



Sorveglianza sulla salute della  
Popolazione nei pressi del  
Termovalorizzatore di  
Torino



Programma SPoTT

## **MONITORAGGIO EPIDEMIOLOGICO DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE DEL TERMOVALORIZZATORE DI TORINO**

**Report n° 17**

### **AGGIORNAMENTO RISULTATI EFFETTI A BREVE TERMINE**

S.S. Epidemiologia Ambientale, Arpa Piemonte

Gennaio 2024

Rapporto a cura di:  
Cristiana Ivaldi  
Laura Crosetto  
Martina Gandini  
Barbara Lorusso  
Paola Paziienza

S.S Epidemiologia Ambientale – ARPA Piemonte

Il rapporto è condiviso nella metodologia, nei risultati e nei commenti dal Comitato Tecnico Scientifico del programma SPoTT, a cui vanno i nostri ringraziamenti:

Francesco Forastiere  
Fabrizio Minichilli  
Roberto Pasetto

Un gruppo di autori si è fatto carico della redazione del report, ma un ben più cospicuo numero di persone ha contribuito alla realizzazione delle diverse attività, persone cui va il riconoscimento generale per l'impegno e la professionalità mostrata.

Data la delicatezza dei temi affrontati e la complessità delle azioni messe in campo, il programma SPoTT si è dotato di uno specifico piano di comunicazione nel cui ambito si colloca questo rapporto. È possibile porre ulteriori domande di chiarimento attraverso l'apposito indirizzo e-mail [coordinamento.spott@arpa.piemonte.it](mailto:coordinamento.spott@arpa.piemonte.it).

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>7</b>
1.1. L'impianto.....	11
1.2. Autorizzazioni per la privacy del programma SPoTT.....	12
1.3. Razionale dello studio e obiettivi del report.....	12
<b>2. MATERIALI E METODI</b> .....	<b>18</b>
2.1 Disegno dello studio .....	18
2.2 Area in studio.....	19
2.3. Popolazione in studio ed assegnazione dell'esposizione .....	22
2.4 Misura dell'esposizione: monitoraggio delle emissioni e centraline .....	24
2.5 Esiti sanitari: accessi in Pronto Soccorso e Ricoveri Ospedalieri.....	34
2.8 Metodi statistici utilizzati .....	39
<b>3. RISULTATI</b> .....	<b>43</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 <i>Difference in differences</i> ) .....	43
3.2 Analisi 2. Accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo a picchi di emissioni a camino .....	46
3.3. Analisi 3. Risultati approccio case– crossover nella popolazione esposta e non esposta, prima e dopo l'accensione dell'impianto.....	53
<b>4. DISCUSSIONE</b> .....	<b>66</b>
<b>5. BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>69</b>
<b>APPENDICE</b> .....	<b>70</b>

## Sintesi del diciassettesimo rapporto di studio

Obiettivo del presente lavoro è l'aggiornamento dei risultati del precedente report n. 6 relativo allo studio dell'andamento del rischio a breve termine di alcuni esiti sanitari, nei soggetti interessati dall'esposizione alle emissioni dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti di Torino, individuati in base alla residenza.

In analogia alle precedenti analisi, validate anche dalla comunità scientifica con la pubblicazione del relativo articolo sulla rivista *International Journal of Environmental Health Research*, sono stati condotti tre approcci per la valutazione degli effetti sulla popolazione.

1. L'approccio *Difference in differences*, che consiste in un confronto nel tempo dei tassi di accesso al Pronto Soccorso, standardizzati per età, nella popolazione in studio, suddivisa tra residenti nell'area di ricaduta delle emissioni dell'impianto e residenti in un'area di controllo. Il confronto è stato effettuato tra il periodo prima dell'avvio dell'impianto (T0) e tre periodi successivi (T1, T2, T3) confrontabili per durata temporale e per composizione di mesi estivi e invernali.

I risultati indicano nel periodo successivo all'accensione dell'impianto, un aumento generalizzato degli accessi al Pronto Soccorso per le cause analizzate. A differenza di quanto avvenuto al T1, in cui si osservava un aumento maggiore negli esposti, al T2 e al T3 l'aumento maggiore risulta tra i non esposti del comune di Torino. Come già osservato nel precedente report 6, si è rilevata una maggiore propensione all'utilizzo del pronto soccorso tra i residenti nei comuni della cintura metropolitana rispetto ai residenti nel comune di Torino, indipendentemente dalla categoria di esposizione.

2. Il secondo approccio indaga la relazione tra l'andamento dei picchi emissivi rilevati a camino e l'andamento degli accessi al Pronto Soccorso nella popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni dell'impianto. Sono stati considerati gli accessi nel giorno stesso o nei giorni successivi a picchi di emissioni a camino in un intervallo compreso tra 0 e 5 giorni.

Per tutti i picchi emissivi non si osservano valori anomali di accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie nel giorno corrispondente al picco o nel successivo. Tale risultato supporta l'assenza di un legame causa-effetto, permettendo di considerare casuali i valori anomali di accessi al Pronto Soccorso e quindi non correlati con i picchi di emissione.

3. Il terzo approccio indaga la presenza di variazioni significative negli accessi al Pronto

Soccorso e nelle Schede di Dimissione Ospedaliere prima e dopo l'avvio dell'impianto, confrontando periodi di pari durata, nella popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni dell'impianto e nell'area di controllo. Sono stati confrontati i rischi tra le popolazioni residenti nelle due aree, in relazione all'andamento giornaliero delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, PM10 e PM2.5. A completamento di queste analisi, è stato effettuato un confronto diretto tra le variazioni giornaliere di emissioni a camino (SME) e gli andamenti giornalieri degli accessi in Pronto Soccorso estremizzando quindi i valori dell'esposizione, ma allo stesso tempo tenendo direttamente conto dei picchi di emissione.

Anche con quest'ultimo approccio non si sono riscontrati effetti a breve termine dell'impianto di incenerimento dei rifiuti sugli accessi in Pronto Soccorso o sui ricoveri per le cause analizzate.

## **GLOSSARIO**

95% CI: intervallo di confidenza al 95%

GLM: modelli lineari generalizzati

ICD -IX: classificazione internazionale delle malattie (versione 9)

PR: Rapporti di prevalenza

PS: pronto soccorso

SDO: schede di dimissione ospedaliera

# 1. PREMESSA

Con D.G.P. n. 1317-433230/2006 la Provincia di Torino, ora Città Metropolitana, ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale relativamente all'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti della Provincia di Torino, proposto da TRM (Trattamento Rifiuti Metropolitan) S.p.A. Alla delibera provinciale è seguita l'approvazione delle prescrizioni in campo ambientale e sanitario, rivolte ai costruttori di impianti di termovalorizzazione, disciplinate dall'AIA (Autorizzazione Integrata Ambientale).

La normativa dispone che venga definito un piano di sorveglianza sanitaria e di conoscenza della variazione dello stato di salute della popolazione residente, con messa a disposizione di finanziamenti specifici le cui modalità potranno essere concordate con la Rete regionale dei Servizi di Epidemiologia della Regione Piemonte e in particolare con la struttura di Epidemiologia Ambientale di ARPA Piemonte per gli aspetti di competenza.

Da qui è nato il programma SPoTT, Sorveglianza sulla salute della Popolazione nei pressi del Termovalorizzatore di Torino, che assolve questa prescrizione ed ha come obiettivo generale quello di valutare i potenziali effetti avversi dell'inquinamento ambientale sulla salute della popolazione nelle aree circostanti il termovalorizzatore di Torino.

In base ai risultati ottenuti dalla prima fase del progetto (SPoTT1) è stato concordato di mantenere l'attività di monitoraggio sui cittadini residenti intorno all'impianto, al fine di continuare a valutare la presenza di effetti avversi sulla salute dell'inquinamento ambientale nelle aree circostanti il termovalorizzatore di Torino e fornire indicazioni per la prevenzione. A seguito della comunicazione da parte di TRM S.p.A. della disponibilità a sostenere finanziariamente la prosecuzione del programma, ad oggi si continua tale piano di sorveglianza sanitaria (SPoTT 2).

Il programma SPoTT2 prevedeva l'aggiornamento di tutte le linee di attività messe in campo dal precedente piano di sorveglianza sanitaria dello stato di salute della popolazione nei pressi dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti di Torino (SPoTT 1).

La struttura di Epidemiologia Ambientale di ARPA Piemonte, rappresentata dalla dott.ssa Cristiana Ivaldi, coordina il lavoro di questa seconda fase del progetto (SPoTT2).

Per lo svolgimento delle attività i rappresentanti tecnici di tutti gli enti partecipanti continuano a costituire il Gruppo di Lavoro ed a collaborare per portare avanti le varie linee

progettuali di competenza. Il Comitato Tecnico Scientifico (CTS) presenza ai lavori con funzione di garante delle metodologie e della pianificazione delle attività progettuali così come quella della validazione dei relativi risultati. Inoltre, il Comitato Locale di Controllo (CLdC) risulta 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.

In analogia alla precedente fase del progetto, il programma SPoTT2 è organizzato in diverse linee progettuali che riguardano sia la popolazione residente sia i lavoratori dell'impianto di incenerimento; ognuna di esse affidata, per competenza, a diversi specialisti che compongono il Gruppo di Lavoro:

### **1) Monitoraggio epidemiologico degli effetti sulla salute a breve termine**

Responsabile: Cristiana Ivaldi - *SS Epidemiologia Ambientale, Dipartimento Valutazioni Ambientali di Arpa Piemonte.*

Oggetto: Studio epidemiologico dello stato di salute della popolazione con l'obiettivo di ottenere una stima dell'andamento del rischio a breve termine nei soggetti potenzialmente più interessati dall'esposizione alle emissioni dell'impianto di termovalorizzazione di rifiuti di Torino, selezionati in base alla residenza.

### **2) Sorveglianza epidemiologica degli effetti sulla salute a lungo termine**

Responsabile: Cristiana Ivaldi - *SS Epidemiologia Ambientale, Dipartimento Valutazioni Ambientali di Arpa Piemonte.*

Oggetto: Studio epidemiologico dello stato di salute della popolazione con l'obiettivo di costituire una coorte di seguire nel tempo la coorte reclutata in SPoTT1 ed analizzare i relativi ricoveri ospedalieri e alcuni esiti riproduttivi, al fine di valutare lo stato di salute dei soggetti residenti nei comuni interessati all'area di ricaduta del termovalorizzatore.

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

Responsabili:

Raffaele De Caro - *Dipartimento di Prevenzione - S.S.D. Epidemiologia, Screening, Edilizia*



*Urbana - ASL Città di Torino;*

Giuseppe Greco - *Dipartimento di Prevenzione dell'ASL TO3;*

in collaborazione con: *U.O. Esposizione Umana a Contaminanti Ambientali - Dipartimento Ambiente e Salute - Istituto Superiore di Sanità* (ref. Elena De Felip); *SS Epidemiologia Ambientale- Dipartimento Valutazioni Ambientali di Arpa Piemonte* (ref. Cristiana Ivaldi)

Oggetto: Indagini epidemiologiche di biomonitoraggio umano in fase ante e post operam, al fine di valutare le possibili modifiche di alcuni indicatori di esposizione a sostanze tossiche nella popolazione residente in prossimità dell'impianto. In particolare, l'attività ha visto l'esecuzione di prelievi di campioni biologici prima dell'entrata in funzione dell'inceneritore (tempo T0-2013), a distanza di un anno dall'avvio (tempo T1-2014) e successivamente a tre anni (tempo T2-2016). Il disegno di studio originario prevedeva un ulteriore controllo programmato per il tempo T3-2020, che è stato in seguito pianificato per l'anno 2024 per l'impossibilità di esecuzione in tempi precedenti dovuti alla pandemia COVID-19. Lo studio prevede l'esecuzione di un check-up generale sullo stato di salute dei soggetti (emato-chimica generale, funzionalità endocrina e respiratoria). Saranno inoltre raccolte, mediante questionari, informazioni anamnestiche su comportamenti e storie di esposizione, quali consumo di prodotti alimentari di origine animale provenienti dalla medesima area, storia occupazionale, abitudini di vita, storia clinica finalizzate all'interpretazione dei dati prodotti dalle attività analitiche.

#### **4) Monitoraggio della salute dei lavoratori addetti all'impianto**

Responsabili: Antonella Bena - *Servizio Sovrazonale di Epidemiologia - ASL TO3* in collaborazione con *Laboratorio Specialistico del Piemonte Nord Ovest, sede di Grugliasco di Arpa Piemonte* (Ref. Marco Fontana)

Oggetto:

- Monitoraggio coorte lavoratori: raccolta e aggiornamento periodico di informazioni anagrafiche, lavorative e di salute (infortuni e malattie professionali) degli addetti al termovalorizzatore.
- Sorveglianza sanitaria dei lavoratori: raccolta e aggiornamento periodico degli accertamenti anamnestici, clinici e biologici condotti dal medico competente nell'ambito della sorveglianza sanitaria.

- Prosecuzione dei monitoraggi indoor come strumento di controllo delle esposizioni lavorative, senza affiancare ulteriori controlli su campioni biologici.

## **5) Monitoraggio di matrici alimentari**

Responsabile: Giuseppe Ru - *SS Biostatistica, Epidemiologia ed Analisi del Rischio, Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Piemonte, Liguria e Valle d'Aosta* in collaborazione con il servizio veterinario della ASL TO 3.

Oggetto: Campionamento di matrici di prodotti di origine animale (uova) e alimenti zootecnici (fieno, erba). Le matrici prelevate sono sottoposte ad analisi e l'attività di monitoraggio ha avuto i seguenti obiettivi:

-rilevare eventuali variazioni di concentrazione di diossine, furani, PCB-dl PCB-ndl, nelle uova di galline allevate all'aperto e nei foraggi (fieno) raccolti nell'area di ricaduta/esposizione del termovalorizzatore lungo il periodo considerato (2021-2023);  
-rilevare eventuali variazioni dei profili dei congeneri di diossine, furani, PCB-dl PCB-ndl nelle uova di galline allevate all'aperto e nei foraggi (fieno) raccolti nell'area di ricaduta/esposizione del termovalorizzatore rispetto al bianco ambientale prodotto con la campagna di prelievi condotta nel periodo 2012-2013 e ai dati storici disponibili nel sistema informativo dell'Istituto Zooprofilattico. Non sono state identificate variazioni dovute all'impianto.

## **6) Studio modellistico degli inquinanti in atmosfera**

Responsabile: Roberta De Maria – *Dipartimento Tematico Rischi Naturali e Ambientali di Arpa Piemonte*

Oggetto: Aggiornamento ed ampliamento dell'indagine modellistica utilizzando i reali dati emissivi dei diversi inquinanti emessi dal termovalorizzatore, valutando il loro contributo rispetto ai livelli di qualità dell'aria e di deposizione al suolo. Il lavoro permetterà di valutare gli impatti associati al reale funzionamento dell'impianto, di consentire una loro maggiore comprensione e di fornire adeguato supporto agli studi epidemiologici.

## **7) Ampliamento monitoraggio deposizioni mercurio**

Responsabile: Carlotta Musto – *Dipartimento territoriale del Piemonte Nord Ovest di Arpa Piemonte*

Oggetto: Ampliamento della rete di raccolta delle deposizioni atmosferiche con l'inserimento di uno specifico campionatore per il mercurio. Nel dettaglio la rete dei deposimetri gestita da ARPA Piemonte è attualmente costituita da tre siti, ubicati nei comuni di Rivalta di Torino, Orbassano e Grugliasco per la raccolta delle deposizioni atmosferiche da destinare alternativamente alla determinazione di metalli e idrocarburi policiclici aromatici; una specifica apparecchiatura destinata all'analisi del mercurio nelle deposizioni è presente solo presso la stazione di monitoraggio della qualità dell'aria di Beinasco di proprietà di TRM. L'attuale rete di monitoraggio ARPA è stata, inoltre, integrata con strumentazione per il monitoraggio del mercurio analoga a quella presente nella stazione di Beinasco, con strumentazione installata presso la sede ARPA in via Pio VII 9. Tale estensione del monitoraggio del mercurio nelle deposizioni presso un secondo sito ubicato in un'area più esterna al termovalorizzatore permette un confronto rispetto all'area definita di massima ricaduta.

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

Responsabile: dott.ssa Antonella Bena, Servizio Sovrazonale di Epidemiologia, ASL TO3

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

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

Costruito tra il 2010 e il 2013 in località Gerbido, il termovalorizzatore di Torino è un impianto che incenerisce rifiuti trasformando il calore prodotto dalla combustione, in energia elettrica e termica. Con il rinnovo dell'ultima Autorizzazione Integrata Ambientale il termovalorizzatore ha ottenuto dalla Città Metropolitana di Torino la possibilità di aumentare la sua capacità, portando le iniziali 421 mila tonnellate all'anno di rifiuti bruciati fino a saturazione del carico termico per una capacità di trattamento totale di 526.500 t/anno, come indicato nel D.P.C.M. del 10 agosto 2016.

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. Nella seguente tabella, estratta dal documento di programmazione flussi 2023 disponibile sul sito TRM, è possibile osservare l'attività del termovalorizzatore suddivisa per le varie annualità. Viene rappresentata la quantità di rifiuti, espressa in tonnellate, conferiti all'impianto distinti in urbani (ambito e fuori) e speciali.

**Tabella 1.1.1 Contributo dei vari comparti emissivi per la città di Torino**

	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022 (gen-ott)
RUR Ambito	358.527	410.237	390.247	451.582	476.304	457.580	426.714	419.757*	336.928
RUR – altre province Regione Piemonte	16	28	15	3.034	20	19	337	320	31.791
RUR- altre Regioni	21.078	38.657	32.107						7.117
<b>Totale RUR</b>	<b>379.621</b>	<b>448.922</b>	<b>422.370</b>	<b>454.616</b>	<b>476.324</b>	<b>457.599</b>	<b>427.051</b>	<b>420.077</b>	<b>375.836</b>
<b>Totale RSA</b>	<b>40.865</b>	<b>23.835</b>	<b>16.646</b>	<b>56.355</b>	<b>56.916</b>	<b>104.661</b>	<b>143.382</b>	<b>140.628</b>	<b>115.540</b>
<b>Totale RUR+RSA</b>	<b>420.487</b>	<b>472.757</b>	<b>439.016</b>	<b>510.971</b>	<b>533.240</b>	<b>562.260</b>	<b>570.433</b>	<b>560.705</b>	<b>491.376</b>

## 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, nella prima fase il progetto SPoTT è stato valutato e approvato dal Comitato Etico dell'A.O.U. San Luigi Gonzaga di Orbassano nel 2013. L'approvazione è stata aggiornata per SpOTT2 nel 2020.

Le attività epidemiologiche sono state svolte ai sensi della normativa vigente in termini di privacy, ovvero secondo le indicazioni del GDPR (General Data Protection Regulation) UE n° 679/2016.

## 1.3. Razionale dello studio e obiettivi del report

Per la valutazione degli effetti a breve termine si analizzano, in una popolazione e un'area predefiniti, gli andamenti giornalieri di eventi sanitari di interesse in relazione all'andamento delle concentrazioni giornaliere degli inquinanti atmosferici e delle emissioni dell'impianto.

Il presente report estende su periodi temporali più recenti le analisi svolte nel precedente report n°6, il cui obiettivo è riconoscere eventuali effetti a breve termine delle emissioni dell'impianto su alcuni esiti sanitari, quali l'aumento di accessi al Pronto Soccorso (PS) e/o al ricovero ospedaliero (SDO). Uno dei maggiori timori della popolazione riguarda, infatti, proprio l'effetto immediato sulla salute, valutato in termini di potenziale comparsa o aggravamento delle patologie esistenti, dovuto alle emissioni a camino e alla loro capacità di determinare un peggioramento della qualità dell'aria.

Al momento della pubblicazione del report 6, non esistevano studi specifici relativi agli effetti a breve termine nella popolazione residente intorno ad inceneritori di rifiuti solidi urbani. Dopo la pubblicazione del report 6 è stato pubblicato un articolo scientifico con una sintesi dei risultati (Gandini et al. 2020), pertanto la metodologia utilizzata è già stata validata anche dalla comunità scientifica internazionale. Al fine di ottenere una visione più ampia del fenomeno in studio sono stati seguiti tre differenti approcci che rispondono a tre diversi obiettivi specifici.

1. L'approccio *Difference in differences*, che 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 dell'avvio dell'impianto e periodi successivi.

2. Il secondo approccio indaga la relazione tra l'andamento dei picchi emissivi rilevati a camino e l'andamento degli accessi al Pronto Soccorso nella popolazione residente nell'area di massima ricaduta. Sono stati considerati gli accessi nel giorno stesso o nei giorni successivi a picchi di emissioni a camino (SME), in un intervallo compreso tra 0 e 5 giorni. Gli inquinanti monitorati, che sono stati presi in considerazione per eventuali effetti sulla salute, sono: 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 (PM), acido fluoridrico (HF), ammoniaca (NH<sub>3</sub>), mercurio (Hg), anidride carbonica (CO<sub>2</sub>).

3. Il terzo approccio indaga la presenza di variazioni significative negli accessi al Pronto Soccorso e nei ricoveri ospedalieri prima e dopo l'avvio dell'impianto, tra 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>, individuato come tracciante della frazione più fine di particolato (Chiusolo, 2011), e di PM<sub>10</sub>, PM<sub>2.5</sub>.

Per questi ultimi due inquinanti il confronto è stato possibile solo dopo l'avvio dell'impianto, in quando nel periodo precedente non erano disponibili centraline di monitoraggio che misurassero il particolato nei comuni maggiormente interessati dalle emissioni identificate secondo il modello di ricaduta. Un'appendice a tale analisi ha previsto il confronto diretto tra le variazioni giornaliere di emissioni a camino e gli andamenti giornalieri degli accessi in Pronto Soccorso.

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 precedenti attività quali 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 aveva analizzato i rischi legati agli effetti a breve termine nel periodo 2000-2005 ed era stato coordinato dal Dipartimento di Epidemiologia della Regione Lazio. Erano state coinvolte 10 città italiane ed era stata utilizzata la metodologia case-crossover (Stafoggia, 2009). Tale attività è proseguita nel progetto EpiAir2, coordinato da Arpa Piemonte in qualità di ente capogruppo delle altre 21 Unità Operative interessate. Sono state coinvolte 25 città italiane ed analizzati i dati del periodo 2006-2010, utilizzando la stessa metodologia del progetto precedente, fornendo in questa seconda fase anche una stima di impatto in termini di eventi attribuibili in ogni singola città (Baccini, 2013).

### **Breve approfondimento sul contributo delle fonti emissive totali agli inquinanti aerodispersi**

Tra le fonti emissive, in grado di determinare significativi incrementi dei livelli di inquinanti misurati dalle centraline di monitoraggio, è possibile citare come principali l'elevato traffico veicolare, in particolare quello che caratterizza la Tangenziale di Torino, e le sorgenti industriali, che se pur in misura minore rispetto alla precedente, sono presenti nell'area dove è insediato il termovalorizzatore.

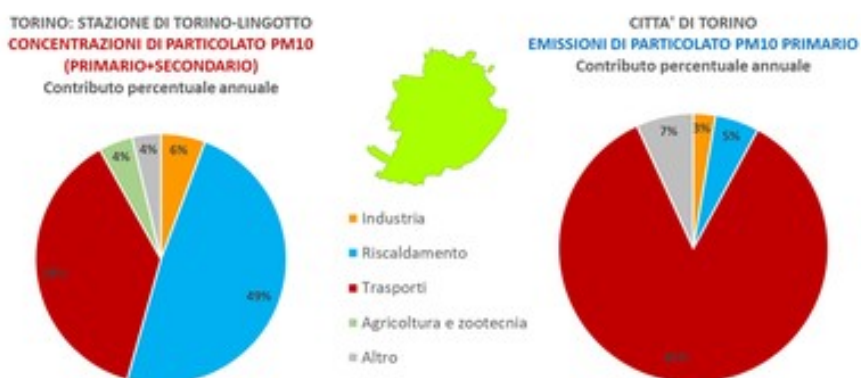
Le emissioni rappresentano, infatti, la quantità di sostanza inquinante introdotta in atmosfera dalle fonti interne ed esterne al territorio in studio. La concentrazione è, invece, la quantità di sostanza inquinante presente in atmosfera per unità di volume, data dalla sommatoria del contributo endogeno ed esogeno degli inquinanti immessi direttamente

nell'aria (componente primaria) e degli inquinanti che si formano nell'atmosfera a seguito di fenomeni fisico-chimici a partire dalla componente primaria (componente secondaria).

Per quanto riguarda il particolato (PM10 e PM2.5), sia nella città di Torino che nei comuni limitrofi o confinanti, le sorgenti che impattano in maggior misura sono il traffico e il riscaldamento. In termini emissivi (cioè quanto emesso direttamente da una o più fonti presenti all'interno della città), la componente in città associata ai trasporti è prevalente e rappresenta l'85% del PM10 primario totale (cioè emesso direttamente da una o più fonti presenti all'interno della città). Per quanto riguarda la concentrazione totale di PM10 (primario + secondario) rilevata all'interno della città di Torino, circa il 38% e il 49% derivano rispettivamente dal traffico e dal riscaldamento; quest'ultimo apporto proviene però essenzialmente, attraverso fenomeni di trasporto e diffusione, da fonti esterne alla città, la quale di per sé fornisce un contributo minimo grazie alla diffusione del teleriscaldamento.

Rispetto al biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) il maggior responsabile è il traffico veicolare, in primis i veicoli diesel che sono i maggiori responsabili degli ossidi di azoto totali (NO<sub>x</sub>) emessi sul territorio cittadino durante tutto il corso dell'anno in funzione dell'intensità del traffico: il 12% delle emissioni proviene dalle automobili diesel, il 27% dai veicoli pesanti (esclusivamente diesel), quota parte del 16% dai veicoli leggeri (< 35q, prevalentemente diesel). In termini di concentrazioni di biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), rilevate presso le stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria cittadine, il traffico diesel contribuisce in maniera determinante (per circa il 70%, di cui il 16% è attribuibile alle automobili diesel, il 34% ai veicoli pesanti e circa il 19% ai veicoli leggeri); altre fonti importanti sono i processi di combustione industriale e gli impianti di riscaldamento. Fonte: [http://www.comune.torino.it/ambiente/aria/faq\\_aria/quali-fonti-forniscono-il-principale-contributo-al.shtml](http://www.comune.torino.it/ambiente/aria/faq_aria/quali-fonti-forniscono-il-principale-contributo-al.shtml)

**Figura 1.3.1 Contributo dei vari comparti emissivi per la città di Torino**



Per quanto riguarda gli ossidi di azoto, è stato calcolato il contributo relativo all'anno 2019 dovuto all'impianto nell'area di massima ricaduta. La distribuzione delle concentrazioni medie annue di ossidi di azoto presenta una concentrazione massima pari a  $0.32 \mu\text{g}/\text{m}^3$  nell'area sud - ovest a circa 2 km dall'impianto; il valore limite annuo previsto dalla legislazione vigente è pari a  $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

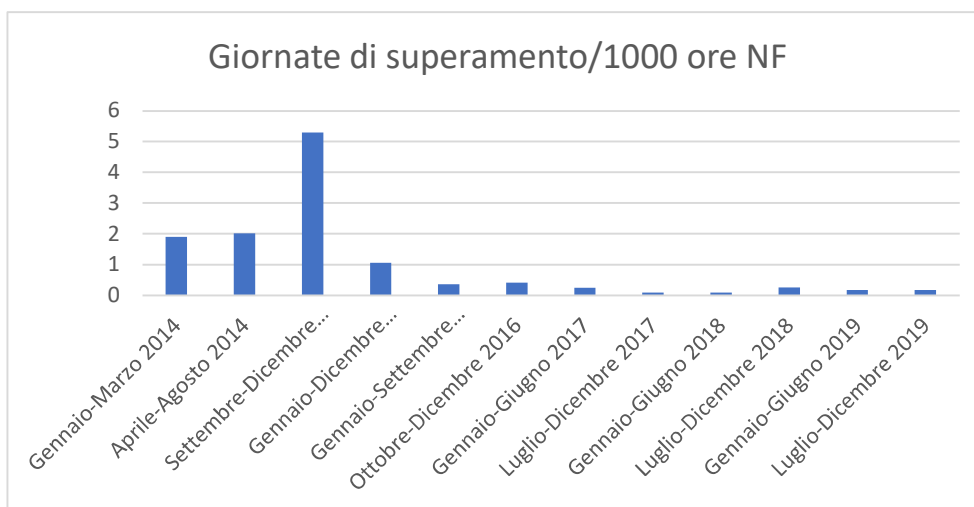
Per quanto riguarda il PM2.5 primario, i risultati degli studi relativi all'anno 2019 evidenziano un valore massimo di  $0.0013 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , a circa 2 km in direzione sud - ovest dall'impianto. Si ricorda che per questo indicatore la normativa prevede un valore pari a  $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ .

### **Breve riassunto sui superamenti dei valori limite degli inquinanti a camino nel periodo gennaio 2016-dicembre 2019**

Nel periodo gennaio 2016-dicembre 2019 si sono verificati alcuni sforamenti dei limiti emissivi, sempre documentati dalle relazioni periodiche fornite dal Dipartimento di Torino di ARPA Piemonte a scopo di vigilanza dell'operato dell'impianto. I parametri maggiormente interessati sono stati monossido di carbonio (CO) e mercurio (Hg), seguiti da ammoniaca ( $\text{NH}_3$ ), sostanze organiche (COT). In quattro casi in totale i superamenti hanno interessato acido cloridrico (HCl), acido fluoridrico (HF) e gli NOx. Nella maggior parte dei casi i superamenti hanno interessato solo una delle 3 linee di combustione. I superamenti del valore soglia orario hanno avuto generalmente durata di una singola semiora e, all'interno della semiora, i valori dei picchi emissivi sono generalmente di durata limitata a pochi minuti.



**Figura 1.3.2 Giornate di superamento dei limiti emissivi su 1000 ore di normal funzionamento (NF)**



I dati relativi agli sforamenti sono stati presi in considerazione nella parte descrittiva sui picchi per valutare se vi sia stato un eccesso di accessi in pronto soccorso per cause cardio-respiratorie nel giorno stesso e nei giorni immediatamente successivi.

La causa più frequente di superamento del valore soglia semiorario di CO è l'irregolarità di combustione, ma nella maggior parte dei casi i picchi hanno durata di pochi minuti e picchi emissivi di concentrazione contenuta. Al fine di rendere immediatamente confrontabili i dati, ARPA ha valutato come indicatore il numero delle giornate di superamento su 1.000 ore di funzionamento, sempre considerando l'insieme delle tre linee. Occorre sottolineare che dal calcolo di questo indicatore è stato sempre escluso il mercurio, non essendoci una soglia fissata da normativa nel periodo in esame.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1 Disegno dello studio

Nel presente report sono stati seguiti differenti approcci al fine di valutare principalmente l'esistenza di una variazione nel numero di accessi al Pronto Soccorso prima e dopo l'avvio dell'impianto e stimare se ad un aumento nei valori delle emissioni del termovalorizzatore corrisponda un eccesso di ricoveri o accessi al Pronto Soccorso nei giorni successivi.

Per quanto riguarda quest'ultima 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", ed 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). È stato inoltre effettuato uno studio a lag 0-1, per valutare la correlazione tra misure a camino in un determinato giorno e gli accessi in Pronto Soccorso o i ricoveri il giorno stesso ed il giorno successivo.

I periodi in studio sono stati selezionati sulla base del funzionamento dell'impianto e nell'ottica di proseguire la sorveglianza sugli effetti a breve termine, già riportata nel report n. 6. Per poter ottenere risultati confrontabili con quanto fatto al T0 e al T1, sono stati aggiunti due periodi di durata di 27 mesi ciascuno, mantenendo un'uguale composizione di mesi invernali ed estivi, fatto essenziale quando si vogliono confrontare inquinanti su periodi diversi.

I periodi in analisi pertanto sono:

1. T0: 01.02.2011-30.04.2013 (periodo ex ante l'attività dell'impianto)
2. T1: 01.09.2013-30.11.2015 (periodo ex post l'attività dell'impianto)
3. T2: 01.12.2015 -28.02.2018 (periodo ex post l'attività dell'impianto)
4. T3: 01.09.2017-30.11.2019 (periodo ex post l'attività dell'impianto)

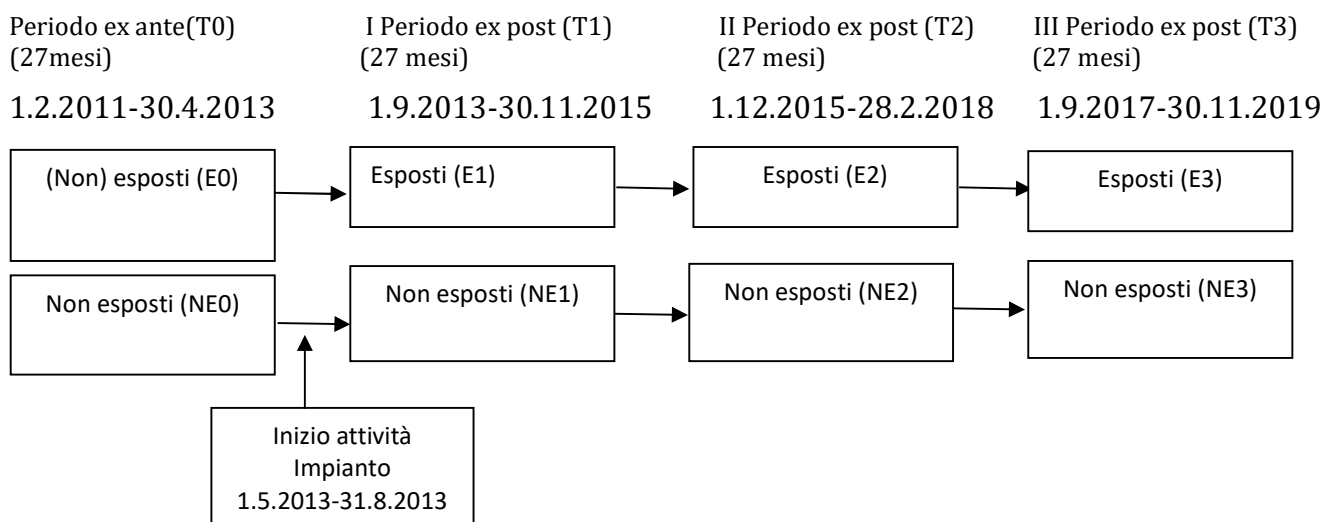
La parziale sovrapposizione del periodo T2 con il periodo T3 nasce dal fatto che è risultato necessario interrompere lo studio a causa della pandemia COVID-19, in quanto la principale variazione per i ricoveri per cause cardio-respiratorie, rispetto al T0, sarebbe stata dovuta alla diffusione del virus e non attribuibile all'impianto. Quindi, per non comprendere il periodo della pandemia, sono stati identificati due periodi diversi di 27 mesi che hanno una parziale

---

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

sovrapposizione. Occorre precisare che il T2 e il T3 sono sempre valutati separatamente rispetto al T0 e al T1; quindi, il periodo di sovrapposizione non risulta conteggiato due volte nelle analisi.

**Fig. 2.1.1 Disegno dello studio di sorveglianza per periodo di calendario ed esposizione**

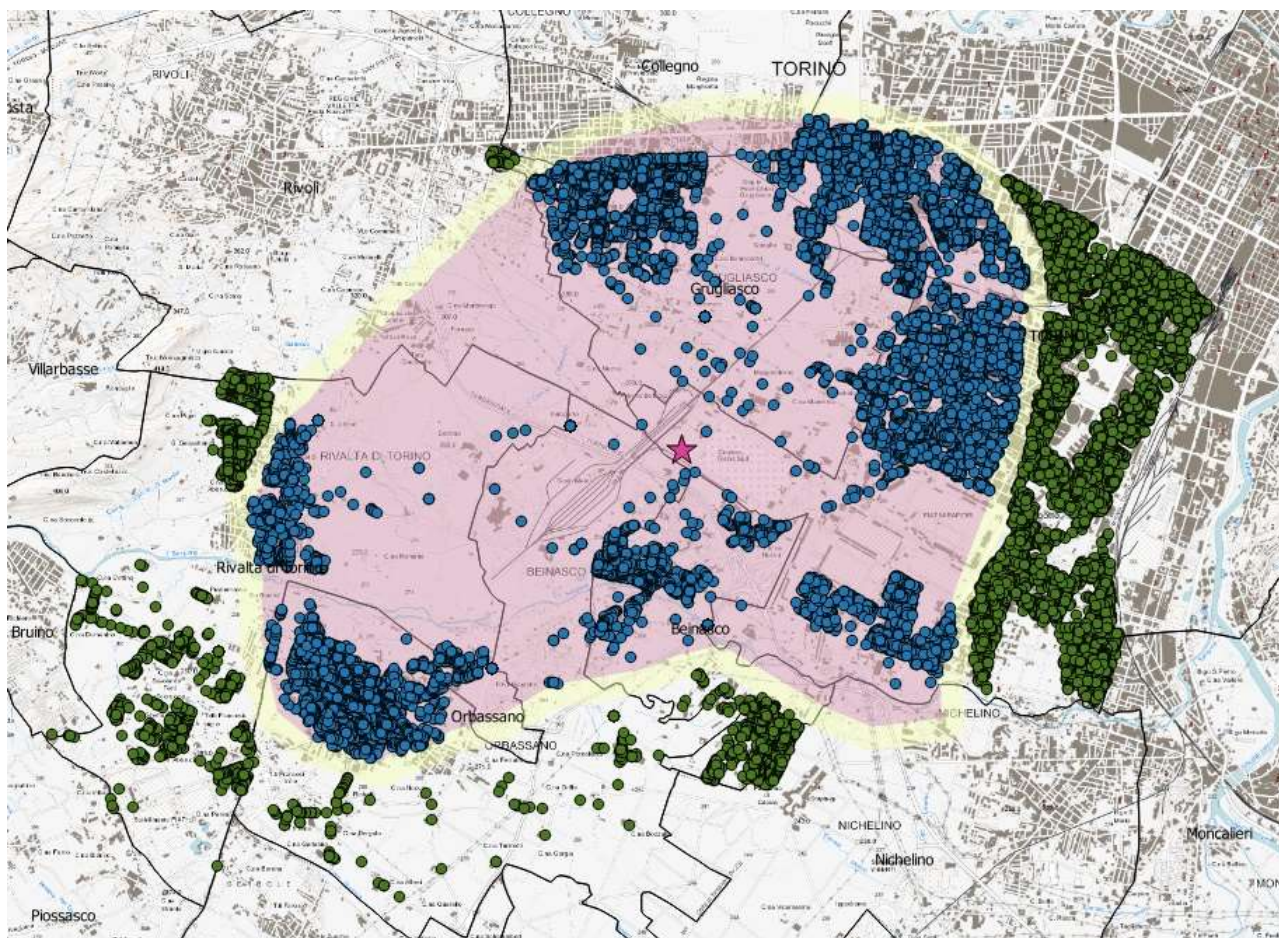


## 2.2 Area in studio

Lo studio complessivo del progetto di sorveglianza comprende le aree abitate dei comuni di Torino, Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano. In continuità con lo studio dei precedenti periodi, la scelta dell'areale è stata fatta in relazione all'area di ricaduta previsionale degli inquinanti ed è rappresentato in Fig. 2.2.1.

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  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$  di metalli pesanti (deposizioni secche), utilizzata sia nel report precedente sugli effetti a breve termine, che in quello sugli effetti a lungo termine, sarà oggetto, per garantire il massimo confronto, anche del presente studio sugli effetti a breve termine.

**Fig. 2.2.1 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**



**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  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$  di metalli pesanti come media annua del contributo aggiuntivo generato dall'inceneritore. La soglia di  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$  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  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$ , indipendente dai confini amministrativi comunali.

2) area non esposti: area con concentrazione di metalli inferiore a  $0,007 \mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$ , (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, Mirafiori-Santa Rita e una parte del quartiere San Paolo). Alcune analisi considerano separatamente il confronto con il gruppo di popolazione non esposta dei quattro comuni della cintura metropolitana.

È 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' $\text{NO}_2$ , inquinante gassoso, comunemente misurato in quasi tutte le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria.  $\text{NO}_2$  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  $\text{PM}_{10}$  e  $\text{PM}_{2.5}$  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 nei periodi successivi.

## 2.3. Popolazione in studio ed assegnazione dell'esposizione

Nei tre approcci precedentemente descritti è stata utilizzata la stessa definizione di popolazione in studio oggetto delle analisi, suddivisa tra esposti e non esposti, costituita dai soggetti che risultano residenti in una porzione del comune di Torino e nei comuni di Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco e Orbassano.

Per tutti i comuni coinvolti sono state elaborate le anagrafi comunali nominative. Per Torino sono stati considerati i soggetti residenti nei quartieri più vicini all'area di interesse e prossimi ad una centralina attiva nel periodo in oggetto (Torino Lingotto).

Al fine di aggiornare i precedenti risultati disponibili nel report n.6, sono stati considerati i periodi in studio T2 e T3, selezionando dalle anagrafi i residenti dal 1.12.2015 al 30.11.2019 e considerando tutte le classi di età.

Gli indirizzi forniti dalle anagrafi sono stati normalizzati, ovvero resi uniformi, per permettere la georeferenziazione dei soggetti. Per ogni indirizzo sono state attribuite le coordinate geografiche e successivamente mappate nelle aree di ricaduta delle emissioni dell'impianto (fig. 2.1). Sono state definite due aree di esposizione il cui valore è stato attribuito a ogni periodo di residenza. Ogni singolo periodo e indirizzo di residenza del soggetto è stato classificato come esposto o non esposto oppure compreso in un'area cuscinetto di interposizione di 300 metri (area buffer). Infine, per tutte le anagrafi sono stati eliminati i soggetti che a causa della mobilità residenziale presentavano un cambio di esposizione.

Le popolazioni dei residenti nei comuni interessati per i due periodi T2 e T3, suddivisi per esposizione, sono riportate rispettivamente nelle tabelle 2.3.1 e 2.3.2.

**Tab. 2.3.1 Popolazione residente nei comuni interessati allo studio nel periodo T2 (1.12.2015-28-2-2018) suddivisa per esposizione**

Comuni	Popolazione	Area buffer	Popolazione (esclusa area buffer)	Esposizione mancante	Attribuzione esposizione*	Non esposti	Esposti
BEINASCO	18986	5	18981	127	18854 (99.3%)	7625 (40.4%)	11229 (59.6%)
GRUGLIASCO	40435	1135	39300	488	38812 (98.8%)	686 (1.8%)	38126 (98.2%)
ORBASSANO	24157	2379	21778	1171	20607 (94.6%)	1068 (5.2%)	19539 (94.8%)
RIVALTA	20772	2424	18348	2521	15827 (86.3%)	8331 (52.6%)	7496 (47.4%)

Comuni	Popolazione	Area buffer	Popolazione (esclusa area buffer)	Esposizione mancante	Attribuzione esposizione*	Non esposti	Esposti
TOTALE quattro comuni	104350	5943	98407	4307	94100 (95.6%)	17710 (18.8%)	76390 (81.2%)
TORINO**	256616	34861	221755	0	221755 (100.0%)	120835 (54.5%)	100920 (45.5%)
TOTALE	360966	40804	320162	4307	315855 (98.7%)	138545 (43.9%)	177310 (56.1%)

\*esclusi i soggetti residenti nella fascia di interposizione di 300 m (area buffer) o con indirizzo non georiferibile

\*\* Per Torino la popolazione è limitata all'area definita in Fig 2.2.1

**Tab. 2.3.2 Popolazione residente nei comuni interessati allo studio nel periodo T3 (1.09.2017-30-11-2019) suddivisa per esposizione**

Comuni	Popolazione	Area buffer	Popolazione (esclusa area buffer)	Esposizione mancante	Attribuzione esposizione*	Non esposti	Esposti
BEINASCO	19043	4	19039	130	18909 (99.3%)	7632 (40.4%)	11277 (59.6%)
GRUGLIASCO	40417	1084	39333	1362	37971 (96.5%)	662 (1.7%)	37309 (98.3%)
ORBASSANO	24310	2354	21956	1231	20725 (94.4%)	1080 (5.2%)	19645 (94.8%)
RIVALTA	20864	2475	18389	2687	15702 (85.4%)	8251 (52.5%)	7451 (47.5%)
Totale 4 comuni	104634	5917	98717	5410	93307 (94.5%)	17625 (18.9%)	75682 (81.1%)
TORINO**	251674	34247	217427	0	217427 (100.0%)	118382 (54.4%)	99045 (45.6%)
TOTALE	356308	40164	316144	5410	310734 (98.3%)	136007 (43.8%)	174727 (56.2%)

\* esclusi i soggetti residenti nella fascia di interposizione di 300 m (area buffer) o con indirizzo non georiferibile

\*\* Per Torino la popolazione è limitata all'area definita in Fig 2.2.1

Gli esiti di interesse sono gli eventi acuti che si manifestano nella popolazione presente nell'area in studio, considerando in particolare come esiti sanitari gli accessi in pronto soccorso ed i 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).

Per entrambi gli esiti sono state selezionate le diagnosi per l'insieme delle malattie del sistema circolatorio e respiratorio (ICD IX 390-519) e per gli eventi coronarici acuti (ICD IX 410-4118).

Sono stati quindi associati ai soggetti residenti nei comuni di interesse, i ricoveri e gli accessi al Pronto Soccorso, selezionando esclusivamente i casi che si sono rivolti ad una struttura

sanitaria all'interno o in prossimità dell'area in studio, ovvero i principali ospedali di Torino e alcune strutture della cintura nella parte sud dell'area. L'elenco delle strutture sanitarie considerate è riportato nella tabella 2.3.3.

**Tab. 2.3.3 Elenco delle strutture ospedaliere considerate per gli esiti in studio: ricoveri e accessi in pronto soccorso**

Struttura	Ricoveri	Pronto Soccorso
A.O.U. S.G.Battista Molinette - TO	X	X
A.O.U. S.G.Battista S.Lazzaro - TO	X	
A.O.U. S.Luigi - Orbassano	X	X
I.R.C.C. Candiolo	X	
A.O. C.T.O - TO	X	X
A.O. Mauriziano Umberto I - TO	X	X
A.O. O.I.R.M - TO	X	X
A.O. Regina Maria Adelaide - TO	X	X
A.O. S. Anna - TO	X	X
Osp. Amedeo di Savoia - TO	X	
Osp. Cottolengo -TO	X	
Osp. degli Infermi - Rivoli	X	X
Osp. Maggiore - Chieri	X	X
Osp. Maria Vittoria - TO	X	X
Osp. Martini - TO	X	X
Osp. Oftalmico - TO	X	X
Osp. S.Giovanni Bosco - TO	X	X
Osp. Santa Croce - Moncalieri	X	X
Pres.Sanitario Gradenigo - TO	X	X
C.C.A. Cellini - TO	X	
C.C.A. Villa Maria Pia - TO	X	

È stata così creata una base dati di eventi sanitari, anche plurimi per soggetto, associati al dato di esposizione, dal quale si è ricavato l'archivio di frequenza giornaliera di eventi suddiviso per esposizione.

## 2.4 Misura dell'esposizione: monitoraggio delle emissioni e centraline

Per quanto riguarda il monitoraggio delle emissioni, si segnala che 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.

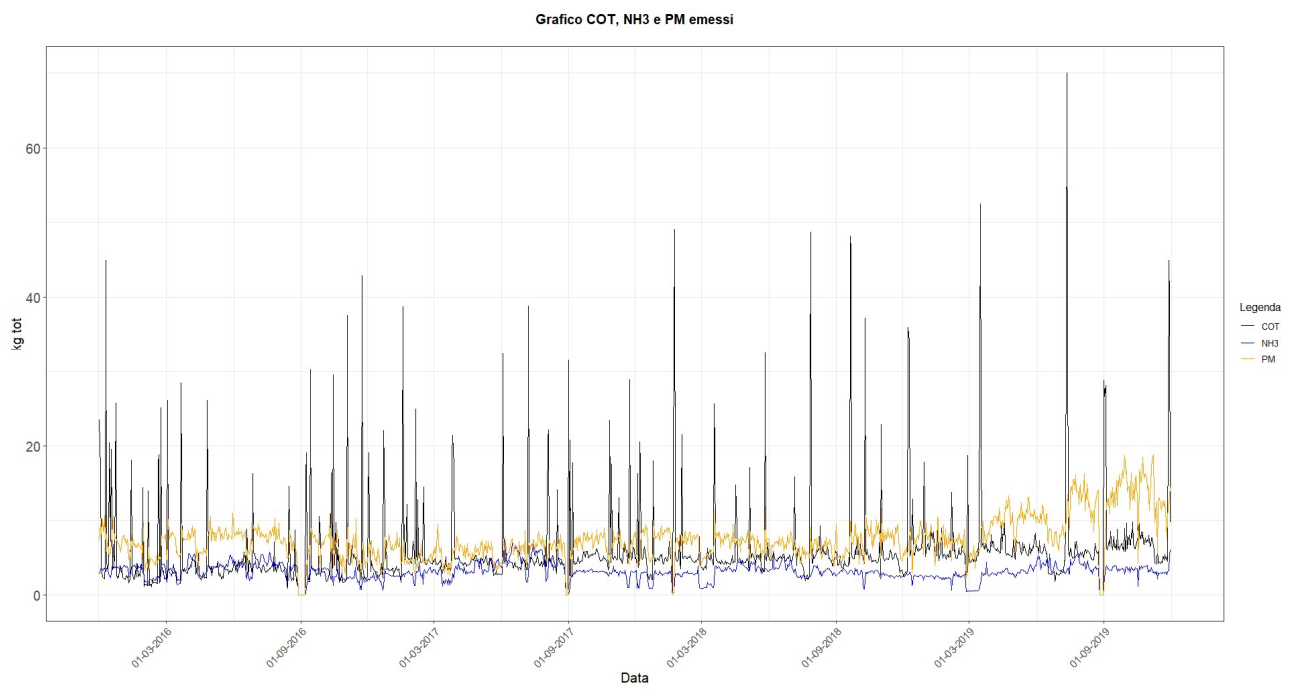
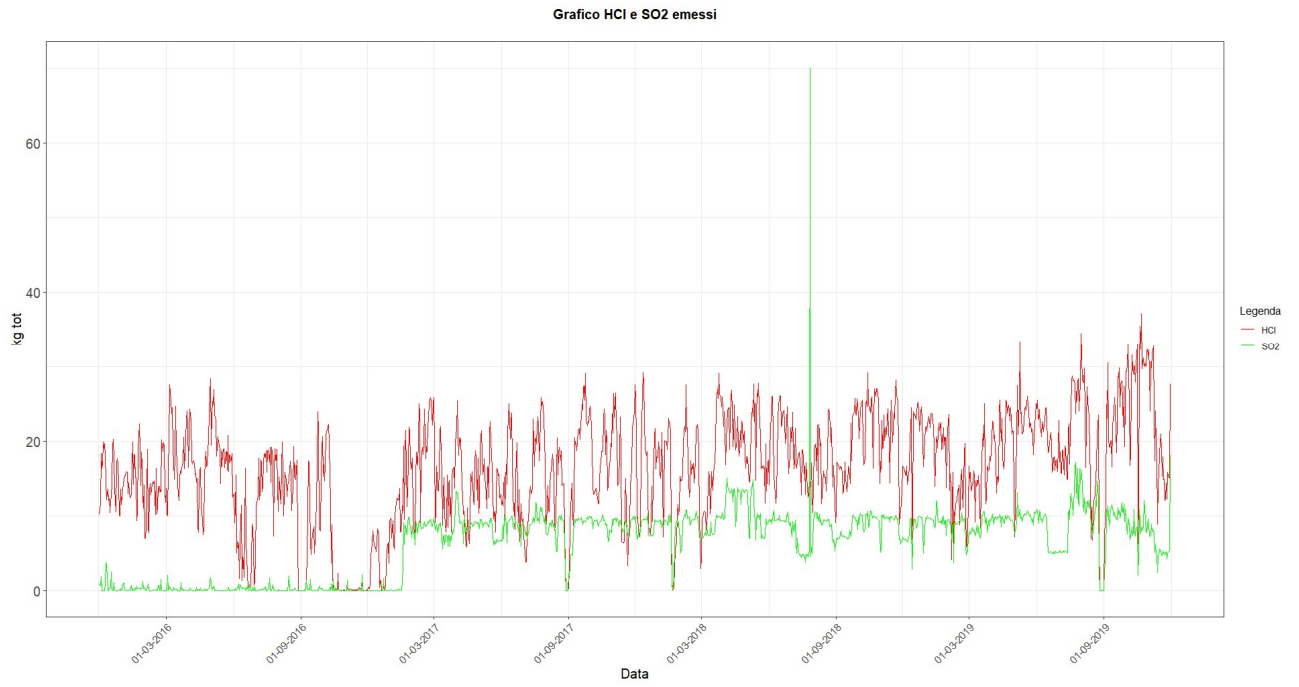
È stata analizzata la relazione tra i seguenti inquinanti monitorati in continuo e la loro correlazione con gli accessi al Pronto Soccorso della popolazione in studio:

- 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>)

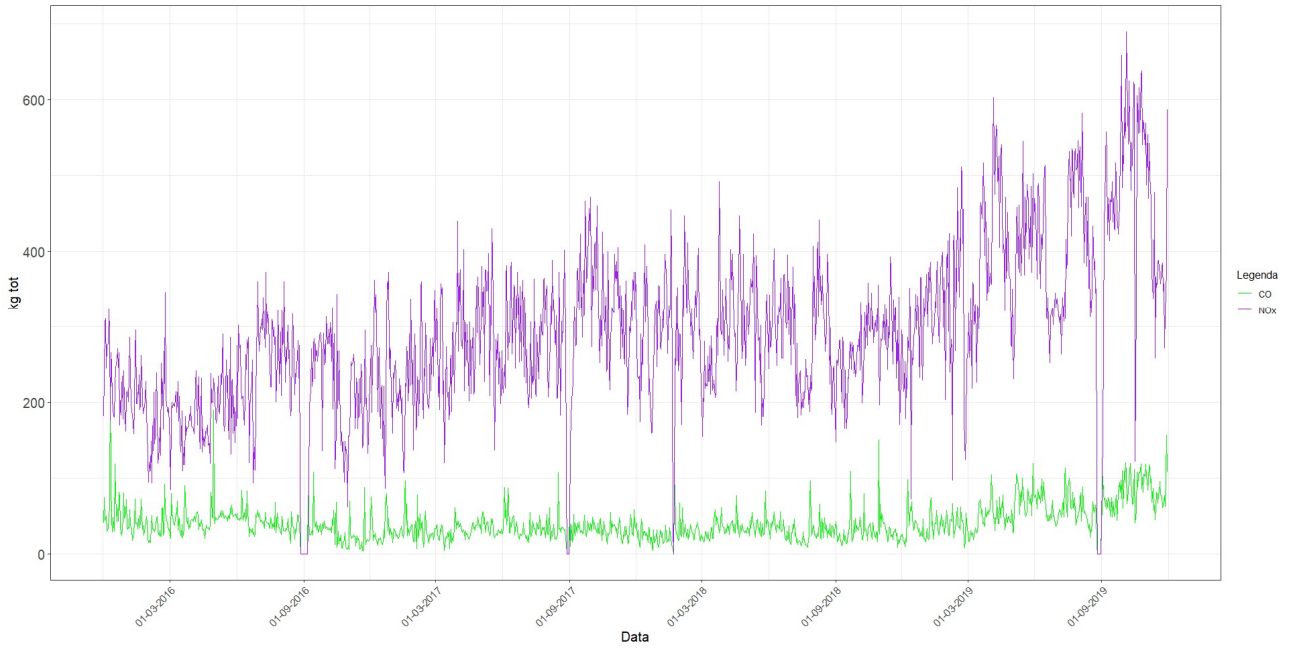
Il periodo preso in considerazione per il presente lavoro di aggiornamento del monitoraggio va dal 01.12.2015 al 30.11.2019.

Per quanto riguarda gli inquinanti monitorati in continuo dal sistema SME, i seguenti grafici permettono la visualizzazione dell'andamento nel periodo T2 e T3.

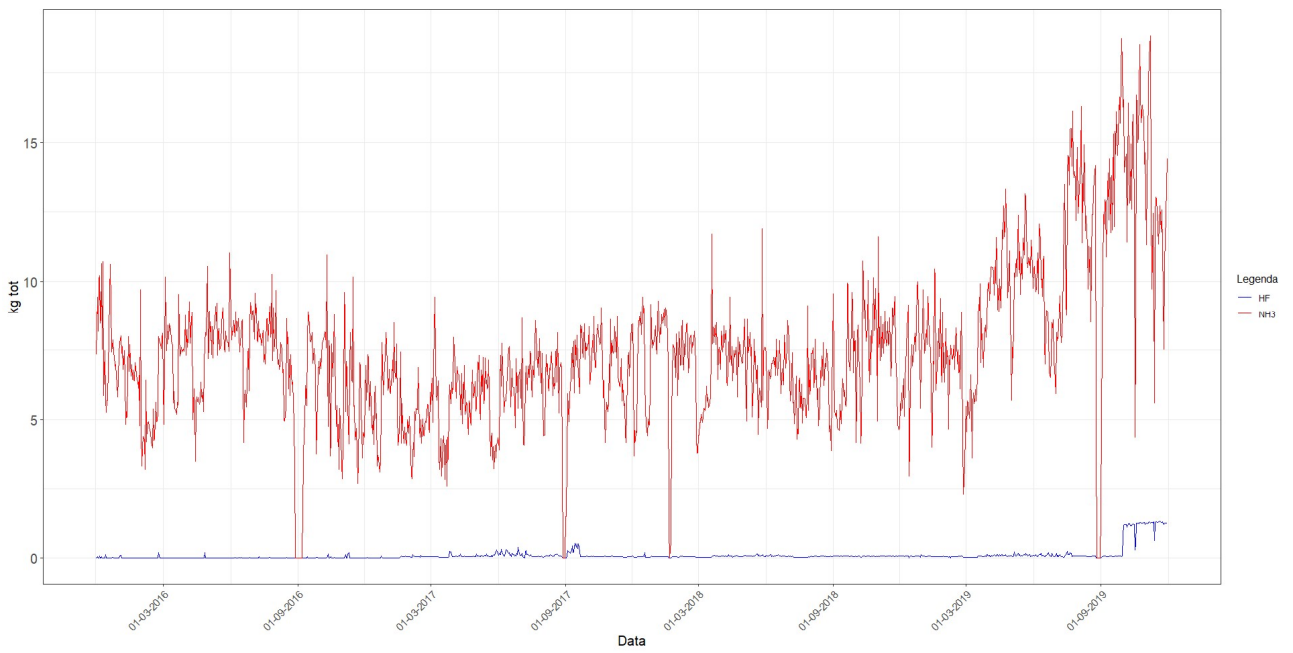
**Fig. 2.4.1 Emissioni dell'impianto nel periodo in studio (monitorati dal sistema SME)**

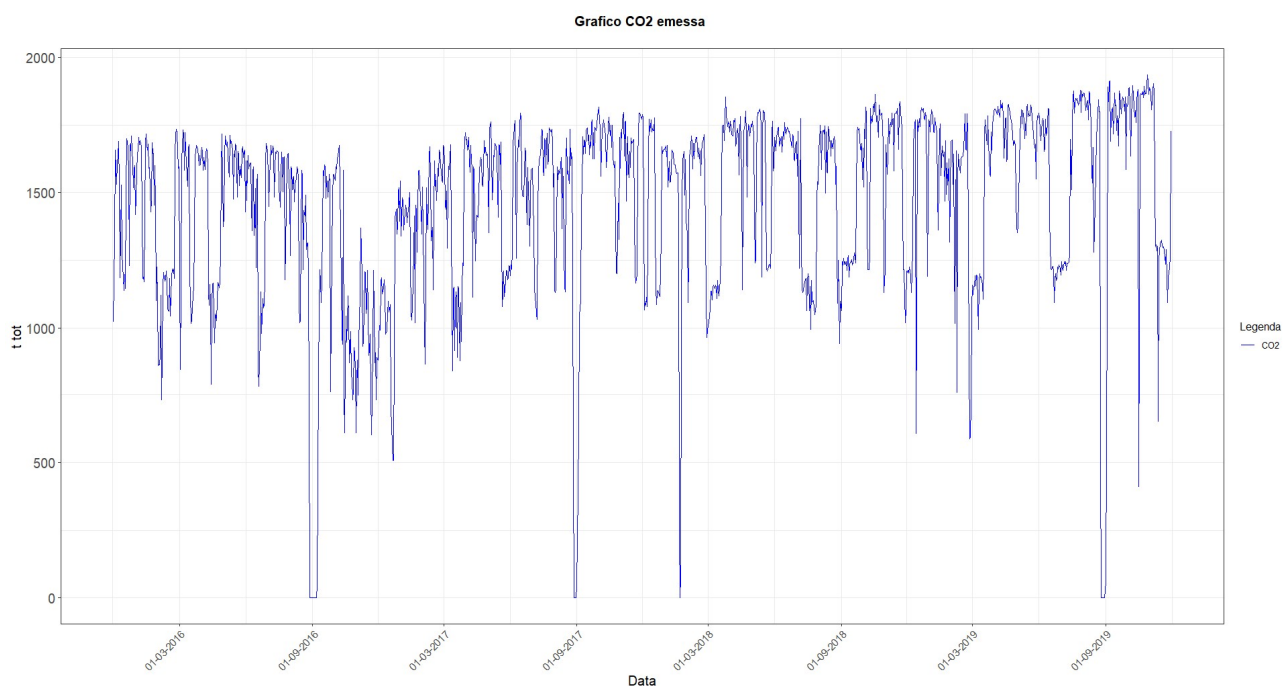
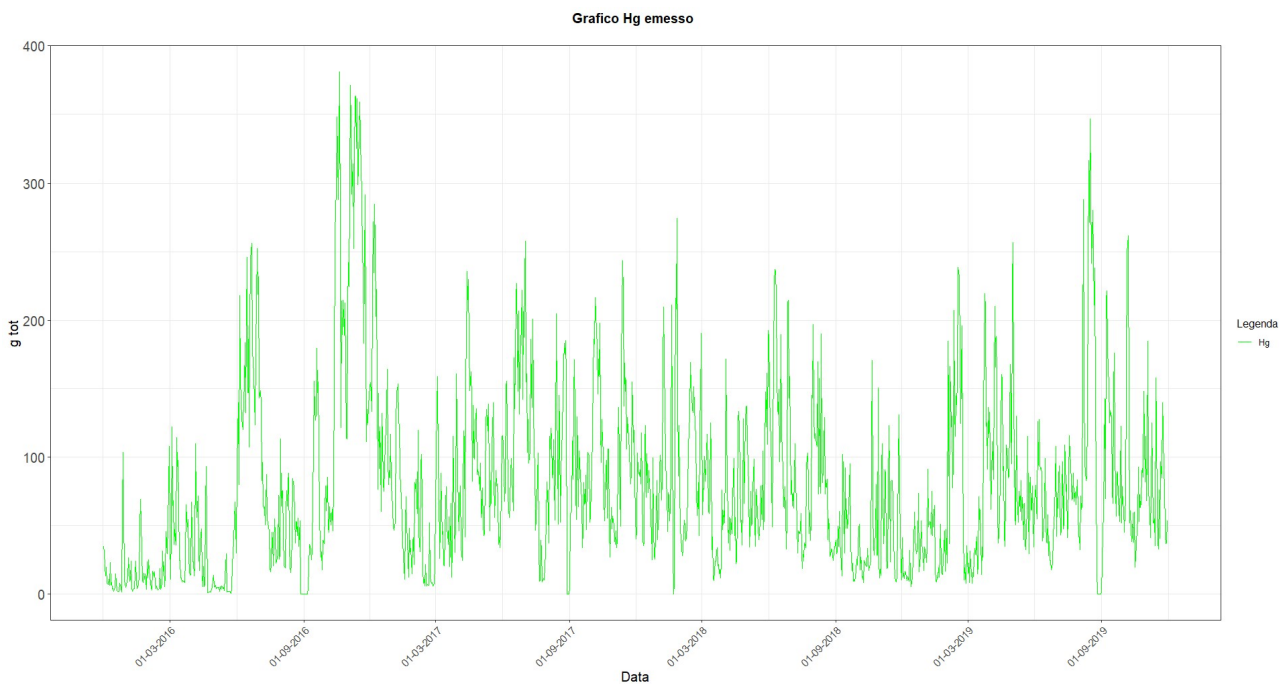


Grafici CO ed NOx emessi



Grafici HF e NH3 emessi





L'aumento delle emissioni di alcuni inquinanti dal 2017 in poi è dovuto all'aumento di volume di rifiuti conferiti (come da tabella 1.1.1). I picchi osservati risultano sforamenti considerati da ARPA nel sistema di monitoraggio in continuo e già trattati secondo quanto stabilito nell'Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), rilasciata dalla Città Metropolitana di Torino per la realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti. Una possibile relazione dei picchi emissivi con gli accessi in Pronto Soccorso viene valutata nel presente

report.

Per quanto riguarda, invece, le centraline di monitoraggio, come previsto dalle prescrizioni dell'AIA, 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
- PM10
- PM2.5

Alcuni metalli sono misurati settimanalmente, ma successivamente mediati su un periodo più lungo di un mese

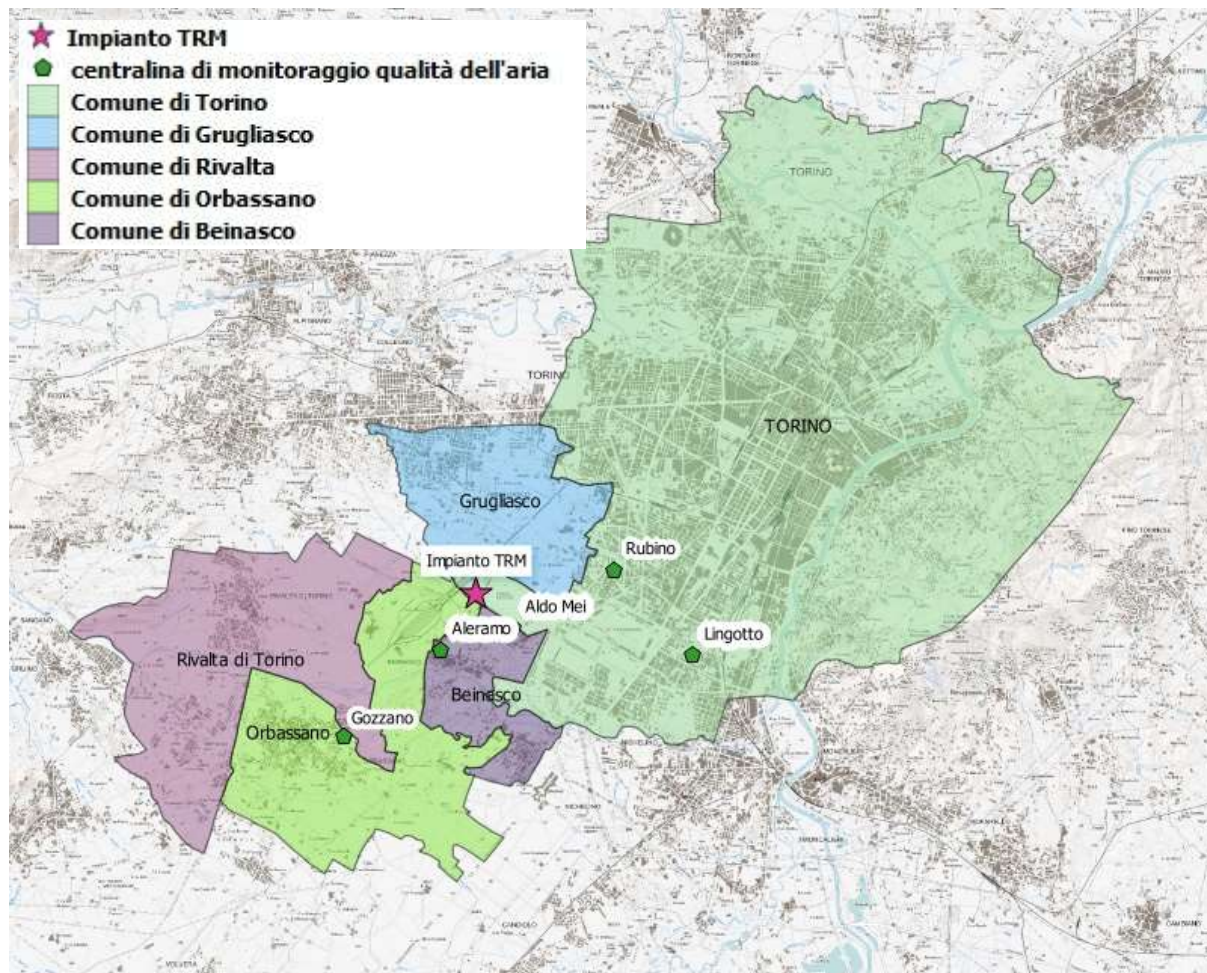
- piombo
- arsenico
- cadmio
- nichel

Nel presente studio sono stati considerati principalmente il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) e il particolato (PM10 e PM2.5), misurati dalle cinque centraline disponibili (Fig. 2.4.1).

Si segnala che la centralina di Orbassano–Gozzano misura esclusivamente l'NO<sub>2</sub> e pertanto non può essere considerata nelle analisi sul particolato. Si precisa, inoltre, 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, infatti, il contributo modellistico delle concentrazioni medie annue dovute al termovalorizzatore (riferite all'anno 2019) di ossidi di azoto presenta una concentrazione massima pari a 0.32 µg/m<sup>3</sup> nell'area sud-ovest a circa 2 km dall'impianto. Per quanto riguarda il PM2.5 primario (emesso dal

termovalorizzatore), i risultati degli studi relativi all'anno 2019 evidenziano un valore massimo di  $0.0013 \mu\text{g}/\text{m}^3$ , sempre a circa 2 km in direzione sud – ovest dall'impianto.

Fig. 2.4.2 Centraline di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona dello studio



Per caratterizzare l'area degli esposti è stata, invece, ricostruita la serie giornaliera di concentrazioni degli inquinanti della stazione di Beinasco Aldo Mei. I dati mancanti sia per l'esposizione a  $\text{NO}_2$  che al particolato, riferiti al periodo precedente l'installazione della centralina, sono stati imputati sulla base dei dati disponibili della centralina Torino – Rubino, che risulta quella maggiormente correlata con la stazione di Beinasco Aldo Mei. Infatti, le correlazioni tra le coppie di centraline si confermano alte, come nel precedente periodo in studio. Per il  $\text{PM}_{10}$ , le correlazioni tra coppie di centraline hanno tutte un valore superiore a 0.958, confermando una distribuzione sostanzialmente uniforme dell'inquinante in tutta l'area in studio. Per quanto riguarda il  $\text{PM}_{2.5}$ , la correlazione più alta si ha tra le centraline di Lingotto e Rubino (0.974), mentre la più bassa (pur rimanendo su valori decisamente elevati) è tra le centraline di Lingotto e Aldo Mei (0.927). Discorso simile può essere fatto anche per l' $\text{NO}_2$ , il cui

valore minimo di correlazione è costituito dal valore 0.90 per le centraline di Gozzano e Aldo Mei.

Per caratterizzare le aree di non esposizione identificate sono state utilizzate le centraline di Orbassano – Gozzano, per i non esposti dei quattro comuni, e la centralina di Torino Lingotto per i non esposti torinesi. I valori giornalieri di PM10 e PM2.5 sono disponibili solo per quest’ultima centralina e pertanto, per tali inquinanti, sono stati considerati nelle analisi solo i non esposti di Torino. I dati mancanti della serie giornaliera delle 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>, PM10 e PM2.5 sono riportate nella tabella Tab 2.4.1.

**Tab. 2.4.1 Valori di NO<sub>2</sub>, PM10 e PM2.5 misurati dalle centraline**

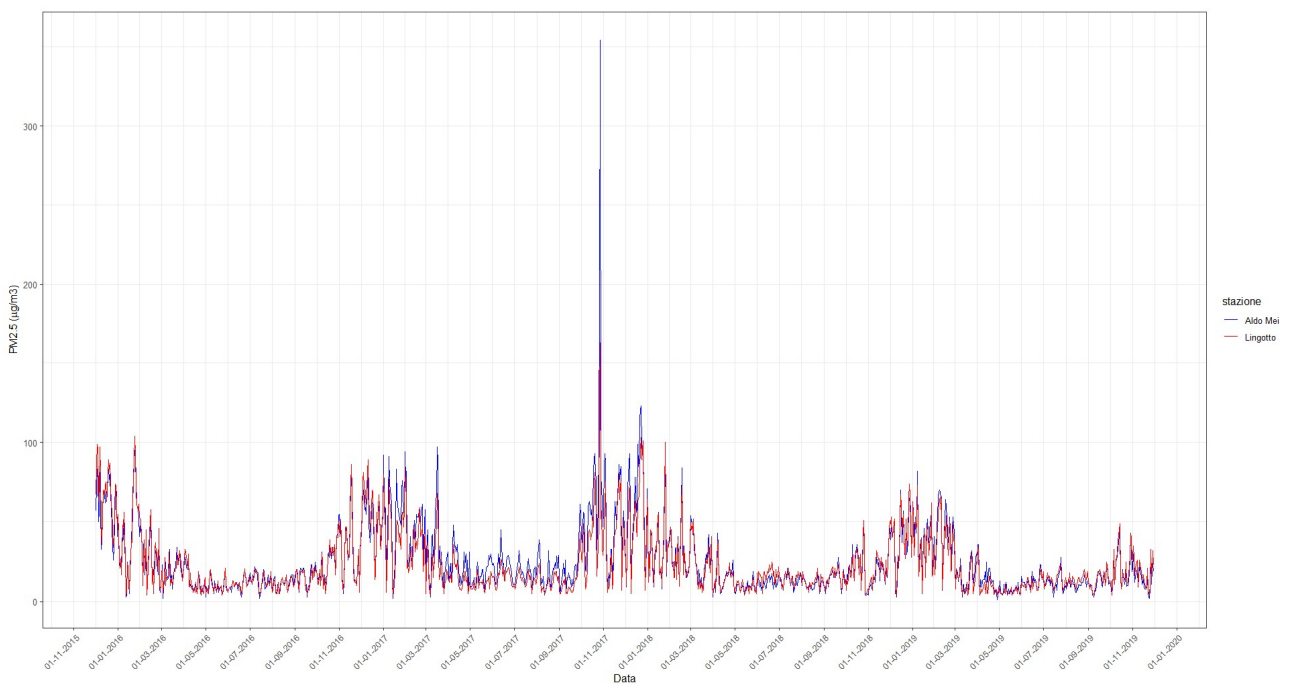
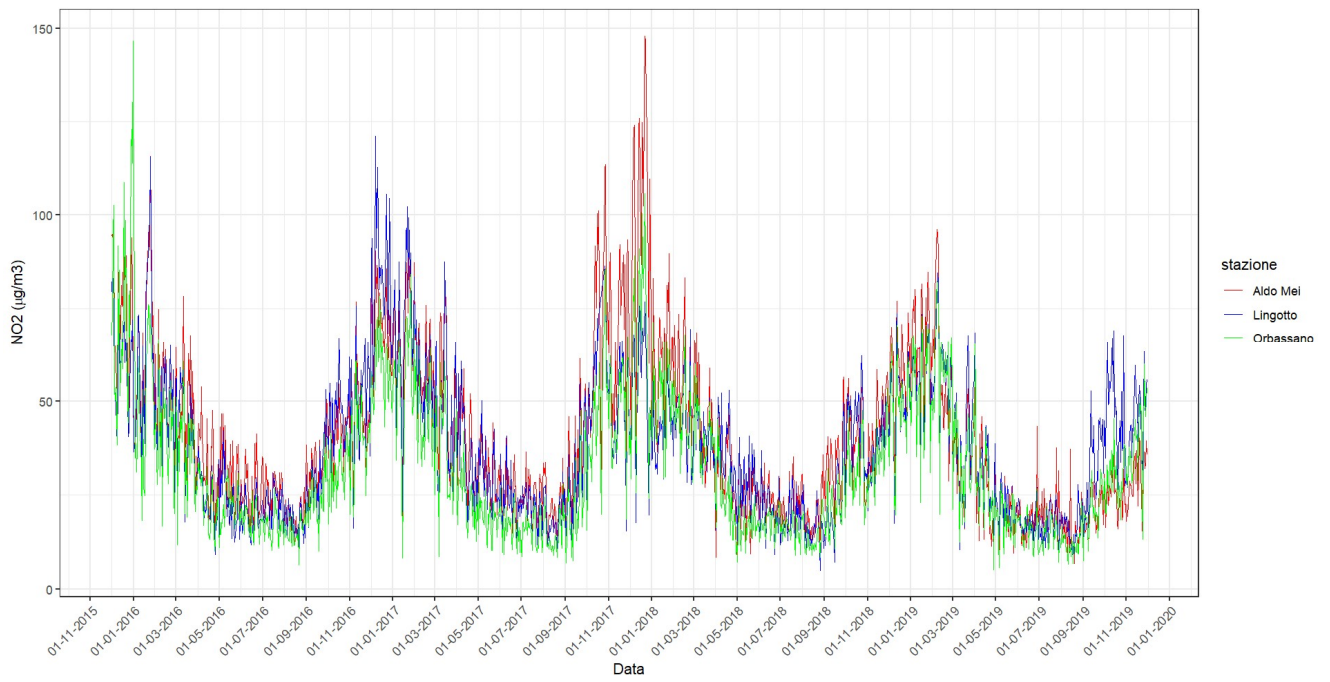
<b>Inquinante</b>	<b>Centralina</b>	<b>Minimo</b>	<b>1° quartile</b>	<b>Mediana</b>	<b>Media</b>	<b>3° quartile</b>	<b>Massimo</b>
<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>Lingotto</b>	5.0	22.0	34.6	37.7	50.4	121.1
<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>Rubino</b>	4.3	22.4	32.6	36.0	46.9	106.5
<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>Aldo Mei</b>	6.8	23.5	34.4	40.4	53.0	147.9
<b>NO<sub>2</sub></b>	<b>Gozzano</b>	5.1	17.7	27.1	32.4	44.4	146.6
<b>PM10</b>	<b>Lingotto</b>	5.0	16.0	25.0	33.1	42.0	212.0
<b>PM10</b>	<b>Rubino</b>	5.0	17.0	25.0	33.0	41.0	276.0
<b>PM10</b>	<b>Aldo Mei</b>	2.0	15.0	23.0	30.5	39.0	354.0
<b>PM2.5</b>	<b>Lingotto</b>	5.0	11.0	16.5	23.5	31.0	163.0
<b>PM2.5</b>	<b>Rubino</b>	4.0	11.8	17.6	24.2	30.8	112.9
<b>PM2.5</b>	<b>Aldo Mei</b>	1.0	11.0	17.0	24.9	32.0	354.0

Si osserva come i valori di NO<sub>2</sub>, PM10 e PM2.5 misurati dalle differenti centraline di monitoraggio situate nella zona siano confrontabili. I valori massimi di PM10 e PM2.5 sono legati a situazioni critiche occorse durante gli anni, come ad esempio incendi boschivi diffusi sulle montagne del torinese a partire dal 19/10/2017 e proseguiti fino all’inizio di novembre dello stesso anno, le cui polveri sono state trasportate dai venti anche in pianura.

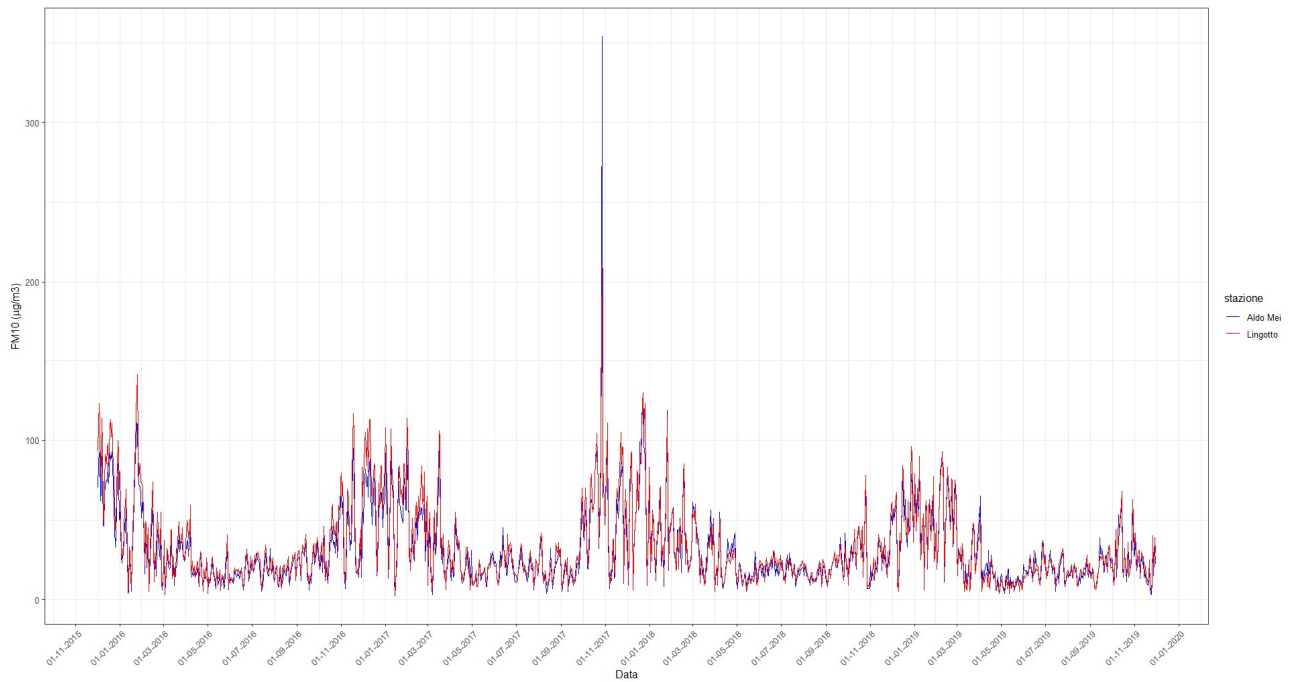
Nelle seguenti figure si riportano le misurazioni delle centraline relative a NO<sub>2</sub>, PM10 e

# PM2.5.

**Fig. 2.4.3 Centraline di monitoraggio della qualità dell'aria nella zona in studio**



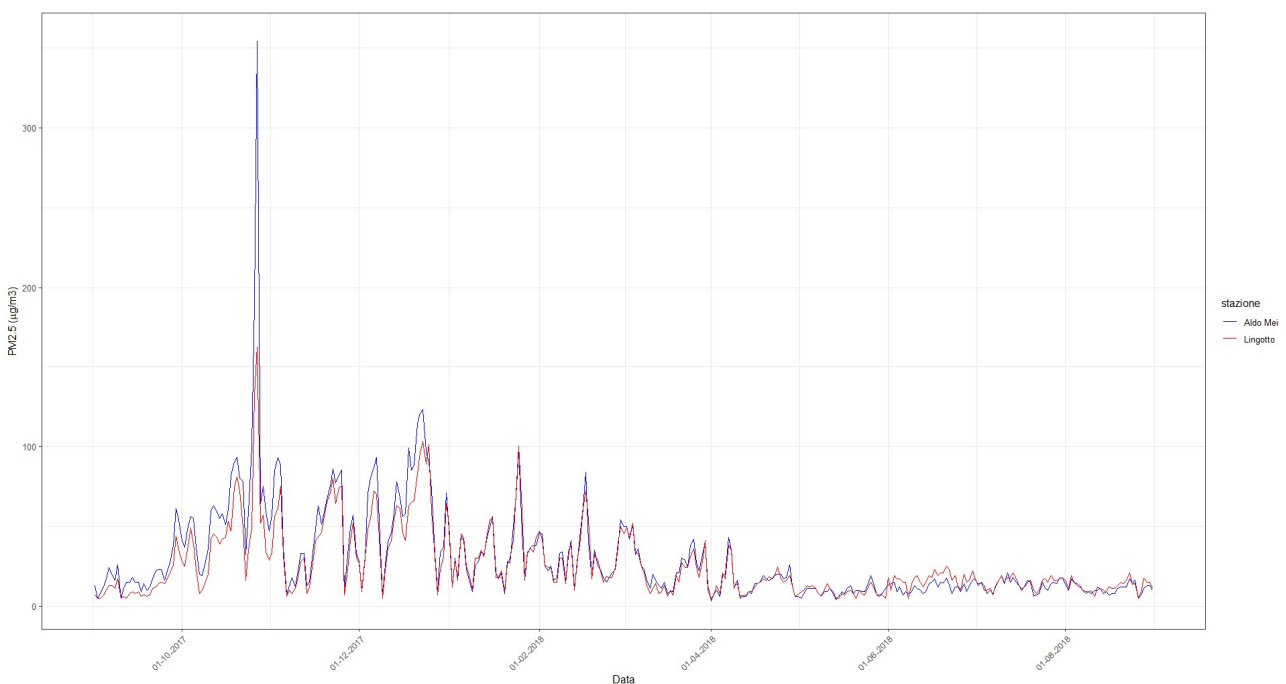


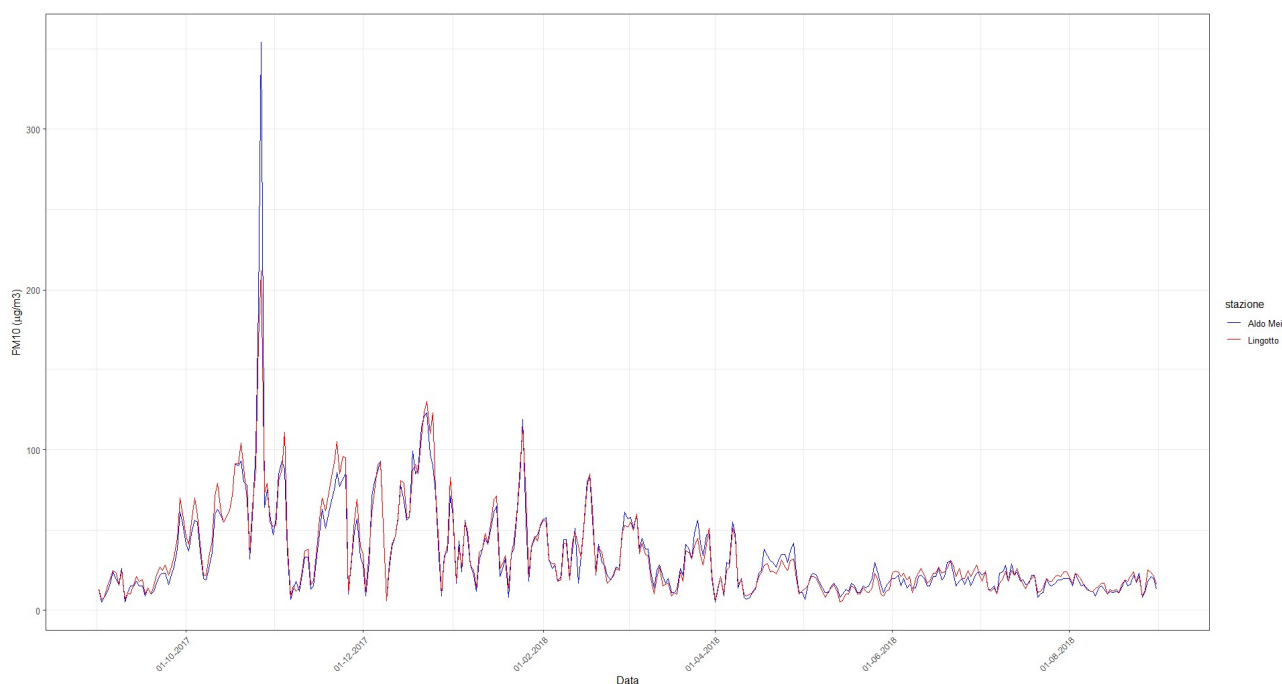


Si notino valori elevati per il particolato in corrispondenza degli episodi di incendi diffusi sulle montagne del Torinese nella Val Susa, iniziati il 19/10/2017 e proseguiti fino all'inizio del mese di novembre 2017.

In figura 2.4.4 è riportato un focus sul periodo 01/09/2017-31/08/2018, in cui risultano evidenti i picchi legati a tali episodi. Per tale motivo si è deciso di escludere questi giorni dalle analisi in quanto rappresentano valori anomali non dovuti al funzionamento dell'impianto.

**Fig. 2.4.4 PM2.5 e PM10 misurati nelle centraline di monitoraggio delle stazioni Aldo Mei e Lingotto: focus nel periodo 01/09/2017-31/08/2017**





## 2.5 Esiti sanitari: accessi in Pronto Soccorso e Ricoveri Ospedalieri

Si evidenzia che l'acquisizione e l'elaborazione dei dati sanitari sono state svolte ai sensi della normativa vigente in termini di privacy, ovvero secondo le indicazioni del GDPR (General Data Protection Regulation) UE n° 679/2016.

Per quanto riguarda gli accessi al Pronto Soccorso la selezione ha inizialmente individuato i casi con diagnosi per patologie cardio-respiratorie (ICD IX 390-519) e per gli eventi coronarici acuti (ICD IX 410-4118), associati alla popolazione in studio e riferiti ai periodi di interesse (T2 e T3). In seguito, sono stati estratti gli istituti con dipartimenti di emergenza presenti nell'area in studio, abbinabili alla popolazione, con l'esclusione dei doppi accessi giornalieri e dei soggetti con numero di accessi/anno > 20 in modo da non includere accessi ripetuti e frequenti dovuti alla presenza di patologie croniche.

Nelle seguenti tabelle viene presentata la distribuzione degli accessi in pronto soccorso dei soggetti selezionati, nei rispettivi periodi T2 e T3, per diverse caratteristiche, stratificando i gruppi degli esposti e dei non esposti distinguendo tra i residenti nei quattro comuni della cintura metropolitana torinese (Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano) ed i residenti Torinesi.

**Tab. 2.5.1 Accessi in PS nella popolazione in studio**

	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)			T3 (01.09.2017-30.11.2019)		
	Comuni cintura	Torino	Totale	Comuni cintura	Torino	Totale
Cause cardio respiratorie	9414 (30.0%)	21920 (70.0%)	31334	8949 (29.6%)	21244 (70.4%)	30193
Eventi coronarici acuti	274 (25.1%)	816 (74.9%)	1090	274 (27.1%)	737 (72.9%)	1011

**Tab. 2.5.2 Accessi in PS per cause cardio-respiratorie per esposizione**

Residenza	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)			T3 (01.09.2017-30.11.2019)		
	Non esposti	Esposti	Totale	Non esposti	Esposti	Totale
Comuni cintura	1725 (18.3%)	7689 (81.7%)	9414	1703 (19.0%)	7246 (81.0%)	8949
Torino	11356 (51.8%)	10564 (48.2%)	21920	10965 (51.6%)	10279 (48.4%)	21244
Totale	13081 (41.7%)	18253 (58.3%)	31334	12668 (42.0%)	17525 (58.0%)	30193

**Tab. 2.5.3 Accessi in PS per cause cardio-respiratorie per fascia di età ed esposizione**

Classi di età	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)					T3 (01.09.2017-30.11.2019)				
	ESPOSTI		NON ESPOSTI			ESPOSTI		NON ESPOSTI		
	Comuni Cintura	Torino	Comuni Cintura	Torino	Totale	Comuni Cintura	Torino	Comuni Cintura	Torino	Totale
0-14	1556 (20.2%)	2042 (19.3%)	289 (16.8%)	1932 (17.0%)	5819 (18.6%)	1378 (19.0%)	1717 (16.7%)	261 (15.3%)	1762 (16.1%)	5118 (17.0%)
15-49	1142 (14.9%)	1073 (10.2%)	247 (14.3%)	1196 (10.5%)	3658 (11.7%)	1033 (14.3%)	1039 (10.1%)	252 (14.8%)	1115 (10.2%)	3439 (11.4%)
50-64	1117 (14.5%)	1203 (11.4%)	252 (14.6%)	1457 (12.8%)	4029 (12.9%)	1152 (15.9%)	1234 (12.0%)	262 (15.4%)	1388 (12.7%)	4036 (13.4%)
65-74	1363 (17.7%)	1412 (13.4%)	336 (19.5%)	1758 (15.5%)	4869 (15.5%)	1254 (17.3%)	1396 (13.6%)	315 (18.5%)	1629 (14.9%)	4594 (15.2%)
75-84	1804 (23.5%)	2855 (27.0%)	453 (26.3%)	2945 (25.9%)	8057 (25.7%)	1728 (23.8%)	2768 (26.9%)	447 (26.2%)	2841 (25.9%)	7784 (25.8%)
85+	707 (9.2%)	1979 (18.7%)	148 (8.6%)	2068 (18.2%)	4902 (15.6%)	701 (9.7%)	2125 (20.7%)	166 (9.7%)	2230 (20.3%)	5222 (17.3%)
Totale	7689	10564	1725	11356	31334	7246	10279	1703	10965	30193

**Tab. 2.5.4 Accessi in PS per eventi coronarici acuti per esposizione**

Residenza	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)			T3 (01.09.2017-30.11.2019)		
	Non esposti	Esposti	Totale	Non esposti	Esposti	Totale
Comuni cintura	48 (17.5%)	226 (82.5%)	274	55 (20.1%)	219 (79.9%)	274
Torino	445 (54.5%)	371 (45.5%)	816	410 (55.6%)	327 (44.4%)	737
Totale	493 (45.2%)	597 (54.8%)	1090	465 (46.0%)	546 (54.0%)	1011

Nella lettura delle precedenti tabelle, è necessario ricordare la distribuzione percentuale della popolazione in studio per esposizione, diversificata tra residenti nei comuni della cintura rispetto ai residenti a Torino (tabella 2.3.1). La distribuzione degli accessi in PS rispecchia, infatti, di conseguenza le differenze presenti a livello di popolazione.

**Tab. 2.5.5 Accessi in PS per eventi coronarici acuti per fascia di età ed esposizione**

Classi di età	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)					T3 (01.09.2017-30.11.2019)				
	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale
15-49	28 (12.4%)	22 (5.9%)	7 (14.6%)	18 (4.0%)	75 (6.9%)	17 (7.8%)	13 (4.0%)	4 (7.3%)	10 (2.4%)	44 (4.4%)
50-64	66 (29.2%)	94 (25.3%)	12 (25.0%)	106 (23.8%)	278 (25.5%)	72 (32.9%)	83 (25.4%)	16 (29.1%)	90 (22.0%)	261 (25.8%)
65-74	57 (25.2%)	58 (15.6%)	10 (20.8%)	113 (25.4%)	238 (21.8%)	59 (26.9%)	49 (15.0%)	11 (20.0%)	95 (23.2%)	214 (21.2%)
75-84	59 (26.1%)	123 (33.2%)	16 (33.3%)	133 (29.9%)	331 (30.4%)	52 (23.7%)	101 (30.9%)	20 (36.4%)	108 (26.3%)	281 (27.8%)
85+	16 (7.1%)	74 (19.9%)	3 (6.3%)	75 (16.9%)	168 (15.4%)	19 (8.7%)	81 (24.8%)	4 (7.3%)	107 (26.1%)	211 (20.9%)
Totale	226	371	48	445	1090	219	327	55	410	1011

Per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri, inizialmente sono stati individuati i casi con diagnosi principale per patologie cardio-respiratorie (ICD IX 390-519) e per eventi coronarici acuti (ICD IX 410-4118) associati alla popolazione in studio e riferiti ai periodi di interesse (T2 e T3). Quindi sono stati inclusi esclusivamente i ricoveri ospedalieri di tipo ordinario, a carattere di urgenza (con esclusione cioè dei reparti di accesso di lungodegenze e riabilitazione), erogati dagli istituti selezionati, abbinabili alla popolazione in studio.

Nelle seguenti tabelle viene presentata la distribuzione dei ricoveri ospedalieri dei soggetti

selezionati per diverse caratteristiche, stratificando i gruppi degli esposti e dei non esposti e distinguendo tra i residenti nei quattro comuni della cintura metropolitana torinese (Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano) ed i residenti Torinesi.

**Tab. 2.5.6 Ricoveri ospedalieri nella popolazione in studio**

	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)			T3 (01.09.2017-30.11.2019)		
	Comuni cintura	Torino	Totale	Comuni cintura	Torino	Totale
Cause cardio respiratorie	3002 (26.0%)	8561 (74.0%)	11563	2951 (25.9%)	8462 (74.1%)	11413
Eventi coronarici acuti	486 (29.9%)	1141 (70.1%)	1627	530 (32.7%)	1091 (67.3%)	1621

**Tab. 2.5.7 Ricoveri ospedalieri per cause cardio-respiratorie per esposizione**

Residenza	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)			T3 (01.09.2017-30.11.2019)		
	Non esposti	Esposti	Totale	Non esposti	Esposti	Totale
Comuni cintura	577 (19.2%)	2425 (80.8%)	3002	574 (19.5%)	2377 (80.5%)	2951
Torino	4759 (55.6%)	3802 (44.4%)	8561	4597 (54.3%)	3865 (45.7%)	8462
Totale	5336 (46.1%)	6227 (53.9%)	11563	5171 (45.3%)	6242 (54.7%)	11413

**Tab. 2.5.8 Ricoveri ospedalieri per cause cardio-respiratorie per fascia di età ed esposizione**

Classi di età	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)					T3 (01.09.2017-30.11.2019)				
	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale
0-14	93 (3.8%)	113 (3.0%)	16 (2.8%)	120 (2.5%)	342 (3.0%)	74 (3.1%)	100 (2.6%)	20 (3.5%)	91 (2.0%)	285 (2.5%)
15-49	121 (5.0%)	138 (3.6%)	29 (5.0%)	193 (4.1%)	481 (4.2%)	107 (4.5%)	147 (3.8%)	24 (4.2%)	177 (3.9%)	455 (4.0%)
50-64	326 (13.4%)	366 (9.6%)	61 (10.6%)	533 (11.2%)	1286 (11.1%)	349 (14.7%)	422 (10.9%)	71 (12.4%)	472 (10.3%)	1314 (11.5%)
65-74	515 (21.2%)	639 (16.8%)	100 (17.3%)	860 (18.1%)	2114 (18.3%)	521 (21.9%)	601 (15.5%)	121 (21.1%)	846 (18.4%)	2089 (18.3%)
75-84	857 (35.3%)	1457 (38.3%)	246 (42.6%)	1746 (36.7%)	4306 (37.2%)	814 (34.2%)	1464 (37.9%)	224 (39.0%)	1650 (35.9%)	4152 (36.4%)

	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)					T3 (01.09.2017-30.11.2019)				
Classi di età	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale
85+	513 (21.2%)	1089 (28.6%)	125 (21.7%)	1307 (27.5%)	3034 (26.2%)	512 (21.5%)	1131 (29.3%)	114 (19.9%)	1361 (29.6%)	3118 (27.3%)
Totale	2425	3802	577	4759	11563	2377	3865	574	4597	11413

Si evidenzia la bassa numerosità dei ricoveri ospedalieri in età pediatrica che ha implicato l'impossibilità di effettuare analisi per tale fascia di età per evitare di ottenere risultati instabili e non interpretabili.

**Tab. 2.5.9 Ricoveri ospedalieri per eventi coronarici acuti per esposizione**

	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)			T3 (01.09.2017-30.11.2019)		
Residenza	Non esposti	Esposti	Totale	Non esposti	Esposti	Totale
Comuni cintura	99 (20.4%)	387 (79.6%)	486	112 (21.1%)	418 (78.9%)	530
Torino	633 (55.5%)	508 (44.5%)	1141	577 (52.9%)	514 (47.1%)	1091
Totale	732 (45.0%)	895 (55.0%)	1627	689 (42.5%)	932 (57.5%)	1621

**Tab. 2.5.10 Ricoveri ospedalieri per eventi coronarici acuti per fascia di età ed esposizione**

	T2 (01.12.2015 -28.02.2018)					T3 (01.09.2017-30.11.2019)				
Classi di età	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale	Comuni Cintura Esposti	Torino Esposti	Comuni Cintura Non Esposti	Torino Non Esposti	Totale
15-49	31 (8.0%)	31 (6.1%)	10 (10.1%)	34 (5.4%)	106 (6.5%)	22 (5.3%)	19 (3.7%)	4 (3.6%)	20 (3.5%)	65 (4.0%)
50-64	85 (22.0%)	107 (21.1%)	24 (24.2%)	147 (23.2%)	363 (22.3%)	105 (25.1%)	124 (24.1%)	30 (26.8%)	119 (20.6%)	378 (23.3%)
65-74	119 (30.7%)	91 (17.9%)	16 (16.2%)	162 (25.6%)	388 (23.8%)	121 (28.9%)	91 (17.7%)	32 (28.6%)	152 (26.3%)	396 (24.4%)
75-84	119 (30.7%)	180 (35.4%)	38 (38.4%)	196 (31.0%)	533 (32.8%)	122 (29.2%)	183 (35.6%)	32 (28.6%)	161 (27.9%)	498 (30.7%)
85+	33 (8.5%)	99 (19.5%)	11 (11.1%)	94 (14.8%)	237 (14.6%)	48 (11.5%)	97 (18.9%)	14 (12.5%)	125 (21.7%)	284 (17.5%)
Totale	387	508	99	633	1627	418	514	112	577	1621

## 2.8 Metodi statistici utilizzati

Nel presente lavoro sono stati aggiornati i risultati del precedente report n.6 utilizzando gli analoghi metodi statistici che sono stati validati dalla comunità scientifica nell'articolo (Gandini et al. 2020) pubblicato in seguito alla stesura del report. Di seguito si richiamano le tecniche statistiche utilizzate.

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

Il metodo prende il nome “*differenza nelle differenze*” perché determina l'effetto di un determinato inquinante 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 non richiede l'utilizzo di dati individuali o di variabili confondenti, ma necessita soltanto di dati aggregati sulla variabile esito di interesse. Se il valore medio di tale variabile è disponibile per gli esposti e per i non esposti all'effetto del termovalorizzatore, in almeno due periodi, questo metodo produce stime di effetto più plausibili di quelle basate su una singola differenza (nel tempo o tra soggetti).

Il metodo permette di valutare l'impatto dell'inquinante su un esito sanitario ed è adatto per studi di tipo osservazionale (Abadie2005, Wooldridge 2007). E', infatti, 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. Nello specifico il metodo è stato applicato per verificare se vi siano differenze tra gli accessi in Pronto Soccorso tra il periodo prima dell'avvio dell'impianto (pre) ed i periodi dopo l'avvio dell'impianto (post), confrontando le differenze dell'esito sanitario tra esposti e non esposti nei due periodi.

I gruppi di esposti e non esposti possono avere differenti livelli al baseline, ovvero prima della messa in funzione dell'impianto, ma con tale metodo si assume che la tendenza in caso di non intervento, ovvero non costruzione dell'impianto, sia uguale nei due gruppi. Con tale assunzione allora la differenza di cambiamento dell'esito sanitario studiato, ovvero accessi in Pronto Soccorso, tra i gruppi di esposti e non esposti risulta una stima dell'effetto dell'intervento, ovvero la 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 l'esposizione ( $T=0$  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 l'esposizione 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.

Considerata la natura dell'esito di interesse, ovvero i tassi di accesso in Pronto Soccorso, è stato utilizzato in una prima fase un modello di Poisson. In seguito, dal momento che i dati presentavano sovradisersione, si è passati ad un modello di tipo binomiale-negativo.

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

Una seconda analisi ha riguardato gli effetti sugli esiti sanitari degli episodi acuti di superamento dei limiti emissivi di diversi inquinanti emessi dall'impianto. Pur essendo al di sotto dei limiti di legge, sono stati analizzati i momenti di "picco" delle emissioni a camino di alcuni inquinanti. È stato 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 cinque giorni successivi ad un picco emissivo vi fosse un 'elevato' numero di accessi. In particolare, sono stati considerati gli accessi superiori al terzo quartile della distribuzione nei 30 giorni più 1,5 volte il range interquartile, che rappresenta la definizione standard di valore anomalo di una distribuzione di dati.

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

Un richiamo più approfondito sui metodi riguarda questa parte di analisi che è stata ampliata considerando l'effetto a breve termine non solo dell' $\text{NO}_2$ , ma anche del  $\text{PM}_{2.5}$  e  $\text{PM}_{10}$ , utilizzando le serie temporali dei periodi T2 e T3.

L'analisi dei dati giornalieri di eventi sanitari in relazione alla concentrazione degli inquinanti è stata condotta con modelli di serie temporali applicando un modello lineare generalizzato (GLM) secondo *Poisson* con parametro di sovradisersione 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 associati a incrementi giornalieri di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  delle concentrazioni dell'inquinante considerato. 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 inoltre ricostruite le serie giornaliere di dati meteorologici, di temperatura ed umidità relativa che, come indicato nei maggiori studi degli effetti dell'inquinamento atmosferico, permettono di controllare il confondimento dovuto agli andamenti stagionali 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, ovvero della diminuzione del volume in cui avviene il fenomeno di rimescolamento degli inquinanti provenienti da diverse sorgenti emissive.

Nel modello di analisi sono stati inseriti 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 tre 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;

- 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. *ondate di calore*;
  6. *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)
  7. *umidità relativa* (variabile che rientra nel calcolo della temperatura apparente)

Un approfondimento ulteriore ha riguardato, infine, l'utilizzo del modello precedente dove in sostituzione dell'esposizione ad inquinanti misurati dalle centraline (NO<sub>2</sub>, PM2.5, PM10), sono stati utilizzati gli inquinanti emessi a camino dal termovalorizzatore. Con tale approccio si sono utilizzati sempre modelli lineari generalizzati (GLM) supponendo che l'aria respirata dalla popolazione sia esattamente quella emessa a camino dell'impianto. L'obiettivo è quello di analizzare un'ipotetica relazione di tali emissioni con gli esiti sanitari in studio. dal momento che la centralina Aldo Mei (corrispondente al punto di massi ricaduta) non ha sinora 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 ed esiti sanitari. Sono stati utilizzati gli stessi confondenti descritti in precedenza, fatta eccezione per le variabili meteorologiche, dal momento che la variazione dello strato di rimescolamento risulta ininfluenza se si considerano i valori emessi, non essendoci evidenze di stagionalità nel comportamento delle emissioni, che risultano al massimo legate al tipo di rifiuto conferito nell'impianto. L'assenza di componente stagionale nelle emissioni ha portato quindi ad analizzare l'intero periodo, senza approfondimenti di suddivisione nei mesi estivi o invernali.

Dai grafici sui dati delle emissioni risulta evidente come sia presente una maggiore variabilità in fase di avvio dell'impianto. Per rendere più robusti i risultati è stato quindi adottato un approccio GLM di tipo *robust*, in cui i valori anomali, detti *outliers*, contribuiscono in maniera inferiore alla stima.

Per le analisi statistiche, descritte nei diversi approcci, sono stati utilizzati i software SAS (v.9.4) e R 4.1.1 (R Core Team, 2021).

### 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*)

L'analisi permette il confronto dei tassi di accesso al Pronto Soccorso per cause cardiorespiratorie, standardizzati per età, della popolazione in studio, nel periodo pre (T0) verso i rispettivi periodi post (T1, T2 e T3), distintamente tra la popolazione esposta e non esposta. Vengono in seguito riportati i relativi rapporti tra tassi rilevati tra gli esposti verso i non esposti rispettivamente a Torino e nei quattro comuni della cintura ed i rapporti tra tali rischi così ottenuti (*risk ratio*).

**Tab. 3.1.1 Tassi di accesso al Pronto Soccorso pre (T0) e post (T1) accensione impianto**

<b>Periodo</b>	<b>Esposizione</b>	<b>Tasso standardizzato (per 100.000) IC 95%</b>	<b>Rate ratio (Non esposti vs Esposti) IC 95%</b>	<b>Rate ratio (T1 vs T0) IC 95%</b>
<b>T0</b>	<b>Esposti</b>	3871.2 (3654.7-4087.7)	1	1
<b>T0</b>	<b>Non esposti comuni cintura</b>	4577.1 (3719.8-5434.3)	1.18 (0.97-1.43)	1
<b>T0</b>	<b>Non esposti Torino</b>	3362.3 (3114.6-3610.0)	0.87 (0.79-0.95)	1
<b>T1</b>	<b>Esposti</b>	4151.3 (3937.5-4365.1)	1	1.072 (0.97-1.12)
<b>T1</b>	<b>Non esposti comuni cintura</b>	4738.3 (3939.6-5537.1)	1.14 (0.95-1.37)	1.035 (0.84-1.24)
<b>T1</b>	<b>Non esposti Torino</b>	3307.6 (3070.2-3545.1)	0.80 (0.73-0.87)	0.98 (0.92-1.09)

Dai tassi standardizzati per età riportati nella precedente tabella 3.1.1 si osserva come, sia nel periodo pre che nel periodo post l'accensione dell'impianto, i soggetti non esposti residenti nei quattro comuni della cintura abbiano una maggiore propensione all'accesso in Pronto Soccorso sia rispetto agli esposti sia rispetto ai non esposti residenti a Torino.

**Tab. 3.1.2 Tassi di accesso al Pronto Soccorso pre (T0) e post (T2) accensione impianto**

<b>Periodo</b>	<b>Esposizione</b>	<b>Tasso standardizzato (per 100.000) IC 95%</b>	<b>Rate ratio (Non esposti vs Esposti) IC 95%</b>	<b>Rate ratio (T2 vs T0) IC 95%</b>
<b>T0</b>	<b>Esposti</b>	3871.2 (3654.7-4087.7)	1	1
<b>T0</b>	<b>Non esposti comuni cintura</b>	4577.1 (3719.8-5434.3)	1.18 (0.97-1.43)	1
<b>T0</b>	<b>Non esposti Torino</b>	3362.3 (3114.6-3610.0)	0.87 (0.79-0.95)	1
<b>T2</b>	<b>Esposti</b>	4503.5 (4300.4-4706.7)	1	<b>1.16 (1.08 -1.25)</b>
<b>T2</b>	<b>Non esposti comuni cintura</b>	4672.2 (3980.9-5363.5)	1.04 (0.88 – 1.21)	1.02 (0.80-1.30)
<b>T2</b>	<b>Non esposti Torino</b>	4043.4 (3811.2-4275.6)	0.90 (0.83 – 0.97)	<b>1.20 (1.09-1.32)</b>

La tabella 3.1.2 mostra come nel periodo T2, gli accessi in Pronto Soccorso siano andati aumentando sia tra gli esposti (incremento del tasso del 16%) che tra i non esposti residenti nel comune di Torino (incremento del tasso del 20%). Non si sono, invece, registrate variazioni nei valori per i non esposti dei quattro comuni della cintura coinvolti. Come ulteriore analisi di

sensibilità è stata suddivisa la categoria degli esposti tra i residenti in Torino e i residenti nei quattro comuni, per indagare meglio l'origine del maggior accesso al Pronto Soccorso tra gli esposti al T2 rispetto al T0. Le analisi mostrano risultati differenti tra residenti in Torino e nei quattro comuni: per quanto riguarda Torino si ha un eccesso negli esposti, con un rapporto tra tassi pari a 1.29 (1.17 -1.41), ed anche nei non esposti con un valore di 1.20 (1.09-1.32). L'eccesso tra gli esposti non è invece confermato se si considerano le analisi ristrette ai quattro comuni, per i quali il rapporto tra tassi è di 1.05 (0.86-1.29).

**Tab. 3.1.3 Tassi di accesso al Pronto Soccorso pre (T0) e post (T3) accensione impianto**

<b>Periodo</b>	<b>Esposizione</b>	<b>Tasso standardizzato (per 100.000) IC 95%</b>	<b>Rate ratio (Non esposti vs Esposti) IC 95%</b>	<b>Rate ratio (T3 vs T0) IC 95%</b>
<b>T0</b>	<b>Esposti</b>	3871.2 (3654.7-4087.7)	1	1
<b>T0</b>	<b>Non esposti comuni cintura</b>	4577.1 (3719.8-5434.3)	1.18 (0.97-1.43)	1
<b>T0</b>	<b>Non esposti Torino</b>	3362.3 (3114.6-3610.0)	0.87 (0.79-0.95)	1
<b>T3</b>	<b>Esposti</b>	4336.0 (4135.9-4536.0)	1	<b>1.12 (1.04 -1.20)</b>
<b>T3</b>	<b>Non esposti comuni cintura</b>	4567.1 (3888.9-5254.3)	1.05 (0.90-1.23)	1.00 (0.78-1.27)
<b>T3</b>	<b>Non esposti Torino</b>	3924.0 (3693.8-4154.1)	0.90 (0.84-0.98)	<b>1.16 (1.06 -1.28)</b>

Se si confrontano i valori al T0 con quelli al T3, la tendenza ad avere un eccesso nei tassi sia degli esposti, considerati complessivamente, che dei non esposti del comune di Torino è confermata, con un aumento tra gli esposti del 12% e tra i non esposti di Torino del 16%.

Se invece il confronto viene fatto nello stesso periodo temporale tra esposti e non esposti (*Rate Ratio Non esposti vs Esposti*) si nota come non vi siano differenze tra i due gruppi né prima dell'avvio dell'impianto (T0), né nel periodo successivo (T3). Per investigare il risultato tra gli

esposti è stata suddivisa la categoria degli esposti tra i residenti in Torino e i residenti nei quattro comuni. Con una tendenza analoga rispetto a quanto registrato al T2, si ha un eccesso per i residenti a Torino che riguarda sia gli esposti che i non esposti, più precisamente 1.17 (1.06-1.28) tra gli esposti e 1.16 (1.06-1.28) per i non esposti a Torino. L'eccesso tra gli esposti di Torino non è invece confermato se si considerano le analisi ristrette ai quattro comuni, per i quali il rapporto tra tassi è di 1.05 (0.93-1.17).

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. A differenza di quanto avvenuto al T1, in cui si osservava un aumento maggiore negli esposti, al T2 e al T3 l'aumento maggiore risulta tra i non esposti del comune di Torino.

Come già osservato nel precedente report 6, si è 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 prima dell'avvio dell'impianto che nei periodi successivi.

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.

### **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, ovvero la quantità emessa nel tempo, grandezza che meglio descrive la capacità "inquinante" dell'impianto ed è adatta per valutare le correlazioni con eventuali effetti sanitari.

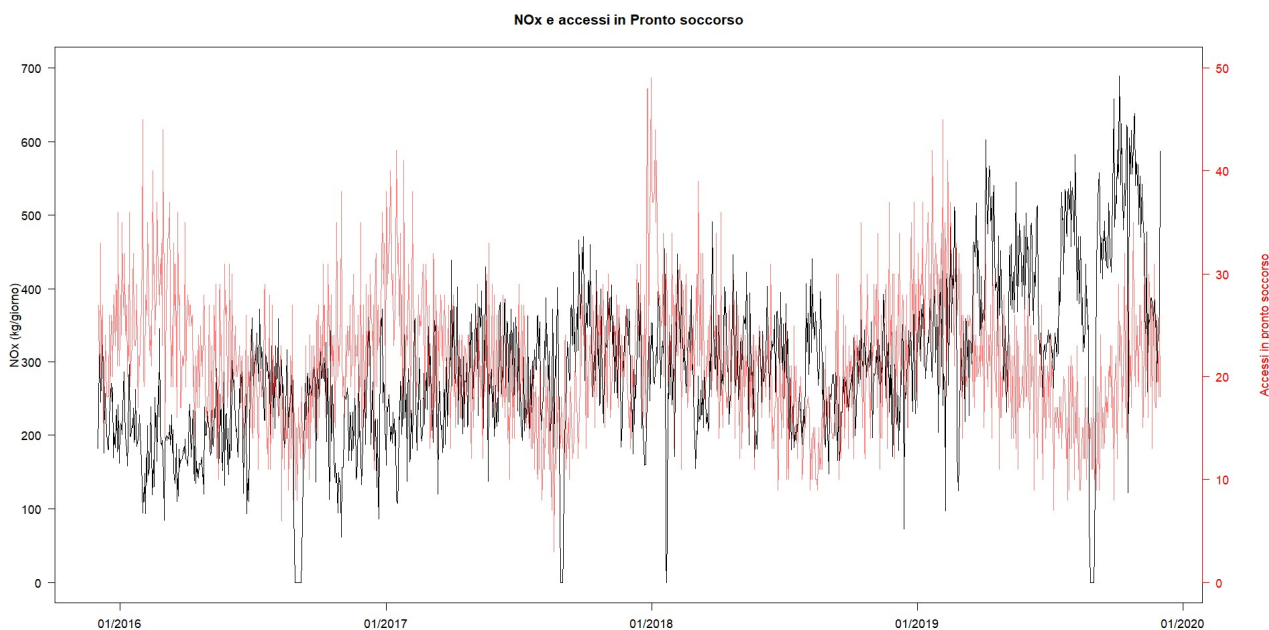
Sono stati analizzati gli effetti, sugli accessi in Pronto Soccorso, degli episodi emissivi che, pur essendo al di sotto dei limiti di legge, rappresentavano momenti di "picco" delle emissioni a camino di alcuni inquinanti, definendo come "picco" della serie analizzata, un livello superiore

alla media di tutta la serie più due volte la deviazione standard.

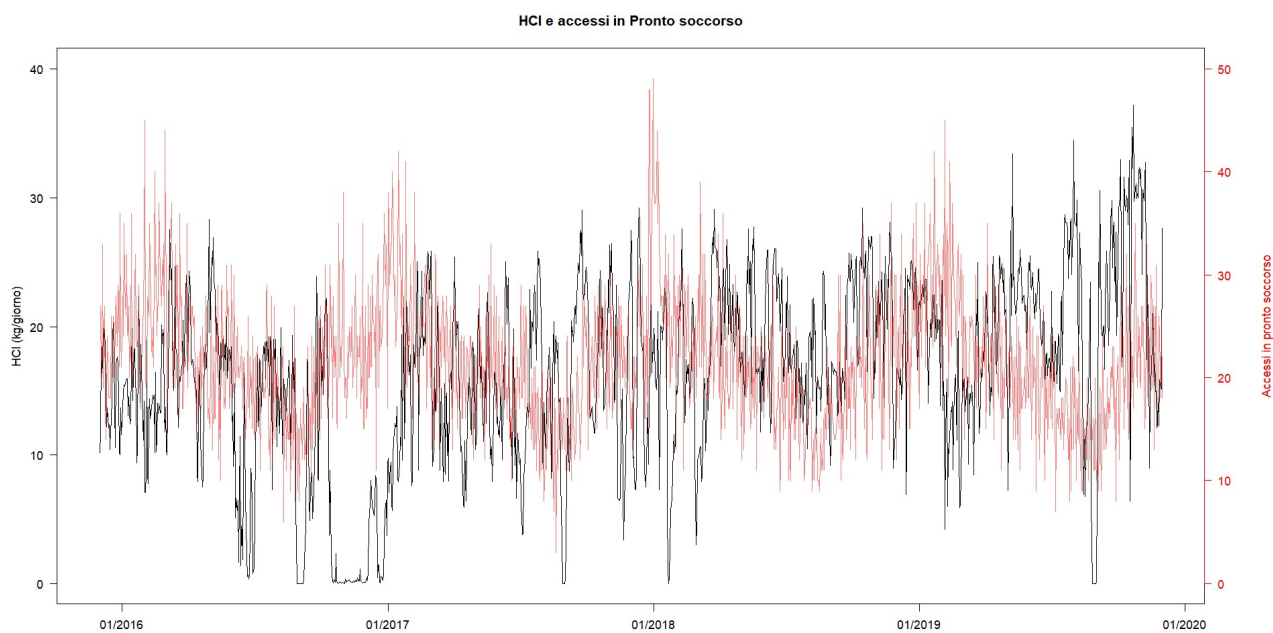
Sono stati pertanto analizzati gli andamenti degli accessi in Pronto Soccorso della popolazione residente nell'area di ricaduta nei giorni successivi ai picchi, comparando il valore medio degli accessi nel giorno stesso e nei cinque giorni successivi al picco (lag 0-5), con la media di periodo calcolata nell'intervallo di 30 giorni (15 giorni prima e 15 giorni dopo il picco). La soglia utilizzata è quella standard di definizione statistica di valore anomalo, ovvero superiore al terzo quartile della distribuzione nei 30 giorni più 1,5 volte il range interquartile.

Si riportano i grafici dell'andamento degli inquinanti emessi dall'impianto e gli accessi al Pronto Soccorso per il periodo in studio, in modo da poter avere un primo confronto visivo fra i due andamenti.

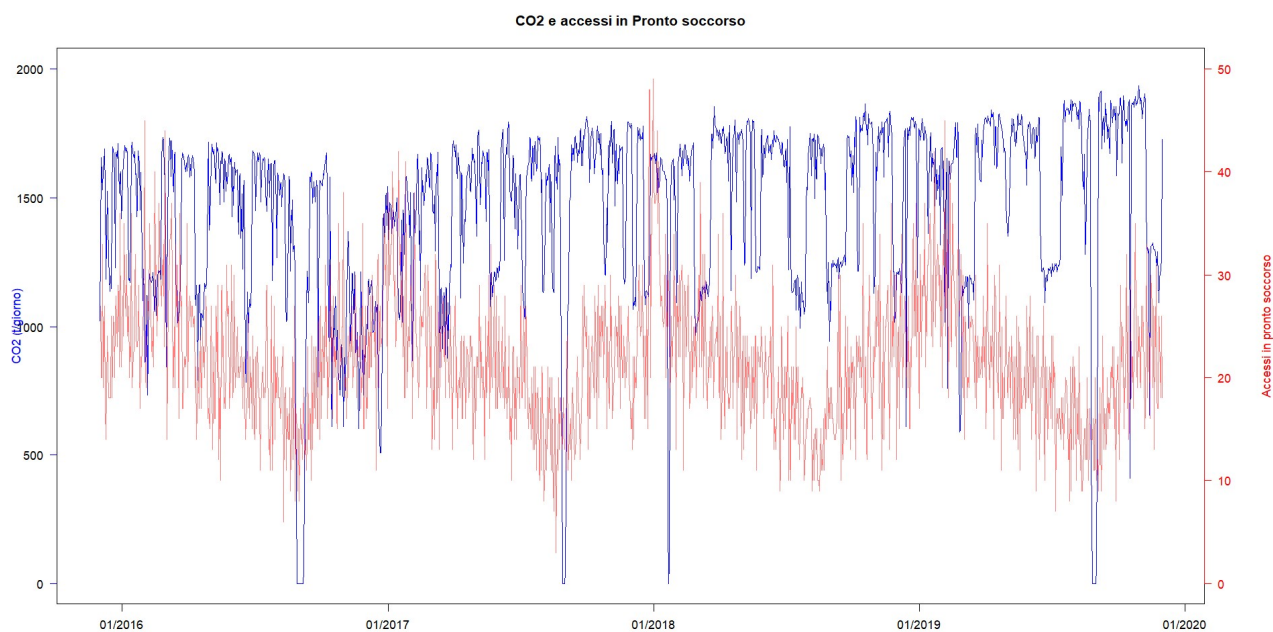
**Fig. 3.2.1 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di NOx (ossidi di azoto) nello stesso periodo**



**Fig. 3.2.2 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di HCl (acido cloridrico) nello stesso periodo**

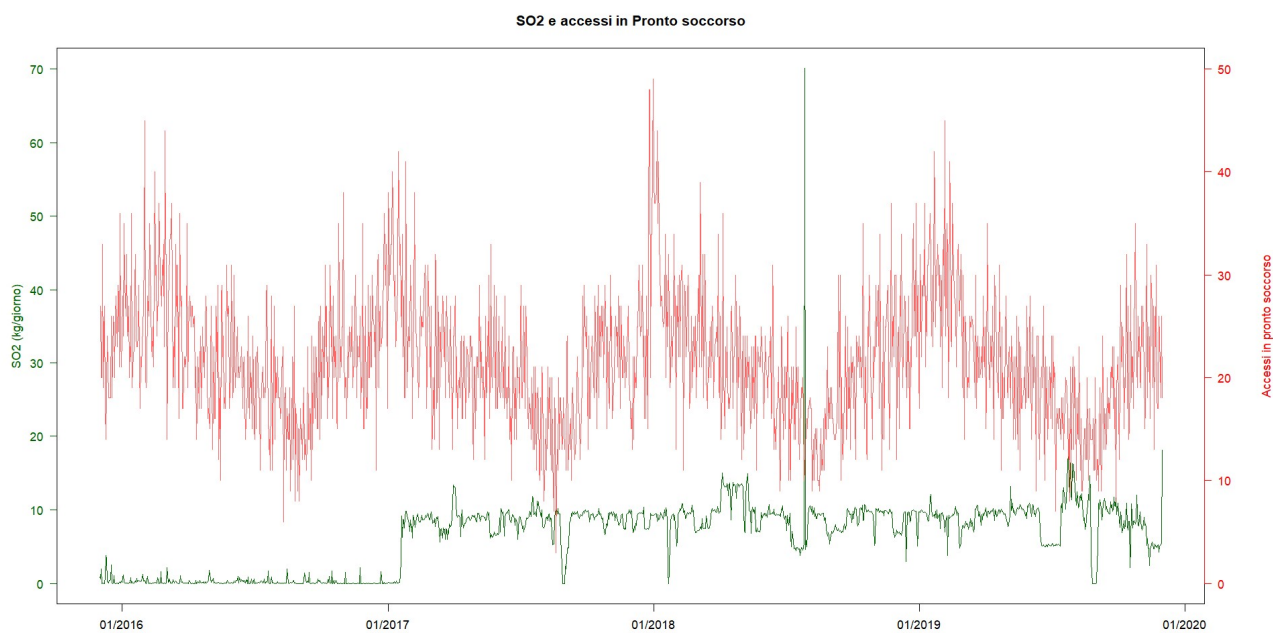


**Fig. 3.2.3** Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di CO<sub>2</sub> (biossido di carbonio) nello stesso periodo

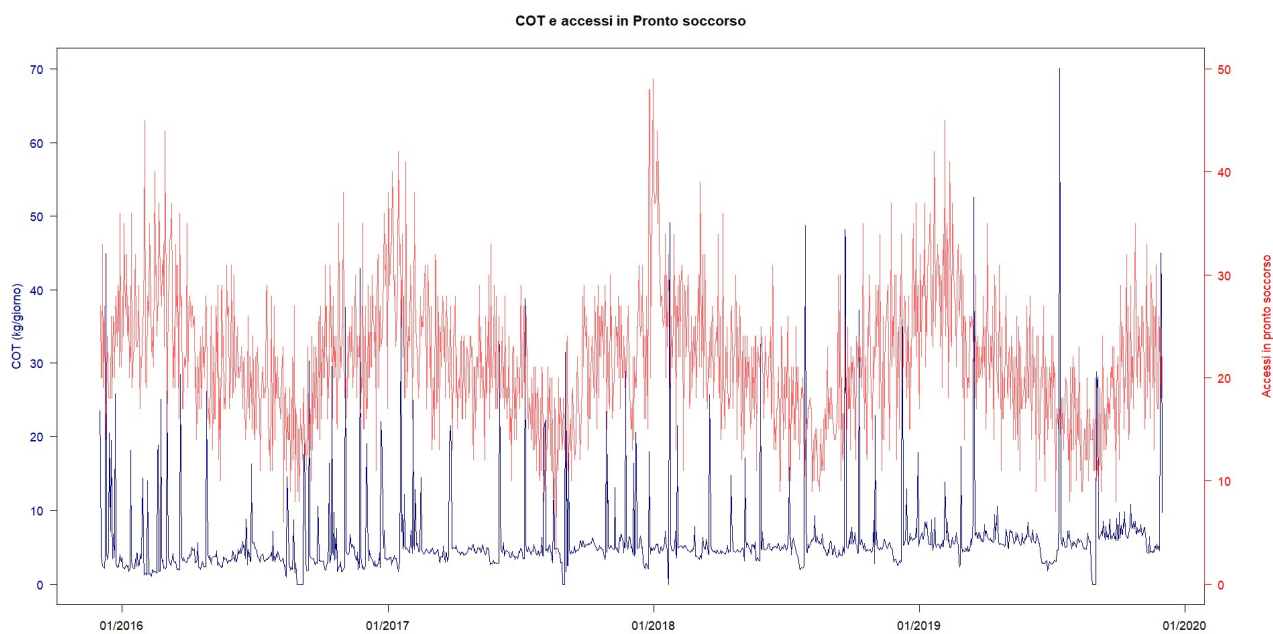


**Fig. 3.2.4** Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di SO<sub>2</sub> (biossido di zolfo) nello stesso periodo

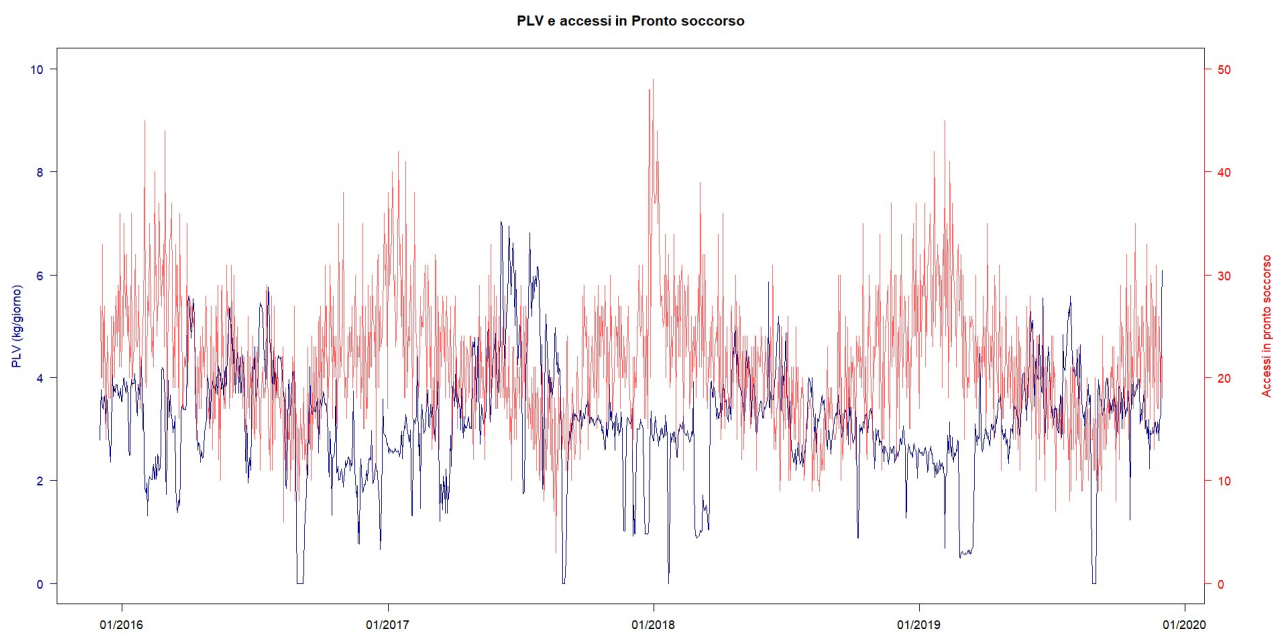




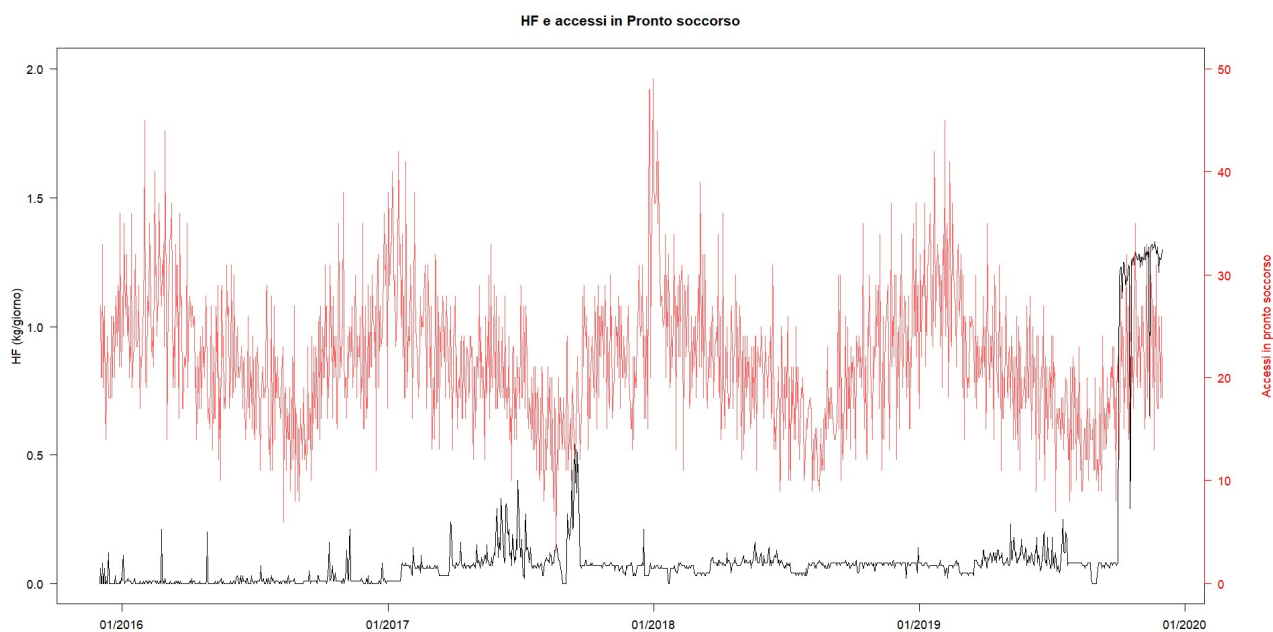
**Fig. 3.2.5 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di COT (carbonio organico totale) nello stesso periodo**



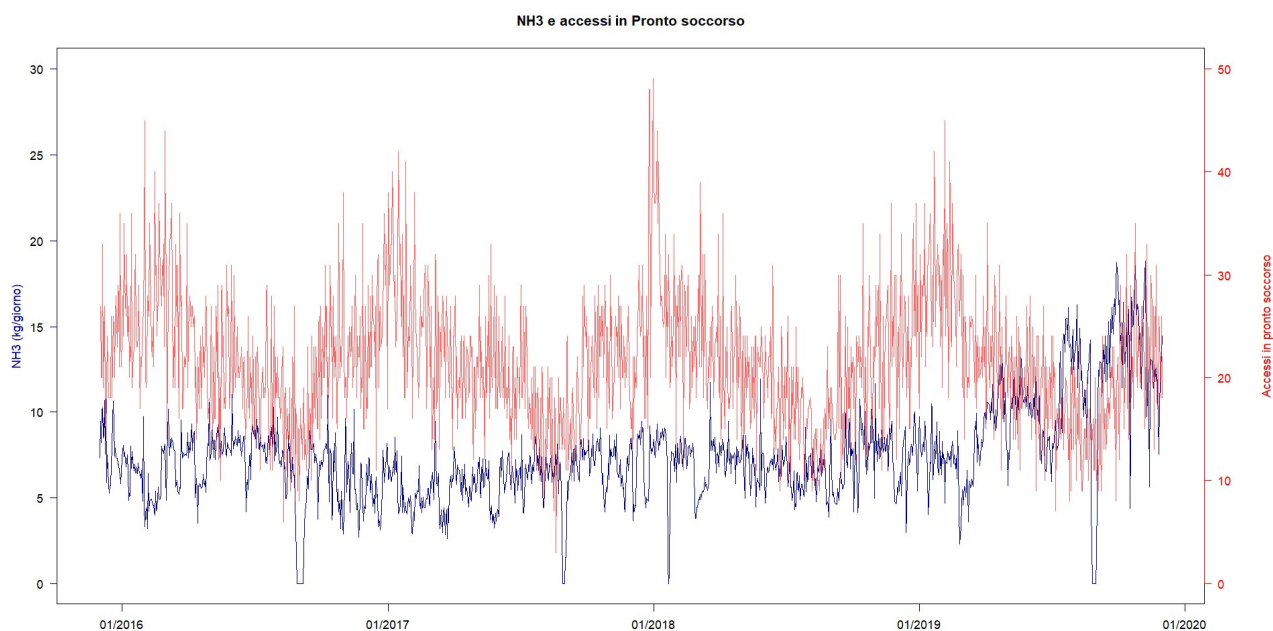
**Fig. 3.2.6 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di PLV (particolato) nello stesso periodo**



**Fig. 3.2.7** Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di HF (acido fluoridrico) nello stesso periodo

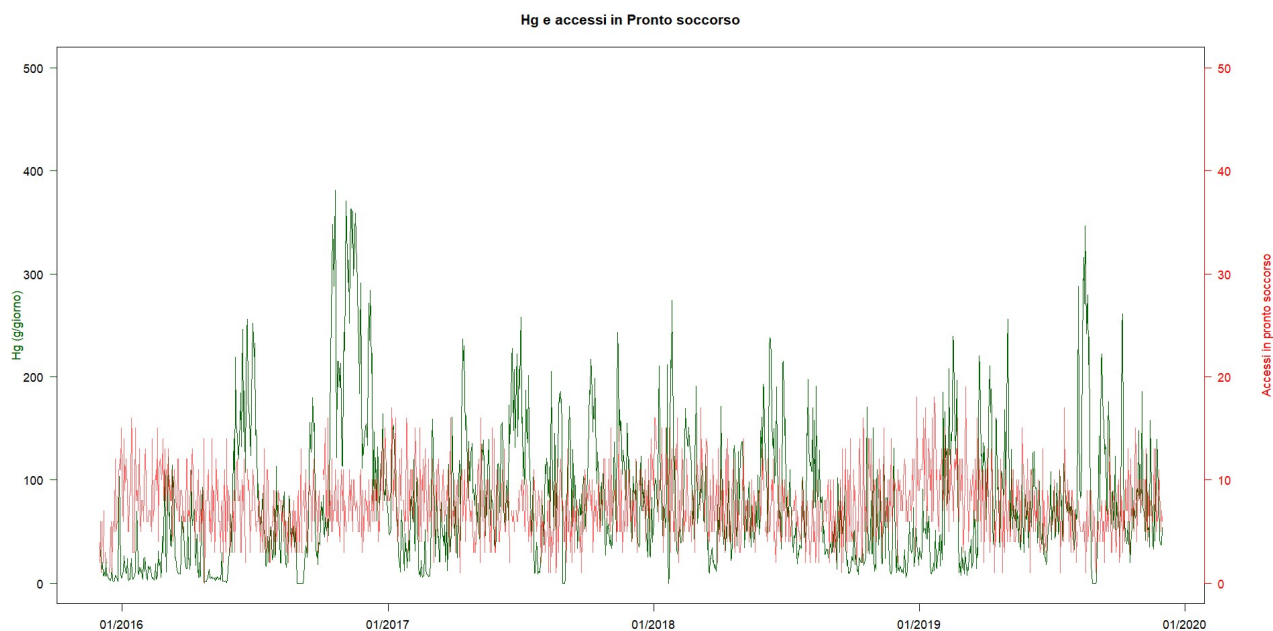


**Fig. 3.2.8** Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di NH<sub>3</sub> (ammoniaca) nello stesso periodo



Dai precedenti grafici, per tutti gli inquinanti analizzati, si evidenziano picchi di accessi al Pronto soccorso nel mese di gennaio dei diversi anni, probabilmente attribuibile a pandemie influenzali.

**Fig. 3.2.9 Andamento complessivo degli accessi al Pronto Soccorso della popolazione esposta e andamento delle emissioni di Hg (mercurio) nello stesso periodo**



In tabella 3.2.1 è riportato il numero di giorni di picco per ogni inquinante, calcolato sulla

serie complessiva dei periodi T2 e T3, ovvero dal 01/12/2015 al 30/11/2019, per un totale di 1.461 giorni analizzati. In riferimento ai giorni successivi al picco presi in esame, sono quindi riportati il numero di giorni *outlier* di accessi in Pronto Soccorso e la relativa percentuale.

**Tab. 3.2.1 Numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso**

Inquinante	Giorni di picco	Percentuale giorni picco sul totale	Giorni in esame successivi al picco	Giorni <i>outlier</i> accessi in PS	Percentuale giorni outlier accessi in PS
HCl	9	0,6%	54	2	3,7%
CO <sub>2</sub>	0	0,0%	0	0	0,0%
CO	38	2,6%	228	4	1,8%
NO <sub>x</sub>	19	1,3%	114	2	1,8%
SO <sub>2</sub>	31	2,1%	186	4	2,2%
COT	59	4,0%	354	7	2,0%
PM	40	2,7%	240	2	0,8%
HF	49	3,4%	294	5	1,7%
NH <sub>3</sub>	17	1,2%	102	3	2,9%
Hg	69	4,7%	414	7	1,7%

A titolo esemplificativo, si riporta il dettaglio del calcolo per l'HCl in tabella 3.2.2.

**Tab. 3.2.2 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per l'HCl (acido cloridrico)**

Data	HCl (Kg)	Accessi PS (lag 0 – 5)	Outlier
06/03/2016	27,55	33,34,34,37,28,19	45
30/04/2016	28,31	16,15,27,20,13,18	37
05/05/2016	26,92	18,23,16,16,27,25	38
24/09/2017	29,03	20,29,21,29,25,25	33
11/12/2017	29,2	31,26,24,25,25,31	37
12/12/2017	27,79	26,24,25,25,31,22	37
01/08/2019	34,47	13,21,17,10,18,15	26
20/10/2019	35,46	22,22,17,24,35,24	34
22/10/2019	37,17	17,24,35,24,21,19	34

Il dettaglio per tutti gli altri inquinanti è riportato in appendice. È importante notare che, per

tutti i picchi di emissione, non si osservano valori anomali a lag 0-1, ovvero al giorno corrispondente al picco o al successivo. Questo è a supporto dell'assenza di un legame causa-effetto tra picchi emissivi e accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie.

Se si considerano, invece, i picchi registrati dal flusso dati SME, per gli inquinanti aventi un limite derivante dall'AIA, escludendo quindi il mercurio, si evidenziano 58 episodi di superamento nel periodo in studio. In corrispondenza di tali episodi, ci sono stati otto giorni di eccessi negli accessi in Pronto Soccorso per cause respiratorie. In tabella 3.2.3 si riporta il dettaglio che indica come la maggior parte degli sforamenti sia legata al CO, dovuto quindi ad irregolarità nella temperatura di combustione.

**Tab. 3.2.3 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso**

<b>Inquinante</b>	<b>Giorni di picco</b>	<b>Percentuale giorni picco sul totale</b>	<b>Giorni in esame successivi al picco</b>	<b>Giorni outlier accessi in PS</b>	<b>Percentuale giorni outlier accessi in PS</b>
<b>CO</b>	55	3,8%	330	7	2,1%
<b>NOx</b>	2	0,1%	12	0	0,0%
<b>COT</b>	9	0,6%	54	2	3,7%
<b>HF</b>	1	0,1%	6	0	0,0%
<b>NH<sub>3</sub></b>	13	0,9%	78	3	3,8%

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

Le analisi considerano, come popolazione non esposta, due gruppi di soggetti. Il primo è denominato "Non esposti Torino" ed include la popolazione torinese prossima sia all'area di esposizione al termovalorizzatore sia alla centralina Torino Lingotto, con perimetro limitato pertanto dall'asse corso Peschiera-Via Giordano Bruno (Quartieri Nizza Millefonti e Mirafiori). Il secondo gruppo di non esposti, "Non Esposti Comuni Cintura", è definito dalla popolazione residente nei quattro comuni coinvolti nello studio, non ricompresa nell'area di ricaduta dei metalli pesanti.

Il confronto con il periodo prima dell'avvio del termovalorizzatore (T0) risulta possibile solo per l'NO<sub>2</sub>, unico inquinante monitorato nella centralina Beinasco-Aleramo (posta nell'area di ricaduta dei metalli pesanti) prima dell'accensione dell'impianto. Per tale inquinante è quindi possibile il confronto fra tutti i periodi oggetto di analisi (T0, T1, T2, T3), mentre per il PM10 ed

il PM2.5 è possibile confrontare esclusivamente i periodi post accensione impianto (T1, T2 e T3).

I risultati sono riportati sia separatamente nei quattro periodi, sia in maniera aggregata considerando l'intero periodo (T1+T2+T3). Il fatto di avere un arco temporale più ampio permette di avere risultati più stabili e confrontabili con la letteratura riguardante gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico. Si suggerisce pertanto nella lettura delle tabelle di porre attenzione sul confronto tra esposti e non esposti considerando il periodo aggregato (T1+T2+T3).

I risultati sono riportati in termini di variazione percentuale di rischio di accesso al Pronto Soccorso o di ricovero ospedaliero per la causa analizzata, all'incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> dell'inquinante considerato (NO<sub>2</sub>, PM10, PM2.5) al lag 0-5. Tale rischio, con relativo intervallo di confidenza al 95%, è stato calcolato per patologie cardio-respiratorie e per eventi coronarici acuti. Sono stati inoltre eseguiti, per gli accessi al pronto soccorso, alcuni focus sui soggetti in fascia pediatrica. Per ogni causa analizzata è stato inoltre riportato il *p-value* relativo al test d'interazione tra inquinante e periodo che permette di valutare l'esistenza di un eventuale trend temporale confrontando il periodo T0, con T1 e con l'arco temporale complessivo T2+T3. Come soglia di riferimento per la significatività statistica del *p-value* è stato considerato il valore 0.05.

I risultati riguardanti gli effetti dell'NO<sub>2</sub> sugli accessi in **Pronto Soccorso** suddivisi tra il periodo prima dell'avvio dell'impianto (T0) ed i periodi successivi (T1, T2 e T3) sono riportati nel dettaglio nelle tabelle 3.3.1 – 3.3.3.

**Tab 3.3.1 Effetti dell'NO<sub>2</sub> sugli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie nei periodi pre (T0) e post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	-0.17 (-2.72, 2.45)	1.91 (-0.70, 4.59)	<b>2.49</b> <b>(0.48, 4.53)</b>	<b>4.38</b> <b>(1.96, 6.86)</b>	0.444	<b>2.23</b> <b>(0.47, 4.02)</b>
Non esposti totali	1.11 (-2.74, 5.12)	-2.16 (-6.06, 1.90)	<b>5.22</b> <b>(2.21, 8.32)</b>	<b>5.02</b> <b>(1.22, 8.96)</b>	0.095	<b>4.47</b> <b>(1.90, 7.09)</b>
Non esposti Torino	0.24 (-3.24, 3.85)	-3.56 (-7.44, 0.47)	2.73 (-0.17, 5.71)	3.70 (-0.24, 7.80)	<b>0.022</b>	<b>3.19</b> <b>(0.75, 5.69)</b>
Non esposti comuni cintura	2.24 (-7.43, 12.93)	2.46 (-7.07, 12.95)	2.53 (-3.76, 9.23)	0.19 (-8.66, 9.90)	0.639	1.90 (-3.73, 7.87)

Occorre notare che la popolazione residente nella fascia di non esposizione nei quattro comuni della cintura, risulta inferiore come numero di individui rispetto alle altre categorie, e questo si rispecchia negli intervalli di confidenza più ampi.

Dal valore del *p-value* relativo al test d'interazione tra NO<sub>2</sub> e periodo temporale, si può osservare per le patologie cardio-respiratorie, come vi sia una differenza statisticamente significativa negli accessi in Pronto Soccorso esclusivamente per i non esposti di Torino. Per gli esposti tale valore non risulta significativo, indicando che i rischi riscontrati sono da considerarsi casuali. I valori al T2 e al T3, seppur statisticamente significativi, sono confrontabili tra esposti e non esposti, quindi in ogni caso non attribuibili all'impianto.

In tabella 3.3.2 sono riportate le analisi relative al dettaglio degli accessi in Pronto Soccorso per le cause cardio-respiratorie per la fascia pediatrica, per la quale è stato fatto un approfondimento specifico, trattandosi di soggetti più suscettibili agli effetti dell'inquinamento atmosferico.

**Tab 3.3.2 Effetti dell'NO<sub>2</sub> sugli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie pediatriche nei periodi pre (T0) e post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	2.17 (-2.58, 7.15)	<b>8.80</b> <b>(1.66, 16.44)</b>	<b>5.79</b> <b>(1.36, 10.42)</b>	<b>10.78</b> <b>(5.07, 16.79)</b>	<b>0.011</b>	<b>6.86</b> <b>(2.89, 10.99)</b>
Non esposti totali	7.33 (-0.72, 16.03)	1.12 (-9.72, 13.26)	<b>15.29</b> <b>(7.78, 23.31)</b>	<b>14.53</b> <b>(5.10, 24.80)</b>	<b>0.001</b>	<b>12.95</b> <b>(6.58, 19.70)</b>
Non esposti Torino	6.47 (-0.97, 14.47)	6.85 (-5.13, 20.35)	<b>11.64</b> <b>(4.44, 19.34)</b>	<b>14.50</b> <b>(4.24, 25.76)</b>	<b>0.002</b>	<b>11.11</b> <b>(4.97, 17.62)</b>
Non esposti comuni cintura	0.19 (-17.36, 21.47)	-10.48 (-30.22, 14.85)	1.78 (-12.04, 17.77)	6.52 (-14.58, 32.84)	<b>0.044</b>	4.40 (-8.40, 18.99)

In questo caso si notano valori significativi, principalmente nei periodi T2 e T3, ma la presenza di significatività sia tra gli esposti che nei non esposti, fa presumere che tali eccessi non possano essere attribuiti all'impianto.

In tabella 3.3.3 si riportano, infine, le analisi sugli eventi coronarici acuti per i quali, a causa delle basse numerosità degli eventi, si è ritenuto opportuno riportare i risultati solo per il gruppo complessivo dei non esposti, senza ulteriori suddivisioni.

**Tab 3.3.3 Effetti dell'NO<sub>2</sub> sugli accessi in Pronto Soccorso per eventi coronarici acuti nei periodi pre (T0) e post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	-7.75 (-19.79, 6.11)	12.88 (-1.90, 29.87)	-0.09 (-10.40, 11.41)	-8.18 (-19.56, 4.82)	0.518	-3.53 (-12.49, 6.34)
Non esposti totali	1.38 (-15.74, 21.98)	-2.25 (-19.47, 18.66)	-2.95 (-16.67, 13.04)	5.70 (-12.94, 28.33)	0.332	-1.71 (-13.72, 11.97)

Occorre ricordare come sia necessario prestare particolare cautela nell'interpretazione dei risultati, considerata la bassa numerosità degli accessi in Pronto Soccorso per eventi coronarici acuti nella popolazione in studio.

Per quanto riguarda, invece il **particolato (PM10 e PM2.5)**, si ricorda che tale inquinante non era stato misurato in nessuna centralina corrispondente all'area di ricaduta delle emissioni prima dell'avvio dell'impianto; pertanto, non risulta disponibile il valore al T0 per i quattro comuni. Inoltre, per tali inquinanti non era presente nessuna centralina nel territorio di non esposizione dei quattro comuni dell'ASLTO3; pertanto, le stime per i non esposti risultano possibili solo a livello complessivo o ristrette al territorio torinese.

Nelle tabelle 3.3.4 – 3.3.6 si riportano i risultati al T1, T2 e T3 per il **PM10**, per verificare se vi sia una tendenza attribuibile all'impianto.

**Tab 3.3.4 Effetti del PM10 sugli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10.**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	0.18 (-0.96, 1.33)	0.49 (-0.52, 1.50)	0.90 (-0.42, 2.23)	0.571	0.38 (-0.57, 1.33)
Non esposti totali	0.03 (-1.51, 1.59)	0.38 (-0.77, 1.55)	0.49 (-0.88, 1.87)	0.686	0.62 (-0.45, 1.70)
Non esposti Torino	-0.18 (-1.77, 1.45)	-0.13 (-1.33, 1.08)	0.61 (-1.00, 2.25)	0.200	0.42 (-0.66, 1.50)

Dalle analisi effettuate non si evidenziano trend o risultati statisticamente significativi (tab 3.3.4).

Le stesse analisi effettuate per i soggetti in età pediatrica sono riportate nella tabella 3.3.5.



**Tab 3.3.5 Effetti del PM10 sugli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie pediatriche nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10.**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	<b>3.33 (0.28, 6.47)</b>	0.18 (-1.96, 2.38)	1.27 (-1.52, 4.14)	0.762	0.29 (-1.70, 2.32)
Non esposti totali	-0.09 (-4.42, 4.42)	2.34 (-0.30, 5.04)	<b>3.83 (0.60, 7.17)</b>	0.470	2.07 (-0.35, 4.55)
Non esposti Torino	-0.67 (-5.29, 4.17)	2.09 (-0.63, 4.89)	<b>4.19 (0.48, 8.04)</b>	0.057	1.85 (-0.58, 4.33)

In questo caso si nota un eccesso al T1 tra gli esposti, non confermato però negli altri periodi, mentre tra i non esposti, sia complessivi che riferiti al territorio torinese, si evidenzia un rischio statisticamente significativo limitato al periodo T3.

Per quanto riguarda gli eventi coronarici acuti, i risultati sono disponibili in tabella 3.3.6.

**Tab 3.3.6 Effetti del PM10 sugli accessi in Pronto Soccorso per eventi coronarici acuti nei periodi pre (T0) e post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10.**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	2.55 (-3.71, 9.22)	-0.06 (-5.48, 5.68)	-5.50 (-11.93, 1.41)	0.308	-2.98 (-7.65, 1.93)
Non esposti totali	3.35 (-3.92, 11.16)	-5.47 (-11.11, 0.53)	0.58 (-6.67, 8.39)	0.304	-0.64 (-5.93, 4.96)

In questo caso non si evidenziano rischi statisticamente significativi.

Nelle tabelle 3.3.7 – 3.3.9 si riportano i risultati al T1, T2 e T3 per il **PM2.5**, per verificare se vi sia una tendenza attribuibile all'impianto.

I risultati relative alle patologie cardio-respiratorie, dettagliate per area di esposizione, sono riportati in tabella 3.3.7.

**Tab 3.3.7 Effetti del PM2.5 sugli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM2.5.**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	0.41 (-0.93, 1.78)	0.37 (-0.67, 1.43)	0.52 (-0.66, 1.72)	0.939	0.25 (-0.68, 1.18)
Non esposti totali	-0.01 (-1.81, 1.81)	0.56 (-0.82, 1.96)	0.47 (-1.13, 2.10)	0.759	0.61 (-0.61, 1.85)
Non esposti Torino	-0.28 (-2.13, 1.60)	0.12 (-1.46, 1.72)	0.59 (-1.36, 2.59)	0.687	0.72 (-0.70, 2.16)

In questo caso non si evidenziano eccessi.

I rischi per le patologie cardio-respiratorie ristrette all'età pediatrica sono disponibili in tabella 3.3.8.

**Tab 3.3.8 Effetti del PM2.5 sugli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie pediatriche nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM2.5.**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	<b>4.08 (0.47, 7.82)</b>	0.51 (-1.72, 2.79)	0.50 (-2.06, 3.12)	0.330	0.10 (-1.88, 2.12)
Non esposti totali	-0.71 (-5.64, 4.48)	3.14 (-0.04, 6.42)	<b>4.86 (1.00, 8.87)</b>	<b>0.034</b>	<b>3.05 (0.19, 5.99)</b>
Non esposti Torino	-1.45 (-6.66, 4.05)	2.34 (-1.26, 6.07)	<b>6.02 (1.35, 10.90)</b>	0.059	2.90 (-0.35, 6.25)

In questo caso si notano eccessi al T1 per gli esposti e al T3 per i non esposti. Si sottolinea, comunque, l'importanza di assenza di effetto nei periodi T2 e T3 con emissioni più elevate, considerato l'aumento di volume di rifiuti trattati.

Il focus per gli eventi coronarici acuti è rappresentato in tabella 3.3.9

**Tab 3.3.9 Effetti del PM2.5 sugli accessi in Pronto Soccorso per eventi coronarici acuti nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM2.5.**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	3.70 (-3.74, 11.71)	-0.39 (-5.98, 5.52)	-2.03 (-8.79, 5.24)	0.292	-1.56 (-6.57, 3.72)
Non esposti totali	4.45 (-4.03, 13.68)	-7.01 (-13.79, 0.30)	1.34 (-7.46, 10.99)	0.232	-1.42 (-7.77, 5.36)

Occorre ricordare come sia necessario prestare particolare cautela nell'interpretazione dei risultati, considerata la bassa numerosità degli accessi in Pronto Soccorso per eventi coronarici acuti nella popolazione in studio.

Per valutare meglio il comportamento degli inquinanti tra esposti e non esposti, è stato inoltre calcolato il p-value riferito al test delle differenze tra strati (p-REM), come riportato nell'articolo Chiusolo et al. (2011). Si è studiato quindi l'effetto dell'inquinante (NO<sub>2</sub>, PM10, PM25) sull'esito sanitario inserendo l'esposizione al termovalorizzatore e vedendo se esiste differenza tra gli esposti all'impianto e i non esposti. Nel dettaglio si sono analizzati i tre inquinanti e gli accessi in pronto soccorso per cause cardio-respiratorie separatamente al T2 e al T3. I p-REM che si ottengono hanno un valore compreso tra 0.49 e 0.79, quindi i risultati suggeriscono che non vi sia differenza tra gli esposti all'impianto e i non esposti.

Si riportano, di seguito, i risultati delle analisi condotte sui **ricoveri ospedalieri**, sottolineando come, rispetto agli accessi al Pronto Soccorso, le stime per tale esito siano basate su un numero inferiore di eventi e risultino, quindi, più instabili e con intervalli di confidenza più ampi. Per tale motivo, le analisi sono state condotte per le patologie cardio-respiratorie e per gli eventi coronarici acuti, mentre non si è ritenuto valido un approfondimento per la fascia di età 0-14, considerata la bassa numerosità dei soggetti.

I risultati delle analisi dell'**NO<sub>2</sub>** sui **ricoveri** per cause cardio-respiratorie e per eventi coronarici acuti sono riportati, rispettivamente, nelle tabelle 3.3.10 e 3.3.11.

**Tab 3.3.10 Effetti dell'NO<sub>2</sub> sui ricoveri per cause cardio-respiratorie nei periodi pre (T0) e post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>P</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	-1.01 (-5.58, 3.78)	<b>5.32</b> <b>(0.52, 10.35)</b>	0.73 (-2.37, 3.92)	1.70 (-1.89, 5.43)	0.558	0.73 (-2.01, 3.54)
Non esposti totali	1.40 (-4.93, 8.16)	-4.63 (-10.20, 1.29)	3.41 (-1.15, 8.19)	4.60 (-1.04, 10.56)	0.514	<b>4.19</b> <b>(0.27, 8.26)</b>
Non esposti Torino	1.32 (-4.41, 7.39)	-6.85 (-12.25, -1.11)	0.67 (-3.66, 5.20)	4.12 (-1.63, 10.21)	0.569	2.35 (-1.26, 6.10)
Non esposti comuni cintura	2.26 (-14.75, 23.14)	9.12 (-9.41, 31.44)	1.03 (-10.99, 14.67)	-3.08 (-17.37, 13.68)	0.245	-0.52 (-10.93, 11.10)

Per le cause cardio-respiratorie si evidenziano rischi statisticamente significativi per i non esposti, considerando il periodo post avvio dell'impianto complessivamente (T1+T2+T3), facendo propendere anche in questo caso per un'assenza di effetti legati all'impianto.

Il focus sugli eventi coronarici acuti è riportato in tabella 3.3.11.

**Tab 3.3.11 Effetti dell'NO<sub>2</sub> sui ricoveri per eventi coronarici acuti nei periodi pre (T0) e post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di NO<sub>2</sub>**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T0</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	-2.77 (-12.33, 7.82)	6.84 (-4.78, 19.90)	2.32 (-5.94, 11.30)	-1.66 (-11.02, 8.68)	0.615	-0.30 (-7.66, 7.64)
Non esposti totali	6.83 (-7.75, 23.70)	-9.35 (-23.13, 6.92)	7.12 (-5.50, 21.43)	10.46 (-5.39, 28.96)	0.576	5.13 (-5.41, 16.84)

In questo caso non si evidenziano rischi.

Inoltre, si osserva come il test di interazione tra inquinante e periodo non risulti mai significativo nelle analisi per i ricoveri ospedalieri ed NO<sub>2</sub> con un valore di *p-value* maggiore di 0.05.

Per quanto riguarda il particolato, i risultati riguardanti gli effetti del **PM10** sui **ricoveri** per cause cardio-respiratorie e per eventi coronarici acuti, sono riportati rispettivamente in tabella 3.3.12 e 3.3.13.

**Tab 3.3.12 Effetti del PM10 sui ricoveri per cause cardio-respiratorie nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	1.16 (-0.94, 3.31)	0.19 (-1.40, 1.81)	<b>2.54 (0.52, 4.61)</b>	0.644	1.19 (-0.31, 2.71)
Non esposti totali	-0.18 (-2.48, 2.16)	0.31 (-1.41, 2.06)	1.06 (-0.88, 3.02)	0.512	1.48 (-0.15, 3.13)
Non esposti Torino	-0.75 (-3.10, 1.65)	0.51 (-1.33, 2.39)	2.09 (-0.22, 4.46)	0.668	1.39 (-0.21, 3.01)

Per le cause cardio-respiratorio si osserva un eccesso tra gli esposti limitato al periodo T3.

**Tab 3.3.13 Effetti del PM10 sui ricoveri per eventi coronarici acuti nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM10.**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	2.55 (-2.54, 7.91)	-0.81 (-4.84, 3.38)	2.14 (-3.22, 7.80)	0.863	0.17 (-3.76, 4.27)
Non esposti totali	0.04 (-5.92, 6.39)	0.30 (-4.51, 5.36)	0.63 (-4.81, 6.37)	0.210	-0.23 (-4.37, 4.09)

Per gli eventi coronarici acuti non vengono evidenziati eccessi in nessuno dei sottoperiodi in esame.

I risultati riguardanti gli effetti del **PM2.5** sui **ricoveri** per cause cardio-respiratorie e per eventi coronarici acuti sono riportati, rispettivamente, in tabella 3.3.14 e 3.3.15. Per entrambi gli esiti sanitari, in nessuno dei periodi analizzati, si evidenziano rischi statisticamente significativi.

**Tab 3.3.14 Effetti del PM2.5 sui ricoveri per cause cardio-respiratorie nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM2.5**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	1.84 (-0.66, 4.39)	0.10 (-1.54, 1.78)	1.40 (-0.39, 3.22)	0.566	0.80 (-0.66, 2.28)
Non esposti totali	-0.67 (-3.34, 2.08)	0.39 (-1.63, 2.46)	0.81 (-1.44, 3.10)	0.498	1.11 (-0.69, 2.95)
Non esposti Torino	-1.18 (-3.90, 1.61)	0.84 (-1.52, 3.27)	1.25 (-1.46, 4.03)	0.228	1.46 (-0.60, 3.57)

**Tab 3.3.15 Effetti del PM2.5 sui ricoveri per eventi coronarici acuti nei periodi post avvio dell'impianto (T1, T2, T3), dettagliati per area di esposizione. In tabella sono riportati gli incrementi percentuali di rischio (con intervallo di confidenza al 95%) per incrementi di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM2.5**

<b>Incremento percentuale IC95%</b>	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>	<b>p</b>	<b>T1+T2+T3</b>
Esposti	4.23 (-1.80, 10.62)	-1.37 (-5.52, 2.96)	0.04 (-4.64, 4.94)	0.129	-0.80 (-4.60, 3.15)
Non esposti totali	0.89 (-6.02, 8.30)	-0.77 (-6.46, 5.26)	0.12 (-6.21, 6.88)	0.875	-1.64 (-6.38, 3.35)

Sono state eseguite, inoltre, alcune analisi per analizzare la relazione tra le **emissioni a camino** ed il numero di accessi in **Pronto Soccorso** o il numero di **ricoveri per patologie cardio-respiratorie** nella popolazione esposta. Tali analisi estremizzano l'esposizione della popolazione supponendo che le quantità emesse a camino costituiscano esattamente ciò che viene respirato dalla popolazione residente, senza tenere conto dei fenomeni di dispersione che avvengono in atmosfera. Scopo delle analisi è quello di verificare se all'aumentare dei valori medi giornalieri di ogni singolo inquinante emesso dall'impianto corrisponda anche un aumento negli accessi in Pronto Soccorso o nei Ricoveri Ospedalieri.

Gli inquinanti analizzati nelle emissioni a camino sono riportati in tabella 3.3.16; per ognuno sono riportate alcune statistiche descrittive (5° percentile, mediana, 95° percentile e massimo). Si precisa che non è stato riportato il valore minimo misurato che è pari a zero per tutti gli inquinanti in corrispondenza degli spegnimenti dell'impianto.

**Tab 3.3.16 Descrittive emissioni a camino divise nei 3 periodi di analisi dopo l'avvio dell'impianto. Per ogni inquinante è riportato il valore della mediana calcolato sul periodo. In parentesi si riportano il 5° percentile, il 95° percentile ed il massimo)**

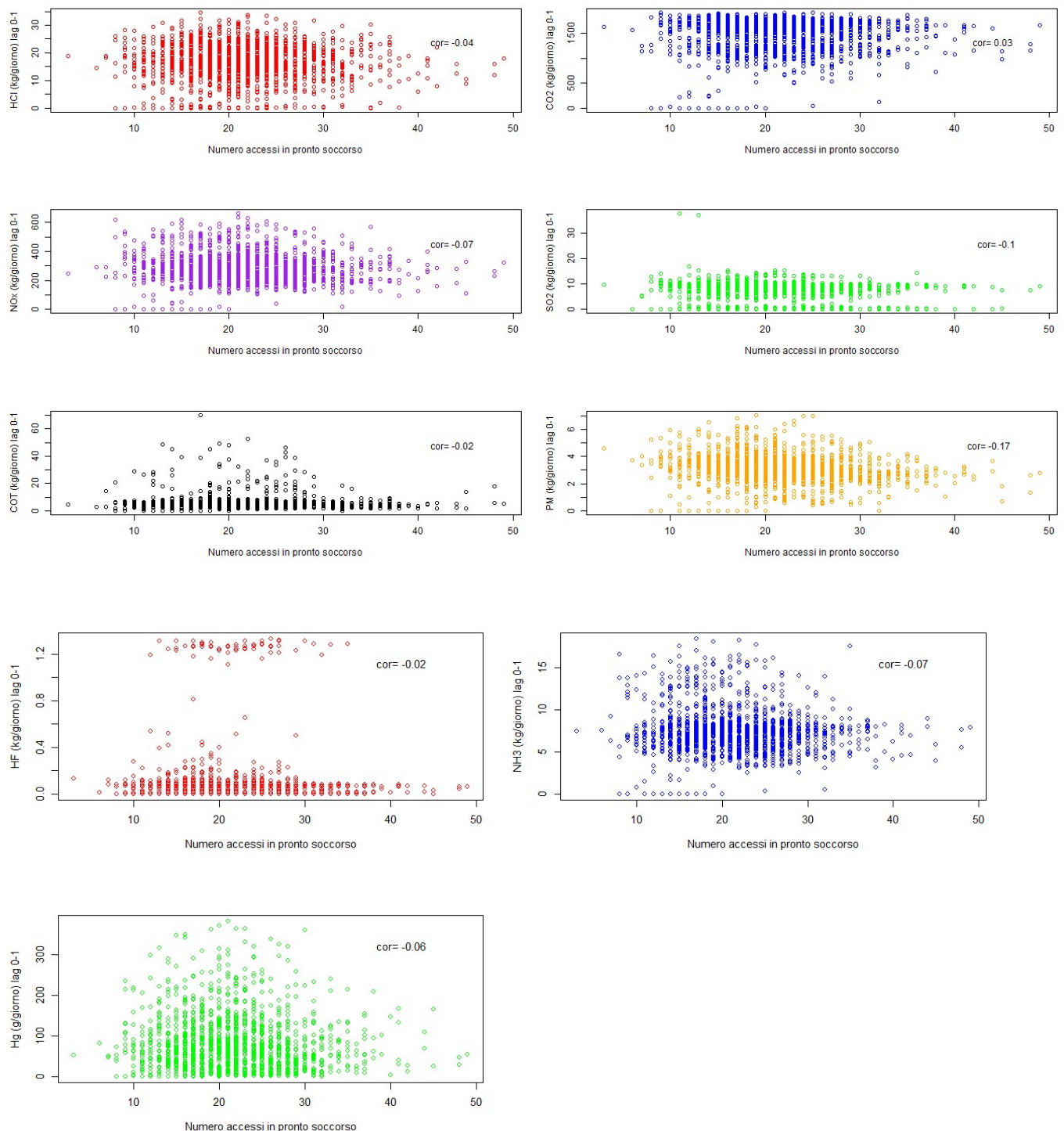
	<b>T1</b>	<b>T2</b>	<b>T3</b>
<b>Inquinante</b>			
<b>HCl</b>	17.8 (0.76, 31.4, 43.1)	14.64 (0.14, 24.1, 29.2)	19.3 (7.4, 28.6, 37.2)

<b>CO<sub>2</sub></b>	1208.5 (256.2, 1701.2, 1840.2)	1526 (779.5, 1734.2, 1815)	1678 (0- 1935) 1066.3 -1852.7
<b>CO</b>	41.7 (14.0, 127.4, 471.8)	32.6 (11.6, 66.2, 227.4)	36.6 (15.4, 96.7, 156.6)
<b>NO<sub>x</sub></b>	374.8 (125.3, 724.1, 1204)	251.7 (121.7, 375, 471.4)	324.7 (188.5, 535.4, 689.1)
<b>SO<sub>2</sub></b>	0.38 (0, 3.5, 30.7)	1.66 (0, 9.8, 13.3)	9.35 (4.9, 13.0, 70.1)
<b>COT</b>	3.28 (1.5, 30.4, 151.5)	4.19 (1.8, 16.8, 49.1)	5.3 (2.9, 11.4, 70.0)
<b>PM</b>	3.41 (1.3, 5.7, 13.1)	3.17 (1.2, 5.32, 7.04)	3.1 (0.96, 4.35, 6.1)
<b>HF</b>	0.06 (0, 0.77, 2.38)	0.03 (0, 0.17, 0.54)	0.08 (0.03, 1.24, 1.33)
<b>NH<sub>3</sub></b>	5.26 (1.86, 8.13, 24.9)	6.68 (3.55, 8.9, 11.02)	7.68 (4.55, 14.54, 18.8)
<b>Hg</b>	23.02 (0, 153.2, 427)	66.4 (3.9, 235, 381)	67.5 (12.9, 192.8, 346.8)

Una prima analisi descrittiva, per valutare l'esistenza di un legame di tipo lineare tra accessi in **Pronto Soccorso** ed emissioni a camino, è disponibile attraverso i grafici della figura 3.3.1.

In ciascun grafico è riportato l'indice di correlazione lineare tra ogni coppia inquinante-numero di accessi in Pronto Soccorso. Si nota come tale correlazione risulti piuttosto bassa, con valori compresi tra -0.17 e 0.03. Inoltre, si osserva come valori più alti di accessi in Pronto Soccorso (maggiori di 40) non corrispondano a valori più alti delle emissioni.

**Fig. 3.3.1** Grafici che rappresentano il numero di accessi in Pronto Soccorso tra la popolazione esposta e i valori di emissioni a camino



Per avere maggior chiarezza sull'effetto dell'aumento delle emissioni e l'incremento del numero di accessi in Pronto Soccorso o dei ricoveri ospedalieri sono state, inoltre, effettuate analisi statistiche con metodi "glm robust". Con tali metodi, il modello statistico non elimina i picchi degli inquinanti, ma attribuisce un peso inferiore all'osservazione picco-numero accessi in pronto soccorso solo se anomala rispetto al resto dei dati.

Per ogni inquinante, descritto in precedenza, si è valutato un possibile effetto immediato sull'esito sanitario, corrispondente al giorno stesso dell'emissione o al giorno immediatamente successivo (lag 0-1).

I risultati di tale modello per gli accessi in Pronto Soccorso e per i ricoveri, analizzati entrambi per le cause cardio-respiratorie, sono riportati nelle tabelle 3.3.17 e 3.3.18.

**Tab 3.3.17 Risultati degli incrementi degli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie all'aumentare delle emissioni (lag 0-1)**

	T1		T2		T3	
Inquinante	Esposti	Non esposti	Esposti	Non esposti	Esposti	Non esposti
HCl*	0.15 (-0.09;0.4)	0.35 (-0.01;0.71)	-0.77 (-1.91;0.38)	-0.3 (-1.73;1.15)	-0.24 (-0.96;0.49)	-0.48 (-1.39;0.43)
CO <sub>2</sub> **	<b>0.05</b> <b>(0;0.1)</b>	<b>0.07</b> <b>(0;0.15)</b>	<b>0.08</b> <b>(0.02;0.13)</b>	0.06 (-0.01;0.13)	0.01 (-0.05;0.07)	-0.01 (-0.08;0.06)
CO**	0.47 (-1.23;1.95)	-0.59 (-2.84;1.15)	-0.98 (-2.18;0.24)	-1.19 (-2.69;0.34)	-1.26 (-2.41;-0.09)	-0.99 (-2.44;0.48)
NO <sub>x</sub> **	0.09 (-0.03;0.21)	0.16 (-0.02;0.33)	0.22 (-0.05;0.49)	0.23 (-0.1;0.57)	-0.02 (-0.24;0.2)	-0.14 (-0.41;0.14)
SO <sub>2</sub> *	0.38 (-0.96;1.74)	-0.02 (-1.99;1.99)	1.71 (-0.23;3.69)	2.56 (0.1;5.08)	0.59 (-1.77;3.01)	-2.26 (-5.12;0.68)
COT*	-0.07 (-0.26;0.12)	0.01 (-0.25;0.28)	0.32 (0.02;0.62)	0.06 (-0.32;0.44)	0.05 (-0.27;0.37)	-0.16 (-0.57;0.25)
PM*	1.15 (-0.46;2.79)	1.82 (-0.54;4.24)	1.26 (0.17;2.37)	1.1 (-0.27;2.48)	0.25 (-0.64;1.16)	-0.04 (-1.14;1.08)
HF*	-0.33 (-8.28;8.31)	4.02 (-8.15;17.8)	-15.94 (-42.73;23.38)	5.22 (-33.96;67.64)	-5.92 (-21.96;13.41)	-7.04 (-26.22;17.14)
NH <sub>3</sub> *	0.92 (-0.09;1.95)	0.74 (-0.76;2.27)	-0.46 (-0.84;-0.08)	-0.47 (-0.95;0.01)	-0.35 (-0.68;-0.01)	-0.24 (-0.65;0.18)
Hg***	-0.03 (-0.44;0.37)	0.28 (-0.3;0.86)	-0.2 (-0.52;0.12)	0.12 (-0.28;0.53)	0.11 (-0.23;0.45)	-0.01 (-0.44;0.42)

\* incrementi di 1 kg/giorno, \*\* incrementi di 10 kg/giorno, \*\*\* incrementi di 10 g/giorno

Per nessuno degli inquinanti si notano incrementi statisticamente significativi, fatta eccezione per CO<sub>2</sub> al T1 e al T2. Il fatto che gli stessi risultati si ottengano anche nel gruppo dei non esposti fa propendere per una relazione casuale piuttosto che ad un vero e proprio nesso



causa-effetto tra emissioni dell'impianto e accessi in pronto soccorso.

**Tab 3.3.18 Risultati degli incrementi dei ricoveri per cause cardio-respiratorie all'aumentare delle emissioni (lag 0-1)**

Inquinante	Esposti		Non esposti		Esposti		Non esposti	
	T1		T2		T3			
HCl*	-0.07 (-0.5;0.36)	0.12 (-0.44;0.69)	0.11 (-0.39; 0.62)	-0.06 (-0.63; 0.52)	0.17 (-0.37; 0.71)	-0.39 (-1.01; 0.22)		
CO2**	0.01 (-0.07;0.1)	0.02 (-0.09;0.13)	0.09 (0; 0.18)	0.04 (-0.06; 0.15)	0.03 (-0.07; 0.13)	-0.06 (-0.17; 0.05)		
CO**	0.11 (-1.03;1.71)	0.70 (-1.84;2.15)	0.28 (-1.83; 2.43)	1.96 (-4.41;0.55)	-0.04 (-1.95; 1.91)	0.49 (-1.72;2.76)		
NOx**	0.02 (-0.19;0.23)	0.09 (-0.19;0.38)	0.57 (0.11; 1.03)	0.05 (-0.47; 0.57)	0.09 (-0.29; 0.46)	-0.26 (-0.68; 0.16)		
SO2*	-0.1 (-2.47;2.34)	1.7 (-1.21;4.69)	-0.33 (-2.26; 1.64)	-0.72 (-2.92; 1.53)	-0.19 (-1.36; 1)	-0.2 (-1.56; 1.18)		
COT*	0.07 (-0.24;0.39)	0.01 (-0.39;0.41)	-2.41 (-8.53; 4.11)	-5.39 (-12.4; 2.18)	0.81 (-4.52; 6.44)	4.01 (-2.18; 10.59)		
PM*	-0.19 (-2.91;2.61)	1.01 (-2.67;4.82)	2.68 (-0.59; 6.05)	0.7 (-2.97; 1.53)	1.03 (-2.93; 5.16)	-3.69 (-7.99; 0.82)		
HF*	-11.97 (-24.24;2.29)	-3.91 (-21.07; 16.98)	13.44 (-38.86; 110.49)	-6.12 (-54.35; 93.08)	-12.81 (-36; 18.77)	-3.9 (-32.62; 37.08)		
NH3*	-0.6 (-2.34;1.18)	-0.64 (-2.91;1.69)	1.72 (-0.15; 3.62)	0.57 (-1.51; 2.7)	1.03 (-0.48; 2.57)	-1 (-2.63; 0.65)		
Hg***	0.06 (-0.63;0.76)	-0.79 (-1.71;0.13)	0.36 (-0.19; 0.91)	0.32 (-0.3; 0.94)	0.12 (-0.46; 0.71)	0 (-0.67; 0.69)		

\* incrementi di 1 kg/giorno, \*\* incrementi di 10 kg/giorno, \*\*\* incrementi di 10 g/giorno

Per i ricoveri si osservano incrementi statisticamente significativi di CO2 ed NOx per gli esposti, ma limitati al T2. Questo fa propendere per un risultato casuale, senza un rapporto diretto causa-effetto.

## 4. DISCUSSIONE

I risultati ottenuti con il primo approccio, *difference in differences*, indicano che la popolazione residente nei comuni della cintura ha una propensione maggiore ad accedere alle strutture ospedaliere rispetto alla 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.

Nei periodi successivi all'accensione dell'impianto si è verificato un aumento generalizzato dell'accesso al Pronto Soccorso. A differenza di quanto avvenuto nel periodo T1, in cui si osservava un aumento maggiore negli esposti, nei rispettivi periodi T2 e T3 considerati, l'aumento maggiore risulta tra i non esposti del comune di Torino. Questo aumento si evidenzia anche nel gruppo degli esposti di Torino, che sono i più distanti dall'impianto, facendo quindi supporre un diverso accesso alle strutture sanitarie nel tempo, indipendente sia dal termovalorizzatore che da altri fattori ambientali.

Con il secondo tipo di analisi, sono stati invece analizzati gli accessi al Pronto Soccorso nel periodo immediatamente successivo ai picchi di emissioni a camino, considerando in particolare il giorno stesso del picco ed i 5 giorni successivi. Sono stati quindi confrontati gli accessi al Pronto Soccorso in tali giorni con la media del periodo di 30 giorni ottenuto considerando 15 giorni prima del picco e 15 giorni dopo. Il confronto ha rilevato un numero di eccessi sporadici, in una bassa percentuale rispetto ai giorni presi in considerazione, con valori da 0% a 3.7% a seconda dell'inquinante considerato. Occorre inoltre sottolineare che gli eccessi che si sono verificati, sono stati riscontrati a distanza di 3 o 4 giorni dall'evento di picco e hanno riguardato un singolo giorno.

Il carattere sporadico degli eccessi riscontrati dopo le situazioni di picco depone per eventi casuali, senza una correlazione sistematica con gli episodi emissivi.

A completamento delle analisi, come terzo punto in studio, sono stati analizzati gli effetti, a breve termine, sugli accessi al Pronto Soccorso e ai ricoveri ospedalieri per alcune cause di interesse, delle concentrazioni di NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub> e PM<sub>2.5</sub>. Per il particolato non è stato possibile il confronto con il periodo *ante operam* T0, data la mancanza di centraline che misurassero l'inquinante in tale periodo nei comuni nei dintorni di Torino. Per avere un confronto robusto rispetto al precedente report, sono state effettuate analisi su due periodi, T2 e T3, ciascuno di 27 mesi, oltre al confronto con l'intero periodo *post operam* (T1+T2+T3).

I risultati delle analisi condotte con questa metodologia devono essere valutati con molta prudenza a causa della dimensione della popolazione in studio, che risulta essere limitata rispetto ad analoghi studi sull'inquinamento atmosferico che generalmente coinvolgono più città in studi metanalitici. Proprio a causa della dimensione della popolazione in studio, i risultati delle analisi dei ricoveri ospedalieri presentano intervalli di confidenza ampi e quindi una maggiore incertezza nelle stime. Inoltre, non è stato possibile effettuare analisi su cause specifiche, ma sono state considerate le cause cardio-respiratorie nel complesso, oltre ad un unico approfondimento sugli eventi coronarici acuti.

La lettura dei risultati per la categoria più numerosa di eventi, ovvero gli accessi in Pronto Soccorso, per cause cardiorespiratorie, per tutti e tre gli inquinanti analizzati, mostra rischi confrontabili tra esposti e non esposti, confermati dai test statistici applicati.

È necessario, comunque, prestare attenzione alla possibile instabilità del modello utilizzato in presenza di un numero limitato di soggetti. Tale aspetto va tenuto in considerazione, soprattutto per gli eventi coronarici acuti dove la ridotta numerosità degli eventi non permette di avere stime stabili (intervalli di confidenza ampi).

Per avere risultati più stabili sono state effettuate analisi considerando complessivamente il periodo post avvio dell'impianto (T1+T2+T3) ottenendo rischi tra esposti e non esposti sovrapponibili.

Gli effetti sui ricoveri ospedalieri documentano rischi per lo più non significativi, ma con intervalli di confidenza molto ampi dovuti alla bassa numerosità degli eventi in studio. Da un lato per tale esito sanitario sono presenti meno eventi e quindi si ottengono stime più instabili, dall'altro la codifica dei ricoveri ospedalieri è generalmente più chiaramente definita sotto l'aspetto nosologico rispetto agli accessi in Pronto Soccorso.

Come ultimo approccio di analisi, infine, sono state utilizzate come dato di esposizione le emissioni a camino, seppure in questo modo l'esposizione venga estremizzata, supponendo che la popolazione sia esposta esattamente a ciò che viene emesso a camino, tralasciando i fenomeni di dispersione degli inquinanti. Si osserva un possibile eccesso per il CO<sub>2</sub>, che però non è confermato dalle analisi descrittive sui picchi di emissione.

In continuità con il precedente report n. 6, sono state condotte diverse tipologie di analisi per lo studio degli effetti a breve termine, degli inquinanti considerati, che non hanno

evidenziato rischi per la popolazione in studio per quanto riguarda i ricoveri ospedalieri e gli accessi in Pronto Soccorso delle cause analizzate.

## 5. BIBLIOGRAFIA

1. 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.
2. 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.
3. 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.
4. 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.
5. 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).
6. Cadum E, Forastiere F. EpiAir Project: introduction and reading guide to the articles. *Epidemiol Prev* 2013; 37 (4-5): 206-8. Italian.
7. 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
8. 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.
9. Abadie A. Semiparametric difference-in-differences estimators. *Rev Econ Stud* 2005;72:1-19.
10. Wooldridge J. Difference-in-Differences Estimation. Lecture Notes 10. Guido Imbens and James Wooldridge course "What's New in Econometrics", NBER, Summer, 2007.
11. Gandini M, Farina E, Demaria M, Lorusso B, Crosetto L, Rowinski M, Ivaldi C, Cadum E, Bena A (2020). Short-term effects on emergency room access or hospital admissions for cardio-respiratory diseases: methodology and results after three years of functioning of a waste-to-energy incinerator in Turin (Italy), *International Journal of Environmental Health Research*, DOI: 10.1080/09603123.2020.1849579.

## APPENDICE

Tabelle, per sostanza emessa, relative al paragrafo 3.2 dei risultati. Accessi al pronto soccorso nel periodo immediatamente successivo agli episodi di picco di emissioni a camino.

**Tab. A.1 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni *outlier* di accessi al Pronto Soccorso per CO (monossido di carbonio)**

Data	CO (Kg)	Accessi PS (lag 0 – 5)	Outlier
23/02/2016	92,02	29,27,31,30,33,23	42
03/03/2016	79,86	14,28,29,33,34,34	44
21/03/2016	90,55	28,27,28,17,17,20	42
26/04/2016	81,57	26,20,16,17,16,15	33
30/04/2016	189,89	16,15,27,20,13,18	37
08/06/2016	84,55	20,21,20,21,21,23	30
15/06/2016	83,43	17,21,22,14,16,17	28
07/09/2016	77,35	19,12,14,11,14,23	24
14/09/2016	108,58	14,17,16,10,24,13	25
23/11/2016	87,6	26,17,20,19,35,15	35
02/12/2016	75,53	18,17,29,20,20,28	40
23/12/2016	80,13	24,27,30,36,32,29	45
17/01/2017	77,7	33,27,25,34,22,28	46
18/01/2017	96,38	27,25,34,22,28,18	43
20/01/2017	66,17	34,22,28,18,18,41	42
04/02/2017	78,1	24,25,38,28,23,23	36
27/03/2017	61,48	27,19,19,13,24,24	34
03/06/2017	87,65	19,18,19,25,18,21	33
08/06/2017	87,27	21,17,28,18,19,16	32
09/06/2017	70,44	17,28,18,19,16,19	32
04/08/2017	61,2	12,16,11,15,21,15	30
16/08/2017	106,93	7,19,13,26,25,12	27
01/09/2017	71,99	19,13,26,25,12,13	26
28/11/2017	58,86	20,17,15,17,13,22	34
22/01/2018	82,37	25,19,20,26,21,25	38
23/01/2018	91,7	19,20,26,21,25,34	37
30/01/2018	67,28	28,13,27,25,29,22	40
18/04/2018	77,13	27,17,22,22,24,30	36
27/05/2018	83,55	21,25,23,22,19,16	30
27/07/2018	70,93	11,13,15,16,15,17	22
28/07/2018	96,68	13,15,16,15,17,17	22
10/08/2018	65,57	14,15,13,15,10,10	24
21/09/2018	108,84	26,14,16,25,17,17	32

<b>10/10/2018</b>	79,79	24,20,23,19,23, <b>35</b>	32
<b>30/10/2018</b>	150,76	20,23,22,29,23,27	34
<b>01/11/2018</b>	66,13	22,29,23,27,29,17	36
<b>09/12/2018</b>	98,26	19,23,28,27,22,18	37
<b>14/12/2018</b>	69,11	18,25,19,28,15,15	38

**Tab. A.2 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per NOx (ossidi di azoto totali)**

<b>Data</b>	<b>NOx (kg)</b>	<b>Accessi PS (lag 0 – 5)</b>	<b>Outlier</b>
<b>30/06/2016</b>	360,5	15,14,22,15,22,23	28
<b>11/07/2016</b>	372,23	19,21,18,19,18,19	30
<b>05/08/2016</b>	359,83	16,17,21,21,23,6	27
<b>07/12/2016</b>	361,55	28,21,21,30,26,25	39
<b>24/12/2016</b>	358,76	27,30,36,32,29,33	43
<b>26/12/2016</b>	372,27	36,32,29,33,29,17	42
<b>31/03/2017</b>	439,45	24,24,26,28,18,22	34
<b>22/09/2017</b>	466,15	15,16,20,29,21,29	32
<b>27/09/2017</b>	456,44	29,25,25,23,27,13	35
<b>29/09/2017</b>	471,4	25,23,27,13,24,16	35
<b>08/10/2017</b>	459,81	24,21,20,18,28,22	35
<b>18/01/2018</b>	454,57	30,23,27,32,25,19	44
<b>05/02/2018</b>	447,06	30,22,29,31,28,11	38
<b>25/03/2018</b>	491,41	21,23,24,25,22, <b>34</b>	34
<b>26/03/2018</b>	422,15	23,24,25,22, <b>34</b> ,19	33
<b>22/04/2018</b>	446,56	24,30,25,14,25,19	35
<b>11/05/2018</b>	423,05	21,22,15,16,23,19	33
<b>09/08/2018</b>	441,21	10,14,15,13,15,10	24
<b>05/10/2019</b>	689,07	22,21,25,23,15,20	31

**Tab. A.3 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per SO2 (biossido di zolfo)**

<b>Data</b>	<b>SO2 (kg)</b>	<b>Accessi PS (lag 0 – 5)</b>	<b>Outlier</b>
<b>29/01/2016</b>	1,29	25,27,32, <b>45</b> ,20,19	40
<b>05/02/2016</b>	0,96	28,27,26,35,31,23	41
<b>23/02/2016</b>	1,6	29,27,31,30,33,23	42
<b>03/03/2016</b>	2,12	14,28,29,33,34,34	44
<b>21/03/2016</b>	1,11	28,27,28,17,17,20	42
<b>30/04/2016</b>	1,81	16,15,27,20,13,18	37
<b>01/05/2016</b>	1,14	15,27,20,13,18,23	38
<b>08/06/2016</b>	0,94	20,21,20,21,21,23	30
<b>22/06/2016</b>	0,92	26,18,16,22,19,20	30
<b>20/07/2016</b>	1,71	17,13,14,11, <b>28</b> ,11	27
<b>15/08/2016</b>	2	17,14,14,19,9,13	27
<b>08/09/2016</b>	1,39	12,14,11,14, <b>23</b> ,14	23

14/09/2016	1,56	14,17,16,10,24,13	25
12/10/2016	0,98	22,31,23,27,16,28	34
15/10/2016	1,67	27,16,28,20,23,21	33
03/11/2016	1,49	20,20,16,24,20,25	31
23/11/2016	2,21	26,17,20,19,35,15	35
22/12/2016	1,66	23,24,27,30,36,32	43
31/03/2017	13,34	24,24,26,28,18,22	34
01/04/2017	13,1	24,26,28,18,22,15	32
02/04/2017	13,09	26,28,18,22,15,19	33
03/04/2017	13,04	28,18,22,15,19,20	33
27/07/2018	70,07	11,13,15,16,15,17	22
23/07/2019	16,62	16,12,16,8,21,9	23
24/07/2019	17,24	12,16,8,21,9,17	23
27/07/2019	16,39	21,9,17,20,22,13	24
30/07/2019	16,33	20,22,13,21,17,10	26
31/07/2019	14,4	22,13,21,17,10,18	26
01/08/2019	16,24	13,21,17,10,18,15	26
02/08/2019	14,38	21,17,10,18,15,14	25
23/08/2019	14,65	17,14,14,14,16,11	22

Tab. A.4 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per COT (carbonio organico totale)

Data	COT (kg)	Accessi PS (lag 0 – 5)	Outlier
19/02/2016	17,59	27,27,37,30,29,27	41
20/02/2016	18,82	27,37,30,29,27,31	40
23/02/2016	25,07	29,27,31,30,33,23	42
03/03/2016	26,12	14,28,29,33,34,34	44
21/03/2016	28,41	28,27,28,17,17,20	42
22/03/2016	14,86	27,28,17,17,20,22	39
26/04/2016	26,13	26,20,16,17,16,15	33
27/06/2016	16,33	20,15,24,15,14,22	29
07/09/2016	15,98	19,12,14,11,14,23	24
08/09/2016	19,08	12,14,11,14,23,14	23
14/09/2016	30,26	14,17,16,10,24,13	25
12/10/2016	16,42	22,31,23,27,16,28	34
15/10/2016	29,55	27,16,28,20,23,21	33
03/11/2016	37,64	20,20,16,24,20,25	31
23/11/2016	42,88	26,17,20,19,35,15	35
02/12/2016	19,06	18,17,29,20,20,28	40
22/12/2016	22,05	23,24,27,30,36,32	43
23/12/2016	17,46	24,27,30,36,32,29	45
17/01/2017	16,16	33,27,25,34,22,28	46
18/01/2017	38,76	27,25,34,22,28,18	43



04/02/2017	24,95	24,25,38,28,23,23	36
26/03/2017	18,77	18,27,19,19,13,24	34
27/03/2017	21,46	27,19,19,13,24,24	34
28/03/2017	17,37	19,19,13,24,24,26	34
03/06/2017	32,39	19,18,19,25,18,21	33
08/07/2017	38,83	17,27,25,17,15,18	27
03/08/2017	20,93	8,12,16,11,15,21	29
04/08/2017	22,16	12,16,11,15,21,15	30
01/09/2017	31,47	19,13,26,25,12,13	26
03/09/2017	20,77	26,25,12,13,17,16	26
06/09/2017	17,76	13,17,16,10,18,21	27
27/10/2017	23,43	24,15,25,20,18,17	35
29/10/2017	17,58	25,20,18,17,30,24	35
23/11/2017	28,85	22,20,23,25,27,20	32
04/12/2017	16,34	14,22,19,20,19,25	34
07/12/2017	20,55	20,19,25,25,31,26	34
08/12/2017	17,56	19,25,25,31,26,24	36
25/12/2017	17,97	48,48,20,34,34,41	57
22/01/2018	33,63	25,19,20,26,21,25	38
23/01/2018	49,14	19,20,26,21,25,34	37
02/02/2018	21,49	25,29,22,30,22,29	39
18/03/2018	25,64	22,25,20,24,27,25	36
19/03/2018	19,33	25,20,24,27,25,18	35
27/05/2018	32,52	21,25,23,22,19,16	30
27/07/2018	26,78	11,13,15,16,15,17	22
28/07/2018	48,75	13,15,16,15,17,17	22
20/09/2018	48,21	20,26,14,16,25,17	31
21/09/2018	46,37	26,14,16,25,17,17	32
10/10/2018	37,26	24,20,23,19,23,35	32
01/11/2018	22,86	22,29,23,27,29,17	36
08/12/2018	35,99	25,19,23,28,27,22	39
09/12/2018	34,08	19,23,28,27,22,18	37
16/03/2019	52,53	22,21,18,30,17,22	33
17/03/2019	21,66	21,18,30,17,22,24	33
12/07/2019	70,05	17,15,14,18,15,18	26
13/07/2019	39,13	15,14,18,15,18,13	26
01/09/2019	28,76	10,12,12,9,14,19	23
02/09/2019	26,65	12,12,9,14,19,9	23
03/09/2019	28,06	12,9,14,19,9,13	25

Tab. A.5 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per particolato totale

Data	PLV (kg)	Accessi PS (lag 0 – 5)	Outlier
01/04/2016	5,6	24,27,28,27,25,27	38

02/04/2016	5,5	27,28,27,25,27,27	38
08/04/2016	5,54	25,26,19,21,14,17	33
09/07/2016	5,47	11,17,19,21,18,19	31
20/07/2016	5,77	17,13,14,11,28,11	27
21/07/2016	5,6	13,14,11,28,11,16	27
05/06/2017	7,04	19,25,18,21,17,28	31
06/06/2017	6,95	25,18,21,17,28,18	31
15/06/2017	6,17	18,24,14,17,10,22	28
16/06/2017	6,95	24,14,17,10,22,23	29
17/06/2017	6,5	14,17,10,22,23,23	30
19/06/2017	5,94	10,22,23,23,14,20	29
20/06/2017	6,42	22,23,23,14,20,18	29
21/06/2017	6,62	23,23,14,20,18,14	30
22/06/2017	6,35	23,14,20,18,14,22	29
25/06/2017	6,09	18,14,22,20,20,17	31
13/07/2017	6	18,17,17,14,20,17	27
14/07/2017	6,82	17,17,14,20,17,13	27
15/07/2017	6,2	17,14,20,17,13,21	29
19/07/2017	5,98	13,21,13,21,11,18	31
22/07/2017	5,99	21,11,18,19,17,11	29
24/07/2017	6,15	18,19,17,11,10,18	29
25/07/2017	6,17	19,17,11,10,18,11	27
26/07/2017	6,05	17,11,10,18,11,21	26
21/04/2018	4,71	22,24,30,25,14,25	36
22/04/2018	5,02	24,30,25,14,25,19	35
23/04/2018	4,84	30,25,14,25,19,21	35
07/06/2018	5,87	22,22,22,25,16,17	30
19/06/2018	4,82	17,18,21,15,9,11	31
20/06/2018	4,95	18,21,15,9,11,25	32
21/06/2018	5,2	21,15,9,11,25,23	32
22/06/2018	4,89	15,9,11,25,23,19	33
01/07/2018	4,88	21,18,23,26,10,20	32
03/06/2019	5,3	21,14,25,19,20,22	32
19/06/2019	5,56	21,27,15,10,22,16	31
24/07/2019	5,24	12,16,8,21,9,17	23
25/07/2019	5,34	16,8,21,9,17,20	23
26/07/2019	5,21	8,21,9,17,20,22	24
27/07/2019	5,59	21,9,17,20,22,13	24
28/07/2019	5,35	9,17,20,22,13,21	25

**Tab. A.6 Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per HF**

Data	HF (kg)	Accessi PS (lag 0 – 5)	Outlier

23/02/2016	0,31	29,27,31,30,33,23	42
24/02/2016	0,31	27,31,30,33,23,44	41
27/04/2016	0,2	20,16,17,16,15,27	36
18/06/2016	0,49	14,16,17,19,26,18	30
19/06/2016	0,25	16,17,19,26,18,16	30
01/08/2016	0,26	18,22,18,18,16,17	30
24/08/2016	0,32	16,27,8,17,15,9	26
08/09/2016	0,23	12,14,11,14,23,14	23
09/09/2016	0,25	14,11,14,23,14,14	24
26/09/2016	0,2	15,25,26,14,27,16	36
11/10/2016	0,33	18,22,31,23,27,16	35
12/10/2016	0,55	22,31,23,27,16,28	34
14/10/2016	0,49	23,27,16,28,20,23	33
15/10/2016	0,29	27,16,28,20,23,21	33
16/10/2016	0,35	16,28,20,23,21,24	33
03/11/2016	0,32	20,20,16,24,20,25	31
09/11/2016	0,54	24,22,23,27,19,21	33
10/11/2016	0,33	22,23,27,19,21,21	31
11/11/2016	0,48	23,27,19,21,21,26	31
30/05/2017	0,29	17,17,21,26,19,18	32
05/06/2017	0,33	19,25,18,21,17,28	31
11/06/2017	0,3	18,19,16,19,18,24	31
12/06/2017	0,31	19,16,19,18,24,14	30
13/06/2017	0,28	16,19,18,24,14,17	30
28/06/2017	0,4	20,20,17,25,29,18	31
29/06/2017	0,26	20,17,25,29,18,18	31
09/07/2017	0,27	27,25,17,15,18,17	27
04/09/2017	0,27	25,12,13,17,16,10	27
09/09/2017	0,28	10,18,21,16,15,12	27
10/09/2017	0,44	18,21,16,15,12,13	29
13/09/2017	0,42	15,12,13,15,20,22	30
14/09/2017	0,54	12,13,15,20,22,20	32
15/09/2017	0,39	13,15,20,22,20,16	33
16/09/2017	0,52	15,20,22,20,16,13	34
17/09/2017	0,35	20,22,20,16,13,15	35
18/09/2017	0,51	22,20,16,13,15,16	36
19/09/2017	0,42	20,16,13,15,16,20	34
22/01/2018	0,31	25,19,20,26,21,25	38
11/04/2018	0,15	25,20,17,18,17,19	36
22/04/2018	0,13	24,30,25,14,25,19	35
03/05/2018	0,13	24,13,16,24,20,18	34
19/05/2018	0,14	16,24,24,11,22,23	31
20/05/2018	0,17	24,24,11,22,23,21	30
07/06/2018	0,14	22,22,22,25,16,17	30
08/06/2018	0,15	22,22,25,16,17,31	30

<b>18/06/2018</b>	0,13	17,17,18,21,15,9	31
<b>21/09/2018</b>	0,14	26,14,16,25,17,17	32
<b>10/12/2018</b>	0,15	23,28,27,22,18,25	38
<b>30/12/2018</b>	0,14	29,20,17,32,22,29	43

**Tab. A.7** Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per NH3

<b>Data</b>	<b>NH3 (kg)</b>	<b>Accessi PS (lag 0 – 5)</b>	<b>Outlier</b>
<b>30/04/2016</b>	10,55	16, 15,27,20,13,18	37
<b>31/05/2016</b>	11,02	24,18,19,30,22,19	33
<b>10/10/2016</b>	10,97	22,18,22,31,23,27	38
<b>06/03/2017</b>	9,44	32,31,17,18,28,25	42
<b>15/12/2017</b>	9,44	25,31,22,24,16,24	45
<b>19/03/2018</b>	11,71	25,20,24,27,25,18	35
<b>27/05/2018</b>	11,9	21,25,23,22,19,16	30
<b>11/10/2018</b>	10,75	20,23,19,23, <b>35</b> ,21	31
<b>12/10/2018</b>	10,05	23,19,23, <b>35</b> ,21,15	31
<b>18/10/2018</b>	10,05	20,22,13,12,25,23	30
<b>26/10/2018</b>	10,14	18,18,14,23,20,23	31
<b>01/11/2018</b>	11,62	22,29,23,27,29,17	36
<b>29/09/2019</b>	18,74	19,22,17,12,21,29	30
<b>30/09/2019</b>	17,79	22,17,12,21,29,22	30
<b>24/10/2019</b>	18,53	<b>35</b> ,24,21,19,26,22	35
<b>06/11/2019</b>	18,06	15,17,25,33,18,23	37
<b>07/11/2019</b>	18,84	17,25,33,18,23,25	37

**Tab. A.8** Dettaglio del calcolo del numero di giorni di picco e relativo numero di giorni outlier di accessi al Pronto Soccorso per Hg

<b>Data</b>	<b>Hg (g)</b>	<b>Accessi PS (lag 0 – 5)</b>	<b>Outlier</b>
<b>21/06/2016</b>	295,58	19,26,18,16,22,19	30
<b>29/06/2016</b>	282,74	24,15,14,22,15,22	28
<b>15/10/2016</b>	274,9	27,16,28,20,23,21	33
<b>16/10/2016</b>	316,14	16,28,20,23,21,24	33
<b>17/10/2016</b>	283,48	28,20,23,21,24,16	33
<b>19/10/2016</b>	346,65	23,21,24,16,15,24	33
<b>20/10/2016</b>	396,84	21,24,16,15,24, <b>35</b>	33
<b>04/11/2016</b>	344,05	20,16,24,20,25,24	31
<b>05/11/2016</b>	308,86	16,24,20,25,24,22	31
<b>07/11/2016</b>	282,28	20,25,24,22,23,27	31
<b>09/11/2016</b>	306,54	24,22,23,27,19,21	33
<b>10/11/2016</b>	350,76	22,23,27,19,21,21	31
<b>11/11/2016</b>	380,01	23,27,19,21,21,26	31

<b>12/11/2016</b>	304,46	27,19,21,21,21,26	33
<b>13/11/2016</b>	364,8	19,21,21,26,30,18	33
<b>15/11/2016</b>	285,85	21,26,30,18,24,22	32
<b>16/11/2016</b>	326,24	26,30,18,24,22,22	32
<b>17/11/2016</b>	347,31	30,18,24,22,22,22	32
<b>19/11/2016</b>	281,33	24,22,22,22,26,17	34
<b>24/11/2016</b>	276,53	17,20,19,35,15,15	34
<b>13/04/2017</b>	235,96	16,23,24,22,16,19	32
<b>14/04/2017</b>	215,1	23,24,22,16,19,23	32
<b>15/04/2017</b>	229,98	24,22,16,19,23,22	32
<b>19/06/2017</b>	218,17	10,22,23,23,14,20	29
<b>20/06/2017</b>	227,18	22,23,23,14,20,18	29
<b>23/06/2017</b>	207,08	14,20,18,14,22,20	30
<b>12/07/2017</b>	201,25	15,18,17,17,14,20	27
<b>13/08/2017</b>	204,82	11,20,12,7,18,16	28
<b>06/10/2017</b>	216,66	21,22,24,21,20,18	37
<b>07/10/2017</b>	204,66	22,24,21,20,18,28	35
<b>12/10/2017</b>	198,34	28,22,15,25,29,18	34
<b>12/11/2017</b>	243,5	21,28,20,27,17,27	33
<b>13/11/2017</b>	220,26	28,20,27,17,27,20	33
<b>08/01/2018</b>	210,14	33,31,27,28,28,26	54
<b>19/01/2018</b>	211,25	23,27,32,25,19,20	41
<b>24/01/2018</b>	216,18	20,26,21,25,34,26	37
<b>25/01/2018</b>	208,51	26,21,25,34,26,28	35
<b>26/01/2018</b>	274,32	21,25,34,26,28,13	38
<b>28/02/2018</b>	190,93	18,22,25,30,21,39	39
<b>31/05/2018</b>	192,81	19,16,19,24,21,20	30
<b>01/06/2018</b>	188,1	16,19,24,21,20,18	31
<b>08/06/2018</b>	229,21	22,22,25,16,17,31	30
<b>09/06/2018</b>	237,18	22,25,16,17,31,27	30
<b>10/06/2018</b>	236,34	25,16,17,31,27,13	30
<b>11/06/2018</b>	217	16,17,31,27,13,16	32
<b>18/06/2018</b>	190,07	17,17,18,21,15,9	31
<b>27/06/2018</b>	212,98	19,14,21,15,21,18	32
<b>28/06/2018</b>	214,65	14,21,15,21,18,23	32
<b>01/08/2018</b>	197,38	17,17,18,17,17,9	25
<b>12/08/2018</b>	190,36	13,15,10,10,9,12	24
<b>16/02/2019</b>	238,88	33,31,28,27,21,29	45
<b>17/02/2019</b>	232,08	31,28,27,21,29,32	43
<b>24/03/2019</b>	219,74	23,20,21,23,20,28	33
<b>01/05/2019</b>	226,19	19,18,22,23,21,17	31
<b>02/05/2019</b>	256,66	18,22,23,21,17,24	31
<b>07/08/2019</b>	288,16	14,23,16,11,16,9	25
<b>13/08/2019</b>	235,18	9,13,15,15,12,12	24
<b>14/08/2019</b>	316,45	13,15,15,12,12,20	23

<b>15/08/2019</b>	271,53	15,15,12,12,20,14	23
<b>16/08/2019</b>	346,82	15,12,12,20,14,10	22
<b>17/08/2019</b>	297,81	12,12,20,14,10,14	23
<b>18/08/2019</b>	241,69	12,20,14,10,14,17	23
<b>19/08/2019</b>	263,07	20,14,10,14,17,14	22
<b>20/08/2019</b>	280,13	14,10,14,17,14,14	22
<b>22/08/2019</b>	238,22	14,17,14,14,14,16	22
<b>07/09/2019</b>	214,69	9,13,24,18,13,17	26
<b>08/09/2019</b>	221,63	13,24,18,13,17,16	28
<b>06/10/2019</b>	249,32	21,25,23,15,20,19	31
<b>07/10/2019</b>	261,64	25,23,15,20,19,32	31