

Terzo Convegno Nazionale AISAM
Mercoledì 10 Febbraio 2021

Modello MOLOCH ad alta risoluzione: un consorzio nazionale per potenziarne sviluppo e applicazioni



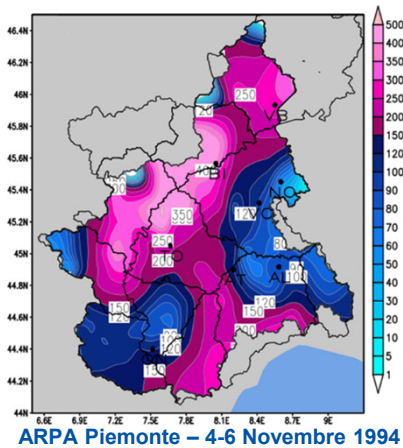
S. Davolio, P. Malguzzi, O. Drofa, A. Buzzi, D. Mastrangelo,
T. C. Landi, P. Stocchi, A. Tiesi

F. Cassola, D. Sacchetti, M. Tizzi

M. Casaioli, S. Mariani

B. Gozzini, F. Pasi, V. Capecchi, A. Ortolani

s.davolio@isac.cnr.it



Davolio et al., 2020 – *Bull. Atmos. Sc. & Techn.*

Sviluppo modelli in ISAC a partire dagli anni '90 con BOLAM

Modellistica ISAC nasce e si sviluppa con **finalità di ricerca**, per lo studio dei fenomeni a scala sinottica/mesoscala

MOLOCH modello non idrostatico ad alta risoluzione applicato allo studio dell'alluvione del 1966 (Malguzzi et al. 2006).

Attività di previsione operativa

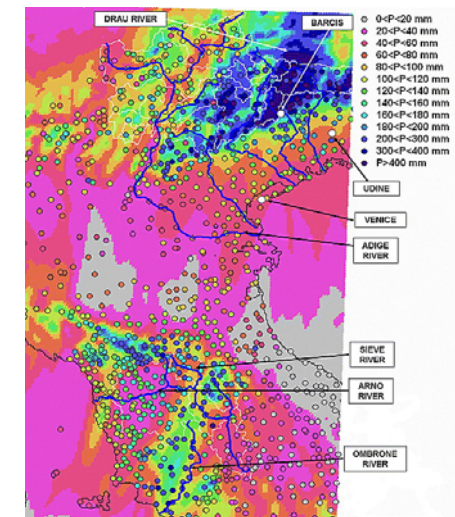
☐ Supporto al Dipartimento della Protezione Civile

Previsioni a breve termine e alta risoluzione → **MOLOCH**

Previsioni probabilistiche mensili GLOBO (S2S-WMO)

☐ Attività di previsione operativa presso altri Centri/Enti

→ Sviluppo pre-processing (nesting in GFS, IFS, GLOBO, COSMO, ERA5) e post-processing (prodotti grafici, output specifici), verifica



JGR, 2006, DOI:10.1029/2006JD007111)

<http://www.isac.cnr.it/dinamica/projects/forecasts/>

Enti che utilizzano la modellistica ISAC

Previsioni meteorologiche CNR-ISAC
GLOBO - BOLAM - MOLOCH forecasts
 CNR-ISAC, Bologna

The screenshot displays three maps: a global map (GLOBO), a European map (BOLAM), and an Italian map (MOLOCH). Below the maps are buttons for various forecast types: GLOBO monthly forecasts, Blended precipitation, Bolam cross-sections, Bolam meteograms, Moloch high res. wind, Moloch cross-sections, and Moloch meteograms. Specific model details are listed below the maps: GLOBO (19 km, 7 days), BOLAM (8.3 km, 3 days), and MOLOCH (1.25 km, 2 days).

This block contains logos of several entities that utilize ISAC modeling. On the left, there is the Italian flag, followed by ARPAL (Agenzia regionale per la protezione dell'ambiente Igre), mipaaf (ministero delle politiche agricole alimentari e forestali), ISPRa (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), CONSORZIO LaMMA, and SardegnaArpa. On the right, there is the European Union flag, the Meteo logo (Όλα για τον καιρό), the logo of the National Institute of Meteorology and Hydrology (ΕΛΜΕΤΕΟ), and the meteo.cat logo.

Enti che ricevono i dati in output

This block lists entities that receive output data from ISAC modeling, with arrows indicating the flow of information:

- POLITECNICO MILANO 1863** → Previsione idrologica
- PROTEZIONE CIVILE** (Presidenza del Consiglio dei Ministri, Dipartimento della Protezione Civile) → Previsione mare
- Arpa Piemonte** (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale) → Multimodel ensemble
- CENTRO FUNZIONALE REGIONE AUTONOMA VALLE D'AOSTA**
- iAMC** (Istituto per l'Ambiente Marino Costiero)
- arpa FVG meteo** (Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali)
- mnw**
- E-RMETEO** (EMILIA ROMAGNA METEO)
- MeteolnMoise**

A Giugno 2020 nasce il Consorzio MOLOCH

Collaborazione tecnico-scientifica nell'ambito della modellistica numerica meteorologica ad alta risoluzione atta a:

- Promuovere lo sviluppo, l'aggiornamento operativo e le applicazioni
- Sviluppo e la gestione di catene operative basate sui modelli ISAC
- Scambio reciproco di output



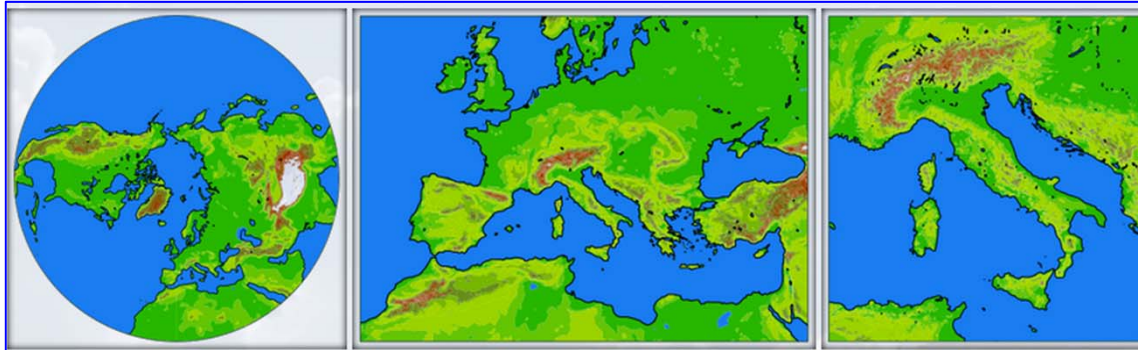
ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale

GLOBO, 19km
1538 x 1058 x 60
Prev. 7 giorni
50 min

BOLAM 8.3km
578 x 418 x 60
Prev. 72 ore
12 min

MOLOCH, 1.25 km
1154 x 1154 x 60
Prev. 45 ore
2 ore



Archivio immagini dal 2012

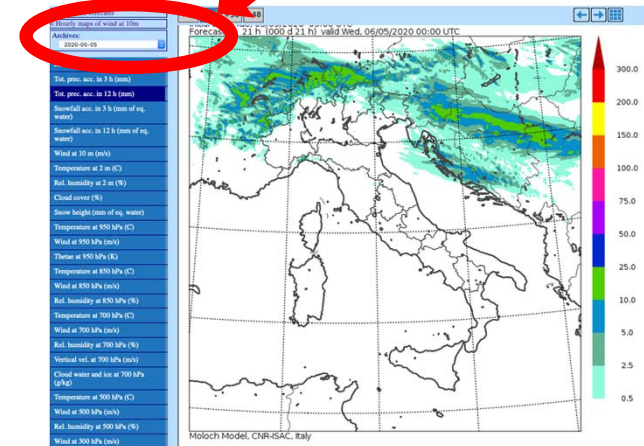
05:30
04:30



Cluster Debian Gnu Linux
 12 nodes (2x8 core multi thread)
 Intel Xeon E5-2670 at 2.6 GHz)
 192 processi paralleli

08:30
07:30

→ **Archivio** parametri superficiali (grib2) dal 2012
 THREDDS data server:
<http://tds.bo.isac.cnr.it:8080/thredds>



ATTIVITA' PRESSO ISAC

- Sviluppo dei modelli
 - Data assimilation LAPS (MSG, METAR, RS, RADAR, Sentinel 1 SAR wind)
 - Applicazione di ricerca (nowcasting, accoppiamento meteo-idro, assimilazione precipitazione)
- Altre attività operative (o quasi)

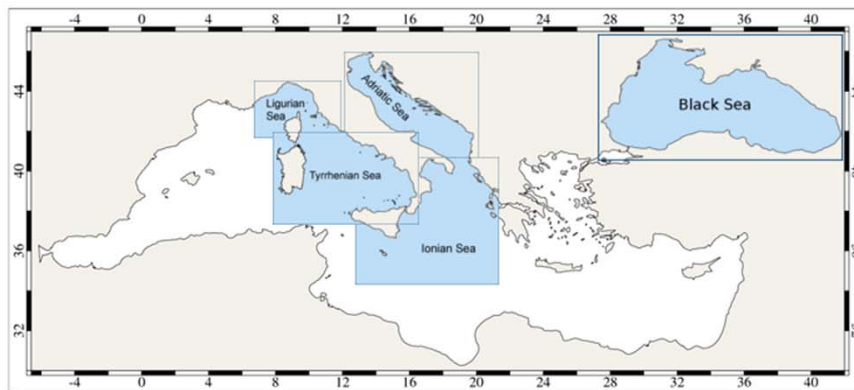
KASSANDRA STORM SURGE MODELLING SYSTEM



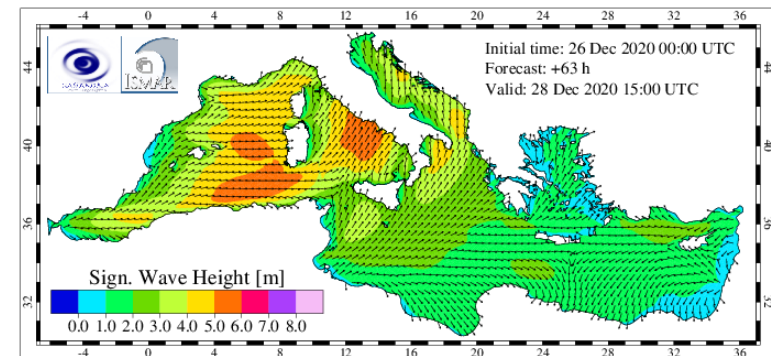
Kassandra is a storm surge operational forecast system for the Mediterranean and Black seas. It consists in a 3D finite element hydrodynamic model (**SHYFEM**), including a tidal model, in a third generation finite element spectral wave model (**WWMI**), fully coupled to the hydrodynamic model and using as input surface data obtained from a suite of meteorological models provided by **ISAC-CNR**.

Choose the area of interest from the list below or by clicking on the image.

- Mediterranean Sea
- Adriatic Sea
- Ionian Sea
- Tyrrhenian Sea
- Ligurian Sea
- Black Sea
- Romanian Coast

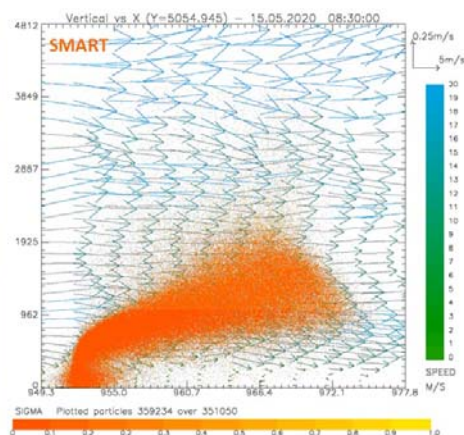


<http://150.178.42.13:8080/kassandra>





Marghera 15 Maggio 2020



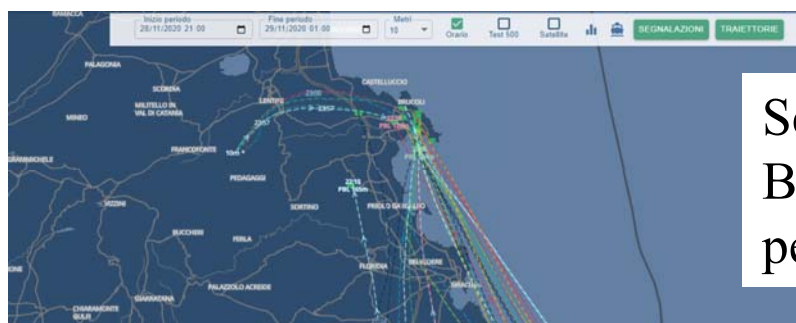
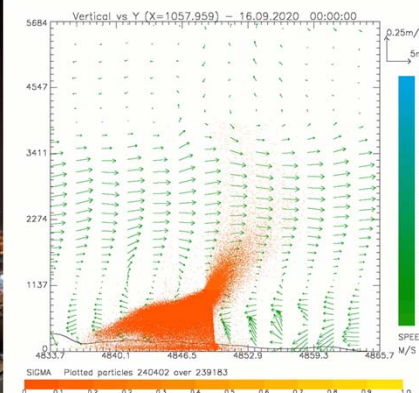
SMART: MOLOCH 500m + SPRAY

Spray-Moloch Atmospheric Regional Tool (Trini Castelli, Malguzzi)

Dispersione degli inquinanti a seguito di emissioni accidentali (incendi)



Ancona 15 Settembre 2020



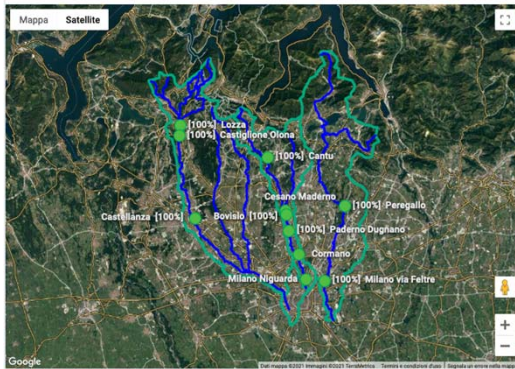
Segnalazioni emissioni odorigene
Backtrajectories 2D MOLOCH
per identificazione della sorgente

SOL - Seveso-Olona-Lambro

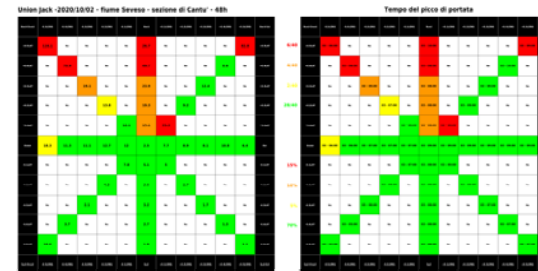


SOL ti fornisce in tempo reale una previsione sulla possibile futura esondazione con un anticipo di 24-36 ore.

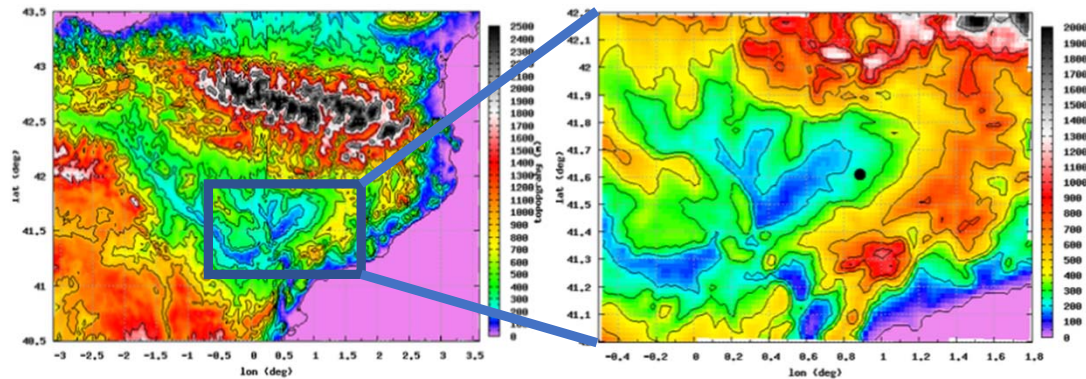
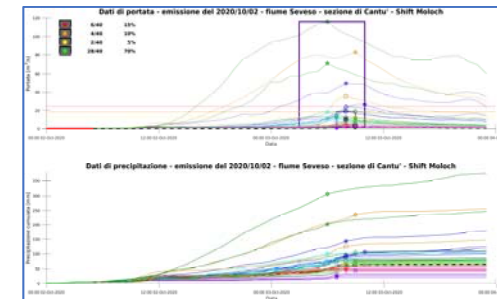
Clicca sui pallini nella mappa per maggiori dettagli - Vuoi approfondire? [Clicca qui](#)



Stazione	28/01/2021	29/01/2021	Shift 29/01/2021	30/01/2021
Lozza	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)
Castellanza	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)
Cantu	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)
Paderno Dugnano	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)
Peregallo	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(0 %)
Milano via Feltrè	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(0 %)
Bovisio	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)
Castiglione Olona	(100 %)	(100 %)	(100 %)	(100 %)
Modelli disponibili:	33	33	--	33



Shift-target approach
Lombardi et al, 2018
Geoscience

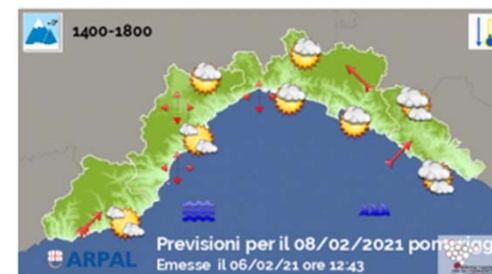


CAMPAGNA LIAISE – Bacino Ebro
Nesting MOLOCH-MOLOCH
2 km → 400 m
Altissima risoluzione verticale
(4 m vicino al suolo)

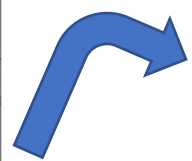
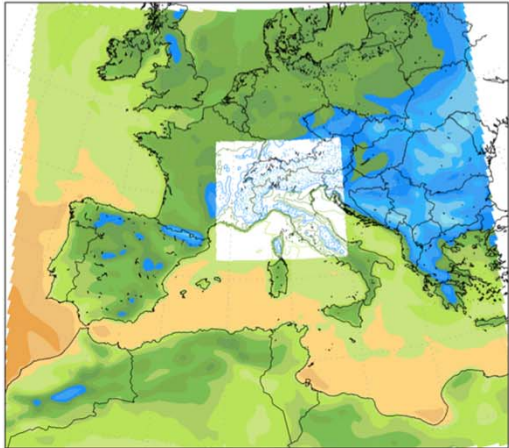
La catena modellistica BOLAM – MOLOCH operativa presso il Centro Funzionale di ARPAL



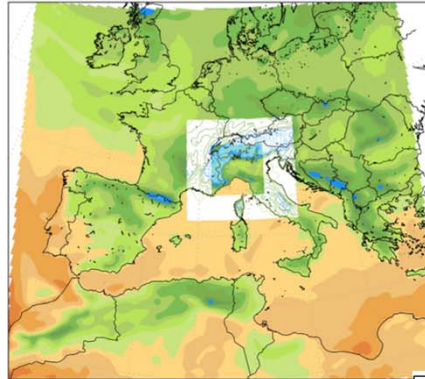
- Il Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria ha implementato il primo run operativo basato sulla catena BOLAM nel Settembre 1999 (SOP progetto MAP)
- Condizioni iniziali e al contorno fornite da IFS-ECMWF (61 livelli ibridi)
- Dal 2005 operativo il modello non idrostatico MOLOCH
- Attuale setup: **BOLAM (8 km, 60 livelli, 72 ore)**,
fornisce le BC orarie al **MOLOCH (1.5 km, 60 livelli, 48 ore)**
- Output prodotti entro 1.5 ore dalla disponibilità dei dati IFS
- Implementazione: cluster linux (Xeon E5-2680) 352 core
- 4 run al giorno → input per diverse catene modellistiche



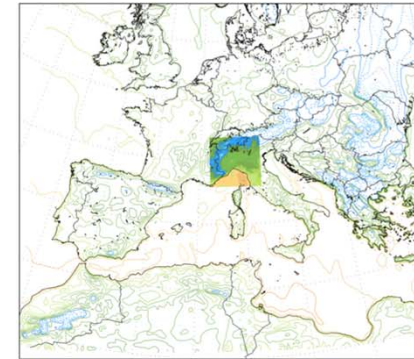
Correva l'anno **1999** ...
BOLAM 21 km → BOLAM 7 km



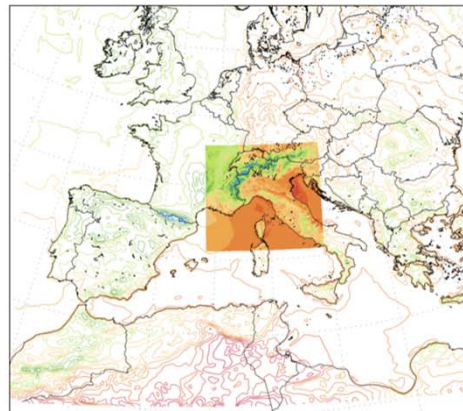
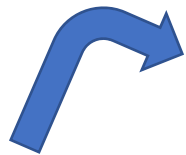
2005 +MOLOCH 2.2km



2011: BOLAM 10 → MOLOCH 2.2



2018:
BOLAM 8
MOLOCH 1.5



2019:
**DOMINIO di
INTEGRAZIONE!!**



Catena modellistica operativa presso ARPAL. Per ogni modello vengono effettuate 4 corse giornaliere: alle 00, 06, 12 e 18 UTC

ECMWF IC/BC every 3h
on 61 hybrid levels, on
rotated grid 0.1 res

Infrastruttura: cluster linux
composto da 8 nodi con due
processori Intel E5-2680, per un
totale complessivo di 352 core.

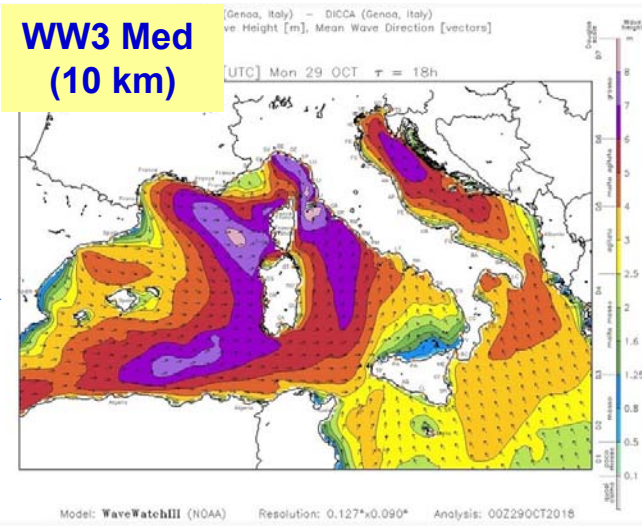
BOLAM 443x392x60
points, on rotated grid
0.07 res, up to 72 hr

MOLOCH 882x898x60
points, on rotated grid
0.014 res, up to 48 hr

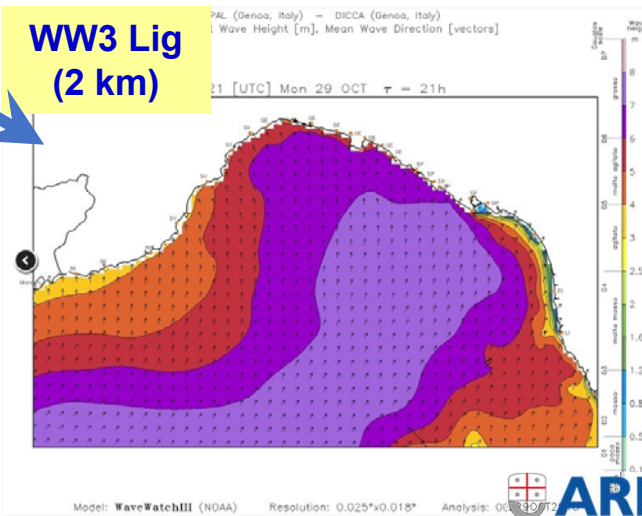
WW3 mediterranean
domain 337x180 points
0.09 res, up to 72 hr

WW3 ligurian sea domain
153x112 points 0.018 res,
up to 48 hr

WW3 Med
(10 km)



WW3 Lig
(2 km)



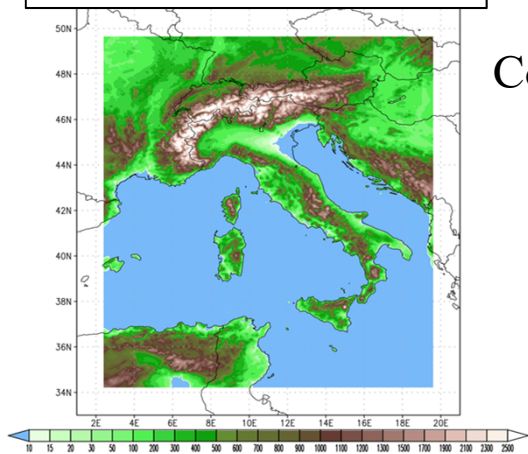
Modello d'onda **WAVEWATCH III**, in collaborazione con DICCA-UniGE

Modelli idrologici sui bacini della Regione Liguria, modellistica **incendi**, modellistica di **dispersione degli inquinanti**, modellistica di circolazione oceanica **MIKE** (DHI) disponibile in ARPAL.

MODELLISTICA OPERATIVA – CONSORZIO LAMMA



MOLOCH 2.5 km



DOMINIO ITALIA

506x618x50

Coordinate Lat-Lon regolari

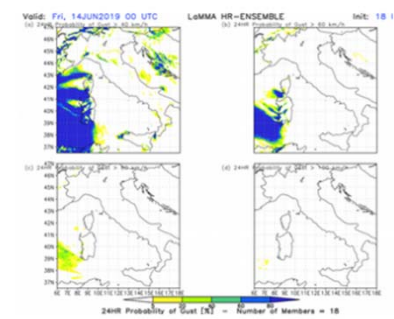
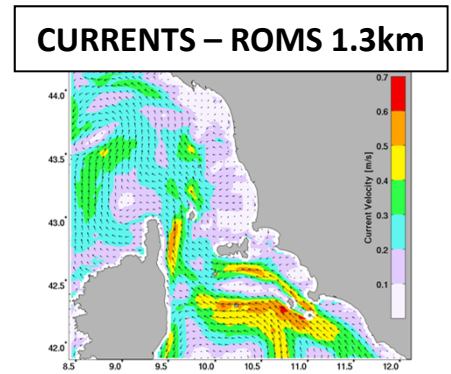
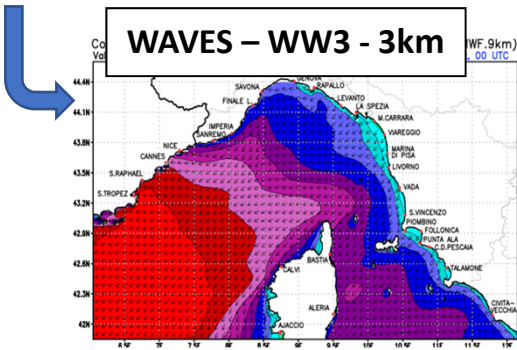
IC/BC - nesting diretto in:

- IFS-ECMWF 9km
- GFS 25 km

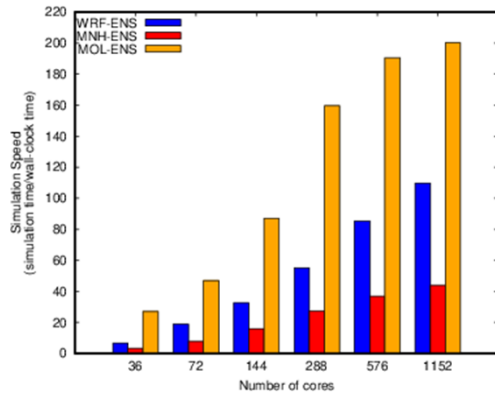
8 runs / day (4 IFS + 4 GFS)
00z → 72 ore
06z → 42 ore
12z → 84 ore
18z → 54 ore



**Poor-man ensemble
MOLOCH & WRF
26 membri**



MODELLISTICA RICERCA – CONSORZIO LAMMA

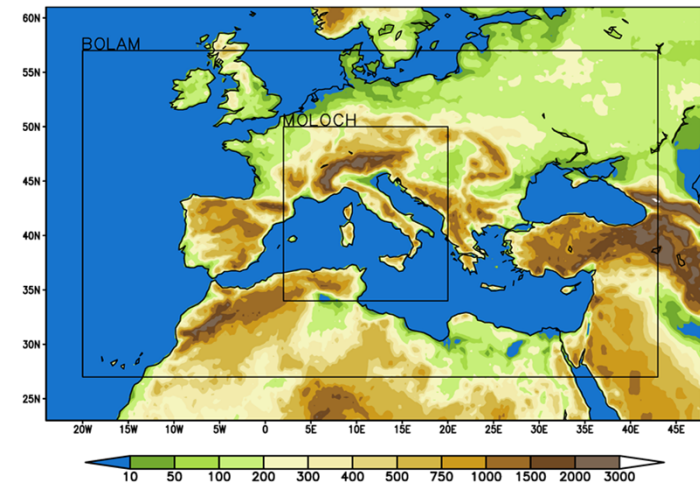
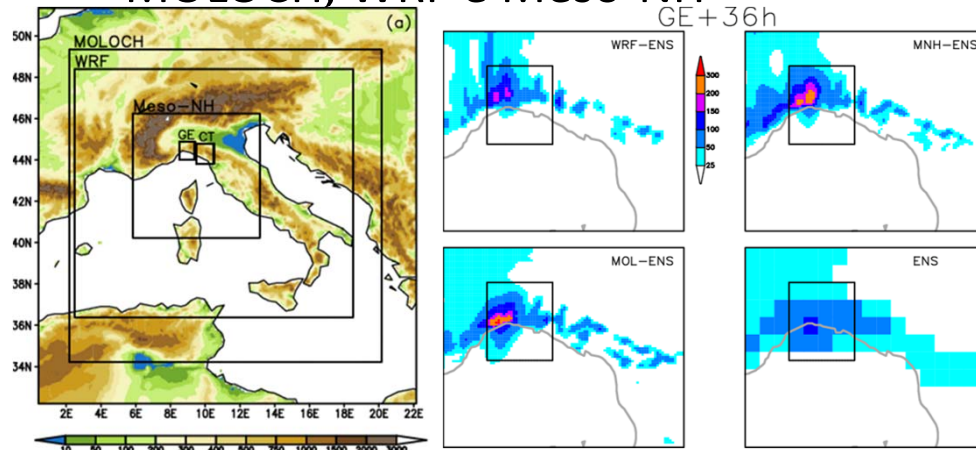


VELOCITA DI CALCOLO
 MOLOCH 2.5 volte più veloce di WRF
 4-5 volte più veloce di MNH

Modello	Risoluzione	Dominio (NXxNY)	Livelli Verticali	Time-step	Numero di processori utilizzati *	Tempo di calcolo x 24 ore di simulazione (minuti)
WRF	3 km	400x440	50	20	106/108	44
MOLOCH	2.5 km	498x626	50	22.5	96/108	17

Rianalisi Regionale BOLAM+MOLOCH 1979-2019
 Downscaling dinamico ERA5

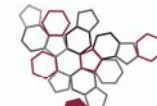
Ensemble Reforecast eventi del 2011
 MOLOCH, WRF e Meso-NH



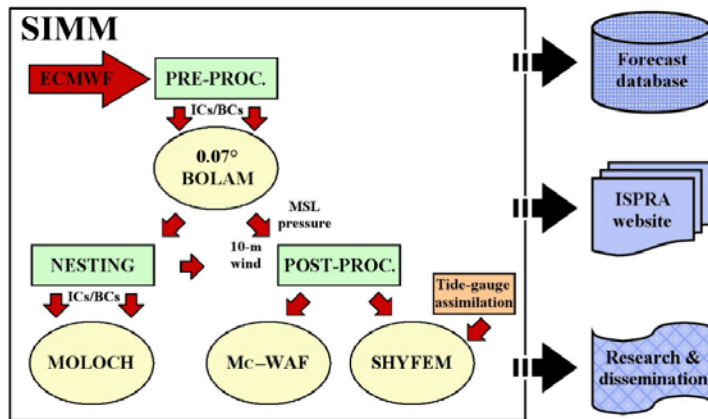
SIMM – SISTEMA IDRO-METEO-MARE



ISPRA
Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente

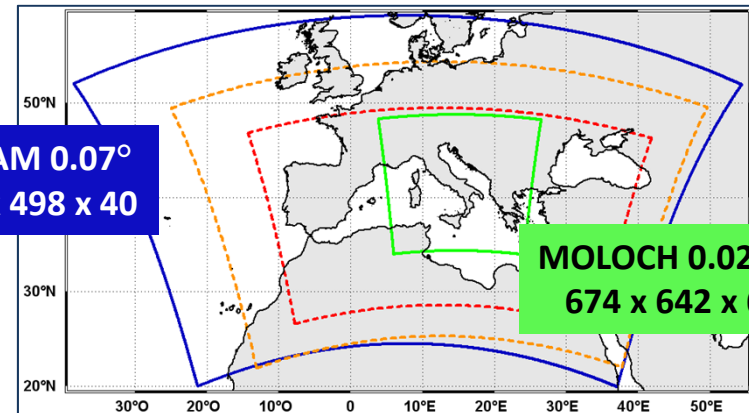


Operativo in ISPRA dal 2000

Init: IFS-ECMWF 00 e 12 UTC (46 lv IBRID, 0.25°)

Due corse giornaliere: BOLAM (144h) & MOLOCH (96h)

http://www.isprambiente.gov.it/pre_meteo/



**BOLAM 0.07°
810 x 498 x 40**

**MOLOCH 0.0225°
674 x 642 x 60**

BOLAM+MOLOCH: 2h 20m per run

Cluster Centos Linux HA, 16 node, 256 core, 2GHz, in corso di implem. su Cluster 20 node, 624 core, 2.8 GHz

- Monitoraggio, previsione e analisi eventi idro-meteorologici e meteo-marini intensi/severi – archivio output numerici
- Accordo di collaborazione ISPRA – Aeronautica Militare
- Costante e robusta attività di verifica** dei modelli del SIMM, anche in iniziative internazionali **MesoVICT, MAP D-PHASE & HyMeX**
- «Ente meteo» per **ItaliaMeteo**
- Tavolo Tecnico previsioni di marea a Venezia:** Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune Venezia, ISPRA, CNR-ISMAR
- Collaborazione ISPRA-ARPA Lombardia:** output MOLOCH della pioggia cumulata a 5min su dominio ad hoc sulla Lombardia

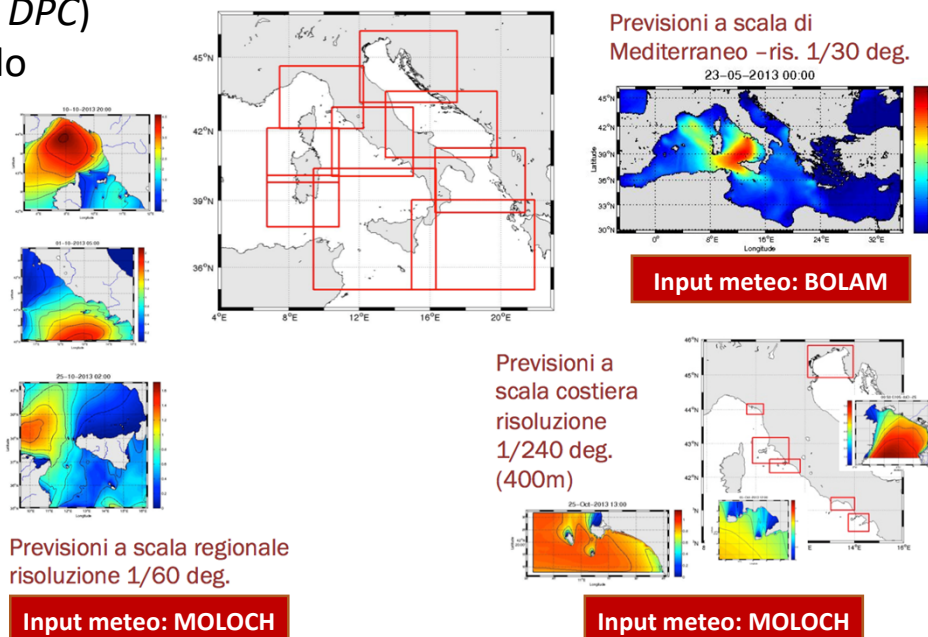
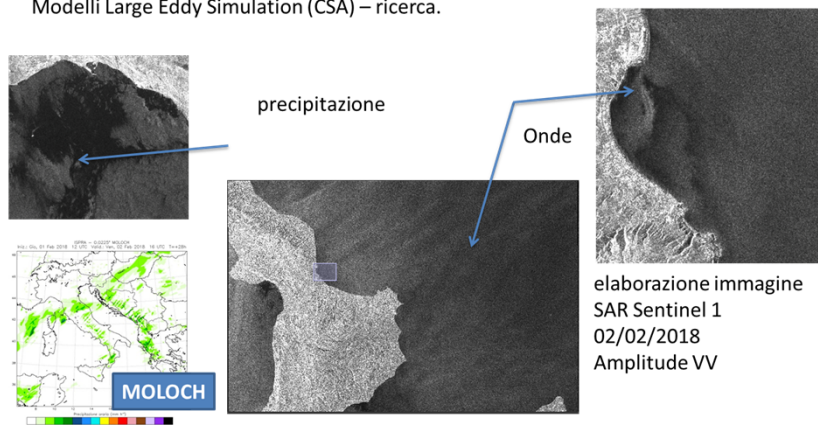
☐ Servizio operativo giornaliero di monitoraggio e previsione meteo-marina (MC-WAF)

https://www.isprambiente.gov.it/pre_mare/coastal_system/html/info.html

Bollettini giornalieri (+warning & allerte, anche verso DPC)
e relazioni sulla climatologia mensile e di lungo periodo

☐ Servizio pre-operativo di monitoraggio della dispersione in mare (in caso di crisi)

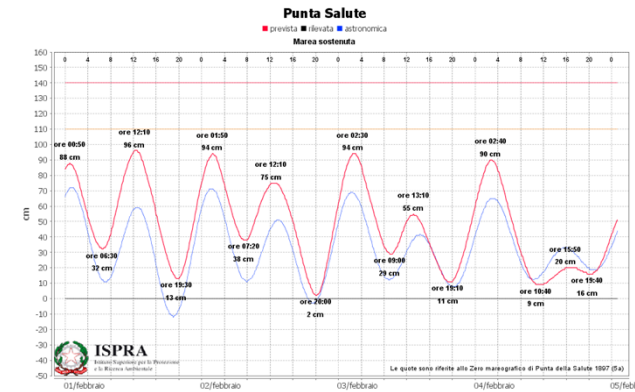
- prodotti Copernicus CMEMS
- Copertura satellitare RADAR, Ocean Color, METEOSAT
- modelli oceanografici di circolazione CSA, modelli numerici Lagrangiani di trasporto CSA, Modelli Large Eddy Simulation (CSA) – ricerca.



☐ Servizio operativo di monitoraggio e previsione della marea sull'Alto Adriatico e, in particolare, sulla Laguna di Venezia

<https://www.venezia.isprambiente.it/home>

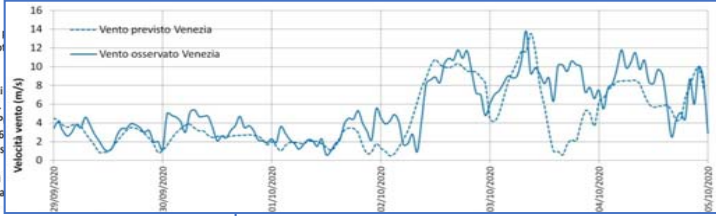
- **Bollettini giornalieri su 8 località**
SHYFEM: 2 corse inizializzate da BOLAM e 4 run con IFS, con e senza DA (griglia ad elementi finiti, con ris. spaz. da 40 km su MED, passando a 2 km su Adriatico e a 100 m su Venezia)
- **Bollettini del Tavolo Tecnico** previsioni marea a Venezia/acqua alta
→ supporto attivazione **MOSE**
- **Relazioni** su eventi mareali intensi/estremi
- **Climatologia** degli eventi estremi



BOLAM vs. Piattaforma CNR

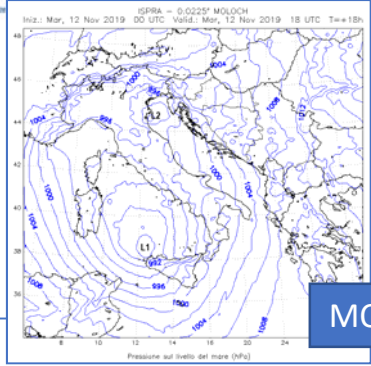
OGGETTO: aggiornamento della previsione meteo-marina per i giorni 02-04 ottobre 2020

Logos: ISPRa, Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, CNR, ISMAR



NOVEMBRE 2019
UN MESE DI MAREE ECCEZIONALI

DINAMICA E ANOMALIA DELL'EVENTO
DEL 12 NOVEMBRE 2019



MOLOCH

Oggi venerdì 02 ottobre si è riunito il Tavolo Tecnico per la previsione e Segnalazione Maree, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, per analizzare l'evoluzione meteo-marina per le prossime ore.

Le previsioni meteorologiche odierne confermano intensi venti meridionali di venerdì fino alle ore centrali di sabato 3 ottobre, in seguito a condizioni meteorologiche avverse del Dip.to della Protezione Civile. Il servizio di previsione di venerdì 02 ottobre prevede dalla giornata di venerdì per le successive 24-36 ore, venti meridionali, con raffiche fino a burrasca forte, su Liguria... in es. prevedono altresì mareggiate lungo le coste esposte".

Il bollettino di ARPA Veneto emesso alle ore 13:00 di venerdì 02 ottobre prevede un episodio sciroccale (...) Venti forti da sud-ovest, tesi a tratti forti di Scirocco lungo la costa".

- Per le previsioni restano le considerazioni proposte nelle note emesse dal Tavolo il 29 settembre e 1 ottobre u.s., ad integrazione dei modelli operativi presentati per:
- **venerdì 02 ottobre** valori intorno a 110 cm per la sera alle ore 23:50;
 - **sabato 03 ottobre** 135-140 cm alle ore 12:00 e intorno a 90 cm alle ore 23:50;
 - **domenica 04 ottobre** marea sostenuta con valori fino a 115 cm alle ore 12:30;

Logos: ISPRa (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale), Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente

S - Punti di forza

Efficienza numerica che rende MOLOCH particolarmente adatto ad applicazioni “pesanti” quali ensemble forecasting e rianalisi

Performance a livello di altri modelli operativi

Completa conoscenza e disponibilità dei codici e disponibilità delle competenze in ambito meteorologico e numerico

Diverse ricadute applicative consolidate

Disponibilità database di lungo periodo e ad alta risoluzione

Suite modellistica completa

O - Opportunità

Il Consorzio rappresenta un primo passo importante che ha già permesso sinergie importanti (prodotti di pre/post processing, verifica, rianalisi, progetti)

Luogo di incontro, sinergia e stimolo nella comunità modellistica italiana

Completa apertura ad allargare il consorzio ad altri Enti, anche attraverso collaborazioni già in atto (ICTP, PoliTO)

Coinvolgimento in ItaliaMeteo in qualità di «Enti meteo»

Mantenere biodiversità di modelli

W - Debolezze

Limitata disponibilità e sviluppo di alcune applicazioni (DA, ensemble, accoppiamenti, etc) in confronto con altre realtà modellistiche che godono di un “consorzio” più ampio e strutturato

Limitata notorietà a livello internazionale

Manualistica non completa

Disponibilità dei dati ECMWF limitata solo ad alcune componenti del consorzio

T - Minacce

Necessità di raggiungere una massa critica per garantire lo sviluppo del modello e delle applicazioni in cascata

