



DIREZIONE SANITA'

Settore Promozione della Salute e Interventi di Prevenzione Individuale e Collettiva

Valutazione di impatto della qualità dell'aria sulla salute umana

nelle città di Novara e Torino

Luglio 2010

Questa Valutazione di Impatto sulla Salute umana rientra negli obiettivi del progetto "Sperimentazione di Modelli di Impatto Ambiente-Salute" finanziato dalla Regione Piemonte.

Testo a cura di: **Veronica Sesia** SISP ASL NO; **Giovanna Berti, Simona Soldati**
Epidemiologia e Salute Ambientale – ARPA Piemonte

Supervisione: **Ennio Cadum** Epidemiologia e Salute Ambientale – ARPA Piemonte.

Premessa

Il dipartimento tematico Epidemiologia e Salute ambientale di Arpa Piemonte è stato promotore, insieme all'ASL NO, ASL AT, all'ASL TO3, all'ASLCN1 e all'ASLTO1, di un Progetto finanziato dalla Regione Piemonte, nel 2007, dal titolo "Sperimentazione di modelli di valutazione di impatto ambiente-salute utili ad individuare aree e/o tematiche territoriali a rischio ambientale e sanitario" che ha, tra i suoi obiettivi, quello di perfezionare un modello di analisi integrata ambientale e sanitaria per la valutazione di impatto sulla salute (VIS) derivante da rischi di tipo ambientale.

Tra gli obiettivi specifici vi è la realizzazione di una valutazione di impatto sulla salute della qualità dell'aria per le città di Torino e Novara.

In questo rapporto vengono presentati i risultati di tale valutazione agli operatori delle ASL piemontesi e dell'ARPA Piemonte con la finalità di fornire le basi per l'avvio di un percorso volto all'acquisizione di competenze relative alla VIS su fattori di rischio di origine ambientale. Il contenuto della relazione è stato presentato e discusso durante il corso: "*Valutazione di impatto sanitario in ambito ambientale: il caso studio dell'inquinamento atmosferico*" organizzato nel mese di maggio nelle sedi di Arpa Piemonte di Torino e Novara, nell'ambito di questo ampio percorso di collaborazione tra Arpa ed ASL.

Introduzione

Nel corso degli ultimi decenni la ricerca scientifica relativa all'impatto dell'inquinamento atmosferico urbano sulla salute umana ha evidenziato un'ampia gamma di effetti avversi, quali l'incremento della morbosità cardiorespiratoria e della mortalità, associati a livelli di concentrazione di inquinanti cui generalmente sono esposte le popolazioni in ogni parte del mondo. L'evidenza scientifica proveniente dagli studi epidemiologici indica come possibile la causalità dell'associazione tra l'inquinamento atmosferico ed effetti sulla salute; tale ipotesi trova conferma nei risultati di recenti studi tossicologici.

Gli studi epidemiologici forniscono una stima del rischio relativo attraverso l'osservazione della distribuzione e dell'andamento di una malattia in una popolazione, rapportata con il suo profilo di esposizione e confrontata con una popolazione di riferimento; gli studi di valutazione di impatto sanitario utilizzano i rischi relativi derivanti dall'evidenza epidemiologica per effettuare una stima dei casi attribuibili (per la morbosità e la mortalità) all'inquinamento atmosferico. Tali casi potrebbero essere prevenuti se le concentrazioni ambientali medie fossero ridotte a determinati livelli che vengono assunti come valori al di sotto dei quali ipotizzo che l'effetto sanitario sia trascurabile o non calcolabile per mancanza di evidenze riferite a tali concentrazioni.

Gli studi di valutazione di impatto seguono il percorso metodologico del *Risk assessment*, ossia si stima il rischio associato all'esposizione ad una sostanza come la probabilità che ha un soggetto di contrarre la malattia se esposto ad una data concentrazione di inquinante.

Per quanto riguarda il determinante in studio, ossia l'inquinamento atmosferico, gli effetti che induce sulla salute umana possono essere distinti in effetti acuti (a breve termine) e cronici (a lungo termine). Gli effetti a breve termine, quali l'insorgenza di sintomi respiratori acuti, le variazioni della funzionalità polmonare, l'aggravamento di patologie cardiopolmonari e la mortalità per cause cardiopolmonari, sono osservabili a pochi giorni di distanza dai picchi di inquinamento e sono dovuti all'esposizione di breve durata ad elevate concentrazioni dei contaminanti. Gli effetti a lungo termine, quali l'aumento dell'incidenza e della prevalenza di malattie cardio-respiratorie croniche, il tumore polmonare e la mortalità per cause cardio-respiratorie, sono osservabili a distanza di anni dall'inizio dell'esposizione e sono causati da un'esposizione all'inquinamento atmosferico di lunga durata, in grado di promuovere anche processi di tipo cancerogeno.

Per stimare l'impatto sulla salute causato dall'inquinamento atmosferico, che per definizione è costituito da una complessa miscela di inquinanti, gli studi epidemiologici utilizzano numerosi indicatori di esposizione (NO₂, CO, PM₁₀, Particolato Totale Sospeso, SO₂). Questi inquinanti sono comunque tra loro correlati e, dal momento che gli studi epidemiologici non possono con esattezza assegnare gli effetti osservati ad un singolo inquinante, ne viene selezionato uno solo per effettuare la stima dei casi attribuibili. Il particolato (PM *Particulate Matter*) è stato ritenuto un valido indicatore di esposizione a numerose fonti di inquinamento atmosferico *outdoor*.

In particolare, con il termine particolato atmosferico si intende una miscela di particelle solide e liquide in sospensione in atmosfera che vengono classificate sulla base della loro capacità di penetrazione all'interno delle vie respiratorie:

- Il PM₁₀ è il particolato con diametro aerodinamico inferiore o uguale a 10 µm; è la frazione inalabile del particolato, in grado di penetrare nel primo tratto dell'apparato respiratorio e a livello polmonare.
- Il PM_{2.5} è definito particolato fine, con diametro aerodinamico inferiore o uguale a 2,5 µm, in grado di penetrare nella regione tracheo-bronchiale.
- Il PM_{0.1} è definito particolato ultrafine, con diametro aerodinamico inferiore o uguale a 0,1 µm, in grado di penetrare a livello alveolare.

La disponibilità di stime di rischio relativo per l'esposizione al particolato a lungo e breve termine, ha permesso la conduzione di numerosi studi di impatto sanitario condotti a livello locale, nazionale o sovranazionale.

Lo studio di Kunzli, studio rilevante che ha stimato l'impatto sanitario del PM₁₀ in Austria, Francia e Svizzera, ha utilizzato come indicatore di esposizione all'inquinamento atmosferico il PM₁₀, in quanto ritenuto l'unico parametro correlabile in modo coerente con gli effetti a lungo termine sulla mortalità e disponibile per la stima dell'esposizione delle tre popolazioni in studio. Utilizzando un livello di esposizione di riferimento di 7,5 µg/m³, come soglia considerata potenzialmente non raggiungibile in area urbana e comunque mai esplorata prima, tale studio ha attribuito all'inquinamento atmosferico il 6% (più di 40.000 decessi/anno) della mortalità totale, 25.000 nuovi casi di bronchite acuta negli adulti, più di 290.000 episodi di bronchite nei bambini, più di 500.000 attacchi d'asma (Kunzli, 2000).

Lo studio condotto dall'OMS nel 1998 ha valutato l'impatto sanitario del PM₁₀ nelle otto più grandi città italiane (Roma, Milano, Firenze, Bologna, Palermo, Genova, Napoli, Torino). I risultati forniscono le stime degli effetti che potrebbero essere prevenuti riducendo i livelli correnti di PM₁₀ secondo diversi scenari, valutando sia la mortalità sia la morbosità. La

valutazione si è basata su stime disponibili, alcune già considerate da Kunzli, applicate in modo conservativo al fine di non sovrastimare gli esiti attesi. Tra gli effetti a breve termine sono stati inclusi i ricoveri per patologie cardiovascolari e respiratorie, asma e sintomi respiratori acuti. Per effettuare la valutazione di impatto è stata utilizzata la concentrazione media del PM₁₀ nel biennio 1998-99 stimata dal Particolato Totale Sospeso (PTS). E' stato stimato che il 4,7% (circa 3500 decessi) della mortalità totale è attribuibile all'inquinamento atmosferico per esposizioni croniche a livelli di PM₁₀ superiore a 30 µg/m³. Per quanto riguarda gli effetti acuti circa 2.000 ricoveri l'anno per patologie respiratorie (pari al 3%) e 2.700 per patologie cardiovascolari (pari all'1,7%) potrebbero essere evitati contenendo le concentrazioni a valori inferiori a tali livelli di PM₁₀, così come più di 40.000 attacchi di asma e più di 31.000 casi di bronchite acuta in età pediatrica (Martuzzi et al, 2002).

Lo studio successivo condotto dall'OMS aggiorna il precedente considerando il periodo 2002-2004, includendo 13 città italiane con popolazione superiore ai 200.000 abitanti (Torino, Genova, Milano, Trieste, Padova, Venezia-Mestre, Verona, Bologna, Firenze, Roma, Napoli, Catania, Palermo) e stime di rischio aggiornate sulla base delle ulteriori evidenze scientifiche disponibili (Martuzzi et al, 2006). Gli esiti inclusi sono stati la mortalità a breve e a lungo termine, per cause naturali e per cause specifiche, associate all'esposizione a PM. Per quanto riguarda gli effetti sulla morbosità, gli studi epidemiologici si basano soprattutto sulle associazioni tra esposizione a breve termine a PM e effetti sanitari, principalmente di tipo respiratorio e cardiovascolare. Queste associazioni sono state studiate principalmente tramite gli studi *time series* riguardanti cambiamenti negli esiti sanitari correlati a variazioni giornaliere nelle concentrazioni del PM e, più recentemente, con l'uso di studi *case-crossover*. La valutazione conferma ancora una volta l'impatto notevole dell'inquinamento atmosferico sulla salute delle popolazioni residenti nelle città italiane: considerando solo gli effetti a lungo termine, più di 8.000 decessi/anno sono attribuibili a concentrazioni di PM₁₀ superiori a 20 µg/m³, pari al 9% della mortalità per tutte le cause (per soggetti di età superiore ai 30 anni). Tale quota scende al 5,7% considerando lo scenario di "assenza di effetti" sotto i 30 µg/m³. Se si considerano gli effetti a breve termine per quest'ultimo scenario, l'impatto è di circa 1.300 decessi, corrispondente all'1,5% della mortalità totale. Sempre in relazione agli effetti acuti, circa 500 ricoveri l'anno per patologie respiratorie (0,8%) e per patologie cardiovascolari (0,4%) potrebbero essere evitati contenendo le concentrazioni a valori inferiori a 30 µg/m³ di PM₁₀, così come più di 25.000 casi di bronchite acuta in età pediatrica (Martuzzi et al, 2006).

Lo studio Apheis ha utilizzato la metodologia dell'OMS per effettuare una valutazione di impatto sulla salute, stimando il numero delle morti premature, per tutte le cause, che potrebbero essere prevenute riducendo i livelli annuali di $PM_{2.5}$ a $25 \mu g/m^3$, $20 \mu g/m^3$, $15 \mu g/m^3$, $10 \mu g/m^3$, in 26 città europee. Se non erano disponibili le misurazioni per il $PM_{2.5}$, i valori misurati di PM_{10} venivano convertiti a $PM_{2.5}$ utilizzando opportuni fattori di conversione. Nelle 26 città europee, con più di 40 milioni di abitanti, la riduzione dei livelli medi annuali di $PM_{2.5}$ a $15 \mu g/m^3$ potrebbe determinare una riduzione del carico totale di mortalità, tra gli individui di età superiore a 30 anni, che potrebbe essere 4 volte più grande rispetto a quella che si otterrebbe riducendo i livelli di $PM_{2.5}$ a $25 \mu g/m^3$ (con una frazione di casi attribuibili o evitabili pari all' 1,6 % rispetto allo 0,4%). Questo studio dimostra che in Europa è necessario adottare standard più rigorosi al fine di proteggere la salute umana (Ballester et al, 2008).

Una lettura comparativa degli studi presentati deve essere condotta prendendo in considerazione alcuni punti fondamentali in grado di spiegare eventuali discrepanze nelle stime di impatto pubblicate e attese. Un punto cruciale è rappresentato dalla scelta della stima di rischio relativo, funzione delle evidenze fruibili, della eventuale disponibilità di stime aggiornate e basate su dati locali o dell'esito della valutazione dell'extrapolabilità della funzione "dose-risposta" al contesto in cui si conduce la VIS. La disponibilità di dati ambientali derivanti dalle reti di monitoraggio di qualità dell'aria secondo rigorosi standard vs dati stimati tramite fattori di conversione costituisce poi un ulteriore punto di eventuale incertezza e non confrontabilità delle misure utilizzate nelle diverse valutazioni prese in considerazione. Il profilo di salute delle popolazioni, ossia i tassi di mortalità e ricovero, così come la stima dei soggetti residenti nelle aree in studio costituisce un altro punto in grado di influenzare, anche se in misura minore, i valori attesi ottenuti. Infine è di fondamentale importanza la soglia di riferimento (soglia assunta quale soglia di assenza di rischio, desunta dalla letteratura o da valori imposti da normativa o ancora da obiettivi di qualità dell'aria espressi dalle organizzazioni scientifiche) per la quale si è deciso di condurre l'elaborazione. E' bene considerare comunque, più che il numero assoluto di eventi, in termini di decessi, numero di ricoveri, accessi sanitari o consumo farmaceutico, il *range* di variazione della percentuale di esiti attribuibili all'esposizione al fattore di rischio ambientale in esame, in funzione degli scenari di rischio esaminati al fine di individuare un intervallo probabile e plausibile di esiti sanitari potenzialmente evitabili. E' alla luce delle considerazioni appena espresse che devono essere valutati i risultati della VIS condotta.

Obiettivo del presente lavoro è quello di quantificare il numero di casi attribuibili all'inquinamento atmosferico nelle aree urbane di Torino e Novara considerando il PM come indicatore, alla luce delle recenti evidenze di letteratura e per differenti scenari di contenimento ipotizzabili. Questo report costituisce quindi una utile documentazione in termini di esemplificazione della conduzione di una VIS per fattori di rischio ambientali ad oggi riconosciuti, misurabili e potenzialmente controllabili tramite interventi di contenimento e le cui ricadute possono essere ingenti in termini di Sanità Pubblica.

Materiali e metodi

La valutazione condotta si basa sulla disponibilità di dati di letteratura per una stima quantitativa degli esiti sanitari attribuibili all'inquinamento da PM nelle aree urbane di Novara e Torino negli anni recenti. Lo studio segue la metodologia utilizzata in valutazioni di questo tipo condotte dall'OMS prima nel 2002 e, successivamente, nel 2006 (Martuzzi et al, 2006). E' stato stimato il carico di malattia che può essere prevenuto riducendo i livelli di esposizione della popolazione a PM in area urbana, per differenti soglie assunte come obiettivi di potenziale riduzione (diversi *counterfactual*). Data la necessità di dati ambientali validati ed aggiornati è indispensabile la richiesta di collaborazione di strutture specialistiche deputate al controllo della qualità dell'aria per pervenire a corrette valutazioni.

In sintesi, sono indispensabili tre termini per condurre valutazioni di questo tipo:

1. disponibilità di curve dose-risposta, meglio espresse come disponibilità di Rischi Relativi desunti dalla letteratura epidemiologica¹;
2. disponibilità di dati relativi all' esposizione delle popolazioni in studio, specificamente la differenza tra le esposizioni osservate e la esposizione considerata di riferimento o "*counterfactual*" (soglie assunte come soglie di assenza di rischio o i valori minimi di esposizione osservati o obiettivi fissati da normativa, oppure obiettivi di qualità dell'aria proposti da organizzazioni scientifiche);
3. la dimensione della popolazione interessata da questi potenziali cambiamenti, insieme con la frequenza alla quale la popolazione si ammala o decede di base (*baseline*), ossia disponibilità di dati relativi ai censimenti ed ai tassi di mortalità/morbosità;

¹ esprimono il valore atteso per un dato esito sanitario (mortalità, ricoveri...) per unità di incremento dell'inquinante, ossia esprimono l'eventuale incremento del rischio sanitario per incrementi nei livelli di esposizione della popolazione studiata; generalmente per l'inquinamento atmosferico gli incrementi di rischio si esprimono per incrementi di 10 microgrammo/metro cubo nelle concentrazioni del contaminante di volta in volta studiato.

Una volta stabiliti gli esiti sanitari di interesse su cui condurre la valutazione, per ciascun esito sanitario, tali informazioni vengono combinate nell'algoritmo relativo al calcolo della frazione attribuibile in popolazione:

$$E = A * B * (C/10) * P$$

Ossia:

E = numero di casi attribuibili alle concentrazioni di inquinamento rilevate, per un dato livello *counterfactual*;

A = proporzione di esiti sanitari che si verificano nella popolazione esposta, attribuibili all'inquinamento atmosferico = $(RR - 1) / RR$;

con RR = rischio relativo scelto per il dato esito sanitario, desunto dalla letteratura disponibile (vedi nota 1);

B = tasso di mortalità (morbosità) dell'esito sanitario considerato che si osserverebbe al livello di concentrazione *counterfactual* = $B_0 / [1 + (RR-1)*(C / 10)]$;

con B_0 = tasso di mortalità (morbosità) osservato dell'effetto sanitario, alla concentrazione osservata, ottenuto dalle statistiche sanitarie disponibili;

C/10 = differenza rilevante nelle concentrazioni di inquinante (la differenza tra la concentrazione osservata e *counterfactual*, in microgrammi), ottenuto dalle reti di monitoraggio di ogni città, diviso per 10, dato che il RR si esprime per incrementi di 10 microgrammi/metro cubo (vedi nota 1);

P = popolazione esposta, ossia la popolazione residente nelle aree urbane, ottenuta dai dati di censimento.

Alla fine del capitolo Materiali e metodi è riportato un esempio di calcolo.

1. Dati sulla relazione esposizione-effetto (scelta dei RR)

Il primo punto cruciale è evidentemente rappresentato dalla scelta delle stime di rischio relativo da utilizzare. La letteratura fornisce un'ampia serie di dati sulle correlazioni tra l'esposizione ai livelli attuali di inquinamento ed effetti avversi sulla salute. Le stime di rischio utilizzate nella presente relazione sono state individuate in base ad alcuni criteri:

- derivanti da meta-analisi pubblicate;
- utilizzate in precedenti valutazioni di impatto sanitario;
- derivanti da studi italiani più strettamente correlabili ai fenomeni sanitari piemontesi e con un buon livello di aggiornamento.

Per gli effetti a lungo termine sono state prese in considerazione le stime utilizzate nella più recente valutazione condotta da OMS sull'inquinamento atmosferico in Italia che discendono dai risultati di studi di coorte, volti a evidenziare gli effetti di esposizioni di lunga durata. Gli effetti acuti del PM₁₀ sono stati evidenziati in numerosi studi di serie temporali, ormai riassunti in diverse revisioni di letteratura e meta-analisi. Nel corso del mese di novembre 2009 sono stati pubblicati i risultati del progetto italiano, EpiAir, che ha riguardato gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico in dieci città italiane tra le quali Torino, per il periodo 2001-2005 (Berti et al, 2009).

Data anche la buona sovrapposizione tra i risultati del progetto italiano e le stime utilizzate nella più recente valutazione condotta da OMS sull'inquinamento atmosferico in Italia, derivanti da meta-analisi europee, si è deciso di utilizzare le stime italiane EpiAir.

In Tabella 1 sono quindi rappresentate le stime di RR assunte nella VIS condotta nelle aree urbane di Torino e Novara.

Tabella 1. Stime di RR utilizzate per la quantificazione dei casi attribuibili all'inquinamento atmosferico nelle città di Novara e Torino.

Mortalità			
Effetti a lungo termine	RR	Inquinante	Riferimenti bibliografici
Cause naturali	1,06 (1,02-1,11)	PM _{2.5}	Martuzzi, 2006
Tumore polmone	1,08 (1,01-1,16)	PM _{2.5}	Martuzzi, 2006
Effetti a breve termine			
Cause naturali	1,007 (1,004-1,010)	PM ₁₀	Berti, 2009
Cause cardiache	1,010 (1,004-1,015)	PM ₁₀	Berti, 2009
Cause respiratorie	1,016 (1,005-1,027)	PM ₁₀	Berti, 2009

Per una lettura esaustiva e commentata circa le evidenze disponibili si può prendere in considerazione la revisione, *C. Arden Pope III & Douglas W. Dockery. Health Effects of Fine Particulate Air Pollution: Lines that Connect. J. Air & Waste Manage. Assoc. 2006;56:709–742*, facilmente reperibile nel *web*.

La più recente stima di impatto condotta dall'OMS nel 2006 può essere facilmente reperita nel *web* anche in lingua italiana.

http://www.apat.gov.it/site/contentfiles/00143900/143930_miscellanea_pm10.pdf

Nel supplemento di *Epidemiologia&Prevenzione* sono pubblicati i risultati del progetto EpiAir:

<http://www.epidemiologiaeprevenzione.it/cms/?q=node/101>

2. I dati ambientali

I dati relativi all'inquinamento da particolato nelle città di Novara e Torino sono stati resi disponibili dall'Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale del Piemonte. Il personale che si occupa della valutazione della qualità dell'aria e delle reti di monitoraggio di qualità dell'aria ha condotto, in collaborazione con gli autori del presente report, il percorso di valutazione della completezza ed adeguatezza dei dati ai fini epidemiologici illustrati.

Città di Novara

Dopo una prima analisi delle serie storiche, si è deciso di utilizzare i dati del periodo **1 gennaio 2005 - 31 dicembre 2007** derivanti dalle stazioni di traffico (Leonardi-Roma: metodo *Basso Volume*) e *background* (Verdi: metodo *Beta*). In particolare le due stazioni Leonardi-Roma sono state combinate in un'unica serie di dati da traffico (chiamata virtuale), dato che il punto di monitoraggio è stato spostato nel corso degli anni interessati da questa valutazione pur mantenendo le caratteristiche di stazione da traffico.

I dati sono stati combinati per l'analisi di 2 scenari di esposizione differenti: si sono considerati i dati da traffico in media con dati di *background* per lo scenario 1; si sono considerate le sole misure delle stazioni da traffico per lo scenario 2. Dal momento che si è verificata una lieve diminuzione dei livelli di questo contaminante ambientale negli anni recenti, si è scelto di considerare anche il valore rilevato nell'anno 2009 sia per lo scenario 1 sia per lo scenario 2. Si precisa che per l'anno 2008 i dati non presentavano la completezza necessaria per essere inclusi nello studio.

Scenario 1 (2005-2007): background + traffico

$$PM_{10} = 45 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Scenario 1 (2009): background + traffico

$$PM_{10} = 34 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Scenario 2 (2005-2007): traffico

$$PM_{10} = 48 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Scenario 2 (2009): traffico

$$PM_{10} = 39 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Per Novara non erano disponibili dati di PM_{2.5}. Per la stima degli effetti a lungo termine si è proceduto a stimare i dati di PM_{2.5} dai dati di PM₁₀ attraverso un coefficiente di conversione pari a 0,7. Si sono presi in considerazione gli stessi scenari.

Scenario 1 (2005-2007): background + traffico

PM₁₀ = 31 µg/m³

Scenario 1 (2009): background + traffico

PM₁₀ = 24 µg/m³

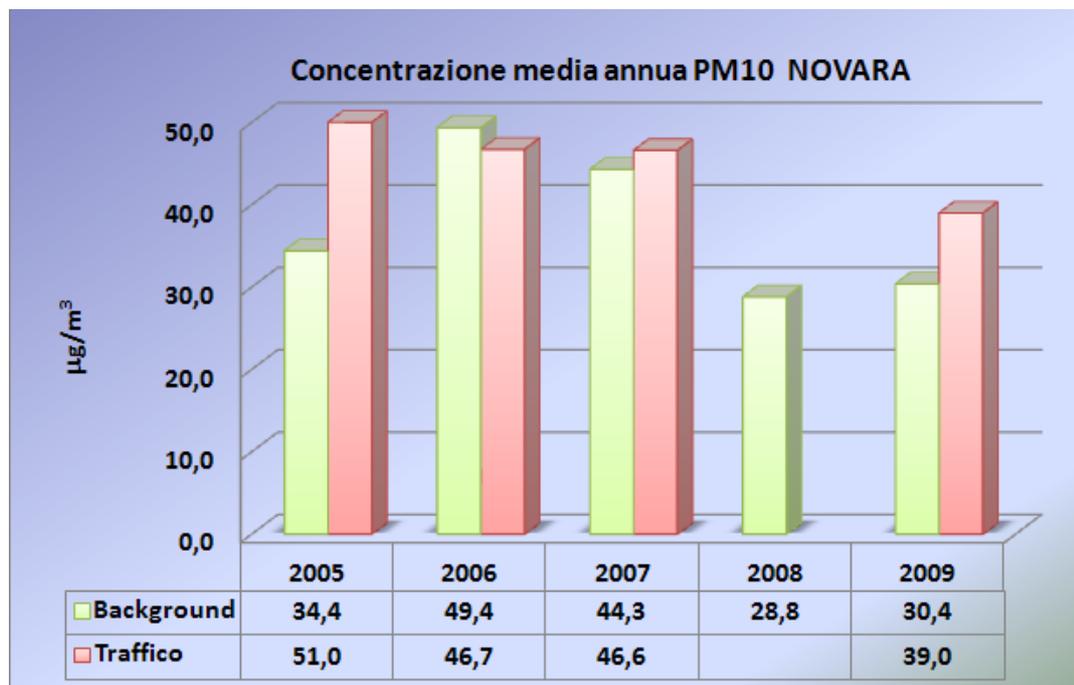
Scenario 2 (2005-2007): traffico

PM₁₀ = 34 µg/m³

Scenario 2 (2009): traffico

PM₁₀ = 27 µg/m³

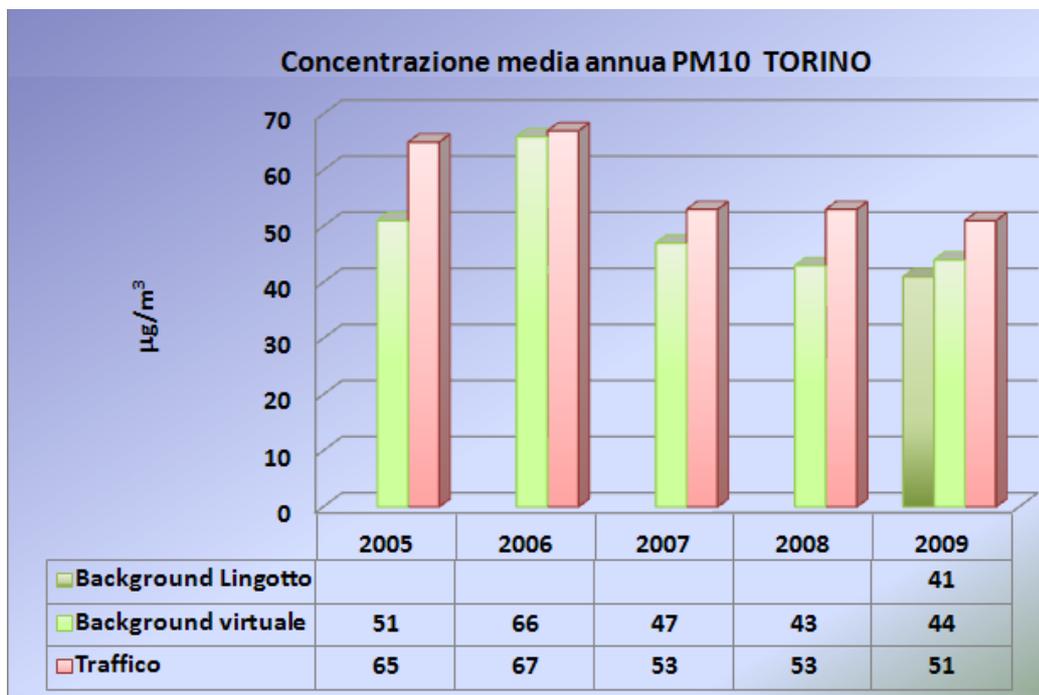
Figura 1. Dati ambientali relativi al PM₁₀ per la città di Novara.



Città di Torino

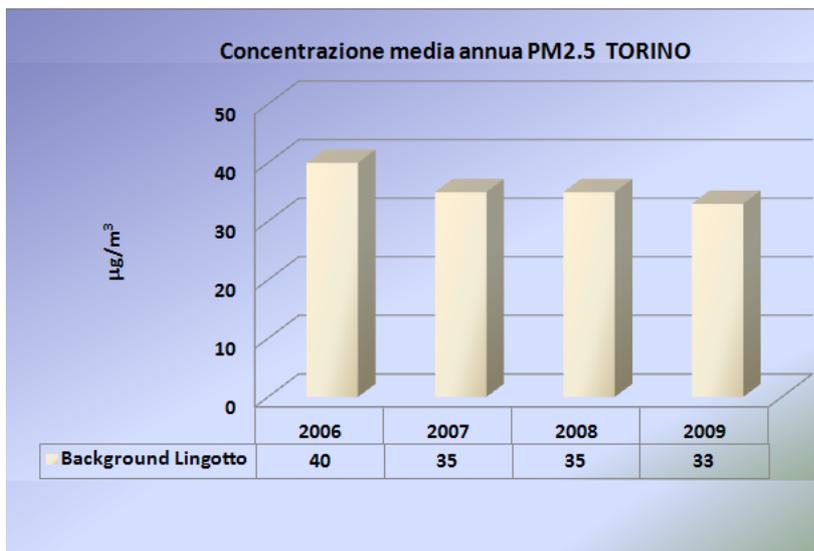
Dopo un'analisi preliminare volta a valutare le differenze che si sarebbero ottenute utilizzando i dati di tutte le stazioni disponibili vs l'utilizzo di sole alcune stazioni, si è deciso di utilizzare alcune stazioni accuratamente scelte (così come descritto nello studio EpiAir), in quanto l'opzione alternativa partiva da misure ridondanti, data la vicinanza delle stime ottenute nei due metodi. Il periodo in studio è stato **1 gennaio 2005 - 31 dicembre 2007** in analogia a quanto deciso per la città di Novara.

Figura 2a. Dati ambientali relativi al PM₁₀ per la città di Torino.



Sono state scelte: una stazione da traffico posta in piena area urbana (Consolata: metodo *Gravimetrico*) ed un punto di misura residenziale, di *background* (Gaidano-Rubino: metodo *Gravimetrico*). In particolare le due stazioni Gaidano e Rubino sono state combinate in un'unica serie di dati di *background* (chiamata virtuale), dato che il punto di monitoraggio è stato spostato nel corso degli anni interessati da questa valutazione mantenendo le caratteristiche di stazione da fondo. Per il solo 2009 si è deciso di considerare anche un'ulteriore stazione di *background* (Lingotto: *Beta*).

Figura 2b. Dati ambientali relativi al PM_{2.5} per la città di Torino.



Per gli effetti a breve termine i dati sono stati combinati quindi per l'analisi di 2 scenari di esposizione differenti: si sono considerati i dati da traffico in media con dati di *background* per lo scenario 1; si sono considerate le sole misure delle stazioni di *background* per lo scenario 2. I dati di solo *background* per il periodo 2005-2007 erano praticamente sovrapponibili al valore rilevato in media con la stazione anche da traffico e pertanto si è deciso di non valutarli.

Scenario 1 (2005-2007): background + traffico

$$PM_{10} = 57 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Scenario 1 (2009): background + traffico

$$PM_{10} = 47 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Scenario 2 (2009): background

$$PM_{10} = 43 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Per Torino sono disponibili dati di PM_{2.5} rilevati presso una stazione di *background* (Lingotto: metodo *Gravimetrico*), utilizzabili per la stima degli effetti a lungo termine:

Scenario 3 (2006-2009): background

$$PM_{2.5} = 36 \mu\text{g}/\text{m}^3$$

Scelta del *counterfactual*

I metodi sopra illustrati possono essere utilizzati per la stima di impatti che possono essere in numeri (casi attribuibili) differenti, a seconda delle concentrazioni di inquinante cui la popolazione in studio si suppone possa essere esposta (come livello “osservato”) sempre in confronto con differenti concentrazioni considerate come termine di paragone. Tali livelli di concentrazione ipotetici vengono chiamati *counterfactuals*. In alcune valutazioni di impatto pubblicate è stato considerato come valore *counterfactual* il valore di concentrazione più basso raggiunto nell’area in studio. In altri casi si sono analizzati i valori limite di normativa o obiettivi di qualità suggeriti dalle organizzazioni scientifiche. In questa analisi si è scelto di valutare le differenze tra i valori osservati (di traffico, di *background*, o di dati mediati) e i valori di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rappresenta attualmente il valore vincolante della normativa da raggiungere come media annuale (Unione Europea, 1999);
- $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rappresenta il valore da raggiungere secondo l’OMS per la tutela della salute (WHO, 2006).

In relazione alla valutazione dell’esposizione a $\text{PM}_{2.5}$ si sono prese in considerazione le differenze tra i valori osservati (misurati o stimati da PM_{10} per la città di Novara) e i valori di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

- $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rappresenta attualmente il valore indicato come media annuale dalla normativa europea in via di recepimento a livello nazionale (Unione Europea, 2008);
- $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ rappresenta il valore da raggiungere secondo l’OMS per la tutela della salute (WHO, 2006).

3. Quantificazione dei casi

Il calcolo del numero di casi attribuibili all’inquinamento atmosferico deve tener conto della dimensione della popolazione esposta e dei tassi registrati nelle popolazioni per l’esito di volta in volta in studio. I dati riportati in Tabella 2 sono stati estratti dall’applicativo PATED, Procedura per Analisi Territoriali di Epidemiologia Descrittiva, sviluppato presso il Dipartimento Tematico Epidemiologia e Salute Ambientale, in collaborazione con il Servizio di Epidemiologia dell’ASL TO3 nell’ambito della Rete Regionale dei Servizi di Epidemiologia piemontesi. I dati relativi alle popolazioni residenti nei Comuni di Novara e

Torino sono stati estratti dalla banca dati BDDE (popolazione/anno). I dati relativi ai decessi per causa derivano dai flussi ISTAT.

Tabella 3. Popolazioni e tassi grezzi elaborati per la quantificazione dei casi attribuibili all'inquinamento atmosferico nelle città di Novara e Torino.

Mortalità per cause naturali, ICD IX 0-799, tutte le età, città di Torino e Novara				
	Osservati Torino	Popolazione Torino	Osservati Novara	Popolazione Novara
1999	7775	903705	979	102037
2000	7366	900987	884	102243
2001	7214	864671	876	100939
2002	7199	861644	982	101172
2003	7970	867857	925	102260
Mortalità per cause naturali, ICD IX 0-799, 30 anni e più, città di Torino e Novara				
	Osservati Torino	Popolazione Torino	Osservati Novara	Popolazione Novara
1999	7726	647854	975	71054
2000	7322	651237	879	71562
2001	7181	630030	874	71115
2002	7164	635355	981	71880
2003	7935	641960	924	73125
Mortalità per tumore alla trachea, ai bronchi e ai polmoni, ICD IX 162, 30 anni e più, città di Torino e Novara				
	Osservati Torino	Popolazione Torino	Osservati Novara	Popolazione Novara
1999	555	647854	66	71054
2000	526	651237	57	71562
2001	537	630030	57	71115
2002	534	635355	80	71880
2003	519	641960	72	73125
Mortalità per cause cardiache, ICD IX 390-429, tutte le età, città di Torino e Novara				
	Osservati Torino	Popolazione Torino	Osservati Novara	Popolazione Novara
1999	2055	903705	266	102037
2000	1960	900987	248	102243
2001	1886	864671	256	100939
2002	1837	861644	260	101172
2003	1968	867857	254	102260
Mortalità cause respiratorie, ICD IX 460-519, tutte le età, città di Torino e Novara				
	Osservati Torino	Popolazione Torino	Osservati Novara	Popolazione Novara
1999	608	903705	57	102037
2000	599	900987	71	102243
2001	489	864671	63	100939
2002	521	861644	58	101172
2003	572	867857	59	102260

In particolare per l'analisi svolta si è scelto di utilizzare il periodo più recente possibile in relazione soprattutto ai RR a breve termine utilizzati. Non essendo disponibili dati codificati per causa negli anni 2004 e 2005, si è preso in considerazione il periodo quinquennale 1999-2003 e, per il calcolo sia delle popolazioni sia dei tassi di mortalità grezzi si è stimato un dato medio per anno. Sono state effettuate alcune selezioni: i decessi dovevano essere riferiti a soggetti residenti nel Comune in studio (Novara o Torino) al momento del decesso; si sono selezionati i decessi per causa specifica e per fascia di età in relazione all'esito in studio.

Sia i rischi relativi sia le frazioni attribuibili sia le stime di impatto (numeri di casi attesi) sono sempre accompagnati da intervalli di confidenza. Essi riflettono il grado di incertezza nella stima. E' importante notare che queste metodologie si utilizzano ai fini di Sanità Pubblica, per una quantificazione dell'ordine di grandezza dei casi attesi dovuti all'esposizione in studio, piuttosto che per una precisa stima numerica. Seppur con ampi margini di incertezza e all'interno di scenari prudenti, tutti i progetti condotti confermano che l'inquinamento atmosferico comporta effetti rilevanti per la salute delle popolazioni.

Esempio di calcolo: supponiamo di voler calcolare il numero di casi attribuibili (mortalità per cause naturali) a breve termine in una città come Torino, valutando il livello di esposizione registrato nell'anno 2009 al PM₁₀ rispetto alle indicazioni date dall'OMS. Utilizziamo la stima di rischio relativo 1,007 (con intervallo di confidenza al 95% pari 1,004-1,010), una popolazione esposta pari a 880.000 soggetti (tutta la popolazione), il valore annuale di PM₁₀ pari a 43 µg/m³, confrontato con la soglia di 20 µg/m³ ed un tasso grezzo di mortalità pari a 0,0085, ossia circa 7500 decessi l'anno.

Posso calcolare:

$$A = (1,007-1) / 1,007 = 0,007;$$

$$B = 0,0085 / [1 + (0,007)*2,3] = 0,0085 / 1,0161 = 0,0084;$$

$$C/10 = (43 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 20 \mu\text{g}/\text{m}^3) / 10 \mu\text{g}/\text{m}^3 = 2,3;$$

$$P = 880.000.$$

$$E = 0,007*0,0084*2,3*880.000 = 119 \text{ decessi l'anno (con approssimazioni).}$$

La frazione attribuibile è pari a 119 decessi per cause naturali / 7.500 decessi per cause naturali l'anno = 0,0159 pari al 1,6% (fatte le approssimazioni).

Possiamo concludere che circa 120 decessi l'anno (circa l'1,6%) che avvengono nella città di Torino, data un'esposizione annuale a 43 µg/m³ sono attribuibili all'esposizione al PM₁₀, sotto l'ipotesi di assenza di effetti al sotto della soglia dei 20 µg/m³, raccomandata dall'OMS. Sono casi che si potrebbero evitare se le concentrazioni si abbassassero ai livelli raccomandati come sicuri per la salute delle popolazioni.

Per il calcolo dell'intervallo di confidenza al 95 % della stima relativa al numero di casi attribuibili (e quindi dell'intervallo di confidenza al 95% della frazione attribuibile) sarà necessario ricondurre gli stessi calcoli una volta utilizzando il limite inferiore del RR (1,004) ed una volta il limite superiore (1,010).

Risultati

Nella seguente sezione vengono presentate le stime quantitative degli effetti sulla mortalità attribuibili all'inquinamento dell'aria nelle città di Novara e Torino.

NOVARA

Effetti acuti.

Decessi acuti attribuibili a PM₁₀ oltre i 20 µg/m³

Analizzando lo scenario 1 (05-07), per tutte le cause di mortalità acuta, esclusi i decessi per cause violente, per tutte le età, 16 decessi (1,7% del totale) sono attribuibili a livelli di PM₁₀ superiori a 20 µg/m³. Lo 0,7% dei decessi acuti per cause cardiache e lo 0,25% di quelli per cause respiratorie potrebbero essere evitati se venisse rispettata la concentrazione di 20 µg/m³, così come proposto dalle Linee Guida per la qualità dell'aria dell'OMS. Se invece si analizzano i risultati relativi allo scenario 2 (05-07) si nota come i decessi per cause naturali salgano a 18 (1,92% del totale), con lo 0,75% di decessi attribuibili a cause cardiache e lo 0,28% di decessi per cause respiratorie. Analogamente, per gli scenari relativi al solo anno 2009 i risultati indicano che: nel caso dello scenario 1 (09) lo 0,99% dei decessi per cause naturali, lo 0,39% dei decessi per cause cardiache e lo 0,15% dei decessi per cause respiratorie sono attribuibili a PM₁₀ oltre i 20 µg/m³; mentre per lo scenario 2 (09) le percentuali attribuibili ad un tale livello di PM₁₀ sono pari a 1,30% per decessi per cause naturali, 0,51% per cause cardiache e 0,19% per cause respiratorie.

Tabella 3. Decessi acuti attribuibili a PM₁₀ oltre i 20 µg/m³.

	SCENARIO 1 (05-07) PM ₁₀ = 45 µg/m ³	SCENARIO 2 (05-07) PM ₁₀ = 48 µg/m ³	SCENARIO 1 (09) PM ₁₀ = 34 µg/m ³	SCENARIO 2 (09) PM ₁₀ = 39 µg/m ³
Cause naturali				
Casi attesi	16 (9-22)	18 (10-25)	9 (5-13)	12 (7-17)
% c. attribuibili	1,69 (0,98-2,40)	1,92 (1,11-2,72)	0,99 (0,57-1,40)	1,30 (0,75-1,85)
Cause cardiache				
Casi attesi	6 (3-9)	7 (3-11)	4 (2-6)	5 (2-7)
% c. attribuibili	0,66 (0,29-1,00)	0,75 (0,33-1,13)	0,39 (0,17-0,59)	0,51 (0,22-0,77)
% c. attribuibili per causa	2,40 (1,05-3,62)	2,71 (1,19-4,08)	1,41 (0,61-2,14)	1,84 (0,80-2,79)
Cause respiratorie				
Casi attesi	2 (1-4)	3 (1-4)	1 (0-2)	2 (1-3)
% c. attribuibili	0,25 (0,08-0,41)	0,28 (0,09-0,46)	0,15 (0,05-0,24)	0,19 (0,06-0,32)
% c. attribuibili per causa	3,76 (1,22-6,11)	4,23 (1,38-6,83)	2,22 (0,71-3,64)	2,89 (0,93-4,73)

Decessi acuti attribuibili a PM₁₀ oltre i 40 µg/m³

Nel caso in cui invece come valore soglia si considerasse il valore normativo di riferimento (40 µg/m³), le percentuali di decessi attribuibili a livelli di PM₁₀ superiori a tale soglia tenderebbero ovviamente a ridursi come evidenziato nella tabella seguente. I dati del 2009 non sono stati analizzati in quanto inferiori alla concentrazione di 40 µg/m³.

Tabella 4. Decessi acuti attribuibili a PM10 oltre i 40 µg/m³

	SCENARIO 1 (05-07) PM ₁₀ = 45 µg/m ³	SCENARIO 2 (05-07) PM ₁₀ = 48 µg/m ³
Cause naturali		
Casi attesi	3 (2-4)	5 (3-7)
% c. attribuibili	0,33 (0,19-0,47)	0,56 (0,32-0,80)
Cause cardiache		
Casi attesi	1 (1-2)	2 (1-3)
% c. attribuibili	0,47 (0,21-0,72)	0,22 (0,10-0,34)
% c. attribuibili per causa	0,13 (0,06-0,20)	0,80 (0,35-1,21)
Cause respiratorie		
Casi attesi	1 (0-1)	1 (0-1)
% c. attribuibili	0,05 (0,02-0,08)	0,08 (0,03-0,14)
% c. attribuibili per causa	0,75 (0,24-1,25)	1,26 (0,40-2,08)

Effetti a lungo termine.

Si ricorda che le soglie di riferimento per lo studio degli effetti cronici sono diverse: sono state considerate la soglia 10 µg/m³ di PM_{2.5} (linee guida WHO) e la soglia 20 µg/m³ di PM_{2.5} (Unione Europea. *Direttiva 2008/50/CE*).

Decessi attribuibili a esposizioni di lunga durata a PM_{2.5} oltre i 10 µg/m³

Per lo scenario 1 (05-07), la frazione di mortalità naturale attribuibile ad esposizioni croniche al particolato superiori a 10 µg/m³ di PM_{2.5}, negli adulti oltre i 30 anni, risulta pari a 10,72%, mentre la stima della proporzione delle morti per tumore al polmone è di 0,96% rispetto a tutti i decessi per cause naturali. Lo scenario 2 (05-07) evidenzia una quota di mortalità attribuibile dell'11,73% e dell'1,05% per tumore al polmone. Lo stesso metodo applicato agli scenari del solo anno 2009 riporta una minore mortalità attribuibile. Allo scenario 1 (09) corrisponde una mortalità attribuibile del 7,35% per cause naturali e dello 0,67% per tumore al polmone. Infine, per lo scenario 2 (09) l'8,84% dei decessi per cause naturali, escluse quelle violente, sarebbero attribuibili ad esposizioni di lungo termine a livelli di PM_{2.5} superiori a 10 µg/m³, mentre tale percentuale risulta dello 0,80% per il tumore polmonare.

Tabella 5. Decessi attribuibili a esposizioni di lunga durata a PM_{2,5} oltre i 10 µg/m³

	SCENARIO 1 (05-07) PM ₁₀ = 45 µg/m ³ (PM _{2,5} = 31 µg/m ³)	SCENARIO 2 (05-07) PM ₁₀ = 48 µg/m ³ (PM _{2,5} = 34 µg/m ³)	SCENARIO 1 (09) PM ₁₀ = 34 µg/m ³ (PM _{2,5} = 24 µg/m ³)	SCENARIO 2 (09) PM ₁₀ = 39 µg/m ³ (PM _{2,5} = 27 µg/m ³)
Cause naturali				
Casi attesi	99 (37-159)	109 (41-172)	68 (25-112)	82 (30-133)
%c. attribuibili	10,72 (4,02-17,14)	11,73 (4,43-18,61)	7,35 (2,69-12,08)	8,84 (3,27-14,35)
Tumore al polmone				
Casi attesi	9 (1-15)	10 (2-16)	6 (1-11)	7 (1-12)
% c. attribuibili	0,96 (0,15-1,57)	1,05 (0,16-1,69)	0,67 (0,10-1,13)	0,80 (0,12-1,33)
% c. attribuibili per causa	13,51 (2,07-21,96)	14,74 (2,29-23,68)	9,37 (1,37-15,85)	11,22 (1,68-18,63)

Decessi attribuibili a esposizioni a lunga durata a PM_{2,5} oltre i 20 µg/m³

Nel caso in cui come valore soglia si consideri il valore proposto dalla Direttiva europea 2008/50/CE (20 µg/m³ di PM_{2,5}), le percentuali di decessi attribuibili risulterebbero inferiori, come sottolineato dalla tabella seguente.

Tabella 6. Decessi attribuibili a esposizioni di lunga durata a PM_{2,5} oltre i 20 µg/m³

	SCENARIO 1 (05-07) PM ₁₀ = 45 µg/m ³ (PM _{2,5} = 31 µg/m ³)	SCENARIO 2 (05-07) PM ₁₀ = 48 µg/m ³ (PM _{2,5} = 34 µg/m ³)	SCENARIO 1 (09) PM ₁₀ = 34 µg/m ³ (PM _{2,5} = 24 µg/m ³)	SCENARIO 2 (09) PM ₁₀ = 39 µg/m ³ (PM _{2,5} = 27 µg/m ³)
Cause naturali				
Casi attesi	55 (20-93)	66 (24-109)	21 (7-36)	36 (13-62)
%c. attribuibili	6,02 (2,18-10,01)	7,15 (2,61-11,78)	2,25 (0,79-3,87)	3,92 (1,40-6,64)
Tumore al polmone				
Casi attesi	5 (1-9)	6 (1-11)	2 (0-4)	3 (1-6)
% c. attribuibili	0,55 (0,08-0,95)	0,65 (0,10-1,10)	0,21 (0,03-0,38)	0,36 (0,05-0,64)
% c. attribuibili per causa	7,71 (1,11-13,26)	9,13 (1,34-15,47)	2,93 (0,40-5,28)	5,06 (0,71-8,94)

TORINO

Effetti acuti.

Decessi acuti attribuibili a PM₁₀ oltre i 20 µg/m³

Nella città di Torino, per lo scenario 1 (05-07) il 2,51% del totale dei decessi per cause naturali, escluse le cause violente, per tutte le età, è attribuibile all'esposizione a concentrazioni di PM₁₀ superiori ai 20 µg/m³, lo 0,91% dei decessi per cause cardiache e lo 0,41% per cause respiratorie. Valutando invece, lo scenario 1 (09) i decessi attribuibili ammonterebbero all'1,84% del totale per cause naturali, 0,67% per cause cardiache e 0,31% per cause respiratorie, mentre per lo scenario 2(09) le percentuali risulterebbero rispettivamente del 1,57%, 0,57%, 0,25%.

Tabella 7. Decessi acuti attribuibili a PM₁₀ oltre i 20 µg/m³

	SCENARIO 1 (05-07) PM ₁₀ = 57 µg/m ³	SCENARIO 1 (09) PM ₁₀ = 47 µg/m ³	SCENARIO 2 (09) PM ₁₀ = 43 µg/m ³
Cause naturali			
Casi attesi	188 (109-264)	138 (80-195)	118 (68-167)
% c. attribuibili	2,51 (1,45-3,52)	1,84 (1,07-2,60)	1,57 (0,91-2,23)
Cause cardiache			
Casi attesi	68 (28-100)	50 (21-74)	43 (18-64)
% c. attribuibili	0,91 (0,37-1,33)	0,67 (0,28-0,99)	0,57 (0,24-0,85)
% c. attribuibili per causa	3,58 (1,47-5,26)	2,63 (1,11-3,89)	2,26 (0,95-3,37)
Cause respiratorie			
Casi attesi	31 (10-49)	23 (7-37)	19 (6-32)
% c. attribuibili	0,41 (0,13-0,65)	0,31 (0,09-0,49)	0,25 (0,08-0,43)
% c. attribuibili per causa	5,54 (1,79-8,75)	4,11 (1,25-6,61)	3,39 (1,07-5,71)

Decessi acuti attribuibili a PM₁₀ oltre i 40 µg/m³

Valutando solo le esposizioni superiori a concentrazioni di 40 µg/m³ le proporzioni di casi attribuibili si riducono, come si evince dalla tabella seguente.

Tabella 8. Decessi acuti attribuibili a PM₁₀ oltre i 40 µg/m³

	SCENARIO 1 (05-07) PM ₁₀ = 57 µg/m ³	SCENARIO 1 (09) PM ₁₀ = 47 µg/m ³	SCENARIO 2 (09) PM ₁₀ = 43 µg/m ³
Cause naturali			
Casi attesi	87 (50-124)	36 (21-52)	16 (9-22)
% c. attribuibili	1,16 (0,67-1,65)	0,48 (0,28-0,69)	0,21 (0,12-0,29)
Cause cardiache			
Casi attesi	32 (13-47)	13 (5-20)	6 (2-9)
% c. attribuibili	0,43 (0,17-0,63)	0,17 (0,07-0,27)	0,08 (0,03-0,12)
% c. attribuibili per causa	1,68 (0,68-2,47)	0,68 (0,26-1,05)	0,32 (0,11-0,47)
Cause respiratorie			
Casi attesi	14 (5-24)	6 (2-10)	3 (1-4)
% c. attribuibili	0,19 (0,07-0,32)	0,08 (0,03-0,13)	0,04 (0,01-0,05)
% c. attribuibili per causa	2,50 (0,89-4,29)	1,07 (0,36-1,79)	0,54 (0,18-0,71)

Effetti a lungo termine.

Decessi attribuibili a esposizioni di lunga durata a PM_{2.5} oltre i 10 µg/m³

Per il capoluogo torinese, a differenza di quanto analizzato per Novara, per la valutazione degli effetti cronici dell'esposizione al particolato su una popolazione di 30 anni e più, è stato considerato un solo scenario (scenario 2006-2009). I risultati ottenuti sono così riassumibili: il 12,8% del totale dei decessi è attribuibile a esposizione di lungo periodo a concentrazioni di PM_{2.5} superiori a 10 µg/m³, mentre tale frazione attribuibile è pari all'1,15% per i decessi per tumore al polmone. Valutando invece solo le esposizioni superiori a concentrazioni di 20 µg/m³, queste percentuali sono pari rispettivamente a 8,31% e 0,76%.

Tabella 9. Decessi attribuibili a esposizioni di lunga durata di PM_{2.5} oltre i 10 e 20 µg/m³

	Soglia 10 µg/m ³	Soglia 20 µg/m ³
	SCENARIO (2006-2009) PM _{2.5} = 36 µg/m ³	SCENARIO (2006-2009) PM _{2.5} = 36 µg/m ³
Cause naturali		
Casi attesi	960 (365-1511)	623 (229-1017)
% c. attribuibili	12,8 (4,87-20,15)	8,31 (3,05-13,56)
Tumore al polmone		
Casi attesi	86 (14-137)	57 (8-95)
% c. attribuibili	1,15 (0,19-1,83)	0,76 (0,11-1,27)
% c. attribuibili per causa	16,07 (2,62-25,61)	10,65 (1,50-17,76)

Discussione

Nello studio presentato, disponendo di dati relativi all'associazione tra inquinamento atmosferico ed esiti sanitari avversi, supponendo la relazione di tipo causale, è stata condotta la quantificazione dei casi attribuibili agli scenari di esposizione studiati:

- si sono scelte adeguate relazioni esposizione-effetto, desumendo valori validi di Rischio Relativo dalla letteratura disponibile a livello locale e nazionale;
- si sono valutati scenari di esposizione differenti utilizzando i dati di qualità dell'aria opportunamente trattati come *proxy* di esposizione ed assumendo che tutti gli individui di una specifica area avessero la stessa esposizione;
- si sono scelti alcuni valori come valori di soglia o *counterfactual*;
- si sono estratti dati di popolazione e tassi di mortalità dalle banche dati sanitarie consultabili.

L'appropriatezza di ogni esercizio di valutazione del rischio dipende da ciascuno di questi punti elencati ma è in realtà fortemente dipendente dalla possibilità di estrapolare la relazione dose-risposta dalla/e popolazione/i in cui è stata studiata a quella/e oggetto della valutazione di impatto. Inoltre dipende fortemente dalla validità dei dati sulla distribuzione dei livelli di esposizione. In queste condizioni, valutare scenari di esposizione alternativi ha lo scopo di ottenere il quadro entro cui collocare l'entità degli effetti, per ascrivere l'impatto atteso in un definito *range*. La valutazione dell'impatto atteso per esposizioni legate a periodi temporali differenti ha inoltre lo scopo di evidenziare il guadagno in salute legato ai miglioramenti ambientali.

In questo caso, i dati relativi al PM nelle aree in studio indicano una lieve flessione nelle concentrazioni registrate negli anni più recenti. Nelle due città, considerando gli effetti a breve termine sulla mortalità per cause naturali, a un miglioramento del PM₁₀ di circa 10 µg/m³ (da 45 a 34 µg/m³ per Novara e da 57 a 47 µg/m³ per Torino) si può attribuire un decremento atteso di circa lo 0,70% dei decessi annuali, secondo la soglia che tutela maggiormente la salute delle popolazioni, pari a di 20 µg/m³.

L'interpretazione dei risultati degli effetti a lungo termine deve essere condotta secondo un diverso ragionamento: per una città come Torino, un'esposizione di lunga durata a livelli pari a $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2.5}$ come media annuale, comporterebbe una attribuzione all'inquinamento atmosferico compresa tra il 12,8% e l'8,3% dei decessi annui per cause naturali nella classe di età di oltre 30 anni (a seconda del tipo di soglia considerata come *counterfactual* di 10 o $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Tale stima è compresa tra il 16% e l'11% di tutti i decessi per tumore del polmone, sempre in funzione del *counterfactual* assunto. Si può speculare se assumere un'esposizione su base annuale pari a $36 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2.5}$ per la popolazione torinese nel passato sia o meno una assunzione valida. Ad ogni modo, la più recente valutazione dell'OMS stimava come quota attribuibile al PM_{10} eccedente i $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (circa $14 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2.5}$) il 9% dei decessi annuali per cause naturali negli *over 30* ed il 12% dei decessi per tumore del polmone. Occorre tenere presente che tale valutazione considerava i decessi calcolati in 13 città italiane, tra le quali Torino si posizionava al quarto posto come livello di PM, con $52.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di PM_{10} (pari a 37 di $\text{PM}_{2.5}$). I risultati della valutazione dell'OMS rappresentano una stima media dei decessi attribuibili per le 13 città in studio, delle quali 9 meno inquinate di Torino. Per Novara lo scenario più rassicurante (esposizione di lunga durata a $24 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2.5}$ con soglia di $20 \mu\text{g}/\text{m}^3$) comporta una percentuale di casi attribuibili di decessi per cause naturali pari al 2,3% vs la stima del 12% ottenuta nelle peggiori condizioni ipotizzate (esposizione di lunga durata a $34 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2.5}$ con la soglia di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$). Alla luce di queste ultime valutazioni, è importante considerare indispensabile la misura del $\text{PM}_{2.5}$ ed il rispetto delle indicazioni contenute nella Direttiva Europea 50/2008 in corso di recepimento a livello nazionale, seppur non possiamo da un punto di vista di *Health Impact Assessment* assumere tale scenario come privo di rischio per popolazioni sottoposte a esposizioni di lunga durata a questo tipo di contaminazione ambientale.

Per quanto presentato, con i molti limiti della metodologia adottata e tenendo conto della parziale applicabilità di essa alla molteplicità di problematiche che interessano la relazione ambiente-salute, è auspicabile che si consideri che la finalità dell'applicazione di questa metodologia dovrebbe essere quella di porre le basi conoscitive per lo sviluppo di procedure concordate e conformi nell'ottica del *Risk assessment*. Una volta definita la validità di tali procedure ed il loro campo di applicabilità, esse potrebbero servire ad orientare le scelte di priorità di intervento sulla base di quantificazioni scientifiche oggettive derivanti dallo stato delle conoscenze disponibili.

Bibliografia

Ballester F, Medina S, Boldo E, Goodman P, Neuberger M, Iñiguez C, Künzli N; Apeis network. Reducing ambient levels of fine particulates could substantially improve health: a mortality impact assessment for 26 European cities. *Journal of Epidemiology and Community Health*. 2008;62(2):98-105.

Berti G, Galassi C, Faustini A, Forastiere F. Air pollution and health: epidemiological surveillance and prevention. *Epidemiologia e Prevenzione* 2009;33(6) Suppl 1:1-144. [in Italian]

Künzli N, Kaiser R, Medina S, et al., Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *The Lancet* 2000;356:795-801.

Martuzzi M, Galassi C, Ostro B, Forastiere F, Bertollini R. Health Impact Assessment of Air Pollution in the Eight Major Italian Cities. World Health Organization, 2002.

Martuzzi M, Mitis F, Iavarone I, Serinelli M. Health Impact of PM10 and Ozone in 13 Italian Cities. World Health Organization, 2006. [in Italian]

Unione Europea. *Direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo*. Gazzetta Ufficiale n. L 163/41, 29 giugno 1999, recepita con DM 60/2002.

Unione Europea. *Direttiva 2008/50/CE del Parlamento Europeo e del Consiglio del 21 maggio 2008 relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa*. Gazzetta Ufficiale n. L 152/1, 11 giugno 2008.

World Health Organization. Air quality guidelines. Global update 2005. Copenhagen, Denmark: World Health Organization; 2006.