

IL RISCHIO CHIMICO NELLE FALEGNAMERIE

P. CARRAI*, C. ROCCHI*, C. NOBILI**

Introduzione

Lo scopo del lavoro è quello di valutare l'esposizione dei lavoratori addetti alle fasi di verniciatura del legno nelle falegnamerie. Lo studio si è rivolto a 5 ditte, situate nella piana di Lucca e Valle del Serchio, zona nota come Garfagnana che si occupano di realizzazione e restauro di mobili per interno ed esterno e di serramenti le quali, sia per numero di addetti che per tipologia di lavorazione, ci sembravano maggiormente rappresentative rispetto al totale delle ditte presenti in questa zona.

Si tratta quindi di piccole e medie imprese che lavorano il legno per realizzare mobili e/o infissi, in genere a conduzione familiare, dove nella maggioranza dei casi anche il titolare partecipa alle attività lavorative. In una falegnameria, il processo che dalla materia prima (legno) porta al manufatto è costituito da 4 fasi: stoccaggio legname; lavorazione meccanica; verniciatura; trasporto e montaggio. I rischi presenti nelle varie fasi sono molteplici: rischio da esposizione ad agenti fisici (rumore); movimentazione manuale e meccanica delle merci; postura incongrua; rischio incendio/esplosione; rischio infortuni; rischio da esposizione a sostanze chimiche. Uno dei principali rischi presenti nelle falegnamerie artigiane è appunto il rischio da esposizione a sostanze chimiche che deriva da vari fattori: tipo di legname utilizzato; colla; stucco per legno; acetone; vernici.

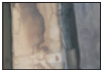




* Università di Pisa Dip. Chimica.

** Az. USL 2 Lucca.

Di seguito sono indicate le principali caratteristiche dei legni maggiormente utilizzati:

Tabella 1

Caratteristiche dei principali legni utilizzati.

Legno	Caratteristiche	Provenienza	Classificazione	Effetti sulla salute
castagno 	Lavorazione agevole; verniciature complesse a causa del tannino; alto uso di fondo per eccessiva porosità	Piemonte; Georgia (più stagionato)	Legno duro	Irritante e sensibilizzante
Iroko 	Lavorazione complessa in tutte le sue fasi	Africa occidentale	Legno tropicale	Sensibilizzante
Rovere 	Sensibili variazioni di dimensioni per effetto dei cambiamenti di umidità dell'ambiente; tende a formare macchie a causa del contenuto di tannino,	Europa	Legno duro	Sensibilizzante
Pioppo 	Legno poco resistente ma facilmente lavorabile	Europa	Legno duro	Sensibilizzante
Abete 	Legno di facile lavorazione	Europa	Legno dolce	

La colla, utilizzata per incollare tra di loro i listelli è di tipo polivinilico, ovvero si tratta di una dispersione di resine polivinil acetato (PVAc) in base acquosa. Lo stucco, usato per riparare difetti del legno, può contenere percentuali significative di stirene. L'acetone viene utilizzato essenzialmente per pulire pennelli e barattoli di vernici prima del loro smaltimento, ma anche come solvente per le tinte. La vernice è un materiale tipicamente fluido che viene steso sopra una superficie la quale, per essere stesa correttamente, necessita di essere portata alla giusta viscosità, cioè a quella consistenza che ne permette un' applicazione fluida e scorrevole, tramite utilizzo di diluenti. Si compone di vari elementi: il solvente, che assicura alla vernice la necessaria fluidità, il quale si volatilizza durante l'applicazione; il legante (composto da sostanze filmogene quali resine sintetiche, le quali, una volta terminata l' essiccazione, formano il film di protezione sulla

superficie del legno); i pigmenti che conferiscono il colore alla pellicola superficiale; gli additivi che servono a velocizzare l'essiccazione, a contrastare gli effetti degli UV, a contenere l'ingiallimento e a mantenere la necessaria elasticità della pellicola superficiale.

A seconda della destinazione d'uso del manufatto, si distinguono in vernici per interni, di cui attualmente le più utilizzate sono ancora le poliuretaniche e le acriliche e vernici per esterni, tra cui quelle ad acqua, le quali garantiscono una maggiore resistenza ai raggi ultravioletti e alle intemperie e gli impregnanti.

Le vernici poliuretaniche possono essere monocomponenti e bicomponenti. I poliuretaniche bicomponenti sono i prodotti maggiormente usati, dal momento che le vernici monocomponenti sono sensibili all'umidità ambientale. Sono costituiti da una resina e da un catalizzatore che vengono miscelati al momento d'uso. Una volta preparata non è possibile conservarla. Poiché tende a solidificare rapidamente; tuttavia al prodotto di fondo è possibile aggiungere il diluente meglio se del tipo ritardante e chiudere quanto è rimasto in un barattolo ermetico. Le vernici acriliche sono usate soprattutto per ottenere una patina antichizzante o per il laccato dal momento che creano una pellicola talmente sottile che tende a sfaldarsi alle minime sollecitazioni. Le vernici all'acqua sono prodotti nei quali la parte solvente è composta prevalentemente da acqua, per cui sono in grado di ridurre notevolmente il problema legato alle emissioni di solvente nell'ambiente ad alta tossicità nei confronti dell'operatore. La vernice ad acqua appena deposta sul pezzo si presenta come uno strato di acqua in cui sono disperse le goccioline di resina. Man mano che l'acqua evapora le goccioline si avvicinano fino a toccarsi. In seguito si deformano e si fondono le une nelle altre secondo un procedimento chimico-fisico, definito coalescenza, per formare un film continuo di vernice. In generale i prodotti all'acqua essiccano più lentamente rispetto agli omologhi al solvente. La velocità di evaporazione dipende dalla temperatura ed umidità ambientali, quindi conviene effettuare la verniciatura quando fa caldo e l'ambiente non è troppo umido. Un valore di umidità dell'aria superiore al 70% e una temperatura inferiore a 10°-15° non solo rallentano l'essiccazione, ma fanno sì che si crei una pellicola con scarsa resistenza chimica e meccanica. Tali condizioni possono essere raggiunte anche solo arieggiando adeguatamente il locale. L'impregnante serve appunto ad impregnare il legno in modo che altre sostanze, sostanzialmente l'acqua piovana, non trovino lo spazio per penetrare a loro volta. È una miscela di resine, solventi, pigmenti e biocidi necessari per evitare l'attacco e la proliferazione di funghi xilofagi, che si sviluppano in ambiente con elevata umidità (infissi esterni) e quando si utilizza il legno di conifere, particolarmente sensibili allo sviluppo di funghi.

Come si effettua la verniciatura del legno

Il procedimento di verniciatura presenta alcune differenze a seconda del tipo di

vernice utilizzato e a seconda che si stia verniciando un prodotto per interni o un infisso.

Verniciatura di manufatti per interno: se si utilizzano vernici poliuretatiche, viene applicato il fondo (o turapori, la cui funzione è appunto quella di chiudere i pori del legno) miscelato con il catalizzatore e il diluente il rapporto stabilito dalle ditte produttrici, poi si procede alla stuccatura e infine viene steso un prodotto di finitura, lucida o opaca, miscelata con il catalizzatore e il diluente nelle stesse proporzioni di quanto visto prima, carteggiando ad ogni passaggio. Molte case usano un solo tipo di catalizzatore sia per il fondo che per la finitura, altre invece ne adottano un tipo specifico per l'uno e per l'altro. Con la finitura bianca spesso si usa il catalizzatore antingiallente. Per quanto riguarda la verniciatura con prodotti acrilici si passa il fondo acrilico con il catalizzatore, l'additivo antischivante (utilizzato per eliminare eventuali difficoltà di scarsa bagnabilità dei supporti, aiuta la distensione dei film di protezione ed evita la formazione di buchi, bollicine e crateri superficiali dei supporti) e il diluente secondo un rapporto definito; infine si passa il prodotto di finitura.

Verniciatura di manufatti per l'esterno: il procedimento ha inizio con la stesura del primer che permette una tenuta migliore dell'impregnante dopodiché si stende il fondo miscelato con l'acqua e infine il prodotto di finitura, sempre carteggiando tra un passaggio e l'altro.

I fattori che influenzano il risultato della verniciatura sono molteplici, tra cui l'umidità sia del supporto che dell'ambiente di lavoro, la temperatura ambientale e dei prodotti utilizzati, le caratteristiche del legno, ad esempio i nodi poiché con il tempo possono rilasciare della resina che fa staccare la vernice con conseguente sfogliamento e il tannino che durante la verniciatura dei legni in cui è contenuto può portare a strane colorazioni bluastre (ad esempio nel rovere). Le vernici all'acqua non sono chimicamente sensibili al tannino. La verniciatura del legno avviene sia a pennello che a spruzzo:



Fig. 1: Verniciatura a spruzzo.



Fig. 2: Verniciatura a pennello.

Generalmente nelle falegnamerie, la verniciatura avviene a spruzzo in apposite cabina di verniciatura del tipo “a velo d’aria”. Sono cabine con doppia filtrazione frontale a secco formate da una struttura autoportante in pannelli in acciaio zincato pressopiegato la quale sorregge la cappa di aspirazione su cui è montato l’aspiratore con lunghezza media di circa 400 cm, larghezza di 150 cm e altezza di 230 cm. Il frontale aspirante è composto da una prima barriera filtrante, formata da guide in lamiera di acciaio zincato su cui vengono montati i filtri in cartone speciale, disposti su due file, una sopra l’altra, con una superficie filtrante media di circa 7 m², e da una seconda barriera filtrante, (posizionata dietro il filtro in cartone descritto precedentemente), la quale è formata da due materassini in fibra di vetro che fornisce una superficie filtrante media di circa 6 m².



Fig. 3: Cabina di verniciatura.

Rischi per la salute dei lavoratori

In una falegnameria il rischio chimico deriva sia dal tipo di legno utilizzato che dai prodotti vernicianti. Come già visto precedentemente, anche il legno, durante le operazioni di carteggiatura dove si producono notevoli quantità di polveri può avere effetti patologici, probabilmente a causa dalla percentuale di terpeni, resine e polifenoli in esso contenuti, ma anche dai residui di insetticidi e pesticidi utilizzati durante la coltivazione, così come dai conservanti utilizzati dopo l’essiccazione del legno per riparare danni o per proteggere il legno. Le specie di legno dimostrate scientificamente maggiormente allergizzanti sono frassino, faggio, teak, iroko, pino, mentre per quanto riguarda il ciliegio, castagno, noce, abete, pur essendo ormai noti i loro effetti negativi sulla salute, non sono ancora stati dimostrati meccanismi scientifici alla base di ciò. Tuttavia, il rischio maggiore da esposizione a sostanze chimiche nelle falegnamerie deriva dall’utilizzo delle vernici, le quali sono potenzialmente fonte di pericolo per la salute che per la sicurezza dei lavoratori, ma non rappresentano necessariamente un rischio effettivo, in quanto questo dipende dalle caratteristiche tossicologiche della sostanza e dalle modalità del contatto che

si realizza nel corso dell'attività lavorativa (via di esposizione, modalità, frequenza); dalle caratteristiche del soggetto esposto (età, fatica, sesso, patologie preesistenti, stato di gravidanza); dall'ambiente di esposizione (condizioni climatiche, rumore). Uno strumento fondamentale per conoscere le caratteristiche del prodotto che stiamo utilizzando è la scheda di sicurezza dove sono indicate la composizione chimica e la percentuale delle sostanze presenti nel prodotto; le proprietà chimico fisiche; i simboli di pericolo; le caratteristiche tossicologiche; il modo di utilizzo; i DPI più idonei; le misure di prevenzione e di protezione; cosa fare in caso di incidenti. Durante la verniciatura a spruzzo si forma una nebbia di aerosol costituita dai vapori dei solventi la quale si muove anche al di fuori del getto dello spruzzo, determinando un rischio per la salute anche per quei lavoratori che pur non effettuando operazioni di verniciatura, si trovano nelle immediate vicinanze. La via espositiva principale è quella inalatoria ma molte sostanze chimiche vengono assorbite anche attraverso la cute. I rischi per la salute riguardano la possibilità che tali sostanze hanno di produrre danni alla salute, sia di tipo acuto (danno immediato, dovuto ad esposizione breve ad alta concentrazione) che di tipo cronico (esposizioni a basse concentrazioni per un tempo anche molto lungo). La maggior parte delle sostanze chimiche presenti nelle vernici sono classificate come nocive, irritanti o sensibilizzanti e possono avere effetti a carico delle vie respiratorie e delle mucose (rinite associata anche a congiuntivite, asma, broncopneumopatia cronica ostruttiva) e della cute (dermatiti da contatto o di tipo allergico localizzate prevalentemente sul dorso e palmo della mano). Alcune di queste patologie sono reversibile, cioè l'effetto svanisce al cessare dell'esposizione, mentre altre sono irreversibili. Inoltre molti solventi non hanno solamente un effetto locale a carico delle prime vie respiratorie o della cute, ma entrano nel circolo sistemico, provocando seri danni al fegato, ma anche ai reni e tendono a depositarsi nei tessuti adiposi. Importante tenere presente che il rischio da esposizione a tali sostanze può avvenire sia durante le operazioni di verniciatura, come visto in precedenza, sia durante l'essiccazione dei manufatti, soprattutto quando questa non avviene in un locale separato dalle restanti attività:



Fig. 4: Essiccazione non separata da altre attività.

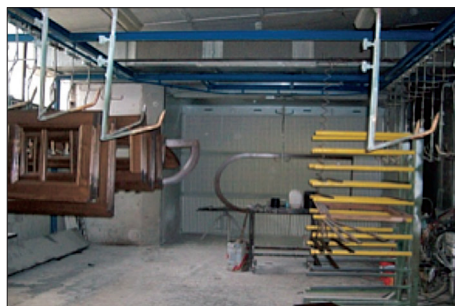


Fig. 5: Essiccazione separata dalle altre attività.

Alcune sostanze chimiche hanno effetti sull'apparato uditivo (ototossiche). Gli effetti di alcune sostanze chimiche sul sistema nervoso e sui tessuti dell'orecchio è ormai accertato: sostanze tossiche per le strutture neurosensoriali deputate alla funzione uditiva e all'equilibrio sono ad esempio xilene, toluene, stirene, etilbenzene. L'ACGIH, in un documento specifico, ritiene che, è importante eseguire controlli audiometrici per i lavoratori le cui esposizioni risultano pari o superiori al 20% del TLV per le sostanze elencate. Tuttavia, in considerazione dell'incertezza delle conoscenze tuttora disponibili, la normativa italiana ritiene adeguato che, previo un accertamento della funzione uditiva al momento dell'inizio dell'attività lavorativa, vengano sottoposti «a controllo audiometrico annuale i lavoratori esposti al solo agente chimico (almeno per toluene, xilene, stirene, etilbenzene, piombo, mercurio, manganese, monossido di carbonio) per livelli di esposizione superiori al 50% del valore limite di esposizione».

Rischi per la sicurezza dei lavoratori

Le vernici, inoltre, rappresentano un materiale infiammabile, pertanto costituiscono un rischio incendio, presente in varie zone delle ditte: nel locale verniciatura, stoccaggio e preparazione vernici, nei condotti di emissione, nei recipienti contenenti stracci e carta intrisi di vernici.

Il rischio esplosione è dovuto ai vapori dei solventi infiammabili quando la loro concentrazione in aria ricade nell'intervallo di infiammabilità, specifico per ogni sostanza, considerando la temperatura di infiammabilità, ovvero la temperatura minima a partire dalla quale una miscela di vapori e aria può essere infiammabile (atmosfera ATEX).

Molti combustibili hanno un intervallo di infiammabilità abbastanza ristretto; è allora relativamente facile evitare di manipolarli in condizioni pericolose. Altri hanno un intervallo tanto esteso che soltanto loro miscele molto "ricche" o molto "povere" di combustibile si trovano al di fuori dei limiti pericolosi. Quando il combustibile non è un composto singolo ma una miscela di più solventi e quindi non si trovano dati sperimentali sui limiti di infiammabilità, si può ricorrere a calcoli che si basano su criteri di additività, partendo dai limiti dei singoli composti. L'equazione è la seguente:

$$Li = 100 / (C1/L1 + C2/L2 + \dots + Cn/Ln)$$

Dove

Li = limite inferiore di infiammabilità della miscela in aria;

c1, c2, ..., cn = percentuale di ciascun combustibile presente nella miscela, senza aria né gas inerti, cosicché $(c1 + c2 + \dots + cn) = 100 \%$;

l1, l2, ..., ln = limiti inferiori di infiammabilità dei singoli componenti

La stessa formula si usa anche per determinare il limite superiore, sostituendo al posto del valore del limite inferiore, quello superiore

Materiali e metodi

Inizialmente è stato analizzato l'intero processo produttivo al fine di suddividere i lavoratori in gruppi omogenei per mansione (lavorazione meccanica, verniciatura, montaggio).

Tabella 2

Suddivisione dei lavoratori per mansione.

Azienda	Totale dipendenti	Falegnami	Verniciatori	Montaggio esterno	Impiegati
A	7	2	2	2	1
B	10	6	1	1	2
C	15	4	3	4	4
D	7	4	1	1	1
E	8	5	1	1	1

Successivamente sono stati individuati i prodotti utilizzati, sono state analizzate tutte le relative SDS e calcolato la quantità annua utilizzata dei vari prodotti.

Tabella 3

Prodotti usati in falegnameria, composizione chimica e quantitativo annuo (Kg) consumato nelle varie ditte.

CICLO POLIURETANICO	Fondo	25-48% xileni, 7-9.9% toluene, 5-7% etilbenzene,	Ditta A: 510 Ditta B: 1907 Ditta C: 5359 Ditta D: 1745 Ditta E: 2630
	Finitura	25-48% xileni, 7-9.9% etilbenzene	
	Catalizzatore	48-75% acetato di etile, 12,5-20% isocianati	
	Diluyente	48-75% toluene 20-25% acetato di etile, 12,5-20% nbutilacetato	
	Cat. Antiingiallente		
ACETONE		100% dimetilchetone	Ditta A: 50 Ditta B: 500 Ditta C: 800 Ditta D: 500 Ditta E: 200
CICLO ACRILICO	Fondo	20-25% toluene, 10-12,5% xilene	Ditta A: 200 Ditta B: 286 Ditta C: 2500 Ditta D: 800 Ditta E: 1250
	Additivo antischivante	48-75% MEK, 25-48% toluene	
	Catalizzatore	25-48% isocianati, 20-25% MEK 20-25% acetato di etile	
	Finitura	15-20% MEK, 10-12,5% toluene, 7-10% xileni	
TINTE AL SOLVENTE		80-90% 1 metossi 2 propanolo, 5-7% 2 butossietanolo	Ditta A: 100 Ditta B: 500 Ditta C: 900 Ditta D: 500 Ditta E: 600
COLLA VINILICA		N butilacetato	Ditta A: 180 Ditta B: 195 Ditta C: 250 Ditta D: 100 Ditta E: 170
CICLO ALL'ACQUA	Impregnante	0.25-0,5% butossietanolo	Ditta A: 1000 Ditta B: 55 Ditta C: 115 Ditta D: 100 Ditta E: 200
	Fondo		
	Vernice		
	Finitura		
STUCCO PER LEGNO		Stirene	Ditta A 25 Ditta B30 Ditta C70 Ditta D40 Ditta E20

La Ditta A utilizza soprattutto prodotti all'acqua, dal momento che si occupa prevalentemente della realizzazione di mobili per esterno, di infissi e serramenti per i quali, come noto, si ottiene una resa migliore con prodotti all'acqua. Tutte le ditte oggetto dello studio sono suddivise in tre locali, di cui uno adibito alla lavorazione meccanica del legno e uno in cui è collocata la cabina di verniciatura che può essere un locale a sé stante, come nelle ditte A, B D ed E separata dalle restanti lavorazioni, oppure una zona comunicante con le altre operazioni di verniciatura e dove avviene anche l'essiccamento dei prodotti già verniciati

come nella ditta C. In una ditta, nello specifico, i pezzi verniciati sono fatti essiccare non nella cabina, ma in un locale adiacente ad essa creato appositamente per questa fase. Sono state inoltre analizzate le caratteristiche delle varie sostanze che compongono le vernici.

Tabella 4

Caratteristiche delle principali sostanze presenti nelle vernici.

Sostanza	TLV-TWA	VL mg/m ³ ;	Effetti su salute e sicurezza	Intervallo di infiammabilità (%Vol):
1metossi2propanolo	369 mg/m ³ ; 100 ppm.	375	Irritante, esplosivo	2,3- 20
Toluene	188 mg/m ³ ; 50 ppm	221 mg/m ³	nervi, reni e probabilmente il fegato.	1,1- 7,1
Xilene	434 mg/m ³ ; 100 ppm.	221	nervi, reni e probabilmente il fegato.	1,1-7,5
Stirene	85 mg/m ³ ;20ppm		Irritante per app resp, cute e mucose; sospetto genotossico; cancerogeno gruppo 2B IARC.	1,1-8,9
Mek	590 mg/m ³ ; 200 ppm		Irritante vie resp, cute e mucose; esplosivo	1,8-11,5
Toluendiisocianato	0.036 mg/m ³ ;0,005ppm		Sensibilizzanti per le vie respiratorie	1,1-8
Acetone	500ppm, 1187,12 mg/m ³	1210 mg/m ³	Irritante per le vie respiratorie	2,6-13
2-butossietanolo	98mg/m ³ ; 20 ppm	98 mg/m ³	irritante per le vie respiratorie, cute e mucose	1,1-10,6

Sono state quindi effettuate stime di esposizione con il modello Movarisch e con campionamenti personali sui lavoratori addetti alla verniciatura in diversi giorni nel periodo di maggior lavorazione utilizzando campionatori passivi ring della ditta Aquaria posti sia sugli operatori che effettuavano incollaggio e/o verniciatura e ambientali nell'ambiente di lavoro, confrontando i risultati ottenuti con i rispettivi TLV, in accordo alla norma UNI EN 689:1997. Inoltre è stato effettuato il monitoraggio biologico per valutare l'escrezione urinaria di alcune sostanze chimiche e/o dei loro metaboliti confrontando i valori ottenuti con gli IBE. Il monitoraggio biologico consiste nella misurazione di specifici indicatori biologici nelle urine dei lavoratori all'inizio del turno, ovvero almeno 16 ore dall'ultima esposizione e alla fine del turno lavorativo. In particolare è stato

ricercato l'acido ippurico (metabolita del toluene) e l'acido metil ippurico (metabolita dello xilene). Inoltre è stato ricercato l'acetone e il MEK. È stato inoltre calcolato il TLV miscela. Successivamente sono stati calcolati i limiti di infiammabilità della miscela ai fini del rischio incendio/esplosione.

Per quanto riguarda i campionamenti personali e ambientali sono state ricercate le sostanze chimiche presenti nei prodotti che utilizzavano gli operatori al momento dei campionamenti, come evidenziato nello schema seguente:

Tabella 5

Strategia di campionamento.

	Campionamento	Prodotto utilizzato
Ditta A Operatore A1	Primo campionamento Secondo campionamento:	Fondo PU+ dil Pu economico Finitura all'acqua
Ditta B Operatore B1	Primo campionamento: Secondo campionamento:	Tinte al solvente Fondo PU+ cat PU
Operatore B2	Primo campionamento	Opaco PU+ dil PU
Ditta C Operatore C, C2,C3	Primo campionamento	Fondo acrilico+ catalizzatore
Ditta D Operatore D1	1° campionamento: 2° campionamento:	Fondo acrilico+ catalizzatore Fondo acrilico+ catalizzatore. Stuccatura
Ditta E Operatore E1	1° campionamento: 2° campionamento:	Fondo acrilico+ additivo antischivante Fondo PU+ dil

La durata dei campionamenti personali varia da 130 minuti a 190 minuti, mentre la durata dei campionamenti ambientali è mediamente di 200 minuti. La temperatura alla quale vengono effettuati i campionamenti è di 10-12°C. Sulla base dei prodotti utilizzati durante i vari campionamenti le sostanze chimiche ricercate sono: xilene, isocianati, etilbenzene, nbutilacetato, isobutilacetato, MEK, acetone, butossietanolo. Queste sostanze, tuttavia, non sono state riscontrate in tutte le ditte, a seconda della tipologia di lavorazione. Alcune sostanze, inoltre, pur essendo specificamente ricercate, non sono state evidenziate perché la loro concentrazione è inferiore al limite di rilevabilità del metodo utilizzato, tra cui isocianati e butossietanolo.

Per calcolare l'intervallo di infiammabilità delle miscele, è stata considerata la concentrazione massima delle sostanze chimiche presenti nei vari prodotti.

Risultati

Nella seguente tabella sono indicati i risultati ottenuti tramite metodi matematici (modello MoVaRisch), relativi ai lavoratori che si occupano della lavorazione meccanica del legno e che durante le varie fasi, utilizzano la colla vinilica, ai lavoratori che effettuano la verniciatura e dei lavoratori che si occupano del montaggio i quali utilizzano colla vinilica e stucco per legno.

Tabella 6

Risultati Movarisch suddivisi per gruppi omogenei.

Reparto smacchinatura	Reparto montaggio	Reparto verniciatura	Dil. Ritardante IR= 21.54
(Colla vinilica): IR= 6,09	(Colla vinilica) IR= 6,09	Catalizzatore PU IR= 39.59	Diluyente Univ. IR= 26.08
	S97 stucco leggero IR= 24.36	Diluyente Univ. IR= 26.08	Acetone IR= 21.32
		Diluyente Nitro Extra IR= 26.08	Fondo Pu Trasp. Extra IR= 26.08

Tabella 7

Valori di riferimento. Movarisch.

	Valori di Rischio (R)	Classificazione
Rischio irrilevante per la salute	0,1 < R < 15	Rischio irrilevante per la salute
	15 < R < 21	Intervallo di incertezza. E' necessario, prima della classificazione in rischio irrilevante per la salute, rivedere con scrupolo l'assegnazione dei vari punteggi, rivedere le misure di prevenzione e protezione adottate e consultare il medico competente
Rischio non irrilevante per la salute	21 < R < 40	Rischio superiore al rischio chimico irrilevante per la salute. Applicare gli articoli 225, 226, 229 e 230 D.Lgs.81/08
	40 < R < 80	Zona di rischio elevato.
	R > 80	Zona di grave rischio. Riconsiderare il percorso dell'identificazione delle misure di prevenzione e protezione ai fini di una loro eventuale implementazione. Intensificare i controlli quali la sorveglianza sanitaria, la misurazione degli agenti chimici e la periodicità della manutenzione.

Per quanto riguarda i campionamenti , le sostanze riscontrate sono state suddivise in due tabella, dove in una sono riportate le sostanze presenti in tutte le ditte, mentre nell'altra sono state riportate quelle riscontrate solo in alcune ditte perché specifiche del prodotto utilizzato, riportando, per ogni ditta, il valore minimo e quello massimo riscontrati.

Tabella 8

Risultati dei campionamenti personali con il valore minimo (mg/m³) il valore massimo (mg/m³) e la media geometrica.

	Sostanza presenti in tutte le ditte			Sostanze presenti in alcune ditte			
	Xileni	toluene	etilbenzene	MEK	1metossi2 propanolo	N-butil acetato	Acetone
A	min:10,2 max:37,5 Mg:18,11	Min:2.8 max:2.8 Mg:2,8	min:2.2 max:7,7 Mg:4,16	Min: nd max: nd Mg	min: nd max: nd Mg	min: nd max: nd Mg	min:1.6 max:4,8 Mg:2,77
B	min:6,9 max:148,7 Mg:26,24	min:3.6 max:67 Mg:13,03	min:02 max:35.1 Mg:3,18	Min:2,6 max:44,1 Mg:4,25	min:0,1 max:138,7 Mg:3,54	min:0,1 max:74.2 Mg:5,89	min:2,6 max:76,1 Mg:20,20
C	min:1 max:3.3 Mg:1,1	min:1.2 max:24,1 Mg:8,88	min:0.2 max0.6 Mg:0,3	Min:0,1 Max:5,1 Mg:0,62	min:0,1 max:0,3 Mg:0,33	min:0,1 max:10,2 Mg:2,21	min:0,7 max:8,2 Mg:3,44
D	min:17,4 max:46,2 Mg:28,35	min:20.4 max:21.1 Mg:20,74	min:3.8 max:4.3 Mg:4,04	Min:43,7 max46,2 Mg:44,93	min:nd max:nd Mg	min:9,4 max:9,8 Mg:9,60	min: nd max: nd Mg
E	min:29,4 max:56 Mg:44,21	min:2.1 max:18 Mg:5,85	min:5.9 max13.1 Mg:9,67	Min:6 Max:18,1 Mg:12,10	min:nd max: nd Mg	min:19,3 max:40.2 Mg:30,25	min: max: Mg

La stessa cosa è stata fatta con i risultati dei campionamenti ambientali come evidenziato nella tabella seguente:

Tabella 9

Risultati dei campionamenti ambientali.

	Sostanza presenti in tutte le ditte			Sostanze presenti in alcune ditte			Acetone
	Xileni	toluene	etilbenzene	MEK	1metossi2 propanolo	N-butil acetato	
A	min:12,2 max:31,7 Mg:19,67	min:0,1 max:1.3 Mg:0,36	min:3.3 max:7.5 Mg:4,97	min max Mg:	min max Mg:	min max Mg:	min max Mg:
B	min:0,1 max:139 Mg:7,63	min:1.9 max37,3 Mg:8,03	min:0,1 max:31,6 Mg:3	min:0,1 max:13,8 Mg1,66	min:0,1 max23.2 Mg0,61	min:0,1 max:64.1 Mg4,73	min1,5 max15 Mg:3,93
C	min:1,7 max:1,8 Mg1,75	min:5.6 max:15,2 Mg:9,22	min:0.4 max:0.8 Mg:0,43	min:05 max:0,8 Mg0,63	min:0.1 max:0.2 Mg:0,45	min:1.5 max1.6 Mg	min2,7 max5,1 Mg:11,73
D	min:0,1 max3 Mg:0,55	min0,1 max1,7 Mg:0,41	min0,1 max0,5 Mg:0,22	min0,1 max0,5 Mg:0,22	min max Mg	min0,1 max1,5 Mg:0,39	min max Mg:
E	min1,7 max65 Mg4,5	min7 max22,7 Mg14,63	min0,1 max15 Mg1,90	min0,1 max9,9 Mg1,32	min max Mg	min max Mg	min max Mg:

Riguardo al TLV miscela, i risultati ottenuti sono evidenziati nelle seguente tabella:

Tabella 10

Risultati dei TLV miscela.

	Campionamento	Risultati
A	N°1	0,17
	N°2	0,22
	Centro ambiente	0,13
B	N°1	0,73
	N°2	1,49
	N°3	0,62
	N°4	0,5
	Centro ambiente N°1	0,14
	Centro ambiente N°2	1,08
C	N°1	0,04
	N°2	0,1
	N°3	0,1
	N°4	0,12
	N°5	0,06
	Centro ambiente	0,08

	campionamento	risultati
D	N°1	0,6
	N°2	0,7
	Centro ambiente	0,2
E	N°1	0,8
	N°2	0,6
	Centro ambiente	0,3

Nella ditta C il 3° e il 4° campionamento sono stati eseguiti su lavoratori che effettuavano la verniciatura a pennello fuori dalla cabina di verniciatura. Nei grafici seguenti è stata evidenziata la concentrazione media di sostanze chimiche presenti nei vari prodotti vernicianti.

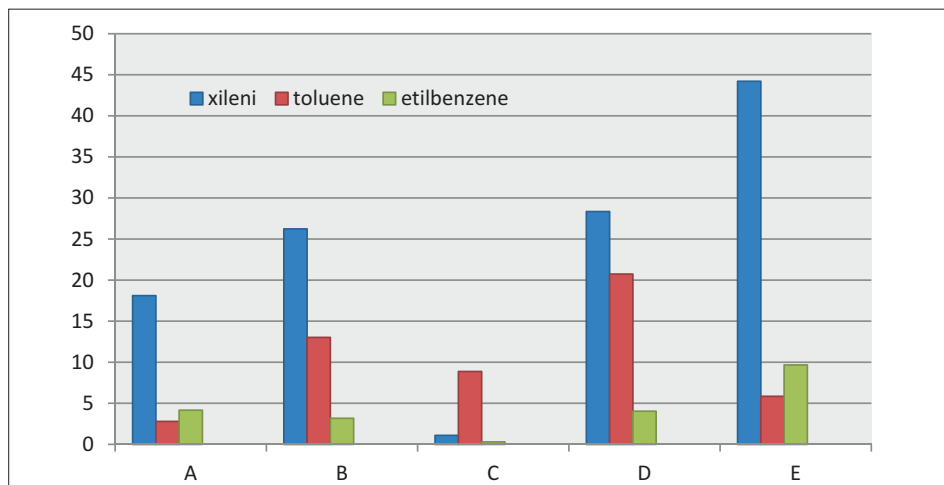


Grafico 1: Concentrazione media di toluene, xilene ed etilbenzene dei campionamenti personali nelle varie ditte.

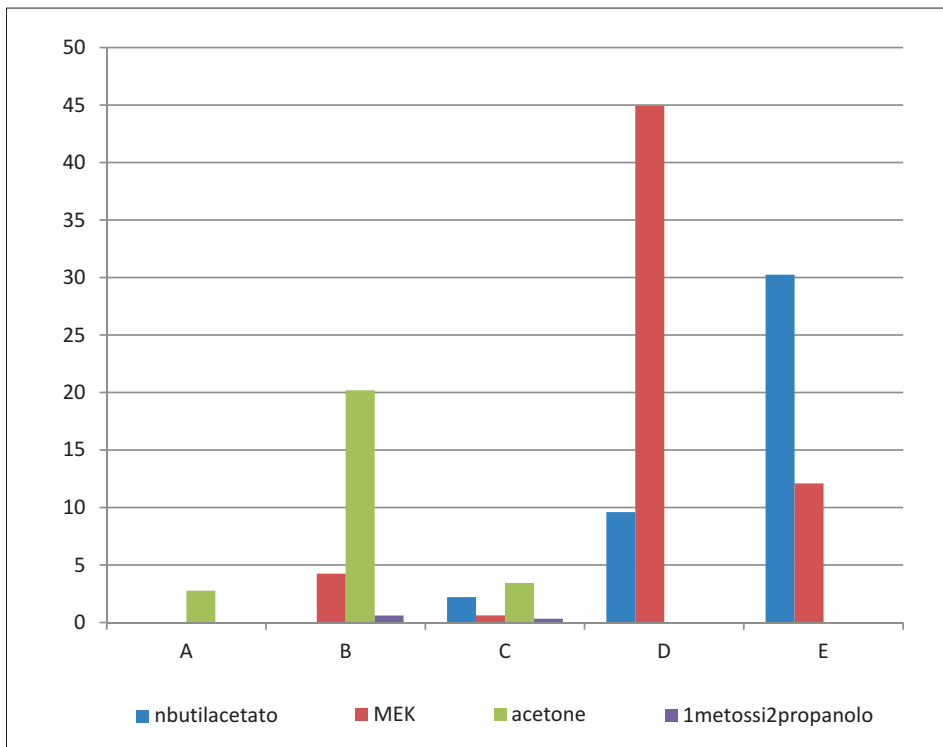


Grafico 2: Concentrazione media delle sostanze presenti in alcune ditte rilevate nei campionamenti personali.

Per quanto riguarda i risultati dei campionamenti ambientali, questi sono stati riportati in unico grafico.

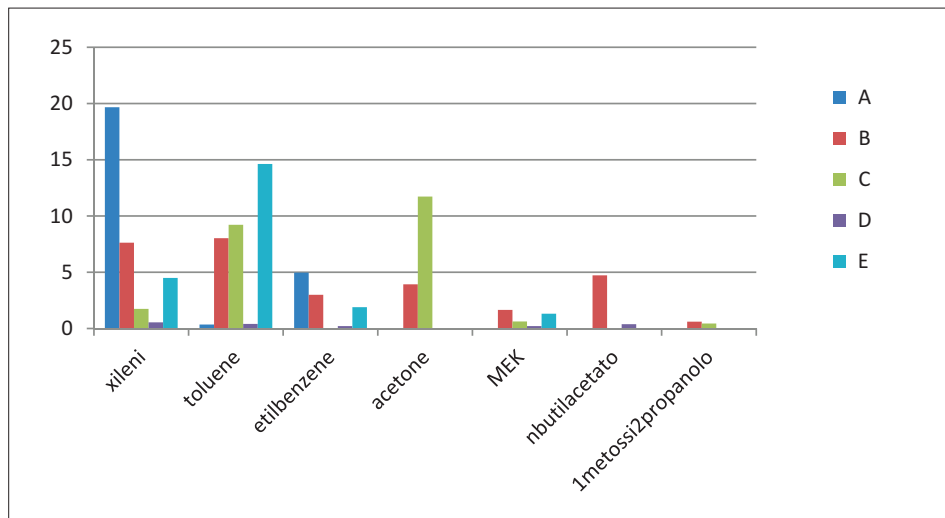


Grafico 3: Risultati dei campionamenti ambientali.

Tabella 11

Concentrazione urinaria delle varie sostanze ($\mu\text{g/L}$) confrontando con IBE a fine turno ($\mu\text{g/L}$).

		Valore minimo	Valore massimo	Media geometrica
Acetone IBE: 50000	Inizio turno	291	2775	626,93
	Fine turno	100	2735	613,29
n-butilacetato IBE:	Inizio turno	n.r.	3,9	0,45
	Fine turno	n.r.	11,10	0,54
MEK IBE: 2000	Inizio turno	12,6	52,9	26,74
	Fine turno	10,2	109	47,48

Tabella 12

Concentrazione urinaria dei metaboliti del toluene e dello xilene (mg/L) e confronto con gli IBE espressi in mg/g creatinina.

		Valore minimo	Valore massimo	Media geometrica
Acido ippurico IBE: 1600	Inizio turno	27,8	945	353,96
	Fine turno	41,6	1613	277,69
Acidi metil ippurici IBE: 1500	Inizio turno	nd	nd	Nd
	Fine turno	nd	nd	nd

Risultati della valutazione del rischio esplosione

Nella tabella seguente viene riportato l'intervallo di infiammabilità delle varie miscele, utilizzando la formula vista precedentemente:

Tabella 13

Intervalli di infiammabilità.

Prodotto	Limite inferiore di infiammabilità (%)	Limite superiore di infiammabilità (%)
Fondo PU	1,84	12,45
Finitura PU	1,87	12,45
Catalizzatore PU	1,86	11,08
Diluente PU	1,26	7,81
Fondo acrilico	1,79	11,31
Finitura acrilica	1,68	10,53
Tinte al solvente	2,20	9,52

Il volume dei locali considerati dove può verificarsi il rischio di esplosione varia da un minimo di 60 ad un massimo di 90 m³.

Conclusioni

Dall'analisi con il metodo Movarisch risulta che i lavoratori che utilizzano esclusivamente colla vinilica nella smacchinatura o nel montaggio presentano un IR basso (6,09). Tutti i lavoratori addetti alla verniciatura e quelli addetti al montaggio che utilizzano lo stucco presentano un IR compreso tra un minimo di

21,32 con l'uso di acetone fino ad un massimo di 39,59 con il catalizzatore poliuretano, rientrando quindi nel rischio superiore al rischio chimico irrilevante per la salute. Da notare anche che con il catalizzatore poliuretano, i valori sono molto vicini al limite superiore (40), valore di confine con la definizione di rischio grave. I lavoratori tuttavia, quando miscelano tra di loro i vari componenti per ottenere il prodotto necessario, effettuano tale operazione al di fuori della cabina di verniciatura. I risultati ottenuti con il Movarisch ottenuti durante questa fase preparatoria non sono stati riportati perché praticamente identici a quelli ottenuti durante la verniciatura dal momento che è un uso dispersivo con un tempo estremamente breve (inferiore ai 15 minuti). Per quanto riguarda i risultati dei campionamenti personali, si evidenzia come i valori delle sostanze maggiormente utilizzate nei luoghi di lavoro (toluene, xilene ed etilbenzene) sono molto inferiori ai TLV. Tuttavia in una ditta si osserva un picco di 1 metossi 2 propanolo nei campionamenti effettuati di mattina sia sul lavoratore che in centro ambiente (128,2 mg/m³ e 139 mg/m³) quando il lavoratore utilizza tinte al solvente. Nel pomeriggio entrambi i campionamenti hanno evidenziato valori elevati di xileni e di toluene, quando il lavoratore utilizza il fondo poliuretano. Questi dati sembrano confermare quanto già evidenziato con l'algoritmo, ovvero che con l'uso di vernici poliuretane il rischio non è irrilevante, dal momento che i risultati evidenziano concentrazioni di sostanze chimiche comprese tra $\frac{1}{4}$ e $\frac{1}{2}$ del TLV. Rispetto invece ai TLV miscela, si nota che le misure effettuate in quasi tutte le ditte sia sui lavoratori che di centro ambiente hanno evidenziato un TLV miscela inferiore a 1; solamente in una ditta (quella dove si è visto il picco precedente), il valore del TLV miscela sia relativo al campionamento sul lavoratore che quello relativo al campionamento ambientale effettuati lo stesso giorno, hanno mostrato un TLV superiore a 1 con concentrazioni più elevate di xileni e di 1 metossi 2 propanolo. Nel campionamento effettuato il giorno seguente, invece, i risultati ottenuti hanno evidenziato un TLV entro il limite previsto, nonostante la lavorazione fosse simile. Inoltre il TLV è inferiore a 1 sia nei casi in cui il lavoratore effettua le operazioni di verniciatura in apposita cabina, sia quando tali operazioni vengono effettuate al banco (lavoratori C4 e D4). Riguardo al monitoraggio biologico i dati riportati nelle tabelle successive mostrano che i valori dei metaboliti nelle urine sono ampiamente inferiori ai valori di riferimento adottati (BEI dell'ACGIH). Non vi sono valori di riferimento per tutti i solventi analizzati tal quali nelle urine, ma è evidente che i risultati mostrano valori molto bassi con alcune differenze tra i valori inizio turno e fine turno per il MEK e gli xileni, come pure per l'acido ippurico, ma questo può essere causato da vari fattori quali la dieta e l'assunzione di alcol o altre cause come l'esposizione a vari solventi; infatti in caso di azione simultanea di toluene/etilacetato, xilene/butilacetato o acetone/stirene si ha un'accelerazione del metabolismo, con escrezione maggiore di metaboliti, mentre il metabolismo di xilene, stirene, tricloroetano, metiletil-

chetone e toluene può essere inibito da un acuto effetto dell'alcol che si traduce in un aumento delle concentrazioni di tali sostanze nel sangue e in una diminuzione delle concentrazioni dei loro metaboliti nelle urine.

Riguardo al rischio incendio si può dire che tale esito esiste e spesso è sotto valutato, sia per la presenza di vernici, che di legname, aggravando la situazione in caso di incendio. Questo è dovuto soprattutto ad uno stoccaggio non corretto delle vernici, in assenza di un locale appositamente adibito, le quali vengono spesso tenute sul luogo di lavoro, ammassate una sull'altra, e che in caso di sversamento accidentale, entrano in contatto tra di loro.



Fig. 6: *Stoccaggio non corretto.*

Per quanto riguarda il rischio esplosione si può dire che dai risultati ottenuti, si può affermare che nelle ditte oggetto di studio la concentrazione delle sostanze non rientra nell'intervallo di infiammabilità, escludendo quindi la probabilità che si formi un'atmosfera esplosiva, grazie soprattutto ad una buona ventilazione generale dei locali.

Tutte le ditte oggetto dello studio hanno dimostrato la volontà di adeguarsi alla normativa, alcune solo perché "costrette", altre perché convinte dei numerosi vantaggi che l'adeguamento comporta. Le ditte hanno cercato di separare quanto più possibile le varie lavorazioni, anche installando la cabina di verniciatura, tenendo presente che comunque i capannoni in cui lavorano sono vecchi, costruiti in periodi in cui era in vigore una normativa più elastica in termini di salute e sicurezza nei luoghi di lavoro, dotando i locali di adeguate vie di fuga e di idonei mezzi di spegnimento incendi, oltre che di impianti di aspirazione e ventilazione idonei, ma spesso non oggetto di regolare manutenzione e pulizia. Tutti i lavoratori sono comunque sotto sorveglianza sanitaria.

Il settore tuttavia, presenta una serie di criticità: in primo luogo, l'obiettivo indi-

viduato dal Testo Unico come prioritario, ovvero sostituire ciò che è pericoloso con ciò che non lo è o lo è di meno, non sempre è considerato prioritario dalle ditte che si troverebbero a sostituire le vernici poliuretaniche con quelle ad acqua, le quali richiedono tempi di essiccamento molto maggiori, con conseguente obbligo di modificare il processo lavorativo per non avere tempi morti e aumento del costo finale del manufatto; in secondo luogo non c'è una suddivisione dei compiti tra i lavoratori, per cui in caso di necessità “tutti fanno tutto”, anche senza conoscere i rischi connessi con le varie fasi lavorative; infine si osserva una scarsa conoscenza (o incoscienza) dei lavoratori anche se hanno fatto i dovuti corsi di formazione. Quest'ultimo aspetto potrebbe derivare o da problemi inerenti il corso stesso (troppo difficile o pesante) o dai lavoratori stessi, soprattutto se anziani che per tutta la vita hanno lavorato in un certo modo, i quali spesso non riescono a comprendere come sia possibile che dietro un'azione così semplice, possano nascondersi seri pericoli. A questo proposito è emblematica la foto seguente in cui si può vedere come i lavoratori, per scaldarsi durante il periodo invernale, appoggiano una stufa elettrica su un barattolo perché sia più in alto all'altezza delle mani; e poco importa che sia appoggiata su un barattolo di acetone...

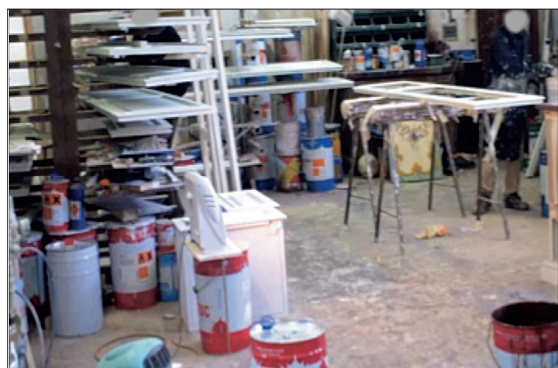


Fig. 7: *Comportamento errato pericoloso.*

Anche per quanto riguarda la sorveglianza sanitaria, spesso i lavoratori, né tantomeno il datore di lavoro, non percepiscono la sua importanza, oppure, anche se sanno che è importante, non sanno leggere i risultati delle analisi.

RIASSUNTO

Lo scopo di questo lavoro è valutare l'esposizione potenziale (dei lavoratori) a sostanze chimiche usate nelle falegnamerie durante le operazioni di verniciatura.

Sono state monitorate 5 ditte nella Piana di Lucca e Valle del Serchio nelle quali si producono e si restaurano mobili per interno ed esterno ed infissi. Sono stati effettuati campionamenti personali e ambientali e sono stati monitorati i metaboliti biologici dei solventi utilizzati. I risultati sono stati confrontati con i valori limite ACGIH e italiani e i metaboliti sono stati confrontati con i valori IBE ACGIH.

SUMMARY

The aim of this work is to evaluate the potential exposure (of workers) to chemicals used in joineries during painting operations. 5 were monitored in companies which produce and restoring furniture. There have been personal and environmental sampling and were monitored biological metabolites of solvents used. The results were compared with the limit values ACGIH and Italians and the metabolites were compared with values IBE ACGIH.

Keywords: woodworking, chemical substances, sampling.

BIBLIOGRAFIA

INAIL: *Il rischio professionale nella falegnameria artigiana*, Ed. 2005.

REGIONE LAZIO: *Dipartimento di Prevenzione - Salute e Sicurezza dei lavoratori del legno: linee guida per gli operatori del comparto*, Dic. 2006.

AZ. SANITARIA GENOVESE: *I profili di rischio nei comparti produttivi dell'artigianato, delle piccole e medie industrie e pubblici esercizi: falegnamerie*.

Assessment of combined exposures to multiple chemicals: report of a who/ipcs international workshop on aggregate/cumulative risk assessment: M.E. MEEK, A.R. BOOBIS, L.M. CROFTON, G. HEINEMEYER, J. KLEINER, B.O. LUND, S. OLIN, S. PAVITRANON, C. RODRIGUEZ, M. VAN RAAIJ, C. VICKERS AND N. WAIGHT-SHARMA.

Who/ipcs International Workshop on Aggregate/Cumulative Risk Assessment: Overview K.M. CROFTON.