

# Indagine sui rischi ambientali in una raffineria

T. VALENTE, L. PANE e D. CHIAPPERINI

*Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università di Genova*

## INTRODUZIONE

Il maggior problema per lo svolgimento di una indagine ambientale in una raffineria è rappresentato dalle notevoli difficoltà di valutazione della reale esposizione giornaliera dei lavoratori ai diversi fattori di nocività. Infatti gli operatori sono esposti agli inquinanti in maniera variabile nel tempo, in funzione della posizione occupata e delle condizioni climatiche esterne. Si è pertanto individuata la necessità di suddividere i lavoratori in 31 gruppi omogenei sotto il profilo del rischio ambientale e per ciascun gruppo sono state eseguite più determinazioni dello stesso agente in posizioni diverse.

Le rilevazioni ambientali sono state effettuate dal giugno 1978 al gennaio 1979, esaminando tutte le lavorazioni tipiche della Raffineria, sia in marcia sia durante le fasi di manutenzione degli impianti.

## METODOLOGIE DI PRELIEVO ED ANALISI

Le polveri ed i fumi sono stati determinati ponderalmente mediante prelievi personali su membrane filtranti, mentre i gas ed i vapori organici, sono stati adsorbiti su fiale di carbone attivo. I metalli presenti nei campioni sono stati determinati mediante AAS-analisi, mentre i vapori organici e gli idrocarburi policiclici aromatici (PPAH) sono stati determinati tramite GC-analisi. Sono stati anche eseguiti prelievi mediante fialette Draeger.

Per la rumorosità si è utilizzato un fonometro Bruel & Kjaer mod. 2203 ed un dosimetro personale mod. 4424. La valutazione del microclima è stata effettuata per mezzo di una stazione portatile dei Laboratori di Strumentazione Industriale e quella dell'illuminazione mediante un fotometro della Gamma Scientific mod. 900.

## RISULTATI

Esigenze di spazio non consentono di riportare tutti i dati ottenuti; verranno pertanto riportati solo i più significativi.

Per quanto concerne l'esposizione ai vapori di idrocarburi, 79 rilievi di lunga durata e 73 di punta, relativi a 60 posizioni di lavoro, hanno consentito di identificare e determinare quantitativamente gli alifatici compresi fra 3 e 8 atomi di carbonio e gli aromatici fino agli xileni. In quasi tutti i casi esaminati gli idrocarburi in concentrazione più elevata sono risultati quelli alifatici a 5, 6 e 7 atomi di carbonio. Per quanto riguarda gli aromatici, solo in rari casi si è riscontrata la presenza dei più alto bollenti (xileni).

Per rappresentare in sintesi la distribuzione dell'inquinamento della Raffineria, vengono riportati nella Tab. 1 solo i valori medi relativi agli alifatici con 5, 6 e 7 atomi di carbonio (espressi come n-esano) ed al benzene, per i campionamenti di lunga durata. Come si può notare soltanto in due situazioni si supera il TLV secondo la A.C.G.I.H., sia per i singoli componenti che per la miscela (posizioni 4 e 22). Si deve sottolineare che gli idrocarburi a 3 e 4 atomi di carbonio erano presenti solo nella zona del laboratorio chimico (con una punta alla posizione 4 di 1055 mg/m<sup>3</sup>, espressi come butano), al carico del GPL (posizione 6 - 77 mg/m<sup>3</sup>) ed alla posizione 26 (2064 mg/m<sup>3</sup> di propano). Tutte queste operazioni non espongono l'operatore per otto ore giornaliere.

I prelievi di punta hanno mostrato la presenza di idrocarburi alifatici in concentrazioni comprese entro un vasto intervallo (da 47 a oltre 12000 mg/m<sup>3</sup>, espressi come n-ottano). Quelle superiori o prossime al valore limite sono risultate il 23 % del totale, ma si deve sottolineare che l'esposizione alle concentrazioni elevate è di pochi minuti, come evidenziato dai prelievi di lunga durata. Non sono emerse punte di aromatici.

Per quanto concerne i prodotti solforati (mercaptani, H<sub>2</sub>S, SO<sub>2</sub>) sono stati eseguiti 51 prelievi di punta e le loro concentrazioni sono sempre risultate inferiori a 1 mg/m<sup>3</sup>.

I risultati delle analisi relative ai 14 campionamenti di piombo-alchili sono riportati, in sintesi, nella Tab. 2, dalla quale si evidenzia che solo in due situazioni si è superato il limite tollerabile, mentre nelle altre la loro concentrazione è risultata inferiore ai limiti di rivelabilità.

La polverosità è stata determinata in 9 reparti per un totale di 21 prelievi: la metallizzazione con filo al nichel-cromo è risultata l'unica operazione di carpenteria, eseguita dagli operai della Raffineria, in cui si è superato il valore limite. In 6 prelievi, sui 10 effettuati presso le ditte appaltatrici, si è superato il TLV.

I fumi di catrame sono stati esaminati in 5 reparti per un totale di 11 campionamenti, in 6 dei quali si è superato il valore massimo tollerabile

TABELLA 1

**Concentrazioni medie degli idrocarburi alifatici a 5, 6 e 7 atomi di carbonio e del benzene riscontrate negli ambienti di lavoro**

POSIZIONE	N. di prelievi	C <sub>5</sub> + C <sub>6</sub> + C <sub>7</sub> mg/m <sup>3</sup>	Benzene mg/m <sup>3</sup>
1 - Sala analisi centrale . . . . .	1	8	1
2 - Determinazione numero di ottano . . . . .	2	76	3
3 - Sala etilazione del laboratorio . . . . .	1	105	2
4 - Sala lavaggio bottiglie . . . . .	1	614	58
5 - Sala analisi bitumi . . . . .	1	negativa	1
6 - Carico GPL . . . . .	1	10	negativa
7 - Carico benzina super . . . . .	1	170	5
8 - Carico ragia denaturata . . . . .	1	6	negativa
9 - Carico eptano chiaro . . . . .	1	10	negativa
10 - Vasche di decantazione . . . . .	6	33	2
11 - Sala pompe . . . . .	15	18	1
12 - Topping . . . . .	14	7	1
13 - Idrodesolforazione benzine . . . . .	1	7	negativa
14 - Sotto vuoto . . . . .	5	8	1
15 - Soffiaggio bitumi . . . . .	3	5	2
16 - Platformer 1 . . . . .	2	13	1
17 - Platformer 2 . . . . .	3	29	1
18 - Idrodesolforazione gasolio e petrolio . . . . .	1	5	negativa
19 - Strippaggio acque di processo . . . . .	1	4	1
20 - Zona caldaie . . . . .	5	4	1
21 - Solventi alifatici . . . . .	7	17	1
22 - Bonifica del degasatore della super . . . . .	1	929	41
23 - Centrale produzione servizi . . . . .	1	10	1
24 - Pontile . . . . .	2	8	6
25 - Pontile, campionista . . . . .	1	183	10
26 - Drenaggio condense gas combustibili . . . . .	1	9	8

per i P.P.A.H. ed in 8 si è ritrovata presenza di benzopirene in concentrazioni comprese fra 0,001 e 0,145 mg/m<sup>3</sup>. Le zone di maggior rischio sono risultate quelle di carico dei combustibili e dei serbatoi del bitume. Anche in questo caso le esposizioni non sono continuative.

I rilievi della rumorosità hanno mostrato una esposizione superiore al valore limite in 14 posizioni su 14 analizzate con valori compresi fra 88 e 99

### Concentrazioni dei piombo-anchili negli ambienti di lavoro

LAVORAZIONE	N. di prelievi	Piombo mg/m <sup>3</sup>
Determinazione del numero di ottano . . . . .	2	0,01
Carico autobotte di benzina super . . . . .	1	0,24
Campionista serbatoio benzina super . . . . .	1	0,14
Durante trasferimento al deposito . . . . .	1	0,01
Etilizzatore, durante etilazione . . . . .	2	0,01
Etilizzatore, durante il turno . . . . .	2	0,01
Etilizzatore, scarico del piombo tetrametile . . . . .	3	0,01
Ambiente etilizzazione. . . . .	2	0,01

dB A, con una punta di 105 dB A nella sala motori Diesel, mentre nelle altre posizioni la rumorosità era compresa fra 52 e 83 dB A. Le esposizioni ad alti livelli sonori sono saltuarie e gli operatori sono forniti di protezioni individuali.

La valutazione dei fattori climatici (56 rilievi in 16 reparti) offre lo spunto per considerare che molte operazioni sono eseguite all'aperto e pertanto gli operatori devono essere dotati degli opportuni indumenti protettivi. Gli ambienti chiusi sono risultati ben ventilati in estate e sufficientemente riscaldati in inverno.

Dai 33 rilievi di luminosità non sono emerse zone di particolare disagio. Anche la cubatura dei locali è risultata conforme a quanto disposto dal D.P.R. 19 marzo 1956, n. 303.

In totale questa indagine ha richiesto 449 campionamenti riguardanti 37 tipi di potenziali inquinanti sia chimici che fisici, a seguito dei quali sono state effettuate 604 analisi di laboratorio.

### CONCLUSIONI

Le indagini svolte hanno mostrato una buona situazione globale dal punto di vista igienico-ambientale, anche grazie all'attenzione rivolta dalla azienda in oggetto a questo problema. È comunque emerso che soltanto con una dettagliata serie di esami si può verificare l'entità dei rischi cui sono esposti i lavoratori di questo tipo di industrie.

## **Interazione tra fungicidi benzimidazolici ed organofosforici: primi risultati di tossicologia sperimentale**

I. MELONCELLI, P. VILLA, M. SCIARRA e F. GHEZZO

*Istituto di Igiene, Università Cattolica del Sacro Cuore*

Da tempo viene discusso in sede nazionale ed internazionale il problema del rischio di danni a breve ed a lungo termine, negli operatori agricoli, da interazione tra antiparassitari. Tale rischio si può verificare, normalmente, qualora nella stessa giornata vengano usati due o più antiparassitari diversi; oppure nel caso che gli stessi vengano usati in rapida successione, cioè a distanza di ore o di qualche giorno.

In linea teorica il rischio si può verificare qualora un antiparassitario, anche se a bassa tossicità per l'uomo, sia però in grado di influenzare il metabolismo di un altro ad elevata azione tossica, aggravando il rischio di un effetto a breve termine o di un danno a lungo termine. Per questo motivo pensiamo si possa introdurre il concetto, di natura operativa, di « intervallo di sicurezza » fra due o più trattamenti a base di antiparassitari diversi.

Sulla base di indagini epidemiologiche del nostro Istituto, le quali avevano fatto sospettare l'esistenza di un rischio reale di interazione [1], da tempo vengono svolte nell'Istituto di Igiene della Università Cattolica del S. Cuore ricerche sistematiche di natura sperimentale, nell'animale, atte ad evidenziare le dosi e la durata di somministrazione di determinati antiparassitari in grado di modificare il metabolismo di composti organofosforici ad elevata tossicità quali il Parathion e il Paraoxon.

Il modello sperimentale approntato a tale scopo si basa su un pretrattamento, per via intraperitoneale, per 15 giorni, con dosi scalari di un antiparassitario a largo uso ed a bassa tossicità (nel qual caso gli operatori agricoli di solito non usano alcun mezzo protettivo) seguito da un trattamento acuto con dosi letali di Parathion e Paraoxon. I risultati vengono valutati confrontando i tempi di sopravvivenza nel tempo tra il gruppo di animali pretrattati e quello dei non pretrattati.

Il metodo matematico di elaborazione verrà illustrato in questa sede nella comunicazione, successiva a questa, di Jovine e Ghezzeo [2]. Un precedente esperimento nel quale si era utilizzato un pretrattamento a base di

Zineb [3] aveva dimostrato un suo effetto rallentante il metabolismo del Parathion e del Paraoxon con aumento del tempo di sopravvivenza nel caso del Parathion ed invece una sua diminuzione nel caso del Paraoxon, anche a dosi relativamente basse di Zineb (1,5 mg/kg e 10 mg/kg).

È da notare che lo Zineb appartiene al gruppo dei fungicidi ditiocarbamici, largamente usato in agricoltura, e che possiede una bassissima tossicità valutata come  $DL_{50}$  (oltre 5000 mg/kg nel topo, *per os*).

La ricerca è stata poi estesa attraverso l'uso di altri fungicidi di tipo sistemico appartenenti al gruppo dei benzimidazolici, anche essi dotati di basso potere tossico per quanto riguarda la letalità, e largamente usati soprattutto nel trattamento dei parassiti della vite.

Abbiamo somministrato per via intraperitoneale a topi del peso medio di 26,4 g dosi molto basse di un fungicida sistemico del gruppo dei benzimidazolici, il metil-1-(butil carbamil)-2-benzimidazol-carbamato (Benomyl). Dopo 15 giorni consecutivi di tale somministrazione giornaliera si è proceduto alla inoculazione di dosi letali di Parathion (18 mg/kg) e di Paraoxon (2,2 mg/kg) e quindi all'osservazione continua degli animali con rilevazione precisa del momento della morte.

Nel caso di animali pretrattati con Benomyl alla dose di 1,5 mg/kg (ricordiamo che tale dose è alcune migliaia di volte inferiore alla  $DL_{50}$  di tale sostanza) e intossicati con Parathion è stata riscontrata una precocizzazione di letalità rispetto ai controlli (Tab. 1 e Fig. 1).

TABELLA 1

**Tabella di letalità e sopravvivenza nel tempo di animali intossicati con Parathion, pretrattati con Benomyl e non**

ANIMALI NON PRETRATTATI		ANIMALI PRETRATTATI con 1,5 mg/kg	
Tempo (min)	% vivi	Tempo (min)	% vivi
0. . . . .	100	0. . . . .	100
102. . . . .	93	57. . . . .	86
230. . . . .	86	84. . . . .	79
243. . . . .	79	120. . . . .	71
256. . . . .	71	121. . . . .	64
303. . . . .	64	122. . . . .	57
1.555. . . . .	57	197. . . . .	50
2.583. . . . .	50	289. . . . .	43
5.462. . . . .	43		

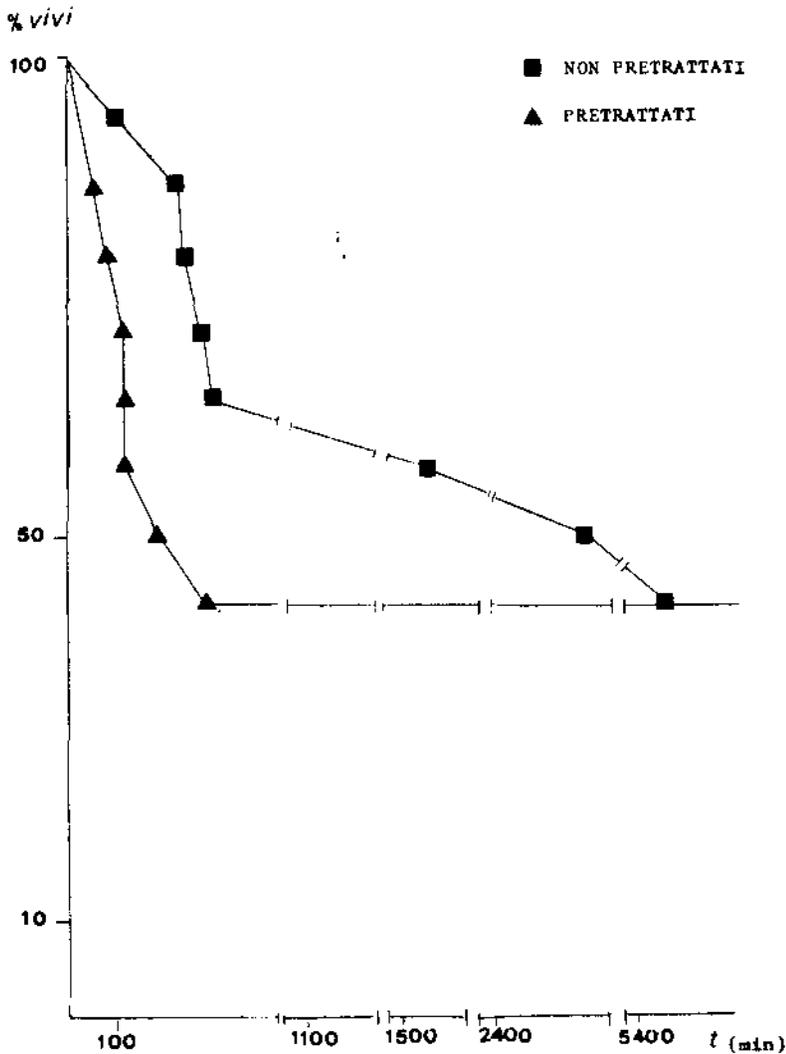


Fig. 1. — Sopravvivenza nel tempo di animali intossicati con Parathion, pretrattati con Benomyl e non.

Nel caso di intossicazione con Paraoxon si è registrata invece una maggiore sopravvivenza degli animali pretrattati con Benomyl alla dose di 1,5 mg/kg: si può infatti vedere (Tab. 2 e Fig. 2) come negli animali non pretrattati la letalità sia stata maggiore e più rapida.

Con riferimento alle principali tappe del metabolismo del Parathion e del Paraoxon si può ipotizzare un'azione di stimolo da parte del Benomyl a bassissime dosi sia sul passaggio da Parathion a Paraoxon, sia su quello da

Paraoxon a p-nitrofenolo. Nel primo caso l'accelerata formazione di una sostanza notevolmente più tossica sarebbe responsabile dell'accelerata letalità, mentre nel secondo caso si sarebbe avuta una accelerata formazione di p-nitrofenolo, composto dotato di bassa tossicità.

Il trattamento matematico è consistito nell'uso del metodo dei minimi quadrati [4] per verificare la migliore funzione esprime il fenomeno, e nella successiva determinazione dell'indice ponderato di letalità che permette la migliore rappresentazione grafica del fenomeno, soprattutto riguardo al rapporto causa (dosi) ed effetto (tempo di sopravvivenza).

Tali primi risultati, confortati sul piano dell'informazione metodologica, ci permettono già sin d'ora di sviluppare da una parte l'elaborazione matematica con la quale si linearizza il rapporto dose-risposta, potendosi così avere un orientamento di buona affidabilità sulle dosi, sui ritmi e sulla durata dei trattamenti atti a modificare il metabolismo (con prove acute di letalità); dall'altra di confrontare tali risultati con verifiche di altro tipo, consistenti nella determinazione dei livelli di enzimi test del metabolismo quali per esempio, la aminopirina demetilasi microsomiale degli stessi animali.

TABELLA 2

**Tabella di letalità e sopravvivenza nel tempo di animali intossicati con Paraoxon, pretrattati con Benomyl e non**

ANIMALI NON PRETRATTATI		ANIMALI PRETRATTATI con 1,5 mg/Kg	
Tempo (min)	% vivi	Tempo (min)	% vivi
0 . . . . .	100	0 . . . . .	100
2 . . . . .	93	30 . . . . .	93
18 . . . . .	87	36 . . . . .	80
19 . . . . .	80	39 . . . . .	73
20 . . . . .	73	53 . . . . .	67
21 . . . . .	67	54 . . . . .	60
26 . . . . .	60	66 . . . . .	53
28 . . . . .	53	71 . . . . .	47
32 . . . . .	47	78 . . . . .	40
40 . . . . .	40		
45 . . . . .	33		
120 . . . . .	27		

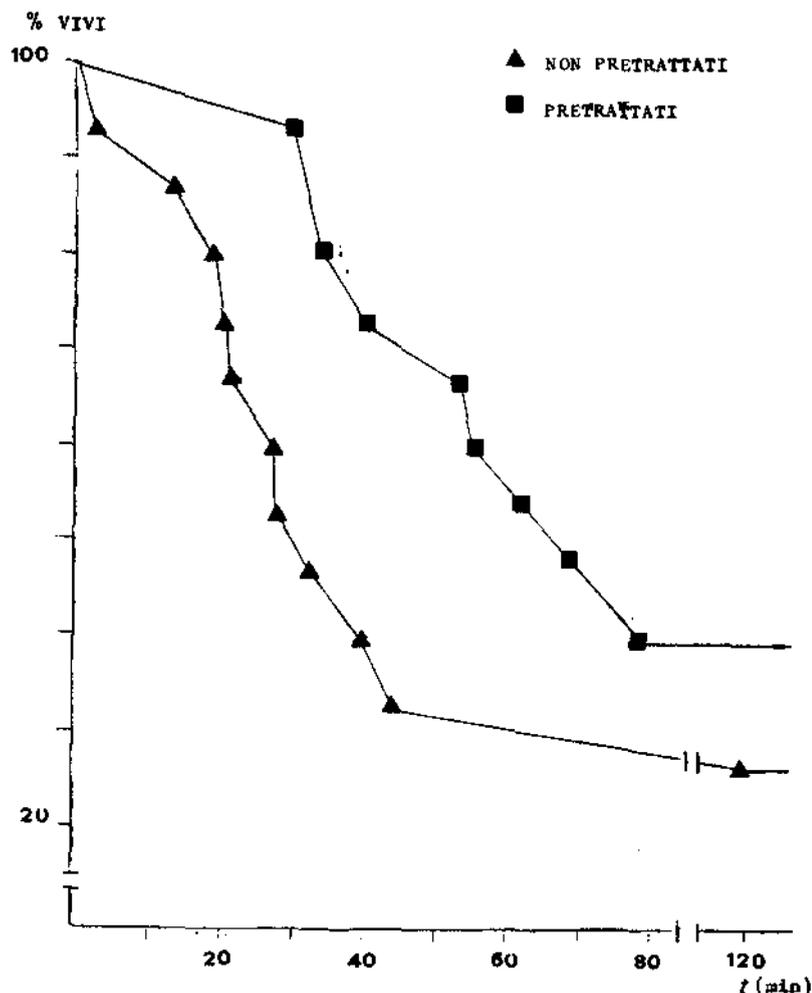


Fig. 2. — Sopravvivenza nel tempo di animali intossicati con Paraoxon, pretrattati con Benomyl e non.

#### BIBLIOGRAFIA

1. GHEZZO, F., VILLA, P., FICARA, M., & ORECCHIO, F. 1977. Criteri epidemiologici e tossicologici per la valutazione del rischio di danno da interazione di antiparassitari. *Ig. Mod.*, **70**: 553-560.
2. JOVINE, R., & GHEZZO, F. Uso del calcolo dei tempi di sopravvivenza in tossicologia ambientale. Indicazioni e limiti. In questo volume, p. 561.
3. ORECCHIO, F., TOGNA, G., DI BATTISTA, L., VILLA, P., & FICARRA, M.G. 1979. Azione biologica dei ditiocarbamati: effetto dell'etilenbisditiocarbamato di zinco (Zineb) sulla tossicità acuta del Parathion e del Paraoxon nel topo. *Ig. Mod.* **72**: 305-310.
4. COX D.R. 1972. Regression models and life tables (with discussion). *J. Roy. Statist. Soc. (B)*, **34**: 187-220.

## Uso del calcolo dei tempi di sopravvivenza in tossicologia ambientale: indicazioni e limiti

R. JOVINE e F. GHEZZO

*Istituto di Igiene, Università Cattolica del Sacro Cuore*

In un fenomeno di mortalità indotta attraverso la somministrazione di sostanze tossiche ad animali da esperimento, è frequente il riscontro di leggi di tipo esponenziale od iperbolico adatte a descrivere il decremento, nel tempo, degli individui sopravvissuti.

Se il processo è di tipo stocastico, detta  $\lambda$  la costante di letalità, il decremento dei vivi nell'intervallo di tempo  $t$  è espresso da:

$$(1) \quad \Delta N(t) = -\lambda N(t) \Delta t$$

essendo  $N(t)$  il numero di individui ancora vivi al tempo  $t$ . L'integrazione dell'espressione (1) fornisce la funzione di sopravvivenza:

$$(2) \quad N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$$

o, in termini percentuali (vedi Fig. 1):

$$(3) \quad \frac{N(t)}{N_0} = N_r(t) = e^{-\lambda t}$$

ove  $N_0$  è il numero di individui esistenti al tempo 0.

Evidentemente:

$$(4) \quad \lim_{t \rightarrow \infty} N_r(t) = 0$$
$$\lim_{t \rightarrow 0} N_r(t) = 1$$

cioè al tempo zero è presente la totalità degli individui, mentre per  $t = \infty$  tutti gli individui sono scomparsi.

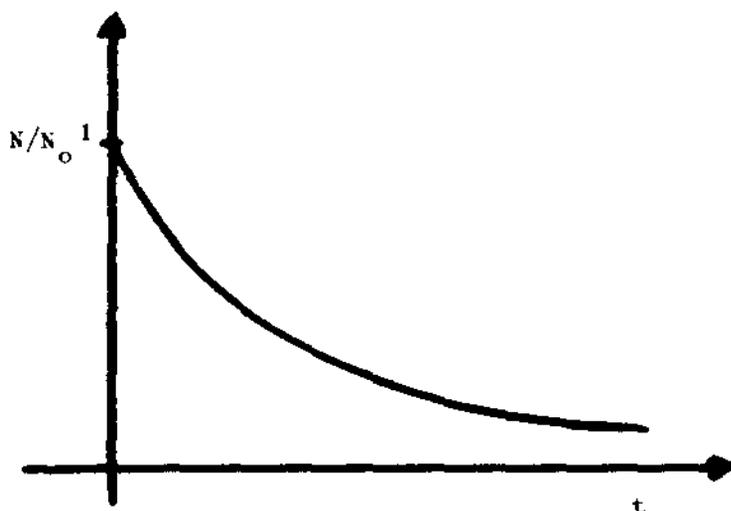


Fig. 1. — Curva di mortalità. Modello esponenziale.

- (1)  $N(t) = -\lambda N(t) \quad t$
- (2)  $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$
- (3)  $N(t)/N_0 = n_r = e^{-\lambda t}$

La probabilità di scomparsa nell'intervallo di tempo  $(t_1 - t_2)$  (rischio) sarà:

$$(5) \quad P(t_1, t_2) = \int_{t_1}^{t_2} e^{-\lambda t} dt$$

La probabilità di scomparsa nello stesso intervallo, condizionata all'essere in vita all'inizio di detto intervallo (rischio al tempo  $t$ , condizionato) sarà:

$$(6) \quad P_c(t_1, t_2) = \left( \int_{t_1}^{t_2} e^{-\lambda t} dt \right) / \left( \int_{t_1}^{\infty} e^{-\lambda t} dt \right)$$

Nel caso in cui valga una legge di tipo iperbolico (che è quella che nel caso di mortalità indotta da Parathion e Paraoxon [1] ha mostrato la migliore correlazione con i dati sperimentali), la percentuale dei vivi al tempo  $t$  (analogo dell'equazione 3) si scrive (vedi Fig. 2):

$$(7) \quad N_i(t) = [1 + \alpha t]^{-1}$$

Questa formulazione si presta allo studio di una funzione di tipo lineare ricavata senza alcuna approssimazione, molto adatta a descrivere il fenomeno in oggetto.

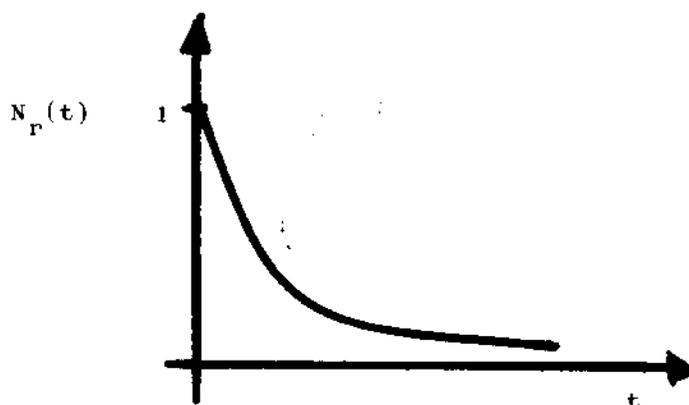


Fig. 2. — Curva di mortalità. Modello iperbolico.

$$(7) \quad n_r(t) = 1/1 + \alpha t$$

$$(8) \quad 1/n_r(t) = 1 + \alpha t$$

Infatti scrivendo:

$$(8) \quad 1/N_r(t) = 1 + \alpha t$$

e sottraendo 1 ad entrambi i membri si ha:

$$(9) \quad 1/N_r(t) - 1 = \alpha t$$

e cioè:

$$(10) \quad 1 - N_r(t)/N_r(t) = \alpha t$$

Ricordando il significato di  $N_r(t)$  possiamo semplicemente dire:

$$(11) \quad \% \text{ morti } (t) / \% \text{ vivi } (t) = \alpha t$$

Quando tale rapporto (11) è uguale ad 1 evidentemente la popolazione è dimezzata. Il tempo di dimezzamento è dunque:

$$(12) \quad t_{1/2} = \alpha^{-1}$$

Il coefficiente angolare  $\alpha$ , della retta che esprime l'andamento lineare della funzione che chiameremo « indice ponderato di letalità » è dunque l'inverso del tempo di dimezzamento. Riportiamo, nello Schema 1, questo tempo, confrontato con l'analogo esponenziale che è legato a  $\lambda$ .

MODELLO ESPONENZIALE	MODELLO IPERBOLICO
$0.69 \lambda^{-1}$	$\alpha^{-1}$
$\%_0 \text{ morti} / \%_0 \text{ vivi} = 1 - e^{-\lambda t} / e^{-\lambda t} \rightarrow \alpha t$	
NON LINEARE NEL MODELLO ESPONENZIALE --- LINEARE NEL MODELLO IPERBOLICO	

Schema 1. — Tempo di dimezzamento.

La differenza nell'impiego dei due modelli consiste nella possibilità di avere l'indice ponderato di letalità come funzione lineare del tempo. Infatti tale funzione è una retta di coefficiente angolare  $\alpha$ , passante per l'origine degli assi. L'analoga funzione, nel caso si impieghi il modello esponenziale, è espressa dall'equazione:

$$(13) \quad \%_0 \text{ morti} / \%_0 \text{ vivi} = 1 - e^{-\lambda t} / e^{-\lambda t}$$

che non è lineare.

È chiaro tuttavia che il modello iperbolico (come del resto quello esponenziale) si può impiegare tutte le volte che il *fitting* dei dati sperimentali attraverso la relativa funzione matematica, fornisce un elevato grado di correlazione (lo schema da seguire per la determinazione del modello analitico è quello dello Schema 2). Nel presente caso, sia il modello esponenziale ( $e^x$ ), sia quello iperbolico, hanno fornito elevati coefficienti di correlazione. In particolare, il modello iperbolico ha fornito la correlazione più elevata per

DATI SPERIMENTALI
ANALISI REGRESSIONE:
- Lineare
- Logaritmica
- Esponenziale ( $e^x$ )
- Iperbolica
- Esponenziale ( $y^x$ )
- Polinomiale
SCELTA DELLA CURVA CON IL MIGLIOR COEFFICIENTE DI CORRELAZIONE

Schema 2. -- Modello analitico.

il Parathion in dosi di 1,5 mg/kg ( $r = 0,939$ ); per il Paraoxon invece, alla stessa dose, la correlazione più elevata è di esponenziale ( $r = 0,90$  contro  $r = 0,84$  per l'iperbolica). Tuttavia la piccola differenza tra i coefficienti di correlazione giustifica l'impiego, in entrambi i casi, della regressione iperbolica che presenta l'indiscutibile vantaggio della linearizzazione dell'indice ponderato di letalità. Tale indice definisce completamente il fenomeno. La sua derivata prima ( $= \alpha$ ) esprime direttamente la velocità del fenomeno di letalità, che è costante nel tempo se si considera l'indice ponderato; mentre ovviamente non lo è se si considerano altri tipi di indici. Il coefficiente  $\alpha$  può essere dunque inteso come la variazione dell'indice di letalità ponderato nell'unità di tempo, pari all'inverso del tempo di dimezzamento della popolazione. Da questa interpretazione si traggono, anche dal punto di vista operativo, considerevoli vantaggi. Consideriamo infatti la Fig. 5 dove è rappresentato l'indice ponderato di letalità per il Paraoxon. Notiamo che alle varie concentrazioni di pretrattamento è semplice tracciare le rette che partono dall'origine, di vario coefficiente angolare  $\alpha$ . Il punto di intersezione di queste con la retta  $y = 1$ ,

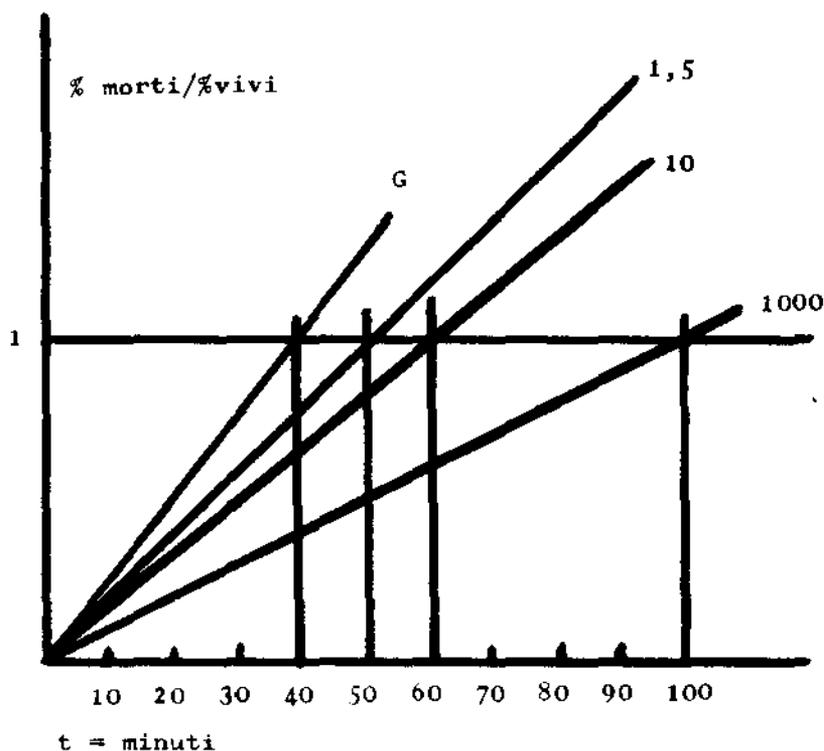


Fig. 5. — Indice ponderato di letalità per intossicazioni da paraoxon.

$\alpha_{1,5} = 0,019$ ;  $t_{1/2} = 52$ ;  $\alpha_{10} = 0,016$ ;  $t_{1/2} = 60$ ;  $\alpha_{100} = 0,01$ ;  $t_{1/2} = 100$ ;  
 $\alpha_{1000} = 0,025$ ;  $t_{1/2} = 40$ ;  $t = \text{minuti}$ ; conc.: mg/kg;  $t_{1/2} \propto \alpha^{-1}$ .

e la perpendicolare all'asse dei tempi da questo punto, individuano immediatamente il tempo di dimezzamento della popolazione. Un confronto tra i tempi di dimezzamento alle varie concentrazioni fornisce una valutazione della significatività del pretrattamento o meno, dell'andamento della mortalità indotta dal Paraoxon.

Un esempio analogo dell'uso dell'indice di letalità ponderato è presentato nella Fig. 6 per il Parathion.

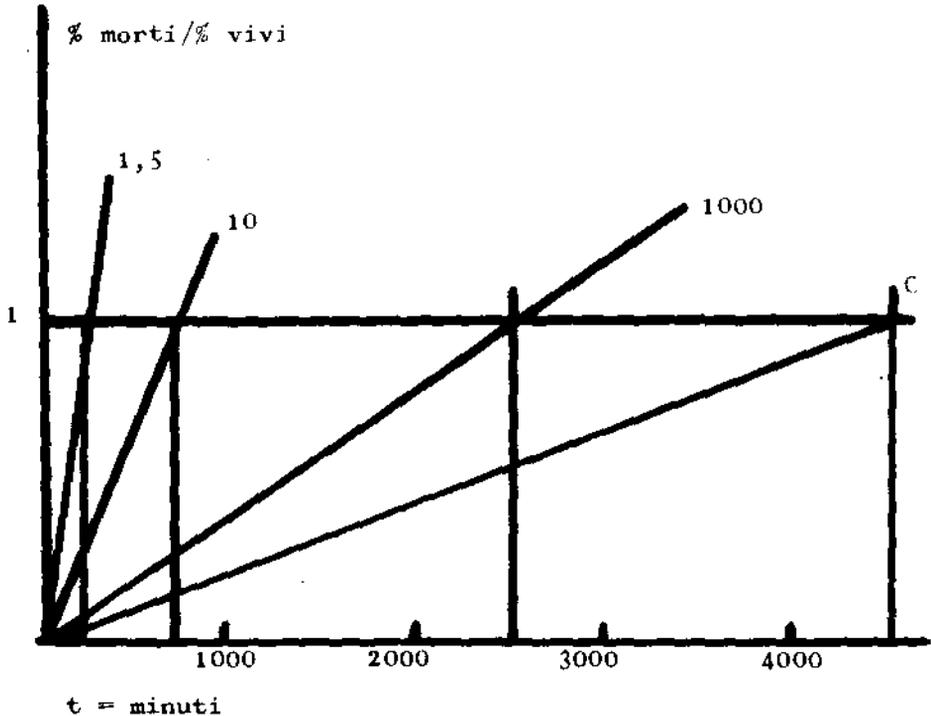


Fig. 6. — Indice ponderato di letalità per intossicazioni da parathion.  
 $\alpha_{1,5} = 0,0049$ ;  $t_{1/2} = 204$ ;  $\alpha_{10} = 0,0014$ ;  $t_{1/2} = 714$ ;  $\alpha_{1000} = 0,00039$ ;  $t_{1/2} = 2564$ ;  
 $\alpha_c = 0,00022$ ;  $t_{1/2} = 45454$ ;  $t =$  minuti; conc.: mg/kg

#### BIBLIOGRAFIA

1. MELONCELLI, I., VILLA, P., SCIARRA, M. & GHEZZO, F. Interazione tra fungicidi benzimidazolici ed organofosforici: primi risultati di tossicologia sperimentale. In questo volume, p. 555.

SESSIONE IV

INDAGINI IGIENICO-AMBIENTALI: POLVERI

## **Analisi a raggi X puntuale con analizzatore di energia e con analizzatore di lunghezza d'onda. Applicazione nel riconoscimento delle fibre di amianto**

G. CECCHETTI (a), A. MARCONI (b) e L. PAOLETTI (b)

(a) *Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università Cattolica, Roma*

(b) *Istituto Superiore di Sanità, Roma*

L'analisi chimica puntuale è una metodica estremamente utile, nella identificazione degli elementi presenti, in tutti i casi in cui si sia di fronte a materiali di dimensioni microscopiche od ultramicroscopiche e più in generale in tutti i casi in cui si debbano studiare caratteristiche microstrutturali [1].

Sono state sviluppate varie tecniche utilizzando microsonde di diversa natura (microsonda elettronica, microanalisi a fluorescenza da raggi X, spettroscopia Auger, ecc.); fra queste in particolare la microanalisi a raggi X con microsonda elettronica si è dimostrata un metodo estremamente efficiente.

Un fascio focalizzato di elettroni analizza una superficie di circa  $1 \mu\text{m}$ , di diametro generando nel volume raggiunto dagli elettroni stessi, in genere limitato a pochi  $\mu\text{m}$  cubi, raggi X caratteristici degli elementi presenti. Lo spettro a raggi X emesso dal campione eccitato dalla microsonda elettronica è poi analizzato da un opportuno rivelatore.

Fondamentalmente esistono due tipi di rivelatori le cui caratteristiche differiscono notevolmente: lo spettrometro a cristallo a dispersione di lunghezza d'onda (generalmente associato ad un contatore proporzionale a gas) che sfrutta la nota relazione di Bragg ( $n \lambda = 2d \sin \Theta$ ) fra la  $\lambda$  riflessa e la spaziatura interreticolare del cristallo (in tal caso si usa un cristallo curvo che focalizzando il fascio riflesso nel rivelatore permette di aumentare l'efficienza del sistema), oppure il rivelatore a stato solido a dispersione di energia che sfrutta la possibilità di produrre, mediante raggi X, ionizzazioni interne in un semiconduttore con la conseguente formazione di coppie elettrone-buca positiva in numero proporzionale all'energia del fotone X incidente.

Ciascuno dei due sistemi presenta alcuni vantaggi ed alcuni svantaggi rispetto all'altro, che è opportuno considerare in relazione alla particolare applicazione che interessa. I relativi vantaggi e svantaggi dello spettro-

metro a cristallo e del rivelatore a stato solido sono riassunti nella Tab. 1 (a e b). Entrambi i sistemi permettono una analisi chimica puntuale che può essere utilmente applicata nel campo dell'igiene industriale, in particolare alla caratterizzazione delle fibre di asbesto [1].

Ci siamo proposti di verificare i vantaggi della microanalisi a dispersione di lunghezza d'onda nei confronti della dispersione di energia nel riconoscere alcune caratteristiche delle specie mineralogiche di asbesto. È nota infatti [1-3] la necessità di ricorrere ad una analisi chimica puntuale sulle fibre di asbesto, in tutti i casi in cui si debbano distinguere i due principali asbesti anfibolici, cioè crocidolite e amosite, ed anche nel caso del crisotilo quando si debbano valutare campioni costituiti da fibre estremamente piccole ed in numero limitato.

TABELLA 1

### Caratteristiche dello spettrometro a cristallo e del rivelatore a stato solido

a) SPETTROMETRO A CRISTALLO	b) RIVELATORE A STATO SOLIDO
<i>Vantaggi:</i>	<i>Vantaggi:</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Alta risoluzione (facilità di separare righe dello spettro a raggi X)</li> <li>2) Buona accuratezza in misure quantitative anche con elementi presenti in tracce</li> <li>3) Buon rapporto segnale-rumore che permette una alta sensibilità nella rivelazione di elementi presenti in tracce</li> <li>4) Buona sensibilità nella rivelazione degli elementi leggeri (<math>6 \leq Z &lt; 11</math>) usando opportuni cristalli</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Alta efficienza (vicino al 100 %) per l'elevato angolo solido sotto cui il rivelatore vede la sorgente</li> <li>2) Semplicità del sistema meccanico senza parti in movimento</li> <li>3) Possibilità di avere l'intero spettro della radiazione emessa dal campione in una sola volta</li> </ol>
<i>Svantaggi:</i>	<i>Svantaggi:</i>
<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Difficile messa a punto del complesso sistema meccanico dello spettrometro</li> <li>2) Possibilità di analizzare solo un elemento chimico alla volta</li> <li>3) Componente a righe e componente continua dello spettro debbono essere misurate separatamente</li> <li>4) Limitata efficienza e perciò tempi lunghi per la analisi (a causa del basso angolo solido sotto cui il rivelatore vede la sorgente)</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1) Necessità di funzionare alla temperatura dello azoto liquido</li> <li>2) Inferiore risoluzione rispetto agli spettrometri a cristallo</li> <li>3) La struttura stessa del rivelatore (isolato da una finestra di Be dalla sorgente) impedisce la rivelazione degli elementi con <math>Z &lt; 11</math></li> <li>4) Basso rapporto segnale-fondo che limita la possibilità di rivelare elementi in tracce</li> <li>5) Scarsa accuratezza nelle misure quantitative di elementi presenti in basse concentrazioni</li> </ol>

Dalle concentrazioni medie dei diversi elementi nelle varie specie di asbesto (Tab. 2) appare evidente come il riconoscimento delle fibre di crocidolite da quelle di amosite possa essere utilmente eseguito attraverso l'analisi del contenuto di Na che diviene in questo caso l'elemento discriminante [5], mentre l'identificazione del crisotilo può essere effettuata attraverso la valutazione del contenuto in Fe.

TABELLA 2

### Composizione chimica dei più comuni minerali fibrosi di amianto

	Intervallo di concentrazioni tipici in % peso								
	SiO <sub>2</sub>	MgO	FeO	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	H <sub>2</sub> O
Crisotilo ...	38-44	40-43	0-0,8	0,5-4	0,3-0,9	0-1,0	tracce	tracce	13-14
Crocidolite..	49-53	0-3	13-20	17-20	0-0,2	0,3-2,7	0-0,4	4-8,5	2,5-4,5
Amosite ...	49-53	1-7	34-44	—	—	—	0-0,4	tracce	2,5-4,5

Da: Rubin e Maggiore [7].

Già in un precedente nostro lavoro è stato messo in evidenza come anche attraverso la analisi a dispersione di energia era possibile uno screening che si basava in pratica sulla semplice osservazione degli spettri dei tre minerali [5].

Lo spettro della crocidolite presenta un picco debole ma chiaramente osservabile del Na, assente negli altri due, mentre lo spettro del crisotilo non mostra alcun picco del Fe presente chiaramente negli anfiboli. In ogni caso risultava difficoltosa una valutazione quantitativa degli elementi a basso numero atomico e presenti a bassa concentrazione o in tracce.

L'analizzatore di lunghezza d'onda ci permette invece di rilevare con grande sensibilità la presenza degli elementi suddetti, anche se presenti solo in tracce, e di misurarne a livello quantitativo la concentrazione.

Nella Fig. 1 è confrontato il segnale ottenuto con uno spettrometro a dispersione di lunghezza d'onda, della riga K $\alpha$  del Na rispettivamente dalla crocidolite, dall'amosite e dal crisotilo: si nota come la sensibilità di questo analizzatore permetta di evidenziare chiaramente nella crocidolite il contenuto di Na, il quale invece era al limite della rivelabilità con l'altro tipo di analizzatore. Si può notare ancora come anche possano essere rivelate piccolissime tracce di Na nel crisotilo.

Nella Fig. 2 sono confrontati i segnali del Fe emesso dalla crocidolite, dall'amosite e dal crisotilo. Si può vedere come il Fe, sempre presente nel crisotilo in basse concentrazioni e tali da non essere facilmente rivelate dalla dispersione di energia, è stato invece messo in evidenza con chiarezza mediante la dispersione di lunghezza d'onda.

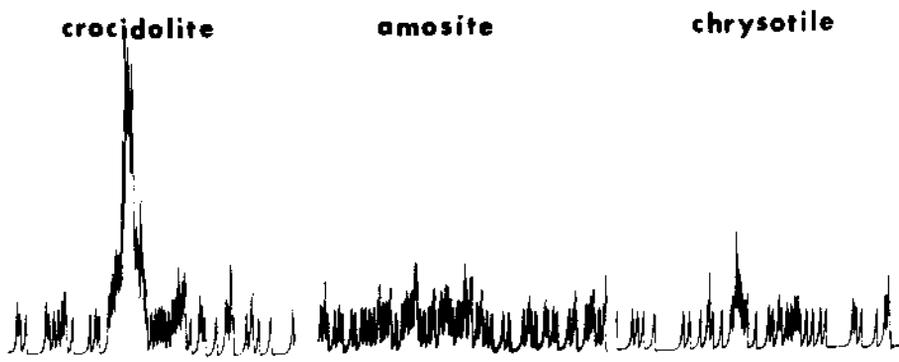


Fig. 1. — Spettrometro a dispersione di lunghezza d'onda; confronto tra i segnali relativi alla riga Kz del Na per crisotilo, amosite e crocidolite.

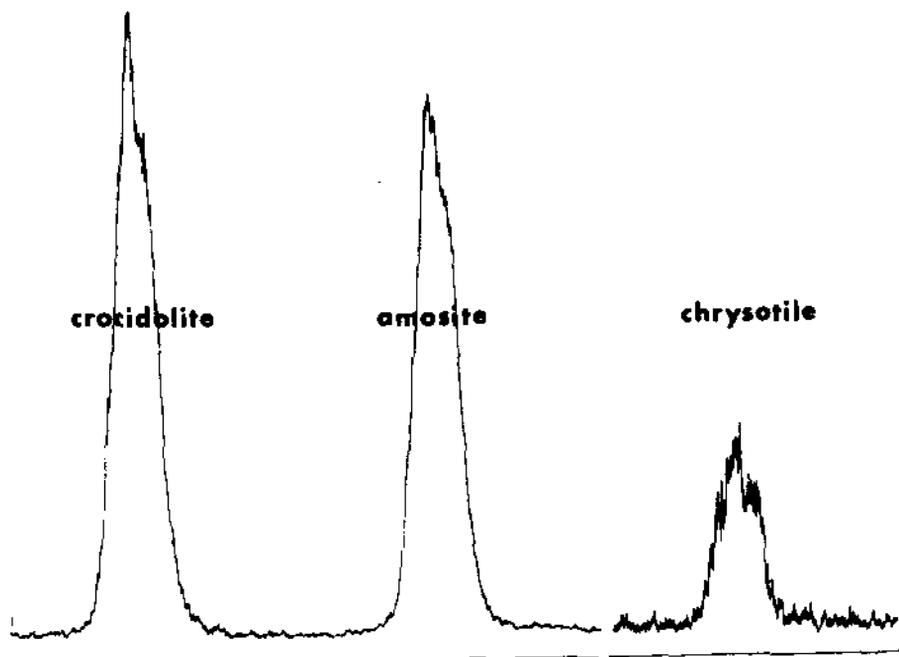


Fig. 2. — Spettrometro a dispersione di lunghezza d'onda; confronto tra i segnali relativi alla riga Kz del Fe per crisotilo, amosite e crocidolite.

Il contenuto di Na nei tre tipi di asbesto è stato anche valutato quantitativamente confrontando il rapporto fra l'intensità della riga del Na e l'intensità della componente continua dello spettro, per i tre tipi di asbesto, con lo stesso rapporto misurato su una augite standard mineralogico, fatte

le opportune correzioni per le differenze fra i numeri atomici medi dei diversi campioni. Il contenuto di Na, come  $\text{Na}_2\text{O}$ , nei tre tipi di asbesto è risultato di circa il 6,3 % nella crocidolite, di circa 0,1 % nel crisotilo, inferiore allo 0,1 % nell'amosite.

### CONCLUSIONI

Ci sembra di poter affermare che l'analisi delle microfibre che morfologicamente non possono essere facilmente attribuite ad una specie principale di asbesto possa essere più precisamente eseguita per mezzo della microsonda a dispersione di lunghezza d'onda.

Riteniamo che questa tecnica non possa essere impiegata a livello routinario in quanto sono lunghi i tempi di messa a punto del sistema e di analisi. Ci sembra tuttavia che nei casi più dubbi e difficili, per esempio nel riconoscimento di singole fibre in reperti istologici, tale tecnica, analiticamente più valida, possa risultare estremamente vantaggiosa rispetto al sistema a dispersione di energia.

### BIBLIOGRAFIA

1. POOLEY, F.D. 1975. The identification of asbestos dust with an electron microscope microprobe analyser. *Ann. Occup. Hyg.* **18**: 181-186.
2. LEE, R.J. 1979. Asbestos, definitions, detection, and measurement. SMA-AIME Fall Meeting and Exhibit. Tucson, Arizona, October 17-19, 1979.
3. BONSIGNORE, A.D., CECCHETTI, G. & MARCONI, A. 1977. Dust and asbestos: measuring and controlling technique and strategy. International Colloquium on dust measuring technique and strategy, Warmensteinach (Germania) 29-30 agosto 1977.
4. CECCHETTI, G., MARCONI, A. & ROSSI, L. 1978. Il campionamento ed il riconoscimento delle fibre di asbesto in relazione anche ai più recenti limiti raccomandati per gli ambienti di lavoro. *Ann. Ist. Super. Sanità.* **14**: 641.
5. CAVARRETTA, G., CECCHETTI, G., FUNICIELLO, R., MARCONI, A. & ROSSI, L. Identification des fibres de crocidolite au moyen de la microscopie électronique avec microsonde. *Proceedings of the XIX International Congress on Occupational Health*, Settembre 1978 (in stampa).
6. CECCHETTI, G., MARCONI, A. & PAOLETTI, I. Confronto tra le possibilità analitiche nella conta e nel riconoscimento delle fibre di asbesto fra il microscopio ottico ed il microscopio elettronico a trasmissione. XII Congresso della Società Italiana di Microscopia Elettronica, Ancona 20-22 Settembre 1979 (in stampa).
7. RUBIN, L.B. & MAGGIORE, C.J. 1974. Elemental analysis of asbestos fibers by means of electron probe techniques. *Env. Health Perspect.* **9**: 81-84.

## Distribuzione dei fattori di rischio da polvere in cementifici e in fonderie di seconda fusione

L. POZZOLI, A. MASSOLA e E. CAPODAGLIO

*II Cattedra di Medicina del Lavoro, Università di Pavia*

Su un totale di 1116 posizioni di fonderie di 2<sup>a</sup> fusione (523) e di cementifici (593), indicate e scelte come rappresentative delle condizioni di rischio ambientale, sono state eseguite con metodi già descritti [1, 2] misure ponderate di: polvere totale ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), frazione respirabile ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ),  $\text{SiO}_2$  cristallina respirabile ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ), FR/PT. L'elevato numero dei prelievi su più stabilimenti può essere indicativo di condizioni generali, esprimibili in grafici di frequenze per classi (istogramma) e andamento % di frequenze cumulate (su carta probabilistica), sì da consentire considerazioni comparative tra i due settori produttivi esaminati, per quanto riguarda i fattori di rischio corpuscolato:

A) Polvere totale PT (Fig. 1, 2). A parità di valore mediano, maggior dispersione nei cementifici, dove è maggiore che nelle fonderie il riscontro di valori elevati di polverosità totale aerodispersa.

B) Frazione respirabile FR (Fig. 3, 4). La dispersione dei valori rispecchia, grosso modo, quella della polvere totale.

C) Dose silicotigena ambientale (Fig. 5, 6). Decisamente superiore nelle fonderie, dove il 42 % delle posizioni è al disopra del valore-limite di  $100 \text{ mg}/\text{m}^3$ , contro il 13 % dei cementifici.

D) Coefficiente di ripartizione FR/PT (Fig. 7, 8). Può esprimere sia una naturale ripartizione dell'inquinamento corpuscolato generato per trattamento meccanico del materiale, in ampie classi granulometriche aventi diverso comportamento nell'albero respiratorio, sia l'effetto di un abbattimento preferenziale operato dai mezzi di disinquinamento sui corpuscoli di maggior massa aerodinamica. Il coefficiente da noi trovato si distribuisce in una ampia gamma di valori, contrariamente a quanto indicato da ACGIH che presume un valore di 0,5. La distribuzione è di tipo log-normale, ed i parametri sono quelli indicati nella Tab. 1.

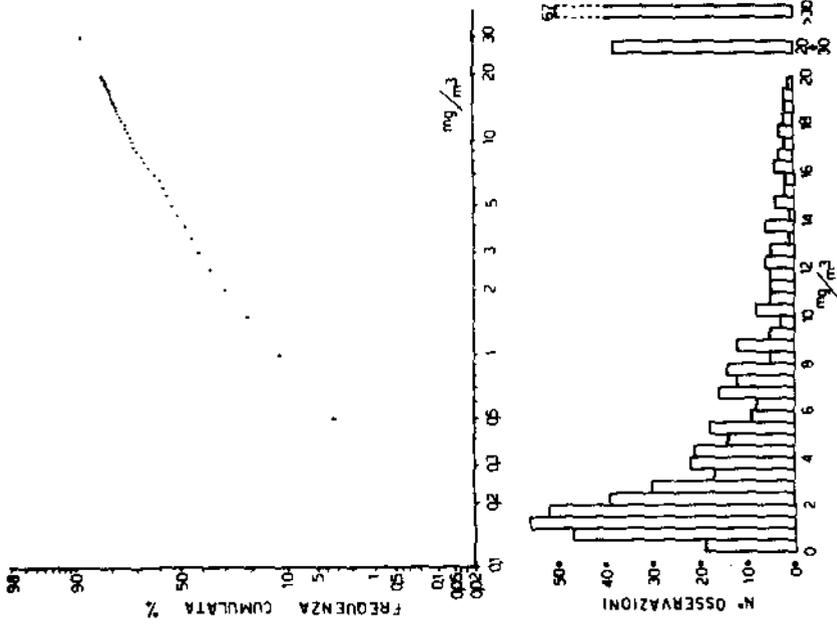


Fig. 2. — Polverosità totale cementifici. Distribuzione per classi di concentrazione su istogrammi (n. osservazioni) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

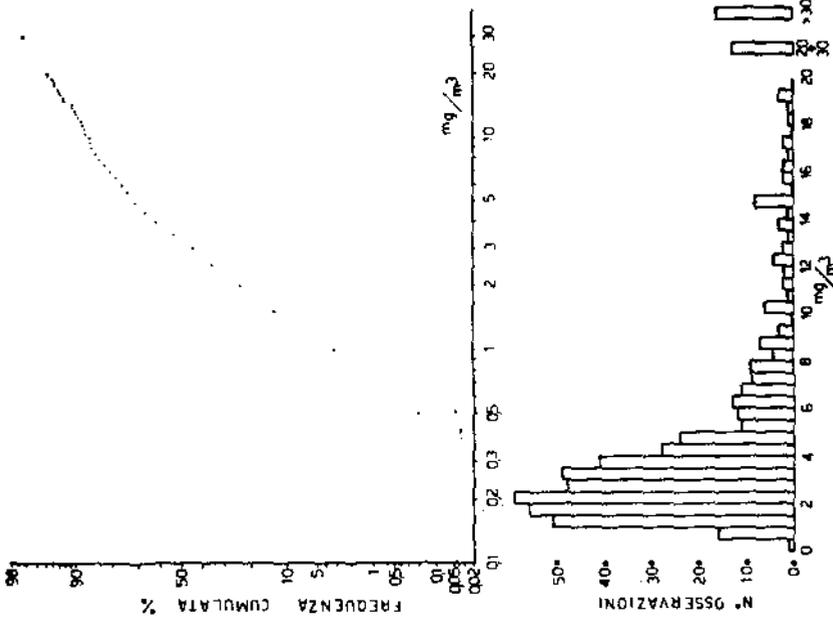


Fig. 1. — Polverosità totale fonderie 2<sup>a</sup> F. Distribuzione per classi di concentrazione su istogrammi (n. osservazioni) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

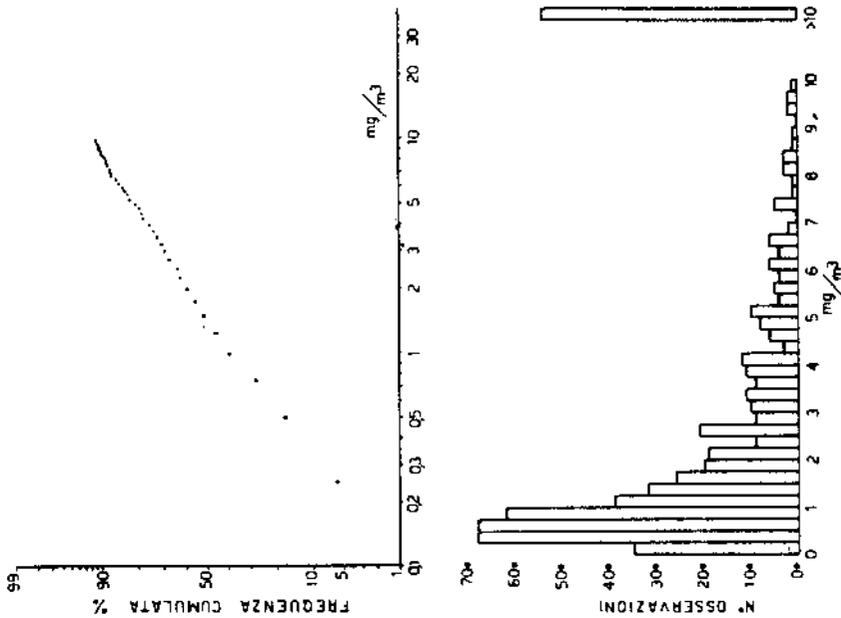


Fig. 4. - Frazione respirabile cementifici. Distribuzione per classi di concentrazione su istogrammi (n. osservazioni) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

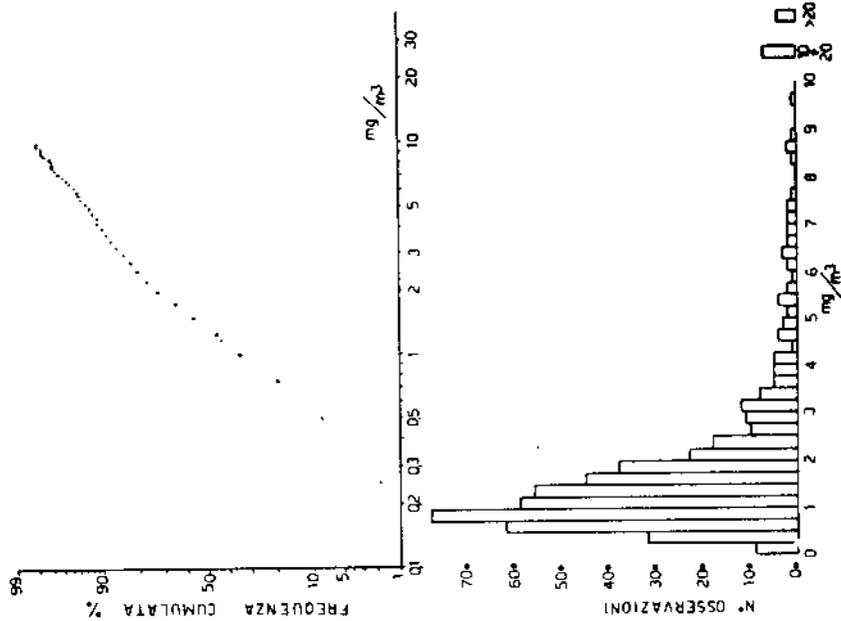


Fig. 3. - Frazione respirabile fonderie 2ª F. Distribuzione per classi di concentrazione su istogrammi (n. osservazioni) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

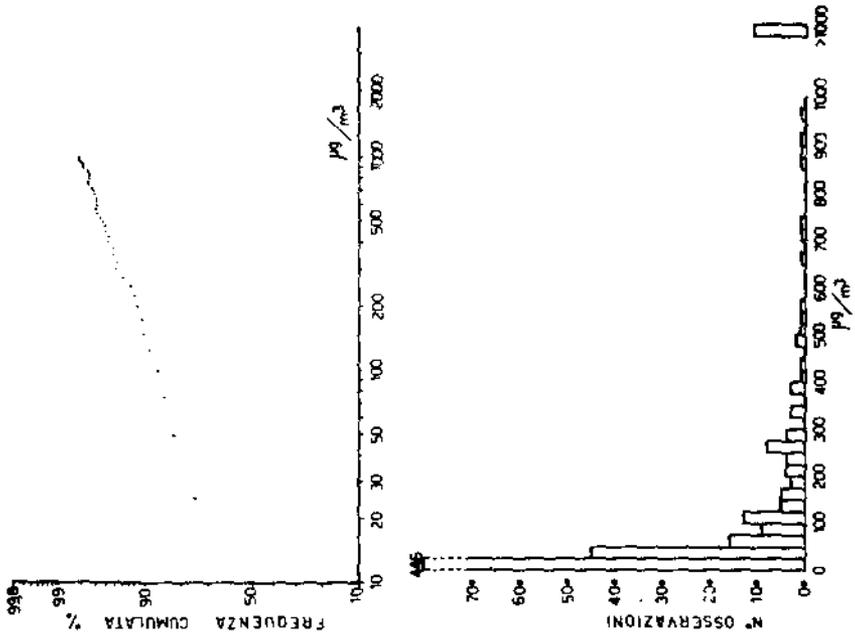


Fig. 6. -  $\mu\text{gSiO}_2$  respirabile cementifici. Distribuzione per classi di concentrazione su istogrammi (n. osservazioni) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

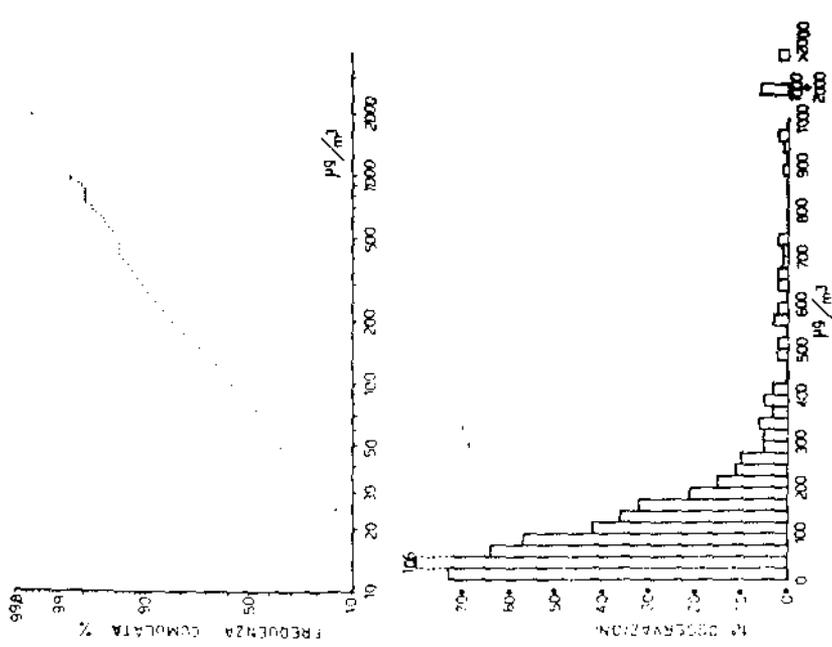


Fig. 5. -  $\mu\text{gSiO}_2$  respirabile fonderie 2<sup>a</sup> F. Distribuzione per classi di concentrazione su istogrammi (n. osservazioni) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

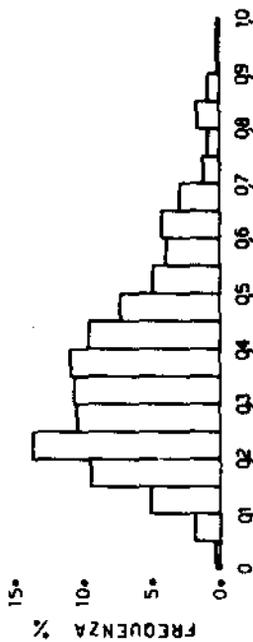
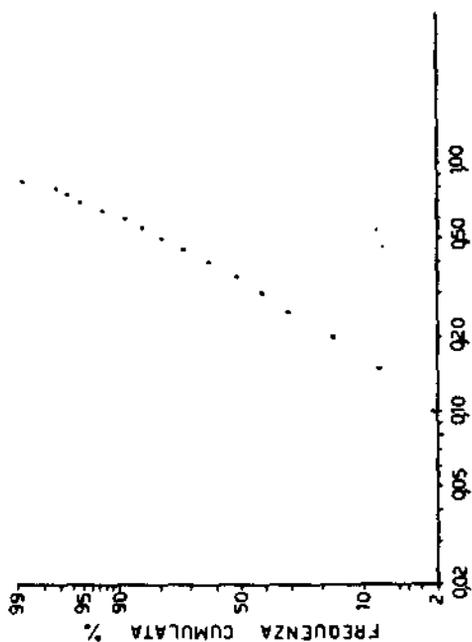


Fig. 6. — Rapporto FR/PT cementifici. Distribuzione su istogrammi (% frequenza) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

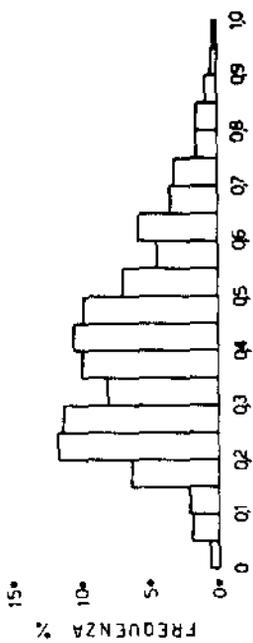
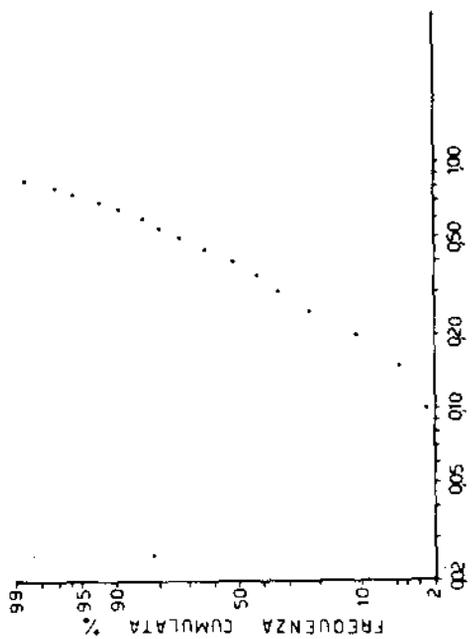


Fig. 7. — Rapporto FR/PT Fonderie 24 F. Distribuzione su istogrammi (% frequenza) e su carta probabilistica (% frequenza cumulata).

TABELLA 1

## Sintesi dei parametri relativi alla distribuzione di K

SETTORE PRODUTTIVO	Mediana	$\sigma G$	84% della misura inf. a.....
Cementifici . . . . .	0,34	1,61	0,55
Fonderie . . . . .	0,39	1,54	0,60

Le conclusioni del confronto sono riportate nella Tab. 2 in cui si vede una maggior dispersione dei valori di polverosità (sia totale che respirabile) per i cementifici, nei quali è però praticamente trascurabile la presenza di fattore di rischio silicotigeno, ben rappresentato invece nelle fonderie. Riteniamo che ciò possa avere interesse ai fini valutativi e assicurativi.

TABELLA 2

## Sintesi dei parametri relativi alla distribuzione dei dati

SETTORE PRODUTTIVO	Parametro di inquinamento	PARAMETRI STATISTICI		
		Mediana mg/m <sup>3</sup>	$\sigma G$	84% delle misure inf. a..... mg/m <sup>3</sup>
Cementifici . . . . .	P.T.	4,4	4,99	21,5
Fonderie 2 <sup>a</sup> fusione . . . . .		3,3	2,51	8,3
Cementifici . . . . .	F.R.	1,5	3,87	5,8
Fonderie 2 <sup>a</sup> fusione . . . . .		1,3	2,31	3,0
Cementifici . . . . .	SiO <sub>2</sub>	0,010	> 6,40	0,064
Fonderie . . . . .		0,078	2,95	0,230

## BIBLIOGRAFIA

1. POZZOLI, L., MASSOLA, A., MAGNI, C., ANGELINI, E. & CAPODAGLIO, E. Polverosità e rischio silicotigeno nei cementifici. *Giorn. Med. Lav. Ig. Ind.* (in corso di stampa).
2. POZZOLI, L., CAPODAGLIO, E., CATENACCI, G., MASSOLA, A. & GHITTORI, S. 1976. Polverosità ambientale nelle fonderie; misure e considerazioni sul rischio silicotigeno. *Med. Lav.* 67, suppl. al n. 5.

## **Analisi e rischi per l'apparato respiratorio in un cementificio**

G. FABRI (a), G. BRANDI (a), A. ALTIERI (a), P. BERNARDINI (a), V. DI DONNA (a)  
e P. G. FALAPPA (b)

(a) *Istituto di Medicina del Lavoro dell'Università Cattolica del S. Cuore, Roma*

(b) *Istituto di Radiologia dell'Università Cattolica del S. Cuore, Roma*

L'esposizione a polveri nei cementifici non può essere considerata con criteri generali in quanto risulta determinata dalla natura delle materie prime impiegate, dalle loro caratteristiche chimiche e mineralogiche, dal tipo di processo produttivo seguito, dai combustibili impiegati e dalla cura dedicata alla manutenzione. Tali variabili rendono poco confrontabili i dati delle varie casistiche riportate in letteratura, specie se queste non sono correlate con i rispettivi dati ambientali.

Riportiamo i risultati ottenuti da una indagine ambientale e clinico-epidemiologica eseguita in un cementificio.

Complessivamente sono stati effettuati 30 rilievi di polverosità totale e 19 di polvere respirabile con 49 determinazioni di percentuale di quarzo, calcolando il relativo TLV in base alla formula proposta dalla A.C.G.I.H. Sono stati inoltre analizzati per diffrazione a raggi X campioni di materie prime e prodotti intermedi per valutare le fonti del rischio silicotigeno. L'analisi del quarzo è stata effettuata col metodo messo a punto nel nostro Istituto [1].

I dati ambientali ed analitici sono riassunti nelle Tab. 1 e 2.

### **CARATTERISTICHE DELLA POPOLAZIONE E INDAGINI CLINICO-EPIDEMIOLOGICHE**

Abbiamo esaminato la popolazione esposta (337 soggetti), con rilievi anamnestici generali e specifici per l'apparato respiratorio (questionario CECA), esame obiettivo, esame schermografico del torace, prove di funzionalità respiratoria.

Abbiamo suddiviso la popolazione in tre classi di esposizione:

1) soggetti non esposti (impiegati, portieri, analisti e addetti alla fabbrica di sacchi di carta);

**Valori riassuntivi di polverosità e relativo rischio silicotigeno,  
nel cementificio**

REPARTO	Numero di posizioni esaminate	Valori estremi mg/m <sup>3</sup>		% di quarzo		N. di rilievi superiori al relativo TLV
				da	a	
Frantoio . . . . .	(a) 1	1,0		1,5		—
	(b) 1	0,5		2,0		—
Mulini del crudo . . . . .	(a) 1	10,5		1,0		1
	(b) 1	2,3		1,0		—
Alimentazione del forno . . . . .	(a) 3	15,0	88,0	<1		3
	(b) 2	5,4	22,3	<1	1,0	2
Forni . . . . .	(a) 9	0,3	6,9	<1		—
	(b) 3	0,5	1,4	<1		—
	(a) (c) 1		36,0	<1		1
	(b) (c) 1		6,0	<1		1
Mulini del cotto . . . . .	(a) 3	9,7	507,0	<1	1,0	3
	(b) 3	2,7	56,0	1,0	2,0	3
Insacco del cemento . . . . .	(a) 3	0,7	5,7	<1		—
	(b) 3	0,2	1,0	<1		—
	(a) (d) 1		14,0	<1		1
	(b) (d) 1		5,5	<1		1
Macinazione della calce e silos della calce . . . . .	(a) 2	0,5	0,6	<1	2,0	—
	(b) 2		0,3	<1	2,0	—
Insacco della calce . . . . .	(a) 6	0,2	2,4	<1	2,0	—
	(b) 2		0,5	<1	2,0	—
TOTALE . . . . .	(a) 30	—	—	—	—	9 (30,0 %)
	(b) 19	—	—	—	—	7 (36,8 %)

(a) Concentrazione delle polveri totali.

(b) Concentrazione della frazione respirabile.

(c) Davanti allo scarico del clinker.

(d) Durante il prelievo si è verificata la rottura di un sacco.

TABELLA 2

**Percentuale di quarzo  
determinata per diffrazione X nelle materie prime  
e nei prodotti intermedi**

MATERIALE	% di quarzo
<i>Materie prime ed additivi (con relativa percentuale di impiego):</i>	
Calcarea (79 %) . . . . .	1
Pozzolana (10 %) . . . . .	< 1
Sabbia silicea (10 %) . . . . .	72
Ceneri di pirite (1 %) . . . . .	4,8
Gesso (1 %) . . . . .	1
<i>Prodotto intermedio:</i>	
Farina del crudo . . . . .	5,7

2) **soggetti con esposizione discontinua** (addetti alla manutenzione: meccanici, elettricisti, carpentieri, ecc.);

3) **soggetti con esposizione continua** (gli operatori di tutti gli impianti di produzione).

I dati sono riassunti nelle Tab. 3 e 4.

Le percentuali di frequenza di broncopneumopatia cronica ostruttiva (BPCO) sono poi state analizzate per ciascuna delle tre classi di esposizione in relazione all'abitudine al fumo e all'anzianità lavorativa. Relativamente al questionario CECA abbiamo evidenziato differenze significative in rapporto all'anzianità di esposizione, non significative in rapporto all'abitudine al fumo. In relazione all'obiettività respiratoria abbiamo notato come, limitatamente alla popolazione totale, si evidenzi una differenza significativa in rapporto all'abitudine al fumo e altamente significativa in rapporto all'anzianità di esposizione.

TABELLA 3

**Caratteristiche della popolazione del cementificio esaminata (337 soggetti)**

CLASSI DI ESPOSIZIONE	N. di casi	Età media (anni)	Anzianità lavorativa (anni)	Fumatori %
Non esposti . . . . .	32	46,59 ± 6,89	23,40 ± 7,80	59,3
Esposizione discontinua . . .	88	44,17 ± 8,56	20,61 ± 8,77	74,9
Esposizione continua . . . .	217	46,67 ± 7,46	20,36 ± 8,39	74,6

## Distribuzione della bronchite cronica nelle tre classi di esposizione

CLASSI DI ESPOSIZIONE	N. di casi	Questionario CECA		Rilievi obbiettivi		Esame radiologico		P. F. R. (276 effettuati)	
		N. di positivi (a)	%	N. di positivi (b)	%	N. di positivi (c)	%	N. di positivi (d)	%
Non esposti . . . . .	32	5	15,6	16	50,0	9	28,1	10	31,2
Esposizione discontinua	88	32	36,3	53	60,2	35	39,7	24	29,2
Esposizione continua . . . . .	217	109	50,2	169	77,8	117	53,9	66	40,7
TOTALE . . . . .	337	146	43,3	238	70,6	161	47,7	100	36,2
Test X <sup>2</sup> fra le tre classi . . . . .	—	p < 0,01		p < 0,01		p < 0,01		p < 0,05	

(a) Tosse ed espettorato per almeno tre mesi l'anno, per due anni consecutivi.

(b) Inasprimento del murmure vescicolare o rumori secchi da broncostenosi.

(c) Segni morfofunzionali quali accentuazione della trama, iperdiafania, ipertensione arteriosa polmonare.

(d) Segni di ostruzione bronchiale (Tiffeneau < 70%) o bronchiolare (EMF < standard di Kory).

Per quanto riguarda l'esame radiologico sono risultate significative le differenze nella classe di esposizione continua sia in relazione al fumo che all'anzianità di esposizione e, limitatamente alla popolazione totale, differenze significative in relazione al fumo e altamente significative in relazione all'anzianità di esposizione.

Le prove funzionali respiratorie, effettuate con apparecchio portatile, si sono dimostrate il parametro meno sensibile ad individuare differenze tra le varie classi e i vari gruppi, essendo influenzate, verosimilmente, dal fattore età che risulta essere elevato in tutta la popolazione.

Le tabelle relative a tali dati non vengono riportate per limiti di spazio imposti. Si riporta invece la Tab. 5 relativa alla distribuzione delle alterazioni radiologiche osservate nelle tre classi di esposizione.

## CONCLUSIONI

Dall'indagine effettuata sui 337 lavoratori del cementificio è risultata una elevata prevalenza di casi di broncopneumopatia cronica ostruttiva (Tab. 4), variabile dal 40,7 % al 77,8 % a seconda del parametro adottato (questionario CECA, rilievo semeiologico, quadro radiologico, P.F.R.), se si fa riferimento alla sola classe ad esposizione continua.

TABELLA 5

## Distribuzione delle alterazioni radiologiche nelle tre classi di esposizione

	Non esposti (32 soggetti)		Esposizione discontinua (88 soggetti)		Esposizione continua (217 soggetti)		TOTALE (337 soggetti)	
	N. di casi	%	N. di casi	%	N. di casi	%	N. di casi	%
1) Rx negativo . . . . .	14	43,7	47	53,4	67	30,8	128	37,9
2) Calcificazioni ilari bilaterali	2	6,2	8	9,0	31	14,2	41	12,1
3) Accentuazione della trama .	8	25,0	32	36,3	83	38,2	123	36,4
4) Iperdiafania . . . . .	1	3,1	3	3,4	37	17,0	41	12,1
5) Iperensione polmonare (a)	3	9,3	10	11,3	40	18,4	53	15,7
6) Anomalie pleuro diafram- matiche . . . . .	2	6,2	3	3,4	11	5,0	16	4,7
7) Esiti specifici ilo-parenchi- mali . . . . .	4	12,5	7	7,9	20	9,2	31	9,1
8) Anomalie cardiopeduncolari	5	15,6	10	11,3	40	18,4	55	16,3
9) Nodulazioni polmonari . .	0	—	0	—	4	1,8	4	1,1

(a) Secondo i criteri di Morris Simon (6).

Le percentuali riportate in letteratura di bronchite cronica e infiammazione delle prime vie aeree in lavoratori di cementifici variano dall'80 % di Giuliani e Belli [2] e Mongelli e Sciannameo [3] al 10 % di Stancari e Penazzato [4] con valori intermedi del 19 % in Kalacic [5] e del 23,5 % di Maestrelli e Coll. [6].

Sottolineiamo, tuttavia, come già affermato, la difficoltà di paragonare le varie casistiche per la diversità sia dei cicli produttivi e della composizione delle materie prime, sia dei criteri seguiti nelle metodiche di rilevazione clinico-epidemiologica della patologia respiratoria.

## BIBLIOGRAFIA

1. CECCHETTI, G. & SPERDUTO, B. 1973. Analisi diffrattometrica quantitativa del quarzo in polveri raccolte su membrane filtranti. *Atti I Conv. Naz. Ig. Ind., Ann. Ist. Super. Sanità*, **9**: 389-398.
2. GIULIANI, V. & BELLI, R. 1955. Sul rischio professionale dei cementisti. *Med. Lav.* **16**: 715-724.
3. MONGELLI, N. & SCIANNAMEO, C. 1959. Sulla patologia da polvere di cemento. Rilievi clinico radiologici su 350 cementisti (Prime osservazioni su maestranze di cementerie pugliesi). *Folia Med.* **5**: 469-507.

4. STANCARI, V. & PENAZZATO, M. 1964. Patologia polmonare ed extrapolmonare nei lavoratori del cemento. *Rass. Med. Ind.* **33**: 697-713.
5. KALACIC, I. 1973. Chronic non specific lung disease in cement Workers. *Arch. Environ. Health.* **26**: 78-83.
6. MAESTRELLI, P., SIMONATO, L., BARTOLUCCI, G. B., GEMIGNANI, C. & MAFFESSANTI, M.M. 1979. Distribuzione della pneumoconiosi e della bronchite cronica negli addetti alla produzione del cemento. *Med. Lav.* **3**: 195-202.