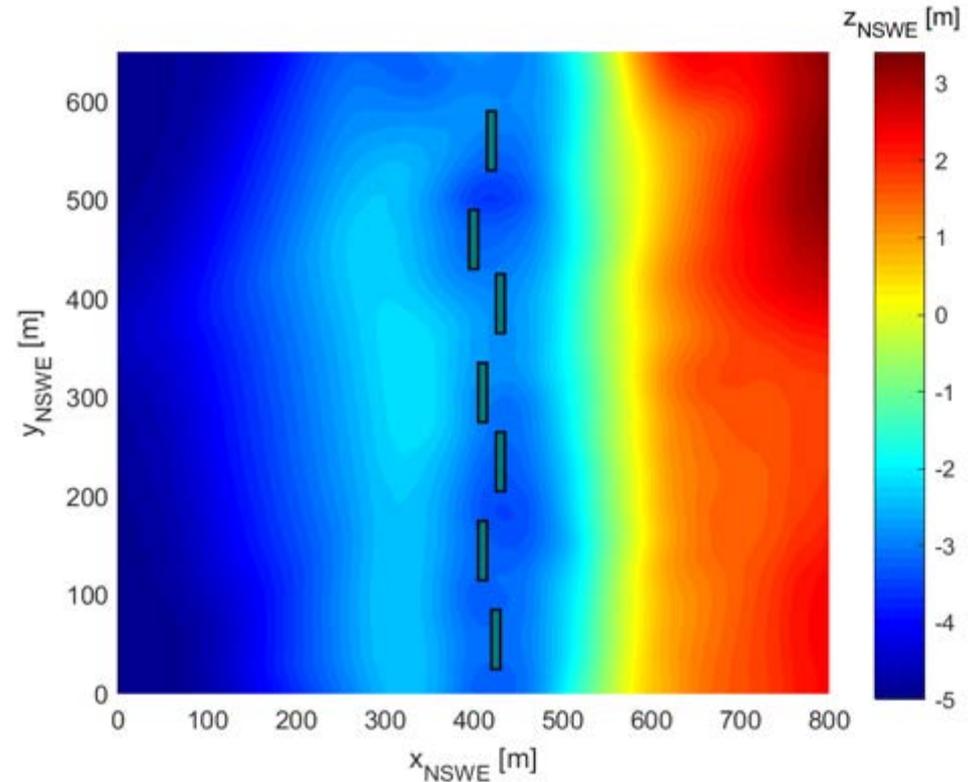
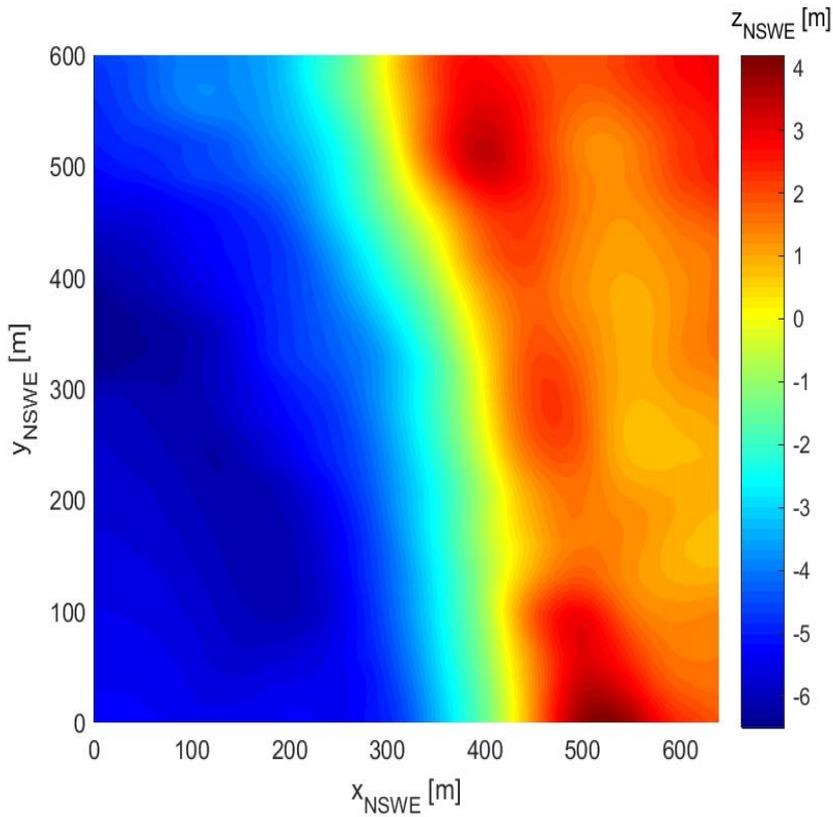
SIMULAZIONI ROMS-SWAN

Campo delle velocità mediate sulla verticale di massima altezza d'onda: formazione di una circolazione parallela a costa, diretta da sud-est a nord-ovest.





SIMULAZIONI ROMS-SWAN: Hs (sin) e lunghezza d'onda (dx).
 Nella parte meridionale della baia l'onda frange più al largo.



Domini di calcolo NSWE.

Zona Nord (pannello di sinistra, $640 \times 600 \text{m}^2$)

Zona Sud (pannello di destra, $800 \times 650 \text{m}^2$)

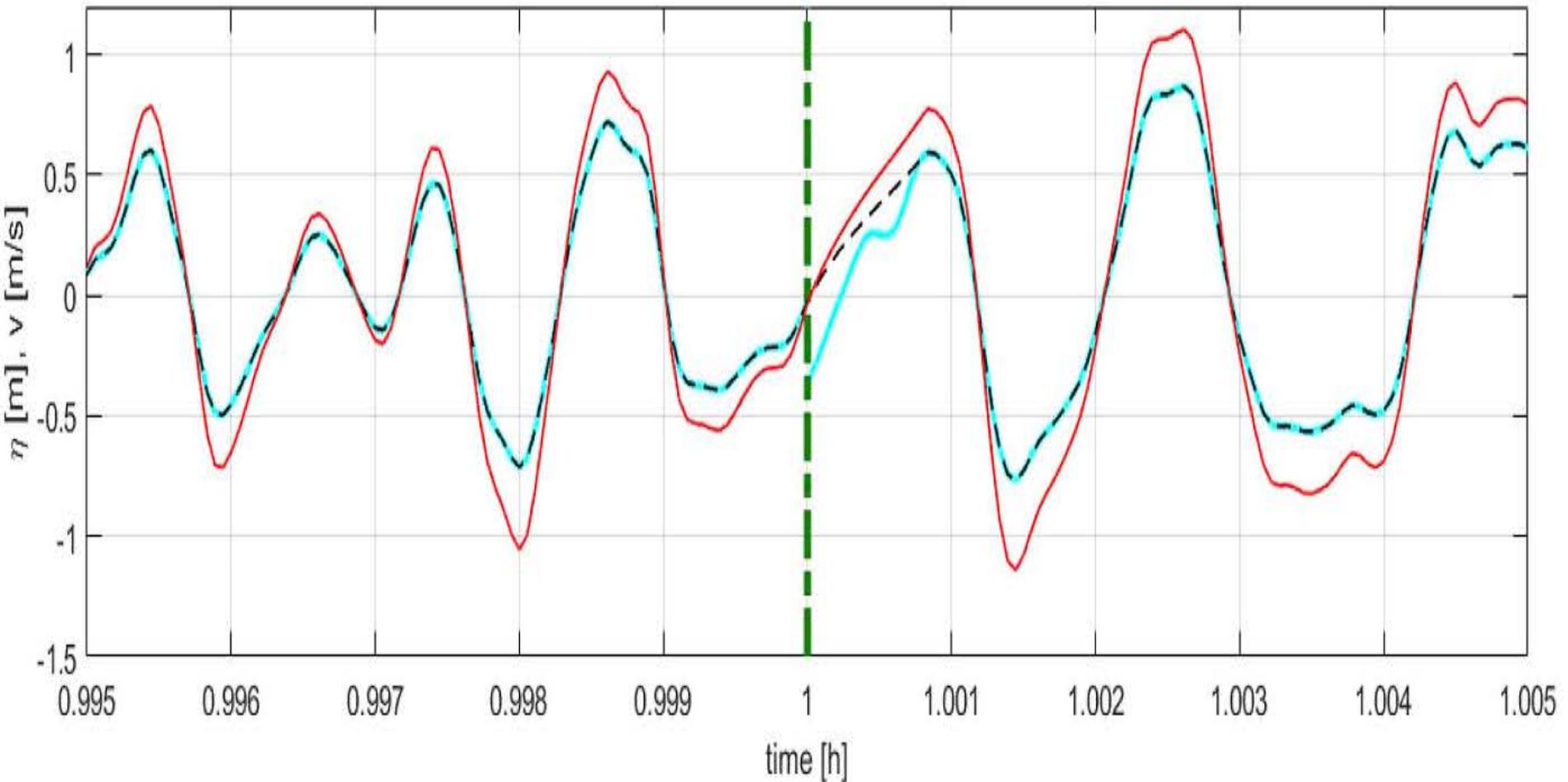
lungo costa $dy=3\text{m}$, ortogonalmente a costa $dx=1\text{m}$

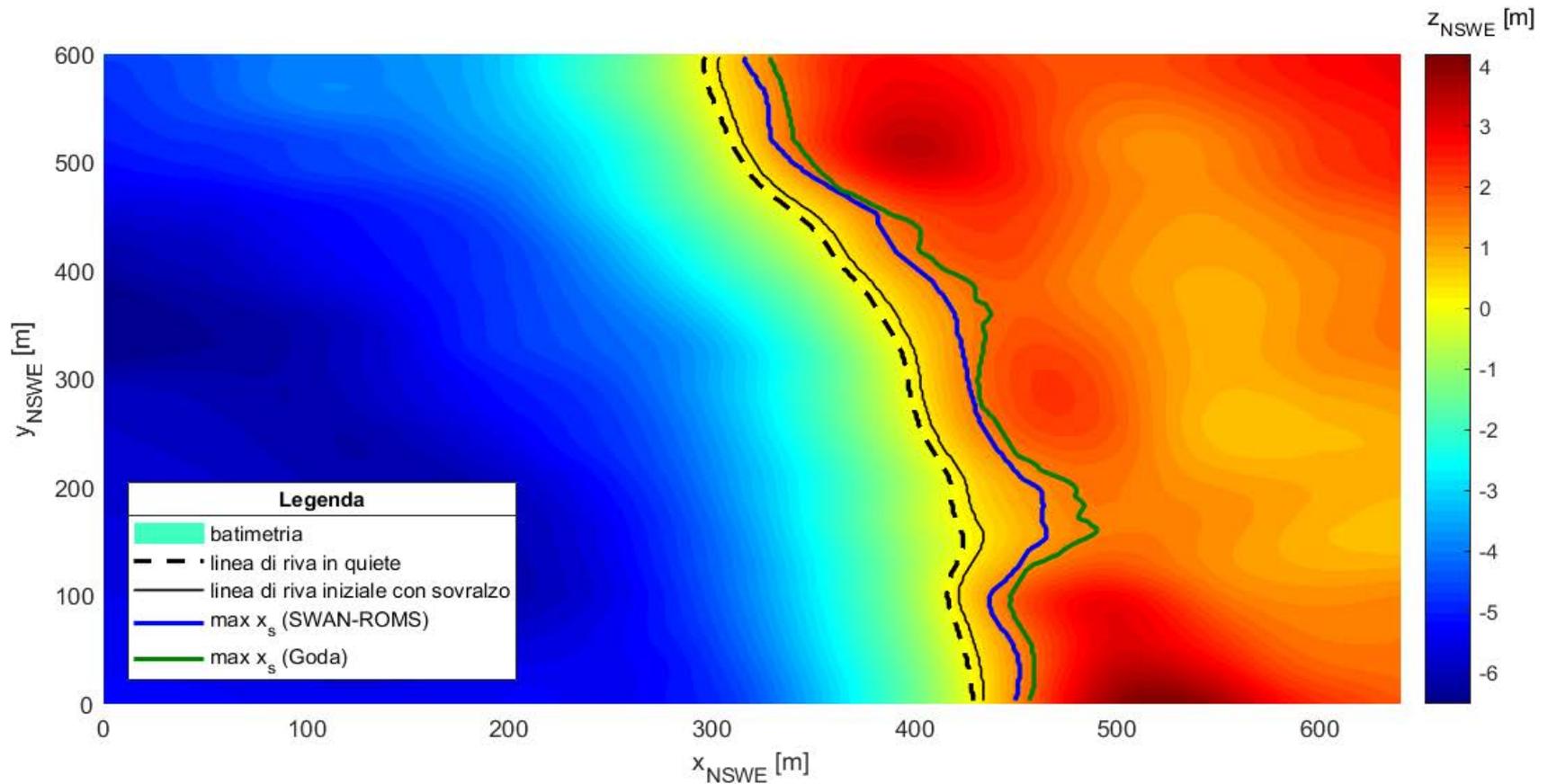
I risultati SWAN-ROMS al bordo di largo (H_s , T_p e direzione) sono stati utilizzati per la generazione di serie temporali, ognuna relativa ad una caratteristica ondosa spettrale oraria; tali serie temporali sono state poi collegate con una spline cubica, in modo da ottenere un'unica serie temporale dei livelli al contorno.

La velocità mediata sulla verticale è (Guizien & Barthelemy, 2002):

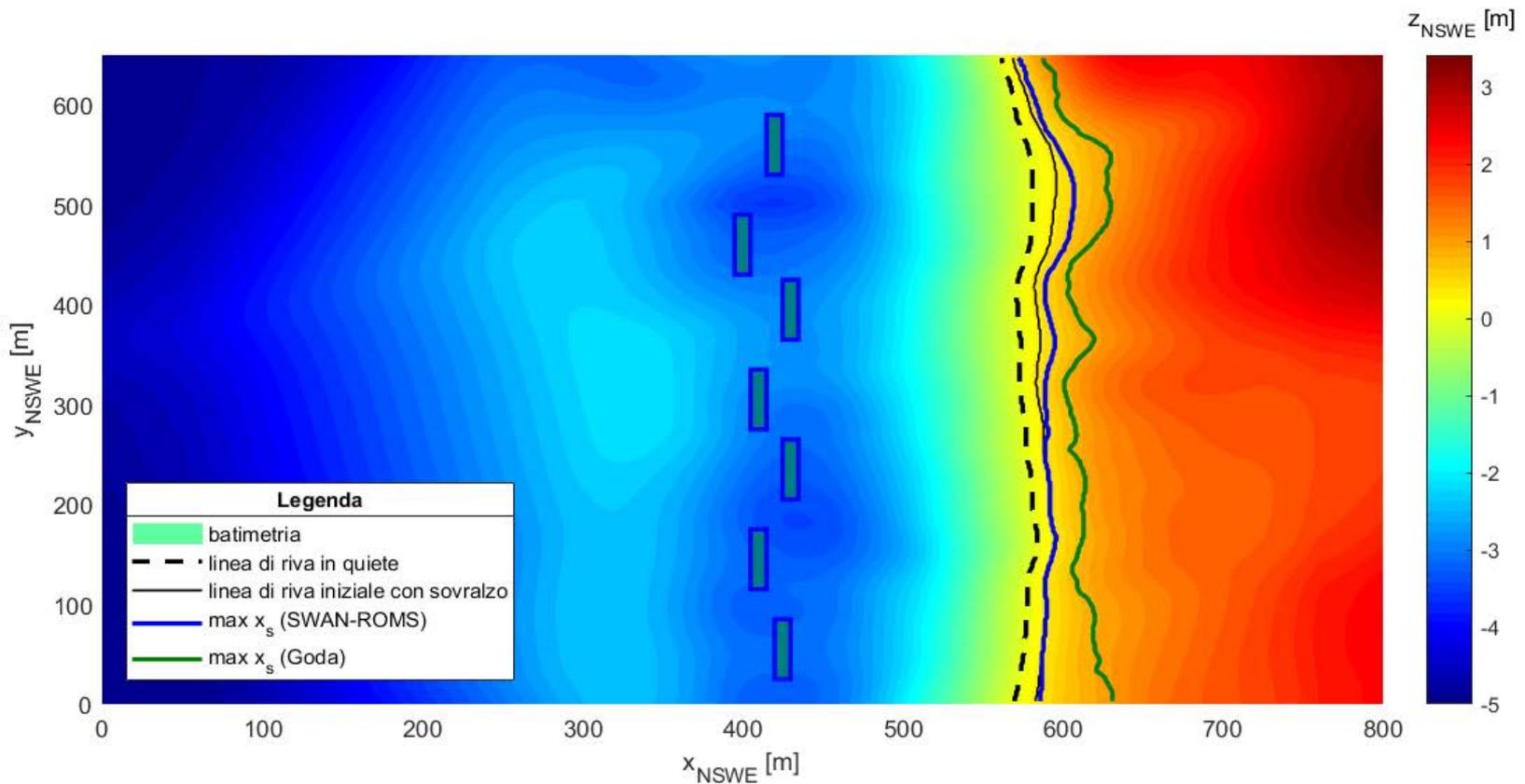
$$U = \frac{C\eta}{h+\eta} \quad \text{con} \quad C = \sqrt{g(h+\eta)} \quad (h \text{ profondità in quiete})$$

— 1st water-level series
 — 2nd water-level series
 - - - separation
 - - - interpolated water level
 — depth-averaged velocity





Dominio a Nord: confronto tra la linea di massima inondazione ottenuta utilizzando l'input dal modello SWAN-ROMS (in blu) e dal modello di Goda (in verde) dopo 3 ore. Linea di riva in quiete (nera tratteggiata), linea di riva iniziale durante le simulazioni con sovrалzo (nera continua)



Dominio a Sud: confronto tra la linea di massima inondazione con l'input dal modello SWAN-ROMS (in blu) e dal modello di Goda (in verde) dopo 3 ore. Linea di riva in quiete (nera tratteggiata), linea di riva iniziale durante le simulazioni con sovrizzo (nera continua).

Simulazioni Nord e Sud

Confronto tra la linea di massima inondazione ottenuta utilizzando l'input dal modello SWAN-ROMS e dal modello di Goda dopo 3 ore

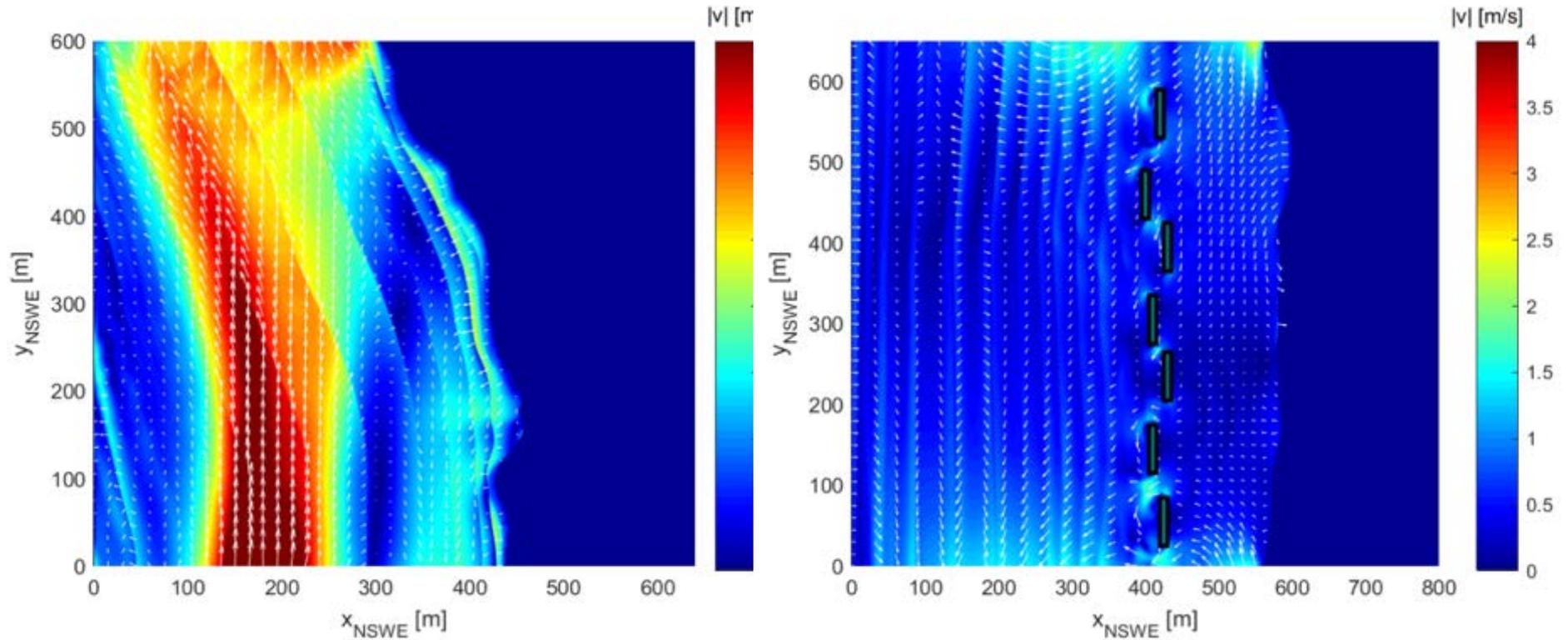
Legenda

- linea di riva iniziale
- max x_s (Goda)
- max x_s (SWAN-ROMS)

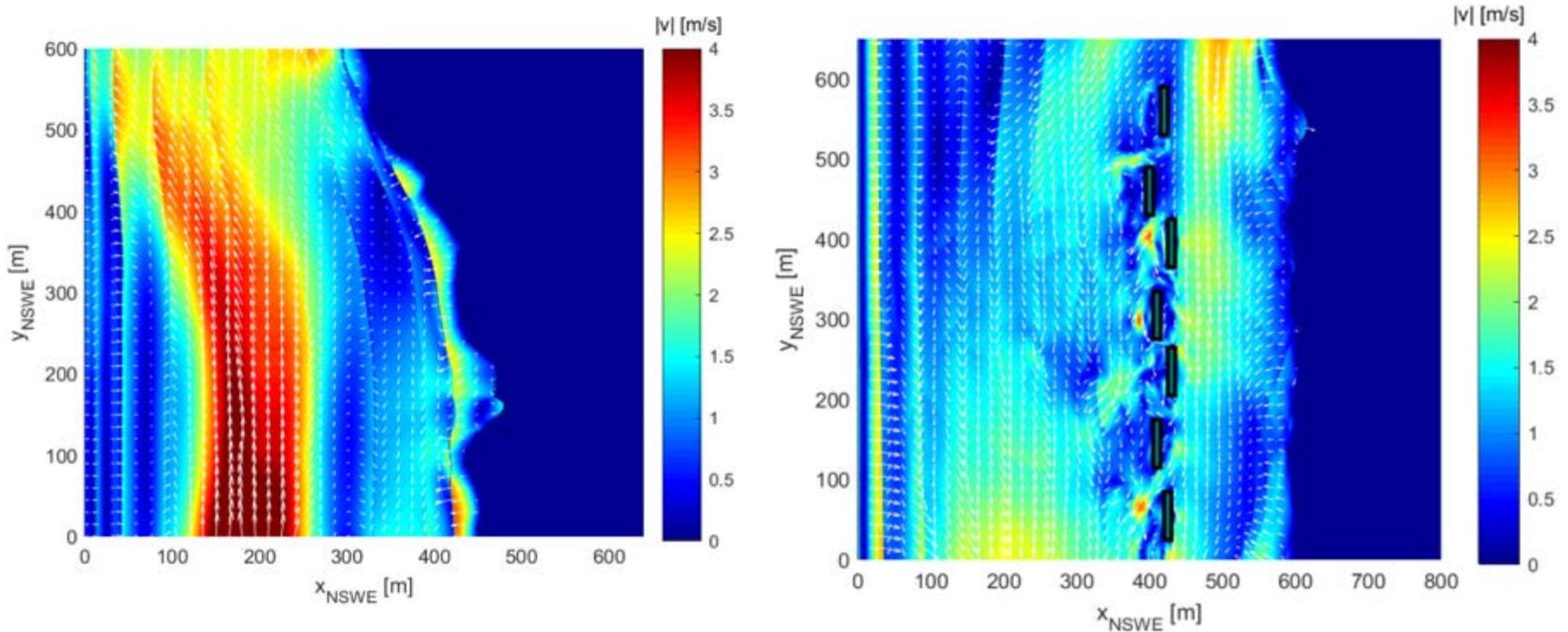
Google Earth

600 m

Vista di insieme delle simulazioni Nord e Sud.



Velocità mediata sulla verticale nel momento di massima inondazione della zona a Nord (sinistra) e della zona a Sud (destra), mediante input ondoso da modello SWAN-ROMS



Velocità mediata sulla verticale nel momento di massima inondazione della batimetria Nord (sinistra) e della batimetria Sud (destra), mediante input ondoso da modello analitico.

Relativamente alle differenze tra le due tipologie di simulazioni, si evince che nella zona di battigia le velocità sono significativamente maggiori nel caso di forzante da modello analitico piuttosto che da modello SWAN-ROMS (Figura 16).

CONCLUSIONI

E' stata sviluppata una catena modellistica **a scala regionale – di paraggio – di dettaglio** per lo studio di eventi di inondazione. Questo metodo costituisce oggetto delle LL GG da ISPRA per gli studi di dettaglio in corso di sviluppo .

ATTIVITA' FUTURA

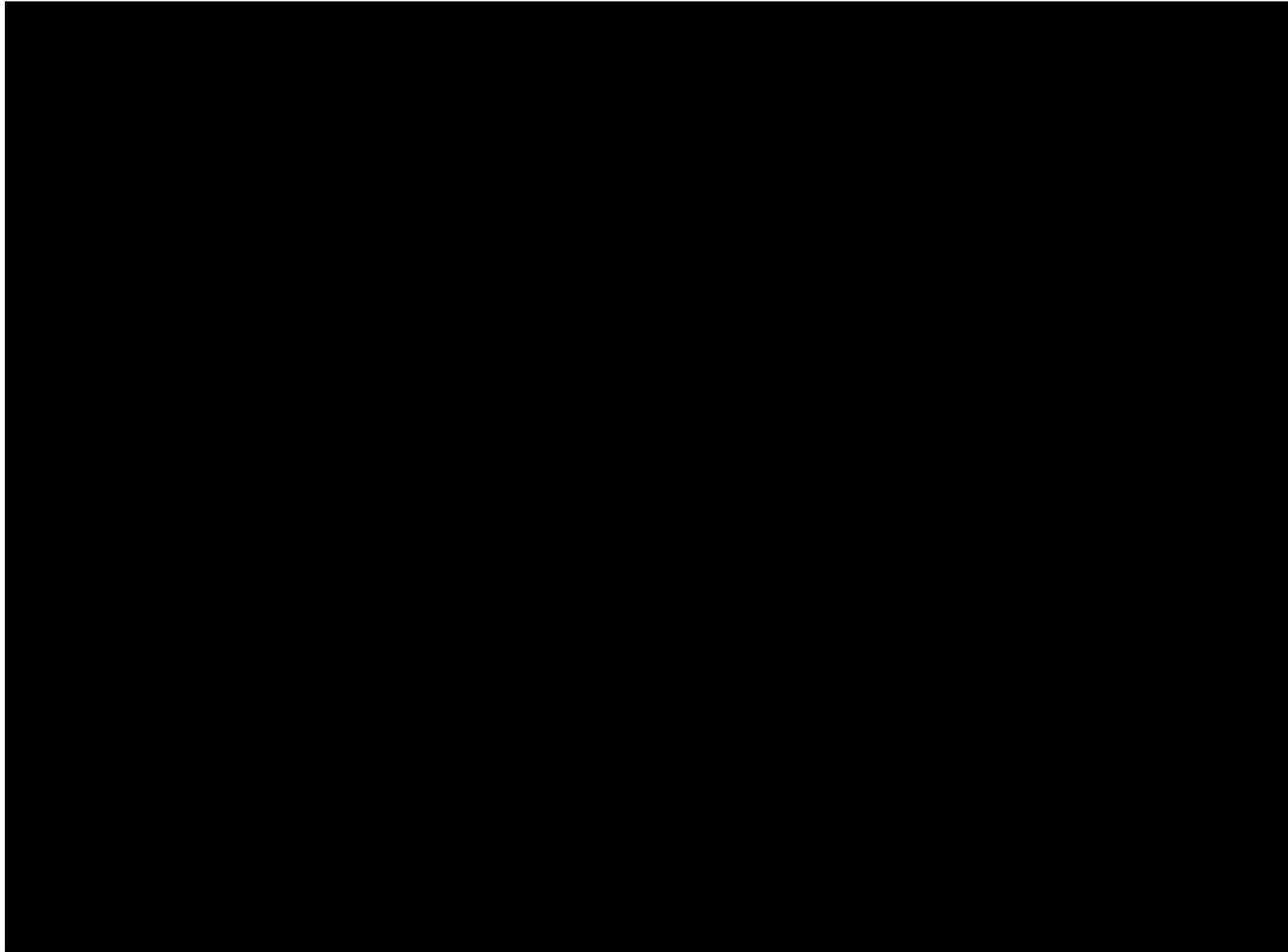


Interreg



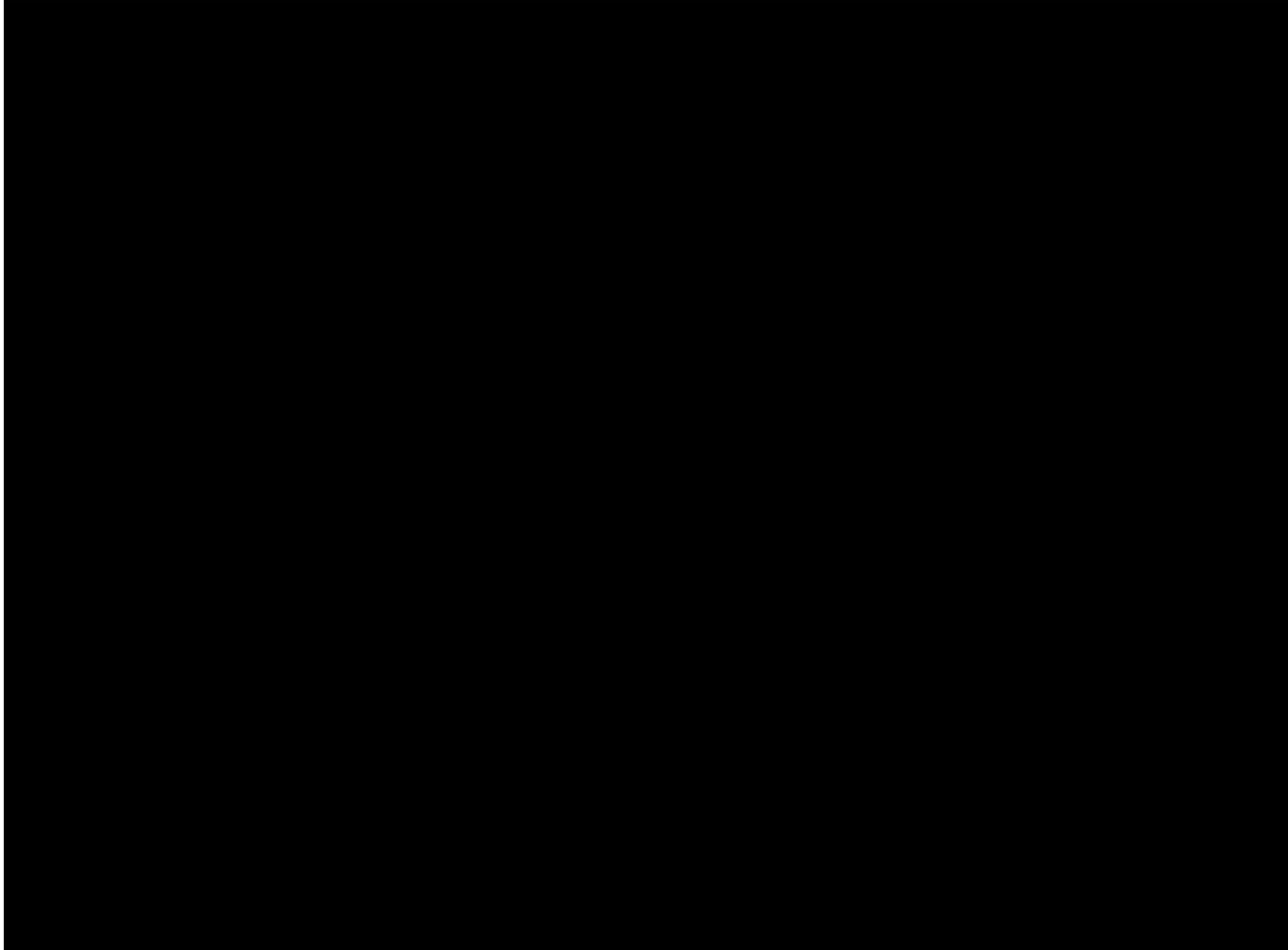
MARITTIMO-IT FR-MARITIME

Fondo Europeo di Sviluppo Regionale



Svolgimento di attività sperimentali per la produzione di dati per la validazione della modellistica numerica.

ATTIVITA' FUTURA



Svolgimento di attività sperimentali per la produzione di dati per la validazione della modellistica numerica.

LINEE DI INDIRIZZO PER L'ANALISI DEL RISCHIO COSTIERO DA INONDAZIONE

1 INTRODUZIONE

1.1 STRUMENTI PER L'ANALISI DEL RISCHIO

1.1.1 STRUMENTI PER LA STIMA DELLA PERICOLOSITÀ

1.1.2 STRUMENTI PER LA VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ

1.1.3 STRUMENTI PER LA STIMA DEL RISCHIO

1.2 INQUADRAMENTO NORMATIVO

1.3 OGGETTO E SCOPO DEL MANUALE

2 METODOLOGIA PER L'ANALISI DELLA PERICOLOSITÀ

2.1 ANALISI DELLE INFORMAZIONI TERRITORIALI E CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBITI DI APPLICAZIONE

2.2 IDENTIFICAZIONE DEGLI STRUMENTI MODELLISTICI

2.2.1 MODELLI PER LA STIMA DEL SOVRALZO

2.2.1.1 Modelli semplificati

2.2.1.2 Modelli numerici di dettaglio

2.2.1.3 Modelli statistici

2.2.2 MODELLI PER LA STIMA DEI PROCESSI EROSIVI

2.2.3 CRITERI PER LA VALUTAZIONE DELL'INCIDENZA DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI

2.2.3.1 Caratterizzazione statistica degli eventi di moto ondoso estremi

2.2.3.2 Variazione del livello medio marino

2.3 CRITERI PER L'IMPLEMENTAZIONE DEI MODELLI

2.3.1 VALUTAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL SITO

2.3.2 SELEZIONE DEGLI SCENARI DI SIMULAZIONE

2.3.2.1 *Analisi per la stima del sovralzo dovuto agli eventi estremi*

2.3.2.2 *Analisi per la valutazione dell'incidenza dei processi erosivi*

2.3.2.3 *Analisi dell'influenza dei cambiamenti climatici*

2.3.3 CALIBRAZIONE E VALIDAZIONE DEI MODELLI

2.4 MODELLISTICA SEMPLIFICATA

2.5 MODELLISTICA DI DETTAGLIO

2.6 ANALISI DEI RISULTATI PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE PERICOLOSE

2.6.1 INDICAZIONE PER LA CLASSIFICAZIONE DEI LIVELLI DI PERICOLOSITÀ

2.6.1.1 *Pericolosità desumibile con studi di modellistica semplificata*

2.6.1.2 *Pericolosità desumibile con studi modellistici di dettaglio*

2.6.2 MAPPE DI SINTESI DEI RISULTATI DI PERICOLOSITÀ

3 ANALISI DELL'ESPOSIZIONE

4 ANALISI DELLA VULNERABILITÀ

4.1 FATTORI CHE CONCORRONO ALLA VULNERABILITÀ

4.2 APPLICAZIONE DI INDICI DI VULNERABILITÀ

4.2.1 STIMA DEI FATTORI CHE CONCORRONO ALLA VULNERABILITÀ

4.2.1.1 *Analisi della vulnerabilità per sovralzo da eventi estremi*

4.2.1.2 *Analisi della vulnerabilità da processi erosivi*

4.2.1.3 *Analisi della vulnerabilità da cambiamenti climatici*

4.3 ANALISI DEI RISULTATI A SUPPORTO DELLA SELEZIONE DI AREE VULNERABILI

4.3.1 CLASSIFICAZIONE DEI LIVELLI DI VULNERABILITÀ

4.3.2 CREAZIONE DI MAPPE DI SINTESI DEI RISULTATI DI VULNERABILITÀ

4.3.3 SCELTA DELLE SCALE SPAZIALI DI SINTESI

5 ANALISI DEL RISCHIO

5.1 APPLICAZIONE DEGLI INDICI DI RISCHIO 8

5.2 ANALISI DEI RISULTATI A SUPPORTO DELLA SELEZIONE DI AREE A RISCHIO 9

5.2.1 CLASSIFICAZIONE DEI LIVELLI DI RISCHIO 9

5.2.2 CREAZIONE DI MAPPE DI SINTESI DEI RISULTATI 9

5.2.3 SCELTA DELLE SCALE SPAZIALI DI SINTESI 9

6 UTILIZZO DEI RISULTATI DELLE ANALISI A SUPPORTO DELLA PIANIFICAZIONE DI MISURE DI GESTIONE, MONITORAGGIO E CONTROLLO

6.1 MISURE DI GESTIONE PREVENTIVE (PIANI DI GESTIONE A LUNGO TERMINE)