



**Monitoraggio in tempo reale, prevedibilità
ed avvisi degli stati di mare**

Dissertation by:
Antonio Ricchi

Overview

- ***Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte***
- ***Osservazioni al “suolo”***
- ***Osservazioni da Satellite***
- ***Osservazioni “live”(!?)***
- ***Dall'osservazione alla “previsione” (modelli numerici) e “predicibilità”***
- ***Dalla “larga scala” alla “scala locale”***
- ***Simulare passato, presente...futuro***

Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

SINOTTICHE



synoptikós, da sy'nopsis "sguardo d'insieme"

Che avviene su una scala

spaziale ampia (migliaia di km)

ed in **orari precisi, gli orari sinottici (00UTC, 06UTC, 12UTC, 18UTC)**. Nulla vieta di avere

osservazioni sinottiche a orari «random»

IN-SITU



Osservazioni «puntuali» effettuate
su un determinato punto geografico o
su piccolissime aree.

Sono spesso orario-indipendenti, ma nulla vieta
di «campionare» ad orari sinottici

Non coprono «vaste aree»

Un ampio numero di misure in-situ copre «vaste aree»...
ma ad orari diversi

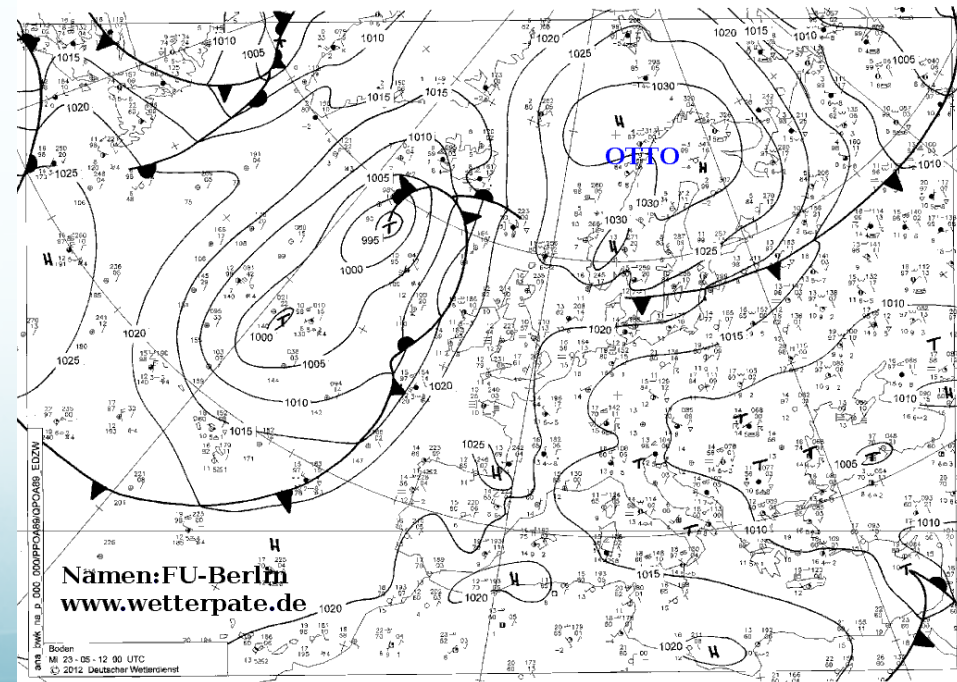
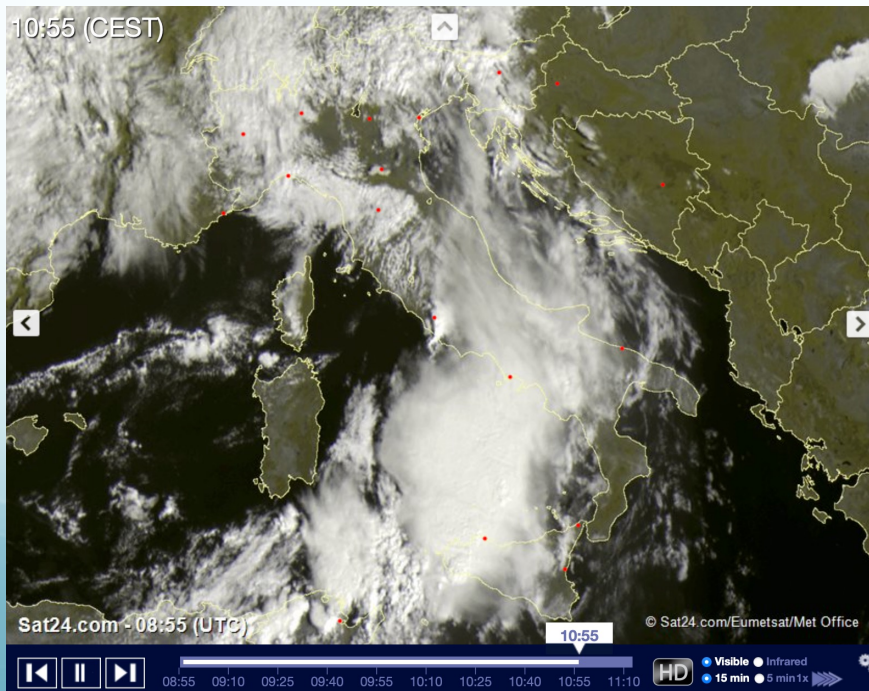
Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

SINOTTICHE

Satellitare : Il satellite acquisisce un dato che poi viene rielaborato dai centri di calcolo a terra e distribuiti in continuo, o appunto, agli orari sinottici, questo dipende dal tipo di misura.

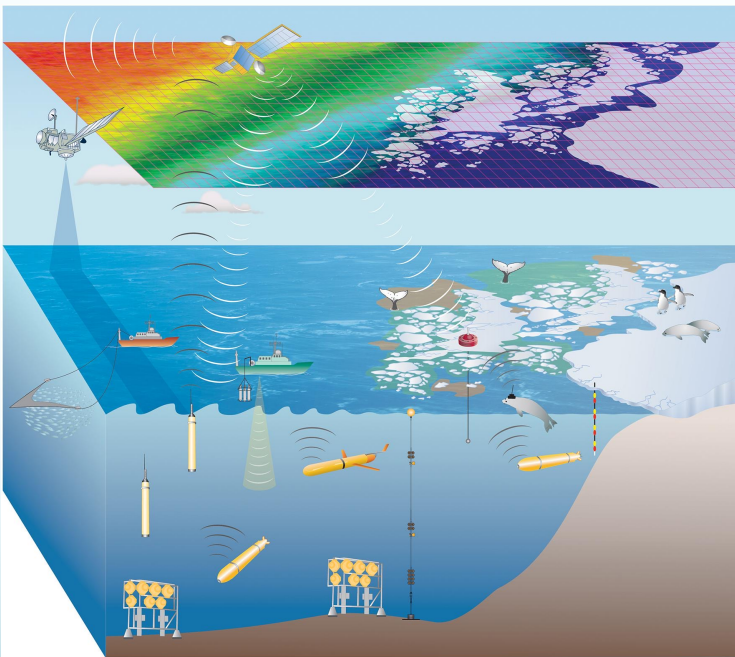
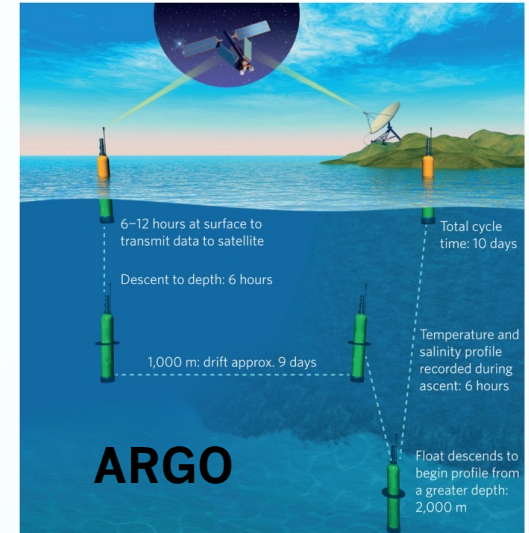
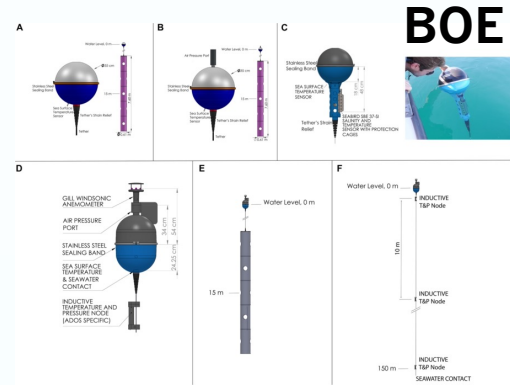
Al suolo : Una (ormai numerosa) rete di Osservazioni campionate con molteplici strumenti permette di avere un'osservazione, su punti fissi, ma continui nel tempo. Da qui vengono «interpolati» i dati e si creano mappe e dati «continui» nello spazio.



Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

IN-SITU



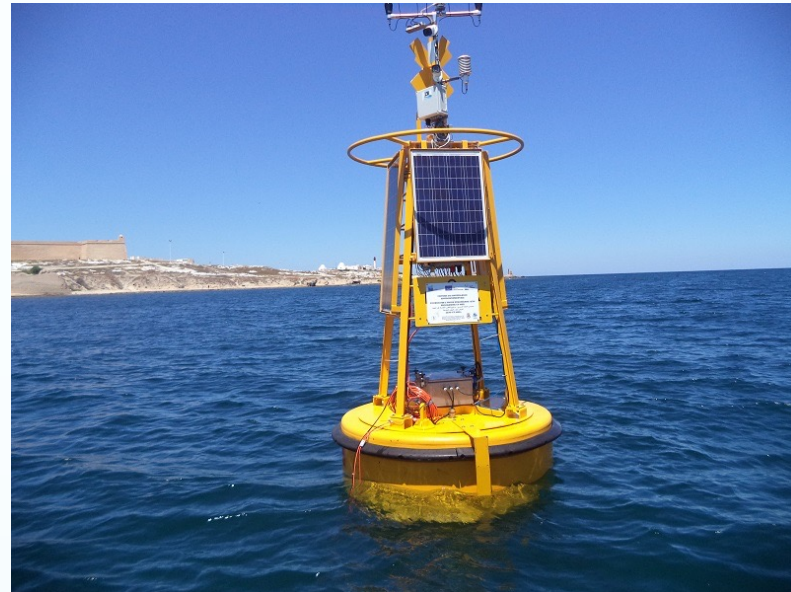
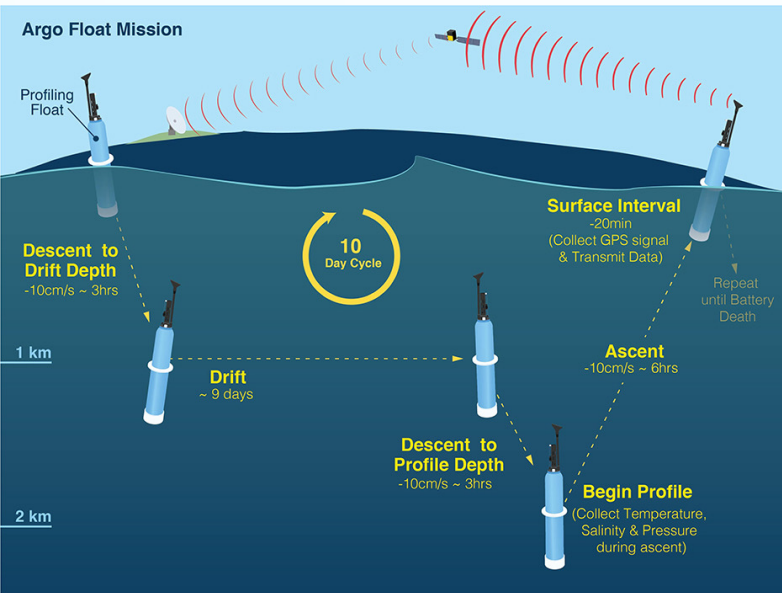
Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

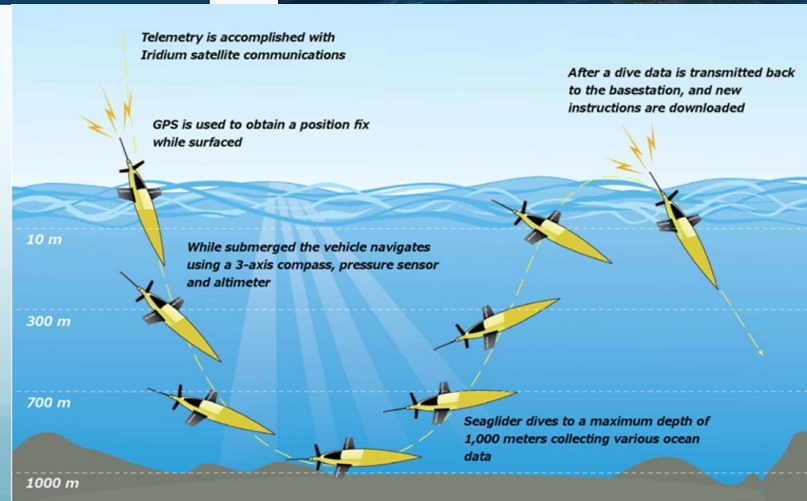
IN-SITU

ARGO

BOE



GLIDER

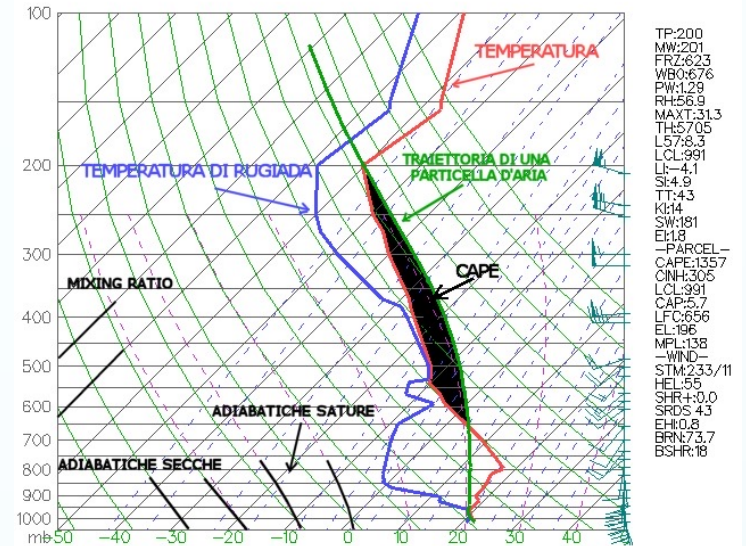
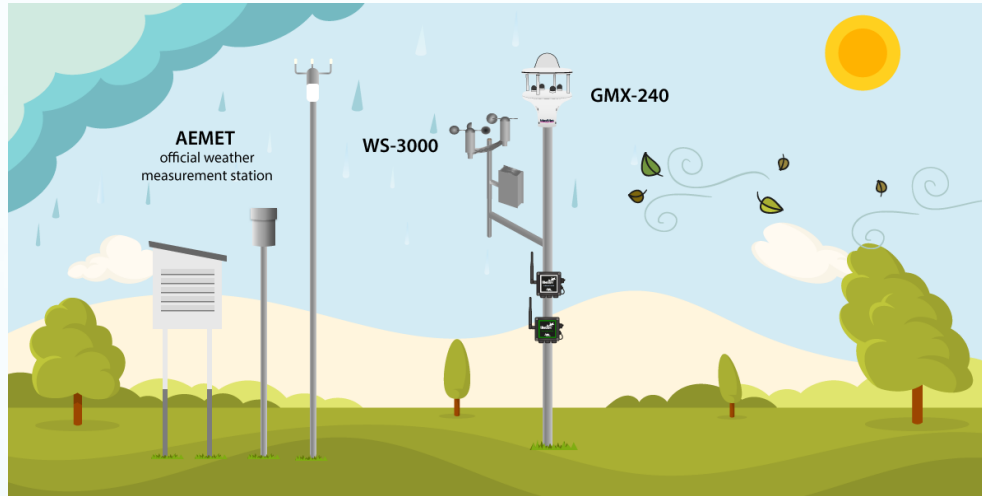


Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

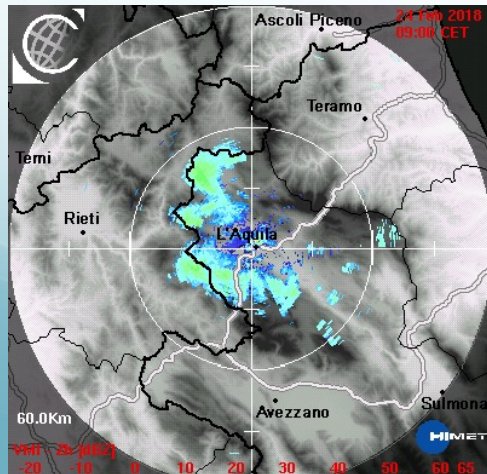
Osservazioni :

IN-SITU ATMOSFERA

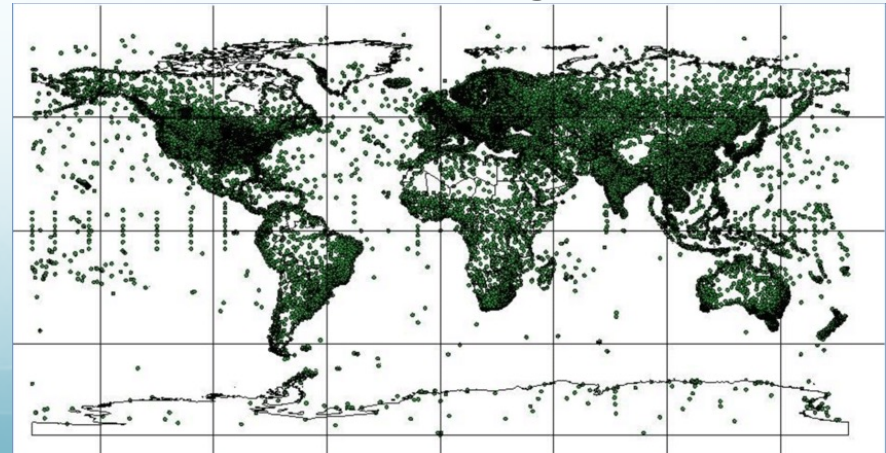
Stazione meteo multi-parametrica



RADAR



Rete stazione globale



Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

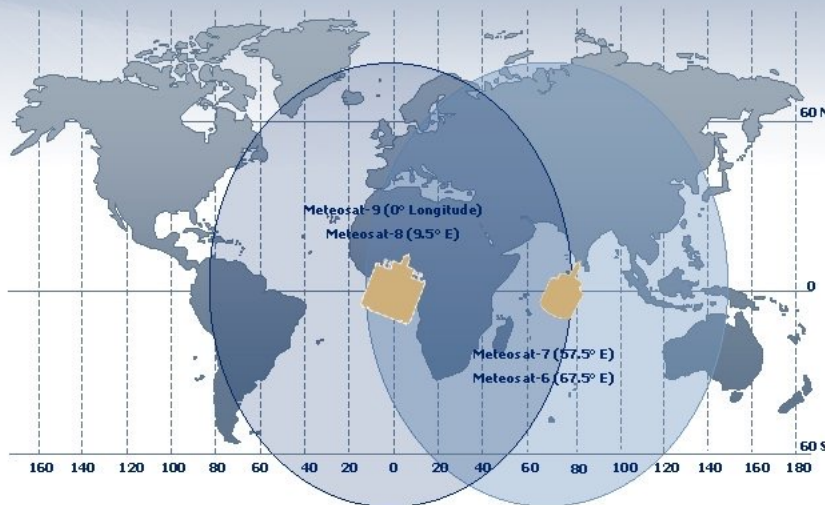
Osservazioni :

SATELLITARI

Geostazionari

Un'orbita di un satellite viene definita "geostazionaria" se per un osservatore sulla Terra il satellite appare fermo in cielo, sospeso sempre al di sopra del medesimo punto dell'equatore poiché ruota, con moto circolare uniforme, alla stessa velocità angolare della Terra.

EUMETSAT's geostationary satellite coverage



Pro : vasta copertura,
«buchi osservativi» quasi assenti
Alta frequenza dati

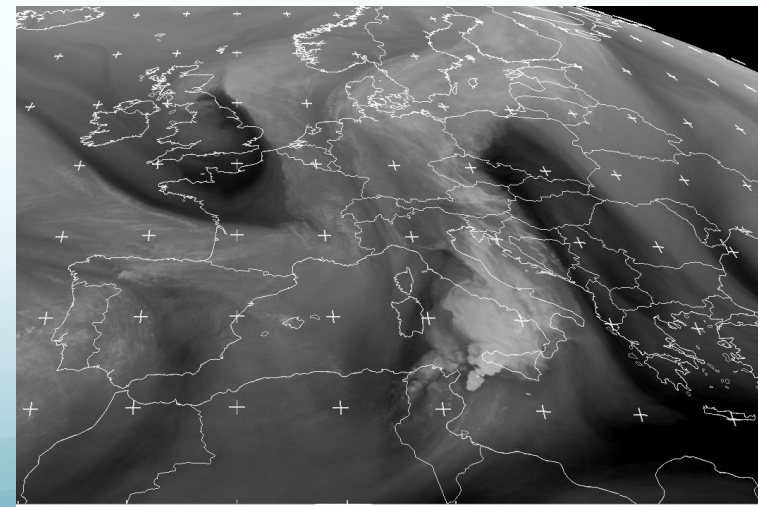
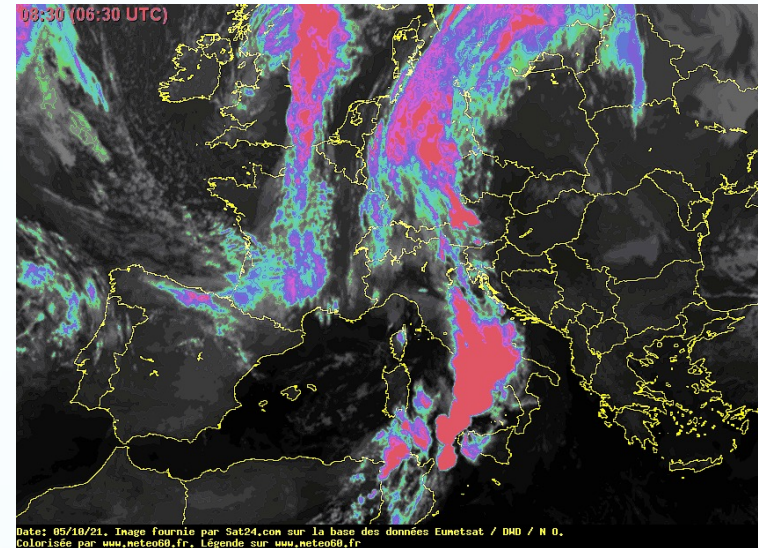
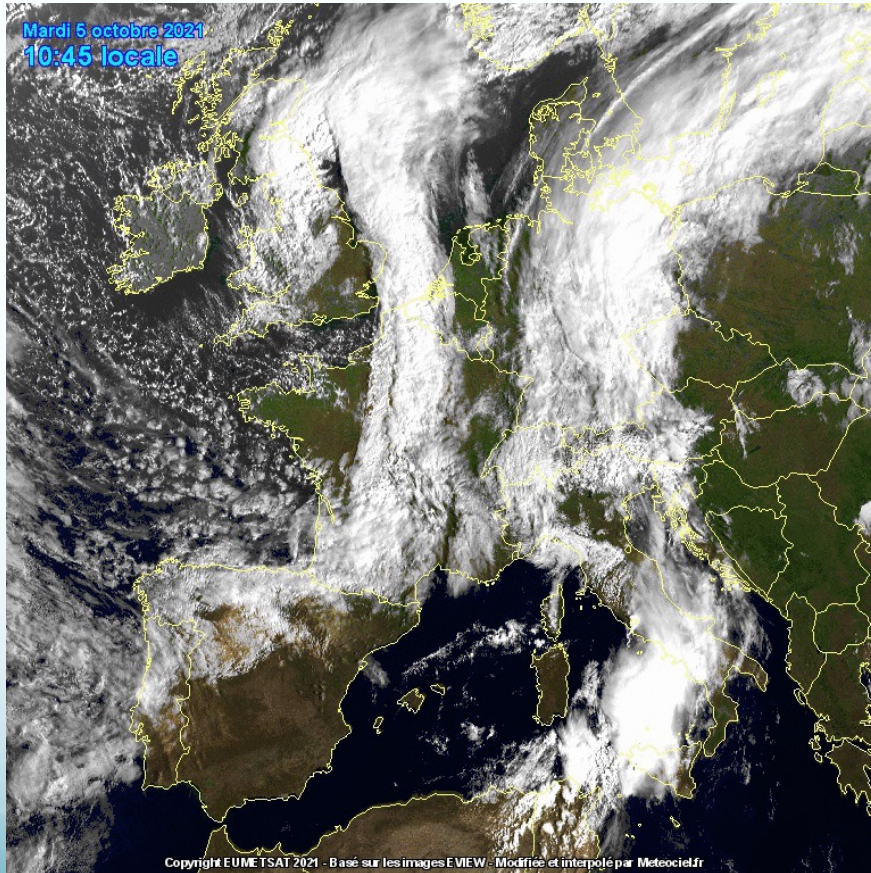
Contro:

- minore risoluzione del dato (01km)

Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

SATELLITARI Geostazionari



<https://www.eumetsat.int>

Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

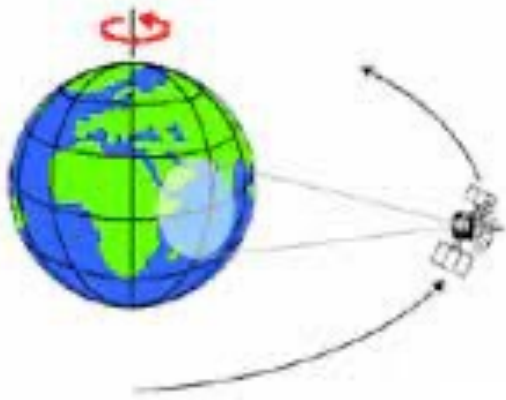
Osservazioni :

SATELLITARI

POLARI

Un'orbita polare è un'orbita che permette al satellite che la percorre di passare sopra entrambi i poli del corpo celeste su cui ruota. Quindi l'orbita polare è un caso particolare di orbita inclinata rispetto al piano equatoriale con un'inclinazione molto vicina ai 90° rispetto all'equatore.

ORBITA GEOSINCRONA



ORBITA POLARE



Pro : alta risoluzione spaziale (Omt)

Contro:

- vasti buchi osservativi
- Dati non omogenei nel tempo

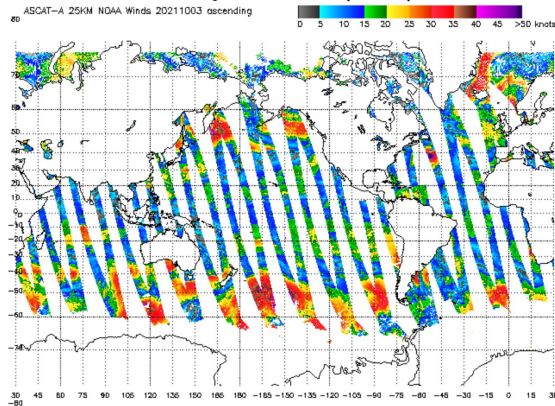
Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni :

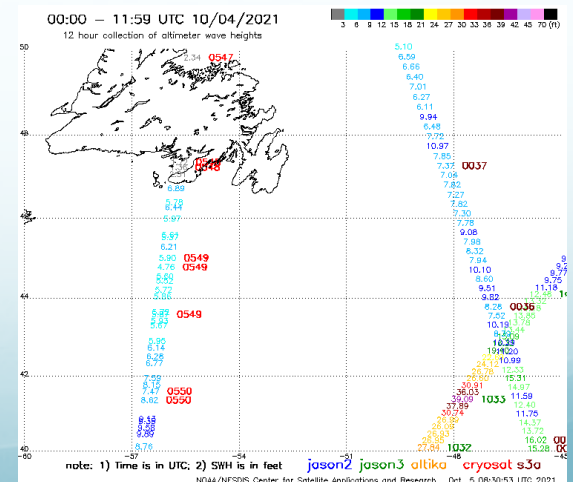
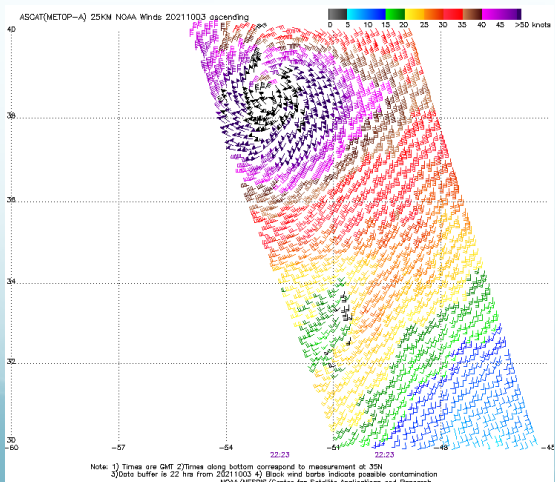
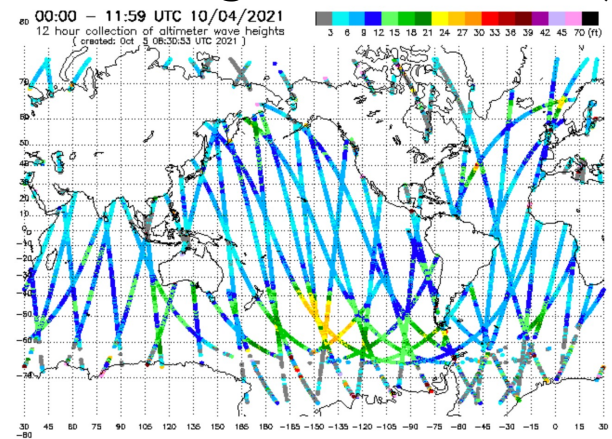
SATELLITARI

POLARI

Wind Speed (kn)



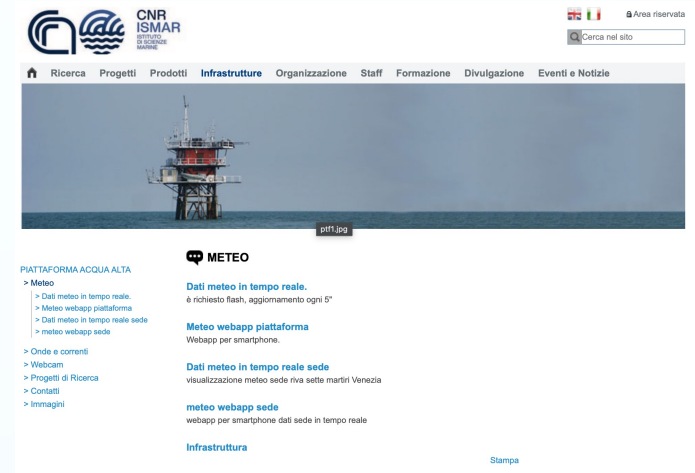
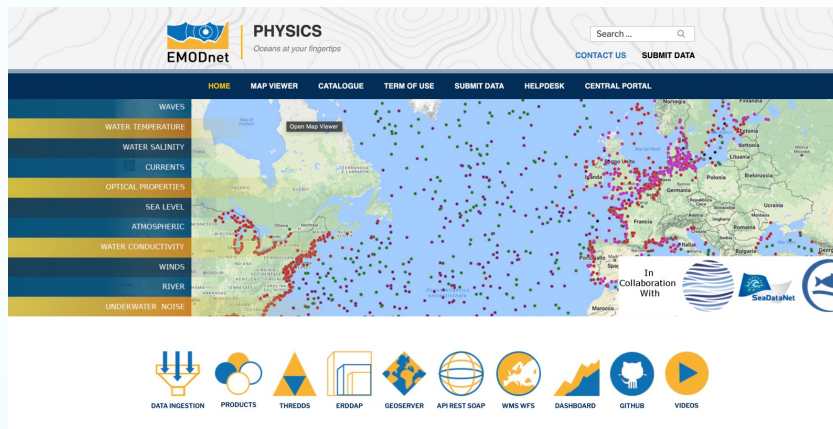
Altezza Significativa Onda (ft)



Osservazioni “live”(?!)

Osservazioni «live»:

1. Dati poco accentrati
2. Poche reti realmente «in diretta»
3. Forti difficoltà tecniche per la manutenzione



Reti live:

- ARGO
- Reti ondametriche
- Reti di stazioni meteo
- Stazioni multi-parametriche (Es. stazione «Acqua Alta iSMAR Venezia)
- Reti amatoriali

Misure meteo-marine, criticità e stato dell'arte

Osservazioni : RETE ONDAMETRICA NAZIONALE (RON) E RETE MAREOGRAFICA



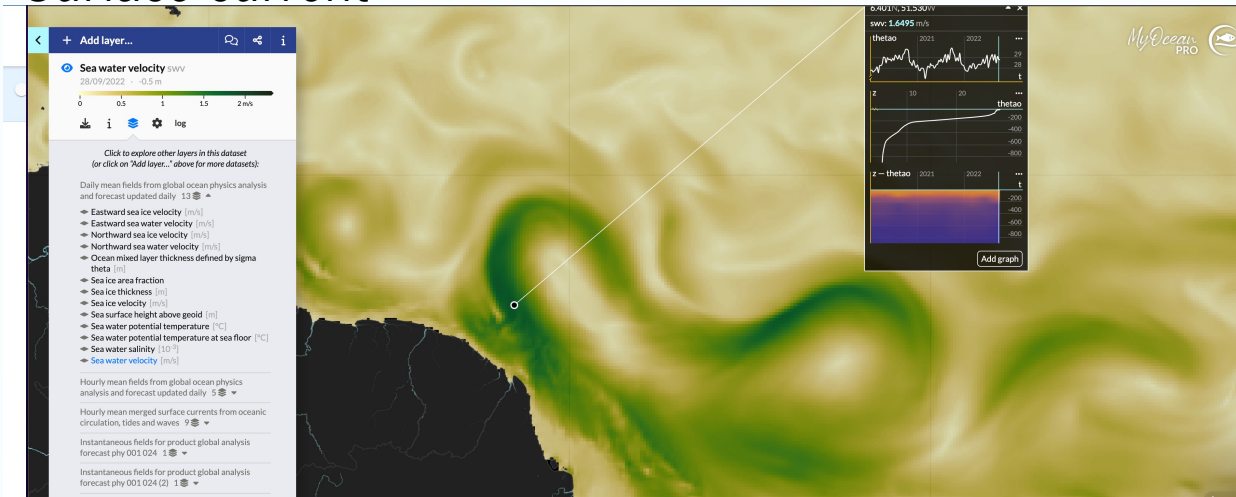
Reti live Italiana:

- Reti ondametrische (RON)/mareografica
- Reti di stazioni meteo
- Stazioni multi-parametriche (Es. stazione «Acqua Alta ISMAR Venezia)
- Reti amatoriali (elevata densità di dati e stazioni – bassa affidabilità e qualità del dato).

Datasets e fonte dei dati

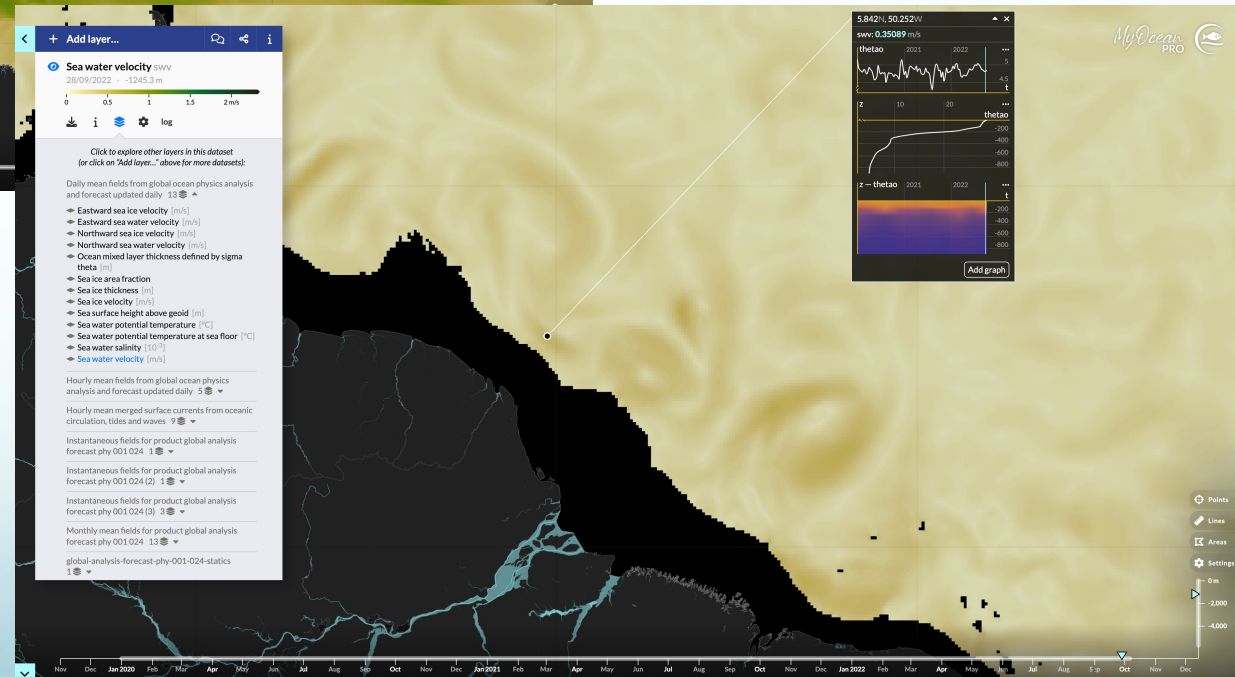
Portale dati Copernicus

Surface current



-2000 mt current

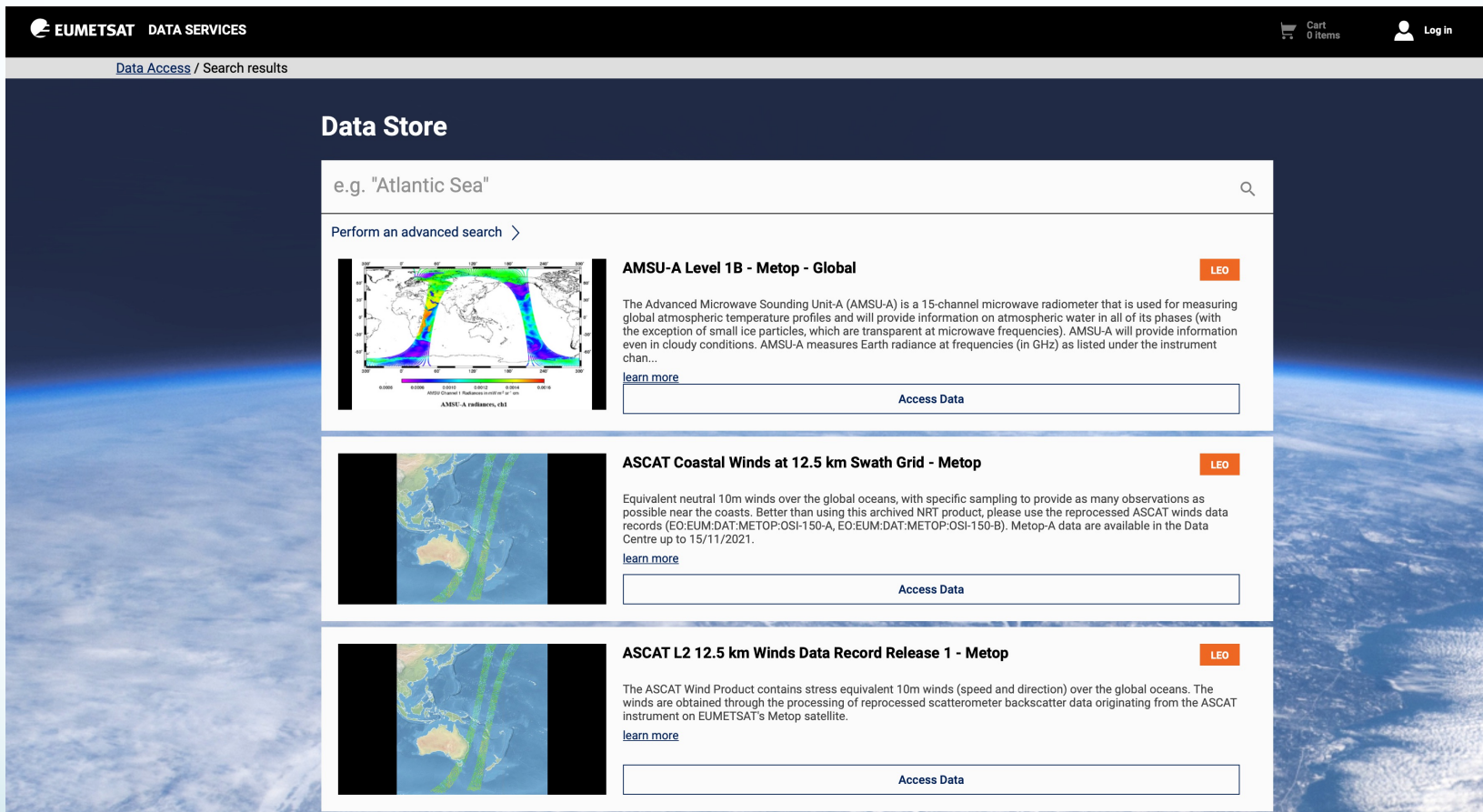
- Dati Meteo/Marini
- Satellitari
- Modellistici
- Biogeofisici



<https://resources.marine.copernicus.eu/products>

Datasets e fonte dei dati

Portale dati EUMETSAT



The screenshot displays the EUMETSAT Data Services website interface. At the top, the logo 'EUMETSAT DATA SERVICES' is on the left, and 'Cart 0 Items' and 'Log in' are on the right. Below the navigation bar, the page title is 'Data Store' and the search criteria is 'e.g. "Atlantic Sea"'. A search bar with a magnifying glass icon is visible. Below the search bar, there is a link to 'Perform an advanced search >'. The main content area lists three datasets, each with a thumbnail image, a title, a description, a 'learn more' link, and an 'Access Data' button. The datasets are: 1. 'AMSU-A Level 1B - Metop - Global' with a thumbnail showing a global map with a color-coded atmospheric profile. 2. 'ASCAT Coastal Winds at 12.5 km Swath Grid - Metop' with a thumbnail showing a map of the Atlantic Ocean with green swaths. 3. 'ASCAT L2 12.5 km Winds Data Record Release 1 - Metop' with a similar map thumbnail. Each dataset entry also features a small orange 'LEO' badge.

Data Store

e.g. "Atlantic Sea"

Perform an advanced search >

AMSU-A Level 1B - Metop - Global LEO

The Advanced Microwave Sounding Unit-A (AMSU-A) is a 15-channel microwave radiometer that is used for measuring global atmospheric temperature profiles and will provide information on atmospheric water in all of its phases (with the exception of small ice particles, which are transparent at microwave frequencies). AMSU-A will provide information even in cloudy conditions. AMSU-A measures Earth radiance at frequencies (in GHz) as listed under the instrument chan...

[learn more](#)

[Access Data](#)

ASCAT Coastal Winds at 12.5 km Swath Grid - Metop LEO

Equivalent neutral 10m winds over the global oceans, with specific sampling to provide as many observations as possible near the coasts. Better than using this archived NRT product, please use the reprocessed ASCAT winds data records (EO:EUM:DAT:METOP:OSI-150-A, EO:EUM:DAT:METOP:OSI-150-B). Metop-A data are available in the Data Centre up to 15/11/2021.

[learn more](#)

[Access Data](#)

ASCAT L2 12.5 km Winds Data Record Release 1 - Metop LEO

The ASCAT Wind Product contains stress equivalent 10m winds (speed and direction) over the global oceans. The winds are obtained through the processing of reprocessed scatterometer backscatter data originating from the ASCAT instrument on EUMETSAT's Metop satellite.

[learn more](#)

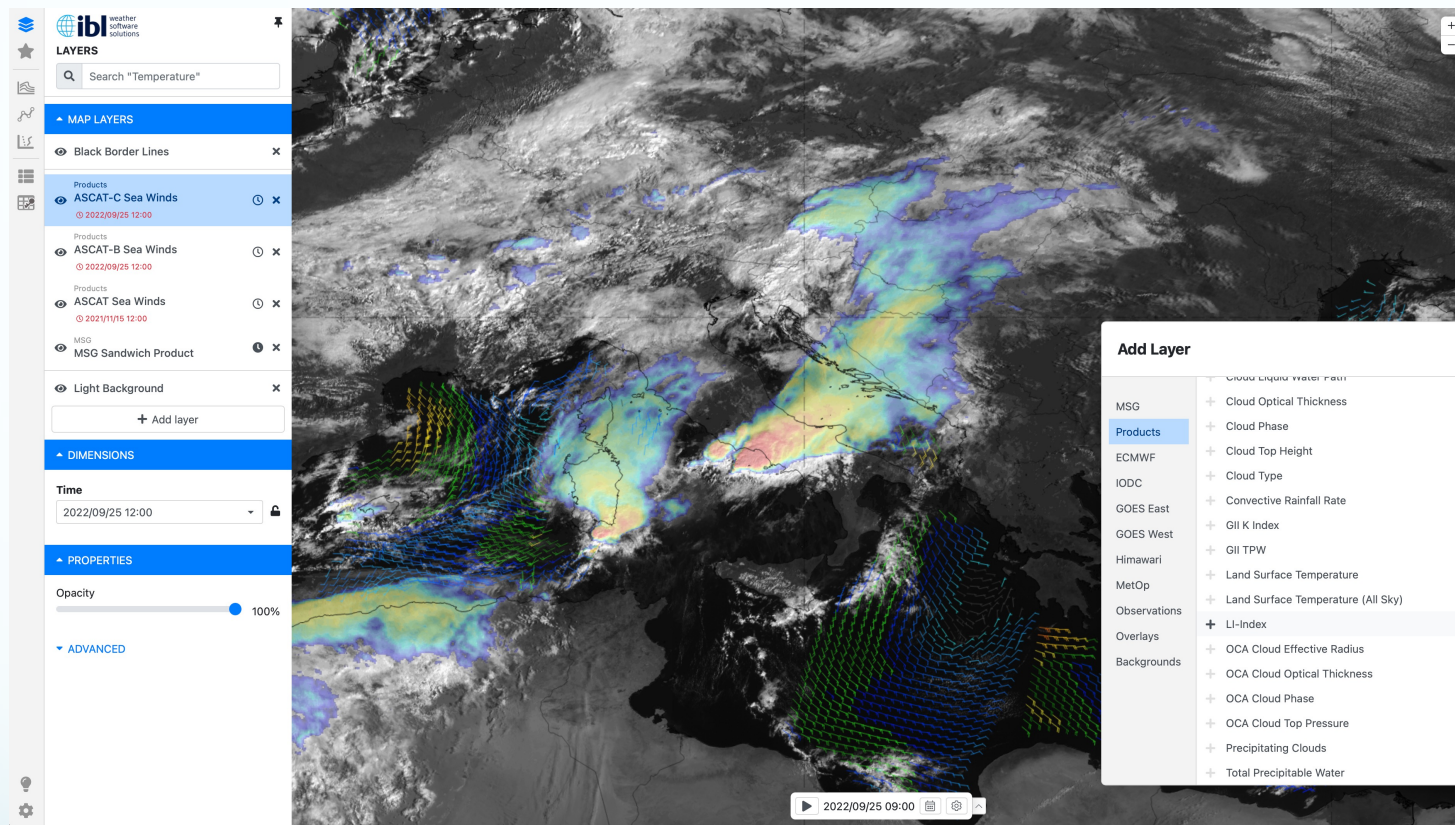
[Access Data](#)

-Dati Satellitari OSSERVATI e derivati da osservazioni dirette o post-processate (L1-L2-L3, ovvero il livello di elaborazione e processamento)

(<https://eumetsat.int>)

Datasets e fonte dei dati

Portale dati EUMETSAT



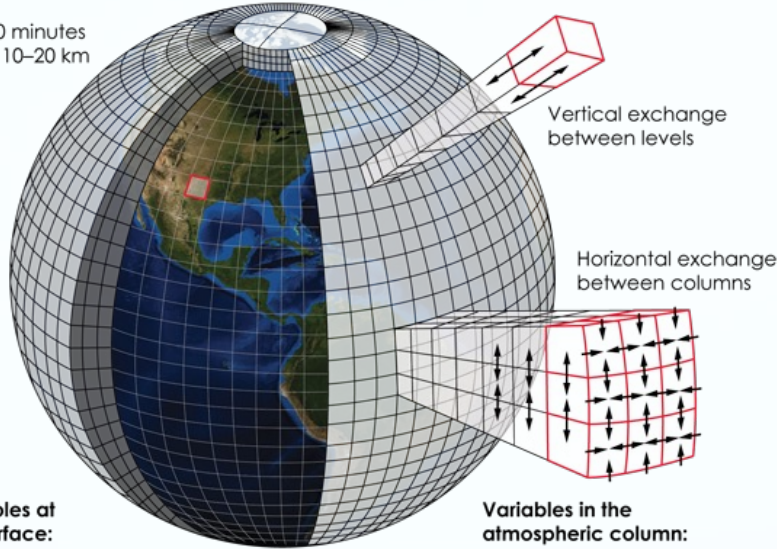
-Dati Satellitari OSSERVATI e derivati da osservazioni dirette o post-processate (L1-L2-L3, ovvero il livello di elaborazione e processamento)

**(<https://eumetrain.org/resources>
ePort portal)**

Dall'osservazione alla "previsione"

Weather forecast modeling

Timestep 5–10 minutes
Grid spacing 10–20 km



Variables at the surface:

- Temperature
- Humidity
- Pressure
- Moisture fluxes
- Heat fluxes
- Radiation fluxes

Variables in the atmospheric column:

- Wind vectors
- Humidity
- Clouds
- Temperature
- Height
- Precipitation
- Aerosols

Numerical Weather Forecast Model (governing equations)

Momentum equations

$$\frac{\partial u}{\partial t} = -u \frac{\partial u}{\partial x} - v \frac{\partial u}{\partial y} - w \frac{\partial u}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial x} + fv$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} = -u \frac{\partial v}{\partial x} - v \frac{\partial v}{\partial y} - w \frac{\partial v}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial y} - fu$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} = -u \frac{\partial w}{\partial x} - v \frac{\partial w}{\partial y} - w \frac{\partial w}{\partial z} - \frac{1}{\rho} \frac{\partial p}{\partial z} - g$$

Mass continuity equation

$$\frac{\partial \rho}{\partial t} = -u \frac{\partial \rho}{\partial x} - v \frac{\partial \rho}{\partial y} - w \frac{\partial \rho}{\partial z} - \rho \nabla \cdot \vec{v}$$

Moisture equation

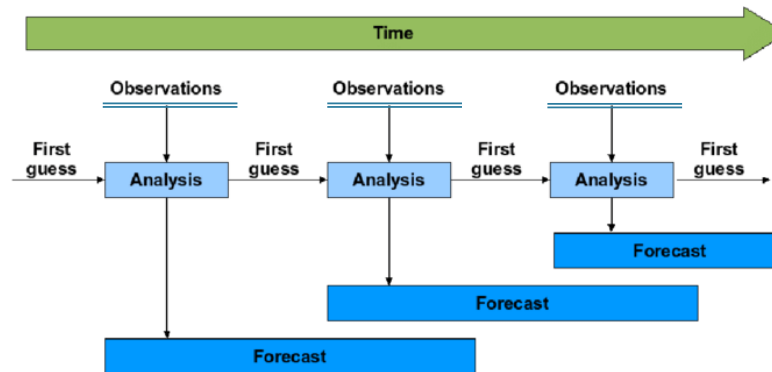
$$\frac{\partial q}{\partial t} = -u \frac{\partial q}{\partial x} - v \frac{\partial q}{\partial y} - w \frac{\partial q}{\partial z} + \text{micro}(q)$$

Ideal gas law

$$p = \rho RT$$

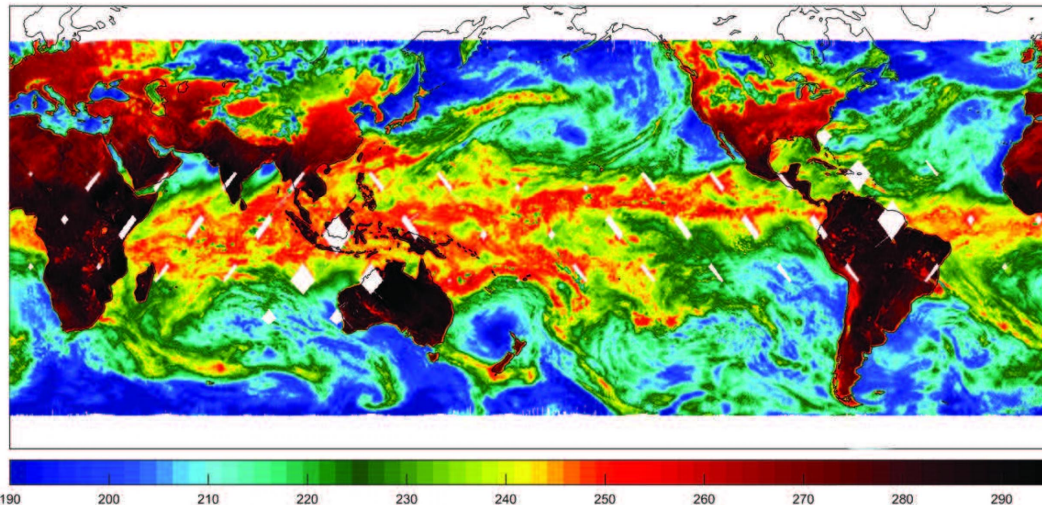
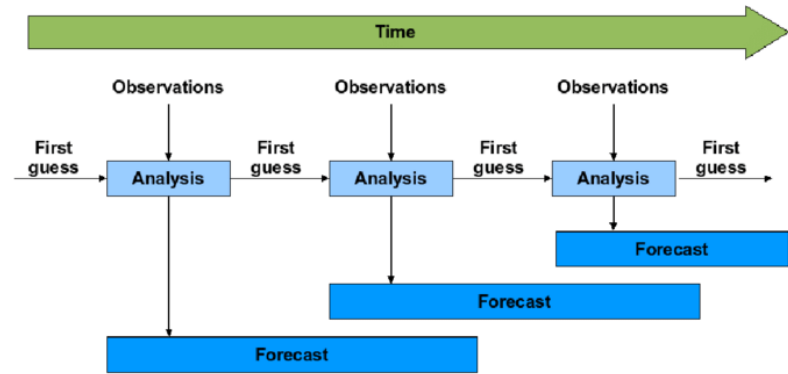
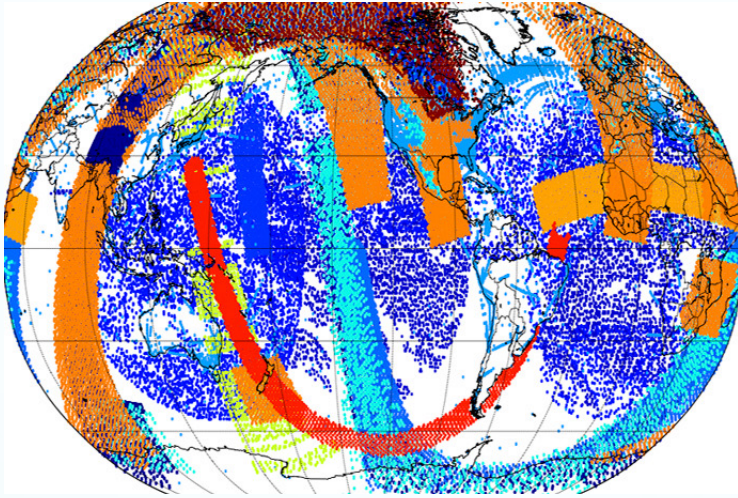
Thermodynamic equation

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = -u \frac{\partial \theta}{\partial x} - v \frac{\partial \theta}{\partial y} - w \frac{\partial \theta}{\partial z} + \dot{Q}$$



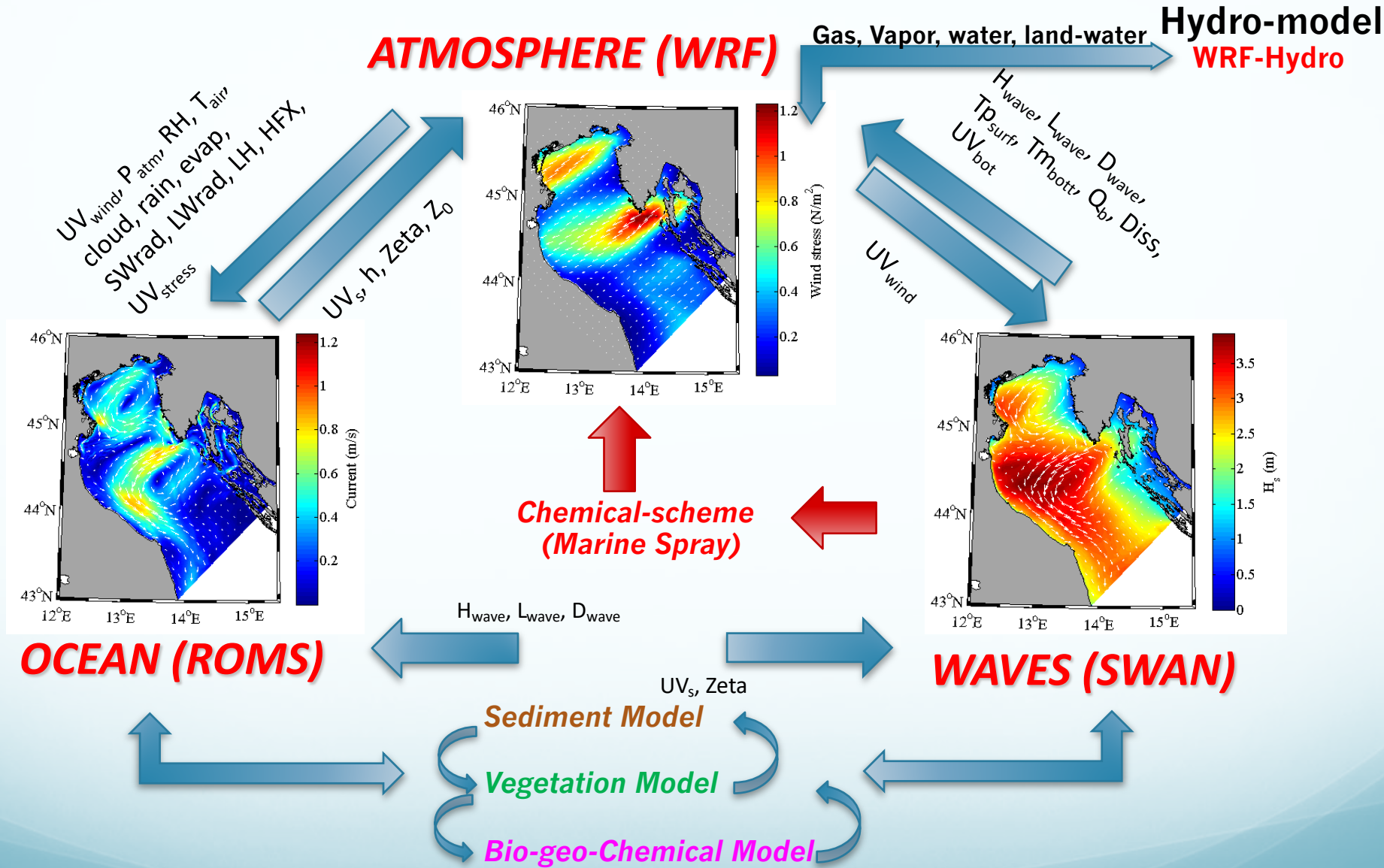
Dall'osservazione alla "previsione" Dal DISCRETO al CONTINUO

DATI ASSIMILATI DAL CENTRO METEO EUROPEO



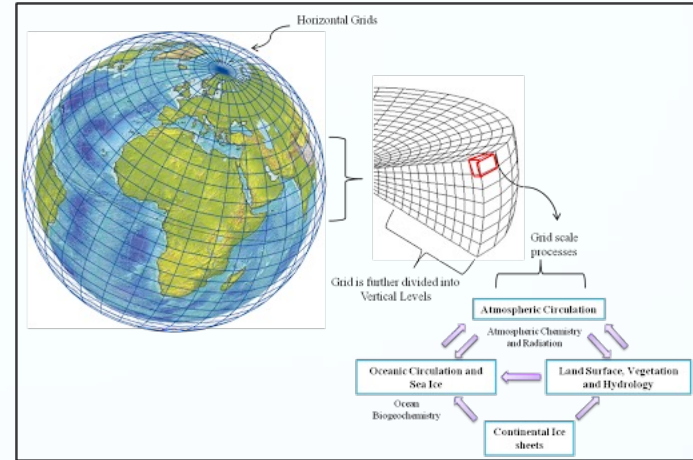
Complesse tecniche di assimilazione dei dati satellitari, al suolo, in mare, in situ, Per creare le condizioni iniziali che «avviano» i modelli di previsione

Previsioni numeriche : approccio "accoppiato"



Dalla “larga scala” alla “scala locale”

Modelli globali (large scale model)



- Modelli adatti alla simulazione dei fenomeni fisici (atmosferici o marini) a scala globale, ovvero effettuando calcoli contemporaneamente su tutto il globo.
 - Hanno un dettaglio più basso (bassa risoluzione)
 - Usano schemi numerici di «bontà» generale (es. ottimi alle medie latitudini, meno efficaci ai tropici)
- Chiusura dei poli.

Dalla “larga scala” alla “scala locale”

Modelli «PREVISIONE» PASSATO (HINDCAST)

Sino ad ora abbiamo parlato di dati, tipologie di dati, modelli di previsione. con gli stessi approcci numerici, i modelli di «previsione» possono essere usati per simulare eventi passati (es. una tempesta o un evento estremo di cui non abbiamo dati in un determinato posto). Questo approccio si chiama «HINDCAST» e si basa sull'usare dati di MODELLI GLOBALI che hanno prodotto simulazioni Per tutto il mondo negli ultimi 70 anni circa, e con questi dati si avvia la Simulazione con il modello LAM ad alta risoluzione.

SIMULAZIONE
GLOBAL MODEL
DEL PASSATO

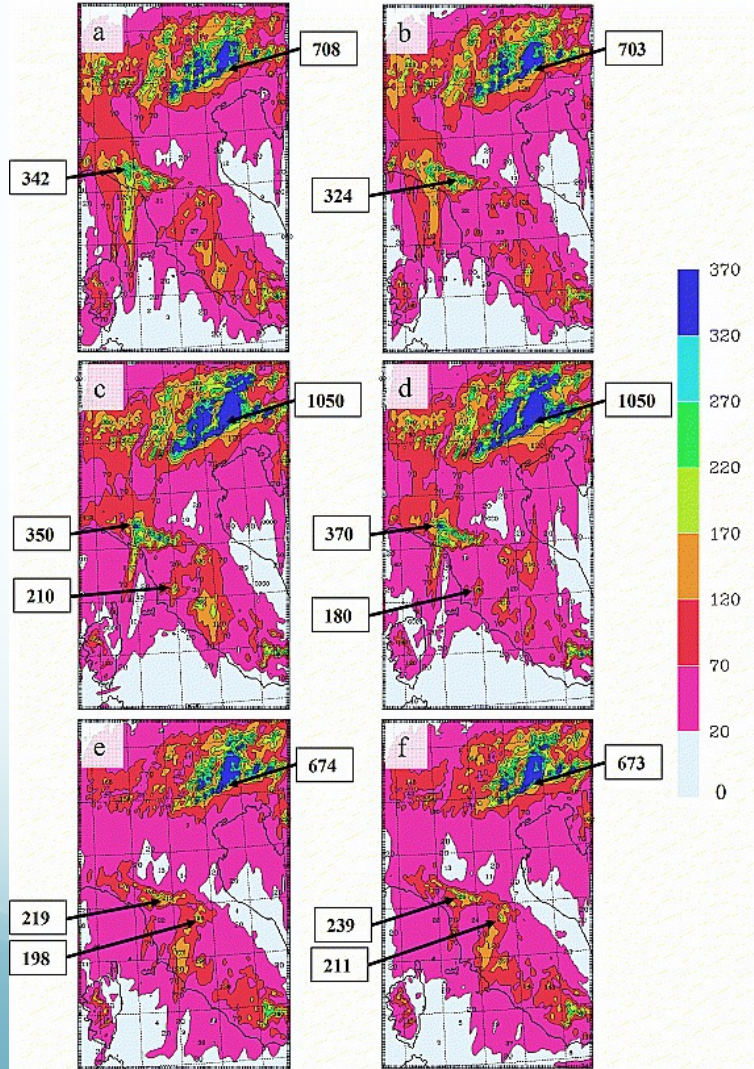


RITAGLIO I DATI E
GENERO UNA SIMULAZIONE
DELL'EVENTO PASSATO, AD
ALTISSIMA RISOLUZIONE

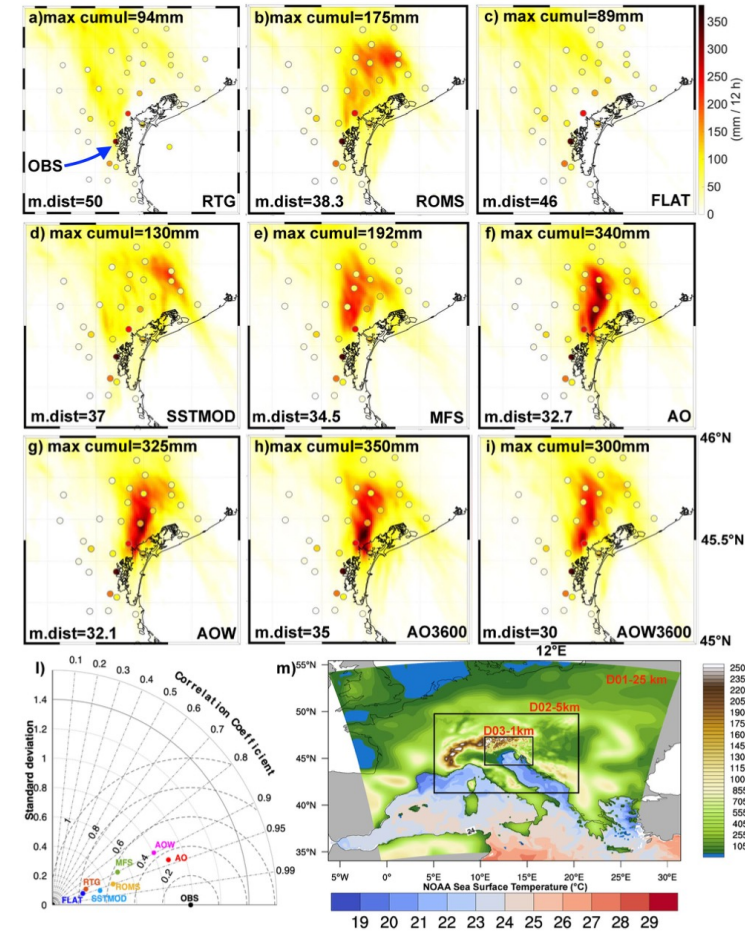
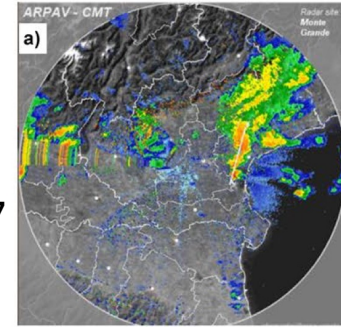
Dalla "larga scala" alla "scala locale"

Modelli «simulazione» del PASSATO (HINDCAST)

Alluvione 1966 (Malguzzi et al 2006)



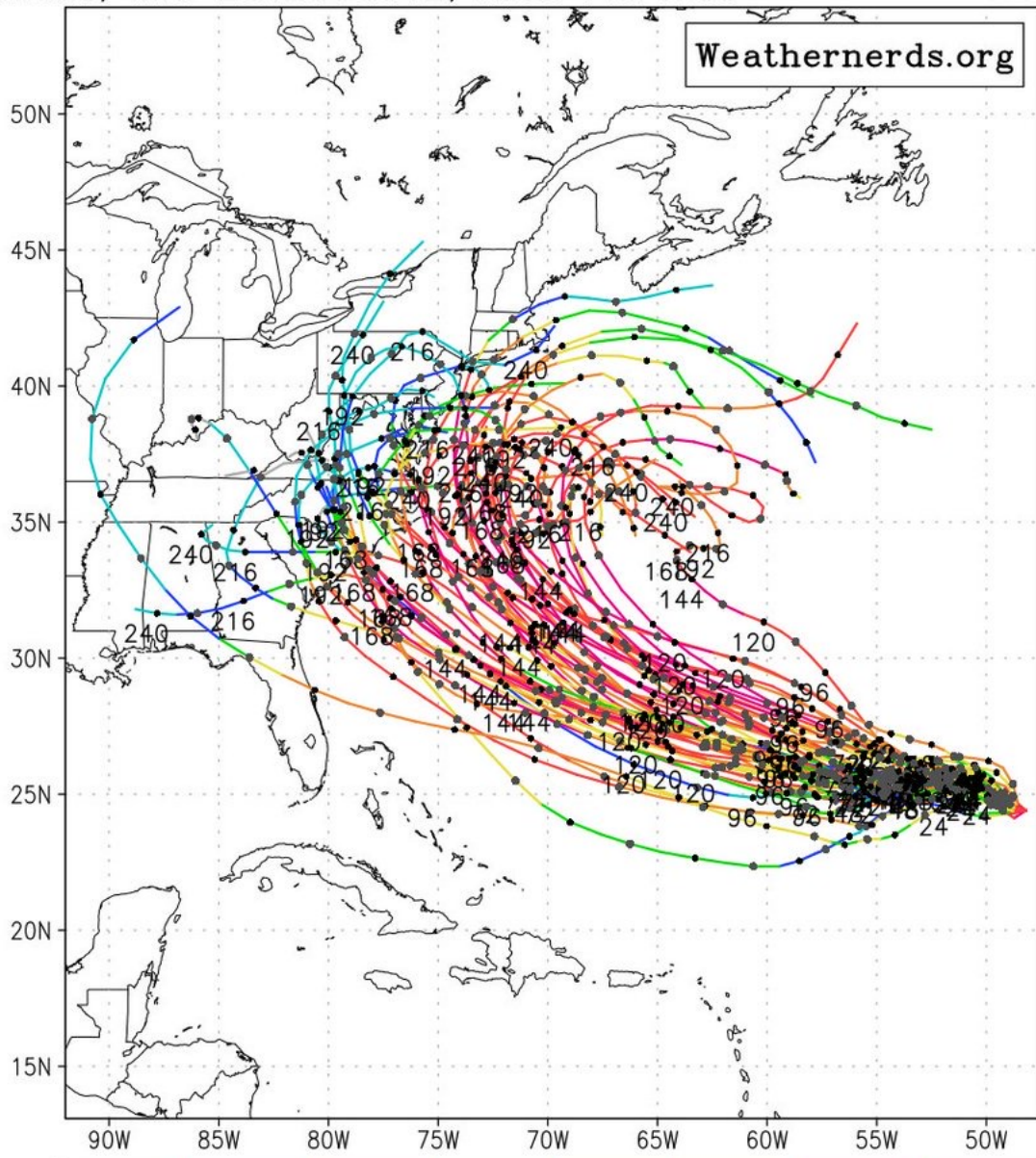
Alluvione Venezia 2007 (Ricchi et al 2021)



Dalla "larga scala" alla "scala locale"

ECMWF Ensemble, init: 2018090612, AL06 Florence

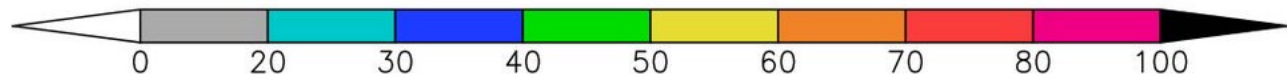
color = max wind (kt)



ay 10 NH
ay 10 SH



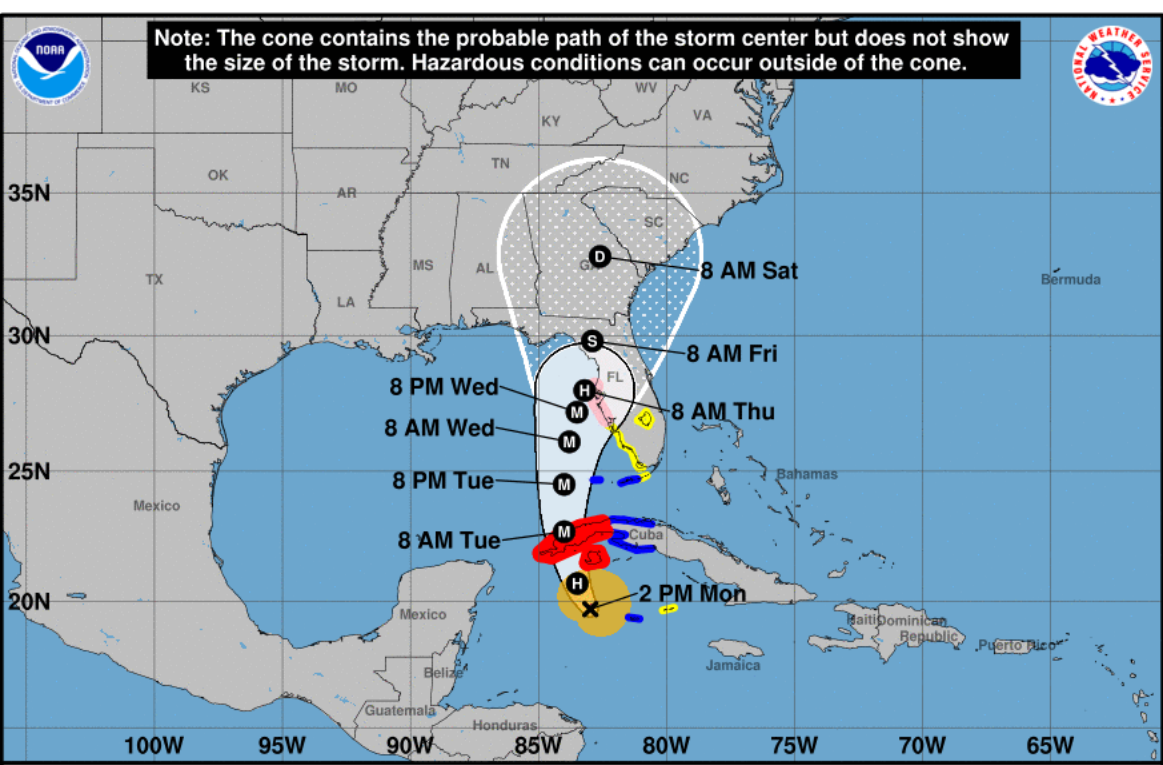
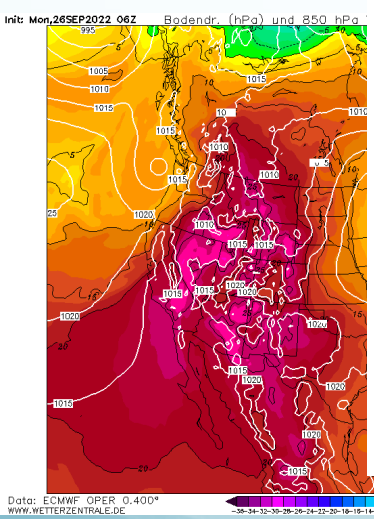
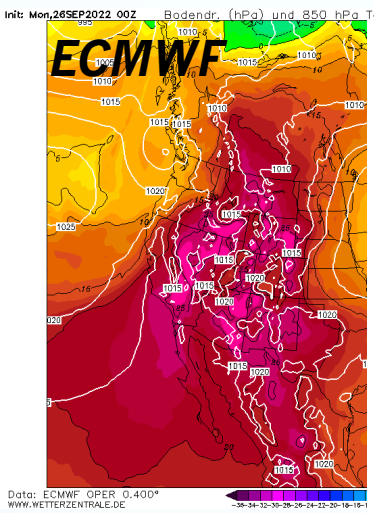
09 2013



12h]

Imprevedibilità uragano a distanza di poche ore

Modelli globali ECMWF – ICON - GFS

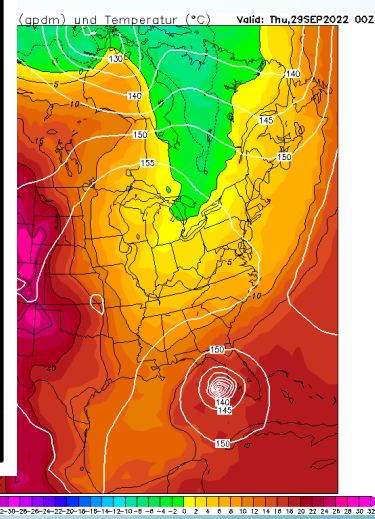
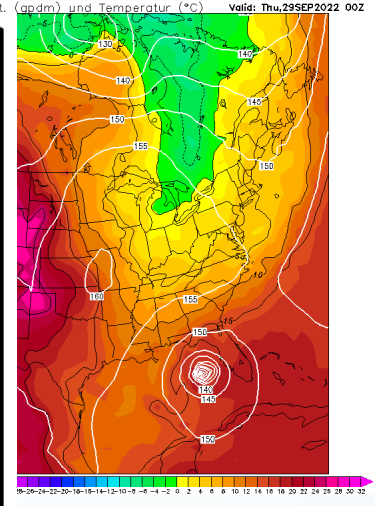


Hurricane Ian
Monday September 26, 2022
2 PM EDT Intermediate Advisory 14A
NWS National Hurricane Center

Current information: x
Center location 19.7 N 83.0 W
Maximum sustained wind 85 mph
Movement NNW at 13 mph

Forecast positions:
● Tropical Cyclone ○ Post/Potential TC
Sustained winds: D < 39 mph
S 39-73 mph H 74-110 mph M > 110 mph

Potential track area: Day 1-3 Day 4-5
Watches: Hurricane Trop Stm
Warnings: Hurricane Trop Stm
Current wind extent: Hurricane Trop Stm

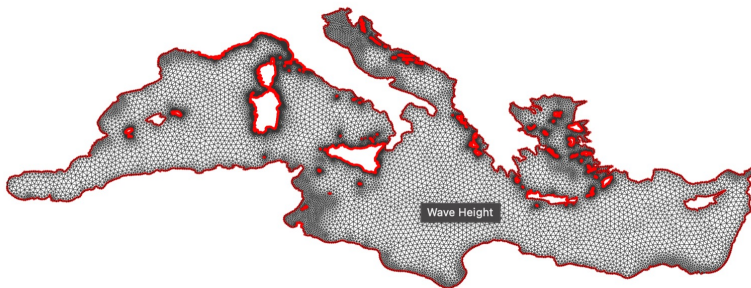


Dalla “larga scala” alla “scala locale”

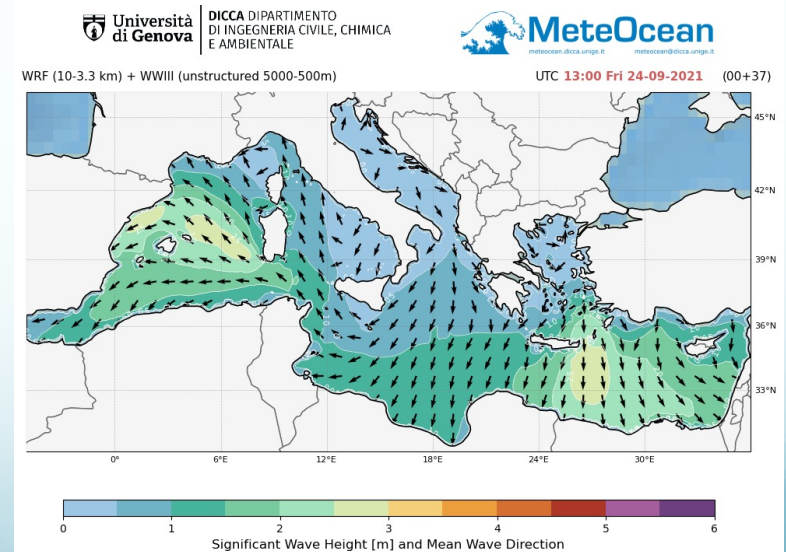
Modelli PREVISIONE ONDE

I medesimi approcci, e problematiche simili possono traslate sui modelli di moto ondoso.

- Anche se questi modelli possono essere numericamente diversi dai modelli atmosferici o oceanici, sono fortemente dipendenti dalla risoluzione della griglia (ovvero il dettaglio con cui si discriminano i punti geografici su cui fare i calcoli)
- Sono fortemente influenzati dalla forzante del vento. La «qualità» del vento che genera le onde nel modello di moto ondoso, guida anche la qualità della simulazione di onde, in particolare in eventi estremi e lungo la fascia costiera



DICCA WW3 NUMERICAL
GRID from 5km to 500 mt



WAVE forecast results

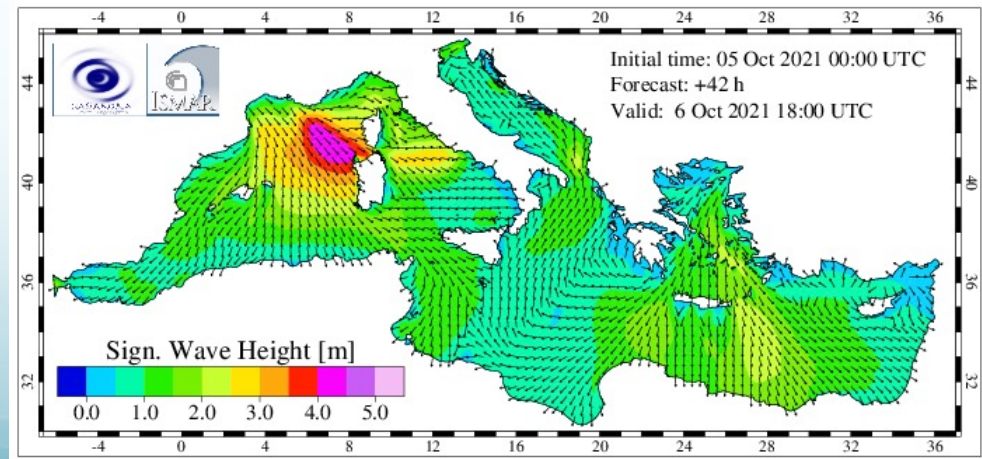
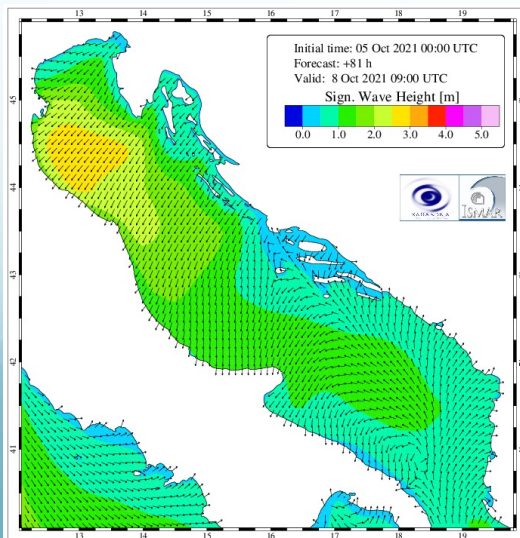
Dalla “larga scala” alla “scala locale”

Modelli PREVISIONE ONDE

I medesimi approcci, e problematiche simili possono traslate sui modelli di moto ondoso.

- Anche se questi modelli possono essere numericamente diversi dai modelli atmosferici o oceanici, sono fortemente dipendenti dalla risoluzione della griglia (ovvero il dettaglio con cui si discriminano i punti geografici su cui fare i calcoli)
- Sono fortemente influenzati dalla forzante del vento. La «qualità» del vento che genera le onde nel modello di moto ondoso, guida anche la qualità della simulazione di onde, in particolare in eventi estremi e lungo la fascia costiera

CNR WAM NUMERICAL FORECAST



CONCLUSIONI

- L'enorme mole di dati atmosferici e oceanici non sempre sono uniformi nello spazio e nel tempo e sovente non è facile reperirli per chi non è del settore
- L'utilizzo di dati in diretta (satellitari e ground-based) non sono sempre Accentrati in un unico ente nazionale o sovranazionale, per questo si sta tentando di omogenizzare e rendere fruibili i dati mediante grandi contenitori (portali) come COPERNICUS e EUMETSAT
- L'uso di modelli numerici ad altra risoluzione sia atmosferici che marini permette previsioni sempre più «accurate» e dunque sistemi di allerta sempre più efficaci, ma bisogna pur sempre tener conto che non sono «perfetti», ANZI! Conosciamo ancora poco di molte dinamiche ambientali (e di questo va tenuto conto in tutte le sedi)