CENTRO DI INFORMAZIONE SUL PVC

COMPORTAMENTO AL FUOCO DI PAVIMENTI RESILIENTI A BASE DI PVC

(M. Piana – G. Vidotto)

Milano, giugno 2004

1) **Leggi e classificazione italiana ed europea di comportamento al fuoco dei pavimenti resilienti**

2) **Rilascio di calore, perdita di peso, area danneggiata e produzione di fumi durante la combustione**

3) **Considerazioni conclusive**

1) Leggi e classificazione italiana ed europea di comportamento al fuoco dei pavimenti resilienti

La legislazione italiana sulla sicurezza all'incendio degli edifici di civile abitazione (come DM 16.05.1987 – n. 246 per gli edifici superiori a 12 metri) e sulla prevenzione degli incendi nelle strutture sanitarie (come D.M. 18.09.2002) definisce le caratteristiche di reazione al fuoco dei materiali che si possono utilizzare nelle varie parti degli edifici destinati ad usi civili ed industriali. Al riguardo la legislazione italiana (D.M. del 26.06.1984) raggruppa i materiali utilizzabili in edilizia in sei classi, definite 0, 1, 2, 3, 4 e 5, di reazione e prestazioni complessive al fuoco decrescenti. Questa classificazione italiana si basa su metodologie di prova standardizzate in norme UNI e su valori delle singole caratteristiche definite dalle autorità sulla sicurezza al fuoco e dalle leggi italiane. La classificazione europea dei materiali da utilizzare in edilizia per quanto riguarda reazione al fuoco (classificazione che è previsto venga adottata a breve in tutti i paesi europei) comprende le classi indicate con A, B, C, D ed E, che individuano materiali e manufatti con prestazioni complessive di resistenza al fuoco decrescenti e la classe F che identifica materiali con reazione al fuoco non determinata. Apparentemente lo schema italiano e quello europeo di classificazione dei materiali per l'edilizia per quanto riguarda reazione al fuoco sono simili, ma le diverse metodologie di caratterizzazione ed i diversi contenuti delle singole classi rendono le classi italiane e quelle europee, dette euroclassi, non legate da una relazione univoca. Schematicamente, la classificazione italiana di reazione al fuoco dei pavimenti resilienti si basa sulla prova di innesco della fiamma (detta piccola fiamma, secondo le norme UNI 8456 ed UNI 8457) e sulla prova di

propagazione della fiamma in presenza di calore radiante (secondo la norma UNI 9174); la classificazione europea si basa pure essa sulla prova di innesco della piccola fiamma (secondo la norma EN-ISO 11925-2) e sulla prova di determinazione del flusso critico di calore richiesto per mantenere la propagazione della fiamma (secondo la norma EN-ISO 9239-1) con un flusso termico maggiore di 11 kw/m^2; inoltre la classificazione europea determina, sempre secondo la norma EN-ISO 9239-1, la produzione di fumo durante la combustione, con definizione delle due classi fumo s1 ed s2.

In tabella 1 sono riportati per alcuni campioni di pavimenti resilienti a base di PVC, i risultati della loro caratterizzazione secondo le norme come comportamento al fuoco e su questi si basa la loro classificazione secondo la legge italiana e la normativa europea dei materiali da utilizzare in edilizia. I campioni di pavimenti resilienti a base di PVC esaminati sono normali prodotti commerciali che erano disponibili nel mercato italiano nel 2002 ed i risultati della loro caratterizzazione sono stati riferiti e messi in parallelo in tabella 1, con quelli corrispondenti di classificazione italiana ed europea di campioni di pavimenti resilienti a base di linoleum e di gomma, pure essi normali prodotti commerciali disponibili nel mercato italiano nel 2002.

La caratterizzazione al fuoco, richiesta per la classificazione italiana ed europea dei materiali per l'edilizia e dei pavimenti resilienti in particolare, ha compreso la misura, effettuata in accordo a metodologie UNI ed EN, dell'innesco della fiamma e di propagazione della fiamma in presenza di calore radiante, la determinazione del calore radiante critico al di sotto del quale la fiamma non propaga e la misura dei fumi emessi. Tutto il lavoro di caratterizzazione e classificazione è stato sponsorizzato dall'Associazione Italiana dell'Industria del PVC (denominato Centro di Informazione sul PVC) ed effettuato dal Laboratorio di Studi e Ricerche sul Fuoco di Montano Lucino (Como).

CLASSIFICAZIONE ITALIANA ED EUROPEA DI PAVIMENTI RESILIENTI A BASE DI PVC, LINEOLEUM E GOMMA REPERITI NEL MERCATO ITALIANO NEL 2002

Pavimento resiliente a base di	Campione	Test per classificazione italiana		Classe italiana	Test per la classificazione europea			Classe europea
		Piccola fiamma UNI 8457 (livello)	Propagazionedella fiamma UNI 9174 (livello)		Piccola fiamma EN-ISO 11925-2	Flusso di calore critico EN-ISO 9239-1	Fumo EN-ISO 9239-1	
PVC	1	1	1	1	B	B	s1	B
PVC	2	1	1	1	B	B	s1	B
PVC	3	1	1	1	B	C	s1	C
PVC	4	1	1	1	B	C	s1	C
Linoleum	1	1	1	1	B	B	s1	B
Linoleum	2	1	1	1	B	D	s1	D
Gomma	1	1	1	1	B	C	s1	C
Gomma	2	1	1	1	B	B	s1	B
Gomma	3	1	1	1	B	D	s1	D

Tabella 1

Come mostrato in tabella 1, tutti i campioni di pavimenti resilienti esaminati a base di PVC, linoleum e gomma risultano, alla caratterizzazione di reazione al fuoco, come richiesta della legislazione italiana, di classe 1 e su questa base, essi sono tutti utilizzabili, per quanto riguarda reazione al fuoco, nei diversi settori dell'edilizia e dell'arredo che prevedono in Italia l'utilizzo di materiali di classe 1. Per quanto riguarda la classificazione europea, i pavimenti resilienti esaminati a base di PVC si pongono nelle euroclassi B e C con classe fumo s1, quelli esaminati a base di linoleum nelle euroclassi B e D con classe fumo s1 e quelli esaminati a base di gomma nelle euroclassi B, C e D con classe fumo s1. La differenziazione dei pavimenti resilienti esaminati in euroclassi è determinata dai diversi valori minimi di flusso di calore radiante (flusso critico) richiesto per sostenere la propagazione della fiamma in accordo alla norma EN-ISO 9239-1; come specificato in tabella 2, questi valori minimi di flusso critico sono compresi tra 4,0 e 9,5 kW/m^2 con differenze significative tra i campioni esaminati. Anche in questo caso comunque, quando i paesi europei avranno definito le classi di materiali da utilizzare nelle varie parti degli edifici civili ed industriali, i pavimenti resilienti a base di PVC, linoleum e gomma potranno essere tutti utilizzati in accordo alle euroclassi di loro appartenenza; inoltre i pavimenti resilienti a base di PVC, così come con quelli a base di linoleum e gomma, possono essere di euroclasse B (la più alta per i prodotti organici) ed utilizzati nelle applicazioni che li prevedono.

FLUSSI CRITICI DI CALORE RADIANTE DETERMINATI IN ACCORDO ALLA NORMA EN-ISO 9239-1 (*), SUI CAMPIONI DI PAVIMENTI RESILIENTI ESAMINATI

CAMPIONE	FLUSSO CRITICO DI CALORE (kW/m^2)	EUROCLASSE
PVC-1	9,0	B
PVC-2	8,5	B
PVC-3	6,1	C
PVC-4	6,0	C
Linoleum 1	10,0	B
Linoleum 2	4,0	D
Gomma 1	6,0	C
Gomma 2	9,5	B
Gomma 3	4,2	D

(*) Secondo questa norma:

Euroclasse B: Flusso critico ≥ 8 kW/m^2

Euroclasse C: Flusso critico ≥ 6 kW/m^2, ≤ 8 kW/m^2

Euroclasse D: Flusso critico ≥ 3 kW/m^2 ≤ 6 kW/m^2

Tabella 2

2) Rilascio di calore, perdita di peso, area danneggiata e produzione di fumi durante la combustione

Conoscenze più estese e complementari rispetto a quelle richieste per la classificazione sul comportamento al fuoco dei materiali per l'edilizia in genere e dei pavimenti resilienti in particolare, si ottengono dalla loro combustione in cono calorimetrico in accordo con la metodologia della norma ISO 5660 e dalla loro combustione in "camera singola" in accordo con la metodologia della norma ISO 5659-2". La combustione in cono calorimetrico, secondo la norma ISO 5660, è specifica per determinare il contributo che il materiale testato può dare alla produzione di calore quando si sviluppa un incendio e la combustione in camera singola, secondo la norma ISO 5659-2, è specifica per determinare i fumi che si sviluppano nella combustione. Le combustioni con ambedue le metodologie sono effettuate a vari flussi termici (da 15 a 50 W/m^2) determinando lo sviluppo di calore, la perdita di peso, l'area di provino danneggiata e la produzione di fumi. I fumi emessi nella combustione effettuata in accordo alle metodologie ISO 5660 e ISO 5659-2 possono venir misurati anche come composizione attraverso loro analisi infrarossa applicando la trasformata di Fourier secondo il protocollo JAFIR.

I valori medi dei parametri di caratterizzazione della combustione misurati per i pavimenti costituiti da PVC, linoleum e gomma in accordo alla metodologia-norma ISO 5660 sono riportati in tabella 3; in termini generali, i campioni di pavimenti a base di PVC mostrano relativamente più basso sviluppo di calore durante la combustione, quelli a base di linoleum mostrano relativamente più basse aree danneggiate di estinzione e le perdite di peso sono sostanzialmente simili per tutti i campioni esaminati.

PAVIMENTI RESILIENTI: VALORI MEDI DEI PARAMETRI DI CARATTERIZZAZIONE DELLA COMBUSTIONE PER PAVIMENTI A BASE DI PVC, LINOLEUM E GOMMA IN ACCORDO CON ISO 5660 OPERANDO A DIVERSI FLUSSI TERMICI

Caratteristica / Campioni a base di:	Rilascio calore kW/m2		Picco di calore kW/m2		Calore di combustione kW/m2		Perdita di peso (gr)		Area di estinzione (m2/gr)	
	A	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**
- PVC	19	19	197	260	13,8	13,2	21	23	1073	1114
- Linoleum	23	24	253	345	17,3	17	21	22	515	588
- Gomma	28	34	285	344	24,0	23,5	19	23	1288	1158

A = 25 kW/m2 flusso termico

B = 50 kW/m2 flusso termico

Tabella 3

Questa situazione relativa e differenziazione tra i pavimenti resilienti a base di PVC, linoleum e gomma sostanzialmente permane anche quando si mettono assieme, come fatto in tabella 4, i dati di caratterizzazione della combustione, in accordo alla norma ISO 5660, di pavimenti resilienti tutti di euroclasse B.

PAVIMENTI RESILIENTI DI EUROCLASSE B: CARATTERIZZAZIONE IIN ACCORDO CON ISO 5660 A DIVERSI FLUSSI TERMICI

Caratteristica / Campione	Rilascio calore kW/m2		Picco di calore kW/m2		Calore di combustione kW/m2		Perdita di peso (gr)		Area di estinzione (m2/gr)	
	A	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**	**A**	**B**
PVC-2	17,9	18,8	153	173	14	13,6	20,5	22	679	750
Linoleum 1	18,2	19,6	162	193	14	14,2	20,3	22	579	685
Gomma 2	25,7	30,3	143	204	19	18,5	20,7	26	1090	944

A = 25 kW/m^2 flusso termico

B = 50 kW/m^2 flusso termico

Tabella 4

Per quanto riguarda la densità ottica e la composizione dei fumi sviluppati durante la combustione, essi sono stati misurati operando in accordo alla norma ISO 5659-2. La densità ottica dei fumi viene definita come rapporto adimensionale fra la trasmittanza ottica rilevata nell'apparecchiatura di prova con l'assenza e la presenza dei fumi mediante una relazione riportata nel metodo di prova scientifico. La tabella 5 riporta per ciascuno dei campioni di pavimenti resilienti esaminati, a base di PVC, linoleum e gomma, le densità ottiche specifiche medie dei fumi sviluppati operando le combustioni con flussi termici di 25 e 50 W/m^2 ed anche i valori medi delle densità ottiche specifiche dei pavimenti a base di ciascuno dei tre materiali esaminati.

DENSITA' OTTICHE SPECIFICHE MEDIE DEI FUMI SVILUPPATI DAI PAVIMENTI RESILIENTI SOTTOPOSTI A COMBUSTIONE IN ACCORDO ALLA NORMA ISO 5659-2 CON FLUSSI TERMICI DI 25 E 50 W/m²

Campione	Densità ottiche specifiche medie			
	Flusso termico 25 kW/m2		Flusso termico 50 kW/m2	
PVC 1	430	445	527	526
PVC 2	311		414	
PVC 3	521		612	
PVC 4	520		552	
Linoleum 1	351	287	439	368
Linoleum 2	223		297	
Gomma 1	277	263	484	479
Gomma 2	179		500	
Gomma 3	335		454	

Tabella 5

La media delle densità ottiche specifiche medie dei fumi che si sviluppano dalla combustione dei campioni di PVC sono più alte di quelle corrispondenti dei campioni di linoleum e di gomma. La

variabilità all’interno di ciascun materiale ed in particolare dei pavimenti resilienti a base di PVC sono però elevate ed il confronto tra pavimenti resilienti, tutti di euroclasse B a base di PVC, linoleum e gomma indica, come mostrato in tabella 6, differenze di densità ottiche specifiche medie dei fumi attenuate ed anche invertite rispetto a quelle medie di tabella 5.

DENSITA' OTTICHE SPECIFICHE MEDIE DEI FUMI SVILUPPATI DA PAVIMENTI RESILIENTI DI EUROCLASSE B SOTTOPOSTI A COMBUSTIONE IN ACCORDO ALLA NORMA ISO 5659-2 CON FLUSSI TERMICI DI 25 E 50 W/m²

Campione	Densità ottiche specifiche medie	
	Flusso termico 25 kW/m²	Flusso termico 50 kW/m²
PVC-2	311	414
Linoleum 1	351	439
Gomma 2	179	500

Tabella 6

Per quanto riguarda la composizione dei fumi che si sviluppano nella combustione in "camera singola" dei pavimenti resilienti, la tabella 7 riporta i risultati ottenuti operando con flussi termici di 50 kW/m^2 ed in condizioni di accumulo dei fumi a 10 e 20 minuti. In tutti i casi e per tutti i campioni di pavimenti resilienti esaminati, i fumi contengono CO_2 e CO, l'HCl è ovviamente presente nei fumi dei

campioni a base di PVC, ma anche nei fumi dei campioni a base di linoleum e gomma e nei fumi dei campioni a base di gomma è sempre presente SO_2. Le variabilità di composizione dei fumi per i vari campioni di pavimenti resilienti esaminati sono notevoli anche all'interno di campioni dello stesso materiale e queste differenze permangono anche mettendo assieme e confrontando le composizioni dei fumi di pavimenti resilienti tutti di euroclasse B, come mostrato in tabella 8; le differenze, oltre che la diversità dei materiali base PVC, linoleum e gomma, verosimilmente riflettono e risentono delle formulazioni che sono state adottate per produrre sempre pavimenti resilienti di euroclasse B o comunque della classe italiana o europea voluta.

COMPOSIZIONE DEI FUMI SVILUPPATI IN CONDIZIONI DI ACCUMULO A 10 E 20 MINUTI, NELLA COMBUSTIONE DI CAMPIONI DI PAVIMENTI RESILIENTI EFFETTUATA IN ACCORDO ALLA NORMA ISO 5659/2 CON FLUSSO TERMICO DI 50 kW/m²

Fumi emessi / Campione	CO (ppm)		CO_2 (%)		HCl (ppm)		SO_2 (ppm)	
	10 min	**20 min**	**10 min**	**20 min**	**10 min**	**20 min**	**10 min**	**20 min**
PVC-1	1226	1326	1,639	1,685	3643	3804	-	-
PVC-2	1026	1210	0,685	1,70	3953	3593	-	-
PVC-3	1744	1807	1,668	1,768	5742	5742	-	-
PVC-4	1528	1437	0,943	1,091	4136	4138	-	-
Linoleum 1	1570	1788	1,456	1,801	4650	4650	-	-
Linoleum 2	895	1155	2,382	2,438	511	887	-	-
Gomma 1	753	1477	2,228	2,313	1113	1508	200	239
Gomma 2	233	439	0,066	0,116	1377	1377	136	136
Gomma 3	1118	1862	1,761	1,973	1671	1750	385	417

Tabella 7

COMPOSIZIONE DEI FUMI SVILUPPATI IN CONDIZIONI DI ACCUMULO A 10 E 20 MINUTI NELLA COMBUSTIONE DI CAMPIONI DI PAVIMENTI RESILIENTI DI EUROCLASSE B, EFFETUATA IN ACCORDO ALLA NORMA ISO 5659/2 CON FLUSSO TERMICO DI 50 kW/m²

Fumi emessi / Campione	CO (ppm)		CO_2 (%)		HCl (ppm)		SO_2 (ppm)	
	10 min	**20 min**	**10 min**	**20 min**	**10 min**	**20 min**	**10 min**	**20 min**
PVC-2	1026	1210	0,685	1,70	3953	3593	-	-
Linoleum 1	1570	1788	1,456	1,801	4650	4650	-	-
Gomma 2	233	439	0,066	0,116	1377	1377	136	136

Tabella 8

3) Considerazioni conclusive

Tutti i pavimenti resilienti a base di PVC, linoleum e gomma, esaminati e caratterizzati in questo lavoro possono essere utilizzati come materiali nelle costruzioni ed arredo in edilizia in Italia ed in Europa in accordo con le classi di loro appartenenza, per quanto riguarda reazione al fuoco.

I pavimenti resilienti a base di PVC, linoleum e gomma di classe italiana 1 per quanto riguarda reazione al fuoco, si distribuiscono sulle euroclassi da B a D e non esiste pertanto una relazione univoca tra le classi italiane e le euroclassi; comunque con tutti e tre i materiali base esaminati, sono producibili pavimenti resilienti di euroclasse B.

In termini di calore sviluppato dai pavimenti resilienti in un incendio, il contributo più basso risulta essere quello dato dai pavimenti a base di PVC, rispetto a quello dei pavimenti a base di linoleum e di gomma, mentre le densità ottiche dei fumi sviluppati durante l'incendio dai tre tipi di pavimenti resilienti di euroclasse B, sono sostanzialmente simili.

Per quanto riguarda la composizione dei fumi sviluppati durante le combustioni, essa comprende per tutti i campioni esaminati CO_2, CO ed HCl ed inoltre SO_2 per i pavimenti a base di gomma. Le differenze nella composizione dei fumi sviluppati dai vari campioni di pavimenti resilienti esaminati sembrano influenzate più che dal materiale base di cui il pavimento resiliente è costituito dalle variabili formulative adottate per dare al pavimento resiliente la classe italiana ed europea desiderata.

Una comparazione schematica complessiva dei pavimenti resilienti di euroclasse B a base di PVC, linoleum e gomma esaminati in questo lavoro è mostrata in tabella 9; gli indici riportati sono stati ricavati dal rapporto fra le grandezze relative e esaminati rispetto al valore minimo del materiale considerato.

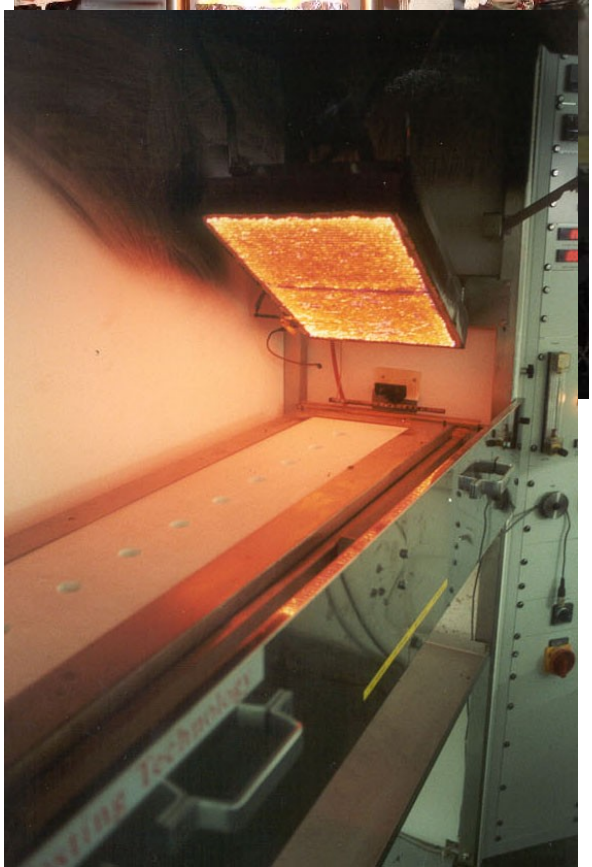
COMPORTAMENTO AL FUOCO DEI PAVIMENTI RESILIENTI A BASE DI PVC, LINOLEUM E GOMMA DI CLASSE ITALIANA 1 E DI EUROCLASSE B

Campione	Calore sviluppato (indice)	Area di estinzione (indice)	Densità ottica media dei fumi (indice)	Composizione dei fumi
PVC-2	1	1,1	1,0	CO2, CO, HCl
Lineoleum 1	1	1,0	1,1	CO2, CO, HCl
Gomma 2	1,4	1,4	1,2	CO_2, CO, HCl, SO_2

Tabella 9

Anche se la caratterizzazione qui riportata non dà una rappresentazione completa del comportamento al fuoco e della sicurezza dei corrispondenti manufatti, essa è comunque sufficiente ad indicare che i principali parametri ed indici di comportamento al fuoco dei materiali usati in edilizia, a partire da quelli previsti dalle leggi e dalle norme consentono e supportano l'utilizzo dei pavimenti resilienti a base di PVC, che sono nelle applicazioni previste dalle leggi e dalle norme italiane ed europee pari o leggermente migliori di quelli competitivi a base di linoleum e di gomma.

1) PICCOLA FIAMMA

2) CONO CALORIMETRICO

L’apparecchiatura completa