

## Discussione

### Discussion

Il presente capitolo riassume i principali risultati della metanalisi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico in Italia alla luce delle evidenze scientifiche disponibili in letteratura. Vengono inoltre discusse le implicazioni dei risultati per le priorità di ricerca.

#### MISA 1990-1999. Risultati della metanalisi italiana sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana

■ Si è osservata una relazione statisticamente significativa tra concentrazione degli inquinanti atmosferici studiati ( $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{PM}_{10}$ ,  $\text{O}_3$ ) e mortalità giornaliera totale. Tale relazione riguarda anche la mortalità per cause cardiorespiratorie e la ricoverabilità per malattie cardiache (tranne per l'ozono) e respiratorie.

■ Le variazioni percentuali di decessi e di ricoveri ospedalieri in funzione degli incrementi di concentrazione di inquinanti, sono più elevate per le cause respiratorie rispetto alle cause cardiovascolari.

■ Le associazioni tra concentrazioni ambientali di inquinanti ed effetti sanitari in studio si manifestano con un ritardo variabile a seconda dell'esito considerato. Per la mortalità, le stime di rischio più elevate e più stabili sono quelle relative alle concentrazioni rilevate 1-2 giorni prima degli eventi (*lag* 1-2), piuttosto che nello stesso giorno o nel solo giorno precedente. Per i ricoveri, gli effetti maggiori vengono osservati in relazione alle concentrazioni medie dei tre giorni precedenti, a indicare che l'effetto è diluito in un arco temporale di qualche giorno.

■ Per ciascuno degli inquinanti, le variazioni percentuali di mortalità per tutte le cause sono tendenzialmente più elevate per le classi di età più anziane.

■ È stato documentato un effetto maggiore delle polveri sulla mortalità nel periodo estivo. Una corrispondente analisi non è stata condotta per gli altri inquinanti, né per i ricoveri ospedalieri, mentre l'ozono è stato valutato solo in questo periodo.

■ Nel complesso, le associazioni sono state di grado più elevato nel periodo 1995-99 che nel 1991-94, nonostante il livello assoluto di inquinamento nel secondo periodo sia stato inferiore a quello del primo.

■ In linea generale, l'entità dell'effetto ha un gradiente Nord-Sud.

■ Le variazioni percentuali della mortalità in funzione degli incrementi di concentrazione di  $\text{PM}_{10}$  sono più elevate nelle città con una mortalità per tutte le cause più alta e con un indice di deprivazione più elevato. Le corrispondenti variazioni dei ricoveri ospedalieri crescono all'aumentare della deprivazione e del rapporto  $\text{NO}_2/\text{PM}_{10}$ .

#### Quali sono i risultati principali dello studio?

L'interpretazione dei risultati del presente studio deve essere fatta alla luce dell'attendibilità e dei limiti dei metodi utilizzati, della appropriatezza della metodologia impiegata tenuto conto del disegno adottato e del controllo condotto sui fattori di confondimento. Le analisi sono state condotte separatamente per i cinque inquinanti considerati, date le difficoltà poste dalla loro collinearità. Si tratta di uno studio su dati aggregati, che

non lascia dubbi sull'inquinamento atmosferico come sorgente di malattia, ma non consente di identificare più precisamente i singoli agenti nocivi e il meccanismo di azione del loro effetto tossico. Per una discussione degli aspetti metodologici e statistici seguiti si rimanda a <sup>1</sup>.

Ciononostante sono lecite alcune conclusioni. Considerando le città nel loro complesso, appare chiaro che all'aumentare delle concentrazioni aumenta la frequenza di tutti gli esiti considerati, mortalità e ricoveri, in misura non riconducibile a fluttuazioni casuali, con la sola eccezione del rapporto tra ozono e mortalità per cause respiratorie e/o ricoveri per cause cardiache.

Escludendo l'ozono, che considereremo in dettaglio successivamente, per un incremento delle concentrazioni degli inquinanti di  $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$  ( $1 \text{ mg}/\text{m}^3$  per il  $\text{CO}$ ) tutti gli esiti in studio presentano aumenti percentuali tra l'1 e il 5%. Tale effetto è maggiore per le cause respiratorie, raggiungendo per esempio 4.7% per mortalità e  $\text{SO}_2$  e 4.2% per ricoveri e  $\text{CO}$ .

Gli effetti degli inquinanti si manifestano con un ritardo (*lag*) differenziato a seconda dell'esito. Per la mortalità l'effetto ha luogo rapidamente. Per i ricoveri l'effetto si osserva precocemente ma non svanisce, anzi tende ad aumentare nei pochi giorni successivi. Per i ricoveri respiratori l'effetto è massimo nei 2-3 giorni successivi all'incremento dell'inquinante. Le analisi descritte nei capitoli precedenti hanno misurato gli effetti per incrementi unitari di inquinante. Diversamente possiamo misurare gli effetti per incrementi pari allo scarto interquartile delle concentrazioni degli inquinanti (tabella 1). In tal modo la forza dell'associazione (cioè la pendenza della relazione dose-risposta) viene misurata tenendo conto della variabilità della distribuzione delle concentrazioni giornaliere stesse: inquinanti che raggiungono punte di concentrazione più elevate di altri daranno luogo a coefficienti maggiori, anche a parità di coefficienti per incremento unitario. Gli effetti per incrementi interquartili, pertanto, sono da intendersi come incrementi relativi invece che assoluti. La tabella indica che  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{CO}$  e  $\text{PM}_{10}$  mostrano, per variazioni confrontabili nella concentrazione, effetti molto simili fra loro, particolarmente elevati per la mortalità per cause respiratorie. Per i ricoveri,  $\text{NO}_2$  e  $\text{CO}$  mostrano gli effetti più pronunciati.

L'ozono, nel periodo estivo, nel presente studio è risultato associato in modo positivo con la mortalità totale e per cause cardiovascolari e con i ricoveri ospedalieri per cause respiratorie. Sui problemi metodologici nello studio degli effetti dell'ozono si rimanda al capitolo 5. La letteratura sugli effetti a breve termine dell'ozono – che include due recenti rassegne<sup>2,3</sup> – è molto eterogenea in termini di disegno dello studio, di misurazione dell'esposizione e dell'esito di volta in volta considerato. Ciononostante, è emersa una coerenza di risultati, anche con quelli qui presentati, in quanto la maggior parte degli studi ha identificato un'associazione con la mortalità per tutte le cause e con i ricoveri per malattie respiratorie. La coerenza delle osservazioni è meno convincente per l'associazione con la mortalità per malattie cardiovascolari e ancora minore per l'associazione con la mortalità per malattie respiratorie e con i ricoveri per malattie cardiache. Gli studi più recenti<sup>4,5</sup> documentano un effetto più evidente nella stagione calda. La difficoltà di mettere in evidenza un ef-

	Anni		Tutte le cause	Mortalità Cause cardiovasc.	Cause respiratorie	Ricoveri		
						Cause cardiache	Cause respiratorie	
$\text{SO}_2$	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.4 (1.5, 3.3)	2.7 (1.2, 4.1)	5.1 (1.7, 8.7)	2.7 (1.9, 3.5)	2.2 (1.3, 3.1)
			Effetti casuali	2.4 (1.5, 3.3)	2.8 (1.2, 4.3)	5.1 (1.7, 8.7)	3.0 (1.1, 4.9)	2.4 (1.1, 3.6)
$\text{NO}_2$	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.9 (2.1, 3.8)	3.8 (2.5, 5.1)	5.2 (2.0, 8.5)	4.4 (3.7, 5.1)	4.5 (3.7, 5.3)
			Effetti casuali	2.9 (2.1, 3.8)	3.8 (2.5, 5.1)	5.1 (1.5, 8.9)	4.0 (2.4, 5.6)	4.5 (3.7, 5.3)
$\text{CO}$	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.7 (2.0, 3.4)	3.5 (2.3, 4.6)	6.5 (3.6, 9.4)	4.4 (3.8, 5.0)	4.0 (3.3, 4.6)
			Effetti casuali	2.7 (1.9, 3.5)	3.5 (2.3, 4.6)	6.6 (3.0, 10.4)	4.0 (2.2, 5.9)	4.6 (3.4, 5.8)
$\text{PM}_{10}$	(lag 0-1)	95-99	Effetti fissi	2.6 (1.9, 3.3)	2.8 (1.7, 3.9)	5.6 (2.8, 8.5)	1.7 (1.1, 2.4)	2.9 (2.2, 3.6)
			Effetti casuali	3.0 (1.5, 4.6)	3.3 (1.4, 5.2)	5.1 (-1.8, 12.4)	1.8 (1.0, 2.6)	3.4 (2.1, 4.8)

Tabella 1. MISA 1995-1999. Stime globali a effetti fissi e a effetti casuali e intervalli di confidenza relativi all'effetto dell'inquinante sulla mortalità per tutte le cause naturali, per cause cardiovascolari e respiratorie e sui ricoveri per cause cardiache e respiratorie. I valori sono espressi in termini di variazioni percentuali associate a un incremento dell'inquinante pari allo scarto interquartile medio osservato ( $\text{SO}_2$ : 10.8,  $\text{NO}_2$ : 25.0,  $\text{CO}$ : 1.9,  $\text{PM}_{10}$ : 23.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  a eccezione del  $\text{CO}$   $\text{mg}/\text{m}^3$ ). In corsivo quando il test di eterogeneità è risultato significativo al 5%.

Table 1. MISA 1995-1999. Overall effect estimates by fixed and random effects models (and confidence intervals) of each pollutant on mortality for all causes, cardiovascular diseases and respiratory diseases and on hospital admissions for cardiac diseases and respiratory diseases. The effects are expressed as percent increase in risk by an increase in pollutant concentration corresponding to the average interquartile ranges ( $\text{SO}_2$ : 10.8,  $\text{NO}_2$ : 25.0,  $\text{CO}$ : 1.9,  $\text{PM}_{10}$ : 23.5  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  but for  $\text{CO}$   $\text{mg}/\text{cm}^3$ ). In italics when the test of heterogeneity among cities was statistically significant at 5%.

fetto dell'ozono nei mesi invernali potrebbe essere dovuto alla elevata correlazione inversa tra ozono e polveri fini in tale periodo dell'anno.<sup>6</sup> Poco controverso appare in letteratura un effetto dell'ozono su particolari gruppi di popolazione, come i bambini, anche in studi italiani.<sup>7</sup>

La relazione tra  $\text{PM}_{10}$  e mortalità è risultata più forte tra gli anziani, in particolare tra i soggetti con più di 75 anni, tra i quali la prevalenza di patologie croniche cardiache e respiratorie è più alta. Ciò è in linea con l'ipotesi<sup>8</sup> che vi siano gruppi di popolazione più suscettibili.

In generale, gli effetti delle polveri sono più contenuti nei mesi invernali, mentre gli incrementi stimati durante l'estate sono assai pronunciati. L'osservazione è emersa già in studi precedenti<sup>5,9</sup> anche italiani.<sup>10</sup> Essa potrebbe essere dovuta a uno o più dei seguenti motivi:

1. Durante il periodo estivo, le concentrazioni atmosferiche di inquinanti rappresentano in modo più attendibile il livello di esposizione della popolazione perché, a causa del clima, le persone passano più tempo all'aperto, il ricambio d'aria nelle abitazioni è molto più elevato che d'inverno e l'esposizione agli inquinanti atmosferici è dunque maggiore.
2. La miscela di inquinanti, di cui le polveri sono il tracciante, è particolarmente nociva nel periodo estivo. Si può ipotizzare una diversa composizione e dimensione delle particelle e una diversa combinazione tra particelle e gas, specie di natura ossidante come  $\text{O}_3$  e  $\text{NO}_2$ .
3. Esiste un'interazione, a livello di popolazione, tra l'effetto degli inquinanti ambientali e quello dell'aumento della temperatura.<sup>11</sup>
4. Durante il periodo estivo, aumenta la suscettibilità individuale agli effetti dell'inquinamento atmosferico (e la prevalenza di suscettibili nella popolazione): per esempio, nei mesi estivi aumenta l'effetto delle polveri sul sistema di regolazione della viscosità plasmatica.<sup>12</sup>
5. Vi è una selettiva migrazione della popolazione dalle città durante il periodo estivo, con una maggiore permanenza degli anziani in condizioni di salute più compromesse.

Per ciascuna associazione inquinante ed esito, la stima di effetti comuni per le città è tanto più attendibile quanto minore è l'eterogeneità tra città. I test statistici per l'eterogeneità non hanno fornito evidenza di eterogeneità fra le stime città-specifiche di numerosi effetti sulla mortalità, ec-

cetto per quelli del  $\text{PM}_{10}$ . Invece, per i ricoveri, le stime appaiono quasi tutte eterogenee. È possibile che i dati sui ricoveri siano più soggetti di quelli di mortalità a differenze di qualità e completezza da città a città. In ogni caso, molte combinazioni città-specifiche tra inquinanti ed esiti suggeriscono effetti maggiori per le città del Centro-Sud rispetto a quelle del Nord, a volte secondo un marcato gradiente Nord-Sud. Un buon esempio è il rapporto  $\text{PM}_{10}$ -mortalità totale (si veda il capitolo 4, tabella 3). Dato che i rischi stimati per le città del Nord sono più in linea con quelli stimati in altre città nordeuropee, si può formulare l'ipotesi che fattori di tipo climatico e/o sociale o demografico, rendano gli effetti dell'inquinamento più marcati nelle città del Centro-Sud.

Per quanto riguarda il  $\text{PM}_{10}$ , i maggiori modificatori di effetto sulla mortalità sono il tasso di mortalità e, in minor misura, l'indice di deprivazione. Questo suggerisce una maggiore vulnerabilità delle popolazioni più esposte ad altri fattori di rischio, per esempio il fumo di sigaretta. L'indice di deprivazione modifica anche l'effetto del  $\text{PM}_{10}$  sui ricoveri per malattie respiratorie, mentre l'effetto sui ricoveri per malattie cardiache è modificato in modo significativo soltanto dal rapporto  $\text{NO}_2/\text{PM}_{10}$ . È possibile che l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico sia maggiore nelle città in cui il traffico veicolare, specialmente da veicoli diesel, rappresenta la sorgente più importante delle concentrazioni complessive di particolato (come riflesso dal rapporto  $\text{NO}_2/\text{PM}_{10}$ ).

#### Come paragonare i risultati della metanalisi italiana con quelli di studi analoghi condotti altrove?

La metanalisi italiana MISA si aggiunge, come detto nei paragrafi iniziali, ai pochi studi europei e nordamericani programmati in modo tale da includere nelle analisi finali tutte le città individuate a priori, e quindi eliminare forme di *publication bias*.

Fino al 1996, i principali studi a cui si faceva riferimento erano il *Six cities study*<sup>13</sup> lo studio sulla coorte dell'American Cancer Society<sup>14</sup> e APHEA 1.<sup>15</sup> Quest'ultimo ha prodotto risultati importanti per la comprensione del ruolo dell'inquinamento ambientale nel continente europeo. Tutti gli inquinanti considerati, non solo le polveri, erano associati a un au-

mento della mortalità; le polveri e l'ozono erano associati ai ricoveri per malattie respiratorie; la stima degli effetti era molto eterogenea nelle città analizzate (le differenze più forti erano tra Est e Ovest europeo, con stime di rischio più basse all'Est). Nello studio APHEA 1, inoltre, le metodologie di raccolta e trattamento dei dati, pur frutto di un protocollo standardizzato, lasciavano molta libertà ai singoli centri partecipanti nella fase di analisi. Inoltre, il protocollo statistico non considerava le tecniche più moderne (*Generalized Additive Models*) per il controllo del confondimento da stagione.

Questi aspetti metodologici sono stati invece considerati nei due nuovi progetti internazionali, completati di recente, NMMAPS negli USA<sup>16</sup> e APHEA 2 in Europa.<sup>9</sup> In particolare si ricorda che i due progetti avevano l'obiettivo di quantificare gli effetti acuti degli inquinanti ambientali, di valutare la forma della relazione dose-risposta, di studiare i fattori che regolano la variabilità nelle stime di rischio, di affrontare le problematiche relative al cosiddetto *harvesting*.

Nell'ambito delle iniziative multicentriche, devono essere anche menzionati gli studi di metanalisi nazionali svolti in Canada,<sup>17</sup> Corea,<sup>18</sup> Francia,<sup>19</sup> Olanda<sup>5</sup> e Spagna.<sup>20</sup>

Nonostante gli inevitabili problemi di confronto tra studi condotti da gruppi diversi in paesi diversi, è da rilevare che, nello studio americano,<sup>16,21</sup> gli effetti stimati per venti città sono complessivamente più piccoli di quelli osservati nello studio MISA in Italia, soprattutto per la mortalità. L'aumento di mortalità per tutte le cause associate a un incremento di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub>, per esempio, è dell'ordine di 0.5, e poco diverso per i lag 0, 1 e 2 giorni (contro rispettivamente, 0.9, 1.1, 0.8 nel presente studio). Gli effetti sono più pronunciati per le morti da cause cardiorespiratorie, ma comunque non superano l'unità percentuale di incremento. Anche gli altri inquinanti hanno dato luogo a stime per la mortalità nel complesso inferiori a quelle italiane. Gli effetti per i ricoveri ospedalieri, riportati soltanto per il PM<sub>10</sub>, sono invece sovrapponibili a quelli italiani, con incrementi percentuali per ogni 10 µg/m<sup>3</sup> intorno a 1 per le morti da cause cardiovascolari e a 2 per le morti da cause respiratorie. Così come in MISA, anche nell'analisi americana gli effetti sui ricoveri sono più pronunciati, a differenza della mortalità, quando si considerano fino a tre giorni di lag.

Gli effetti del PM<sub>10</sub> osservati nelle otto città italiane della presente metanalisi sono tendenzialmente superiori a quelli delle città dello studio europeo APHEA 2. Il paragone formale con i risultati è senza dubbio di interesse. Sulla mortalità totale,<sup>9</sup> infatti, utilizzando la media fra lag 0 e lag 1, gli aumenti percentuali in APHEA 2, sia da modello a effetti fissi sia casuali, sono intorno allo 0.6, e l'inclusione di altri inquinanti nel modello non altera sostanzialmente i dati (l'effetto più vistoso è una diminuzione a 0.3-0.4 quando si aggiusta per NO<sub>2</sub>). Per le città italiane analizzate in MISA, gli effetti sono di gran lunga superiori all'unità (1.3, non aggiustati per NO<sub>2</sub>). Anche per i ricoveri per cause cardiache e respiratorie gli effetti osservati in Italia da MISA sono maggiori di quelli stimati da APHEA 2 (dati non ancora pubblicati).

Nel valutare questi risultati tuttavia si deve tener conto che le analisi sono state effettuate su tutta la distribuzione dei valori degli inquinanti, mentre lo studio americano tronca la distribuzione a 150 µg/m<sup>3</sup> e APHEA a 100 µg/m<sup>3</sup>, anche se nei nostri dati il 95° percentile è generalmente inferiore a 150 µg/m<sup>3</sup>.

### Quali le novità e quali i limiti della metanalisi italiana?

Lo studio MISA ha cercato di condurre un'analisi statistica pianificata che affrontasse in modo organico i numerosi aspetti metodologici connessi all'uso di serie temporali giornaliere. Ciò è stato fatto cercando di coniugare, in uno sforzo collaborativo, l'esperienza maturata con gli studi delle serie temporali già condotti a Roma,<sup>7,10,22</sup> a Milano<sup>23</sup> e a Torino<sup>24</sup> nell'ambito di APHEA, con il progetto patrocinato dal Ministero per l'università e per la ricerca scientifica e tecnologica, la cui ultima versione porta il titolo «Statistica nella valutazione del rischio ambientale».<sup>25-27</sup> In sintesi richiamiamo i tratti salienti dello studio MISA:

- sono state incluse nello studio, con l'eccezione di Napoli, tutte le grandi città italiane con un ammontare totale della popolazione studiata pari a 7.004.884 di abitanti al censimento 1991.

- Sono state incluse città per le quali erano disponibili dati di monitoraggio ambientale, di mortalità giornaliera e dei ricoveri ospedalieri. Tutte le città inizialmente considerate hanno partecipato fino alla fase finale.

- Particolare cura è stata dedicata a costruire un protocollo condiviso per la selezione dei ricoveri non programmati da includere nello studio. Analogamente, vi erano esperienze precedenti<sup>28</sup> che hanno reso possibile la revisione dei criteri di scelta delle centraline di monitoraggio, l'esame dell'attendibilità dei dati, la definizione di indici sufficientemente comparabili per la valutazione delle concentrazioni degli inquinanti.

- Sono state definite e rese operative procedure uniformi per il controllo del confondimento da stagione, da variabili meteorologiche, da età e da epidemie di malattie infettive. È stata condotta una analisi esplorativa secondo un protocollo comune. Il disegno delle analisi ha previsto la considerazione di più intervalli di tempo a partire dalla stima dell'esposizione.

- Le stime dell'effetto complessivo degli inquinanti, sono state calcolate secondo modelli a effetti fissi e a effetti casuali. Inoltre, è stata condotta una analisi di sensibilità attraverso l'applicazione di metodi bayesiani.

- È stata effettuata una metaregressione bayesiana al fine di valutare l'entità e le fonti della variabilità degli effetti tra città.

Accanto agli elementi di novità appena illustrati, occorre sottolineare anche gli aspetti che possono presentare elementi di criticità.

- Mentre i dati sulla mortalità (specie quella totale, ma anche quella per causa) hanno una lunga tradizione di uso epidemiologico, maggiore cautela deve essere posta per i dati sui ricoveri ospedalieri per almeno tre motivi:

1. l'intero sistema informativo sui ricoveri ospedalieri in Italia ha subito una radicale trasformazione a partire dal 1995 per effetto delle nuove modalità di remunerazione. Come conseguenza, esso ha aumentato la propria affidabilità a partire da quell'anno.

2. Pur avendo prestato estrema attenzione a eliminare dalla analisi i ricoveri ospedalieri programmati, non si può escludere l'eventualità che una quota dei ricoveri considerati sia stata misclassificata.

3. Il numero di ricoveri ospedalieri in un determinato giorno è anche funzione della disponibilità (e dell'offerta di ricovero) delle strutture sanitarie. In situazioni epidemiche, per esempio, il numero di ricoveri giornalieri può raggiungere un *plateau* semplicemente per esaurimento dei posti letto, ovvero nei periodi estivi l'offerta può diminuire dra-

sticamente per ragioni strutturali. Dato che l'analisi si basa sulle variazioni di breve periodo all'interno di una stessa città, è verosimile che questi fattori non producano grosse distorsioni. Semmai possono essere responsabili di una sottostima dell'effetto. Gli stessi fattori, tuttavia, rendono di difficile interpretazione l'eterogeneità tra i due periodi di calendario considerati e tra città.

- La qualità dei dati sugli inquinanti dipende dai criteri e dalle modalità di monitoraggio. Si sono incontrati dei limiti nello sforzo di cercare di rendere omogenei e confrontabili i dati provenienti da sistemi di osservazione diversi (si veda il capitolo 3). Anche in questo caso, l'analisi città specifica non dovrebbe essere influenzata (se non con una distorsione verso il valore nullo) da una qualità ridotta dei dati ambientali, ma il confronto dei risultati tra città dipende dalla qualità dei dati nelle singole aree che partecipano allo studio.

- Uno specifico limite qualitativo deriva dal fatto che non erano disponibili dati sulle concentrazioni di polveri fini (PM<sub>2.5</sub>). In assenza di questa informazione è difficile attribuire a ciascun inquinante (SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO) un ruolo specifico, in quanto ciascuno di essi può rappresentare un surrogato delle polveri fini.

- I risultati della metaregressione devono essere interpretati con cautela per almeno tre motivi: 1. si tratta di un'analisi comunque esplorativa che si basa su dati aggregati; 2. le città indagate sono poche con una limitata variabilità delle variabili esplicative (del resto, relativamente correlate tra di loro); 3. mancano informazioni sulle eventuali diversità di composizione delle polveri.

In definitiva, i risultati della metanalisi italiana forniscono per la prima volta un quadro ampio dell'effetto a breve termine dell'inquinamento urbano nel nostro paese, ma ulteriori aspetti epidemiologici e statistici<sup>29,33</sup> devono comunque essere affrontati con ricerche future per fornire indicazioni ancora più accurate sugli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico e sui meccanismi di azione.

### Quali indicazioni per la ricerca scientifica sugli effetti a breve termine dell'inquinamento?

Raccomandazioni di priorità sono state presentate in diverse sedi: tra le più esaurienti, meglio discusse e documentate, vi sono quelle del National Research Council degli Stati Uniti.<sup>34</sup> Il gruppo italiano che ha svolto il presente lavoro ritiene che esse siano ampiamente applicabili alla realtà italiana.

- Si otterrà un contributo sostanziale di conoscenze sugli effetti acuti degli inquinanti allorché saranno disponibili nella realtà italiana misure accurate della concentrazione ambientale delle polveri, in particolare del PM<sub>10</sub> e del PM<sub>2.5</sub>. È insoddisfacente, in Italia come altrove, la caratterizzazione delle polveri in termini di dimensione e natura chimica (frazione acida, metalli). Si invitano gli organismi nazionali e regionali, responsabili del monitoraggio dell'inquinamento atmosferico, a porre in opera un drastico adeguamento dei metodi di rilevazione e a provvedere a una standardizzazione degli stessi sul territorio nazionale.

- Il miglioramento della qualità dei dati sulle polveri è premessa indispensabile per affrontare esaurientemente il tema degli effetti dei gas. È prematuro tentare di valutare effetto di SO<sub>2</sub>, CO e NO<sub>2</sub> in assenza di misure di polveri fini.

I coefficienti di rischio associato alle polveri, più alti in Italia rispetto al

quadro europeo, richiedono inoltre un approfondimento sistematico. L'evidenza di un effetto maggiore delle polveri nel semestre «caldo», insieme a un effetto della temperatura sulla mortalità,<sup>35-37</sup> suggerisce una analisi dell'interazione tra inquinanti e variabili meteorologiche (temperatura, pressione barometrica, indicatori di stagnazione atmosferica). Questo in quanto nei paesi mediterranei si riscontrano effetti più elevati degli inquinanti rispetto ad altri paesi europei.<sup>9,11</sup> Vi sono anche indicazioni su un possibile effetto della contaminazione atmosferica da polveri sulla mortalità,<sup>38</sup> un tema che in Italia non è stato mai esplorato.

La forma della relazione tra concentrazione degli inquinanti ed effetti sanitari, e la eventuale presenza di soglia, è molto importante. Nel presente lavoro è stata assunta una relazione lineare: in futuro una maggiore accuratezza e precisione delle misure di esposizione potranno consentire di esplorare con maggiore dettaglio l'andamento della relazione. Per i ricoveri ospedalieri, l'analisi presentata si è indirizzata a categorie di patologie relativamente grossolane. Risultati più dettagliati potranno essere ottenuti da studi per sottocategorie di cause già considerate (malattie ischemiche del cuore, ictus, asma bronchiale, polmonite, bronchite cronica), o per altre malattie per le quali sia stato suggerito un effetto di peggioramento acuto (diabete, tumori polmonari).<sup>39</sup>

Vi sono due questioni, infine, a cui gli studi sulle serie temporali possono dare una risposta solo parziale: quali sono le popolazioni suscettibili all'effetto dell'inquinamento? Qual è la relazione tra effetti a breve termine ed effetti a lungo termine? L'avvio di programmi di ricerca su questi temi è prioritario e la ricerca internazionale (compresa quella europea) deve muoversi su questi aspetti ai fini di una migliore valutazione di impatto per la salute pubblica.<sup>40</sup>

### Bibliografia

1. Cox LH. Statistical issues in the study of air pollution involving airborne particulate matter. *Environmetrics* 2000; 11: 611-26.
2. Schwela D. Air pollution and health in urban areas. *Rev Environ Health* 2000; 15: 13-42.
3. Roth HD, Hwang PM, Yuanzhang Li. Assessment of recent ozone short-term epidemiologic studies. *Inhal Toxicol* 2001; 13: 1-24.
4. Samet JM, Dominici F, Currier FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994. *N Eng J Med* 2000; 343: 1742-49.
5. Hoek G, Brunekreef B, Verhoef A, van Wijnen J, Fischer P. Daily mortality and air pollution in the Netherlands. *J Air & Waste Manage Assoc* 2000; 50: 1380-89.
6. Sarnat JA, Schwartz J, Suh HH. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities. *New Engl J Med* 2001; 344: 1253.
7. Fusco D, Forastiere F, Michelozzi P, Spadea T, Ostro B, Arcà M, Perucci CA. Gaseous air pollutants and hospital admissions for respiratory conditions in Rome, Italy. In stampa. *European Respiratory Journal* 2001.
8. Schwartz J. What are people dying of on high air pollution days? *Environ Res* 1994; 64: 26-35.
9. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, Gryparis A, Le Tertre A, Monopoli Y, Rosi G, Zmirou D, Ballester F, Boumghar A, Anderson HR, Wojtyniak B, Paldy A, Braunstein R, Pekkanen J, Schindler C, Schwartz J. Confounding and effect modification in the short-term effects of ambient particles on total mortality: results from 29 European cities within the APHEA2 project. *Epidemiology* 2001 (in press).
10. Michelozzi P, Forastiere F, Fusco D, Perucci CA, Ostro B, Ancona C, Pallotti G. Air pollution and daily mortality in Rome, Italy. *Occup Environ Med* 1998; 55 (9): 605-10.
11. Katsouyanni K, Pantazopoulou A, Touloumi G, Tselepidaki I, Moustrikis K, Asimakopoulou D, Pouloupoulou G, Trichopoulos D. Evidence for interaction between Air Pollution and High Temperature in the Causation of Excess Mortality. *Archives of Environmental Health* 1993; 48 (4): 235-42.
12. Pekkanen J, Brunner EJ, Anderson HR, Tiittanen P, Atkinson RW. Daily con-

- centrations of air pollution and plasma fibrinogen in London *Occup Environ Med* 2000; 57: 818-22.
13. Dockery DW, Pope CA III, Xu X, Spengler JD, Ware JH, Fay ME, Ferris BG, Speizer FE. An association between air pollution and mortality in six US cities. *New Engl J Med* 1993; 329: 1753-59.
  14. Pope CA, Thun MJ, Namboodiri MM, Dockery DW, Evans JS, Speizer FE, Heath CW Jr. Particulate air pollution as predictor of mortality in a prospective study of US adults. *Am J Resp Crit Care Med* 1995; 151: 669-74.
  15. APHEA Project. Short term effects of air pollution on health: a European approach using epidemiologic time series data: the APHEA protocol. *J Epidemiol Community Health* 1996; 50 Suppl 1: S1-80.
  16. Samet J, Zeger SL, Dominici F, Curriero F, Coursac I, Dockery DW, Schwartz J, Zanobetti A. *The National Morbidity, Mortality and Air Pollution Study. Part II: Morbidity, Mortality and Air Pollution in the United States*. Research Report HEI, 2000, 94: 1-84.
  17. Burnett RT, Cakmak S, Brook JR. The effect of the urban ambient air pollution mix on daily mortality rates in 11 Canadian cities. *Can J Public Health* 1998; 89 (3): 152-56.
  18. Lee JT, Kim H, Hong YC, Kwon HJ, Schwartz J, Christiani DC. Air pollution and daily mortality in seven major cities of Korea, 1991-1997. *Environ Res* 2000; 84 (3): 247-54.
  19. Zeghnoun A, Eilstein D, Saviuc P, Filleul L, Le Goaster C, Cassadou S, Boumghar A, Pascal L, Medina S, Prouvost H, Le Tertre A, Declercq C, Quenel P. Monitoring of short-term effects of urban air pollution on mortality. Results of a pilot study in 9 French cities. *Rev Epidemiol Sante Publique* 2001; 49 (1): 3-12.
  20. Ballester Diez F, Saez Zafra M, Perez-Hoyos S, Daponte Codina A, Bellido Blasco JB, Canada Martinez A, Abad Diez JM, Perez Boillos MJ, Alonso Fustel ME, Taracido Trunk M, Aguinaga Ontoso I, Guillen Perez JJ, Ordonez Iriarte JM, Saurina Canals C, Tenias Burillo JM. The EMECAM project: a discussion of the results in the participating cities. Estudio Multicentrico Espanol sobre la Relacion entre la Contaminacion Atmosferica y la Mortalidad. *Rev Esp Salud Publica* 1999; 73 (2): 303-14.
  21. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, Coursac I, Zeger SL. Fine particulate air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000; 343: 1742-49.
  22. Fusco D, Michelozzi P, Spadea T, Forastiere F, Ferro S, Arcà M, Ostro B, Perucci CA. Gaseous air pollutants and emergency hospital admissions for cardiovascular disease in Rome. *Epidemiology* 1998; 4 (216): S76.
  23. Rossi G, Vigotti MA, Zanobetti A, Repetto F, Gianelle V, Schwartz J. Air pollution and cause-specific mortality in Milan, Italy, 1980-1989. *Arch Environ Health* 1999; 54 (3): 158-64.
  24. Cadum E, Rossi G, Mirabelli D, Vigotti MA, Natale P, Albano L, Marchi G, Di Meo V, Cristofani R, Costa G. [Air pollution and daily mortality in Turin, 1991-1996]. *Epidemiol Prev* 1999; 23 (4): 268-76.
  25. Lovison GF. *Metodi statistici per l'analisi dell'ambiente e delle interazioni ambiente-salute*. MURST 1998. 9813200739.
  26. Lovison GF. *Statistica nella valutazione del rischio ambientale*. MURST 2000. MM13208412.
  27. Chiogna M, Bellini P. Air Pollution Measures for Assessing Health Effects. *Environmetrics* 2001 (in stampa)
  28. Cattani S, Galassi C, Gruppo ITARIA. Inquinamento atmosferico in Italia. *Ann Ist Super Sanità* 2000; 36 (3): 275-83.
  29. Zeger SL, Dominici F, Samet J. Harvesting resistant estimates of air pollution effects on mortality. *Epidemiology* 1999; 10: 171-75.
  30. Schwartz J. Harvesting and long-term exposure effects in the relationship between air pollution and mortality. *Am J Epidemiol* 2000; 151: 440-48.
  31. Schwartz J. Is there harvesting in the association of airborne particles with daily deaths and hospital admissions? *Epidemiology* 2001; 12: 55-61.
  32. Daniels MJ, Dominici F, Samet JM, Zeger SL. Estimating particulate matter-mortality dose-response curves and threshold levels: an analysis of daily time-series for the 20 largest US cities. *Am J Epidemiol* 2000; 152: 397-406.
  33. Schwartz J, Zanobetti A. Using meta-smoothing to estimate dose-response trends across multiple studies, with application to air pollution and daily death. *Epidemiology* 2000; 11: 666-72.
  34. National Academy of Science 1998. *Research priorities for Airborne Particulate Matter: I. Immediate Priorities and a Long-Range Research Portfolio*. Committee on Research priorities for Airborne Particulate Matter, National Research Council. National Academy press, Washington, DC.
  35. Kalkstein LS. Health and climate change. Direct impacts in cities. *Lancet* 1993; 342 (8884): 1397-9.
  36. Saez M, Sunyer J, Castellsague J, Murillo C, Anto JM. Relationship between Weather Temperature and Mortality: A Time Series Analysis Approach in Barcelona. *International Journal of Epidemiology* 1995; 24 (3): 576-82.
  37. Michelozzi P, Fano V, Forastiere F, Barca A, Kalkstein L, Perucci CA. Weather conditions and elderly mortality in Rome during summer. *Bulletin of the World Meteorological Organization* 2000; 49 (4): 348-55.
  38. Brunekreef B, Hoek G, Fischer P, Spijksma FT. Relation between airborne pollen concentrations and daily cardiovascular and respiratory-disease mortality. *Lancet* 2000; 355 (9222): 2254.
  39. Goldberg MS, Bailar JC III, Burnett RT, Brook JR, Tamblin R, Bonvalot Y, Ernst P, Flegel KM, Singh RK, Valois M-F. *Identifying subgroups of the general population that may be susceptible to short-term increases in particulate air pollution: a time-series study in Montreal, Quebec*. Health Effects Institute: Cambridge, MA, HEI Research Report n. 97, October 2000.
  40. Künzli N, Kaiser R, Medina S, Studnik M, Chanel, Filliger P, Herry M, Horak F, Jr Puybonnieux-Texier V, Quenel P, Scheneider J, Seethaler R, Vergnaud J-C, Sommer H. Public Health Impact of Outdoor and Traffic Related Air Pollution: A European Assessment. *Lancet* 2000, 356: 795-801.

## Conclusioni e prospettive future Conclusions and Priorities

Lo studio qui presentato è il primo tentativo di analisi organica degli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute effettuato in Italia. È un'analisi importante, anche perché risponde a un diffuso allarme nell'opinione pubblica, cui non sempre i *mass media* si rapportano in modo scientificamente solido.

La ricerca multicentrica italiana ha richiesto un articolato coordinamento fra vari gruppi di ricerca e tra competenze scientifiche diverse, in particolare di carattere medico-epidemiologico e statistico. La metanalisi italiana non imita semplicemente il percorso metodologico messo a punto in altri paesi, ma ha aspetti innovativi. Il principale è il disegno seguito: i singoli studi città-specifici che hanno successivamente alimentato la metanalisi sono stati progettati in modo armonizzato fin dall'inizio, come è corretto fare in uno studio di questo tipo. Non si eliminano ma certamente si riducono grandemente tutti i numerosi problemi (di comparabilità delle basi di dati, stabilità dei protocolli e omogeneità degli approcci metodologici) che spesso rendono controversi i risultati delle metanalisi. Di ciò testimoniano anche gli studi di robustezza che sono stati svolti.

Ogni metanalisi, oltre a fornire risposte globali a quesiti a livello aggregato, ha il ruolo di mettere in luce le questioni aperte, di proporre nuove e più pertinenti ipotesi di ricerca, di indicare obiettivi conoscitivi più specifici cui rispondere con metodi di indagine e di analisi più mirati. Dalla metanalisi proposta in questa monografia, inoltre, emergono risultati originali proprio perché non del tutto attesi e non immediatamente spiegabili.

Fra i primi, vanno ricordati i seguenti risultati salienti:

- a livello aggregato, si è osservata un'associazione statisticamente significativa fra ciascuno degli inquinanti studiati e ciascuno degli indicatori sanitari considerati. Fa eccezione l'ozono, che non è risultato associato con la mortalità per cause respiratorie e con i ricoveri per patologie cardiovascolari;
- le stime di rischio sono più elevate per gli esiti (mortalità, ricoveri) respiratori che per quelli cardiaci;
- l'effetto dell'inquinamento sulla salute è precoce, ma diluito in un arco temporale di qualche giorno (almeno fino a tre);
- gli effetti sono più pronunciati in estate che in inverno.

Importanti implicazioni in termini di politiche di sanità pubblica derivano da queste osservazioni, pur in presenza di una ancora limitata interpretazione causale a livello dei processi biologici sottostanti. Infatti, a fini di politiche di diminuzione del rischio, è importante l'individuazione di effetti e la loro attribuzione, con alta probabilità, a una ben individuata sorgente di inquinamento (anche quando non è quantificabile lo specifico ruolo di ciascuno dei suoi componenti).

La prima condizione è presente nei risultati della metanalisi italiana: gran parte degli effetti sono statisticamente significativi (addirittura più marcati rispetto ad altri paesi). La potenzialità dello studio di stimare il contributo di ciascuna delle sorgenti di inquinamento atmosferico – traffi-

co veicolare, riscaldamento domestico, emissioni industriali – è limitata. È stato fatto notare che il traffico crea dei costi che non sono coperti dagli inquinanti (e difficilmente potrebbero esserlo, diversamente da quanto avviene per le emissioni industriali) e che l'impatto in termini di salute pubblica dell'inquinamento da traffico è stato stimato in paesi europei simili al nostro.<sup>1</sup> Le caratteristiche delle città indagate nel nostro studio e della miscela di inquinanti esaminate suggeriscono un ruolo preminente del traffico veicolare. Le autorità di sorveglianza sanitaria nazionali e transnazionali hanno sollevato l'allarme sugli effetti avversi dell'impetuosa crescita del traffico veicolare nei paesi economicamente più sviluppati<sup>2</sup> e hanno emesso linee guida che possono essere così sintetizzate:

- nonostante l'impatto positivo sulle emissioni da traffico dovute a miglioramenti tecnologici (benzine senza piombo e marmite catalitiche), è necessario un approccio più globale, inteso a ridurre la miscela di inquinanti prodotti dai veicoli a motore piuttosto che singoli inquinanti. Considerare un singolo inquinante può essere fuorviante (il suo effetto può essere solo una *proxy* dell'effetto della miscela) o controproducente (la riduzione delle emissioni di CO<sub>2</sub> attraverso i cosiddetti «nuovi diesel» potrebbe comportare l'aumento di particelle ultrafini);
- nessun miglioramento tecnologico sarà sufficiente a compensare l'incrollato aumento del volume di traffico in Europa. Il controllo della crescita del traffico veicolare, in particolare nelle aree urbane, è ineludibile se si vogliono evitare ulteriori pericoli per la salute;
- non è possibile, al momento, individuare soglie sotto le quali si possa affermare con una certa sicurezza che non esistono effetti avversi: è quindi auspicabile che si affermi la tendenza a un abbassamento generalizzato delle soglie di attenzione e allarme indicate dagli standard nazionali e transnazionali sulla qualità dell'aria;
- la ricerca deve rivolgersi alla necessità di migliorare la specificità del monitoraggio di alcuni inquinanti (specie della composizione chimica e volumetrica delle polveri) e a quella di approfondire i nessi causali fra inquinamento atmosferico e salute.

In quest'ultimo ambito, diversi spunti, che necessitano di approfondimenti maggiori, emergono dalla presente ricerca.

In primo luogo, viene per la prima volta suggerito un gradiente Nord-Sud nell'intensità del rischio da inquinamento atmosferico, in particolare per il PM<sub>10</sub>. Esso è più evidente per la mortalità – generale e per malattie respiratorie e cardiovascolari – che per i ricoveri. Questa sorprendente differenza potrebbe riflettere una minore capacità di ricettività ospedaliera a Palermo, l'unica città del Sud coinvolta nello studio. Ne deriverebbe – in questa città – una sottostima degli effetti dell'inquinamento sulla ricoverabilità. Il più alto rischio per la salute da inquinamento atmosferico al Sud piuttosto che al Centro-Nord potrebbe essere reale, ma non potrebbe essere inferito dallo studio sui ricoveri.

Dall'altro lato, le due città che mostrano i massimi livelli di rischio connesso all'inquinamento da PM<sub>10</sub> sono Palermo per la mortalità, e Firen-

ze per la morbosità. Queste sono anche le due uniche città in cui il  $PM_{10}$  viene rilevato direttamente, e non mediante applicazione di fattori di conversione alle misure del particolato totale sospeso. Il gradiente Nord-Sud potrebbe essere conseguenza della più accurata misura dell'inquinante, e quindi spurio. Né si può escludere che a Firenze e Palermo vengano condizioni meteorologiche (temperatura, umidità, vento) che possono favorire il trasporto di questo inquinante. In ogni caso, il risultato qui presentato suggerisce la necessità di coinvolgere un numero maggiore di città di diverse dimensioni del Centro e Sud Italia, in future, auspicabili, ripetizioni ed estensioni dell'analisi italiana.

Un secondo risultato da approfondire riguarda il ruolo delle variabili meteorologiche. Nelle analisi città-specifiche si è tenuto conto della temperatura e dell'umidità come possibili variabili di confondimento, inserendole con la medesima struttura nel modello per tutte le città coinvolte nello studio. Il ruolo di queste variabili, tuttavia, potrebbe essere più complesso, e andare al di là degli effetti diretti, già noti in letteratura, sulla mortalità e la ricoverabilità. La temperatura, notoriamente, ha un effetto sulla salute non lineare, che potrebbe essere diverso in zone climaticamente diverse del paese. Inoltre, temperatura, umidità e ventosità potrebbero influenzare l'effetto di alcuni inquinanti sulla salute, sia dal punto di vista chimico-fisico (effetti sulla composizione chimica e volumetrica delle polveri) sia attraverso condizionamenti degli stili di vita (tendenza, nel Mezzogiorno d'Italia, a vivere all'aperto o a tenere aperte le finestre in misura maggiore che nel Centro-Nord). Queste influenze potrebbero essere catturate dall'introduzione nei modelli esplicativi di opportuni termini di interazione fra le variabili meteorologiche e le concentrazioni di inquinanti, con una modellazione, quindi, più flessibile di quella adottata in questa ricerca.

Infine, lo studio qui presentato ha rilevato alcune importanti differenze per esiti diversi (mortalità generale e per cause cardiovascolari e respiratorie, ricoveri per cause cardiache e respiratorie) e per particolari classi di età (segnatamente quelle anziane). In studi descrittivi, disaggregazioni all'interno della popolazione studiata aumentano la possibilità di una

lettura di tipo causale dei risultati. Nonostante lo sforzo nelle analisi fin qui svolte nelle città italiane, i raggruppamenti di patologie e di cause di morte impiegati sono ancora troppo aggregati per una interpretazione delle differenze trovate che faccia riferimento a precisi meccanismi biologici. Discorso analogo vale per le differenze trovate fra classi di età. Di ciò si dovrà tenere conto nello sviluppo auspicabile dello studio. La principale, e fondata, obiezione a questo sforzo di maggiore dettaglio è di tipo statistico: una maggiore disaggregazione porta a fare inferenza sui modelli di interesse sulla base di numerosità molto esigue, e dunque instabili. Questa obiezione si riferisce però all'uso di metodi asintotici per la giustificazione delle procedure inferenziali (stima del rischio e sua deviazione standard, intervalli di confidenza, test di significatività eccetera), e potrebbe essere superata facendo ricorso in futuro a metodi di inferenza condizionata esatta o approssimata, oggi resi possibili dai grandi sviluppi in ambito computazionale.

In conclusione, lo studio presentato in questa monografia è un importante passo in avanti nelle conoscenze epidemiologiche sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico sulla salute umana nel nostro paese e nella capacità della ricerca italiana di attivare una rete di basi di dati armonizzate e di utilizzare metodi statistici avanzati per l'analisi integrata di tali basi di dati. È un patrimonio prezioso, che andrà mantenuto e sviluppato in futuro, anche in vista di una auspicabile ripetizione dell'esperienza. Se allargata ad altre città italiane, essa può portare grandi vantaggi in termini di comprensione delle dinamiche temporali e di affinamento dei confronti fra realtà diverse del nostro paese e con i più avanzati risultati a livello internazionale.

#### Bibliografia

1. Kunzli N, Kaiser R, Medina S, Studnicka M, Chanel O, Filiger P, Herry M, Hyorak F Jr, Puybonnieux-Textier V, Quenel P, Schneider Seethaler R, Vergnaud JC, Sommer H Public-health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356: 795-801
2. Dora C, Phillips M. *Transport, environment and health*. WHO Regional Publications, European Series 2000, 89.

## APPENDICE



TORINO

Effetti a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Torino 1991-1998

Ennio Cadum,<sup>1</sup> Giovanna Berti,<sup>1</sup> Moreno Demaria,<sup>1</sup> Mauro Grossa<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Area di epidemiologia ambientale, ARPA Piemonte

<sup>2</sup> Dipartimento di Torino, Area qualità dell'aria, ARPA Piemonte

A Torino gli effetti a breve termine degli inquinanti urbani sono stati analizzati in due distinti periodi di tempo: 1991-1994 e 1995-1998. I dati di mortalità sono disponibili per entrambi, mentre i dati dei ricoveri solo per il secondo. Nel decennio considerato, la mortalità cardiovascolare a Torino è in lieve diminuzione, con effetti sulla mortalità generale, appena visibili nei dati descrittivi. Spicca un numero di ricoveri più basso dell'atteso per le cause cardiache, da imputare anche a differenti abitudini di codifica locali.

Le concentrazioni degli inquinanti appaiono in discesa, con l'eccezione dell'ozono (di cui va valutata solo la media estiva). L'effetto della temperatura sulla mortalità totale è presente sia a basse sia ad alte temperature, con un valore minimo a 19,5°C.

Tutti gli inquinanti considerati, con l'eccezione dell'ozono, mostrano un effetto sulla mortalità e morbosità. Le cause respiratorie sono quelle maggiormente interessate. Le stime dell'effetto sulla mortalità risentono della brevità dei periodi in studio, evidenziando discrete variazioni tra i due periodi per la mortalità respiratoria e cardiovascolare. Tra gli inquinanti spiccano per intensità degli effetti SO<sub>2</sub> e CO (tipico inquinante da traffico); i valori del PM<sub>10</sub> e dell'NO<sub>2</sub> si collocano invece intorno ai valori attesi in letteratura.

Short-term effect of air pollution on health: Turin 1991-1998

	MORTALITÀ			RICOVERI	
	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie
ICD.9	<800	390-459	460-519	390-429	460-519
<b>PERIODO 1991-1994</b>					
Media	21.3	9.5	1.2		
d. s.	5.1	3.4	1.2		
Minimo	6	1	0		
1° quartile	18	7	0		
Mediana	21	9	1		
3° quartile	25	12	2		
Massimo	40	24	7		
<b>PERIODO 1995-1998</b>					
Media	20.9	8.7	1.4	18.2	12.5
d. s.	5.4	3.3	1.3	5.2	5.5
Minimo	8	1	0	2	1
1° quartile	17	6	0	15	9
Mediana	21	8	1	18	12
3° quartile	24	11	2	21	15
Massimo	40	23	9	37	42

Tabella 1. Statistiche descrittive del numero giornaliero di morti e di ricoveri ospedalieri per causa, Torino 1991-1998.

Table 1. Summary statistics of cause-specific daily mortality and hospital admissions, Turin 1991-1998.

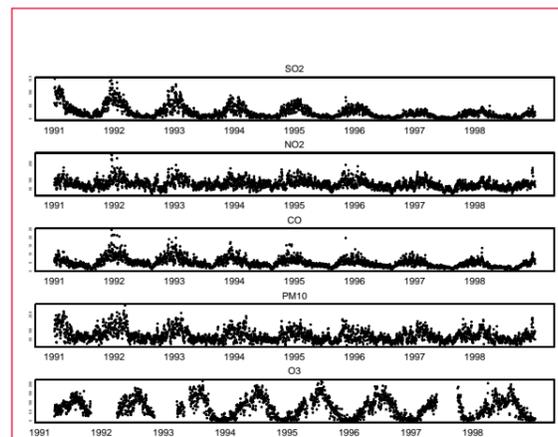


Figura 1. Serie storiche giornaliere della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>, Torino 1991-1998.

Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub>, Turin 1991-1998.

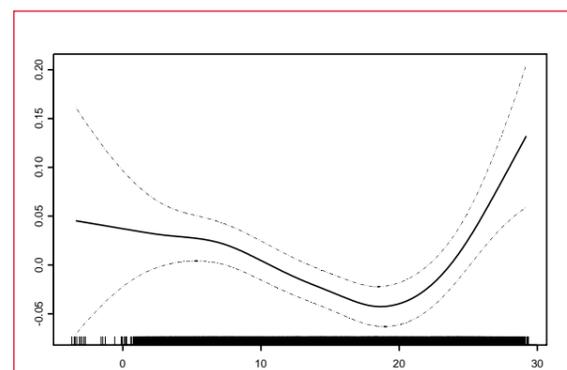


Figura 2. Relazione tra temperatura del giorno stesso e mortalità totale, Torino 1995-1998.

Figure 2. Relationship between current temperature and total mortality, Turin 1995-1998.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> estivo* µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
<b>PERIODO 1991-1994</b>								
Media	32.8	84.0	5.8	77.6	77.8	108.1	14.0	62.8
d. s.	26.5	28.3	3.10	40.7	49.57	40.7	7.6	19.7
Min.	1.4	18.3	0.9	11.8	1.0	8.8	-2.6	13
1° quart.	12.7	65.7	3.7	47.6	38.0	78.8	7.7	49
Mediana	23.6	79.3	5.1	67.5	76.4	110.5	13.3	62
3° quart.	46.0	98.2	7.2	99.1	115.1	138.1	20.5	78
95° perc.	91.0	134.3	11.5	160.2	164.4		26.3	96
Max.	151.2	256.9	24.7	257.2	219.4	219.4	29.1	100
#mancanti	3	16	3	1	434	49	0	0
<b>PERIODO 1995-1998</b>								
Media	17.8	74.9	4.0	63.8	66.0	111.7	14.3	61.1
d. s.	13.2	24.1	2.0	30.2	49.6	37.7	7.3	21.8
Min.	1.2	18.8	0.6	12.2	1.3	12.0	-3.4	9
1° quart.	8.0	58.5	2.6	41.1	18.8	86.8	8	47
Mediana	13.8	71.9	3.7	58.1	60.3	110.0	14.4	63
3° quart.	24.9	87.8	5.1	81.5	102.8	136.4	20.4	77
95° perc.	43.7	119.1	7.9	123.8	153.4		25.6	95
Max.	81.4	193.9	19.8	180.0	217.4	217.4	29.2	100
#mancanti	8	4	7	1	201	149	0	0

Tabella 2. Statistiche descrittive della concentrazione media giornaliera degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Torino 1991-1998.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Turin 1991-1998.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub> estivo*	TEMP
SO <sub>2</sub>	1						
NO <sub>2</sub>	0.65	1					-0.17
CO	0.75	0.68	1				0.17
PM <sub>10</sub>	0.75	0.76	0.63	1			-0.28
O <sub>3</sub>	-0.55	-0.16	-0.55	-0.26	1		0.21
O <sub>3</sub> estivo*						1	-
TEMP	-0.63	-0.35	-0.56	-0.41	0.86	0.75	1
HUM	0.09	-0.05	0.19	-0.03	-0.41	-0.44	-0.27

Tabella 3. Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Torino 1991-1998.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Turin 1991-1998.

	lag	MORTALITÀ			RICOVERI		
		Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	lag	Cardiache	Respiratorie
<b>PERIODO 1991-1994</b>							
SO <sub>2</sub>	1-2	1.8 (1.0, 2.5)	2.1 (0.9, 3.2)	3.3 (0.2, 6.4)			
NO <sub>2</sub>	1-2	1.2 (0.7, 1.6)	1.5 (0.8, 2.1)	2.3 (0.4, 4.2)			
CO	1-2	1.8 (1.3, 2.3)	2.4 (1.7, 3.2)	4.1 (2.0, 6.2)			
PM <sub>10</sub>	0-1	0.9 (0.5, 1.3)	0.9 (0.4, 1.5)	1.7 (0.1, 3.2)			
O <sub>3</sub> estivo*	0-1	0.2 (-0.6, 1.1)	1.1 (-0.2, 2.4)	0.4 (-3.4, 4.3)			
<b>PERIODO 1995-1998</b>							
SO <sub>2</sub>	1-2	1.8 (0.4, 3.2)	0.6 (-1.5, 2.8)	5.3 (0.2, 10.8)	0-3	1.0 (-0.6, 2.6)	2.7 (0.8, 4.6)
NO <sub>2</sub>	1-2	1.2 (0.6, 1.8)	1.3 (0.35, 2.2)	1.5 (-0.8, 3.8)	0-3	0.7 (-0.0, 1.4)	3.4 (2.6, 4.3)
CO	1-2	1.9 (1.0, 2.8)	2.1 (0.8, 3.5)	1.8 (-1.4, 5.5)	0-3	1.1 (0.0, 2.1)	4.8 (3.6, 6.0)
PM <sub>10</sub>	0-1	0.9 (0.4, 1.4)	0.7 (0.0, 1.5)	1.5 (-0.2, 3.3)	0-3	0.2 (-0.3, 0.8)	2.1 (1.5, 2.8)
O <sub>3</sub> estivo*	0-1	0.4 (-0.5, 1.3)	0.6 (-0.8, 2.0)	-1.9 (-5.5, 1.8)	0-3	-1.1 (-1.9, -0.2)	1.5 (0.4, 2.7)

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata ad un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Torino 1991-1998.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions associated to a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO) increase of air pollutant, Turin 1991-1998.

(\*) Valori relativi al periodo 1 maggio - 30 settembre  
(\*) Values for the period 1st May - 30th September

MILANO

**Effetti a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Milano 1990-1997**

**Short-term effect of air pollution on health: Milan 1990-1997**

Aldo Bellini,<sup>1</sup> Luigi Bisanti,<sup>1</sup> Carlo Zocchetti,<sup>2</sup> Michela Baccini,<sup>3</sup> Annibale Biggeri,<sup>3</sup> Corrado Lagazio<sup>4</sup>

<sup>1</sup> ASL Milano  
<sup>2</sup> Regione Lombardia  
<sup>3</sup> Dipartimento di statistica, Università di Firenze  
<sup>4</sup> Dipartimento di scienze statistiche, Università di Udine

Lo studio degli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sulla salute nella città di Milano è stato condotto separatamente per i periodi 1990-1994 e 1995-1997. Negli 8 anni considerati il numero medio giornaliero di morti è stato circa 29 di cui 2 per cause respiratorie e 11 per cause cardiovascolari. Il numero medio giornaliero di ricoveri per cause respiratorie è stato circa 16 nel periodo 1990-1994 e 22 nel periodo 1995-1997; il numero medio di ricoveri per cause cardiache è passato da 34 nel primo periodo a 45 nel secondo. L'aumento dei ricoveri osservato nell'ultimo periodo è legato alle modificazioni del sistema sanitario ospedaliero e all'introduzione dei raggruppamenti omogenei per diagnosi (ROD-DRG) a partire dal 1994. Durante il periodo in studio il livello di inquinamento è in generale diminuito, in particolare per quanto riguarda gli ossidi di zolfo (SO<sub>2</sub>) e di azoto (NO<sub>2</sub>). I risultati mostrano un caratteristico andamento a «V» della relazione tra mortalità e temperatura con valori di massimo benessere attorno a 21°C, e una spiccata stagionalità. È risultato un effetto nocivo a breve termine dell'inquinamento sia sulla mortalità che sulla morbosità. La stima dell'effetto di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub> e monossido di carbonio (CO) appare maggiore nel secondo periodo. Particolarmente evidente risulta il legame tra PM<sub>10</sub> e ricoveri negli anni più recenti.

ICD.9	MORTALITÀ			RICOVERI	
	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie
	<800	390-459	460-519	390-429	460-519
<b>PERIODO 1990-1994</b>					
Media	28.6	11.4	1.9	34.0	15.8
d. s.	6.7	4.0	1.5	12.0	6.1
Minimo	11	1	0	5	1
1° quartile	24	9	1	24	12
Mediana	28	11	2	34	15
3° quartile	33	14	3	43	20
Massimo	63	27	10	70	46
<b>PERIODO 1995-1997</b>					
Media	29.1	11.4	2.0	44.7	21.9
d. s.	6.7	4.0	1.6	14.3	8.2
Minimo	12	1	0	3	0
1° quartile	24	9	1	34	16
Mediana	29	11	2	46	21
3° quartile	34	14	3	56	27
Massimo	51	26	9	88	54

Tabella 1. Statistiche descrittive del numero giornaliero di morti e di ricoveri ospedalieri per causa, Milano 1990-1997.

Table 1. Summary statistics of cause-specific daily mortality and hospital admissions, Milan 1990-1997.

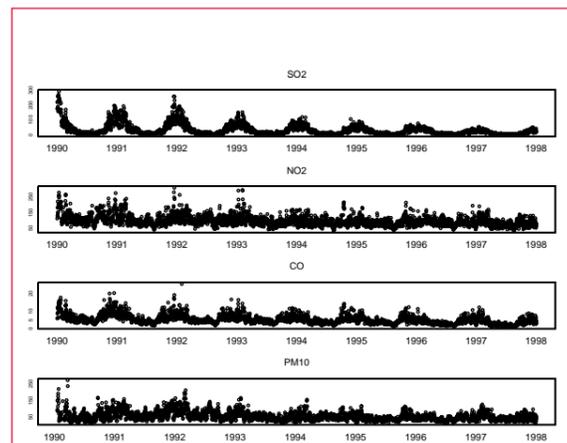


Figura 1. Serie storiche giornaliere della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e PM<sub>10</sub>, Milano 1990-1997.

Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and PM<sub>10</sub>, Milan 1990-1997.

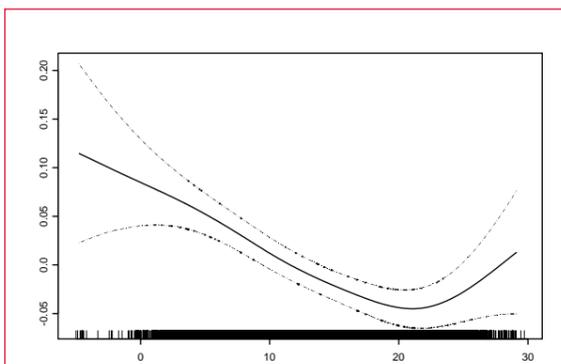


Figura 2. Relazione tra temperatura del giorno stesso e mortalità totale, Milano 1995-1997.

Figure 2. Relationship between current temperature and total mortality, Milan 1995-1997.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
<b>PERIODO 1990-1994</b>						
Media	40.9	105.8	5.9	61.8	13.8	68.2
d. s.	43.8	36.6	2.7	30.0	7.7	17.5
Min.	1.4	36.6	1.7	13.0	-4.6	25.6
1° quart.	11.2	81.2	4.1	40.7	7.5	55.4
Mediana	22.8	97.6	5.4	54.8	13.5	68.8
3° quart.	55.8	121.6	7.1	75.9	20.1	83.3
95° perc.	131.2	180.8	11.4	118.7	26.5	93.7
Max.	290.8	309.0	25.6	273.0	29.7	99.9
#mancanti	0	0	0	63	0	3
<b>PERIODO 1995-1997</b>						
Media	18.4	86.5	4.0	45.2	13.7	65.3
d. s.	15.5	23.8	1.9	17.8	7.4	21.1
Min.	0.8	34.0	0.8	12.2	-4.8	23.8
1° quart.	6.2	69.6	2.6	32.4	7.4	47.6
Mediana	12.6	83.0	3.6	41.6	14.0	66.4
3° quart.	27.8	98.7	4.8	53.8	19.8	83.0
95° perc.	49.8	131.0	8.0	81.4	25.3	97.4
Max.	90.0	214.0	12.3	126.4	29.1	100.0
#mancanti	0	0	0	3	0	4

Tabella 2. Statistiche descrittive della concentrazione media giornaliera degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Milano 1990-1997.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Milan 1990-1997.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	TEMP
SO <sub>2</sub>	1				
NO <sub>2</sub>	0.68	1			
CO	0.74	0.72	1		
PM <sub>10</sub>	0.57	0.72	0.56	1	
TEMP	-0.64	-0.25	-0.48	-0.20	1
HUM	0.16	0.03	0.30	0.06	-0.34

Tabella 3. Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Milano 1990-1997.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Milan 1990-1997.

lag	MORTALITÀ			RICOVERI		
	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	lag	Cardiache	Respiratorie
<b>PERIODO 1990-1994</b>						
SO <sub>2</sub>	1-2 1.4 (1.0, 1.7)	1.2 (0.7, 1.7)	2.6 (1.4, 3.8)	0-3 0.2 (-0.1, 0.5)	1.2 (0.8, 1.7)	
NO <sub>2</sub>	1-2 0.9 (0.6, 1.2)	0.9 (0.4, 1.3)	1.5 (0.4, 2.6)	0-3 0.7 (0.4, 1.1)	1.2 (0.7, 1.6)	
CO	1-2 1.6 (1.1, 2.0)	1.6 (0.9, 2.3)	2.4 (0.7, 4.2)	0-3 2.0 (1.6, 2.5)	2.3 (1.6, 2.9)	
PM <sub>10</sub>	0-1 1.0 (0.6, 1.3)	1.0 (0.5, 1.6)	0.4 (-1.0, 1.8)	0-3 0.4 (0.0, 0.7)	1.4 (0.9, 1.9)	
<b>PERIODO 1995-1997</b>						
SO <sub>2</sub>	1-2 2.0 (0.7, 3.3)	3.2 (1.2, 5.3)	4.2 (-0.5, 9.2)	0-3 3.3 (2.2, 4.4)	3.6 (2.1, 5.2)	
NO <sub>2</sub>	1-2 1.0 (0.4, 1.5)	1.3 (0.4, 2.1)	1.8 (-0.2, 3.8)	0-3 2.5 (2.0, 3.0)	2.3 (1.6, 3.0)	
CO	1-2 1.4 (0.6, 2.2)	2.4 (1.1, 3.7)	3.1 (0.1, 6.2)	0-3 4.9 (4.2, 5.6)	3.6 (2.6, 4.7)	
PM <sub>10</sub>	0-1 0.6 (-0.1, 1.3)	0.4 (-0.7, 1.6)	4.1 (1.5, 6.9)	0-3 1.5 (0.9, 2.1)	1.9 (1.1, 2.8)	

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata a un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Milano 1990-1997.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions associated to a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> for CO) increase of air pollutant, Milan 1990-1997.

# VERONA

## Effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Verona luglio 1995 - giugno 1999

## Short-term effect of air pollution on health: Verona July 1995 - June 1999

Pierantonio Bellini,<sup>1</sup> Monica Chiogna,<sup>1</sup> Luisa Cortinovis,<sup>1</sup> Andrea Oliani,<sup>2</sup> Riccardo Tardiani<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di scienze statistiche, Università di Padova

<sup>2</sup> Azienda Ospedaliera di Verona

<sup>3</sup> Servizio Ecologia, Comune di Verona

Lo studio degli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sulla salute (morbosità per cause respiratorie) nella città di Verona riguarda il periodo luglio 1995 - giugno 1999. In questo arco di tempo si sono registrati circa 6 ricoveri al giorno per patologie respiratorie (ICD.9: 460-519) di cui circa 2 per la classe d'età 0-64 anni, 1 per la classe d'età 65-74 anni e 3 per la classe d'età 75 anni e oltre. Le serie della concentrazione giornaliera dei principali inquinanti urbani mostrano una chiara componente stagionale con picchi invernali per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), il monossido di carbonio (CO) ed il particolato aerosospeso (PM<sub>10</sub>) ed evidenti picchi estivi per l'ozono (O<sub>3</sub>). I risultati relativi ai ricoveri per malattie respiratorie mostrano un effetto nocivo a breve termine delle alte concentrazioni degli inquinanti primari per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, il monossido di carbonio e il particolato aerosospeso (si noti l'elevata variabilità delle stime dovuta all'esiguo numero di eventi giornalieri).

Età	RICOVERI PATOLOGIE RESPIRATORIE			Totali
	0-64	65-74	75+	
Media	2.4	1.2	2.6	6.2
d. s.	1.7	1.2	1.9	3.2
Minimo	0	0	0	0
1° quartile	1	0	1	4
Mediana	2	1	2	6
3° quartile	3	2	4	8
Massimo	10	7	12	22

Tabella 1. Statistiche descrittive del numero giornaliero di ricoveri ospedalieri (ICD.9: 460-519), Verona luglio 1995 - giugno 1999.

Table 1. Summary statistics of respiratory hospital admissions, Verona 1995-1999.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> estivo* µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
Media	6.6	57.8	2.5	36.5	73.8	117.6	14.9	76.8
d. s.	4.5	18.4	1.3	16.5	51.5	35.9	7.7	17.9
Min.	0.6	16.5	0.6	11.8	0.0	9.4	-5.6	11.6
1° quart.	3.4	45.5	1.5	25.6	26.0	93.3	8.3	64.4
Mediana	5.3	54.6	2.2	31.4	71.4	117.1	14.6	78.4
3° quart.	8.6	67.6	3.3	43.3	113.0	117.6	21.4	92.7
95° perc.	15.7	92.6	4.9	70.1	161.5	176.4	26.7	100.0
Max.	33.8	161.3	10.2	122.4	226.0	225.6	31.7	100.0
#mancanti	0	0	0	0	0	0	0	0

Tabella 2. Statistiche descrittive della concentrazione media giornaliera degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Verona luglio 1995 - giugno 1999.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Verona 1995-1999.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub> estivo*	TEMP
SO <sub>2</sub>	1					0.04	
NO <sub>2</sub>	0.46	1				0.21	
CO	0.50	0.66	1			-0.22	
PM <sub>10</sub>	0.41	0.66	0.64	1		0.32	
O <sub>3</sub>	-0.37	-0.31	-0.66	-0.36	1	-	
TEMP	-0.47	-0.36	-0.55	-0.32	0.82	0.72	1
HUM	-0.10	-0.11	0.13	0.09	-0.40	-0.43	-0.24

Tabella 3. Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Verona luglio 1995 - giugno 1999.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Verona 1995-1999.

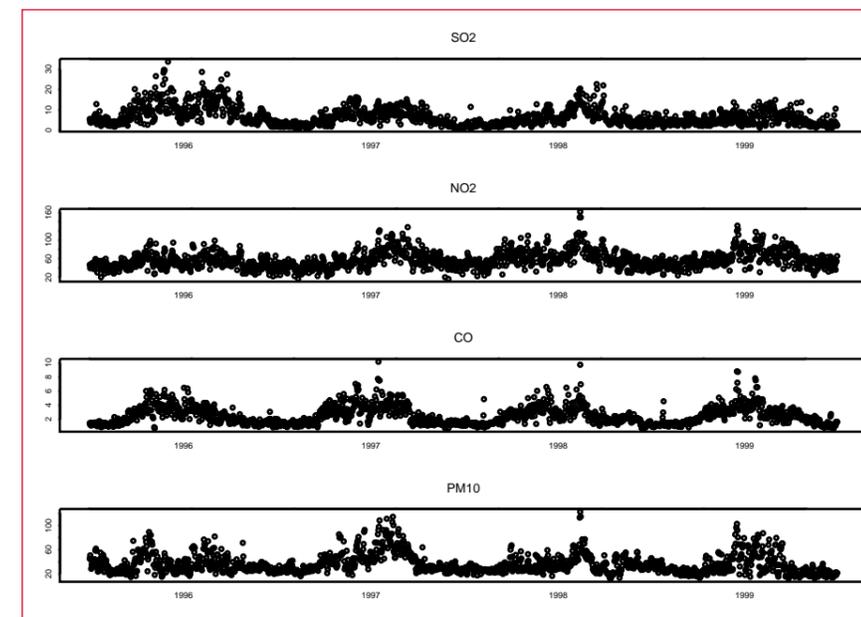


Figura 1. Serie storiche giornaliere della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>, Verona luglio 1995 - giugno 1999.

Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub>, Verona 1995-1999.

	RICOVERI lag	
SO <sub>2</sub>	0-3	12.1 (5.0, 19.6)
NO <sub>2</sub>	0-3	3.9 (2.4, 5.4)
CO	0-3	5.4 (3.1, 7.7)
PM <sub>10</sub>	0-3	3.6 (2.2, 5.1)
O <sub>3</sub> estivo*	0-3	0.5 (-1.0, 2.0)

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di ricoveri ospedalieri per malattie respiratorie associate a un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Verona 1995-1999.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions for respiratory diseases associated to an 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> for CO) increase of air pollutant, Verona 1995-1999.

(\*) Valori relativi al periodo 1 maggio - 30 settembre

(\*) Values for the period 1st May - 30th September

# RAVENNA

## Effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Ravenna 1991-1995

## Short-term effect of air pollution on health: Ravenna 1991-1995

Maria Angela Vigotti,<sup>1,3</sup> Rossella Miglio,<sup>2</sup> Giuseppe Rossi,<sup>3</sup> Pier Carlo Ghiselli,<sup>4</sup> Francesco Fortezza<sup>5</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di scienze dell'uomo e dell'ambiente, Università di Pisa,

<sup>2</sup> Dipartimento di statistica, Università di Bologna,

<sup>3</sup> IFC-CNR, Area di ricerca di Pisa,

<sup>4</sup> Assessorato Sanità Regione Emilia Romagna, Bologna,

<sup>5</sup> ARPA-Emilia Romagna, Bologna

Nella città di Ravenna sono stati esaminati, per il periodo 1991-1995, gli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sui ricoveri ospedalieri dovuti a patologie respiratorie e cardiache. Sono in media in tutto il periodo 2,5 e 6,5 ricoveri al giorno (tabella 1). Gli inquinanti esaminati sono: il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>), il monossido di carbonio (CO), l'ozono (O<sub>3</sub>) poi non utilizzato nelle analisi, il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), e le polveri totali sospese (PTS); da queste ultime è stato stimato il PM<sub>10</sub>, cioè le polveri fini con un diametro aerodinamico inferiore a 10µ, applicando un fattore di correzione pari a 0,8. Si è tenuto conto dei valori medi giornalieri delle variabili meteorologiche temperatura e umidità relativa. L'andamento dei valori giornalieri degli inquinanti, in figura 1, è di tipo stagionale, tranne per l'NO<sub>2</sub> che è rimasto costante tutto l'anno. Per le polveri vi sono due periodi consistenti di giorni senza misure. I livelli di SO<sub>2</sub> sono in costante diminuzione. Le medie giornaliere non si discostano dai valori riscontrati in altre città (tabella 2). Ravenna è una città di dimensioni medio-pic-

cole e quindi con un numero limitato di ricoveri giornalieri. Il periodo a disposizione al momento dell'analisi era il minimo indispensabile per questo tipo di studi. Infatti solo per i ricoveri per le patologie cardiache i risultati sono in linea con quelli delle altre città pur raggiungendo la significatività statistica solo per gli effetti acuti dell'esposizione a SO<sub>2</sub>.

Cause di ricovero	ICD.9	Media	d.s.	Min.	25%	50%	75%	Max.
Cardiache	390-429	6.5	2.9	0	4	6	8	19
Respiratorie	460-519	2.5	1.7	0	1	2	4	10

Tabella 1. Statistiche descrittive del numero giornaliero di ricoveri ospedalieri per causa, Ravenna 1991-1995.

Table 1. Summary statistics of cause-specific daily hospital admissions, Ravenna 1991-1995.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
Media	19.6	60.5	1.8	59.1	14.3	78.4
d. s.	13.3	18.7	0.9	29.4	8.1	11.4
Min.	2	3	0.3	2	-9	38
1° quart.	10	48	1	39	8	70
Mediana	15	59	2	53	14	79
3° quart.	27	70	2	74	21	87
95° perc.	46	92	3	116	27	95
Max.	83	175	7	216	30	100
#mancanti	378	40	53	550	40	103

Tabella 2. Statistiche descrittive della concentrazione media giornaliera degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Ravenna 1991-1995.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Ravenna 1991-1995.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	TEMP
SO <sub>2</sub>	1				
NO <sub>2</sub>	0.35	1			
CO	0.28	0.50	1		
PM <sub>10</sub>	0.08	0.52	0.45	1	
TEMP	-0.11	-0.31	-0.64	-0.22	1
HUM	-0.05	0.12	0.36	0.19	-0.37

Tabella 3. Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Ravenna 1991-1995.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Ravenna 1991-1995.

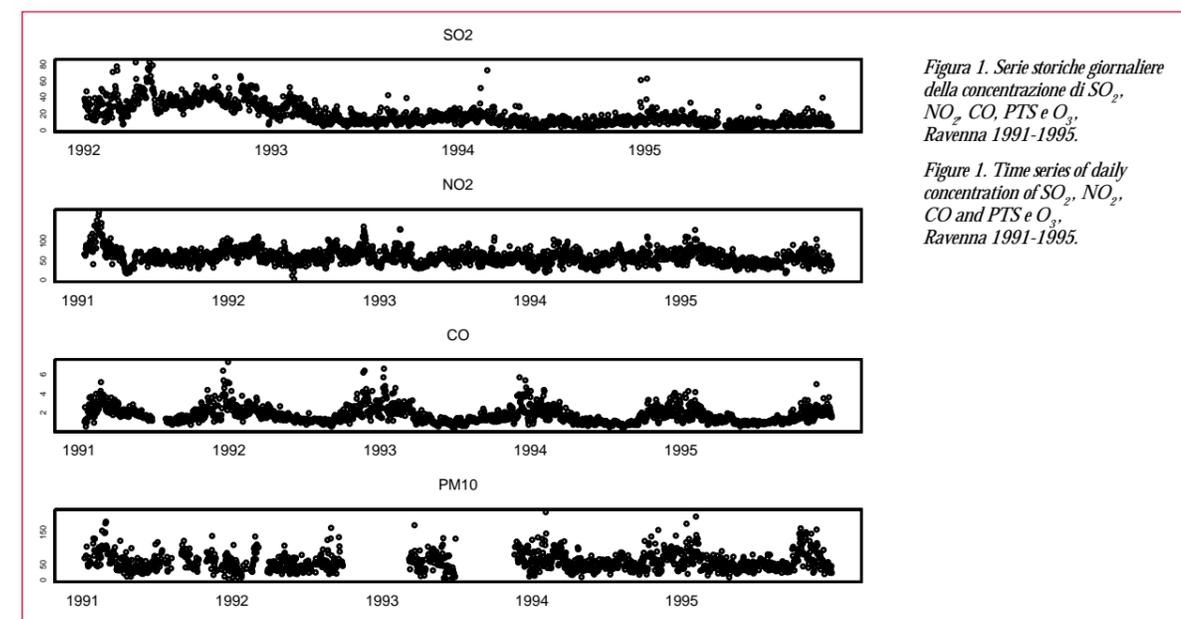


Figura 1. Serie storiche giornaliere della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PTS e O<sub>3</sub>, Ravenna 1991-1995.

Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and PTS e O<sub>3</sub>, Ravenna 1991-1995.

	lag	RICOVERI	
		Cardiache	Respiratorie
SO <sub>2</sub>	0-3	2.6 (0.1, 5.2)	-0.5 (-4.3, 3.5)
NO <sub>2</sub>	0-3	0.3 (-1.0, 1.6)	-1.2 (-3.2, 0.8)
CO	0-3	0.6 (-3.1, 4.5)	1.0 (-4.8, 7.2)
PM <sub>10</sub>	0-3	0.5 (-0.6, 1.6)	-0.7 (-2.4, 1.0)

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di ricoveri ospedalieri associata a un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Ravenna 1991-1995.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions associated to a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> for CO) increase of air pollutant, Ravenna 1991-1995.

# BOLOGNA

## Effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Bologna 1996-1998

## Short-term effect of air pollution on health: Bologna 1996-1998

Francesca Bruno,<sup>1</sup> Giulia Cavrini,<sup>1</sup> Rossella Miglio,<sup>1</sup> Marco Deserti,<sup>2</sup> Stefano Tibaldi,<sup>2</sup> Daniele Agostini,<sup>3</sup> Eleonora Verdini<sup>4</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento di scienze statistiche, Università di Bologna  
<sup>2</sup>SMR Arpa Regione Emilia-Romagna  
<sup>3</sup>AUSL Città di Bologna  
<sup>4</sup>Agenzia Sanitaria Regionale

Lo studio degli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sulla salute nella città di Bologna è stato condotto negli anni 1996-1998. Si sono registrati circa 12 morti al giorno per cause naturali di cui 5 per cause cardiovascolari e poco meno di un decesso giornaliero per patologie respiratorie. Il numero medio giornaliero di ricoveri per cause respiratorie è stato circa 7, per cause cardiache 12.

Le serie della concentrazione giornaliera dei principali inquinanti urbani mostrano picchi invernali per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) e il monossido di carbonio (CO) e alti livelli estivi di ozono (O<sub>3</sub>); appare meno evidente l'andamento stagionale della concentrazione degli ossidi di azoto (NO<sub>2</sub>) e delle polveri fini (PM<sub>10</sub>). Si osserva inoltre una tendenza alla diminuzione dei livelli di SO<sub>2</sub>. La relazione tra mortalità e temperatura del giorno stesso mostra un tipico andamento a «V» con punto di benessere in corrispondenza di 20° C. I risultati evidenziano un effetto a breve termine delle alte concentrazioni di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e O<sub>3</sub>, sulla mortalità per tutte le cause e degli ossidi di azoto e dell'ozono sulla mortalità per cause cardiovascolari. I risultati relativi ai ricoveri mostrano un effetto nocivo e delle alte concentrazioni di NO<sub>2</sub>, CO e polveri.

A causa dell'esiguo numero di eventi/giorno, i risultati sono comunque

molto variabili e gli intervalli di confidenza delle stime sono particolarmente ampi, specialmente per quanto riguarda la mortalità per cause respiratorie.

ICD.9	MORTALITÀ			RICOVERI	
	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie
	<800	390-459	460-519	390-429	460-519
Media	12.1	4.9	0.9	11.7	7.3
d. s.	3.86	2.38	0.97	4.65	3.75
Minimo	2	0	0	0	0
1° quartile	9	3	0	8	4
Mediana	12	5	1	11	7
3° quartile	15	7	1	15	9
Massimo	27	16	6	30	23

Tabella 1. Statistiche descrittive del numero giornaliero di morti e di ricoveri ospedalieri per causa, Bologna 1996-1998.

Table 1. Summary statistics of cause-specific daily mortality and hospital admissions, Bologna 1996-1998.

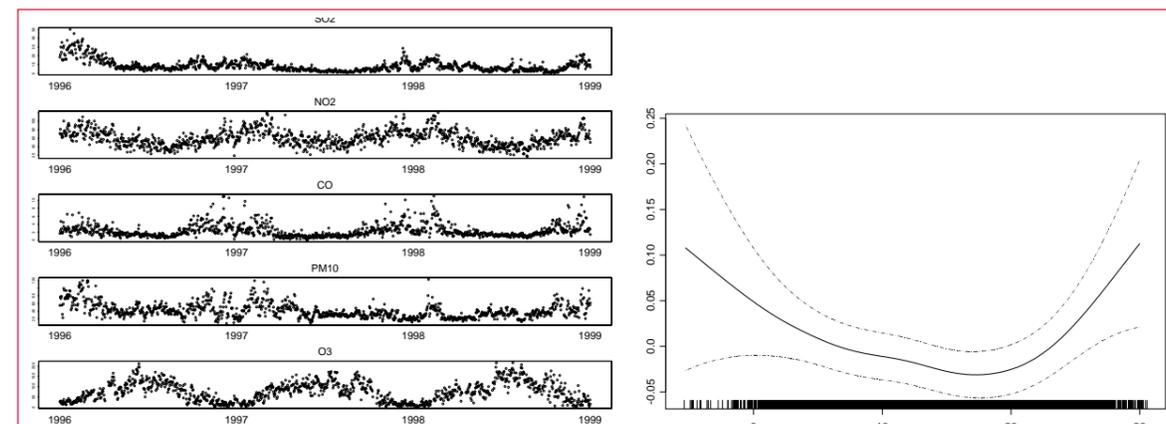


Figura 1. Serie storiche giornaliere della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>, Bologna 1996-1998.  
 Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub>, Bologna 1996-1998.

Figura 2. Relazione tra temperatura del giorno stesso e mortalità totale, Bologna 1996-1998.  
 Figure 2. Relationship between current temperature and total mortality, Bologna 1996-1998.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> estivo* µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
Media	8.5	60.1	2.4	41.2	75.9	111.2	13.9	69.5
d. s.	6.7	18.6	1.7	19.7	47.2	36.9	8.0	11.2
Min.	0.0	16.8	0.1	8.1	2.1	12.3	-5.3	35.0
1° quart.	4.1	46.6	1.3	27.5	32.8	86.0	6.7	61.0
Mediana	6.7	58.6	1.9	36.5	73.6	110.0	14.0	69.0
3° quart.	11.0	71.6	2.9	50.1	110.0	136.7	20.7	79.0
95° perc.	22.1	94.2	5.6	79.3	159.7	172.4	26.0	86.0
Max.	50.2	120.4	11.1	122.9	215.7	215.6	30.0	95.0
#mancanti	2	2	7	15	53	9	5	0

Tabella 2. Statistiche descrittive della concentrazione media giornaliera degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Bologna 1996-1998.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Bologna 1996-1998.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub> estivo*	TEMP
SO <sub>2</sub>	1					0.09	
NO <sub>2</sub>	0.38	1				0.08	
CO	0.42	0.64	1			-0.13	
PM <sub>10</sub>	0.53	0.44	0.31	1		0.25	
O <sub>3</sub>	-0.38	-0.42	-0.44	-0.15	1	-	
TEMP	-0.56	-0.57	-0.48	-0.24	0.78	0.63	1
HUM	0.14	0.13	0.16	0.15	-0.44	-0.25	-0.30

Tabella 3. Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Bologna 1996-1998.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Bologna 1996-1998.

	lag	MORTALITÀ			RICOVERI		
		Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie	
SO <sub>2</sub>	1-2	6.5 (2.6, 10.7)	5.5 (-0.5, 12)	-6.8 (-19.1, 7.5)	0-3 -0.6(-4.5, 3.5)	4.3(-0.7, 9.6)	
NO <sub>2</sub>	1-2	1.5 (0.2, 2.9)	2.1 (0.1, 4.3)	1.7 (-3.1, 6.7)	0-3 2.6( 1.1, 4.1)	3.6( 1.8, 5.5)	
CO	1-2	1.9 (0.5, 3.3)	1.4 (-0.8, 3.5)	2.0 (-3, 7.1)	0-3 1.3(-0.3, 2.9)	4.8( 2.8, 6.8)	
PM <sub>10</sub>	0-1	0.9 (-0.1, 2)	1.3 (-0.3, 2.9)	-4.3 (-8, -0.4)	0-3 1.3( 0.1, 2.4)	2.5( 1.1, 4)	
O <sub>3</sub> estivo*	0-1	1.7 (0.6, 2.8)	2.1 (0.3, 3.9)	3.3 (-1.2, 7.9)	0-3 -0.3(-1.3, 0.8)	0.1(-1.3, 1.5)	

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata a un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Bologna 1996-1998.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions associated to a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO) increase of air pollutant, Bologna 1996-1998.

(\*) Valori relativi al periodo 1 maggio - 30 settembre.  
 (\*) Values for the period 1st May - 30th September.

# FIRENZE

## Effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Firenze 1996-1998

## Short-term effect of air pollution on health: Florence 1996-1998

Michela Baccini,<sup>1</sup> Annibale Biggeri,<sup>1</sup> Catia Gabellini,<sup>1</sup> Elisabetta Chellini,<sup>2</sup> Daniele Grechi<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Dipartimento di statistica, Università di Firenze

<sup>2</sup> UO di epidemiologia analitica e ambientale-occupazionale, CSPO, Firenze

<sup>3</sup> ARPA Toscana

Lo studio degli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sulla salute (mortalità e morbosità) nella città di Firenze è stato condotto negli anni 1996-1998. Si sono registrati circa 11 morti al giorno per cause naturali di cui 5 per cause cardiovascolari e poco meno di un decesso giornaliero per patologie respiratorie. Il numero medio giornaliero di ricoveri è stato circa 5 per cause respiratorie e 13 per cause cardiache. Le serie della concentrazione giornaliera dei principali inquinanti urbani mostrano una chiara componente stagionale con picchi invernali per il biossido di zolfo (SO<sub>2</sub>) e il monossido di carbonio (CO) e alti livelli estivi di ozono (O<sub>3</sub>). Si osserva inoltre una tendenza alla diminuzione dei livelli di SO<sub>2</sub>. La relazione tra mortalità e temperatura del giorno stesso mostra un tipico andamento a «V» con punto di benessere in corrispondenza di 20°C. I risultati evidenziano un effetto degli ossidi di azoto e dell'ozono, rispettivamente sulla mortalità per cause cardiovascolari e sulla mortalità per tutte le cause. I risultati relativi ai ricoveri mostrano chiaramente un effetto nocivo a breve termine delle alte concentrazioni di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e polveri. A causa dell'esiguo numero di eventi/giorno, i risultati sono instabili e gli intervalli di confidenza particolarmente ampi.

ICD.9	MORTALITÀ			RICOVERI	
	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie
<800	390-459	460-519	390-429	460-519	
Media	11.5	4.9	0.8	12.9	5.3
d. s.	3.8	2.5	0.9	4.7	3.0
Minimo	2	0	0	2	0
1° quartile	9	3	0	9.8	3
Mediana	11	5	1	13	5
3° quartile	14	6	1	16	7
Massimo	25	15	6	33	20

Tabella 1. Statistiche descrittive del numero giornaliero di morti e di ricoveri ospedalieri per causa, Firenze 1996-1998.

Table 1. Summary statistics of cause-specific daily mortality and hospital admissions, Florence 1996-1998.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> µg/m <sup>3</sup>	O <sub>3</sub> estivo* µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
Media	7.7	70.1	2.7	40.3	79.5	114.3	15.5	68.6
d. s.	5.2	18.8	1.3	17.0	41.6	29.2	7.0	13.3
Min.	0.9	22.0	0.5	10.7	5.0	35.5	-2.9	27.2
1° quart.	4.0	56.5	1.8	28.7	44.4	94.8	9.8	58.9
Mediana	6.4	68.5	2.4	37.0	80.3	113.8	14.8	68.9
3° quart.	10.1	81.4	3.3	48.1	109.5	132.2	21.5	79.2
95° perc.	18.1	103.8	5.4	71.2	147.0	168.8	29.6	88.6
Max.	40.1	141.4	8.7	182.4	210.7	210.7	29.8	98.0
# mancanti	0	0	0	4	1	1	8	47

Tabella 2. Statistiche descrittive degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Firenze 1996-1998.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Florence 1996-98.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	O <sub>3</sub>	O <sub>3</sub> estivo*	TEMP
SO <sub>2</sub>	1						0.48
NO <sub>2</sub>	0.57	1					0.34
CO	0.60	0.64	1				0.00
PM <sub>10</sub>	0.38	0.48	0.46	1			0.28
O <sub>3</sub>	-0.34	-0.07	-0.62	-0.11	1		-
TEMP	-0.49	-0.24	-0.55	-0.10	0.79	0.62	1
HUM	0.00	0.08	0.49	0.12	-0.63	-0.55	-0.36

Tabella 3. Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Firenze 1996-1998.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Florence 1996-1998.

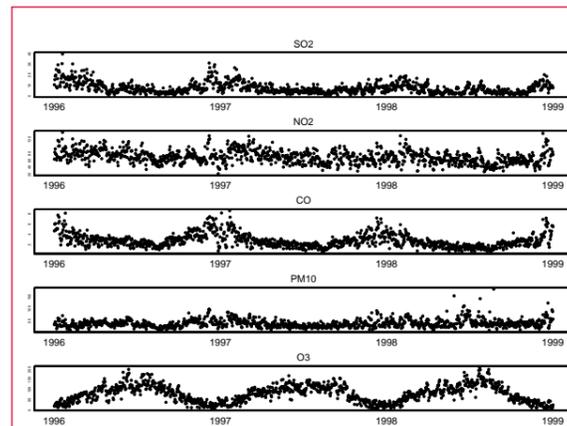


Figura 1. Serie storiche giornaliere della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> e O<sub>3</sub>, Firenze 1996-1998.

Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO, PM<sub>10</sub> and O<sub>3</sub>, Florence 1996-1998.

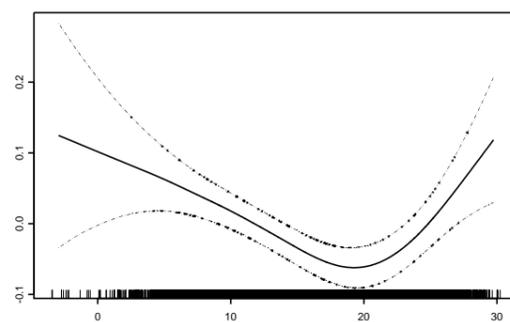


Figura 2. Relazione tra temperatura del giorno stesso e mortalità totale, Firenze 1996-98.

Figure 2. Relationship between current temperature and total mortality, Florence 1996-1998.

	lag	MORTALITÀ			RICOVERI		
		Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie	
SO <sub>2</sub>	1-2	3.5 (-1.5, 8.8)	5.9 (-1.8, 14.1)	-5.5 (-21.2, 13.3)	0-3 5.4 (0.4, 10.6)	11.5 (3.5, 20.3)	
NO <sub>2</sub>	1-2	1.1 (-0.1, 2.4)	1.9 (0.0, 3.8)	0.1 (-4.4, 4.7)	0-3 2.0 (0.6, 3.3)	4.0 (1.8, 6.1)	
CO	1-2	0.6 (-1.5, 2.7)	2.3 (-0.9, 5.6)	6.1 (-1.6, 14.4)	0-3 4.4 (2.2, 6.7)	5.6 (2.2, 9.1)	
PM <sub>10</sub>	0-1	1.0 (-0.3, 2.4)	1.5 (-0.5, 3.6)	-1.2 (-6.0, 3.9)	0-3 2.3 (0.9, 3.7)	4.9 (2.6, 7.2)	
O <sub>3</sub> estivo*	0-1	1.3 (-0.1, 2.8)	2.0 (-0.3, 4.4)	-1.9 (-7.4, 4.0)	0-3 -0.4 (-1.9, 1.1)	0.7 (-1.8, 3.1)	

(\*) Valori relativi al periodo 1 maggio - 30 settembre.

(\*) Values for the period 1st May - 30th September.

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata a un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Firenze 1996-1998.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions associated to an 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> for CO) increase of air pollutant, Florence 1996-1998.

# ROMA

## Effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Roma 1992-1997

Valeria Fano, Paola Michelozzi, Francesco Forastiere, Carlo A. Perucci

Agenzia di sanità pubblica della Regione Lazio  
Dipartimento di Epidemiologia Azienda Sanitaria Roma E

Lo studio sugli effetti acuti dell'inquinamento atmosferico sulla salute (mortalità e morbosità) nella città di Roma è stato condotto separatamente per i due periodi 1992-1994 e 1995-1997. La città ha circa 2,7 milioni di abitanti e si estende su una superficie di circa 1.300 km<sup>2</sup>.

Il numero medio di decessi/giorno nei due periodi è stato di 56 morti, di cui 14 per cause respiratorie e 3 per cause cardiovascolari. Il numero medio di ricoveri/giorno osservati nel periodo 1995-97 è stato di 595 per cause respiratorie e di 43 per cause cardiovascolari.

Nel periodo in studio si osserva una progressiva diminuzione delle concentrazioni di anidride solforosa (SO<sub>2</sub>), biossido di azoto (NO<sub>2</sub>), monossido di carbonio (CO) e PM<sub>10</sub>.

Il grafico dell'andamento del rischio di mortalità rispetto alla temperatura indica per entrambi i periodi un andamento a «V» con un minimo localizzato intorno ai 21°C.

I risultati mettono in luce un effetto a breve termine dell'inquinamento sia sulla mortalità sia sui ricoveri ospedalieri, con effetti più marcati nel secondo periodo, nonostante la diminuzione dei livelli di inquinamento. Tali risultati pongono al centro dell'attenzione collettiva il contenimento delle emissioni inquinanti, la riduzione del traffico veicolare, la riorganizzazione delle politiche del trasporto urbano, come importanti problemi di salute pubblica.

## Short-term effect of air pollution on health: Rome 1992-1997

ICD.9	MORTALITÀ			RICOVERI	
	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie
	<800	390-459	460-519	390-429	460-519
<b>PERIODO 1992-1994</b>					
media	56.4	23.0	3.0		
d. s.	10.7	6.6	2.0		
minimo	26	5	0		
1° quartile	49	18	2		
mediana	56	23	3		
3° quartile	63	27	4		
massimo	103	50	12		
<b>PERIODO 1995-1997</b>					
media	56.6	23.0	3.1	86.9	43.1
d. s.	10.2	6.6	2.0	21.2	13.3
minimo	30	3	0	30	12
1° quartile	49	20	2	72	34
mediana	56	24	3	91	43
3° quartile	63	28	4	102	52
massimo	90	48	13	145	96

Tabella 1. Statistiche descrittive della numero giornaliero di morti e di ricoveri ospedalieri per causa, Roma 1992-1997.

Table 1. Summary statistics of cause-specific daily mortality and hospital admissions, Rome 1992-1997.

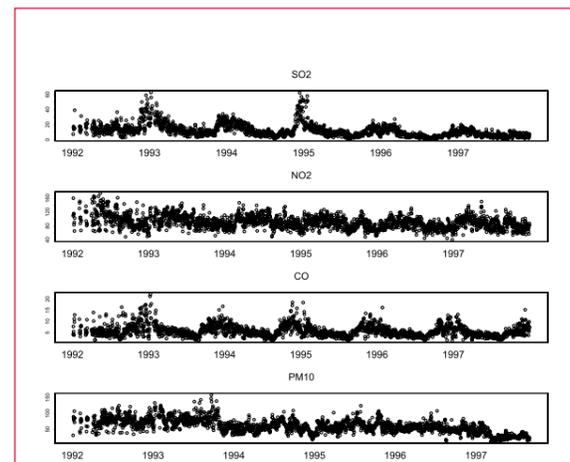


Figura 1. Serie storiche della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e PM<sub>10</sub>, Roma 1992-1997.

Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and PM<sub>10</sub>, Rome 1992-1997.

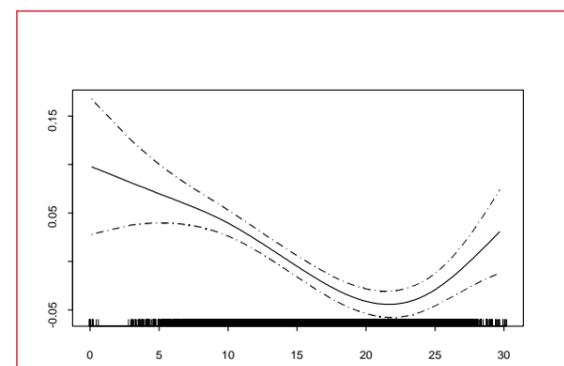


Figura 2. Relazione tra temperatura del giorno stesso e mortalità totale, Roma 1995-1997.

Figure 2. Relationship between current temperature and total mortality, Rome 1995-1997.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
<b>PERIODO 1992-1994</b>						
Media	15.9	97.0	6.5	69.7	16.9	61.6
d. s.	9.7	20.3	2.8	21.1	6.9	12.3
Minimo	1.1	48.9	1.5	18.7	-0.2	20.0
1° quartile	9.4	82.6	4.6	54.7	11.2	53.0
Mediana	13.3	94.4	5.9	68.8	16.5	63.0
3° quartile	19.7	109.7	7.7	83.1	23.0	71.0
95° percentile	36.3	134.0	11.7	106.2	27.8	80.0
Max.	22.3	174.6	22.3	158.7	30.5	94.0
#mancanti	0	0	0	78	0	0
<b>PERIODO 1995-1997</b>						
Media	8.9	85.8	5.4	59.0	16.6	60.1
d. s.	5.7	15.8	2.1	21.0	6.4	12.5
Min.	1.2	40.0	1.5	11.0	0.1	20.0
1° quartile	5.0	74.0	4.0	38.5	11.4	52.0
Mediana	7.6	85.4	4.9	51.7	16.0	60.0
3° quartile	11.6	96.4	6.3	61.6	21.9	70.0
95° percentile	18.6	112.7	9.5	79.6	26.7	81.0
Max.	18.5	150.6	18.5	124.4	29.7	91.0
#mancanti	27	0	0	125	0	0

Tabella 2. Statistiche descrittive della concentrazione media giornaliera degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Roma 1992-1997.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Rome 1992-1997.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	TEMP
SO <sub>2</sub>	1.0				
NO <sub>2</sub>	0.3	1.0			
CO	0.6	0.2	1.0		
PM <sub>10</sub>	0.3	0.4	0.3	1.0	
TEMP	-0.5	0.1	-0.4	0.2	1.0
HUM	0.1	-0.2	0.4	0.0	-0.3

Tabella 3 - Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Roma 1992-1997.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Rome 1992-1997.

	MORTALITÀ			RICOVERI		
	lag	Naturali	Cardiovasc. Respiratorie	lag	Cardiache	Respiratorie
<b>PERIODO 1990-1994</b>						
SO <sub>2</sub>	1-2	1.6 ( 0.5, 2.9)	2.4 ( 0.5, 4.3)	-0.2 ( -5.3, 5.1)	0-3	
NO <sub>2</sub>	1-2	1.7 ( 1.2, 2.3)	1.6 ( 0.8, 2.5)	-0.4 ( -2.6, 1.9)	0-3	
CO	1-2	0.4 (-0.1, 0.8)	0.6 ( 0.0, 1.2)	-0.4 ( -2.6, 1.9)	0-3	
PM <sub>10</sub>	0-1	0.5 (-0.1, 1.0)	0.6 (-0.2, 1.4)	1.0 ( -3.2, 1.2)	0-3	
<b>PERIODO 1995-1997</b>						
SO <sub>2</sub>	1-2	3.6 ( 1.3, 6.0)	7.3 ( 3.8, 10.9)	6.5 ( -3.0, 16.8)	0-3	4.3 ( 2.3, 6.3) 1.4 (-0.6, 3.3)
NO <sub>2</sub>	1-2	1.4 ( 0.7, 2.0)	2.0 ( 1.1, 3.0)	4.0 ( 1.1, 6.8)	0-3	2.5 ( 1.9, 3.1) 1.9 ( 1.4, 2.5)
CO	1-2	1.0 ( 0.4, 1.5)	1.3 ( 0.5, 2.2)	3.1 ( 0.8, 5.4)	0-3	3.0 ( 2.4, 3.5) 2.2 ( 1.7, 2.7)
PM <sub>10</sub>	0-1	1.2 ( 0.6, 1.9)	1.8 ( 0.7, 2.8)	3.1 ( 0.1, 6.2)	0-3	1.2 ( 0.6, 1.8) 1.2 ( 0.6, 1.8)

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata ad un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Roma 1992-1997.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions associated to an 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> for CO) increase of air pollutant, Rome 1992-1997.

# PALERMO

## Effetto a breve termine dell'inquinamento sulla salute: Palermo 1997-1999

## Short-term effect of air pollution on health: Palermo 1997-1999

Vito Muggeo,<sup>1</sup> Gianfranco Lovison,<sup>1</sup> Ettore Artioli,<sup>2</sup> Marcello Vultaggio,<sup>2</sup> Rosanna Cusimano,<sup>3</sup> Gabriella Filippazzo<sup>4</sup>

<sup>1</sup> Istituto di statistica, Università di Palermo

<sup>2</sup> Azienda municipalizzata di igiene ambientale, Palermo

<sup>3</sup> Ufficio di Igiene pubblica, ASL di Palermo

<sup>4</sup> Assessorato alla sanità della Regione Siciliana

I risultati ottenuti si riferiscono al periodo triennale 1997-1999: gli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, PM<sub>10</sub>) sono stati valutati sia su mortalità che ricoverabilità considerando per i decessi cause naturali, cardiovascolari e respiratorie, e per i ricoveri cause cardiache e respiratorie secondo i codici ICD.9. Il numero medio di decessi naturali è risultato di 14 unità con il classico andamento stagionale caratterizzato da valori più elevati in inverno; particolarmente interessanti sono i picchi in eccesso (max 34) durante il periodo estivo, registrati in corrispondenza di periodi di caldo eccessivo. Più ridotte, e in linea con le altre città, sono risultate le medie relative ai decessi per patologie cardiovascolari (5,6) e respiratorie (0,9). Per tutte le categorie di mortalità si è evidenziata la classica relazione a «V» con la temperatura; in corrispondenza valore di circa 21°C si è registrato il minimo di mortalità. Le serie dei ricoveri sono anche caratterizzate dalla componente stagionale, soprattutto quella per patologie respiratorie.

Tra i dati ambientali, una lieve stagionalità è emersa nell'andamento di CO e in maniera più ridotta nelle serie di NO<sub>2</sub> e SO<sub>2</sub> quest'ultimo inquinante caratterizzato da valori più bassi rispetto alle altre città (Palermo è sostanzialmente mancante di grandi insediamenti industriali). Le polveri (PM<sub>10</sub>), verosimilmente legate al traffico veicolare, sono risultate prive di una qualsiasi ciclicità. Le stime dei rischi hanno evidenziato un

effetto significativo degli inquinanti nell'incremento sia della mortalità che ricoverabilità, con risultati più coerenti per il PM<sub>10</sub> e più variabili per l'SO<sub>2</sub> con i relativi IC (95%) sempre più ampi rispetto agli altri.

ICD.9	MORTALITÀ			RICOVERI	
	Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	Cardiache	Respiratorie
	<800	390-459	460-519	390-429	460-519
<b>PERIODO 1997-1999</b>					
Media	14.1	5.6	0.9	31.1	29.3
d. s.	4.8	2.7	1.1	11.1	10.2
Minimo	2	0	0	0	1
1° quartile	11	4	0	22	22
Mediana	14	5	1	31	28
3° quartile	17	7	1	39	35
Massimo	34	15	7	67	70

Tabella 1. Statistiche descrittive del numero giornaliero di morti e di ricoveri ospedalieri per causa, Palermo 1997-1999.

Table 1. Summary statistics of cause-specific daily mortality and hospital admissions, Palermo 1997-1999.

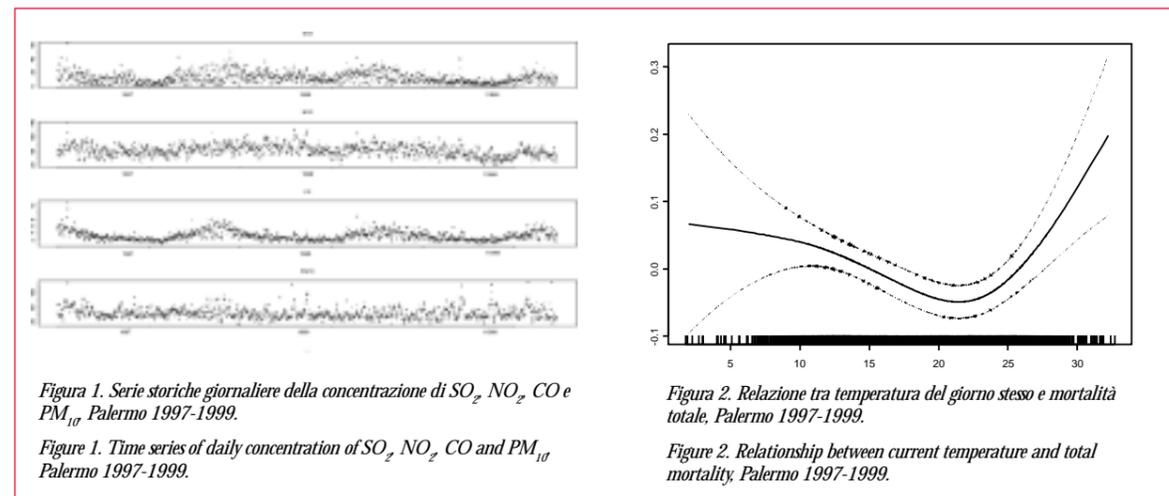


Figura 1. Serie storiche giornaliere della concentrazione di SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO e PM<sub>10</sub>, Palermo 1997-1999.

Figure 1. Time series of daily concentration of SO<sub>2</sub>, NO<sub>2</sub>, CO and PM<sub>10</sub>, Palermo 1997-1999.

Figura 2. Relazione tra temperatura del giorno stesso e mortalità totale, Palermo 1997-1999.

Figure 2. Relationship between current temperature and total mortality, Palermo 1997-1999.

	SO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	NO <sub>2</sub> µg/m <sup>3</sup>	CO mg/m <sup>3</sup>	PM <sub>10</sub> µg/m <sup>3</sup>	Temp. °C	Umidità %
<b>PERIODO 1997-1999</b>						
Media	12.5	61.3	2.1	42.9	18.2	58.9
d. s.	9.3	16.3	0.9	18.3	5.8	9.6
Min.	0.1	19.6	0.5	13.3	1.9	19.5
1° quart.	5.1	49.6	1.5	31.6	12.9	52.4
Mediana	10.8	60.5	1.9	40.0	18.0	58.8
3° quart.	17.7	72.0	2.5	50.1	23.4	64.9
95° perc.	26.1	88.1	3.8	71.6	26.8	73.6
Max.	63.8	137.8	8.0	203.3	32.3	83.2
#mancanti	18	2	2	4	9	25

Tabella 2. Statistiche descrittive della concentrazione media giornaliera degli inquinanti urbani e delle variabili meteorologiche, Palermo 1997-1999.

Table 2. Summary statistics of mean daily concentration of urban pollutants and weather variables, Palermo 1997-1999.

	SO <sub>2</sub>	NO <sub>2</sub>	CO	PM <sub>10</sub>	TEMP
SO <sub>2</sub>	1				
NO <sub>2</sub>	0.64	1			
CO	0.71	0.60	1		
PM <sub>10</sub>	0.36	0.42	0.48	1	
TEMP	-0.29	-0.20	-0.42	0.13	1
HUM	-0.05	-0.10	0.06	-0.14	-0.18

Tabella 3. Correlazione tra inquinanti e variabili meteorologiche, Palermo 1997-1999.

Table 3. Correlation between air pollutants and weather variables, Palermo 1997-1999.

	lag	MORTALITÀ			RICOVERI		
		Naturali	Cardiovasc.	Respiratorie	lag	Cardiache	Respiratorie
<b>PERIODO 1997-1999</b>							
SO <sub>2</sub>	1-2	4.2 (1.2, 7.2)	4.4 (-0.1, 9.2)	5.8 (-4.5, 17.3)	0-3	8.0 (5.8, 10.3)	6.0 (3.7, 8.3)
NO <sub>2</sub>	1-2	2.3 (1.1, 3.6)	3.2 (1.2, 5.2)	5.2 (0.4, 10.1)	0-3	1.2 (0.3, 2.2)	3.3 (2.3, 4.3)
CO	1-2	3.9 (2.3, 5.5)	4.3 (1.9, 6.8)	8.7 (3.2, 14.5)	0-3	2.1 (1.0, 3.2)	4.9 (3.8, 6.0)
PM <sub>10</sub>	0-1	3.3 (2.2, 4.4)	3.5 (1.8, 5.2)	8.7 (5.0, 12.6)	0-3	1.1 (0.3, 2.0)	2.8 (1.9, 3.6)

Tabella 4. Stima della variazione percentuale (IC 95%) nel numero giornaliero di morti e ricoveri ospedalieri associata ad un incremento dell'inquinante pari a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO), Palermo 1997-1999.

Table 4. Estimated percent variation (IC 95%) of daily number of deaths and hospital admissions associated to a 10 µg/m<sup>3</sup> (1 mg/m<sup>3</sup> per CO) increase of air pollutant, Palermo 1997-1999.



*Epidemiologia & Prevenzione*, il giornale dell'associazione italiana di epidemiologia, si presenta rinnovata nella grafica e nella struttura.

Agli articoli originali e di approfondimento culturale sono affiancati un notiziario epidemiologico-sanitario e nuove sezioni dedicate a etica, metodologia, normativa, dibattiti, comunicazioni di servizio su corsi e convegni, attività associative.

EDITORE  
**ZADIG**

è editore di *Effective Health Care*,  
*Bioetica*, *La rivista italiana di cure palliative*, *Il Policlinico di Milano*, *I Quaderni di Vialba*,  
*Gli ospedali della vita*

Desidero abbonarmi alla rivista bimestrale *Epidemiologia & Prevenzione*  
per l'anno ..... data .....

Abbonamento annuo a 6 numeri:

- privati 105.000 lire       privati (estero) 120.000 lire  
 istituzioni 145.000 lire       istituzioni (estero) 160.000 lire

Modalità di pagamento:

- Versamento a mezzo conto corrente postale numero 39318209 intestato a Zadig srl, via Calzecchi 10, 20133 Milano.  
 assegno intestato a Zadig Srl  
 Carta di credito:  Carta Sì,  VISA,  Eurocard,  Master Card.

cognome e nome .....

azienda .....

indirizzo .....

cap ..... località ..... prov. ....

tel. .... fax. ....

numero ..... scadenza \_\_\_ / \_\_\_ / \_\_\_

firma .....

In caso di fatturazione indicare i dati fiscali .....

Compili questo modulo e lo invii per posta a Zadig srl - via Calzecchi 10, 20133 Milano;  
e-mail abbonamenti@zadig.it o per fax allo 02-76 11 30 40.

## NORME PER GLI AUTORI

### Instructions for contributors

**L**a rivista *Epidemiologia & Prevenzione* pubblica Editoriali, Lettere, Contributi, Interventi, Articoli originali, Rassegne, oltre a Inchieste, Notizie, Opinioni, Recensioni.

Gli autori italiani sono tenuti a scrivere in italiano.

Vengono pubblicati articoli e rassegne originali inviati esclusivamente a questa rivista: eccezioni potranno essere concordate con la Direzione. Essi verranno sottoposti al giudizio di almeno due revisori: la decisione definitiva è affidata alla Direzione. Gli Editoriali, i Contributi, gli Interventi e le altre sezioni della rivista vengono invece discussi dal Consiglio di Direzione.

**Testi:** devono essere scritti con doppia interlinea su una sola facciata del foglio, stampati in triplice copia e, unitamente al dischetto contenente i relativi file, devono essere inviati a: Direzione di *Epidemiologia & Prevenzione*, Zadig Editore, via Calzecchi 10, 20133 Milano (tel. 02-7526131; fax 02-76113040). Si invita a non superare le DIECI cartelle per Articoli originali, Rassegne e Interventi (figure, tabelle e bibliografia escluse), e le CINQUE cartelle per Editoriali e Contributi. Una cartella contiene 2.000 battute, spazi inclusi. La prima pagina dovrà includere: titolo (in italiano e in inglese) e cognomi e nomi (per esteso) degli autori, seguiti dall'indicazione della loro istituzione di appartenenza. Dovrà inoltre essere indicato il nome e l'indirizzo dell'autore a cui inviare la corrispondenza e le bozze da correggere. Per Articoli, Rassegne e Interventi è richiesto un riassunto non superiore alle 250 parole in lingua originale e in inglese.

**Figure e tabelle:** dovranno essere allegate al testo su fogli separati ed essere numerate nell'ordine della citazione, con numeri arabi. Ognuna di esse dovrà essere corredata da una breve didascalia in italiano e in inglese. Le figure dovranno essere inviate in originale, in forma adatta alla riproduzione diretta.

**Bibliografia:** deve essere riportata su fogli a parte e numerata in ordine di citazione nel testo; deve essere contrassegnata nel testo da questo stesso numero. Seguire le norme adottate dalla us National Library of Medicine. Ogni citazione di articolo deve includere: i cognomi di tutti gli autori (se non sono più di sei) seguiti dalle iniziali dei nomi; se gli autori sono più di sei, citare solo i primi tre e aggiungere *et al.*, titolo del lavoro, titolo del periodico abbreviato come indicato in *Index Medicus*, anno, volume, pagine iniziale e finale. Ogni citazione di libro o capitolo o articolo in libro deve includere: il nome (o i nomi) dell'autore/i, il titolo del lavoro, i nomi degli editor, il titolo del libro, il luogo di edizione, la casa editrice, la data di edizione, il numero del volume, la pagina iniziale e finale del capitolo o articolo. Esempi:

**rivista:** Smith LA, McAdams HS. A cancer study, *Eur J Cancer*, 1974; 2: 125-132.

**libro:** Deignen J. *Cytogenetics Studies in Rats*. New York, Academic Press, 1969.

**articolo e capitolo in un libro:** Gorbo P. Methods of protein measurements. In: Williams YT, Sodeman WA Jr, eds, *Methods of Measurements*. New York, Mc Graw-Hill, 1969. Vol. 3, 220-236.

**Conflitti di interesse:** gli autori sono obbligati a dichiarare eventuali presenze di conflitti d'interesse (per esempio le consulenze per un'azienda i cui prodotti o attività siano pertinenti allo studio). Queste informazioni non influenzeranno il giudizio dei referee, ma verranno segnalate ai lettori se l'articolo sarà accettato per la pubblicazione.

*Epidemiologia & Prevenzione*, publishes original articles, editorials, points of view, reviews, letters.

Original articles, reviews and letters may be submitted in Italian, English, French or Spanish.

*Manuscripts should be submitted (in floppy disk plus three printed copies) to Direzione di Epidemiologia & Prevenzione, Zadig Editore, via Calzecchi 10, 20133 Milano, Italy (tel. 02-7526131; fax 02-76113040). They should be printed double-spaced on one side of the paper only. They should be accompanied by a title page bearing title, authors' fullname, affiliations and complete address for correspondence. The second page should contain a summary which should not exceed 15 typewritten lines.*

*Tables should be typewritten on separate sheets. They should have a legend and be self-explanatory. Figures must be original glossy photographs or professional drawings.*

*References should be printed on a separate sheet and numbered in the order of appearance in the text. Use the form of reference adopted by the us National Library of Medicine. Abbreviate the names of journals as in Index Medicus, 1982. References should correspond to the following style:*

**journal:** Smith LA, McAdams HS. A cancer study, *Eur J Cancer*, 1974; 2: 125-132.

**book:** Deignen J. *Cytogenetics Studies in Rats*. New York, Academic Press, 1969.

**article or chapter within a book:** Gorbo P. Methods of protein measurements. In: Williams YT, Sodeman WA Jr, eds, *Methods of Measurements*. New York, Mc Graw-Hill, 1969. Vol. 3, 220-236.

**Conflict of interest:** authors should disclose any financial arrangement with a company whose products are relevant to the submitted manuscript. Such information will not influence the editorial decision, but will be mentioned if the article is accepted for publication.