



# **STUDIO DELLE SORGENTI DI INQUINAMENTO NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA CENTRALE TERMOELETTRICA “TORINO NORD”**

## **SINTESI DEI RISULTATI**

(tratto da Uno sguardo all’Aria – Relazione annuale sui dati rilevati dalla rete provinciale di monitoraggio della qualità dell’aria – anno 2012)

# IL PROGETTO DI STUDIO DELLE SORGENTI DI INQUINAMENTO ATMOSFERICO NEL TERRITORIO CIRCOSTANTE LA CENTRALE TERMoeLETTRICA "TORINO NORD"

*Il testo e le elaborazioni del capitolo sono stati curati da:*

*Francesco Lollobrigida, Fabio Pittarello, Annalisa Bruno - Arpa Piemonte, Dipartimento di Torino,  
Roberta De Maria, Valeria Garbero, Francesca Bissardella, Stefania Ghigo - Arpa Piemonte,  
Dipartimento Sistemi Previsionali*

*Stefano Buratto – Arpa Piemonte, Area Funzionale Tecnica*

## INTRODUZIONE

La quantificazione dell'impatto a livello di inquinamento atmosferico di un impianto industriale nelle reali condizioni di esercizio è - anche nei casi di impianti che sono stati sottoposti a procedure di V.I.A. - una delle problematiche ambientali più sentite da cittadini e amministrazioni locali, a cui non è possibile fornire una risposta attraverso le tradizionali attività di monitoraggio; queste ultime infatti non forniscono per loro natura informazioni sul contributo relativo delle varie fonti e quindi sulle possibili azioni di risanamento.

Nel caso in esame - a fronte della prevista entrata in esercizio della centrale termoelettrica "Torino Nord" - il tavolo tecnico a cui avevano dato vita l'anno precedente i Comuni di Collegno e Venaria Reale ha richiesto nel 2010 ad Arpa Piemonte di predisporre una serie di attività progettuali di approfondimento.

Il progetto - che si è focalizzato su PM10, PM2,5 e biossido di azoto, i tre inquinanti atmosferici più critici nell'area urbana torinese<sup>1</sup>, si è articolato su tre linee di attività, che verranno brevemente descritte nei paragrafi seguenti:

- verificare se, per i tre inquinanti citati, siano individuabili nell'area interessata variazioni significative della qualità dell'aria nel periodo successivo all'entrata in esercizio della centrale "Torino Nord" e se le eventuali variazioni possano essere ricondotte al contributo della centrale stessa;
- determinare, prima e dopo l'entrata in funzione della centrale la percentuale della componente primaria del particolato aerodisperso, vale a dire di quella frazione che può essere oggetto di azioni di risanamento a scala locale;
- valutare, in relazione all'immissione di particolato atmosferico primario e di ossidi di azoto in aria ambiente, il contributo percentuale delle principali sorgenti emissive presenti nella medesima area, compresa la citata centrale termoelettrica.

Per ulteriori approfondimenti si rimanda alle relazioni tecniche prodotte all'interno del progetto, che sono disponibili sul sito web di Arpa Piemonte.

## CONFRONTO DELLO STATO DELLA QUALITÀ DELL'ARIA PRIMA E DOPO L'ENTRATA IN ESERCIZIO DELL'IMPIANTO

All'interno del progetto sono state effettuate mediante una stazione mobile di rilevamento quattro campagne di monitoraggio ante operam (108 giorni complessivi tra dicembre 2010 e ottobre 2011) e quattro post operam (109 giorni complessivi tra gennaio e ottobre 2012). La stazione mobile è stata collocata nella frazione Savonera del comune di Collegno, in un sito individuato, nell'area a carattere residenziale di potenziale massima ricaduta dell'impianto, sulla base dell'analisi contenuta nello Studio di Impatto Ambientale. Il confronto dei dati ante e post operam è stato effettuato sia a livello di medie annuali che di medie giornaliere, in modo da verificare se le eventuali variazioni interessassero singoli episodi di picco e/o le concentrazioni di fondo dell'area.

Sul piano metodologico è fondamentale considerare che, per evidenziare se ci sono state variazioni significative della qualità dell'aria dovute a una specifica fonte (nel caso in esame la centrale "Torino Nord"), **non risulta corretto un semplice confronto numerico** tra le concentrazioni

---

<sup>1</sup> Non è stato preso in considerazione l'ozono in quanto, pur presentando costantemente nei mesi estivi un superamento dei limiti di legge, richiede per sua natura interventi di risanamento a una scala spaziale (sovrà provinciale o addirittura sovrà regionale) ben superiore a quella del livello locale

rilevate in aria ambiente prima e dopo l'entrata in esercizio della fonte stessa, in quanto occorre tener conto delle diverse condizioni meteorologiche dei due periodi <sup>2</sup>.

Per quanto riguarda le medie giornaliere, proprio allo scopo di minimizzare l'effetto delle differenti condizioni meteorologiche in cui sono stati svolti i monitoraggi ante e post operam, si è cercato di individuare un modello statistico-matematico che mettesse in relazione l'escursione "ammissibile" delle concentrazioni di PM10, PM2,5 e NO<sub>2</sub> presso il sito di massima ricaduta alle concentrazioni rilevabili presso una stazione di riferimento ubicata in un'area non soggetta alle ricadute della centrale. Nel caso in esame con un'analisi statistica preliminare è stata scelta come riferimento la stazione di Borgaro Torinese.

Il modello statistico-matematico scelto si basa sulla individuazione delle curve previsionali di livello di probabilità del 95% (probabilità di inclusione  $p=0,95$ ) a partire dai dati ante operam; in assenza di mutamenti significativi della situazione ambientale in cui tali curve previsionali sono state calcolate, ci si aspetta che un nuovo dato sia interno alle due curve con probabilità pari al 95%. Ciò implica anche che è ammissibile, ma deve essere un evento "raro" (probabilità  $p < 5\%$ ), che un dato possa risultare al di fuori della zona previsionale, anche in assenza di variazioni ambientali significative. A titolo di esempio nella FIGURA 1 si riporta il grafico delle curve previsionali del PM2,5 nel sito di Savonera.

In sintesi la metodologia relativa alle medie giornaliere prevede i seguenti passaggi:

- verifica della significatività del modello di regressione lineare tra le concentrazioni medie giornaliere del punto di massima ricaduta (Y) e quelle del punto di riferimento (X), che nel caso in esame è risultata molto elevata;
- implementazione, per mezzo dell'analisi dei residui, delle curve previsionali<sup>3</sup> di livello di probabilità del 95% a partire dai dati ante operam;
- analisi dei dati giornalieri post operam, sulla base dell'ipotesi conservativa secondo cui le situazioni in cui più del 5% delle coppie di medie giornaliere post operam si collocano al di fuori dell'intervallo previsionale sono da considerarsi "non conformi" al modello e pertanto richiedono una disamina approfondita.

Per quanto riguarda invece i valori medi di lungo periodo i dati della stazione di riferimento sono stati utilizzati per stimare le medie annuali ante e post operam nel sito di Savonera mediante una semplice proporzione; successivamente si è verificato se la criticità del sito di fraz. Savonera in ambito provinciale – vale a dire la posizione nella scala che va dalla stazione con la concentrazione minore a quella con la concentrazione maggiore – fosse mutata nel periodo post operam rispetto a quello ante operam.

Nel complesso non sono emersi, a livello né di medie giornaliere né di medie annuali, elementi che evidenzino una variazione significativa della qualità dell'aria nel sito dopo l'entrata in funzione dell'impianto considerato. Più in particolare:

- a livello di medie giornaliere è emerso che le differenze di qualità dell'aria tra ante e post operam si manifestano sia con situazioni peggiorative che con situazioni migliorative. Nel caso del PM10 le due tipologie di situazione si equivalgono, mentre per il PM2,5 prevalgono le situazioni migliorative; per il biossido di azoto tutte le variazioni rilevate sono peggiorative, ma in nessuna delle giornate interessate si sono verificati nel sito superamenti del valore limite orario. Per il PM10 15 valori (corrispondenti al 15% del totale) sono al di fuori dell'intervallo previsionale, di cui 8 al di sopra del limite superiore; per il PM2,5 il 7% dei dati esce dall'intervallo (7 valori), e di questi solo due valori sono superiori al limite superiore e per il biossido di azoto sei dati (che corrispondono al 7%) risultano al di fuori dell'intervallo previsionale, tutti collocati al di sopra del limite superiore. Le giornate che evidenziano un peggioramento per biossido di azoto e PM10 sono inoltre per la grande maggioranza (cinque su sei e cinque su otto, rispettivamente) comprese all'interno di un episodio meteorologico di freddo intenso del febbraio 2012. L'analisi

---

<sup>2</sup> Per un esempio dell'influenza delle condizioni meteorologiche si rimanda ai capitoli relativi al particolato e al biossido di azoto nell'edizione di "Uno sguardo all'aria " dell'anno 2011

<sup>3</sup> Tali curve, spesso note con il termine di "iperboli previsionali", non devono essere assolutamente confuse con le iperboli fiduciali. Queste ultime infatti esprimono l'intervallo in cui ci si aspetta di trovare la media della variabile Y in relazione ai valori  $X_k$  della variabile X, mentre le curve previsionali stimano l'intervallo in cui ci si aspetta di trovare i singoli valori di Y in funzione di X

della direzione del vento alla quota effettiva di emissione<sup>4</sup> nel corso di tale episodio ha mostrato che il sito di Savonera si è trovato sottovento alla centrale solo nell'11% delle ore; in particolare il giorno 7 febbraio - in cui è stato registrato sia per il biossido di azoto che per il PM10 nel sito di massima ricaduta il valore di media giornaliera più elevato di tutto il monitoraggio post operam – il sito di misura non è mai risultato sottovento all'impianto.

- a livello di medie annuali, non si sono riscontrati durante il periodo post operam variazioni significative per PM10 e biossido di azoto, mentre si è osservato un miglioramento per il PM2.5.

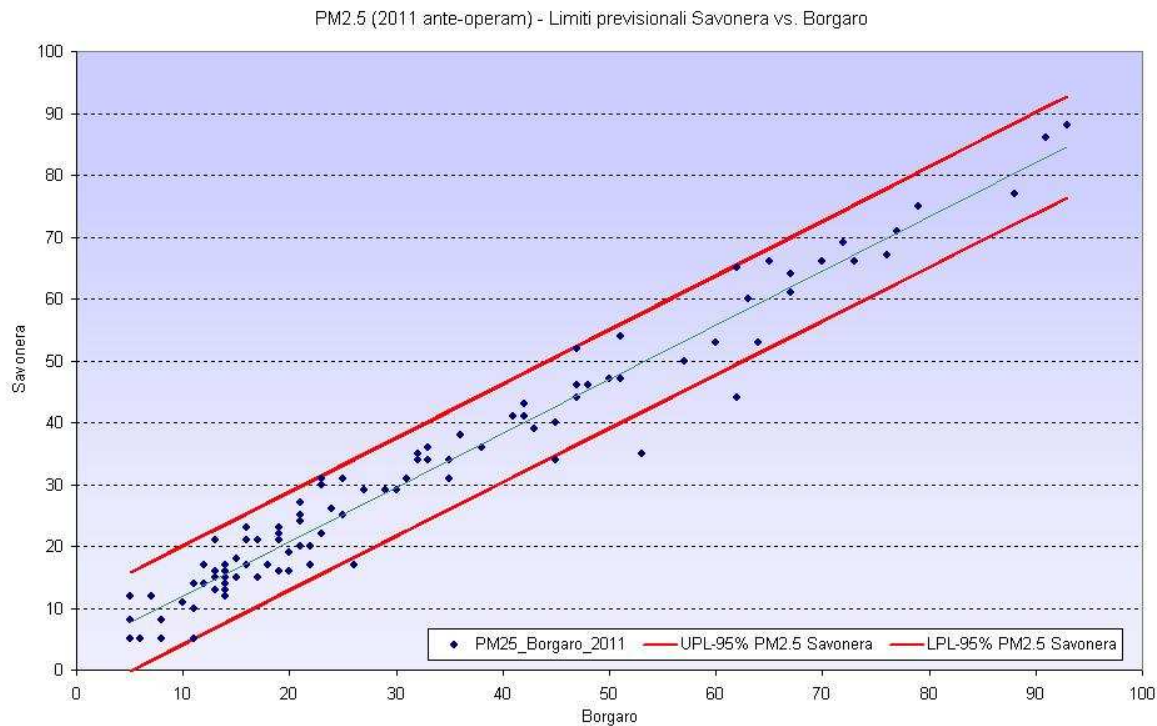


FIGURA 1: Limiti previsionali per il PM2.5.

## ANALISI DELLE COMPONENTI PRIMARIA E SECONDARIA DEL PM2,5

La speciazione del particolato atmosferico riveste una particolare importanza per la programmazione delle azioni di risanamento. E' noto infatti che questo inquinante è costituito da una miscela molto complessa di sostanze, classificabili in due tipologie di componenti distinte in funzione della loro origine, entrambe costituite da sostanze di natura sia organica che inorganica:

- componente primaria, emessa direttamente come tale dalle fonti inquinanti;
- componente secondaria, originata da complessi fenomeni chimico-fisici che avvengono in atmosfera e comportano la trasformazione in particolato di sostanze che originariamente erano state emesse in forma gassosa (i cosiddetti "precursori")<sup>5</sup>.

Sotto il profilo delle azioni di risanamento la componente primaria è quella su cui si può intervenire più efficacemente a livello locale, mentre la riduzione di quella secondaria può essere affrontata solo con provvedimenti a scala spaziale molto più ampia. Per quantificare nel sito di Savonera il peso percentuale della componente secondaria sono stati selezionati quaranta campioni giornalieri di PM2,5 nella fase ante operam e quaranta in quella post operam, scelti in modo da essere adeguatamente rappresentativi dei due periodi sotto il profilo della distribuzione dei valori, delle diverse condizioni meteorologiche e del giorno della settimana. Su ognuno di questi campioni è stata effettuata sia la determinazione dei componenti secondari inorganici (ammonio, solfato e nitrato) che del carbonio elementare (EC) e organico (OC), nonché di alcuni

<sup>4</sup> Per l'analisi della direzione prevalente del vento non possono essere utilizzati i dati anemologici al suolo perché il camino dell'impianto ha un'altezza fisica di 60 m, a cui va aggiunta la risalita del pennacchio dovuta alla temperatura elevata dei fumi e alla loro velocità di uscita. Di conseguenza sono stati utilizzati profili verticali di vento messi a disposizione dal Dipartimento Sistemi Previsionali di Arpa.

<sup>5</sup> Si rimanda a questo proposito ai capitoli dedicati al particolato secondario e al progetto iMonitraf! nelle edizioni 2007 e 2011 di Uno sguardo all'aria

macrocomponenti inorganici primari (calcio, magnesio, sodio, potassio e cloruri). A partire dai dati di OC e EC è stata successivamente stimata la concentrazione della componente organica secondaria (SOA, Secondary Organic Aerosol) del PM<sub>2,5</sub> mediante il cosiddetto "EC tracer method", ampiamente utilizzato in letteratura a questo scopo<sup>6</sup> e basato sulla stima del rapporto  $(OC/EC)_{\text{primario}}$ . Oltre al rapporto calcolato in base ai dati sperimentali del sito di Savonera è stato anche utilizzato – allo scopo di ottenere una indicazione sul valore minimo di carbonio organico che ci può aspettare nel sito monitorato - un valore pari a 0,67, ricavato nella città di Milano all'interno di una galleria stradale, dove si suppone che la frazione carboniosa sia sostanzialmente legata alle emissioni da traffico e quindi di natura primaria<sup>7</sup>.

I risultati della speciazione del PM<sub>2,5</sub> sono riportati nella FIGURA 2 per il periodo ante operam e nella FIGURA 3 per quello post operam<sup>8</sup>. Nella campagna post operam si osserva che nel periodo freddo la quantità di nitrati è superiore a quanto osservato nell'anno precedente, mentre nella stagione calda il valore si riduce drasticamente di quasi un quinto, risultando inferiore a quanto misurato nell'ante operam. Nel post operam per i nitrati si evidenzia che, a differenza di quanto accade nell'ante operam, lo scarto tra stagione calda e fredda è decisamente più elevato. Le motivazioni che portano a tali differenze vanno ricercate nella differente meteorologia che ha caratterizzato i due anni, ante e post operam, soprattutto per quanto riguarda i mesi di gennaio e febbraio 2012 caratterizzati da condizioni meteorologiche estreme<sup>9</sup>.

Sotto il profilo delle politiche di risanamento il dato più rilevante è che la frazione secondaria – per la quale come già richiamato non sono efficaci azioni svolte unicamente a livello locale - è stimabile in media tra il 60% ed il 67% del PM<sub>2,5</sub> e quindi risulta nettamente prevalente su quella primaria.

---

<sup>6</sup> Si veda ad esempio:

Lonati et al., Primary and secondary carbonaceous species in PM<sub>2.5</sub> samples in Milan(Italy), *Atm.Env.* 41(2007);

Salma et al. Elemental and organic carbon in urban canyon and background environments in Budapest, Hungary, *Atm.Env.* 38 (2004);

Castro et al., Carbonaceous aerosol in urban and rural European atmospheres: estimation of secondary organic carbon concentrations, *Atm. Env.*33 (1999)

<sup>7</sup> Lonati et al., Primary and secondary carbonaceous species in PM<sub>2.5</sub> samples in Milan(Italy), *Atm.Env.* 41(2007)

<sup>8</sup> Le percentuali riportate nelle figure sono quelle ricavate dal rapporto  $(OC/EC)_{\text{primario}}$  calcolato sulla base dei dati sperimentali. Utilizzando invece per il rapporto il citato valore di 0,67, nell'ante operam il POA passa da 13% a 5% e il SOA da 24% a 32%. mentre nel post operam il POA passa da 9% a 4% e il SOA da 22% a 27%.

<sup>9</sup> Il nitrato d'ammonio è un composto semivolatile, per cui in condizioni di bassa temperatura (in autunno-inverno) è favorita la sua condensazione nella fase particolata. Nel caso specifico si consideri che la temperatura media nel sito di Savonera è stata di +0.7 °C nella campagna invernale ante operam (dicembre 2010-gennaio 2011 e di - 2,4 °C in quella post operam (gennaio-febbraio 2012)

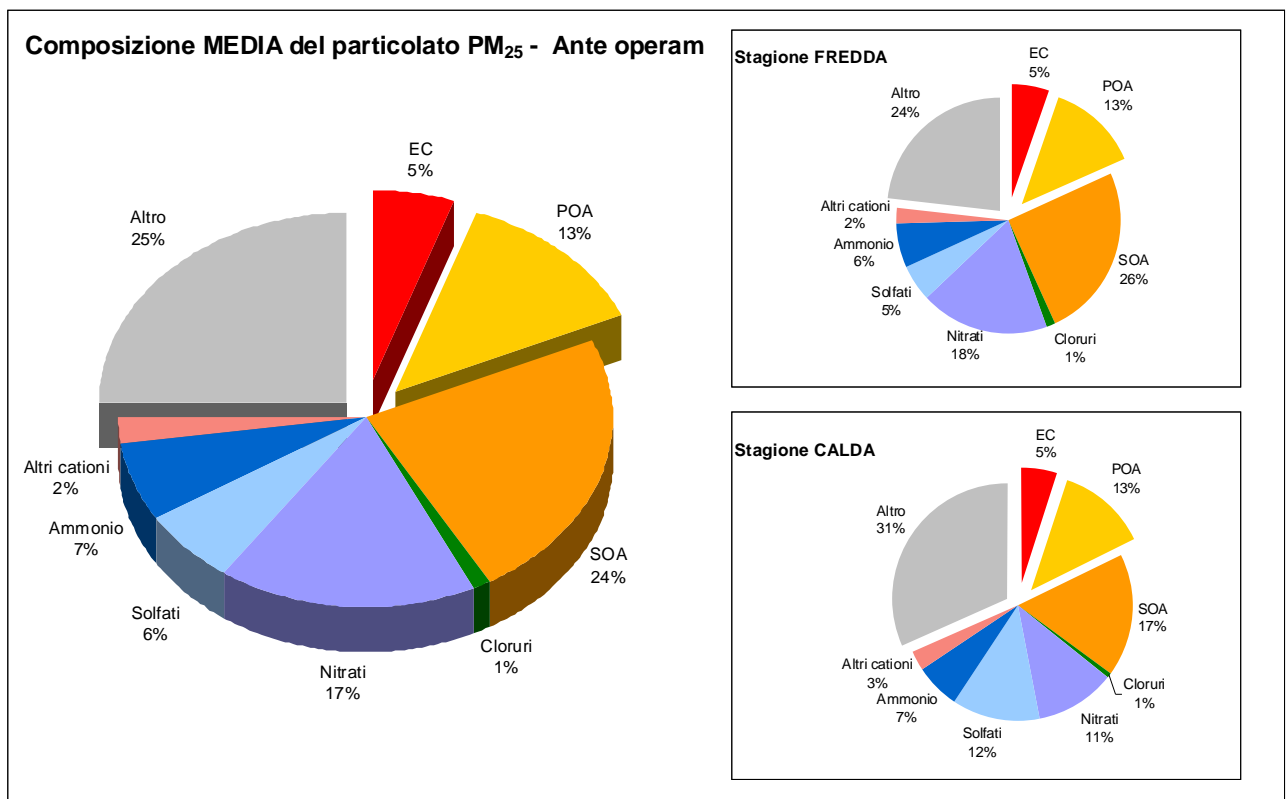


FIGURA 2: Composizione media del PM<sub>2,5</sub> nel sito di Savonera nel periodo ante operam.

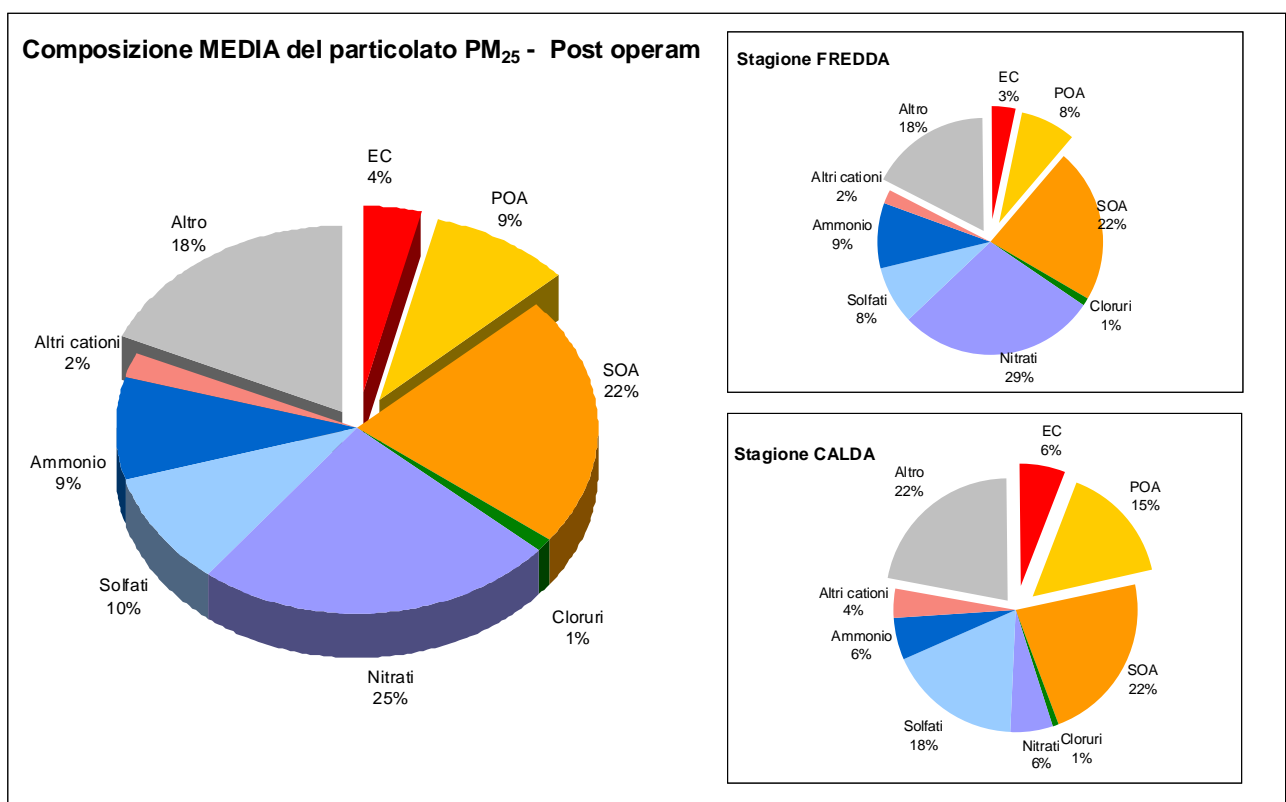


FIGURA 3: Composizione media del PM<sub>2,5</sub> nel sito di Savonera nel periodo post operam.

## VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DELLE PRINCIPALI SORGENTI EMISSIVE PRESENTI NELL'AREA DI COLLEGNO E VENARIA

La valutazione del contributo, in termini di concentrazioni in atmosfera, delle sorgenti emmissive più significative presenti nell'area circostante la centrale Torino Nord ha permesso di indagare quali fonti di inquinanti primari, in particolare ossidi di azoto e PM10, potrebbero essere oggetto di provvedimenti a scala locale ai fini di un miglioramento della qualità dell'aria. Lo strumento più idoneo per questo tipo di approfondimento è rappresentato da un sistema modellistico tridimensionale integrato, basato su modelli meteorologici di tipo diagnostico, su un processore per le emissioni e su un codice dispersivo lagrangiano a particelle; quest'ultimo permette di simulare la dispersione di inquinanti primari (considerati come poco o non reattivi) emessi da diverse tipologie di sorgenti, stimandone il contributo relativo.

Lo studio di dispersione è stato realizzato su un'area avente superficie pari a 14 x 14 km<sup>2</sup>, comprendente, fra gli altri, i comuni di Collegno e di Venaria e avente una risoluzione temporale oraria e spaziale di 250 metri. La meteorologia è stata ricostruita su un dominio più ampio rispetto a quello dispersivo, di 35 x 35 km<sup>2</sup> con risoluzione orizzontale di 500 metri, in modo tale da rappresentare al meglio le caratteristiche meteorologiche dell'area, tenendo conto anche dei rilievi orografici che, sebbene non interni al dominio di calcolo delle concentrazioni, ne possono influenzare l'anemologia e, quindi, la dispersione.

Nella fase preliminare dello studio sono state individuate le sorgenti più significative per l'area, in relazione agli inquinanti da simulare, attraverso un'analisi dei dati dell'Inventario Regionale delle Emissioni in Atmosfera (IREA). Considerando i comuni interni al dominio di calcolo delle concentrazioni, i comparti emissivi più rilevanti sono risultati essere per le emissioni diffuse il riscaldamento domestico e il trasporto su strada, che descrivono complessivamente circa l'85% delle emissioni di ossidi di azoto e il 96% di quelle di PM10 primari. Oltre a queste tipologie di categorie emmissive, sono stati simulati anche gli impianti presenti nel dominio e identificati nell'IREA come sorgenti puntuali, nonché la centrale termoelettrica "Torino Nord".

I criteri che hanno guidato l'individuazione del periodo di simulazione sono stati da un lato la necessità di rappresentare un episodio caratterizzato da condizioni meteorologiche sfavorevoli alla dispersione degli inquinanti in atmosfera e, dall'altro, la disponibilità di misure di qualità dell'aria nell'area di studio che permettessero di valutare i risultati della ricostruzione modellistica attraverso il confronto con i dati osservati. L'analisi delle serie temporali di dati di qualità dell'aria nell'area ha portato a selezionare il periodo dal 1° dicembre 2010 al 28 febbraio 2011, durante il quale si sono osservati alcuni episodi di accumulo delle concentrazioni di inquinanti in atmosfera e, contemporaneamente, è stata effettuata una delle campagne di misura nel punto di massima ricaduta della centrale termoelettrica per la valutazione dello stato ante operam.

La simulazione modellistica dispersiva necessita in ingresso di campi di vento e di temperatura tridimensionali su base oraria, ricostruiti con un modello di tipo diagnostico (basato sulla conservazione della massa, MINERVE<sup>10</sup>) a partire da informazioni al suolo e in quota, da dati orografici e di uso del suolo. Come dati al suolo sono stati analizzati quelli relativi alle stazioni appartenenti alla rete di monitoraggio meteoidrografica di Arpa presenti nel dominio di calcolo e come dati di input in quota sono state acquisite le analisi del modello ECMWF (European Center for Medium Range Weather Forecast). Per la ricostruzione dei campi di turbolenza, delle diffusività orizzontali e di quelle verticali si è utilizzato un pre-processore meteorologico diagnostico (SURFPRO3<sup>11</sup>), basato su metodi di bilancio energetico superficiale e sulla teoria di similarità di Monin-Obukhov, che utilizza in ingresso i campi meteorologici tridimensionali prodotti da MINERVE, un dataset di uso del suolo e i dati di radiazione solare di una stazione interna al dominio di calcolo. Nella FIGURA 4 sono illustrati i domini di calcolo e le stazioni meteorologiche al suolo selezionate per essere utilizzate ai fini della ricostruzione anemologica.

<sup>10</sup> ARIA Technologies (2001) MINERVE wind field model – General design manual – Version 7.0

<sup>11</sup> ARIANET (2011) SURFPRO3 User's guide (SURFACE-atmosphere interface PROCessor, Version 3)

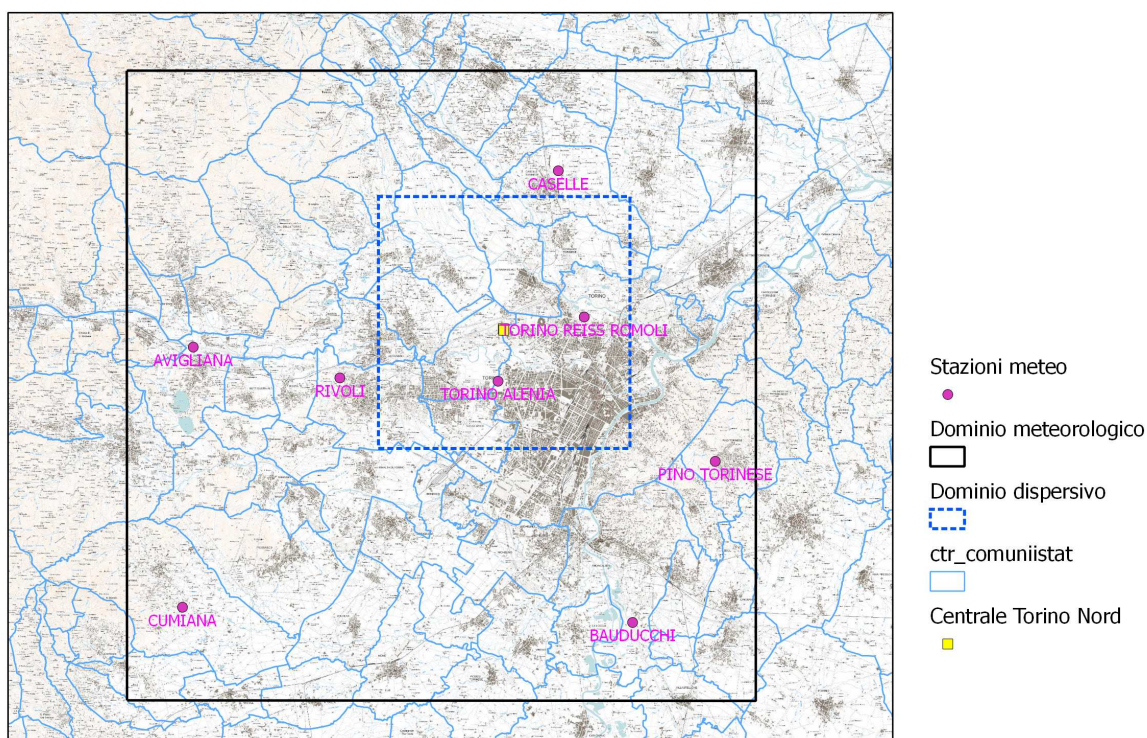


FIGURA 4: Domini di calcolo e stazioni al suolo utilizzate in ingresso al modello meteorologico

Le informazioni riguardanti le emissioni da riscaldamento domestico presenti nell'IREA e riferite ai territori comunali, sono state spazializzate dal modello per le emissioni (Emission Manager<sup>12</sup>) sul grigliato di calcolo della simulazione modellistica, sulla base dell'uso del suolo ed in particolare sulla classe che rappresenta le aree edificate, permettendo di attribuire le emissioni alle zone che ne sono effettivamente responsabili. Le emissioni sono quindi state distribuite temporalmente a partire da modulazioni ricavate dagli orari (tipici di ogni fascia climatica) di normale funzionamento degli impianti domestici di produzione di energia.

Per la descrizione delle emissioni da traffico sono stati utilizzati i flussi veicolari della società 5T forniti dalla Provincia di Torino ottenuti da stime modellistiche calcolate sul grafo stradale provinciale, basate sui passaggi veicolari presso un certo numero di spire presenti sul grafo stesso. Le emissioni lineari associate a ciascun arco sono state calcolate, applicando la metodologia CORINAIR/COPERT IV<sup>13</sup>, con un modello di stima delle emissioni da traffico (TREFIC<sup>14</sup>), a partire dalla composizione del parco circolante della provincia di Torino, dai dati di flusso veicolare, dalle velocità di percorrenza per ciascun arco del grafo stradale e da dati ambientali quali temperatura e piovosità. La ripartizione dei veicoli nelle quattro macrocategorie previste da TREFIC (automobili, veicoli commerciali leggeri, veicoli commerciali pesanti e motoveicoli) è stata effettuata sulle diverse tipologie di strade (strade urbane, strade extraurbane e autostrade) sulla base di dati statistici<sup>15</sup>. All'interno di ogni classe veicolare è stata poi effettuata una ripartizione in classi COPERT, che distinguono i veicoli sulla base di parametri quali standard emissivi, cilindrata ed alimentazione, a partire dal parco veicolare circolante. Non essendo disponibile, al momento della realizzazione del lavoro, il parco veicolare circolante nella Provincia di Torino aggiornato al 2010, lo si è stimato applicando al parco veicoli 2008 (fornito dal Settore Tributi della Regione Piemonte) i trend evolutivi al 2010 previsti da GAINS-Italy<sup>16</sup>.

<sup>12</sup> ARIA Technologies – ARIANET (2008) Emission Manager 2.0 – Processing system for model-ready emission input – User's guide

<sup>13</sup> <http://www.emisia.com/copert/General.html>

<sup>14</sup> ARIANET (2009) TREFIC (TRaffic Emission Factors Improved Calculation) – User's guide

<sup>15</sup> "Modellistica della qualità dell'aria nell'area metropolitana torinese (CIG 0418162631) – Relazione conclusiva" della Provincia di Torino [http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno\\_2011-11-30](http://www.provincia.torino.gov.it/ambiente/inquinamento/eventi/convegno_2011-11-30)

<sup>16</sup> Sistema modellistico che, integrato nel sistema MINNI, quantifica il potenziale ed i costi di riduzione delle emissioni dei gas ad effetto serra e dei principali inquinanti atmosferici (<http://www.minni.org/>)



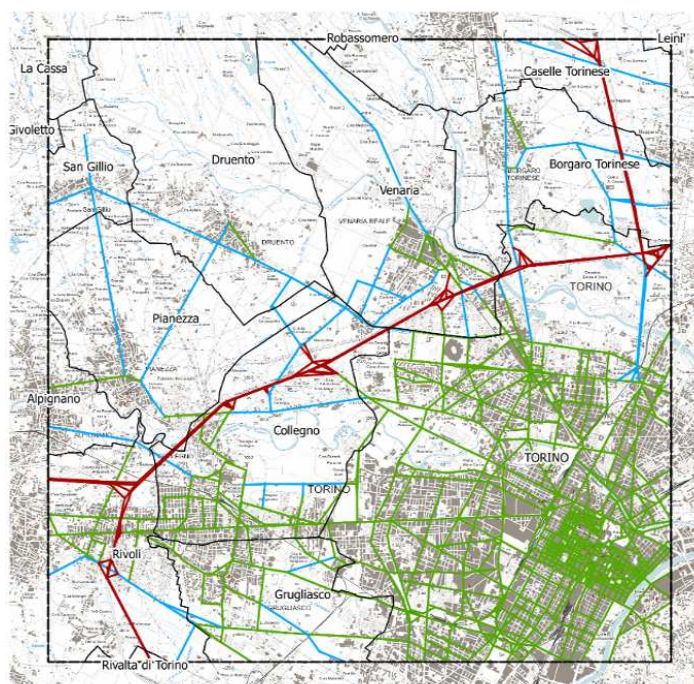


FIGURA 5: Grafo stradale utilizzato in TREFIC: strade urbane in verde, strade extraurbane in blu e autostrade in rosso

Il grafo stradale utilizzato nella modellazione (riportato in FIGURA 5), derivato da quello provinciale per intersezione con l'area di studio, è costituito da 1989 archi, di cui 1774 urbani, 105 extraurbani e 110 autostradali, a ciascuno dei quali sono associati valori orari per tutto il periodo di simulazione. Al fine di limitare il numero di informazioni orarie (flusso e velocità) che il modello di stima delle emissioni dovrebbe gestire per una simile quantità di tratti stradali, gli archi con andamento temporale del traffico simile sono stati raggruppati in gruppi o *cluster* caratterizzati da una modulazione temporale rappresentativa, preservando al tempo stesso la variabilità temporale e spaziale dei dati di traffico della società 5T e ottenendo così un numero limitato di modulazioni. Per gli archi stradali urbani ed extraurbani sono stati individuati 5 gruppi, ognuno dei quali è quindi caratterizzato da una modulazione temporale oraria che rappresenta il valore di traffico più probabile per gli archi appartenenti allo stesso gruppo e per la stessa ora. Per le modulazioni degli archi autostradali invece ci si è basati sulle informazioni rilevate come passaggi alle barriere di esazione di Bruere, Settimo, Falchera, Beinasco e Trofarello forniti da ATIVA S.p.A. relativamente al periodo di simulazione; anche in questo caso la *cluster analysis* ha permesso di raggruppare le barriere caratterizzate da modulazioni temporali del traffico, differenziato in veicoli pesanti e leggeri, fra di loro simili.

Nel caso degli impianti le cui emissioni sono state simulate come sorgenti puntuali, sono state utilizzate le informazioni emissive presenti nell'IREA, applicando modulazioni temporali caratteristiche delle categorie emissive di appartenenza. A parte è stata simulata la centrale termoelettrica "Torino Nord", non ancora attiva nel periodo di studio; nel trimestre esaminato era invece ancora in funzione la centrale IRIDE Le Vallette, presente fra le sorgenti puntuali di IREA e quindi modellizzata. Per quanto riguarda la centrale "Torino Nord" le emissioni sono state descritte a partire dalle informazioni derivanti dal Sistema di Monitoraggio in continuo delle Emissioni (SME) di cui è provvisto l'impianto; sulla base dei dati disponibili (maggio – dicembre 2012) sono state individuate – in ottica conservativa - le caratteristiche attribuite all'impianto per la modellizzazione, ovvero quelle relative al mese di dicembre 2012 che è risultato caratterizzato dalle emissioni più significative.

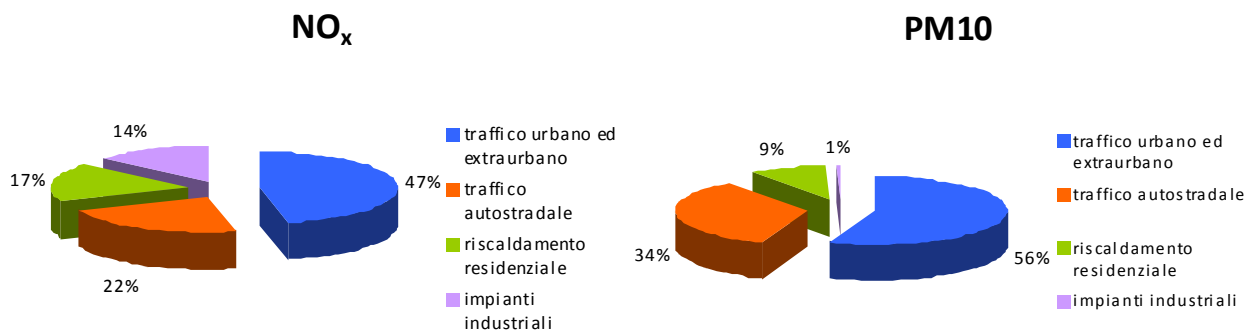


FIGURA 6: ripartizione delle emissioni nei comparti considerati nelle simulazioni modellistiche

Un quadro d'insieme delle pressioni sull'area di studio associate al traffico (autostradale, urbano ed extraurbano), al riscaldamento civile e agli impianti industriali (ad eccezione delle centrale termoelettrica "Torino Nord") è riportato nella FIGURA 6 che illustra le ripartizioni percentuali dei contributi per NO<sub>x</sub> e PM10 da parte dei diversi comparti emissivi. Per entrambi gli inquinanti il contributo più significativo risulta essere quello associato al traffico urbano ed extraurbano, seguito dal traffico autostradale. Per gli ossidi di azoto, riscaldamento civile e sorgenti industriali contribuiscono in modo confrontabile, mentre decisamente modesto è il contributo al particolato PM10 primario da parte delle sorgenti puntuali simulate.

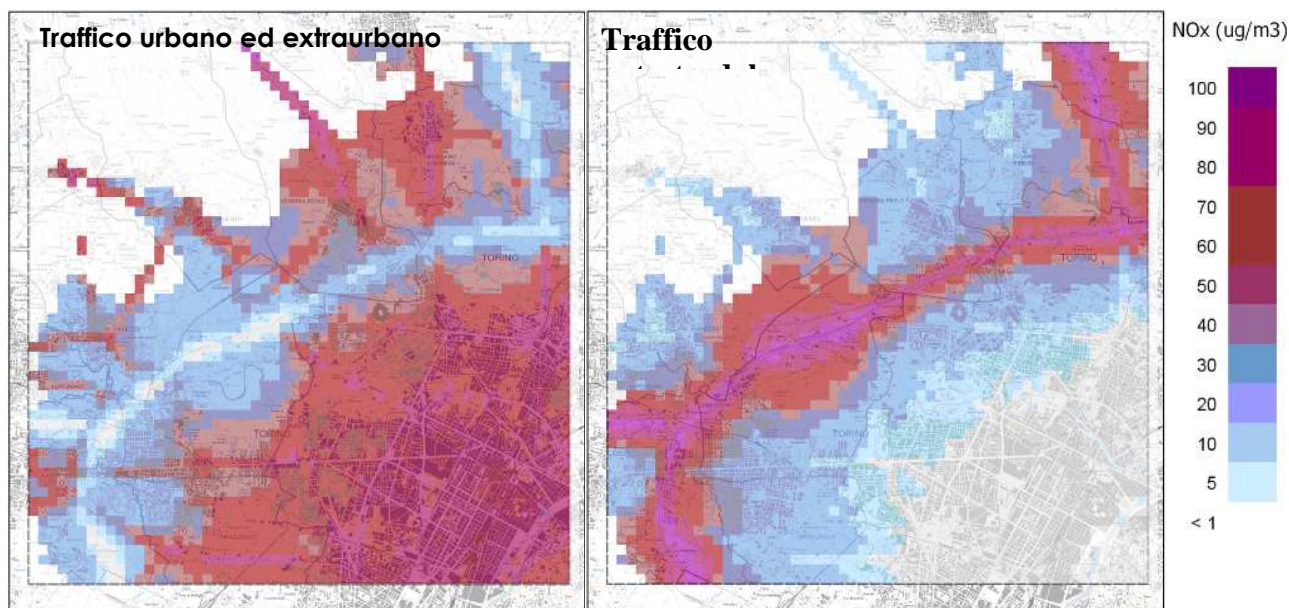


FIGURA 7: Contributo percentuale alle concentrazioni medie di NO<sub>x</sub> sul periodo di simulazione dovuto al traffico

A seguito delle simulazioni dispersive (condotte con il modello SPRAY<sup>17</sup>) sono state calcolate le mappe di concentrazione per i due inquinanti e per i diversi contributi emissivi, nonché le mappe che descrivono il contributo percentuale delle tipologie di sorgenti considerate rispetto alla loro sommatoria. Il contributo più significativo in termini di concentrazioni atmosferiche è sicuramente dovuto al traffico, in particolare quello sulla tangenziale torinese nelle aree ad essa limitrofe, sia per quanto riguarda gli ossidi di azoto sia per il particolato PM10. Nella FIGURA 7 sono riportati i contributi percentuali alla media sul periodo degli NO<sub>x</sub> per il comparto traffico, suddiviso in urbano ed extraurbano e autostradale. E' stato quindi valutato il contributo percentuale dei diversi comparti

<sup>17</sup> Tinarelli G. (2007) SPRAY3.1 – General description and User's Guide. ARIANET R2007.08

presso il sito di monitoraggio di frazione Savonera a Collegno, riportato in FIGURA 8 per i due inquinanti primari simulati, confermando che in quest'area le criticità maggiori sono attribuibili al traffico veicolare.

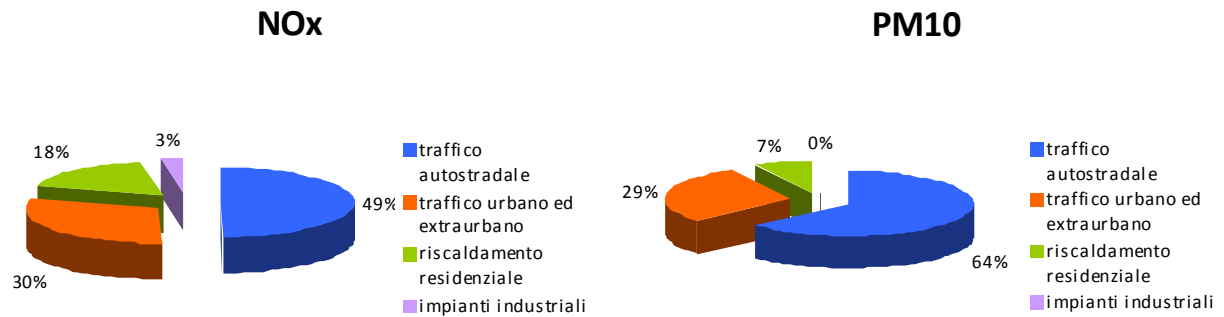


FIGURA 8: Contributo percentuale delle diverse sorgenti emissive alle concentrazioni simulate di NO<sub>x</sub> e PM10 primario presso il sito di monitoraggio in frazione Savonera a Collegno.

Di particolare interesse, per l'area oggetto di studio, sono le ricadute degli ossidi di azoto associate all'entrata in funzione della centrale termoelettrica "Torino Nord" (non sono previste emissioni di particolato PM10, almeno come inquinante primario). Le concentrazioni medie sul periodo e massime orarie stimate sono piuttosto modeste e inferiori a quelle originate dalla centrale IRIDE Le Vallette, che il nuovo impianto è andato a sostituire. In FIGURA 9 sono riportate le concentrazioni medie sul periodo per la centrale termoelettrica "Torino Nord" e la differenza fra le concentrazioni medie fra la nuova centrale e quella di IRIDE; si osserva che l'avvio del nuovo impianto, almeno in termini di impatto medio dovuto agli ossidi di azoto, prevede una situazione migliorativa rispetto alla precedente.

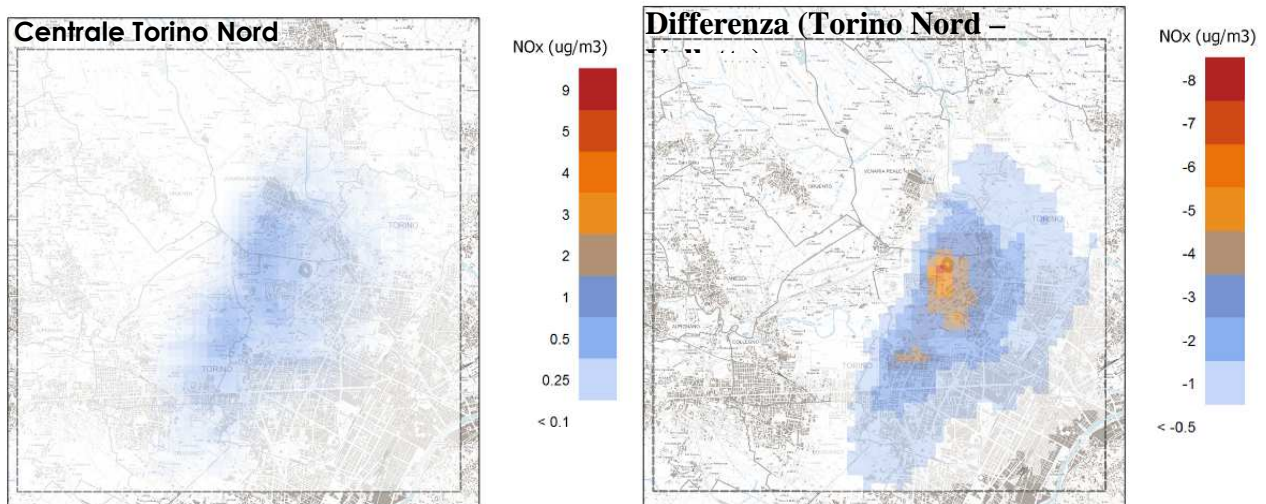


FIGURA 9: Concentrazioni medie di NO<sub>x</sub>: contributo della Centrale termoelettrica Torino Nord e differenza fra i contributi della centrale Torino Nord e Le Vallette

## CONCLUSIONI

L'utilizzo integrato di misure in campo, analisi di composizione del PM2.5 e modellistica meteodispersiva ha permesso di quantificare l'importanza relativa delle diverse sorgenti locali di inquinamento atmosferico nell'area considerata e di fornire quindi indicazioni di dettaglio per le politiche di risanamento. Nel complesso non sono emersi, a livello né di medie giornaliere né di medie annuali, elementi che evidenzino una variazione significativa della qualità dell'aria nel sito di massima ricaduta dopo l'entrata in funzione dell'impianto considerato. L'analisi della composizione del PM2.5 mostra come le azioni di risanamento a scala locale possano nella migliore delle ipotesi incidere su un 30-40% della concentrazione totale di questo inquinante.

I risultati delle simulazioni modellistiche evidenziano che le concentrazioni di ossidi di azoto e di particolato PM10 di origine primaria stimati a Savonera nel periodo descritto sono attribuibili prevalentemente al traffico sui grandi assi viari (principalmente la tangenziale di Torino) con percentuali che vanno dal 49% per gli NO<sub>x</sub> al 64% per il PM10; il traffico sulle arterie urbane ed extraurbane contribuisce a circa il 30% delle concentrazioni di entrambi gli inquinanti, mentre il riscaldamento civile è responsabile del 18% degli ossidi di azoto e il 7% del PM10. Il contributo del nuovo impianto per ossidi di azoto risulta molto modesto anche ipotizzando condizioni di emissione a camino conservative.