

Le analisi meteorologiche di ARPA-SIM: costruzione del dataset LAMA

(versione 1.0, 23/07/2008)

Introduzione

Un modello meteorologico è uno strumento che, partendo dallo stato dell'atmosfera in un certo istante, ne descrive l'evoluzione risolvendo numericamente le equazioni fluidodinamiche. In pratica, l'atmosfera o una sua porzione viene suddivisa con una griglia tridimensionale: per ciascuna cella viene stimato il valore medio dei principali parametri atmosferici (temperatura, pressione, vento, umidità e altri) all'istante iniziale, e il modello simula numericamente l'evoluzione di questi parametri.

Uno strumento di questo tipo può essere usato sia per produrre previsioni, sia per ricostruire lo stato dell'atmosfera nel passato (analisi). In questo caso, il modello può tenere conto delle osservazioni disponibili, e sono state sviluppate tecniche specifiche (assimilazione dati) per mantenere piccole le discrepanze tra i valori osservati e quelli simulati. L'insieme di dati così ottenuto rappresenta quindi un compromesso tra la coerenza interna del modello e la rispondenza con le misure.

Il dataset LAMA (Limited Area Meteorological Analysis) è stato prodotto con una tecnica di questo tipo, sfruttando le simulazioni operative del modello meteorologico COSMO e le osservazioni della rete meteorologica internazionale (dati GTS)

Il modello COSMO

COSMO (ex Lokall Modell) è un modello meteorologico ad area limitata non idrostatico. Inizialmente progettato negli anni '90 dal DWD (Servizio Meteorologico tedesco), attualmente è sviluppato dai servizi meteorologici di Germania, Svizzera, Italia, Grecia e Polonia, raggruppati nel consorzio COSMO. E' il modello di riferimento italiano per le previsioni del tempo a breve termine.

Il dominio delle simulazioni operative dell'implementazione italiana di COSMO copre un'area di circa 2000x2000 km²; il modello usa una griglia sfalsata (staggered) di tipo C (Mesinger e Arakawa, 1976), con un passo di 0.0625° in coordinate sferiche ruotate, corrispondente a una risoluzione orizzontale di circa 7km. In verticale, vengono usati 40 livelli di tipo "ibrido": l'ultimo è fissato a 30 hPa, e i primi 1500 m di atmosfera contengono almeno 13 livelli.

Oltre a descrivere esplicitamente i meccanismi di trasporto e termodinamici a grande scala, COSMO contiene schemi di parametrizzazione per tenere conto dei fenomeni che avvengono all'interno delle singole celle: formazione delle nubi e della precipitazione, convezione a piccola scala, radiazione, diffusione turbolenta, strato atmosferico superficiale, suolo, interazione suolo-atmosfera. I più importanti di questi schemi sono:

- Formazione della precipitazione. Lo schema descrive l'acqua condensata con 4 variabili prognostiche: acqua e ghiaccio nelle nubi, acqua di precipitazione, neve (Baldauf e Schulz, 2004)
- Diffusione turbolenta: chiusura al secondo ordine, con equazione prognostica per l'energia cinetica turbolenta (TKE). lo schema è di livello 2.5 (nella notazione proposta da Mellor e Yamada 1982), e considera anche gli effetti di condensazione ed evaporazione.
- Strato superficiale: lo schema include un algoritmo per il trasporto verticale basato sulla TKE, e un trattamento specifico della turbolenza nello strato laminare.
- Convezione profonda: schema di "mass flux" (Tiedke, 1989), con chiusura basata sulla convergenza dell'umidità.

- Radiazione: lo schema valuta 8 intervalli spettrali e include in modo completo i feed-back tra radiazione e nuvole (Ritter, 1992)
- Suolo: descrizione esplicita di temperatura e contenuto d'acqua in 8 strati a profondità crescente; lo schema include anche algoritmi per descrivere la traspirazione delle piante, la presenza e lo scioglimento della neve, l'acqua trattenuta dalla vegetazione.

Il modello utilizza infine una serie di campi fisiografici:

- Orografia: derivata dal dataset GTOPO30 dell'USGS (risoluzione di 30"x30")
- Tipo di suolo: dataset DSM della FAO (risoluzione di 5'x5')
- Copertura vegetale, profondità delle radici e indice di area fogliare dal dataset CORINE dell'UE (risoluzione di 250 m)
- Rugosità (roughness) superficiale: stimata a partire dai dati GTOPO30 e CORINE

Il dataset LAMA

Il dataset LAMA sfrutta il ciclo di assimilazione di COSMO (figura 1). Il modello compie una serie di simulazioni di 12 ore, ciascuna delle quali usa come condizione iniziale i campi in quota prodotti dalla corsa precedente, e i campi superficiali del modello di circolazione generale GME gestito dal Servizio Meteorologico tedesco. Questo diverso trattamento ha lo scopo di evitare che parametri quali umidità e temperatura del terreno, per i quali sul territorio italiano non sono disponibili osservazioni regolari, a causa dell'accumulo di piccoli errori sistematici finiscano per avere valori irrealistici.

Durante la simulazione, il modello utilizza una tecnica di nudging per assimilare in modo continuo le osservazioni disponibili. Le osservazioni assimilate provengono dalla rete GTS: radiosondaggi (TEMP), misure da aerei e boe oceanografiche (Airep, Buoy, Pilot), dati da satellite (Satob, Satem) e alcuni dati dalle osservazioni superficiali (SYNOP). Un esempio della copertura di dati osservati è riportato in figura 2.

Alcuni parametri meteorologici particolarmente importanti per la qualità dell'aria non sono calcolati direttamente da COSMO, ma stimati a posteriori tramite algoritmi parametrici alimentati dai dati del modello. A questo scopo, viene utilizzato il pre-processore meteorologico del modello chimico e di trasporto Chimere (www.lmd.polytechnique.fr/chimere/); in particolare vengono calcolati:

- Velocità di attrito (*friction velocity*) e lunghezza di Monin-Obukov: in base a Louis 1979 e Louis et al. 1982
- Altezza di rimescolamento (*mixing height*): in base a Troen e Mahrt 1986 (condizioni stabili) e Cheinet 2002 (condizioni instabili)
- Classe di stabilità: in base a Bowen 1983 (ore diurne) e Reuter 1970 (ore notturne)

Il dataset LAMA copre un'area di 1200x1200 km², corrispondente alla parte centrale del dominio di COSMO: tutti i suoi punti sono ad almeno 200 km dal bordo del dominio di integrazione, e gli effetti diretti delle condizioni al contorno possono essere considerati trascurabili.

Nel corso degli anni, il modello COSMO è stato continuamente sviluppato, e sono state fatte diverse modifiche alla catena operativa ARPA-SIM; la struttura del modello e le principali parametrizzazioni fisiche sono comunque rimaste le stesse, e il dataset può quindi essere considerato sufficientemente omogeneo. Le principali novità introdotte nel tempo sono:

- aprile 2004: le condizioni al contorno vengono prese dal modello tedesco GME (nel periodo aprile 2003 – marzo 2004 erano state usate le analisi ECMWF)
- gennaio 2006: la risoluzione verticale passa da 35 a 40 livelli
- febbraio 2008: introdotta la versione 4 del modello, che comprende tra l'altro una nuova parametrizzazione del suolo. Aggiornati anche i parametri fisiografici (da questo momento provengono dal dataset Global Landcover 2000)

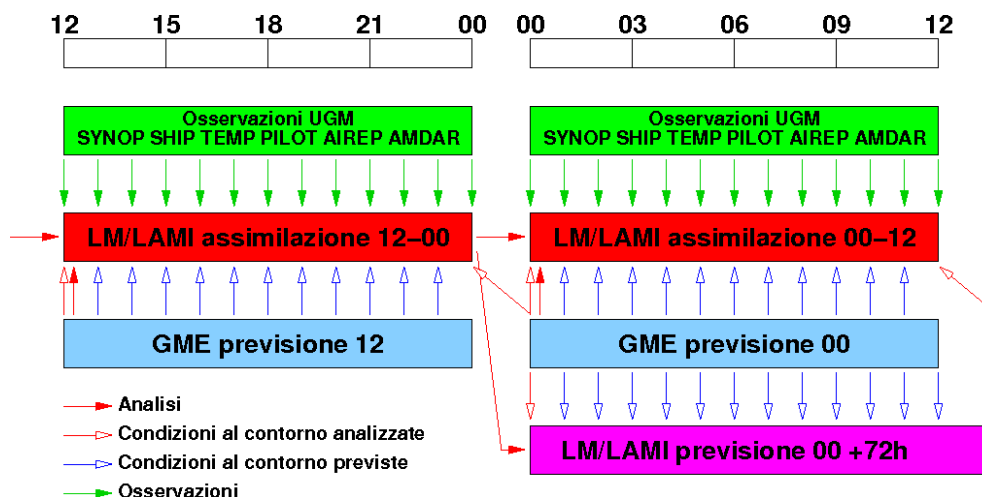


Figura 1: schema della catena operativa del modello COSMO.
I riquadri rossi corrispondono al dataset LAMA

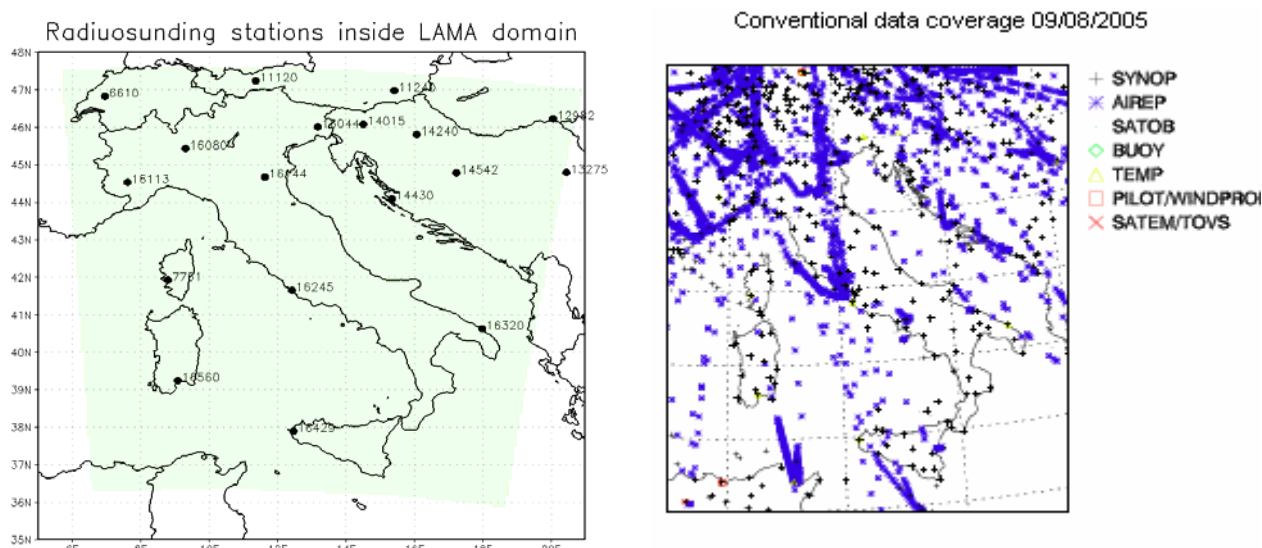


Figura 2: osservazioni assimilate da COSMO che si trovano all'interno del dominio LAMA: stazioni di radiosondaggio (sinistra), esempio di tutti i dati disponibili in una giornata (destra)

Bibliografia

La documentazione dettagliata del modello COSMO-LAMI è disponibile e aggiornata sul sito web del progetto COSMO (www.cosmo-model.org). In particolare si segnalano:

- documentazione scientifica del modello:
www.cosmo-model.org/content/model/documentation/core/
- informazioni aggiornate sullo sviluppo del modello:
www.cosmo-model.org/content/model/documentation/newsLetters/default.htm
- informazioni aggiornate sull'implementazione operativa presso ARPA-SIM:
www.cosmo-model.org/content/tasks/operational/arpa-sim/default.htm

Baldauf, M. and J.-P. Schulz, 2004. Prognostic Precipitation in the Lokal Modell (LM) of DWD. *COSMO Newsletter, Deutscher Wetterdienst*. No. 4, 177-180.

- Bowen, B.M., J.M. Dewart, and A.I. Chen, 1983 'Stability Class Determination: A Comparison for one site' *Proceedings 6th Symposium on Turbulence and Diffusion*, AMS, Boston, MA, 211-214.
- Cheinet, S., 2002 'The parameterization of clear and cloudy convective boundary layers' *Ph.D. Thesis, Ecole Polytechnique, Paris, France*.
- Jongen, S., Bonafè, G., 2006 'LAMI verification for air quality forecast and assessment purposes' *Report interno ARPA-SIM*. Disponibile su:
www.arpa.emr.it/cms3/documenti/_cerca_doc/meteo/ambiente/report_lm_verif_fv.pdf
- Louis, J., 1979 'A parametric model of vertical eddy fluxes in the atmosphere'. *Boundary-Layer Meteorology*, 187–202.
- Louis, J., Tiedke, M., Geleyn, J., 1982 'A short history of the pbl parametrization at ECMWF' *ECMWF Workshop on Planetary Boundary Layer parametrization*, 59–80.
- Mellor, G., Yamada, T., 1974 'A hierarchy of turbulence closure models for planetary boundary layers' *Journal of Atmospheric Science*, **31**, 1791-1806.
- Mesinger, F., Arakawa, A., 1976 'Numerical methods used in atmospheric models' *WMO, GARP publication series*, **17**
- Pernigotti, D., Sansone, M., Ferrario, M., 2005 'Validation of one-year LAMI model re-analysis on the Po valley, Northern Italy. Comparison to Calmet model output on the sub-area of Veneto region' *Proceedings of the 10th Int. Conf. on Harmonization within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*. Disponibile su:
www.harmo.org/Conferences/Proceedings/Crete/publishedSections/p317.pdf
- Reuter, 1970 'Die ausbreitungsbedingungen von luftverunreinigungen in abhangigkeit von meteorologischen parametern' *Arch. Met. Geog. Biokl. A*, **19**: 173-186.
- Ritter, B, Geleyn, J.F., 1992 'A Comprehensive Radiation Scheme for Numerical Weather Prediction Models with Potential Applications in Climate Simulations' *Monthly Weather Review*, **120**, 303-325
- Steppeler, J., Doms, G., Schättler, U., Bitzer, H.W., Gassmann, A., Damrath, U., Gregoric, G., 2003 'Meso-gamma scale forecasts using the nonhydrostatic model LM' *Meteorology and Atmospheric Physics*, **82**, 75-96
- Tiedtke, M., 1989 'A comprehensive mass flux scheme for cumulus parameterization in large-scale models' *Monthly Weather Review*, **117**, 1779-1799.
- Troen, I., Mahrt, L., 1986 'A simple model of the atmospheric boundary layer: Sensitivity to surface evaporation' *Boundary-Layer Meteorology*, **37**, 129–148.