

La catena modellistica meteomarina operativa presso il Centro Funzionale di ARPAL

Federico Cassola^{1*}, Matteo Corazza^{1,2}, Laura Pedemonte¹, Davide Sacchetti¹, Marco Tizzi¹, Giovanni Besio³

¹ Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente Ligure — ARPAL

² ENEA (attuale affiliato)

³ Dipartimento di Ingegneria Civile Chimica e Ambientale - Università di Genova

*federico.cassola@arpal.liguria.it — Viale Brigate Partigiane 2, Genova, Italy



La struttura della catena BOLAM - MOLOCH

Il Centro Meteo-Idrologico della Regione Liguria ha implementato il primo run operativo basato sulla catena BOLAM, sviluppato presso il CNR-ISAC di Bologna, nel Settembre 1999, in occasione dell'inizio dello Special Observing Period del programma di ricerca MAP. Da allora la collaborazione con il CNR ha permesso di aggiornare la catena operativa nel corso degli anni, con la possibilità di utilizzare le condizioni iniziali e al contorno fornite dal modello deterministico dell'ECMWF. La collaborazione si è ulteriormente consolidata nel 2020 con la formalizzazione del Consorzio MOLOCH comprendente CNR-ISAC, ARPAL, ISPRA e Consorzio LaMMA. Punto di forza della suite modellistica è la possibilità di utilizzare i livelli ibridi nativi del modello IFS dell'ECMWF, con la capacità di essere quotidianamente disponibile in tempo utile per le esigenze delle previsioni operative per la protezione civile, grazie ad un'ottima efficienza computazionale e al continuo aggiornamento delle risorse hardware.

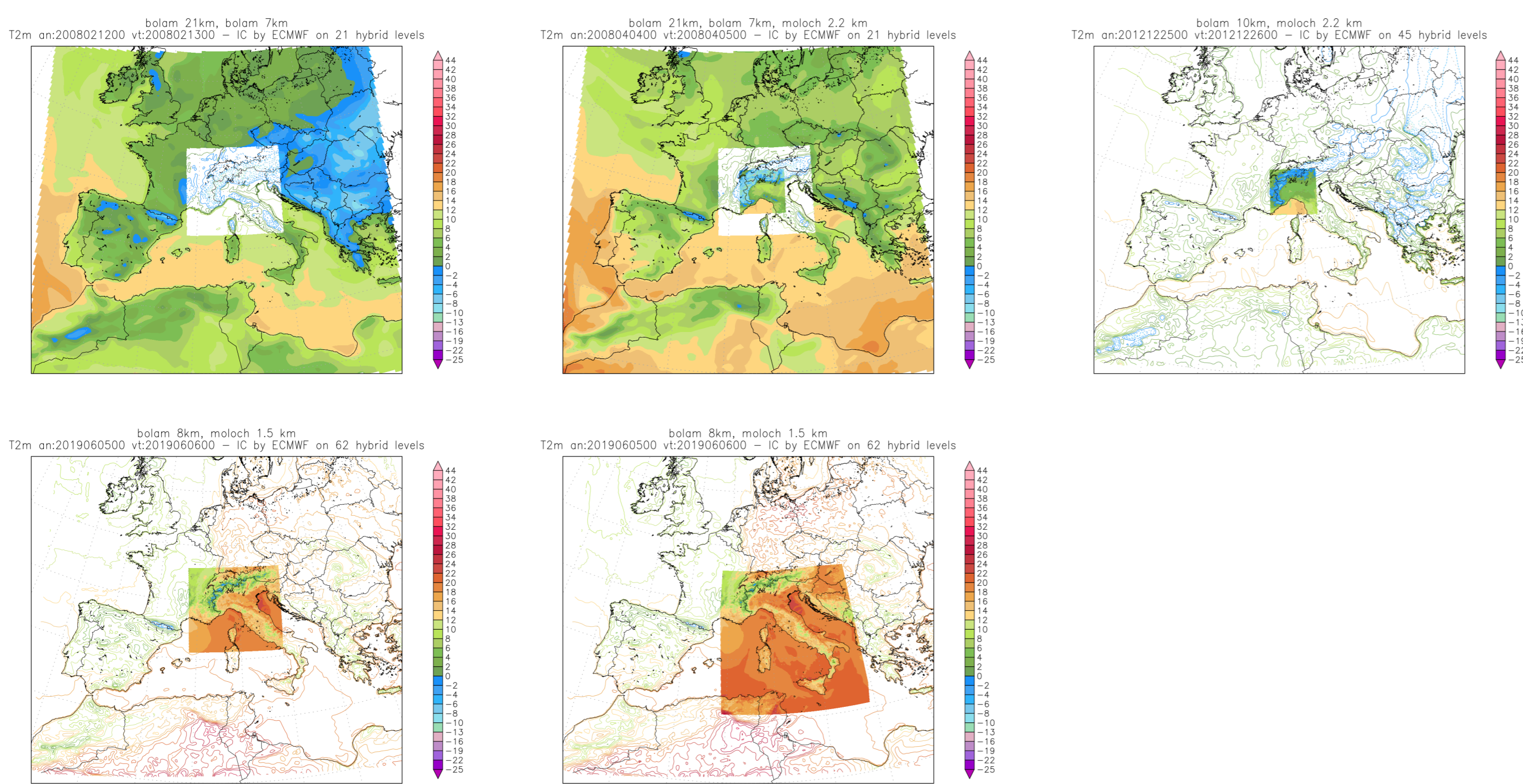


Figura 1: Le successive versioni dei domini di integrazione della catena operativa BOLAM - MOLOCH presso ARPAL, a partire dal 1999 fino alla versione attuale del 2019 (1999, 2005, 2011, 2018, 2019).

A partire dal 2005 la catena si è arricchita del modello non idrostatico MOLOCH. Attualmente la catena è composta dal modello BOLAM, operativo su un dominio che copre gran parte dell'Europa con risoluzione orizzontale di circa 8 km e 60 livelli verticali, inizializzato con 61 livelli ibridi del modello IFS. Il BOLAM fornisce le condizioni iniziali e al contorno con frequenza oraria al MOLOCH, implementato ad una risoluzione di circa 1.5 km con 60 livelli verticali su un dominio che comprende l'intero territorio nazionale. L'intera catena (72 ore di forecast per BOLAM, 48 per MOLOCH) è in grado di fornire gli output entro circa 1.5 ore dalla disponibilità delle condizioni iniziali e al contorno ed è implementata su un cluster linux composto da 352 core. I run sono svolti 4 volte al giorno e i campi prodotti sono impiegati come input per diverse catene modellistiche.

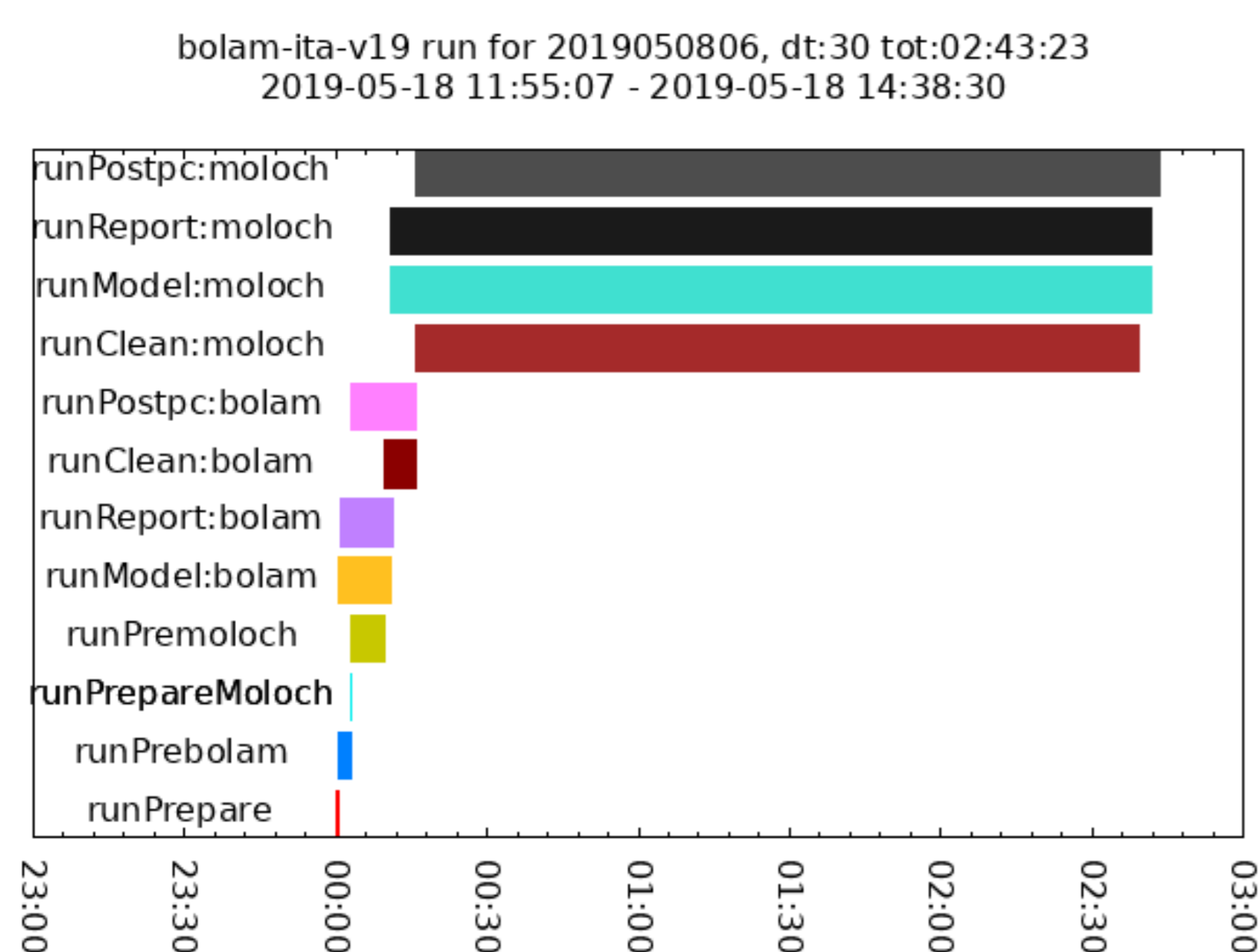


Figura 2: Struttura dei processi e delle tempistiche di calcolo associate alle simulazioni operative di BOLAM e MOLOCH, svolte 4 volte al giorno. L'istante 0 è l'istante in cui le condizioni iniziali e al contorno del modello IFS per il BOLAM sono disponibili.

I campi di vento di BOLAM e MOLOCH sono utilizzati da anni per guidare il modello d'onda WAVEWATCH III, implementato a diverse risoluzioni su tutto il Mediterraneo grazie a una collaborazione con il Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale dell'Università di Genova. Nel giugno 2021 è stata resa operativa una nuova versione di WW3 (v. 6.07.1) con maglia non strutturata sul bacino mediterraneo e risoluzione massima di circa 200 m sotto costa, guidata dai campi di vento di ECMWF-IFS. Altre applicazioni includono la fornitura dei dati per diversi modelli idrologici sui bacini della Regione Liguria, per la modellistica relativa agli incendi, per la modellistica di dispersione degli inquinanti e per la modellistica di circolazione oceanica MIKE del DHI disponibile in ARPAL.

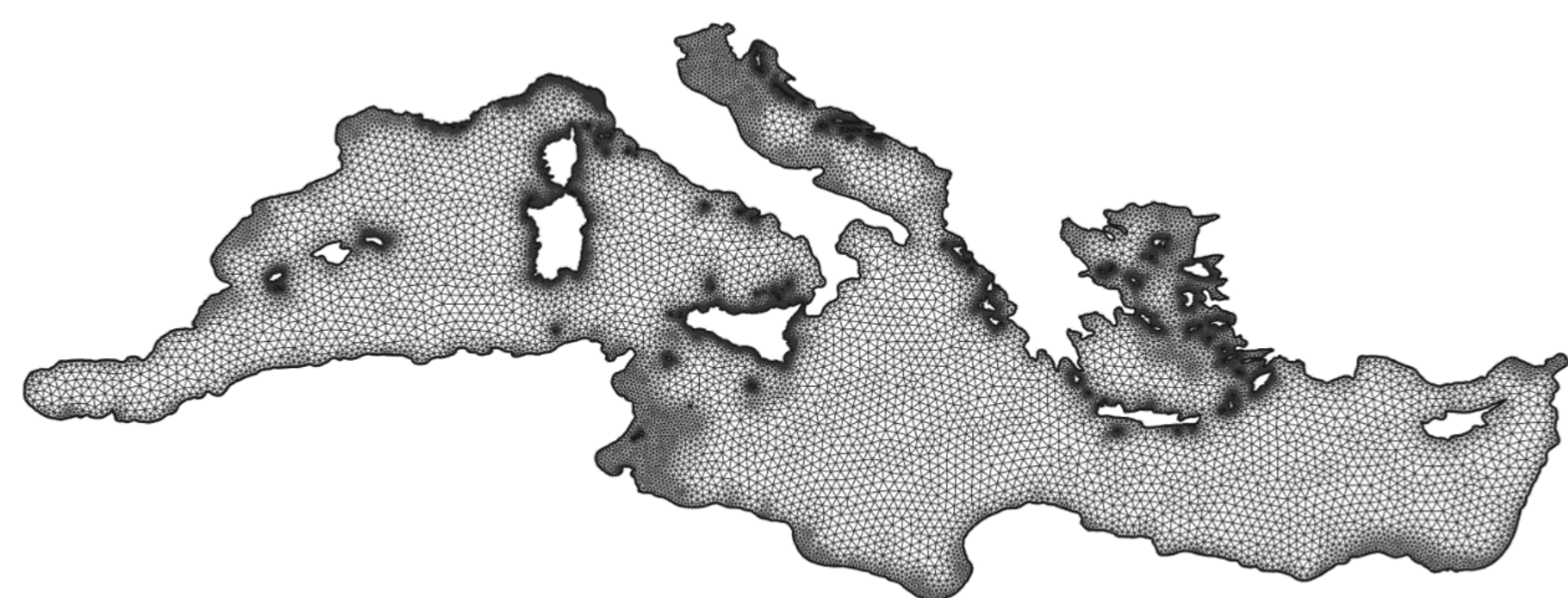


Figura 3: Dominio di integrazione della nuova versione di WW3 con maglia non strutturata operativa dal giugno 2021 presso ARPAL.

Poor Man's Ensemble

I diversi run giornalieri della catena costituiscono anche una parte importante del Poor Man's Ensemble (PME) operativo presso ARPAL. Il sistema è basato su diversi modelli ad area limitata operativi in Italia (COSMO Italia, BOLAM/MOLOCH, WRF) con il fine di costruire uno strumento da utilizzare a fianco dei sistemi di ensemble classici e di fornire una previsione probabilistica dell'evoluzione dello stato dell'atmosfera a piccola scala.

L'ensemble è sviluppato in ambiente GrADS con un'interfaccia grafica interattiva che permette agli utenti di scegliere in tempo reale le variabili da visualizzare (Corazza et al., 2018).

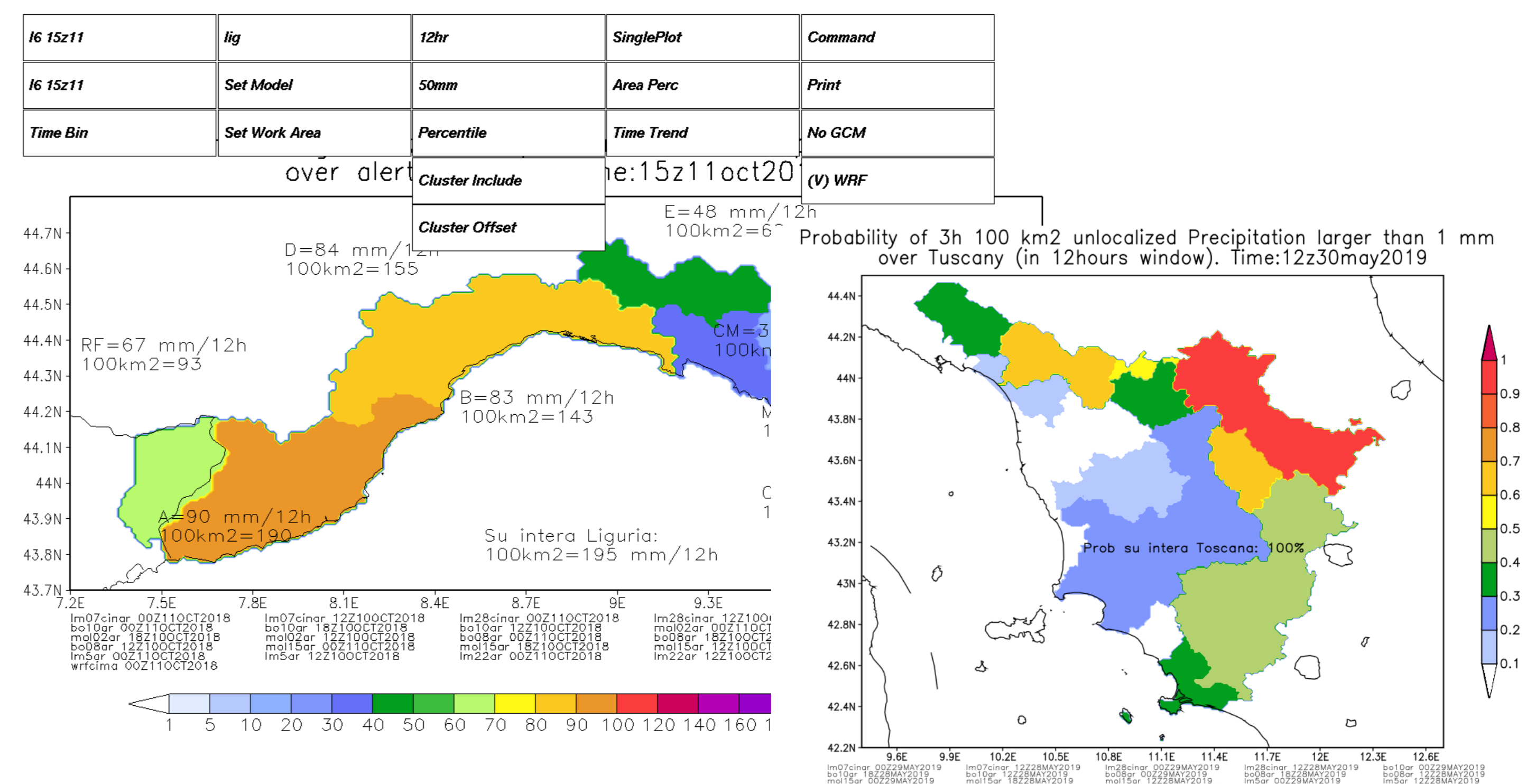


Figura 4: Esempio di interfaccia utente del Poor Man's Ensemble. L'immagine a sinistra rappresenta l'80° percentile della precipitazione areale cumulata in 12 ore alle 15 UTC dell'11 Ottobre 2018. I valori per precipitazioni non localizzate su aree di $10 \times 10 \text{ km}^2$ sono riportati nella seconda riga. In fondo alla figura sono evidenziati i membri dell'ensemble, in questo caso 21 modelli operativi. In alto sono evidenziati i comandi a scomparsa utilizzati per selezionare le variabili e la tipologia di grafico da visualizzare. L'immagine a destra rappresenta un esempio di plot automatico creato per la Regione Toscana e disponibile per la visualizzazione su web, sviluppato nell'ambito del progetto PROTERINA-E.

Il PME è utilizzato anche per l'elaborazione di diversi prodotti operativi disponibili ogni 6 ore, corrispondenti al passo di aggiornamento delle catene modellistiche gestite da ARPAL:

- Modello di frane per la Regione Liguria del CNR-IRPI;
- Monitoraggio della discarica di Scarpino, nell'interno di Genova;
- Mappe operative per la Regione Toscana, nell'ambito del progetto PROTERINA-E (Marittimo Italia-Francia);
- Fornitura di dati per la modellistica idrologica, con caratterizzazione della predicibilità su aree di allertamento di dimensione variabile.

Più di 7 anni di utilizzo del Poor Man's Ensemble hanno evidenziato che il sistema è capace di fornire un valore aggiunto rispetto all'uso di ognuno dei modelli che lo compongono (Corazza et al., 2018).

Performance dei modelli

La qualità delle catene operative è costantemente sottoposta a monitoraggio. Sono utilizzate procedure di verifica per la precipitazione, il vento a 10 m e la temperatura a 2 m, sia con metodologie tradizionali, sia con metodologie innovative basate sul riconoscimento e confronto di pattern di precipitazione.

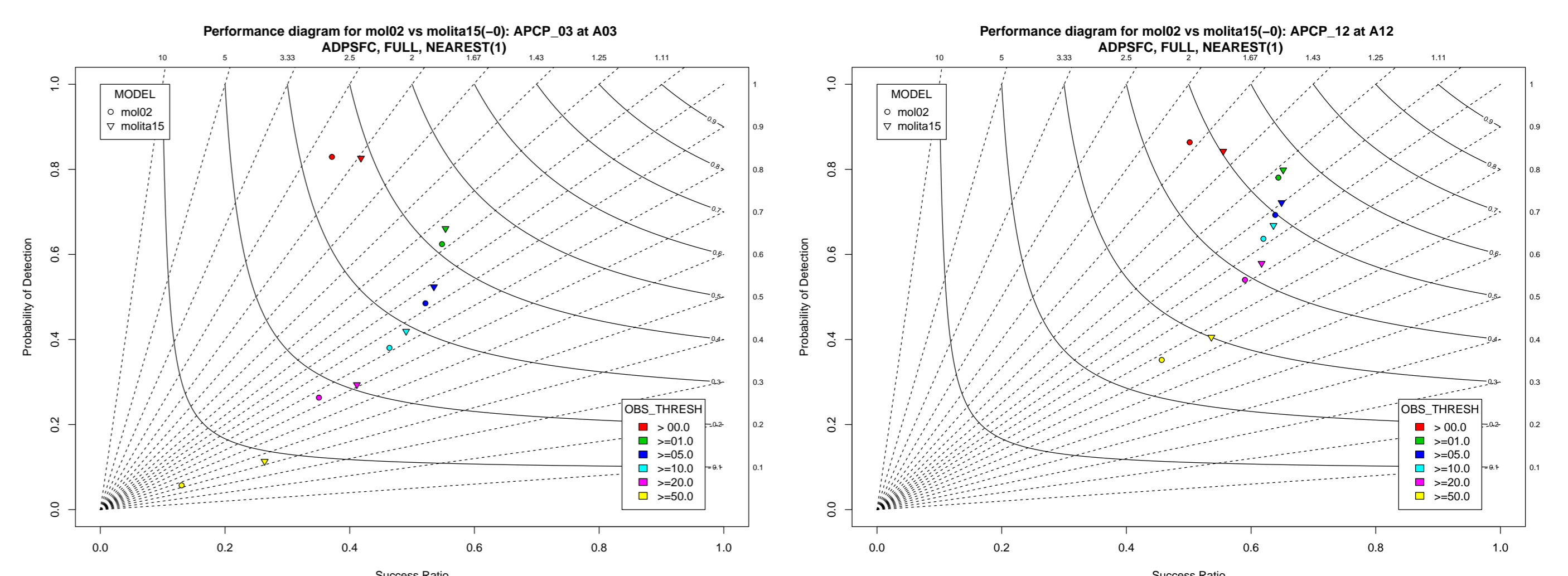


Figura 5: Performance Diagram per diverse soglie di precipitazione: 0, 1, 5, 10, 20, 50 mm cumulati in 3 ore (a sinistra) e 12 ore (a destra) per il modello MOLOCH 1.5 km attuale (denominato molita15, operativo dal 2019 ad oggi) e per il MOLOCH 2.2 km su dominio Nord Italia (denominato mol02, operativo dal 2011 al 2019). La verifica è svolta utilizzando i dati osservati sulla rete regionale ad alta densità gestita da ARPAL - OMIRL.

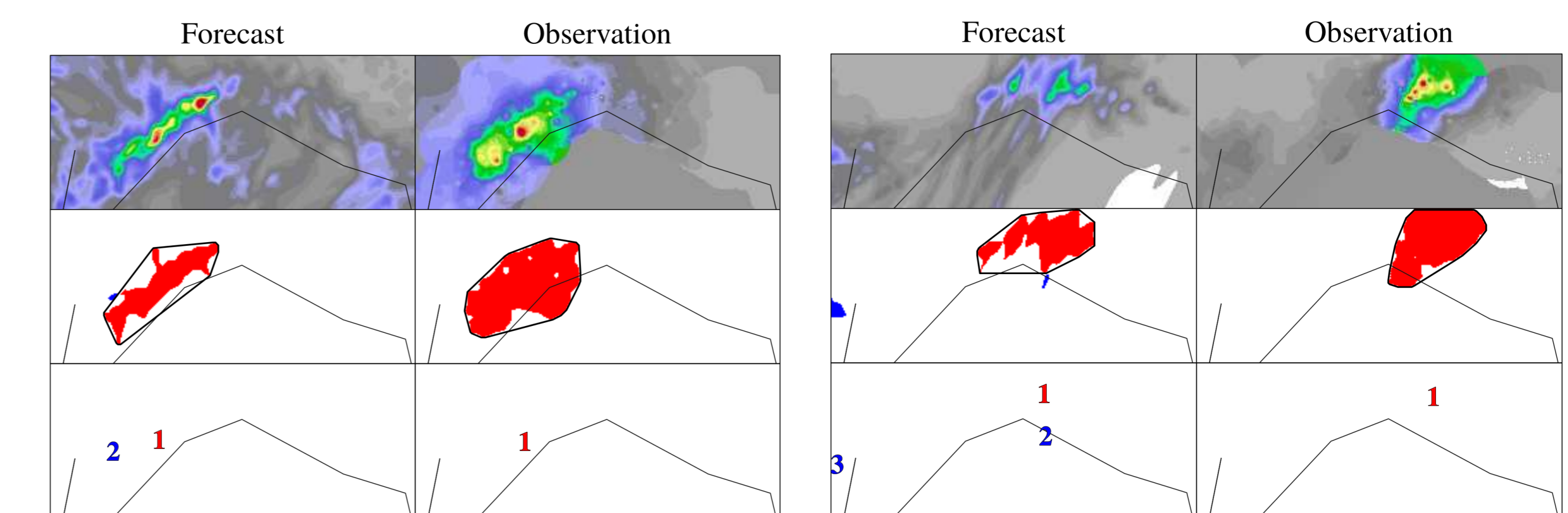


Figura 6: Esempi di verifica object-oriented dei pattern di precipitazione del modello MOLOCH per due eventi diversi con cumulata rispettivamente di 12 ore (sinistra) e 24 ore (destra).

Ringraziamenti

L'implementazione operativa dei modelli BOLAM e MOLOCH in ARPAL è stata possibile grazie alla collaborazione e al costante supporto del CNR-ISAC di Bologna dalla fine degli anni Novanta. Un ringraziamento va tra gli altri ad Andrea Buzzi, Piero Malguzzi, Silvio Davolio, Oxana Drofa, Alessandro Tiesi.

Bibliografia

Matteo Corazza, Davide Sacchetti, Marta Antonelli, and Oxana Drofa. The arpal operational high resolution poor man's ensemble, description and validation. *Atmospheric Research*, 203:1 – 15, 2018. ISSN 0169-8095. doi: <https://doi.org/10.1016/j.atmosres.2017.11.031>. URL <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169809517307275>.