

## CANTIERISTICA DA DIPORTO NELLA REGIONE MARCHE: RISCHIO DI ESPOSIZIONE A FIBRE DI VETRO E STIRENE

*R. Bevilacqua\**, *D. Candido\**, *A. Carella\**, *G. Castellet y Ballarà\*\**,  
*R. Compagnoni\**, *G. Papa\**,

\* INAIL - Direzione Regionale Marche - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

\*\* INAIL - Direzione Generale - Consulenza Tecnica Accertamento Rischi e Prevenzione

### RIASSUNTO

Questo studio ha esaminato il comparto della cantieristica da diporto della provincia di Pesaro-Urbino, caratterizzato dalla presenza di aziende a carattere artigianale. E' stata analizzata la produzione di imbarcazioni ottenute da resine poliesteri rinforzate da tessuti in fibre di vetro. L'indagine igienistico-industriale è stata finalizzata all'analisi dell'esposizione degli operatori del settore sia alle fibre di vetro aerodisperse (FV) che ai vapori di stirene. Sono state condotte rilevazioni analitiche sugli addetti in un campione indicativo di aziende, utilizzando i metodi indicati dal D.Lgs 277/91 per le fibre di vetro ed analisi gascromatografica per lo stirene. I risultati indicano una concentrazione di fibre di vetro estremamente bassa mentre per lo stirene si sono ottenuti valori prossimi al TLV-TWA indicato dall'ACGIH.

### SUMMARY

This work is concerned with pleasurecraft manufacture industry in Pesaro-Urbino province (Marche region - Italy), which is structured mainly in craftsmen enterprises. Shipbuilding production obtained through application of polyester resins strenghtened by glass coat is analyzed.

The research focused on the analysis of occupational exposure to airborne man-made vitreous fibres and styrene. Analytical surveys were conducted among the workmen in a sample of factories, according to the reference methods prescribed by Italian law for monitoring airborne vitreous fibres concentration at workplaces and through gascromatography for styrene.

The results of the study show an extremely low concentration of airborne vitreous fibres, while the values of occupational exposure to styrene are close to the ACGIH TLV-TWA for that substance.

### 1. INTRODUZIONE

Lo studio in esame rappresenta una continuazione di una precedente ricerca inerente la valutazione dell'inquinamento da stirene negli ambienti di lavoro del settore della vetroresina (Papa et al, 2001).

Nel ciclo produttivo delle imbarcazioni da diporto le materie prime utilizzate sono sia tessuti di fibre di vetro che gelcoat (resina poliesteri insatura contenente stirene, pigmenti, agenti tixotropici e cariche, addizionata con catalizzatore). Nel nostro studio si è voluto indagare sia l'inquinamento da fibre di vetro aereodisperse che da vapori di stirene, agenti che rappresentano

i principali fattori di rischio per il settore in esame (AA.VV., 1992; ALBONETTI *et al*, 2002; BELLI *et al* 2002).

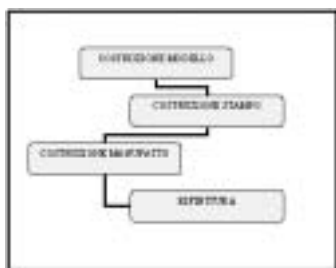
Le fibre di vetro a filamenti continui, sono state classificate dallo IARC nel Gruppo 3 ("non classificabile come cancerogeno per l'uomo") tuttavia in letteratura sono stati descritti effetti non cancerogeni ma irritanti e reversibili al cessare dell'esposizione (manifestazioni a carico della cute, flogosi della mucosa delle prime vie respiratorie, delle congiuntive ecc.). L'azione irritativa in particolari condizioni di esposizione può verificarsi anche sul tessuto polmonare e sulla pleura.

I materiali utilizzati in questa realtà sono quasi tutti costituiti da vetro "E" a basso contenuto alcalino. Si tratta di tessuti con armature diverse, feltri apprettati o materiali compositi, tutti ottenuti da fili di diametri non inferiori ai 5 µm. L'ACGIH ha indicato per le FV un TLV-TWA pari a 1f/cc per la frazione respirabile e pari a 5mg/m<sup>3</sup> per quella inalabile (Circolare Ministero della Sanità, n. 172 del 20/12/1991; IARC 2001; CAVARIANI *et al.*, 2000; ACGIH, 2002).

Lo stirene è un solvente organico aromatico che penetra nell'organismo principalmente per via inalatoria: l'assorbimento polmonare raggiunge quote del 45-85% del totale inalato. Dopo l'assorbimento, lo stirene si distribuisce rapidamente nell'organismo, e tende a concentrarsi nel tessuto adiposo e nel sistema nervoso centrale. Il contatto cutaneo ripetuto e prolungato può provocare dermatiti. Lo stirene è classificato come *possibile cancerogeno* per l'uomo dallo IARC (gruppo 2B), mentre l'ACGIH lo ha classificato come A4 (*non classificabile come carcinogeno per l'uomo*) definendo un TLV-TWA pari a 20 ppm ed un TLV-STEL di 40 ppm.

## 2. CICLO LAVORATIVO

La produzione di imbarcazioni in vetroresina avviene attraverso un processo conosciuto con il nome di *formatura a stampo aperto*. La reazione chimica in gioco è la *polimerizzazione* della *resina poliesterica*, processo che avviene a temperatura ambiente. Tutto il ciclo lavorativo non ha bisogno di attrezzature particolari, infatti, quelle utilizzate nelle aziende da noi visitate, sono abbastanza semplici e di uso manuale come martelli, scalpelli, mole smeriglio o da taglio, pennelli, rullini frangibolle, spatole ed eventualmente attrezzi per la verniciatura.



**Schema 1:** Lay-out produttivo per la produzione di imbarcazioni in vetroresina



**Figura 1:** Taglio del tessuto in fibra di vetro

Più in particolare possiamo evidenziare i seguenti stadi (Schema 1) :

**Costruzione modello** : Il modello, generalmente in legno, può essere fornito dal committente oppure viene costruito direttamente nel laboratorio artigianale mediante operazioni di carpenteria in legno. Il modello deve riprodurre esattamente nella forma, nelle dimensioni e nel grado di finitura il manufatto che poi si realizzerà.

**Costruzione stampo:** Le operazioni sono le stesse necessarie per la costruzione del manufatto: cambiano solamente la grammatura della fibra di vetro e/o il tipo di gelcoat usato (e dunque sono descritte di seguito).

**Costruzione manufatto :** La superficie dello stampo cerata e lucidata viene trattata con sostanze distaccanti e quindi verniciata con gelcoat : questa sarà la parte del manufatto visibile esternamente. Il gelcoat può essere applicato manualmente a pennello e/o a rullo. I tessuti di fibre di vetro sono tagliati con normali taglierine in strisce o pezzi di varie dimensioni (figura 1); successivamente inizia il processo di stratificazione e quindi di costruzione del manufatto vero e proprio. Sulla superficie dello stampo trattata con il gelcoat viene applicato un primo strato di fibra di vetro a bassa grammatura (circa 200-225 g/m<sup>2</sup>) impregnata di resina. Questa operazione viene eseguita manualmente :

- applicando il tessuto sullo stampo e impregnandolo di resina con un rullo o con un pennello (attività svolta dai cosiddetti *resinatori*) : questa è la tecnica più utilizzata nelle aziende artigiane da noi indagate (Foto 2 e 3);
- oppure immergendo i pezzi più piccoli di tessuto direttamente nella resina ed applicandoli alla superficie dello stampo.

Al primo strato si sovrappongono altri strati di tessuti di FV (con grammatura via via crescente, fino a 600 g/m<sup>2</sup>) e resina -utilizzando sempre la stessa tecnica- fino al raggiungimento dello spessore desiderato. Ultimata la stesura degli strati, è necessario attendere i tempi della solidificazione della resina (essiccazione).



Figura 2: Resinatore in opera



Figura 3: Resinatore in opera

**Finitura del manufatto:** Una parte del processo di finitura del manufatto viene effettuato prima dell'estrazione dallo stampo. In particolare si provvede alla rimozione delle bave, cioè delle parti di stratificato che fuoriescono dai margini dello stampo, utilizzando utensili portatili muniti di dischi abrasivi o diamantati o anche semplici taglierine (Figura 4 e 5). Nel primo caso vengono usati in genere sistemi di aspirazione localizzati (maniche aspiranti).



Figura 4: Rifilatura con mola



Figura 5: Rifilatura con taglierina

Il manufatto viene poi estratto dallo stampo (Figura 6) e, nel caso in cui i pezzi presentino delle imperfezioni, nella loro parte esterna, questi vengono sottoposti ad operazioni di finitura quali molatura, stuccatura, carteggiatura, verniciatura con gelcoat, o altre operazioni complementari (*rifinitura* - Figura 7). La lucidatura è l'ultima fase prima dell'assemblaggio.



Figura 6: Estrazione dallo stampo



Figura 7: Rifinitura su un particolare (lucidatura)

### 3. MATERIALI E METODI

Sono stati effettuati campionamenti personali sulle mansioni interessate direttamente all'utilizzo sia di tessuti in fibre di vetro che di stirene.

Le fibre di vetro aereodisperse sono state campionate seguendo i metodi di riferimento riportati nel D.Lgs. 277/91 (All. V) utilizzando campionatori personali SKC Aircheck 2000 con flusso di 1,00 l/min, selettore con cappa a faccia aperta in alluminio e filtri Gelman in nitrato di cellulosa con reticolo stampato ( $\phi$  di 25 mm e porosità 0,8  $\mu$ ). I filtri sono stati analizzati dal Laboratorio della CONTARP Centrale mediante MOCF (Microscopio Zeiss Axioplan) come previsto dall'All.II- D.M. 6/9/94.

La determinazione della concentrazione di stirene è stata effettuata mediante un gascromatografo portatile Voyager Tecora con un rilevatore a fotoionizzazione, in accordo a quanto previsto dalla norme tecniche UNI-EN 689 e NIOSH (UNI EN 689, 1997; LIEDEL *et al.*,1977); per tale agente inquinante sono state eseguite anche delle rilevazioni di centro-ambiente su postazioni fisse.

#### 4. RISULTATI E DISCUSSIONE

Per quanto riguarda le fibre di vetro solo in due postazioni tra quelle campionate è stata rilevata la presenza di FV nella frazione respirabile, seppure in quantità decisamente contenute (Tabella 1). In molte postazioni è stata tuttavia rilevata una considerevole quantità di fibre totali tanto che alcuni dei filtri di campionamento sono risultati sovraccarichi: sebbene nelle diverse aziende indagate fossero presenti sistemi di aspirazione, solo in alcune di esse erano usati correttamente e comunque non sono risultati particolarmente efficaci. In definitiva i principali rischi occupazionali legati all'utilizzo di materiali in fibre di vetro a filamenti continui sono riconducibili al contatto cutaneo in considerazione del loro forte potere irritante.

Tabella 1

*Esposizione a fibre di vetro aerodisperse: risultati dei campionamenti personali per mansione*

Azienda	Campione	Mansione : addetto al/alla	n° Fibre totali	n° Fibre respirabili	F/cc respirabili
A	A1	Taglio mat / stuoia	138	n.r.	n.d.
	A2	Resinatura	690	n.r.	n.d.
	A3	Rifilatura *	138	n.r.	n.d.
	A4	Rifilatura *	n.r.	n.r.	n.d.
B	B1	Resinatura	n.r.	n.r.	n.d.
	B2	Rifilatura	n.r.	n.r.	n.d.
	B3	Resinatura	n.r.	n.r.	n.d.
	BP	Resinatura e Rifilatura *	126	n.r.	n.d.
C	C2	Resinatura	70	n.r.	n.d.
	C3	Resinatura	n.r.	n.r.	n.d.
	C4	Resinatura	523	n.r.	n.d.
D	D1	Rifilatura **	900	100	0.016
	D2	Rifilatura **	n.r.	n.r.	n.d.
	D3	Resinatura e Taglio	400	200	0.008
	D4	Resinatura e Taglio	100	n.r.	n.d.
	D5	Rifinitura	n.r.	n.r.	n.d.
	D6	Rifinitura	n.r.	n.r.	n.d.

\* con aspirazione localizzata; \*\* in cabina aspirata; n.r. fibre non rilevate; n.d. non determinata

Per quanto riguarda lo stirene i risultati dei campionamenti personali evidenziano per i resinatori (Tabella 2) valori di esposizione abbastanza prossimi ai TLV-TWA indicati dall'ACGIH (pari a 20 ppm). I livelli di concentrazione di centro ambiente (Tabella 3) risultano invece nettamente al di sotto di tale soglia, tuttavia tali valori (tra 6-7 ppm) sono indicativi di un inquinamento da stirene piuttosto diffuso nelle realtà produttive indagate. Ciò può essere spiegato considerando che in questi opifici sia la fase di resinatura che di essiccazione dei manufatti prodotti hanno luogo in un ambiente di lavoro unico. Entrambe queste fasi infatti, comportano un rilascio di vapori di stirene con un conseguente incremento dell'inquinamento ambientale. Questo fenomeno non trova riscontro nell'azienda indicata con "D" poiché ivi le due fasi citate hanno luogo in reparti chiusi e separati tra loro, entrambi muniti di sistemi di aspirazione. Nel reparto essiccazione di questa unità, inoltre, è stata rilevata la presenza di un sistema di riscaldamento (proprio per favorire l'essiccazione) e la permanenza dei vari operatori in questo locale è limitata alla sola movimentazione dei manufatti.

Tabella 2

*Esposizione a stirene: risultati dei campionamenti personali per i resinatori*

Azienda	Mansioni	Valore Medio (ppm)	Deviazione Standard	Mediana (ppm)	Valore Max (ppm)
A	Resinatore	21,8	9,3	20,0	38,0
B	Resinatore	17,1	16,6	9,5	38,3
C	Resinatore	18,7	9,2	23,6	28,2
D	Resinatore	8,9	4,9	7,8	19,6

Tabella 3

*Esposizione a stirene: valori medi di concentrazione risultanti da campionamenti ambientali su postazioni fisse (centro-ambiente)*

Azienda	A	B	C	D
Stirene (ppm)	7,6	6,6	7,3	3,0

In conclusione, i dati di esposizione a fibre di vetro aereodisperse e vapori di stirene rilevati nel settore sono confrontabili con quelli presenti in letteratura (PAPA *et al.*, 2001; AAVV, 1992). Fondamentale anche in questo settore sarebbe l'adozione di un sistema di gestione della sicurezza (corretta organizzazione del lavoro, formazione-informazione degli addetti, introduzione di efficaci sistemi di abbattimento degli inquinanti, ecc.) al fine di ottimizzare lo svolgimento delle lavorazioni in termini di prevenzione e sicurezza. Coniugando ciò con opportuni investimenti finalizzati al miglioramento degli impianti e degli strumenti di produzione, sarebbe possibile ridurre sensibilmente le fonti di pericolo di cui si è discusso.

## BIBLIOGRAFIA

AA.VV.: Il comparto delle resine poliestere rinforzate con fibre di vetro. Regione Emilia Romagna, USL 11 Correggio, 1992.

ACGIH: Threshold Limit Values and Biological Exposure Indices, 2002.

ALBONETTI A., CASO M.A., VENERI L., BALDASSARI G., RAVAIOLI M., ROSSI M.: Valutazione dei livelli di esposizione a stirene nelle lavorazioni della vetroresina: barche, furgonature, piccoli pezzi. Risch 2002.

BELLI P.G., BERTANI R., BRILLI R., CASTELLANI F., CONSIGLI R., CORRADINI L., D'ONOFRIO R., FAVILLI S., NALDI S., PAOLI M.: Documento di valutazione EX D.LGS. 626\*94 nel comparto vetroresina. 19° Congresso AIDII.

CAVARIANI F., SILVESTRI S.: Le fibre artificiali vetrose. Lavoro e Salute, ottobre 2000.

Circolare Ministero della Sanità, n. 172 del 20/12/1991.

IARC (International Agency of Research on Cancer): Man-made vitreous fibres, Monographs on the evaluation of Carcinogenic Risk to Human - 81 (2001).

LIEDEL N.A., BUSCH K.A., LYNCH J.R.: Occupational exposure sampling strategy manual, NIOSH, 1977.

PAPA G., CARELLA A., RUSPOLINI F., TAGLIERI L., BARRA M.I., DE BLASI P., FIZZANO M.R., GARGARO G., GIOVINAZZO R., LA PEGNA P.: Valutazione dell'inquinamento da solventi nell'industria di manufatti in materiale composito : il caso delle vetroresina. 2° Seminario CONTARP, 2001.

UNI EN 689: Atmosfera dell'ambiente di lavoro : Guida alla valutazione dell'esposizione per inalazione a composti chimici ai fini del confronto con i valori limiti e strategia di misurazione. 1997.