

La previsione probabilistica

L'atmosfera è per natura un sistema caotico, pertanto la sua evoluzione nel tempo dipende sensibilmente dalle condizioni iniziali: variazioni infinitesime di queste possono dar luogo a grandi variazioni nel comportamento a lungo termine del sistema.

Non si conoscono con esattezza le condizioni iniziali del sistema atmosfera, in quanto si dispone soltanto di osservazioni disomogenee, frammentarie e asincrone, dalle quali attraverso elaborati algoritmi si ricava lo stato iniziale, detto analisi, che viene poi fatto evolvere nel tempo con l'ausilio di un modello numerico per la previsione dell'evoluzione del sistema atmosferico alle varie scadenze temporali. Una minuscola variazione nelle condizioni iniziali di un sistema può farlo evolvere in un modo completamente diverso da quello atteso, il che può contemplare anche lo sviluppo di fenomeni estremi. Se a questi errori si sommano altri fattori, insiti nella metodologia numerica stessa, è evidente che il carattere caotico del sistema atmosfera può proiettare l'errore dell'analisi in una errata valutazione dell'evoluzione del tempo atmosferico. Pertanto accanto agli usuali sistemi di previsione meteorologica detti "deterministici", cioè che forniscono la "migliore" previsione dello stato futuro dell'atmosfera, sono stati sviluppati sistemi di previsione probabilistica. Sulla scia di questo cambio di paradigma negli ultimi decenni la comunità internazionale ha investito risorse in una nuova generazione di metodi di previsione basati su tecniche di *ensemble*.

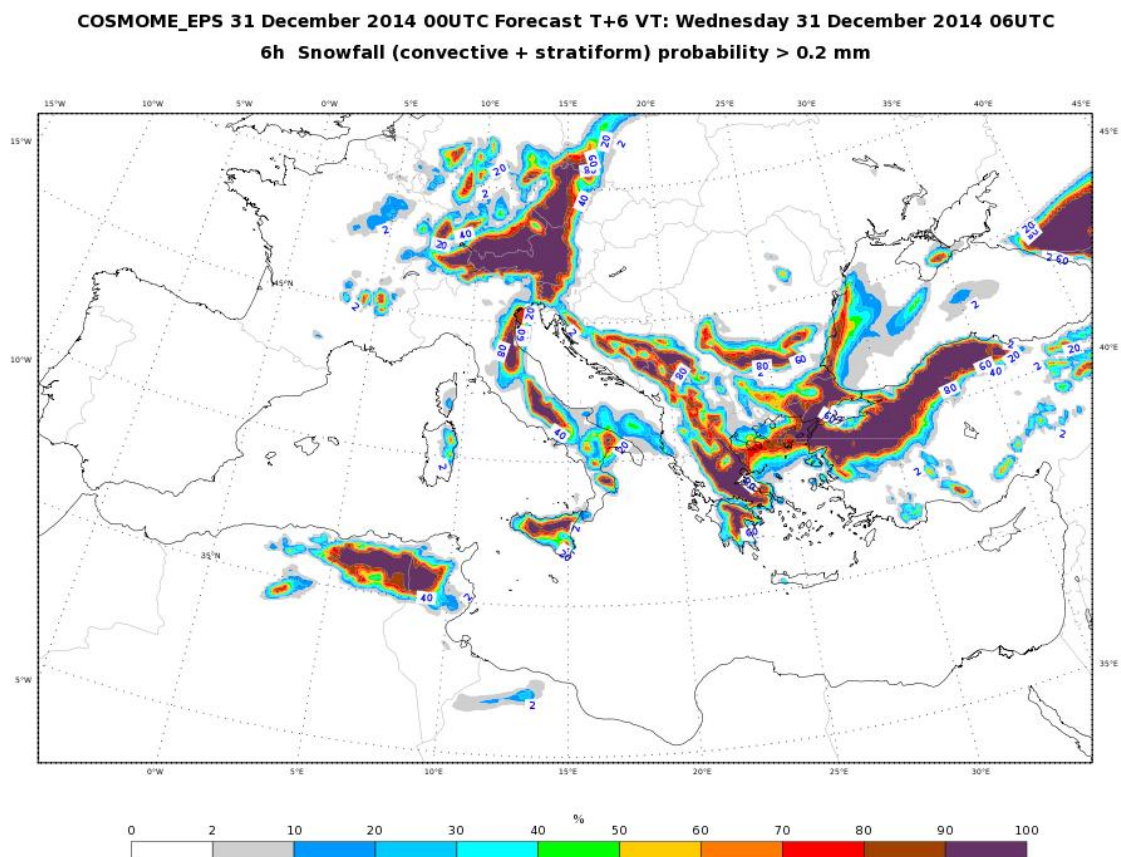
Il concetto di *ensemble* si concretizza nella valutazione di un insieme di possibili previsioni. Partendo dalla consapevolezza che lo stato iniziale è un'approssimazione di quello reale dell'atmosfera, si genera un insieme di N stati iniziali all'interno del quale ci si aspetta ricada anche lo stato reale dell'atmosfera. A questo punto, le equazioni del moto sono applicate a ciascuno degli N membri dell'insieme degli stati iniziali, ottenendo quindi N evoluzioni diverse, all'interno dei quali dovrebbe ricadere lo stato finale reale. Dall'analisi statistica sugli N stati finali si otterrà l'evoluzione meteorologica più probabile e la sua incertezza.

Avendo a disposizione uno schema di analisi probabilistico (CNMCA-LETKF, vd approfondimento [approfondimento assimilazione.pdf](#)) l'implementazione di un sistema di previsione probabilistico (*Ensemble Prediction System* - EPS), seppur dispendiosa dal punto di vista computazionale, è diretta. L'*ensemble* delle previsioni può essere ottenuto integrando, fino alla scadenza desiderata, la previsione del modello COSMO-ME, partendo dalle diverse condizioni iniziali (*ensemble di analisi*). Pertanto da luglio 2013 è stato implementato pre-operativamente al CNMCA il sistema di previsione probabilistico a scala regionale COSMO-ME EPS (*Ensemble Prediction System*). Il sistema LETKF è utilizzato per rappresentare l'incertezza delle condizioni iniziali, ma particolare sforzo è stato dedicato all'implementazione di nuove tecniche perturbative per una migliore rappresentazione del cosiddetto *model error*, con impatto positivo sulla determinazione delle condizioni iniziali e sulla distribuzione dell'ensemble di previsione. Nella versione operativa sono stati implementati il metodo di inflazione "moltiplicativo" *Relaxation-to-prior spread*" (Whitaker et al. 2012), il metodo cosiddetto "additivo", che utilizza le perturbazioni del sistema EPS-ECMWF opportunamente scalate e la tecnica *Stochastic Physics Perturbation Tendencies* (Buizza et al, 1999; Palmer et al, 2001), che agisce durante l'integrazione del modello. Trattandosi inoltre di un modello a scala regionale, le condizioni al contorno, che per il modello COSMO-ME sono ricavate dalla previsione deterministica del modello IFS (ECMWF), vengono anch'esse perturbate utilizzando il sistema di previsioni probabilistico EPS dell'ECMWF. La versione attuale del sistema COSMO-ME EPS consiste di 40 integrazioni del modello COSMO-ME fino a 72 ore, a partire dall'ensemble di analisi

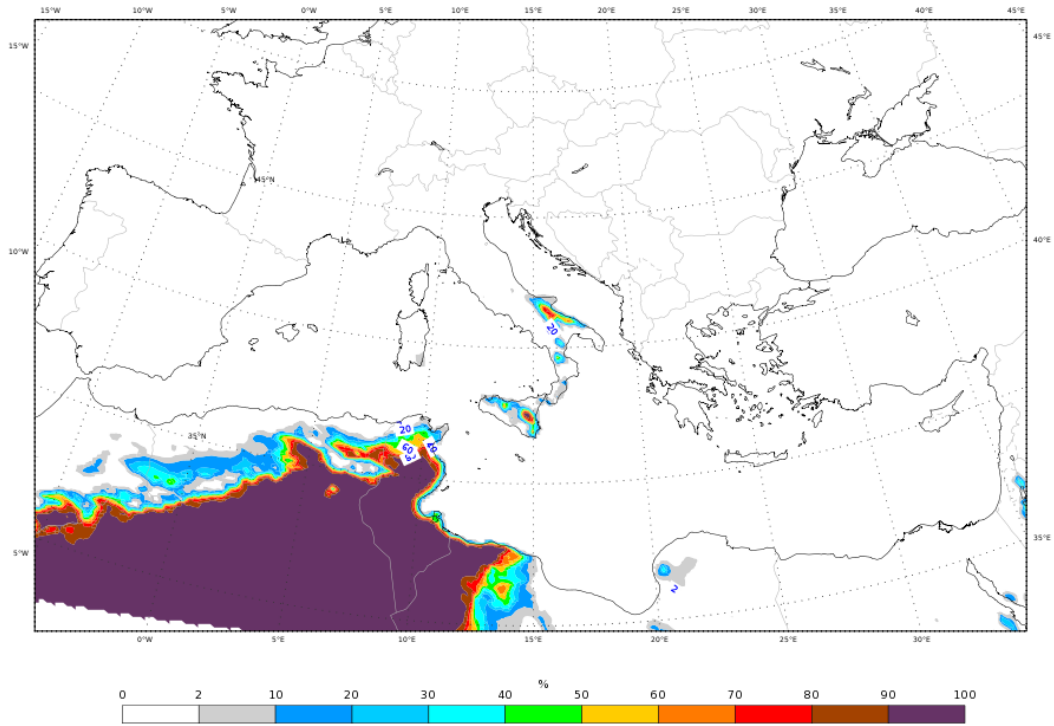
CNMCA-LETKF delle 00 UTC, dalle quali viene ricavata la previsione probabilistica dei parametri più significativi.

Nel corso del 2014 è stata effettuata la validazione del sistema e le verifiche stagionali delle previsioni dei parametri al suolo.

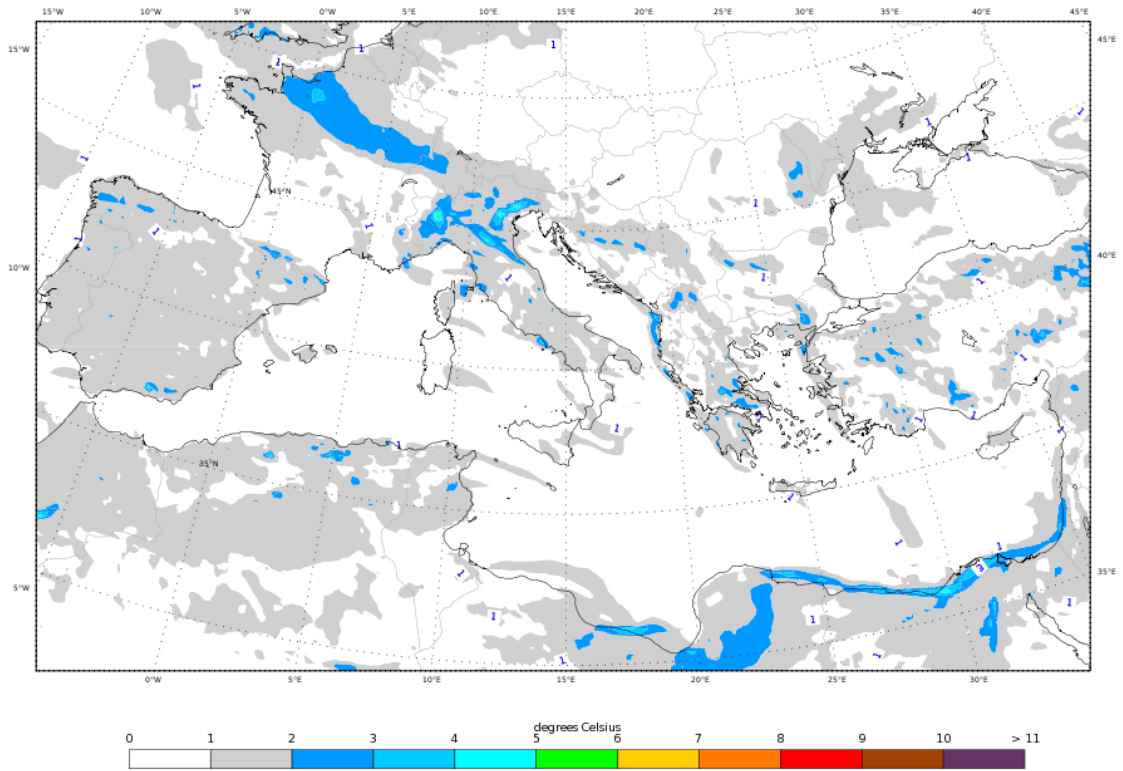
Parallelamente, in collaborazione con ISMAR-CNR, è stato implementato un sistema di previsione probabilistica dello stato del mare basato sul sistema NETTUNO e sul COSMOME EPS (NETTUNO-EPS). La previsione probabilistica dello stato del mare è ottenuta forzando il modello delle onde con le 40 previste orarie del vento in superficie di COSMOME EPS. NETTUNO-EPS consiste pertanto di 40 membri, integrati fino a 48 ore, una volta al giorno (00UTC), nel bacino Mediterraneo.



COSMOME_EPS 04 May 2015 00UTC Forecast T+72 VT: Thursday 07 May 2015 00UTC
24h Maximum 2 metre temperature probability > 35 degrees celsius



COSMOME_EPS 04 January 2015 00UTC Forecast T+6 VT: Sunday 04 January 2015 06UTC
2 m Temperature uncertainty (2 x Standard Deviation) degrees Celsius



Referenze

Whitaker, J. S. and Hamill, T. M. 2012. Evaluating methods to account for system errors in ensemble data assimilation. *Mon. Wea. Rev.* 140, 3078_3089.

Palmer, T. N. (2001). A nonlinear dynamical perspective on model error: A proposal for non-local stochastic-dynamic parametrization in weather and climate prediction models. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 127, 279–304

Buizza, R., Miller, M., and Palmer, T. N. (1999). Stochastic representation of model uncertainties in the ECMWF ensemble prediction system. *Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society*, 125, 2887–2908