

IL SISTEMA MODELLISTICO SPIAIR

ARPAV – Dipartimento Qualità dell’Ambiente,

U.O. Qualità dell’aria, Ufficio Modellistica e Inventari

Settembre 2021

Sommario

1. Introduzione	2
2. Schema della catena modellistica SPIAIR	2
3. L’inventario delle emissioni	2
4. Il modello fotochimico CAMx	4
5. Le condizioni al contorno	5
6. Il processore meteorologico	5
7. Postprocessing e “skill” della previsione.....	6
8. Procedura di “data fusion” per generazione delle mappe di analisi di PM10	7
9. Riferimenti	8

1. Introduzione

ARPAV (DQA-UO Qualità dell'aria, Ufficio Modellistica e Inventari), ha implementato un sistema modellistico, denominato SPIAIR (Sistema per la Previsione dell'Inquinamento dell'Aria), per la previsione dei principali inquinanti atmosferici a scala regionale. In base alle condizioni meteorologiche attese il sistema formula le previsioni numeriche sul Veneto per il giorno in corso e i due giorni successivi, con un dettaglio spaziale di 4 km. Le previsioni sono aggiornate generalmente entro le 9.30 di ogni giorno. All'interno di SPIAIR il calcolo delle concentrazioni è effettuato dal modello fotochimico CAMx. Gli input meteorologici, indispensabili per il calcolo del trasporto e della dispersione degli inquinanti, derivano dal modello meteorologico a scala locale COSMO5. Le condizioni al contorno ("boundary conditions") sono fornite dal sistema modellistico per la qualità dell'aria PREV'AIR.

2. Schema della catena modellistica SPIAIR

Il seguente schema a blocchi illustra i componenti della catena modellistica, che sono poi presentati in dettaglio nei paragrafi successivi.

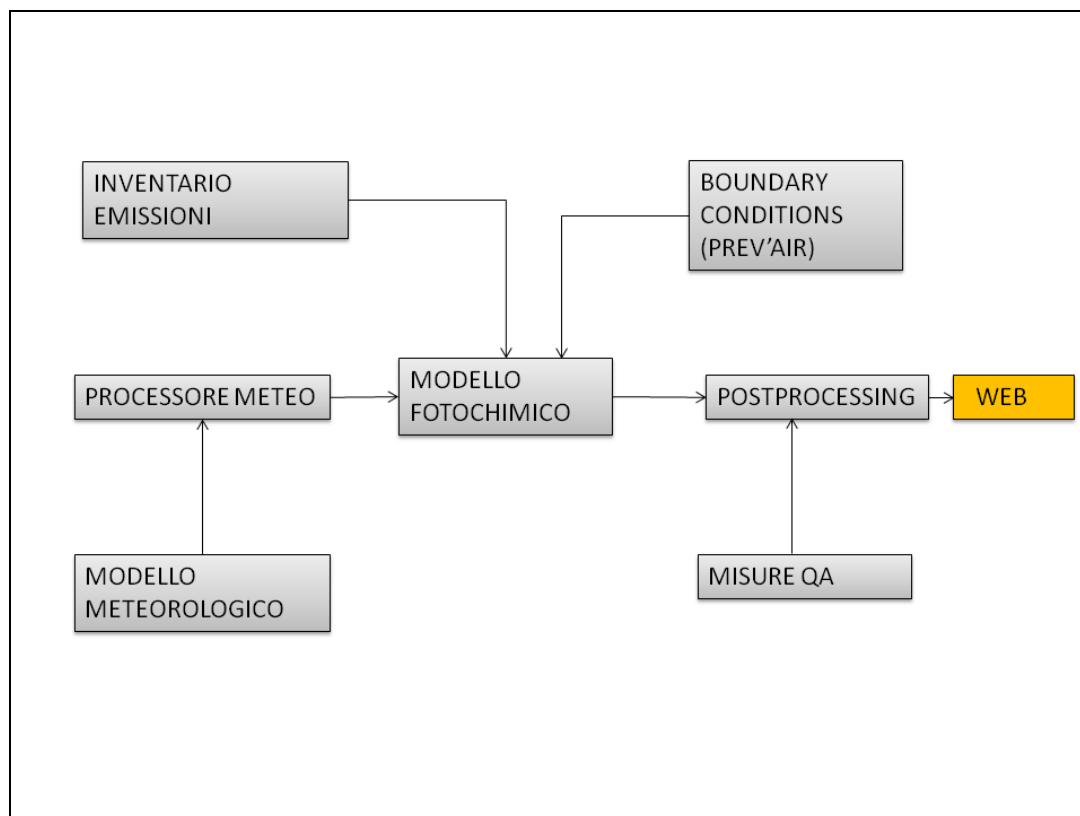


Fig. 1: Schema a blocchi della catena modellistica SPIAIR

3. L'inventario delle emissioni

L'input emissivo all'interno del Veneto e nelle regioni confinanti è ricavato dall'inventario INEMAR. Gli inventari sono stati proiettati allo stesso scenario temporale di riferimento, 2015, utilizzando gli

scenari regionali proposti da GAINS Italy (<http://gains-it.bologna.enea.it/gains/IT/index.login>).

L'inventario delle emissioni in atmosfera rappresenta una raccolta coerente dei valori delle emissioni a livello regionale, provinciale e comunale nell'anno di riferimento, disaggregati per attività emissiva (ad es. trasporti, allevamenti, industria), combustibile utilizzato (benzina, gasolio, metano, ecc.), inquinante (NOx, CO, ecc.) e tipologia di emissione (puntuale ovvero convogliata, diffusa cioè non convogliata o riferita ad una determinata porzione di territorio, ecc.) Il software INEMAR consente di stimare le emissioni degli inquinanti atmosferici secondo la nomenclatura internazionale SNAP97 ("Selected Nomenclature for Air Pollution") che si articola in Macrosettori, Settori ed Attività emissive. In Tabella 1 è riportata la classificazione per Macrosettore.

Macrosettore (SNAP97)	Descrizione
M01	Combustione - Energia e industria di trasformazione
M02	Combustione - Non industriale
M03	Combustione – Industria
M04	Processi Produttivi
M05	Estrazione, distribuzione combustibili fossili / geotermico
M06	Uso di solventi
M07	Trasporti Stradali
M08	Altre Sorgenti Mobili
M09	Trattamento e Smaltimento Rifiuti
M10	Agricoltura
M11	Altre sorgenti di Emissione ed Assorbimenti

Tabella 1. Elenco e descrizione degli 11 Macrosettori della nomenclatura SNAP97

La versione aggiornata dell'inventario INEMAR è consultabile dal sito ARPAV:
<http://www.arpa.veneto.it/temi-ambientali/aria/emissioni-di-inquinanti/inventario-emissioni>

4. Il modello fotochimico CAMx

I modelli deterministici di dispersione degli inquinanti in atmosfera permettono di ricostruire le concentrazioni in aria ambiente a partire dalle emissioni dei diversi inquinanti, o dei loro precursori, e dalle condizioni meteorologiche. Ciò avviene mediante l'integrazione numerica delle equazioni che governano i processi chimico-fisici (trasporto e dispersione, reazioni di ossidazione/riduzione, rimozione per deposizione) a cui sono soggetti gli inquinanti emessi. In particolare i modelli fotochimici euleriani calcolano le concentrazioni dei principali inquinanti gassosi e in forma di aerosol su un dominio tridimensionale con griglia orizzontale regolare e fissa. La catena modellistica SPIAIR è basata sul modello fotochimico euleriano CAMx (Comprehensive Atmospheric Model with eXtensions), sviluppato e liberamente distribuito da Ramboll Environ (<http://www.camx.com/>). Il dominio di calcolo copre l'intera regione Veneto e parte di Friuli Venezia Giulia e Trentino Alto Adige, oltre alle intere provincie di Brescia e Mantova e alla porzione nord-orientale dell'Emilia Romagna; si tratta del quadrato di circa 250 km di lato con passo della griglia di calcolo pari a 4 km riportato nella seguente figura:

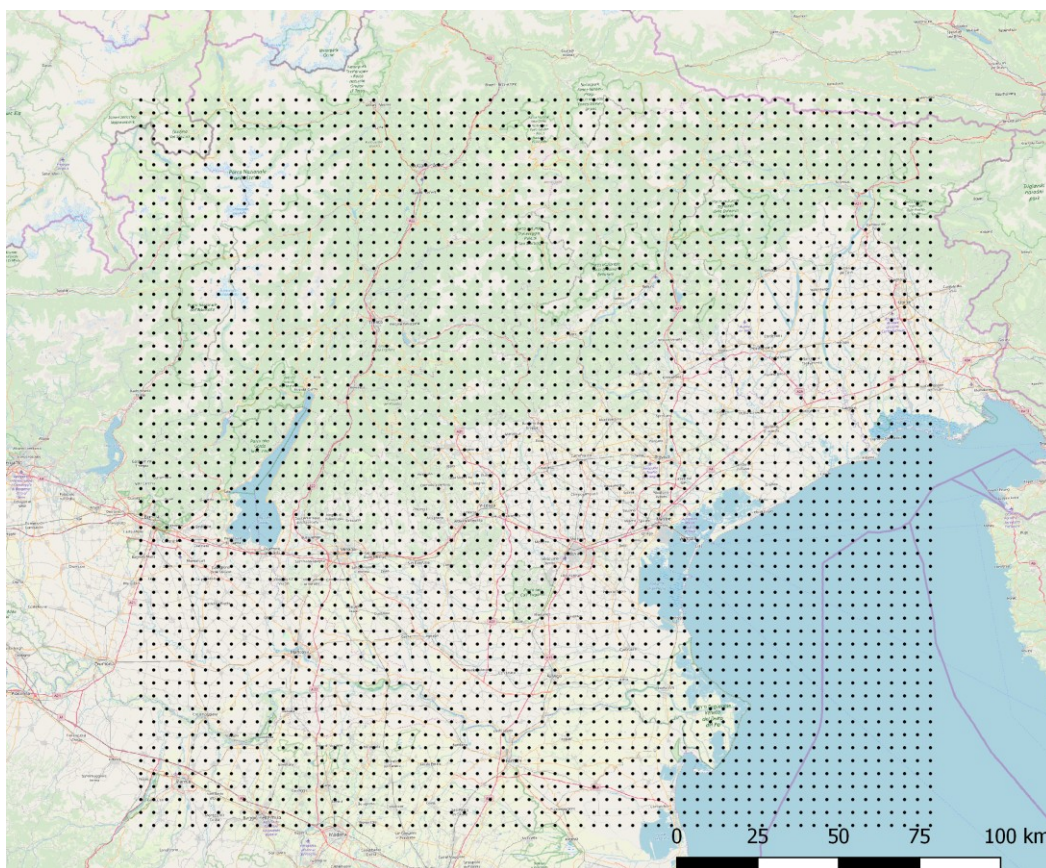


Fig. 2: Dominio del modello CAMx e griglia di calcolo

5. Le condizioni al contorno

Le condizioni al contorno costituiscono informazioni sulle concentrazioni degli inquinanti ai bordi della griglia; generalmente sono fornite da un ulteriore modello fotochimico implementato a scala continentale e più bassa risoluzione. Tali concentrazioni, opportunamente riportate alla risoluzione di calcolo, tramite i meccanismi di trasporto e dispersione contribuiscono al computo delle concentrazioni all'interno del dominio. Nella catena SPIAIR le condizioni al contorno sono fornite dal sistema modellistico francese PREV'AIR (www2.prevail.org). Tale sistema è gestito in modalità operativa quotidiana su un dominio che copre gran parte dell'Europa con una risoluzione di circa 20 km ed utilizza Chimere come modello fotochimico.

6. Il processore meteorologico

La catena di predisposizione dell'input meteorologico è riportata nella figura seguente:

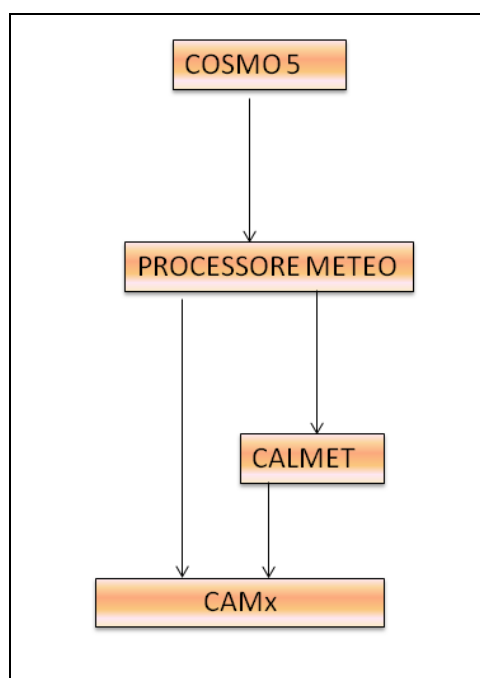


Fig. 3: Schema a blocchi del processore meteorologico

Il modello meteorologico prognostico COSMO è stato sviluppato nel quadro del "Consortium for Small-scale Modeling" (<http://www.cosmo-model.org/>) ed è fornito ad ARPAV nell'ambito degli accordi nazionali di Protezione Civile. La versione utilizzata è COSMO5 con risoluzione 5 Km e intervallo di previsione di tre giorni (72 ore). Gli archivi COSMO5, in formato GRIB1, sono scaricati quotidianamente dal server del centro di calcolo CINECA di Bologna. Si tratta delle seguenti variabili meteorologiche :

- tridimensionali: (temperatura, velocità e direzione del vento, umidità specifica e relativa) su 8 livelli isobarici (300, 400, 500, 700, 850, 925, 950, 1000 hPa) ;
- bidimensionali: (temperatura e temperatura di rugiada a 2 m, velocità e direzione del vento a 10 m, precipitazione totale);
- copertura nuvolosa: su tre livelli verticali ("high clouds", "middle clouds" e "low clouds").

Il modello meteorologico diagnostico CALMET (<https://www.enviroware.com/calmet/>) è utilizzato per interpolare le variabili meteorologiche sulla griglia di calcolo di CAMx, costituita da 11 livelli verticali ad altezza costante (“terrain following” da 10 m a 4500 m) e con una risoluzione orizzontale di 4 km. CALMET è quindi utilizzato nella modalità “No-Observation”, incorporando l’output del modello meteorologico prognostico che costituisce il cosiddetto “Initial guess field”. Questo campo di vento viene poi interpolato e corretto per gli effetti dell’orografia. CALMET inoltre produce le variabili micro - meteorologiche necessarie per il calcolo della diffusività turbolenta: altezza dello strato di rimescolamento, “friction velocity” e lunghezza di Obukhov. Infine è stato realizzato un apposito processore per il calcolo delle variabili tridimensionali che descrivono il grado di umidità e nuvolosità dell’atmosfera: contenuto di vapor acqueo, contenuto d’acqua delle nubi e della precipitazione, spessore ottico delle nubi.

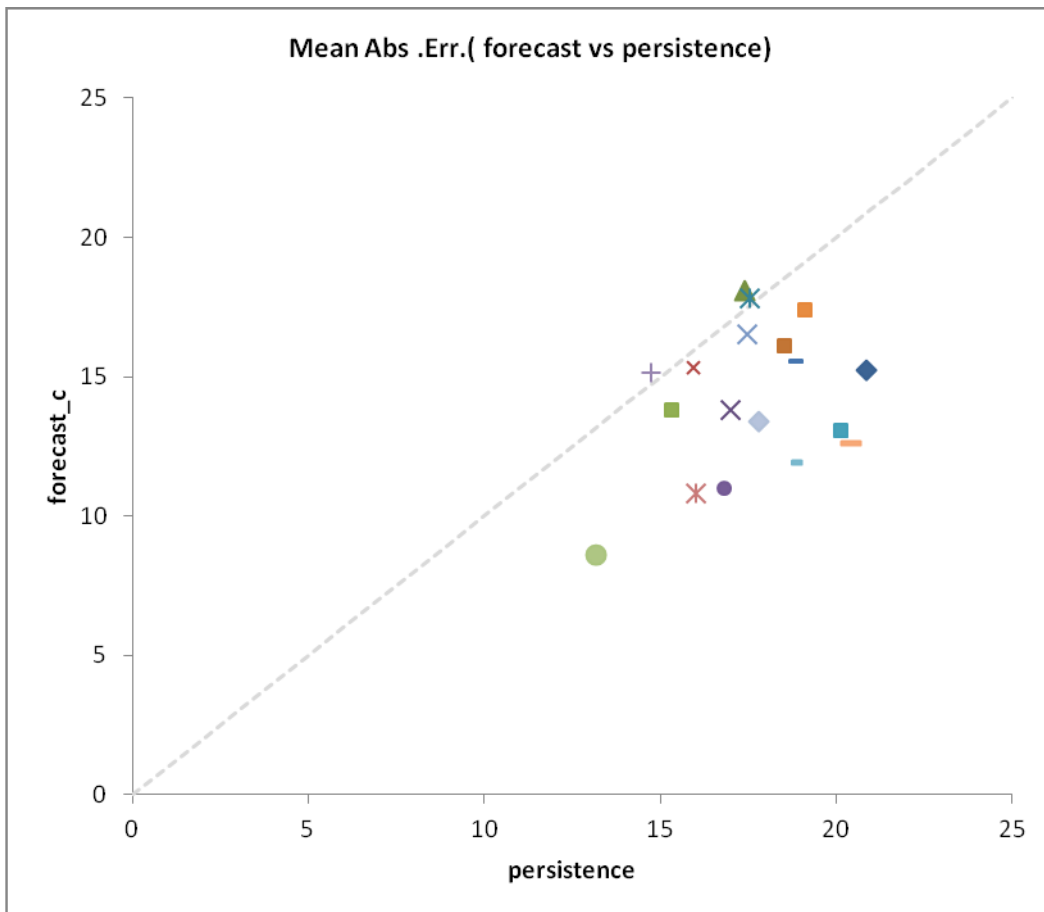
7. Postprocessing e “skill” della previsione

In generale i valori calcolati dal modello differiscono da quelli misurati, a volte anche sensibilmente, sia per limiti intrinseci degli algoritmi del modello stesso sia per limiti di accuratezza degli input (emissioni, meteorologia, condizioni al contorno) [1].

L’output di SPIAIR è calcolato applicando all’output del modello CAMx una trasformazione ottenuta dall’elaborazione statistica di serie storiche costituite da osservazioni e output numerici (“Model Output Statistics”, [2]); i coefficienti così calcolati per una data stazione sono applicati in sede di previsione al rispettivo output numerico al fine di ottenere il valore corretto. Gli scarti, tra valore puro e valore corretto, sono poi utilizzati per correggere il modello su tutti i punti della griglia; lo scarto su un punto è calcolato mediante una tecnica di interpolazione basata sull’inverso del quadrato della distanza dalle stazioni. Il valore sul punto viene corretto sottraendo lo scarto ottenuto dalla procedura di interpolazione.

In generale lo “skill” di un sistema di previsione numerica è valutato mediante il confronto statistico con un sistema previsionale di base come la climatologia (valore costante pari a una concentrazione media), la persistenza o la previsione casuale. In particolare il metodo della “persistenza” consiste, nel caso della previsione a +24 ore, nel prevedere per oggi, per un certo sito di misura, una concentrazione uguale a quella rilevata ieri.

Il grafico seguente riporta il MAE (Mean Absolute Error o errore assoluto medio) calcolato per la previsione di SPIAIR a +24 ore del massimo orario su base giornaliera di Ozono, a confronto con quello calcolato con il metodo della persistenza per il periodo estivo 01/06/2018 – 31/08/2018:



In ascissa (x) è riportato il MAE del metodo della persistenza (“persistence”), in ordinata (y) il MAE del sistema SPIAIR (“forecast_c”). Si nota come quest ultimo sia (quasi) sempre inferiore al MAE calcolato con la persistenza, dato che i punti cadono sotto la linea centrale $y=x$; per alcune stazioni la riduzione del MAE è maggiore di 5 ug/m^3 ossia, in termini percentuali, di circa il 30%.

8. Procedura di “data fusion” per generazione delle mappe di analisi di PM10

Il sistema SPIAIR include anche una procedura di “data fusion” che corregge l’output modellistico puro di CAMx a +24 ore con i dati misurati dalle stazioni di misura, una volta disponibili. La correzione si basa sullo scarto calcolato tra modello e misura in corrispondenza di un set di stazioni dotate di analizzatore automatico di PM10. In tal modo è possibile produrre, con un ritardo di poche ore (“near real time”), una mappa delle concentrazioni di PM10 giornaliere sul territorio regionale. La spazializzazione dello scarto sui punti della griglia di calcolo del modello è effettuata mediante un algoritmo che calcola lo scarto come combinazione lineare degli scarti nelle stazioni circostanti, con un peso inversamente proporzionale al quadrato della distanza dalla stazione (“Inverse distance weighing”). Il valore del modello sul punto della griglia viene quindi corretto sottraendo lo scarto calcolato.

9. Riferimenti

- [1] A.Dalla-Fontana, S.Pillon, and S.Patti. A performance evaluation of the CAMx air quality model to forecast ozone and PM10 over the Italian region of Veneto. *Journal of Mediterranean Meteorology & Climatology*,(18):1–13, 2021.
- [2] *Statistical Methods in the Atmospheric Sciences* (D.S. Wilks, 2006, Elsevier).