

## **Inquinamento atmosferico: quante vittime? Air pollution: how many victims?**

Paolo Crosignani, Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori. Via Venezian, 1 – 20133 Milano. E-mail: [occam@istitutotumori.mi.it](mailto:occam@istitutotumori.mi.it) (1)

Ennio Cadum, Area di Epidemiologia Ambientale ARPA Piemonte

Dario Mirabelli, Unità di Epidemiologia dei Tumori, Ospedale San Giovanni Battista di Torino e Centro di riferimento per la Prevenzione Oncologica CPO Piemonte

Alessandro Borgini, Istituto Nazionale per lo Studio e la Cura dei Tumori, Milano

Emma Porro, Dipartimento di Varese, ARPA Lombardia

(1) a cui inviare la corrispondenza

Una precedente versione del presente contributo è stata pubblicata su *New Directions / Atmospheric Environment* 36 (2002) 4705–4706

**Riassunto:** Effetti sulla salute dell'inquinamento atmosferico sulla mortalità sono stati osservati sia a breve sia a lungo termine. I primi non costituiscono una semplice anticipazione di eventi destinati comunque a manifestarsi ma rappresentano il riflesso di un generale peggioramento delle condizioni di salute della popolazione che patisce effetti molto più importanti a lungo termine. L'articolo propone una visione unificante dei due fenomeni ed un metodo per calcolarne l'entità.

**Parole chiave:** inquinamento atmosferico, impatto sulla salute, mortalità naturale

**Abstract:** Air pollution is associated with short- and long-term effects on “natural” mortality. Both can be viewed as the worsening of population health, more pronounced for long-term effects. A method for estimating this burden is proposed

**Key words:** air pollution, health impact, natural mortality

L'inquinamento atmosferico è un importante determinante della salute pubblica. Studi sugli effetti a breve termine ("serie temporali") hanno mostrato una sistematica associazione dei livelli di inquinamento atmosferico con la mortalità generale ("naturale") e altri effetti negativi<sup>1</sup> sulla salute. Nonostante l'inquinamento atmosferico comprenda svariati composti, il PM<sub>10</sub>, la concentrazione di particolato con dimensione inferiore a 10 µm, rappresenta una delle misure più utili tenuto conto della sua ben stabilita associazione con effetti negativi sulla salute e della plausibilità biologica<sup>2,3</sup> dei meccanismi d'azione. Il particolato è infatti in grado di provocare infiammazione delle parti profonde del polmone, alterare la coagulabilità del sangue<sup>4</sup>, sino a penetrare nel torrente circolatorio<sup>5</sup>.

E' stato spesso sostenuto che nel breve termine l'inquinamento atmosferico anticipi solamente delle morti che non sarebbero ad ogni modo evitabili. Schwartz<sup>3</sup> e Zanobetti et al.<sup>6</sup> hanno però evidenziato che ciò non è del tutto vero, e che invece quando l'inquinamento atmosferico aumenta vi sono sì eccessi di mortalità causati dalle morti anticipate di particolari soggetti malati (questo effetto è chiamato in inglese "harvesting" cioè "mietitura") ma questi eccessi non sono poi seguiti compensati da alcun successivo deficit di mortalità. Questo significa che l'inquinamento atmosferico non solo uccide persone tra la categoria ad alto rischio, ma fa pure affluire nuovi individui in questa categoria. Quindi le serie temporali danno una stima delle morti "extra" che avvengono in pochi giorni ma che sono anticipate da mesi a anni<sup>3</sup> rispetto a quanto si sarebbe visto in assenza di inquinamento.

Ostro<sup>7</sup> ha illustrato come questo numero di decessi può essere stimato in modo semplice moltiplicando la differenza tra il livello medio annuale di PM<sub>10</sub> e un livello "desiderabile" più basso di PM<sub>10</sub> per l'aumento del rischio di morte per ogni unità di PM<sub>10</sub>.

Per esempio, dati forniti dall'ARPA lombarda indicano per Milano un livello medio annuale di PM<sub>10</sub> di 59 µg/m<sup>3</sup> mentre le morti da cause naturali sono in media 10.580 all'anno (dati 1990-1997). Studi di serie temporali a Milano<sup>8</sup> indicano uno 0,06 % di aumento nella mortalità "naturale" per ogni aumento di PM<sub>10</sub> di 1 µg/m<sup>3</sup>. Se il livello di PM<sub>10</sub> fosse stato di 40, obiettivo programmato dall'Unione Europea<sup>9</sup> per il 2005, invece che 59 vi sarebbero state (59-40) x 0,06=1,14% morti "naturali" in meno, o in altre parole 148 morti sarebbero state posticipate. Tale proiezione è una stima conservativa: le analisi di serie temporali<sup>10</sup> sottostimano il vero impatto dell'inquinamento atmosferico; inoltre considerare il solo PM<sub>10</sub> invece che l'intera gamma di inquinanti atmosferici (CO, SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, etc.) ha anch'esso un probabile effetto di sottostima del reale impatto negativo.

Gli studi serie temporali non rilevano gli effetti di esposizioni cumulative. Studi a lungo termine di coorti<sup>11,12</sup> hanno evidenziato che livelli più alti di inquinamento atmosferico sono associati ad una aumentata mortalità. Tali risultati non sono influenzati dal fumo di tabacco o da altri potenziali confondenti e indicano una mortalità considerevolmente più alta degli studi a breve termine. Kunzli et al.<sup>13</sup> hanno stimato che una differenza di esposizione di 10 µg/m<sup>3</sup> di PM<sub>10</sub> per un lungo periodo (15 anni o più) è associata con un rischio relativo (RR) di morire (per cause naturali negli adulti oltre i 30 anni) di 1,043. Ciò significa che il rischio di morte aumenta del 4,3% ogni 10 µg/m<sup>3</sup> di aumento del PM<sub>10</sub>. Secondo Kunzli possiamo calcolare il RR come:

$$RR=1+ (\text{eccesso di inquinamento in incrementi di } 10 \mu\text{g/m}^3 \times 0.043)$$

La frazione attribuibile sarà (RR-1)/RR, assumendo che tutti gli abitanti di una città siano esposti agli stessi livelli. Per esempio il RR di morte per qualcuno che visse per lungo tempo a Milano (59µg/m<sup>3</sup>) invece che in un'area con un PM<sub>10</sub> di 40µg/m<sup>3</sup> è 1+(59-40)/10x0.043=1.08. La corrispondente frazione attribuibile è (1.08-1)/1.08=7.4%, corrispondente a 783 extra morti per anno dovute a questo eccesso di inquinamento atmosferico.

I valori calcolati per il breve termine ed il lungo termine in realtà raccontano delle storie diverse. Le stime a breve termine (nel nostro esempio 148 morti premature per anno) rappresentano la mortalità che potrebbe essere evitata immediatamente se i livelli di inquinamento fossero abbassati al livello di 40µg/m<sup>3</sup>. Gli effetti a lungo termine (783 morti risparmiate per anno) stimano ciò che accadrebbe

se l'inquinamento atmosferico rimanesse a livello del valore "desiderabile" per un numero considerevole di anni.

Calcoli simili possono essere eseguiti dalle autorità sanitarie, o da membri della comunità, per stimare gli eccessi di mortalità nelle loro aree e i guadagni potenzialmente raggiungibili con una riduzione dell'inquinamento atmosferico. I dati di mortalità sono disponibili presso le autorità sanitarie. Per molte città Europee vi sono i dati dei livelli di PM<sub>10</sub> e, quando non vi fossero, possono essere estrapolati partendo dal particolato totale sospeso (PTS). Per questo scopo dovrebbe essere usato un coefficiente compreso tra 0,6 e 0,8. Valori di aumentato rischio a breve termine per incrementi di PM<sub>10</sub> sono disponibili per molte città<sup>8,14,15</sup>. Per la stima degli effetti a lungo termine potrebbe essere usato il coefficiente di Kunzli, anche se recenti risultati<sup>16</sup> indicano un effetto più pronunciato.

Si potrebbero anche calcolare i benefici a lungo e breve termine che si potrebbero ottenere se il livello di PM<sub>10</sub> fosse di 20 µg/m<sup>3</sup> (obiettivo per il 2010 dell'Unione Europea) o anche inferiore – visto che un livello di soglia per gli effetti da inquinamento atmosferico non è stato ancora identificato.

E' improbabile che l'inquinamento atmosferico abbia un impatto solo su chi è già malato: la salute di una parte consistente della popolazione esposta sembra invece messa a rischio. Ciò è evidenziato dal forte impatto causato da esposizioni a lungo termine e dalla limitata importanza del fenomeno di "harvesting". Le implicazioni sono che invece di limitare i picchi di inquinamento (lo stop del traffico cittadino quando una determinata soglia è superata) la sola via per ridurre l'impatto sulla salute è ridurre la media di esposizione a PM<sub>10</sub>. In molti centri urbani il traffico è fonte di più del 70% del PM<sub>10</sub> atmosferico<sup>13</sup>. Il controllo delle emissioni tramite migliorie dei motori o l'uso di carburanti alternativi non è un'opzione immediata ma potrebbe esserlo nel futuro. L'opzione corrente fondamentale per poter migliorare la salute pubblica nelle città sembra quindi quella di adottare politiche che limitino il traffico stradale nelle nostre città e nelle aree limitrofe.

## Bibliografia

1. Katsouyanni K, Touloumi G, Spix, *et al.* Short-term effects of ambient sulphur dioxide and particulate matter on mortality in 12 European cities: results from time series data from the APHEA project : Air pollution and Health : a European Approach. *BMJ* 1997; 314: 1658-663.
2. Seaton A, MacNee W, Donaldson K, Godden D. Particulate air pollution and acute health effects. *Lancet* 1995; 345: 176-178.
3. Schwartz J. Is there harvesting in the association of airborne particles with daily deaths and hospital admission?. *Epidemiology* 2001;12(1):55-61.
4. HEI Perspectives. Understanding the health effects of components of particulate matter mix: progress and next steps. Health Effects Institute, 2002 ([www.healtheffects.org/pubs-perspectives.htm](http://www.healtheffects.org/pubs-perspectives.htm) consultato il 15 aprile 2003)
5. Nemmar A, Hoet PHM, Vanquickeborne B, *et al.* Passage of inhaled particles into the blood circulation in humans. *Circulation* 2002; 150: 411-4
6. Zanobetti A, Schwartz J, Siamoli E, *et al.* The temporal pattern of mortality responses to air pollution: a multicity assessment of mortality displacement *Epidemiology* 2002;13:87-93.
7. Ostro B & Chestnut L. Assessing the health benefits of reducing particulate matter air pollution in United States. *Environmental Research* 1998; A76: 94-106
8. Biggeri A, Bellini P, Terraccini B. Meta-analisis of the Italian studies on short-term effects of air pollution. *Epidemiol Prev* 2001; 25 (2) suppl: 1-72.
9. Commission of the European Communities. Council Directive 1999/30/EC relating to limit values for sulphur dioxide, oxides of nitrogen, particulate matter and lead in ambient air. *Official J Eur Communities* 1999; L163/41.29.6.1999.
10. 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;11:666-672.
11. Dockery DW, Pope CA III, Xu X, *et al.* An association between air pollution and mortality in six US cities. *N Engl J Med* 1993, 329:1753-1759.
12. Pope CA 3rd, Thun MJ, Namboodiri MM, *et al.* Particulate air pollution as a predictor of mortality in a prospective study of U.S. adults. *Am J Respir Crit Care Med* 1995; 151: 669-674.
13. Kunzli N, Kaiser R, Medina S, *et al.* Public health impact of outdoor and traffic-related air pollution: a European assessment. *Lancet* 2000; 356(9232):795-801.
14. Samet JM, Dominici F, Curriero FC, *et al.* Fine particulate air pollution and mortality in 20 U.S. cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000, 343:1742- 1749.
15. Katsouyanni K, Touloumi G, Samoli E, *et al.* 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; 12: 521-531.
16. Pope CA 3rd, Burnett RT, Thun MJ, *et al.* Lung Cancer, Cardiopulmonary Mortality, and Long-term Exposure to fine Particulate Air Pollution. *JAMA* 2002, 287:1132-1141.