

Livelli stagionali di quarzo respirabile misurati in un sito dell'area metropolitana di Roma nel periodo 1997-1998

Salvatore PULEDDA, Marcello FERDINANDI e Marco INGLESSIS

Laboratorio di Igiene Ambientale, Istituto Superiore di Sanità, Roma

Riassunto. - In seguito alla recente inclusione da parte della International Agency for Research on Cancer di Lione della silice cristallina, nelle forme del quarzo e della cristobalite, nel gruppo I, cioè tra le sostanze sicuramente cancerogene per l'uomo, è apparso indispensabile effettuare nuovi studi per quantificare i livelli di esposizione e conseguentemente di rischio per la popolazione generale. La silice cristallina è uno degli inquinanti più studiati e sui livelli di esposizione occupazionale ad essa esiste una vastissima letteratura. Molto diversa è la situazione per quanto riguarda i livelli di esposizione ambientale. In questo caso i dati sono scarsi e spesso di qualità non soddisfacente. Questo studio costituisce il proseguimento di un precedente lavoro nel quale venivano riportate le concentrazioni del quarzo nel PM10 in un sito dell'area metropolitana di Roma in alcune settimane del 1994. Le misure erano state effettuate attraverso un nuovo procedimento di misura basato sulla diffrattometria a raggi X con il metodo del filtro d'argento che permette di quantificare in modo riproducibile le piccole quantità di quarzo presenti nell'atmosfera urbana. In questo studio vengono riportate le concentrazioni medie giornaliere del quarzo nel PM10 relative a 4 settimane, rappresentative delle diverse stagioni, nel periodo maggio 1997-febbraio 1998, e relative a campionamenti effettuati nello stesso sito. Si è proceduto ad un confronto con i valori riscontrati nel precedente lavoro e sono state anche riportate le stime del rischio di sviluppare cancro polmonare a cui è esposta la popolazione generale per i livelli di quarzo misurati. Tali stime derivano da alcuni lavori preliminari pubblicati negli ultimi anni.

Parole chiave: quarzo, particolato respirabile, diffrattometria a raggi X.

Summary (*Seasonal concentration levels of respirable quartz found in a site of the metropolitan area of Rome in 1997-1998*). - After the International Agency for Research on Cancer (IARC), Lyon classified crystalline silica within Class I, i.e. substances for which there is clear evidence of carcinogenicity to man, the need was felt for further studies to quantify the concentration levels and ensuing risks the general population is exposed to. Crystalline silica is a well-known pollutant which has been largely dealt with in literature as far as occupational exposure is concerned. On the contrary, the data resulting from environmental studies are scarce and usually inadequate, hence the importance of determining the levels of quartz (the most common form of crystalline silica) in the respirable fraction of the airborne particulate in urban areas in a reliable way. This paper is the continuation of a previous study which reported data on quartz concentrations in PM10 collected in an urban site of the metropolitan area of Rome in 1994 (the first year PM10 started to be collected). Measurements had been made with a new procedure that involved the use of X-ray diffractometry and silver filters, permitting the reproducible quantification of small amounts of quartz in the urban atmosphere. In the present work we report the mean daily quartz concentrations in PM10 collected for four weeks representative of the four seasons, from May 1997 to February 1998, in the same sampling site as in 1994. We then compare the two sets of data; in addition, we report preliminary estimates of the potential risk of contracting lung cancer for the general population.

Key words: quartz, PM10, X-ray diffractometry.

Introduzione

In seguito alla recente inclusione da parte della International Agency for Research on Cancer di Lione (IARC) della silice cristallina, nelle forme del quarzo e della cristobalite, nel gruppo I, cioè tra le sostanze sicuramente cancerogene per l'uomo [1], è apparso indispensabile effettuare nuovi studi per quantificare i livelli di esposizione e conseguentemente di rischio per la popolazione generale. Come è noto, la silice cristallina è uno degli inquinanti più studiati e da più antica data, e

sui livelli di esposizione occupazionale ad essa esiste una vastissima letteratura. Molto diversa è la situazione per quanto riguarda i livelli di esposizione ambientale. In questo caso i dati sono scarsi e spesso di qualità non soddisfacente. La gran parte di essi si riferisce agli USA, dove vengono riportate concentrazioni di quarzo nell'aria generalmente compresi tra 1 e 3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, con valori massimi intorno ad 8 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ [2]; il quarzo costituisce una percentuale della frazione respirabile del particolato (PM10) variabile tra l'1 e il 10%. Questi dati, nella maggior parte dei casi, non corrispondono a misure

dirette del quarzo ma piuttosto a stime derivanti da misure di silicio effettuate per fluorescenza a raggi X, spesso sul particolato totale e non su quello respirabile. Molto scarsi, e anch'essi spesso riferiti alle polveri sospese totali, sono i dati disponibili per le città europee. Di qui l'importanza di effettuare nuove determinazioni dei livelli di quarzo presente nella frazione respirabile del particolato aerodisperso nell'aria urbana attraverso misure dirette.

Questo studio costituisce il proseguimento di un precedente lavoro nel quale venivano riportati dei dati preliminari riguardanti le concentrazioni del quarzo nel PM10 in un sito dell'area metropolitana di Roma in alcune settimane del 1994. Le misure erano state effettuate attraverso un nuovo procedimento di misura basato sulla diffrattometria a raggi X con il metodo del filtro d'argento che permetteva di quantificare in modo riproducibile le piccole quantità di quarzo presenti nell'atmosfera urbana [3].

Nel presente lavoro vengono riportate le concentrazioni medie giornaliere del quarzo nel PM10 relative a 4 settimane, rappresentative delle diverse stagioni, nel periodo maggio 1997-febbraio 1998, nello stesso sito urbano in cui erano stati effettuati i campionamenti nel 1994. Si è poi proceduto ad un confronto con i valori riscontrati nel precedente lavoro, ottenendo così dati sufficientemente rappresentativi della concentrazione media del quarzo respirabile nell'area urbana romana. Per ultimo, sono riportate le stime del rischio di sviluppare cancro polmonare a cui è esposta la popolazione generale per i livelli di quarzo misurati. Tali stime derivano da alcuni lavori preliminari pubblicati negli ultimi anni e si basano su estrapolazioni effettuate a partire dai risultati di lavori di epidemiologia occupazionale o di esperimenti su animali.

Materiali e metodi

Campionamenti del PM10

Il quarzo è stato determinato partendo da campionamenti di 24 ore del PM10. I prelievi sono stati effettuati tramite una stazione fissa collocata in una zona semicentrale, a 15 metri circa dal ciglio stradale. Il campionatore è un Airborne Particles Monitor (APM), modello 1.0 della ditta Elecos di Roma. La testa di prelievo, collocata ad una altezza di circa 2 metri, è nota come testa di Liu [4] ed è costruita in modo tale da garantire un'aspirazione dell'aria indipendente da velocità e direzione del vento con una selezione granulometrica del particolato aerodisperso inferiore a 10 μm . Il particolato viene depositato su membrane filtranti di esteri misti di cellulosa con diametro di 47 mm e porosità di 0,8 μm . La linea di prelievo e la camera di misura sono termostate a 50 °C, in modo da garantire campionamento e misura su membrana secca in

condizioni costanti. Il sistema di misura incorporato è basato sul principio dell'assorbimento differenziale delle radiazioni β di bassa energia da parte del particolato ed avviene tramite l'utilizzo di una sorgente radioattiva solida di ^{14}C di bassa attività ed un rivelatore Geiger per radiazioni β a finestra sottile ed ad alta efficienza. Il campionamento si effettua con flusso d'aria costante a 20 l/min. I risultati del campionamento vengono forniti come massa totale di PM10 depositata su filtro nelle 24 ore (intervallo 00:00-24:00) e massa del PM10 per m^3 normalizzato.

Determinazione quantitativa del quarzo

La determinazione quantitativa del quarzo è stata effettuata mediante analisi diffrattometrica a raggi X. Il metodo e le condizioni operative utilizzate sono quelle descritte nel precedente lavoro [3]. I campioni di PM10 depositati su filtri di esteri misti di cellulosa sono stati inceneriti a bassa temperatura in plasma di ossigeno per eliminare la componente organica. Il residuo minerale ottenuto è stato quantificato con pesata gravimetrica e depositato, mediante filtrazione, dopo sospensione in opportuna soluzione disperdente, su membrana d'argento millipore di 25 mm di diametro e porosità di 0,45 μm . Per la creazione della curva di calibrazione sono stati utilizzati standard di riferimento di granulometria media di 1,08 μm . Si tratta di un valore non lontano da quello relativo al quarzo aerodisperso campionato precedentemente nello stesso sito il quale, sulla base di misure di microscopia elettronica, risultava essere di 4,3 μm [3].

Risultati

Nelle Tab. 1-4 sono riportate, per le 4 settimane in esame, le concentrazioni del PM10 nell'aria, le rispettive frazioni minerali, le concentrazioni di quarzo aerodisperso e le percentuali di quarzo nel PM10. Nella Fig. 1 sono riportate le concentrazioni medie settimanali del quarzo nelle 4 settimane in esame e, per confronto, i valori stagionali riscontrati in 4 settimane del 1994. La concentrazione media del quarzo nelle 4 settimane del 1997-98 è di 0,81 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che rappresenta una percentuale media sul PM10 dell'1,7%. Tali valori sono simili a quelli riscontrati nel 1994, quando si aveva una concentrazione media di 1,05 $\mu\text{g}/\text{m}^3$, che rappresentava una percentuale sul PM10 dello 2,57%. Per il 1997 le concentrazioni massime di quarzo si riscontrano nel mese di maggio (1,23 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e le minime nel mese di ottobre (0,55 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). Tali differenze non sono però indicative di andamenti stagionali diffusi, come si evince dal confronto con i dati del 1994, quando le concentrazioni massime di quarzo nell'aria si riscontravano nel mese di ottobre (1,50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e le minime nel mese di febbraio (0,64 $\mu\text{g}/\text{m}^3$). I valori medi trovati sono paragonabili ai valori di concentrazione più bassi presenti nelle città americane [2].

Tabella 1. - Concentrazioni di quarzo e particolato (PM10), maggio 1997

Data	PM10 (mg/Nm ³)	Fraz. min. nel PM10 (%)	Conc. quarzo (µg/Nm ³)	Quarzo nel PM10 (%)
12/05/97	0,042	17,92	0,82	1,95
13/05/97	0,055	20,87	1,06	1,93
14/05/97	0,054	21,27	1,13	2,08
15/05/97	0,070	32,94	1,00	1,43
16/05/97	0,067	34,82	1,41	2,10
17/05/97	0,048	47,66	1,46	3,04
18/05/97	0,057	26,83	1,71	2,99
Media	0,056	28,90	1,23	2,22
DS	0,010	10,42	0,31	0,59

DS: deviazione standard.

Tabella 2. - Concentrazioni di quarzo e particolato respirabile (PM10), agosto 1997

Data	PM10 (mg/Nm ³)	Fraz. min. nel PM10 (%)	Conc. quarzo (µg/Nm ³)	Quarzo nel PM10 (%)
04/08/97	0,033	42,11	0,91	2,75
05/08/97	0,040	26,09	0,99	2,47
06/08/97	0,040	25,86	0,79	1,99
07/08/97	0,040	25,86	0,89	2,22
08/08/97	0,045	30,77	0,74	1,64
09/08/97	0,041	25,64	0,46	1,12
10/08/97	0,043	24,19	0,63	1,46
Media	0,040	28,65	0,77	1,95
DS	0,004	6,28	0,18	0,58

DS: deviazione standard.

Conclusioni

I dati raccolti possono essere considerati sufficientemente indicativi della concentrazione media del quarzo nel PM10 relativamente al sito considerato. La concentrazione media riscontrata (circa 1 µg/m³) risulta essere di 100 volte inferiore al valore limite proposto per gli ambienti lavorativi dall'American Conference of Governmental Hygienists (ACGIH) ed adottato in Italia (100 µg/m³). Occorrono tuttavia osservazioni più sistematiche, fatte in numerosi siti rappresentativi, per quantificare i livelli di esposizione a cui è sottoposta la popolazione generale nell'area metropolitana di Roma. D'altra parte, visto che all'interno di tale area non esistono cave o fabbriche che

lo utilizzano, il quarzo sembra derivare soprattutto dall'erosione dei laterizi o della malta degli edifici; inoltre, la sua bassa granulometria gli permette di rimanere in sospensione per lunghi periodi di una volta sollevato dal traffico veicolare. E' anche ipotizzabile che la sabbia africana, trasportata dai venti di scirocco che raggiungono Roma soprattutto nella stagione estiva, contribuisca alla formazione di particelle di quarzo respirabile; ma questo può avvenire solo dopo che la granulometria di tale sabbia è stata ridotta dai fattori atmosferici o da altri agenti.

Per quanto riguarda il rischio associato alle concentrazioni misurate nel sito in questione, le conoscenze attuali non permettono di affermare in modo certo che possano costituire o meno un danno per la salute.

Tabella 3. - Concentrazioni di quarzo e particolato respirabile (PM10), ottobre 1997

Data	PM10 (mg/Nm ³)	Fraz. min. nel PM10 (%)	Conc. quarzo (µg/Nm ³)	Quarzo nel PM10 (%)
06/10/97	0,039	34,19	0,75	1,91
07/10/97	0,034	30,00	0,40	1,16
08/10/97	0,027	37,04	0,36	1,34
09/10/97	0,044	38,46	0,53	1,22
10/10/97	0,052	33,56	0,70	1,34
11/10/97	0,035	29,41	0,49	1,41
12/10/97	0,032	32,26	0,63	1,97
Media	0,038	33,56	0,55	1,48
DS	0,008	3,37	0,15	0,33

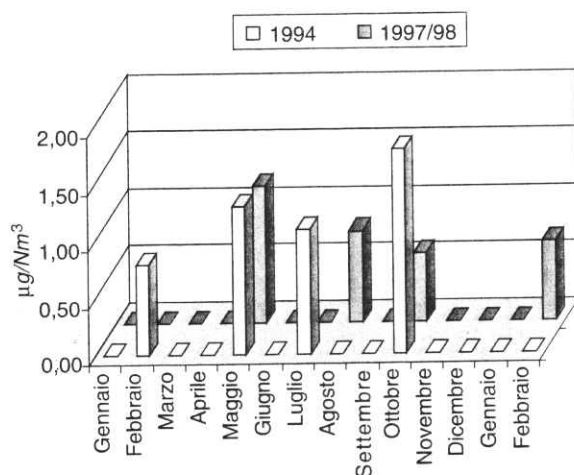
DS: deviazione standard.

Tabella 4. - Concentrazioni di quarzo e particolato respirabile (PM10), febbraio 1998

Data	PM10 (mg/Nm ³)	Fraz. min. nel PM10 (%)	Conc. quarzo (µg/Nm ³)	Quarzo nel PM10 (%)
16/02/98	0,080	20,41	0,79	0,99
17/02/98	0,074	13,27	0,63	0,85
18/02/98	0,042	31,01	0,60	1,42
19/02/98	0,045	28,57	0,66	1,47
20/02/98	0,070	23,26	0,85	1,21
21/02/98	0,068	19,14	0,75	1,11
22/02/98	0,052	18,75	0,58	1,11
Media	0,062	22,06	0,69	1,17
DS	0,015	6,10	0,10	0,22

DS: deviazione standard.

Recentemente sono stati pubblicati alcuni lavori che presentano estrapolazioni tendenti a valutare l'ipotetico rischio di sviluppare silicosi ambientale e cancro polmonare da parte della popolazione generale. Tali estrapolazioni sono state effettuate utilizzando i livelli di rischio associati a determinate esposizioni cumulative occupazionali o i livelli derivanti da lavori su animali [2, 5, 6]. Le stime del rischio così ottenute presentano una notevole variabilità che dipende dalla altrettanto ampia variabilità riscontrata nelle associazioni dose-risposta trovate negli studi occupazionali e negli studi effettuati su animali. Goldsmith *et al.*, ad esempio, partendo da estrapolazioni di tipo occupazionale, valutano l'ipotetico rischio di cancro polmonare per un soggetto esposto a vita ad una concentrazione ambientale di silice cristallina di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nell'intervallo tra $1,8 \times 10^{-7}$ e $6,8 \times 10^{-5}$ [6]. Partendo da studi su animali, Collins e Marty, riportano invece, per la stessa esposizione, valori di rischio che variano da $5,0 \times 10^{-6}$ a $2,6 \times 10^{-3}$ [5].

**Fig. 1.** - Quarzo nel particolato respirabile (PM10). Medie settimanali.

C'è anche da dire che è stato ampiamente dimostrato che la silice cristallina presente nell'ambiente generale è molto meno dannosa rispetto a quella, di origine recente, presente in ambiente lavorativo [2]. Le particelle di origine recente infatti presentano sulla superficie radicali reattivi originati dalla rottura dei legami tra silicio ed ossigeno; tali radicali decadono con il tempo. Inoltre i meccanismi di depurazione polmonare sembrano essere molto più efficienti con le basse dosi di particelle inalate presenti nell'ambiente che con le alte dosi di picco raggiunte nei luoghi di lavoro [2]. Il meccanismo attualmente ipotizzato per spiegare le patologie associate all'esposizione alla silice cristallina si basa sull'azione citotossica di tale sostanza e sullo sviluppo di una infiammazione nel polmone profondo con aumentata produzione e liberazione di radicali liberi [7]; tali effetti potrebbero non verificarsi alle basse dosi di esposizione, quando i meccanismi di *clearance* assicurano una adeguata depurazione polmonare. Tutti questi fattori rendono plausibile l'ipotesi che esista una dose di soglia sotto la quale non si verificano effetti dannosi per la salute [8]; l'esistenza di tale valore deve però ancora essere dimostrato ed, eventualmente, determinato. Si rendono quindi necessari ulteriori studi per quantificare i livelli di esposizione della popolazione generale alla silice cristallina ed i rischi realmente associati a tale esposizione ambientale.

Ricevuto il 19 settembre 1998.

Accettato l'8 marzo 1999.

BIBLIOGRAFIA

1. INTERNATIONAL AGENCY FOR RESEARCH ON CANCER. 1997. *Silica, some silicates, coal dust and para-aramid fibrils*. IARC, Lyon. (IARC monographs, n. 68).
2. UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY. 1996. *Ambient levels and noncancer health effects of inhaled crystalline and amorphous silica: health issue assessment*. USEPA, Office of Research and Development, Washington, DC (EPA/600/R-95/115).
3. PULEDDA, S., PAOLETTI, L. & FERDINANDI, M. 1997. Livelli di concentrazione del quarzo aerodisperso in un sito urbano. *Med. Lav.* **88**(6): 475-488.
4. BENJAMIN, Y.H., LIU, D., PUT, Y.H. 1981. Aerosol sampling inlet and inhalable particles. *Atmosph. Environ.* **15**: 589-600.
5. COLLINS, J.F. & MARTY, M.A. 1997. Cancer risk assessment for crystalline silica. *J. Expos. Anal. Environ. Epidemiol.* **7**(3): 359-366.
6. GOLDSMITH, D.F., RUBLE, R.P. & KLEIN, C.O. 1995. Comparative cancer potency from extrapolations of human and animal findings. *Scand. J. Work Environ. Health* **21**(Suppl. 2): 104-107.
7. DONALDSON, K. & BORM, P.J.A. 1998. The quartz hazard. A variable entity. *Ann. Occup. Hyg.* **42**(5): 287-294.
8. KLEIN, A.K. & CHRISTOPHER, J.P. 1995. Evaluation of crystalline silica as a threshold carcinogen. *Scand. J. Environ. Health* **21**(Suppl. 2): 95-98.