

Inquinamento atmosferico delle aree urbane e rischio di cancro

Atmospheric pollution of urban areas and cancer risk

Fiorella Belpoggi, Michela Padovani, Morando Soffritti

Fondazione Europea di Oncologia e Scienze Ambientali "B. Ramazzini", Bologna, Italia

Riassunto

L'inquinamento atmosferico rappresenta, soprattutto nei paesi industrializzati, uno dei maggiori problemi di sanità pubblica. È stato stimato che in Europa esso costituisca il principale fattore di rischio ambientale e l'ottava causa di morte. È stato riportato che l'inquinamento da polveri fini nell'ambiente urbano determina circa 100.000 morti all'anno ed in particolare che la mortalità per cancro del polmone aumenta di circa l'8% per ogni incremento di 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ di $\text{PM}_{2.5}$. Nel presente lavoro si è voluto richiamare l'attenzione su dati da tempo noti ed altri più recenti riguardanti i possibili rischi per la salute (in particolare cancerogeni) derivanti dall'esposizione ad inquinanti atmosferici, ed inoltre prospettare provvedimenti relativi a possibili strategie di intervento. Eur. J. Oncol., 10 (1), 31-35, 2005

Parole chiave: inquinamento atmosferico, cancro, combustibili, benzina, ottimizzatori di ottani

Introduzione

Nei paesi industrializzati, checché se ne dica, l'inquinamento atmosferico rappresenta uno dei maggiori problemi di sanità pubblica. Secondo una recente stima dell'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), in Europa l'inquinamento atmosferico rappresenta il principale fattore di rischio ambientale e l'ottava causa di morte¹. Sempre secondo i dati dell'OMS, in Europa l'inquina-

Summary

Atmospheric pollution represents, above all in industrialized countries, one of the most important public health problems. It has been estimated that atmospheric pollution constitutes the main environmental risk factor and the eighth cause of death in Europe. It has been reported that fine particulate matter in the urban environment causes about 100,000 deaths per year and, in particular, that each 10 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ elevation in $\text{PM}_{2.5}$ is related with approximately an 8% increased risk of lung cancer mortality. The present publication is aimed at drawing people's attention to data which has long been available and to other more recently known data regarding possible health risks (in particular carcinogenic) caused by the exposure to atmospheric pollutants, and, moreover, to propose measures for possible interventive strategies. Eur. J. Oncol., 10 (1), 31-35, 2005

Key words: atmospheric pollution, cancer, fuels, gasoline, octane enhancers

mento da polveri fini nell'ambiente urbano è responsabile ogni anno di circa 100.000 morti (equivalenti a 725.000 anni di vita perduti)^{1,2}.

Le sorgenti

Le principali sorgenti di inquinamento atmosferico sono rappresentate da: autoveicoli, industrie (chimiche e raffinerie), impianti di riscaldamento, inceneritori o ter-

Received/Pervenuto 15.10.2004 - Accepted/Accettato 30.11.2004

Address/Indirizzo: Dr. Morando Soffritti, Centro di Ricerca sul Cancro, Fondazione Europea di Oncologia e Scienze Ambientali "B. Ramazzini", Via Saliceto 3, 40010 Bentivoglio (BO), Italia - Tel. 0039/051/6640460 - Fax 0039/051/6640223 - E-mail: crcf@ramazzini.it

movalorizzatori, discariche, incendi, concimi e fertilizzanti utilizzati in agricoltura, etc.

Dagli autoveicoli circolanti deriva circa il 50% delle emissioni inquinanti atmosferiche. Agli inizi del 2000 il parco macchine mondiale constava di 750 milioni di autoveicoli, di cui circa i due terzi concentrati negli USA, nella Comunità Europea ed in Giappone. Attualmente l'Italia, con una popolazione che rappresenta poco meno dell'1% di quella mondiale, ed una superficie che è lo 0,22% delle terre emerse del pianeta, ha un parco macchine di oltre 33 milioni, pari al 4,4% di quello mondiale, ed è al 4° posto, dopo gli USA, la Germania ed il Giappone, per numero di autoveicoli circolanti.

Il consumo annuo di benzina nel mondo è stato valutato in oltre 600.000.000 di tonnellate, di cui circa 300.000.000 negli USA, 130.000.000 nella Comunità Europea, ed oltre 17.000.000 in Italia.

Le emissioni

Gli inquinanti atmosferici sono molteplici. Una recente indagine dell'Environmental Protection Agency (EPA) americana ha evidenziato la presenza nell'atmosfera di circa 40 agenti di accertata tossicità/cancerogenicità, fra i quali: benzene, composti del cromo, formaldeide, arsenico, acrilonitrile, cadmio, piombo, tricloroetilene, 1,3 butadiene, cloruro di vinile, idrocarburi aromatici policiclici, materiale particolato (PM_{10} - $PM_{0,1}$), in particolare quello derivante dalle emissioni dei motori diesel³.

Gli effetti tossici

Gli effetti tossici per l'uomo, dovuti all'esposizione ad inquinanti atmosferici, possono essere di tipo acuto, soprattutto per persone particolarmente suscettibili come bambini ed anziani, e/o cronici.

A) Effetti tossici acuti: possono manifestarsi a livello di vari organi ed apparati, in particolare quelli a diretto contatto con gli inquinanti, quali la cute e l'apparato respiratorio, ma anche a livello del sistema nervoso, rene ed apparato urinario, e del sistema immunitario. Le manifestazioni cliniche possono essere di vario tipo e dipendono principalmente dalla tipologia e concentrazione degli inquinanti, e dalla sensibilità individuale. Possono presentarsi come patologie infiammatorie delle vie respiratorie, o come patologie cardiocircolatorie con esiti a volte molto gravi. Studi epidemiologici hanno infatti dimostrato che un aumento della concentrazione di PM_{10} di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ può determinare un aumento della mortalità giornaliera dello 0,5%⁴. Un esempio paradigmatico fu l'episodio verificatosi a Londra nel

1952 durante il quale, in conseguenza di 5 giornate di forte smog, tra il dicembre '52 ed il febbraio '53, si verificarono oltre 12.000 decessi in più rispetto agli attesi⁵. In uno studio pubblicato recentemente, condotto in 95 grandi città americane (rappresentative del 40% della popolazione USA), è stato riportato che un incremento di 10 ppb di ozono nella settimana precedente, era associato ad un aumento dello 0,5% della mortalità giornaliera e, in specifico, ad un aumento dello 0,64% della mortalità per patologie cardiovascolari e polmonari⁶.

B) Effetti tossici cronici: l'esposizione prolungata ad inquinanti atmosferici, in particolare $PM_{2,5}$, può determinare un aumento della mortalità per patologie cardiocircolatorie e tumorali. Uno studio condotto all'inizio degli anni '90 negli USA dimostrò come la sopravvivenza dei cittadini residenti in città a più basso livello di PM era maggiore di circa 2 anni rispetto a quella di coloro che vivevano in città con livelli di concentrazione di PM più elevata⁷. Questi dati sono confermati dai risultati di una più recente ricerca, sempre americana, dalla quale risulta che la mortalità per cancro del polmone aumenta dell'8% per ogni incremento di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$ di $PM_{2,5}$ ⁸.

Le prospettive

La consapevolezza della dimensione e dell'urgenza del problema ecologico e sanitario, dovuto all'inquinamento atmosferico delle grandi città e delle aree metropolitane, rende necessaria la promozione di una strategia di controllo che, a nostro avviso, schematicamente comporta 4 momenti, dei quali uno culturale e tre tecnologici.

Il momento culturale consiste nella promozione di una nuova antropologia che, in primo luogo, in linea con i dettami della strategia di sviluppo sostenibile ed emancipata dalla dipendenza dai miti del consumismo in generale (in specifico dall'immagine dell'automobile come *status symbol*), determini gradualmente una riduzione dell'autolocomozione.

I principali obiettivi che, nel breve periodo, l'innovazione tecnologica si deve proporre, al fine di diminuire l'impatto sanitario dell'inquinamento atmosferico, dovrebbero consistere in:

- 1) produzione di carburanti meno inquinanti, sia in termini di vapori che di composti generati durante la combustione;
- 2) messa a punto di motori più efficienti che consentano una riduzione dei prodotti di combustione emessi;
- 3) sistemi di abbattimento dei prodotti di combustione (come la post-combustione catalitica).

La produzione di carburanti meno inquinanti presuppone studi di ricerca biomedica per caratterizzare qualitativamente e quantitativamente effetti tossici a breve e a lungo termine (in particolare cancerogeni) dei vari tipi di carburanti, dei loro costituenti e dei loro prodotti di combustione, e soprattutto presuppone una valutazione relativa dei rischi, al fine di operare scelte più congrue che abbiano come risultato una riduzione di tali rischi.

I problemi della tipologia dei carburanti, dei motori e dei sistemi di abbattimento dei prodotti di combustione sono strettamente correlati ed interdipendenti, e vanno visti ed affrontati in maniera unitaria.

Nella situazione attuale le problematiche ecologiche e sanitarie correlate al binomio carburanti - motori, non possono e non devono essere gestite nell'ottica del solo profitto, storicamente datata, ma ancora prevalente. Le scelte dovranno essere fatte invece tenendo conto di valutazioni globali, che considerino sia i pro che i contro, e che abbiano una base scientifica adeguata.

Ad esempio, l'introduzione di nuovi combustibili può ridurre la presenza di alcuni componenti tossici per l'ambiente e per la salute, ma ne può generare, e di fatto ne genera, di nuovi. Rischio sconosciuto non significa assenza di rischi. Un nuovo combustibile non può essere presentato come migliorativo fino a quando ciò non sia stato dimostrato da studi adeguati.

Questa strategia presenta degli aspetti tecnologici, economici, sociali e sanitari ugualmente importanti e complessi. Bisogna però prendere atto che, rispetto all'attenzione che viene data alla ricerca scientifica ed agli investimenti finalizzati agli aspetti tecnologico-economici e sociologici, molte meno risorse sono destinate alla ricerca biomedica, vista ancora di retroguardia, e cioè riparativa dei guasti compiuti e non, come in realtà dovrebbe essere considerata, ricerca di sviluppo.

Il progetto di ricerca della Fondazione Ramazzini sui rischi cancerogeni dei carburanti, loro costituenti ed additivi: risultati ed indicazioni

Nonostante sia da tempo noto il problema dell'entità dell'impatto ambientale dei carburanti per autotrazione, le conoscenze scientifiche e le informazioni biomediche sui possibili rischi per la salute, in particolare cancerogeni, derivanti dall'esposizione a vapori e prodotti di combustione di tali composti, sono a tutt'oggi scarse, frammentarie, inadeguate e spesso frutto di iniziative non coordinate e contingenti. Infatti, le conoscenze finora acquisite non consentono, o consentono solo marginalmente, una valutazione quantitativa dei rischi per la salute dei vari tipi di carburanti.

È per questo motivo che, già a metà degli anni '70, presso il Centro di Ricerca sul Cancro della Fondazione Ramazzini, è iniziato un vasto progetto di ricerca integrato e sistematico per la valutazione dei possibili effetti cancerogeni di varie tipologie di carburanti, dei loro maggiori costituenti ed additivi.

La tipologia ed i risultati degli studi sperimentali di cancerogenicità a lungo termine condotti dalla Fondazione Ramazzini su vari tipi di carburanti, sui maggiori costituenti aromatici delle benzine e sui principali additivi delle benzine, sono riportati rispettivamente nelle Tabelle 1-3.

Questo progetto di ricerca, condotto nell'arco di oltre 20 anni, ha comportato complessivamente l'effettuazione di 51 saggi sperimentali, lo studio di 42 diversi composti, e l'utilizzo di oltre 20.000 animali da laboratorio (ratti e topi). Tutti gli esperimenti sono stati condotti secondo le Buone Pratiche di Laboratorio internazionali, e quindi i risultati sono fruibili per nuove scelte tecnologiche e per adeguamenti di normative.

In particolare, il progetto ha permesso di dimostrare per la prima volta che:

- 1) tutti i carburanti correntemente utilizzati sono in grado di indurre tumori negli animali sperimentali;

Tabella 1 - Studi di cancerogenicità a lungo termine su ratti Sprague-Dawley, esposti a vari tipi di carburanti, condotti dalla Fondazione Ramazzini. Risultati

Agente	Cancerogenicità ^a
Benzina con piombo ⁹	+
Benzina senza piombo con alto contenuto di aromatici (tipo europeo) ⁹	+
Benzina senza piombo a basso contenuto di aromatici (tipo americano)	+
Diesel ⁹	+
Cherosene ⁹	+

^a+ = chiara evidenza

Tabella 2 - Studi di cancerogenicità a lungo termine su roditori, esposti a vari tipi di costituenti aromatici presenti nelle benzine, condotti dalla Fondazione Ramazzini. Risultati

Agente	Tumori maligni totali/ 100 animali (M + F)	Indice di cancerogenicità ^a
Benzene ¹⁰	160,8	6,56
Toluene ¹¹	68,8	2,81
Xileni ⁹	56,4	2,30
Etilbenzene ⁹	40,3	1,64
Olio di oliva (controllo)	24,5	1,00

^aRapporto tra i tumori maligni totali osservati e quelli attesi

Tabella 3 - Studi di cancerogenicità a lungo termine su roditori, esposti a vari tipi di ottimizzatori di ottani delle benzine, condotti dalla Fondazione Ramazzini. Risultati

Agente	Cancerogenicità ^a	
	Ratto	Topo
<i>Additivi ossigenati</i>		
Alcool metilico ¹²	+	
Alcool etilico ¹²	+	+
MTBE ¹³	+	
ETBE ¹⁴	(+)	
TAME ¹⁵	(+)	
DIPE ¹⁵	+	
<i>Isoparaffine</i>		
TMP	(+)	

^a + = chiara evidenza; (+) = limitata evidenza

- 2) il benzene è un agente cancerogeno multipotente e, proprio a seguito di questa dimostrazione, sono seguite a livello nazionale ed internazionale normative più restrittive per quanto riguarda l'esposizione negli ambienti di lavoro e di vita generale;
- 3) l'MTBE (etere metilbutilico), prodotto al mondo in oltre 20 milioni di tonnellate, e che negli anni '90 ha sostituito il piombo come ottimizzatore di ottani della benzina (la quale per questo motivo fu definita "verde"), è un composto che produce linfomi e leucemie in ratti femmine, e tumori del testicolo nei maschi; e
- 4) altri additivi ossigenati, ritenuti attualmente potenziali alternative all'MTBE, risultano cancerogeni.

I risultati di queste ricerche indicano la necessità di identificare e produrre nuove tipologie di carburante di origine fossile, le cui formulazioni contengano meno sostanze tossiche o, perlomeno, a minor concentrazione rispetto alle attuali.

Nel lungo periodo soluzioni finalizzate alla riduzione della mobilità privata ed allo sviluppo di infrastrutture per la mobilità su mezzi pubblici non sono più procrastinabili.

Nel frattempo, i dati epidemiologici sugli effetti tossici acuti dell'inquinamento atmosferico riportati nella letteratura scientifica nazionale ed internazionale, richiamano la necessità di misure precauzionali^{16,17}. Fra queste la sospensione del traffico urbano nelle giornate di elevata concentrazione di PM, trova una motivata giustificazione.

Conclusioni: il ruolo della ricerca scientifica

La salvaguardia dell'ambiente, la tutela della salute e della qualità della vita rappresentano un problema plane-

tario, e sono un tutt'uno per una strategia che voglia perseguire un modello di sviluppo più fisiologico, finalizzato ad una maggiore conservazione delle risorse, e ad una più equa risposta alle legittime aspettative di tutta la popolazione del globo.

È certamente vero che molti errori sono stati commessi, molti disastri sono stati compiuti, e per questo c'è disorientamento nella società di oggi.

Per uscire da tale situazione è innanzitutto necessario censire le risorse, censire i ritmi di ricostituzione di quelle rigenerabili, prevedere l'aumento della domanda di beni puntando soprattutto sulla loro qualità e sulla loro essenzialità. Bisogna inoltre demolire i miti artificiosi del consumo, che trasforma risorse preziose in rifiuti tossici e materie prime in scorie e quindi, in definitiva, emanciparsi dai condizionamenti psicologici.

La ricerca scientifica non è certamente sufficiente a determinare questo capovolgimento, ma è necessaria. Essa però dev'essere libera nell'identificare le problematiche, nel definire le priorità, nel decidere i programmi, nel valutare i risultati conseguiti e, soprattutto, deve stabilire dei rapporti con la società, che deve avvalersi del suo contributo. Tali rapporti tuttavia non devono ledere l'autonomia della ricerca scientifica: in altre parole, devono essere rapporti di interazione ed interdipendenza, ma non di dipendenza.

Bibliografia

1. Ezzati M, Lopez AD, Rodgers A, *et al.* Selected major risk factors and global and regional burden of disease. *Lancet* 2002; 360: 1347-60.
2. World Health Organization. The world health report 2002 – Reducing risks, promoting healthy life. Disponibile su: <http://www.who.int/whr/>. Geneva: WHO; 2002.
3. NATA: National-scale Air Toxic Assessment; Environmental Protection Agency, 2003. Disponibile su: <http://www.epa.gov/ttn/atw/nata/34poll.html>.
4. Samet JM, Dominici F, Curriero F, *et al.* Fine particulate matter, air pollution and mortality in 20 US cities, 1987-1994. *N Engl J Med* 2000; 343: 1742-9.
5. Bell M, Devis DL. Reassessment of the lethal London fog of 1952: novel indicators of acute and chronic consequences of acute exposure to air pollution. *Environ Health Perspect* 2001; 109: 389-94.
6. Bell ML, McDermott A, Zeger SL, *et al.* Ozone and short-term mortality in 95 US urban communities, 1987-2000. *JAMA* 2004; 292 (19): 2372-8.
7. Dockery DW, Pope CA, Xu X, *et al.* An association between air pollution and mortality in six US cities. *N Engl J Med* 1993; 329: 1753-9.
8. Pope CA III, Burnett RT, Thun MJ, *et al.* Lung cancer, cardiovascular mortality, and long-term exposure to fine particulate air pollution. *JAMA* 2002; 287: 1132-41.

9. Maltoni C, Ciliberti A, Pinto C, *et al.* Results of long-term experimental carcinogenicity studies of the effects of gasoline, correlated fuels, and major gasoline aromatics on rats. *Ann NY Acad Sci* 1997; 837: 15-52.
10. Maltoni C, Ciliberti A, Cotti G, *et al.* Benzene, an experimental multipotential carcinogen: results of the long-term bioassays performed at the Bologna Institute of Oncology. *Environ Health Perspect* 1989; 82: 109-24.
11. Soffritti M, Belpoggi F, Padovani M, *et al.* Lifetime carcinogenicity bioassays of toluene given by stomach tube to Sprague-Dawley rats. *Eur J Oncol* 2004; 9 (2): 91-102.
12. Soffritti M, Belpoggi F, Cevolani D, *et al.* Results of long-term experimental studies on the carcinogenicity of methyl alcohol and ethyl alcohol in rats. *Ann NY Acad Sci* 2002; 982: 46-69.
13. Belpoggi F, Soffritti M, Filippini F, *et al.* Results of long-term experimental studies on the carcinogenicity of methyl-tert-butyl ether. *Ann NY Acad Sci* 1997; 837: 77-95.
14. Maltoni C, Belpoggi F, Soffritti M, *et al.* Comprehensive long-term experimental project of carcinogenicity bioassays on gasoline oxygenated additives: plan and first report of results from the study on ethyl-tertiary butyl ether (ETBE). *Eur J Oncol* 1999; 4 (5): 493-508.
15. Belpoggi F, Soffritti M, Minardi F, *et al.* Results of long-term carcinogenicity bioassays on tert-amyl-methyl-ether (TAME) and di-isopropyl-ether (DIPE) in rats. *Ann NY Acad Sci* 2002; 982: 70-86.
16. Biggeri A, Bellini P, Terracini B. Metanalisi italiana degli studi sugli effetti a breve termine dell'inquinamento atmosferico 1996-2000. *Epidemiol Prev* 2004; 28: Suppl 4-5.
17. Pope CA. Air pollution and health. Good news and bad. *N Engl J Med* 2004; 355: 1132-4.

