



Sorveglianza sulla salute della  
Popolazione nei pressi del  
Termovalorizzatore di  
Torino



## Programma SPoTT

# MONITORAGGIO EPIDEMIOLOGICO DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE DELL'INCENERITORE DI TORINO

## Report n° 6

### EFFETTI A BREVE TERMINE

Dip.to Epidemiologia e Salute Ambientale, Arpa Piemonte

Settembre 2017

Rapporto a cura di

Ennio Cadum<sup>1</sup>  
Moreno Demaria<sup>1</sup>  
Martina Gandini<sup>2</sup>  
Barbara Lorusso<sup>1</sup>  
Maria Rowinski<sup>1</sup>  
Antonella Bena<sup>3</sup>  
Manuela Oreggia<sup>3</sup>

- 1) Dipartimento Tematico di Epidemiologia e Salute Ambientale – ARPA Piemonte
- 2) Dipartimento di Scienze Cliniche e Biologiche - Università di Torino “San Luigi Gonzaga”
- 3) Struttura Complessa a Direzione Universitaria Servizio Sovrazonale di Epidemiologia - ASL TO3

# INDICE

<b>Sintesi del sesto rapporto di studio.....</b>	<b>3</b>
<b>1. Premessa.....</b>	<b>4</b>
1.1. L'impianto.....	7
1.2. Autorizzazioni per la privacy del programma SPoTT .....	8
1.3. Razionale dello studio e obiettivi del report .....	8
<b>2. Materiali e metodi.....</b>	<b>11</b>
2.1 Disegno dello studio.....	11
2.2 Area in studio .....	11
2.3 Periodi in studio .....	14
2.4. Popolazione in studio: selezione dei soggetti ed assegnazione dell'esposizione.....	15
2.5 Cause in studio .....	18
2.6 Misura dell'esposizione: monitoraggio delle emissioni e centraline .....	19
2.7 Esiti sanitari.....	29
2.8 Metodi statistici utilizzati.....	39
<b>3. Risultati.....</b>	<b>44</b>
3.1. Analisi 1. Tassi di accesso al pronto soccorso pre e post accensione dell'impianto, nella popolazione esposta e in quella non esposta (approccio Difference in differences) .....	44
3.2 Analisi 2. Accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino.....	49
3.3. Analisi 3. Risultati approccio case – crossover nella popolazione esposta e non esposta, prima e dopo l'accensione dell'impianto .....	54
<b>4. Discussione .....</b>	<b>68</b>
4.1. Analisi dei tassi di accesso al pronto soccorso pre e post accensione dell'impianto, nella popolazione esposta e in quella non esposta: Analisi 1 ( <i>Difference in differences</i> ) .....	68
4.2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino: Analisi 2 .....	69
4.3 Analisi di serie temporali: Analisi 3 .....	69
4.4 Limiti dello studio.....	72
<b>5. Conclusioni.....</b>	<b>74</b>
<b>6. Bibliografia.....</b>	<b>76</b>

# Sintesi del rapporto

Obiettivo dello studio era ottenere una stima dell'andamento del rischio a breve termine nei soggetti potenzialmente più interessati dall'esposizione ad una sorgente puntiforme individuata nell'impianto di termovalbrizzazione di rifiuti di Torino.

Data la novità del tipo di studio effettuato sono stati condotti 3 approcci per la valutazione degli effetti sulla popolazione.

1. L'approccio *Difference in differences*. Consiste in un confronto nel tempo dei tassi standardizzati per età di accesso al Pronto Soccorso in una coorte di popolazione, suddivisa tra residenti nell'area di massima ricaduta e residenti in un'area di controllo: il confronto è stato effettuato tra il periodo prima e quello dopo l'avvio dell'impianto. Le analisi evidenziano una maggiore propensione della popolazione residente nella cintura metropolitana di Torino ad accedere alle strutture ospedaliere. Nel periodo successivo all'accensione dell'impianto si è registrato un maggior accesso al pronto soccorso di questo sottogruppo, indipendentemente dalla residenza o meno nell'area di ricaduta delle deposizioni secche dei metalli utilizzata come definizione operativa dell'esposizione. Dalle analisi effettuate tale maggior accesso sembra attribuibile ad un invecchiamento della coorte in studio, già in partenza con età media più alta tra gli esposti.

2. Il secondo approccio ha indagato la relazione tra l'andamento dei picchi emissivi rilevati a camino e l'andamento degli outcome sanitari più sensibili, ovvero gli accessi al PS nella popolazione residente nell'area di massima ricaduta. Sono stati considerati gli accessi al pronto soccorso nel giorno stesso o nei giorni successivi a picchi di emissioni a camino (in genere in un intervallo compreso tra 0 e 5 giorni, ma con alcuni focus sul giorno stesso o sul giorno immediatamente successivo alle emissioni). Solo in pochissimi casi si è evidenziato un valore anomalo di accessi al pronto soccorso; la sporadicità di tali superamenti (presenti anche in altri periodi non di picco emissivo) depone per eventi casuali, senza una correlazione sistematica con tali episodi di picco.

3. Il terzo approccio ha indagato la presenza di variazioni significative negli accessi al Pronto Soccorso e nelle schede di dimissione ospedaliere (SDO) prima e dopo l'avvio dell'impianto, tra due periodi di pari durata, nella popolazione residente nell'area di maggiore ricaduta e in un'area di controllo, con analisi di serie temporali. Sono stati confrontati in particolare i rischi tra le popolazioni residenti nelle due aree, in relazione all'andamento

quotidiano delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>. Un'appendice a tale analisi ha previsto il confronto diretto tra le variazioni giornaliere di emissioni a camino (SME) e gli andamenti giornalieri degli accessi in PS. Tale terzo approccio ha messo in luce incrementi non significativi del rischio a breve termine di accesso al Pronto Soccorso sia per cause cardio-respiratorie sia per cause esterne, per esposizioni a NO<sub>2</sub> misurato presso le stazioni rappresentative della popolazione residente nei comuni della cintura metropolitana. Tali incrementi sono paragonabili a quelli registrati nella popolazione non esposta. Poco probabile appare quindi un effetto del solo impianto di incenerimento dei rifiuti. Anche l'analisi delle variazioni giornaliere di emissioni a camino (SME) (per quanto sperimentale ed estremo da un punto di vista di esposizione) non presenta risultati statisticamente significativi.

I tre approcci considerati, inizialmente non previsti dal protocollo, sono stati condotti con l'intento di interpretare in modo articolato e complessivo i risultati, che in alcune analisi, per limiti di potenza, sono risultati incerti. Tutte le analisi effettuate sostanzialmente non evidenziano effetti rilevanti a breve termine né delle concentrazioni né delle emissioni, né sugli accessi al pronto soccorso né sui ricoveri per cause cardiorespiratorie.

# 1. PREMESSA

Le prescrizioni in campo ambientale e sanitario rivolte al costruttore dell'impianto di termovalorizzazione sono disciplinate nell'Allegato A dell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA) conseguente alla Delibera Provinciale di approvazione della costruzione dell'Inceneritore di Torino (Delibera n° 1317-433230 del 21.6.2006). In particolare, l'AIA riporta che "Dovrà essere definito un piano di sorveglianza sanitaria e di conoscenza della variazione dello stato di salute della popolazione residente, le cui modalità dovranno essere concordate con Arpa".

Il programma denominato *Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino* (SPoTT) assolve questa prescrizione ed ha come obiettivo generale quello di valutare i potenziali effetti avversi dell'inquinamento ambientale sulla salute della popolazione che vive nelle aree circostanti il termovalorizzatore di Torino.

Il Servizio Sovrazonale di Epidemiologia dell'ASL TO3 (SEPI), rappresentato dalla dott.ssa Antonella Bena, è il coordinatore delle attività di SPoTT. Per lo svolgimento delle attività di SPoTT è stato costituito un Gruppo di Lavoro che comprende rappresentanti tecnici di tutti gli enti partecipanti. Il protocollo di studio del piano di sorveglianza sanitaria che dettaglia questa attività è stato predisposto e concordato con ARPA, Provincia di Torino, ASL TO3, ASL TO1, Istituto Superiore di Sanità e in seguito approvato dalla Giunta Provinciale di Torino il 23.4.2013. Un Comitato Tecnico Scientifico (CTS), inoltre, è stato costituito con la funzione di garante delle metodologie e della pianificazione delle attività progettuali così come quella della validazione dei relativi risultati.

Il Comitato Locale di Controllo (CLdC) è composto dal Sindaco della Città Metropolitana di Torino o suo delegato e dai Sindaci dei Comuni di Beinasco, Grugliasco, Orbassano, Rivoli, Rivalta e Torino, o loro delegati. Il CLdC segue ed esamina l'attività di gestione dell'Impianto condotta dalla Società Trattamento Rifiuti Metropolitan (TRM) con lo scopo di garantire la corretta e trasparente informazione agli amministratori locali, la corretta e trasparente informazione ai cittadini, di svolgere attività di coordinamento dei controlli effettuati dagli enti e dagli organismi preposti dalla legge, dandone opportuna informazione. In particolare, il CLdC supervisiona affinché, per ogni evento di superamento, ARPA esegua il controllo dei dati emissivi e di processo in relazione alle cause dichiarate da TRM e richieda approfondimenti tecnici per lo studio di possibili soluzioni. Le violazioni vengono raggruppate in notizie di reato e notificate in procura dal 2014: ad oggi ne sono state trasmesse 9.

SPoTT è organizzato in diverse linee progettuali che riguardano sia la popolazione residente sia i lavoratori dell'impianto di incenerimento; ognuna di esse è affidata, per competenza, a diversi specialisti che compongono il Gruppo di Lavoro:

**1) Monitoraggio epidemiologico degli effetti sulla salute dell'inceneritore di Torino - effetti a breve termine**

Oggetto: Studio epidemiologico descrittivo dello stato di salute della popolazione residente nei comuni interessati all'area di ricaduta dell'inceneritore.

Responsabile: Ennio Cadum, Dip.to di Epidemiologia e salute Ambientale, Arpa Piemonte.

**2) Sorveglianza epidemiologica degli effetti sulla salute dell'inceneritore di Torino - effetti a lungo termine**

Oggetto: Studio epidemiologico descrittivo dello stato di salute della popolazione residente nei comuni interessati all'area di ricaduta dell'inceneritore.

Responsabile: Ennio Cadum, Dip.to di Epidemiologia e salute Ambientale, Arpa Piemonte.

**3) Monitoraggio tossicologico mediante misura di biomarker di esposizione**

Oggetto: Indagini epidemiologiche di Biomonitoraggio Umano in fase ante e post operam, con esecuzione prelievi di campioni biologici prima dell'entrata in funzione dell'inceneritore (tempo T0), a distanza di 1 anno dall'avvio (tempo T1) e successivamente a 3 anni (tempo T2). Misura ex ante ed ex post di biomarkers di interesse tossicologico su un campione di popolazione (392 soggetti) residente nell'area di ricaduta delle emissioni.

Responsabili: Enrico Procopio, ASL TO3, Dip.to di Prevenzione; Giuseppe Salamina, ASL TO1, Dip.to di Prevenzione; Ennio Cadum, SC Dip.to di Epidemiologia e salute Ambientale di ARPA Piemonte; A. Alimonti e E. De Felip, Istituto Superiore di Sanità.

**4) Monitoraggio della salute dei lavoratori addetti all'impianto di termovalorizzazione del Gerbido**

Oggetto:

- Monitoraggio coorte lavoratori: raccolta e aggiornamento periodico di informazioni anagrafiche, lavorative e di salute (infortuni e malattie professionali) degli addetti al

termovalbrizzatore.

- Sorveglianza sanitaria dei lavoratori: raccolta e aggiornamento periodico degli accertamenti anamnestici, clinici e biologici condotti dal medico competente nell'ambito della sorveglianza sanitaria.
- Monitoraggio dei biomarker di esposizione (stesso disegno e stessi marker dello studio campionario di popolazione).

Responsabili: dott.ssa Antonella Bena, S.C.aD.U. Servizio Sovrazonale di Epidemiologia, ASL T03; A. Alimonti e E. De Felip, Istituto Superiore di Sanità.

## **5) Comunicazione dei risultati e rapporti con la popolazione**

Oggetto: informare la cittadinanza sulle attività del progetto; facilitare la realizzazione delle attività del progetto; comunicare i risultati e le raccomandazioni finali.

Responsabile: dott.ssa Antonella Bena, S.C.D.U. Servizio Sovrazonale di Epidemiologia, ASL T03

### **1.1. L'impianto**

Costruito tra il 2010 e il 2013 in località Gerbido, il termovalbrizzatore di Torino è un impianto che incenerisce rifiuti urbani a valle della raccolta differenziata e rifiuti speciali assimilabili agli urbani, trasformando il calore prodotto dalla combustione, in energia elettrica e termica. Attualmente l'impianto riceve rifiuti da tutta la Città Metropolitana di Torino. A seguito dell'Autorizzazione della Città Metropolitana di Torino (ex Provincia di Torino), a far data dai primi mesi del 2015, ai sensi dell'art. 35 della L. 164/2014 c.d. Sblocca Italia, vengono conferite un totale massimo di 490.000 t/anno, in precedenza in quantità di 421.000 t/anno.

L'impianto si compone di un forno a griglia mobile a valle di tre linee gemelle ed indipendenti di conferimento rifiuti, con le uniche sezioni comuni relative allo stoccaggio/alimentazione ed alla conversione energetica (turbina e generatore). Esso dispone, di un sistema di monitoraggio indipendente delle emissioni, effettuato in remoto da ARPA Piemonte.

L'impianto è entrato formalmente in attività a pieno regime il 1.5.2014, dopo una fase di test e collaudo prestazionale durata circa un anno. Nell'anno solare 2016 ha bruciato complessivamente circa 439.000 t di rifiuti.

## **1.2. Autorizzazioni per la privacy del programma SPoTT**

Conformemente a quanto richiesto dalla Legge, al fine di tutelare i diritti, la sicurezza e il benessere delle persone coinvolte e di fornire pubblica garanzia di tale tutela, SPoTT è stato valutato e approvato dal Comitato Etico dell'AOU San Luigi Gonzaga di Orbassano.

Le attività epidemiologiche sono svolte anche ai sensi della seguente normativa vigente:

- Autorizzazione generale del Garante n. 2/2014, dell'11.12.2014 (Autorizzazione al trattamento dei dati idonei a rivelare lo stato di salute e la vita sessuale) (14A09912), pubblicata in GU n.301 del 30.12.2014).
- Autorizzazione generale del Garante n. 9/2014, dell'11.12.2014 (Autorizzazione generale al trattamento dei dati personali effettuato per scopi di ricerca scientifica). (14A09919), pubblicata in GU n.301 del 30.12.2014.

## **1.3. Razionale dello studio e obiettivi del report**

Per valutazione degli effetti a breve termine si intende in generale la valutazione degli andamenti giornalieri di eventi sanitari di interesse, in relazione all'andamento delle concentrazioni giornaliere degli inquinanti atmosferici in una popolazione e un'area predefiniti. Le analisi descritte in questo report hanno come obiettivo il riconoscimento di eventuali effetti precoci legati alle emissioni dell'impianto, misurati come maggiore propensione all'accesso al Pronto Soccorso (PS) e/o al ricovero ospedaliero (SDO).

Ad oggi non esistono in letteratura studi specifici sugli effetti a breve termine nella popolazione residente intorno ad inceneritori di rifiuti solidi urbani. Tuttavia, uno dei maggiori timori della popolazione riguarda proprio l'effetto immediato sulla salute, anche in termini di potenziale aggravamento di patologie esistenti, delle emissioni a camino a causa della loro capacità di determinare un peggioramento della qualità dell'aria. Al fine di ottenere una visione



più ampia del fenomeno in studio e ampliando il protocollo iniziale presentato e approvato dagli enti sottoscrittori, sono stati disegnati tre differenti approfondimenti che rispondono a tre diversi obiettivi specifici.

1. L'approccio *Difference in differences*, suggerito dal Comitato Tecnico Scientifico, consiste in un confronto nel tempo dei tassi standardizzati per età di accesso al PS in una coorte di popolazione, suddivisa tra residenti nell'area di massima ricaduta e residenti in un'area di controllo: il confronto è stato effettuato tra il periodo prima e quello dopo l'avvio dell'impianto.

2. Il secondo approccio indaga la relazione tra l'andamento dei picchi emissivi rilevati a camino e l'andamento degli outcome sanitari più sensibili, ovvero gli accessi al PS nella popolazione residente nell'area di massima ricaduta. Sono stati considerati gli accessi al pronto soccorso nel giorno stesso o nei giorni successivi a picchi di emissioni a camino (in genere in un intervallo compreso tra 0 e 5 giorni, ma con alcuni focus sul giorno stesso o sul giorno immediatamente successivo alle emissioni).

3. Il terzo approccio indaga la presenza di variazioni significative negli accessi al PS e nelle SDO prima e dopo l'avvio dell'impianto, tra due periodi di pari durata, nella popolazione residente nell'area di maggiore ricaduta e in un'area di controllo. Sono stati confrontati i rischi tra le popolazioni residenti nelle due aree, in relazione all'andamento quotidiano delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, individuate come tracciante della frazione più fine di particolato (Chiusolo, 2011). Un'appendice a tale analisi ha previsto il confronto diretto tra le variazioni giornaliere di emissioni a camino (SME) e gli andamenti giornalieri degli accessi in PS.

La metodologia utilizzata per lo studio degli effetti a breve termine è stata mutuata da quella utilizzata per lo studio sugli effetti dell'inquinamento atmosferico sviluppati all'interno di attività progettuali finanziate nel precedente decennio, tra cui in particolare i progetti nazionali MISA (Biggeri, 2001) e MISA2 (Biggeri, 2004), ed il progetto EpiAir (EpiAir1, 2006-2009, EpiAir2, 2010-2013) (Berti, 2009 - Cadum 2013, [www.epiAir.it](http://www.epiAir.it)), quest'ultimo finanziato dal Centro nazionale per la prevenzione e il controllo delle malattie (CCM) del Ministero della salute. Lo studio EpiAir1, che ha analizzato i rischi legati agli effetti a breve termine nel periodo 2000-2005, era stato coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia della Regione Lazio, aveva coinvolto 10 città italiane, aveva definito metodi ed approcci innovativi applicando estesamente la metodologia case-crossover (Stafoggia, 2009). Il progetto EpiAir2, che ha visto l'avvio nel mese di aprile 2010, è stato coordinato dall'Arpa Piemonte in qualità di ente capogruppo di

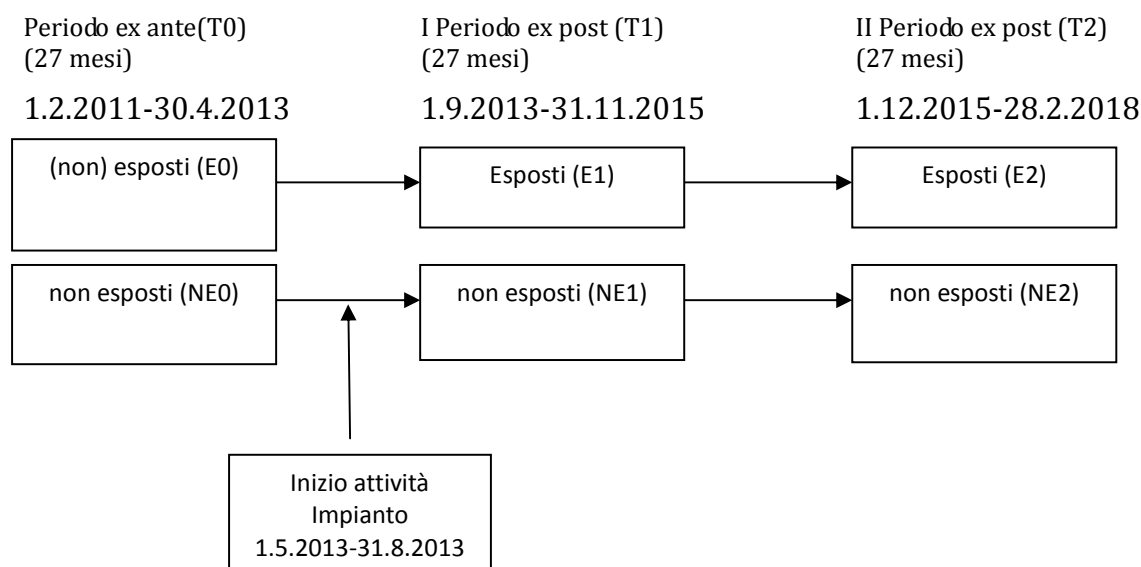
altre 21 Unità Operative, ha coinvolto 25 città italiane, ha analizzato i dati 2006-2010, utilizzando la stessa metodologia del progetto precedente, di cui va considerato un tutt'uno, fornendo in questa seconda analisi anche una stima di impatto in termini di eventi attribuibili in ogni singola città (Baccini, 2013).

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Disegno dello studio

Con questo report si vuole provare a rispondere sia alla domanda “sono cambiati i tassi di accessi al pronto soccorso dopo l’avvio dell’impianto?” sia alla domanda “ad un aumento nei valori di emissioni corrisponde un eccesso negli accessi al pronto soccorso e nei ricoveri nei giorni successivi?”. Per quanto riguarda la seconda domanda come “giorni successivi” ci si è basati sull’applicazione del LAG<sup>1</sup> che introduce il concetto del ritardo nell’effetto; la misurazione prende in considerazione il giorno dell’evento, ovvero il “giorno 0”, e i successivi cinque giorni (lag 0-5). La scelta di utilizzare questo approccio è dettata dalla necessità di garantire la confrontabilità dei risultati, tenendo conto che i lag 0-5 sono quelli che forniscono stime più robuste e affidabili, secondo i dati di letteratura (Stafoggia, 2009). Nel terzo approccio è stato effettuato anche un approfondimento a lag 0-1, per studiare se vi sia una correlazione tra ciò che viene registrato a camino in un determinato giorno ed i ricoveri in pronto soccorso il giorno stesso ed il giorno successivo.

Fig. 2.1 Disegno dello studio di sorveglianza per periodo di calendario ed esposizione



### 2.2 Area in studio

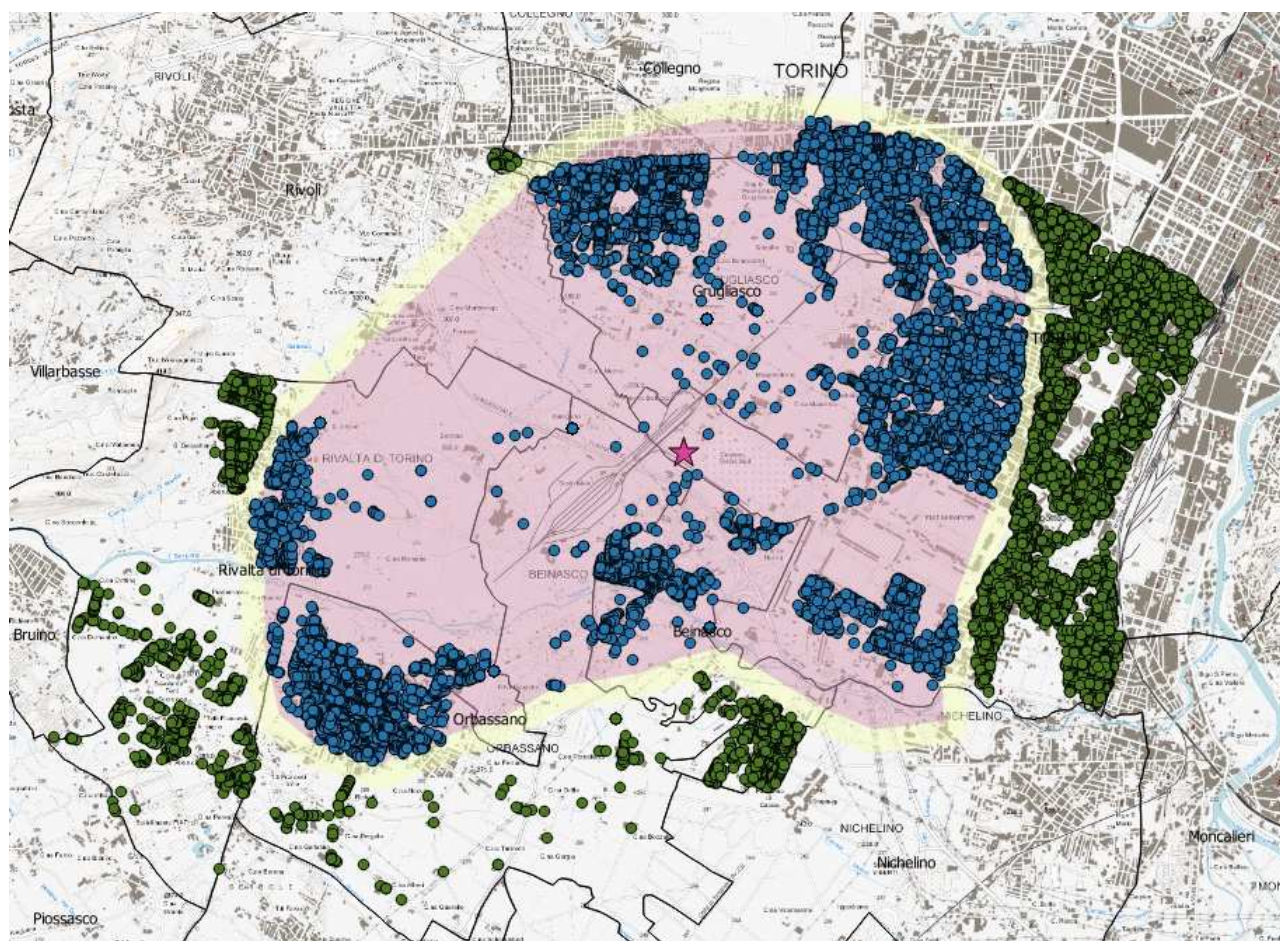
Lo studio complessivo del progetto di sorveglianza comprende le aree abitate dei comuni di Torino, Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano. La scelta dell’areale di studio è

<sup>1</sup> Con il termine LAG si indica il tempo trascorso tra l’esposizione e l’evento

stata fatta in relazione all'area di ricaduta previsionale degli inquinanti ed è rappresentato in Fig. 2.1.

Tale area è definita sulla base di una soglia di concentrazione relativa al contributo aggiuntivo medio annuo di metalli pesanti generati dall'impianto e previsto da modello di dispersione. L'area di colore rosa, con ricaduta potenzialmente superiore a  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^3/\text{anno}$  di metalli pesanti (deposizioni secche), utilizzata in tutti gli studi finora condotti come area a maggiore esposizione, sarà oggetto, per garantire il massimo confronto, anche del presente studio sugli effetti a breve termine.

**Fig. 2.1 Area previsionale di ricaduta delle emissioni utilizzata per la definizione dell'esposizione. Indicatore: Metalli pesanti totali, deposizioni secche. I pallini indicano le residenze della popolazione in studio**



**Legenda**

- ★ Impianto TRM
- popolazione esposta
- popolazione non esposta
- area di ricaduta
- buffer 300m

L'area è stata selezionata all'inizio dello studio principale sulla base di modelli di diffusione dei metalli pesanti, prodotti dal Dipartimento Sistemi Previsionali di ARPA Piemonte nel

periodo precedente la costruzione dell'impianto (2005, o modello previsionale ex ante). Si tratta cioè di un modello che stima la massima ricaduta possibile di un impianto che lavori rispettando i parametri emissivi autorizzati, indipendentemente dalle emissioni reali prodotte nel ciclo di funzionamento. La modellistica utilizzata è stata prodotta con un modello lagrangiano a particelle, che tiene conto anche delle reazioni chimiche che intercorrono nello spazio tridimensionale considerato, oltre che delle variabili emissive autorizzate e della meteorologia media degli ultimi anni e che rappresenta oggi la modellistica più avanzata tra quelle disponibili in questo campo.

Come discriminare tra esposti e non esposti è stata scelta una soglia pari ad un valore di  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^3$  di metalli pesanti come media annua del contributo aggiuntivo generato dall'inceneritore. La soglia di  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^3$  è stata scelta in quanto corrispondente al valore più basso delle classi presenti nel modello di ricaduta utilizzato. L'area di ricaduta dei metalli pesanti è ritenuta tracciante degli effetti anche di altri inquinanti, quali diossine e IPA, dato che il loro modello di ricaduta è sovrapponibile a quello dei metalli pesanti. Le aree in studio sono definite come "area esposti" e "area non esposti", considerando il contributo medio annuo dell'impianto.

1) area esposti: area con concentrazione di metalli pesanti superiore a  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , indipendente dai confini amministrativi comunali.

2) area non esposti: area con concentrazione di metalli inferiore a  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , (vedi fig. 2.1) anch'essa indipendente dai confini amministrativi comunali; comprende la popolazione di Torino e di 4 comuni della cintura metropolitana (Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano), prossima all'area di esposizione, in un areale limitato a Torino dall'asse corso Peschiera-Via Giordano Bruno (Quartieri Nizza Millefonti e Mirafiori). Alcune analisi considerano separatamente il confronto con il gruppo di popolazione non esposta dei quattro comuni della cintura metropolitana.

E' stata selezionata inoltre una fascia di interposizione neutra di circa 300 m (in giallo in Fig. 2.1): la popolazione residente in quest'area non è stata considerata in analisi.

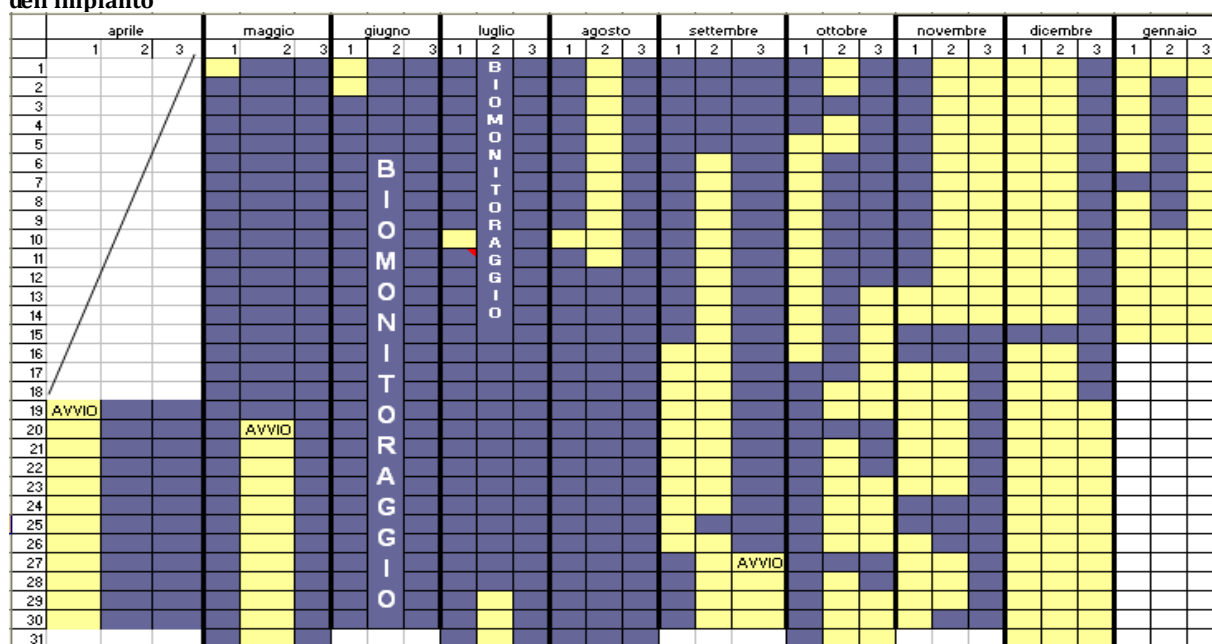
Le centraline considerate per valutare l'esposizione giornaliera dei gruppi descritti sono quelle di Beinasco (Aldo Mei e Aleramo), di Orbassano (Gozzano) e di Torino (Lingotto e Rubino). Si veda il paragrafo 2.6 per gli approfondimenti.

Come indicatore di esposizione agli inquinanti è stato selezionato l'NO<sub>2</sub>, inquinante gassoso, comunemente misurato in quasi tutte le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria. NO<sub>2</sub> è stato scelto in quanto è l'unico inquinante monitorato dalla centralina posta nell'areale dell'impianto con disponibilità di dati giornalieri per tutto il periodo in studio considerato, sia prima sia dopo l'accensione dell'impianto. I dati giornalieri di PM<sub>10</sub> non erano disponibili per le centraline di esposizione e di non esposizione, nel periodo ex ante e pertanto i relativi dati sono stati utilizzati solo per una misura comparativa degli effetti nel secondo periodo (dati non presentati).

## 2.3 Periodi in studio

I periodi in studio sono stati selezionati sulla base dei periodi di funzionamento dell'impianto, della stagionalità e della disponibilità di dati di *outcome* sanitari affidabili. Per definire correttamente il periodo pre-accensione distintamente dal periodo post-accensione è stata valutata la situazione dei periodi di accensione e spegnimento dei 3 forni dell'impianto tra il 19.04.2013 ed il 15.01.2014 (Fig. 2.2).

**Fig. 2.2** Calendario di funzionamento dell'impianto suddiviso per linee di combustione. Sono riportate le accensioni (in giallo) e gli spegnimenti (in viola). I numeri 1, 2 e 3 corrispondono ai 3 forni dell'impianto



Dalla figura si evince che la data dopo la quale è avvenuto l'avvio effettivo dell'impianto, con quantitativi consistenti e continuativi di rifiuti, è il 1.09.2013. Le accensioni di prova condotte nei mesi precedenti, dal 19.04.2013 al 31.08.2013, non hanno prodotto emissioni significative dal momento che riguardavano quantitativi molto ridotti di rifiuti e utilizzavano un forno per volta al solo scopo di valutare il corretto funzionamento dell'impianto.

In ogni caso, data la complessità della definizione di data di avvio, il periodo 01.05.2013-31.08.2013 non è stato considerato in analisi, e di conseguenza la scelta dei periodi di confronto è stata fatta sulla base della disponibilità dei dati sanitari successivamente al 31.08.2013.

I due periodi in analisi pertanto sono:

1. 01.02.2011-30.04.2013 (periodo certo ex ante l'attività dell'impianto)
2. 01.09.2013-30.11.2015 (periodo certo ex post l'attività dell'impianto)

Si tratta di due periodi di uguale durata di 27 mesi ciascuno per un totale di 54 mesi in studio, con uguale composizione di mesi invernali ed estivi, separati da un intervallo di quattro mesi di attività parziale e modesta dell'impianto.

## **2.4. Popolazione in studio: selezione dei soggetti ed assegnazione dell'esposizione**

Nei 3 approcci descritti è stata utilizzata la stessa definizione di popolazione in studio. Tale popolazione oggetto delle analisi (divisa tra esposti e non esposti) è costituita dai soggetti che risultano residenti in una porzione del Comune di Torino e dagli abitanti dei Comuni di Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco e Orbassano, per i quali sono stati ricercati gli accessi in Pronto Soccorso e i ricoveri ospedalieri nei periodi in studio.

Nella Tab. 2.1 sono riportate le popolazioni residenti al 31.12.2010 nei comuni interessati dalla sorveglianza, secondo i dati anagrafici comunali.

**Tab. 2.1 Popolazione residente nei Comuni interessati allo studio presente negli archivi anagrafici. Per Torino la popolazione è limitata all'area definita in Fig 2.1**

<b>Comuni</b>	<b>Codice ISTAT</b>	<b>popolazione</b>
Beinasco	1.024	18.215
Grugliasco	1.120	38.300
Orbassano	1.171	23.102
Rivalta	1.214	19.734
Totale 4 comuni		99.351
Torino (area esposti e non esposti)	1.272	175.200

### **Selezione dei soggetti**

Al fine di selezionare la popolazione in studio, le anagrafi dei vari comuni hanno fornito i residenti al 1.01.2013 e ogni soggetto è stato geo-riferito, con lo scopo di assegnarlo alle aree di esposizione definite dai modelli di dispersione utilizzati.

Nei 4 comuni della cintura di Torino interessati allo studio, i dati anagrafici disponibili

hanno avuto carattere trasversale (cioè derivato dalla copia anagrafica ad inizio 2013) e comprendono complessivamente, al 1.01.2013, 99.351 soggetti. Successivamente, al 1.01.2013 non sono stati acquisiti ulteriori dati anagrafici. La popolazione in studio è pertanto, forzatamente, da considerare una coorte chiusa a partire da tale data e fino alla fine del periodo in studio (30.11.2015), soggetta ad invecchiamento progressivo e senza ricambio.

Anabga selezione è stata operata, per omogeneità, nella popolazione di Torino (per la quale invece sarebbe stato possibile ricostruire la storia residenziale anche successivamente), per non introdurre distorsioni date dalla differente età delle due popolazioni.

La complessa procedura di selezione dei casi dalla popolazione in studio nei 4 comuni ha comportato:

- 1) la ricostruzione del codice fiscale nel caso di dati mancanti;
- 2) il recupero di ulteriori dati di residenza dall'anagrafe degli assistiti fornita dalla ASL;
- 3) la normalizzazione dell'indirizzo fornito dalle anagrafi secondo le specifiche dei programmi di georeferenziazione;
- 4) l'eliminazione dei residenti presenti due volte a causa della mobilità residenziale tra le anagrafi coinvolte;
- 5) l'eliminazione di soggetti residenti secondo anagrafe ma non secondo quanto risultante dai sistemi informativi sanitari. Ciò può essere dovuto a variazioni di indirizzo nel periodo e l'eliminazione è giustificata dall'interesse per i soli soggetti stabili nella finestra di studio. Alcuni casi però sono stati eliminati a causa di discordanza del comune di residenza anche in periodi contemporanei, dovuta probabilmente alla non assoluta qualità dei dati;
- 6) la georeferenziazione dei soggetti residenti nell'area con la ricostruzione degli indirizzi nei 4 comuni (per Torino tale ricostruzione era già disponibile)
  - a. l'assegnazione dei 99.351 soggetti dei 4 comuni a 8.807 indirizzi;
  - b. l'esportazione degli indirizzi dei 4 comuni in formato csv per MapAList;
- 7) la sovrapposizione di un *layer* QGis riportante le intersezioni dell'area di ricaduta degli



inquinanti ha permesso di definire un indirizzo come esposto o non esposto (secondo le aree illustrate in fig. 2.1) o residente nell'area cuscinetto di interposizione di 300 metri;

- 8) l'aggancio degli indirizzi con il dato di esposizione all'archivio dei soggetti;
- 9) la creazione dell'archivio di soggetti anonimi contenente il codice identificativo presente negli archivi sanitari ospedalieri e di pronto soccorso;
- 10) il *linkage* dell'archivio anonimo con gli archivi regionali delle dimissioni ospedaliere e degli accessi al pronto soccorso, con creazione di un archivio di eventi sanitari, anche plurimi per soggetto, e il dato di esposizione;
- 11) la creazione dell'archivio di frequenza giornaliera di eventi secondo l'esposizione.

### **Assegnazione dell'esposizione**

I soggetti ai quali è stato assegnato il dato di esposizione nei quattro comuni (area 4C) sono stati 88.036 su 99.351 (88,6 %). (Tab. 2.2). Si consideri che dal computo è esclusa la fascia di interposizione di 300 metri.

In tabella 2.2. si riportano i soggetti ai quali è stato assegnato il dato di esposizione nei quattro comuni: 88.036 su 99.351 (88,6 %). Si consideri che dal computo è esclusa la fascia di interposizione di 300 metri.

Per i residenti in Torino sono stati utilizzati invece i dati disponibili dello Studio Longitudinale Torinese, i cui soggetti sono già georiferiti e *linkati* agli archivi sanitari. In particolare, per questo studio si sono considerati i soggetti residenti (in modo stabile per tutto il periodo in esame) nei quartieri di Torino sud, più vicini all'area di interesse, e prossimi ad una centralina attiva nel periodo in oggetto (Torino Lingotto). Questa scelta è stata operata per ridurre la misclassificazione dell'esposizione.

Gli esiti di interesse sono gli eventi acuti che si manifestano nella popolazione presente nell'area in studio. I soggetti in studio sono definiti come residenti nei comuni di interesse, che si sono rivolti ad una struttura sanitaria vicina (l'elenco delle strutture sanitarie considerate è riportato nelle tabelle 2.14, 2.15, 2.23, 2.24).

Tab. 2.2 Popolazione esposta per comune. NOESP= non esposti ESP= esposti

		NOESP	ESP	Totale ESP/NOESP	Totale generale	Percentuale Popolazione studio*
Beinasco	Frequenza	6857	11036	17893	18215	98.2
	<i>Pct riga</i>	<i>38.32</i>	<i>61.68</i>			
	<i>Pct col</i>	<i>6.40</i>	<i>7.07</i>			
Grugliasco	Frequenza	0	36345	36345	38300	94.9
	<i>Pct riga</i>	<i>0.00</i>	<i>100.00</i>			
	<i>Pct col</i>	<i>0.00</i>	<i>23.28</i>			
Orbassano	Frequenza	681	19002	19683	23102	85.2
	<i>Pct riga</i>	<i>3.46</i>	<i>96.54</i>			
	<i>Pct col</i>	<i>0.64</i>	<i>12.17</i>			
Rivalta	Frequenza	8038	6077	14115	19734	71.5
	<i>Pct riga</i>	<i>56.95</i>	<i>43.05</i>			
	<i>Pct col</i>	<i>7.51</i>	<i>3.89</i>			
Torino	Frequenza	91524	83676	175200		
	<i>Pct riga</i>	<i>52.24</i>	<i>47.76</i>			
	<i>Pct col</i>	<i>85.46</i>	<i>53.59</i>			
Totale	Frequenza	107100	156136	263236	99351	88.6
	<i>Pct riga</i>	<i>40.69</i>	<i>59.31</i>	<i>100.00</i>		

\*si considerano "popolazione in studio" i soggetti presenti nell'area, ad esclusione della fascia di interposizione di 300m

## 2.5 Cause in studio

Per questa analisi sono stati considerati due *outcome* e due macro classificazioni di causa: passaggi in Pronto Soccorso e ricoveri ospedalieri urgenti (definiti secondo un algoritmo validato ed applicato in precedenti studi italiani di valutazione degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico - Colais, 2009), con diagnosi di ammissione per malattie del sistema circolatorio e respiratorio sommate insieme (ICD IX 390-519), per eventi coronarici acuti (ICD IX 410-414) e per cause esterne (ICD IX 800-999). Quest'ultimo gruppo di cause è stato analizzato come controprova dell'ipotesi di rischio e dei metodi usati: si tratta infatti di un *outcome* la cui correlazione con serie giornaliere di inquinanti non è plausibile.

L'analisi prevista per la mortalità non è stata effettuata per la scarsa numerosità dell'evento morte nella popolazione selezionata per lo studio.

## **2.6 Misura dell'esposizione: monitoraggio delle emissioni e centraline**

### **Monitoraggio delle emissioni**

Prima di essere espulsi in atmosfera, i fumi generati dalla combustione dei rifiuti, sono analizzati dal Sistema di Monitoraggio delle Emissioni (SME), che misura i valori delle sostanze inquinanti residue e verifica il rispetto dei limiti di legge. Durante la fase di esercizio dell'impianto vengono analizzati i flussi gassosi in tre punti diversi del processo: in caldaia, a monte del sistema di trattamento e a camino. A camino ogni linea dispone di due serie identiche di analizzatori. I parametri emissivi sono monitorati sia in continuo sia con prelievi periodici, secondo le tempistiche indicate dalla normativa.

E' stata analizzata la relazione tra i seguenti inquinanti monitorati in continuo e la loro correlazione con gli accessi al Pronto Soccorso della popolazione in studio:

- acido cloridrico (HCl)
- monossido di carbonio (CO)
- ossidi di Azoto (NO<sub>x</sub>)
- biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>)
- carbonio organico totale (COT)
- particolato sottile (PM)
- acido fluoridrico (HF)
- ammoniaca (NH<sub>3</sub>)
- mercurio (Hg)
- anidride carbonica (CO<sub>2</sub>)

Il periodo preso in considerazione va dal 1.09.2013 al 30.11.2015.

### **Centraline di monitoraggio**

Come previsto delle prescrizioni dell'Autorizzazione Ambientale Integrata rilasciata dalla Città Metropolitana di Torino per la realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti, è stata installata una cabina di monitoraggio (Aldo Mei) della qualità dell'aria nel punto di potenziale massima ricaduta delle emissioni, localizzato nel comune di Beinasco. La gestione tecnica della stazione di rilevazione è affidata ad Arpa Piemonte e la cabina è operativa dal 04.10.2012.

Gli inquinanti misurati con analizzatori in continuo sono:

- benzene
- biossido di zolfo
- monossido di carbonio
- benzo(a)pirene
- biossido di azoto
- ozono
- PM<sub>10</sub>
- PM<sub>2.5</sub>

Alcuni metalli sono misurati settimanalmente, ma successivamente mediati su periodi più lunghi (1 mese):

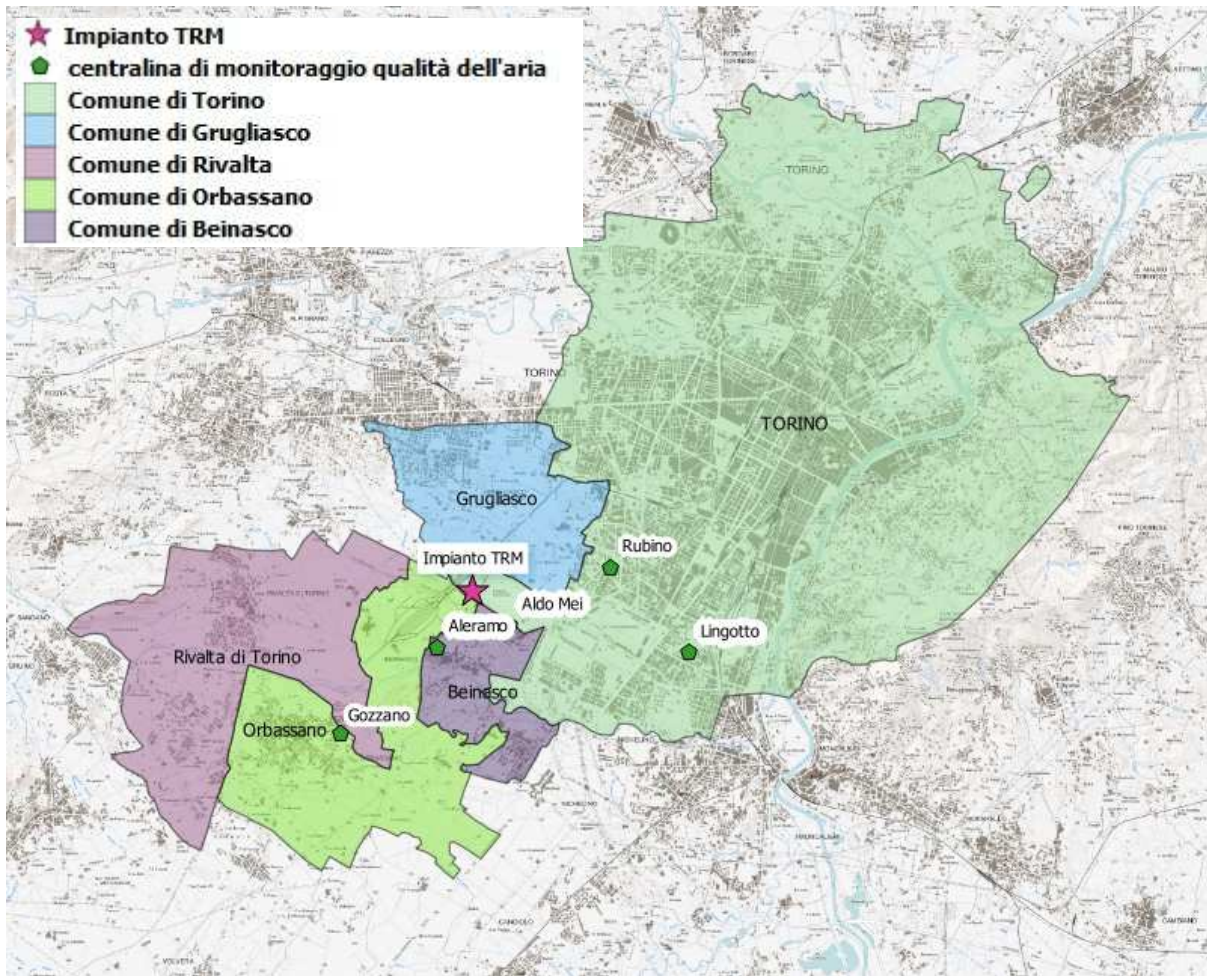
- piombo
- arsenico
- cadmio
- nichel

Il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) e il particolato (PM<sub>10</sub>), disponibili per le centraline utilizzate, sono l'oggetto dell'analisi di correlazione di questo studio. I periodi di disponibilità sono rappresentati in Tab. 2.7.

La zona di ricaduta comprende 5 centraline di monitoraggio (Fig. 2.3).

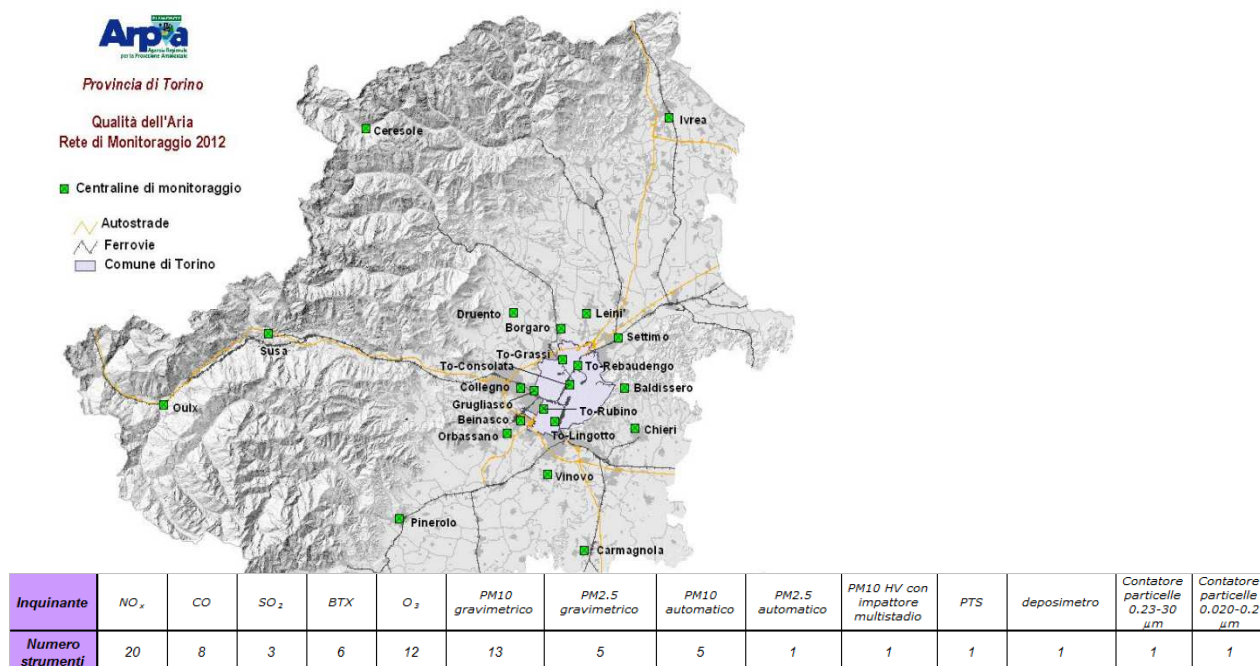
Va precisato che le concentrazioni degli inquinanti misurati dalla centralina di monitoraggio nel punto di potenziale massima ricaduta delle emissioni, localizzato nel comune di Beinasco, sono in minima parte dovuti alle emissioni prodotte dall'inceneritore. In tale zona il contributo modellistico stimato delle emissioni del termovalorizzatore è pari a 0.1 µg/m<sup>3</sup> per il PM<sub>10</sub> e di un massimo di 3-4 µg/m<sup>3</sup> per l'NO<sub>2</sub> (che presenta escursioni quotidiane maggiori), essendo molte e diverse le fonti di PM e NO<sub>2</sub>.

Fig. 2.3 Centraline di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona dello studio



La rete totale di centraline disponibili nella Città Metropolitana di Torino è riportata in Fig. 2.4

Fig. 2.4 Centraline di qualità dell'aria, Città Metropolitana di Torino



Per caratterizzare l'area degli esposti è stata ricostruita la serie giornaliera di concentrazioni degli inquinanti della stazione di Beinasco Aldo Mei. I dati mancanti della serie (per il periodo precedente all'installazione della centralina) sono stati imputati sulla base dei dati disponibili della centralina maggiormente correlata, ovvero Torino - Rubino (Tab 2.3, 2.5) sia per l'esposizione a NO<sub>2</sub>, sia a PM10.

Per caratterizzare le aree di non esposizione identificate sono state utilizzate le centraline di Orbassano - Gozzano (per i non esposti 4C) e la centralina di Torino Lingotto (per i non esposti torinesi). I valori giornalieri di PM10 erano disponibili solo per quest'ultima centralina e pertanto, per tale inquinante, si sono considerati solo i non esposti di Torino. I dati mancanti della serie giornaliera delle predette centraline sono stati imputati sulla base dei dati disponibili delle altre centraline più prossime. In generale le centraline considerate sono state Torino - Lingotto, Beinasco - Aleramo, Torino - Rubino- Orbassano-Gozzano, in relazione alla correlazione tra esse e la centralina di riferimento, secondo lo stesso metodo utilizzato nel progetto EPIAIR a cui si rimanda (Stafoggia, 2009). Le statistiche descrittive per NO<sub>2</sub>, e PM10 sono riportate nelle Tab 2.4, 2.6.

Tab. 2.3 NO<sub>2</sub>, Coefficiente di correlazione (in corsivo) e numero misurazioni tra dati giornalieri delle centraline

	<b>Beinasco Aldo_Mei</b>	<b>Torino Lingotto</b>	<b>Aleramo Beinasco</b>	<b>Torino Rubino</b>	<b>Orbassano Gozzano</b>
Beinasco_Aldo_Mei	<i>1</i>				
n. obs	1196				
Torino_Lingotto	<i>0.883</i>	<i>1</i>			
n. obs	1137	1745			
Aleramo_Beinasco	<i>0.905</i>	<i>0.899</i>	<i>1</i>		
n. obs	827	1402	1452		
Torino_Rubino	<i>0.945</i>	<i>0.941</i>	<i>0.923</i>	<i>1</i>	
n. obs	1180	1720	1432	1792	
Orbassano_Gozzano	<i>0.922</i>	<i>0.897</i>	<i>0.944</i>	<i>0.929</i>	<i>1</i>
n. obs	1165	1712	1435	1756	1790

Tab. 2.4 NO<sub>2</sub>, statistica descrittiva dei valori di NO<sub>2</sub> registrati nelle 5 centraline nel periodo in studio

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Dev std</b>	<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Beinasco_Aldo_Mei	1196	42.61	18.61	5.25	99.25
Torino_Lingotto	1745	43.00	22.72	5.58	127.92
Aleramo_Beinasco	1452	34.65	20.65	3.08	120.86
Torino_Rubino	1792	44.56	21.38	8.58	123.17
Orbassano_Gozzano	1790	34.48	19.47	3.79	108.83

Tab. 2.5 PM10: Coefficiente di correlazione (in corsivo) e numero misurazioni tra dati giornalieri delle centraline utilizzate nello studio

	<b>Beinasco Aldo_Mei</b>	<b>Torino_ Lingotto</b>	<b>Torino_ Rubino</b>
Beinasco_Aldo_Mei	<i>1</i>		
n. obs	1153		
Torino_Lingotto	<i>0.956</i>	<i>1</i>	
n. obs	1088	1604	
Torino_Rubino	<i>0.966</i>	<i>0.969</i>	<i>1</i>
n. obs	823	811	842

Tab. 2.6 PM10, statistica descrittiva dei valori di PM10 utilizzati nelle 3 centraline nel periodo in studio

	<b>N</b>	<b>Media</b>	<b>Dev std</b>	<b>Minimo</b>	<b>Massimo</b>
Beinasco_Aldo_Mei	1153	32.92	22.83	4	177
Torino_Lingotto	1604	37.20	27.06	2	198
Torino_Rubino	842	33.04	23.33	5	122

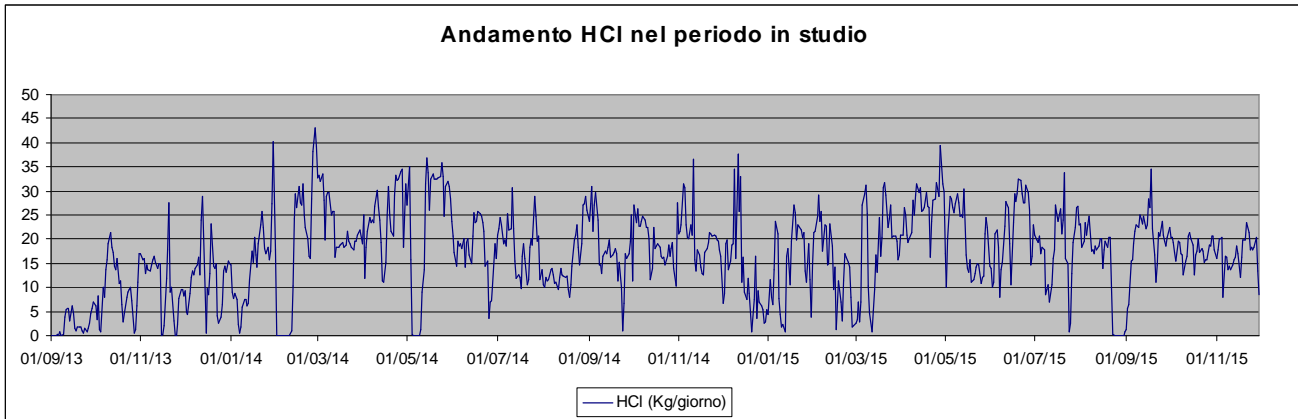
**Tab. 2.7 Disponibilità dei dati per centralina e inquinante nel periodo in studio**

Data	BEINASCO ALDO MEI			TORINO LINGOTTO				BEINASCO ALERAMO	TORINO RUBINO			ORBASS. GOZZANO	
	PM10 β	PM2.5 β	NO2	PM10 β	PM10 b.v.	PM2.5 b.	NO2	NO2	NO2	PM10 β	PM10 b.v.	PM2.5	NO2
01/01/2011													
01/02/2011													
01/03/2011													
01/04/2011													
01/05/2011													
01/06/2011													
01/07/2011													
01/08/2011													
01/09/2011													
01/10/2011													
01/11/2011													
01/12/2011													
01/01/2012													
01/02/2012													
01/03/2012													
01/04/2012													
01/05/2012													
01/06/2012													
01/07/2012													
01/08/2012													
01/09/2012													
01/10/2012													
01/11/2012													
01/12/2012													
01/01/2013													
01/02/2013													
01/03/2013													
01/04/2013													
01/05/2013													
01/06/2013													
01/07/2013													
01/08/2013													
01/09/2013													
01/10/2013													
01/11/2013													
01/12/2013													
01/01/2014													
01/02/2014													
01/03/2014													
01/04/2014													
01/05/2014													
01/06/2014													
01/07/2014													
01/08/2014													
01/09/2014													
01/10/2014													
01/11/2014													
01/12/2014													
01/01/2015													
01/02/2015													
01/03/2015													
01/04/2015													
01/05/2015													
01/06/2015													
01/07/2015													
01/08/2015													
01/09/2015													
01/10/2015													
01/11/2015													
01/12/2015													

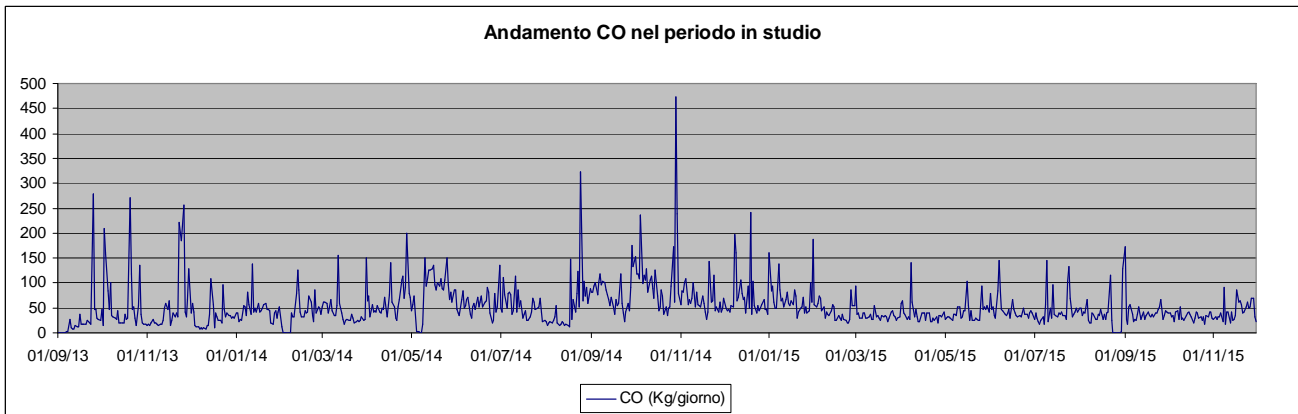


Si riportano i grafici degli inquinanti monitorati in continuo dal SME.

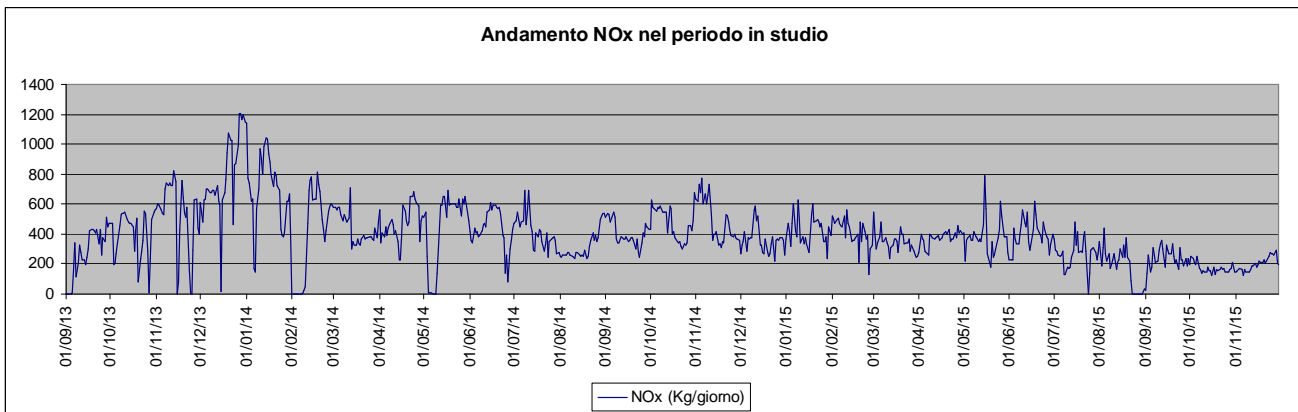
**Fig. 2.6 Grafico dell'andamento delle emissioni di HCl nel periodo in studio**



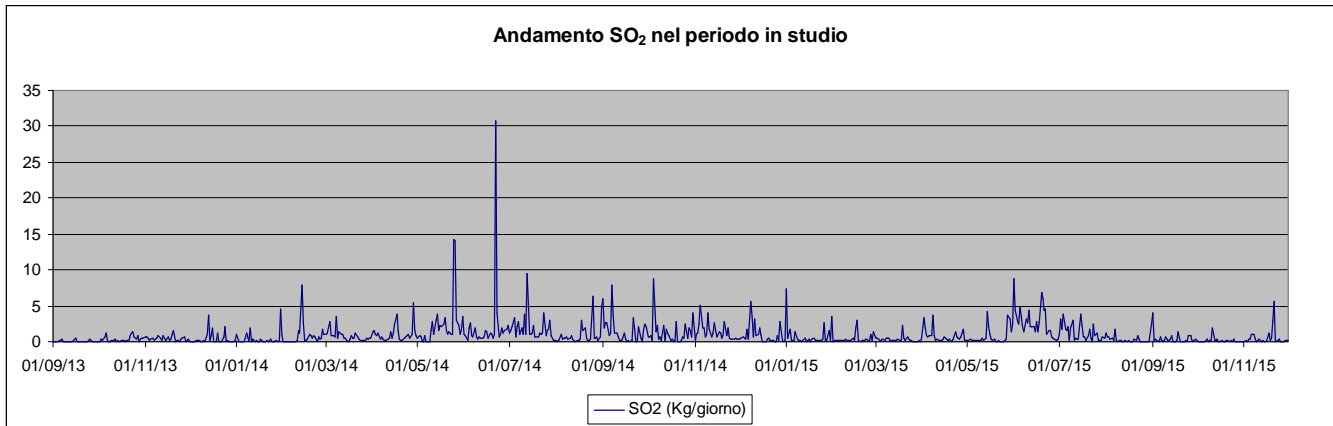
**Fig. 2.7 Grafico dell'andamento delle emissioni di CO nel periodo in studio**



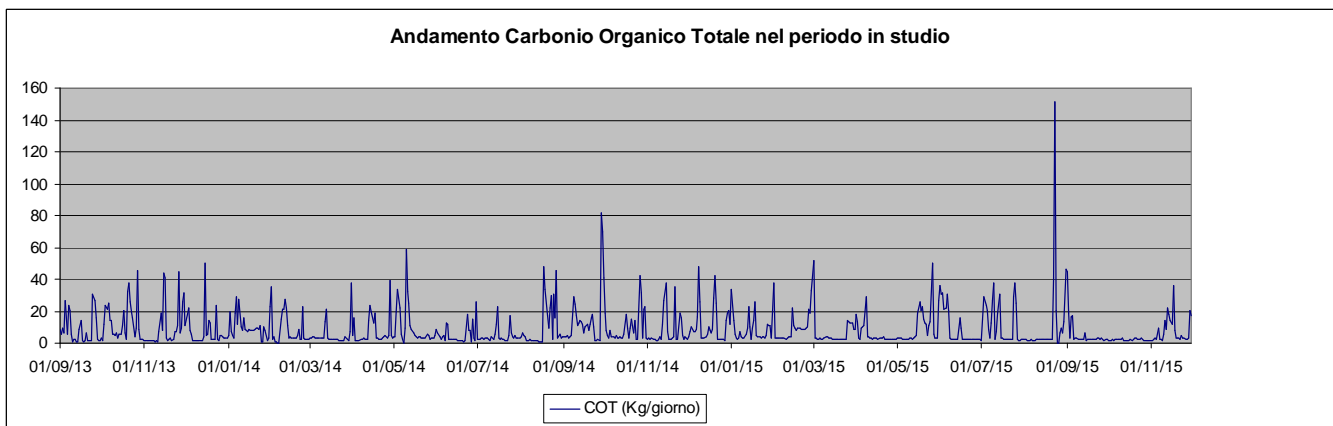
**Fig. 2.8 Grafico dell'andamento delle emissioni degli NO<sub>x</sub> nel periodo in studio**



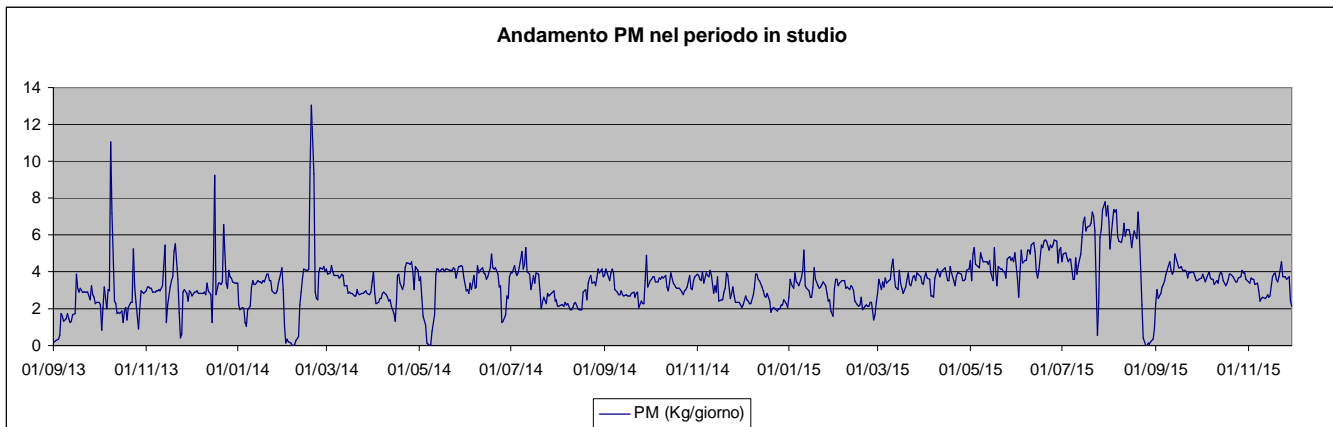
**Fig. 2.9 Grafico dell'andamento delle emissioni del SO<sub>2</sub> nel periodo in studio**



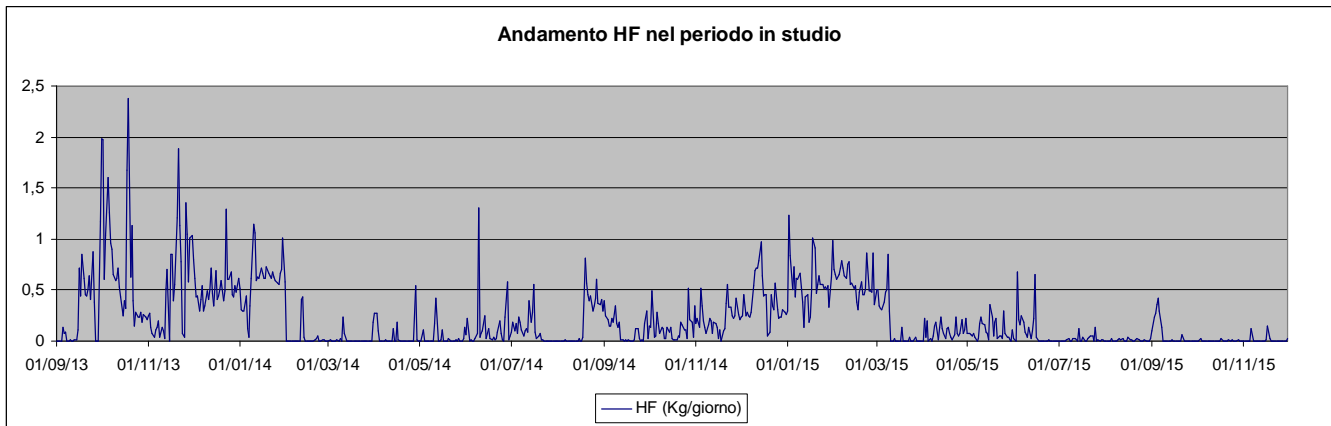
**Fig. 2.10 Grafico dell'andamento delle emissioni di TOC nel periodo in studio**



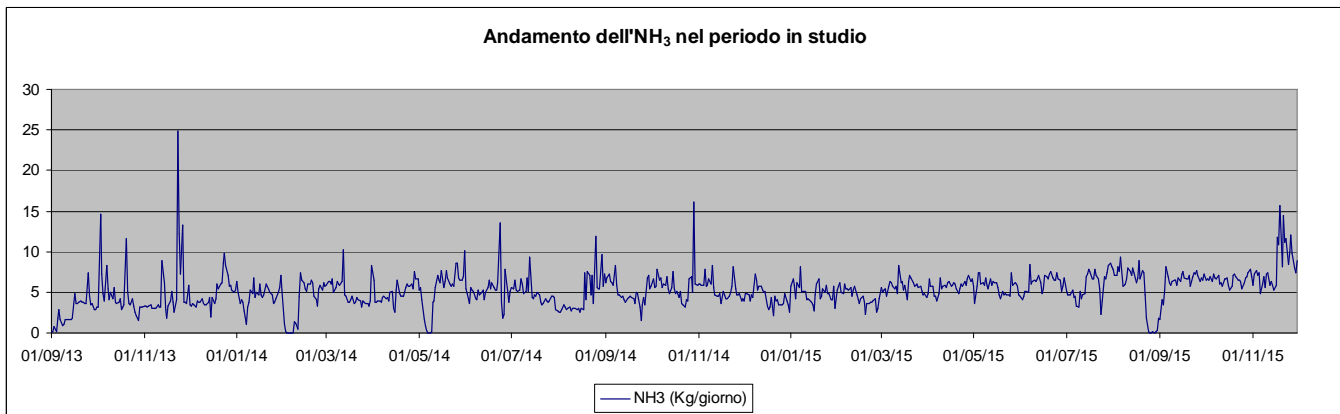
**Fig. 2.11 Grafico dell'andamento delle emissioni di PM nel periodo in studio**



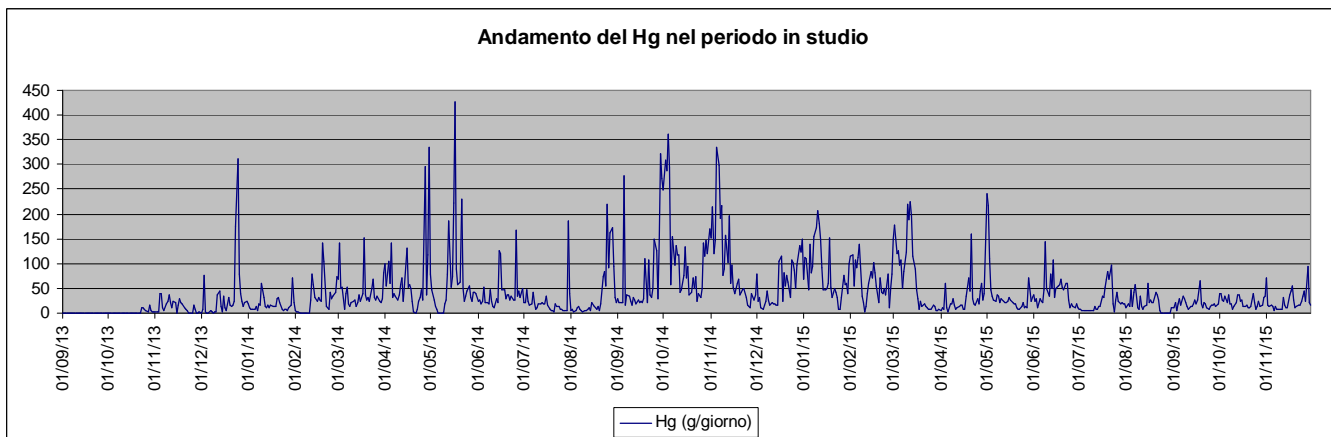
**Fig. 2.12 Grafico dell'andamento delle emissioni di HF nel periodo in studio**



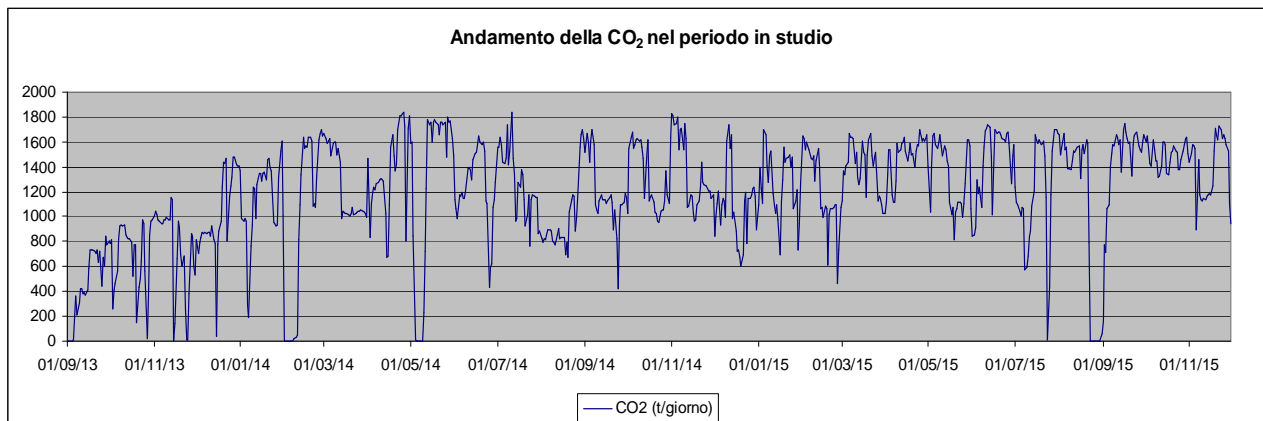
**Fig. 2.13 Grafico dell'andamento delle emissioni di NH<sub>3</sub> nel periodo in studio**



**Fig. 2.14 Grafico dell'andamento delle emissioni di Hg nel periodo in studio**

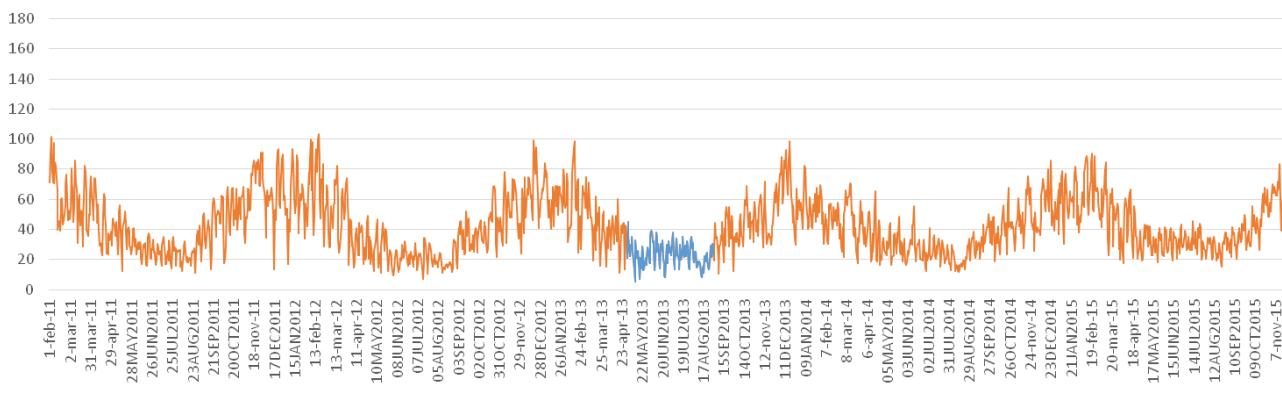


**Fig. 2.15 Grafico dell'andamento delle emissioni del CO<sub>2</sub> nel periodo in studio**

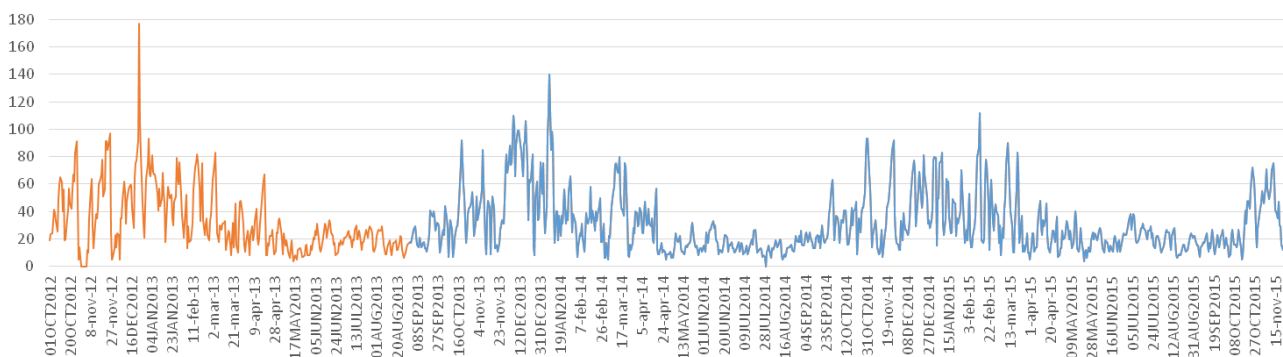


Sono riportati nelle figure 2.16 e 2.17 le serie storiche degli inquinanti nel periodo in studio (1.2.2011-30.11.2015 per l'NO<sub>2</sub> e 1.10.2012-31.11.2015 per il PM<sub>10</sub>)

**Fig. 2.16 Andamento delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> (centraline Aldo mei -Lingotto -Rubino)**



**Fig. 2.17 Andamento delle concentrazioni di PM<sub>10</sub> (centraline Aldo mei -Lingotto -Rubino)**



## 2.7 Esiti sanitari

### Accessi in Pronto Soccorso

Sono stati selezionati gli accessi al Pronto Soccorso per patologie cardio-respiratorie (ICD IX 390-519) e per cause esterne in diagnosi principale (ICD IX 800-999). I dati utilizzati si riferiscono agli anni 2011-2015.

Per il periodo 2011-2013 i dati sono stati estratti dal Data Ware House regionale presso il Servizio Sovrazonale di Epidemiologia di Grugliasco dell'ASL TO3, mentre i dati 2014-2015 sono stati estratti dal Data Ware House regionale. Sono stati selezionati, per l'estrazione dei dati di accesso al Pronto Soccorso, i Dipartimenti di Emergenza e accettazione presenti nell'area in studio, abbinabili alla popolazione in studio, con l'esclusione dei doppi accessi giornalieri e dei soggetti con numero di accessi/anno>20.

Dai circa 14 milioni di prestazioni/anno registrate negli archivi regionali, applicando i criteri definiti (selezione di istituti, prima diagnosi per cause cardio-respiratorie e cause esterne, residenza coerente a causa di mobilità precedente o successiva in base all'anagrafe), sono stati selezionati gli accessi riscontrati nella popolazione in studio, di seguito riportati (tab. 2.8).

**Tab. 2.8 Numerosità complessiva degli accessi in pronto soccorso nel periodo in studio (ICD IX 390-519 - ICD IX 800-999)**

Anno	Accessi selezionati
2011	33.844
2012	36.990
2013	35.926
2014	35.284
2015	31.876
TOT	173.920

Si tratta di 49.590 accessi per cause cardio-respiratorie e 124.330 per cause esterne.

La loro distribuzione per comune di residenza è riportata nella tabella 2.9.

**Tab. 2.9 Accessi in PS per cause cardio-respiratorie nella popolazione in studio e nel periodo in studio, per comune (NONESP= non esposti, ESP= esposti). Per ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di riga**

	<b>NON ESP</b>	<b>ESP</b>	<b>TOTALE</b>
Beinasco	1617 (38.0%)	2641 (62.0%)	4258 (100%)
Grugliasco	0 (0%)	6945 (100%)	6945 (100%)
Orbassano	178 (3.8%)	4486 (96.2%)	4664 (100%)
Rivalta	1609 (53.2%)	1418 (46.8%)	3027 (100%)
Torino	15102 (49.2%)	15594 (50.8%)	30696 (100%)
Totale	18506 (37.3%)	31084 (62.7%)	49590 (100%)

La tabella 2.10 evidenzia come si tratti di una popolazione chiusa, ovvero che invecchia nel tempo. Si precisa che per gli anni 2011 e 2015 si considerano 11 mesi su 12.

**Tab. 2.10 Accessi in PS per cause cardio-respiratorie nella popolazione in studio, per fascia di età ed anno**

	<b>ANNO</b>	<b>2011*</b>	<b>2012</b>	<b>2013</b>	<b>2014</b>	<b>2015*</b>	<b>Totale</b>
FASCE DI E							
0-14	Frequenza	2330	2255	1919	1395	883	8782
	<i>Pct riga</i>	26.53	25.68	21.85	15.88	10.05	
	<i>Pct col</i>	27.03	22.41	17.70	13.45	9.11	
15-49	Frequenza	1545	1587	1690	1566	1318	7706
	<i>Pct riga</i>	20.05	20.59	21.93	20.32	17.10	
	<i>Pct col</i>	17.92	15.77	15.58	15.10	13.60	
50-64	Frequenza	1212	1507	1589	1569	1494	7371
	<i>Pct riga</i>	16.44	20.44	21.56	21.29	20.27	
	<i>Pct col</i>	14.06	14.98	14.65	15.12	15.42	
65-74	Frequenza	1516	1915	2122	2000	1893	9446
	<i>Pct riga</i>	16.05	20.27	22.46	21.17	20.04	
	<i>Pct col</i>	17.59	19.03	19.57	19.28	19.54	
75-84	Frequenza	1624	2143	2618	2746	2767	11898
	<i>Pct riga</i>	13.65	18.01	22.00	23.08	23.26	
	<i>Pct col</i>	18.84	21.30	24.14	26.47	28.56	
85+	Frequenza	393	655	906	1098	1335	4387
	<i>Pct riga</i>	8.96	14.93	20.65	25.03	30.43	
	<i>Pct col</i>	4.56	6.51	8.35	10.58	13.78	
Totale	Frequenza	8620	10062	10844	10374	9690	49590
	<i>Percentuale</i>	17.38	20.29	21.87	20.92	19.54	100.00

\*11 mesi

Allo scopo di verificare la distribuzione per le diverse caratteristiche, nelle tabelle che riportano l'analisi per età e titolo di studio, i gruppi degli esposti e dei non esposti sono stati stratificati per residenza, distinguendo per entrambi i gruppi i residenti nei quattro comuni della cintura metropolitana torinese (Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano) e i residenti Torinesi.

L'analisi per età ed esposizione è riportata in tabella 2.11: il gruppo dei residenti nei quattro comuni risulta mediamente più giovane rispetto ai residenti a Torino.

**Tab. 2.11 Accessi in PS per cause cardio-respiratorie nella popolazione in studio, per fascia di età ed esposizione. In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna.**

Fasce di età	Esposti		Non esposti		Totale
	Comuni della cintura	Torino	Comuni della cintura	Torino	
0-14	3074 (19.8%)	2747 (17.6%)	629 (18.5%)	2332 (15.4%)	8782 (17.7%)
15-49	2675 (17.3%)	2168 (13.9%)	596 (7.5%)	2267 (15.0%)	7706 (15.5%)
50-64	2353 (15.2%)	2158 (13.8%)	509 (15.0%)	2351 (15.6%)	7371 (14.9%)
65-74	2852 (18.4%)	3021 (19.4%)	630 (18.5%)	2943 (19.5%)	9446 (20.0%)
75-84	3265 (21.1%)	4098 (26.3%)	798 (23.4%)	3737 (24.8%)	11898 (24.0%)
85+	1271 (8.2%)	1402 (9.0%)	242 (7.1%)	1472 (9.7%)	4387 (8.8%)
Totale	15490 (100%)	15594 (100%)	3404 (100%)	15102 (100%)	49590 (100%)

**Legenda:**

esp 4C= esposti nei 4 comuni (Beinasco, Orbassano, Rivalta, Grugliasco)

esp TO= esposti comune di Torino

n.esp 4C= non esposti nei 4 comuni (Beinasco, Orbassano, Rivalta, Grugliasco)

n.esp.TO= non esposti nel Comune di Torino

È stata effettuata un'analisi per livello di istruzione utilizzando le informazioni al censimento 2011. Tra coloro per i quali è possibile assegnare il livello di istruzione (abbinati al censimento e con 6 o più anni, 7.300 missing), gli eventi occorsi hanno una distribuzione che evidenzia una maggior presenza di soggetti istruiti tra i residenti a Torino. I soggetti residenti nell'area esposta di Torino hanno infine un livello di istruzione relativa minore rispetto ai residenti a Torino nell'area non esposta (tab. 2.12).

**Tab. 2.12 Accessi in PS nella popolazione in studio, per istruzione ed esposizione. Cause cardio-respiratorie (ICD IX 390-519). Valori missing esclusi. Per ogni tabella sono riportate le frequenze e le percentuali di riga**

Istruzione	Esposti		Non esposti		Totale
	Comuni della cintura	Torino	Comuni della cintura	Torino	
Laurea, diploma superiore	1990 (15.7%)	3075 (22.9%)	472 (16.4%)	3514 (26.4%)	9051 (21.4%)
Medie	4596 (36.2%)	4632 (34.5%)	992 (34.5%)	4762 (35.8%)	14982 (35.4%)
Elementari o meno	6106 (48.1%)	5718 (42.6%)	1412 (49.1%)	5021 (37.8%)	18257 (43.2%)
Totale	12692 (100%)	13425 (100%)	2876 (100%)	13297 (100%)	42290 (100%)

**Legenda:**

esp 4C= esposti nei 4 comuni

esp TO= esposti comune di Torino

n.esp 4C= non esposti nei 4 comuni

n.esp.TO= non esposti nel comune di Torino

Gli accessi al Pronto Soccorso per cause esterne si caratterizzano per età secondo l'atteso, con una maggior presenza nelle fasce giovani (tab. 2.13).

**Tab. 2.13 Accessi in PS nella popolazione in studio, per fascia di età e esposizione. Cause esterne (ICD IX 800-999). In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna**

Fasce di età	Esposti		Non esposti		Totale
	Comuni della cintura	Torino	Comuni della cintura	Torino	
0-14	6497 (18.8%)	7025 (17.2%)	1468 (20.6%)	7058 (16.9%)	22048 (17.7%)
15-49	15330 (44.4%)	14821 (36.2%)	3077 (43.1%)	15373 (36.8%)	48601 (39.1%)
50-64	5680 (16.5%)	6970 (17.0%)	1074 (15.1%)	7503 (18.0%)	21227 (17.1%)
65-74	3280 (9.5%)	4983 (12.2%)	678 (9.5%)	4839 (11.6%)	13780(11.1%)
75-84	2714 (7.9%)	5392 (13.2%)	669 (9.4%)	5120 (12.3%)	13895 (11.2%)
85+	1009 (2.9%)	1710 (4.2%)	171 (2.4%)	1889 (4.5%)	4779 (3.8%)
Totale	34510 (100%)	40901 (100%)	7137 (100%)	41782 (100%)	124330 (100%)

**Legenda:**

esp 4C= esposti nei 4 comuni

esp TO= esposti comune di Torino

n.esp 4C= non esposti nei 4 comuni

n.esp.TO= non esposti nel comune di Torino

Le tabelle 2.14 e 2.15 riportano gli istituti di cura presso i quali sono avvenuti gli accessi al pronto soccorso considerati nello studio.

**Tab. 2.14 Accessi in PS nella popolazione in studio, per ospedale e esposizione . Tutte le Cause in studio (ICD IX 460-519 + 800-999). In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna.**

	Esposti	Non esposti	Totale
OSPEDALE MARTINI TORINO	35129 (33%)	6201 (9.2%)	41330 (23.8%)
AZIENDA OSPEDALIERA S. LUIGI-ORBASSANO	21594 (20.3%)	7605 (11.3%)	29199 (16.8%)
CENTRO TRAUMATOLOGICO ORTOPEDICO TORINO	11305 (10.6%)	13189 (19.6%)	24494 (14.1%)
OSPEDALE MAURIZIANO UMBERTO I TORINO	7941 (7.5%)	16535 (24.5%)	24476 (14.1%)
OSPEDALE S. GIOVANNI. BATTISTA MOLINETTE TORINO	6559 (6.2%)	9349 (13.9%)	15908 (9.1%)
OSPEDALE INFANTILE REGINA MARGHERITA TORINO	5972 (5.6%)	6607 (9.8%)	12579 (7.2%)
OSPEDALE DEGLI INFERMI RIVOLI	9461 (8.9%)	1484 (2.2%)	10945 (6.3%)
OSPEDALE OFTALMICO TORINO	4334 (4.1%)	2690 (4.0%)	7024 (4.0%)
OSPEDALE S. CROCE MONCALIERI	882 (0.8%)	1334 (2.0%)	2216 (1.3%)
OSPEDALE MARIA VITTORIA TORINO	1277 (1.2%)	774 (1.1%)	2051 (1.2%)
PRESIDIO GRADENIGO TORINO	812 (0.8%)	702 (1.0%)	1514 (0.9%)
OSPEDALE TORINO NORD EMERGENZA S GIOVANNI BOSCO TORINO	810 (0.8%)	566 (0.8%)	1376 (0.8%)
OSPEDALE MAGGIORE CHIERI	213 (0.2%)	212 (0.3%)	425 (0.2%)
IST.CHIR.ORTOP. REGINA MARIA ADELAIDE TORINO	149 (0.1%)	124 (0.2%)	273 (0.2%)
OSP. OSTETRICO GINECOLOGICO S. ANNA-TORINO	57 (0.1%)	53 (0.1%)	110 (0.1%)
Totale	106495 (100%)	67425 (100%)	173920 (100%)



**Tab. 2.15 Accessi in PS nella popolazione in studio, per ospedale e comune di residenza. Tutte le Cause in studio (ICD IX 460-519 + 800-999). In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna**

	<b>Torino</b>	<b>Grugliasco</b>	<b>Orbassano</b>	<b>Beinasco</b>	<b>Rivalta</b>	<b>Totale</b>
OSPEDALE MARTINI TORINO	31486 (27.8%)	9063 (37.4%)	224 (1.6%)	386 (3.0%)	171 (1.8%)	41330 (23.8%)
AZIENDA OSPEDALIERA S. LUIGI ORBASSANO	3359 (3.0%)	2074 (8.6%)	9315 (67.8%)	8312 (63.7%)	6139 (64.5%)	29199 (16.8%)
CENTRO TRAUMATOLOGICO ORTOPEDICO	20754 (18.3%)	1922 (8.0%)	609 (4.4%)	851 (6.5%)	358 (3.8%)	24494 (14.1%)
OSPEDALE MAURIZIANO UMBERTO I TORINO	22772 (20.1%)	919 (3.8%)	221 (1.6%)	428 (3.3%)	136 (1.4%)	24476 (14.1%)
OSPEDALE S. GIOVANNI. BATTISTA MOLINETTE TORINO	14284 (12.6%)	877 (3.6%)	234 (1.7%)	357 (2.7%)	156 (1.6%)	15908 (9.1%)
OSPEDALE INFANTILE REGINA MARGHERITA	9299 (8.2%)	1007 (4.1%)	677 (4.9%)	1153 (8.8%)	443 (4.7%)	12579 (7.2%)
OSPEDALE DEGLI INFIRMI-RIVOLI	943 (0.8%)	6370 (26.3%)	1527 (11.1%)	602 (4.6%)	1503 (15.8%)	10945 (6.3%)
OSPEDALE OFTALMICO TORINO	4534 (4.0%)	1142 (4.7%)	544 (4.0%)	435 (3.3%)	369 (3.9%)	7024 (4.0%)
OSPEDALE S. CROCE MONCALIERI	1561 (1.4%)	128 (0.5%)	174 (1.3%)	287 (2.2%)	66 (0.7%)	2216 (1.3%)
OSPEDALE MARIA VITTORIA-TORINO	1562 (1.4%)	282 (1.2%)	59 (0.4%)	84 (0.6%)	64 (0.7%)	2051 (1.2%)
PRESIDIO GRADENIGO TORINO	1178 (1.0%)	188 (0.8%)	44 (0.3%)	63 (0.5%)	41 (0.4%)	1514 (0.9%)
OSPEDALE TORINO NORD EMERGENZA S. GIOVANNI BOSCO	1019 (0.9%)	177 (0.7%)	73 (0.5%)	64 (0.5%)	43 (0.4%)	1376 (0.8%)
OSPEDALE MAGGIORE CHIERI	329 (0.3%)	47 (0.2%)	21 (0.1%)	14 (0.1%)	14 (0.1%)	425 (0.2%)
IST. CHIR. ORTOP. REGINA MARIA ADELAIDE TORINO	218 (0.2%)	30 (0.1%)	9 (0.1%)	8 (0.1%)	8 (0.1%)	273 (0.2%)
OSP. OSTETRICO GINECOLOGICO S. ANNA TORINO	81 (0.1%)	12 (0.1%)	5 (0%)	9 (0.1%)	3 (0%)	110 (0.1%)
<b>Totale</b>	<b>113379</b>	<b>24238</b>	<b>13736</b>	<b>13053</b>	<b>9514</b>	<b>173920 (100%)</b>

## Verifica di qualità della codifica diagnostica nei Pronto Soccorso

Dato il carattere ancora iniziale che ha l'uso del dato relativo al codice nosologico registrato in Pronto Soccorso, si è proceduto ad una verifica di concordanza tra tale codice e la diagnosi principale di dimissione della scheda SDO che risulta per lo stesso soggetto e lo stesso giorno (diagnosi relativa al corrispondente ricovero).

I codici confrontati sono quelli relativi ai soggetti in studio, senza ulteriori selezioni.

Premettendo che si tratta della diagnosi di dimissione, che per sua stessa natura potrebbe differire correttamente dalla diagnosi definita all'accesso al PS, la concordanza è tuttavia molto buona a livello di grandi gruppi considerati nella presente analisi (codici cardiorespiratori, cause esterne) e discreto per gli specifici codici limitatamente al secondo carattere della codifica ICD IX (tab 2.16, 2.17, 2.18).

Si riportano di seguito i risultati del coefficiente di concordanza kappa di Cohen, sia alla prima sia alla seconda cifra.

**Tab. 2.16 Numerosità degli eventi per il calcolo del Kappa di Cohen: gruppi di codici in studio**

		Ricoveri			
		altre cause	cardiorespiratori	esterne	Totale
Pronto soccorso	altre cause	13103	1483	437	15023
	cardiorespiratori	875	6453	172	7500
	esterne	346	170	2492	3008
	Totale	14324	8106	3101	25531

**Tab. 2.17 Indice di concordanza tra codifiche di Pronto Soccorso e successivo ricovero: gruppi di codici in studio alla I cifra**

Kappa pesato	0.76
Limite conf inferiore al 95%	0.75
Limite conf superiore al 95%	0.77

**Tab. 2.18 Indice di concordanza tra codifiche di Pronto Soccorso e successivo ricovero: codice ICD IX alla II cifra, secondo carattere del codice ICD IX**

Kappa pesato	0.57
Limite conf inferiore al 95%	0.56
Limite conf superiore al 95%	0.58

## Ricoveri Ospedalieri

Sono stati selezionati i ricoveri ospedalieri per patologie cardio-respiratorie e per cause esterne in diagnosi principale avvenuti nella popolazione in studio nel periodo 2011-2015. Sono stati selezionati i dati relativi al ricovero ospedaliero di tipo ordinario, a carattere di urgenza, con esclusione cioè dei reparti di accesso di lungodegenze e riabilitazione, negli istituti selezionati, abbinabili alla popolazione in studio. Dai circa 700.000 ricoveri/anno presenti in Regione Piemonte sono stati selezionati 21.527 eventi di cui 16.413 per cause cardio-respiratorie e 5.124 per cause esterne (tab. 2.19). La loro distribuzione per comune di residenza è riportata nella tabella 2.20.

**Tab. 2.19 Ricoveri ospedalieri nella popolazione in studio. Cause cardio-respiratorie (ICD IX 460-519)**

Anno	Eventi
2011	3.075
2012	4.004
2013	4.563
2014	4.727
2015	5.168
Totale	21.537

**Tab. 2.20 Ricoveri ospedalieri nella popolazione in studio, per comune di residenza ed esposizione. Cause cardio-respiratorie (ICD IX 460-519). In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di riga.**

Comune di Residenza	Non esposti	Esposti	Totale
Beinasco	517 (38.2%)	838 (61.9%)	1355 (100%)
Grugliasco	0 (0%)	2006 (100%)	2006 (100%)
Orbassano	47 (3.4%)	1336 (96.6%)	1383 (100%)
Rivalta	434 (50.1%)	433 (49.9%)	867 (100%)
Torino	5750 (85.2%)	5052 (52.3%)	10802 (100%)
Totale	6748 (41.1%)	9665 (59.9%)	16413 (100%)

Allo scopo di verificare la distribuzione per le diverse caratteristiche, anche nelle tabelle che riportano l'analisi per età e titolo di studio, il gruppo degli esposti è stato stratificato per residenza, distinguendo i residenti nei quattro comuni della cintura metropolitana torinese (Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano) i residenti Torinesi.

La struttura per età dei ricoveri cardiorespiratori secondo l'esposizione è descritta in tabella 2.21.

**Tab. 2.21 Ricoveri ospedalieri nella popolazione in studio, per fascia di età ed esposizione. Cause cardio-respiratorie (ICD IX 460-519). In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna.**

Fasce di età	Esposti		Non esposti		Totale
	Comuni della cintura	Torino	Comuni della cintura	Torino	
0-14	151 (3.3%)	129 (2.6%)	31 (3.1%)	94 (1.6%)	405 (2.5%)
15-49	324 (7.0%)	309 (6.1%)	78 (7.8%)	341 (5.9%)	1052 (6.4%)
50-64	692 (15.0%)	685 (13.6%)	113 (11.3%)	829 (14.4%)	2319 (14.1%)
65-74	1105 (24.0%)	1239 (24.5%)	216 (21.6%)	1383 (24.1%)	3943 (24.0%)
75-84	1621 (35.1%)	1919 (38.0%)	415 (41.6%)	2190 (38.1%)	6145 (37.4%)
85+	720 (15.6%)	771 (15.3%)	145 (14.5%)	913 (15.9%)	2549 (15.5%)
<b>Totale</b>	<b>4613 (100%)</b>	<b>5052 (100%)</b>	<b>998 (100%)</b>	<b>5750 (100%)</b>	<b>16413 (100%)</b>

**Legenda:**

esp 4C= esposti nei 4 comuni

esp TO= esposti comune di Torino

n.esp 4C= non esposti nei 4 comuni

n.esp.TO= non esposti nel comune di Torino

La distribuzione dei ricoveri cardiorespiratori per istruzione è riportata in tabella 2.22. Si conferma la maggiore istruzione dei torinesi non esposti e quindi l'utilità di un approfondimento di analisi per istruzione.

**Tab. 2.22 Ricoveri ospedalieri nella popolazione in studio, per istruzione ed esposizione. Cause cardio-respiratorie (ICD IX 460-519). In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna.**

Istruzione	Esposti		Non esposti		Totale
	Comuni della cintura	Torino	Comuni della cintura	Torino	
Laurea e diplom	480 (10.9%)	991 (20.1%)	108 (11.2%)	1274 (22.5%)	2853 (17.8%)
Medie e Professionale	1380 (31.2%)	1633 (33.1%)	268 (27.7%)	1923 (34.0%)	5204 (32.5%)
Elementari o meno	2563 (58.0%)	2317 (46.9%)	593 (61.2%)	2467 (43.6%)	7940 (49.6%)
<b>Totale</b>	<b>4423 (100%)</b>	<b>4941 (100%)</b>	<b>969 (100%)</b>	<b>5664 (100%)</b>	<b>15997 (100%)</b>

**Legenda:**

esp 4C= esposti nei 4 comuni

esp TO= esposti comune di Torino

n.esp 4C= non esposti nei 4 comuni

n.esp.TO= non esposti nel comune di Torino

**Nota:** Frequenza dati mancanti = 416

Gli istituti di ricovero presso cui si sono verificati i ricoveri in studio sono riportati, in ordine di frequenza, in tabella 2.23 - 2.24.

Tab. 2.23 Ricoveri ospedalieri nella popolazione in studio, per istituto ed esposizione. Tutte le cause in studio (ICD IX 460-519 + 800-999). In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna.

Istituto	Esposti	Non esposti	Totale
OSPEDALE S. GIOVANNI BATTISTA MOLINETTE TORINO	2761 (21.9%)	3584 (40.0%)	6345 (29.5%)
AZIENDA OSPEDALIERAS. LUIGI-ORBASSANO	3385 (26.9%)	1203 (13.4%)	4588 (21.3%)
OSPEDALE MAURIZIANO UMBERTO I -TORINO	1205 (9.6%)	2104 (23.5%)	3309 (15.4%)
OSPEDALE MARTINI TORINO	2594 (20.6%)	431 (4.8%)	3025 (14.0%)
CENTRO TRAUMATOLOGICO ORTOPEDICO TORINO	728 (5.8%)	837 (9.4%)	1565 (7.3%)
OSPEDALE DEGLI INFERMI-RIVOLI	950 (7.6%)	101 (1.1%)	1051 (4.9%)
OSPEDALE MARIA VITTORIA-TORINO	339 (2.7%)	172 (1.9%)	511 (2.4%)
OSPEDALE INFANTILE REGINA MARGHERITA TORINO	229 (1.8%)	175 (2.0%)	404 (1.9%)
OSPEDALE TORINO NORD EMERGENZA S. GIOVANNI BOSCO TORINO	121 (1.0%)	83 (1.0%)	204 (0.9%)
OSPEDALE S. CROCE MONCALIERI	51 (0.4%)	70 (0.8%)	121 (0.6%)
CASA DI CURA CELLINI-TORINO	59 (0.5%)	45 (0.5%)	104 (0.5%)
PRESIDIO GRADENIGO TORINO	39 (0.3%)	37 (0.4%)	76 (0.4%)
OSPEDALE AMEDEO DI SAVOIA-TORINO	40 (0.3%)	35 (0.4%)	75 (0.3%)
OSPEDALE MAGGIORE CHIERI	21 (0.2%)	25 (0.3%)	46 (0.2%)
OSP. OSTETRICO GINECOLOGICO S. ANNA-TORINO	18 (0.1%)	13 (0.1%)	31 (0.1%)
CASA DI CURA VILLA MARIA PIA TORINO	17 (0.1%)	12 (0.1%)	29 (0.1%)
OSPEDALE OFTALMICO TORINO	16 (0.1%)	13 (0.1%)	29 (0.1%)
PRESIDIO COTTOLENGO TORINO	6 (0.1%)	3 (0.03%)	9 (0%)
OSPEDALE DERMATOLOGICO S. LAZZARO TORINO	3 (0.02%)	3 (0.03%)	6 (0%)
I.R.C.C./FONDAZIONE PIEMONTE ONCOLOGIA CANDIOLO	3 (0.02%)	2 (0.02%)	5 (0%)
IST. CHIR. ORTOPEDICO REGINA MARIA ADELAIDE di TO	2 (0.02%)	2 (0.02%)	4 (0%)
Totale	12587 (100%)	8950 (100%)	21537 (100%)

**Tab. 2.24 Ricoveri ospedalieri nella popolazione in studio, per istituto e comune di residenza. Tutte le cause in studio (ICD IX 460-519 + 800-999)**

<b>Istituto</b>	<b>Torino</b>	<b>Grugliasco</b>	<b>Orbassano</b>	<b>Beinasco</b>	<b>Rivalta</b>	<b>Totale</b>
OSPEDALE S.GIOVANNI. BATTISTA MOLINETTE TORINO	5677 (39.8%)	416 (16.1%)	92 (5.2%)	109 (6.2%)	51 (4.4%)	6345 (29.5%)
AZIENDA OSPEDALIERA S. LUIGI-ORBASSANO	484 (3.4%)	369 (14.3%)	1462 (82.2%)	1398 (79.8%)	875 (76.7%)	4588 (21.3%)
OSPEDALE MAURIZIANO UMBERTO I TORINO	3026 (21.2%)	169 (6.5%)	40 (2.2%)	51 (2.9%)	23 (2.0%)	3309 (15.4%)
OSPEDALE MARTINI TORINO	2461 (17.2%)	543 (21.0%)	10 (0.6%)	7 (0.4%)	4 (0.3%)	3025 (14.0%)
CENTRO TRAUMATOLOGICO ORTOPEDICO TORINO	1286 (9.0%)	131 (5.1%)	48 (2.7%)	56 (3.2%)	44 (3.9%)	1565 (7.3%)
OSPEDALE DEGLI INFERMI-RIVOLI	117 (0.8%)	787 (30.4%)	51 (2.9%)	34 (1.9%)	62 (5.4%)	1051 (4.9%)
OSPEDALE MARIA VITTORIA-TORINO	404 (2.8%)	62 (2.4%)	11 (0.6%)	18 (1.0%)	16 (1.4%)	511 (2.4%)
OSPEDALE INFANTILE REGINA MARGHERITA TORINO	249 (1.7%)	50 (1.9%)	36 (2.0%)	41 (2.3%)	28 (2.5%)	404 (1.9%)
OSPEDALE TORINO NORD EMERGENZA S GIOVANNI BOSCO TORINO	149 (1.0%)	21 (0.8%)	13 (0.7%)	11 (0.6%)	10 (0.9%)	204 (0.9%)
OSPEDALE S. CROCE MONCALIERI	94 (0.7%)	2 (0.1%)	8 (0.5%)	11 (0.6%)	6 (0.5%)	121 (0.6%)
CASA DI CURA CELLINI-TORINO	87 (0.6%)	8 (0.3%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	7 (0.6%)	104 (0.5%)
PRESIDIO GRADENIGO TORINO	67 (0.5%)	3 (0.1%)	0 (0%)	4 (0.2%)	2 (0.2%)	76 (0.4%)
OSPEDALE AMEDEO DI SAVOIA-TORINO	54 (0.4%)	13 (0.5%)	0 (0%)	4 (0.2%)	4 (0.4%)	75 (0.3%)
OSPEDALE MAGGIORE CHIERI	37 (0.3%)	5 (0.2%)	3 (0.2%)	1 (0.1%)	0 (0%)	46 (0.2%)
OSP.OSTETRICO GINECOLOGICO S. ANNA-TORINO	25 (0.2%)	1 (0%)	1 (0.1%)	2 (0.1%)	2 (0.2%)	31 (0.1%)
CASA DI CURA VILLA MARIA PIA-TORINO	21 (0.2%)	1 (0%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	5 (0.4%)	29 (0.1%)
OSPEDALE OFTALMICO TORINO	21 (0.2%)	4 (0.2%)	1 (0.1%)	1 (0.1%)	2 (0.2%)	29 (0.1%)
PRESIDIO COTTOLENGO TORINO	7 (0.1%)	2 (0.1%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	9 (0%)
OSPEDALE DERMATOLOGICO S. LAZZARO TORINO	5 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	1 (0.1%)	0 (0%)	6 (0%)
I.R.C.C./FONDAZIONE DEL PIEMONTE PER L'ONCOLOGIA CANDIOLO	3 (0%)	1 (0%)	1 (0.1%)	0 (0%)	0 (0%)	5 (0%)
IST. CHIR. ORTOP. REGINA MARIA ADELAIDE TORINO	4 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	0 (0%)	4 (0%)
<b>Totale</b>	<b>14278 (100%)</b>	<b>2588 (100%)</b>	<b>1779 (100%)</b>	<b>1751 (100%)</b>	<b>1141 (100%)</b>	<b>21537 (100%)</b>

## 2.8 Metodi statistici utilizzati

### 1. Metodo “difference in differences” (DID)

*Differenza nelle differenze (Difference in Differences, DID)*

*L'effetto di un determinato inquinante può essere calcolato mediante una “doppia differenza”, una differenza nel tempo (pre-post) e una differenza fra soggetti (esposti e non esposti). Nella sua forma più semplice questo metodo richiede soltanto dati aggregati sulla dimensione scelta come variabile risultato: non sono necessarie variabili di controllo o dati individuali. Se il valore medio della variabile risultato è disponibile per gli esposti e per i non esposti all'effetto dell'inceneritore, in almeno due periodi, questo metodo produce stime dell'effetto più plausibili di quelle basate su una singola differenza (nel tempo o tra soggetti).*

Per verificare se vi siano state differenze tra gli accessi in pronto soccorso tra il periodo prima dell'avvio dell'impianto (pre) ed il periodo dopo l'avvio dell'impianto (post), è stato fatto un confronto delle differenze di accessi in pronto soccorso tra esposti e non esposti prima e dopo l'avvio dell'impianto. Un semplice confronto tra tassi non avrebbe fatto giungere a conclusioni forti, in quanto occorre associare a tali differenze un test statistico. Per valutare l'impatto dell'avvio dell'impianto sugli accessi in pronto soccorso si è usato il metodo delle “difference in differences” (DID), adatto per studi di tipo osservazionale (Abadie2005, Wooldridge 2007). E' una tecnica che permette il confronto del cambiamento di un esito prima e dopo un intervento sia in un gruppo di esposti e sia in un gruppo di non esposti. L'idea generale è che, anche se i gruppi di esposti e non esposti hanno differenti livelli al baseline (prima dell'intervento) e assumendo che la tendenza in caso di non intervento (in questo caso non costruzione dell'impianto) sia uguale nei due gruppi, allora la differenza di cambiamento dell'esito (accessi in pronto soccorso) tra i gruppi di esposti e non esposti sia una stima dell'effetto dell'intervento (messa in funzione dell'impianto). Il modello lineare di tipo DID è il seguente

$$Y = \beta_0 + \beta_1 T + \beta_2 P + \beta_3 (T \times P) + \beta_4 E + \varepsilon$$

dove T è una variabile dicotomica indicante il gruppo (T=0 non esposti, T=1 esposti), P è una variabile dicotomica indicante il periodo (P=0 pre e P=1 post), (TxP) è l'interazione tra il gruppo ed il periodo, E è una variabile di controllo indicante la classe di età. Il coefficiente  $\varepsilon$  rappresenta la stima DID che quantifica le differenze nelle medie all'interno dei gruppi pre-post tra il gruppo degli esposti e quello dei non esposti. A causa della natura dei dati (tassi di accessi

in pronto soccorso) è stato testato prima un modello di Poisson, poi, dal momento che i dati presentavano sovra dispersione, si è passati ad un modello di tipo binomiale-negativo.

## **2. Analisi episodi superamenti a camino**

Una delle analisi di maggior interesse della popolazione riguarda gli effetti sugli esiti sanitari degli episodi acuti di superamento dei limiti emissivi. Data la scarsa numerosità di tali episodi non ne è possibile un'analisi statistica completa. Pur essendo al di sotto dei limiti di legge, sono stati analizzati i momenti di "picco" delle emissioni a camino di alcuni inquinanti. E' stato quindi definito come "picco" della serie analizzata, un livello superiore alla media di tutta la serie più due volte la deviazione standard.

Per la parte di confronto descrittivo tra picchi emissivi e accessi in pronto soccorso è stato valutato se nei 5 giorni successivi ad un picco emissivo vi fosse un 'elevato' numero di accessi in pronto soccorso. Sono state definite 2 soglie:

- 1) superamenti della "media più due deviazioni standard" del periodo di 30 giorni (eccezione fatta per il Hg in cui si è utilizzata "media più una deviazione standard");
- 2) superamenti superiori al terzo quartile della distribuzione nei 30 giorni più 1,5 volte il range interquartile (definizione standard di valore anomalo di una distribuzione di dati).

## **3. Studio di serie temporali**

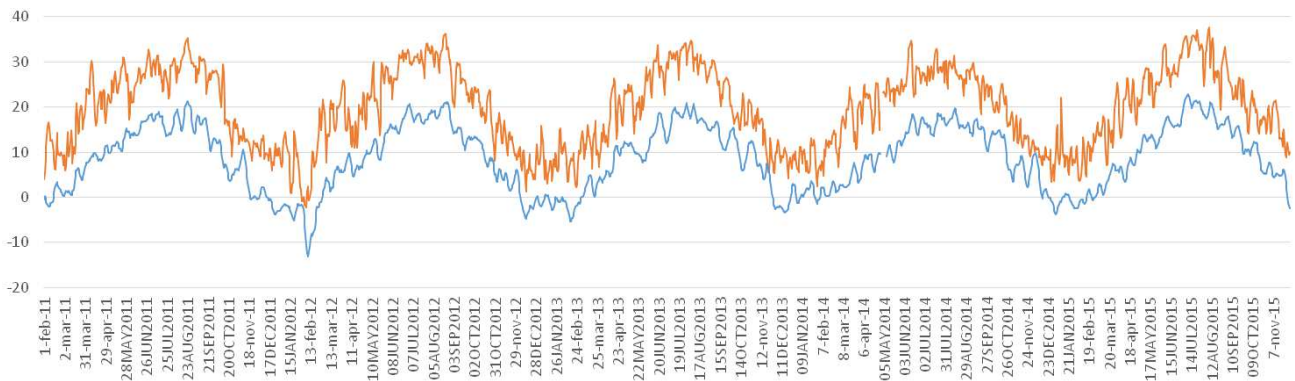
Un discorso più approfondito sui metodi riguarda l'ultima parte di analisi. Per gli effetti a breve termine dell'NO<sub>2</sub> sugli esiti in pronto soccorso o ricovero ospedaliero, sono stati utilizzati sia il modello di studio di serie temporali classico, sia il modello case-crossover (Stafoggia, 2009), largamente utilizzato nello studio EPIAIR, con scelta finale per la presentazione dei risultati di quest'ultimo. L'analisi di serie temporali è stata condotta per la ricerca della significatività del termine di interazione tra periodo e inquinante, con un Modello Additivo Generalizzato (GAM), con 1 grado di libertà per settimana, aggiustato per le variabili confondenti. L'analisi delle serie giornaliere di eventi sanitari in relazione alla concentrazione degli inquinanti con approccio case-crossover con interazione tripla (Stafoggia, 2009) è stata condotta applicando un modello lineare generalizzato (GLM) secondo *Poisson* con parametro di sovra-dispersione che permette di studiare l'associazione tra esposizione ed esiti sanitari a differenti latenze temporali (*lag*), controllando allo stesso tempo il confondimento di fattori tempo-dipendenti legati sia all'inquinante che all'esito in studio.



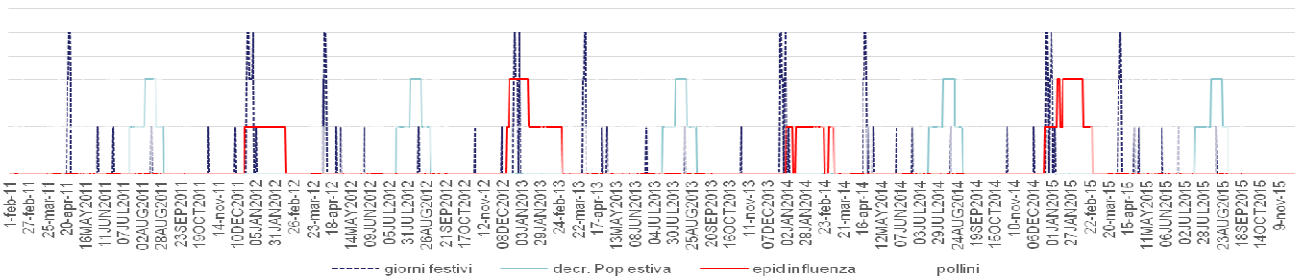
I risultati sono espressi come incrementi percentuali del rischio di evento sanitario (accesso al Pronto Soccorso o ricovero) associati a incrementi giornalieri di 10 µg/m<sup>3</sup> delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>. Come misura di esposizione per l'analisi è stata scelta la dose media dell'inquinante nello stesso giorno e nei 5 giorni precedenti gli eventi osservati (*lag* 0-5).

Sono state ricostruite le serie giornaliere di dati meteorologici di temperatura, umidità relativa, come di consueto negli studi di serie temporali degli effetti dell'inquinamento atmosferico (Berti, 2009). Tali parametri sono importanti per controllare il confondimento dovuto agli andamenti stagionali delle serie giornaliere di inquinanti e l'effetto delle temperature estreme (alte o basse), particolarmente rilevanti negli anziani e nei bambini. L'inserimento delle temperature nel modello permette inoltre di vedere una relazione più pulita tra inquinante ed esito. In inverno, ad esempio, nei giorni più freddi, spesso aumenta il numero di accessi in pronto soccorso per malattie cardio-respiratorie, ma allo stesso tempo aumenta il valore degli inquinanti a causa della diminuzione dello strato limite (diminuisce il volume in cui avviene il fenomeno di rimescolamento degli inquinanti provenienti da diverse sorgenti emmissive). Nella figura 2.18 è riportato l'andamento delle temperature massime e minime nel periodo. Nella figura 2.19 è riportato l'andamento delle concentrazioni polliniche, dei periodi influenzali, delle festività e di decremento della popolazione.

**Fig. 2.18 Andamento della temperatura massima e minima registrata nel periodo**



**Fig. 2.19 Andamento dei periodi pollinici, influenzali, festività e di decremento della popolazione**



Nel modello di analisi di serie temporali sono stati quindi inseriti i dati relativi agli altri possibili confondenti della relazione inquinamento-esiti sanitari, quali:

1. *epidemie di influenza*: definita in 3 livelli, a partire dagli accessi in pronto soccorso per influenza (ICD 9 487).
  - (0=nessuna epidemia; 1= epidemia moderata; 2=epidemia grave);
  - Se il computo giornaliero di casi era >10 il valore è stato posto a 2, altrimenti se era compreso tra 6 e 10 il valore è stato posto a 1. Altrimenti il valore è stato posto a 0. Su tale indice è stata poi applicata una tecnica di lisciamenti spline per stabilizzare i periodi.
2. *periodi di decremento della popolazione* che sono in grado di diminuire il numero di eventi in ospedale/Pronto Soccorso, suddiviso in 3 livelli in base all'andamento degli accessi:
  - (0=nessun decremento; 1= decremento moderato; 2=decremento rilevante);
  - (1=dal 16/7 al 31/8; 2= dal 8/8 al 22/8 compresi, altrimenti = 0).
3. il *giorno della settimana*, dato che alcuni esiti sanitari sono maggiori il sabato e la domenica e altri maggiori negli altri giorni della settimana (il metodo che utilizza l'interazione tripla tiene già conto di questa dimensione, vedi paragrafo 2.8) (Cadum, 2013);
  - giorni numerati da 1 (lunedì) a 7 (domenica).
4. le *festività* (maggiori festività, periodi festivi di 'ponte', altre feste nazionali);
  - 3= Natale, Pasqua, 2= ponti intorno a Natale e Pasqua, 1=altre festività, 0: non festivo
5. *concentrazioni polliniche* (variabile poi esclusa dal modello perché non significativa);
6. *ondate di calore* (variabile poi esclusa dal modello perché non significativa);
7. *temperatura*, introdotta nel modello sia come massima (a lag 0-1 con 3 gradi di libertà), sia come minima (a lag 1-6 con 3 gradi di libertà) (Cadum, 2013);
8. *pioggia* (mm al giorno registrati nelle centraline)
9. *umidità relativa* (variabile poi esclusa dal modello perché non significativa).

Un approfondimento ulteriore ha riguardato un approccio sempre di tipo serie temporali, in cui al posto dei dati delle centraline sono stati utilizzati i dati di emissione a camino. Con tale approccio si sono utilizzati sempre modelli lineari generalizzati (glm) in cui si suppone che l'aria respirata dalla popolazione sia esattamente quella emessa a camino. L'obiettivo è quello di analizzare un'ipotetica relazione di tali emissioni con gli outcome in studio dal momento che la centralina Aldo Mei (corrispondente al punto di massima ricaduta) non ha sin'ora rilevato incrementi negli inquinanti in coincidenza di situazioni di 'picco' nei dati di emissione a camino. In tali modelli si è considerato solo il lag 0-1 per evidenziare un possibile effetto immediato tra incremento nelle emissioni e accessi in pronto soccorso. Sono stati utilizzati gli stessi confondenti utilizzati nel modello precedente, fatta eccezione per le variabili meteorologiche. L'esclusione è dovuta al fatto che la variazione dello stato di rimescolamento si può considerare ininfluente se si prendono i valori emessi (non ci sono evidenze di una stagionalità nel comportamento delle emissioni, legate semmai al tipo di rifiuto conferito nell'impianto). L'assenza di componente stagionale nelle emissioni ha portato a fare le analisi sull'intero periodo, senza approfondimenti con suddivisione tra mesi estivi e mesi invernali.

Dai grafici sulle serie temporali di emissioni è evidente come i dati siano stati più variabili in fase di avvio dell'impianto. Per rendere più robusti i risultati è stato adottato un approccio glm di tipo robust, in cui valori anomali (outliers) contribuiscono in maniera inferiore alla stima. Il software SAS (v.9.2) è stato utilizzato sia per la creazione di archivi di analisi che per le analisi DID. Le analisi di serie temporali invece sono state svolte in linguaggio R (v.3.3.1).

### 3. RISULTATI

#### 3.1. Analisi 1. Tassi di accesso al pronto soccorso pre e post accensione dell'impianto, nella popolazione esposta e in quella non esposta (approccio *Difference in differences*)

##### Introduzione

Nell'analisi 1 sono stati confrontati i tassi di accesso al pronto soccorso della popolazione in studio, nel periodo pre verso il periodo post, distintamente tra la popolazione esposta e non esposta, con i relativi rapporti tra tassi (rischi) e rapporti tra questi rischi così ottenuti.

Per la descrizione della coorte in studio si vedano le tab. 3.1 e 3.2.

Tab 3.1 Popolazione in studio per fascia di età. I periodo: confronto tra le 4 categorie di esposizione

Classe di età		esp	nesp4c	nespto	Totale
0-14	Frequenza	2585,	233,	1305,	4123
	<i>Pct riga</i>	62.70,	5.65,	31.65,	
	<i>Pct col</i>	21.27,	18.90,	19.37,	
15-49	Frequenza	2227,	258,	1125,	3610
	<i>Pct riga</i>	61.69,	7.15,	31.16,	
	<i>Pct col</i>	18.33,	20.92,	16.70,	
50-64	Frequenza	2045,	246,	1158,	3449
	<i>Pct riga</i>	59.29,	7.13,	33.57,	
	<i>Pct col</i>	16.83,	19.95,	17.19,	
65-74	Frequenza	2509,	252,	1404,	4165
	<i>Pct riga</i>	60.24,	6.05,	33.71,	
	<i>Pct col</i>	20.65,	20.44,	20.84,	
75-84	Frequenza	2354,	208,	1439,	4001
	<i>Pct riga</i>	58.84,	5.20,	35.97,	
	<i>Pct col</i>	19.37,	16.87,	21.36,	
85+	Frequenza	432,	36,	307,	775
	<i>Pct riga</i>	55.74,	4.65,	39.61,	
	<i>Pct col</i>	3.55,	2.92,	4.56,	
Totale	Frequenza	12152	1233	6738	20123
	<i>Percentuale</i>	60.39	6.13	33.48	100.00

Nota: **esp**: esposti complessivi; **nesp4c**: non esposti nei 4 comuni della cintura; **nespto**: non esposti, Torino

Tab 3.2 Popolazione in studio per fascia di età. II periodo: confronto tra le 4 categorie di esposizione

Classe di età		esp	nesp4c	nespto	Totale
0-14	Frequenza	1288	117	611	2016
	<i>Pct riga</i>	63.9%	5.8%	30.3%	100%
	<i>Pct col</i>	9.5%	8.9%	8.7%	
15-49	Frequenza	2123	251	1021	3395
	<i>Pct riga</i>	62.53%	7.39%	30.07%	
	<i>Pct col</i>	15.65%	19.06%	14.53%	
50-64	Frequenza	2288	231	1166	3685
	<i>Pct riga</i>	62.09%	6.27%	31.64%	
	<i>Pct col</i>	16.86%	17.54%	16.60%	
65-74	Frequenza	3037	311	1481	4829
	<i>Pct riga</i>	62.89%	6.44%	30.67%	
	<i>Pct col</i>	22.39%	23.61%	21.08%	
75-84	Frequenza	3670	319	2030	6019
	<i>Pct riga</i>	60.9%7	5.30%	33.73%	
	<i>Pct col</i>	27.05%	24.22%	28.89%	
85+	Frequenza	1161	88	717	1966
	<i>Pct riga</i>	59.05%	4.48%	36.47%	
	<i>Pct col</i>	8.56%	6.68%	10.20%	
Totale	Frequenza	13567	1317	7026	21910
	<i>Percentuale</i>	61.92	6.01	32.07	100.00

Nota: **esp**: esposti complessivi; **nesp4c**: non esposti nei 4 comuni della cintura; **nespto**: non esposti, Torino

Sono di seguito riportati i rapporti tra i tassi (Rate ratio, o comparative morbidity Figure, CMF) rilevati tra gli esposti verso i non esposti rispettivamente a Torino e nei 4 comuni della cintura (tab. 3.3, 3.4 e 3.5).

La tabella 3.3 mostra come i soggetti non esposti residenti nei 4 comuni della cintura abbiano una maggiore propensione al ricovero in pronto soccorso (vedi i tassi standardizzati per età) sia rispetto agli esposti sia rispetto ai non esposti residenti a Torino sia nel periodo pre sia nel periodo post accensione dell'impianto.

**Tab 3.3 Rapporti tra tassi di accesso (standardizzati per età) al pronto soccorso tra esposti e non esposti**

periodo	esposizione	Tasso std (x 100.000)	Tasso std 95% i.c	Rate ratio (CMF) (esp/nesp)	Rate ratio 95% i.c
PRE	esp	3871.2	3654.7-4087.7		
PRE	nesp4c	4577.1	3719.8-5434.3	0,85	0,70-1,03
PRE	nespto	3362.3	3114.6-3610.0	1,15	1,05-1,26
POST	esp	4151.3	3937.5-4365.1		
POST	nesp4c	4738.3	3939.6-5537.1	0,88	0,73-1,05
POST	nespto	3307.6	3070.2-3545.1	1,26	1,15-1,37

Nota: **esp**: esposti complessivi; **nesp4c**: non esposti nei 4 comuni della cintura; **nespto**: non esposti, Torino

La tabella 3.4 mostra come nel periodo post accensione i ricoveri in pronto soccorso tra i torinesi sono andati aumentando sia tra gli esposti (aumento del tasso del 7,2%) sia tra i non esposti (aumento del tasso del 1,6%).

**Tab 3.4 Rapporto tra i tassi standardizzati per età (CMF Comparative Morbidity Figure) per periodo (post verso pre): esposti e non esposti - Torino**

periodo	esposizione	Tasso std (x 100.000)	Tasso std 95% i.c	Rate ratio (CMF) POST/PRE
POST	esp	4151.3	3937.5-4365.1	
PRE	esp	3871.2	3654.7-4087.7	1.072
POST	nespto	3362.3	3114.6-3610.0	
PRE	nespto	3307.6	3070.2-3545.1	1,016

Nota: **esp**: esposti complessivi; **nespto**: non esposti, Torino

La tabella 3.5 mostra infine come nel periodo post accensione anche i ricoveri in pronto soccorso tra i residenti nei comuni della cintura sono andati aumentando sia tra gli esposti (aumento del tasso del 7,2%) sia tra i non esposti (aumento del tasso del 3,5%).

**Tab 3.5 Rapporto tra i tassi standardizzati per età (CMF) per periodo (post verso pre): esposti e non esposti - 4 comuni**

periodo	esposizione	Tasso std (x 100.000)	Tasso std 95% i.c	Rate ratio (CMF) POST/PRE
POST	esp	4151.3	3937.5-4365.1	
PRE	esp	3871.2	3654.7-4087.7	1.072
POST	Nesp4C	4738.3	3939.6-5537.1	
PRE	Nesp4C	4577.1	3719.8-5434.3	1.035

Nota: **esp**: esposti complessivi; **nesp4c**: non esposti nei 4 comuni della cintura

## **Risk Ratio**

Sono di seguito riportati i confronti sui rapporti tra i rischi (Risk Ratio) rilevati tra gli esposti verso i non esposti rispettivamente a Torino e nei 4 comuni della cintura nei periodi POST/PRE indagati (Rischi estratti dalla Tab 3.4 e 3.5).

Risk Ratio (POST/PRE) di accesso al pronto soccorso negli Esposti verso non esposti (residenti a Torino, Tab 3.4)

$$1,072 / 1,016 = 1,055$$

Risk Ratio (PRE/POST) di accesso al pronto soccorso negli Esposti verso i non esposti (residenti nei 4 comuni della cintura, Tab 3.5):

$$1,072 / 1,035 = 1,036$$

Il dato indica che nel periodo successivo all'accensione dell'impianto si è verificato un aumento generalizzato dell'accesso al pronto soccorso in tutte le categorie, ma in misura maggiore negli esposti rispetto ai non esposti.

Va rilevato tuttavia come la propensione dell'accesso al pronto soccorso tra i residenti nei comuni della cintura metropolitana (in cui sono collocati gli esposti) sia maggiore rispetto ai residenti nel comune di Torino, indipendentemente dalla categoria di esposizione; il tasso è massimo tra i residenti nella cintura fuori dall'area di esposizione rispetto ai residenti entro l'area di esposizione, sia nel periodo PRE sia nel periodo POST.

Tale osservazione depone per la presenza di un fattore presente nella zona di non esposizione della cintura metropolitana considerata e non presente tra i residenti nel comune di Torino, che determina una maggiore inclinazione, tra questi residenti, a rivolgersi alle strutture ospedaliere.

Per vedere se questo aumento di accesso degli esposti sia statisticamente significativo si è proceduto con il test DID (tab. 3.6). Nel modello aggiustato per la variabile età, evitando possibili distorsioni dovute a diverse distribuzioni per fasce di età tra gli esposti e i non esposti, il test non ha evidenziato una differenza statisticamente significativa (p-value=0.3752) (riga evidenziata in grigio scuro nella tabella originale dei risultati dell'analisi), indicando che l'eccesso è da considerarsi casuale.

**Tab 3.6 Analisi difference in differences: stima della significatività statistica.**

Analisi delle stime dei parametri di massima verosimiglianza							
Parametro	DF	Stima	Errore standard	Limiti di confidenza di Wald al 95%		Chi-quadrato di Wald	Pr > ChiQuadr
Intercept	1	-1.6030	0.0805	-1.7607	-1.4453	396.82	<.0001
esp esp	1	0.1391	0.0729	-0.0038	0.2821	3.64	0.0564
esp nespto	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
periodo 0	1	-0.0350	0.0735	-0.1791	0.1092	0.23	0.6345
periodo 1	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
esp*periodo Esp = 0	1	0.0913	0.1029	-0.1105	0.2930	0.79	0.3752
esp*periodo Esp = 1	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
esp*periodo Nespto = 0	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
esp*periodo Nespto = 1	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
età 0-14	1	-0.6911	0.0910	-0.8695	-0.5127	57.65	<.0001
età 15-49	1	-1.8304	0.0904	-2.0076	-1.6532	409.96	<.0001
età 50-64	1	-1.2649	0.0903	-1.4419	-1.0879	196.20	<.0001
età 65-74	1	-0.6613	0.0901	-0.8379	-0.4847	53.88	<.0001
età 75-84	1	-0.1837	0.0900	-0.3601	-0.0074	4.17	0.0412
età 85+	0	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	.	.
Dispersione	1	0.0151	0.0046	0.0083	0.0275		

Nota: **esp**: esposti complessivi; **nesp4c**: non esposti nei 4 comuni della cintura; **nespto**: non esposti, Torino



### **3.2 Analisi 2. Accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino**

In relazione alle emissioni a camino è stata valutata l'entità delle emissioni degli inquinanti utilizzando i dati di flusso di massa dell'impianto (quantità emessa nel tempo). I flussi di massa infatti sono la grandezza che meglio descrive la capacità "inquinante" dell'impianto ed è la più adatta per valutare le correlazioni con eventuali effetti sanitari.

Una delle analisi ha riguardato gli effetti sugli esiti sanitari degli episodi acuti di superamento dei limiti emissivi. Data la scarsa numerosità di tali episodi, che si sono verificati durante il periodo di funzionamento dell'impianto, non è possibile un'analisi statistica completa. Sono stati analizzati i momenti di "picco" delle emissioni a camino di alcuni inquinanti, pur se questi erano al di sotto dei limiti di legge. E' stato quindi definito come "picco" della serie analizzata, un livello superiore alla media di tutta la serie più due volte la deviazione standard (eccezion fatta per il Hg per cui è stato considerata un livello superiore alla media di tutta la serie più una volta la deviazione standard).

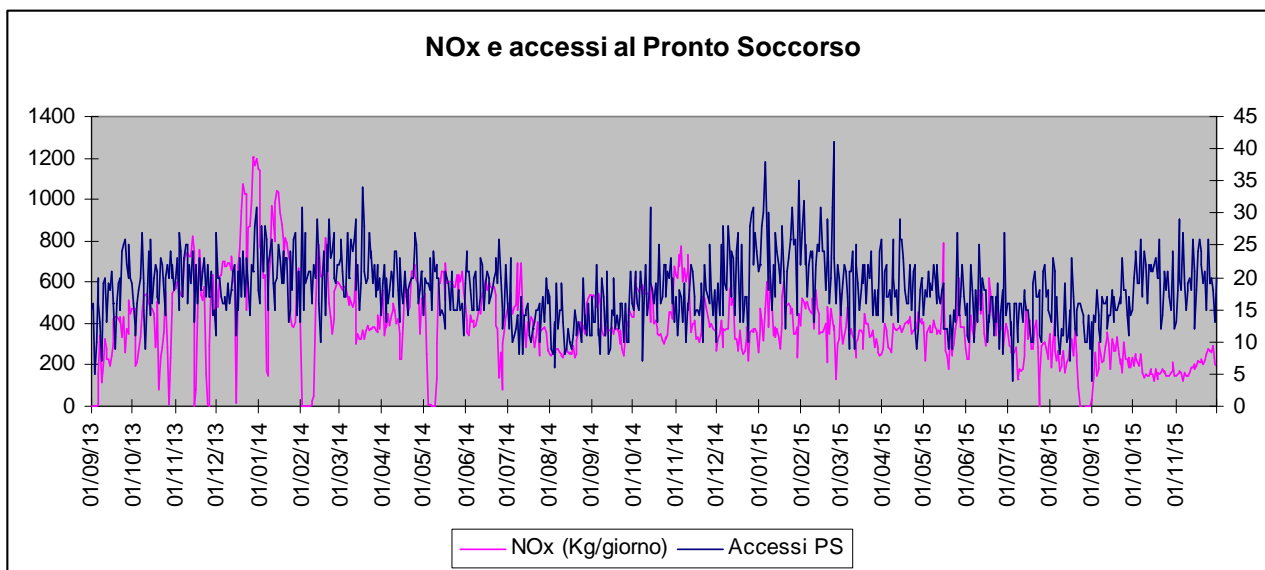
Sono stati pertanto analizzati gli andamenti degli accessi in pronto soccorso della popolazione residente nell'area di ricaduta nei giorni successivi ai picchi, comparando il valore medio degli accessi nel giorno stesso e nei 5 giorni successivi (lag 0-5) al picco, con la media di periodo calcolata nell'intervallo di 30 giorni (15 giorni prima e 15 giorni dopo il picco) (Tab 3.7).

Sono state individuate due soglie:

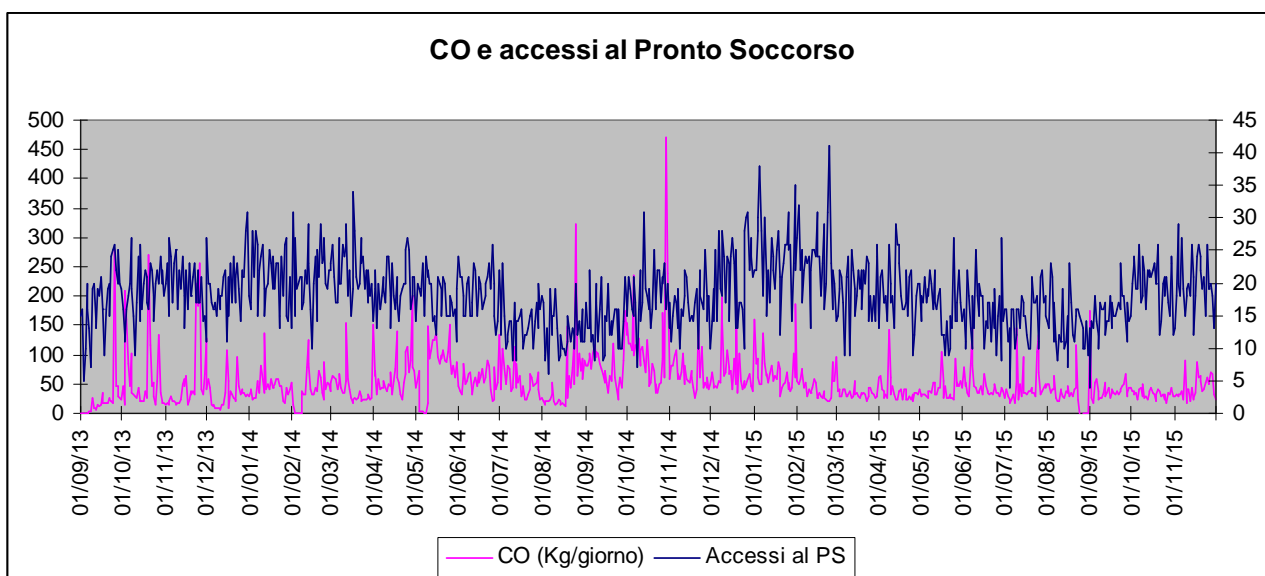
- superamenti semplici della media del periodo di 30 giorni
- superamenti significativi (superiori al terzo quartile della distribuzione nei 30 giorni più 1,5 volte il range interquartile).

Si riportano i grafici dell'andamento degli inquinanti NO<sub>x</sub>, CO e HF, caratterizzati da un picco emissivo e gli accessi al Pronto Soccorso per il periodo in studio, in modo da poter avere un primo confronto visivo fra i due andamenti.

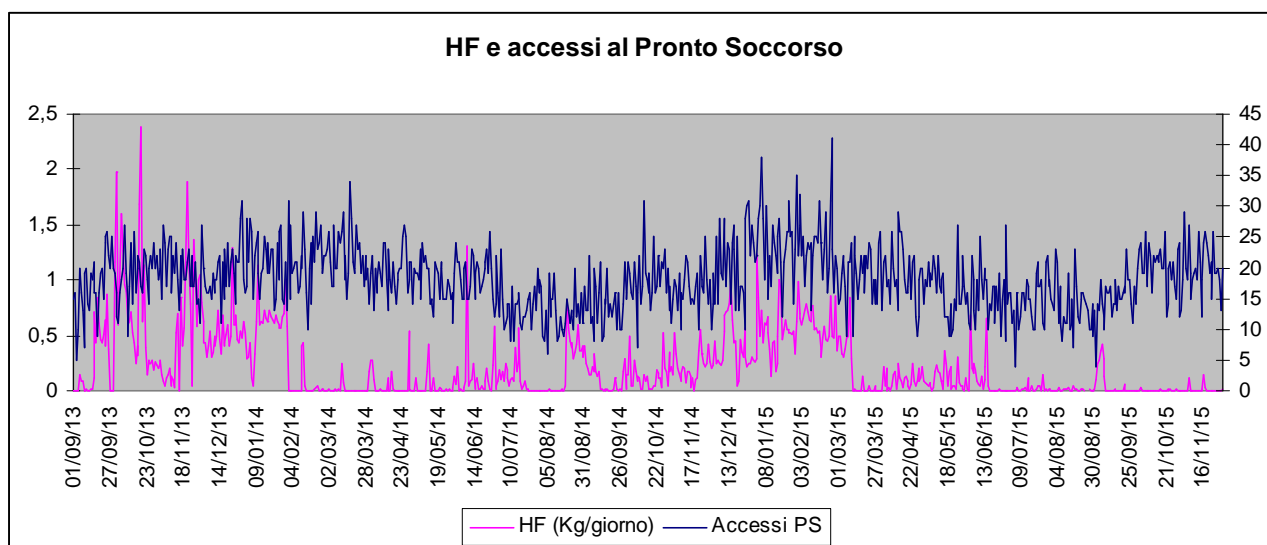
**Fig. 3.1 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di NOx nello stesso periodo**



**Fig. 3.2 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di CO nello stesso periodo**



**Fig. 3.3 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di HF nello stesso periodo**



Nella seguente tabella sono rappresentati i valori degli accessi al Pronto Soccorso nei giorni di picco (numerosità - n a lag0-5, medie e deviazioni standard relative)

**Tab 3.7 Effetti delle emissioni a camino: accessi al Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie tra gli esposti nei giorni successivi agli episodi di "picco".**

Data	Picco	Valore (kg/giorno)	n. PS lag 0-5	PSMedie *	Dev.Std *	PS medi **	Dev.Std **	Valore outlier (>q3+1.5xIQR)
29.12.2013	NO <sub>x</sub>	1160,2	28, <u>31</u> ,18,16, 17,28	23,00	6,69	20,77	4,74	34
30.12.2013	NO <sub>x</sub>	1198,2	<u>31</u> ,18,16, 17,28,21	21,83	6,24	20,71	4,74	34
12.03.2014	CO	154,53	29,18,22,15,19, <u>34</u>	22,83	10,37	22,33	4,16	35
12.03.2014	NH <sub>3</sub>	10,22	29,18,22,15,19, <u>34</u>	22,83	7,25	22,33	4,16	34
09.12.2014	CO	160,09	28,24,17,24,23,14	21,67	5,16	18,90	5,36	38
03.01.2015	HF	0,84	28,30,38,28,18,30	28,67	6,41	23,00	6,15	42
18.01.2015	HF	1,01	28,21,12,21,23,26	21,83	5,56	24,13	5,85	38
23.02.2015	HF	0,86	31, <u>41</u> ,23,16,22,20	25,50	9,05	21,77	6,17	33

Note:

\* calcolo sul periodo di 5 gg successivi al picco

\*\* calcolo sul periodo di 30 gg (15 gg prima e 15 gg dopo il picco)

In carattere sottolineato il numero di accessi al P.S. superiori alla media del periodo calcolata sui 30 giorni (quindici prima e quindici dopo il valore in analisi) più due volte la Deviazione Standard.

In **grassetto e sottolineato** i valori che superano il "valore outlier", con test non parametrico.

Complessivamente non si osservano eccessi perduranti di ricovero nei giorni successivi a picchi di emissioni rispetto alle medie sia sui 5 giorni sia sui 30 giorni a cavallo del picco. In soli 2 casi (sugli 8 considerati) si e' osservato un picco di accessi superiore al valore outlier posto

come limite: al 5° giorno successivo all'episodio del 12.03.2014 e al 2° giorno successivo all'episodio del 23.02.2015.

La sporadicità di tali superamenti (presenti anche in altri periodi non di picco emissivo) non dipende per una influenza dei picchi emissivi sulla propensione al ricovero della popolazione esposta.

### **Superamenti delle emissioni di mercurio**

Uno dei principali problemi riscontrati nel funzionamento dell'inceneritore di Torino è stato, in varie occasioni, il superamento dei valori limite di mercurio alle emissioni.

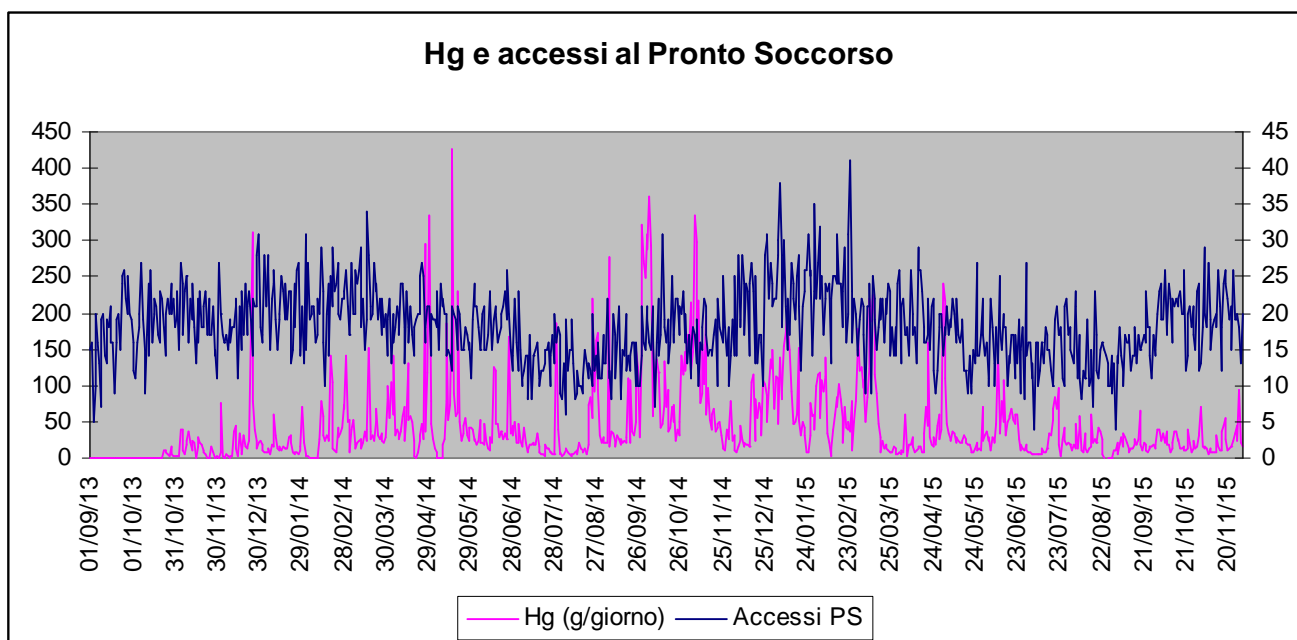
Anche per il mercurio (tab. 3.8) sono stati pertanto analizzati gli andamenti dei ricoveri in pronto soccorso della popolazione residente nell'area di ricaduta nei giorni successivi ai picchi, definiti in questo caso come superamenti del valore limite posto dall'AIA di 100 g/giorno comparando il valore medio degli accessi nel giorno stesso e nei 5 giorni successivi (lag 0-5) al picco verso la media di periodo calcolata su un periodo di 30 giorni (15 giorni prima e 15 giorni dopo il picco).

Sono state individuate 2 soglie:

- 1) superamenti semplici della media del periodo di 30 giorni;
- 2) superamenti significativi (superiori ad un valore outlier pari al valore del terzo quartile della distribuzione nei 30 giorni più 1,5 volte il range interquartile).

Il valore soglia di superamento significativo (valore outlier) è stato desunto dalla distribuzione dei valori stessi nel periodo di 30 gg.

Fig. 3.4 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di Hg nello stesso periodo



Tab. 3.8. Effetti dei picchi di emissioni di Mercurio (Hg) a camino: numero di accessi al Pronto Soccorso (n. PS) per cause cardio-respiratorie tra gli esposti nei giorni successivi agli episodi di “picco”, media, dev. Std e confronto con la media di periodo

Data	Picco	Valore (g/giorno)	n. PS lag 0-5	PS medie *	Dev.Std *	PS medi **	Dev.Std **	1	2	Valore outlier (>q3+1.5xIQR)
18.03.2014	Hg	151,51	<u>28</u> ,21,19,20, <u>27</u> ,23	23	3,74	21,60	4,51	26.11	30.6	31
25.12.2014	Hg	101,38	28, <u>30</u> , <u>31</u> ,22,27,24	27	3,46	22,87	6,40	29.27	35.67	43
05.01.2015	Hg	138,14	<u>38</u> ,28,18, <u>30</u> ,21,15	25	8,58	23,33	5,93	29.26	35.19	41
08.01.2015	Hg	153,1	<u>30</u> ,21,15,22,17,27	22	5,73	23,53	5,92	29.45	35.37	38
18.01.2015	Hg	151,26	28,21,12,21,23,26	21,83	5,56	24,13	5,85	29.98	35.83	38
02.02.2015	Hg	118,23	<u>32</u> ,22,25,17,22,24	23,67	4,93	23,77	5,16	28.93	34.09	32

Note:

\*media dei 5 gg successivi al picco (più il giorno stesso del picco)

\*\*media di periodo su 30 gg (15 gg prima e 15 gg dopo il picco)

1. MEDIA + DEVIATION STANDARD

2. MEDIA + (2\*DEVIATION STANDARD)

In carattere sottolineato il numero di accessi al P.S. superiori alla media del periodo calcolata sui 30 giorni (quindici prima e quindici dopo il valore in analisi) più due volte la Deviazione Standard.

In **grassetto e sottolineato** i valori che superano il “valore outlier”, con test non parametrico.

Per il mercurio si è assistito ad un solo giorno con numero di accessi al pronto soccorso pari al valore outlier sui 6 episodi considerati (episodio del 2.2.2015), indicando che si è trattato di un riscontro occasionale.

### **3.3. Analisi 3. Risultati approccio case – crossover nella popolazione esposta e non esposta, prima e dopo l'accensione dell'impianto**

La popolazione di riferimento non esposta, definita in tabella “**non esposti TO**” è costituita dalla popolazione di Torino prossima sia all'area di esposizione sia alla centralina Torino Lingotto, con perimetro limitato pertanto dall'asse corso Peschiera-Via Giordano Bruno (Quartieri Nizza Millefonti e Mirafiori). Un secondo gruppo di popolazione non esposta, definita in tabella “**non esposti 4C**” è dato dalla popolazione residente nei quattro comuni coinvolti nello studio, ma non ricompresa nell'area di ricaduta dei metalli pesanti.

I risultati sono riportati per l'NO<sub>2</sub> in quanto è l'unico inquinante monitorato nella centralina Aleramo (posta nell'area di ricaduta dei metalli pesanti) anche prima dell'accensione dell'impianto, permettendo quindi un confronto pre-post. A suffragare tale ipotesi si può notare come la correlazione con il PM<sub>10</sub> non sia particolarmente elevata nelle centraline (rispettivamente 0.747 per la centralina Aldo Mei, 0.772 per la centralina Lingotto, 0.768 per la centralina Rubino). Le correlazioni sono della stessa entità anche per quanto riguarda la frazione di particolato fine: la correlazione tra NO<sub>2</sub> e PM<sub>2.5</sub> vale rispettivamente 0.741 per la centralina Aldo Mei e 0.759 per la centralina Lingotto. Va considerato infatti che per buona correlazione si intende un valore superiore all'85%.

L'analisi prevista per la mortalità non è stata effettuata per la scarsa numerosità dei dati di mortalità nella popolazione selezionata per lo studio, che ha determinato l'impossibilità di ottenere un modello di analisi sufficientemente stabile sotto il punto di vista statistico (per la mancanza di convergenza del modello di analisi).

#### **Risultati dell'analisi degli Accessi al Pronto Soccorso – NO<sub>2</sub>**

Si riportano di seguito i risultati delle analisi condotte con il modello case crossover con interazione tripla. Sono riportati i rischi di accesso al Pronto Soccorso per patologie cardio-respiratorie, per eventi coronarici acuti, e per cause violente (causa usata come controprova della validità del metodo), all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>. Sono stati fatti alcuni focus sulla popolazione pediatrica e sulla popolazione avente livello di istruzione più basso.

#### ***Risultati complessivi sull'intera popolazione in studio (esposti e non esposti insieme)***

Nelle tabelle di questo capitolo (tab 3.9 – 3.15) sono riportati i risultati riguardanti gli

effetti dell'NO<sub>2</sub> sugli esiti sopra citati, per tutto il periodo in studio e suddivisi tra il periodo prima dell'avvio dell'impianto (PRE) e dopo l'avvio dell'impianto (POST). In generale si può notare come non vi siano differenze statisticamente significative per i due periodi in studio considerando gli accessi in pronto soccorso per patologie cardio-respiratorie (tab. 3.9). Occorre notare che, nella popolazione in studio, gli eventi coronarici acuti sono pochi e pertanto è necessario particolare cautela nell'interpretazione dei risultati (tab. 3.14).

Relativamente ai risultati riguardanti le patologie cardio-respiratorie, non si osservano incrementi di rischio all'aumentare dell'NO<sub>2</sub> anche se si considera il sottogruppo della popolazione con un livello di istruzione inferiore al diploma di scuola media superiore (tab. 3.10). Approfondimento specifico è stato fatto per la popolazione in età pediatrica, in quanto più suscettibile agli effetti dell'inquinamento atmosferico; anche in questo caso non si evidenziano effetti statisticamente significativi né sul periodo intero, né come differenze tra prima e dopo l'accensione dell'impianto (tab. 3.11). Anche l'analisi sulle cause violente (tab. 3.15) non evidenzia effetti statisticamente significativi. Si può notare che in tutte le tabelle il p-value relativo al test d'interazione tra inquinante e periodo non risulta significativo, indicando che i rischi significativi riscontrati sono da considerarsi casuali.

Tab 3.9 Effetti dell'NO<sub>2</sub> per popolazione esposta e non esposta, pre e post avvio dell'impianto.

Variazioni percentuale di rischio per **cause cardio-respiratorie** all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione.

		<b>RR (IC 95%)</b>	<b>p-value</b>
Esposti	TUTTO IL PERIODO	1.55 (-0.37; 3.51)	0.4374
	PRE	-0.17 (-2.72; 2.45)	
	POST	1.74 (-1.31; 4.89)	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	0.46 (-2.46; 3.46)	0.0521
	PRE	1.11 (-2.74; 5.12)	
	POST	-1.26 (-6.19; 3.93)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-0.91 (-3.58; 1.83)	0.0747
	PRE	0.24 (-3.24; 3.85)	
	POST	-3.48 (-8.20; 1.48)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	4.83 (-2.49; 12.71)	0.6523
	PRE	2.24 (-7.43; 12.93)	
	POST	6.29 (-5.24; 19.22)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.10 Analisi per livello di istruzione: titolo di studio inferiore al diploma di scuola media superiore

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	0.22 (-2.25; 2.75)	0.3539
	PRE	-1.52 (-4.78; 1.85)	
	POST	1.18 (-2.73; 5.25)	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-1.17 (-4.73; 2.52)	0.2087
	PRE	0.10 (-4.67; 5.11)	
	POST	-3.50 (-9.27; 2.64)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-2.91 (-6.22; 0.53)	0.1293
	PRE	-0.99 (-5.38; 3.61)	
	POST	<b>-7.22 (-12.76; -1.33)</b>	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	3.53 (-5.31; 13.19)	0.2562
	PRE	2.38 (-9.84; 16.24)	
	POST	4.92 (-8.30; 20.04)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.11 Età pediatrica

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	2.93 (-1.12; 7.15)	0.8997
	PRE	2.17 (-2.58; 7.15)	
	POST	2.17 (-5.97; 11.02)	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	5.65 (-0.96; 12.71)	0.2797
	PRE	7.33 (-0.72; 16.03)	
	POST	0.04 (-13.20; 15.30)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	6.11 (-0.18; 12.80)	0.6148
	PRE	6.47 (-0.97; 14.47)	
	POST	9.44 (-5.70; 27.02)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	-2.03 (-14.86; 12.73)	0.6593
	PRE	0.19 (-17.36; 21.47)	
	POST	-11.78 (-30.28; 11.63)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.



**Tab 3.12 Mesi invernali (Ottobre-Marzo)**

**Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione.**

		<b>RR (IC 95%)</b>	<b>p-value</b>
Esposti	TUTTO IL PERIODO	0.68 (-1.55; 2.95)	0.5355
	PRE	-2.04 (-5.04; 1.05)	
	POST	1.50 (-2.15; 5.28)	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	0.70 (-2.69; 4.21)	0.3911
	PRE	2.69 (-1.96; 7.57)	
	POST	-3.24 (-9.12; 3.02)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-0.49 (-3.59; 2.72)	0.2773
	PRE	1.50 (-2.66; 5.84)	
	POST	-5.41 (-10.99; 0.52)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	2.36 (-5.86; 11.29)	0.4291
	PRE	-0.29 (-11.50; 12.35)	
	POST	4.30 (-9.71; 20.49)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità  $Pr(>|t|)$  che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

**Tab 3.13 Mesi estivi (aprile-settembre)**

**Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.**

		<b>RR (IC 95%)</b>	<b>p-value</b>
Esposti	TUTTO IL PERIODO	<b>5.88 (1.37; 10.58)</b>	0.8617
	PRE	4.76 (-1.77; 11.73)	
	POST	6.55 (-0.02; 13.54)	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	0.61 (-6.05; 7.74)	0.9238
	PRE	-4.91 (-13.98; 5.12)	
	POST	6.04 (-4.36; 17.57)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	0.00 (-6.63; 7.11)	0.6057
	PRE	-3.45 (-11.45; 5.27)	
	POST	4.03 (-5.98; 15.12)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	6.58 (-9.72; 25.83)	0.9828
	PRE	-0.79 (-23.80; 29.17)	
	POST	7.71 (-14.90; 36.32)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità  $Pr(>|t|)$  che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.14 Effetti dell'NO<sub>2</sub> per popolazione esposta e non esposta, pre e post avvio dell'impianto

Variazioni percentuale di rischio per eventi coronarici acuti all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	3.31 (-7.09; 14.88)	0.7382
	PRE	-7.75 (-19.79; 6.11)	
	POST	<b>24.25 ( 3.86; 48.63)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-3.99 (-16.13; 9.90)	0.349
	PRE	1.38 (-15.74; 21.98)	
	POST	-3.78 (-22.60; 19.62)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-8.84 (-18.96; 2.54)	0.1168
	PRE	-4.50 (-18.27; 11.60)	
	POST	-9.43 (-25.63; 10.29)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	<b>50.72 (19.65; 89.87)</b>	0.9051
	PRE	<b>42.16 ( 4.37; 93.62)</b>	
	POST	<b>72.77 ( 21.23; 146.22)</b>	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.15 Effetti dell'NO<sub>2</sub> per popolazione esposta e non esposta, pre e post avvio dell'impianto

Variazioni percentuale di rischio per cause violente all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	0.58 (-0.83; 2.00)	0.9617
	PRE	0.77 (-1.00; 2.57)	
	POST	0.59 (-1.80; 3.03)	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-0.34 (-2.18; 1.53)	0.823
	PRE	-0.14 (-2.44; 2.20)	
	POST	-0.37 (-3.64; 3.02)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-0.19 (-1.88; 1.52)	0.4315
	PRE	-0.63 (-2.71; 1.48)	
	POST	0.93 (-2.24; 4.21)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	-1.58 (-6.74; 3.86)	0.7512
	PRE	0.30 (-6.66; 7.79)	
	POST	-1.44 (-9.78; 7.66)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

## Ricoveri ospedalieri – Analisi per NO<sub>2</sub>

Si riportano di seguito i risultati delle analisi condotte con il modello case crossover con interazione tripla (tab. 3.16-3.22). Sono riportati i rischi di ricovero ospedaliero per patologie cardio-respiratorie per eventi coronarici acuti, e per cause esterne, all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>. In questo caso le stime sono basate su un numero inferiore di eventi, quindi sono più instabili e hanno intervalli di confidenza maggiori rispetto alle stime prodotte nelle analisi sugli accessi al pronto soccorso.

Il test di interazione tra inquinante e periodo non risulta mai significativo, fatta eccezione per gli eventi coronarici acuti tra i non esposti residenti a Torino.

**Tab 3.16 Effetti dell'NO<sub>2</sub> per popolazione esposta e non esposta, pre e post avvio dell'impianto**

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		<b>RR (IC 95%)</b>	<b>p-value</b>
Esposti	TUTTO IL PERIODO	4.15 (0.55; 7.88)	0.2097
	PRE	-1.01 (-5.58; 3.78)	
	POST	<b>10.47 (4.40; 16.90)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	0.00 (-4.56; 4.77)	0.4071
	PRE	1.40 (-4.93; 8.16)	
	POST	-3.52 (-10.64; 4.15)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-1.59 (-5.72; 2.72)	0.1387
	PRE	1.32 (-4.41; 7.39)	
	POST	-6.92 (-13.52; 0.17)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	10.24 (-3.41; 25.82)	0.9962
	PRE	2.46 (-14.75; 23.14)	
	POST	14.16 (-7.00; 40.13)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante –periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.17 Analisi per livello di istruzione: titolo di studio inferiore al diploma di scuola media superiore

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	3.77 (-0.21; 7.90)	0.2945
	PRE	-1.38 (-6.54; 4.06)	
	POST	<b>8.90 (2.45; 15.76)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-2.01 (-7.03; 3.27)	0.9441
	PRE	-1.29 (-8.05; 5.97)	
	POST	-4.98 (-12.96; 3.74)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-3.39 (-7.96; 1.39)	0.574
	PRE	-0.91 (-7.01; 5.58)	
	POST	<b>-8.86 (-16.32; -0.74)</b>	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	6.70 (-7.19; 22.67)	0.3571
	PRE	0.67 (-17.09; 22.25)	
	POST	10.85 (-10.54; 37.36)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.18 Età pediatrica

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	9.32 (-2.93; 23.11)	0.3811
	PRE	10.87 (-4.80; 29.12)	
	POST	23.72 (-1.90; 56.02)	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	2.57 (-14.60; 23.18)	0.184
	PRE	-7.67 (-28.19; 18.71)	
	POST	44.86 (-1.25; 112.51)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	1.12 (-14.16; 19.12)	0.3605
	PRE	-0.23 (-20.06; 24.51)	
	POST	<b>81.13 (26.12; 160.13)</b>	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	16.32 (-6.69; 45.00)	0.8261
	PRE	<b>-39.90 (-58.74; -12.46)</b>	
	POST	-27.99 (-61.50; 34.70)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.19 Mesi invernali (Ottobre-Marzo)

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	3.24 (-0.85; 7.51)	0.6096
	PRE	-2.29 (-7.47; 3.18)	
	POST	<b>10.94 (3.69; 18.69)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	1.19 (-3.86; 6.50)	0.4968
	PRE	3.86 (-3.31; 11.56)	
	POST	-6.82 (-14.76; 1.87)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	0.37 (-4.39; 5.37)	0.2131
	PRE	4.42 (-2.20; 11.49)	
	POST	-9.40 (-17.07; -1.02)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	8.10 (-6.98; 25.62)	0.5124
	PRE	-1.08 (-20.31; 22.81)	
	POST	6.17 (-17.64; 36.86)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.20 Mesi estivi (aprile-settembre)

Variazioni percentuale di rischio per cause cardio-respiratorie all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	<b>9.85 (1.39; 19.02)</b>	0.3599
	PRE	2.78 (-8.93; 16.01)	
	POST	<b>14.48 (1.96; 28.53)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-1.08 (-11.80; 10.95)	0.5213
	PRE	-8.76 (-24.01; 9.54)	
	POST	6.03 (-9.71; 24.51)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-1.19 (-11.51; 10.33)	0.9149
	PRE	-7.59 (-20.73; 7.74)	
	POST	1.34 (-12.64; 17.55)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	3.64 (-24.26; 41.83)	0.9013
	PRE	-0.38 (-40.95; 68.08)	
	POST	18.77 (-22.41; 81.78)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità Pr(>|t|) che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab. 3.21 Effetti dell'NO<sub>2</sub> per popolazione esposta e non esposta, pre e post avvio dell'impianto

Variazioni percentuale di rischio per eventi coronarici acuti all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	4.41 (-3.81; 13.34)	0.8174
	PRE	-2.77 (-12.33; 7.82)	
	POST	<b>18.81 (2.77; 37.35)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-3.22 (-13.59; 8.40)	0.0663
	PRE	6.83 (-7.75; 23.70)	
	POST	-13.81 (-29.01; 4.63)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-4.26 (-13.43; 5.88)	<b>0.0277</b>
	PRE	4.33 (-8.04; 18.38)	
	POST	-15.17 (-29.27; 1.73)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	14.46 (-7.61; 41.79)	0.6523
	PRE	19.36 (-10.36; 58.93)	
	POST	12.53 (-19.47; 57.24)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità  $Pr(>|t|)$  che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

Tab 3.22 Effetti dell'NO<sub>2</sub> per popolazione esposta e non esposta, pre e post avvio dell'impianto

Variazioni percentuale di rischio per cause violente all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub> al lag 0-5 (media delle centraline di esposti e non esposti), con relativo IC al 95%. Risultati complessivi dell'effetto dell'NO<sub>2</sub> per i 2 periodi PRE e POST, dettagliati per area di esposizione. In grassetto gli incrementi statisticamente significativi.

		RR (IC 95%)	p-value
Esposti	TUTTO IL PERIODO	5.66 (-1.27; 13.08)	0.4822
	PRE	0.36 (-8.88; 10.53)	
	POST	<b>12.04 (0.94; 24.37)</b>	
Non esposti TO+4C	TUTTO IL PERIODO	-2.53 (-10.34; 5.96)	0.8312
	PRE	-4.54 (-14.54; 6.64)	
	POST	1.23 (-12.24; 16.76)	
Non esposti TO	TUTTO IL PERIODO	-2.03 (-9.20; 5.70)	0.8059
	PRE	-3.68 (-12.69; 6.25)	
	POST	1.05 (-11.90; 15.90)	
Non esposti 4C	TUTTO IL PERIODO	2.08 (-14.52; 21.90)	0.971
	PRE	-9.26 (-28.36; 14.93)	
	POST	26.040 (-6.53; 69.94)	

Nota: p-value (test significatività interazione inquinante -periodo): probabilità  $Pr(>|t|)$  che il termine di interazione tra periodo e inquinante sia uguale a 0, ovvero probabilità che il periodo non modifichi l'effetto in analisi. Ottenuto con analisi GAM di serie temporali.

### **Accessi in pronto soccorso e ricoveri ospedalieri – analisi sulle emissioni a camino**

Sono state eseguite infine anche alcune analisi a scopo descrittivo per vedere se ci potesse essere un'indicazione di una relazione tra il numero di accessi in pronto soccorso per patologie cardio-respiratorie nella popolazione classificata come esposta e le emissioni a camino (Fig 3.5). In tale figura è riportato anche l'indice di correlazione lineare tra le due variabili. Si può notare come la correlazione sia sempre piuttosto bassa, con valori compresi tra -0.02 e 0.19. Da tutti i grafici si nota come i valori più alti di accessi in pronto soccorso (valori maggiori di 30) non corrispondono (se non in un paio di casi) a valori più alti delle emissioni (valori peraltro che rientrano nei limiti normativi). Per completezza nella documentazione sono stati riportati i grafici di confronto di emissioni di mercurio e i dati registrati nella centralina di Aldo Mei (Fig. 3.6) ed un confronto tra i dati di NO<sub>x</sub> emessi ed i dati di NO<sub>2</sub> registrati dalla centralina ed utilizzati nel corso di questo report per il monitoraggio degli effetti a breve termine.

**Fig. 3.5** Scatterplot tra il numero di accessi in pronto soccorso tra la popolazione esposta e i valori di emissioni a camino

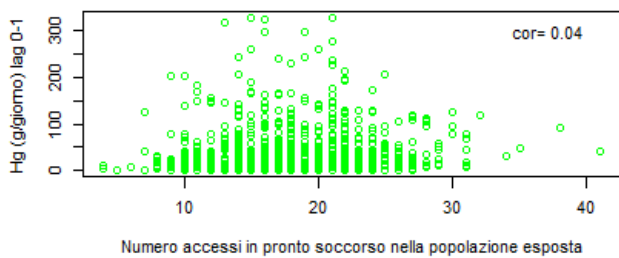
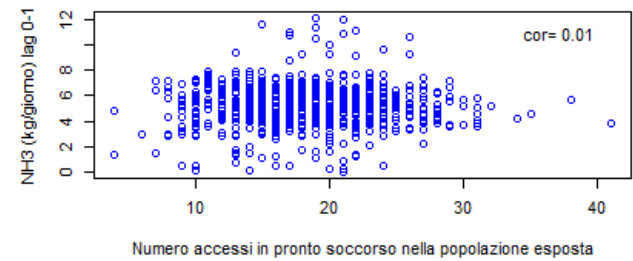
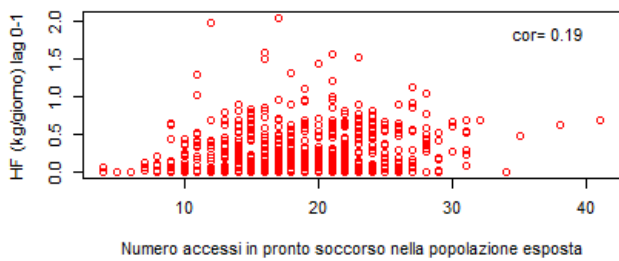
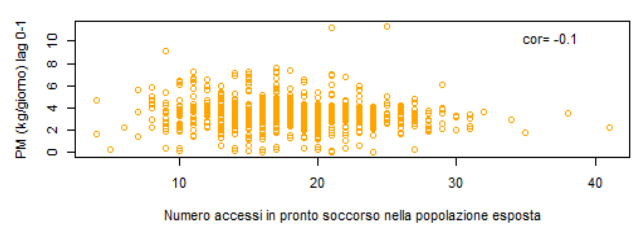
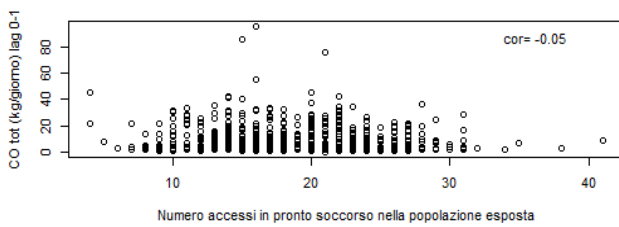
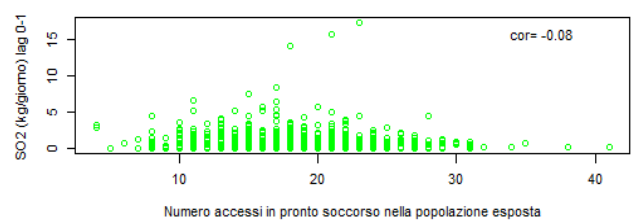
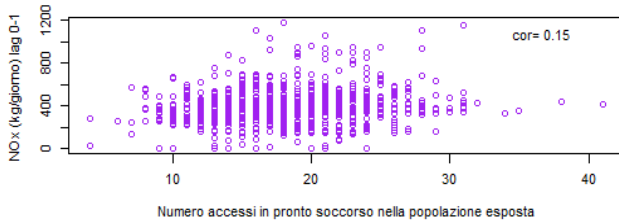
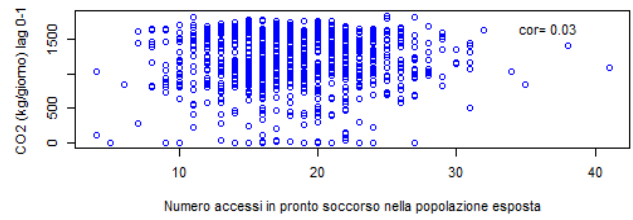
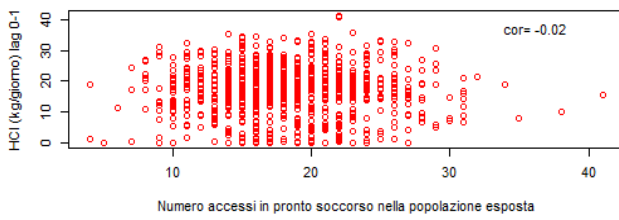
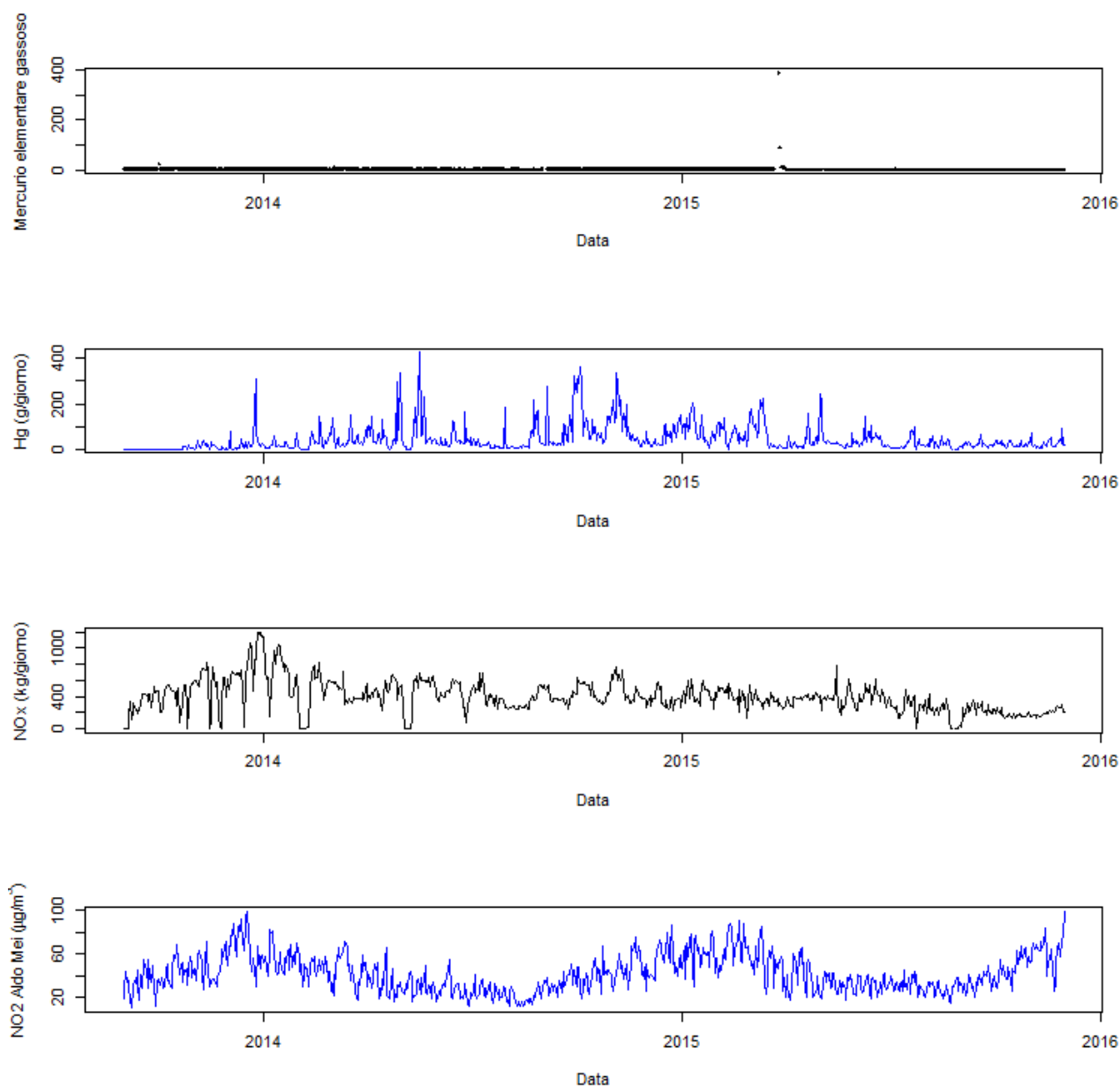




Fig. 3.6 Confronto tra dati di emissione a camino (grafici in nero) e dati registrati nella centralina di Aldo Mei (grafici in blu), rispettivamente per il mercurio e gli ossidi di azoto



Per provare ad avere maggior chiarezza sull'effetto che può avere un aumento delle emissioni (pur restando entro i limiti stabiliti dalla legge) rispetto all'incremento del numero di accessi in pronto soccorso sono state effettuate delle analisi con metodi di tipo *glm robust*, per ridurre il peso di eventi estremi. In questo metodo circa l'84% dei dati viene considerato con peso pari a 1, mentre il restante 16% (valori minimi e massimi della distribuzione) viene pesato per un valore compreso tra 0 e 1. La media dei pesi dei dati considerati outlier (cioè circa il 16% dei dati a cui viene attribuito un peso minore di 1) è piuttosto elevata, in quanto si attesta intorno al valore 0.76 (dati non riportati). In questo modo, il modello statistico risulta più robusto, ma allo stesso tempo non si perde una grande quantità di informazione.

Per nessuno degli inquinanti si notano eccessi statisticamente significativi né tra la popolazione esposta né tra quella non esposta (Tab.3.23).

**Tab 3.23 Risultati del modello glm robust con approccio di serie temporali per lo studio degli incrementi degli accessi in pronto soccorso all'aumentare delle emissioni. Con un asterisco (\*) i risultati riportati per incrementi di 1 kg/giorno, con due asterischi (\*\*) i risultati riportati per incrementi di 10 kg/giorno, con tre asterischi (\*\*\*) i risultati riportati per incrementi di 10 g/giorno. Selezionati gli accessi in pronto soccorso per tutte le età. Lag 0-1**

Inquinante	Mediana (Min-Max)	Esposti	Non esposti
		Incremento percentuale di rischio (95% CI)	
HCl*	17.8 (0 - 43.1)	0.15 (-0.09;0.4)	0.35 (-0.01;0.71)
CO2**	41.7 (0 - 471.8)	0.05 (0;0.1)	0.07 (0;0.15)
NOx**	374.8 (0-1204)	0.09 (-0.03;0.21)	0.16 (-0.02;0.33)
SO2*	0.38 (0 - 30.7)	0.38 (-0.96;1.74)	-0.02 (-1.99;1.99)
Cot*	3.28 (0 - 151.48)	-0.07 (-0.26;0.12)	0.01 (-0.25;0.28)
PM*	3.41 (0. - 13.06)	1.15 (-0.46;2.79)	1.82 (-0.54; 4.24)
HF*	0.06 (0 - 2.38)	-0.33 (-8.28;8.31)	4.02 (-8.15;17.8)
NH3*	5.26 (0- 24.9)	0.92 (-0.09;1.95)	0.74 (-0.76;2.27)
Hg***	23.02 (0- 427)	-0.03 (-0.44;0.37)	0.28 (-0.3;0.86)

In tabella 3.24 sono state riprodotte le stesse analisi utilizzando i ricoveri per malattie cardio-respiratorie come outcome. Anche in questo caso non si evidenziano incrementi statisticamente significativi.

**Tab 3.24 Risultati del modello glm robust con approccio di serie temporali per lo studio degli incrementi degli accessi in pronto soccorso all'aumentare delle emissioni. Con un asterisco (\*) i risultati riportati per incrementi di 1 kg/giorno, con due asterischi (\*\*) i risultati riportati per incrementi di 10 kg/giorno, con tre asterischi (\*\*\*) i risultati riportati per incrementi di 10 g/giorno. Selezionati i ricoveri per tutte le età. Lag 0-1**

Inquinante	Mediana (Min-Max)	Esposti	Non esposti
		Incremento percentuale di rischio (95% CI)	
HCl*	17.8 (0 - 43.1)	-0.07 (-0.5;0.36)	0.12 (-0.44;0.69)
CO2**	41.7 (0 - 471.8)	0.01 (-0.07;0.1)	0.02 (-0.09;0.13)
NOx**	374.8 (0-1204)	0.02 (-0.19;0.23)	0.09 (-0.19;0.38)
SO2*	0.38 (0 - 30.7)	-0.1 (-2.47;2.34)	1.7 (-1.21;4.69)
Cot*	3.28 (0 - 151.48)	0.07 (-0.24;0.39)	0.01 (-0.39;0.41)
PM*	3.41 (0 - 13.06)	-0.19 (-2.91;2.61)	1.01 (-2.67;4.82)
HF*	0.06 (0 - 2.38)	-11.97 (-24.24;2.29)	-3.91 (-21.07;16.98)
NH3*	5.26 (0- 24.9)	-0.6 (-2.34;1.18)	-0.64 (-2.91;1.69)
Hg***	23.02 (0- 427)	0.06 (-0.63;0.76)	-0.79 (-1.71;0.13)

## 4. DISCUSSIONE

### 4.1. Analisi dei tassi di accesso al pronto soccorso pre e post accensione dell'impianto, nella popolazione esposta e in quella non esposta: Analisi 1 (*Difference in differences*)

I tassi ottenuti indicano chiaramente che la popolazione residente nei comuni della cintura ha una propensione maggiore ad accedere alle strutture ospedaliere della popolazione torinese presa come riferimento, indipendentemente dalla residenza o meno nell'area di ricaduta delle deposizioni secche dei metalli utilizzata come definizione operativa dell'esposizione, anzi con valori superiori nell'area di minore esposizione dei comuni della cintura metropolitana.

Tale maggiore propensione può essere dovuta a vari fattori:

- 1) minor livello di istruzione di questa popolazione rispetto a quella residente nell'area dell'impianto (come documentato dalla diversa distribuzione della scolarità nelle analisi descrittive)
- 2) maggiore presenza nella cintura metropolitana della fascia di età pediatrica, tendenzialmente più interessata dall'accesso alle strutture ospedaliere
- 3) presenza nella cintura di altre sorgenti di esposizione (industriali) che possono determinare un rischio a sé stante, indipendente e differente da quello della popolazione di confronto torinese.

Il rapporto tra rischi, calcolato sulla base dei tassi rilevati, indica un rischio maggiore tra gli esposti rispetto ai non esposti, che tuttavia non è statisticamente significativo (p-value del test DID pari a 0.3578). Pertanto, sebbene ci sia una tendenza ad una maggiore propensione all'accesso al pronto soccorso dopo la messa in funzione dell'impianto, questa non è statisticamente significativa, neanche se considerassimo un p-value pari a 0.10, derivante dal livello di significatività meno conservativo possibile.

Il rilievo di tassi maggiori di accesso alle strutture ospedaliere nella popolazione non esposta dei 4 comuni in analisi corrobora ulteriormente tale conclusione, portando a concludere che i determinanti di tale comportamento vanno ricercati in altre esposizioni o nella struttura per età della popolazione residente nella cintura metropolitana. Occorre infatti notare che per

poter arrivare ad una conclusione il più possibile robusta è stata utilizzata una coorte chiusa, quindi soggetta ad invecchiamento, che però garantisce una continuità nell'esposizione, eliminando i cambi di residenza al di fuori dell'area in studio. Tale caratteristica ha alcune influenze sui risultati, dato che l'età è un determinante degli accessi al pronto soccorso e che una popolazione più anziana ha maggiore probabilità di accedere ad una visita in ospedale di una popolazione più giovane.

Con il test DID (che non è risultato significativo, come sopra riportato) si è costruito il modello più semplice possibile che permettesse di fare un test statistico, tenendo conto allo stesso tempo della diversa struttura per età.

## **4.2. Analisi degli accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino: Analisi 2**

L'analisi condotta nei periodi dei 6 giorni successivi ai picchi di emissione (il giorno stesso e i 5 giorni successivi) è stata fatta confrontando gli eccessi al pronto soccorso in tali giorni con una media dello stesso periodo di 30 giorni (15 giorni prima del picco e 15 giorni dopo). Tale confronto non ha rilevato eccessi statisticamente significativi (indipendentemente dai valori soglia scelti), tranne in 3 casi, 2 per quanto riguarda rispettivamente l'ammoniaca e l'acido fluoridrico, ed 1 per quanto riguarda il mercurio.

L'interpretazione di tali risultati, dato il carattere sporadico degli eccessi riscontrati dopo le situazioni di picco, depone per eventi casuali, senza una correlazione sistematica con tali episodi di picco.

## **4.3 Analisi di serie temporali: Analisi 3**

Questa parte dello studio ha analizzato gli effetti a breve termine delle concentrazioni di NO<sub>2</sub> correlate anche alle emissioni di un inceneritore di rifiuti urbani; il modello di studio, utilizzando un approccio pre-post e una popolazione di riferimento come confronto dei rischi rilevati, presenta un impianto metodologico nuovo e con pochi confronti in letteratura.

I risultati delle analisi condotte devono essere valutati quindi con molta prudenza.

La dimensione della popolazione in studio, in particolare della popolazione esposta, non ha permesso le analisi classiche di mortalità. Sono state invece effettuate le analisi dei ricoveri ospedalieri, ma i risultati presentano intervalli di confidenza ampi (e quindi incertezza nelle stime), proprio a causa della piccola dimensione della popolazione. Infine sono state condotte analisi anche per gli accessi al pronto soccorso nei nosocomi vicini all'area in studio, che presentano la numerosità maggiore. Proprio al fine di ottenere stime sufficientemente robuste dal punto di vista statistico il periodo in studio è stato inoltre prolungato rispetto al protocollo (in cui era fissato nei 12 mesi successivi all'inizio dell'attività dell'impianto) fino al periodo considerato di 27 mesi. Sempre a causa della bassa numerosità della popolazione in studio, non si sono potute fare analisi su cause particolari, ma sono state prese tutte le cause cardio-respiratorie (ed un approfondimento sugli eventi coronarici acuti).

La lettura dei risultati per la categoria più numerosa di eventi (passaggi in pronto soccorso) evidenzia una tendenza ad avere rischi maggiori nella popolazione residente nell'area della cintura metropolitana, sia tra gli esposti sia tra i non esposti. Tuttavia gli intervalli di confidenza tra i rischi riscontrati tra gli esposti e i non esposti sono sempre sovrapponibili, quindi si può parlare solo di tendenza e non di risultati statisticamente significativi. La motivazione di tale rischio aumentato, presente anche per una causa non correlata con l'esposizione, quali le cause esterne, porta ad evidenziare una maggiore propensione ad accedere al pronto soccorso e al ricovero nella popolazione della cintura metropolitana rispetto alla popolazione di Torino, così come visto con l'approccio DID.

Gli effetti sui ricoveri ospedalieri documentano rischi per lo più non significativi e con intervalli di confidenza molto ampi (risultato dovuto alla bassa numerosità degli eventi in studio), con poche eccezioni, ma concentrate tra la popolazione esposta e nel periodo post avvio dell'impianto. Se da un lato tra i ricoveri vi sono meno eventi e quindi le stime sono più instabili (intervalli di confidenza più ampi), dall'altro sono eventi generalmente più chiaramente definiti sotto l'aspetto nosologico rispetto agli accessi in pronto soccorso.

Sembra poco probabile che tale maggiore rischio riscontrato nella popolazione esposta, per lo più nel periodo post avvio dell'impianto, in alcune occasioni significativo, rappresenti un effetto del mix di sostanze emesse solo dal termovalorizzatore, di cui l'NO<sub>2</sub> è il tracciante, purtroppo unico parametro presente in tutto il periodo considerato.

L'NO<sub>2</sub> è considerato, negli studi sugli effetti dell'inquinamento atmosferico, sia a breve sia

a lungo termine, un indicatore di traffico, altamente correlato pertanto con un gran numero di sostanze chimiche emesse dai processi di combustione, quali gli IPA (o nitroareni), le diossine, i metalli. Inoltre vi sono molti studi che documentano gli effetti del solo NO<sub>2</sub>, sia a breve, sia a lungo termine, che inducono a non trascurare le potenzialità proprie di questo inquinante e di ciò che rappresenta.

Questo studio, seppur per molti versi innovativo, presenta vari limiti e ampie possibilità di approfondimenti.

Le analisi di serie temporali infine hanno utilizzato come dato di esposizione anche le emissioni a camino, seppure in questo modo l'esposizione venga estremizzata (si suppone che la popolazione sia esposta esattamente a ciò che viene emesso a camino, tralasciando i fenomeni di dispersione degli inquinanti).

In queste analisi sono stati considerati gli effetti immediati. Non si evidenziano rischi per la popolazione per quanto riguarda i ricoveri nè per gli accessi in pronto soccorso, considerando la popolazione separatamente tra esposti e non esposti.

## 4.4 Limiti dello studio

I tre approcci considerati presentano alcune criticità di ordine generale:

- 1) La qualità dei dati forniti. Le anagrafi forniscono dati con cadenza annuale e non sono la fonte migliore per la costruzione di una coorte dinamica come quella che sarebbe stata ottimale per questo studio. La qualità dell'indirizzo utilizzata ha margini di miglioramento, con l'utilizzo di altre banche dati di popolazione riportanti la stessa informazione, quale l'anagrafe degli assistiti, che tuttavia in questo lavoro non è stato possibile utilizzare. Tuttavia, la possibilità che la popolazione non considerata possa cambiare i risultati è molto esigua, in pratica nulla se si considera la percentuale di successo del linkage effettuato. La georeferenziazione condotta con metodi basati sull'uso di informazioni web-based gratuite potrebbe essere migliorata con l'uso di data base più precisi ed affidabili. La misclassificazione tuttavia riguarderebbe un numero molto esiguo di soggetti, con effetti probabilmente ininfluenti sui risultati.
- 2) I criteri di selezione adottati per definire la popolazione esposta e non esposta e l'esposizione. La scelta della soglia, è stata dettata dall'intento di massimizzare le differenze, aumentare la specificità (a scapito della sensibilità della scelta) ed evitare *bias* di selezione della popolazione in studio. La scelta di includere una parte della zona sud della città di Torino potrebbe essere rivalutata, sperimentando altri criteri di scelta che tengano conto ad esempio delle dinamiche sottostanti ad un accesso al pronto soccorso in due popolazioni simili, ma con un'offerta sanitaria differente e appartenenti a 2 ASL diverse.
- 3) Outcome di salute utilizzati e l'uso della diagnosi primaria, con esclusione della secondaria e degli altri campi di codici, effettuata per garantire la maggiore specificità nell'individuazione delle patologie. Sarebbero possibili sub analisi per singoli codici, ma la potenza statistica dei dati disponibili non permette tutte le possibili investigazioni, almeno fino a quando il periodo temporale non possa essere ulteriormente prolungato. Gli effetti dell'età possono essere meglio considerati e possono rappresentare una possibile spiegazione nel caso in cui la popolazione residente nell'area degli esposti contenga un maggior numero di popolazione in età pediatrica, che è quella con la maggiore propensione all'accesso al pronto soccorso. In effetti, la distribuzione percentuale della popolazione nei comuni della cintura metropolitana, ove risiede un



maggior numero di coppie giovani, mostra una percentuale media leggermente superiore di popolazione 0-14 anni sul totale.

- 4) Attribuzione dell'esposizione. Un limite dello studio potrebbe essere l'attribuzione differenziale dell'esposizione. Infatti se per gli esposti la centralina utilizzata è la migliore fonte dei dati di misura dell'inquinante considerato, lo stesso non si può completamente dire per la popolazione non esposta (comprendente la popolazione di Beinasco, Orbassano, Grugliasco e Rivalta), per la quale i dati della centralina di Beinasco (unica disponibile nell'area) potrebbero non riflettere la vera esposizione della popolazione di Orbassano, Grugliasco e Rivalta.
- 5) Sorgenti ulteriori di esposizione non considerati. Infine la misura degli inquinanti risulta influenzata nell'area in studio da un numero considerevole di sorgenti, diverse dall'inceneritore, che possono essere presenti nell'area degli esposti e giocare un ruolo non considerato in queste analisi.

## 5. CONCLUSIONI

Obiettivo dello studio era ottenere una stima dell'andamento del rischio a breve termine nei residenti potenzialmente più interessati dall'esposizione ad una sorgente puntiforme individuata nell'impianto di termovalbrizzazione di rifiuti di Torino.

Strumento indispensabile per lo studio è stata la raccolta sistematica e continua dei dati relativi agli eventi sanitari pertinenti nei comuni individuati. Data la novità del tipo di studio effettuato sono stati condotti 3 approcci differenti.

Il primo approccio ha evidenziato una maggiore propensione della popolazione residente nella cintura metropolitana di Torino ad accedere alle strutture ospedaliere. Nel periodo successivo all'accensione dell'impianto si è registrato un maggior accesso al pronto soccorso di questo sottogruppo, indipendentemente dalla residenza o meno nell'area di ricaduta delle deposizioni secche dei metalli utilizzata come definizione operativa dell'esposizione. Dalle analisi effettuate tale maggior accesso sembra attribuibile ad un invecchiamento della coorte in studio, già in partenza con età media più alta tra gli esposti.

Il secondo approccio ha analizzato l'effetto di picchi di emissioni sulla popolazione residente nell'area di ricaduta. Solo in pochissimi casi si è evidenziato un valore anomalo di accessi al pronto soccorso; la sporadicità di tali superamenti (presenti anche in altri periodi non di picco emissivo) depone per eventi casuali, senza una correlazione sistematica con tali episodi di picco. Le analisi confermano l'utilità di un controllo accurato degli sforamenti emissivi dell'impianto.

Il terzo approccio ha permesso un'analisi della correlazione esistente tra aumento di accessi al pronto soccorso e aumento di NO<sub>2</sub> al netto dell'effetto di confondimento giocato da alcune variabili, note da letteratura. Uno studio pilota eseguito nell'ambito del progetto EpiAir2 ha rappresentato uno dei primi tentativi di valutare l'utilizzabilità delle informazioni provenienti dalla registrazione informatizzata degli accessi in Pronto Soccorso in Italia per la valutazione degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico (Galassi, 2013). Pur con alcune limitazioni, gli autori concludevano circa la opportunità di utilizzare gli archivi del Pronto Soccorso quale fonte informativa per studiare l'impatto dell'inquinamento atmosferico su patologie che richiedono un urgente ricorso al servizio sanitario. Tale approccio è stato quindi per la prima volta utilizzato per studiare l'impatto delle emissioni di un impianto di

incenerimento di rifiuti. Lo studio ha messo in luce incrementi non significativi del rischio a breve termine di accesso al Pronto Soccorso sia per cause cardio-respiratorie sia per cause esterne, per esposizioni a NO<sub>2</sub> misurato presso le stazioni rappresentative della popolazione residente nei comuni della cintura metropolitana. Tali incrementi sono paragonabili a quelli registrati nella popolazione non esposta. Poco probabile appare quindi un effetto del solo impianto di incenerimento dei rifiuti.

A completamento di queste analisi l'approccio di serie temporali è stato applicato alle emissioni a camino (invece che ai dati di concentrazione rappresentati dalle centraline di monitoraggio), estremizzando quindi i valori dell'esposizione: si suppone in queste analisi che la popolazione sia esposta esattamente a ciò che viene emesso a camino, tralasciando i fenomeni di dispersione degli inquinanti, ma allo stesso tempo tenendo direttamente conto dei picchi di emissione. Anche in questo studio (per quanto sperimentale ed estremo dal punto di vista dell'esposizione utilizzata) non emergono risultati statisticamente significativi.

I tre approcci considerati, inizialmente non previsti dal protocollo, sono stati condotti con l'intento di interpretare in modo articolato e complessivo i risultati, che in alcune analisi, per limiti di potenza, sono risultati incerti.

Tutte le analisi effettuate sostanzialmente non evidenziano effetti rilevanti a breve termine né delle concentrazioni né delle emissioni, né sugli accessi al pronto soccorso né sui ricoveri per cause cardiorespiratorie.

## 6. BIBLIOGRAFIA

1. Abadie A. Semiparametric difference-in-differences estimators. *Rev Econ Stud* 2005;72:1–19.
2. Baccini M, Biggeri A. Impatto a breve termine dell'inquinamento dell'aria nelle città coperte dalla sorveglianza epidemiologica EpiAir2. *Epidemiol Prev* 2013;37(4-5):252-62.
3. Berti G, Chiusolo M, Grechi D et al. Environmental indicators in ten Italian cities (2001-2005): the air quality data for epidemiological surveillance. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (1 Suppl) 13-26. Italian.
4. Berti G, Galassi C, Faustini A et al. EPIAIR Air pollution and health epidemiological surveillance and prevention. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (1 Suppl) 1-143. Italian.
5. Biggeri A, Bellini P, Terracini B; Italian MISA Group. Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution. *Epidemiol Prev* 2001; 25(2 Suppl):1-71. Italian.
6. Biggeri A, Bellini P, Terracini B: Meta-analysis of the Italian studies on short-term effects of air pollution--MISA 1996-2002. *Epidemiol Prev* 2004; 28(4-5 Suppl):4-100. Italian.
7. Cadum E, Forastiere F. EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 206-8. Italian.
8. Chiusolo M, Cadum E, Stafoggia M, Galassi C, Berti G, Faustini A, Bisanti L, Vigotti MA, Dessì MP, Cernigliaro A, Mallone S, Pacelli B, Minerba S, Simonato L, Forastiere F; EpiAir Collaborative Group. Short-Term Effects of Nitrogen Dioxide on Mortality and Susceptibility Factors in 10 Italian Cities: The EpiAir Study. *Environ Health Perspect*. 2011 Sep;119(9):1233-8.
9. Colais P, Serinelli M, Faustini A et al. Air pollution and urgent hospital admissions in nine Italian cities. Results of the EpiAir Project. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (1 Suppl) 75-92. Italian.
10. Forastiere F, Stafoggia M, Berti G et al, SISTI Group. Particulate matter and daily mortality: a case-crossover analysis of individual effect modifiers. *Epidemiology*. 2008; 19:571-80.
11. Samoli E, Aga E, Touloumi G, Nisiotis K, Forsberg B, Lefranc A, et al. Short-term effects of nitrogen dioxide on mortality: an analysis within the APHEA project. *Eur Respir J*. 2006;27:1129–1138. [PubMed].

12. Sarnat JA, Schwartz J, Catalano PJ, Suh HH. Gaseous pollutants in particulate matter epidemiology: confounders or surrogates? *Environ Health Perspect.* 2001;109:1053–1061. [PMC free article] [PubMed].
13. Stafoggia M, Colais P, Serinelli M, EPIAIR Group. Methods of statistical analysis to evaluate the short term effects of air pollution for the Epiair Project. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (1 Suppl).
14. Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology.* 2006; 17:315-23.
15. Wooldridge J. Difference-in-Differences Estimation. Lecture Notes 10. Guido Imbens and James Wooldridge course “What’s New in Econometrics”, NBER, Summer, 2007.
16. Zeileis A., Kleiber C., Jackman S., “Regression model for count data in R” <https://cran.r-project.org/web/packages/pscl/vignettes/countreg.pdf>