

## **Applicazione modellistica a scala locale per la valutazione integrata del contributo alla qualità dell'aria da parte di un nuovo impianto**

Roberta De Maria\*, M. Clemente\*, E. Elampe\*

C. Silibello<sup>+</sup>, S. Finardi<sup>+</sup>

\*Arpa Piemonte, Via Pio VII, 9 – 10135 Torino, \* r.demaria@arpa.piemonte.it

<sup>+</sup> Arianet S.r.l., Via Gilino, 9 – 20128 Milano

### **RIASSUNTO**

*Lo studio dell'inserimento, in termini di effetti sulla qualità dell'aria a scala locale, di un nuovo impianto produttivo in un contesto territoriale fortemente antropizzato può essere affrontato con un approccio integrato che prevede l'impiego della modellistica di dispersione e trasformazione chimica degli inquinanti sia per la descrizione del bianco ambientale che nella stima del contributo aggiuntivo della sorgente in progetto. Tale approccio è stato applicato nel caso dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti solidi urbani di futura realizzazione nell'area metropolitana di Torino, al fine di fornire all'Ente autorizzatore gli elementi necessari per una stima completa degli impatti esistenti e previsti sulla qualità dell'aria nella zona.*

### **METODOLOGIA**

La valutazione integrata della qualità dell'aria nell'area torinese ante operam (bianco ambientale) e post operam alla costruzione e all'entrata in funzione dell'impianto di termovalorizzazione, è stata realizzata attraverso l'applicazione di un sistema modellistico tridimensionale in grado di compiere una simulazione completa sia dei fenomeni meteorologici sia di quelli di trasformazione chimica, trasporto e diffusione degli inquinanti primari e secondari (in fase gassosa e in forma di particolato atmosferico), calcolando le concentrazioni e le deposizioni secche e umide. Tale scelta, dovuta principalmente alla necessità di una corretta descrizione del bianco ambientale, prevede inizialmente la valutazione delle concentrazioni dei principali inquinanti considerati dalla normativa (NO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, SO<sub>2</sub>, CO, benzene, PM10, ozono) prodotti dall'insieme delle sorgenti attualmente presenti nel dominio di calcolo e dagli effetti del trasporto a lunga distanza; a tali sorgenti viene aggiunto in un secondo tempo l'impianto in studio, in modo da ottenere una stima esaustiva della sua interazione con le sorgenti emissive preesistenti. Poiché gli inquinanti di maggior interesse sono caratterizzati da una rilevante componente secondaria, l'effetto di una nuova sorgente non può essere valutato correttamente in modo indipendente dallo stato chimico dell'atmosfera nella quale si inserisce l'emissione. Il semplice approccio di "sommare" il contributo della nuova sorgente in fondo preesistente senza considerarne le interazioni chimiche è criticabile particolarmente all'interno di un'area urbana. Al fine di permettere il calcolo degli indicatori previsti dalla legislazione, le simulazioni sono state condotte su un anno intero con risoluzione temporale oraria e spaziale di 500 metri; i risultati della modellizzazione relativa al bianco ambientale sono stati validati – secondo quanto previsto dalla normativa vigente – attraverso il confronto con i dati acquisiti nello stesso periodo presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nell'area.

### **SISTEMA MODELLISTICO E DOMINIO DI STUDIO**

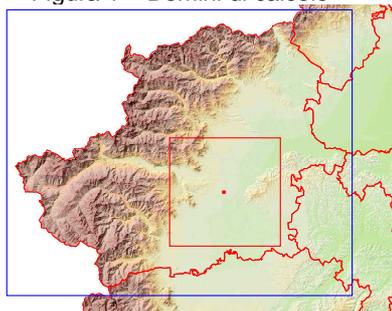
Le componenti del sistema sono rappresentate dal modello meteorologico diagnostico MINERVE (Aria Tech., 2001), dal modulo di interfaccia GAP/SurfPRO (Finardi et al. 2005) per la riproduzione della turbolenza atmosferica e dei parametri che influenzano la dispersione degli inquinanti, dal pre-processore delle emissioni EMMA (Arianet, 2005) e dal modello Euleriano di trasporto e trasformazione chimica FARM (COST728, 2006). Quest'ultimo deriva dal codice STEM-II (Carmichael et al., 1991) e implementa diversi meccanismi chimici in fase gassosa e due moduli per l'aerosol: aero3 (Binkowski et al., 1999) e un modulo semplificato aero0 basato sull'approccio adottato nell'EMEP Eulerian Unified model (EMEP, 2003). A valle delle simulazioni di dispersione, i moduli di post-processamento permettono il calcolo degli indicatori sul breve e lungo periodo previsti dalla normativa vigente, a partire dai dati di concentrazione oraria. Il dominio di calcolo per le concentrazioni, centrato sul camino del termovalorizzatore, ha estensione di 40x40 km<sup>2</sup>.

Le componenti meteorologiche sono state ricostruite, sulla base di misure al suolo ed in quota della Rete Meteorografica di Arpa Piemonte nonché di campi meteorologici dell'European Centre for Medium Range Weather Forecast (ECMWF), attraverso un processo a due stadi: una prima ricostruzione delle variabili termiche e dinamiche (temperatura e vento) ad una risoluzione di 1 km su un dominio esterno che copre la Provincia di Torino (125x105 km<sup>2</sup>) ed una successiva discesa di scala ad una risoluzione pari a 500 m su un dominio coincidente con quello scelto per il calcolo delle concentrazioni (Figura 1). Tale metodologia consente di rappresentare al meglio le caratteristiche meteodispersive ed orografiche dell'area più interna, tenendo comunque conto dell'influenza dei flussi atmosferici ad una scala superiore. Per ottenere la miglior descrizione possibile delle condizioni di stratificazione atmosferica sull'area urbana torinese, si sono utilizzati i profili di temperatura forniti dal radiometro a microonde operante a Torino. Successivamente sono stati

calcolati i valori per le grandezze relative alla turbolenza degli strati inferiori dell'atmosfera, gli scambi di calore al suolo e le velocità di deposizione secca e umida necessarie al modello di dispersione.

Per la stima del bianco ambientale, il termine emissivo è rappresentato dal contributo di tutte le sorgenti (lineari, areali e puntuali) presenti nell'Inventario Regionale delle Emissioni (IREA) che ricadono nel dominio di calcolo; tali dati sono stati disaggregati spazialmente e temporalmente sulla base dell'uso del suolo (CORINE Land Cover), di informazioni vettoriali ad alta risoluzione relative alle aree edificate, nonché di modulazioni temporali riferite alle diverse attività. Le condizioni al contorno richieste dal modello fotochimico sono state ricavate dalla simulazione che Arpa produce annualmente con la stessa catena modellistica - a una risoluzione orizzontale di 4 km - a supporto della Valutazione Regionale della Qualità dell'Aria sul territorio piemontese. In questo modo si è potuto tener conto dei flussi di inquinanti originati da emissioni localizzate al di fuori del dominio di calcolo che hanno particolare importanza per la stima delle concentrazioni di ozono e particolato. Al fine di valutare il contributo dell'impianto alle concentrazioni di fondo, è stata quindi realizzata una seconda simulazione nella quale, alle sorgenti che descrivono il bianco ambientale, è stato aggiunto il termovalorizzatore. Al fine di una stima cautelativa delle ricadute originate dalla futura sorgente, la configurazione emissiva assegnata a quest'ultima è quella corrispondente alle massime concentrazioni previste alle emissioni - per i diversi inquinanti - dall'Autorizzazione Integrata Ambientale e dalla normativa vigente per gli impianti di termovalorizzazione (D. Lgs. 133/2005). Le scelte impiantistiche previste dal proponente prevedono in realtà emissioni inferiori a quelle utilizzate in ambito modellistico, in particolare per gli ossidi di azoto e le polveri totali. Il contributo netto del nuovo impianto è stato successivamente ottenuto per differenza fra le simulazioni post e ante operam. Una terza simulazione è stata infine condotta per la stima dei campi di concentrazione riguardanti i microinquinanti emessi dal termovalorizzatore ma non presenti nell'IREA né descritti dal meccanismo chimico utilizzato dal modello di dispersione.

Figura 1 – Domini di calcolo



Il dominio esterno (blu) utilizzato per la ricostruzione meteorologica a risoluzione di 1 km, quello interno (rosso) per la stima della meteorologia e delle concentrazioni a risoluzione di 500 m

Il sistema modellistico è stato opportunamente calibrato - attraverso simulazioni test e confronto osservato/simulato - su due periodi studio di una settimana ciascuno, uno nella stagione invernale e uno in quella estiva all'interno dell'anno di simulazione, per permettere l'ottimizzazione dei risultati della modellizzazione sia sulle variabili meteorologiche che sulle concentrazioni simulate. Quale anno di riferimento per le simulazioni è stato individuato il 2005; la scelta è stata vincolata da un lato dalla necessità di riprodurre, per il bianco ambientale, la situazione temporalmente più vicina a quella attuale, dall'altro dalla disponibilità di dati di input per la catena modellistica riferiti allo stesso periodo.

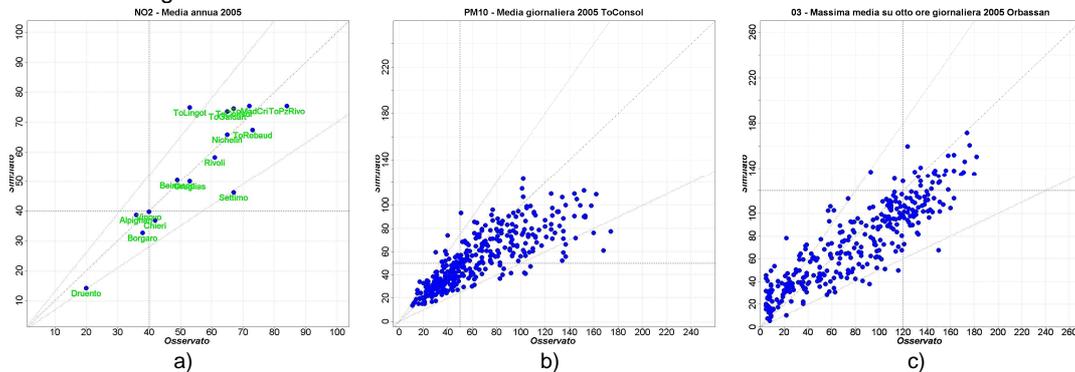
## VALUTAZIONE DELLA SIMULAZIONE DI BIANCO AMBIENTALE

I risultati della simulazione modellistica relativa al bianco ambientale sono stati confrontati con le misure acquisite presso il Sistema Regionale di Rilevamento della Qualità dell'Aria (S.R.R.Q.A.) presenti nel dominio di calcolo, secondo quanto previsto dalla normativa vigente in materia di qualità dell'aria (D.M. 60 del 2 aprile 2002 e D.Lgs. 21 maggio 2004 n. 183), che individua gli obiettivi di qualità secondo i quali devono essere valutati i risultati delle simulazioni condotte ai fini della valutazione della qualità dell'aria.

Le prestazioni della catena modellistica sono state sinteticamente rappresentate attraverso diagrammi di dispersione (Figura 2) che descrivono - per ogni inquinante ed ogni indicatore - il confronto fra la concentrazione simulata e quella osservata; le linee oblique tratteggiate in rosso rappresentano l'intervallo di valori all'interno del quale la valutazione modellistica soddisfa gli obiettivi di qualità. Le linee parallele agli assi cartesiani rappresentano il limite previsto dalla legislazione per l'inquinante e l'indicatore considerato. È importante ricordare che i criteri di valutazione relativi alle prestazioni della simulazione modellistica devono tenere conto sia della rappresentatività spaziale del punto di misura rispetto alla risoluzione modellistica adottata, sia della tipologia di inquinante considerato. In effetti, il sistema modellistico conferma in generale una buona capacità nel riprodurre i dati misurati presso i siti e per gli inquinanti la cui rappresentatività spaziale risulta coerente con la risoluzione modellistica, mentre in alcuni casi mostra difficoltà nel descrivere correttamente caratteristiche sito-specifiche difficilmente riproducibili dal punto di vista emissivo (ad es. in siti da traffico) o meteodiffusivo (ad es. superamenti in episodi di accumulo). Un importante aspetto emerso nella realizzazione di una simulazione di bianco ambientale con modello fotochimico a una risoluzione così elevata è l'opportunità di evidenziare e analizzare nel dettaglio le criticità emissive altrimenti non visibili nelle

applicazioni modellistiche a minor dettaglio. I risultati ottenuti per la simulazione di bianco sono congruenti con quelli della simulazione annuale della qualità dell'aria su scala regionale (Bande et al., 2007).

Figura 2 – Valutazione risultati simulazione modellistica di bianco ambientale

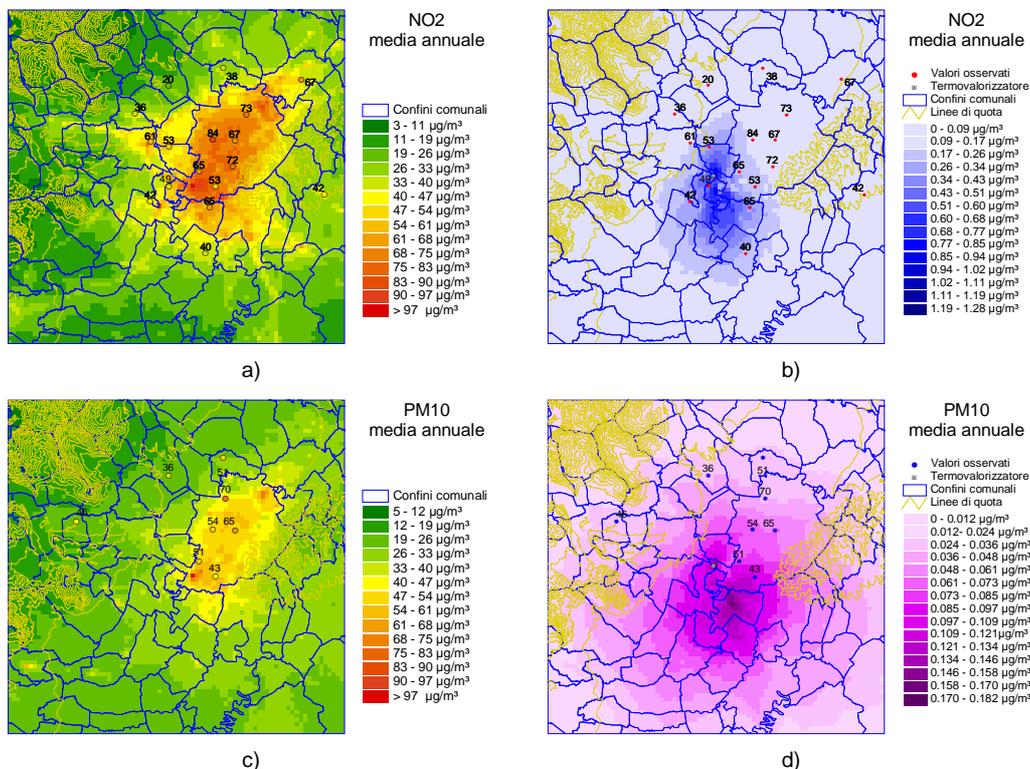


Verifica del rispetto degli obiettivi di qualità: media annuale delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> (stazioni di misura nel dominio, a), media giornaliera delle concentrazioni di particolato PM10 (stazione urbana da traffico, b) e massima media su 8 ore delle concentrazioni di O<sub>3</sub> (stazione suburbana di fondo, c)

### RISULTATI DELLE SIMULAZIONI DI DISPERSIONE

Al termine delle simulazioni modellistiche i campi di concentrazione sono stati sottoposti ad opportune procedure di calcolo che, a partire dai valori di concentrazione media oraria al suolo, permettono la valutazione degli indicatori di legge per ogni cella del dominio di calcolo, sia nel caso del bianco ambientale che in quello del contributo del termovalorizzatore alle concentrazioni di fondo. In quest'ultimo caso si è provveduto inoltre, in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria presenti nel dominio di calcolo, a valutare l'impatto cumulato, ovvero a calcolare se l'inserimento della nuova emissione avrebbe

Figura 3 – Risultati delle simulazioni modellistiche



Biossido di azoto e particolato PM10: concentrazioni medie annuali misurate presso le stazioni di monitoraggio nell'anno 2005 (valore numerico) sovrapposte alla media annuale di bianco ambientale (a,c) e al contributo aggiuntivo alle concentrazioni di fondo dovuto all'impianto di termovalorizzazione (b,d)

comportato – per l'anno 2005 – un incremento nel numero di superamenti dei livelli di qualità dell'aria registrati presso i siti di misura stessi. Un esempio della rappresentazione cartografica dei risultati è mostrato in Figura 3: per il biossido di azoto e il particolato PM10 sono riportati la concentrazione media annuale

relativa al bianco ambientale e il contributo netto da parte dell'impianto di termovalorizzazione. Nel caso del bianco ambientale, la scala cromatica adottata utilizza convenzionalmente tonalità di colore verde nelle aree di rispetto dei limiti, di colore dal giallo al rosso nelle aree di superamento dei limiti previsti dalla normativa. La stessa gradazione è stata adottata per la legenda corrispondente alle concentrazioni misurate sovrapposte al bianco ambientale per mettere in evidenza la concordanza o la discordanza nel confronto osservato/simulato. I risultati del bianco ambientale confermano, in linea con le misure del S.R.R.Q.A., come gli inquinanti più critici per l'area metropolitana torinese risultano essere il particolato PM10 ed il biossido di azoto, in entrambi i casi sia per gli indicatori di lungo che di breve periodo. A ciò si aggiungono, nel periodo estivo e nelle aree di fondo, superamenti del valore limite sulle 8 ore per l'ozono. Alla luce dei risultati della modellizzazione per l'anno 2005 e ricordando l'ipotesi cautelativa sull'assetto emissivo adottato, l'inserimento del nuovo impianto di termovalorizzazione non comporta un incremento del numero di superamenti del valore medio annuale su biossido di azoto e PM10 presso le stazioni di misura ma solamente l'incremento di un superamento presso la stazione più vicina all'impianto del valore limite orario per l'NO<sub>2</sub>. L'inserimento di un impianto di tale rilevanza in un contesto fortemente antropizzato richiede comunque necessaria una opportuna sorveglianza da parte delle Amministrazioni competenti, che hanno richiesto al proponente l'installazione di una stazione di monitoraggio della qualità dell'aria in un punto significativo ai fini delle ricadute degli inquinanti prodotti dal termovalorizzatore.

A completamento del quadro informativo prodotto e al fine di stimare il contributo dell'impianto alla concentrazione dei microinquinanti nel suolo, i valori di deposizione calcolati dalla catena modellistica sono stati trasformati in concentrazioni di inquinante nel suolo secco. In base al range di variabilità dei parametri che determinano il valore di concentrazione finale di inquinante nel suolo (periodo di funzionamento dell'impianto, strato di suolo interessato dal fenomeno e densità dello stesso) si sono ipotizzati due casi che minimizzano e massimizzano l'accumulo. I risultati ottenuti nei due scenari sono stati confrontati con quanto previsto nell'Allegato 5 del D.Lgs. 152/2006 relativamente alle concentrazioni di soglia per la contaminazione nel suolo e nel sottosuolo previste per i siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale.

## CONCLUSIONI

Per lo studio degli impatti di impianti particolarmente significativi, l'utilizzo di un sistema modellistico in grado di trattare non solo gli aspetti di dispersione ma anche di trasformazione chimica e deposizione al suolo degli inquinanti permette di descrivere in modo completo ed esaustivo le ricadute connesse alla matrice atmosfera; tale approccio è stato applicato al futuro impianto di termovalorizzazione della Provincia di Torino. La metodologia applicata ha permesso di fornire all'Amministrazione responsabile del processo autorizzativo un quadro completo degli impatti, nello specifico sulla matrice atmosfera, presenti sul territorio in esame a completamento delle informazioni normalmente rese disponibili dal monitoraggio della qualità dell'aria effettuato con le stazioni di misura che, per loro natura, forniscono una rappresentazione di tipo puntuale dei livelli di concentrazione dei diversi inquinanti in aria. Inoltre ha fornito indicazioni più esaustive in relazione al contributo dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti solidi urbani alle concentrazioni degli inquinanti secondari, normalmente trattati come inerti (nel caso dell'NO<sub>2</sub> e del PM10) o non considerati (nel caso dell'ozono) negli studi di impatto ambientale. Il sistema utilizzato ha dimostrato, nel caso del bianco ambientale, una buona capacità nel riprodurre correttamente - per confronto con le misure della rete di monitoraggio della qualità dell'aria - le concentrazioni osservate. Tale simulazione costituisce la valutazione annuale di qualità dell'aria alla massima risoluzione spaziale attualmente disponibile sull'area metropolitana torinese per l'anno 2005. Il set di dati costituito dai campi meteorologici e di concentrazione tridimensionali con frequenza oraria, e dalla distribuzione spaziale degli indicatori, può essere considerato una delle informazioni di riferimento per le valutazioni di impatto di nuove emissioni nell'area torinese.

## Bibliografia

ARIA Technologies, *MINERVE wind field model – General design manual – Versio 7.0*, 2001, ARIA Tech. Report, Paris.  
ARIANET, *EMMA (EMGR/make) – User's guide – Version 3.5. Arianet R2005.08*, 2005, Milano.  
Bande S., Clemente, M., De Maria, R., Muraro, M., Picollo, M. E., Arduino, G., Calori, G., Finardi, S., Radice, P., Silibello, C., and Brusasca, G., 2007. *The modelling system supporting Piemonte region yearly air quality assessment*, 6th International Conference on Urban Air Quality, Cyprus, 27-29 March 2007.  
Binkowski, F. S., *The aerosol portion of Models-3 CMAQ. EPA-600/R-99/030*, 1999. National Exposure Research Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Research Triangle Park, NC, 10-1-10-16.  
Carmichael, G. R., Peters, L. K., Saylor, R. D., *The STEM-II Regional Scale Acid Deposition and Photochemical Oxidant Model-I. An Overview of Model Development and Applications*, 1991, Atmos. Environ., 25A, 2077-2090.  
COST 728, *COST 728/732 Model Inventory*, <http://www.mi.uni-hambourg.de/costmodin>, 2006.  
Finardi, S. (Editor), Baklanov, A., Clappier, A., Fay, B., Joffre, S., Karppinen, A., Ødegård, V., Slørdal, L. H., Sofiev, M., Sokhi, R. S., Stein, *An Improved interfaces and meteorological pre-processors for urban air pollution models*. FUMAPEX Report D 5.2-3, 2005, Milano, 55 pp., disponibile all'indirizzo <http://fumapex.dmi.dk>  
EMEP, *Transboundary acidification, eutrophication and ground level ozone in Europe*. EMEP Status Report 2003, 2003, Norwegian Meteorological Institute.