

Il Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare di ISPRA: dalla scala globale alla scala locale, passando per il Mediterraneo

M. Casaioli ¹, S. Mariani ¹, P. Malguzzi ², F. Catini ³, E. Coraci ⁴,
S. Davolio ², O. Drofa ², R. Inghilesi ³, S. Morucci ⁴, e A. Orasi ⁴

- ¹ ISPRA, Dipartimento per il Monitoraggio e la Tutela dell'Ambiente e per la Conservazione della Biodiversità, Roma
- ² CNR-ISAC, Bologna
- ³ ISPRA, Centro Nazionale per le crisi e le emergenze ambientali e il danno, Roma
- ⁴ ISPRA, Centro Nazionale per la caratterizzazione ambientale e la protezione della fascia costiera e l'oceanografia operativa, Roma



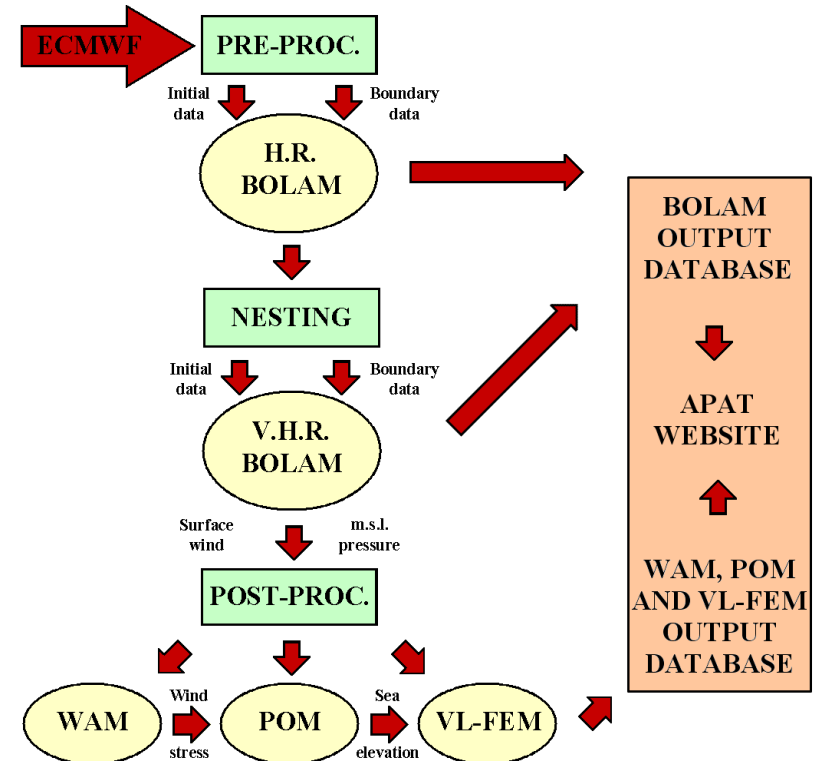
L'idea fondante del SIMM – fine anni 90:

- integrare la modellistica meteorologica e quella marina e la copertura dell'intero Bacino del Mediterraneo alla risoluzione del limite idrostatico;
- fornire previsioni meteo e meteo-marine nell'area del Mediterraneo, caratterizzata dall'interazione di diversi fenomeni operanti su un intervallo di scale comprese dal km alla scala sinottica.

Attività congiunta DSTN-ENEA

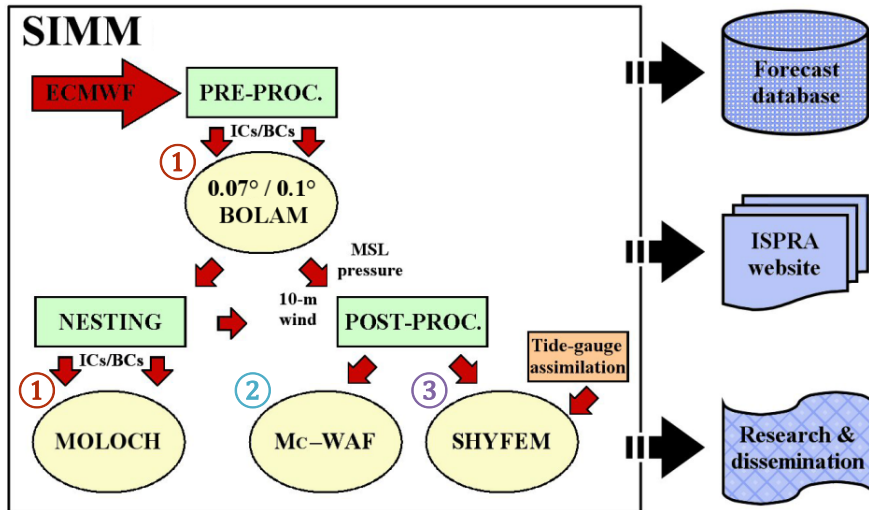
Sistema implementato sul super-calcolatore parallelo QUADRICS (*Array Processor Experiment project*)

Operativo al DSTN (poi APAT) dal 2000



Speranza et al., 2007

"[...] aimed at creating an integrated system, which combines analysis-forecast of weather, together with the relevant sea-surface and hydrological post-processes"



Il **SIMM** ha subito nel corso degli anni una completa trasformazione dettata dall'evoluzione della modellistica implementata e dei sistemi di calcolo a elevate prestazioni impiegati.

Tre componenti essenziali tra loro accoppiate:

- ① Componente meteo basata sul modello idrostatico **BOLAM** a 0.07° e 0.1° (sul Mediterraneo) e sul modello non idrostatico **MOLOCH** a 0.0225° (sull'Italia); modelli sviluppati dal CNR-ISAC.
- ② Sistema di previsione d'onda costiero mediterraneo (**MC-WAF**) basato sul WAM di 3ª generaz. (Mediterraneo + aree costiere) in cascata al BOLAM a 0.07° e al MOLOCH.
- ③ Sistema di previsione dello *storm surge* per l'Alto Adriatico basato su **SHYFEM**, sviluppato dal CNR-ISMAR, accoppiato con le previsioni dell'ECMWF e del BOLAM a 0.1° (già testata integrazione con BOLAM a 0.07°), con e senza assimilazione dati.

- ❑ Inizializzato con le corse 0000 e 1200 UTC dell'ECMWF (3h, 46 livelli, 0.25°).
- ❑ Versione modelli meteo: *aprile 2019*.
- ❑ Giornalmente:
 - Previsione a **84 ore** con BOLAM a 0.1° sul Mediterraneo, con MOLOCH sull'Italia e con SHYFEM e il modello statistico di acqua alta sull'Alto Adriatico;
 - Previsione a **132 ore** con BOLAM a 0.07° sul Mediterraneo e con Mc-WAF sul Mediterraneo e sulle aree costiere.

SIMM è implementato su un cluster HPC Linux a 16 nodi, 256 core.

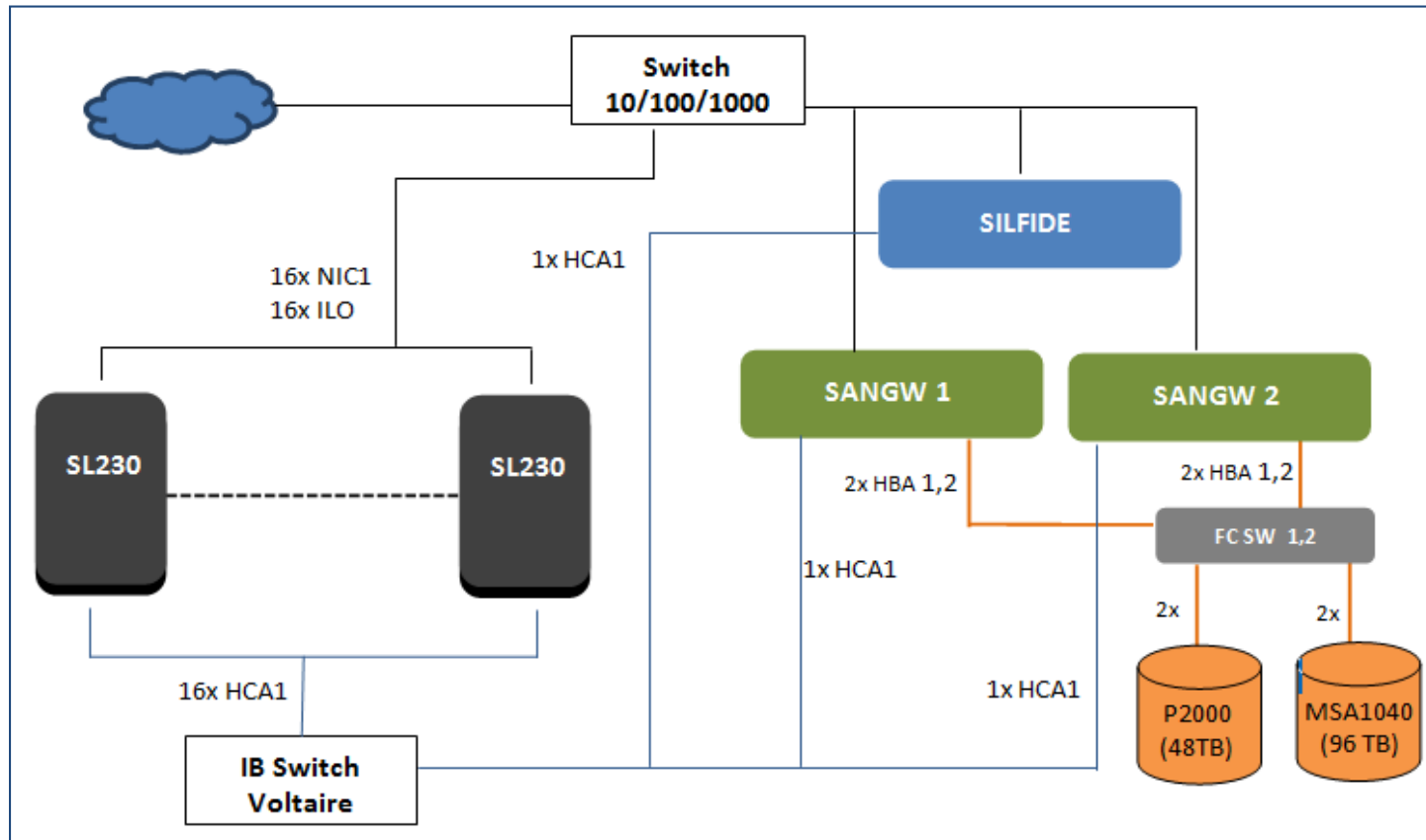
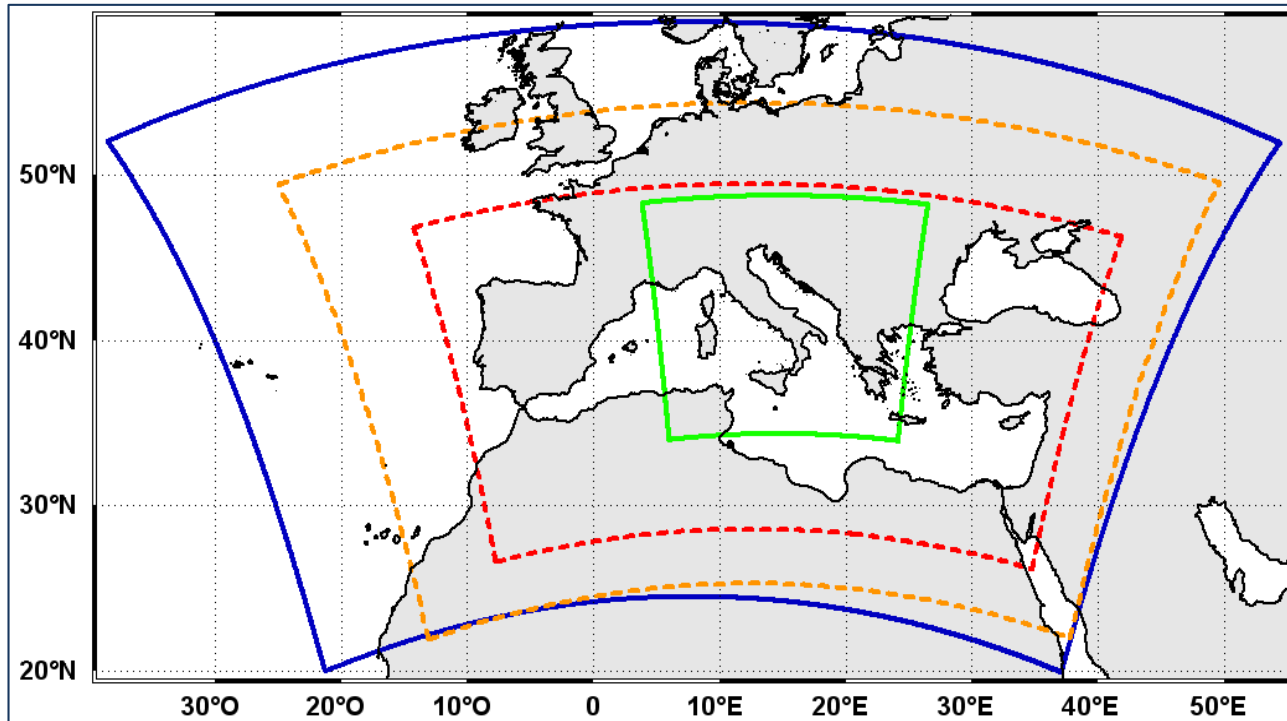


Diagramma a blocchi del cluster del SIMM, con ridondanza delle connessioni in fibra (due *switch Fiber Channel*, due HBA sui nodi SANGW e un doppio *path* verso ciascun controller delle unità di storage MSA200 e P2000). Tutto il sistema di *storage* è in carico alla coppia di nodi SANGW1/2 che lo esportano (in HA) a tutti i nodi del cluster, compreso Silfide.



Former meteorological segment (by 2000)

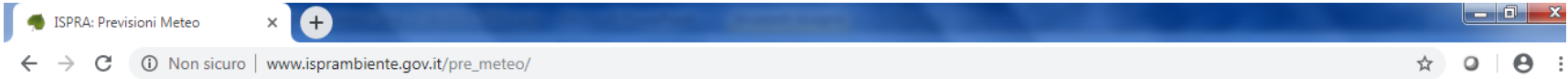
- 0.3° “father” BOLAM (orange dashed line)
- 0.1° “son” BOLAM (red dashed line)

New meteorological segment: (by 2019)


- 0.07° BOLAM (blue solid line)
- 0.0225° MOLOCH (green solid line)

Nuove versioni aprile 2019 + ottimizzazione script catena operativa → riduzione tempi di calcolo

In parallelo i processi di download, pre-pro, run, post-pro: 1h 30min 0.07° BOLAM e 1h 45min MOLOCH
(vecchia versione: 45 min download + 22min pre-pro + 2h 0.07° BOLAM e 3h 30min MOLOCH)



Previsioni Meteo

-  Sistema Idro-Meteo-Mare
-  Previsioni 0.1° BOLAM sul bacino del Mediterraneo
-  Previsioni 0.07° BOLAM sul bacino del Mediterraneo
-  Previsioni MOLOCH sull'Italia

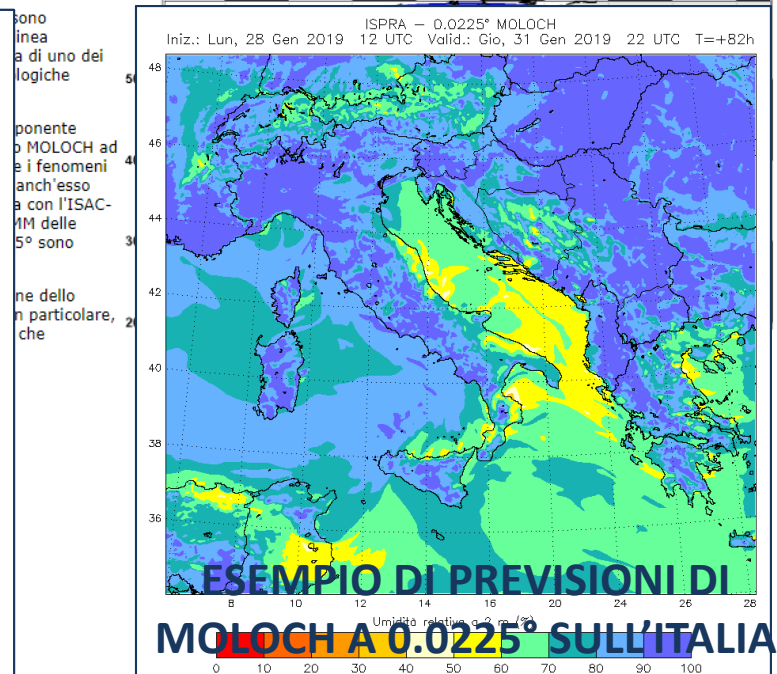
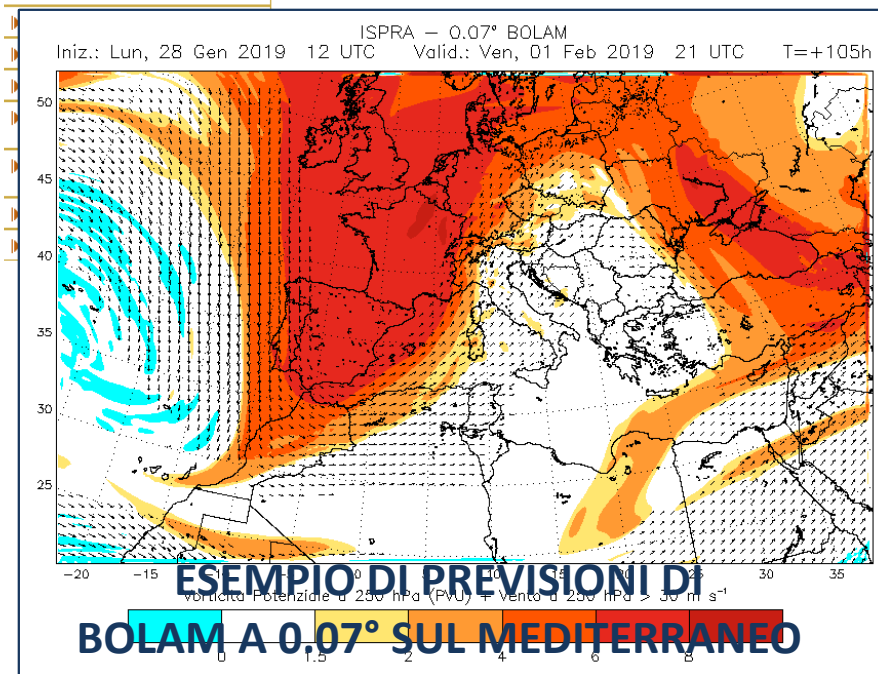
Previsioni Meteo

Modelli *BOLAM* e *MOLOCH*

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

Ultimo aggiornamento: 19/04/2019

Il modello idrostatico ad area limitata BOLAM (*Bologna Limited Area Model*) operativo presso l'ISPRA nell'ambito del *SIMM - Sistema previsionale Idro-Meteo-Mare* è la versione parallela del modello sviluppato presso l'Istituto di Scienze dell'Atmosfera e del Clima del Consiglio Nazionale delle Ricerche (ISAC-CNR), sezione di Bologna. Attualmente, il BOLAM è implementato in due diverse configurazioni su macchina parallela SGI-Altix e su un cluster HPC Linux a 16 nodi, 256 core, mentre originariamente il modello era stato implementato su un macchina massivamente parallela, QUADRICS, dotata di 128 processori, costruita dall'Alenia (di qui il precedente nome QBOLAM).



sono
linea
a di uno dei
logiche

ponente
MOLOCH ad
è i fenomeni
anch'esso
a con l'ISAC-
M delle
5° sono

ne dello
n particolare,
che

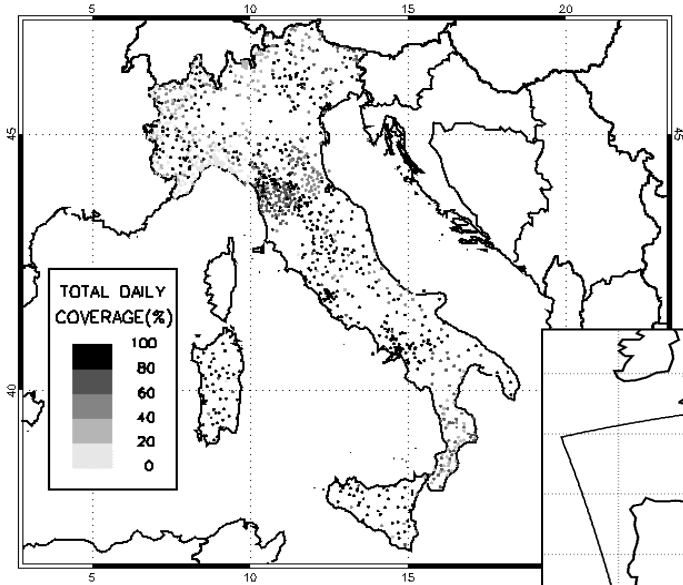


- Relazioni post-evento
- Dinamica degli eventi meteo e meteo-marini intensi e severi sul Mediterraneo
- Campagne previsionali in ambito di iniziative internazionali WMO (**MAP D-PHASE** su Spazio Alpino, **HyMeX** su Mediterraneo)
- Forecast verification e model intercomparison* in ambito nazionale e internazionale (e.g., **INTERREG HYDROPTIMET**, **INTERREG FORALPS**, **FP5 VOLTAIRE**, **MAP D-PHASE**, **MesoVICT**)

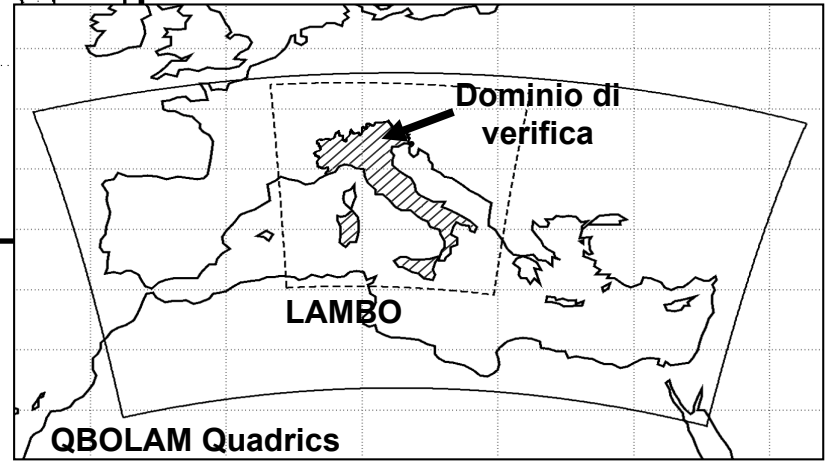
Verifica e confronto sull'intero territorio nazionale.
 Più di 1500 pluviometri distribuiti su tutta l'Italia.
 Periodo esaminato: ott. 2000 – ott. 2002
 Dati pluviometrici da:

- rete ex SIMN
- reti regionali

- ❖ Emilia Romagna
- ❖ Piemonte
- ❖ Liguria
- ❖ Valle d'Aosta
- ❖ Marche
- ❖ Sicilia
- ❖ Sardegna



da Accadia et al., WAF, 2005

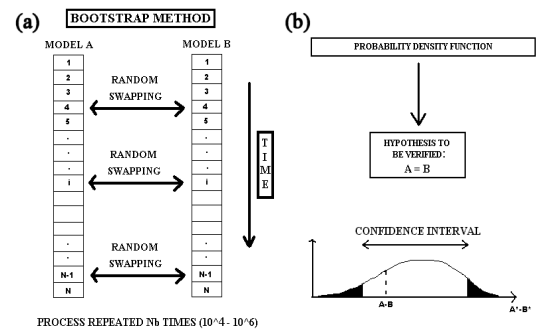


$$BIA = \frac{a + b}{a + c}$$

$$ETS = \frac{a - a_r}{a + b + c - a_r} \quad \text{with} \quad a_r = \frac{(a + b)(a + c)}{a + b + c + d}$$

$$HK = \frac{(ad - bc)}{(a + c)(b + d)} = \text{POD} - F = \frac{a}{a + c} - \frac{b}{b + d}$$

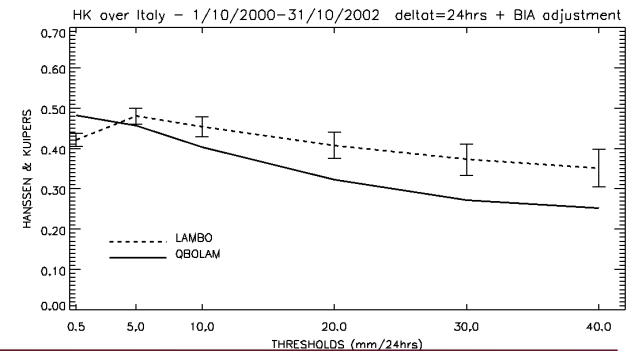
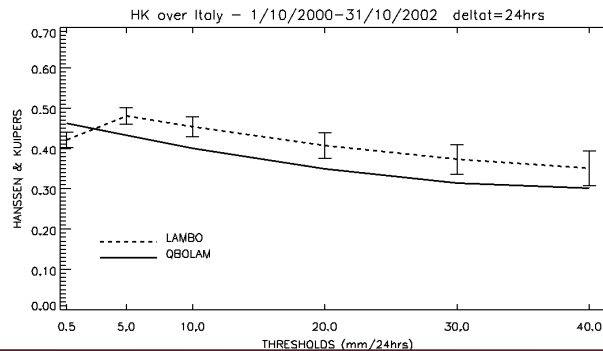
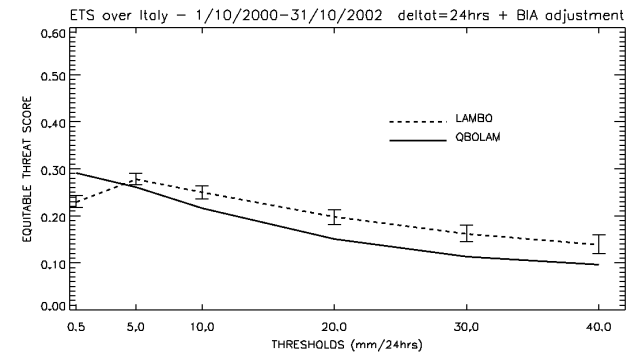
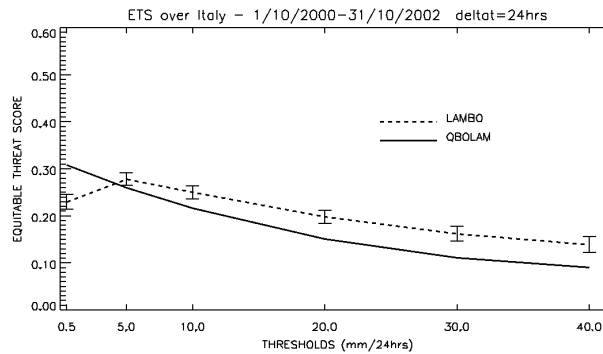
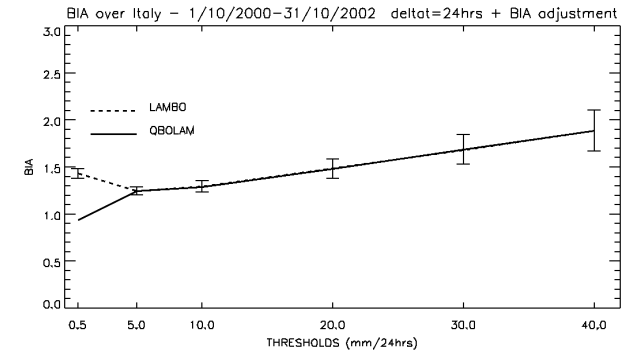
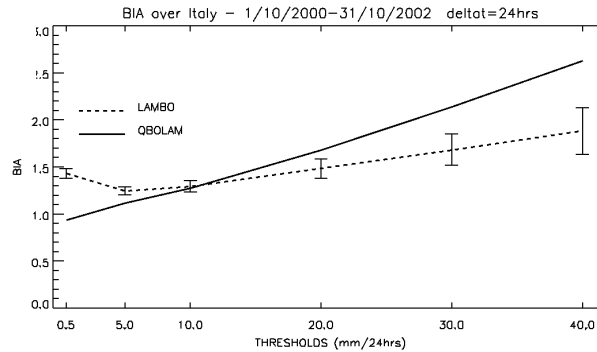
$$ORSS = \frac{ODDS - 1}{ODDS + 1} = \frac{ad - bc}{ad + bc} \quad \text{where} \quad ODDS = \frac{ad}{bc}$$

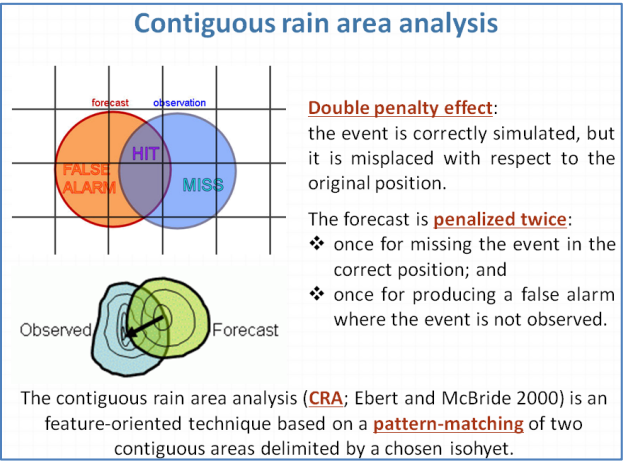


Colonna sinistra:
senza *BIAS*
adjustment

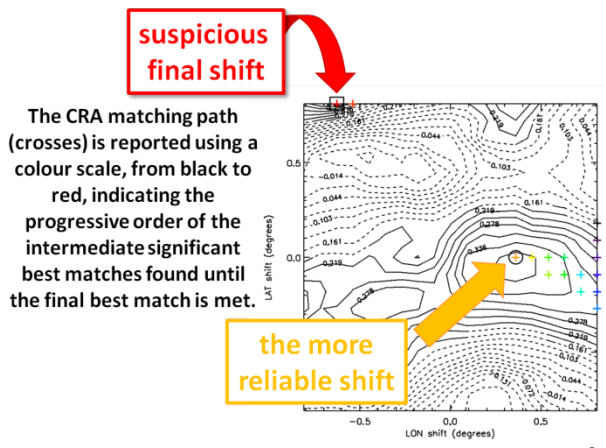
Colonna destra:
con *BIAS*
adjustment

Punteggi (dall'alto):
BIAS
ETS
HK

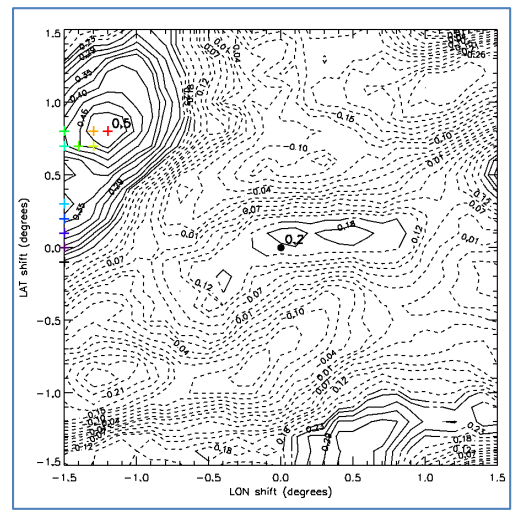
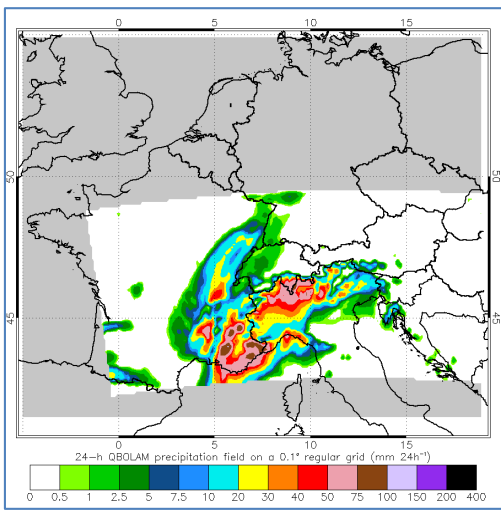
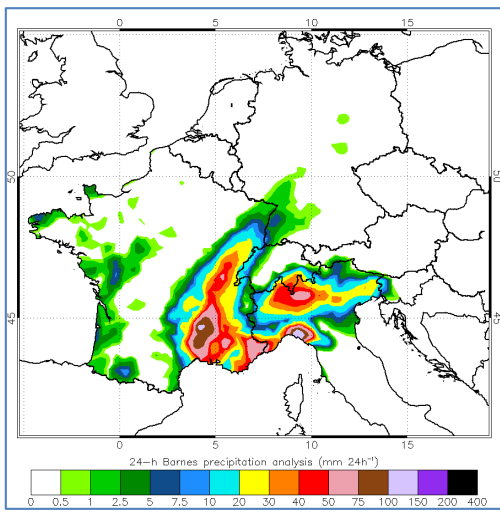




2-D CRA analysis shift plot (da Mariani e Casaioli 2018)



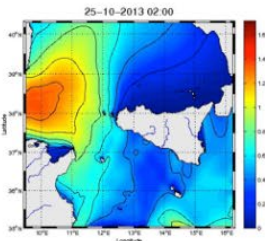
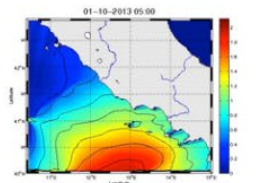
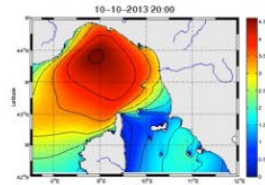
da Mariani et al., MetZ 2018



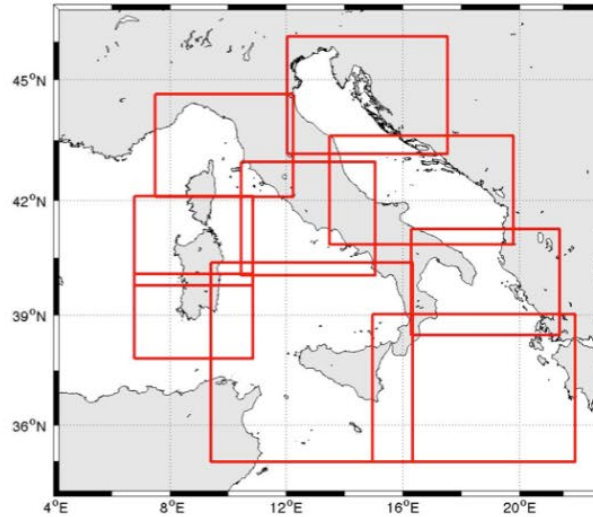
Es. confronto su dominio limitato: Barnes analysis vs. BOLAM a 0.1° del 2007 (MAP D-PHASE). CRA relativa a soglia di 10.0 mm 24 h⁻¹ con max. CORR.

Servizio operativo di monitoraggio e previsione meteo-marina

Prodotti ISPRA: previsioni on line, bollettini giornalieri, relazioni sulla climatologia mensile
(1 anno di operatività : 7 warnings, 3 allerte)

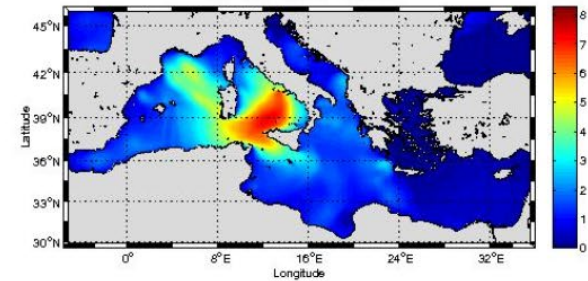


Previsioni a scala regionale
risoluzione 1/60 deg.

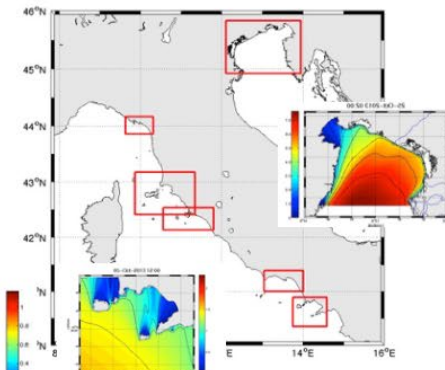
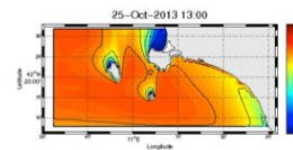


Previsioni a scala di
Mediterraneo - ris. 1/30 deg.

23-05-2013 00:00



Previsioni a
scala costiera
risoluzione
1/240 deg.
(400m)





Bollettino di monitoraggio e previsione dello stato dei mari italiani

Centro Nazionale Crisi, Emergenze Ambientali e Danno
Centro Operativo di Sorveglianza Ambientale

29 gennaio 2019

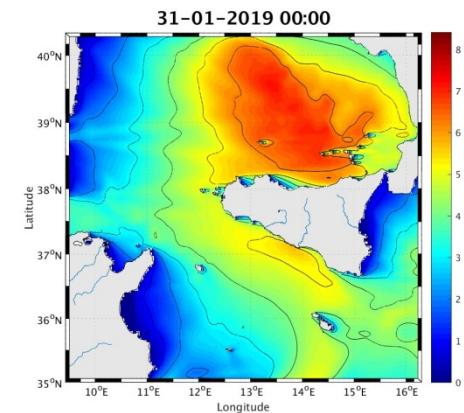
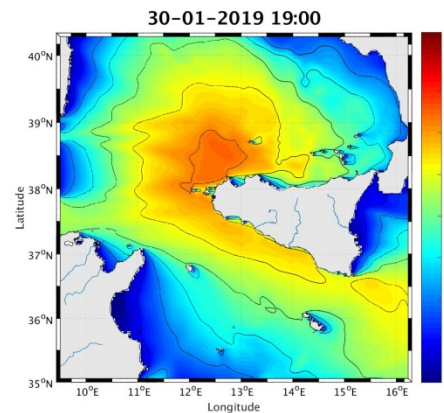
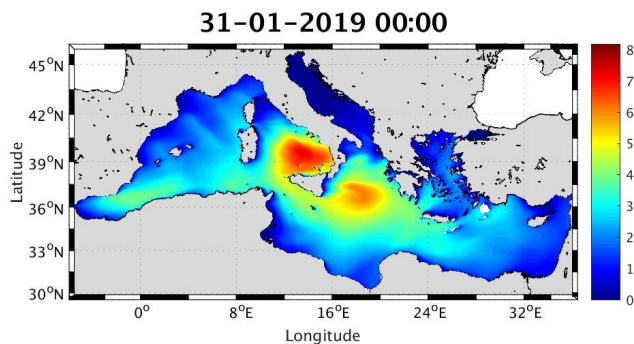
Elaborato sulla base delle previsioni dello stato del mare ISPRA

Per il 1 febbraio sono previste onde da sud, sud-est con H_{m0} intorno a 3 m nella parte settentrionale del Mar Adriatico e sulle coste di Veneto e Friuli-Venezia Giulia

La mareggiata prevista tra la sera del 30 e la mattina del 31 gennaio nel Mar Tirreno meridionale, nel Canale di Sicilia e sulle coste della Campania, Calabria e Basilicata tirrenica, Sicilia occidentale, potrebbe produrre onde dell'ordine di grandezza dei valori massimi annuali localmente attesi.

Inizio	Durata	Luogo	Massimo	H_{m0} [m]	T_p [s]	T_m [s]	Dir [°N]	R_T
01/02/19 11:00	giorni 1, ore 4	civitavecchia	01/02/19 20:00	2.8	7.6	6.6	185.0	n.d.
01/02/19 22:00	giorni 1, ore 14	ancona	03/02/19 11:00	2.9	9.2	8.5	115.0	n.d.
01/02/19 12:00	giorni 2, ore 0	venezia	01/02/19 15:00	2.9	7.6	6.8	136.0	n.d.
02/02/19 23:00	giorni 0, ore 13	crotone	03/02/19 08:00	3.7	9.2	8.4	142.0	0.3
02/02/19 11:00	giorni 1, ore 1	monopoli	03/02/19 08:00	2.7	8.4	7.2	117.0	0.1
29/01/19 01:00	giorni 5, ore 11	alghero	30/01/19 13:00	6.2	11.2	10.2	299.0	0.3
29/01/19 01:00	giorni 2, ore 15	cetraro	31/01/19 05:00	6.8	12.3	11.3	261.0	n.d.
29/01/19 01:00	giorni 2, ore 12	palermo	31/01/19 00:00	5.7	11.2	9.9	281.0	n.d.
29/01/19 01:00	giorni 5, ore 11	mazara	30/01/19 16:00	6.2	11.2	9.6	282.0	5.0
30/01/19 11:00	giorni 1, ore 16	cagliari	30/01/19 15:00	2.7	5.7	6.5	255.0	n.d.
30/01/19 15:00	giorni 0, ore 6	siniscola	30/01/19 18:00	2.3	6.3	5.3	323.0	n.d.
30/01/19 20:00	giorni 2, ore 3	ponza	30/01/19 21:00	3.8	10.2	9.4	254.0	0.2
31/01/19 20:00	giorni 2, ore 0	laspezia	02/02/19 01:00	3.7	9.2	8.4	210.0	0.2
31/01/19 02:00	giorni 0, ore 9	crotone	31/01/19 04:00	2.3	9.2	8.0	195.0	0.0

Tabella 1: mareggiate previste nei mari italiani nelle prossime 96 ore



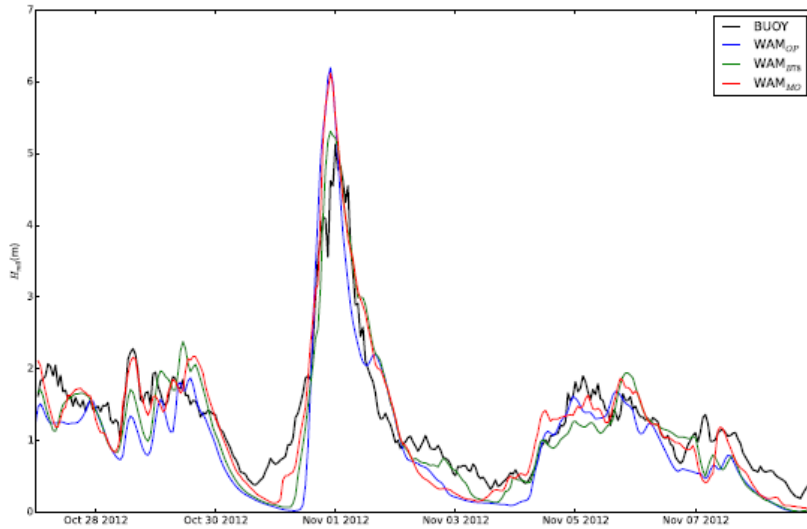


Figure 8. Test-case 1: comparison between forecast and buoy data at Ancona location.

Table 1. Statistics for the Ancona forecast verification.

model	ρ	bias	MSE	MAE	mean	case
Buoy	–	–	–	–	1.19	1
WAM _{OP}	0.92	0.79	0.25	0.40	0.92	1
WAM _{B78}	0.93	0.89	0.16	0.32	1.12	1
WAM _{MO}	0.94	0.95	0.15	0.29	1.08	1
Buoy	–	–	–	–	1.21	2
WAM _{OP}	0.82	0.73	0.37	0.47	0.87	2
WAM _{B78}	0.83	0.75	0.37	0.45	0.97	2
WAM _{MO}	0.82	0.97	0.43	0.46	1.08	2
Buoy	–	–	–	–	1.29	3
WAM _{OP}	0.95	1.01	0.13	0.28	1.31	3
WAM _{B78}	0.95	0.95	0.11	0.26	1.19	3
WAM _{MO}	0.95	1.14	0.18	0.32	1.27	3

HyMeX SOP (25 October to 10 November 2012), after Casaioli et al., 2014

Attività di verifica versus dati Rete Ondametrica Nazionale dell'ISPRA pre-utilizzo 0.07° BOLAM e MOLOCH nel catena MC-WAF su tre periodi HyMeX SOP.

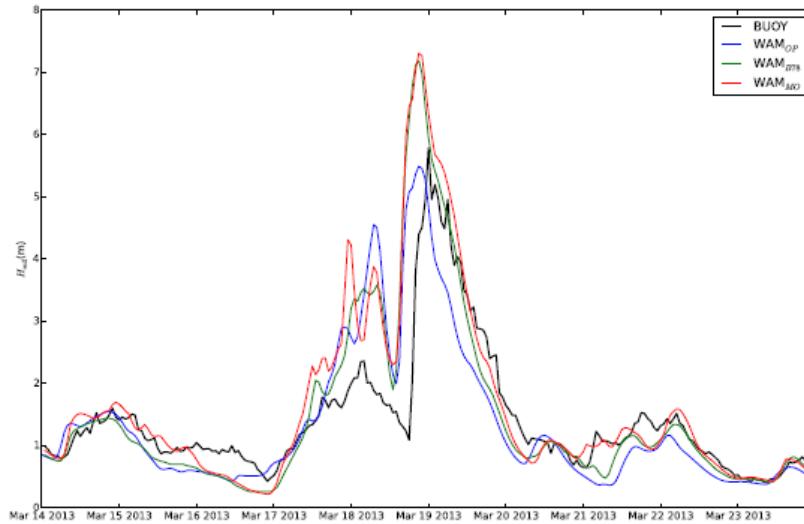


Figure 10. Test-case 3: comparison between forecast and buoy data at La Spezia buoy location.

Table 2. Statistics for the La Spezia forecast verification.

model	ρ	bias	MSE	MAE	mean	case
Buoy	–	–	–	–	1.64	1
WAM _{OP}	0.86	0.91	0.35	0.46	1.46	1
WAM _{B78}	0.92	1.23	0.64	0.6	1.91	1
WAM _{MO}	0.92	1.32	0.95	0.75	2.03	1
Buoy	–	–	–	–	1.49	2
WAM _{OP}	0.85	0.91	0.21	0.33	1.35	2
WAM _{B78}	0.89	1.1	0.37	0.42	1.30	2
WAM _{MO}	0.88	1.2	0.41	0.45	1.33	2
Buoy	–	–	–	–	1.31	3
WAM _{OP}	0.78	0.93	0.45	0.42	1.24	3
WAM _{B78}	0.84	1.01	0.53	0.38	1.29	3
WAM _{MO}	0.86	1.12	0.56	0.37	1.30	3

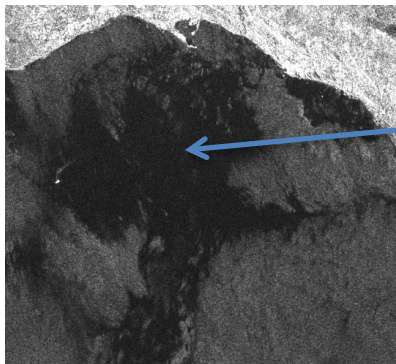
HyMeX SOP (12 to 26 March 2013), after Casaioli et al., 2014

Attività di verifica versus dati Rete Ondametrica Nazionale dell'ISPRA pre-utilizzo 0.07° BOLAM e MOLOCH nel catena MC-WAF su tre periodi HyMeX SOP.

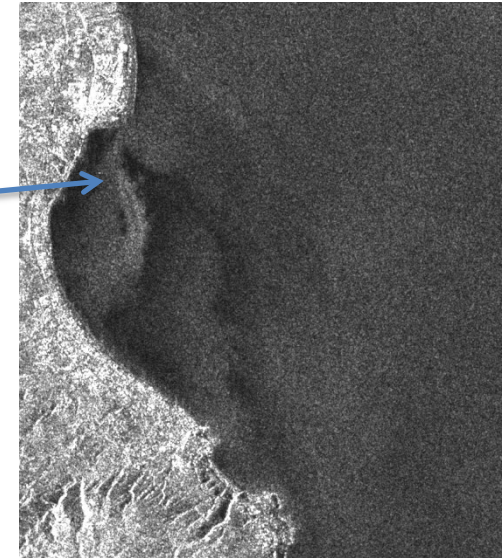
Pre-operativo, attivo in caso di crisi con:

- 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.

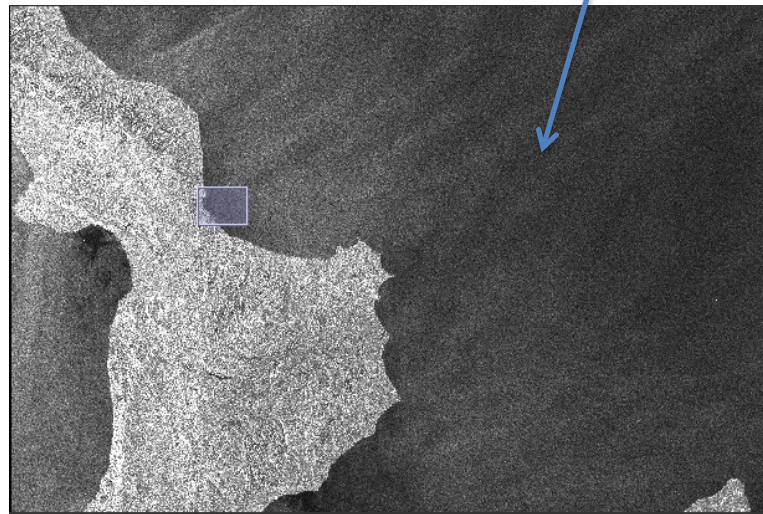
In sviluppo Sistema operativo integrato di monitoraggio SAR
e simulazione numerica per oil spill



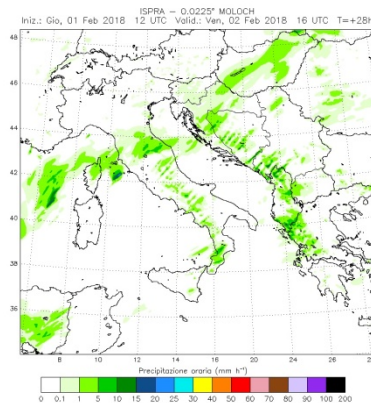
precipitazione

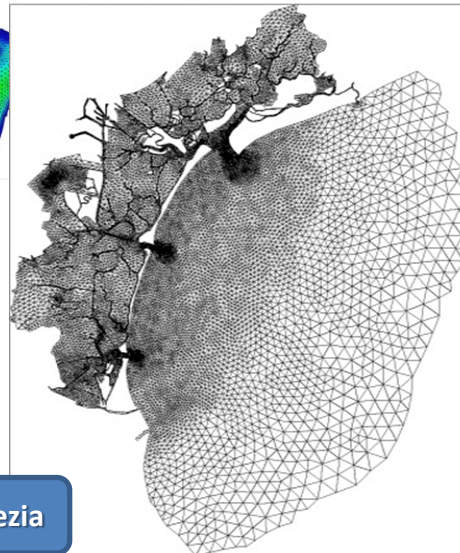
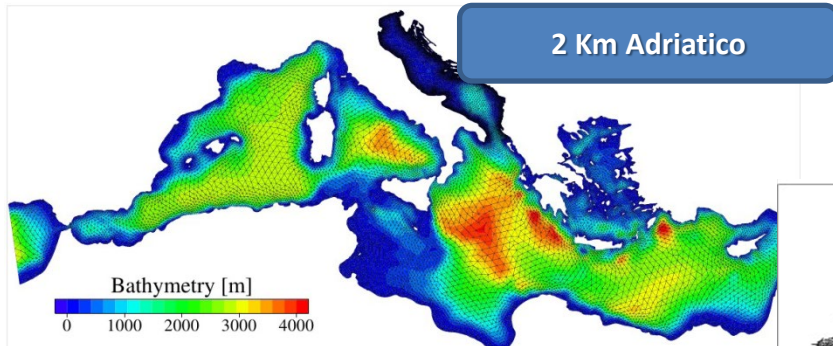
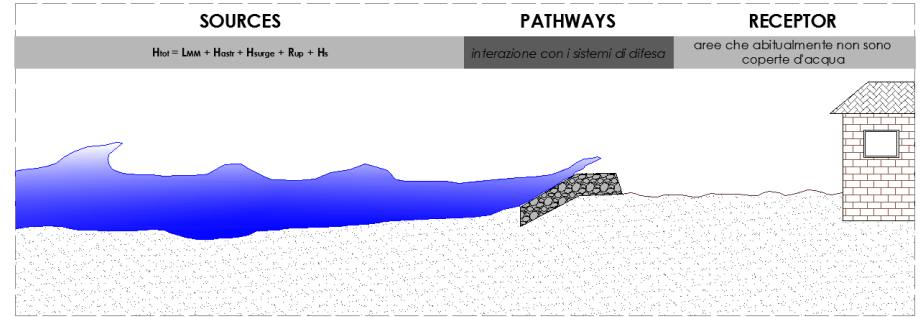
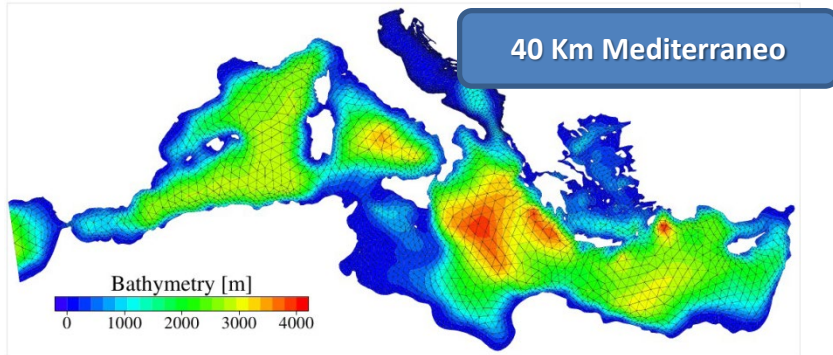


Onde

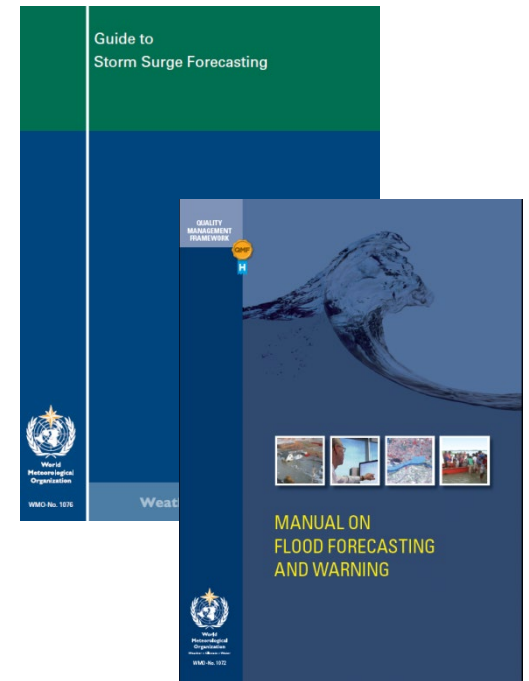


elaborazione immagine
SAR Sentinel 1
02/02/2018
Amplitude VV





100 m Laguna di Venezia



24 uscite giornaliere X 7 stazioni = 168 uscite giornaliere

Tipo modello	Cod.	Risoluzione	Versione	Input meteo	Frequenza aggiornamenti (Ore UTC)
Statistico	1	-	-	ECMWF (t+72; passo 6 ore)	00.00, 03.00, 06.00, 12.00, 18.00, 21.00
Statistico	2	-	-	BOLAM (t+72; passo 1 ora)	00.00, 03.00, 06.00, 12.00, 18.00, 21.00
Deterministico	4s	Bassa	Standard	ECMWF (t+96; passo 6 ore)	00.00 UTC
Deterministico	4a	Bassa	Assimilation	ECMWF (t+96; passo 6 ore)	00.00 UTC
Deterministico	5s	Alta	Standard	ECMWF (t+96; passo 6 ore)	00.00 UTC
Deterministico	5a	Alta	Assimilation	ECMWF (t+96; passo 6 ore)	00.00 UTC
Deterministico	6s	Bassa	Standard	BOLAM (t+84; passo 1 ora)	00.00 UTC
Deterministico	6a	Bassa	Assimilation	BOLAM (t+84; passo 1 ora)	00.00 UTC
Deterministico	7s	Alta	Standard	BOLAM (t+84; passo 1 ora)	00.00 UTC
Deterministico	7a	Alta	Assimilation	BOLAM (t+84; passo 1 ora)	00.00 UTC



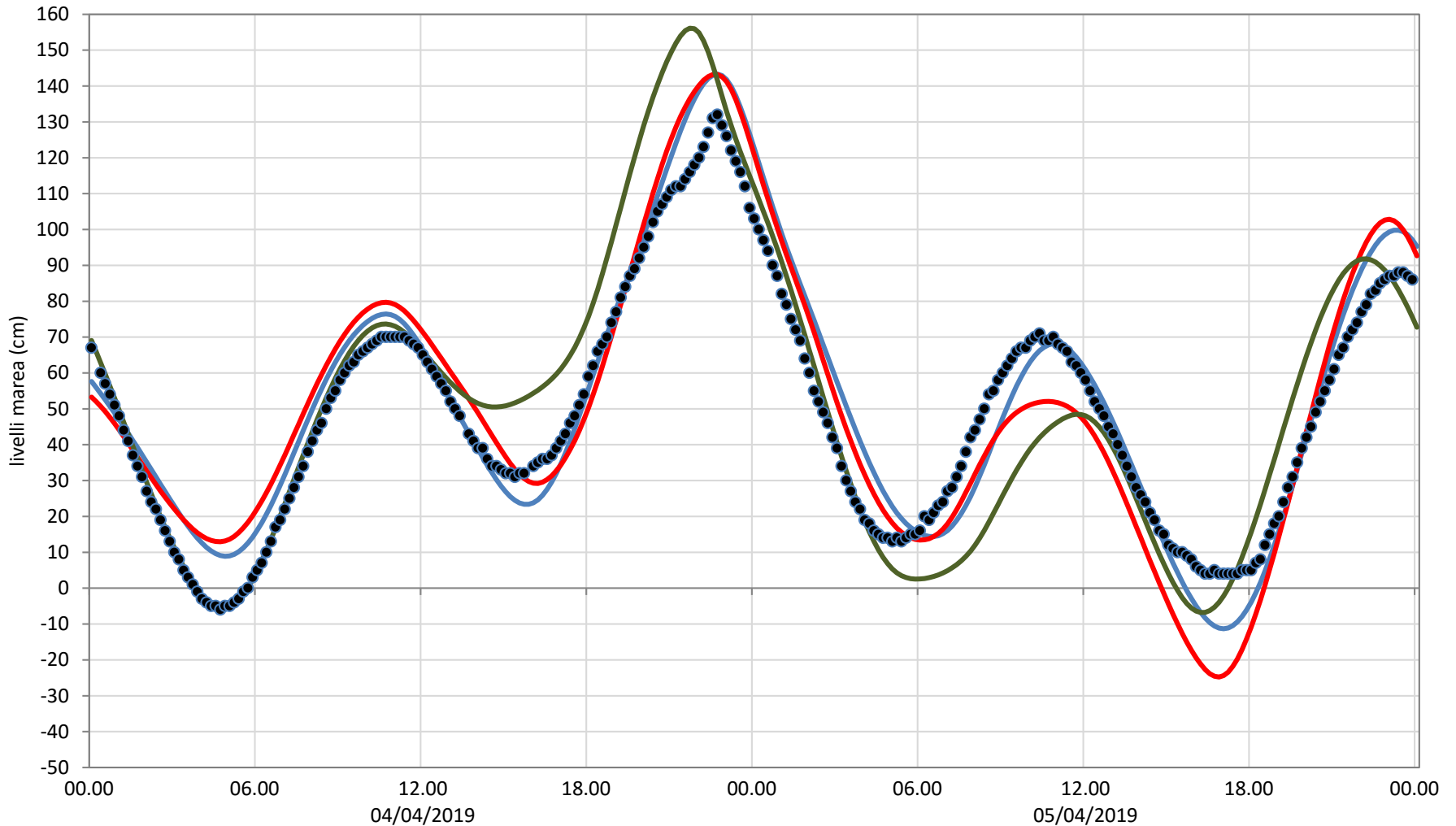
www.venezia.isprambiente.it



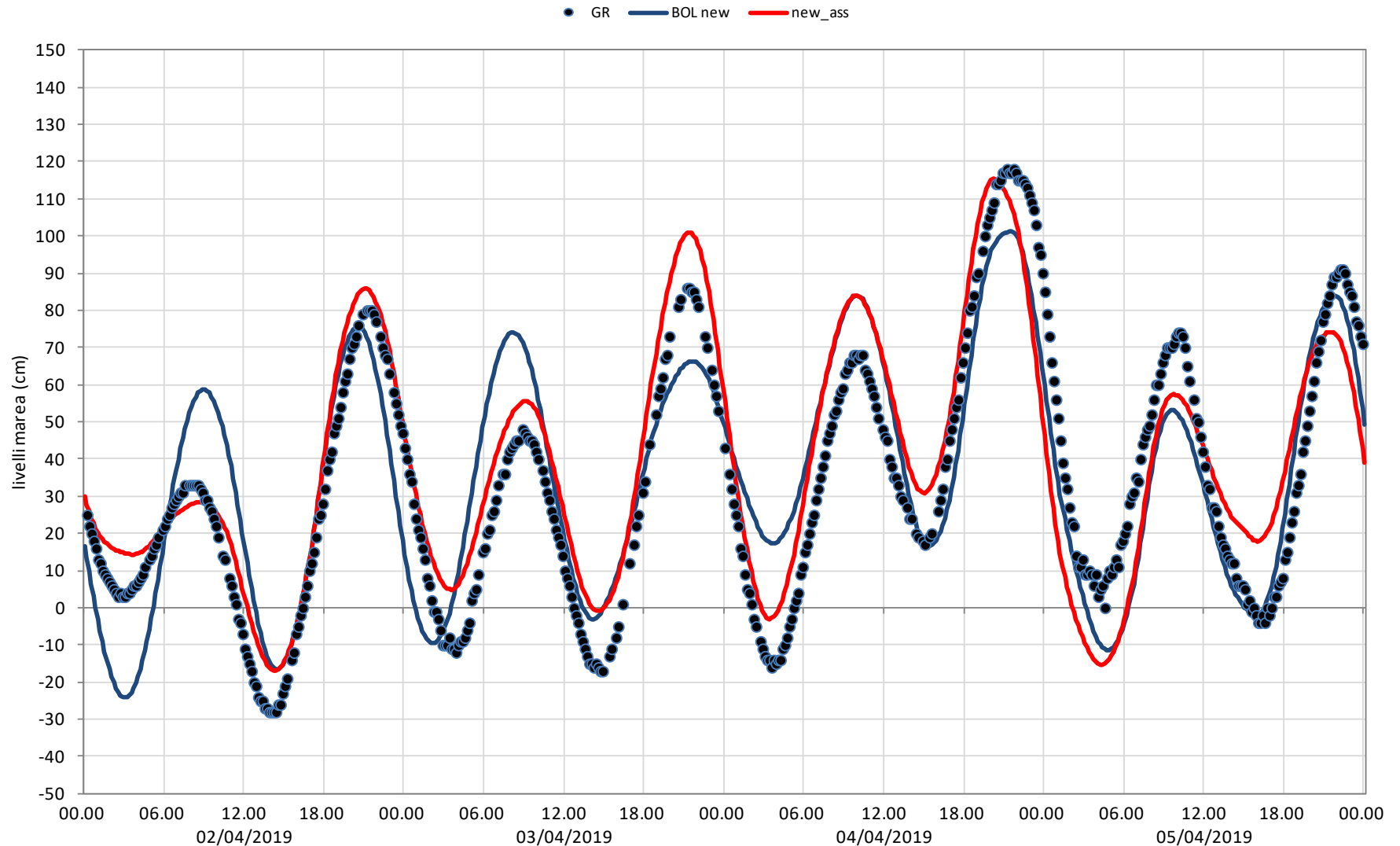
The screenshot shows the website interface for the Venetian Lagoon. At the top, there is the ISPRA logo and the text 'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale'. Below this is a navigation menu with links for Home, News, Istituto, La marea, Dati, Modellistica, Meteo e marea, Ricerche, and Link. The main content area is titled 'Laguna di Venezia' and includes a description of the service, a search bar, and a 'NEWS' section. There are also sections for 'Rete Mareografica Laguna di Venezia', 'Mappe della Rete Mareografica', 'Dati in tempo reale', 'Previsioni - Bollettino della marea in alto Adriatico', 'Punta della Salute', and 'Lido Diga Sud'. On the right side, there are sections for 'Partners istituzionali' and 'Partners scientifici'.

Punta della Salute - previsioni modelli del 04.04.2019

• PS — BOL old — BOL new — B11



Grado - previsioni modelli del 02.04.2019



ATTIVITÀ

COLLABORAZIONI

PROGETTI E PRODOTTI

Modello **SHYFEM** e **modello statistico** della catena operativa per la previsione del livello del mare a Venezia e nell'Alto Adriatico

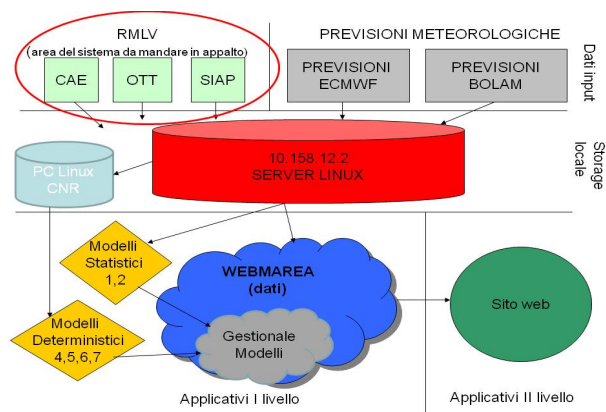
CNR-ISMAR Venezia
 ARPAE
 ARPA FVG
 ARPAV
 Comune di Venezia
 Magistratura alle Acque

- EUROGOOS, MONGOOS
- COPERNICUS e MIRROR COPERNICUS
- Bollettini
- Mappe pericolosità ex Direttiva Alluvioni 2007/60/CE
- SNPA

Modello di **INCERTEZZA PREDITTIVA** per la previsione livello del mare, e della probabilità di un evento

Società Idrologica Italiana

- Implementazione dei Piani di gestione del rischio da inondazione costiera Direttiva Alluvioni 2007/60/CE
- Integrazione nella catena operativa
- Bollettini



EVENTI ESTREMI

Analisi di livelli e tempi di ritorno
Alto Adriatico

Serie storiche di livello a Venezia e
nella laguna di Venezia

Metodi di analisi
GPD- POT
GEV
JPM

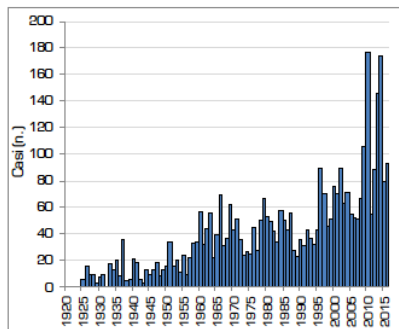


Figura 3. Venezia - Punta della Salute: numero di casi con massimi valori di marea tra 80 e 109 cm sullo ZMPS.

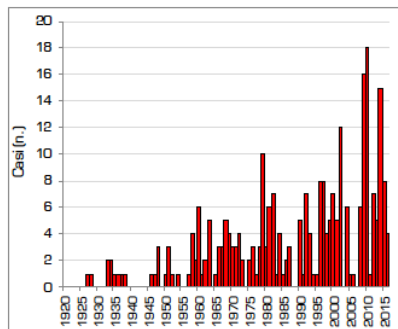
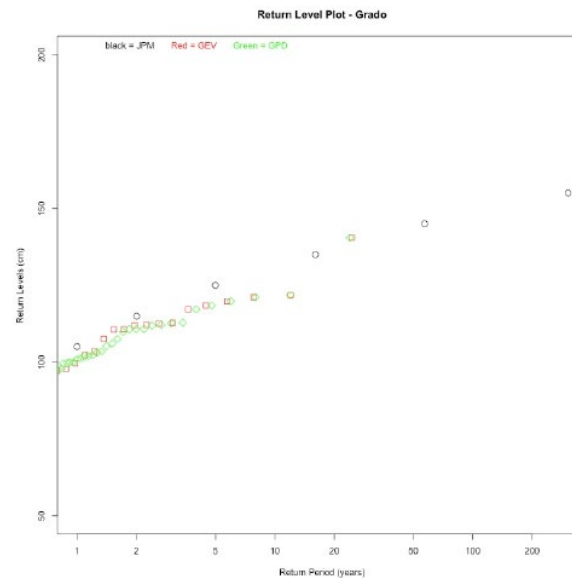


Figura 4. Venezia - Punta della Salute: numero di casi con massimi valori di marea ≥ 110 cm sullo ZMPS.



po Ritorno	1			5			10			20			50		
	GEV	GPD	JPM	GEV	GPD	JPM	GEV	GPD	JPM	GEV	GPD	JPM	GEV	GPD	JPM
Livelli di Ritorno (cm)															
.NO	87	87	100	107	107	113	116	115	120	124	123	126	134	133	133
O CALERI	96	97	110	114	114	122	121	120	131	126	125	133	133	131	140
A DELLA TE	96	94	106	113	111	122	117	117	131	121	123	137	124	129	144
YO	101	101	105	118	117	125	124	124	130	130	129	137	137	136	145
GGIA	92	93	106	110	112	125	119	119	133	129	126	141	142	135	152
DIGA SUD	97	97	110	117	117	126	125	125	137	133	133	145	142	142	153

Livelli e tempi di ritorno per la stazione di Grado, calcolati con i tre metodi GEV, GPD, JPM

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

