



Studi di Aggiornamento
LA MODELLISTICA A SUPPORTO DELL'INGEGNERIA MARITTIMA
Palermo 7 e 8 novembre 2014

Modelli, misure remote e misure in situ del moto ondoso

Eugenio Pugliese Carratelli F. Dentale, F. Reale

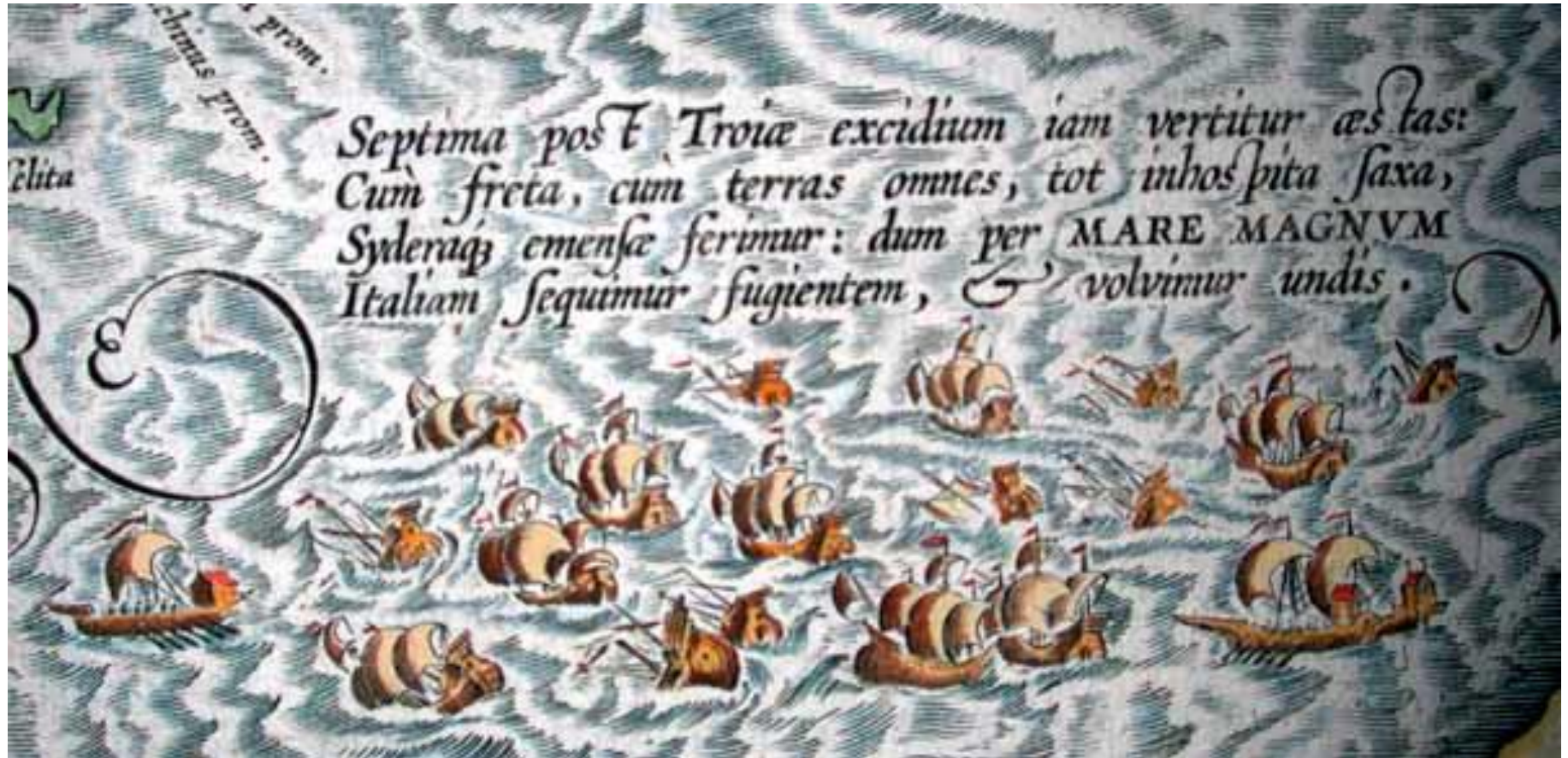


C.U.G.RI.

Consorzio inter-Universitario
per la Previsione e Prevenzione dei Grandi **R**ischi
Università di Salerno - Università di Napoli "Federico II"



**Aeole, tibi divom pater atque hominum rex
et mulcere dedit fluctus et tollere vento
(Eneide, I,65)**



In linea di principio, il problema è noto da tempo.

Negli ultimi tempi,

per la determinazione del clima del moto ondoso si ricorre all'impiego di serie storiche ottenute con modelli di ricostruzione del moto ondoso a partire dai dati di vento meteorologici. Tali modelli vengono sistematicamente calibrati e verificati attraverso l'uso di tecniche di misura remota (principalmente altimetri satellitari) ed esiste una ricca letteratura a supporto della loro validità.

The method is based upon synthetic (analysis, reanalysis) data deriving through the chain:

- 1 Global Weather Model Archive Data.**
- 2 Local Area Weather Model(s).**
- 3 Wave Generation and Propagation Model.**
- 4 Statistical analysis of the synthetic wave data on the site.**

(Wave transformation on shallow water can be added to either step **3** or **4**.)

numerical weather forecast models are now widely available,
together with long records of past analyses and forecasts:
ECMWF, NECP, State Agencies...



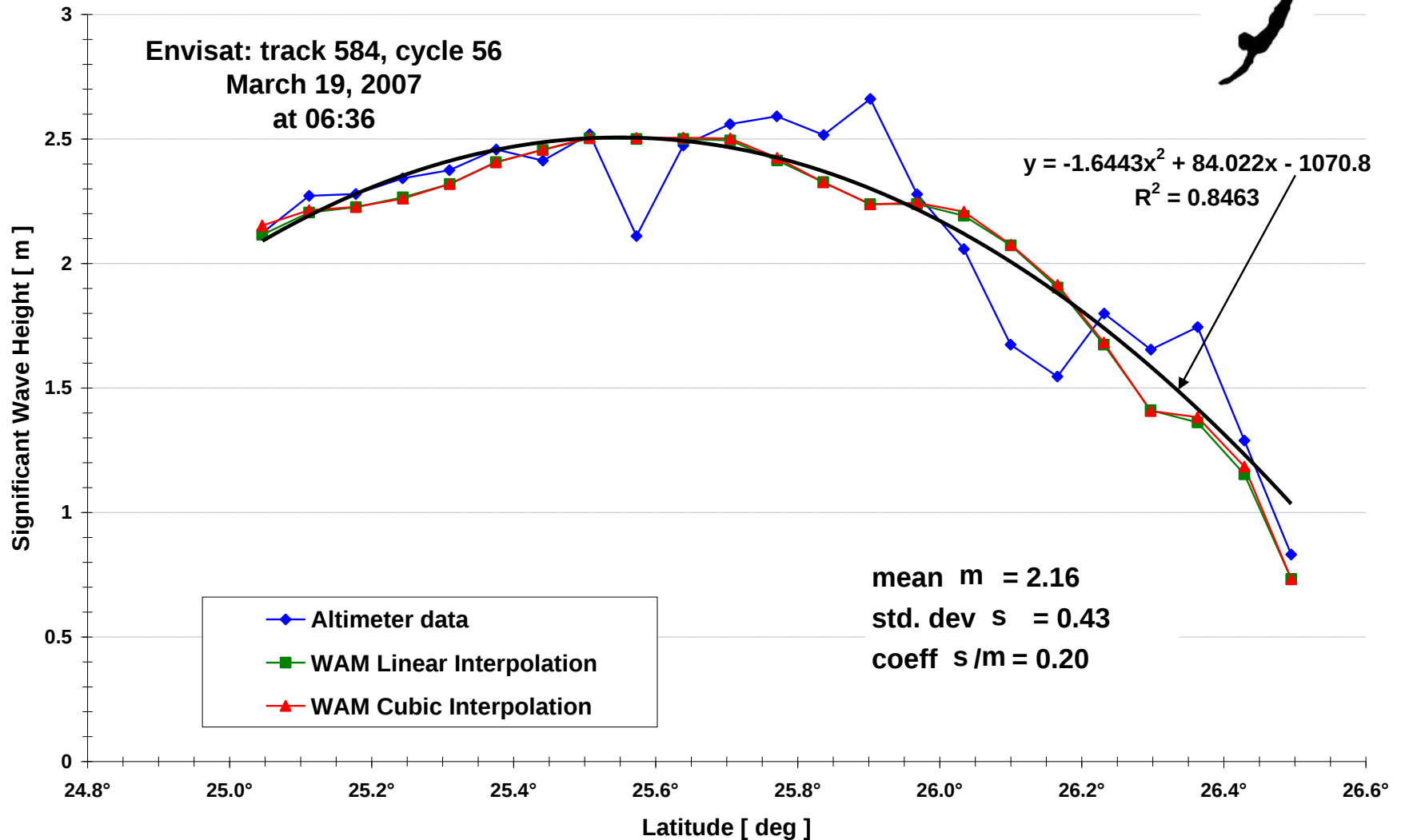
UKMO, Oceanweather...

At a price!



A volte, tutto funziona

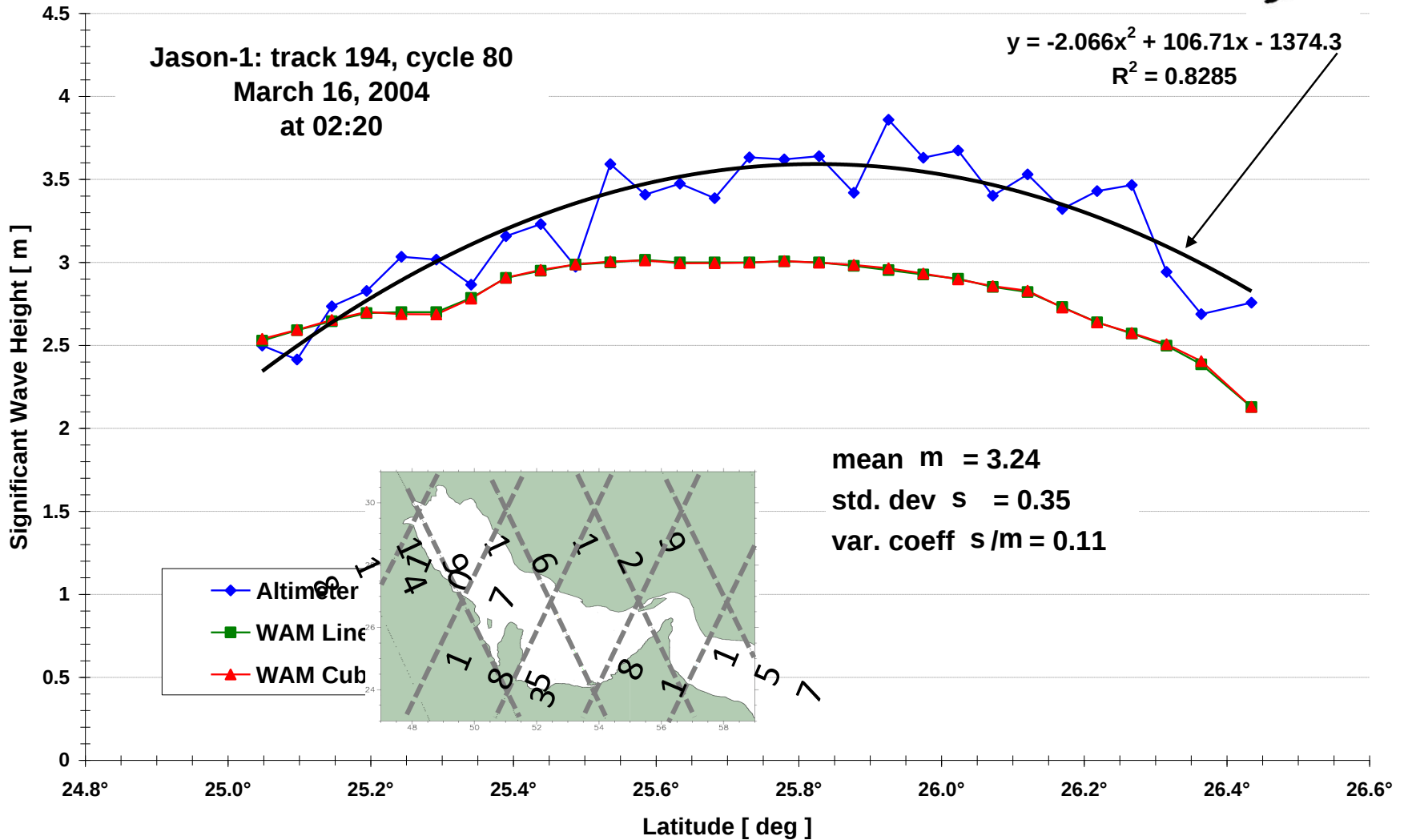
***Senza calibrazione
del modello!!***



WAM model
KISR Kuwait Institute for Scientific Research
No calibration

A volte, no

... non tutte le ciambelle..



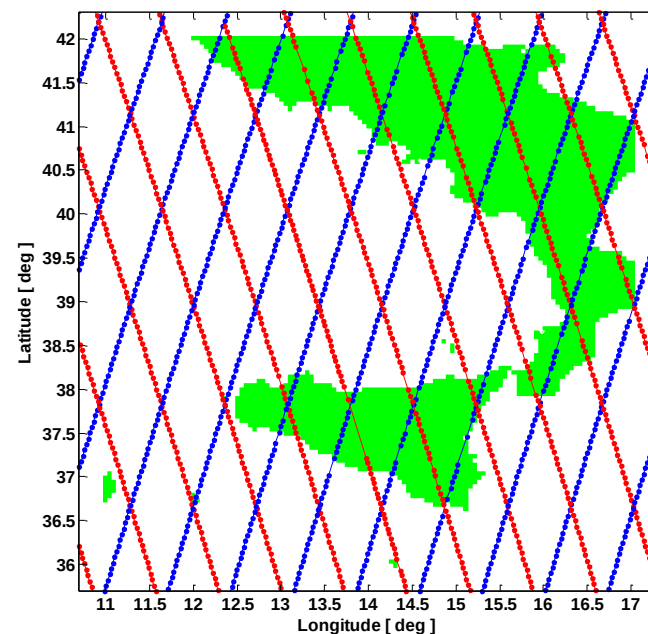
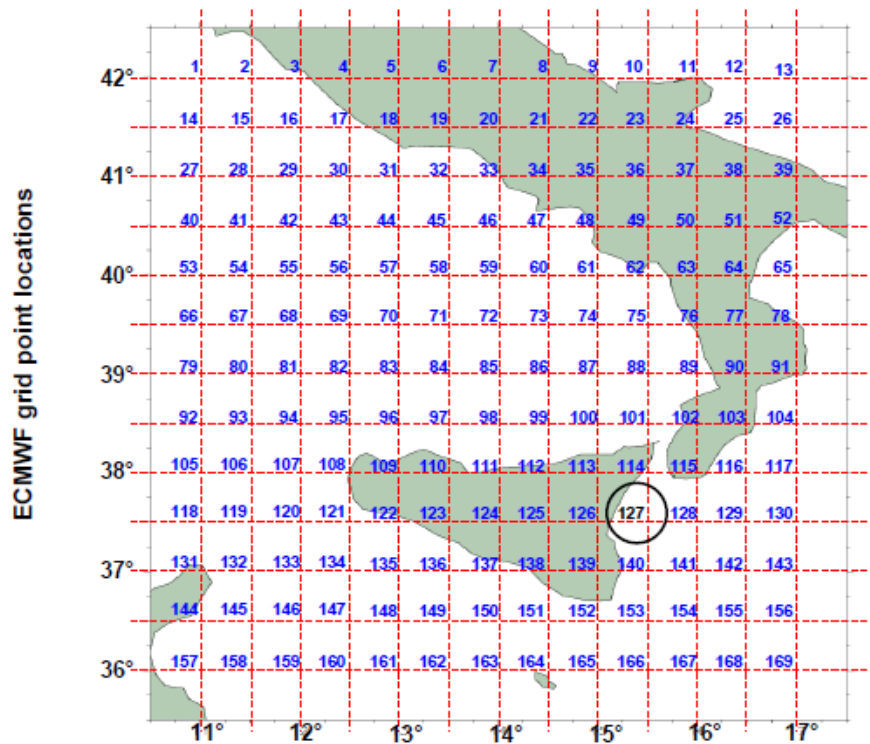
WAM model
KISR Kuwait Institute for Scientific Research
No calibration

Ma è ragionevole sperare che col tempo le cose miglioreranno

I modelli vengono continuamente aggiornati e migliorati
dal punto di vista numerico e dal punto di vista della
parametrizzazione

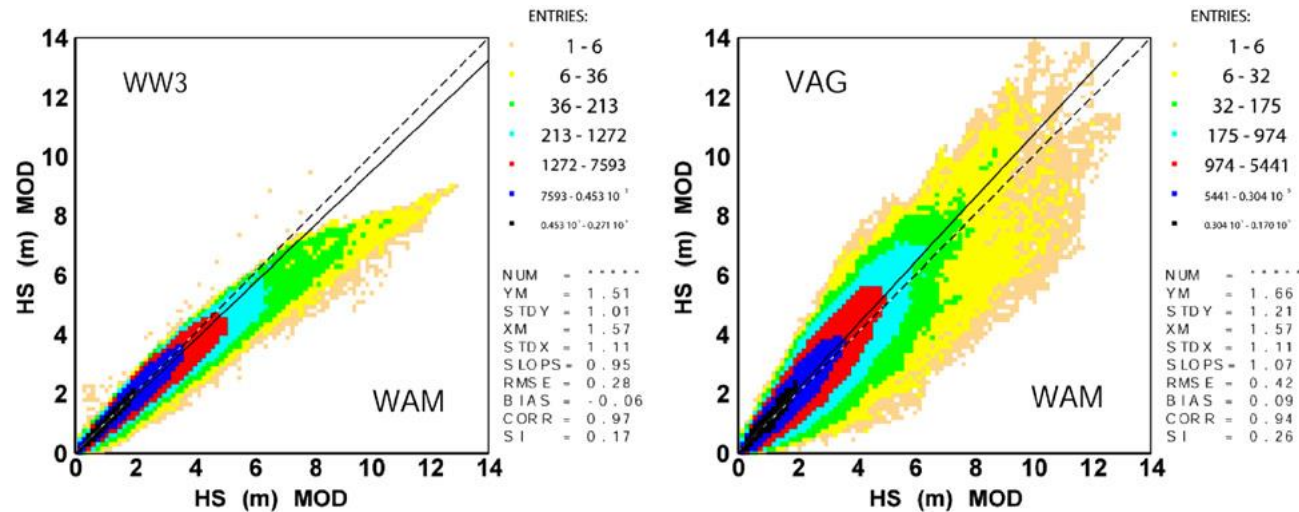
Le tecniche di assimilazione (principalmente da altimetri
satellitari) sono sempre più curate

La risoluzione è sempre maggiore



Nettuno, CNMCA

Cavaleri, L. and Sclavo, M. 2006. The calibration of wind and wave model data I n the Mediterranean Sea. Coastal Engineering, Vol.53 No. 7 pp. 613–627.



Woolf, P.D. Cotton, and P.G. Challenor, 2003 “Measurements of the offshore wave climate around the British Isles by satellite altimeter” Phil. Trans. Roy. Soc. London Series a-

Una massa di dati imponente con frequenti calibrazioni e verifiche da parte della comunità scientifica.

Dunque, la valutazione dei valori estremi degli stati di mare per la progettazione delle opere offshore e marine può essere considerata un capitolo chiuso!

(?!)



“La situazione è un po’ più complessa”

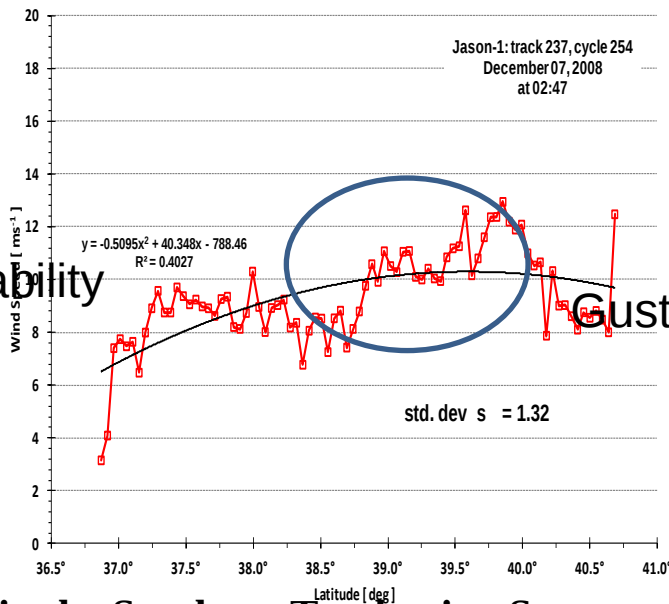
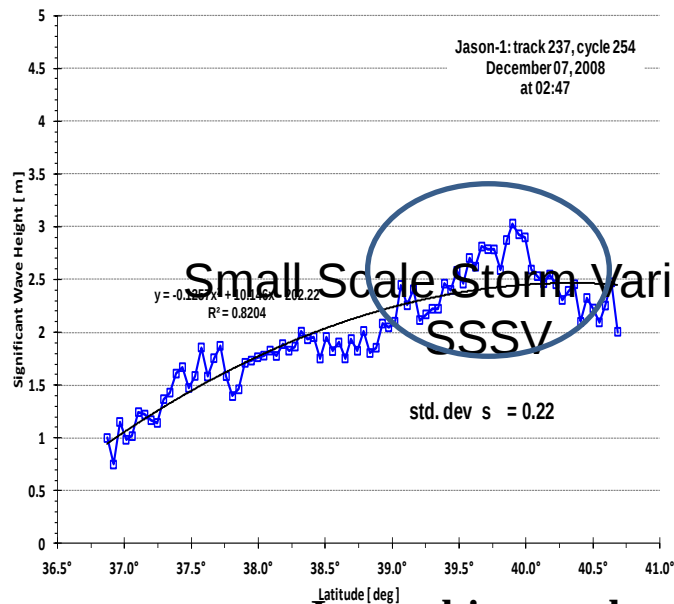
Giulio Andreotti a Eugenio Scalfari [Sorrentino 2008]



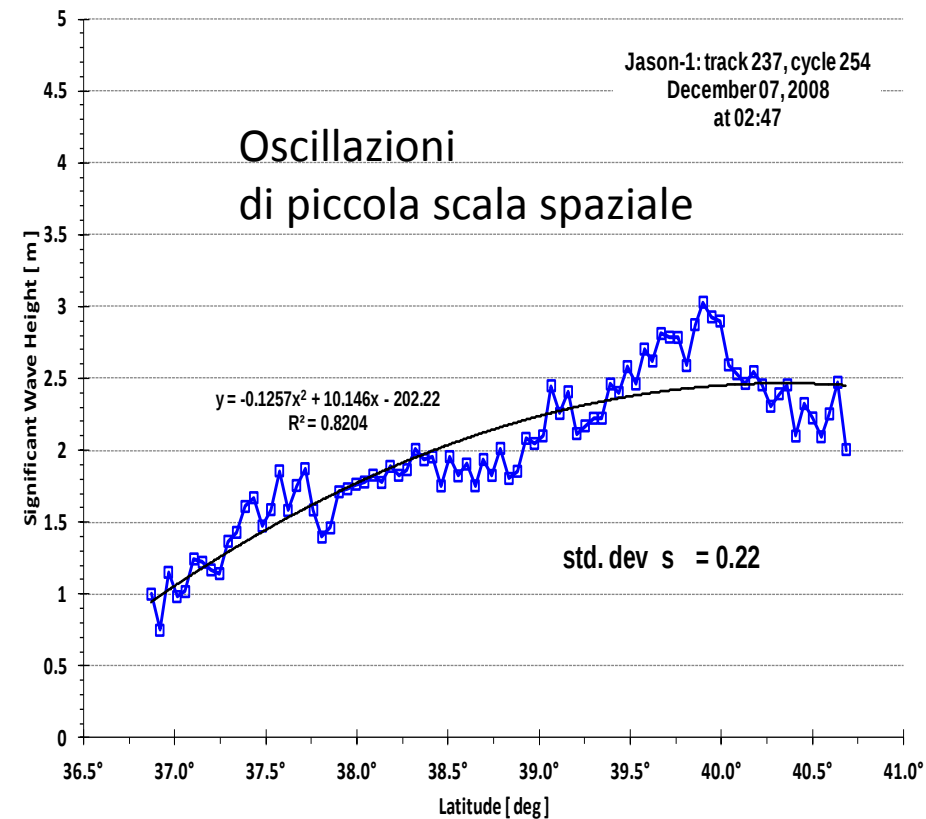
«Il Divo Giulio», Sorrentino 2008

Una delle complessità è costituita dalle oscillazioni di breve durata e di piccola scala spaziale, **sia del vento, sia dell'altezza significativa**

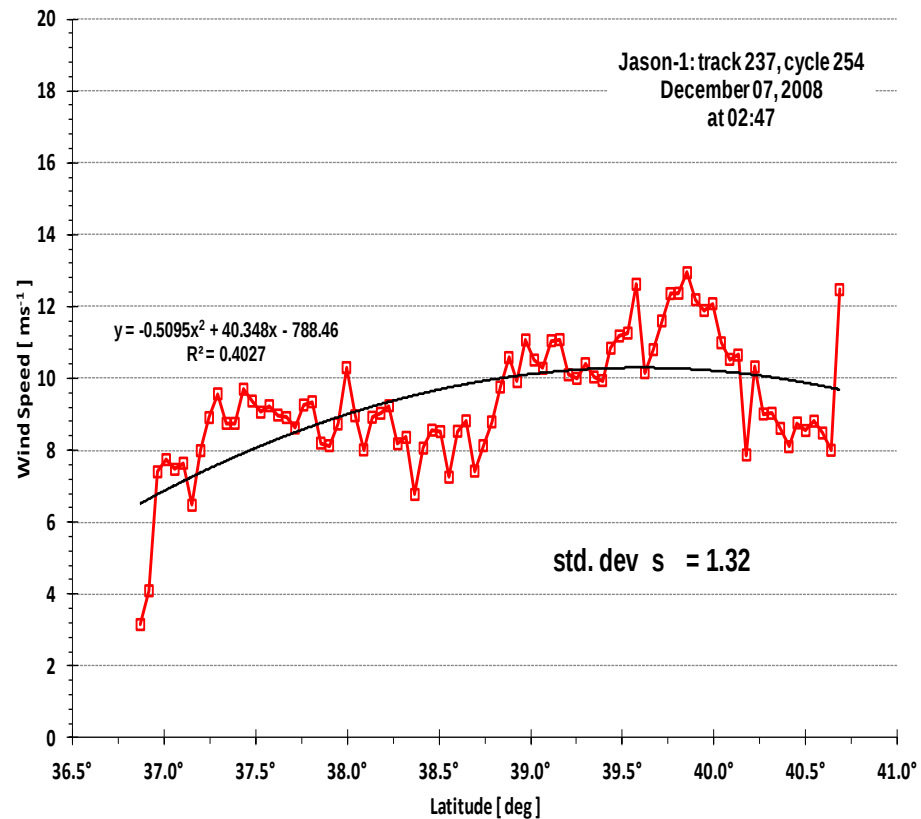
Queste oscillazioni si vedono sia sui rilievi altimetrici satellitari di vento ed onda...



Jason altimeter data in the Southern Tyrrhenian Sea. .



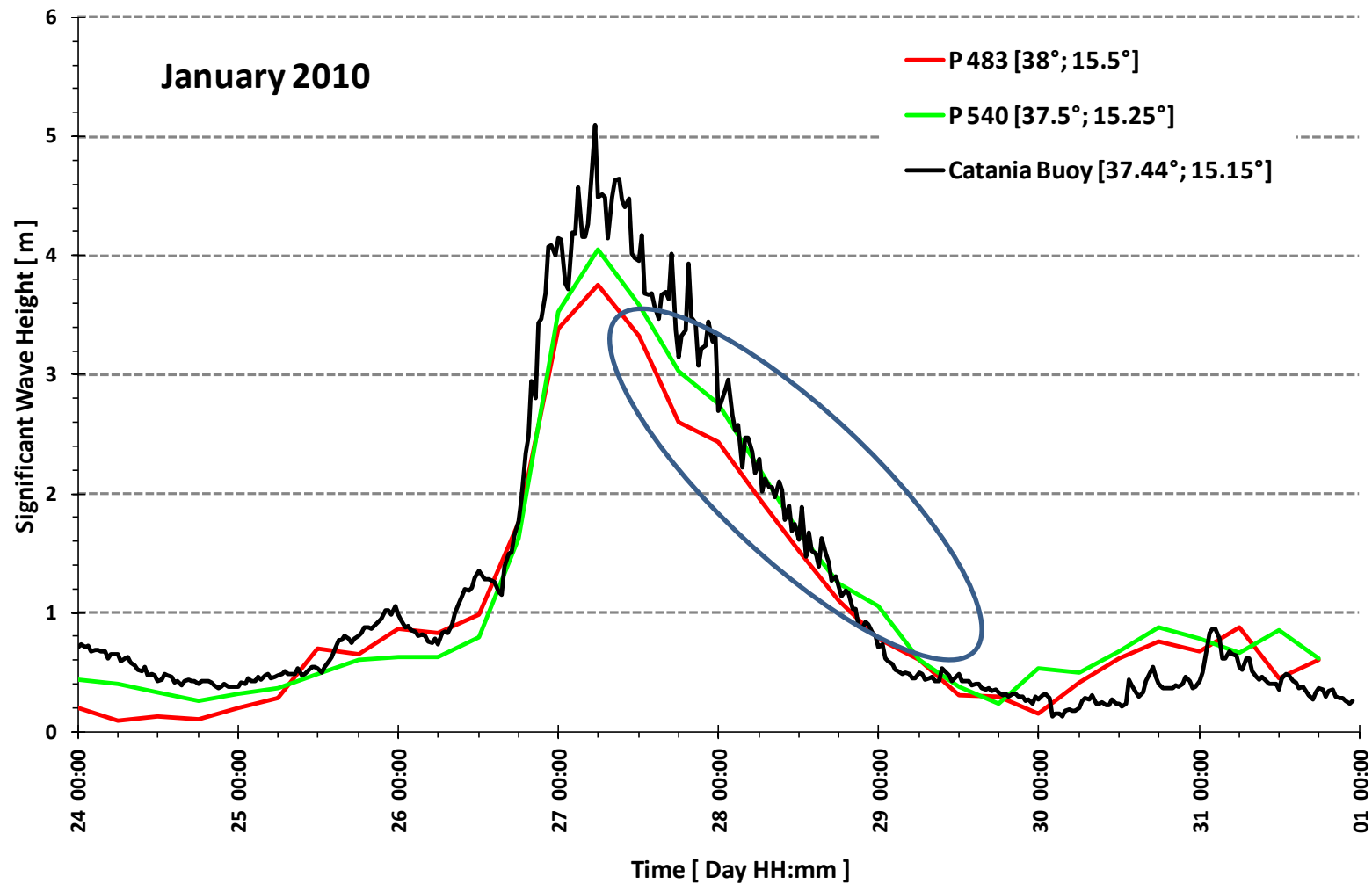
Small Scale Storm Variability SSSV



Gustyness

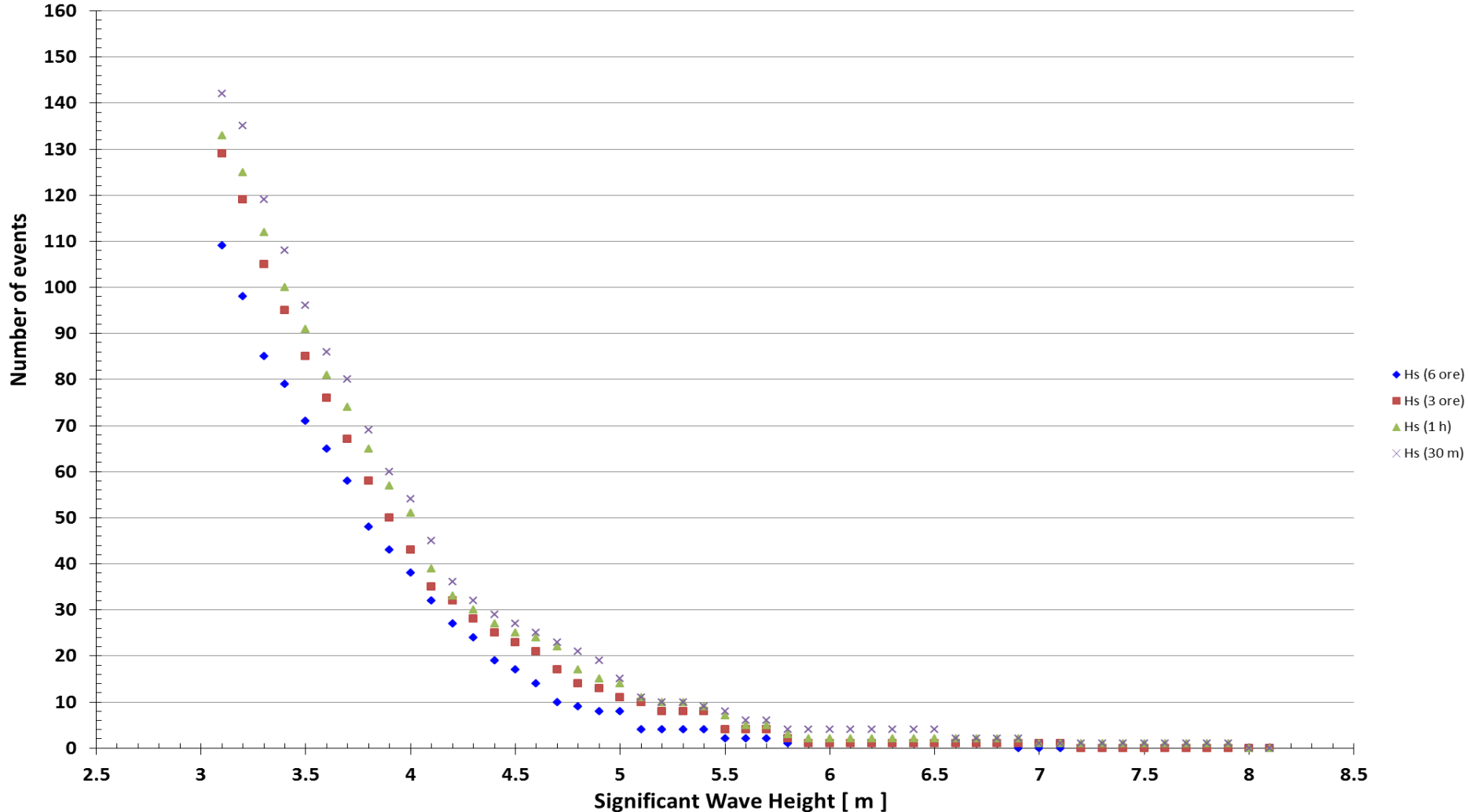
**Jason altimeter data in the Southern Tyrrhenian Sea.
Left: SWH; right: wind speed; curve: best fit parabola.**

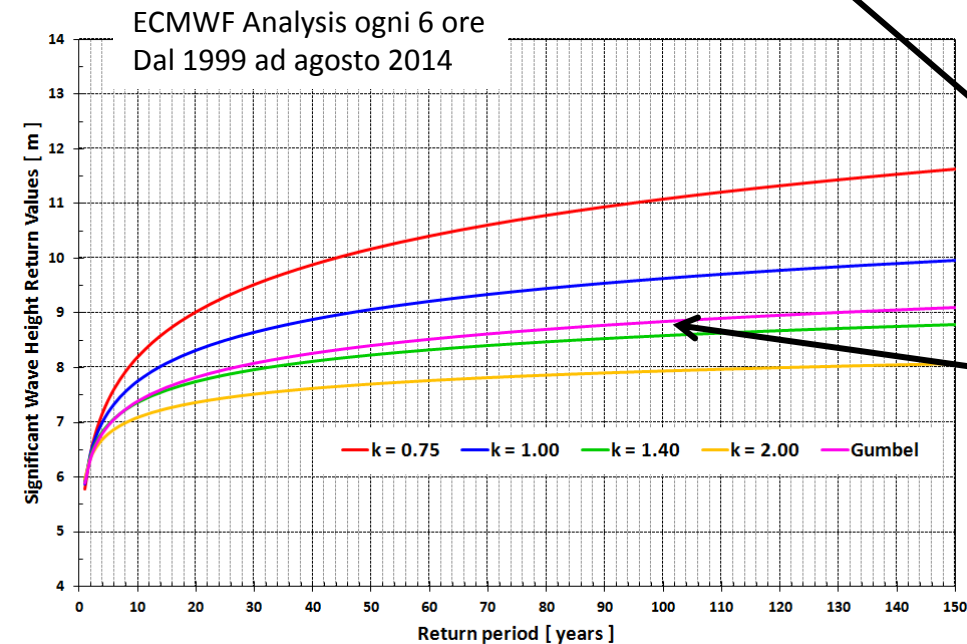
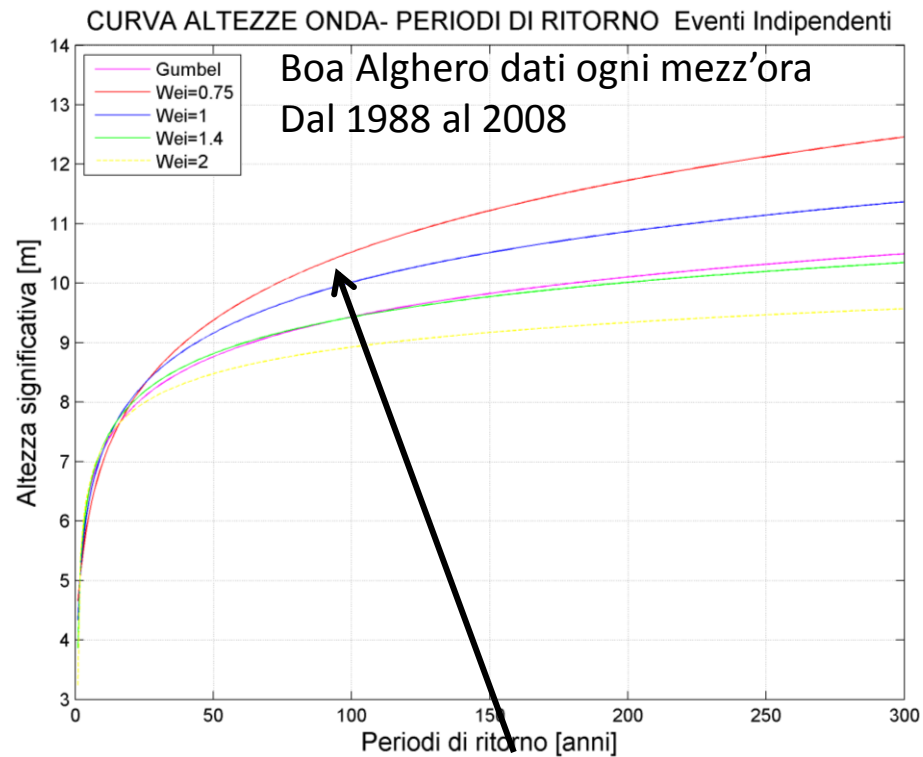
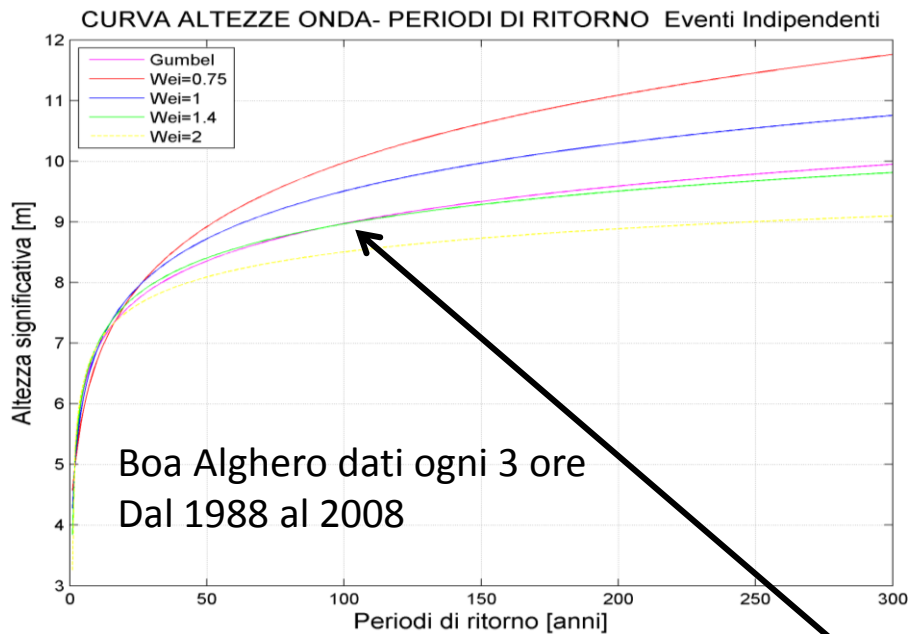
...sia sui rilievi di boa



Tant'è che degradando la frequenza di campionamento dei dati, le frequenze dei valori estremi variano...

Analysis Ponza Buoy_6h_3h_1h_30m
"empirical frequency distribution"





Per $T = 100$ dati boa ogni mezz'ora $H_s \approx 9.5$ m
(Weibull $k=1.4$ e Gumbel)

Per $T = 100$ dati boa ogni 3 ore $H_s \approx 9.0$ m
(Weibull $k=1.4$ e Gumbel)

E da qui alcuni problemi quando si usano dati di modello

La risoluzione, soprattutto
Temporale delle elaborazioni

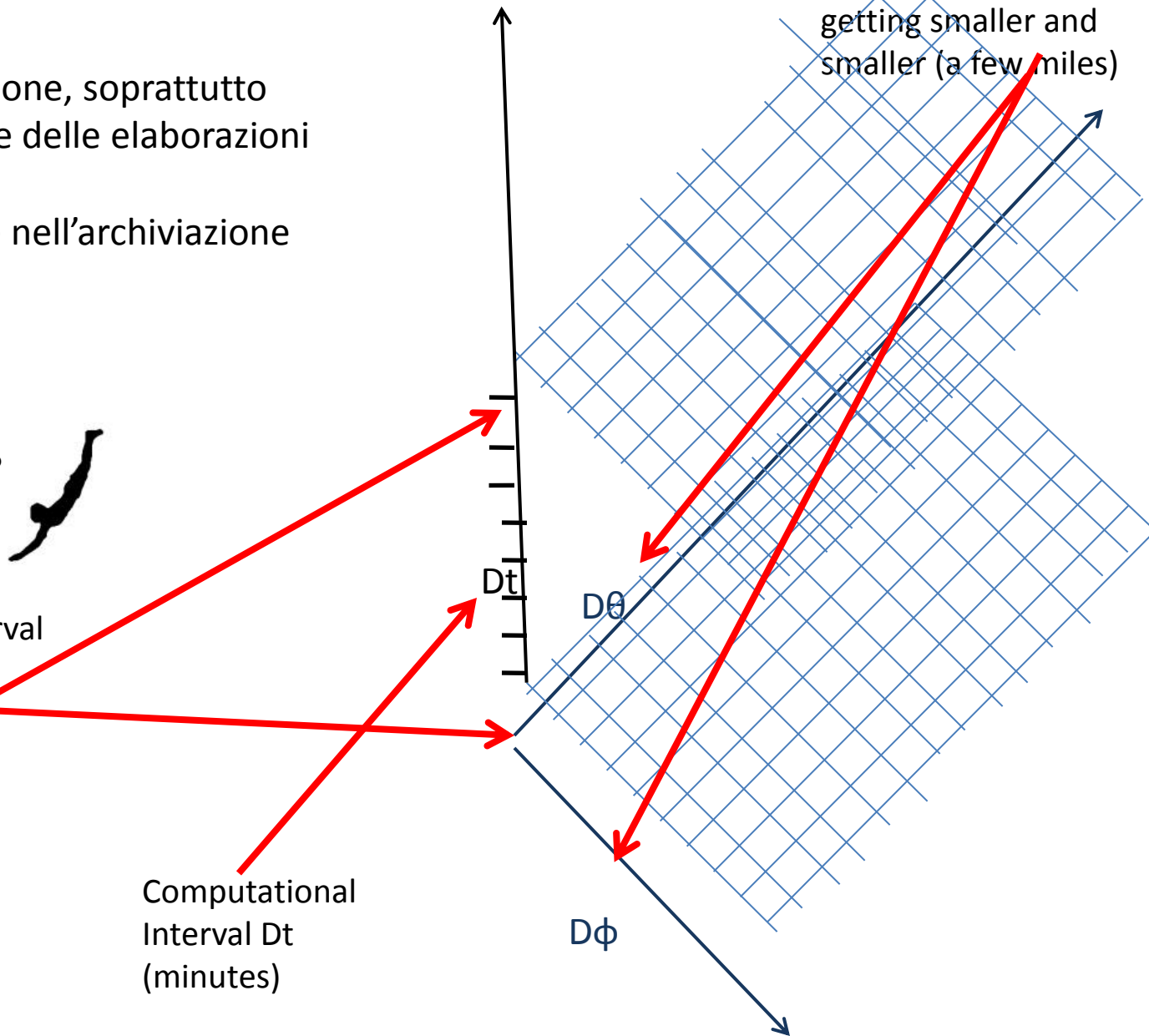
Ma anche nell'archiviazione

Bastera'
aumentare
la risoluzione?

Storage interval
Interval D_s
(1,3 , 6 hrs)

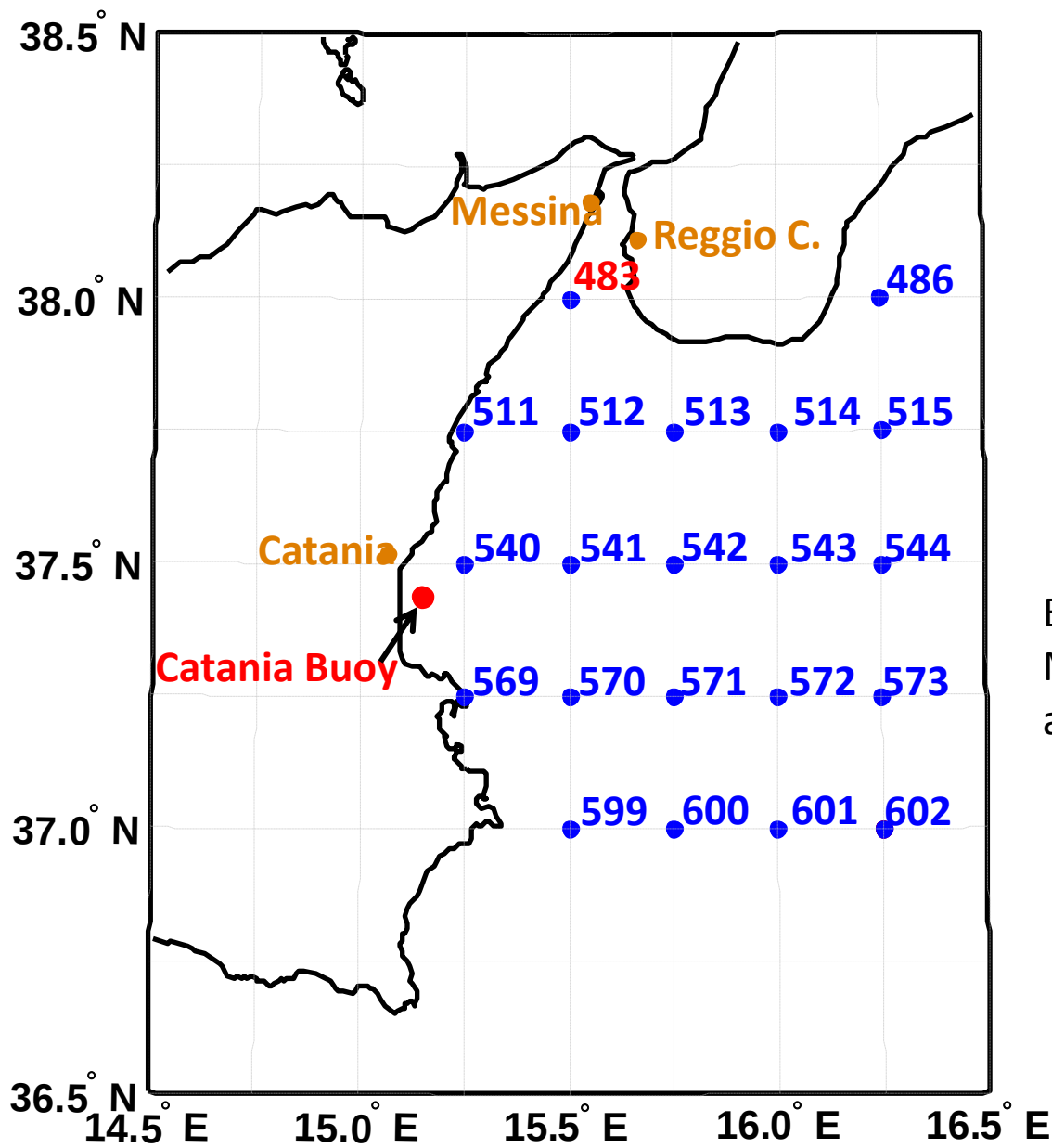
Computational
Interval D_t
(minutes)

Computational
space intervals are
getting smaller and
smaller (a few miles)



Infatti, andando a verificare:

Dati boa RON Buoy Catania vs ECMWF punto 540



ECMWF grid points
Mediterranean wave
analysis model.

Dati boa RON Buoy Catania vs ECMWF punto 540

January 2010

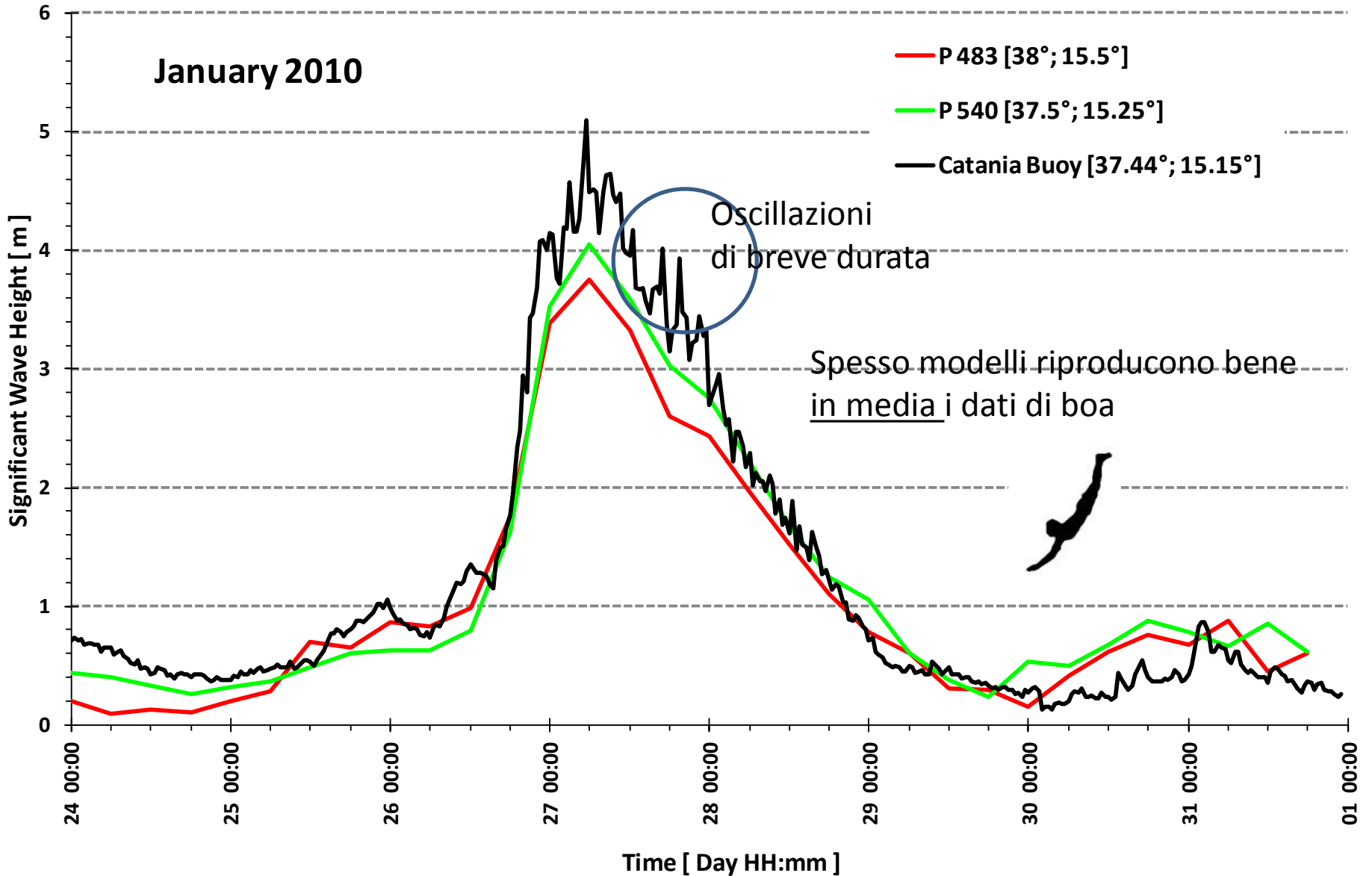
— P 483 [38°; 15.5°]

— P 540 [37.5°; 15.25°]

— Catania Buoy [37.44°; 15.15°]

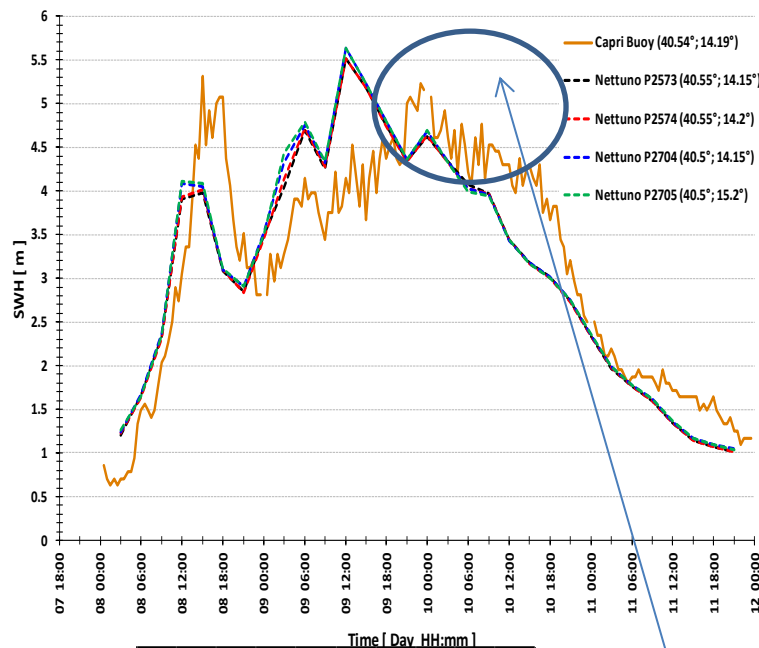
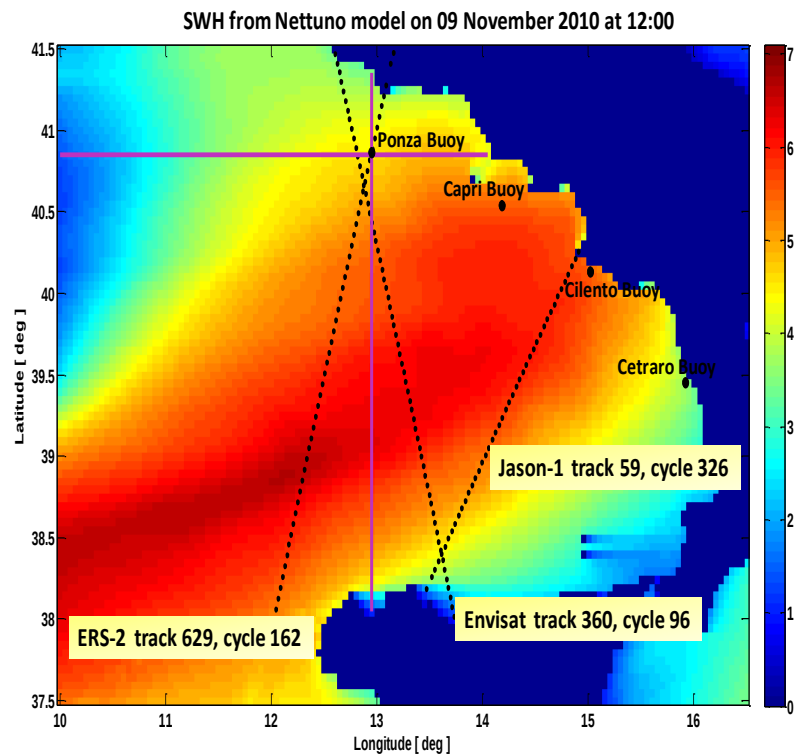
Oscillazioni
di breve durata

Spesso modelli riproducono bene
in media i dati di boa

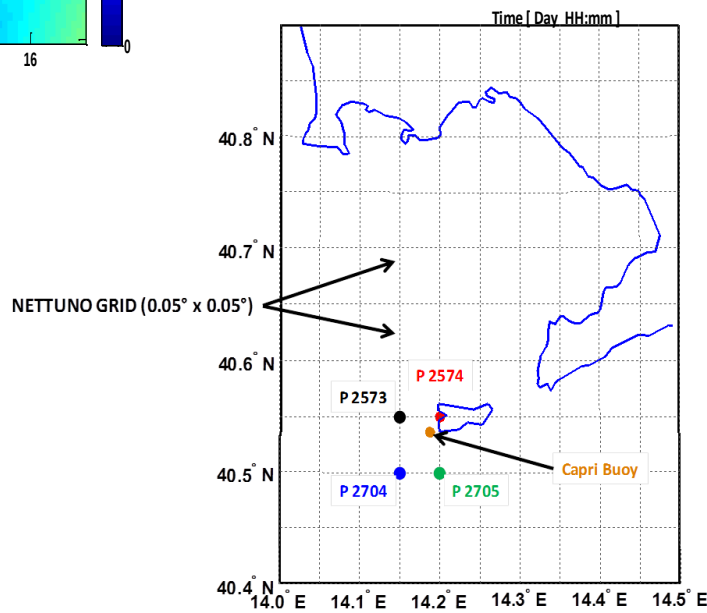


Boa Protezione Civile Catania

Modello Nettuno CNMCA vs Boa Capri Protezione Civile Campania



I modelli riproducono bene
in media i dati di boa



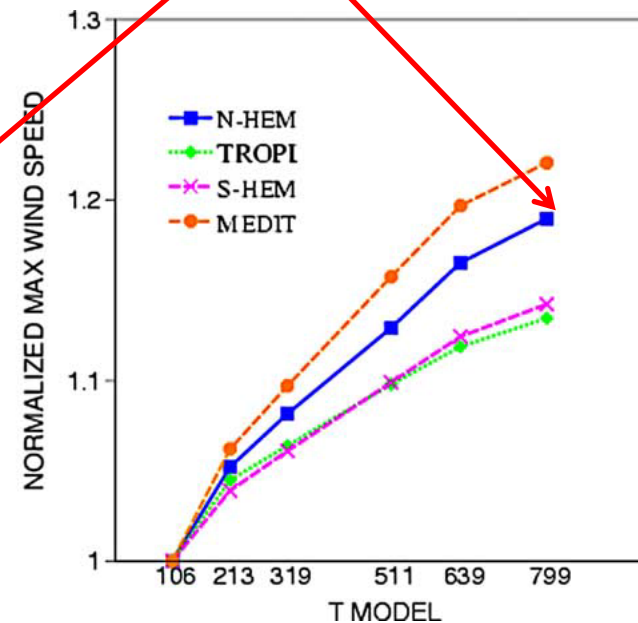
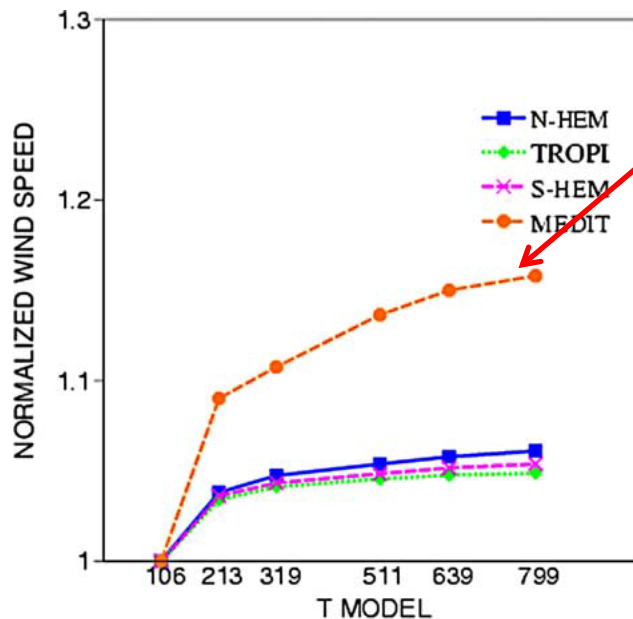
Oscillazioni
di breve durata

Bastera' aumentare la risoluzione?



I guru ci dicono:

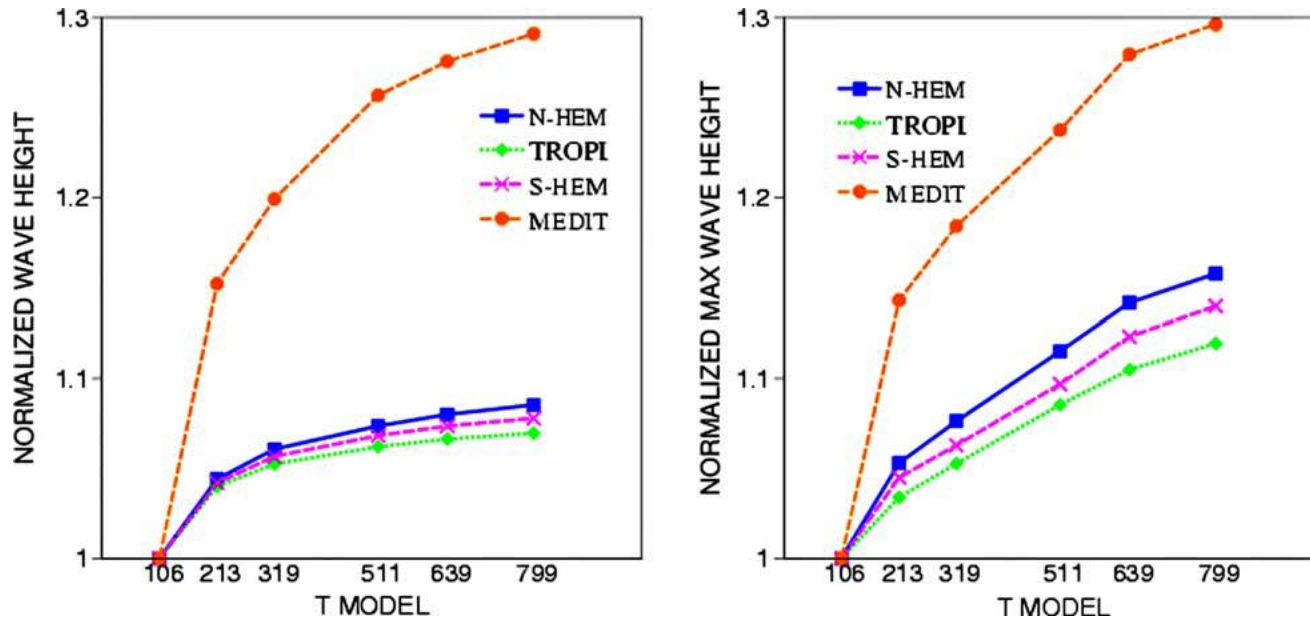
Il vento calcolato si assesta con l'incremento della risoluzione.
Ma i massimi, nel Mediterraneo, non tanto



Left panel: relative increase of the wind speeds with the resolution of the meteorological model.

Right panel: as the left diagram, but for maximum wind speeds.

Anche le Hs calcolate si assestano all'aumentare della risoluzione.
Ma i massimi, nel Mediterraneo, non tanto



Left panel: relative increase of the wave heights with the resolution of the meteorological model. Right panel: as the left diagram, but for maximum wave heights.

Better resolution improves results

Big deal!



E quindi, ai fini ingegneristici, non si può basare sui soli modelli Globali. Sono necessari i LAM (Limited Area Models)

Sarà proprio così?
Vedremo nel seguito:
Gaslikova et al



In restricted seas
In the ocean, it may be different



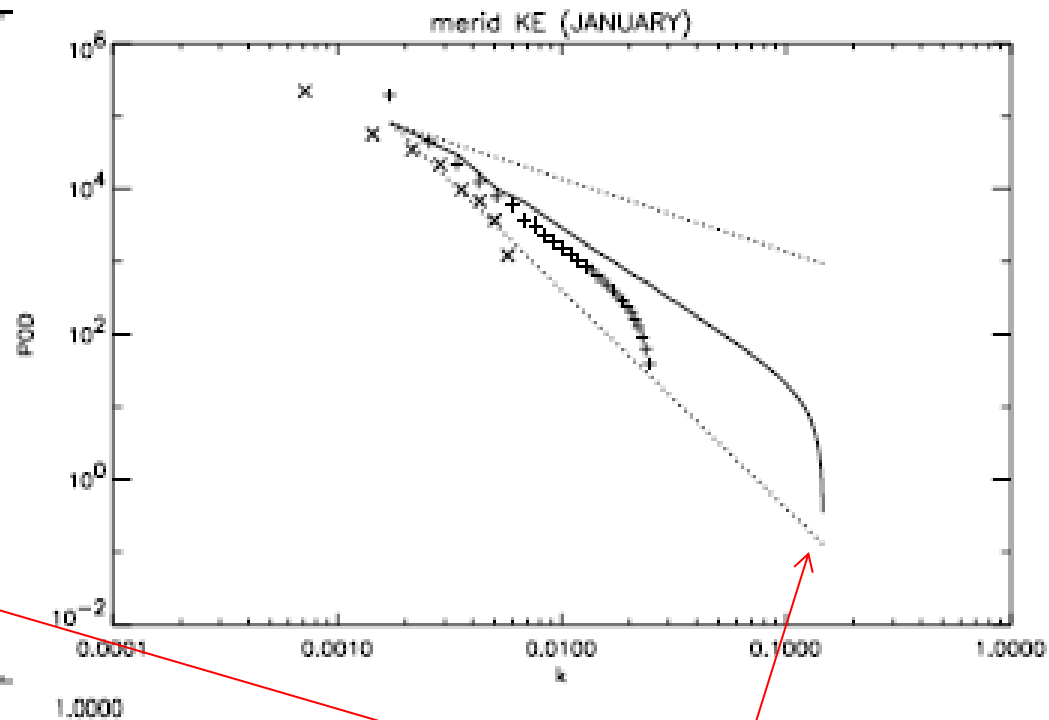
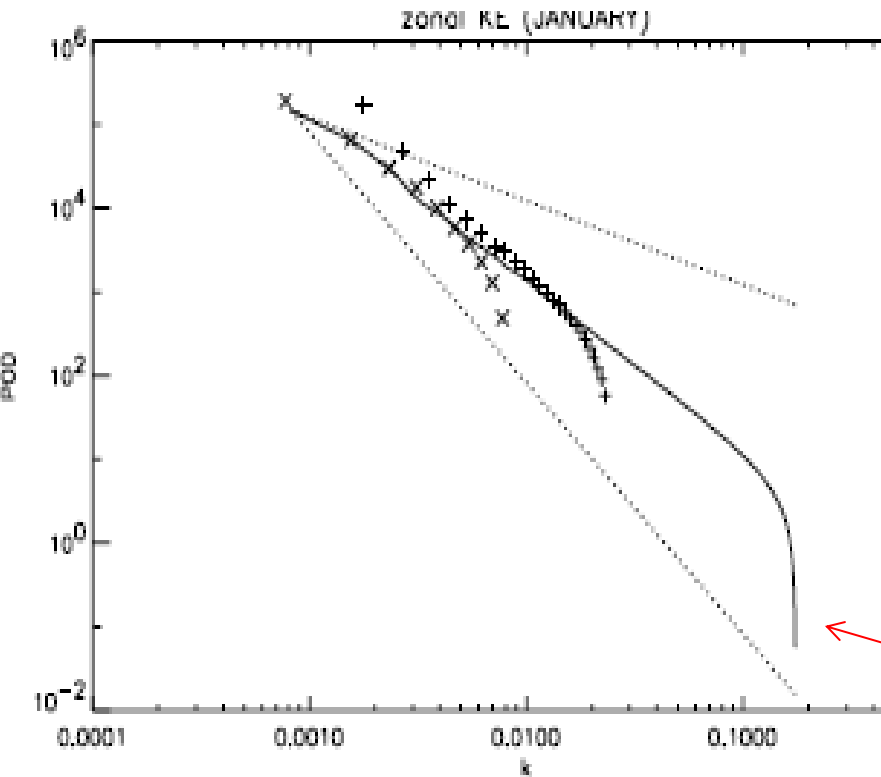
E poi: Basterà? **Una griglia molto piccola ci potrà dare analisi e previsioni perfette?**
anche su piccola scala?

“small scale” refers to the smallest resolvable scales of an atmospheric dynamical model (i.e., scales smaller than the filter scale). They might be used to infer the magnitude of “subgrid” scale motions

Frehlich & Sharman 2004 “Estimates Of Turbulence from Numerical Weather Prediction Model Output with Applications to Turbulence Diagnosis and Data Assimilation” Monthly Weather Review

Remember turbulence!





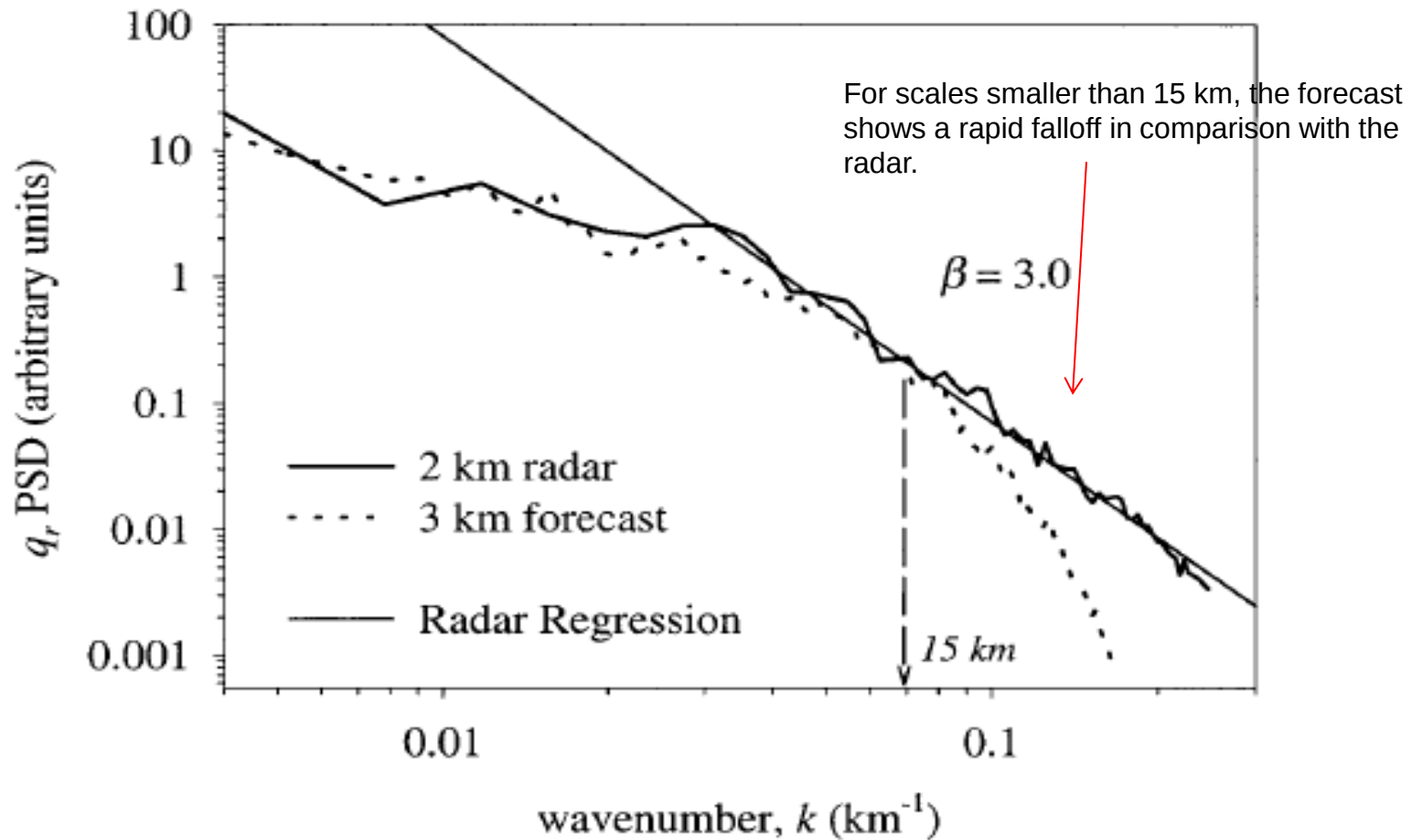
Kinetic energy as a function of zonal and meridional wave number
NCEP reanalysis (x) LMDZ (+) BOLAM (solid line).

Maximum resolved scale
about 40 km

L'effetto degli schemi numerici rimuove le onde di lunghezza $2\Delta x - 3\Delta x$.

"So the smallest resolvable wave is at least $3\Delta x$ The real numerical resolution is actually even lower"

*Cheruy, Speranza, Sutera and Tartaglione: Surface winds in the Euro-Mediterranean area:
the real resolution of numerical grids Annales Geophysicae (2004)*



Spatial Fourier power spectral density (PSD) for forecast (*dotted line*) and radar-observed *solid line* rain
 Reasonable agreement at scales larger than 15 km

MONALDO: BUOY-ALTIMETER COMPARISON OF WIND SPEED AND WAVE HEIGHT

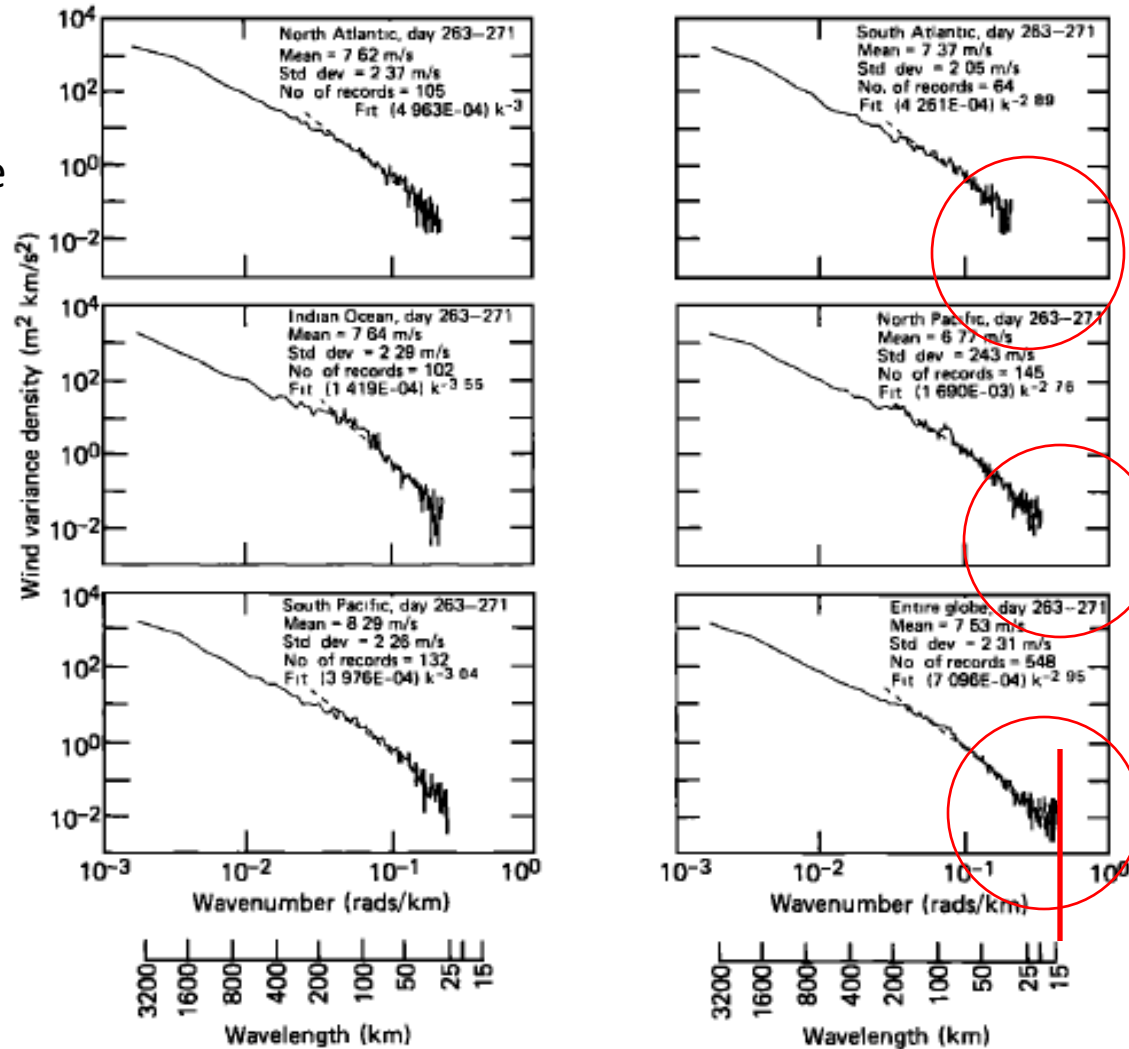
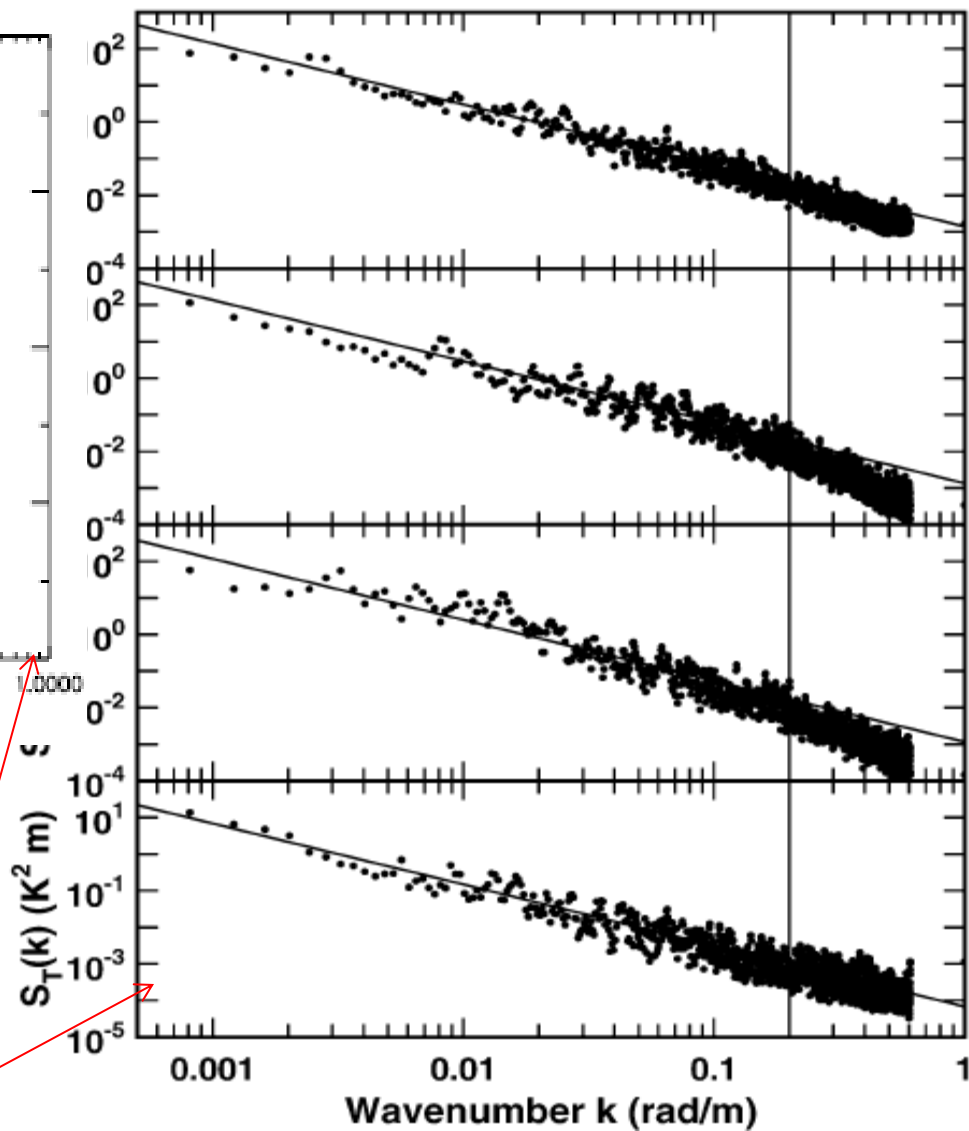
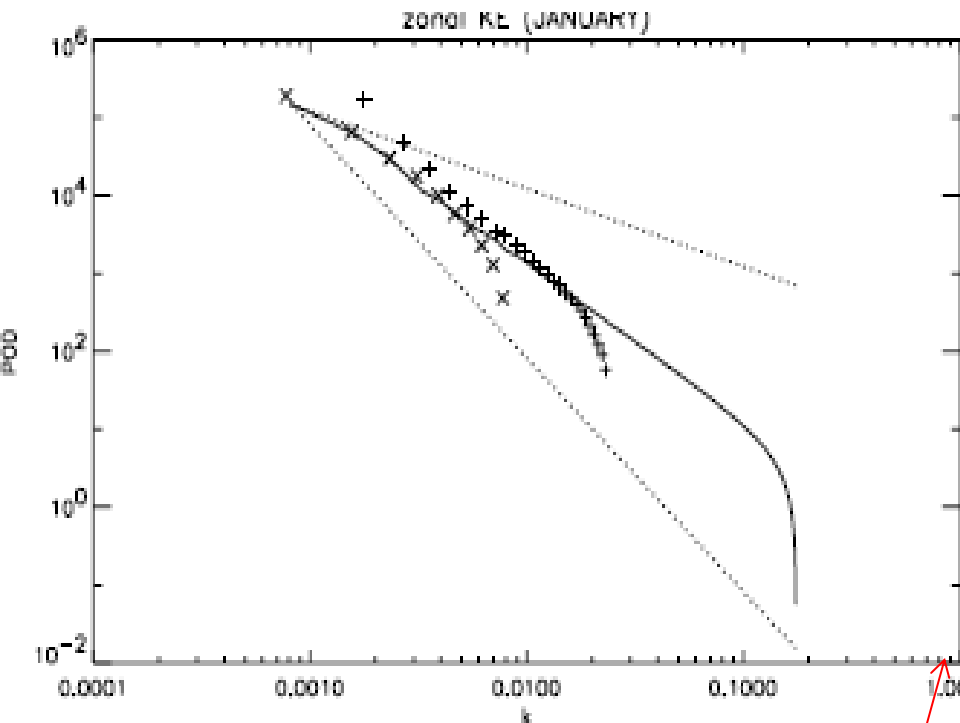


Fig. 9. Wind-speed variance spectra calculated from Seasat altimeter wind speed estimates for days 263 through 271, 1978. For each plot, a fit of the form ak^{-b} is shown as a dashed line. The spectral forms shown here have an approximate k^{-3} dependence.



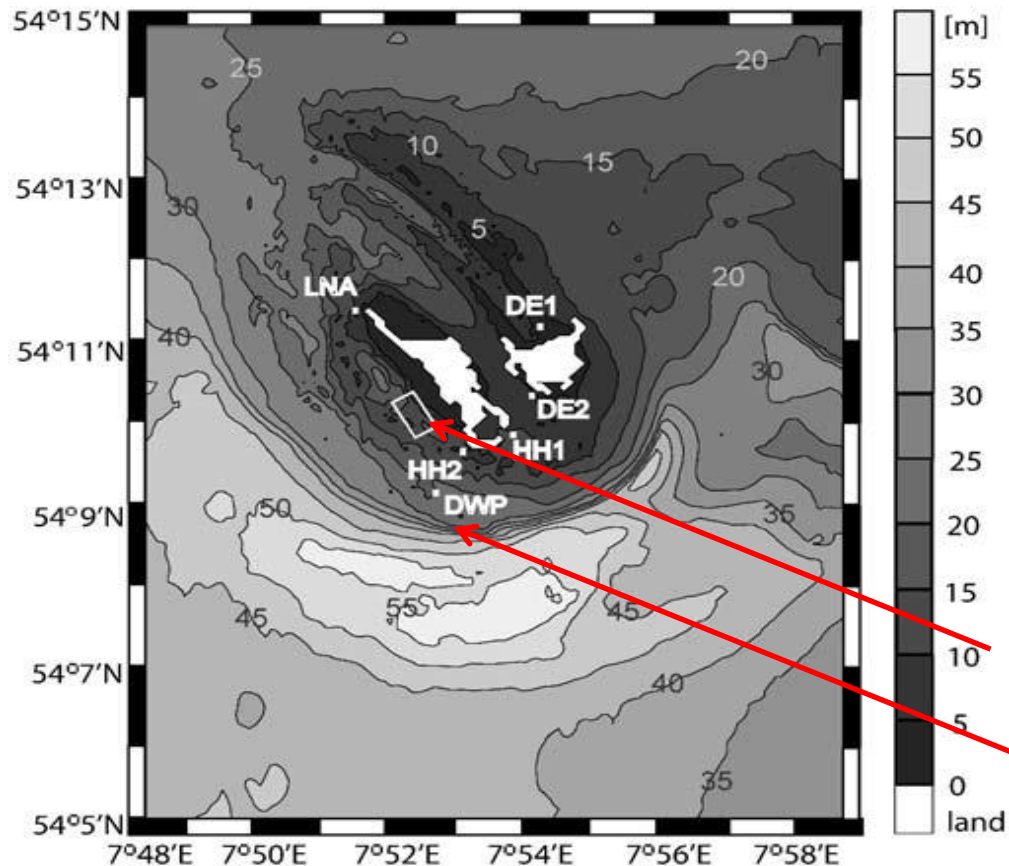
Lower scales are “turbulence like”

Lidia Gaslikova, Ralf Weisse Estimating near-shore wave statistics from regional hindcasts using downscaling techniques Ocean Dynamics (2006)

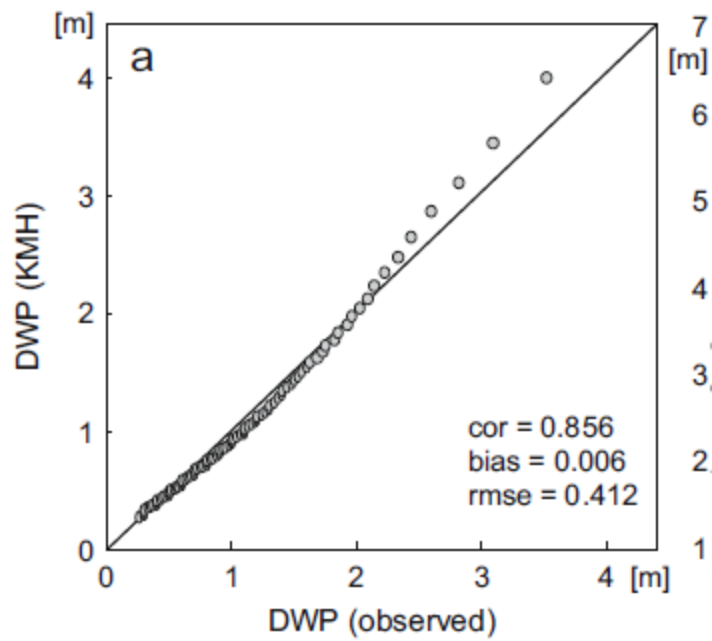
Una cascata di modelli :

A coarse run with an approximate resolution of 50×50-km North Atlantic and the North Sea : HCG run
finer run with a resolution of 5×5 km covered the North Sea south from 56°N (HFG run) using the HCG data as boundary conditions

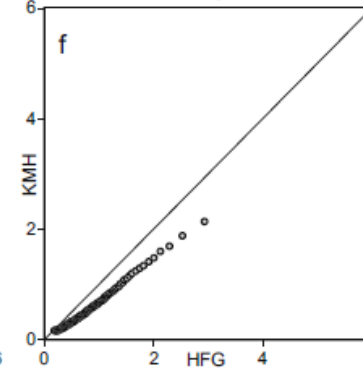
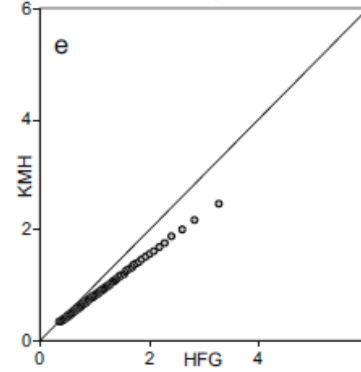
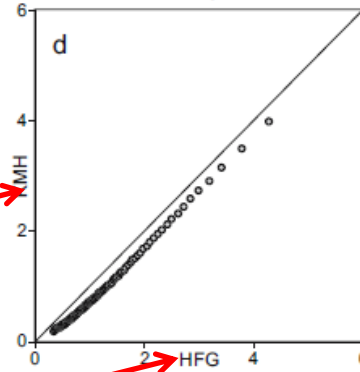
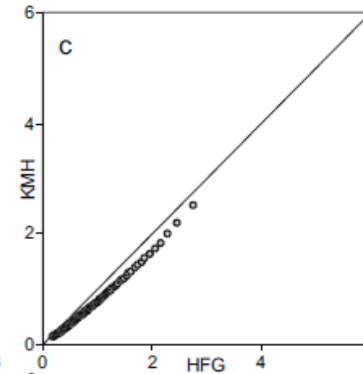
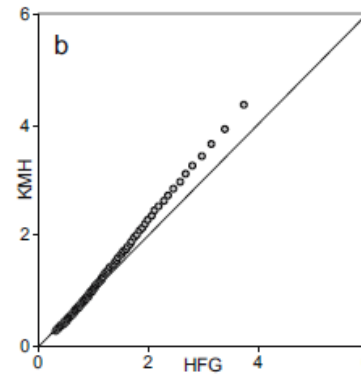
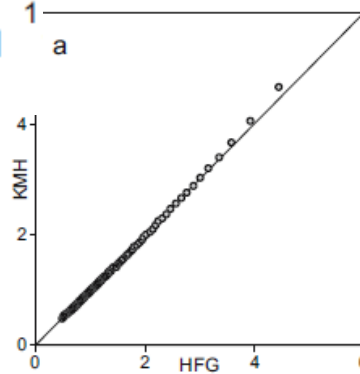
KMH model domain comprises an area of about 15×15 km at a spatial resolution of **100×100 m**.(!) for the vicinity of Helgoland, The. A propagation time step of 4 s was adopted. Forcing sources comprise hourly near-surface wind fields



In the simulations, wave integrated parameters (such as significant wave height, peak period, peak direction, etc.) stored hourly



Deep water buoy



Altissima risoluzione

risoluzione minore

Gaslikova & Weisse propongono:

As an alternative to time-consuming high resolution wave modeling, the use of less expensive statistical–dynamical methods to obtain detailed wave statistics

Tecniche di downscaling : *It was found that*

all three methods considerably improved the estimation of extreme wave statistics compared to the driving large-scale hindcast and can be used as alternatives in case of limited computing resource

Si limitano però
a Hs triorari!



INSOMMA:

Le procedure per la valutazione dei valori estremi basate sull'uso indiscriminato dei dati di modello possono indurre errori rilevanti, soprattutto nei mari chiusi come il Mediterraneo.



Da una parte l'affidabilità dei modelli meteorologici – motore principale della generazione sintetica del moto ondoso - in situazioni topografiche ed orografiche complesse è minore rispetto a quella che si può ottenere negli oceani; dall'altra è possibile che nelle elaborazioni statistiche i valori estremi di altezza d'onda vengano sottovalutati, soprattutto perché l'intensità delle mareggiate è soggetta a variazioni di breve estensione spaziale e temporale.

Il miglioramento della risoluzione, ottenuto mediante l'innesto di modelli ad alta risoluzione – tipo *Gaslikova & Weisse*, *Besio et al*, porta indubbiamente al miglioramento della conoscenza dei valori del moto ondoso anche in assenza di misure locali. Resta tuttavia il dubbio che la variazione quasi caotica delle azioni del vento su tempi e spazi limitati possa porre un limite alla qualità delle estrapolazioni necessarie per gli alti tempi di ritorno; limite che potrebbe essere in tal caso superato solo ricorrendo a downscaling di carattere probabilistico basati anche sulla conoscenza dei fenomeni locali di breve estensione temporale e spaziale

Gran parte del lavoro illustrato è stato svolto, nel corso degli anni, su contratti:

AMRA per la Regione Campania (Protezione Civile 2006-2008 _ Calabrese – Pugliese Carratelli-Marsella), Autorità Portuale di Napoli (2010), MIUR, CUGRI

Grazie per le utili discussioni ed i dati forniti

S. Corsini, R. Inghilesi, G. Nardone (APAT-ISPRA), M. Biafora (Prot. Civile Campania), K. Rakha, K. Albanaa (KISR, Kuwait), L. Torrisi (CNMCA), Luigi Cavaleri (CNR), G. Besio (Università di Genova)

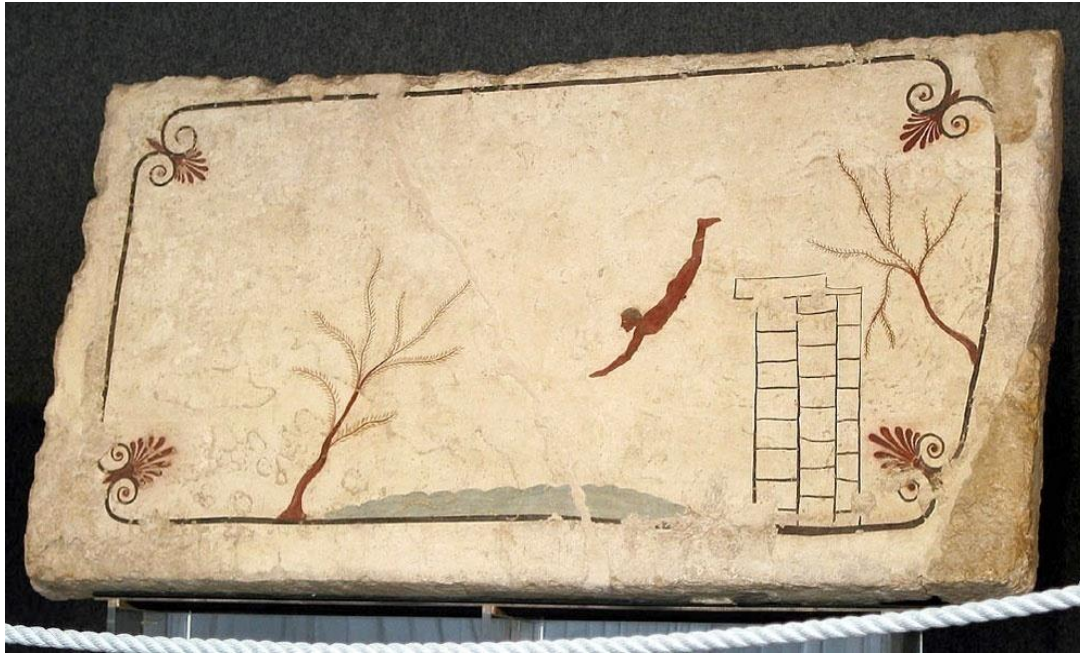
Grazie per l'ispirazione e l'aiuto indiretto:

Publio Virgilio Marone, il Tuffatore di Paestum, Giulio Andreotti, Eugenio Scalfari, Paolo Sorrentino

Dati di Altimetro Satellitare da:

Radar Altimeter Database System (RADS) <http://rads.tudelft.nl/rads/rads.shtml>

ESA/EO Project 1172 "Remote Sensing of Wave Transformation", E-Surge www.storm-surge.info/



**La tomba del
Tuffatore
Paestum
(ca. 480-470 AC)**