



**LINEA DI ATTIVITA' 1  
MONITORAGGIO EPIDEMIOLOGICO DEGLI EFFETTI SULLA SALUTE  
DELL'INCENERITORE DI TORINO**

**EFFETTI A BREVE TERMINE**

Epidemiologia Ambientale, Arpa Piemonte  
12.04.2019

## INDICE

PREMESSA .....	3
RAZIONALE DELLO STUDIO DI MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI A BREVE	
TERMINE .....	3
MATERIALI E METODI .....	5
Area in studio .....	5
Popolazione in studio .....	7
Definizione esiti .....	8
Esposizione.....	9
Metodi statistici.....	13
Risultati attesi.....	15
BIBLIOGRAFIA .....	17

### **PREMESSA**

Nell'Allegato A dell'Autorizzazione Integrata Ambientale del 21.12.2006, conseguente alla Delibera Provinciale n° 1317-433230 del 21.06.2006 di approvazione della costruzione dell'Inceneritore di Torino sono riportate le prescrizioni in campo ambientale e sanitario disciplinate per il costruttore. In particolare le prescrizioni sanitarie riportano:

1. *Dovrà essere definito un piano di sorveglianza sanitaria e di conoscenza della variazione dello stato di salute della popolazione residente, le cui modalità dovranno essere concordate con Arpa; Tale piano dovrà comprendere almeno le seguenti attività:*
  - ✓ *studi panel sulla componente occupazionale (lavoratori dello stabilimento), con sorveglianza regolare sullo stato di salute e sull'andamento dei rischi occupazionali*
  - ✓ *studi ripetuti individuali, con rilevazioni biologiche e questionari, sulla popolazione residente, con particolare attenzione ai sottogruppi più sensibili (anziani, malati, bambini), con rilevazioni periodiche nella popolazione esposta e confronto con la media provinciale o regionale:*
  - ✓ *sorveglianza degli effetti conosciuti nella popolazione esposta in base alle conoscenze di letteratura, in particolare nell'incidenza tumorale e nelle malformazioni congenite. A tal fine dovrà essere valutata con uno studio pilota l'opportunità di estendere l'areale coperto dal registro tumori ai comuni potenzialmente interessati e l'opportunità, sempre mediante studio pilota, di istituire un registro delle malformazioni congenite, ad oggi inesistente nell'areale di interesse.*

In relazione all'ultimo punto della prescrizione (*sorveglianza degli effetti conosciuti nella popolazione esposta in base alle conoscenze di letteratura*) è stato predisposto il presente protocollo di studio per il monitoraggio epidemiologico di alcuni esiti di salute riconducibili a possibili effetti a breve termine nella popolazione esposta.

### **RAZIONALE DELLO STUDIO DI MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI A BREVE TERMINE**

Uno dei maggiori timori della popolazione è l'effetto immediato sulla salute umana, in termini di insorgenza o aggravamento di alcune patologie, delle emissioni a camino dell'inceneritore e delle concentrazioni in aria conseguenti.

La sorveglianza di tali effetti è pertanto stata concepita come risposta alle richieste della popolazione e prevede la correlazione sia tra andamento delle emissioni del camino e andamento delle patologie nella popolazione, sia tra andamento delle concentrazioni misurate dalla centralina di monitoraggio più prossima e andamento degli accessi in pronto soccorso e dei ricoveri ospedalieri nell'area di ricaduta. Parallelamente viene effettuato un confronto della medesima correlazione in altri quartieri di Torino, in relazione alle variazioni delle centraline di monitoraggio degli inquinanti in atmosfera disponibili. Per tale confronto si considererà la popolazione residente negli stessi quartieri da cui è stato campionata la popolazione del biomonitoraggio. Questo permette di limitare possibili distorsioni dovute alla scelta di un campione di riferimento con differenti caratteristiche economico-sociali e con diversi flussi di traffico o problematiche ambientali, come riscontrabili nella zona centrale di Torino e nella zona nord.

Questa attività di monitoraggio presuppone l'esistenza e l'utilizzo di un flusso informativo corrente, regolare ed aggiornato di dati per la misura degli effetti nella popolazione sorvegliata. Verranno pertanto utilizzate le informazioni correnti di accessi in pronto soccorso e ricoveri ospedalieri quali eventi utili per la misura del livello di salute nella popolazione in studio. Queste informazioni sono disponibili presso le ASL di pertinenza dei comuni coinvolti entro la presunta area di ricaduta di inquinanti aerodispersi.

## DISEGNO GENERALE DELLO STUDIO

Lo studio degli effetti a breve termine degli inquinanti ambientali sulla salute della popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni del camino del termovalorizzatore e nell'area di controllo si svolgerà nel periodo di validità del presente protocollo, 2020-2023. Al presente si ipotizza di replicare lo studio secondo periodi discreti di 27 mesi, come già svolto per i periodi T0 (01.02.2011-30.04.2013), T1 (01.09.2013-31.11.2015) e T2 (01.12.2015-28.02.2018). Si ipotizza pertanto uno primo studio, T3, per il periodo 01.03.2018-31-05-2020.

Saranno in parte replicate le analisi effettuate al T2 sugli effetti a breve termine. Innanzitutto, come analisi descrittiva di base, si valuteranno, mediante l'approccio Difference in differences (DID), le differenze in un confronto nel tempo dei tassi di ospedalizzazione o accesso al pronto soccorso, standardizzati per età, in una coorte di popolazione, suddivisa tra residenti nell'area di massima ricaduta e residenti in un'area di controllo. Si valuteranno possibili variazioni nel corso dei periodi in studio. Tali variazioni non sono necessariamente dovute ad un apporto dell'inceneritore, ma servono per valutare eventuali variazioni nella propensione al ricorso alle cure e ai servizi sanitari differenziali nelle due aree.

Per le altre analisi invece si utilizzano tre diversi approcci, di seguito descritti:

1. Il primo approccio non include il dato sanitario, ma si limita ad una valutazione della correlazione tra la centralina Aldo Mei (situata nel punto di massima ricaduta) e le centraline poste nella città di Torino (in particolare Lingotto e Rubino, in quanto non indicatrici di hot-spot dovute ad aree trafficate, quale può essere la centralina di Rebaudengo). I principali inquinanti che saranno considerati sono NO<sub>2</sub> e PM<sub>10</sub> e, per T2 vs T3 PM<sub>25</sub>

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

3. Il terzo approccio indaga la presenza di variazioni significative nei ricoveri urgenti o accessi in pronto soccorso considerando intervalli temporali di 27 mesi. Questo per proseguire, come sopra detto, ciò che è stato fatto in SPoTT, in cui il periodo pre-attivazione permetteva di avere una

finestra temporale non più ampia di 27 mesi. I rischi verranno calcolati nella popolazione residente nell'area di maggiore ricaduta e in un'area di controllo.

Questo terzo tipo di approccio è inquadrabile nell'ambito degli studi di serie temporali, ed in particolare tra gli studi di correlazione temporale. Si tratta di uno studio con particolari valenze analitiche, in particolare per il fatto che la correlazione temporale tra i due fenomeni, andamento dell'esposizione e andamento delle patologie, se presente, depone per la presenza di un rapporto causa-effetto.

In Italia sono stati condotti numerosi studi epidemiologici sugli effetti dell'inquinamento atmosferico con l'obiettivo di stimare l'associazione tra inquinanti atmosferici e salute; il presente studio fa riferimento alla metodologia consolidata dal 2000 ad oggi con il susseguirsi degli studi MISA, MISA2, SISTI, EPIAIR <sup>(1-5)</sup>.

Nel secondo e nel terzo tipo di approccio per ogni soggetto saranno recuperate le informazioni presenti nei flussi sanitari correnti in termini di frequenza giornaliera.

Saranno considerati effetti sanitari a breve termine gli accessi in pronto soccorso e i ricoveri per patologie acute respiratorie e cardiovascolari.

In sintesi, saranno valutati gli effetti a breve termine (da 0 a 5 giorni di distanza) dell'esposizione agli inquinanti emessi dall'inceneritore sulla popolazione residente nell'area di ricaduta delle emissioni, misurando la variazione di frequenza di eventi sanitari giornalieri al variare delle concentrazioni giornaliere degli inquinanti atmosferici monitorati.

Il confronto dei risultati di rischio ottenuti tra i diversi gruppi di esposizione permetterà non già di valutare gli effetti dell'inquinamento a breve termine, di per sé noti in letteratura, ma di porre in luce eventuali differenze nella dimensione di tali rischi, indice di impatti peculiari dell'area di esposizione.

## ***MATERIALI E METODI***

### **Area in studio**

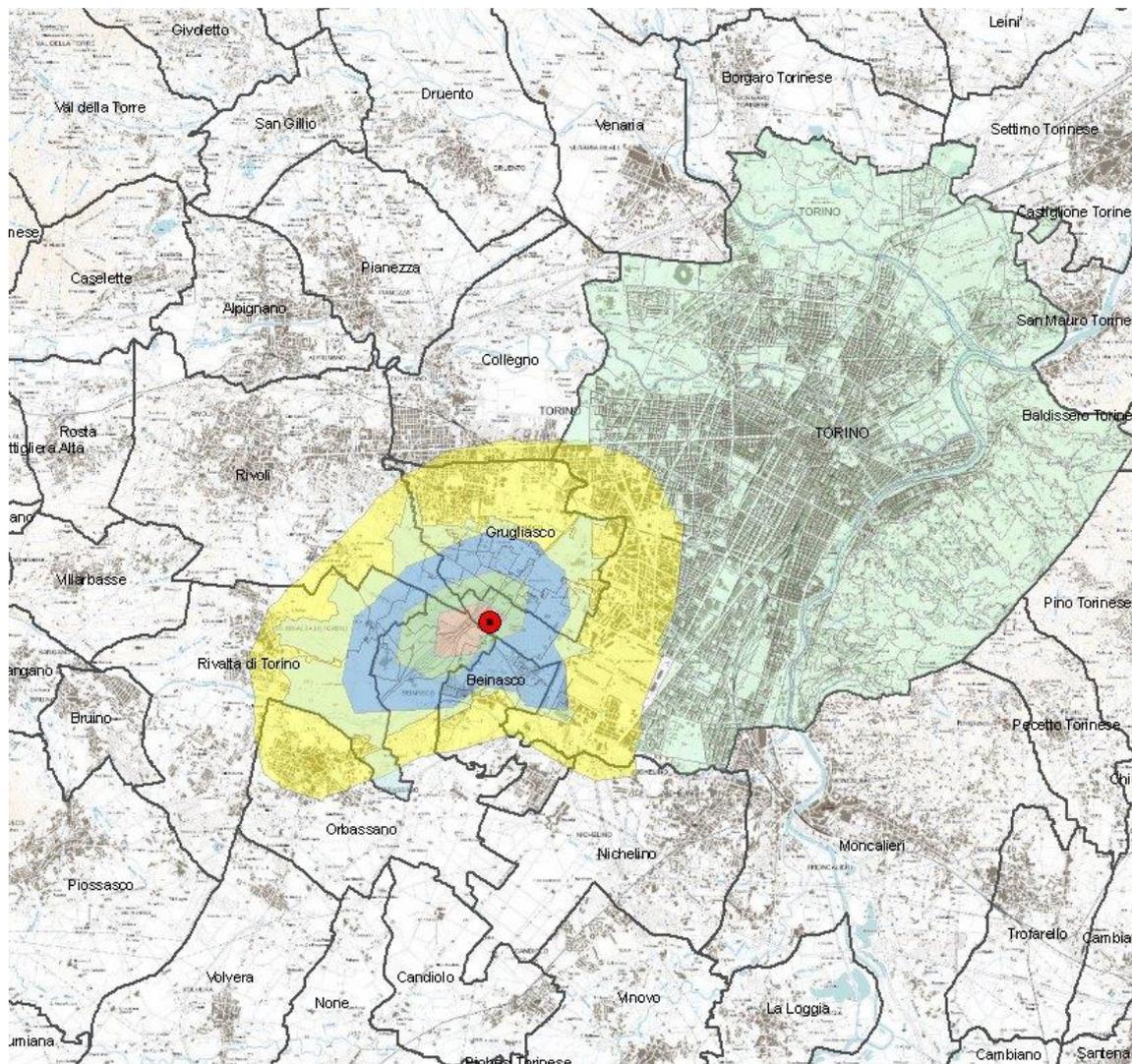
L'area in studio comprende le aree abitate dei comuni di Torino, Grugliasco, Rivalta di Torino, Beinasco, Orbassano. Eventuali nuovi comuni interessati e l'area in cui saranno individuati gli esposti e i non esposti sarà ridefinita in base alle nuove mappe prodotte da Arpa, non più previsionali ma sulla base delle emissioni effettive dell'impianto

In Fig. 1 è riportato l'areale di ricaduta precedentemente considerato.

Le aree di colore giallo, blu, verde scuro e rosa, con ricaduta potenzialmente superiore a 0,007  $\mu\text{g}/\text{m}^2/\text{anno}$  di metalli pesanti (deposizioni secche) saranno oggetto di studio di correlazione separatamente dalle altre aree degli stessi comuni.

Le anagrafi dei comuni interessati forniranno l'elenco e l'indirizzo georeferenziato dei residenti. Un primo scarico dovrà comprendere i residenti fino al 31.05.2020 (27 mesi dal T2). Aggiornamenti successivi saranno pianificati in base a eventuali ulteriori necessità e indicazioni che dovessero emergere, anche su richiesta del Comitato Tecnico Scientifico.

Fig. 1 - Area previsionale di ricaduta delle emissioni utilizzata per la definizione dell'esposizione  
 Indicatore: Metalli pesanti totali deposizioni secche



Legenda (totale annuo previsionale delle deposizioni di metalli pesanti totali in mg/m<sup>2</sup>/anno):

Area di colore bianco	( )	0,000-0,007 mg/m <sup>2</sup> /anno –
Area di colore verde chiaro	( )	0,000-0,007 mg/m <sup>2</sup> /anno -
Area di colore giallo:	( )	0,007-0,014 mg/m <sup>2</sup> /anno –
Area di colore blu:	( )	0,014-0,028 mg/m <sup>2</sup> /anno –
Area di colore verde scuro:	( )	0,028-0,055 mg/m <sup>2</sup> /anno –
Area di colore rosa :	( )	0,055-0,110 mg/m <sup>2</sup> /anno –

## Popolazione in studio

La popolazione in studio attualmente prevedibile è costituita dai soggetti che risiedono nei comuni di Torino, Grugliasco, Rivalta, Beinasco, Orbassano.

Saranno considerati partecipanti allo studio tutti i residenti nell'area in studio nel periodo 01.03.2018 - 31.05.2020 (T3) che abbiano avuto un ricovero urgente o effettuato accessi in pronto soccorso nel periodo in questione.

Gli esiti di interesse sono eventi acuti che si manifestano nella popolazione presente nell'area in studio. Pertanto, i soggetti in studio sono definiti come residenti nei comuni coinvolti, aventi avuto un accesso in una struttura sanitaria prossima all'area in studio. L'occorrenza dell'evento sanitario nello stesso quartiere o comune in cui sono rilevati gli inquinanti provenienti dall'inceneritore ridurrà la misclassificazione dell'esposizione.

La popolazione in sorveglianza copre tutte le fasce di età, tuttavia l'attenzione sarà concentrata sulle età potenzialmente più a rischio per gli effetti degli inquinanti: soggetti con 65 anni o più e i bambini (primo anno di vita e 0-14 anni).

In Tabella 1 è riportata la popolazione per comune, sesso e fascia di età residente al 30.11.2015 nei comuni interessati alla sorveglianza.

In Tabella 2 sono riportati gli accessi in Pronto Soccorso per cause cardio-respiratorie nella popolazione in studio in (periodo 2011-2015), per fascia di età ed esposizione.

**Tabella 1 Popolazione esposta per comune aggiornata al 30.11.2015. NOESP= non esposti ESP= esposti secondo i modelli di ricaduta previsionali**

	<b>NOESP</b>	<b>ESP</b>	<b>Totale ESP+NOESP</b>	<b>Totale generale</b>	<b>Percentuale Popolazione studio</b>
Beinasco	6857	11036	17893	18215	98.2
Grugliasco	0	36345	36345	38300	94.9
Orbassano	681	19002	19683	23102	85.2
Rivalta	8038	6077	14115	19734	71.5
Torino	91524	83676	175200		
<b>Totale</b>	<b>107100</b>	<b>156136</b>	<b>263236</b>	<b>99351</b>	<b>88.6</b>

**Tabella 2 Accessi in PS per cause cardio-respiratorie nella popolazione in studio in SPoTT (periodo 2011-2015), per fascia di età ed esposizione. In ogni cella sono riportate le frequenze e le percentuali di colonna.**

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

## Definizione esiti

Saranno analizzate le stesse cause prese in considerazione negli studi degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico <sup>(5)</sup>.

L'elenco degli esiti sanitari in studio è riportato in tabella 1.

**TABELLA 1. Esiti del monitoraggio e relativi codici ICD9**

Esiti	Pronto soccorso
<b>Malattie del sistema circolatorio (390-459)</b>	<b>x</b>
<u>Malattie cardiache (390-429)</u>	x
Eventi coronarici acuti (IMA: 410, angina instabile: 411, complicanze della sindrome coronarica* in d.principale con 410 o 411 in d.secondaria)	x
Altre malattie ischemiche (413-414)	DV
Disturbi della conduzione (426) e aritmie (427)	x
Scompenso cardiaco (428)	x
<u>Malattie cerebro-vascolari (430-438)</u>	x
Ictus emorragico (430-431)	DV
Ictus ischemico (434, 436)	x
<b>Malattie respiratorie (460-519)</b>	<b>x</b>
<u>Infezioni delle vie respiratorie (464-466, 480-487)</u>	x
Bronchite (466)	
Polmonite e influenza (480-487)	x
<u>BPCO (490-492,494,496)</u>	x
<u>Asma (493)</u>	DV
<b>Diabete complicato (250.1-250.9)</b>	<b>x</b>

### NOTE ALLA TABELLA 1

DV = valutare, in relazione alla numerosità degli eventi

\* complicanza dell'IMA:

427.1	Tachicardia parossistica ventricolare
427.41	Fibrillazione ventricolare
427.42	Flutter ventricolare
427.5	Arresto cardiaco
428.1	Insufficienza del cuore sinistro (scompenso cardiaco sinistro)
429.5	Rottura di corda tendinea
429.6	Rottura di muscolo papillare
429.71	Difetto settale acquisito
429.79	Altri postumi di infarto miocardico non classificati altrove (Trombo murale acquisito, successivo a infarto miocardico)
429.81	Altre alterazioni del muscolo papillare
518.4	Edema polmonare acuto, non specificato
780.2	Sincope e collasso
785.51	Shock cardiogeno
414.10	Aneurisma cardiaco (parete)
423.0	Emopericardio

I dati di ricovero saranno selezionati per essere ricoveri acuti e urgenti secondo un algoritmo applicato in precedenti studi italiani di valutazione degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico <sup>(6)</sup>.

Attraverso procedure di collegamento tra gli archivi anagrafici comunali e i dati sanitari forniti dalle ASL sarà possibile attribuire il carattere di esposto o meno del soggetto che ha patito l'evento. Tale

procedura dovrà sottostare alla normativa sulla privacy vigente e, di conseguenza, essere sottoposta a valutazione del Comitato Etico di riferimento.

## Esposizione

Come previsto delle prescrizioni dell'Autorizzazione Ambientale Integrata rilasciata dalla provincia di Torino per la realizzazione dell'impianto di termovalorizzazione dei rifiuti è stata predisposta l'installazione di una cabina di monitoraggio 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:

Inquinanti monitorati nella centralina Aldo Mei	Tipologia dato
Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	orario
2,3,7,8 TETRA-CDD (aria ambiente)	mensile
2,3,7,8 TETRA-CDD (deposizioni totali)	mensile
2,3,7,8 TETRA-CDF (aria ambiente)	mensile
2,3,7,8 TETRA-CDF (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,7,8 PENTA-CDD (aria ambiente)	mensile
1,2,3,7,8 PENTA-CDD (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,7,8 PENTA-CDF (aria ambiente)	mensile
2,3,4,7,8 PENTA-CDF (aria ambiente)	mensile
1,2,3,7,8 PENTA-CDF (deposizioni totali)	mensile
2,3,4,7,8 PENTA-CDF (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,4,7,8 ESA-CDD (aria ambiente)	mensile
1,2,3,6,7,8 ESA-CDD (aria ambiente)	mensile
1,2,3,7,8,9 ESA-CDD (aria ambiente)	mensile
1,2,3,4,7,8 ESA-CD (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,6,7,8 ESA-CDD (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,7,8,9 ESA-CDD (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,4,7,8 ESA-CDF (aria ambiente)	mensile
1,2,3,6,7,8 ESA-CDF (aria ambiente)	mensile
2,3,4,6,7,8 ESA-CDF (aria ambiente)	mensile
1,2,3,7,8,9 ESA-CDF (aria ambiente)	mensile
1,2,3,4,7,8 ESA-CDF (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,6,7,8 ESA-CDF (deposizioni totali)	mensile
2,3,4,6,7,8 ESA-CDF (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,7,8,9 ESA-CDF (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDD (aria ambiente)	mensile
1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDD (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDF (aria ambiente)	mensile
1,2,3,4,7,8,9 EPTA-CDF(aria ambiente)	mensile
1,2,3,4,6,7,8 EPTA-CDF (deposizioni totali)	mensile
1,2,3,4,7,8,9 EPTA-CDF (deposizioni totali)	mensile
OCTA-CDD (aria ambiente)	mensile
OCTA-CDD (deposizioni totali)	mensile
OCTA-CDF (aria ambiente)	mensile
OCTA-CDF (deposizioni totali)	mensile
Monossido di azoto (NO)	orario
Ossidi totali di azoto (NO <sub>x</sub> )	orario
Arsenico nel PM <sub>10</sub>	mensile
Arsenico (deposizioni totali)	mensile
Benzo(a)antracene nel PM <sub>10</sub>	mensile
Benzo(a)antracene (deposizioni totali)	mensile

Benzene	orario
Benzo(b+j+k)fluorantene nel PM10	mensile
Benzo(b+j+k)fluorantene (deposizioni totali)	mensile
Cadmio (deposizioni totali)	mensile
Cadmio nel PM10	mensile
Etilbenzene	orario
Famiglia Eptacloro-bifenili (aria ambiente)	mensile
Famiglia Eptacloro-bifenili (deposizioni totali)	mensile
Famiglia Esacloro-bifenili (aria ambiente)	mensile
Famiglia Esacloro-bifenili (deposizioni totali)	mensile
Famiglia Octacloro-bifenili (aria ambiente)	mensile
Famiglia Octacloro-bifenili (deposizioni totali)	mensile
Famiglia Pentacloro-bifenili (aria ambiente)	mensile
Famiglia Pentacloro-bifenili (deposizioni totali)	mensile
Famiglia Tetracloro-bifenili (aria ambiente)	mensile
Famiglia Tetracloro-bifenili (deposizioni totali)	mensile
Famiglia Tricloro-bifenili (aria ambiente)	mensile
Famiglia Tricloro-bifenili (deposizioni totali)	mensile
Benzo(a)pirene nel PM10	mensile
Benzo(a)pirene (deposizioni totali)	mensile
Mercurio nelle deposizioni	mensile
Mercurio elementare gassoso	orario
Meta-para Xilene	orario
Indeno(1,2,3-cd)pirene nel PM10	mensile
Nichel nel PM10	mensile
Nichel (deposizioni totali)	mensile
Orto-Xilene	orario
Piombo (deposizioni totali)	mensile
PCB 101 (2,2',4,5,5' PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 101 (2,2',4,5,5' PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 105 (2,3,3',4,4' PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 105 (2,3,3',4,4' PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 110 (2,3,3',4,6 PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 110 (2,3,3',4,6 PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 114 (2,3,4,4',5 PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 114 (2,3,4,4',5 PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 118 (2,3,4,4',5 PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 118 (2,3,4,4',5 PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 123 (2,3,4,4',5 PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 123 (2,3,4,4',5 PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 126 (3,3',4,4',5 PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 126 (3,3',4,4',5 PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 128 (2,2',3,3',4,4' ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 128 (2,2',3,3',4,4' ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 138 (2,2',3,4,4',5' ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 138 (2,2',3,4,4',5' ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 146 (2,2',3,4,5,5' ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 146 (2,2',3,4,5,5' ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 149 (2,2',3,4,5,6 ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 149 (2,2',3,4,5,6 ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 151 (2,2',3,5,5',6 ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 151 (2,2',3,5,5',6 ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 153 (2,2',4,4',5,5' ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 153 (2,2',4,4',5,5' ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 156 (2,3,3',4,4',5 ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 156 (2,3,3',4,4',5 ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 157 (2,3,3',4,4',5' ESA-CB) (aria ambiente)	mensile

PCB 157 (2,3,3',4,4',5' ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 167 (2,3,3',4,4',5,5' ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 167 (2,3,3',4,4',5,5' ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 169 (3,3',4,4',5,5' ESA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 169 (3,3',4,4',5,5' ESA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 170 (2,2',3,3',4,4',5 EPTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 170 (2,2',3,3',4,4',5 EPTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 177 (2,2',3,3',4,5',6' EPTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 177 (2,2',3,3',4,5',6' EPTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5' EPTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 180 (2,2',3,4,4',5,5' EPTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 183 (2,2',3,4,4',5',6 EPTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 183 (2,2',3,4,4',5',6 EPTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 187 (2,2',3,4',5,5',6 EPTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 187 (2,2',3,4',5,5',6 EPTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 189 (2,3,3',4,4',5,5' EPTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 189 (2,3,3',4,4',5,5' EPTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 28 (2,4,4' TRI-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 28 (2,4,4' TRI-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 52 (2,2',5,5' TETRA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 52 (2,2',5,5' TETRA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 77 (3,3',4,4' TETRA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 77 (3,3',4,4' TETRA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 81 (3,4,4',5 TETRA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 81 (3,4,4',5 TETRA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 95 (2,2',3,5',6 PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 95 (2,2',3,5',6 PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB 99 (2,2',4,4',5 PENTA-CB) (aria ambiente)	mensile
PCB 99 (2,2',4,4',5 PENTA-CB) (deposizioni totali)	mensile
PCB Dioxin Like (aria ambiente)	mensile
PCB Dioxin Like (deposizioni totali)	mensile
PCB Marker (aria ambiente)	mensile
PCB Marker (deposizioni totali)	mensile
PCB Non Dioxin Like (aria ambiente)	mensile
PCB Non Dioxin Like (deposizioni totali)	mensile
PCB Totale famiglie (aria ambiente)	mensile
PCB Totale famiglie (deposizioni totali)	mensile
PCDD/F totali (aria ambiente)	mensile
PCDD/F totali (deposizioni totali)	mensile
Piombo nel PM10	mensile
PM10 - Beta	giornaliero
PM2.5 - Beta	giornaliero
SOMMA 29 PCB (dioxin like,marker,non dioxin like) (aria ambiente)	mensile
SOMMA 29 PCB (dioxin like,marker,non dioxin like) (deposizioni totali)	mensile
Toluene	orario

Stazione	Sensore	Tipologia dato
Torino - Lingotto	Biossido di azoto (NO2)	orario
Torino - Lingotto	Ozono (O3)	orario
Torino - Lingotto	Monossido di azoto (NO)	orario
Torino - Lingotto	Ossidi totali di azoto (NOx)	orario
Torino - Lingotto	Arsenico nel PM10	mensile
Torino - Lingotto	Arsenico nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Benzo(a)antracene nel PM10	mensile

Torino - Lingotto	Benzo(a)antracene nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Benzene	orario
Torino - Lingotto	Benzo(b+j+k)fluorantene nel PM10	mensile
Torino - Lingotto	Benzo(b+j+k)fluorantene nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Benzo(a)pirene nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Cadmio nel PM10	mensile
Torino - Lingotto	Cadmio nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Benzo(a)pirene nel PM10	mensile
Torino - Lingotto	Meta-para Xilene	orario
Torino - Lingotto	Indeno(1,2,3-cd)pirene nel PM10	mensile
Torino - Lingotto	Indeno(1,2,3-cd)pirene nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Ammoniaca	orario
Torino - Lingotto	Nichel nel PM10	mensile
Torino - Lingotto	Nichel nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> ) - T201	orario
Torino - Lingotto	Monossido di Azoto (NO) - T201	orario
Torino - Lingotto	Piombo nel PM2.5	mensile
Torino - Lingotto	Piombo nel PM10	mensile
Torino - Lingotto	PM10 - Beta	giornaliero
Torino - Lingotto	PM10 - Basso Volume	giornaliero
Torino - Lingotto	PM2.5 - Basso Volume	giornaliero
Torino - Lingotto	Toluene	orario
Torino - Rubino	Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> )	orario
Torino - Rubino	Ozono (O <sub>3</sub> )	orario
Torino - Rubino	Monossido di azoto (NO)	orario
Torino - Rubino	Ossidi totali di azoto (NO <sub>x</sub> )	orario
Torino - Rubino	Arsenico nel PM10	mensile
Torino - Rubino	Benzo(a)antracene nel PM10	mensile
Torino - Rubino	Benzene	orario
Torino - Rubino	Benzo(b+j+k)fluorantene nel PM10	mensile
Torino - Rubino	Cadmio nel PM10	mensile
Torino - Rubino	Etilbenzene	orario
Torino - Rubino	Benzo(a)pirene nel PM10	mensile
Torino - Rubino	Meta-para Xilene	orario
Torino - Rubino	Indeno(1,2,3-cd)pirene nel PM10	mensile
Torino - Rubino	Nichel nel PM10	mensile
Torino - Rubino	Orto-Xilene	orario
Torino - Rubino	Piombo nel PM10	mensile
Torino - Rubino	PM10 - Beta (media oraria)	orario
Torino - Rubino	PM10 - Basso Volume	giornaliero
Torino - Rubino	PM2.5 - Beta (media oraria)	orario
Torino - Rubino	Toluene	orario

Saranno oggetto dell'analisi di correlazione il Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>) e le polveri (PM10 e PM2,5) come previsto nel precedente primo approccio analitico considerato.

L'esposizione della popolazione sarà differenziata in relazione alla residenza al momento dell'evento, definita anagraficamente. Ad ogni soggetto in studio sarà assegnata un'esposizione in relazione alla distanza dalla centralina più prossima.

L'areale di ricaduta è servito da diverse centraline di monitoraggio.

La popolazione residente nelle altre aree dei comuni interessati avrà come indicatore di esposizione la centralina di monitoraggio più prossima:

Popolazione di Torino: centralina Lingotto, Rubino ed eventualmente Consolata  
 Popolazione di Beinasco, Grugliasco, Orbassano, Rivalta: centralina Aldo Mei.

Saranno recuperati i dati dei flussi SME a camino per il periodo in studio e saranno costruite delle serie giornaliere di concentrazioni dei principali inquinanti.

Verrà analizzata la relazione tra i seguenti inquinanti monitorati in continuo e la loro correlazione con gli accessi al ricovero o 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>)

## Metodi statistici

### 1a “Difference in differences” (DID)

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

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

Per verificare se vi siano state differenze tra gli accessi in pronto soccorso tra il periodo prima dell'avvio dell'impianto (pre) ed il periodo dopo l'avvio dell'impianto (post), è stato fatto un confronto delle differenze di accessi in pronto soccorso tra esposti e non esposti prima e dopo l'avvio dell'impianto nel periodo che ha incluso la prima parte del sistema di sorveglianza SpoTT. Un semplice confronto tra tassi non avrebbe fatto giungere a conclusioni forti, in quanto occorre associare a tali differenze un test statistico. Per valutare l'impatto dell'avvio dell'impianto sugli accessi in pronto soccorso si è usato il metodo delle “difference in differences” (DID), adatto per studi di tipo osservazionale<sup>(9,10)</sup>. E' una tecnica che permette il confronto del cambiamento di un esito prima e dopo un intervento sia in un gruppo di esposti e sia in un gruppo di non esposti. L'idea generale è che, anche se i gruppi di esposti e non esposti hanno differenti livelli al baseline (prima dell'intervento) e assumendo che la tendenza in caso di non intervento (in questo caso non costruzione dell'impianto) sia uguale nei due gruppi, allora la differenza di cambiamento dell'esito (accessi in pronto soccorso) tra i gruppi di esposti e non esposti sia una stima dell'effetto dell'intervento (messa in funzione dell'impianto). Il modello lineare di tipo DID è il seguente

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

dove T è una variabile dicotomica indicante il gruppo (T=0 non esposti, T=1 esposti), P è una variabile dicotomica indicante il periodo (P=0 pre e P=1 post), (TxP) è l'interazione tra il gruppo ed il periodo, E è una variabile di controllo indicante la classe di età. Il coefficiente  $\varepsilon$  rappresenta la stima DID che quantifica le differenze nelle medie all'interno dei gruppi pre-post tra il gruppo degli esposti e quello dei non esposti. A causa della natura dei dati (tassi di accessi in pronto soccorso) si testa prima un modello di Poisson, poi, se i dati presentano sovra dispersione, si passa ad un

modello di tipo binomiale-negativo. I risultati ottenuti in SPoTT si aggiorneranno pertanto con nuovi anni di osservazione per verificare se ci sia stata un'alterazione nel post.

1b. Correlazione tra centraline. Sarà valutata la correlazione tra le centraline usando il coefficiente di Pearson e altri metodi di analisi descrittiva.

2. Analisi episodi superamenti a camino. Una delle analisi di maggior interesse della popolazione riguarda gli effetti sugli esiti sanitari degli episodi acuti di superamento dei limiti emissivi. Data la scarsa numerosità di tali episodi non ne è possibile un'analisi statistica completa. Pur essendo al di sotto dei limiti di legge, sono stati analizzati i momenti di "picco" delle emissioni a camino di alcuni inquinanti. E' stato quindi definito come "picco" della serie analizzata, un livello superiore alla media di tutta la serie più due volte la deviazione standard. Per la parte di confronto descrittivo tra picchi emissivi e accessi in pronto soccorso è stato valutato se nei 5 giorni successivi ad un picco emissivo vi fosse un 'elevato' numero di accessi in pronto soccorso. Sono state definite 2 soglie: 1) superamenti della "media più due deviazioni standard" del periodo di 30 giorni (eccezione fatta per il Hg in cui si è utilizzata "media più una deviazione standard"); 2) superamenti superiori al terzo quartile della distribuzione nei 30 giorni più 1,5 volte il range interquartile (definizione standard di valore anomalo di una distribuzione di dati).

3. Studio di serie temporali. Sarà utilizzato un modello di studio case-crossover <sup>(8)</sup>.

L'analisi delle serie giornaliere di eventi sanitari in relazione alla concentrazione degli inquinanti sarà condotta applicando un modello lineare generalizzato (GLM) di Poisson con sovra-dispersione che permette di studiare l'associazione tra esposizione ed esiti sanitari a differenti latenze temporali (lag) e di controllare il confondimento di fattori tempo-dipendenti.

Sarà quindi necessario costruire le serie giornaliere di dati meteorologici di temperatura, umidità relativa, pressione barometrica, piovosità, come è consuetudine negli studi di serie temporali degli effetti dell'inquinamento atmosferico <sup>(7)</sup>. Tali parametri sono importanti in relazione agli andamenti stagionali delle serie giornaliere e per essere correlati con specifici sottogruppi di popolazione (effetto delle alte temperature negli anziani e nei bambini).

La serie dei dati giornalieri sarà completata da indicatori di giorni festivi, giorno della settimana, decrementi di popolazione stagionali, epidemie influenzali, ondate polliniche e di calore, utilizzabili eventualmente nella messa a punto del modello di analisi.

Le analisi potranno essere stratificate, oltre che per fasce età, per indicatori di livello socio economico, se desumibili tali archivi forniti (ad es. il livello di istruzione). Ciò al fine di evidenziare se eventuali effetti differenziali tra gruppi di esposizione si esplicitano solo in specifici sottogruppi, per indirizzare meglio la discussione critica dei risultati circa la natura di possibili fattori causali. Se la numerosità dei dati lo permetterà l'analisi potrà essere replicata selezionando specifiche stagioni dell'anno.

Nel dettaglio le variabili di aggiustamento dovranno comprendere:

- *il trend di medio e lungo periodo* attraverso l'inclusione nel modello di un termine di interazione tripla di anno, mese e giorno della settimana
- *la temperatura* inserendo nel modello una spline penalizzata per valori della stessa inferiori alla mediana per il controllo delle basse temperature, ed una spline penalizzata per la temperatura apparente per valori della stessa superiori della mediana, per il controllo delle elevate temperature
- *giorni di pioggia*
- *i giorni di festa* definendo una variabile a quattro livelli che assuma valori differenti a seconda delle festività
- *le epidemie influenzali* definendo una variabile dicotomica che assuma valore 1 nelle due settimane di picco influenzale annuale e valore 0 altrimenti
- *il decremento estivo di popolazione* includendo nel modello una variabile a tre livelli che assuma valori differenti nel periodo estivo rispetto al resto dell'anno
- *la pressione barometrica* utilizzando una spline penalizzata.

I risultati saranno espressi come incrementi percentuali del rischio di evento sanitario (ricovero o decesso) associati a incrementi giornalieri di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  delle concentrazioni di inquinante, tutti i risultati saranno standardizzati per età.

Si valuteranno gli effetti immediati (lag 0-1), prolungati (lag 0-5) e ritardati (2-5)

Nel modello di analisi case-crossover saranno utilizzati i confondenti disponibili a livello individuale di origine anagrafica.

Il modello case-crossover permette di differenziare l'esposizione per ciascun soggetto, e pertanto consente di controllare anche per la variabilità spaziale, oltre che temporale.

I confondenti aggiuntivi che saranno disponibili sono:

- età in fasce decennali
- sesso
- stato civile
- livello di istruzione
- indice di deprivazione (per sezione di censimento di residenza)

## Risultati attesi

Fino al 2023 saranno condotte analisi di serie temporali della popolazione residente. È ipotizzabile un T3 01.03.2018-31-05.2020 e un T4 01.06.2020-31.08.2022

I risultati attesi sono:

- 
- Rapporti tra i rischi rilevati tra gli esposti verso i non esposti, con test di tipo difference in differences, aggiustando per età
- Misure di correlazione tra serie di inquinanti
- Numero di superamenti significativi, cioè superiori al terzo quartile della distribuzione di accessi pronto soccorso nei 15 giorni prima dell'episodio di picco e nei 15 giorni successivi più 1,5 volte il range interquartile della distribuzione di accessi in pronto soccorso.
- Misura del Rischio relativo di accesso in pronto soccorso o ricovero per patologia in relazione ai valori delle centraline di monitoraggio a terra del comune o quartiere di residenza, separatamente per area di esposizione.

Durante il periodo di sorveglianza di SpoTT è stata effettuata un'analisi preliminare dei rischi nel quinquennio 2008-2013, precedente all'avvio del termovalorizzatore. Tutti i risultati successivi riguardanti l'approccio difference in differences e l'analisi di serie temporali vengono confrontati con tale periodo.

L'eventuale maggiore rischio relativo, statisticamente significativo, di accessi in pronto soccorso o di ricovero nei residenti nelle aree di maggiore ricaduta prossime all'inceneritore verrà valutato al fine di verificare l'ipotesi che vi sia una modificazione dell'effetto a breve termine data dalle emissioni dell'inceneritore.

L'assenza di differenze significative tra i rischi per comune di residenza, per quanto riguarda effetti misurabili con approcci epidemiologici di tipo "studio a Breve termine", corroborerà l'ipotesi che non vi sia stato un contributo significativo sulla salute da parte dei determinanti in studio.

## **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. Stafoggia M, Forastiere F, Agostini D et al. Vulnerability to heat-related mortality: a multicity, population-based, case-crossover analysis. *Epidemiology*. 2006; 17:315-23.
4. Forastiere F, Stafoggia M, Berti G et al, SISTI Group. Particulate matter and daily mortality: a case-crossover analysis of individual effect modifiers. *Epidemiology*. 2008;19:571-80.
5. 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.
6. 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.
7. Berti G, Chiusolo M, Grechi D et al. Environmental indicators in ten Italian cities (2001-2005): the air quality data for epidemiological surveillance. *Epidemiol Prev* 2009; 33 (1 Suppl) 13-26. Italian.
8. 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) 53-63. Italian.
9. Wooldridge J. Difference-in-Differences Estimation. Lecture Notes 10. Guido Imbens and James Wooldridge course "What's New in Econometrics", NBER, Summer, 2007.
10. Abadie A. Semiparametric difference-in-differences estimators. *Rev Econ Stud* 2005;72:1-19.

Non sono stati citati ma sono compresi nelle evidenze considerate, gli studi e i report precedenti realizzati nel periodo precedente del progetto SpoTT.