

# MODELLI E SUPERSITI UN DIALOGO PREZIOSO

L'APPLICAZIONE DI MODELLI CONSENTE DI INSERIRE I DATI RACCOLTI SU UN TERRITORIO PIÙ AMPIO. LE MISURE DETTAGLIATE, D'ALTRA PARTE, PERMETTONO DI INDIVIDUARE PUNTI DI FORZA E DI DEBOLEZZA DEI MODELLI. L'INTEGRAZIONE DEGLI APPROCCI È QUINDI NECESSARIA PER CAPIRE I FENOMENI E I PROCESSI DELL'INQUINAMENTO ATMOSFERICO.

Chi cerca di capire e interpretare i fenomeni e i processi dell'inquinamento atmosferico, per valutarne le conseguenze e individuare le possibili soluzioni, scopre presto di non poter fare a meno di osservazioni e di modelli. Di più: scopre di doverli usare insieme, in una sorta di dialogo che è effettivamente stretta collaborazione tra la comunità dei ricercatori sperimentali e quella dei modellisti.

L'enorme mole di dati osservati raccolta da progetti ambiziosi come Supersito è una sfida e un'occasione per la comunità scientifica e per le agenzie ambientali. Grazie all'applicazione dei modelli, possiamo inserire i dati raccolti dai supersiti in un contesto territorialmente più ampio e ne possiamo valutare la rappresentatività nello spazio e nel tempo. D'altra parte le misure dettagliate di composizione chimica e distribuzione granulometrica degli aerosol ci permettono di individuare punti di forza e debolezze dei modelli e dei loro dati di input, per lavorare efficacemente al loro miglioramento.

Fin dall'inizio, nel progetto Supersito è emersa la necessità di applicare un modello per individuare le porzioni del territorio emiliano-romagnolo che mostrassero caratteristiche di inquinamento analoghe a quelle dei siti di pianura selezionati per le misure (Bologna, San Pietro Capofiume, Parma e Rimini). In pratica, a ciascuno dei siti si doveva associare un'area di pertinenza, che per gli epidemiologi avrebbe costituito uno degli strati informativi necessari all'identificazione delle coorti da associare a ciascun sito.

Come indicatore si sono scelte le concentrazioni medie giornaliere di  $PM_{2.5}$ , inquinante particolarmente significativo dal punto di vista epidemiologico. Come modello, Pesco (Bonafè et al., 2011) è sembrato la scelta più adeguata, per la sua capacità

di integrare le simulazioni di Ninfa a grande scala (Stortini et al., 2007) con le misure delle stazioni di fondo presenti sul territorio.

Dunque, il territorio regionale è stato diviso in una griglia regolare di risoluzione 1 km e per ciascuna cella si è calcolata la media delle differenze assolute giornaliere di concentrazione di  $PM_{2.5}$ , rispetto a ciascuno dei 4 siti. Ciascuna cella è stata poi attribuita al sito rispetto al quale tale indicatore di distanza è minimizzato. Le celle con "distanze" superiori ai  $5 \mu g/m^3$  non sono assegnate a nessun sito. Il risultato è la zonizzazione mostrata in figura 1.

Le misure realizzate nei supersiti hanno rilevanza non solo per il territorio regionale, ma anche per l'intera pianura

Padana, che costituisce un unico bacino aerologico. Modelli chimici e di trasporto di scala sovra-regionale come Ninfa sono lo strumento ideale per contestualizzare in una prospettiva di grande scala le misure dei supersiti. In questo caso ci siamo concentrati sulla composizione chimica media annua del  $PM_{10}$ , simulata da Ninfa, analizzando le concentrazioni di ioni nitrati, solfati e ammonio, di  $PM_{10}$  primario e delle altre componenti residue (aggregate). Si è applicata la tecnica della *cluster analysis* (Kaufman and Rousseeuw, 1990) per identificare le zone del Nord Italia tra loro simili in termini di concentrazione di queste componenti. Nella pianura emerge un'interessante distinzione tra aree rurali a urbanizzazione diffusa e aree a intensa urbanizzazione e industrializzazione



FIG. 1  
AREE DI PERTINENZA

Area di pertinenza dei quattro supersiti di pianura.

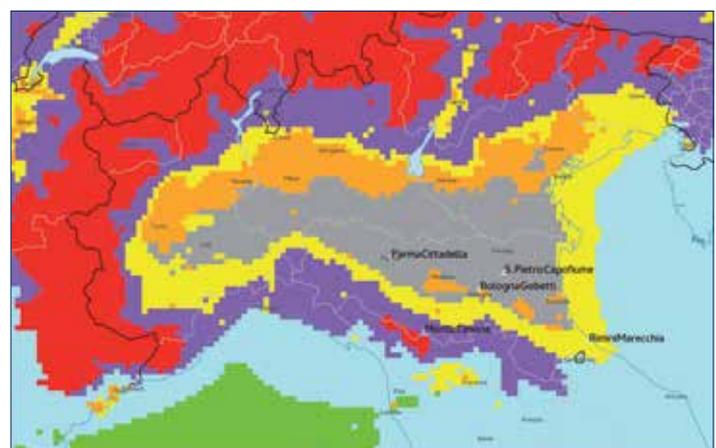


FIG. 2  
ZONIZZAZIONE  $PM_{10}$

Zonizzazione del Nord Italia in base alla composizione del  $PM_{10}$ .

(rispettivamente, in grigio e in arancio nella figura 2). Nella prima zona i nitrati prevalgono sui primari, nella seconda i primari prevalgono sui nitrati.

Uno dei focus di Supersito sono i fenomeni di nucleazione. I partner dell'Università della Finlandia orientale ci hanno resa disponibile la lunga serie storica di loro osservazioni nel supersito di San Pietro Capofiume (Hamed et al., 2013). Ciascuna giornata, a partire da marzo 2002, è classificata in base all'identificazione o meno di episodi di nucleazione, riconoscibili con il metodo dei *banana plot*. Incrociando quest'informazione con alcune variabili meteo osservate localmente (temperatura minima, massima e differenza tra le due; umidità relativa minima, massima e differenza tra le due; velocità media e direzione prevalente del vento; precipitazione cumulata giornaliera), e analizzandone le eventuali connessioni con la tecnica degli *alberi di classificazione* (Breiman et al., 1984), si è costruito un semplice modello statistico non parametrico (figura 3), che evidenzia la maggior probabilità di accadimento in giornate secche e segnala, nelle giornate con umidità relativa minima compresa tra 46 e 60%, una diminuzione della probabilità di nucleazione quando il vento soffia prevalentemente da ovest, sud o sud-ovest.

F'in qui abbiamo visto alcune applicazioni dei modelli nel progetto Supersito. In questi casi i modelli danno un valore aggiunto alle misure, supportandone la contestualizzazione e l'interpretazione. È vero però anche che i modelli hanno bisogno delle misure per restare con i piedi per terra. E se per le valutazioni operative sono sufficienti i dati della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, che consentono la valutazione della conformità dei modelli con i vincoli imposti dalla normativa comunitaria, per comprendere a fondo i punti deboli dei modelli e dei loro dati di input (meteo ed emissioni), occorre condurre valutazioni diagnostiche, che richiedono misure di composizione chimica e distribuzione granulometrica. In altri termini, in questo caso sono i modelli ad aver bisogno dei supersiti. La valutazione operativa, realizzata con il software DeltaTool sviluppato appositamente da Jrc-Ies (*Institute for Environment and Sustainability of the European Commission's Joint Research Centre*), delinea un quadro rassicurante: Ninfa è conforme ai vincoli Ue per PM<sub>10</sub> e NO<sub>2</sub> in tutte le stazioni attive, per tutti gli indicatori di performance considerati,

che tengono conto della capacità del modello di riprodurre la variabilità delle concentrazioni nello spazio e nel tempo. La valutazione diagnostica invece, basandosi sulle misure dei supersiti, offre un quadro più dettagliato e ci ha consentito di identificare alcuni punti deboli di Ninfa, su cui stiamo lavorando in collaborazione con Cnr-Isac (Istituto di scienze dell'atmosfera e del clima del Consiglio nazionale delle ricerche). Il modello in alcuni mesi invernali sovrastima la componente grossolana (tra 2.5 e 10 micron) e quella fine

(<1 micron), mentre sottostima la componente intermedia (tra 1 e 2.5 micron). Per quanto riguarda la composizione chimica (figura 4), le prestazioni del modello per nitrati e ammonio sono soddisfacenti (almeno durante la campagna estiva 2012), mentre le maggiori criticità sono sui secondari organici (sottostimati) e sui solfati (di cui sovrastimiamo la variabilità temporale).

**Giovanni Bonafè, Michele Stortini**

Arpa Emilia-Romagna

FIG. 3  
PROBABILITÀ  
DI NUCLEAZIONE

Albero di classificazione per la probabilità di nucleazione a San Pietro Capofiume.

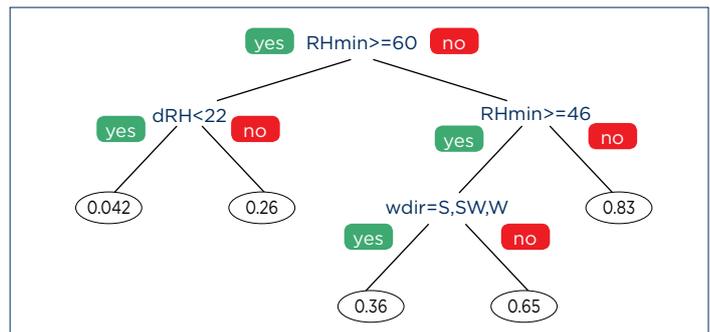
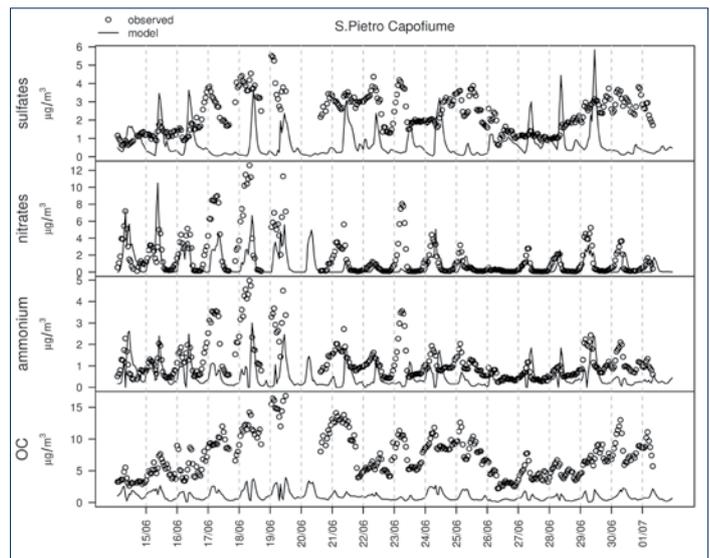


FIG. 4  
CONFRONTO  
OSSERVAZIONI-  
MODELLO NINFA

Composizione chimica dell'aerosol a San Pietro Capofiume (Bo) durante la campagna estiva 2012. Confronto tra osservazioni (cerchietti) e modello Ninfa (linee).



**RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI**

G. Bonafè, M. Stortini, E. Minguzzi, M. Deserti, "Postprocessing of a CTM with observed data: Downscaling, unbiasing and estimation of the subgrid scale pollution variability", in A. Syrakos, J.G. Bartzis and S. Andronopoulos (eds.), *Proceedings of the 14th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes*, pp. 302-306, 2011.

L. Breiman, J.H. Friedman, R.A. Olshen, Stone C.G., *Classification and Regression Trees*, Wadsworth International Group, Belmont, California, 1984.

A. Hamed et al., "New particle formation at Po-Valley during PEGASOS campaign", *Nucleation and Atmospheric Aerosols: 19th International Conference*, Vol. 1527. No. 1. AIP Publishing, 2013.

L. Kaufman and P.J. Rousseeuw, *Finding Groups in Data: An Introduction to Cluster Analysis*, Wiley, New York, 1990.

M. Stortini, M. Deserti, G. Bonafè, E. Minguzzi, "Long-term simulation and validation of ozone and aerosol in the Po Valley", in C. Borrego and E. Renner (eds.), *Developments in Environmental Sciences*, volume 6, pp. 768-770, Elsevier, 2007.