

## INCERTEZZA PREDITTIVA E PREVISIONE DELLA MAREA

Workshop  
Venezia, 24 NOVEMBRE 2017



## Previsioni operative, allerte e rischio costiero in Emilia-Romagna

Andrea Valentini, Tiziana Paccagnella, Lidia Bressan & Silvia Unguendoli

**arpa**  
e  
emilia-romagna



*Superamento soglie  
Analisi indicatori e valutazione impatti*

## BRIEFING del Centro Funzionale ER



Meteorological Service (ARPAE-SIMC)



Geological survey (SGSS)



Civil Protection

*Previsioni numeriche in tempo reale  
Monitoraggio meteo e marino*

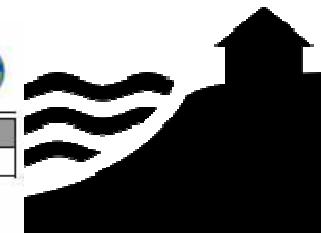
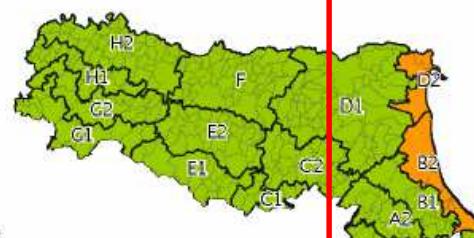
**Servizio IdroMeteoClima  
ARPAE-SIMC**

DOCUMENTO N.	DATA EMISSIONE	INIZIO VALIDITA'	FINE VALIDITA'
036/2017	10/05/2017 11:26	11/05/2017 00:00	12/05/2017 00:00

Criticità idraulica e idrogeologica-temporali



Criticità meteo e marino-costiera



**ALLERTA  
SCHIO  
COSTIERO**

**Analisi**

**BRIEFING de**



**Meteorologica  
Geologica  
Civil Protection**

**Previsioni numeriche  
Monitoraggio**

**Servizio IdroMeteo  
ARPAE-SIMC**

		CRITICITA' IDRAULICA	CRITICITA' IDROGEOLOGICA	CRITICITA' IDROGEOLOGICA PER TEMPORALI	VENTO	TEMPERATURA ESTREME	NEVE	GLIACCIO / PIOGGIA CHE GELA	STATO DEL MARE	CRITICITA' COSTIERA
A	1	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
	2	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
B	1	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
	2	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
C	1	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
	2	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
D	1	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
	2	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
E	1	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
	2	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
F		VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
		VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
G	1	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
	2	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
H	1	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				
	2	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE	VERDE				

BR

arpaem Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile Regione Emilia-Romagna

## ALLERTA METEO EMILIA-ROMAGNA

Sito ufficiale gestito dall'Agenzia per la sicurezza territoriale e la protezione civile e da ARPAE

**Informati e preparati**  
Cosa fare prima durante e dopo le allerte meteo

**Allerte e bollettini**  
Documenti ufficiali di previsione regionali

**Monitoraggio eventi**  
Aggiornamenti sugli eventi in corso

**Previsioni e dati**  
Previsioni, dati e analisi radar

**Social alerta**  
Gli aggiornamenti dalla rete #allertameteorer

[Altri aggiornamenti](#)

Alerta 055/2017 valida dal 27-06-2017: vento, temporali  
27 giugno 2017 - 11:34 - [Leggi](#)

**Tweet** [@AllertaMeteoER](#) [#InfometeoER #temporali intensi su provincia di ReggioEmilia in vicinanza del #fiumePo. Segui mappe radar \[bit.ly/2pxvUBO\]\(http://bit.ly/2pxvUBO\)](#)

OGGI PREVISIONE

Emessa con Allerta 055

**Mappa Idrogeologica e Idraulica**

- Piene dei fiumi
- Frane e piene dei corsi minori
- Temporali

**Mappa meteo e marino-costiera**

- Vento
- Temperature calde estreme
- Neve
- Ghiaccio/Pioggia che gela
- Stato del mare al largo
- Mareggiate

Leaflet | © OpenStreetMap contributors

**COSMO**  
CONSORTIUM FOR SMALL SCALE MODELING

Members Committee Display Home Updates GM 2017

### Consortium for Small-scale Modeling

The Consortium for Small-scale Modeling (COSMO) was formed in October 1998. Its general goal is to develop operational and for research applications by the members of the consortium. Moreover, within a licence agreement, the consortium provides services to national (hydro-)meteorological services, universities and research institutes.

#### Participating national meteorological services

Today, the consortium, has as members these national meteorological services (presented in date-of-join order):



DWD MCH ReMet HNMS IMGW NMA METEO ROMANIA RHM IMS

#### Other major members

Additionally, these regional and military services within the member states are also participating:



CIMA CIRA arpaem Arpa

L'Italia ha aderito al consorzio europeo per la modellistica numerica previsionale  
**COSMO**

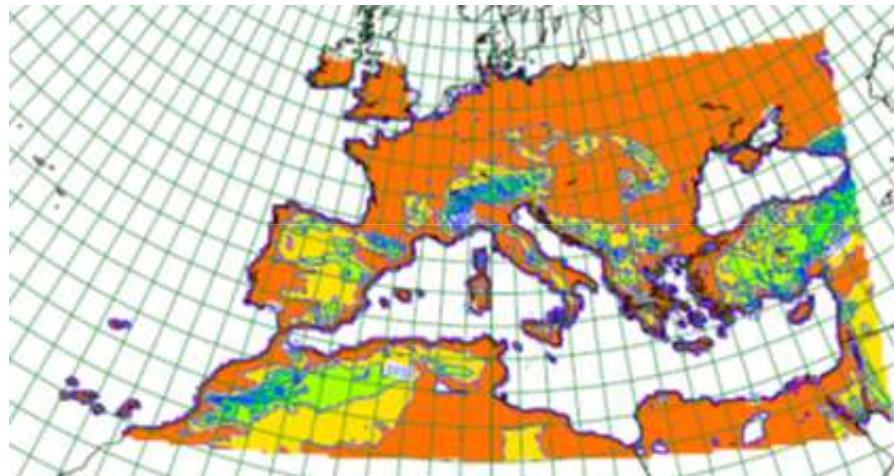
A livello Nazionale  
USAM, ARPA SIMC e ARPA Piemonte  
hanno siglato l'**ACCORDO LAMI**  
per cooperare alla gestione  
e allo sviluppo della modellistica  
nazionale su base operativa



Dal 2004 (DPCM 27/2/2004)  
**LAMI** è il sistema nazionale di riferimento  
a supporto della Protezione Civile.

Weather prediction modelling by ARPAE-SIMC  
**New chains in close armonization with AM suites in Rome**

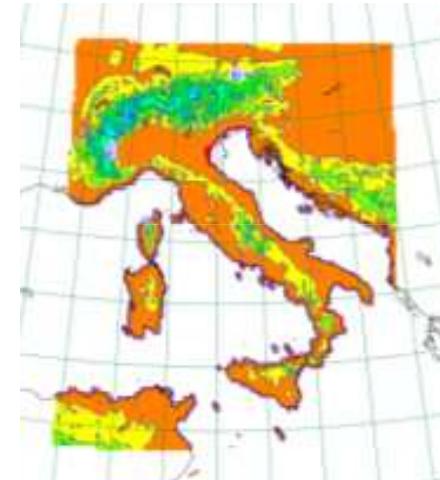
**COSMO 5M 5 km h.r.**



*BCs from ECMWF IFS  
IC from AM-Rome LETKF analysis*

Two runs per day +72h

**COSMO 2I 2.2 km h.r.**



*BCs from COSMO 5M  
IC from the new LETKF by ARPAE SIMC*

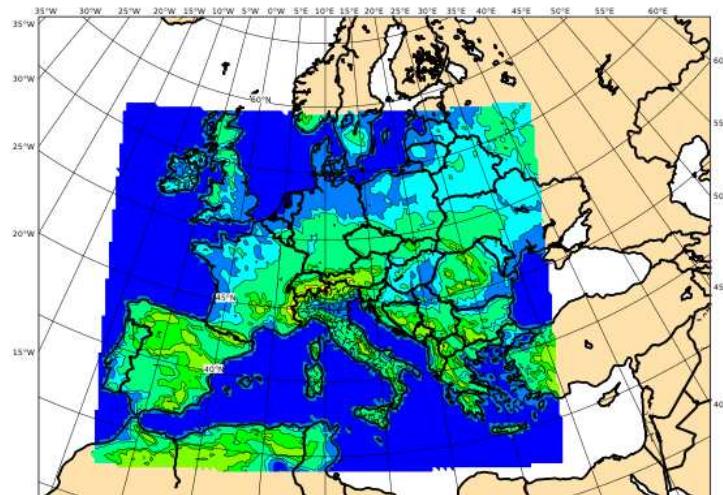
Two runs per day +48h  
&  
Eight runs per day +18h  
(Rapid Update Cycle)

# ENSEMBLE SYSTEMS @ ARPAE-SIMC

## COSMO-LEPS by ARPAE-SIMC for the COSMO Consortium

ECMWF EPS  
Initial and boundary  
conditions

Several perturbations  
introduced to represent  
model errors  
20 members, 7(5) km H.R.  
2 runs per day +120



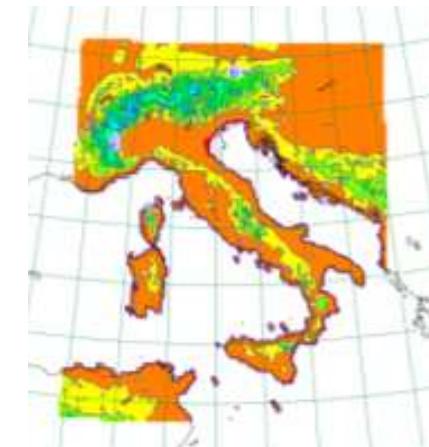
Operational at ECMWF since 2002 as Time Critical Application  
RUN thanks to COSMO Countries resources at ECMWF

## ARPAE-SIMC COSMO 2I EPS Pre-operational

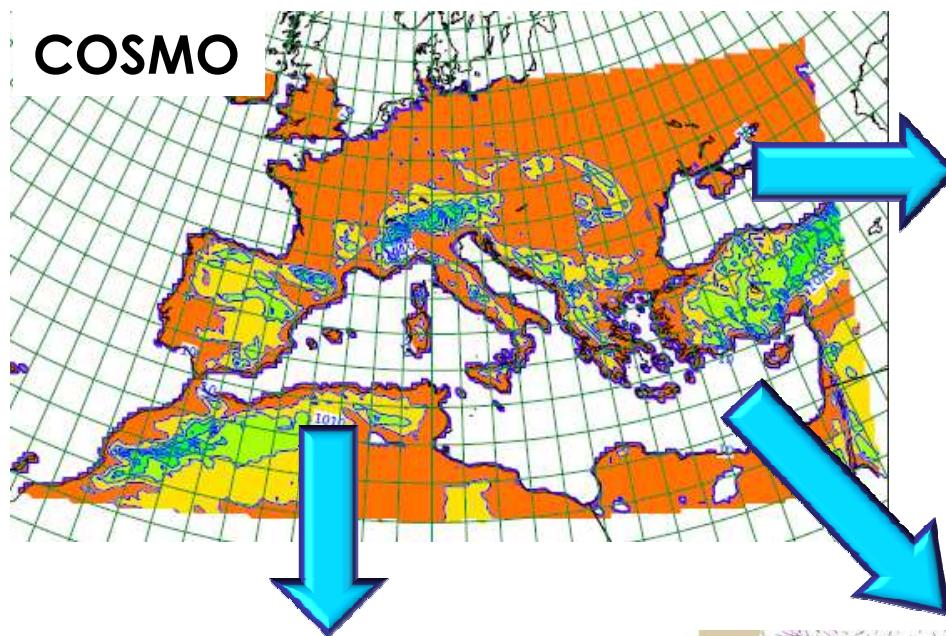
ECMWF EPS  
Initial and boundary  
conditions

COMET Rome EPS  
boundary conditions

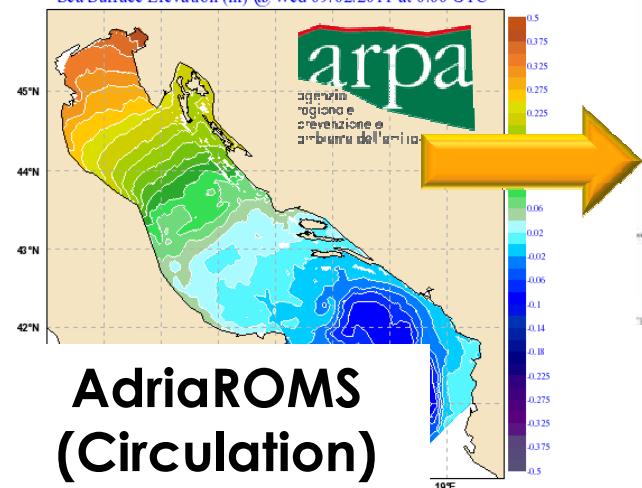
ARPAE-SIMC COSMO 2I EPS  
bcs by ARPAE LETKF KENDA  
20 members, 2.2 km H.R.  
1 run per day +48



# METEO & MARINE OPERATIONAL CHAINS

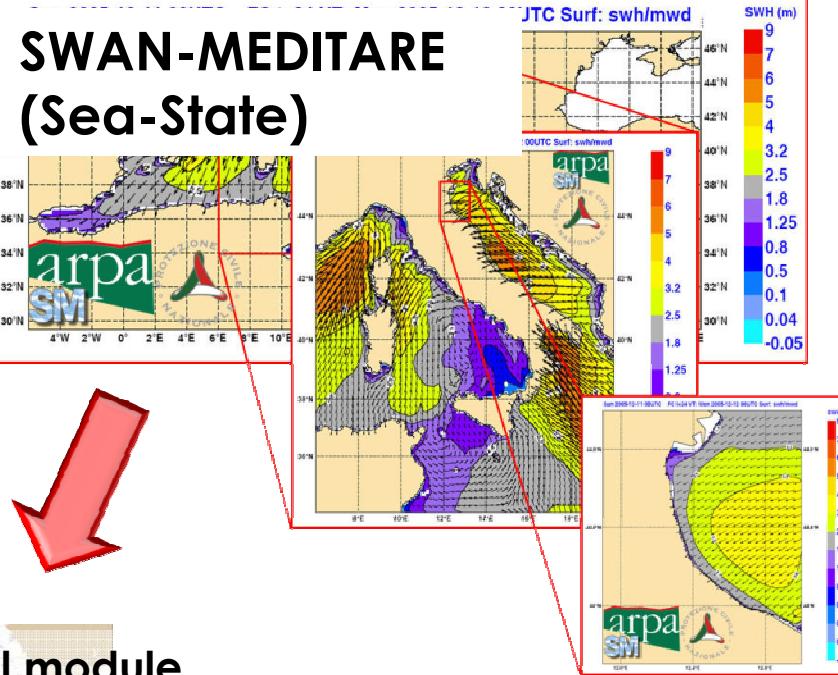


AdriaROMS Forecasting System - ARPA/SIMC  
Sea Surface Elevation (m) @ Wed 09.02.2011 at 0:00 UTC



**AdriaROMS**  
(Circulation)

## SWAN-MEDITARE (Sea-State)



## Oil Spill module **GNOME**

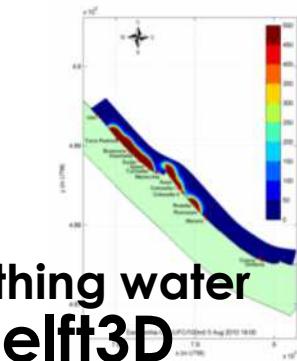


## Morphological module **Xbeach**



**micore**

## Bathing water **Delft3D**



# le mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia-Romagna 1946-2010

Número Evento	Data evento	Regione Adrítico interessato	Località colpita in Emilia-Romagna	Fonte delle informazioni	Tipologia delle informazioni	Principali caratteristiche dell'evento	Danni riportati	Azioni e interventi
1	5 dicembre 1946	Veneto, Emilia-Romagna	Costa da Cervia a Cesenatico, da Rimini a Riccione e Cattolica	Archivi: R.E.-R, ISPRA, quotidiani	Rapporti tecnici (Gonio Cale di Rimini), dati mareografici (annali idrografici), articoli di giornali	Livello del mare: 1,13 m a Porto Corsin e 1,37 m a Finini Vento: da E Piane fluviali diffuse	Erosione arenile, esondazioni di fiumi e allagamenti; danni a opere a mare e infrastrutture urbane	Opere di pronto intervento di Prefettura, Senio Civile, Vigili del Fuoco e Capitaneria di Porto
2	27-28 gennaio 1948	Veneto, Emilia-Romagna	Rollaria e Isola Marina	Archivi: Centro Meteor. Comune di Venezia, ISPRA, quotidiani	Dati mareografici e annuali idrologici, articoli di giornali	Livello del mare: 1,26 m a Venezia, 1,15 m a Porto Corsin e 1,29 m a Rimini Vento: da E-SE con velocità di 21 m/s	Erosione arenile, regressione marina e allagamenti; danni a infrastrutture urbane	Non documentati
3	11-12 novembre 1951	Veneto, Emilia-Romagna	Costa ferrarese, ravennate (Castel Bisselli, Marine di Ravenna e Cervia) e riminese (Viserba, Viserella e Cattolica)	Archivi: R.E.-R, ISPRA, SMC, Centro Meteor. Comune di Venezia, ISPRA, quotidiani	Rapporti tecnici (Gonio Cale di Ferrara e Rimini), Atti Parlamentari, dati meteo, dati mareografici e annuali idrologici, articoli di giornali	Livello del mare: 1,51 m (il 12 novembre) a Venezia (Punta della Salute); 0,97 m a Porto Corsin e 1,26 m a Rimini Vento: da S-SE, 13 m/s a Rimini (*1) Piane fluviali diffuse	Erosione arenile, regressione marina e allagamenti di abitati e aree agricole; danni a opere a mare, infrastrutture urbane e aree agricole e naturali	Non documentati
4	4-5 gennaio 1954	Emilia-Romagna			Rapporti tecnici (Gonio Cirile e Cale di Rimini), dati	Livello del mare: 1,00 m a Porto Corsin e 1,20 m a Finini Vento: da ENE 12 m/s a Rimini (*1)	Erosione arenile, danni a opere a mare	Opere di pronto intervento e ripristino opere a mare
5	1 novembre 1955							
6	30 novembre 1960							

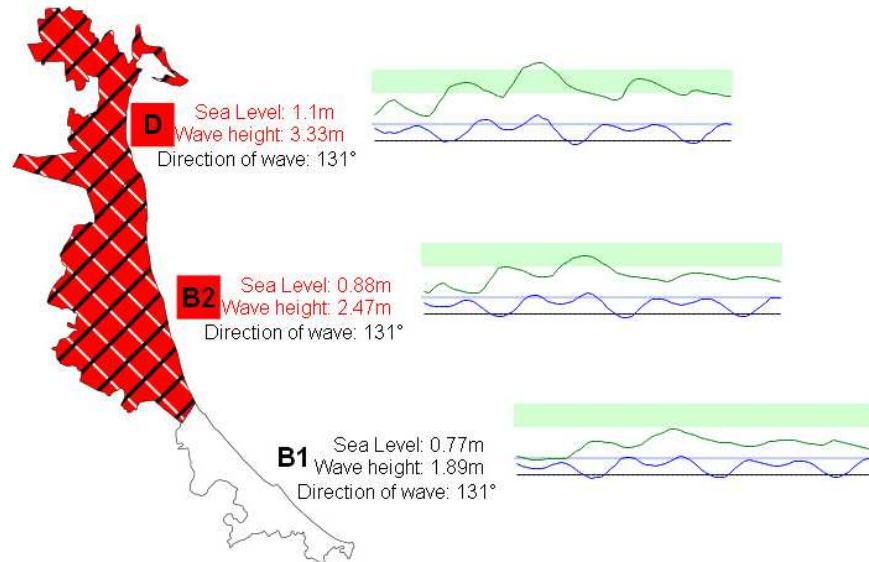


PARAMETRO	VALORE SOGLIA (m)
Altezza significativa onda	3
Livello del mare	0,8
Altezza d'onda & Livello mare	Altezza onda > 2.0 & Livello mare >0.7



Long component of the threshold definition for natural areas was calculated by summing the effects of storm-tide + waves (run-up elevation) to find the Maximum Water Level (MWL) reached by the sea during one, ten and one-hundred year storm return periods. For urbanized zones, historical storm damages were identified starting from the 1990s in order to identify the forcing conditions causing real damages. Each storm was classified in terms of wave height, period, direction and surge level. Morphological information were obtained from tide gauges performed in 2003 and 2004 and from direct surveys undertaken in September 2008 and February 2009 as part of the monitoring programme for the MICONE Project. The computed MWL for each return period was then compared to beach elevations along natural areas in order to calculate the Dune Stability Factor (DSF), an index that accounts for the eroded sediment volume above the MWL during a storm. Based on analysis along 41 profile lines at a 500 m spacing, it was found that the 1-hr

2014-01-31 09:00:00



PARAMETRO	VALORE SOGLIA (m)
Altezza significativa onda	3
Livello del mare	0,8
Altezza onda & Livello mare	Altezza onda > 2,0 & Livello mare > 0,7

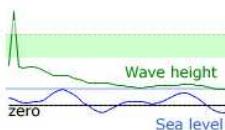
primo precedente successivo ultimo

30.01.2014

**Legenda**

- Sea level > .8m
- Wave height > 3m
- Sea level > .7m & Wave height > 2m

**D** Almeno un superamento è presente per l'area indicata all'interno della corsa visualizzata



**B1** Nessun superamento presente per l'area indicata all'interno della corsa visualizzata

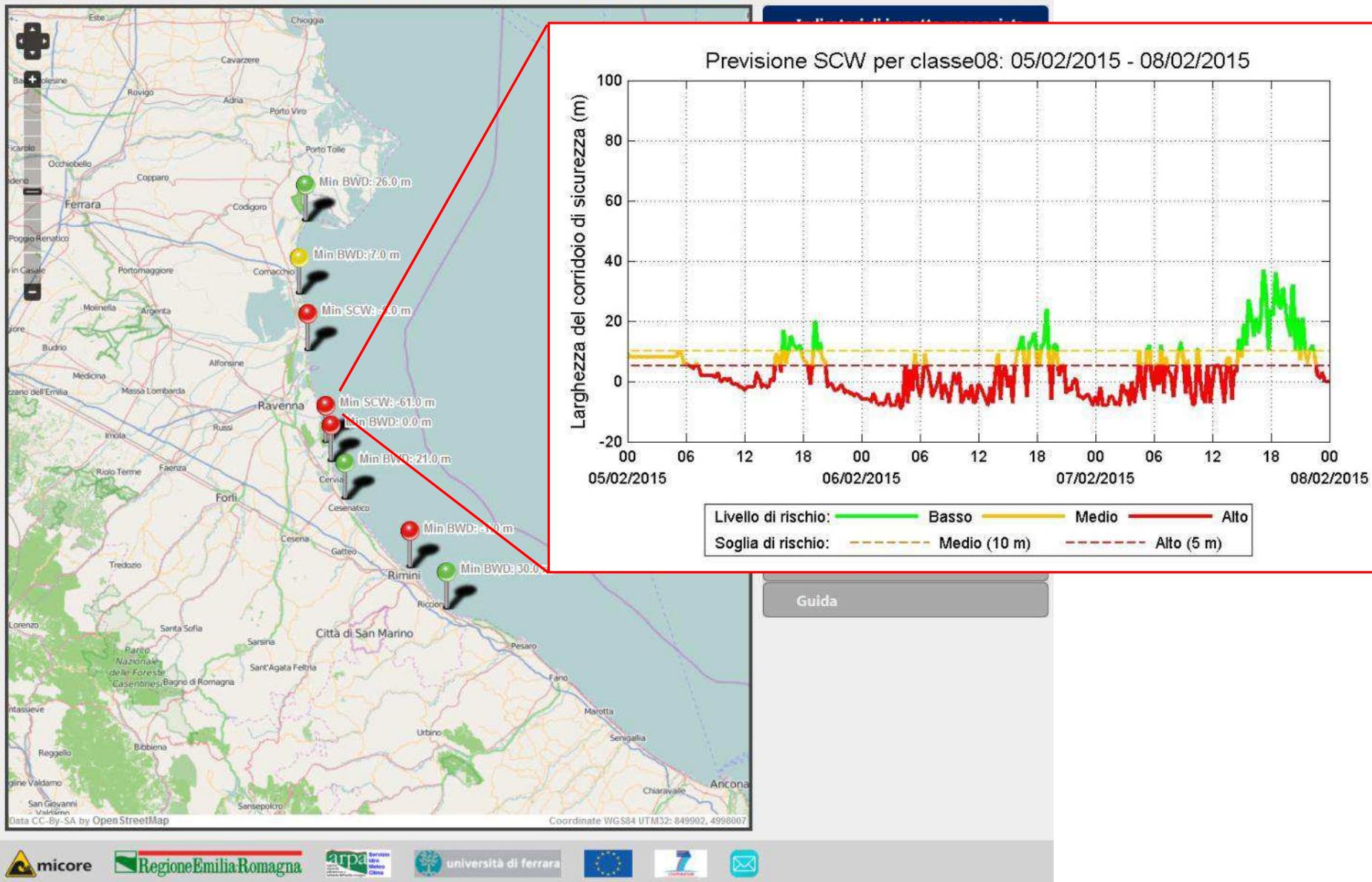
**Dati grezzi**

D Lon: 12.31246 Lat: 44.75590				B2 Lon: 12.31207 Lat: 44.41490				B1 Lon: 12.53054 Lat: 44.11034			
Date	Direction of waves	Significant wave height	Sea Level	Date	Direction of waves	Significant wave height	Sea Level	Date	Direction of waves	Significant wave height	Sea Level
2014-01-30 00:00:00				2014-01-30 00:00:00				2014-01-30 00:00:00			
2014-01-31 09:00:00	131°	3.33m	1.1m	2014-01-31 09:00:00	131°	2.47m	0.88m	2014-01-31 09:00:00	131°	1.89m	0.77m
2014-01-31				2014-01-31				2014-01-31			

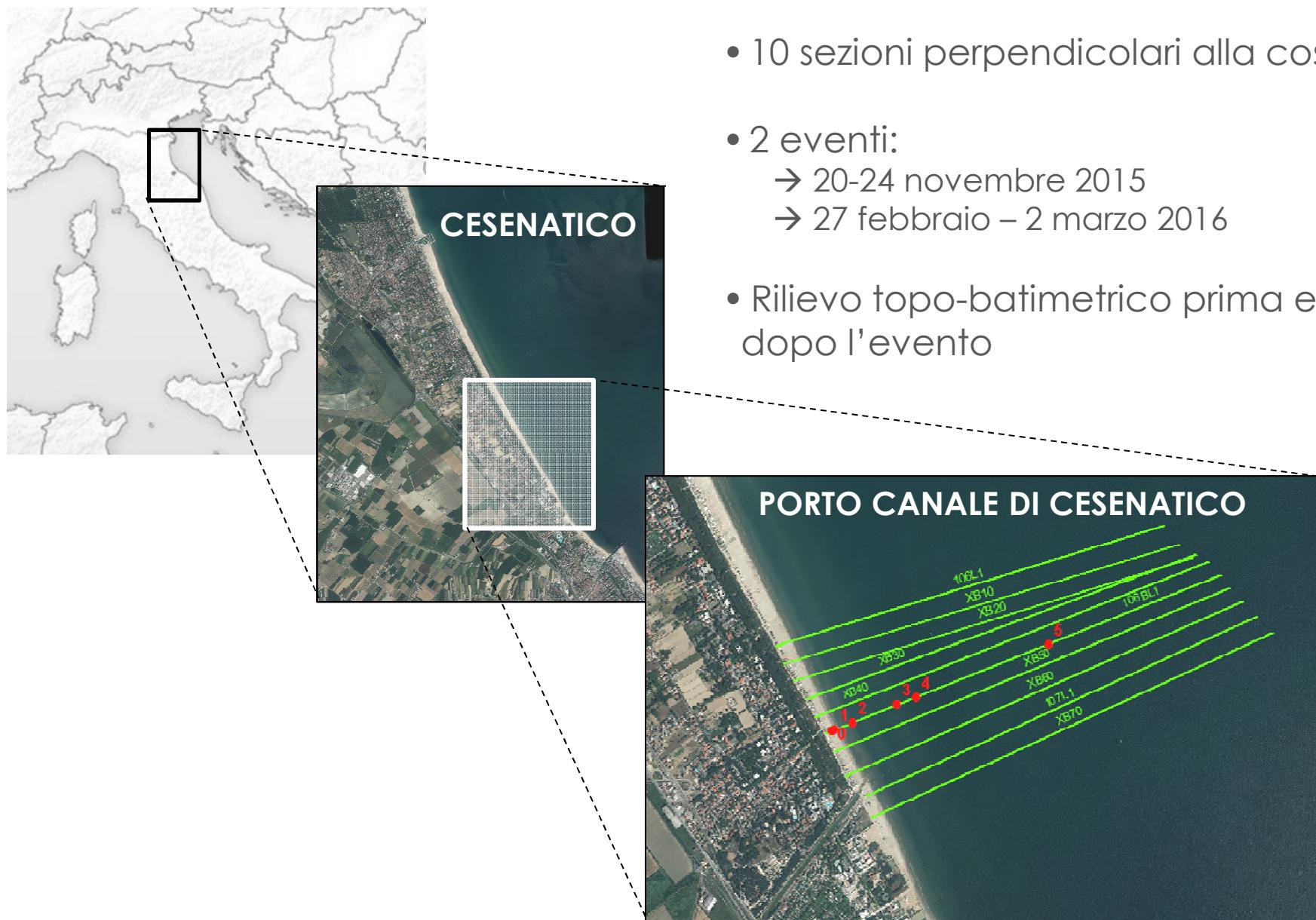
**Sistema di allerta mareggiate per la costa emiliano-romagnola**

Data di esecuzione modello: **05-Feb-2015**

Ita | Eng



# AREA DI STUDIO - CESENATICO



## ENSEMBLE MARINO-COSTIERO

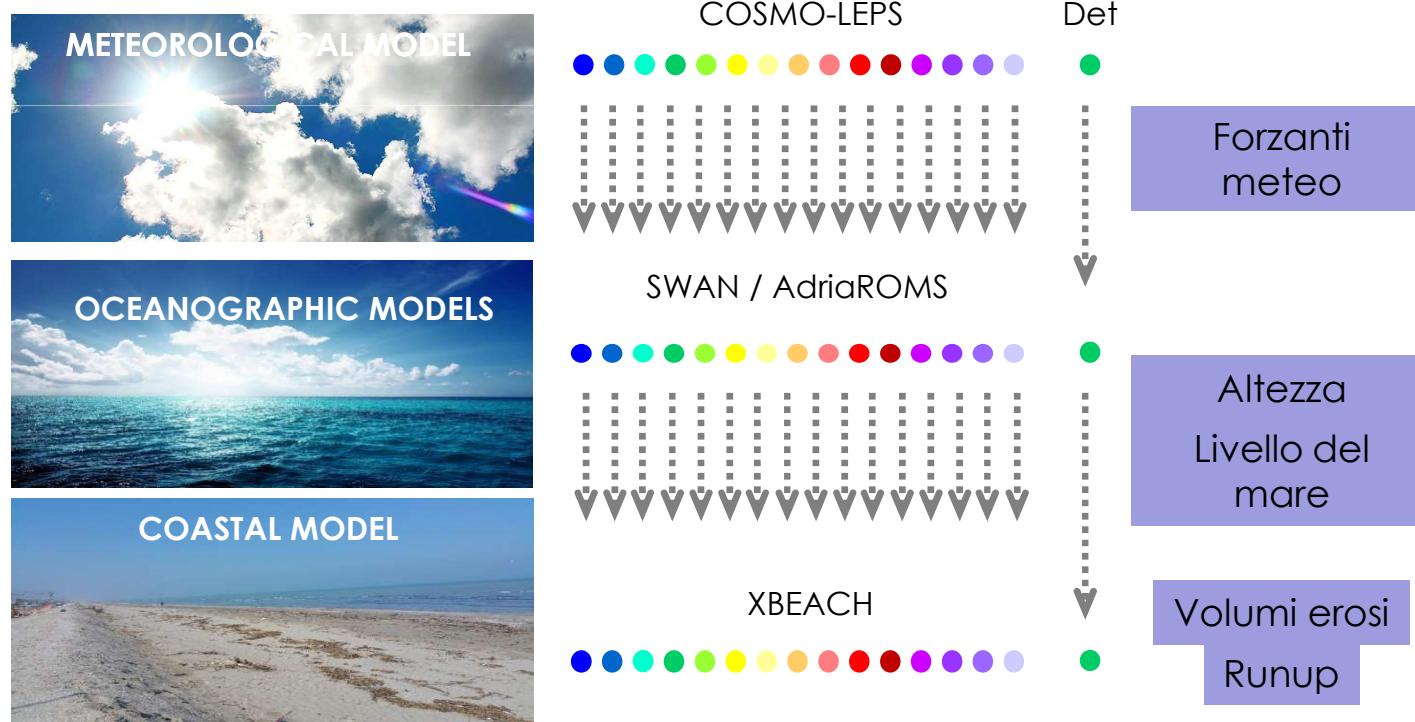
## Singola simulazione in modalità deterministica



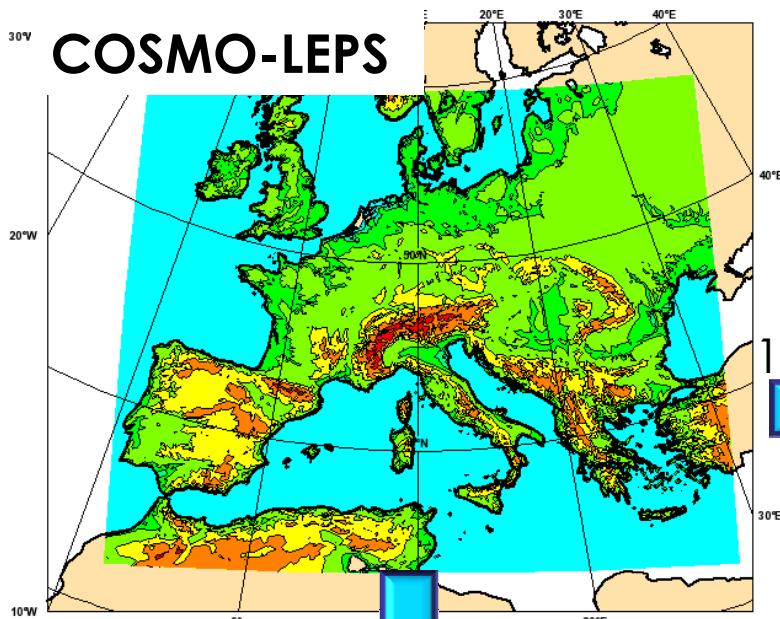
Il modello viene fatto girare n-volte  
forzato con dati di input e condizioni al contorno lievemente perturbate.

## 1. Avere un'indicazione dell'incertezza correlata alla previsione

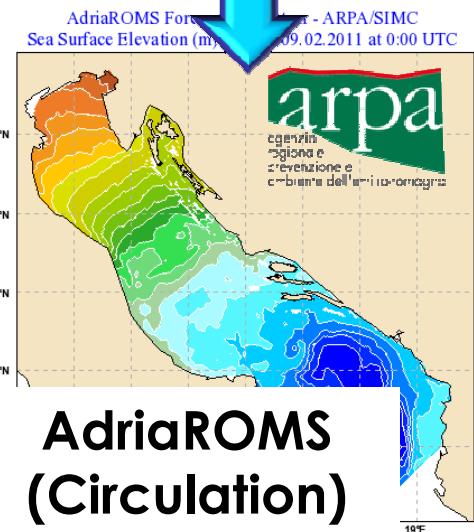
## 2. Stima dell'affidabilità della previsione



# METEO & MARINE ENSEMBLE OPERATIONAL CHAINS

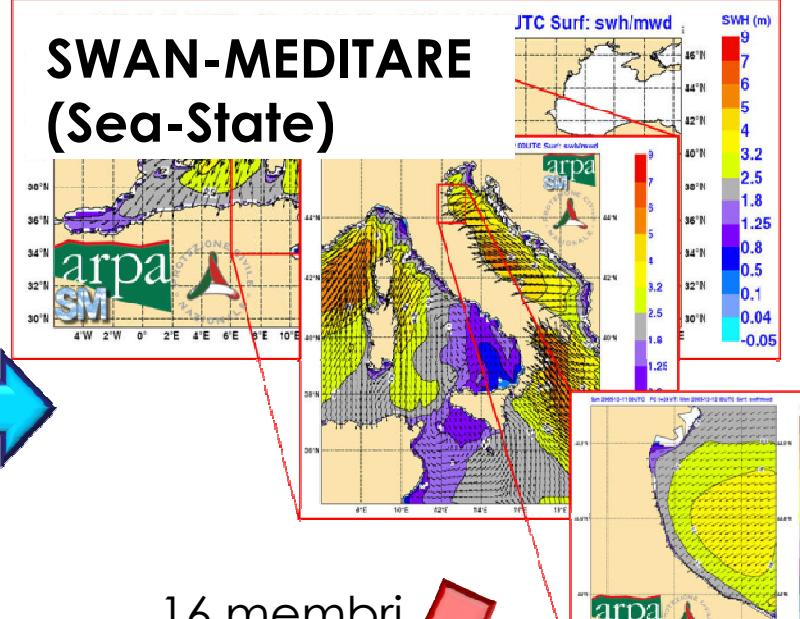


16 membri



**AdriaROMS  
(Circulation)**

16 membri

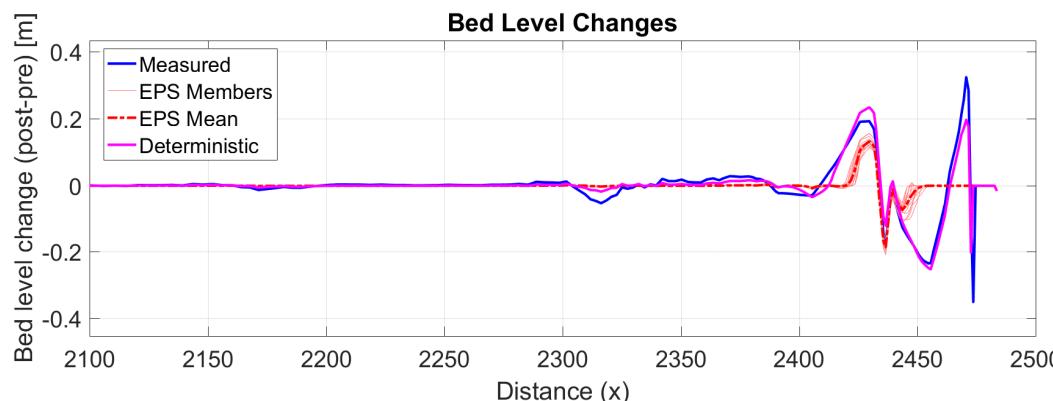
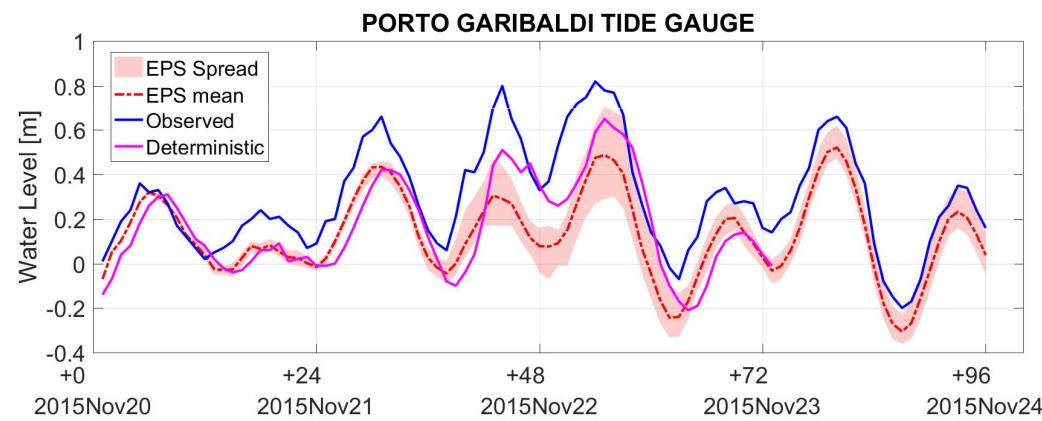
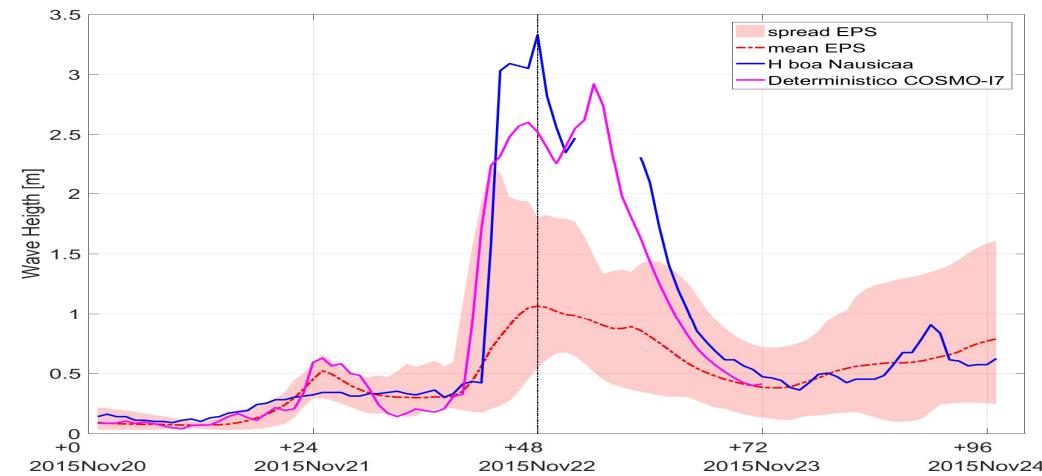


16 membri

16 membri



# EVENTO 20-24 NOVEMBRE 2015 - BORA



## Run Deterministico

- Il deterministico prevede correttamente l'inizio e la durata dell'evento
- Sia l'onda che il livello sono sottostimati

## Run Ensemble

- Prevede correttamente l'inizio e la durata dell'evento
- Indica correttamente il massimo spread (minore predicitabilità) in corrispondenza del picco dell'evento
- Lo spread aiuta a definire il momento di maggiore incertezza
- Sottostima (più del deterministico) l'intensità dell'evento

## Morfodinamica

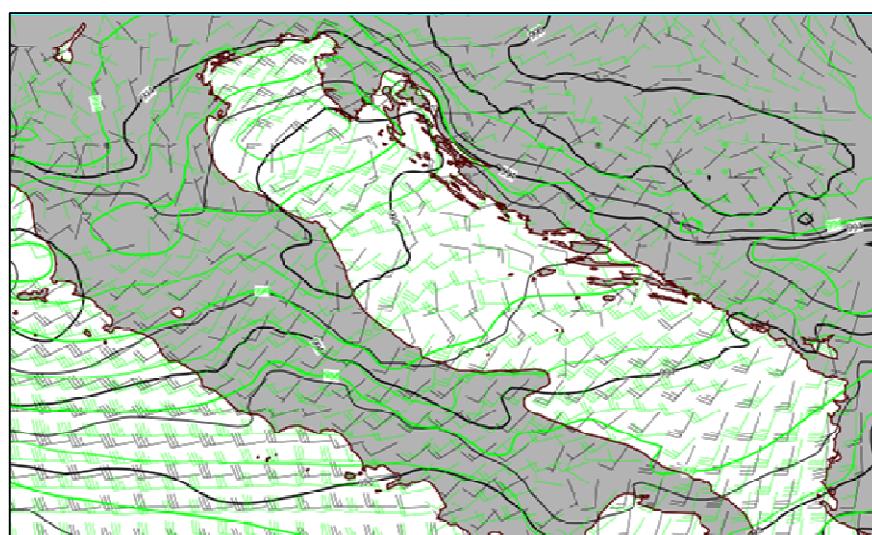
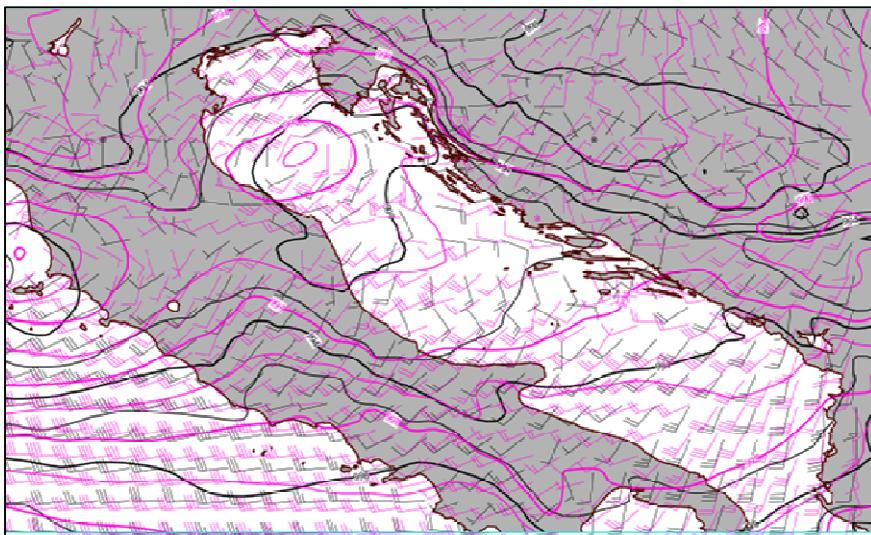
- La variazione morfologica del profilo rispecchia il comportamento delle forzanti meteo-marine

— Analisi ECMWF

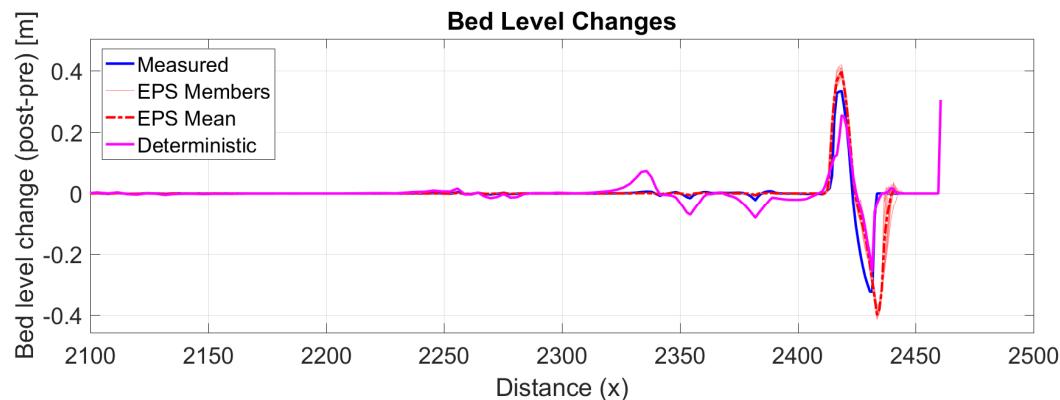
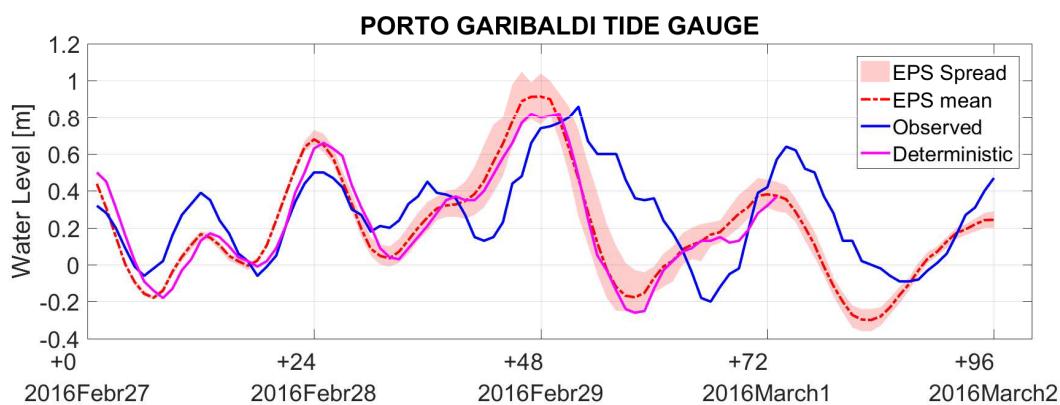
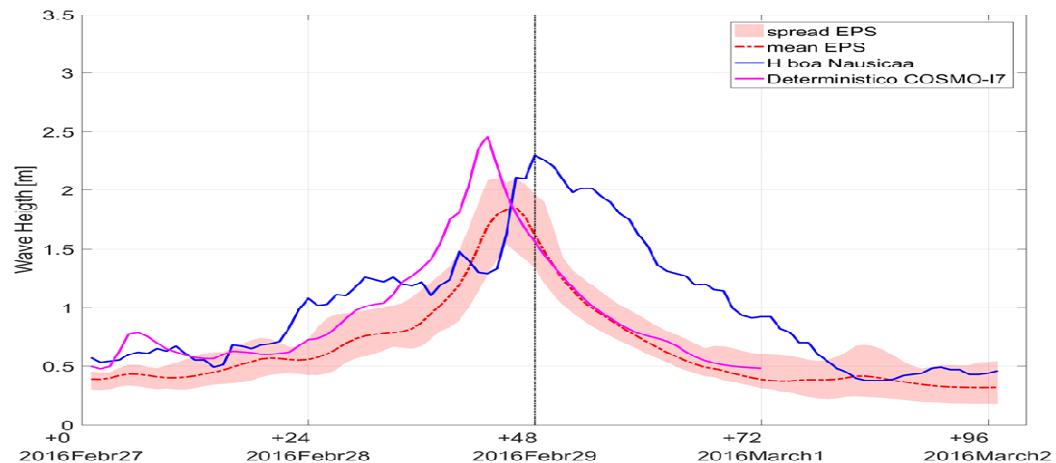
— COSMO-I7

— COSMO-LEPS

20 November 2015 00:00 UTC t: + 48h



- **COSMO-I7** deterministico **prevede correttamente il posizionamento del minimo di pressione**, con una generale **sottostima dei venti sottocosta**
- **COSMO-LEPS** prevede il posizionamento del **minimo di pressione più a Nord** rispetto alle analisi ECMWF, con conseguente **rotazione da Ovest dei venti** nella zona di studio che ostacolano la generazione dell'onda



## Run Deterministico

- Prevede correttamente l'intensità del picco anticipandolo leggermente (sia per le onde che per il livello)
- Prevede un evento che si esaurisce più rapidamente rispetto all'osservato (apprezzabile maggiormente nell'onda)

## Run Ensemble

- Banda di incertezza più ristretta rispetto al caso precedente a fronte di un errore di previsione inferiore
- Sottostima il picco dell'onda mentre prevede correttamente il valore del livello del mare anticipando per entrambe le grandezze il momento di massimo

**Sia per il deterministico che per il probabilistico il livello del mare è dominato dalla componente meteorologica**

## Morfodinamica

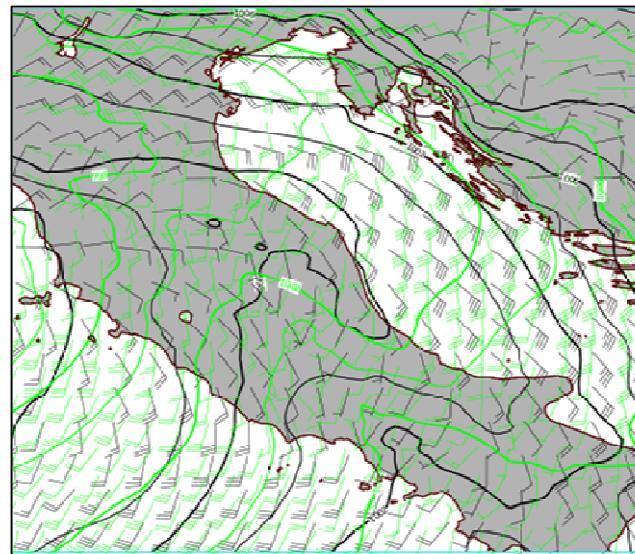
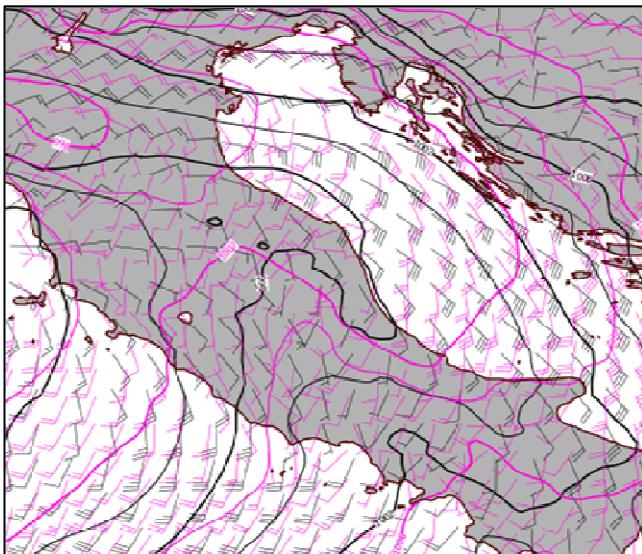
- La variazione morfologica del profilo è ben simulata da entrambi i modelli

— Analisi ECMWF

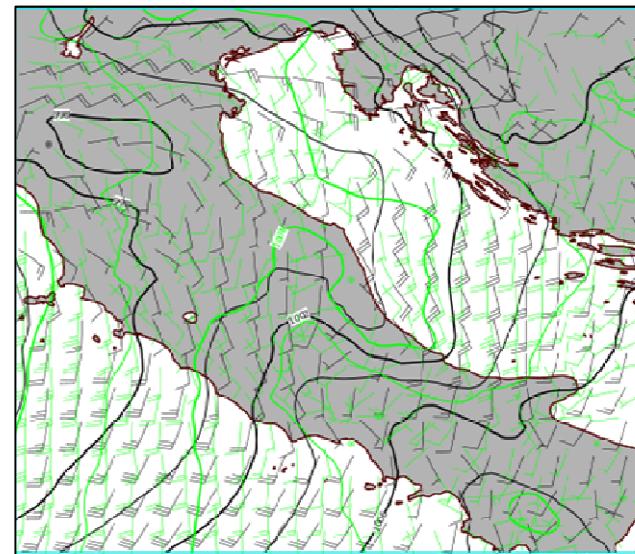
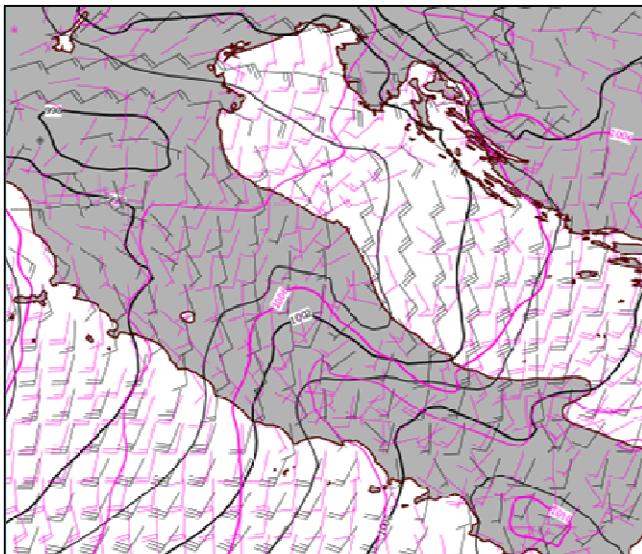
— COSMO-I7

— COSMO-LEPS

27 Febbraio 2016 00:00 UTC t: + 48h



27 Febbraio 2016 00:00 UTC t: + 54h



- Entrambi i modelli **anticipano la formazione di un minimo** di pressione sulla Pianura Padana
- L'**anticipazione di venti da Sud-Ovest** nell'area di studio **riduce rapidamente l'entità del fenomeno**

- L'ensemble ci dà un'utile informazione sull'errore che il modello sta commettendo attraverso l'**indicazione dell'incertezza associata alla previsione** (informazione non estrapolabile dalla modellistica deterministica)
- In questi 2 casi l'ensemble non riesce a compensare gli errori generati dai vari modelli e la loro propagazione



- L'**utilizzo dell'ensemble è estendibile anche alla modellazione oceanografica e costiera**, ma forse è necessaria una caratterizzazione dei membri meteo finalizzata all'oceanografia:
  - cluster analysis finalizzata variabili meteo superficiali
- La componente meteorologica è quella predominante
- Per una catena operativa marina probabilistica bisogna studiare come **gestire gli allarmi a partire da un'informazione di ensemble**
  - Probabilità nel forecast?
  - Allerta SI o NO?
  - Soglie di riferimento?



## INCERTEZZA PREDITTIVA E PREVISIONE DELLA MAREA

Workshop Venezia, 24 Novembre 2017  
CNR-ISMAR, Sala Conferenze Tesa 102

# Previsioni operative, allerte e rischio costiero in Emilia-Romagna

Ing. Andrea Valentini

[avalentini@arpae.it](mailto:avalentini@arpae.it)



**arpae**  
emilia-romagna

Grazie per l'attenzione