

SIMULAZIONI NUMERICHE PER LO STUDIO DELL'IDRODINAMICA E DEL TRASPORTO SOLIDO NEI MARI DI TARANTO

Ing. Francesca De Serio, PhD

Prof. Michele Mossa

Ing. Diana De Padova, PhD



Torino, 14-15 Ottobre 2015



Sommario

- ✓ Introduzione
- ✓ Analisi dati disponibili e loro utilità
- ✓ Calibrazione del modello numerico
- ✓ Simulazioni numeriche



INTRODUZIONE

Mari di Taranto

Mar Piccolo ha estensione pari a circa 20.7 km² e con profondità max pari a 13 m nel I Seno e 10 m nel II Seno. Ambiente tipicamente lagunare. Connesso mediante due canali al Mar Grande, bacino semi chiuso, con profondità max 25m.

Area fortemente antropizzata e soggetta a carico industriale, vulnerabile da punto vista ambientale.

Presenza di:
ILVA
ENI
Marina Militare



ANALISI DATI PREGRESSI

DATABASE DI DATI MISURATI IN CAMPO

Analisi bibliografica e dei dati pregressi, disponibili a seguito di misure delle stazioni fisse già collocate in situ e di campagne condotte in passato con imbarcazione opportunamente attrezzata.

Valutazione del clima meteomarinico mediante dati già acquisiti.

Valutazione dello stato ondoso per condizioni tipiche.

Caratterizzazione di coefficienti fondamentali in fase di calibrazione

STRUMENTAZIONI FISSE

1. Stazioni
dall'Aur
di: onda
fluorim
PON R

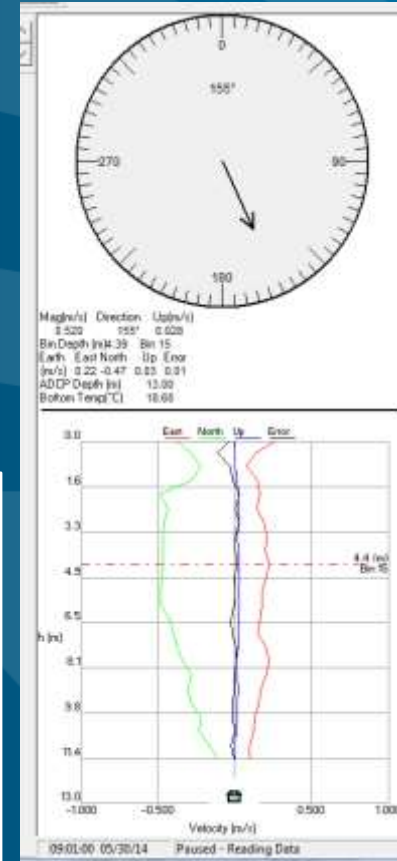


2 gestita
prensiva
bidimetro,
e fondi



STRUMENTAZIONI FISSE

2. Sistema di monitoraggio correntometrico e ondametrico (RD), installato nel Canale Navigabile del Mar Piccolo di Taranto. Operativo da maggio 2014



ADCP montato sul fondo
Dati corrente con frequenza
acquisizione 2 Hz;

Distanza verticale tra celle 0.5
m. Prima cella di acquisizione
 $z = -11.5\text{m}$



STRUMENTAZIONI FISSE

3. Mareografo ad ultrasuoni (General Acoustics), appena installato nel Canale Navigabile in corrispondenza del Ponte Girevole (Ottobre 2015). Acquisizione del livello con frequenza 5Hz. Trasmissione dati in remoto mediante GPRS (Fondi Convenzione CoNISMa)



4. Nell'ambito di nuovo accordo tra Commissario Straordinario per gli interventi urgenti di bonifica, ambientalizzazione e riqualificazione di Taranto e Politecnico di Bari si intende installare una **nuova stazione meteo-oceanografica** in sito Punta Penna - Punta Pizzone

CAMPAGNE IN BARCA

Strumentazioni utilizzate

Profilatore acustico Doppler (VM-ADCP) montato su barca (Nortek AWAC) frequenza 500 kHz, con DGPS e girobussola. Velocità assoluta corrente, profilo verticale delle 3 componenti di velocità a varie profondità.

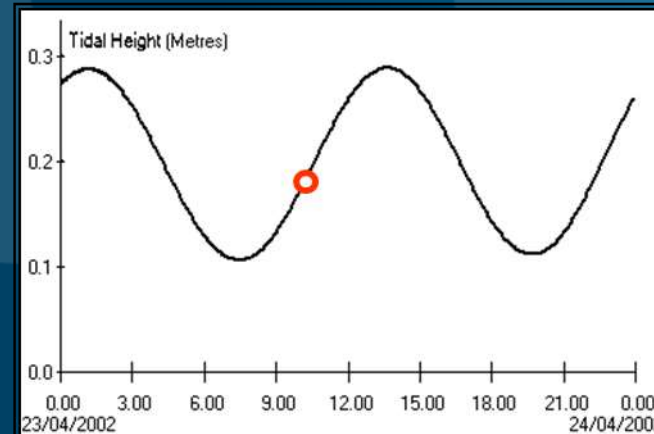
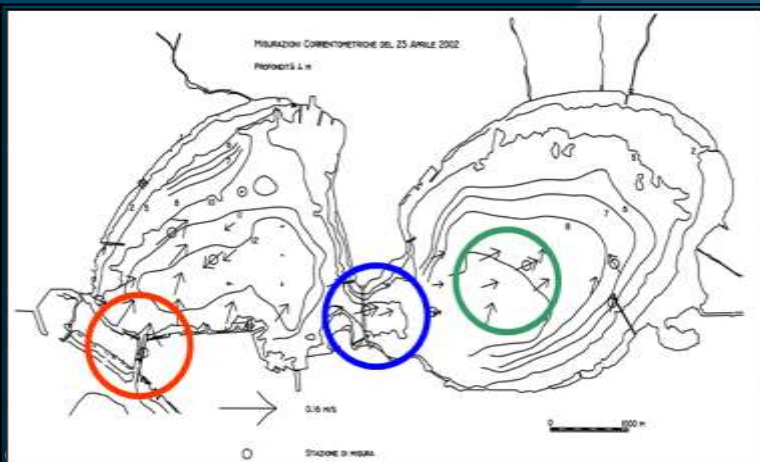
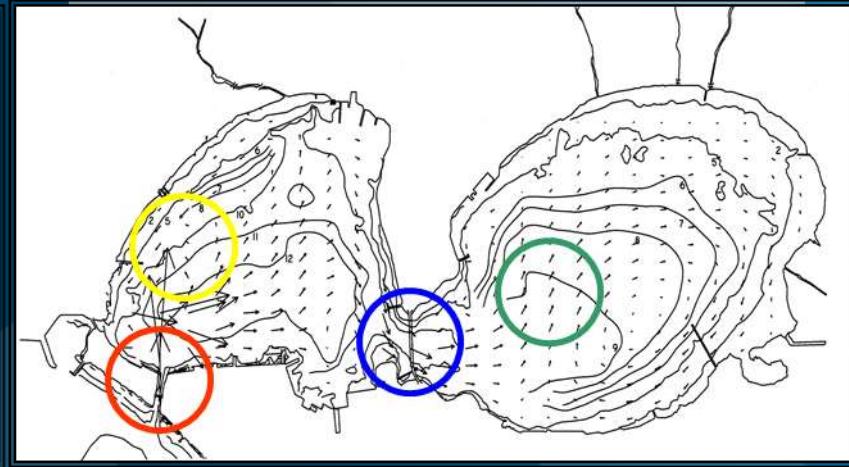
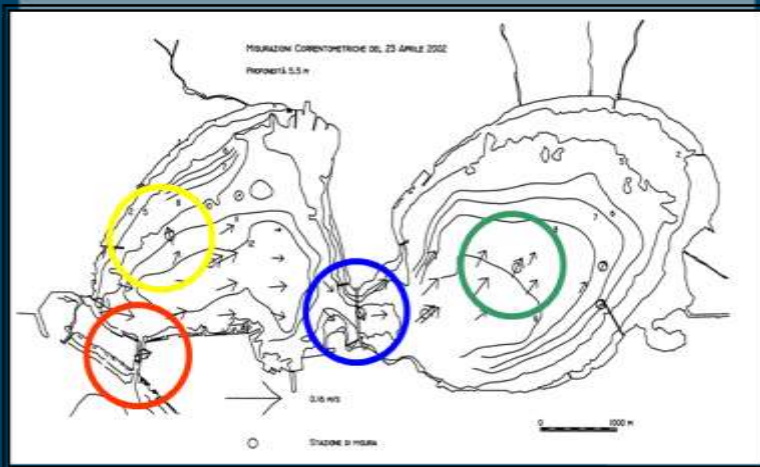


Sonda CTD (Idronaut Srl)



CAMPAGNE IN BARCA

1. Prime misure di campo nel 2002: 23 aprile, 18 giugno e 2 agosto.
Primi confronti tra misure di aprile e modello 2D MIKE 21 forzato con solo vento, marea, idrovora ILVA

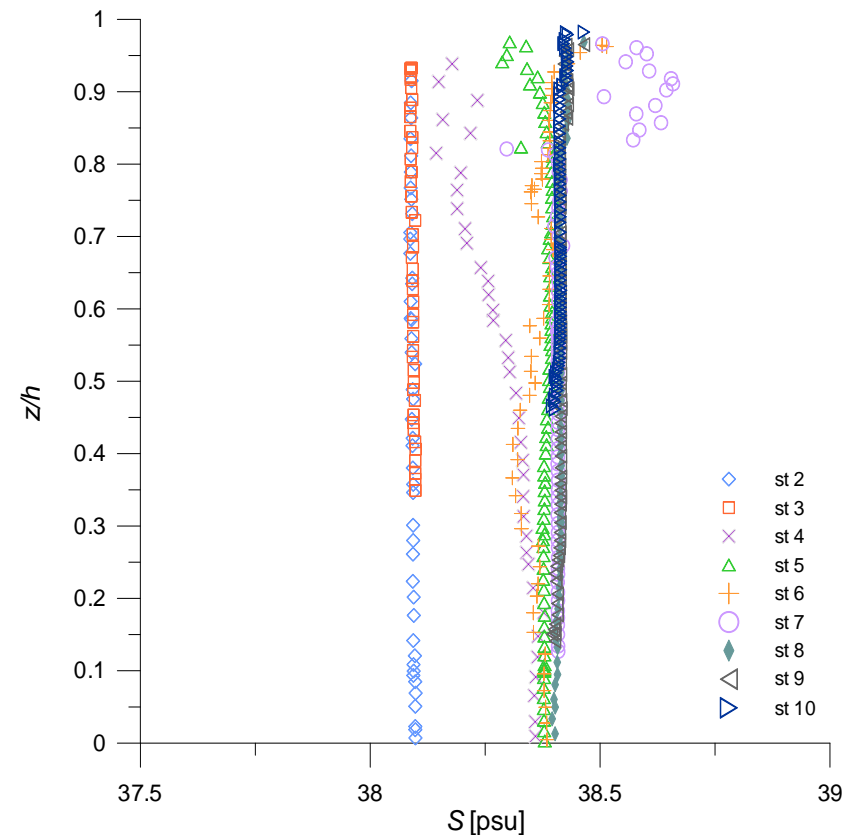
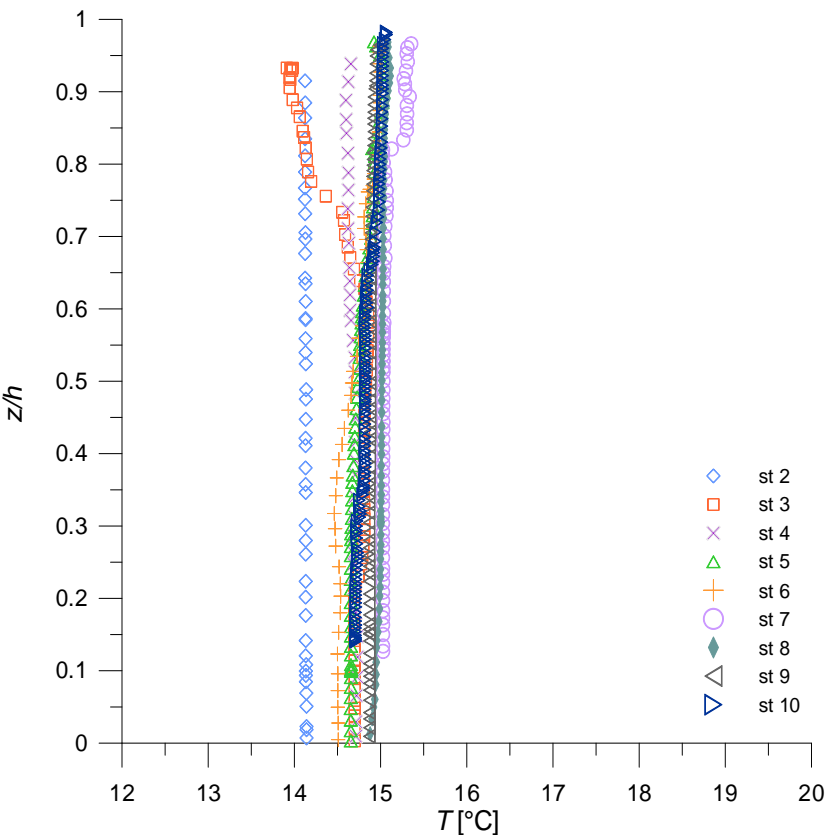


CAMPAGNE IN BARCA

2. Progetto IMCA (Integrated Monitoring of Coastal Region)

Mappe orizzontali e profili verticali di velocità e di gradienti termici/salini

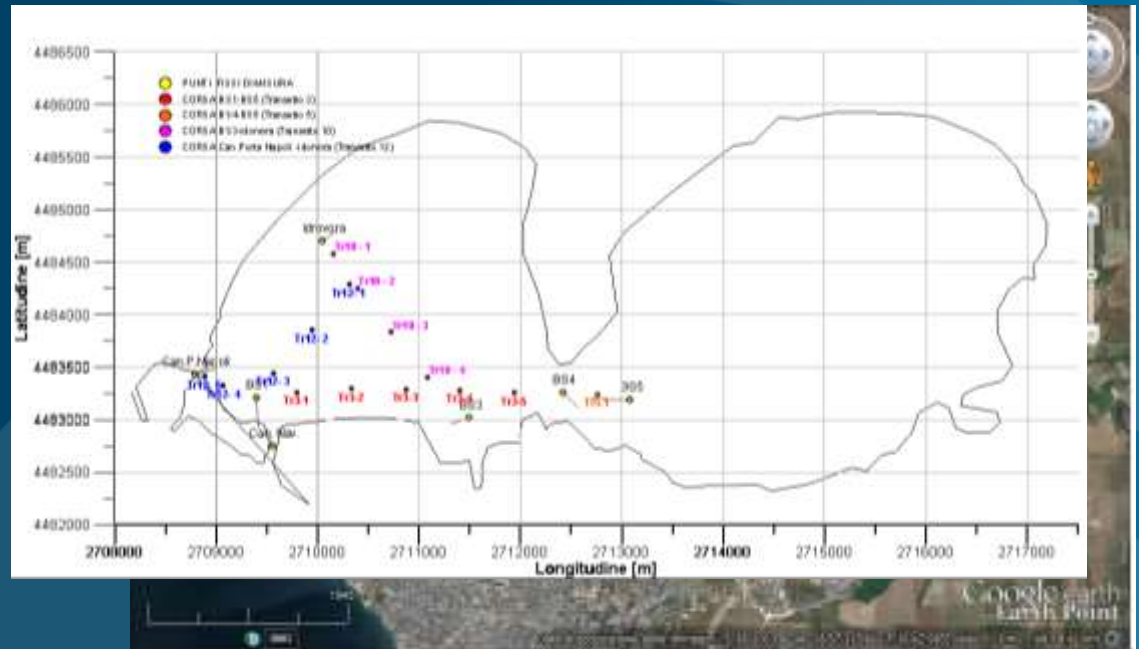
Profili verticali di T e S



CAMPAGNE IN BARCA

2. Misure di campo più recenti: 16 novembre 2014

Condotte con VM ADCP
insieme al gruppo ISMAR
CNR Venezia che si è
occupato di misure di
temperatura e salinità



Analisi dei dati mensili di vento e onda della stazione in Mar Grande (2014)

Febbraio 2014

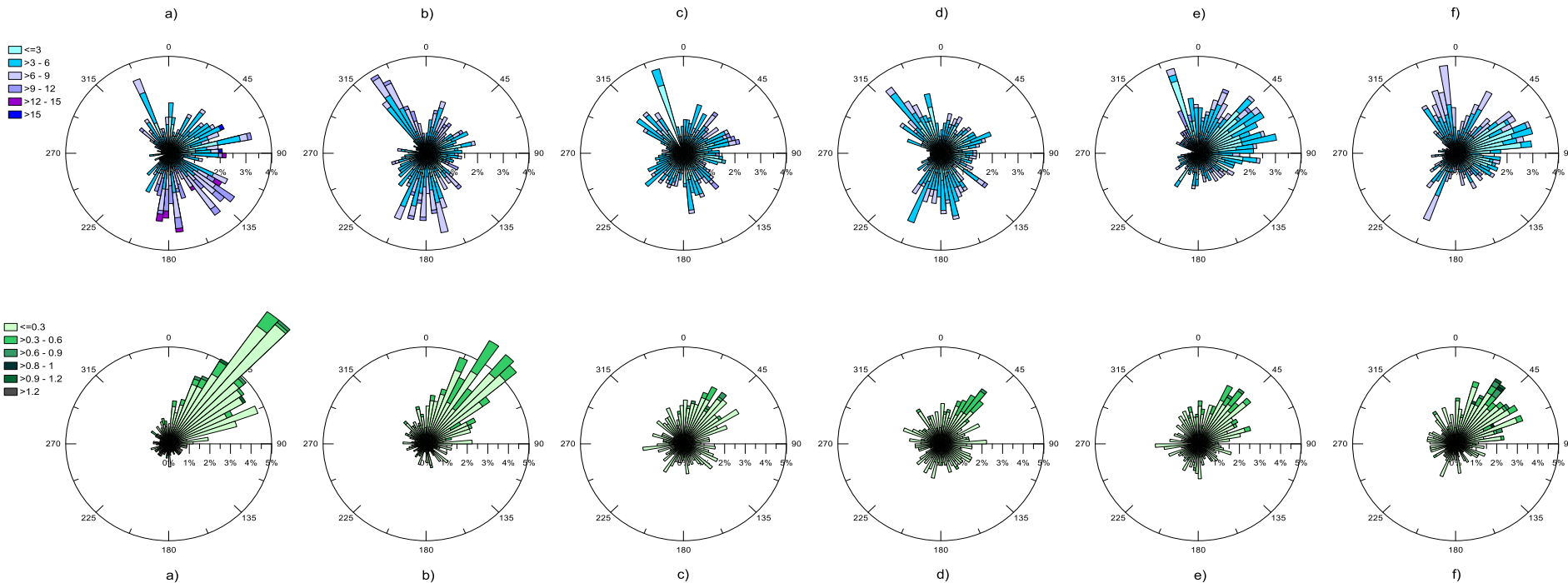
aprile

giugno

agosto

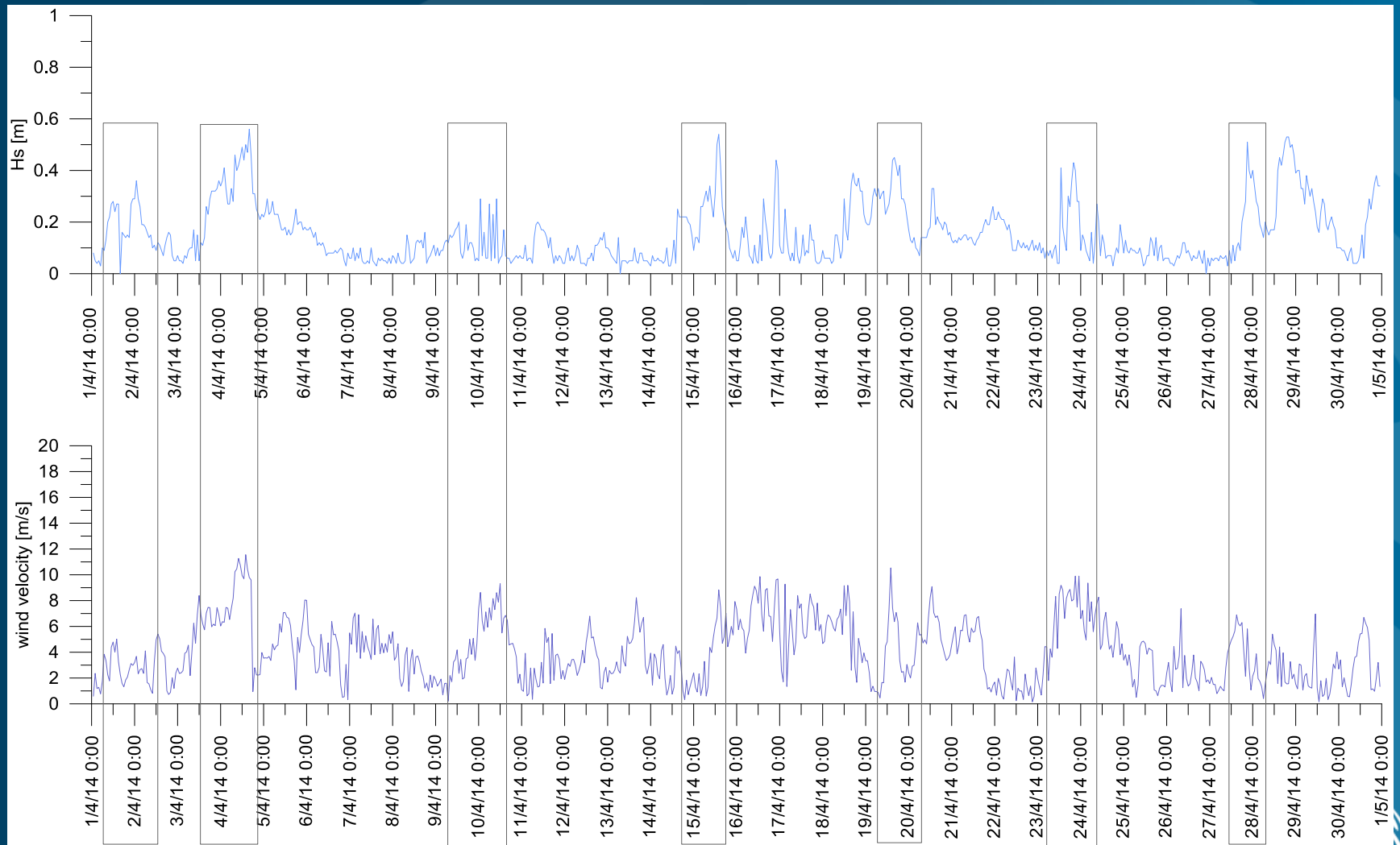
ottobre

dicembre



Onda: dati di altezza significativa indicano valori massimi nei mesi gennaio-febbraio [1-1.1m] e nel periodo estivo valori [0.6-0.8m].
La loro direzione di propagazione è NE (azione della topografia e diffrazione)

Analisi dei dati mensili di vento e onda della stazione in Mar Grande



Altezza d'onda significativa e velocità del vento, aprile 2014

Analisi dei dati mensili di vento e onda della stazione in Mar Grande

Le onde di mare vivo (wind sea waves) prevalgono nei bacini semichiusi e rispettano l'eq. (1)

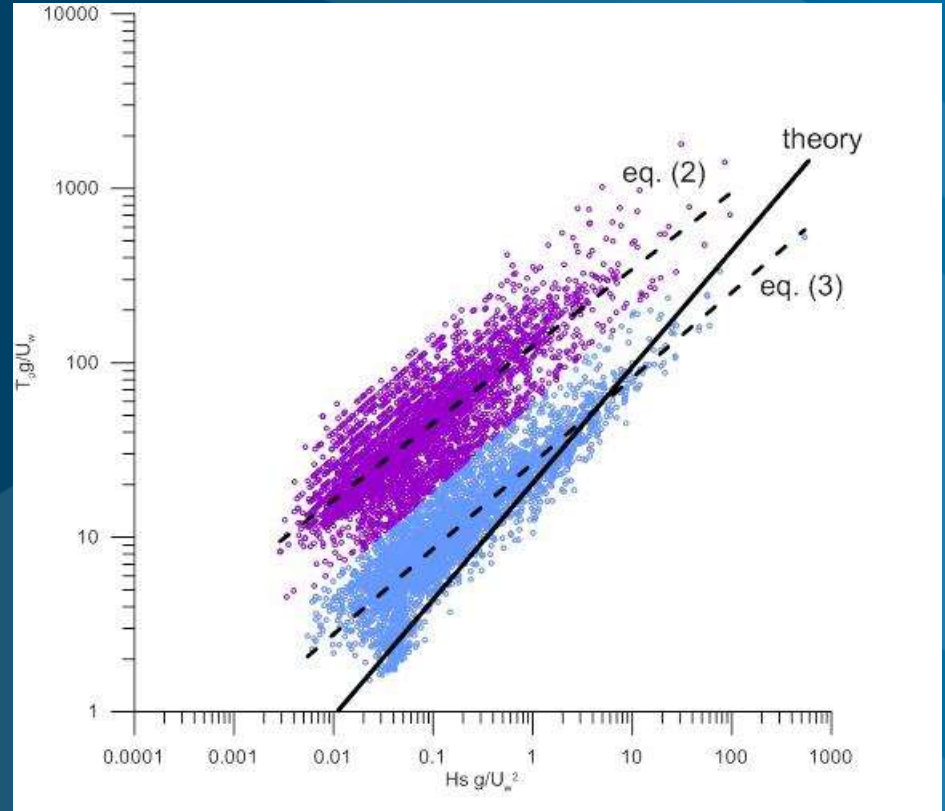
$$\frac{U_w}{gT_p} = 0.048 \left(\frac{U_w^2}{gH_s} \right)^{0.67}$$

con H_s altezza significativa, T_p periodo di picco e U_w velocità del vento

Nel nostro caso prevalgono le onde di swell, infatti la relazione osservata differisce dalla (1):

$$\frac{U_w}{gT_p} = 0.038 \left(\frac{U_w^2}{gH_s} \right)^{0.49}$$

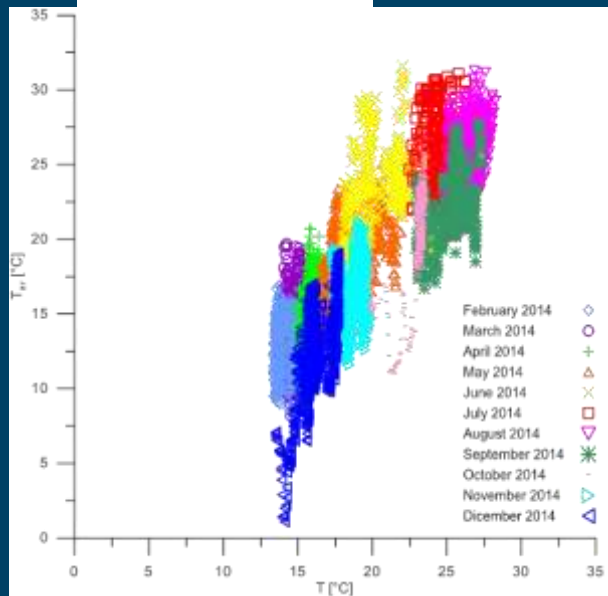
$$\frac{U_w}{gT_p} = 0.008 \left(\frac{U_w^2}{gH_s} \right)^{0.44}$$



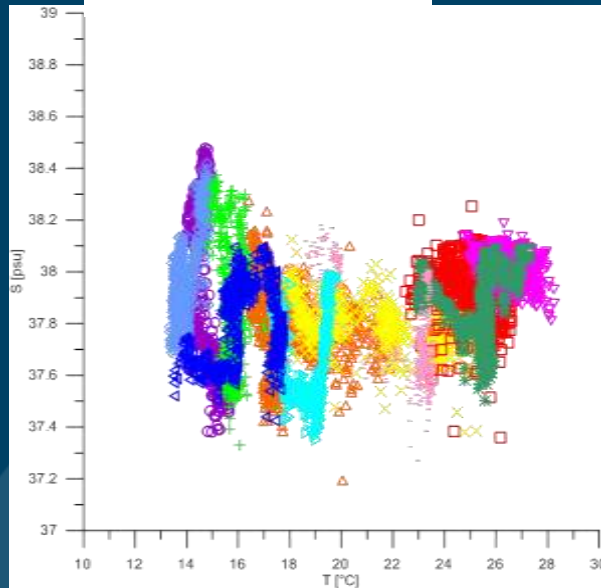
ANALISI DATI SCALARI

T, S, torbidità, ossigeno, clorofilla, CDOM, Crude oil

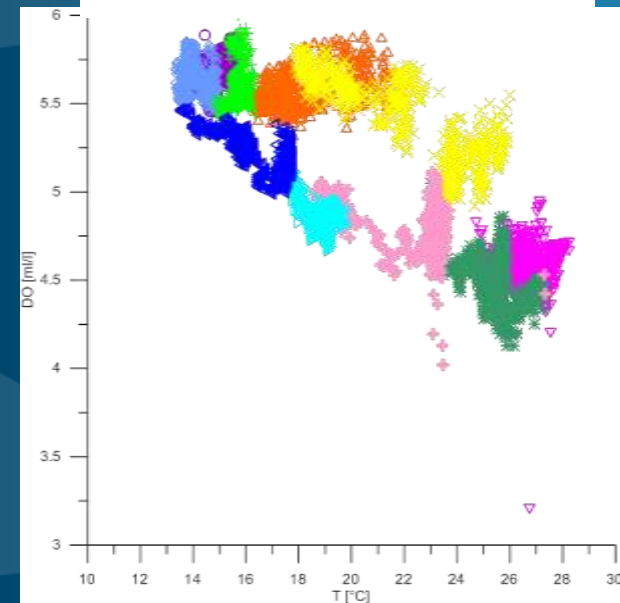
T acqua – T aria



T acqua – salinità



T acqua – ossigeno disciolto



ANALISI DATI SCALARI



Analisi dei dati acquisiti: applicazione di leggi teoriche e loro validazione

✓ Teoria classica per flussi a superficie libera (Nezu & Nakagawa, 1993,)

1. Wall region, $z/h < 0.2$

h profondità locale;
z coordinata verticale



u velocità
 u^* velocità di attrito
k costante di von-Karman's
B coeff dipende da scabrezza

Legge logaritmica di parete

$$\frac{u}{u^*} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{z}{h} \right) + B$$

✓ A seguito delle nostre misure di campo:

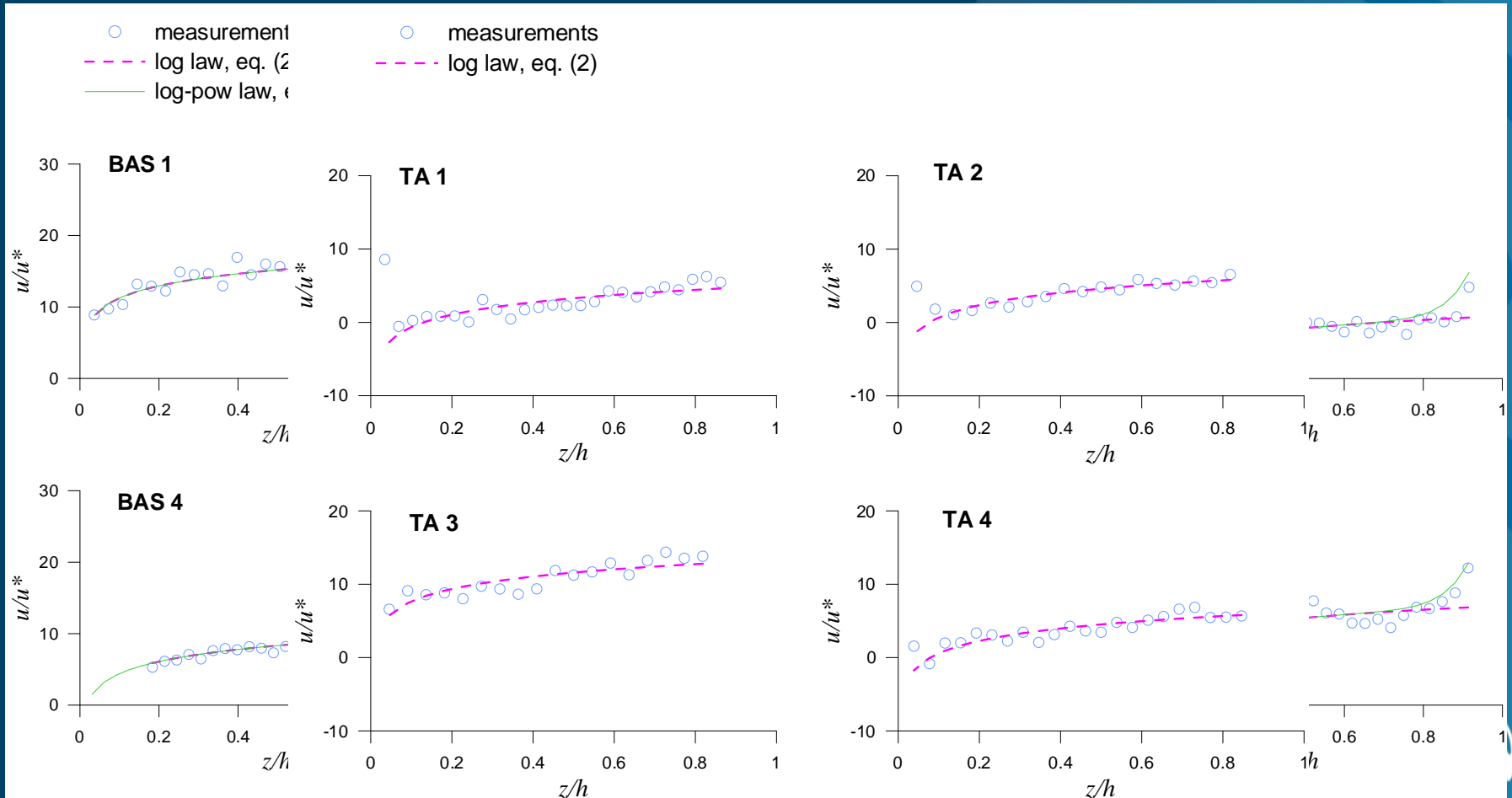
1. Estensione della teoria classica all'intera colonna verticale in assenza di stratificazione (non scontata, essendo la legge valida solo nel BBL)

2. In presenza di stratificazione, modifica dell'equazione:

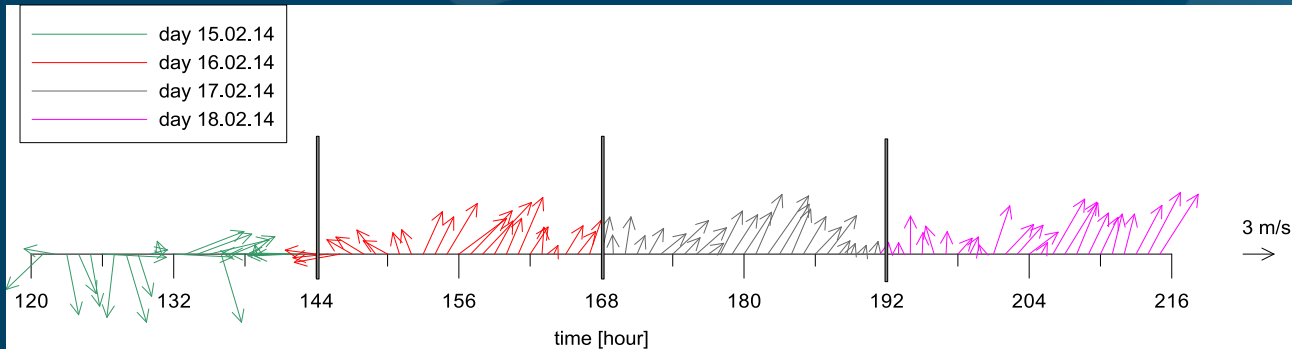
$$\frac{u(z)}{u^*} = \frac{1}{k} \ln \frac{z}{h} + \frac{1}{k} \ln \frac{u^* h}{\nu} + B \left(\frac{u_{str}}{u^*}, \text{Re}_{str} \right) + \Phi \left(\frac{z}{h}, \frac{u_{str}}{u^*}, \text{Re}_{str} \right)$$

Legge log-power

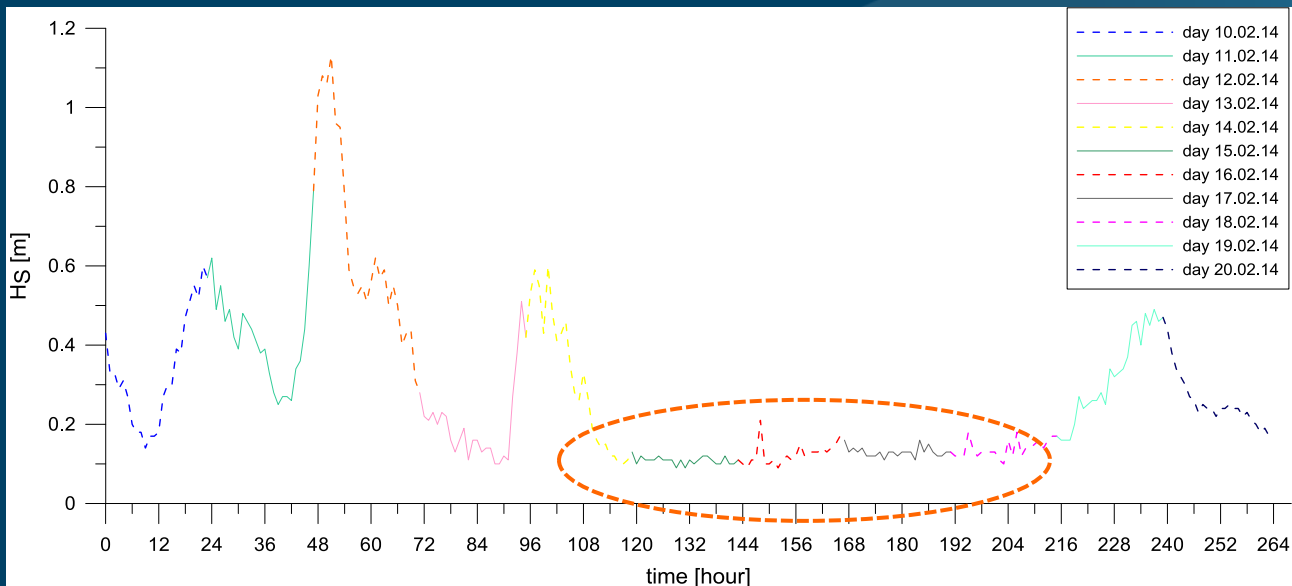
Analisi dei dati acquisiti: applicazione di leggi teoriche e loro validazione



Analisi dei nuovi dati acquisiti: studi sulla turbolenza



Stick plot del vento misurato



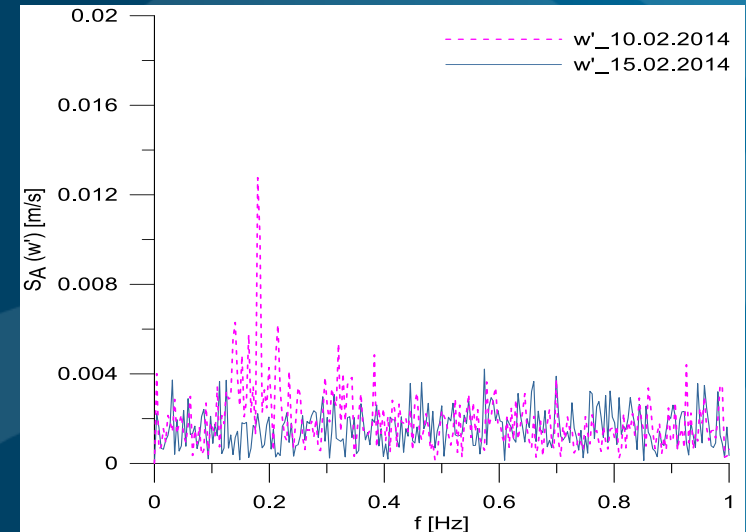
Individuati giorni in cui l'effetto del moto ondoso sulla corrente può essere trascurato

Serie storiche di Hs misurata

Analisi dei nuovi dati acquisiti: studi sulla turbolenza

ADCP: Frequenza di acquisizione di 2 Hz;
 Durata di acquisizione 20 min;
 Trasduttore 4 raggi
 Distanza verticale tra celle 0.5 m
 Blanking distance 1.6m

- Spettri di ampiezza della componente verticale della velocità turbolenta
- Quando H_s è rilevante, mostrano un picco per il T_p corrispondente, altrimenti H_s trascurabile



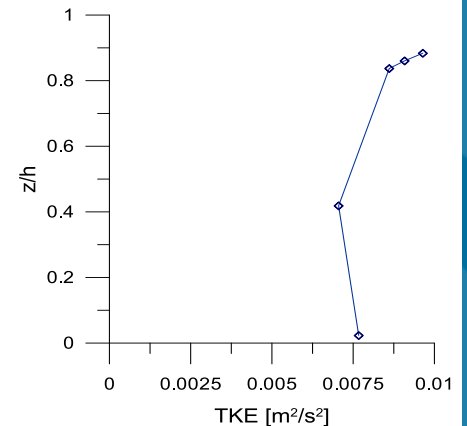
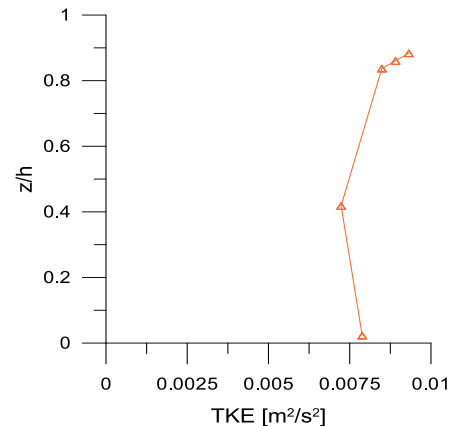
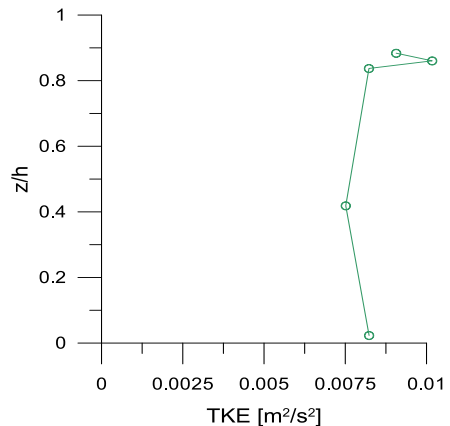
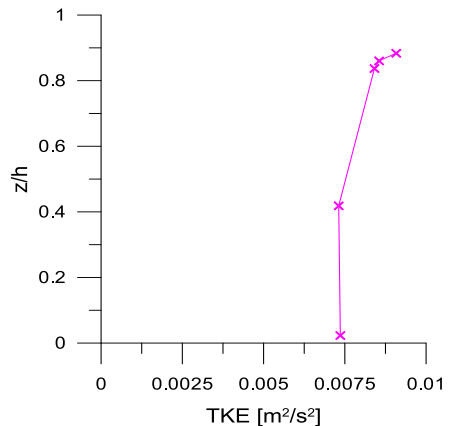
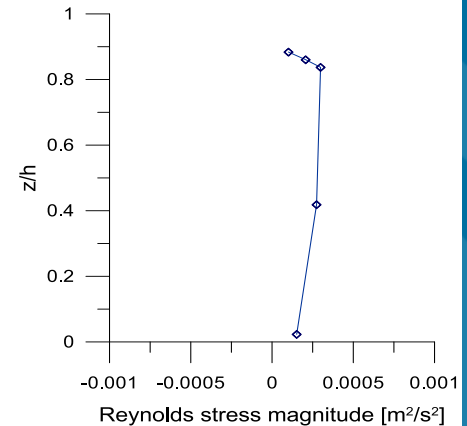
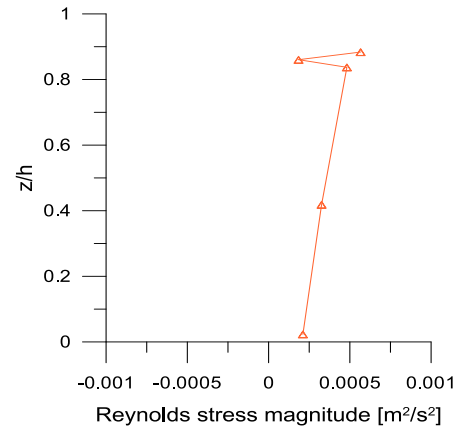
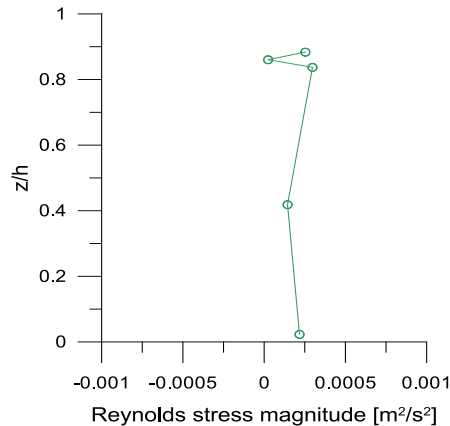
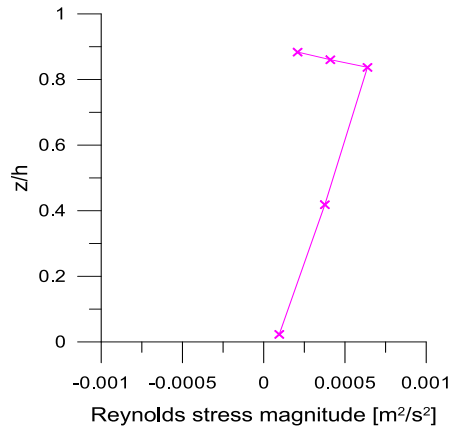
Con il **metodo della varianza**, partendo dalla velocità misurata lungo il raggio, si ricavano le componenti turbolente della velocità nelle tre direzioni, le tensioni di Reynolds e l'energia cinetica turbolenta TKE

$$\overline{b_i'^2} = \overline{u_i'^2} \sin^2 \theta + 2 \overline{u_i' u_j'} \sin \theta \cos \theta + \overline{u_j'^2} \cos^2 \theta$$

$$-\frac{\tau_{ij}}{\rho} = \overline{u_i' u_j'} = \frac{\overline{b_i'^2} - \overline{b_j'^2}}{4 \sin \theta \cos \theta} \quad ; \quad TKE = q^2 / 2 = \left(\overline{u_i'^2} + \overline{u_j'^2} + \overline{u_k'^2} \right) / 2$$

Analisi dei nuovi dati acquisiti: studi sulla turbolenza

- 17_02_hour 00:02
- 17_02_hour 06:02
- 17_02_hour 12:02
- 17_02_hour 18:02



E' possibile uno studio dettagliato sui flussi di quantità di moto e sulla turbolenza. I profili verticali dello stress di Reynolds e della TKE mostrano un generale incremento verso la superficie, in accordo con risultati precedenti di letteratura.

Considerazioni sui risultati dell'analisi dei dati di campo

Analisi dei dati di campo è **AUSPICABILE** e **NECESSARIA**, perché rappresenta il primo passo per determinare valori di riferimento **PLAUSIBILI** per i coefficienti e i parametri che compaiono nelle equazioni dei modelli numerici

Coefficiente di DRAG
del VENTO in superficie

Coefficiente di attrito al
fondo

Coefficienti dei modelli di
chiusura della turbolenza

Pertanto è indispensabile già in fase di implementazione dei modelli, oltre che nella successiva fase di verifica e validazione

CALIBRAZIONE MODELLO

modello MIKE 3FM (DHI) modulo HD

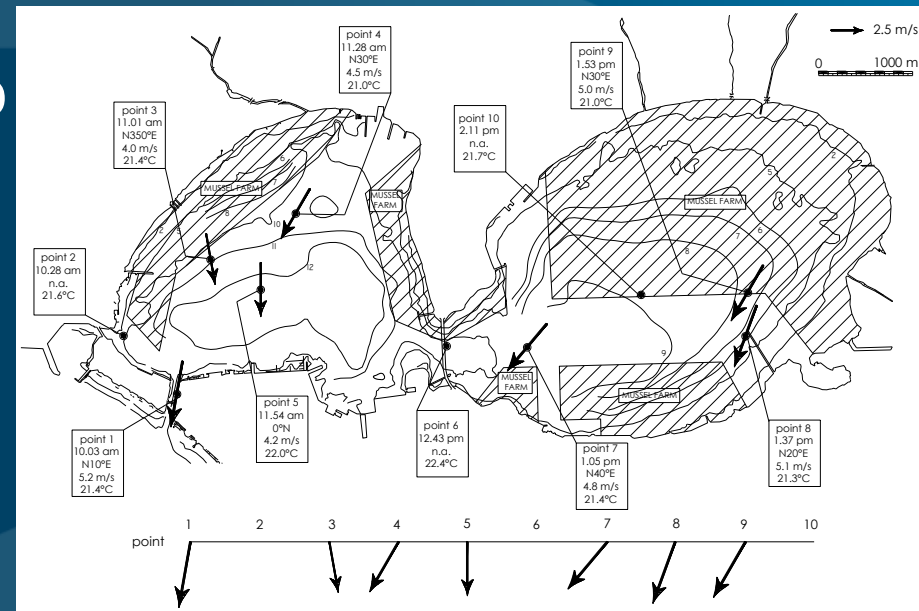
Prima calibrazione

Inizialmente modello tarato sui dati di velocità campagna aprile 2002. Simulazioni in ambiente barotropico.

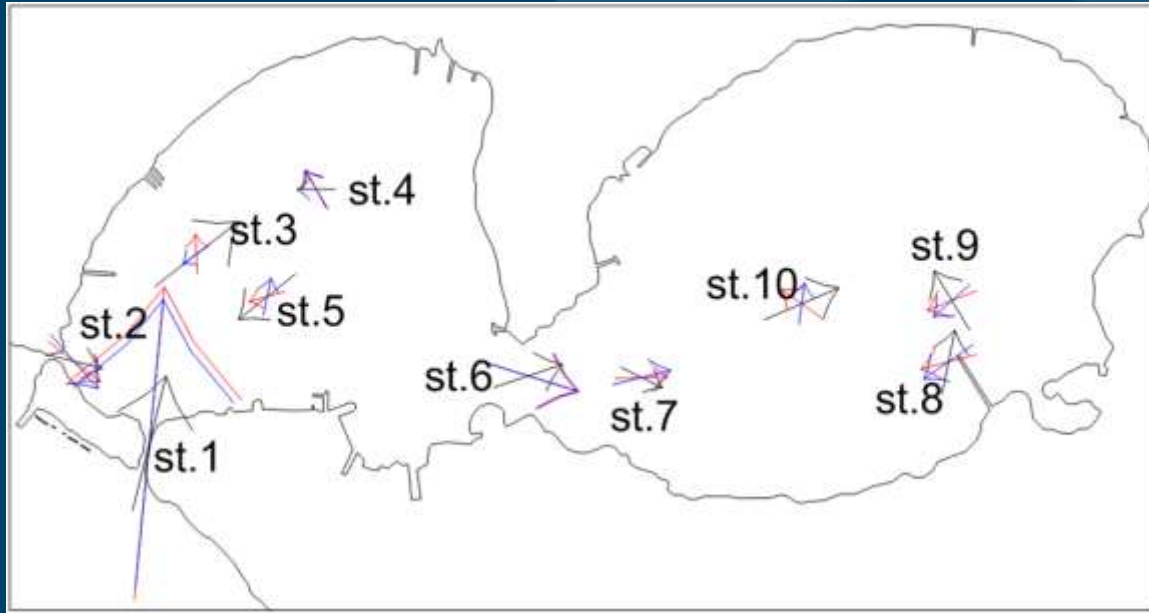
Parametri di calibrazione:

coefficiente di drag del vento pari a C_D [0.0025-0.0125]; attrito al fondo valutato con scabrezza z_0 [0.02-0.05]; coefficiente turbolenza C_s [0.3-0.6] (modello di Smagorinsky).

Migliore performance (confronto tra misure e modello) si è ottenuta per $C_D=0.002$, $z_0=0.05m$ e $C_s=0.3$

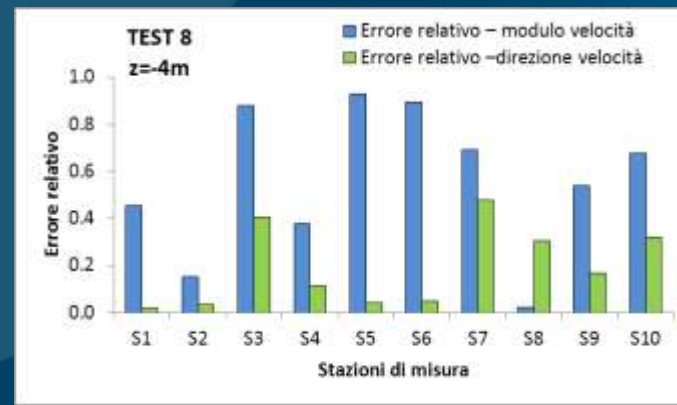
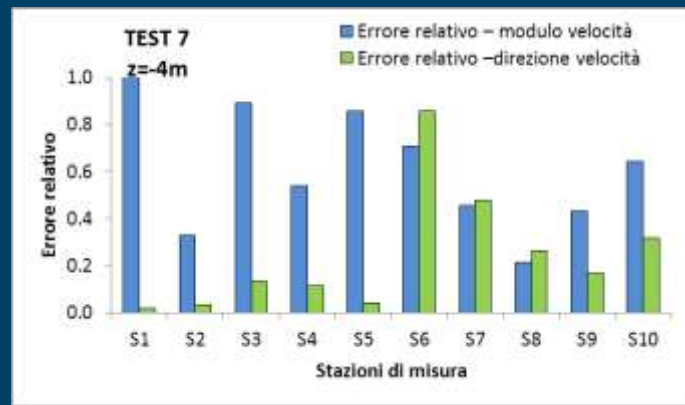


CALIBRAZIONE MODELLO



Qualitativamente:
sovrapposizione
vettori

Quantitativamente:
calcolo di errore
relativo



CALIBRAZIONE MODELLO

modello MIKE 3FM (DHI) modulo HD

Seconda calibrazione

Successivamente modello tarato sui dati di T e S di campagna del 2013 dell'ISMAR-CNR nell'ambito del progetto RITMARE
Simulazioni in ambiente baroclino.

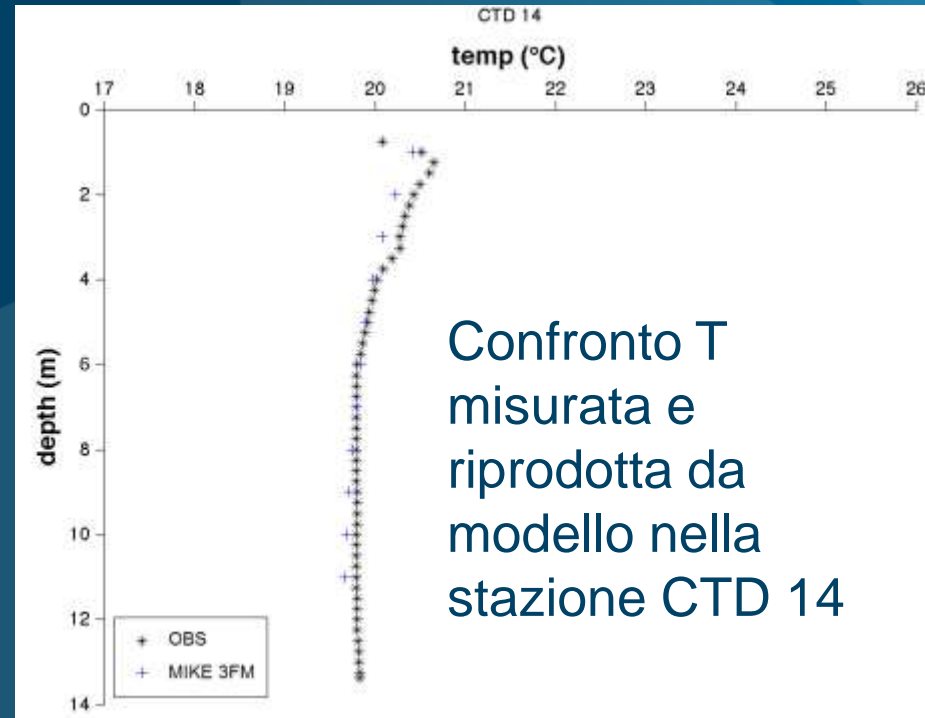
Parametri di calibrazione:

coefficiente di diffusività nelle eq. di trasporto di T e S

Migliore performance utilizzando in input un **coefficiente di diffusività** orizzontale e verticale nel modulo avvevativo proporzionale alla viscosità turbolenta, con coefficienti di proporzionalità rispettivamente pari a **0.9** e **0.5**



CALIBRAZIONE MODELLO



Stazioni di misura CTD del 6.6.2013 (ISMAR)

MODELLISTICA

SIMULAZIONI ESEGUITE con modello MIKE 3FM (DHI), moduli HD-MT

Simulazioni idrodinamiche

1. Primi test condotti su situazioni stagionali rappresentative
2. Per simulare condizioni realistiche, si è scelto di riprodurre la circolazione annuale relativa al 2013, forzata da input realmente misurati, quali vento, marea, moto ondoso, gradienti termoclinici, flussi all'interfaccia, afflussi, ecc. di cui si dispone attualmente (bibliografia o precedenti studi/ricerche).

Simulazioni trasporto sedimenti

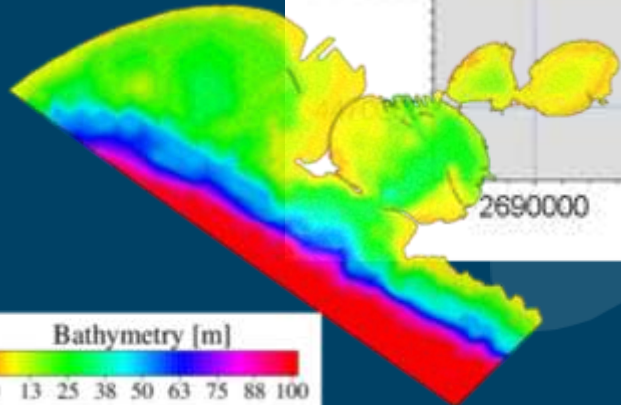
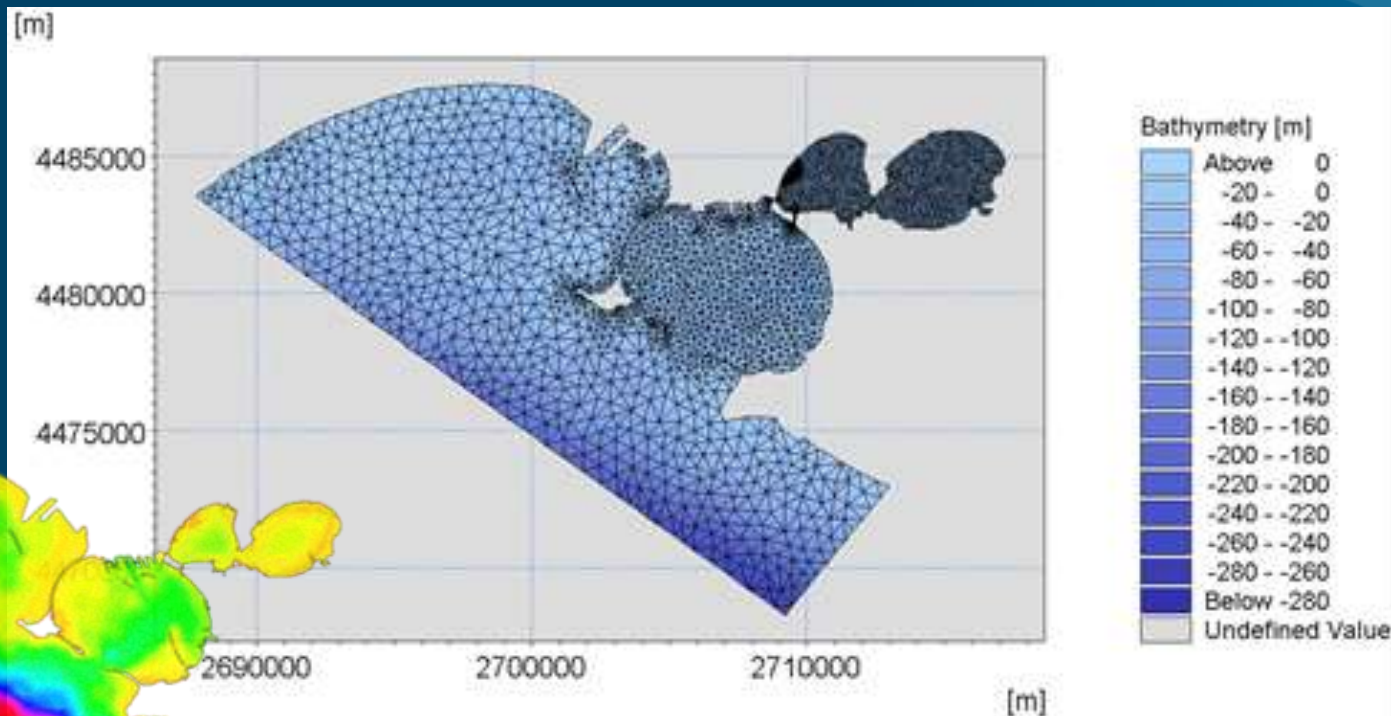
La circolazione annuale del 2013 così ottenuta è stata utilizzata per la determinazione delle aree soggette a possibili fenomeni erosivi.

Ulteriore modello numerico per simulazioni e confronti:
SHYFEM (ISMAR Venezia) 3D



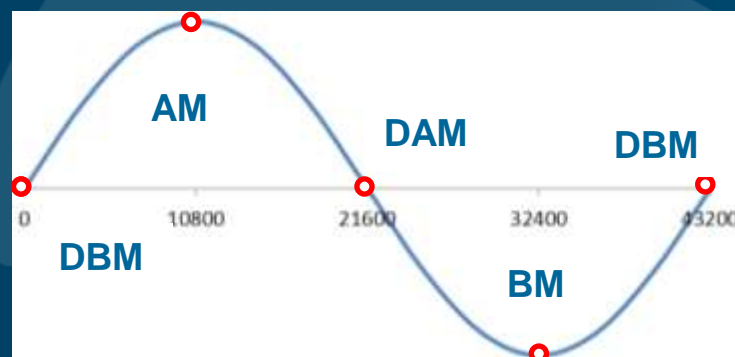
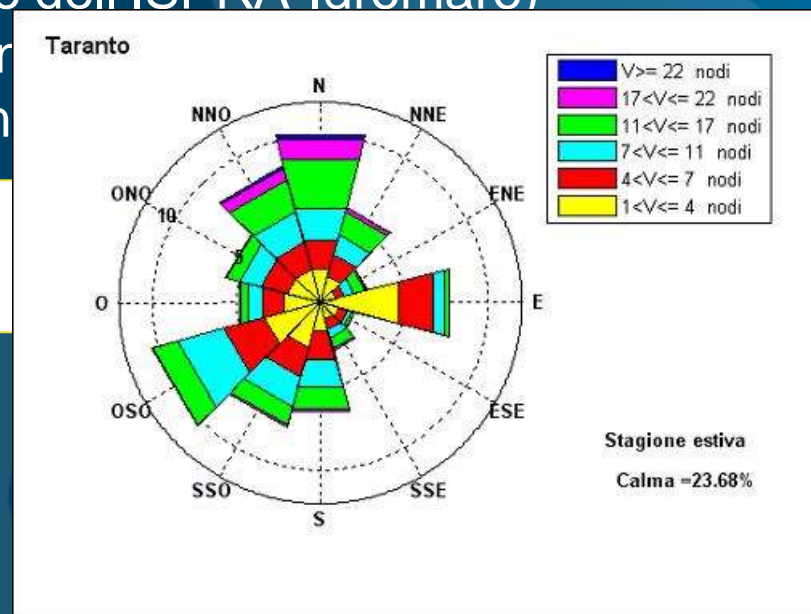
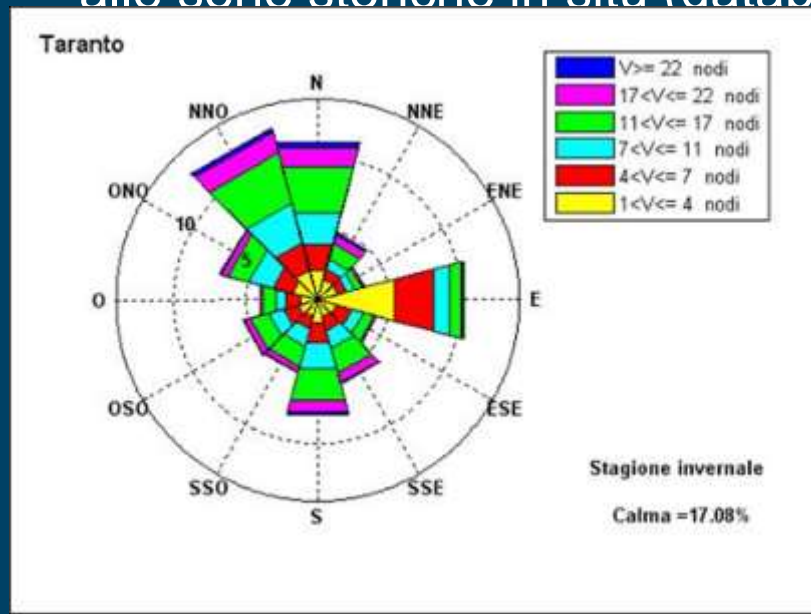
MESH DI CALCOLO

Al fine di valutare anche l'influenza della circolazione più esterna sul bacino, si è deciso di estendere il dominio di indagine ben oltre la zona di maggiore interesse. Utilizzo di tre tipologie risoluzione (maglie): 30m, 100, 300m.

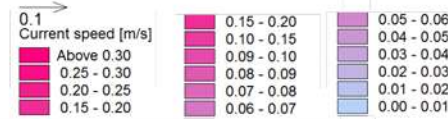
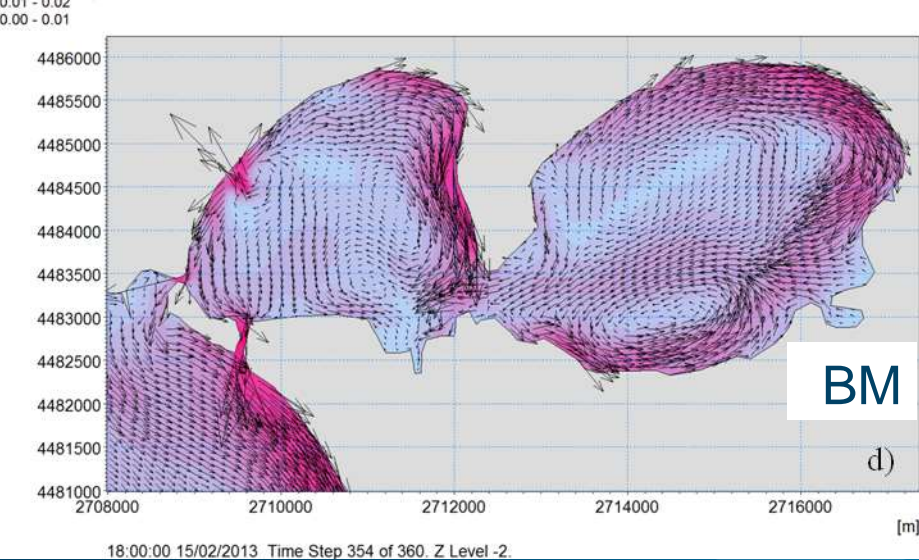
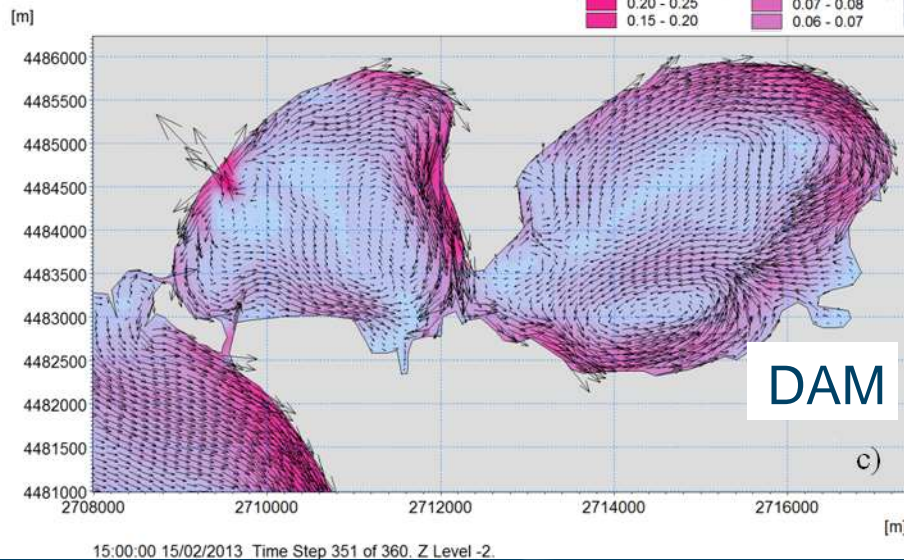
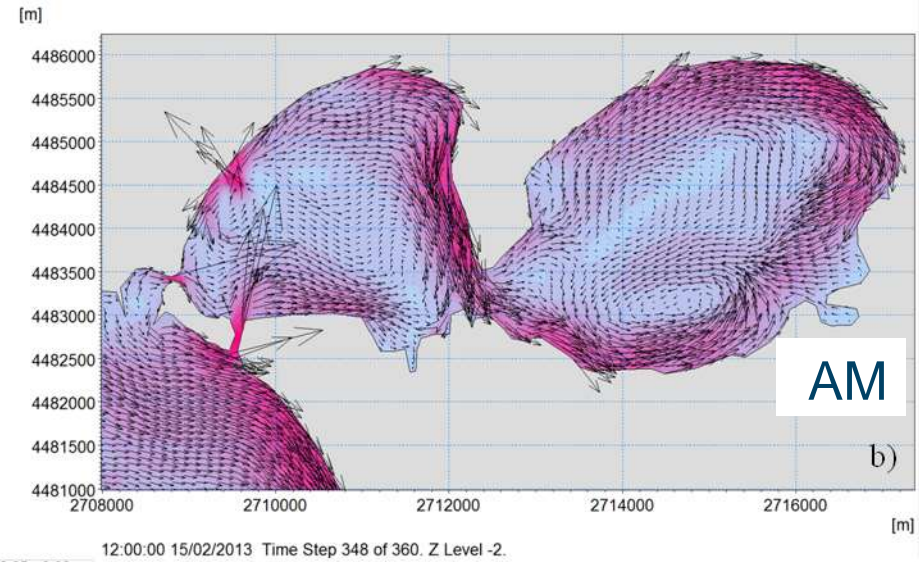
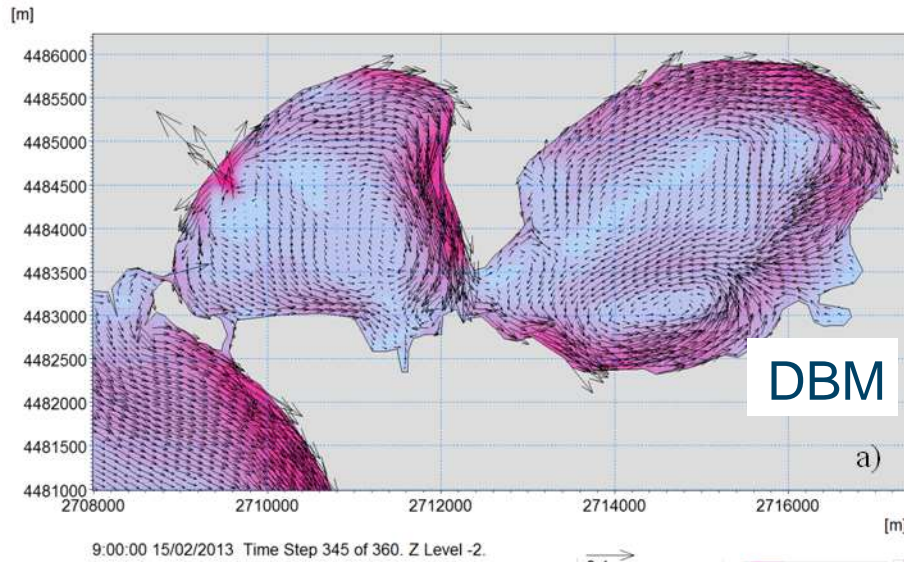


SIMULAZIONI MEDIE STAGIONALI

- ✓ Forzanti vento e moto ondoso stagionali: ricavati dall'analisi statistica (clima meteomarinario).
- ✓ Forzanti marea: riferimento sia a valori di marea astronomica, sia alle serie storiche in situ (database dell'ISPRA-Idromare)

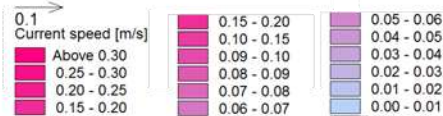
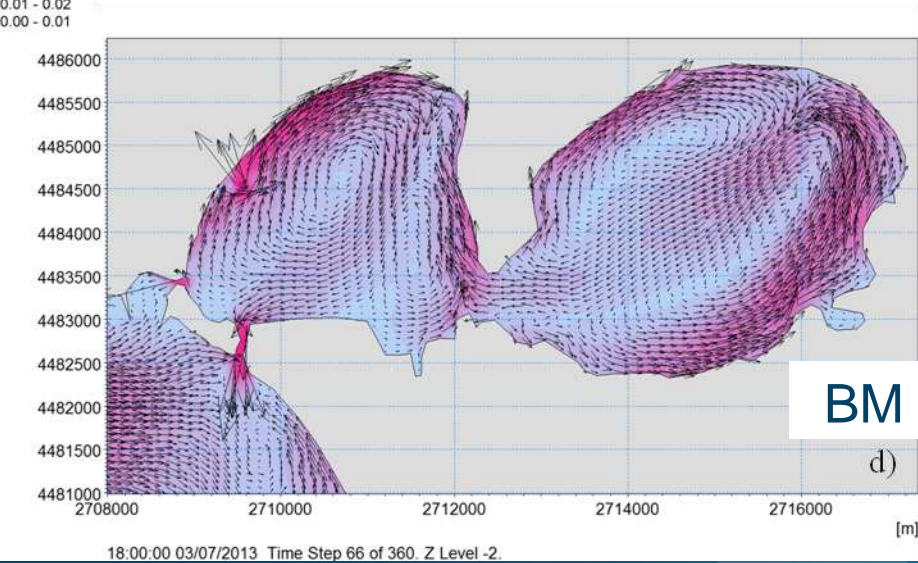
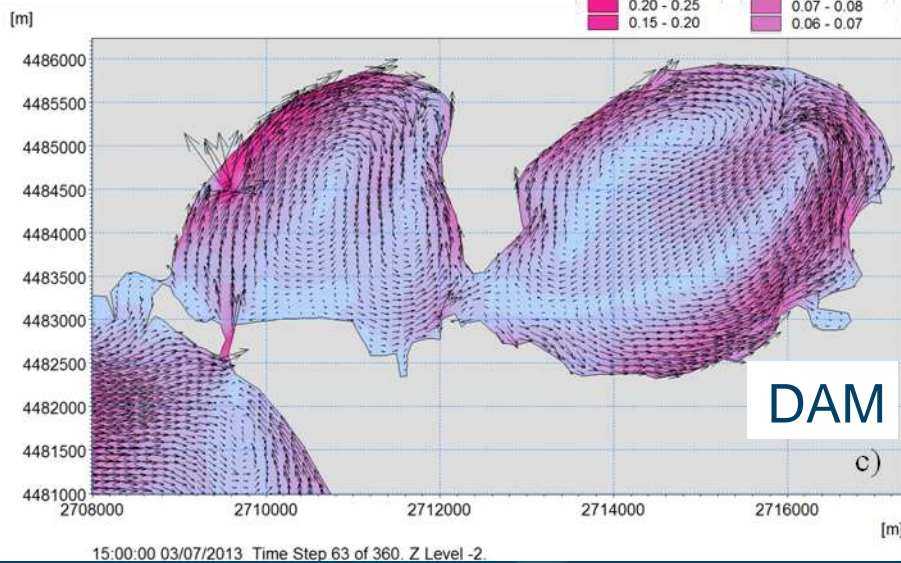
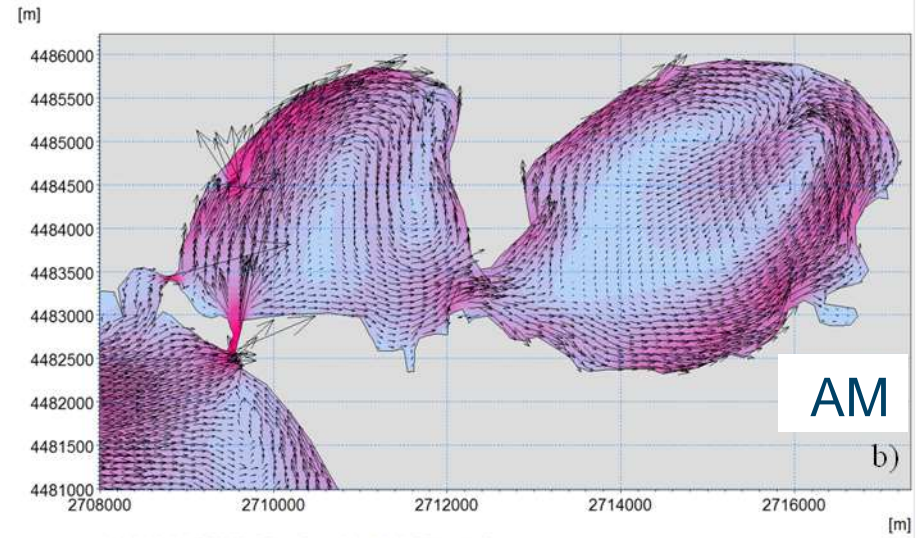
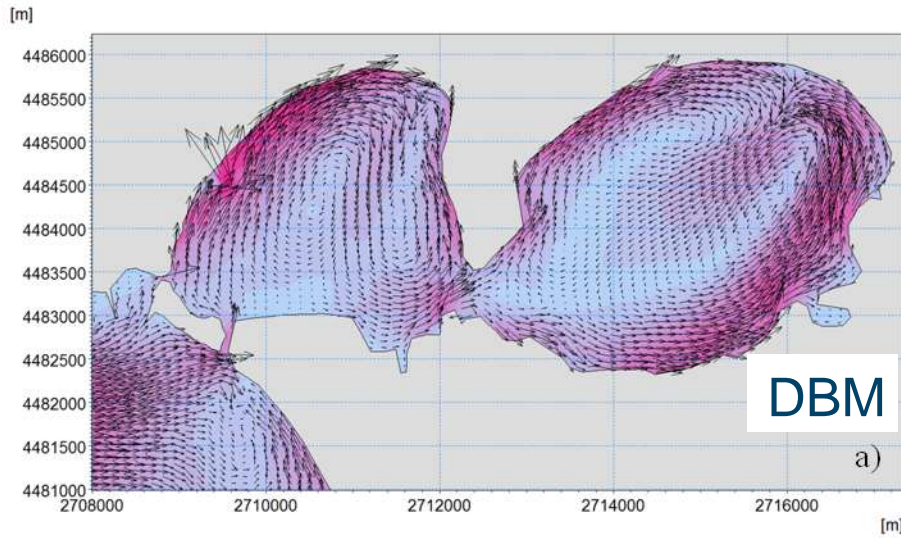


SIMULAZIONI MEDIE STAGIONALI



TEST INV: Mappe vel orizz, 15° giorno, z=-2m, durante un ciclo di marea

SIMULAZIONI MEDIE STAGIONALI



TEST EST: Mappe vel orizz, 15° giorno, z=-2m, durante un ciclo di marea

SIMULAZIONI MEDIE STAGIONALI

PRINCIPALI OSSERVAZIONI

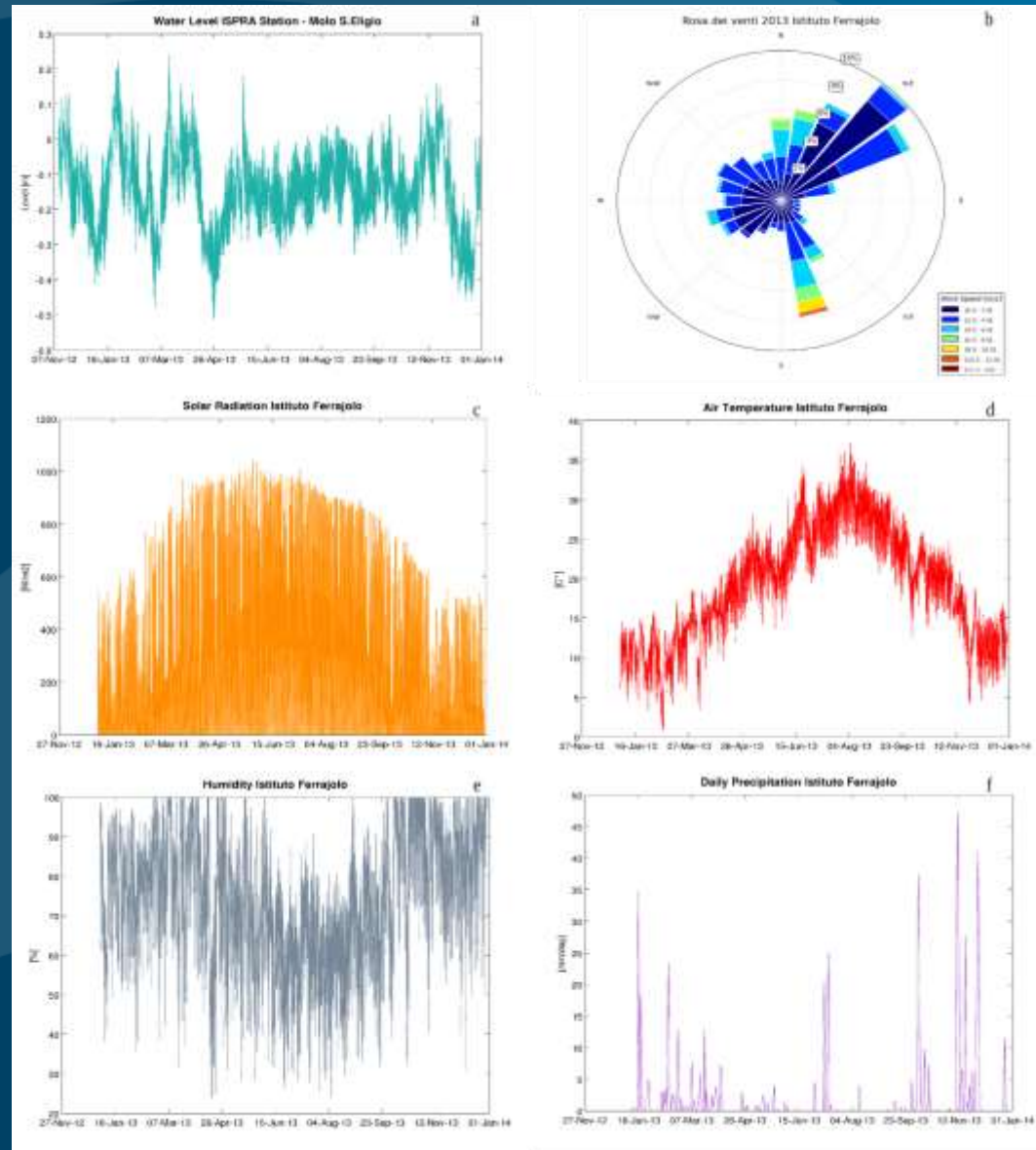
- ✓ Prelievo dell'idrovora e flusso di richiamo
- ✓ Carattere ciclico della circolazione per effetto marea ciclica e vento omogeneo
- ✓ Inversione flusso nei canali di collegamento tra AM e BM
- ✓ Strutture vorticosi stazionarie su I e II seno, variazioni modeste nel tempo
- ✓ Intensità decrescenti verso il fondo

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

La simulazione è stata forzata con dati realistici (dati di livello, vento, flussi di calore e precipitazione, gradienti termoclinici) provenienti da serie storiche misurate o da database.

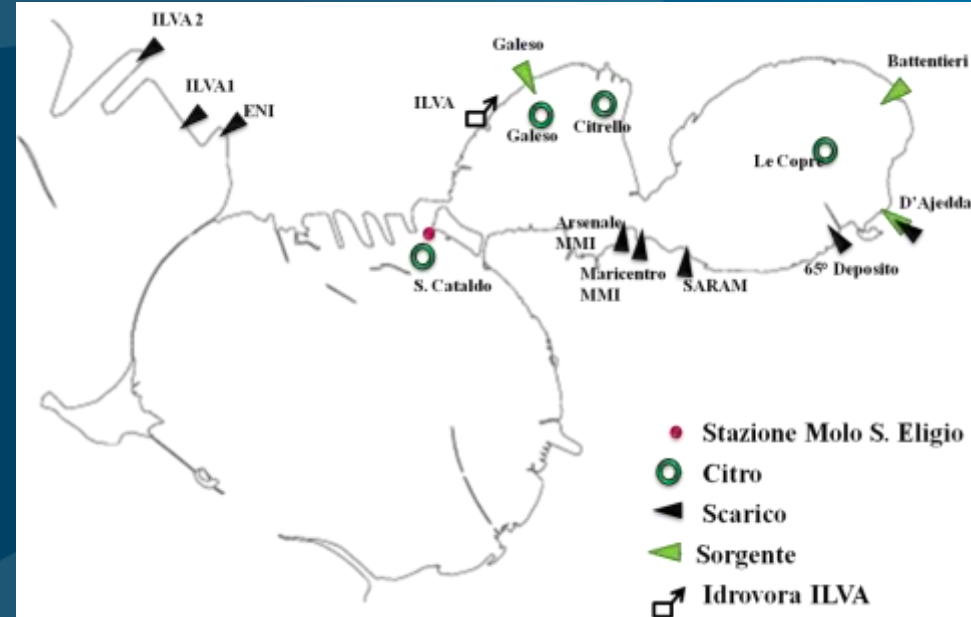
Forzanti:

- 1. Livello:** dalla Rete Mareografica ISPRA (stazione Molo S. Eligio)
- 2. Dati meteo:** dall'Osservatorio Meteorologico e Geofisico: radiazione solare, temperatura dell'aria, umidità, vento



SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Sorgente	Flusso [m3/s]	Temperatura [C°]	Salinità [psu]
Citro Galeso	0,75	12-28	5
Citro Le Copre	0,65	12-28	5
Citro Citrello	0,35	12-28	5
Citro S.Cataldo	2	12-28	5
Fiume Galeso	0,52	20	5
Canale D'Ajedda	0,7	20	5
Battentieri	0,173	20	5
Scarico Arsenale	0,025	20	5
Scarico Maricentro	0,007	20	5
Saram	0,002	20	5
65° deposito	0,002	20	5
Idrovora ILVA	-41,7	-	-
Scarico ILVA1	28,7	25	al prelievo
Scarico ILVA2	12,92	25	al prelievo
ENI	2,7	25	5



Forzante **afflussi**: portata sorgenti d'acqua dolce e sottomarine, scarichi a mare ci si è riferiti al report finale del progetto SPICAMAR (2003) e del progetto SPICOSA (2009).

Dati Galeso, Battentieri e Canale d'Ajedda più aggiornati provenienti dal progetto RITMARE. Dati idrovora ILVA riferiti al funzionamento in condizioni massimali dell'impianto.

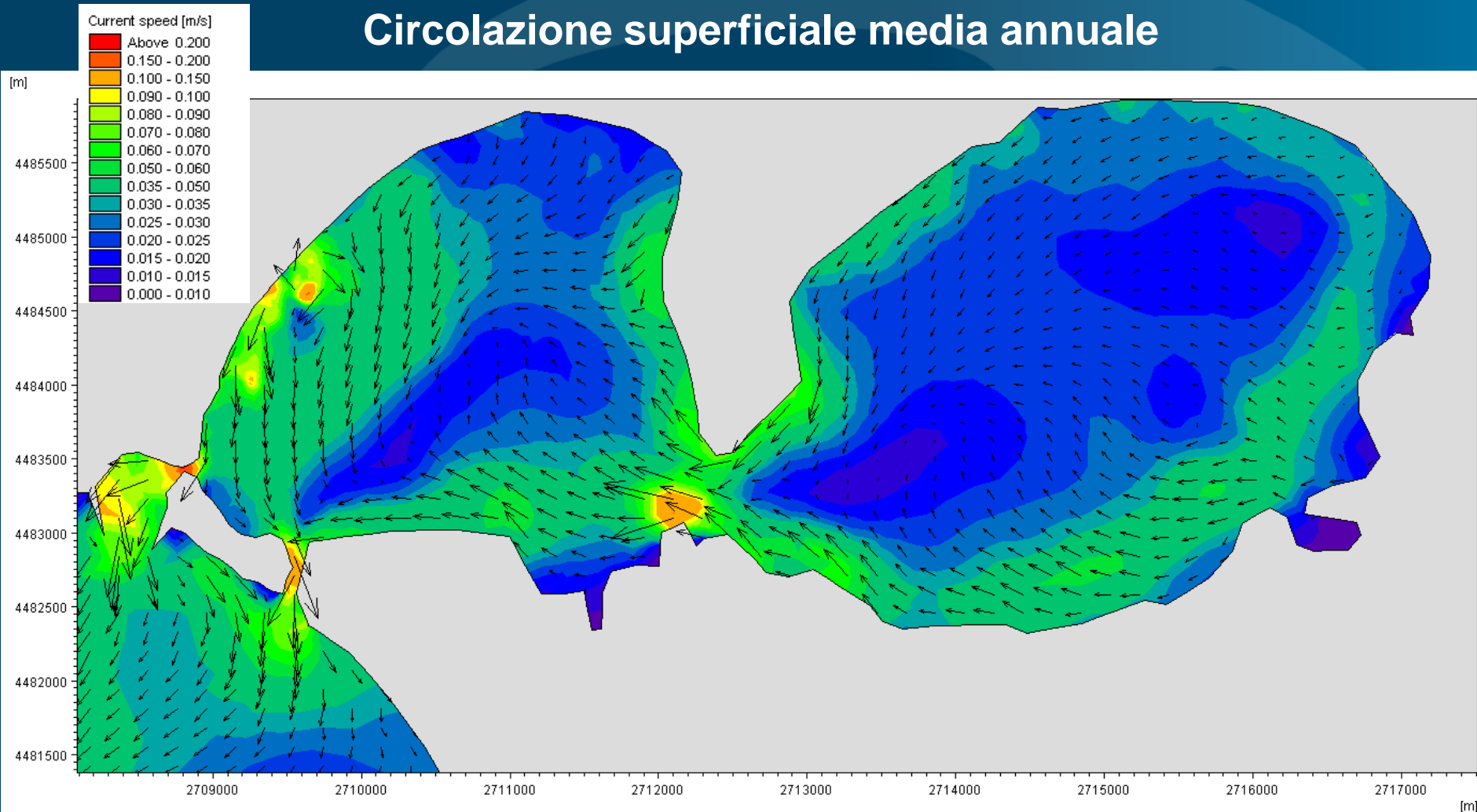
SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Condizioni al contorno: profili verticali di temperatura e salinità, ricavati dal database europeo Copernicus Marine Environment Monitoring Service (My Ocean) con riferimento all'area Mediterraneo (risoluzione spaziale orizzontale di circa 6-7 km ed una verticale di 72 livelli).

The screenshot displays the 'ONLINE CATALOGUE' for 'MEDITERRANEAN SEA PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST'. The page features a navigation menu at the top with options like 'ABOUT US', 'BENEFITS', 'NEWS', 'SCIENCE & LEARNING', 'TRAINING', 'SERVICES PORTFOLIO', and 'SHORT-CUT TO SERVICES'. Below the navigation, there is a search bar and a 'MY CART' icon. The main content area includes a title 'MEDITERRANEAN SEA PHYSICS ANALYSIS AND FORECAST', a small map of the Mediterranean Sea, and a list of variables and geographical coverage. A context menu is visible over the map, offering options like 'Save image as...', 'Copy URL image', 'Copy image', 'Open image in a new tab', 'Search this image on Google', 'Share...', and 'Inspect element'. The page also includes sections for 'INFORMATION', 'DOCUMENTATION', and 'SERVICES', and a 'FULL OVERVIEW' button.

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

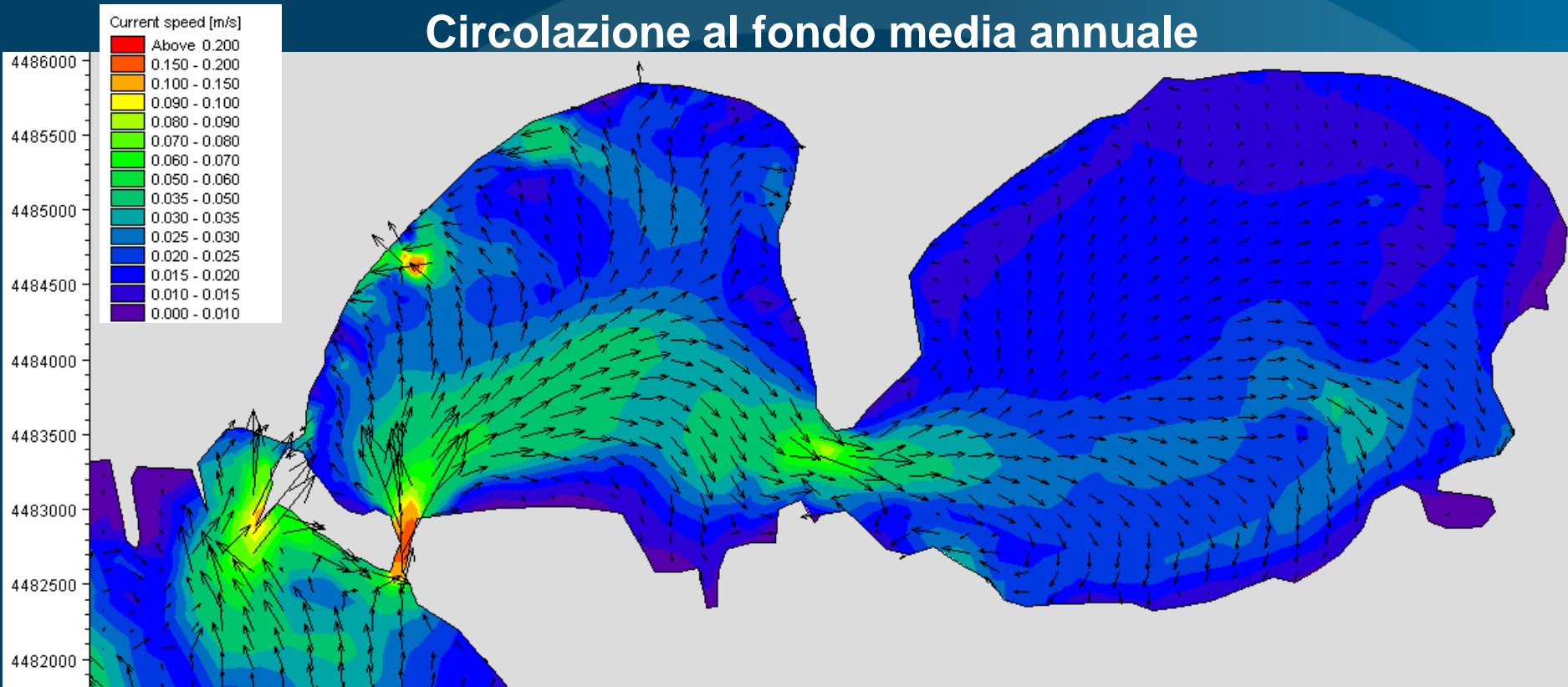
Circolazione superficiale media annuale



La circolazione superficiale media annuale risulta prevalentemente in uscita dal Mar Piccolo verso il Mar Grande e il Golfo di Taranto. Velocità medie del bacino risultano molto basse variando tra 0 e ~20 cm/s.

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Circolazione al fondo media annuale



Dinamica di scambio tra i due Seni del Mar Piccolo: flusso di fondo è mediamente in entrata verso il II Seno, tuttavia, nella parte Sud del canale, verso P.ta Pizzone, si osserva una corrente d'acqua in uscita verso il I Seno.

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Osservazione sui tempi di rinnovo:

Considerando i volumi scambiati tra i bacini Mar Grande, I Seno e II Seno del Mar Piccolo si deduce un tempo medio di rinnovo rispettivamente intorno a 12, 25, 45 giorni.

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Trasporto solido

La quantità di sedimento che viene portata in sospensione dipende dal rapporto tra le tensioni tangenziali che tendono a erodere il sedimento dovute alla circolazione marina e la resistenza offerta dal sedimento stesso, funzione della composizione granulometrica e, soprattutto nel caso di sedimenti fini, dal grado di compattamento.

Nelle simulazioni condotte si è fatto riferimento ad un **fondale limoso mediamente consolidato**, secondo quanto dedotto da relazione ISPRA del 2010 (CII-EI-PU-TA-Mar Grande II Lotto e Mar Piccolo-01.06).

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Trasporto solido

Scenario sul cui inserire effetto trasporto solido:
circolazione massima al fondo.

Noto il modulo della velocità V ad una certa distanza z dal fondo, valore della velocità di attrito U_f può essere calcolato con la legge logaritmica:

$$\frac{V}{U_f} = \frac{1}{k} \ln \left(\frac{z}{z_0} \right)$$

(k costante Von Kármán; z_0 scabrezza equivalente)

U_f può essere espressa in funzione della tensione tangenziale al fondo τ e della densità ρ :

$$U_f = \sqrt{\frac{\tau}{\rho}}$$

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Trasporto solido

Erosione del fondale avviene dove:

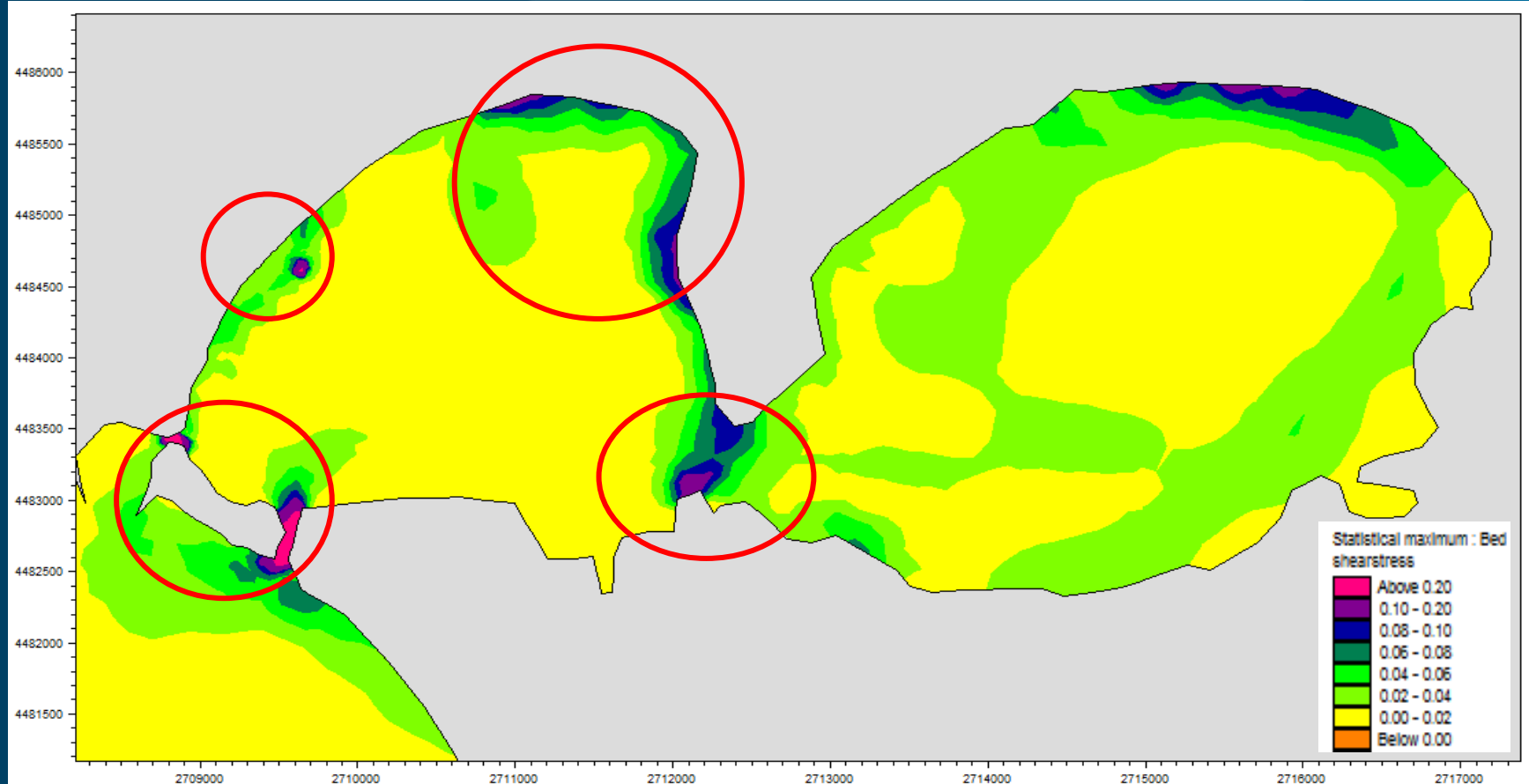
tensione tangenziale al fondo $\tau >$ tensione tangenziale critica τ_c

$$\tau > \tau_c$$

Nel nostro caso $\tau_c = 0.2 \text{ N/m}^2$, per grado medio di consolidamento e fondale limoso (DHI 2014).

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

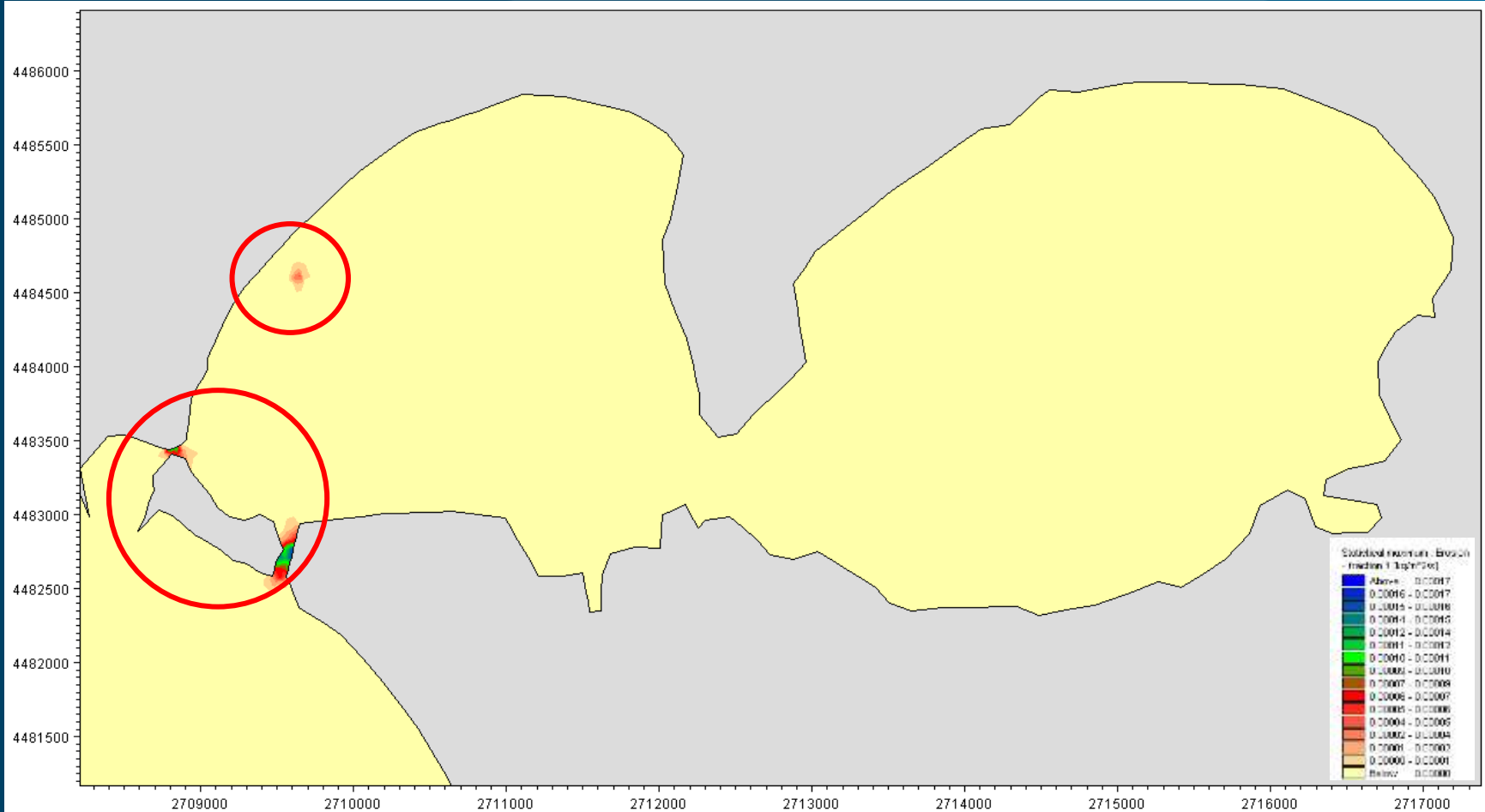
Trasporto solido



Mappa **stress al fondo massimo** della simulazione annuale: valori bassi, eccetto che nei canali di collegamento Mar Piccolo-Mar Grande, in prossimità presa idrovora, nel canale congiunzione tra due Seni e nelle aree di bassa profondità lungo la costa ($\sim 0.16 \text{ N/m}^2$)

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

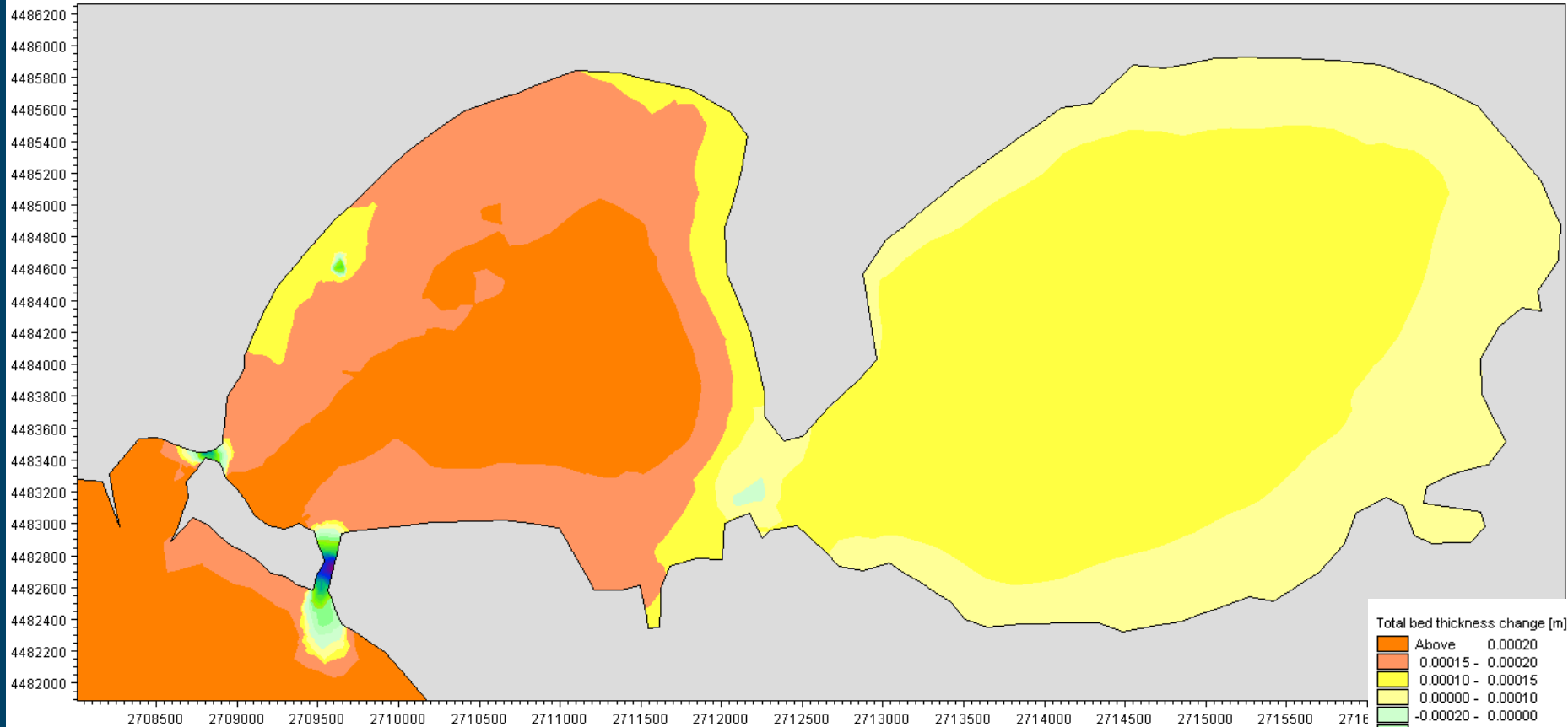
Trasporto solido



Mappa erosione, valori massimi annuali: aree di maggiore erosione localizzate principalmente nel Canale Navigabile, nel Canale Porta Napoli, area in prossimità della presa a mare.

SIMULAZIONE ANNUALE 2013

Trasporto solido



Tendenza ad accumulo/erosione nell'area del Mar Piccolo al termine della simulazione annuale

Movimento materiale è caratterizzato da tendenza al deposito nel I e II Seno ($10^{-4}m$) e da erosione ($10^{-3}m$) nei canali di ingresso al Mar Piccolo, in prossimità delle prese ILVA e nella congiunzione tra i due Seni.

SVILUPPI FUTURI

Attività del gruppo di ricerca in itinere e futura:

Continuazione attività di monitoraggio mediante stazioni esistenti e nuova stazione meteo-oceanografica nel Mar Piccolo

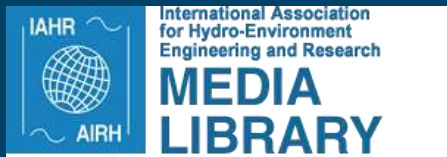
Monitoraggio di campo con utilizzo di VM ADCP per i rilievi correntometrici 3D sulla verticale e sonda CTD

Simulazioni correnti e trasporto solido al fondo e in sospensione con riferimento all'anno 2014 e validazione sulla scorta delle misure registrate dalle strumentazioni per quest'anno di riferimento

Approfondimento aspetti legati ai fenomeni di turbolenza e quindi di dispersione traccianti mediante auspicabile utilizzo di ADCP a 5 raggi

Bibliografia di riferimento

Si sta provvedendo alla divulgazione dei risultati anche mediante sito web IAHR Media Library al quale il progetto RITMARE contribuisce per favorire la raccolta e la disseminazione di materiale fotografico e video - www.iahrmedialibrary.net



F. De Serio, M. Mossa (2013) A laboratory study of irregular shoaling waves, *Experiments in Fluids*.

M. Mossa, Processi di mescolamento e trasporto nei flussi ambientali. Lettura ad invito, Brescia, 2013, ISBN 978-1-291-36846-8.

F. De Serio, M. Mossa (2013) Experimental study of wave undertow and turbulence with LDA and ADV measurements, Tecniche per la Difesa dall'Inquinamento, 34° Corso di aggiornamento, Cosenza, EdiBios, 2013.

F. De Serio, M. Mossa (2014), Streamwise velocity profiles in coastal currents, *Environmental Fluid Mechanics*.

F. De Serio, M. Ben Meftah, D. Malcangio, M. Mossa, A.F. Petrillo (2014), Simulazioni idrodinamiche a supporto del monitoraggio ambientale nei Mari di Taranto, *XXXIV Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche IDRA*, Bari, 8-10 settembre 2014.

F. De Serio, M. Mossa (2015), Analysis of mean velocity and turbulence measurements with ADCPs, *Advances in Water Resources*.

F. De Serio, M. Mossa (2015), Environmental monitoring in the Mar Grande basin (Ionian Sea, Southern Italy), *Environmental Science and Pollution Research*.



Grazie

Torino, 14-15 Ottobre 2015




Probe	Type	Value
ADCP	Acoustic frequency	600 KHz
	Velocity range	± 5 m/s
	Velocity accuracy	0.3% of the water velocity relative to ADCP ±0.3cm/s
CTD	Pressure range	0÷7000 m
	Pressure accuracy	1‰
	Temperature range	-5÷35 °C
	Temperature accuracy	5‰
Submersible Fluorometer	Minimum detection limit CDOM	0.15 ppb
	Dynamic range CDOM	0-1250 ppb
	Minimum detection limit CO	0.2 ppb
	Dynamic range CO	0-2700 ppb
ECO sensor	Turbidity sensitivity	0.013 NTU
	Turbidity range,	0-25 NTU
	Fluorescence sensitivity	0.025 µg/l Chl
	Fluorescence range,	0-50 µg/l Chl

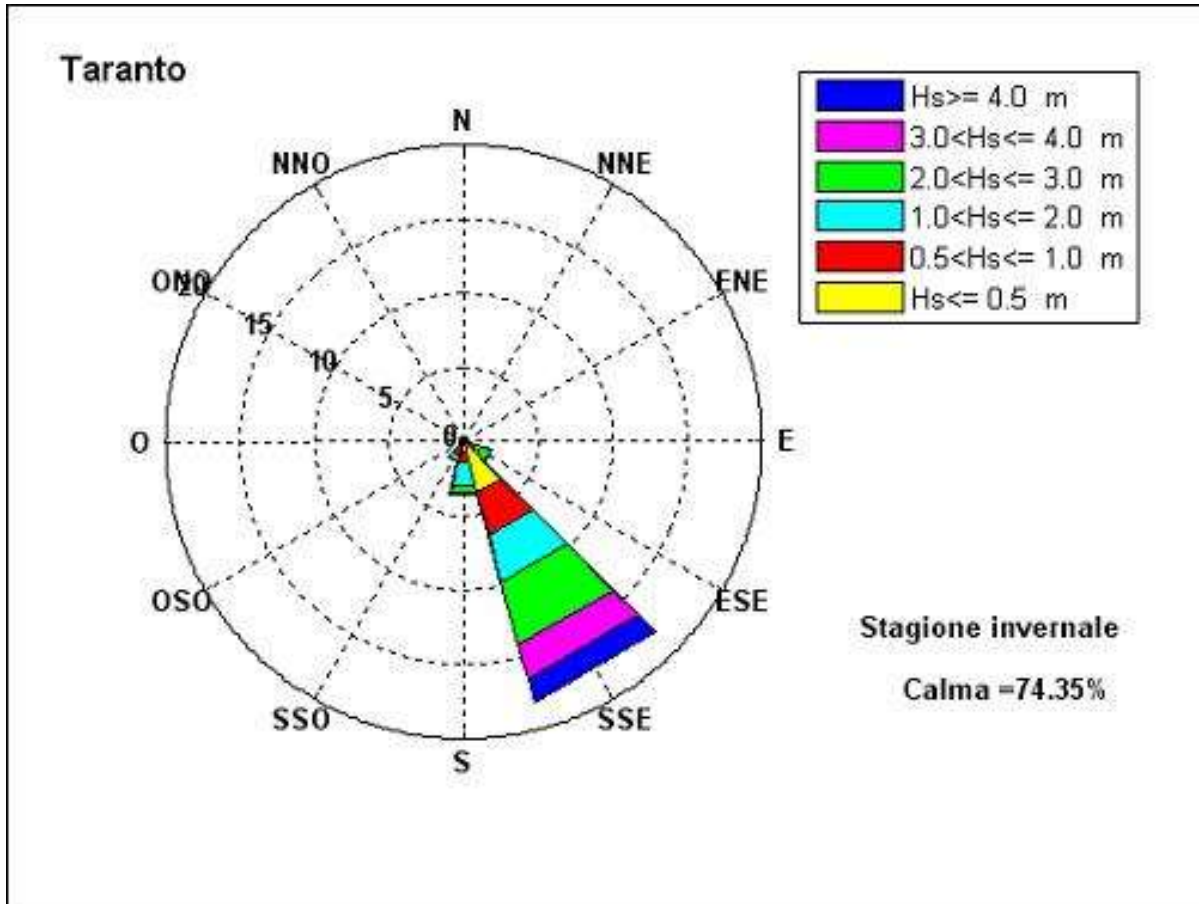


2. CLIMA METEOMARINO

2.2. Elaborazione dei dati ondametrici triorari

- ✓ Settore di traversia geografico del paraggio di Taranto comprende tutte le direzioni tra 120° e 330° . Settore di traversia efficace, se si considera il limite dei 100 km, è compreso nell'intervallo 99° - 223°
- ✓ La ricostruzione del clima meteomarino del paraggio di Taranto è stata effettuata utilizzando il modello S.P.M. direzionale a partire dai dati di vento  prima operazione effettuata è il calcolo frequenze di apparizione dei singoli stati di mare registrati, classificati per direzione di provenienza ed intensità
- ✓ Il clima meteomarino medio è stato valutato ricavando per ciascuna delle direzioni prescelte e per l'intero paraggio la mareggiata energeticamente equivalente all'intera serie storica disponibile

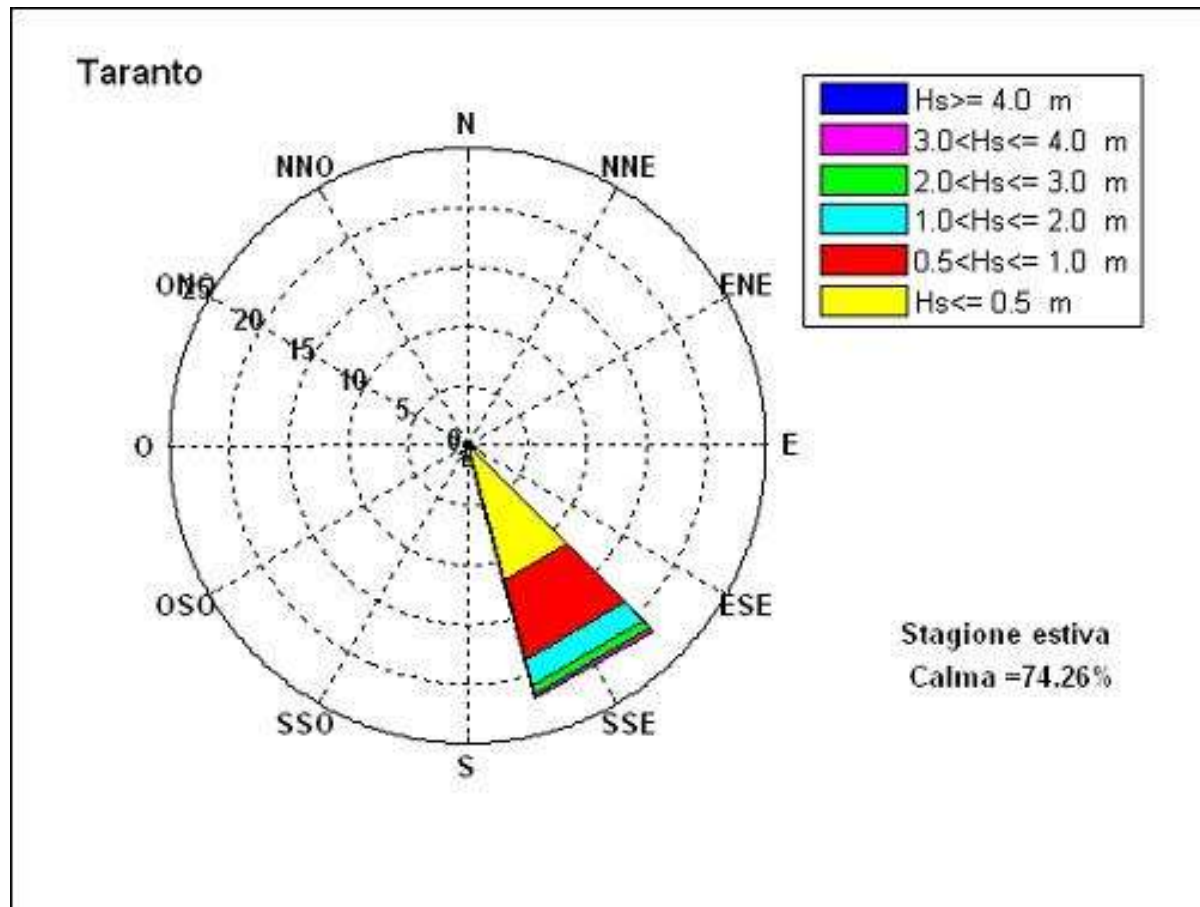
- ✓ **Medie invernali:** maggiore frequenza di apparizione delle mareggiate da SSE con percentuale 18.13%



**mareggiata
equivalente** per
l'intero paraggio ha:

- **altezza 2.87m,**
- **periodo 6.73s,**
- **direzione di
provenienza 147°**

- ✓ **Medie estive:** maggiore frequenza di apparizione delle mareggiate da SSE con percentuale 21.96%



**mareggiata
equivalente** per
l'intero paraggio ha:

- **altezza 1.18m,**
- **periodo 4.26s,**
- **direzione di
provenienza 151°**

