



### Michele Rocchetto

Location Manager & Product Specialist  
Amianto presso Centro Triveneto Ricerche - CTR,  
Socio AIAS



### Patrizia Verduchi

Owner & CEO of Delta A.P.S. Service srl,  
expert chemist in asbestos and dangerous fibers,  
Socio AIAS



## Le fibre organiche sostitutive dell'amianto

**Nel 1992 con la legge n. 257 l'Italia ha vietato l'utilizzo e la produzione di manufatti contenenti amianto. Da qui la necessità di ricercare e sviluppare nuove fibre aventi caratteristiche adatte alle necessità industriali, ma che non fossero pericolose per la salute dell'uomo.**

L'amianto è un minerale naturale che, grazie alle sue straordinarie caratteristiche chimico-fisiche, è stato storicamente utilizzato in edilizia e in moltissime applicazioni industriali.

L'esposizione alle fibre di amianto provoca, anche a distanza di decenni, l'insorgenza di mesotelioma e malattie respiratorie quali asbestosi e cancro al polmone.

Per questi motivi l'Italia, con la legge n. 257 del 1992, ha vietato

*“l'estrazione, l'importazione, l'esportazione, la commercializzazione e la produzione di amianto, di prodotti di amianto o di prodotti contenenti amianto”.*

A seguito di questo divieto è sorta la necessità di ricercare e sviluppare nuove fibre aventi caratteristiche chimiche e fisico-meccaniche adatte alle necessità industriali, ma che non fossero pericolose per la salute dell'uomo.

Le fibre sostitutive, oggi largamente impiegate in molteplici settori, possono essere suddivise in due grandi categorie:

- Fibre Artificiali Vetrose – MMVF (Man-Made Vitreous Fibers) – note anche come FAV, già ampiamente studiate dal punto di vista tossicologico.
- Fibre Artificiali Organiche – MMOF (Man-Made Organic Fibers).

### Fibre artificiali organiche – MMOF (Man-Made Organic Fibers)

Le fibre artificiali organiche sono fibre polimeriche di sintesi petrolchimica, differenti quindi da quelle naturali, vegetali o animali.

In una recente pubblicazione di INAIL del 7 luglio 2023 intitolata “Le fibre artificiali organiche utilizzate come sostitutive dell'amianto” viene posta l'attenzione proprio su questi materiali.

Le MMOF si suddividono in fibre aramidiche (meta e para), poliacriliche (PAN-poliacrilonitrile), poliammidiche (nylon), poliolefiniche (PP-polipropilene, PE-polietilene) e poliviniliche (PVC-polivinilcloruro) e (PVA-polivinilalcol).

La loro produzione è in continua espansione grazie a molteplici fattori quali, ad esempio:

- buona resistenza agli acidi e agli alcali;
- elevata resistenza all'urto anche a basse temperature;
- possibilità di ottenere filamenti di lunghezza indefinita;
- eccellenti proprietà antiaderenti.

### ■ Effetti sulla salute delle MMOF

I dati riportati in letteratura riguardo gli effetti tossici derivanti dall'utilizzo delle MMOF non sono molti. Secondo la IARC (International Agency for Research on Cancer) la maggior parte delle MMOF rientra nel gruppo 3, ovvero "non classificabili per la cancerogenicità sull'uomo", in quanto non vi sono sufficienti studi che attestino una potenziale cancerogenicità di tali fibre. Secondo l'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS), la maggior parte delle MMOF presenta un rischio indeterminato di pericolosità, mentre le fibre para-aramidiche sono state considerate di media pericolosità in quanto capaci di rilasciare fibrille respirabili. Tuttavia, entrambe le Organizzazioni individuano alcune tipologie di MMOF come sostanze a elevata priorità di rivalutazione.

Il focus di studio è principalmente posto proprio sulle fibre para-aramidiche. Queste, anche se di diametro elevato, durante processi abrasivi, di taglio o di produzione del filato, sono in grado di generare sulla superficie delle fibre piccole fibrille di diametro  $<1\mu\text{m}$  note in letteratura come Respirable-sized Fiber-shaped Particulates (RFP).

Le RFP, una volta aerodisperse, sono potenzialmente in grado di penetrare in profondità nei polmoni, dove per la loro bassa biopersistenza sono degradate dai macrofagi alveolari.

Nonostante questa evidenza, non risultano a oggi disponibili in letteratura studi epidemiologici consistenti sulla tossicità delle fibrille para-aramidiche sull'uomo. Studi di inalazione condotti su ratti, invece, hanno evidenziato risposta infiammatoria, insorgenza di fibrosi polmonare, cisti cheratinizzate di natura biologica non chiara, ma evidente minore biopersistenza rispetto al crisotilo.

Per il PAN sono disponibili pochi dati discordanti, derivanti da studi in vivo su animali. Come per le fibre para-aramidiche non si esclude che l'esposizione a PAN possa comportare una potenziale risposta infiammatoria transiente con insorgenza di fibrosi polmonare.

L'esposizione negli animali a fibre di PP, invece, sembrerebbe essere associata a cambiamenti polmonari



Osservatore aereo con tuta di volo in fibra aramidica Nomex (meta-aramidica) – aereo da ricognizione Cessna 337 Skymaster II, 1975.

caratterizzati da incremento della cellularità e bronchioliti precoci che regrediscono nel giro di pochi mesi.

Per PE, PVC e PVA i dati in letteratura relativi alla valutazione del rischio per la salute umana sono inconsistenti. In tale ambito l'attività svolta dalla IARC offre una valutazione del rischio cancerogeno di fondamentale importanza. In base alla classificazione IARC (1997), la maggior parte delle MMOF rientra nel gruppo 3, "non classificabili per la cancerogenicità sull'uomo", in quanto non sono presenti studi sufficienti a dimostrazione della loro potenziale cancerogenicità.

### ■ Valori limite per MMVF e MMOF

La legislazione italiana, attualmente, non prevede valori limite di esposizione sia per le MMVF sia per le MMOF nei luoghi di lavoro, né valori guida per concentrazioni medie giornaliere negli ambienti indoor e outdoor.

Nel caso di esposizione lavorativa, per le MMVF si utilizzano i valori limite soglia (TLV-TWA) di esposizione dell'ACGIH (American Conference of Go-

vernmental Industrial Hygienists) pari a  $0,3 \text{ f/cm}^3$  per le FCR e  $1 \text{ f/cm}^3$  per le lane minerali (lana di roccia, lana di vetro, lana di scoria e fibre di vetro a filamento continuo). Per quanto riguarda le MMOF, sempre l'ACGIH le ricomprende nel "particolato non altrimenti classificato", con valori limite di soglia TLV-TWA di  $10 \text{ mg/m}^3$  per la polvere totale e  $3 \text{ mg/m}^3$  per la polvere respirabile.

L'OSHA (Occupational Safety and Health Administration) definisce per il "particolato non altrimenti regolamentato" un valore limite di esposizione PEL (Permissible Exposure Limit) pari a  $15 \text{ mg/m}^3$  per la polvere totale e di  $5 \text{ mg/m}^3$  per la polvere respirabile, calcolato come media ponderata nelle 8 ore lavorative.

In alcuni stati europei e in America settentrionale sono stati introdotti TLV-TWA specifici per le fibre para-aramidiche.

Nel Regno Unito il limite raccomandato di esposizione occupazionale è pari a 0,5 fibre respirabili per ml, in Francia invece è 1 fibra respirabile per ml. Nei Paesi Bassi il limite raccomandato è 2,5 fibre respirabili per ml. In Canada il valore limite di esposizione è pari a 1 fibra respirabile per ml.

### ■ Metodologie analitiche

Le metodologie analitiche impiegate per l'individuazione e caratterizzazione delle MMVF e delle organiche MMOF sono le stesse che vengono impiegate per la ricerca delle fibre di amianto.

In particolare, l'utilizzo della microscopia elettronica a scansione (SEM) consente di misurare il diametro delle MMVF e delle MMOF al fine di verificarne la non respirabilità. Tecniche di analisi chimica elementare, come la microanalisi a raggi X (EDS) accoppiate alla microscopia elettronica a scansione (SEM), consentono una corretta classificazione delle fibre artificiali vetrose.

La spettroscopia infrarossa in trasformata di Fourier (FTIR) e la diffrazione a raggi X (XRD) sono ulteriori metodologie largamente impiegate per il riconoscimento delle specie mineralogiche di amianto che possono essere efficacemente impiegate per la caratterizzazione delle fibre artificiali organiche (MMOF).



Sopra: Prova impatto balistico su kevlar® (fibra para-aramidica) intrecciato, NASA/Glenn Research Center.  
A fianco: Fibra di kevlar®.

