



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

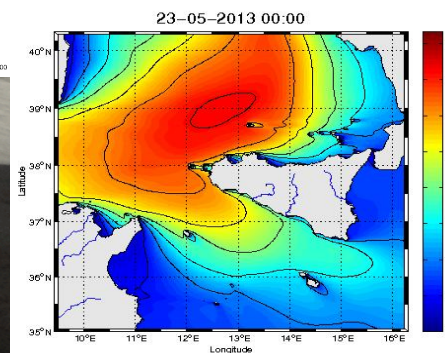
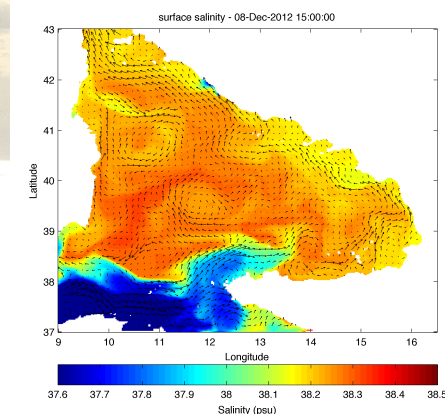
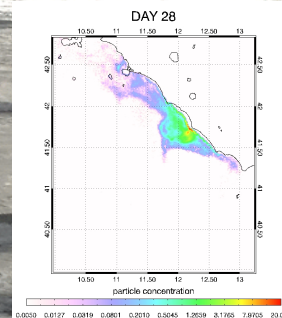
Simulazione dei processi marino-costieri: dalla previsione operativa dello stato del mare alla simulazione dei processi di trasporto degli inquinanti in ambito costiero

Roberto Inghilesi

Francesca Catini (CINECA)

Arianna Orasi

Sara Morucci



Dipartimento Tutela Acque Interne e Marine- Servizio Difesa delle Coste
Settore modellistica numerica costiera

SIMULARE CONVIENE! I modelli ambientali strumento di previsione e pianificazione
Genova, Villa Bombrini, 22/05/2013



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Simulazione dei processi marino-costieri

L'ambiente marino in prossimità delle coste è una 'zona di transizione' tra le aree vicino alla terra, dominate da processi a breve tempo di scala (meteorologia, onde e maree) e le aree offshore, dove i processi tipici delle acque profonde sono molto più lenti (correnti, processi baroclini). Vicino alle coste hanno luogo gran parte delle interazioni con le forzanti antropiche che determinano la qualità delle acque e gran parte dei processi morfodinamici che modellano l'aspetto di molte aree costiere.

Programma:

Trasporto di inquinanti in mare -> modellistica oceanografica a scala regionale,
modelli di trasporto lagrangiano a particella

Previsione dello stato del mare -> modelli di previsione ondosa in acque profonde ,
modelli di propagazione a costa

Integrazione della componente modellistica in un sistema osservativo



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Trasporto di inquinanti in mare – inquinamento associato alla dispersione fluviale

Motivazione:

Gran parte dell'inquinamento nelle aree marine costiere e' associato al runoff fluviale, che porta in mare gli effetti dell'inquinamento atmosferico, di quello urbano, agricolo ed industriale.

Gli effetti dell'inquinamento marino-costiero a sorgente non-puntuale sono la presenza in mare di alte concentrazioni di agenti patogeni, composti azotati che favoriscono eutrofizzazione e riducono il contenuto di ossigeno nell'acqua, sostanze tossiche come metalli pesanti e PCB.

La concentrazione di batteri alla foce e' motivo di costante attenzione e la balneabilita' condiziona turismo ed economia di gran parte delle coste italiane.





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

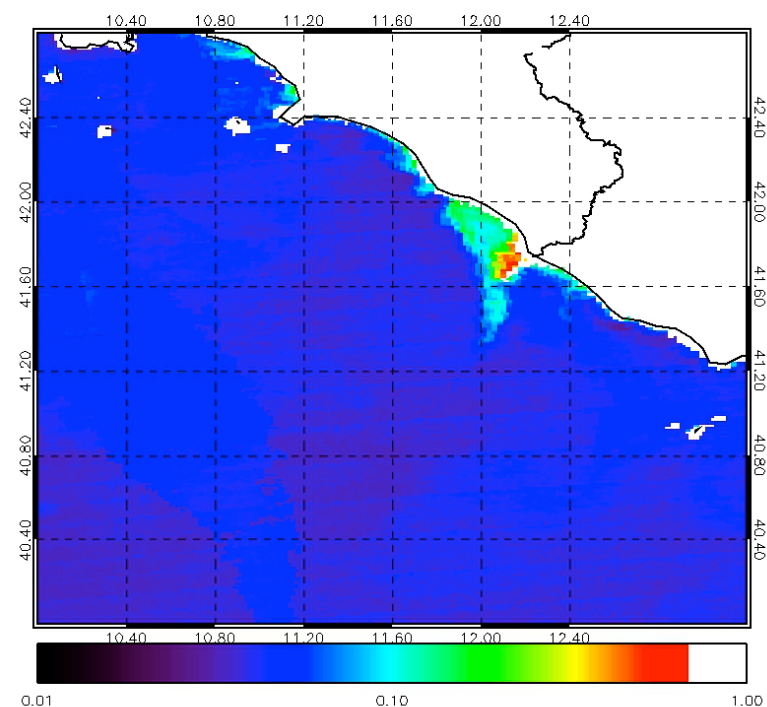


Sistema osservativo di riferimento

Dall'analisi dei dati remote sensing multispettrali del MODIS e' possibile ottenere immagini della posizione del plume fluviale. In particolare, il coefficiente di attenuazione a 490 nm (K490) si e' rivelato un buon tracciante della dispersione delle acque fluviali in mare. Questo si deve al fatto che il K490 dipende dalla quantita' di materiale sospeso in acqua. Sebbene il valore del K490 in acque costiere (tipo II) sia poco accurato, la grande differenza tra il valore di K490 nelle acque fluviali e in quelle costiere circostanti permette di identificare in molte circostanze la presenza delle acque fluviali

I campi di K490 a risoluzione 1 km sono stati ottenuti dal CNR-ISAC – GOS riprocessando i dati L0 di radianza dal satellite MODIS – AQUA mediante l'algoritmo standard SeaWiFS (Mueller, 2000)

Remote sensing del plume fluviale (condizioni estive)





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Episodio invernale 12/01/2010

Coastal Jet

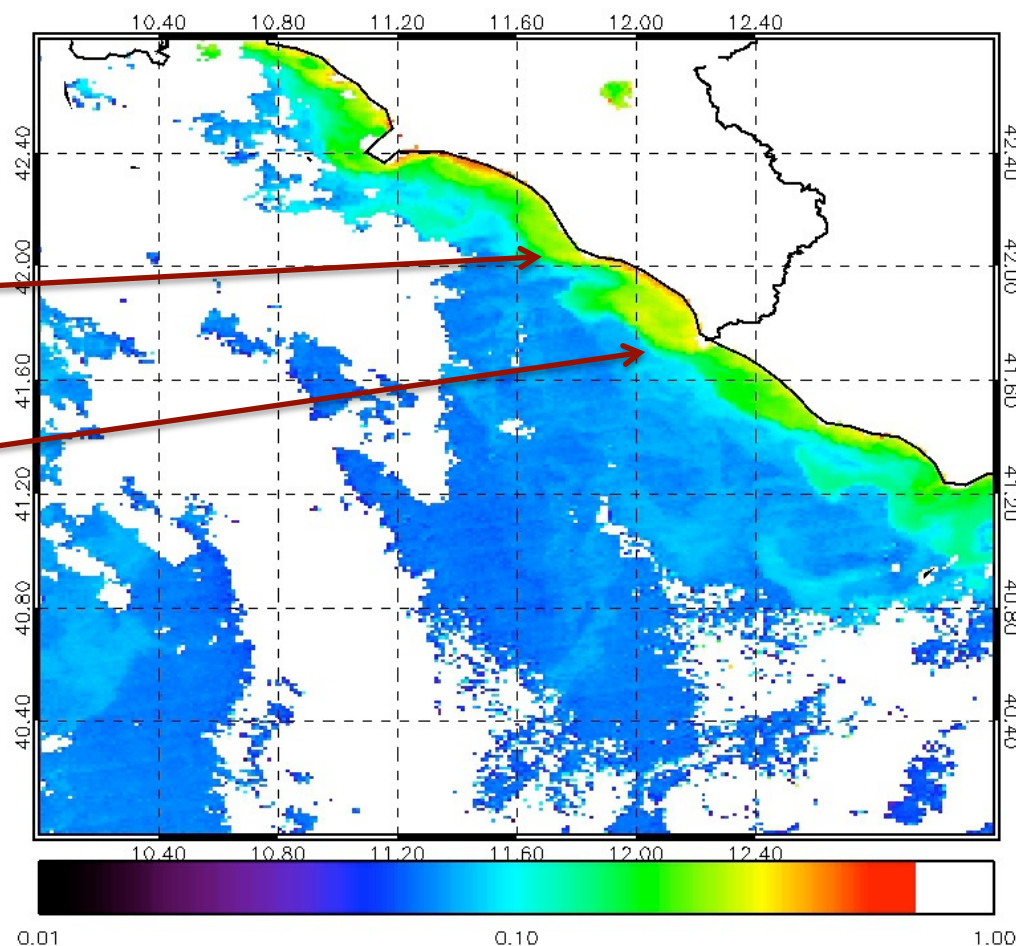
Bulge

Dinamica tipica dell'interazione
tra acque fluviali e costiere

Il bulge in prossimità della foce e' dovuto
al gradiente di salinita'

Il jet costiero e' associato all'effetto della
forza di Coriolis sul getto alla foce

La dinamica e' fortemente condizionata
dalla portata del fiume, dalla corrente
circostante e dal vento





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Problemi del sistema osservativo:

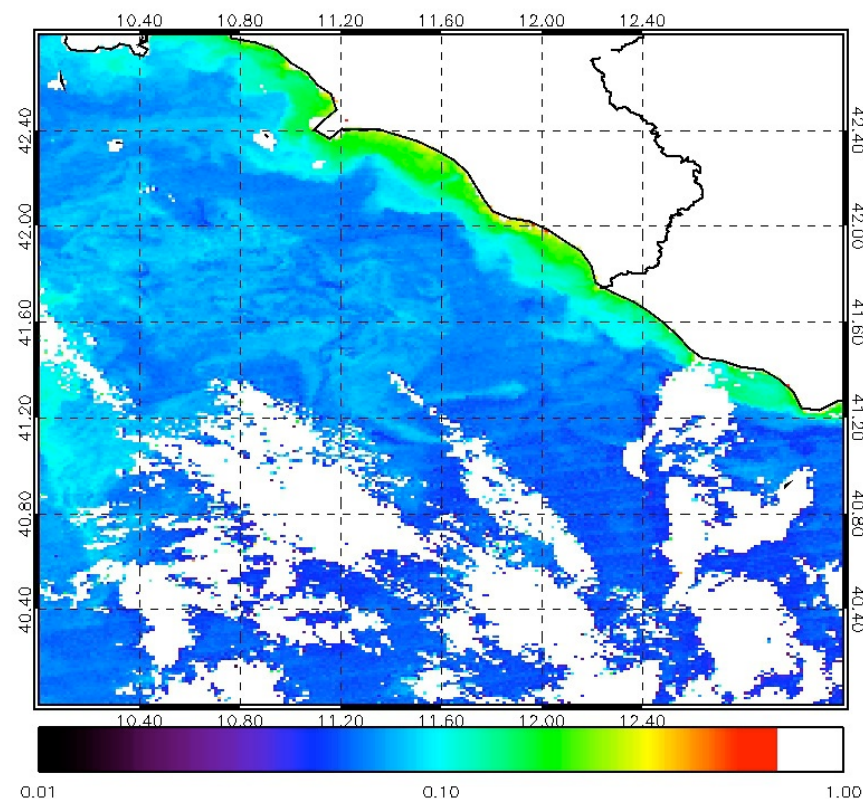
1. Nuvole:

Nei casi che abbiamo studiato con CNR-ISAC abbiamo tipicamente ottenuto 10 immagini soddisfacenti su un periodo di 40 giorni in estate e 4-6 immagini buone in inverno

2. Torbidita':

In acque di tipo II (costiere) la torbidita' dell'acqua e' associata non solo alla presenza dei sedimenti di origine fluviale, ma anche a CDOM, phytoplankton (specialmente dopo upwelling) e sedimenti messi in sospensione da correnti intense e dalle onde vicino alla costa

Remote sensing del plume fluviale Condizioni invernali





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Simulazione delle correnti nel Tirreno

Il regime delle correnti nel mar Tirreno in inverno e' forzato dalla circolazione termoalina alla scala del Mediterraneo. In estate- inizio autunno la circolazione nel tirreno si disaccoppia dal Mediterraneo ed e' caratterizzata dalla presenza di eddies ed, in superficie, dal vento.

In queste condizioni l'unica strategia possibile per avere correnti realistiche ad alta risoluzione e' il nesting di un modello a scala regionale con un modello sull'intero Mediterraneo.

In nero le condizioni al contorno del modello regionale





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



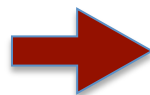
Simulazione numerica del plume fluviale– correnti/salinita'

La dinamica degli estuari dipende da molti fattori, tra cui portata del fiume, il vento, le correnti. Per questo motivo la dispersione ha caratteristiche differenti a scala locale e regionale e possiede una marcata stagionalità

Condizioni al contorno Mediterranean Forecasting System (MyOcean, INGV)
vento sistema meteorologico ISPRA + SST satellitare + portata



Modello di circolazione
a scala regionale (Tirreno)
ICE-POM (ROMS)



correnti ad alta risoluzione
salinita' /portata fluviale



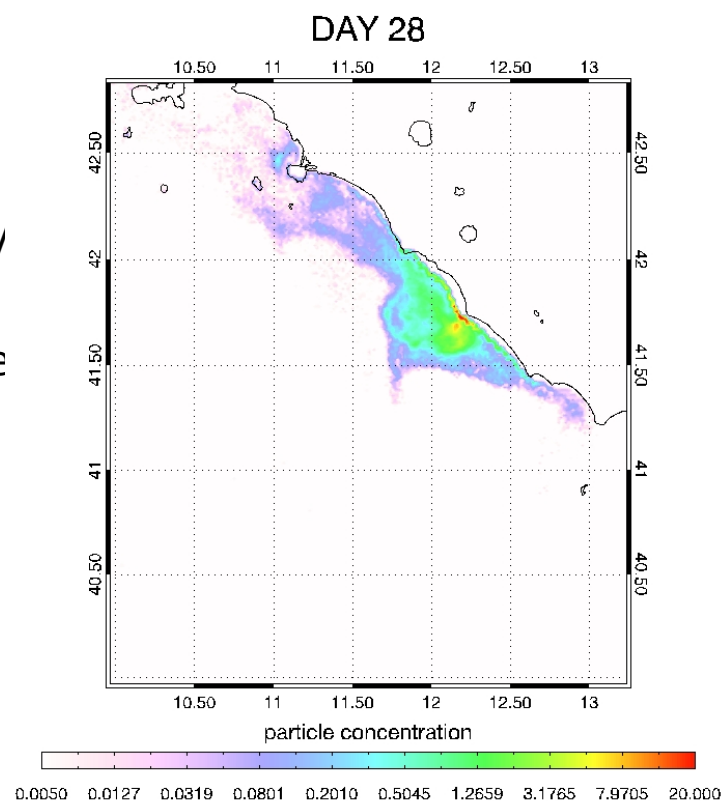
Modello Lagrangiano a particella

Simulazione delle concentrazioni con modello Lagrangiano a particella

Il modello simula il trasporto di inquinanti seguendo la traiettoria di particelle di fluido immerse nel campo delle correnti. I processi turbolenti sono simulati con un algoritmo tipo random-walk, usando i coefficienti di diffusione forniti dal modello oceanografico (Smagorinsky/Mellor-Yamada).

La quantità di particelle emesse alla foce è proporzionale alla portata fluviale, riproducendo la dispersione di una quantità variabile di materiale inquinante da 33Kg/s per portate intorno a 30 m³/s fino a 130kg/s per portate di piena intorno a 1600 m³/s.

In queste simulazioni le particelle erano neutre, rappresentando quindi un tracciante passivo disperso insieme alle acque fluviali.





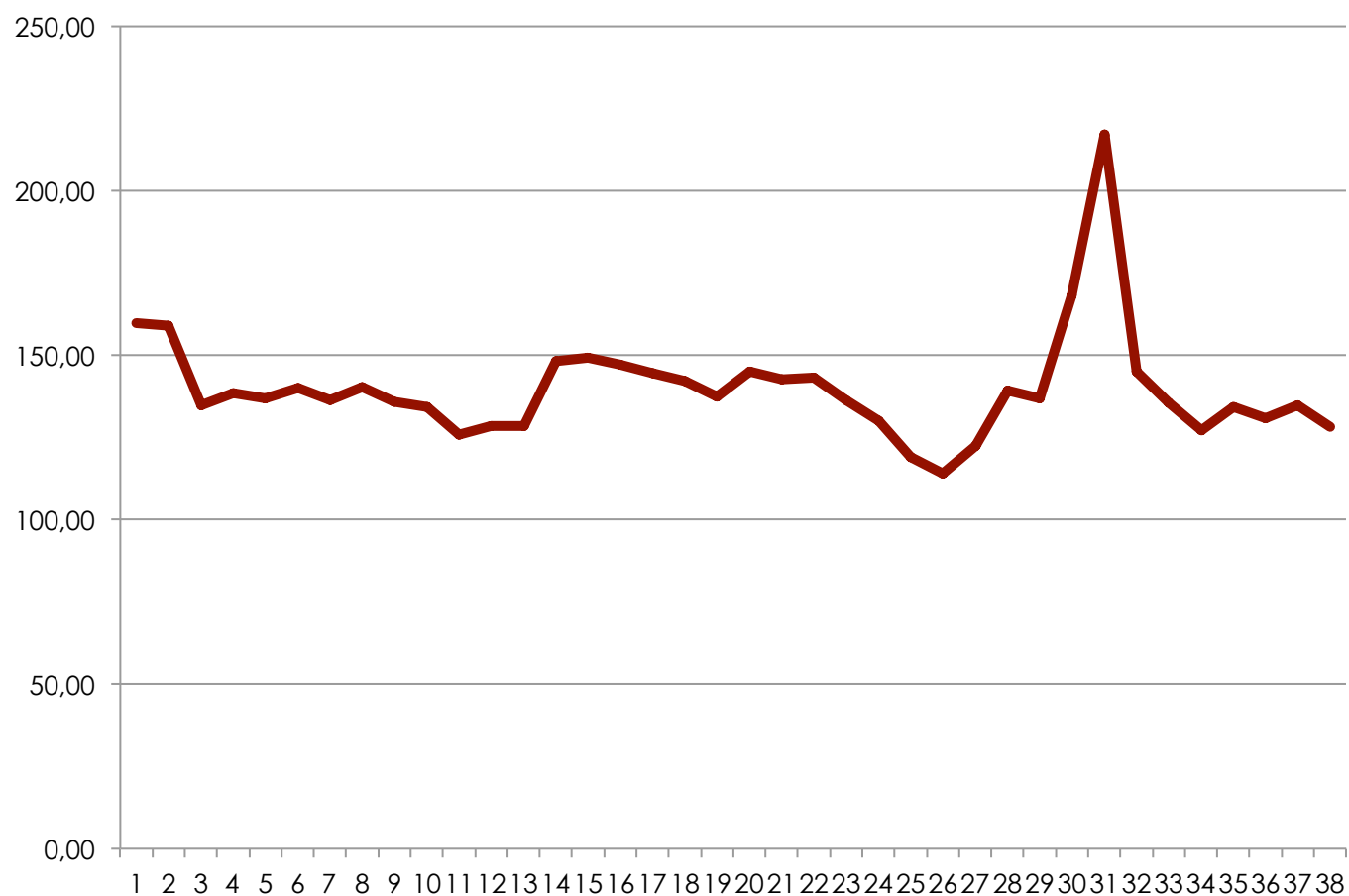
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Summer episode

Daily discharge (m³/s)

1/7-5/8 2010





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

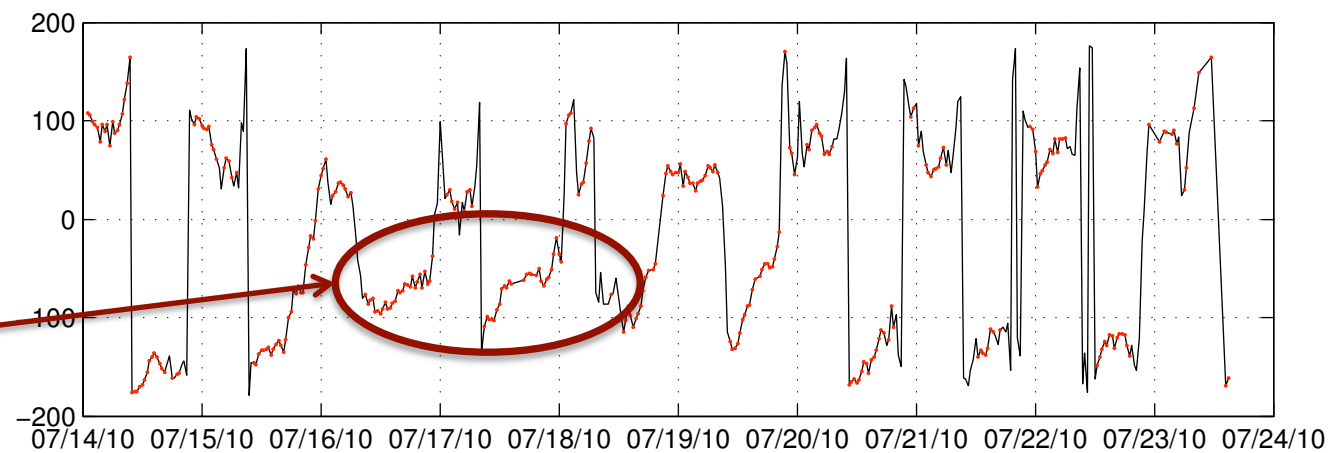


Summer episode

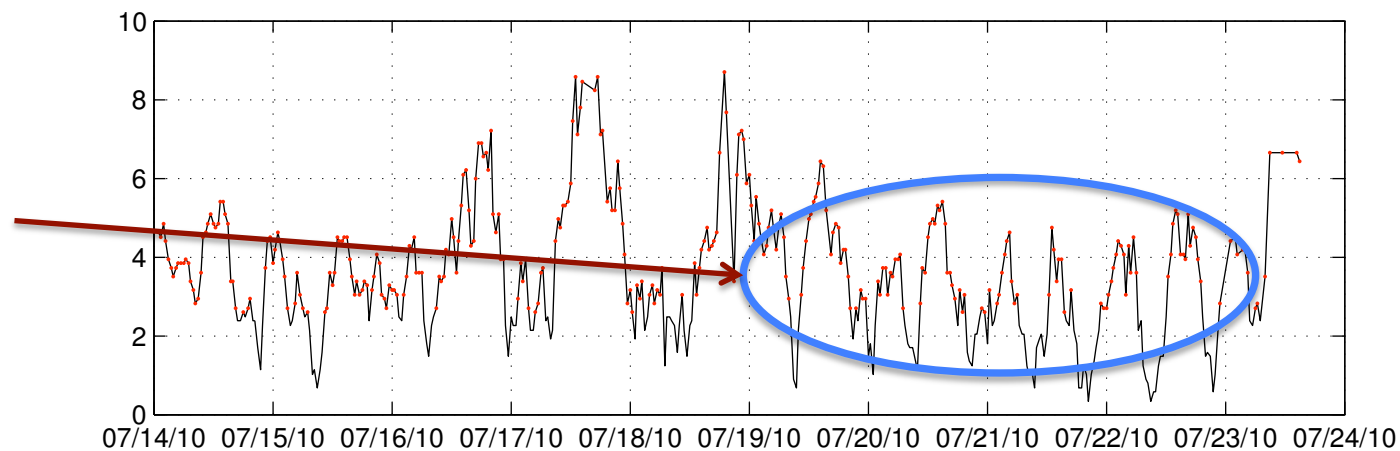
Wind offshore

14-24 July 2010

Upwelling- favorable
North-westerly wind



Sea breeze
(cross-shore)





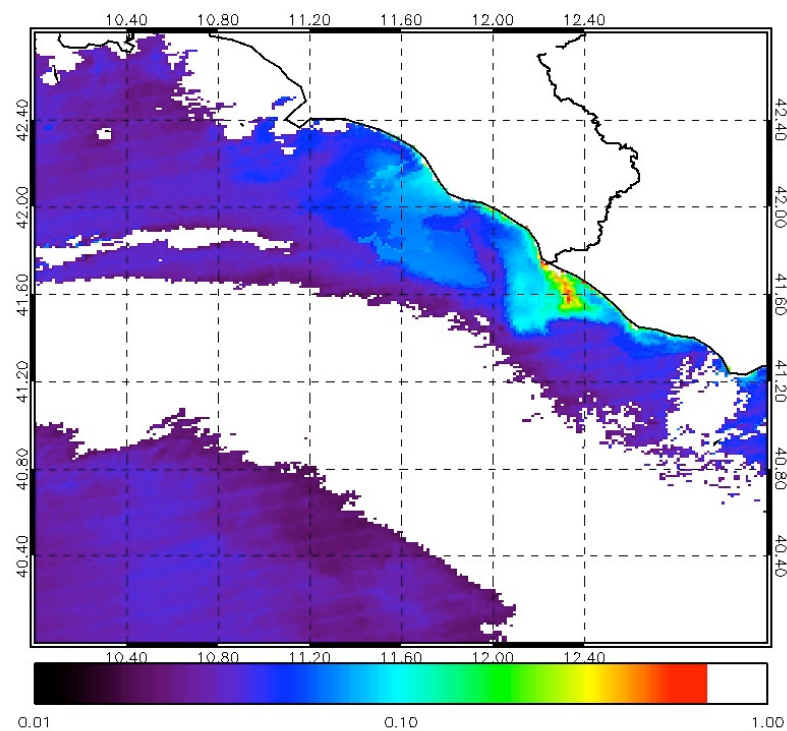
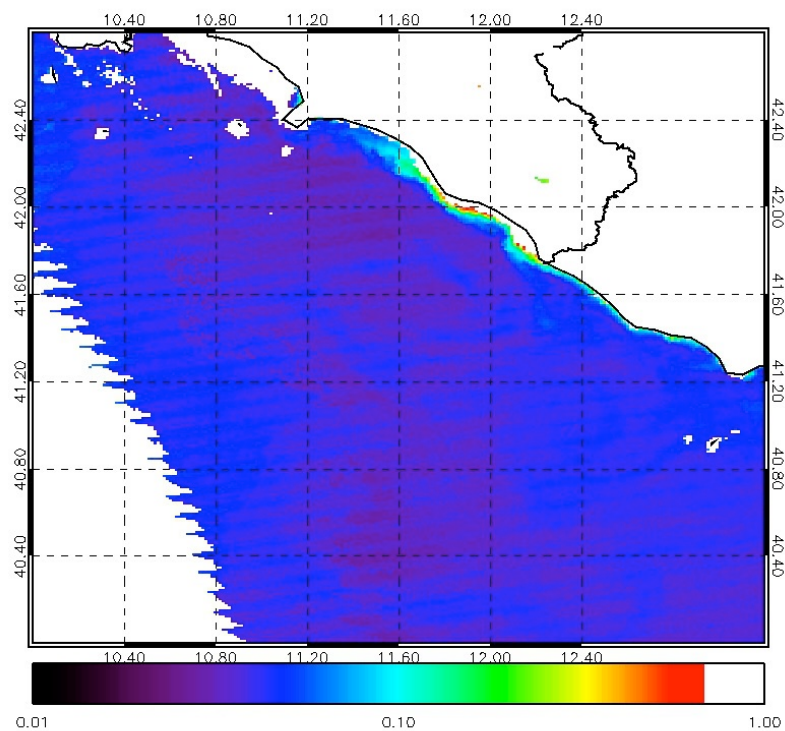
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Summer episode - K490 maps

K490 14/7/2010

K490 18/7/2010



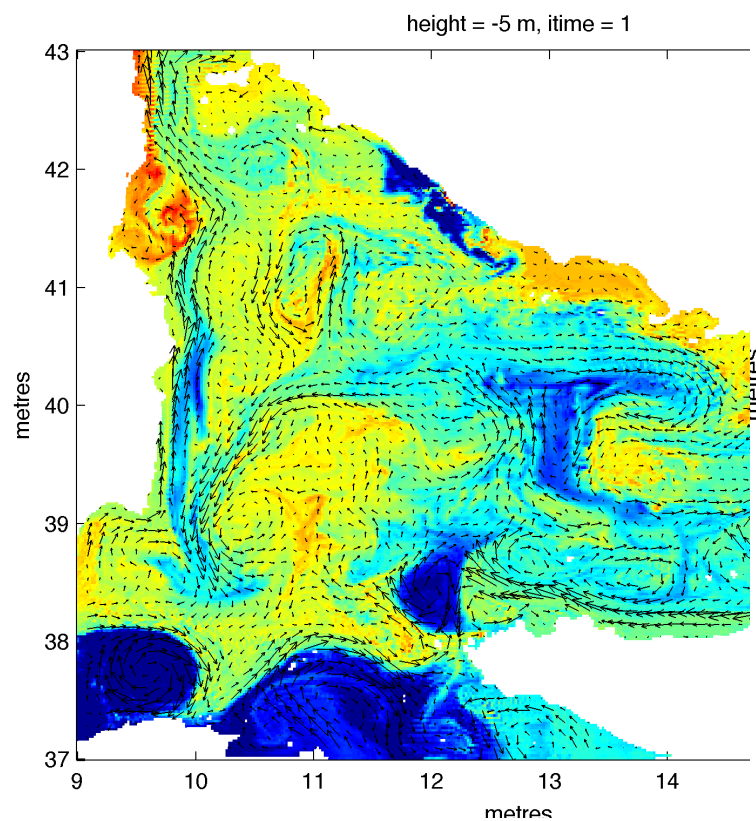


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

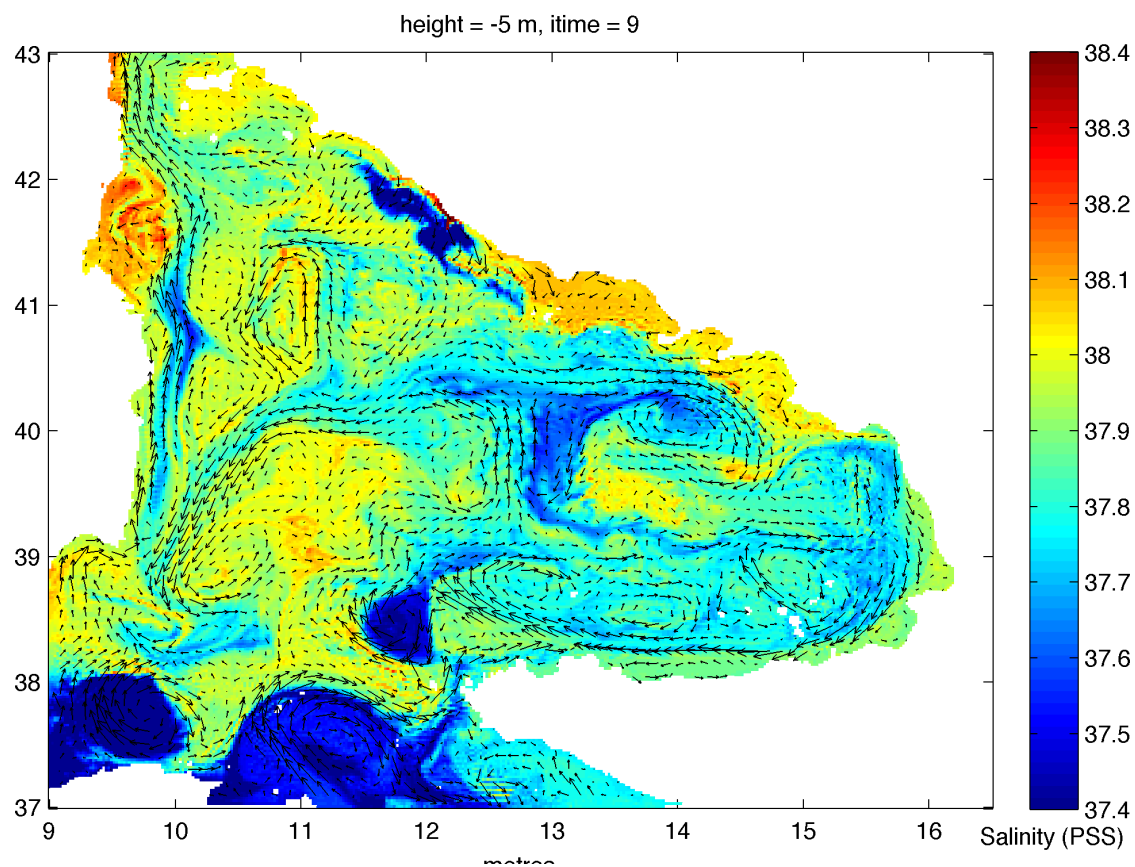


Summer episode - **Surface currents and salinity**

14/7/2010



18/7/2010



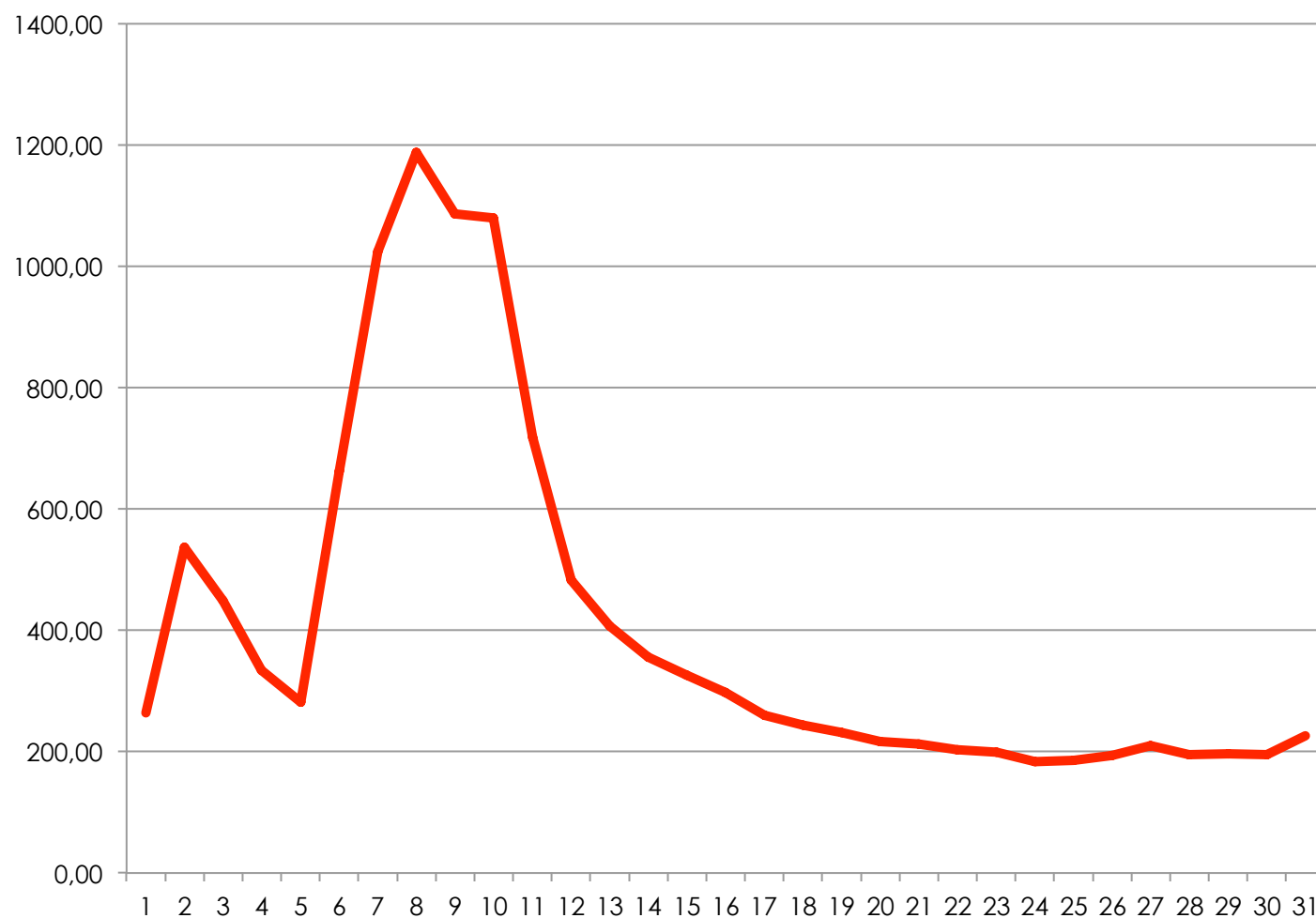


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Winter - January 2010

Daily discharge (m³/s)





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

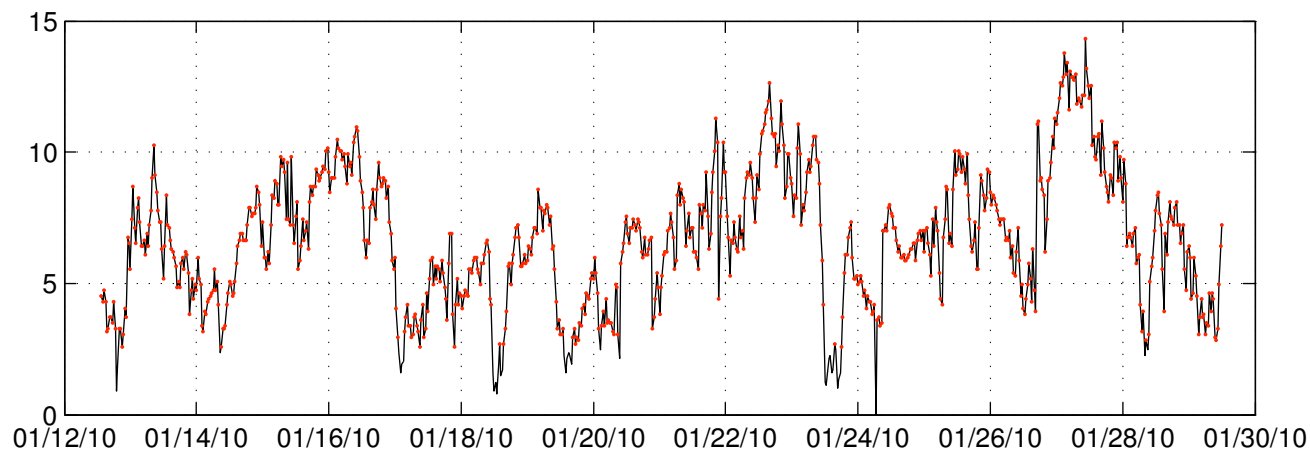
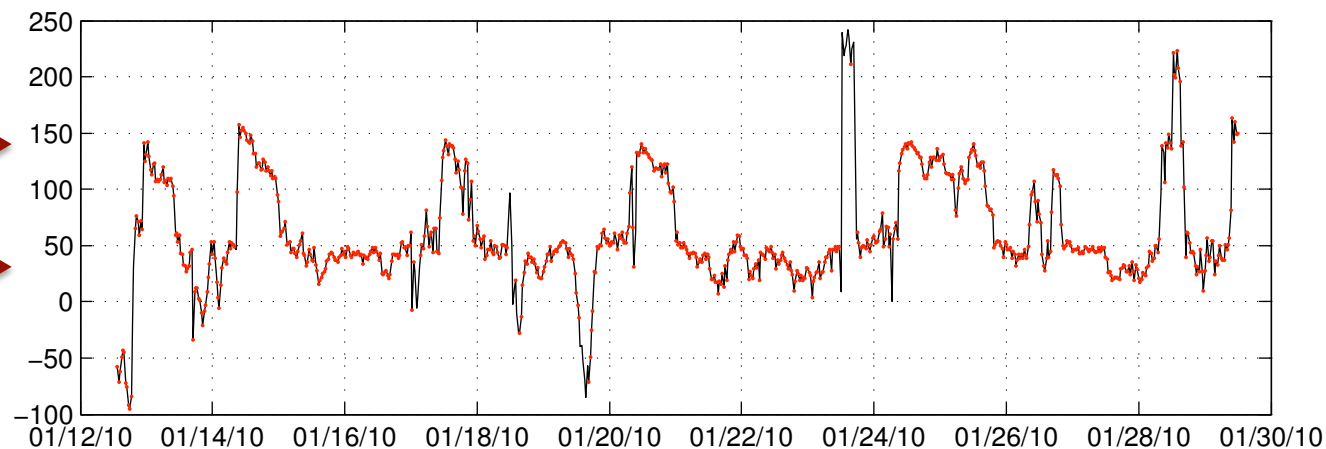


Wind offshore 12 Jan-30 Jan 2010

South-easterly
Downwelling-
favorable



North-easterly:
From land to sea

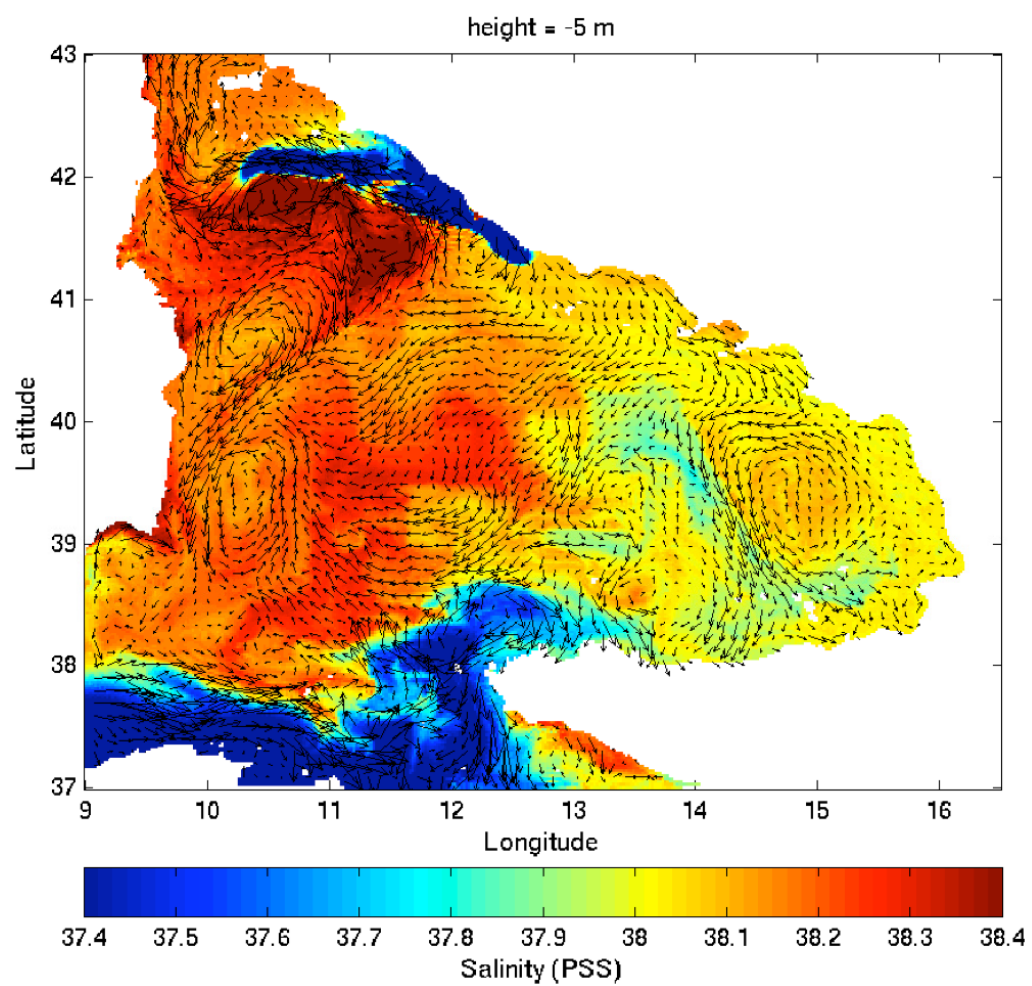




ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Surface currents and salinity 12 Jan 2010



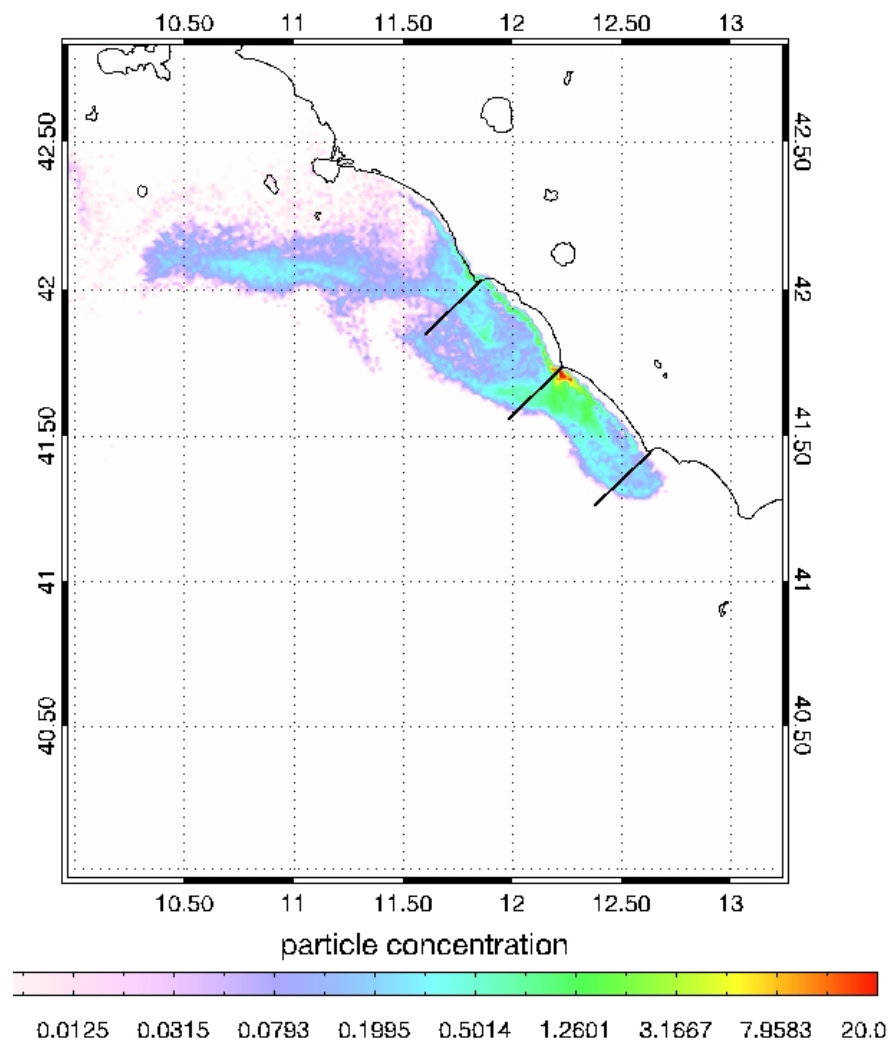


ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

L'indagine condotta con metodi numerici e remote sensing ha mostrato che la valutazione del rischio di inquinamento associato a sorgenti non-puntuali puo' essere determinato con buona affidabilita' nelle diverse condizioni climatiche .

Nel caso del Tevere si e' visto che le condizioni estive sono favorevoli all'accumulo di materiale fluviale nelle aree costiere vicino alla foce. In tali condizioni gli episodi di upwelling riducono le concentrazioni a costa favorendo il distacco del plume dalla costa e la conseguente dispersione al largo. In inverno le portate sono molto maggiori, il plume sviluppa la struttura del bulge e si forma il jet costiero. La presenza di forti correnti e di eddies rendono le concentrazioni alla foce piu' basse, ma rendono possibile casi di inquinamento a scala regionale.





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

I metodi impiegati per simulare il trasporto degli inquinanti prodotti da un incidente in mare sono sostanzialmente gli stessi: modelli meteorologici, modelli di circolazione marina, modelli di trasporto del materiale inquinante



Il 14 Aprile 1991 la superpetroliera cipriota Amoco Milford Haven, meglio conosciuta semplicemente come '**Haven**', affonda nel Golfo di Genova dopo un'agonia durata 3 giorni, durante i quali si era trascinata da Voltri, dove avvenne la prima esplosione, fino ad Arenzano dove concluse la sua corsa arenandosi su un fondale di circa 80 metri di profondità.





ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema di previsione costiero

L'azione delle onde vicino alle coste nel medio e lungo periodo e' uno dei processi piu' importanti nella gestione delle attivita' umane: la corretta simulazione del trasporto di energia dalle onde permette di progettare le opera marittime (porti, piattaforme, ma anche viabilita' e trasporti sulla terraferma), permette di progettare ed effettuare efficaci azioni di contrasto dei processi di erosione, supporta la programmazione delle operazioni in mare, le attivita' economiche e sportive, la sicurezza ed il soccorso in mare.

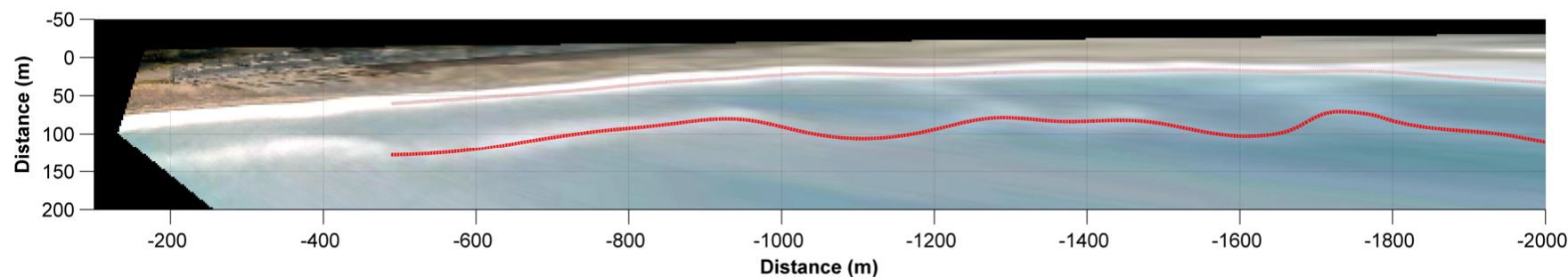




ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Applicazione del sistema costiero: il flusso di energia simulato dal modello a costa viene usato per analizzare ed interpretare le immagini riprese da una videocamera ad alta risoluzione. In tale modo si può valutare l'evoluzione nel tempo della morfologia del fondale dopo una stagione o dopo una serie di mareggiate



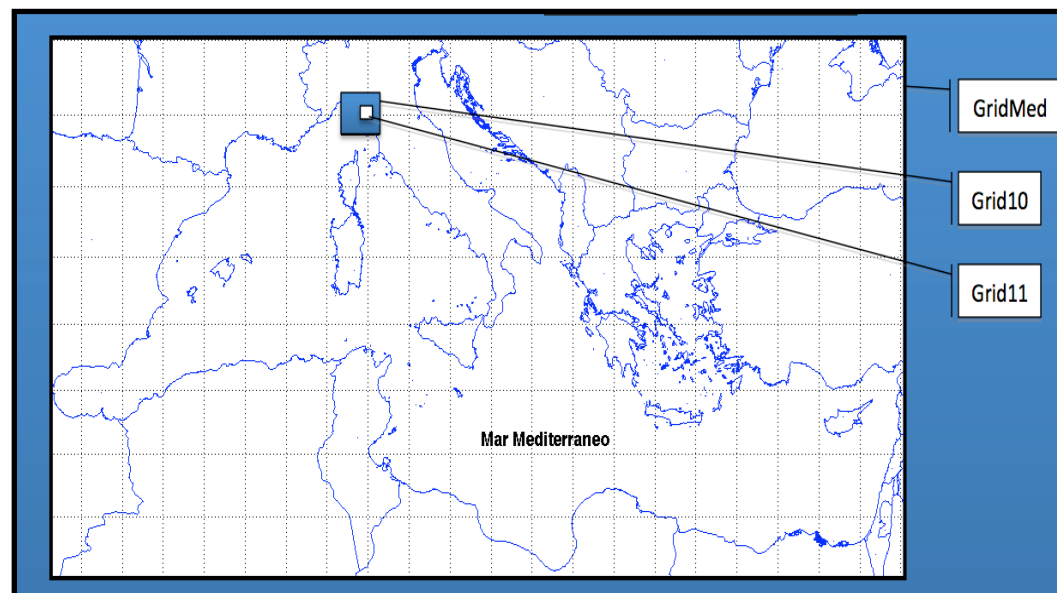
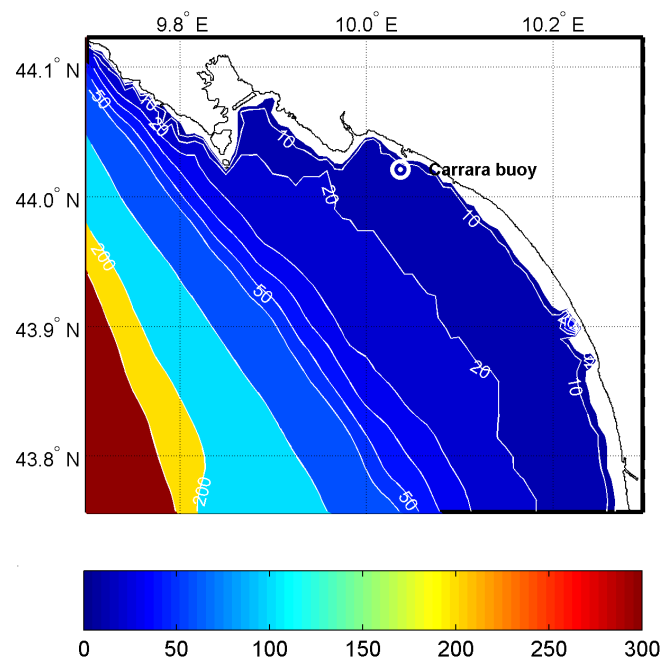
Ricostruzione delle caratteristiche batigrafiche a Terracina, Luca Parlagreco, ISPRA



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema di previsione costiero: differisce da un sistema di previsione marino perche' permette di valutare come si modifica la propagazione delle onde vicino alla costa in seguito alla interazione con il basso fondale (processi di rifrazione, shoaling, frangimento)

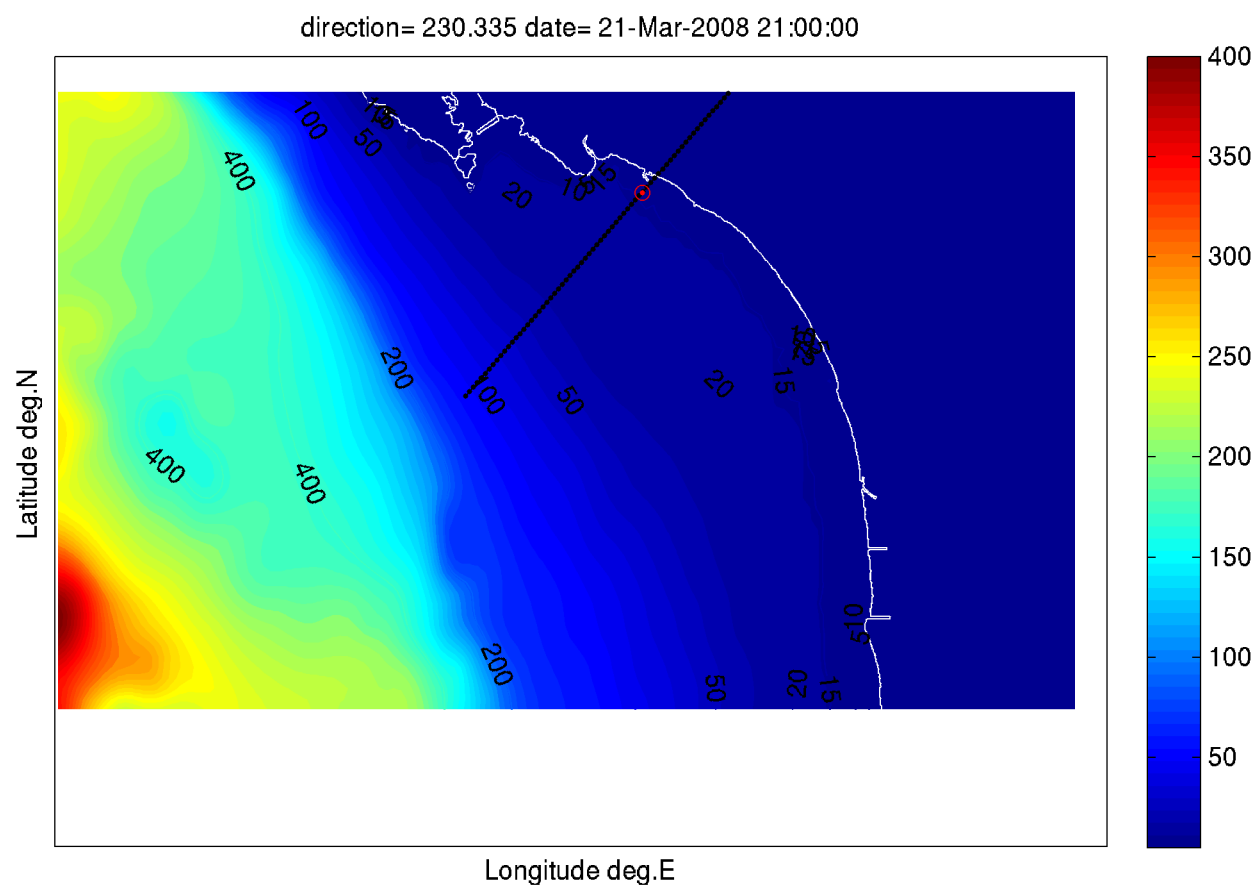




ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



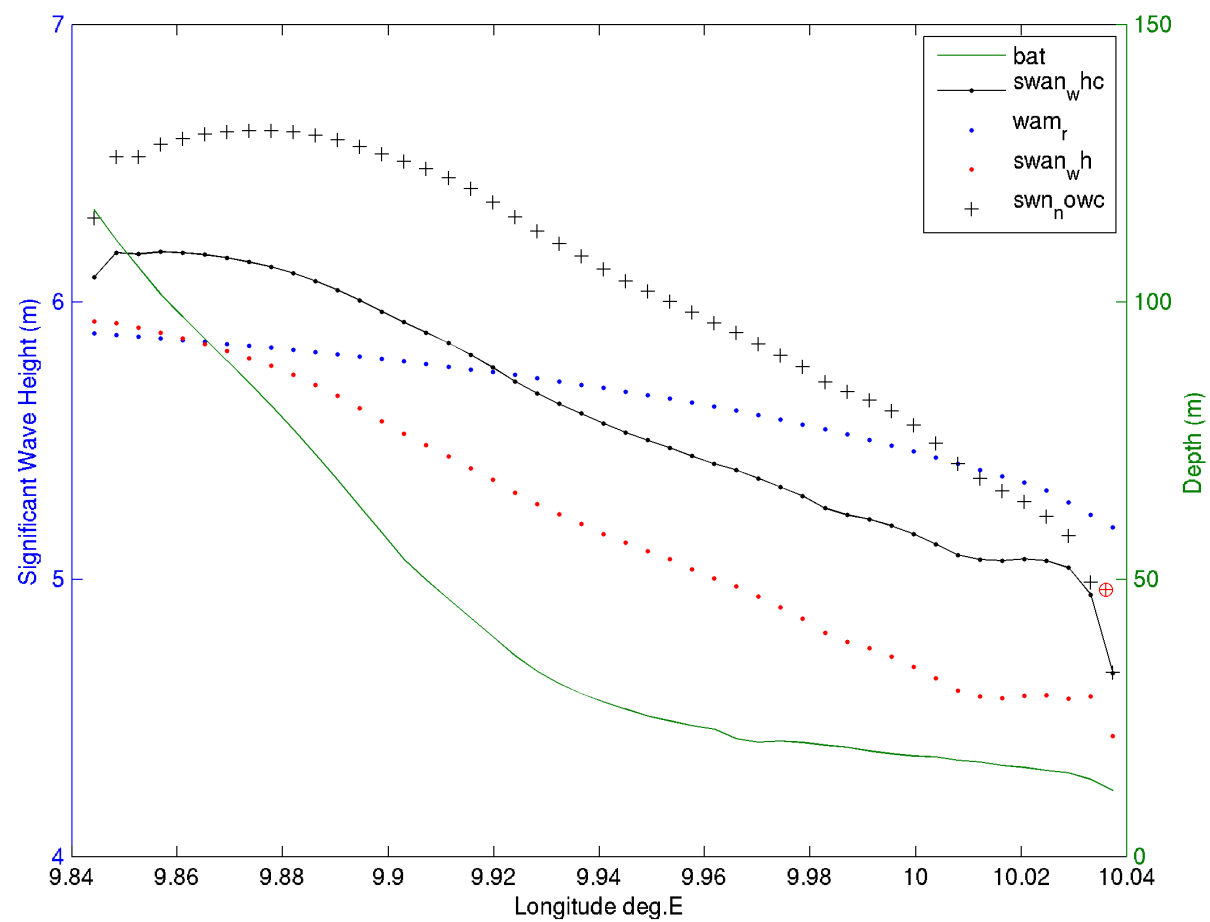
Traiettoria di propagazione della mareggiata in direzione ortogonale alle linee batimetriche





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

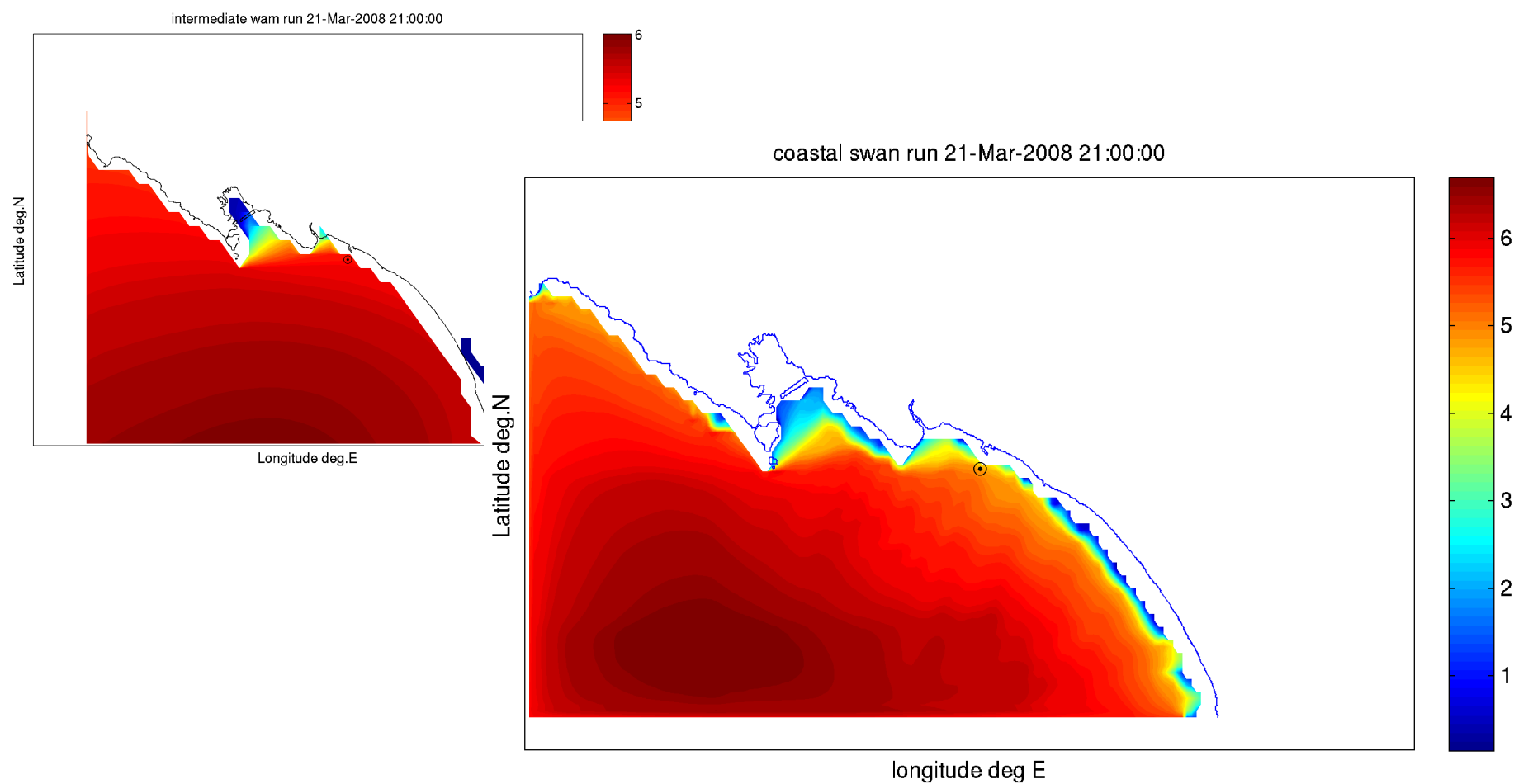
Parametrizzazione dei processi dissipativi lungo la traiettoria dell'onda





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Effetto dei processi di interazione col fondale nelle aree costiere

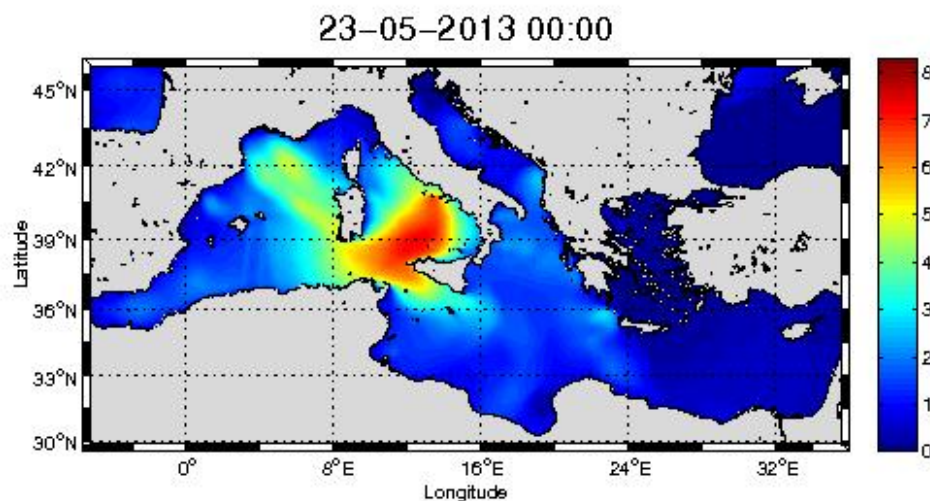
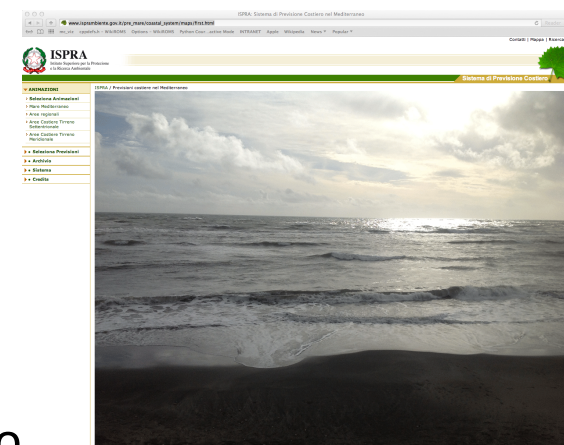


Il sistema di previsione costiera dell'ISPRA e' operativo da luglio 2012.

http://www.isprambiente.gov.it/pre_mare/coastal_system/maps/first.html

Il sistema consiste in una cascata di modelli che simulano la generazione e propagazione delle onde nel Mediterraneo fino a risoluzione di 1/240 deg (circa 400m) in alcune aree costiere.

Mediterraneo:
WAM Risoluzione 1/30 deg.
Vento BOLAM ISPRA
Risoluzione 1/10 deg.

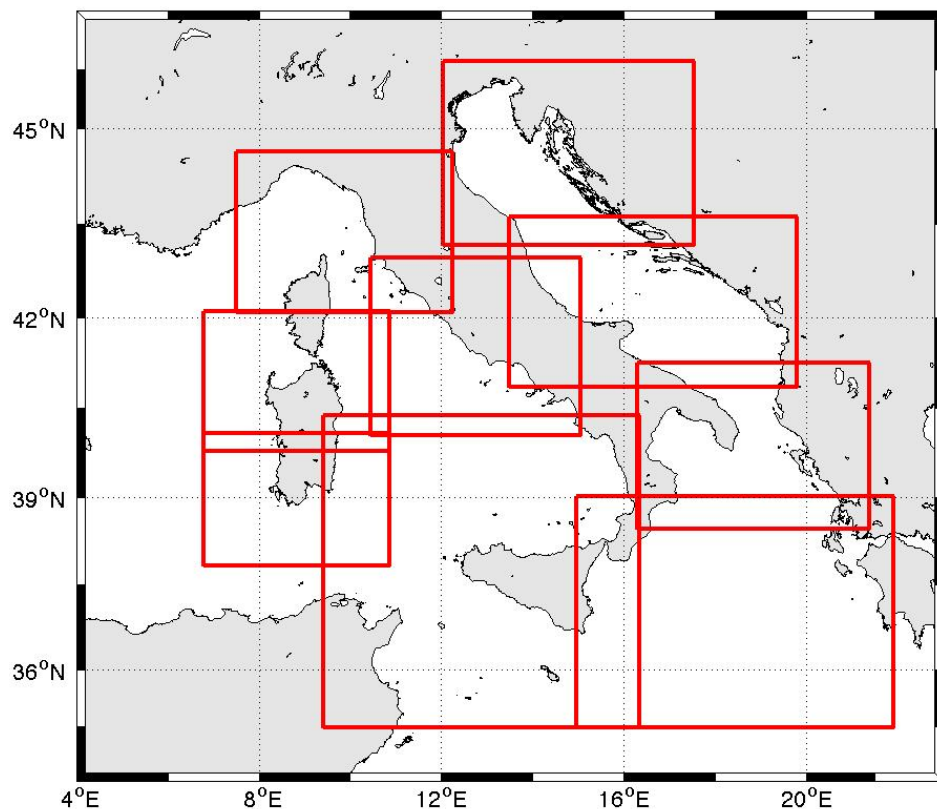




ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sono attualmente operative 8 aree regionali e 5 aree costiere:



Aree regionali: modello WAM in nesting
con run Mediterraneo

Modello in uso: WAM risoluzione 1/60 deg.

Aree operative da luglio 2012:

Mar Ligure – Tirreno settentrionale

Sardegna settentrionale

Sardegna meridionale

Tirreno centrale

Tirreno meridionale/Canale Sicilia

Mar Ionio

Canale d'Otranto/Golfo di Taranto

Adriatico centrale

Adriatico settentrionale



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Aree costiere Tirreno settentrionale

Sono attualmente operative 5 aree
costiere ad altissima risoluzione
spaziale

Le tre aree sono nestate nella area
regionale 1 Tirreno settentrionale.

Modello usato : SWAN

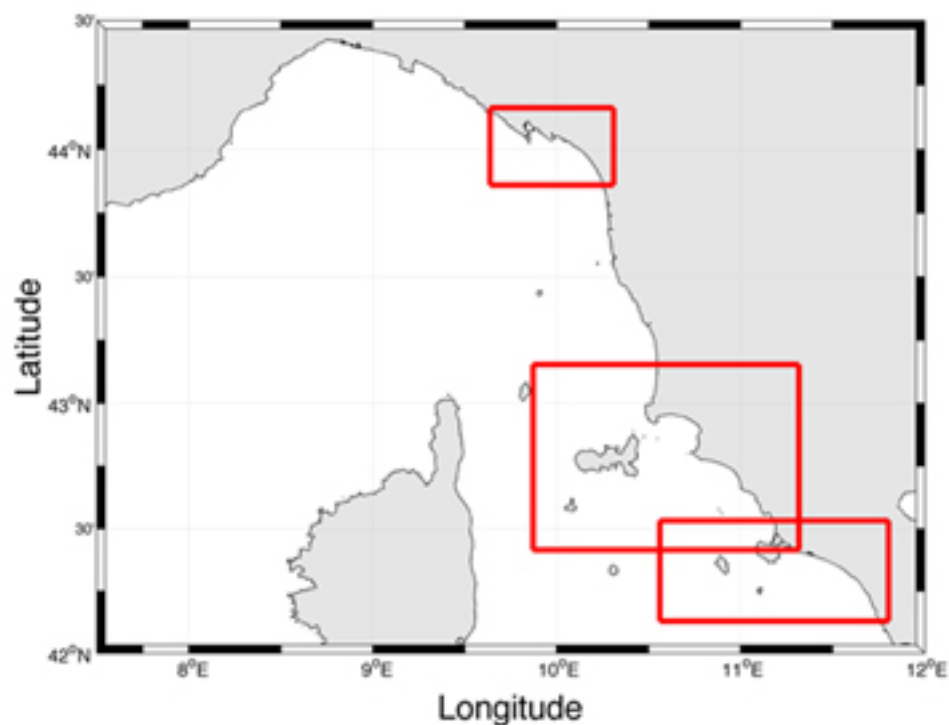
Risoluzione 1/240 deg. (circa 400 m)

Aree operative:

Carrara

Isola d'Elba

Isola del Giglio





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Aree costiere Tirreno Meridionale

Le due aree sono nestate nella area
regionale 5 Tirreno meridionale.

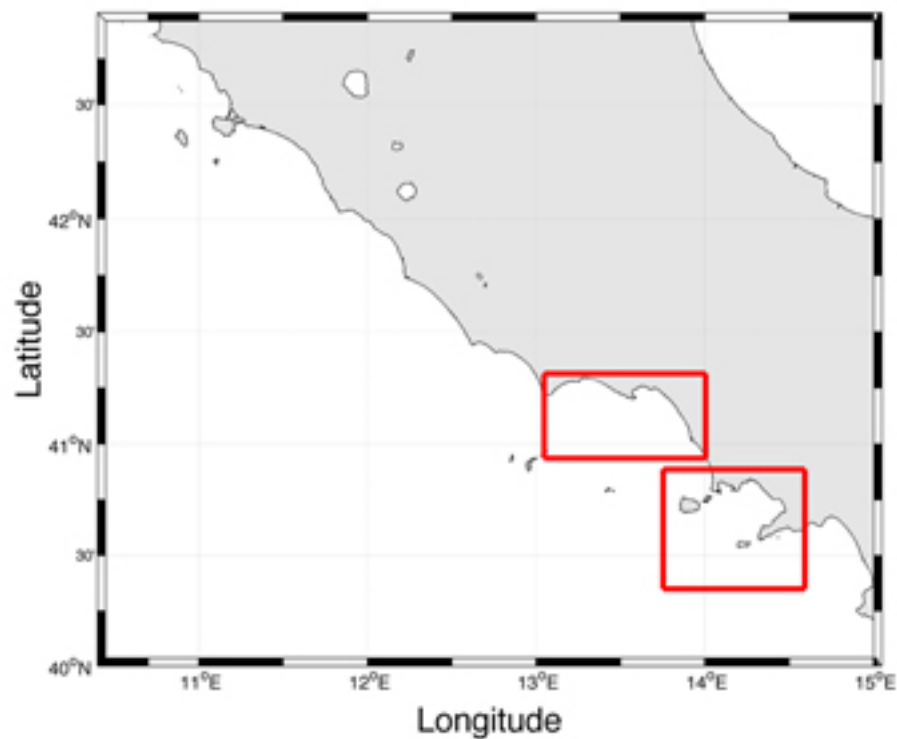
Modello usato : SWAN

Risoluzione 1/240 deg. (circa 400 m)

Aree operative:

Terracina

Golfo di Napoli

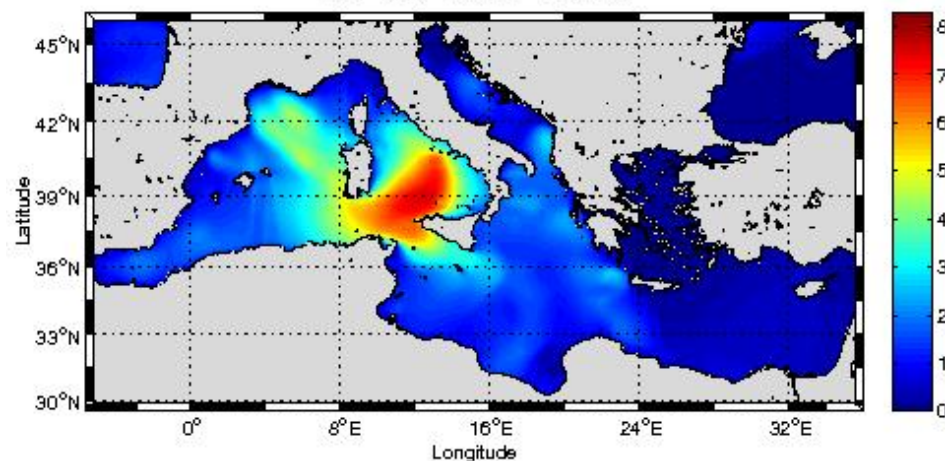




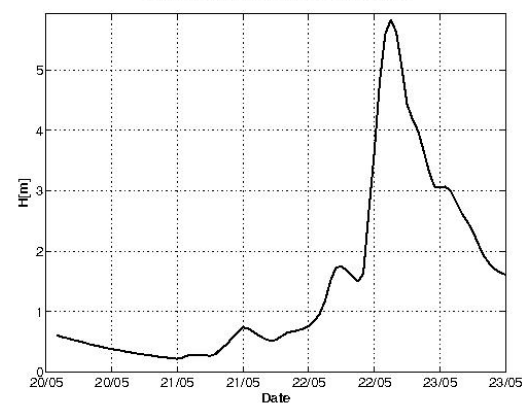
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Previsione dell'evento 22-23 maggio 2013

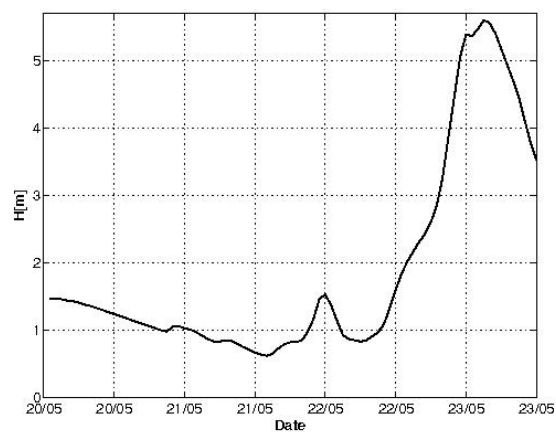
22-05-2013 23:00



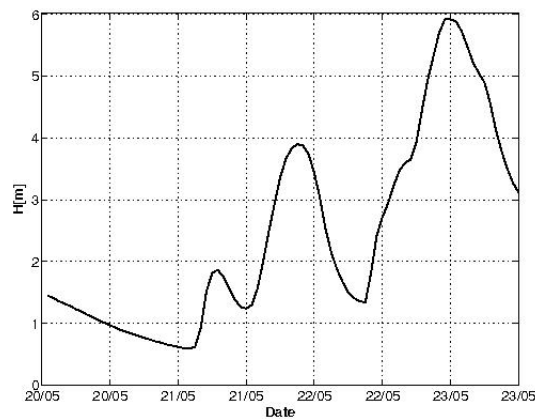
cagliari significant wave height



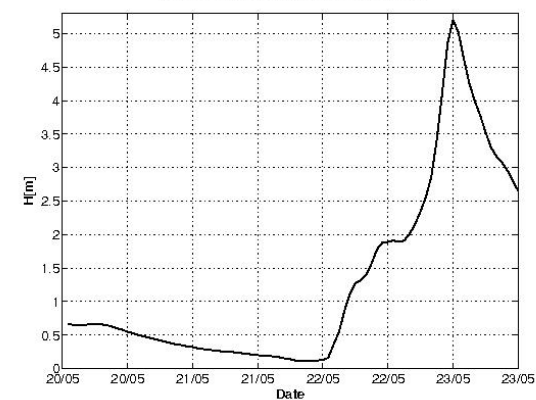
palermo significant wave height



mazara significant wave height



ponza significant wave height



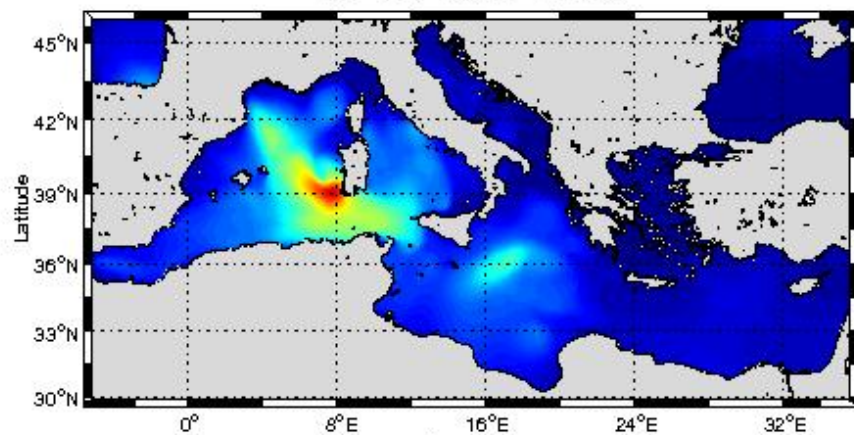


ISPRA

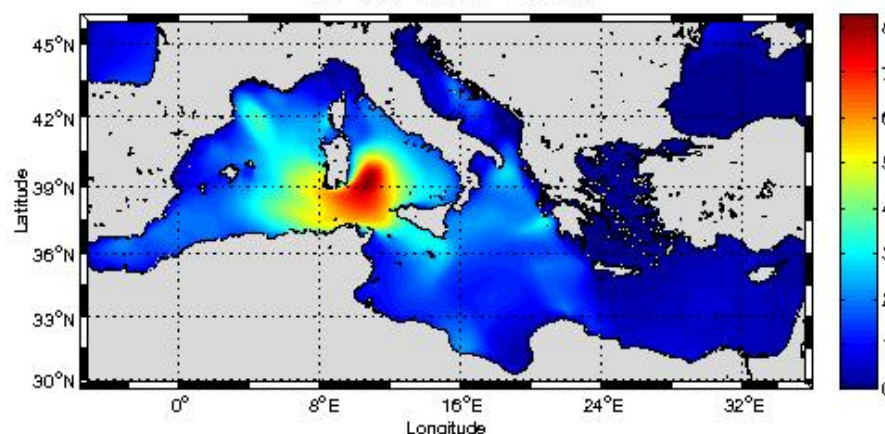
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



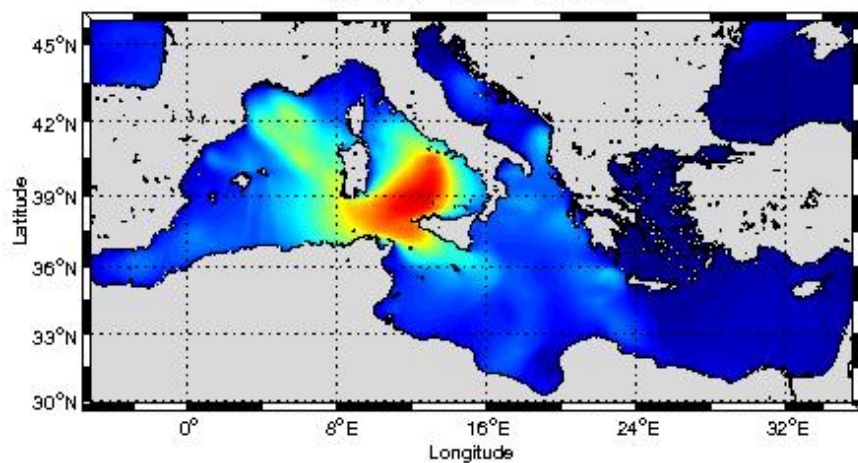
22-05-2013 11:00



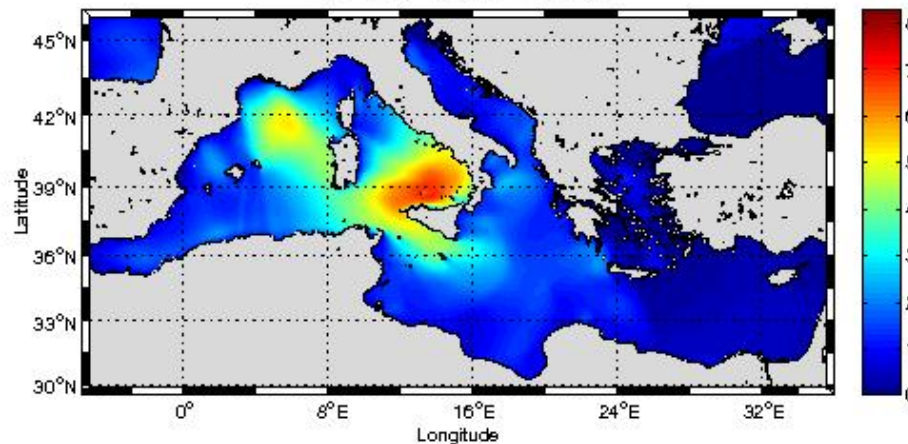
22-05-2013 18:00



22-05-2013 23:00



23-05-2013 04:00

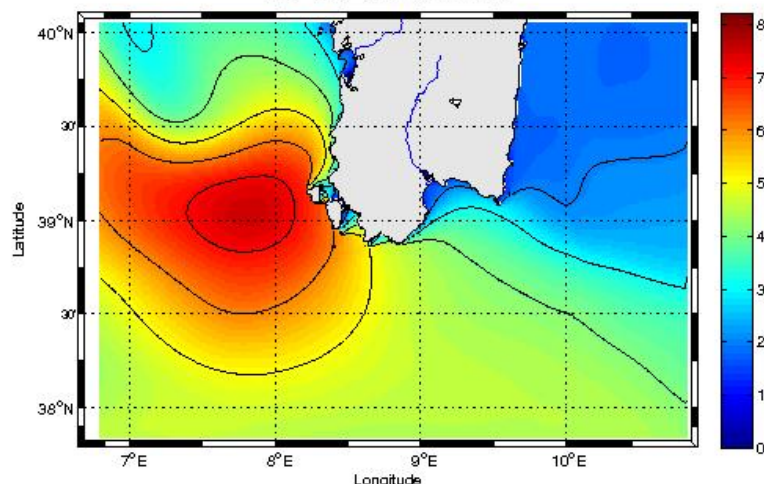




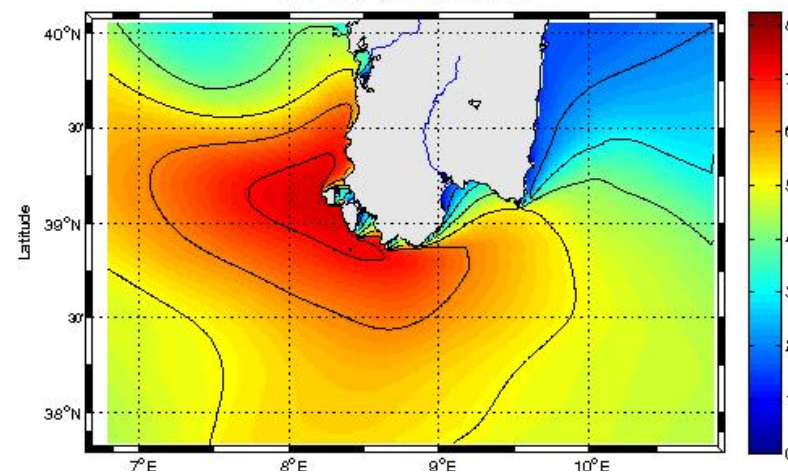
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



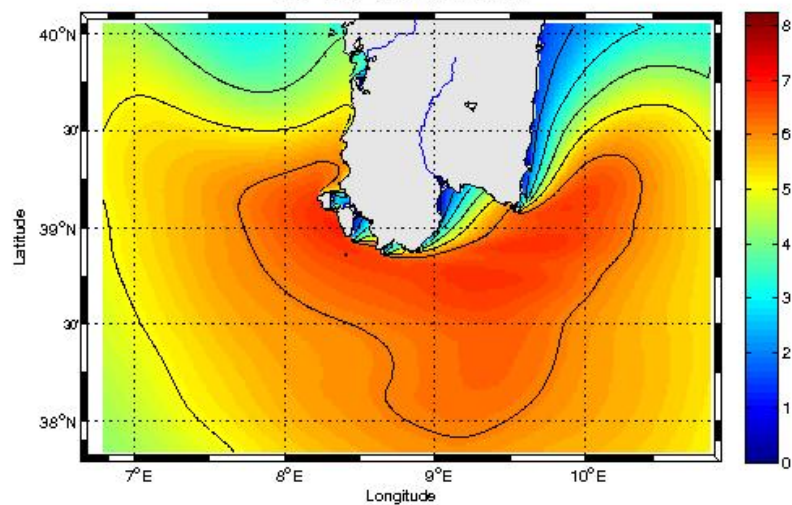
22-05-2013 11:00



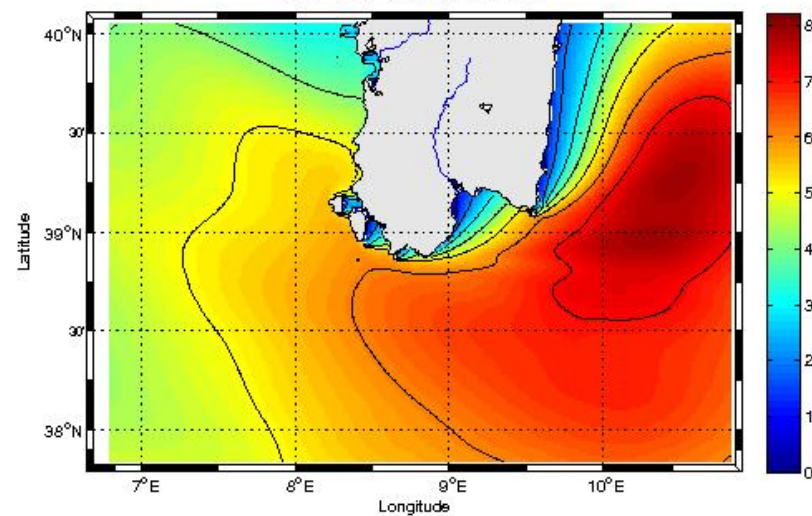
22-05-2013 13:00



22-05-2013 15:00



22-05-2013 17:00

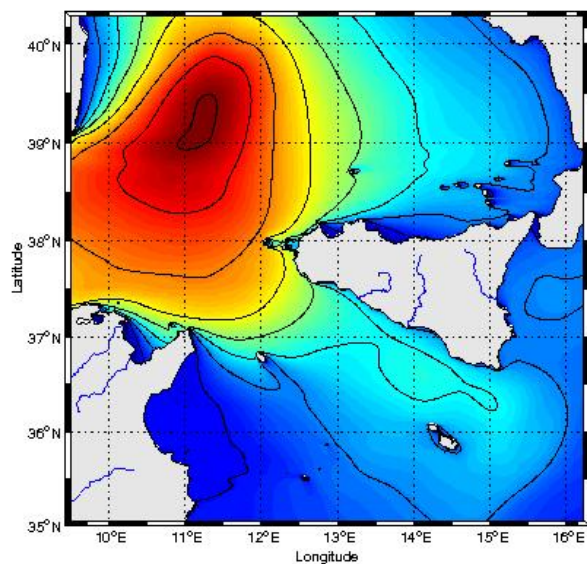




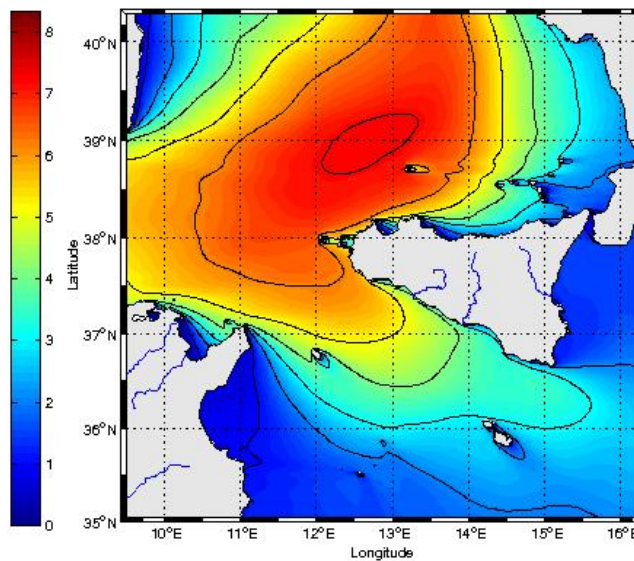
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



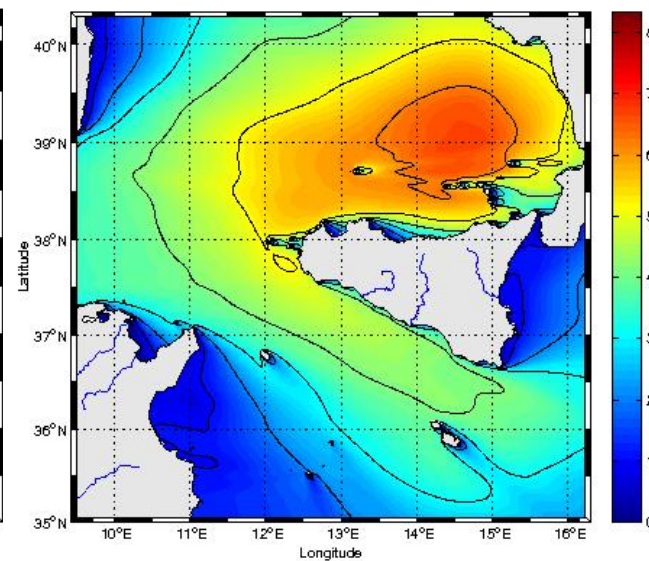
22-05-2013 19:00



23-05-2013 00:00

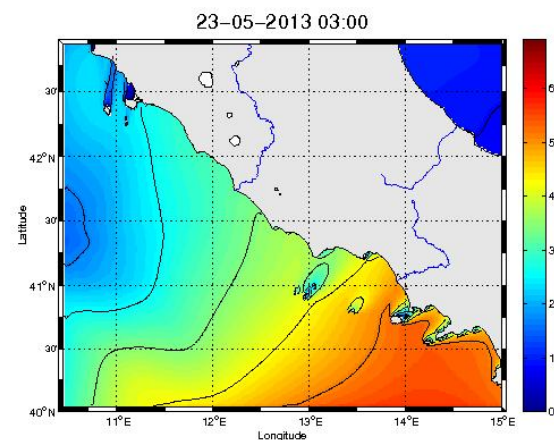
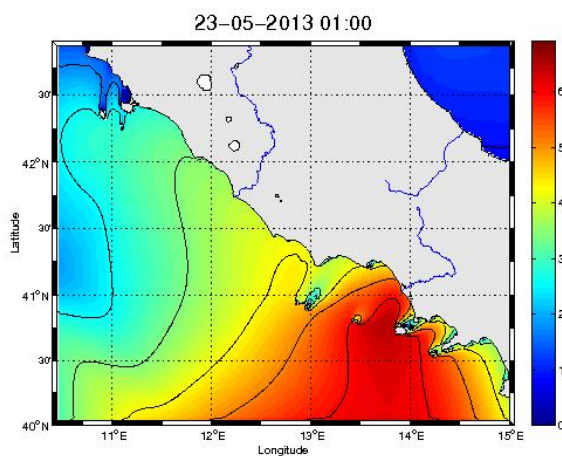
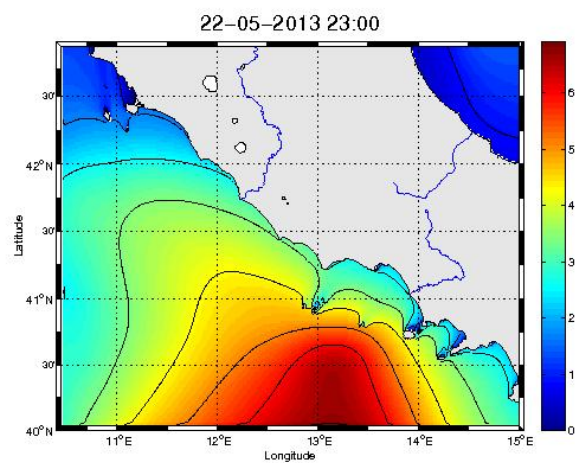


23-05-2013 06:00





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

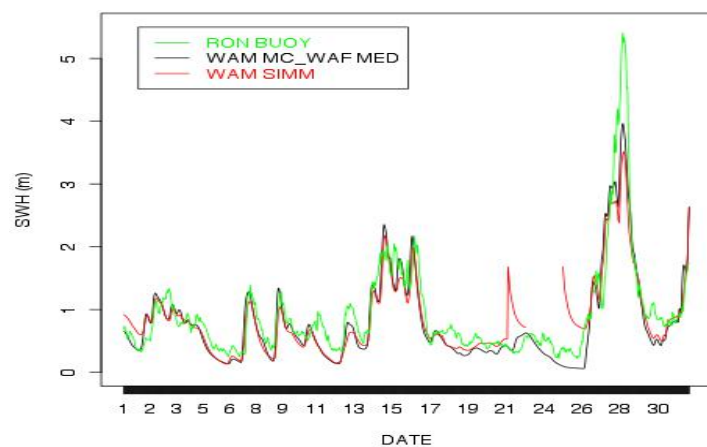




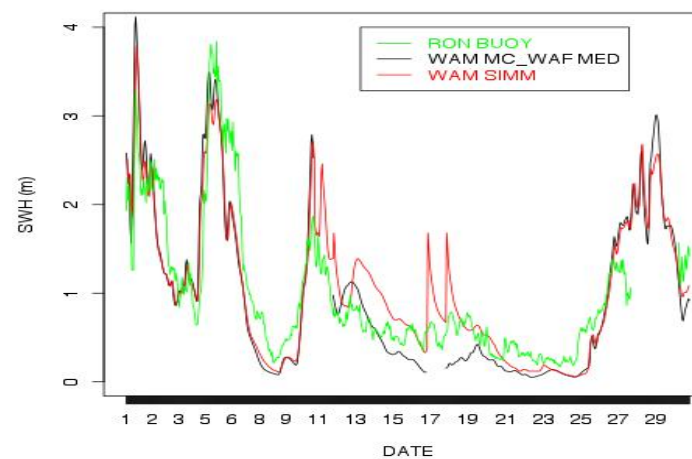
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Confronti con le boe della Rete Ondametrica Nazionale

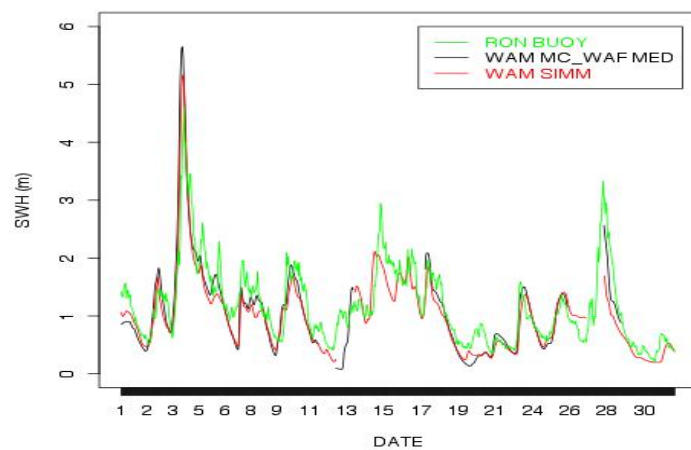
SWH (m) La Spezia Ottobre 2012



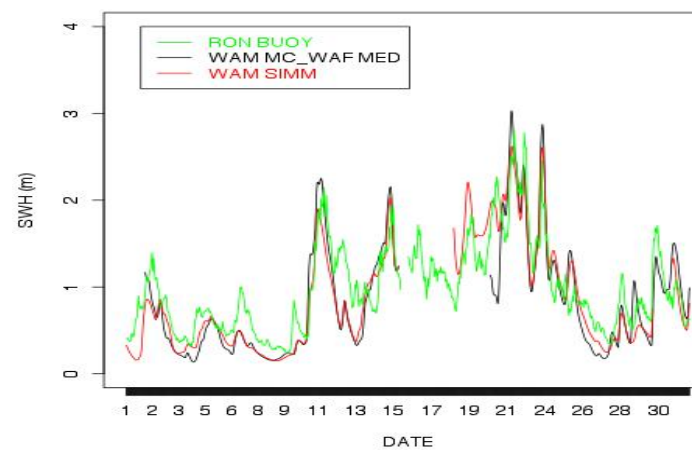
SWH (m) La Spezia Novembre 2012



SWH (m) La Spezia Dicembre 2012



SWH (m) La Spezia Gennaio 2013

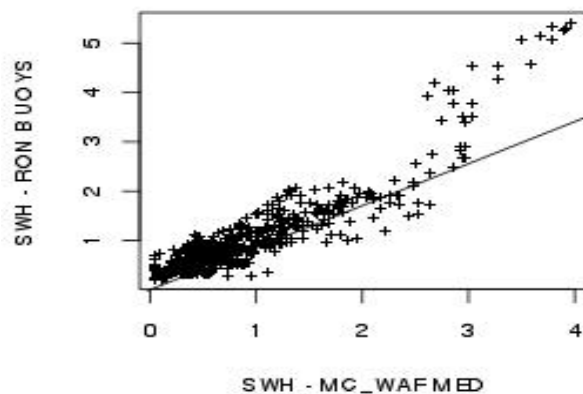




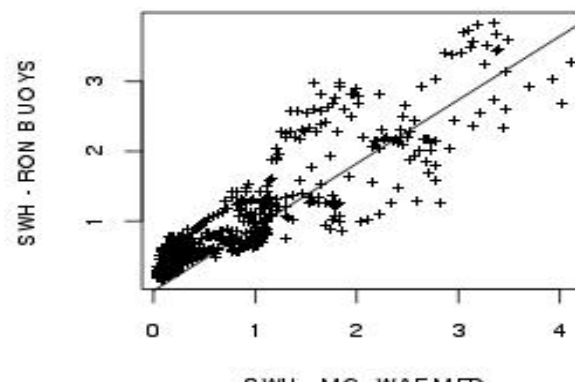
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



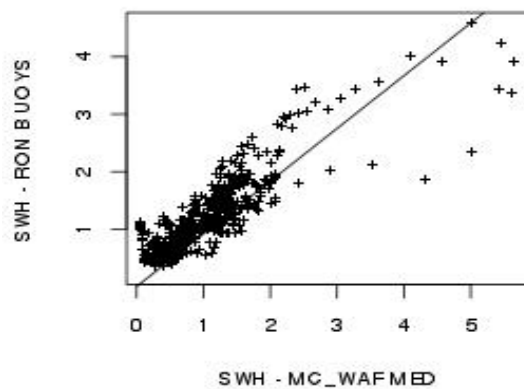
SWH (m) La Spezia Ottobre 2012



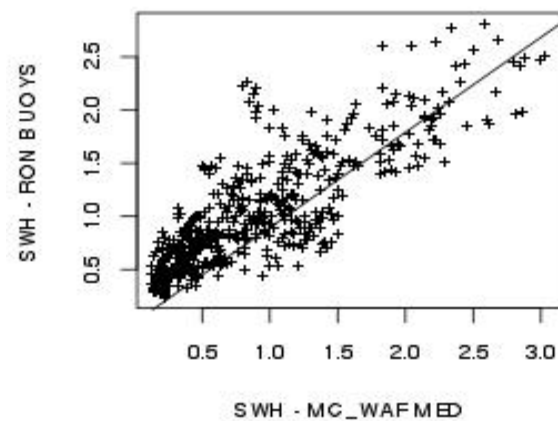
SWH (m) La Spezia Novembre 2012



SWH (m) La Spezia Dicembre 2012



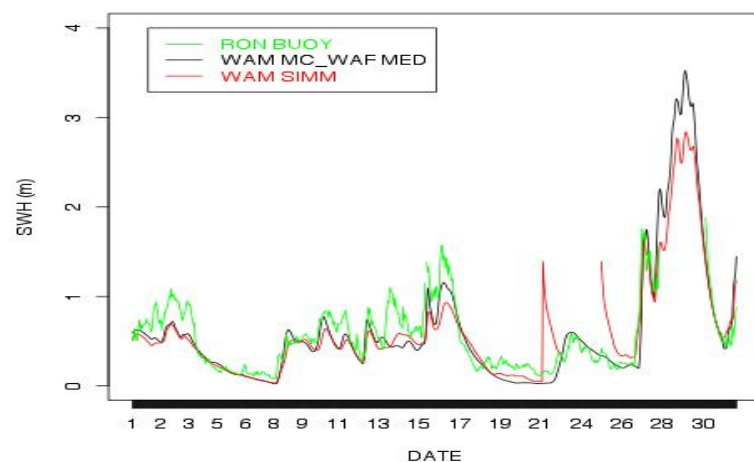
SWH (m) La Spezia Gennaio 2013



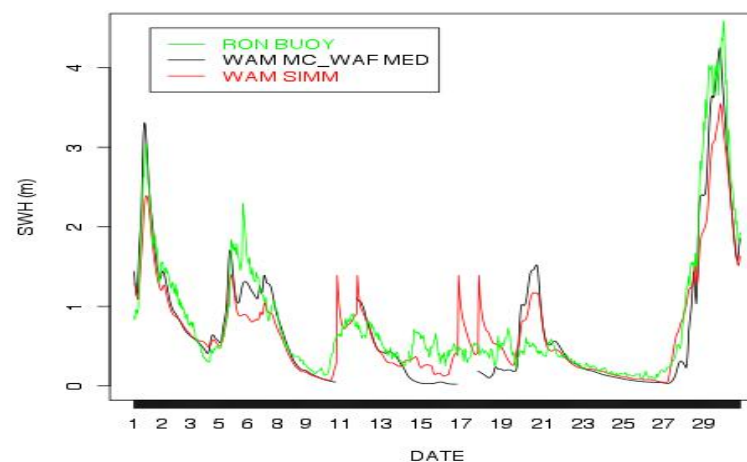


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

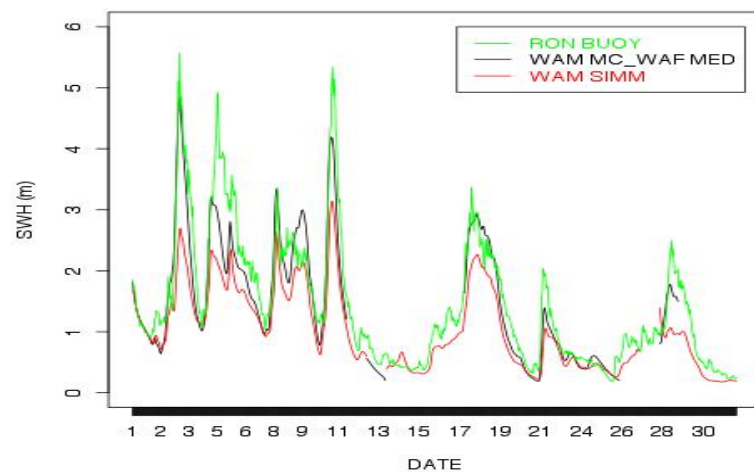
SWH (m) Cetraro Ottobre 2012



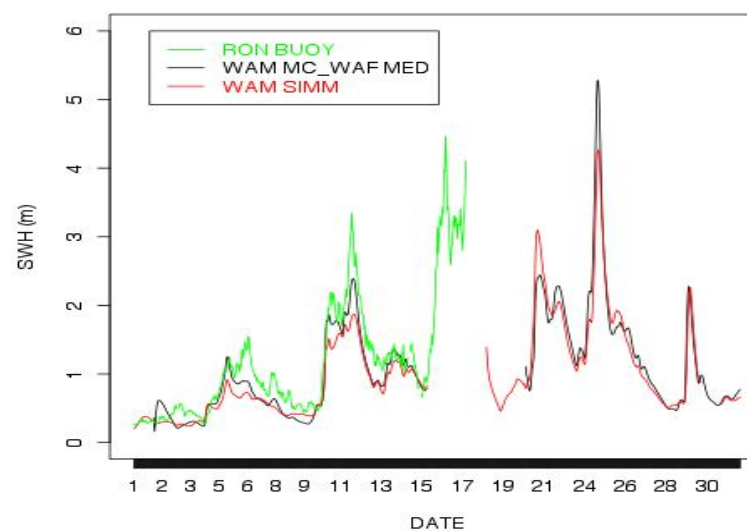
SWH (m) Cetraro Novembre 2012



SWH (m) Cetraro Dicembre 2012



SWH (m) Cetraro Gennaio 2013

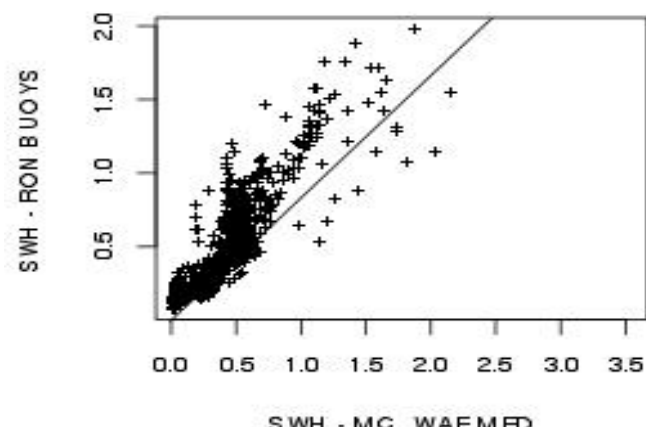




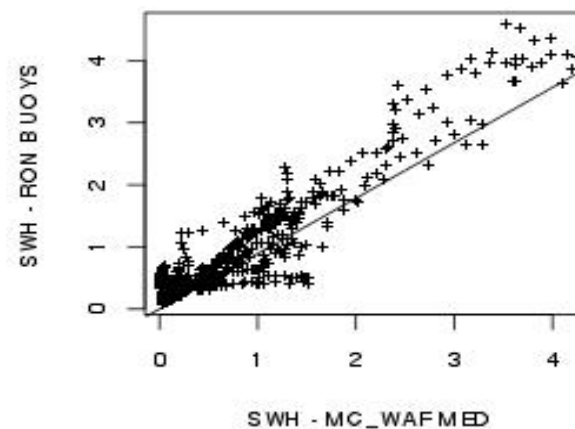
ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



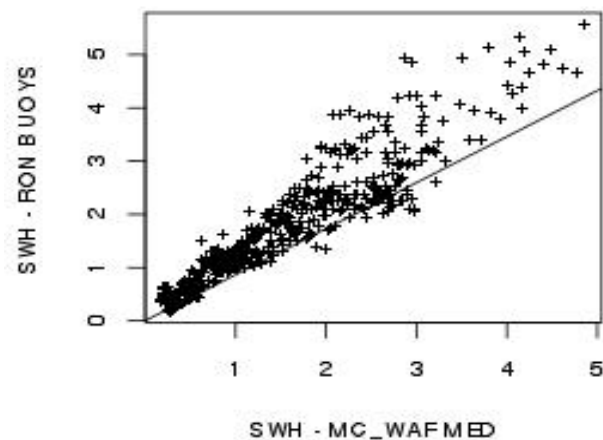
SWH (m) Cetraro Ottobre 2012



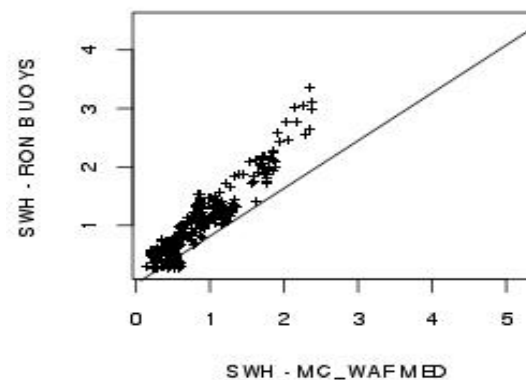
SWH (m) Cetraro Novembre 2012



SWH (m) Cetraro Dicembre 2012



SWH (m) Cetraro Gennaio 2013

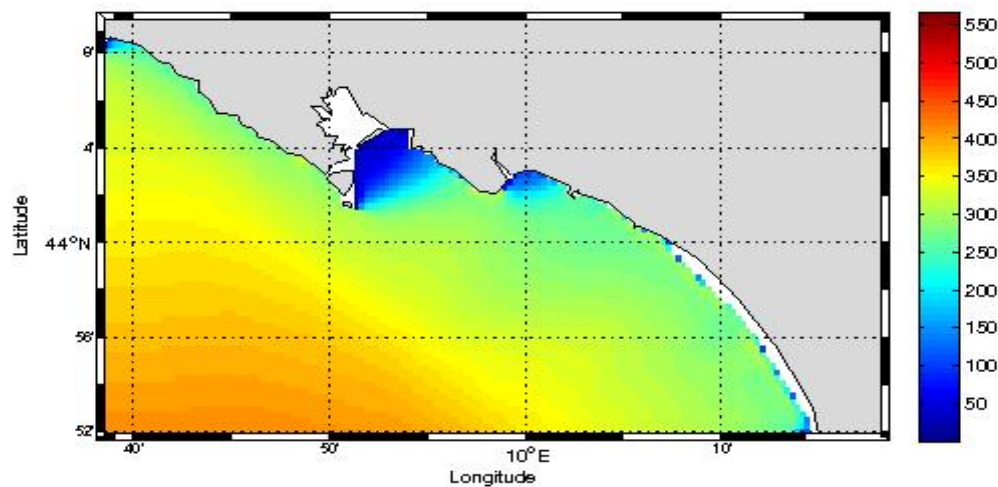
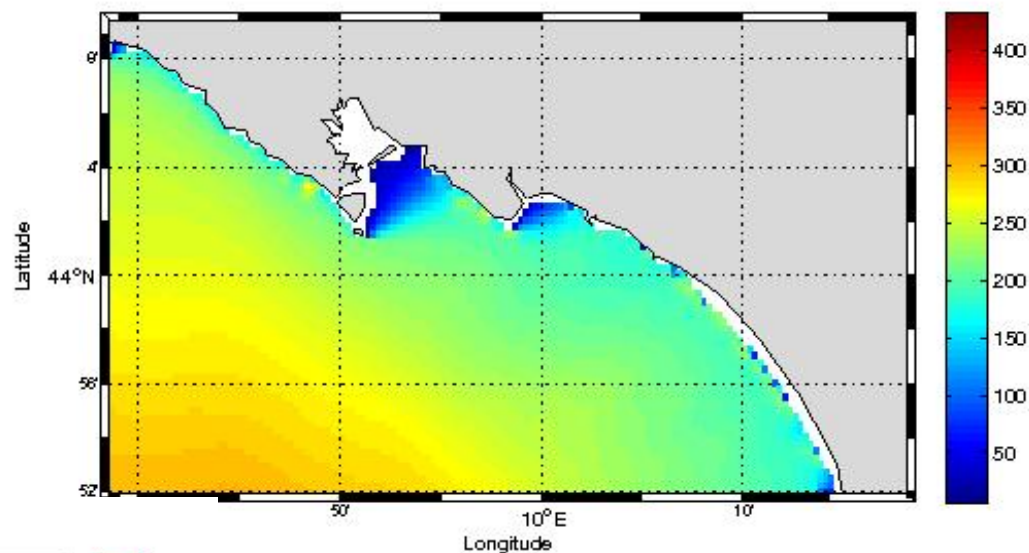




ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Stima del flusso di energia associato alle onde in aree costiere a morfologia complessa

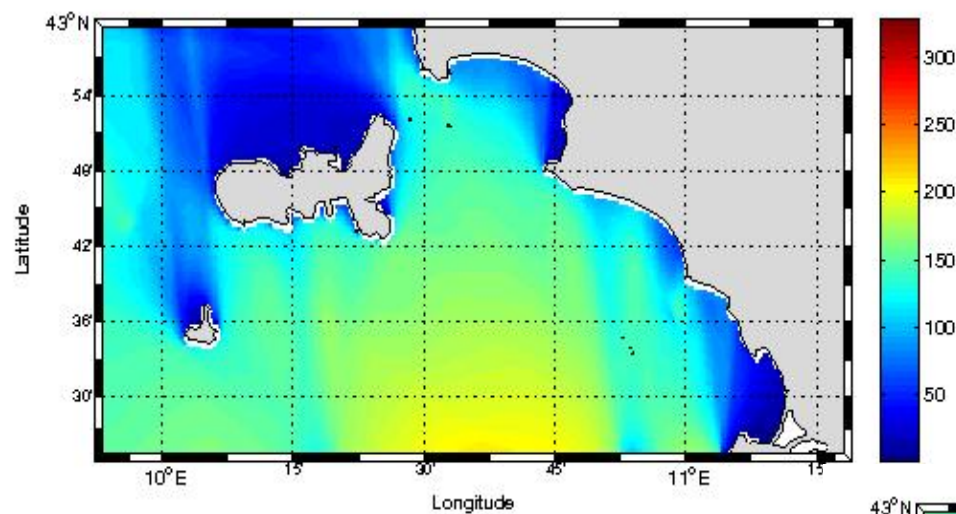
Flusso medio di energia [W/m]
autunno 2012 area Carrara



Flusso medio di energia [W/m]
inverno 2013 area Carrara

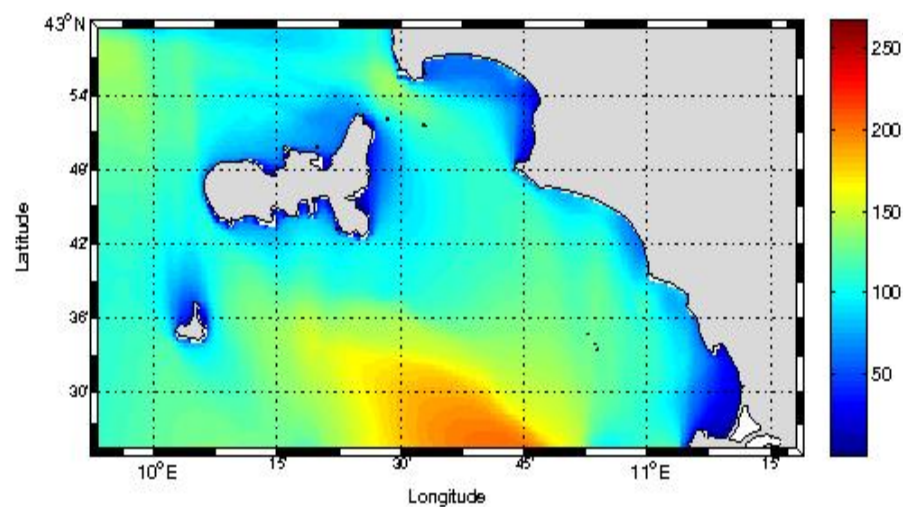


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



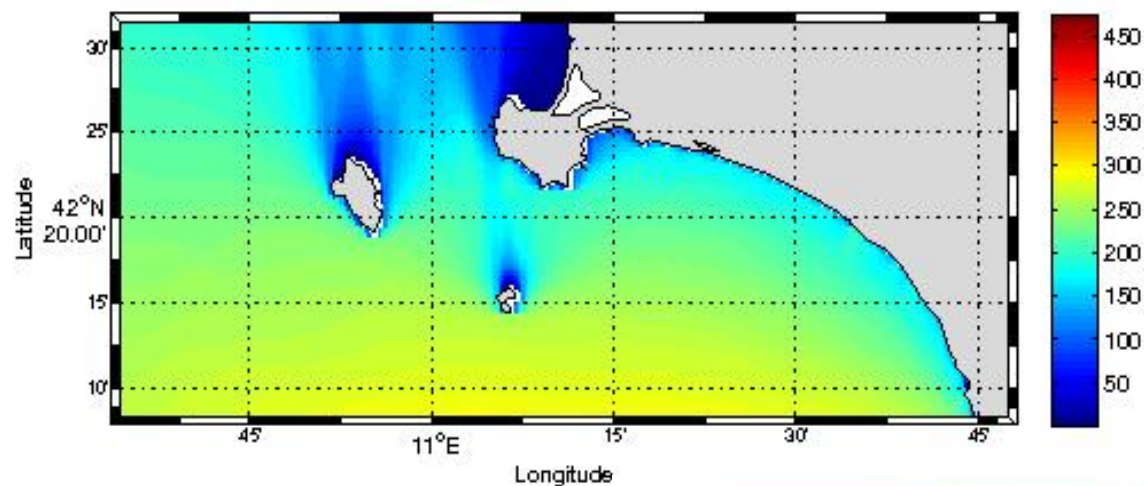
Flusso medio di energia [W/m]
autunno 2012
Area Isola d' Elba

Flusso medio di energia [W/m]
inverno 2013 area Isola d'Elba



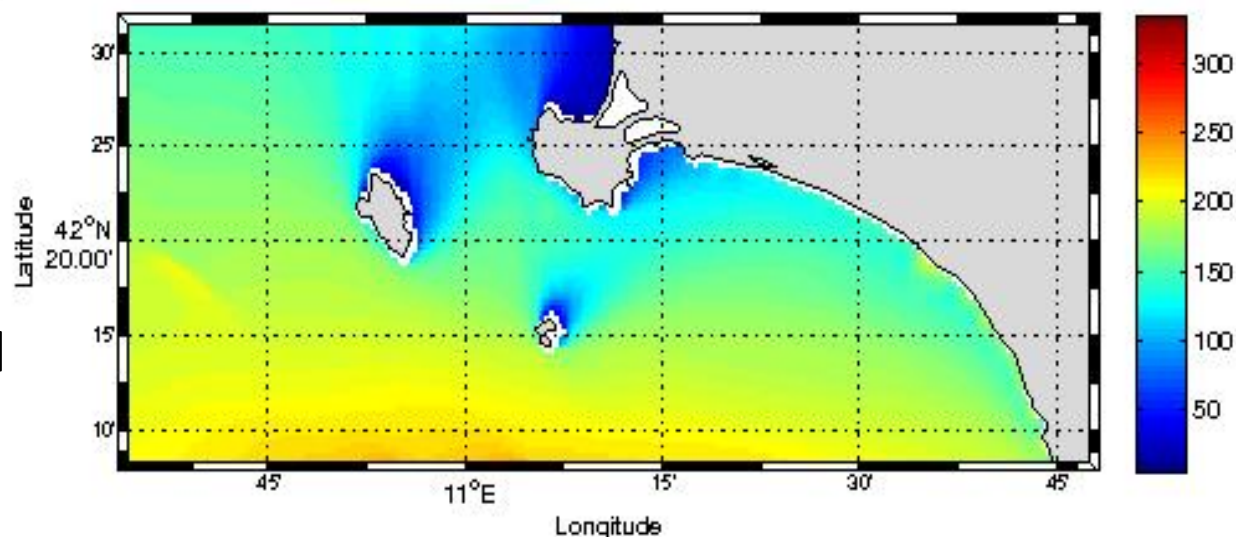


ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Flusso medio di energia [W/m]
autunno 2012
area Piombino -Giglio

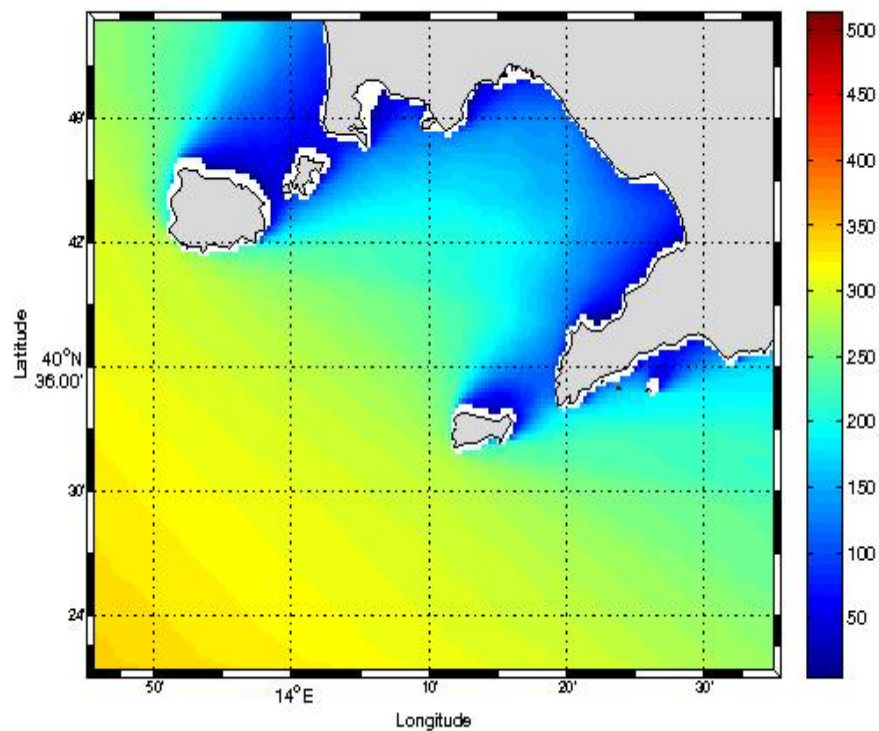
Flusso medio di energia [W/m]
inverno 2013
area Piombino- Giglio





ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

Flusso medio di energia [W/m]
autunno 2012 area Golfo di Napoli



Flusso medio di energia [W/m]
inverno 2013 area Golfo di Napoli

