L'impiego della gomma riciclata in edilizia

Proprietà acustiche, termiche e strutturali

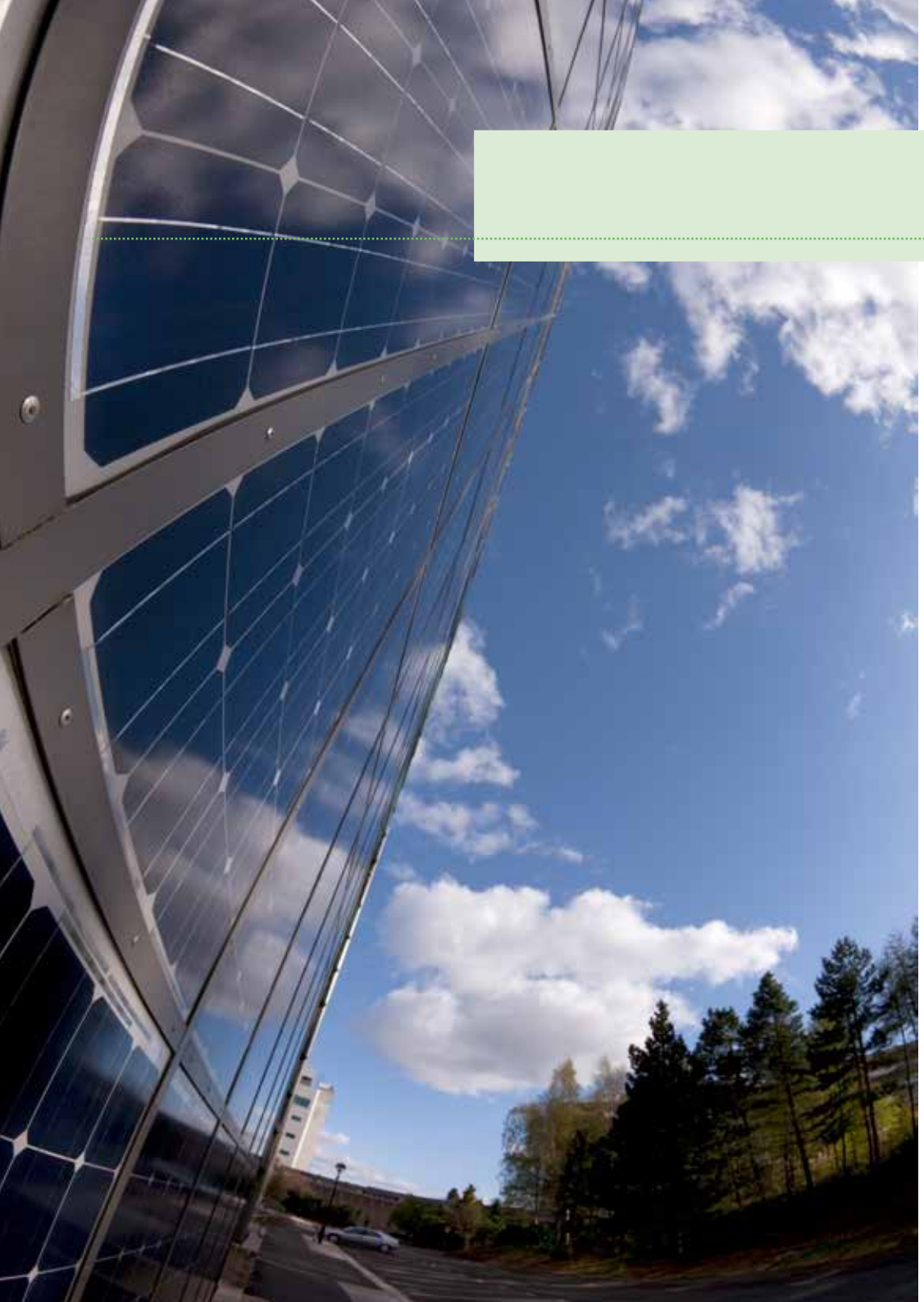
10

ecopneus

il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi

in collaborazione con

Vie En.Ro.Se.



Sommario

1. I requisiti tecnici delle strutture edilizie 6

I requisiti di protezione dal suono e dalle vibrazioni 9
I valori limite e di riferimento 10
L'isolamento acustico delle pareti interne 12
L'isolamento acustico delle facciate 15
L'isolamento acustico dei solai 17
L'isolamento acustico degli impianti 18
L'efficacia dei rivestimenti per la limitazione della trasmissione sonora nelle pareti e nei solai 19
L'efficacia dei rivestimenti per la limitazione della trasmissione di rumore e vibrazioni degli impianti 25
I requisiti di protezione termica 28
I valori limite e di riferimento 28
La trasmittanza termica 30
I ponti termici 33
La condensazione interstiziale e superficiale 34

2. L'uso dei materiali isolanti in edilizia 36

I materiali di origine vegetale 42
I materiali di origine animale 45
I materiali di origine sintetica 46

3. L'applicazione dei prodotti in gomma riciclata in edilizia 48

3.1 Prodotti anticalpestio 54
3.2 Prodotti per l'isolamento ai rumori aerei di ambienti 67
3.3 Prodotti antivibranti 74
3.3.1 Prodotti antivibranti per l'isolamento attivo di impianti ed apparecchiature meccaniche 75
3.3.2 Prodotti antivibranti per impianti idraulici ed aeraulici 81
3.3.3 Prodotti antivibranti per l'isolamento passivo degli edifici dalle vibrazioni del suolo 86
3.4 Accessori 93
3.4.1 - Fasce tagliamuro 93
3.4.2 - Supporti antivibranti 95

4. Schede e tabelle di sintesi sui prodotti in gomma riciclata 98

4.1 Schede di prodotti anticalpestio 102
4.2 Schede di prodotti per l'isolamento ai rumori aerei di ambienti 104
4.3 Schede di prodotti antivibranti 106
4.4 Relazione tra le grandezze fisiche 106

Prodotti 117

Glossario 153

Riferimenti 159

Fonti delle immagini 160

1. I requisiti tecnici delle strutture edilizie

Il quadro legislativo e normativo legato al mantenimento di idonee condizioni di comfort ambientale negli edifici è fortemente evoluto nel corso degli ultimi quindici anni.
Leggi e norme tecniche relative alla limitazione della trasmissione di calore, suono e vibrazioni negli edifici impongono oggi una progettazione molto più attenta a questi fenomeni che in passato.
L'adeguamento agli standard europei di protezione termica ed acustica degli edifici comporterà con ogni probabilità nei prossimi anni un'ulteriore evoluzione del modo di realizzare gli edifici in Italia.
In questo contesto, l'uso di prodotti dotati di rilevanti caratteristiche di elasticità, fonoassorbenza e resistenza termica vedrà un incremento significativo per essere applicati a soluzioni tecnologiche sempre più performanti.
La gomma da Pneumatici Fuori Uso, per le caratteristiche intrinseche di elasticità, è un ottimo materiale dal punto di vista della limitazione della trasmissione di rumori e vibrazioni negli edifici.

Per questo l'uso di prodotti in gomma riciclata può contribuire significativamente a migliorare le prestazioni degli edifici nei confronti di queste diverse problematiche.

I requisiti di protezione dal suono e dalle vibrazioni

La protezione degli edifici dai rumori e dalle vibrazioni provenienti dall'esterno o da altri ambienti interni è un'esigenza di primaria importanza sia per gli obblighi legislativi nazionali che per il comfort ambientale negli ambienti interni. I diversi aspetti da prendere in considerazione a tale riguardo sono:

- la protezione dal rumore aereo proveniente da altri ambienti interni dell'edificio;
- la protezione dal rumore aereo proveniente dall'esterno;
- la protezione dal rumore di tipo impattivo (tipicamente il calpestio) trasmesso attraverso i solai;
- la protezione dal rumore e dalle vibrazioni prodotti da impianti dell'edificio;
- la protezione dell'edificio dalle vibrazioni del suolo.

I valori limite e di riferimento

Il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 [1] è la normativa attualmente in vigore in Italia per la limitazione del rumore trasmesso all'interno degli edifici. Esso stabilisce i valori limite per le prestazioni acustiche degli edifici e dei loro componenti, con riferimento agli indici di valutazione delle seguenti grandezze rilevate in opera:

- indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni interne (R'_w);
- indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($D_{2m,nT,w}$);
- livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione ($L'_{n,w}$);
- livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderato A ($L_{A,eq}$);
- livello massimo di pressione sonora misurato con costante temporale slow, ponderato A ($L_{AS,max}$).

L'aspetto più rilevante introdotto dal decreto [1] è che le grandezze di cui si richiede la verifica fanno tutte riferimento alla reale situazione di posa in opera dei componenti edilizi, ovvero devono essere misurate ad edificio eseguito.

Tabella 1 - Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici secondo il DPCM 5/12/97 [1]

Tipo di edificio	R'_w* (dB)	$D_{2m,nT,w}$ (dB)	$L'_{n,w}$ (dB)	L_{Asmax} (dBA)	L_{Aeq} (dBA)
Ospedali, cliniche, case di cura e simili	55	45	58	35	25
residenze, alberghi, pensioni e simili	50	40	63	35	35
scuole e simili	50	48	58	35	25
uffici, edifici per il culto, il commercio e simili	50	42	55	35	35

* I valori di R'_w sono riferiti agli elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Per quanto attiene il rumore prodotto dagli impianti tecnologici, questo non deve superare i limiti di tabella 1, in relazione alle misure di livello sonoro eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato; tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.
In merito all'isolamento acustico di facciata, è necessario sottolineare come nel decreto non sia riportata alcuna differenziazione del valore limite in funzione del livello di rumorosità dell'ambiente esterno, così come avviene invece in altri contesti europei.
Per quanto attiene l'isolamento dalle vibrazioni, queste possono essere distinte in vibrazioni di frequenza udibile e vibrazioni non udibili. Le prime, generando normalmente emissione sonora, sono di fatto considerate dal D.P.C.M 5/12/97 come rumore prodotto dagli impianti e sono valutate mediante il livello massimo di pressione sonora ($L_{As,max}$), per gli impianti a funzionamento discontinuo (scarichi idraulici, ascensori ecc.), o il livello continuo equivalente di pressione sonora (L_{Aeq}), per gli impianti a funzionamento continuo (impianti di condizionamento e ventilazione ecc.).
Le vibrazioni di frequenza non udibile, che sono avvertite dal corpo umano o che possono eventualmente creare danno alle strutture edilizie, non sono invece oggetto di specifici limiti legislativi ma sono trattate dalla norma UNI 9916 [2] che fornisce valori di riferimento in funzione della frequenza e della ripetitività dei fenomeni vibratori.

L'isolamento acustico delle pareti interne

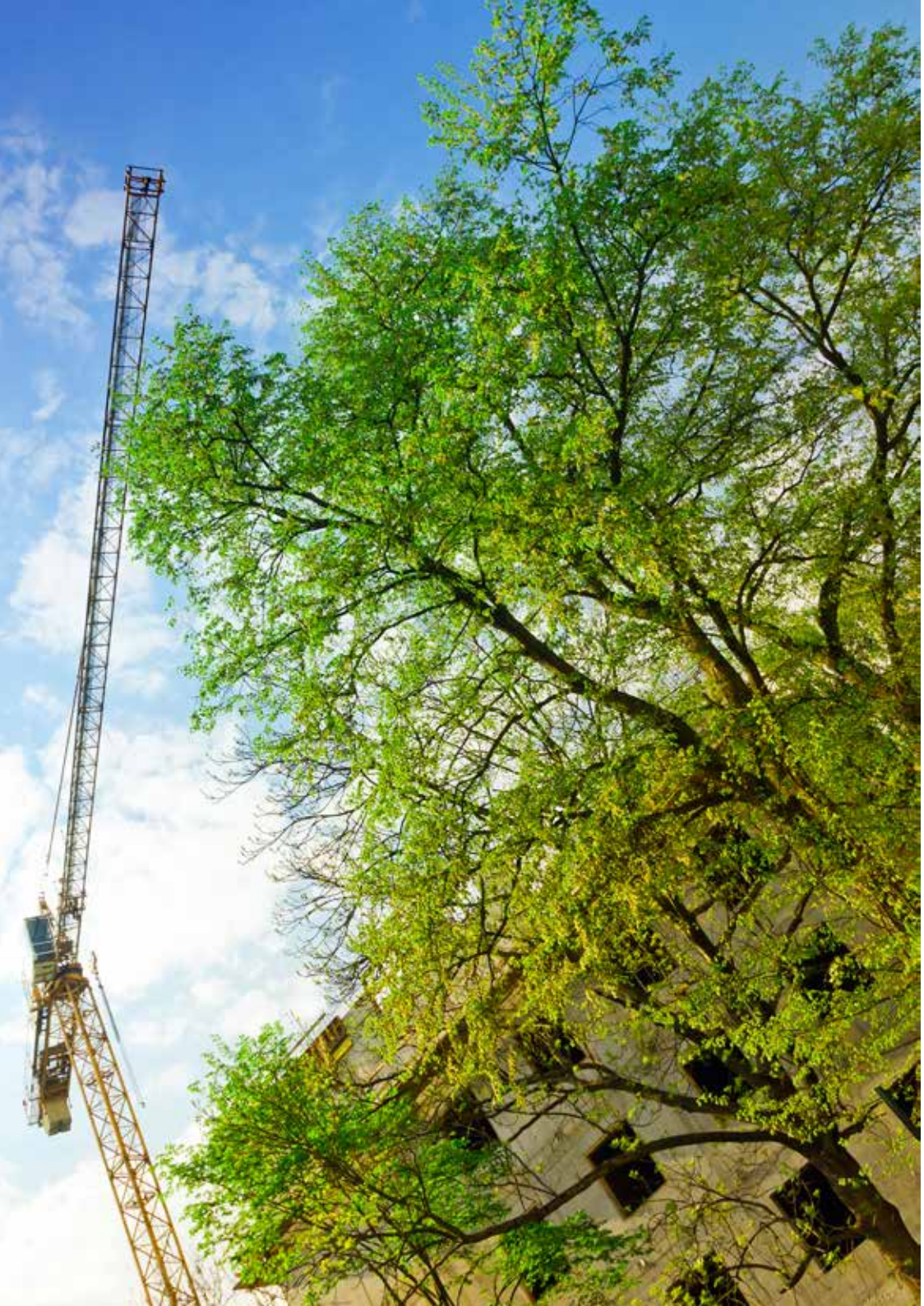
Le prestazioni acustiche dei divisori interni vengono controllate attraverso l'analisi dell'isolamento acustico ai rumori di tipo aereo. Quest'analisi viene effettuata in laboratori qualificati su campioni di dimensione standardizzata dei tramezzi seguendo una procedura di misura definita dalla norma UNI EN ISO 10140-2 [3].
I dati forniti dai laboratori di prova sono comunque relativi alla determinazione del ***potere fonoisolante***, R, del campione sottoposto a prova, che tiene conto della sola trasmissione sonora diretta attraverso la partizione. A tale riguardo, infatti, i laboratori devono essere costruiti in modo da eliminare ogni trasmissione diversa da quella diretta.

Nelle reali condizioni di posa in opera delle partizioni, invece, oltre alla trasmissione sonora diretta, vi sono sempre altre vie di trasmissione che possono riguardare percorsi aerei (fessure, condotti ecc.) o strutturali (trasmissioni attraverso le strutture laterali).
I dati ottenuti con prove effettuate in edifici reali tengono dunque conto di tutte le forme di trasmissione sonora presenti e si esprimono in termini di ***potere fonoisolante apparente***, R'.
La verifica previsionale del potere fonoisolante apparente si effettua mediante metodi di calcolo che tengono conto di tutte le forme di trasmissione sonora.

Le normative di riferimento per il calcolo sono la UNI EN ISO 12354-1 [4] e la UNI TR 11175 [5]. I metodi ivi descritti consentono la stima dell'isolamento ai rumori aerei tra ambienti interni (potere fonoisolante apparente) a partire dalle prestazioni misurate in laboratorio della partizione e delle sue strutture laterali (pareti e solai). Nei casi in cui tali prestazioni non siano note, le norme forniscono in appendice metodi approssimati di stima.
Il calcolo può essere effettuato in funzione della frequenza (metodo dettagliato) o in termini semplificati, fornendo in questo caso il solo indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w.

L'isolamento acustico delle facciate

L'isolamento acustico offerto da una facciata di un edificio dipende dalla prestazione dei diversi elementi costituenti la facciata stessa. Poiché la potenza sonora globalmente trasmessa dalla facciata, somma delle potenze sonore trasmesse dai diversi elementi, è espressa in decibel, il suo valore numerico è determinato in primo luogo dalla prestazione acustica degli elementi in grado di dare luogo ad una maggiore trasmissione, ovvero dagli elementi acusticamente più deboli.



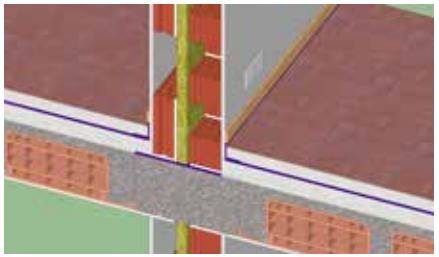
Per questo, l'isolamento acustico offerto da una facciata è determinato principalmente dalla prestazione degli elementi meno performanti (tipicamente gli infissi, i cassonetti degli avvolgibili e le prese d'aria).
Inoltre, come per l'isolamento acustico ai rumori aerei interni, anche l'isolamento di facciata misurato negli edifici reali tiene conto, oltre che della trasmissione diretta attraverso i vari elementi, anche della trasmissione sonora laterale.
La grandezza utilizzata per la valutazione della prestazione in opera di una facciata di un edificio è l'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT}$, che può essere determinato in base alla procedura prevista dalle norme UNI EN ISO 12354-3 [6] e UNI TR 11175 [5].

L'isolamento acustico dei solai

I solai posti a separazione di distinte unità immobiliari devono garantire idonea protezione sia nei confronti dei rumori aerei che di quelli impattivi.
Normalmente, per le soluzioni costruttive di solai in laterocemento, maggiormente diffusi in Italia, deve essere attentamente valutata la prestazione di isolamento ai rumori impattivi.
La grandezza di riferimento è il livello normalizzato di pressione sonora da impatto, L'_n, determinabile in base alla procedura prevista dalle norme UNI EN ISO 12354-2 [7] e UNI TR 11175 [5].

In considerazione dei valori limite stabiliti dal DPCM 5/12/97 per le diverse tipologie di edifici, riportati in tabella 1, è quasi sempre necessario che i solai siano finiti con un pavimento galleggiante, costituito da uno strato elastico che supporta un massetto cementizio o a secco e la pavimentazione, così come descritto in immagine 1.
Per una corretta efficacia del sistema è necessario che il massetto sia totalmente sconnesso dalle strutture circostanti mediante il risvolto dello strato elastico su tutti i bordi.

Immagine 1 - *Schema di realizzazione di un pavimento galleggiante; in viola lo strato elastico*



L'isolamento acustico degli impianti

Il rumore degli impianti si trasmette negli edifici per via aerea e strutturale a causa delle vibrazioni indotte dal movimento delle parti meccaniche (motori di elettropompe, ventilatori, sollevatori ecc.) o dal passaggio dei fluidi nelle condotte di adduzione o scarico (condotte di ventilazione, di scarico liquidi ecc.).
Talvolta i rumori possono essere indotti da un'errata progettazione degli impianti (colpi di ariete, sezioni idrauliche insufficienti, installazione di raccordi a gomito che causano turbolenze, mancata o insufficiente sezione dell'aerazione delle colonne di scarico) o da una errata posa in opera degli stessi (giunzioni rigide tra condotte e strutture di supporto, appoggi su supporti troppo rigidi ecc.).
La valutazione analitica del rumore prodotto dagli impianti è assai complessa ed i risultati sono spesso influenzati da notevole incertezza dovuta sia alla complessità dei fenomeni coinvolti che alla non conoscenza esatta delle reali condizioni di giunzione ed ancoraggio dei vari componenti dell'impianto e dei sistemi di trasmissione e scarico.
In generale, mentre il rumore prodotto da impianti a funzionamento continuo (condizionatori, ventilatori, fan coil ecc.) può essere più facilmente previsto, anche grazie alle certificazioni dei livelli di potenza sonora fornite dai produttori degli impianti stessi, quello degli impianti a funzionamento discontinuo (impianti di scarico ed adduzione acque, impianti meccanici ecc.) è di difficile previsione e la prevenzione viene solitamente affidata all'adozione di regole di buona pratica per la posa in opera degli impianti e delle relative condutture.
La norma di riferimento per i calcoli è la UNI EN 12354-5 [8].

L'efficacia dei rivestimenti per la limitazione della trasmissione sonora nelle pareti e nei solai

Un problema ricorrente, sia negli interventi su edifici nuovi che esistenti, è quello legato alla stima del contributo acustico offerto da rivestimenti applicati a pareti di separazione tra ambienti adiacenti.
Sia che si tratti di trasmissione di rumori di tipo aereo (per pareti o solai) che di tipo impattivo (per solai), la capacità fonoisolante di un rivestimento è legata alla frequenza di risonanza del sistema rivestimento - strato elastico - struttura di base. Infatti, il sistema può essere descritto come un sistema meccanico costituto da due masse (la struttura di base ed il rivestimento) connesse tramite una molla (lo strato elastico) (immagine 2).

Immagine 2 - *Schema teorico di un sistema costruito da struttura di basestrato elastico - rivestimento*

Affinché il sistema risulti efficace, è necessario che la frequenza di risonanza f0 sia sufficientemente bassa e quindi non interessi il campo di frequenze di maggiore interesse per il comfort uditivo, ovvero sia possibilmente inferiore a 80 Hz.
La frequenza di risonanza si ottiene mediante la seguente relazione:

$$f_0 = 160\sqrt{s' \cdot \left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2}\right)} \text{ (Hz)}$$

dove:

- s' è la rigidità dinamica dello strato elastico (MN/m^3);
- m'_1 è la massa superficiale dello strato di rivestimento (kg/m^2);
- m'_2 è la massa superficiale dello strato di base (kg/m^2).

Nel caso di rivestimenti elastici usati sotto pavimenti galleggianti con massetto in calcestruzzo, è possibile impiegare la seguente relazione per stimare l'efficacia del sistema nella riduzione dei rumori da calpestio [5]:

$$\Delta L = 30 \lg \left(\frac{f}{f_0}\right) + 3 \text{ (dB)}$$

Per pavimenti galleggianti con massetti a secco si impiega invece la seguente relazione [5]:

$$\Delta L = 40 \lg \left(\frac{f}{f_0}\right) - 3 \text{ (dB)}$$

In entrambe le relazioni f è la frequenza centrale del terzo di ottava considerato (Hz); per analisi in termini di indice di valutazione, ΔL_w, si assume la frequenza centrale di 500 Hz.
Per quanto riguarda la previsione dell'efficacia di rivestimenti applicati a pareti, va notato che spesso tali sistemi sono influenzati dalla modalità di giunzione tra l'elemento di rivestimento (controparete) e la struttura (parete di base).
In alcuni sistemi costruttivi, le modalità di giunzione del rivestimento e le sue caratteristiche dimensionali (rapporto spessore su lunghezza e larghezza) sono tali da consentire la schematizzazione del sistema massa - molla - massa, poiché la trasmissione di energia sonora attraverso i giunti laterali assume entità modesta.
Nel caso delle contropareti realizzate con elementi pesanti come tavelle o mattoni, la connessione della controparete e le sue caratteristiche dimensionali fanno sì che l'accoppiamento tra rivestimento e struttura di base sia fortemente influenzato dalla trasmissione sonora laterale (immagine 3).
Pertanto in questi casi la stima del contributo migliorativo dovuto a contropareti è relativamente complessa ed è affetta da notevole margine di errore connesso alla incertezza sulle condizioni di reale posa in opera.

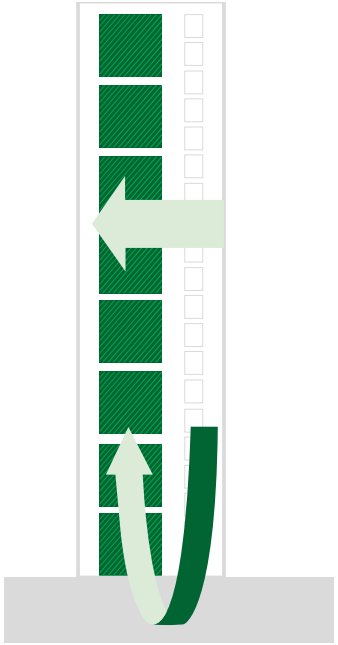


Immagine 3 - *Trasmissione di energia sonora per via laterale tra controparete e parete di base*

Inoltre, se i due strati della parete sono autoportanti (come ad esempio per le pareti doppie in mattoni, blocchi o tavelle) e lo strato di materiale interposto svolge solo funzione di riempimento dell'intercapedine, la rigidità dinamica da considerare è quella dello strato d'aria dell'intercapedine. In questi casi, dal momento che il materiale posto nell'intercapedine non svolge funzione di accoppiamento tra i due strati, la sua caratteristica prestazionale da valutare è la fonoassorbenza, definita dal coefficiente di assorbimento acustico α.
In sintesi, l'efficacia acustica di un rivestimento è legata alla rigidità dinamica s' dello strato elastico interposto, che deve essere sufficientemente bassa, ed alle masse del rivestimento e della struttura di base che devono invece essere sufficientemente alte.

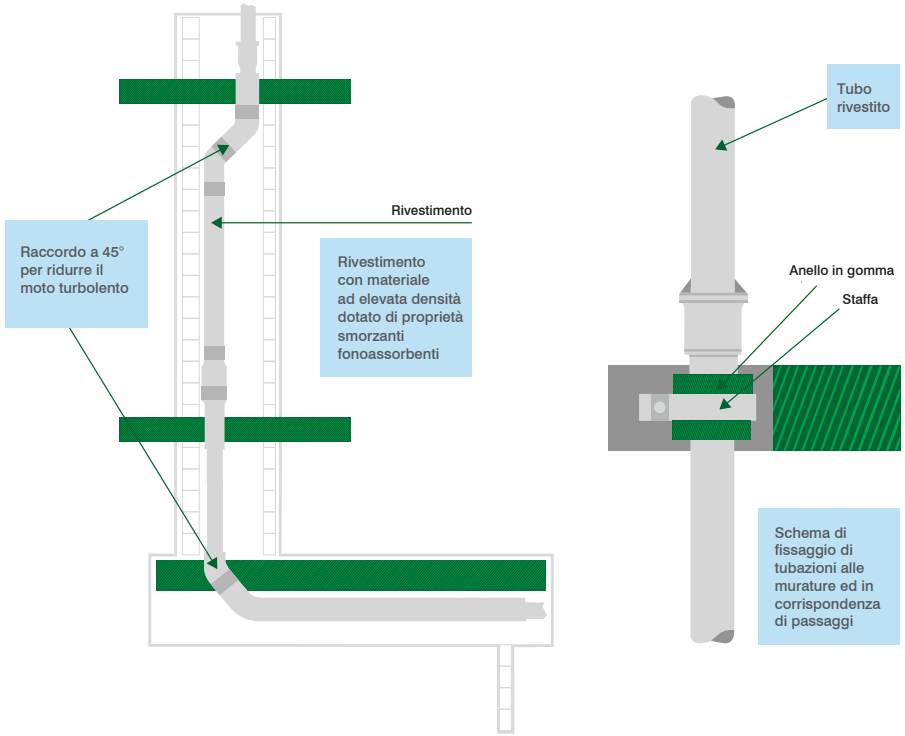
Rivestimenti leggeri applicati su strati elastici troppo rigidi comportano la risonanza acustica del sistema a frequenze troppo alte e quindi inficiano il buon comportamento dell'intero sistema.
L'utilizzo di strati elastici poco rigidi comporta tuttavia il rischio che essi siano troppo cedevoli sotto carichi elevati o troppo fragili nelle operazioni di posa in opera. Inoltre, come per tutti i materiali elasto - viscosi, l'applicazione di carichi permanenti, come nel caso di un rivestimento elastico di un pavimento galleggiante, comporta una deformazione dello strato elastico che tende a crescere nel tempo. Pertanto, oltre alla rigidità dinamica, è necessario valutare attentamente anche altre caratteristiche prestazionali quali la comprimibilità, la resistenza a trazione e compressione ed il creep dei materiale elastici impiegati.

L'efficacia dei rivestimenti per la limitazione della trasmissione di rumore e vibrazioni degli impianti

La limitazione del rumore e delle vibrazioni emessi dagli impianti tecnici degli edifici è assai complessa sia in conseguenza della ampiezza della casistica dei tipi di impianti, sia per la difficoltà a determinare con esattezza le reali modalità di giunzione in opera tra i vari componenti degli impianti e tra questi e le strutture di supporto (pareti e solai).

In generale, le strategie che vengono raccomandate negli edifici per la limitazione del rumore e delle vibrazioni originati dagli impianti sono:

- uso di impianti acusticamente certificati (con valori certificati di emissione sonora);
- controllo della trasmissione delle vibrazioni nei punti di contatto tra le parti in movimento e le strutture di appoggio o supporto mediante materiali elastici opportunamente dimensionati;
- controllo della trasmissione delle vibrazioni nei punti di aggancio dei tubi di adduzione e di scarico dei fluidi mediante rivestimento delle condotte con materiali elasto – viscosi; l'applicazione di tali rivestimenti contribuisce a ridurre anche l'emissione sonora da parte della vibrazione dei condotti stessi. A tale riguardo il rivestimento deve essere continuo per tutta l'estensione del condotto, senza interruzioni né in corrispondenza delle giunzioni alla muratura, né negli attraversamenti dei solai;
- controllo dei rumori aerei emessi dalle parti meccaniche in movimento e dalle condotte mediante il rivestimento degli ambienti e dei cavedi con prodotti fonoassorbenti.



In immagine 4 è riportato lo schema di uno scarico idraulico, con i raccordi a 45°, rivestito con un materiale del tipo raffigurato a lato: i materiali di rivestimento devono presentare adeguata massa superficiale, proprietà smorzanti, fonoassorbenti e maneggevolezza per poter rivestire le tubazioni.

Immagine 4 - *Fissaggi e soluzioni costruttive per l'installazione di tubi di scarico, e rivestimento degli stessi con materiale ad elevata densità e dotato di proprietà smorzanti-fonoassorbenti*

I requisiti di protezione termica

Il principale aspetto da prendere in considerazione per il risparmio energetico ed il benessere termoigrometrico negli edifici è il grado di isolamento termico offerto dalle chiusure verticali ed orizzontali.
Negli ultimi anni si è diffusa la sensibilità anche verso altri aspetti del comportamento termico degli edifici. In particolare, il crescente problema del surriscaldamento estivo degli edifici ha posto in evidenza la necessità di valutare l'inerzia termica come parametro utile per garantire migliori condizioni di comfort nei periodi estivi.
Tuttavia, ancora oggi le strutture edilizie vengono valutate prevalentemente sotto il profilo delle loro proprietà termoisolanti ovvero della loro attitudine a limitare la trasmissione del calore sia in regime estivo che invernale.
L'energia termica scambiata per trasmissione attraverso le pareti di un involucro edilizio è fornita dalla somma dell'energia scambiata per trasmissione con l'ambiente esterno, con il terreno e con ambienti adiacenti non riscaldati. A questa energia deve essere sommata quella scambiata per ventilazione.
Il calcolo dell'energia scambiata per trasmissione è particolarmente rilevante per la definizione delle caratteristiche prestazionali dell'involucro edilizio.
La normativa tecnica [9, 10, 11] prevede che nel calcolo del coefficiente di trasmissione termica delle chiusure esterne siano valutate sia la trasmittanza termica dei diversi componenti opachi o trasparenti che la trasmittanza termica lineare dei ponti termici.

I valori limite e di riferimento

La legislazione italiana (DLgs 311/2006 [12] e successive modifiche e regolamenti regionali) prevede il rispetto di specifici limiti di trasmittanza per le strutture disperdenti. Queste sono distinte tra strutture opache (verticali ed orizzontali) e strutture trasparenti per ciascuna delle quali viene stabilito un valore limite funzione della zona climatica in cui è costruito l'edificio.
Le tabelle 2 e 3 riportano i valori limite della trasmittanza termica delle strutture opache dei nuovi edifici secondo il DPR 2 aprile 2009 [13].

Tabella 2 - Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache verticali secondo il DPR 02/04/09 N° 59 [13]

Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dal 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dal 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,85	0,72	0,62
B	0,64	0,54	0,48
C	0.57	0.46	0.40
D	0,50	0,40	0,36
E	0,46	0,37	0,34
F	0,44	0,35	0,33

Tabella 3 - Valori limite della trasmittanza termica U delle strutture opache orizzontali o inclinate di copertura secondo il DPR 02/04/09 N° 59 [13]

Zona climatica	Dal 1 gennaio 2006 U (W/m^2K)	Dal 1 gennaio 2008 U (W/m^2K)	Dal 1 gennaio 2010 U (W/m^2K)
A	0,80	0,42	0,38
B	0,60	0,42	0,38
C	0,55	0.42	0.38
D	0,46	0,35	0,32
E	0,43	0,32	0,30
F	0,41	0,31	0,29

La trasmittanza termica

La trasmittanza termica, U, o coefficiente globale di trasmissione termica di una partizione è data dall'inverso della somma delle resistenze termiche parziali relative ai diversi strati di cui è composta la partizione (intonaco, muratura, eventuale isolante termico ecc.).
Le resistenze termiche sono distinte in interne e superficiali.
Le resistenze interne sono dovute agli scambi termici che avvengono internamente alla partizione. Questi sono principalmente dovuti al meccanismo della conduzione termica e sono determinati prevalentemente dallo spessore e dalla conducibilità termica dei materiali impiegati.
Il coefficiente di conducibilità termica, λ, è una proprietà termofisica definita, per i materiali da costruzione, dalla norma UNI 10351 [14]

$$U = \frac{1}{R_T} = \frac{1}{R_{si} + R_1 + R_2 + \ldots + R_n + R_{se}} \left(\frac{W}{m^2 K}\right)$$

Il valore assunto da tale proprietà permette di distinguere tra materiali termoisolanti e materiali scarsamente isolanti.
Le resistenze superficiali concernono invece lo scambio termico superficiale delle chiusure e riguardano i meccanismi di scambio termico per convezione ed irraggiamento. Tali resistenze termiche hanno solitamente valore prestabilito nei calcoli e sono scarsamente influenzate dalla tipologia di chiusura adottata.
Il metodo di calcolo della trasmittanza termica (U) è riportato nella norma UNI EN ISO 6946 [11].

La trasmittanza termica di una partizione è data dal reciproco della resistenza termica totale R_T, somma delle resistenze termiche parziali relative ai diversi strati di cui questa è composta:
dove:

- R_{si} e R_{se} sono le resistenze termiche superficiali rispettivamente interna ed esterna (m^2K/W);
- R_1, R_2, R_n sono le resistenze termiche utili relative ai diversi strati componenti la partizione (m^2K/W).

Le resistenze termiche superficiali si deducono dal prospetto di tabella 4.
Ai fini del calcolo dei consumi energetici le norme assegnano a R_{si} e R_{se} i seguenti valori di default indipendentemente dalla giacitura dell'elemento: 0,125 e 0,043.
Le resistenze termiche utili si ricavano dal rapporto tra spessore d (m) del materiale e suo coefficiente di conduttività termica λ (W/mK)

$$R = \frac{d}{\lambda} \left(\frac{m^2 K}{W}\right)$$

Tabella 4 - Resistenze termiche superficiali in (m2K/W) (da UNI EN ISO 6946 [11]).

	Direzione del flusso termico		
	Ascendente	Orizzontale	Discendente
Resistenza termica superficiale interna (Rsi)	0,10	0,13	0,17
Resistenza termica superficiale esterna (Rse)	0,04	0,04	0,04

I ponti termici

Nel calcolo della dispersione termica da parte degli edifici occorre considerare anche l'effetto dei ponti termici, ovvero di quelle parti dell'edificio in cui si ha un incremento del flusso termico come conseguenza di una modifica dell'involucro edilizio.
Si possono avere ponti termici in corrispondenza del cambiamento di forma dell'involucro edilizio (come negli angoli) o del cambio dei materiali usati (ad esempio in corrispondenza dei pilastri, dove si può verificare l'interruzione dello strato isolante della parete).
La rilevanza dei ponti termici, oltre alla maggiorazione dei consumi energetici che possono comportare, attiene alla possibilità di dare luogo a condensazioni superficiali con conseguente formazione di muffe e degrado dei materiali sul lato interno delle murature esterne.

In particolare, i ponti termici nelle costruzioni edilizie producono una modifica del flusso termico con un abbassamento/innalzamento delle temperature superficiali rispetto alle strutture correnti.

Il calcolo dei flussi termici e delle temperature superficiali può essere effettuato con precisione utilizzando metodi numerici di calcolo dettagliati, definiti dalla norma UNI EN ISO 10211-1 [15]. Tuttavia, per i casi più comuni di ponti termici lineari (come nel caso di pilastri, angoli di edifici ecc.) possono essere usati metodi semplificati che consentono di ottenere una stima adeguata della trasmittanza termica lineica [16].
L'effetto della presenza di ponti termici all'interno di una parete uniforme, come giunti che penetrano nello strato isolante termico o giunti in malta tra blocchi di muratura leggera, è invece incluso nel calcolo della trasmittanza termica del particolare elemento edilizio, secondo quanto previsto dalla norma UNI EN ISO 6946.

La condensazione interstiziale e superficiale

Un problema spesso ricorrente negli edifici, che può compromettere le condizioni di comfort e l'integrità delle medesime strutture edilizie d'involucro, è rappresentato dal fenomeno della condensazione interstiziale e superficiale. Tale fenomeno è dovuto alla naturale migrazione del vapore d'acqua attraverso le strutture edilizie, causato dalla differenza di pressione in cui questo si trova nell'ambiente interno ed in quello esterno.

Nelle normali condizioni di uso degli edifici, la migrazione del vapore riguarda prevalentemente il periodo del riscaldamento (inverno) durante il quale la maggiore concentrazione e la maggiore temperatura del vapore nell'ambiente interno comporta una sua migrazione verso l'esterno. Il vapore, che fluisce verso l'esterno attraverso le porosità dei materiali edilizi, incontrando strati a bassa temperatura, può subire il processo di condensazione.
Quando la condensazione avviene su una superficie esterna della parete (generalmente la superficie rivolta verso l'interno) si parla di *condensazione superficiale*; quando interessa invece una sua superficie interna (ad esempio lo strato isolante in una parete ad intercapedine), si parla di *condensa interstiziale*.
La condensazione superficiale può provocare il degrado dei materiali edilizi non protetti che siano sensibili al vapore. Essa può essere accettata temporaneamente e in piccole quantità, per esempio su finestre e piastrelle nei bagni, se la superficie è impermeabile al vapore e sono assunte misure adeguate per prevenirne il contatto con materiali adiacenti sensibili all'azione del vapore.
Per periodi di tempo prolungati o ripetuti con umidità relativa superficiale maggiore dell'80%, c'è il rischio di formazione di muffe. La crescita di muffa rappresenta un difetto della costruzione e può provocare condizioni non igieniche.
La trasmissione del vapore all'interno delle strutture edilizie è comunque un processo complesso e la conoscenza dei suoi meccanismi, delle proprietà dei materiali, delle condizioni iniziali e al contorno è spesso insufficiente ad una determinazione esatta del fenomeno.
La norma EN ISO 13788 [17] indica metodi di calcolo semplificati per il calcolo del rischio della condensazione superficiale ed interstiziale nelle strutture edilizie.

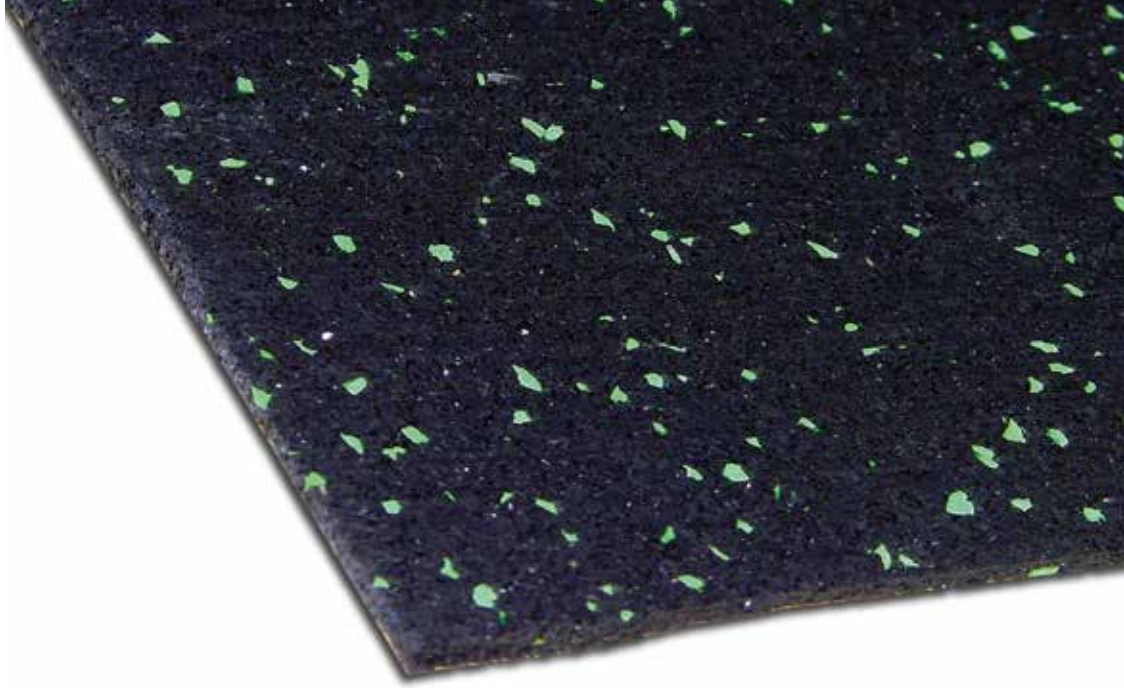
In generale, dai calcoli emerge la necessità di disporre gli strati a maggior resistenza termica verso l'esterno (isolamento a cappotto) e quelli con maggior resistenza al passaggio di vapore verso l'interno (costituendo così una barriera vapore sul lato caldo).
Oltre ai fenomeni della condensazione interstiziale e superficiale, si devono considerare, nella progettazione di un componente edilizio, anche le altre eventuali concause all'insorgere dell'umidità, come acqua contenuta nel terreno che risale per capillarità, acqua meteorica, umidità di costruzione, trasporto di vapore nelle intercapedini e cavità.
In particolare, il fenomeno della risalita di umidità per capillarità interessa generalmente le murature appoggiate al suolo o su fondazioni continue. La capillarità è un fenomeno che si instaura quando il materiale edilizio presenta una struttura porosa con capillari di dimensione nell'ordine di $10^4 \div 10^6$ (m).

2. L’uso dei materiali isolanti in edilizia

L'applicazione di materiali isolanti per migliorare le prestazioni termiche ed acustiche delle costruzioni edilizie è presente fin dall'antichità ma negli ultimi decenni ha visto una crescente diffusione, grazie anche ai recenti provvedimenti legislativi nazionali, tesi al miglioramento delle prestazioni termiche, energetiche ed acustiche degli edifici che di fatto hanno imposto l'uso di materiali isolanti nelle chiusure esterne degli edifici e nei solai di separazione tra unità immobiliari.
Con il termine di *materiale isolante*, ampiamente usato nel linguaggio corrente, si comprende una molteplicità di prodotti per applicazioni edilizie spesso molto differenti tra di loro.
A questo riguardo è quindi importante distinguere i materiali isolanti in funzione delle proprie caratteristiche fisiche, ovvero della funzione principale per cui sono realizzati.
È necessario quindi distinguere tra materiali con funzione prevalentemente di isolamento termico (materiali termoisolanti) e materiali con funzione acustica. Tra questi ultimi esistono

diverse tipologie di materiali che possono svolgere le funzioni di isolamento (materiali fonoisolanti), fonoassorbenza (materiali fonoassorbenti) o disaccoppiamento strutturale (materiali elastici o resilienti).
I materiali termoisolanti e quelli fonoassorbenti hanno spesso caratteristiche simili tra loro, dal momento che sono composti essenzialmente da spazi d'aria di minime dimensioni (l'aria in quiete è un ottimo isolante termico) racchiusi in celle (materiali cellulari o espansi) o tra fibre (materiali fibrosi). Generalmente si tratta quindi di materiali caratterizzati da densità bassa (in genere tra 20 e 300 kg/m^3) e spessori variabili in funzione delle prestazioni che devono assicurare. Per assicurare buone prestazioni fonoassorbenti, questi materiali devono essere permeabili all'aria e quindi presentare una struttura a fibre o a celle aperte. Materiali isolanti a struttura a celle chiuse possono avere buona prestazione termica (ovvero basso valore di conduttività termica), ma modesta capacità fonoassorbente.
Il fonoisolamento, ovvero la capacità di non trasmettere le onde sonore tra due ambienti delimitati, è invece un fenomeno più complesso, dal momento che può essere ottenuto con soluzioni anche molto differenti tra loro.

Le tecniche basilari per la realizzazione di partizioni caratterizzate da buone prestazioni fonoisolanti si basano su due principi: il fono isolamento per massa ed il fono isolamento per disaccoppiamento strutturale. Il primo caso è regolato dalla legge della massa, secondo la quale le capacità fonoisolanti di una partizione crescono al crescere della sua massa superficiale. A tale riguardo è quindi importante l'uso di materiali caratterizzati da elevati valori di densità (calcestruzzo, laterizio, metalli ecc.). Per ottenere partizioni caratterizzate da significative prestazioni fonoisolanti possono però essere necessari spessori rilevanti.
L'isolamento acustico per disaccoppiamento strutturale è invece una tecnica più complessa che si basa normalmente sull'interposizione di un materiale elastico tra due strati caratterizzati da maggiore massa e rigidità. In questo caso, i materiali che vengono posti nell'intercapedine devono generalmente avere buone caratteristiche di elasticità, ovvero ridotto valore di rigidità dinamica. In molti casi, quando i due strati massivi della partizione sono entrambi autoportanti (ovvero non sono supportati uno dall'altro), come nelle pareti doppie in mattoni o blocchi, il materiale posto nell'intercapedine svolge essenzialmente una funzione di attenuazione della riverberazione sonora interna. In questo caso non è importante l'elasticità del materiale quanto la sua proprietà fonoassorbente.
I materiali elastici o resilienti hanno caratteristiche molto differenti tra loro secondo l'uso specifico che ne viene fatto. Possono avere densità molto diversa (da 20 a oltre 1000 kg/m^3) e sono prodotti in molteplici spessori (da pochi millimetri a qualche decimetro).



In generale, all'aumentare dello spessore si riduce la rigidità dinamica e quindi aumenta l'efficacia del materiale nello smorzare le vibrazioni strutturali.
Oltre ai prodotti composti da un solo materiale, esistono in commercio i prodotti composti da materiali differenti, generalmente disposti in strati di diverso spessore tra loro paralleli e quindi commercializzati in lastre o rotoli. Per massimizzare le prestazioni, i materiali costituenti hanno solitamente proprietà fisiche ben differenziate. Ad esempio è frequente l'accoppiamento tra materiali ad alta densità e materiali elastici (posti nell'intercapedine) per garantire buone prestazioni fonoisolanti dei prodotti; in altri casi, possono essere accoppiati materiali ad alta densità con materiali a bassa densità per unire le funzioni fonoisolante, fonoassorbente e termoisolante. Una casistica completa dei prodotti compositi presenti sul mercato è quindi molto complicata.

Per quanto riguarda invece i prodotti composti da un solo materiale omogeneo (monomaterici) è possibile la loro sistematizzazione secondo differenti criteri.
In particolare, è possibile classificare i prodotti monomaterici per origine (vegetale, minerale, animale, sintetica) o per struttura (fibrosa, cellulare, compatta) essendo le categorie tra loro intersecate (esistono ad esempio materiali di origine sintetica a struttura cellulare, fibrosa o compatta).
Di seguito si riporta una descrizione sintetica dei principali materiali isolanti distinti per origine.

I materiali di origine vegetale

I materiali di origine vegetale, usati fin dall'antichità per proteggere le abitazioni dal caldo o dal freddo, hanno quasi sempre una struttura composta da fibre proveniente dal trattamento di differenti specie vegetali (juta, lino, mais, canna palustre, cocco, kenaf, canapa ecc.).

Immagine 5 - *Pannelli in fibra vegetale (kenaf)*

Nel caso del sughero, la proprietà fonoassorbente, non particolarmente elevata, è invece affidata alla struttura cellulare naturale della corteccia di sughero.
In alcuni casi le fibre vegetali sono allo stato naturale mentre in altri sono tra loro legate mediante processi di varia natura, come nel caso delle fibre di legno mineralizzate.
Se realizzati con idonei spessori, questi materiali sono spesso caratterizzati da significative prestazioni termoisolanti e fonoassorbenti. In particolare il coefficiente di conduttività termica dei materiali fibrosi di origine vegetale è generalmente variabile tra 0,035 e 0,06 (W/mK) mentre il coefficiente di assorbimento acustico dipende dallo spessore ma può raggiungere anche valori rilevanti per spessori dei materiali superiori a 5 cm. Il sughero, a seconda della modalità di realizzazione dei pannelli, può garantire significative prestazioni sia termoisolanti che elastiche.

Immagine 6 - *Pannelli in sughero granulare*

I materiali di origine minerale

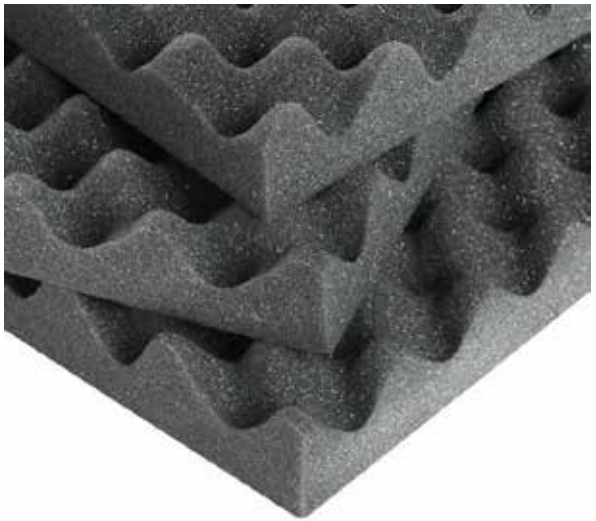
I materiali di origine minerale possono avere struttura a fibre (come nel caso delle fibre di roccia o di vetro) o a celle (argilla, perlite e vermiculite espanse, pomice, vetro cellulare ecc.).
I materiali fibrosi, caratterizzati solitamente da minore densità (da 40 a circa 100 kg/m^3), offrono generalmente migliori prestazioni termoisolanti e fonoassorbenti, garantendo valori del coefficiente di conduttività prossimi a 0,035 (W/mK).
I materiali cellulari come l'argilla espansa o il vetro cellulare, pur caratterizzati da maggiore valore di conduttività termica, possono garantire una minima funzione portante.

Immagine 7 - *Pannello in fibra minerale*

I materiali di origine animale

I materiali di origine animale, come la lana di pecora o le piume animali, sono poco utilizzate nell'edilizia moderna sia per ragioni economiche che prestazionali. Sono generalmente caratterizzati da buoni valori di termoisolamento e fonoassorbenza.

Immagine 8 - *Pannelli sintetici in schiuma espansa di poliuretano*



I materiali di origine sintetica

I materiali di origine sintetica rappresentano certamente la categoria più vasta e con prospettive di ulteriore sviluppo.
Si tratta di materiali con struttura cellulare (polistirene espanso, poliuretano espanso, polietilene espanso, aerogel, gomma espansa ecc.), fibrosa (fibra di poliestere ecc.) o compatta (gomma).

Immagine 9 - *Pannello sintetico in fibra di poliestere*

Le prestazioni termoisolanti possono essere anche molto buone permettendo di ottenere valori di conduttività termica intorno a 0,025 (W/mK).
Le proprietà fonoassorbenti, funzione dello spessore del prodotto, possono essere buone per prodotti fibrosi o per prodotti cellulari a celle aperte. Molti materiali sintetici (soprattutto quelli a struttura cellulare a celle chiuse o quelli a struttura compatta) garantiscono inoltre ridotti valori di rigidità dinamica, che li rende idonei come prodotti da utilizzare per il disaccoppiamento strutturale ai fini dell'isolamento dal rumore e dalle vibrazioni (come per i pavimenti galleggianti o i materassini antivibranti per l'impiantistica). I granuli di gomma riciclata da Pneumatici Fuori Uso garantiscono buone prestazioni termiche unite a rilevanti caratteristiche elastiche (bassa rigidità dinamica). L'elevata densità, che può superare 700 kg/m^3 permette inoltre di ottenere significative prestazioni fonoisolanti che possono essere ulteriormente migliorate nell'accoppiamento con altri materiali.

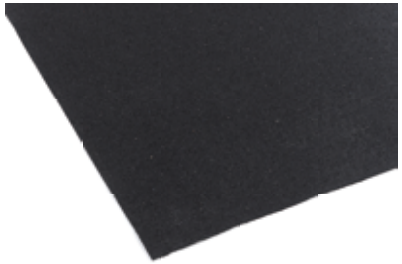


Immagine 10 - *Pannelli sintetici in granuli di gomma riciclata*

3. L’applicazione dei prodotti in gomma riciclata in edilizia

Attraverso la lavorazione dei Pneumatici Fuori Uso (comunemente abbreviato in PFU) si possono ottenere prodotti edilizi di diverso utilizzo, primi fra tutti, per le rilevanti caratteristiche di elasticità della gomma, i prodotti per l'isolamento acustico dal rumore e dalle vibrazioni.
La gomma ricavata dai PFU è infatti un materiale dalle particolari proprietà fisiche che ne fanno una risorsa importante all'interno del settore dell'edilizia e nell'ottica di uno sviluppo sostenibile. Tra tali proprietà ci sono ovviamente le proprietà elastiche e la buona resistenza agli urti, oltre allo sviluppo batterico rallentato, la resistenza alla muffa, al caldo e all'umidità, alla luce del sole ed ai raggi ultravioletti, agli oli, agli acidi ed altri prodotti chimici. Proprio queste ultime caratteristiche di durevolezza e resistenza all'invecchiamento, fanno di questo materiale un prodotto competitivo sul mercato nel confronto con altri materiali elastici resilienti.

Mentre infatti dal punto di vista economico e prestazionale la gomma riciclata da PFU non sempre raggiunge i vantaggi di questi ultimi, la sua elevata capacità di mantenere inalterate le proprie prestazioni nel tempo costituisce un notevole valore aggiunto in un settore come quello edilizio.

Tra le possibili tecnologie per il riciclo dei pneumatici, quello più diffuso in Italia - se non l'unico - è la frantumazione meccanica a temperatura ambiente: durante questo processo dai PFU vengono separati o asportati il metallo e la fibra tessile di rinforzo normalmente contenuti nel pneumatico.
Le materie prime ricavate dai PFU quindi si suddividono in vari tipi a seconda della pezzatura e della granulometria. Mentre pezzature più grandi (pneumatici interi, triturato e chip) sono utilizzati prevalentemente nel campo dell'ingegneria civile, materie dalla granulometria più fine (granulato e polverino) trovano applicazioni maggiori nel settore edilizio, sportivo e delle mescole per bitumi e vernici.

A seconda della granulometria si ottengono pertanto prodotti edilizi utilizzati per differenti applicazioni.

- **Pneumatici interi**: barriere antirumore, barriere artificiali, balle.
- **Triturato**: granulometria compresa tra 50 e 300 mm. Applicazione per riempimenti leggeri, drenaggio e isolamento di opere di ingegneria civile, pavimentazioni antishock.
- **Chips**: granulometria compresa tra 20 e 50 mm. Applicazione in riempimenti leggeri per costruzioni comuni, drenaggi, sottofondi di pavimentazione stradale; piedritti dei ponti e prodotti agricoli.
- **Granulato**: granulometria compresa tra 1 e 20 mm. Applicazione in piastrelle per pavimenti, materiali per la copertura dei tetti, antivibranti, prodotti di isolamento acustico di solai e pareti, segnaletica stradale, superfici di sicurezza, cordoli stradali, barriere stradali, attenuatori d'urto, superfici da gioco.
- **Polverino**: granulometria inferiore ad 1 mm. Bitumi modificati, vernici, cavi elettrici, ricambi per automobili, sigillanti, rivestimenti, pavimentazioni.

Nel settore dell'edilizia le materie ottenute dai PFU più comunemente usate per i prodotti secondari sono quelli a granulometria più fine, vale a dire il granulo e polverino. Più specificamente i granuli in gomma sono generalmente legati in mescole con resine poliuretaniche o polimeri termoplastici.

I principali prodotti per l'edilizia ottenuti dalla gomma riciclata si possono raccogliere in diverse categorie:

- prodotti anticalpestio per l'isolamento acustico dei solai;
- prodotti da intercapedine per l'isolamento acustico delle pareti;
- prodotti antivibranti per lo smorzamento dei fenomeni di vibrazione di macchinari per l'industria, impianti idraulici e meccanici e delle loro componenti, fondazioni di edifici;
- accessori: fasce tagliamuro e supporti antivibranti.

3.1 Prodotti anticalpestio

Una della caratteristiche concorrenti al benessere acustico degli edifici è il buon isolamento contro i rumori impattivi. I rumori impattivi sono generati dall'urto di corpi rigidi contro le superfici interne dell'edificio, i quali si propagano a loro volta attraverso le strutture e sono irradiati negli ambienti circostanti. Questo tipo di rumori negli edifici sono causati prevalentemente dal camminamento delle persone sui pavimenti, che genera il cosiddetto "rumore di calpestio".

Per una buona protezione contro questo tipo di fenomeno è necessario realizzare un sistema che possa attenuare le vibrazioni trasmesse dal pavimento alla struttura del solaio. Tali sistemi si basano sull'interposizione tra strato superficiale e struttura di base (il solaio) di uno strato di materiale elastico (normalmente tra i 2 e i 20 mm di spessore) che consente di "rompere" la loro configurazione solidale.

Immagine 11 - *L'utilizzo della gomma riciclata come isolante acustico dai rumori impattivi nei pavimenti galleggianti, trova ampio utilizzo anche nel settore sportivo dove contribuisce al miglioramento della prestazione acustica complessiva degli impianti indoor*

L'attenuazione del livello di rumore di calpestio dipende in particolare dalla rigidità dinamica del materiale elastico (dal quale dipende la frequenza di risonanza del sistema) e dalla massa superficiale con cui esso è posto a contatto. L'attenuazione del livello sonoro di calpestio sarà maggiore quanto più bassa è la rigidità dinamica del materiale resiliente e quanto più alta è la massa superficiale dello strato di contatto, generalmente il massetto [vedi cap. 1].
Non potendo però aumentare eccessivamente la massa superficiale dei materiali a contatto con lo strato resiliente, per non aumentarne eccessivamente il peso, è opportuno scegliere il materiale resiliente con le migliori caratteristiche di rigidità dinamica.

Tale proprietà del materiale è pertanto l'indicatore principale della sua efficacia per l'isolamento acustico dei solai dai rumori impattivi e pertanto è quello più frequentemente riportato nelle schede tecniche dei prodotti resilienti per pavimenti galleggianti, insieme al valore di attenuazione del livello di rumore impattivo calcolato secondo normativa in specifiche condizioni di carico.

L'isolamento acustico dei solai contro i rumori impattivi può avvenire con l'inserimento di uno strato resiliente secondo diverse configurazioni e sistemi in base alla sua posizione. I principali sistemi di isolamento acustico dei solai sono i seguenti:

- ***Attenuazione diretta***

Introdotto in Italia verso la fine degli anni '60 per la realizzazione di edifici scolastici, dopo un periodo di declino questo sistema è tornato in uso con l'avvento di nuovi materiali e tecnologie. Il sistema costruttivo consiste nella collocazione dello strato resiliente immediatamente sotto la pavimentazione di finitura, per ridurre le vibrazione trasmesse agli strati sottostanti. Questo sistema è particolarmente indicato per la correzione acustica di solai esistenti in interventi di ristrutturazione, poiché richiede esclusivamente la temporanea rimozione della pavimentazione esistente durante il posizionamento dello strato resiliente. Il sistema funziona con qualsiasi tipologia di pavimentazione. Il fissaggio dello strato elastico avviene tramite colle o a secco, soluzione particolarmente indicata per finiture in parquet.
Questa tecnica costruttiva può essere applicata anche sotto lo strato di finitura dei gradini nei vani scale.

- ***Pavimento galleggiante***

Il pavimento galleggiante è il sistema anticalpestio più diffuso. La realizzazione avviene mediante l'interposizione di un materassino resiliente tra il massetto alleggerito di livellamento degli impianti e il massetto di allettamento immediatamente sotto la pavimentazione. Per la corretta realizzazione di questo sistema è fondamentale che venga creata la cosiddetta "vasca", vale a dire che lo strato di finitura del pavimento sia completamente separato dal solaio sottostante e dalle pareti laterali. I bordi in materiale elastico per l'esecuzione di tale sistema possono essere eseguiti con prodotti analoghi a quelli utilizzati come fasce tagliamuro [vedi cap. 3.4]. Per un buon funzionamento del pavimento galleggiante, è necessario che il massetto sopra lo strato resiliente abbia uno spessore adeguato, generalmente superiore ai 4 cm, e sia realizzato in materiale denso, ovvero la sua massa superficiale non sia inferiore a 100 kg/m^2.

- ***Platea galleggiante***

Un ultimo sistema di isolamento anticalpestio per i solai è la cosiddetta platea galleggiante, sicuramente meno diffusa degli altri due sistemi perché richiede un'attenzione particolare nella progettazione e nella posa in opera.
Il sistema, che consiste nell'estensione del principio del pavimento galleggiante a tutta la superficie calpestabile dell'edificio, è realizzato applicando un materassino anticalpestio in materiale resiliente direttamente a contatto con la soletta collaborante del solaio, sotto il massetto di livellamento degli impianti.

Lo strato resiliente passa pertanto anche sotto le tramezzature e termina solo a contatto con le partizioni verticali esterne. Anche in questo caso è necessaria un'opportuna superficie resiliente di sormonto a ridosso dei muri perimetrali, dei setti e dei pilastri. I tramezzi sono invece costruiti successivamente sopra il materassino. L'attenuazione del livello di rumore da calpestio avviene grazie alla ripartizione degli impulsi impattivi su una maggiore superficie di incidenza, con la conseguente riduzione dei rumori trasmessi agli ambienti adiacenti.

Questa configurazione dello strato elastico consente una posa in opera più agile e sfridi ridotti. I prodotti anticalpestio in questo caso necessitano però di una buona resistenza meccanica nei confronti delle sollecitazioni del cantiere, prima che su di essi sia finalmente gettato il massetto di livellamento. I prodotti idonei a questo tipo di applicazione devono pertanto avere un'adeguata resistenza alla compressione, alla lacerazione, allo strappo e una ridotta comprimibilità. Deve infatti essere evitata l'eventualità che il cedimento del materiale resiliente, sotto il carico dei tramezzi, possa comportare il cedimento di questi, con la conseguente fessurazione all'attacco tra tramezzi e soffitto.

Per le sue caratteristiche di elasticità, di smorzamento e di resistenza agli urti la gomma risulta essere un materiale che ben si presta per l'applicazione in strati resilienti dei solai. In tal senso il mercato di questi prodotti negli ultimi anni è aumentato considerevolmente e presenta attualmente in ambito italiano ed europeo una vasta gamma di aziende e prodotti, diversificati per caratteristiche fisiche ed applicazione.

I prodotti in commercio più comuni per assolvere a questo tipo di funzione sono i materassini in granuli di gomma riciclata SBR (gomma sintetica stirenebutadiene) o EPDM (Ethylene-Propylene Diene Monomer) di varia granulometria, spessore e densità, legati fra loro con resine poliuretaniche. Presentano normalmente colore nero e superficie liscia per una facile posa in opera. E hanno la possibilità di avere un lato adesivo, mediante apposita pellicola, per agevolare l'operazione di incollaggio. Spesso inoltre sono accoppiati con film di rivestimento che garantisce la protezione meccanica del materassino nelle operazioni di posa in opera oppure con tessuto antistrappo. La funzione di tale pellicola o strato protettivo può essere inoltre quella di impedire la penetrazione del getto di calcestruzzo nella struttura alveolare del materiale elastico. In caso contrario, il materiale resiliente sarebbe soggetto alla perdita delle proprie prestazioni.

Per assolvere ad un'ampia varietà di applicazioni, in commercio sono presenti prodotti con mescole a base di gomma agglomerata con altre materie, oppure prodotti stratificati in cui il materassino in granuli di gomma si accoppia a strati di materiale diverso che assolvono ad altre funzioni (isolamento termico) o aumentano le prestazioni dell'intero pacchetto.

Per la corretta progettazione di un sistema di isolamento anticalpestio di un solaio, la maggior parte delle aziende produttrici mette a disposizione le schede tecniche dei vari prodotti per permettere la scelta di quello più adeguato. Queste riportano i dettagli e i parametri fondamentali già descritti in precedenza per la scelta del prodotto anticalpestio: il campo di applicazione, la rigidità dinamica, l'attenuazione in decibel del rumore di calpestio, la frequenza di risonanza, lo spessore, la densità, carattristiche di resistenza meccanica, al calore, al fuoco, la permeabilità al vapore. Nel capitolo successivo sono riportate alcune schede tecniche dei principali prodotti reperiti.

Si riporta di seguito un elenco sintetico delle varie combinazioni presenti sul mercato e normalmente venduti in pannelli o in rotoli:

- pannelli o rotoli in granuli di gomma (di diverso spessore, densità, composizione);
- pannelli o rotoli in granuli di gomma ad alta densità;
- pannelli o rotoli in fiocchi di gomma espansa;
- pannelli o rotoli accoppiati di granuli di gomma e poliuretano espanso;
- pannelli o rotoli accoppiati di granuli di gomma e polietilene reticolato;
- pannelli o rotoli accoppiati di granuli di gomma e polistirene espanso;
- pannelli o rotoli accoppiati di granuli di gomma e fibra di poliestere;
- pannelli o rotoli accoppiati di granuli di gomma e strato di fibra riciclata;
- pannelli o rotoli in mescola di gomma e sughero.

Una volta circoscritto il campo di intervento (nuova costruzione o ristrutturazione), la tecnologia anticalpestio (pavimento galleggiante, applicazione diretta, etc.) ed altre eventuali esigenze (funzione di isolamento termico, particolare resistenza meccanica), si possono quindi individuare i prodotti specifici per l'intervento. Il dato fondamentale su cui normalmente si valuta un prodotto rimane comunque l'attenuazione del livello di rumore anticalpestio in decibel, conseguenza diretta della rigidità dinamica, dati che quindi non mancano su ogni scheda, generalmente derivanti da prove di laboratorio secondo normativa.

Esempi di applicazione e prestazioni

Di seguito sono riportati alcuni esempi riferiti ad applicazioni di specifici prodotti per ridurre il rumore da calpestio dei solai. I dati acustici riportati, ottenuti da certificati di laboratorio, non possono essere riferiti a soluzioni differenti da quelle descritte.

a) Applicazione in solai sotto il rivestimento di finitura

Lo strato resiliente in gomma riciclata (SBR e EPDM) viene posato direttamente sopra il massetto e sotto il rivestimento di finitura (ceramica, lapidei), secondo la tecnica dell'attenuazione diretta (immagine 12).

Attenuazione del livello di rumore da calpestio (Prova di laboratorio secondo UNI EN ISO 140-8)
$\Delta L_{n,w}$ =17 dB

Immagine 12 - *Solaio in calcestruzzo armato spesso 14 cm, massetto in sabbia e cemento spesso 5 cm, strato resiliente spesso 3 mm e pavimentazione in ceramica spessa 1 cm incollata*

Immagine 13 - *Solaio tipo bausta 20+4, caldana di livellamento impianto di 7 cm e materassino in granuli di gomma da 5mm (densità 700 kg/m³), per diversi spessori del massetto di carico*

b) Applicazione in solaio sopra gli impianti (pavimento galleggiante)

Lo strato resiliente, costituito da materassino in granuli di gomma, viene collocato sopra il massetto di livellamento degli impianti e sotto il massetto di carico per ricreare il principio massa-molla-massa (immagine 13).

Livello di rumore di calpestio $L'_{n,w}$
(Prova di laboratorio secondo UNI EN ISO 140-7)

- Massetto 4 cm **$L'_{n,w}$ = 60 dB**
- Massetto 6 cm **$L'_{n,w}$ = 59 dB**
- Massetto 8 cm **$L'_{n,w}$ = 60 dB**

Attenuazione del livello di rumore da calpestio
(Prova di laboratorio secondo UNI EN ISO 140-7)

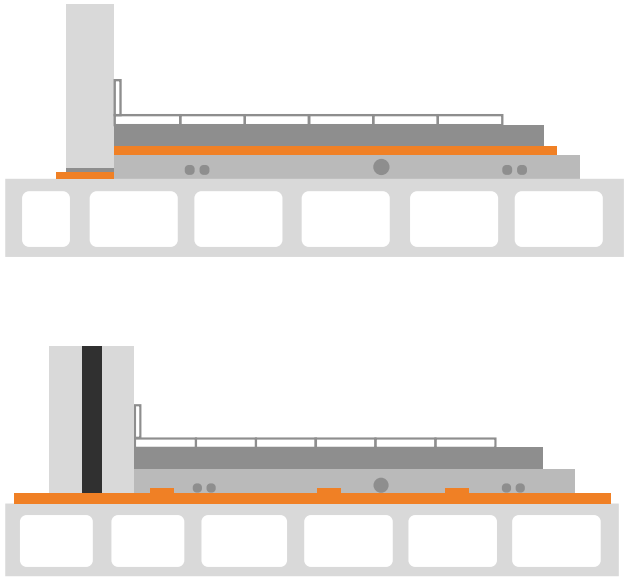
- Massetto 4 cm **$\Delta L_{n,w}$ = 26 dB**
- Massetto 6 cm **$\Delta L_{n,w}$ = 27 dB**
- Massetto 8 cm **$\Delta L_{n,w}$ = 26 dB**

c) Applicazione in solaio sotto massetto di livellamento degli impianti (platea galleggiante)

Lo strato resiliente in gomma riciclata viene posato direttamente sopra la soletta collaborante del solaio in laterocemento. Sopra di esso viene gettato il massetto di livellamento degli impianti e successivamente quello di carico e la finitura superficiale. Per questa soluzione normalmente le tramezzature appoggiano sul massetto e non interrompono la continuità dello strato elastico in gomma (immagine 14).

Indice di valutazione del livello di rumore da calpestio
$L_{n,w}$ = 58 dB

Immagine 14 - *Solaio in laterocemento tipo bausta 20+4, strato resiliente anticalpestio spesso 6 mm, massetto alleggerito di livellamento spesso 6 cm, massetto in sabbia e cemento spesso 4 cm, strato di finitura in ceramica spesso 1 cm. Spessore complessivo 37,1 cm*



3.2 Prodotti per l'isolamento ai rumori aerei di ambienti

L'uso di prodotti in gomma riciclata per l'isolamento acustico ai rumori aerei delle pareti avviene prevalentemente attraverso il loro inserimento all'interno delle murature. Questo procedimento può avvenire in modo differente a seconda del tipo di intervento previsto, dividendo il campo di applicazione principalmente in tre categorie:

- interposizione di uno strato di gomma nell'intercapedine delle pareti in muratura, soluzione più adatta per interventi di nuova costruzione (immagine 15). Questa tecnica permette di attenuare le perdite di isolamento provocate dalle risonanze di intercapedine;
- applicazione in contropareti, sotto uno strato superficiale generalmente in cartongesso; soluzione di facile applicazione sia su nuove costruzioni che su pareti esistenti. L'efficacia acustica dipende sostanzialmente dalla frequenza di risonanza del sistema e quindi dalle caratteristiche di elasticità del supporto di gomma posto nell'intercapedine;
- applicazione in pareti leggere in cartongesso, tecnologia molto utilizzate in edifici pubblici e commerciali, che consente di ottenere ottimi valori di isolamento termico e acustico anche con pareti di spessore ridotto.

Immagine 15 - *Applicazione strato di gomma in intercapedine*

Il contributo al potere fonoisolante di una parete dipende dagli stessi parametri e caratteristiche tecniche descritti in precedenza. Di particolare importanza nei prodotti in gomma, a confronto con altri materiali da parete, lo smorzamento, proprietà relazionata alla velocità con cui un impulso applicato al sistema viene completamente assorbito. Tale dato tuttavia è difficilmente quantificabile e pertanto raramente compare nella documentazione dei vari prodotti.
Per la valutazione ottimale dei prodotti di isolamento ai rumori aerei, il dato principale da valutare, oltre al campo di applicazione e ad altre eventuali esigenze (isolamento termico), rimane il potere fonoisolante Rw determinato in laboratorio su pareti tipo e fornito all'interno delle schede tecniche dei diversi prodotti. Per i prodotti da parete non viene normalmente fornita la rigidità dinamica.

I prodotti per l'isolamento acustico delle pareti accoppiano spesso lo strato in gomma riciclata con altri strati di materiale termoisolante o di finitura. In questo modo si ottengono pannelli o pacchetti che assolvono ad ulteriori funzioni oltre a quella fonoisolante.
Una caratteristica particolarmente importante per i prodotti da parete è invece la conduttività termica (o in alternativa la resistenza termica), che determina la capacità di isolamento termico del pacchetto.
Sul mercato è possibile reperire un'ampia varietà di prodotti da parete, molto più differenziati rispetto a quelli utilizzati per l'isolamento acustico dei solai.

Oltre ai normali materassini in granuli di gomma, sono disponibili mescole speciali di diversi materiali e combinazioni stratificate di vario tipo e numero di strati. Di seguito sono sintetizzate le soluzioni principali disponibili sul mercato, comunemente vendute in pannelli o rotoli.

- Pannelli o rotoli in granuli di gomma (di diverso spessore, densità, composizione);
- pannelli o rotoli in granuli di gomma ad alta densità;
- pannelli o rotoli in fiocchi di gomma espansa;
- pannelli accoppiati di granuli di gomma e fiocchi di gomma espansa (due o più strati);
- pannelli accoppiati di granuli di gomma e cartongesso (due o più strati);
- pannelli accoppiati di gomma espansa e cartongesso;
- pannelli accoppiati di granuli di gomma ad alta densità e cartongesso;
- pannelli accoppiati di lattice di gomma e cartongesso;
- pannelli accoppiati di granuli di gomma e poliuretano espanso (due o più strati);
- pannelli accoppiati di granuli di gomma e fibra di poliestere (due o più strati);
- pannelli accoppiati di granuli di gomma e polistirene espanso (due o più strati);
- pannelli accoppiati di granuli di gomma e gesso (due o più strati);
- pannelli accoppiati di gomma e altri materiali (lana di roccia, lana di vetro, fibra riciclata, fibra di legno, etc.);

Da notare che i semplici materassini in granuli di gomma, utilizzabili all'interno delle pareti e di altri prodotti stratificati, sono talvolta gli stessi di quelli che si usano per i solai.
Per agevolare la posa in opera tutti i prodotti possono presentare su richiesta una faccia adesiva grazie all'applicazione di un'apposita pellicola.

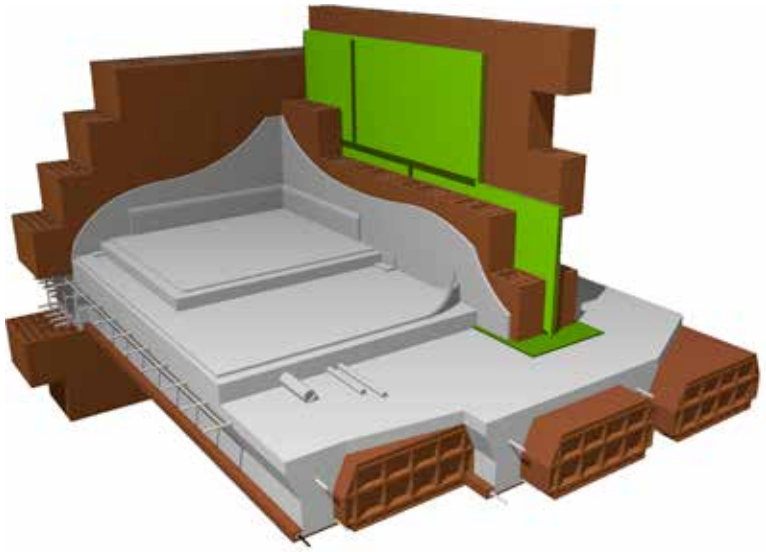


Immagine 16 - *Parete divisoria con due blocchi forati da 7 cm, intonaco di 1,5 cm e materassino in granuli di gomma riciclata spessore 20 mm*

Esempi di applicazione e prestazione
Di seguito sono riportati alcuni esempi riferiti ad applicazioni di specifici prodotti per migliorare l'isolamento acustico di pareti interne. I dati acustici riportati, ottenuti da certificati di laboratorio o da prove in opera, non possono essere riferiti a soluzioni differenti da quelle descritte.

a)Applicazione in intercapedine di parete
Lo strato resiliente in gomma riciclata viene inserito nell'intercapedine di una parete doppia in mattoni forati in laterizio (immagine 16).

Indice di valutazione del potere fonoisolante
R_w = 53.5 dB

b) Applicazione in controplaccaggio di parete in laterizio

Il materassino in gomma riciclata viene incollato esternamente alla parete in laterizio (immagine 17). Nel caso in esempio (così come per la maggior parte dei prodotti per questo tipo di applicazione) lo strato in gomma è accoppiato direttamente ad un pannello di cartongesso di finitura.

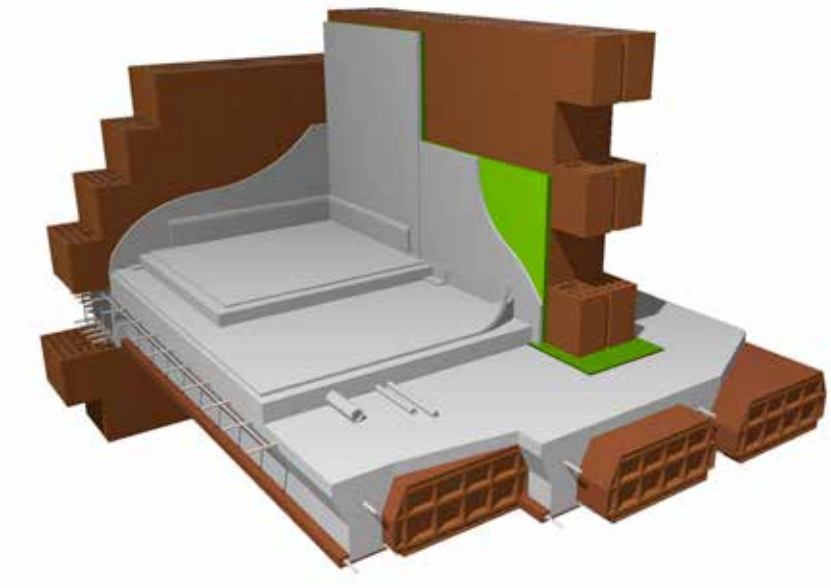


Immagine 17 - *Parete in laterizio da 12 cm con strato isolante costituito da materassino in granuli di gomma spessore 10 mm, accoppiato a lastra di cartongesso spessore 15 mm. Intonaco su ambo le parti*

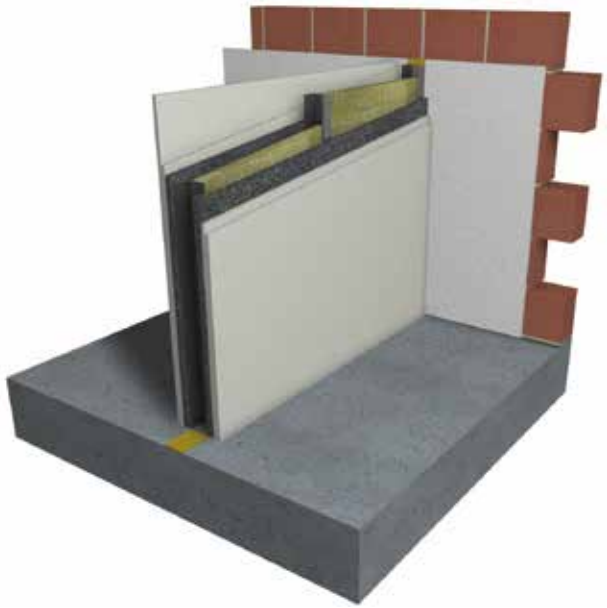


Immagine 18 - *Parete con struttura metallica spessa 75 mm e pannello in lana di roccia da 70 kg/m^3 spesso 40 mm, pannello accoppiato di gomma riciclata (spessore 20 mm) e cartongesso (spessore 12,5 mm), ulteriore strato di cartongesso di finitura*

c)Applicazione in controplaccaggio su parete leggera

In questo caso lo strato isolante in gomma viene applicato in controplaccaggio su pareti leggere generalmente a supporto metallico o di legno (immagine 18). Nel caso in esempio al materassino in granuli di gomma riciclata è accoppiato un pannello di cartongesso di 12 mm.

Indice di valutazione del potere fonoisolante (in opera)
R_w = 56 dB

Indice di valutazione del potere fonoisolante del solo pannello
(misurato secondo UNI EN ISO 140-3)
R_w = 32 dB

3.3 Prodotti antivibranti

Proprio per la capacità di dissipare gli impulsi impattivi e le vibrazioni, caratteristica legata alla rigidità dinamica ed allo smorzamento, gli agglomerati a base di gomma riciclata rappresentano un'ottima soluzione come prodotto antivibrante. All'interno di questo settore i prodotti in gomma hanno visto crescere negli ultimi anni la propria efficacia e diffusione, ramificata in vari tipi di utilizzo, tutti finalizzati però a migliorare il benessere acustico degli edifici. Questi prodotti dissipano le vibrazioni provenienti da diversi tipi di fonte, impedendone la propagazione per via strutturale.
Per un edificio, le sorgenti di vibrazioni più comuni sono gli impianti (climatizzazione, idraulici, meccanici, elettrici), i macchinari industriali e quelle provenienti dal terreno per la vicinanza con strade, ferrovie o industrie. La trasmissione delle vibrazioni in questi casi avviene normalmente per via solida. Per ognuna di queste sorgenti sono disponibili prodotti in gomma e tecniche costruttive che consentono l'attenuazione delle vibrazioni. Il materiale a seconda dei casi può essere posizionato in modo continuo, a strisce, come rivestimento o in punti specifici.

3.3.1 Prodotti antivibranti per l'isolamento attivo di impianti ed apparecchiature meccaniche

Durante il funzionamento dei macchinari, questi trasmettono al suolo una vibrazione che si propaga all'interno della struttura dell'edificio causando problemi acustici e statici in base alla frequenza di vibrazione. In edifici industriali, tali vibrazioni si trasmettono inoltre agli altri macchinari, che pertanto subiscono un'usura maggiore e la diminuzione della propria vita utile. Per risolvere questo tipo di problema è necessario prevedere un opportuno sistema di isolamento dalle vibrazioni che si può realizzare con un basamento resiliente posto sotto il macchinario. L'attenuazione delle vibrazioni direttamente a contatto con la sorgente viene definita "isolamento attivo". Lo strato antivibrante resiliente svolge una duplice azione:

- azione statica: migliore distribuzione dei carichi statici, assorbimento di piccoli spostamenti dovuti al moto di funzionamento;
- azione dinamica contro vibrazioni ed urti.

Per ottenere l'attenuazione delle vibrazioni è necessario che il materiale resiliente abbia ottime proprietà elastiche e di smorzamento, oltre che una buona resistenza meccanica sotto carico. Queste caratteristiche fanno della gomma riciclata un'importante risorsa per la produzione di antivibranti.

Basamenti antivibranti in gomma riciclata, oltre a garantire elevati valori di elasticità, permettono di ottenere ridotte altezze di montaggio dei macchinari che garantiscono un ingombro minore nei locali.
Sul mercato sono pertanto disponibili numerosi prodotti antivibranti utilizzabili appositamente per impianti meccanici ed industriali. Contrariamente a quanto avviene in altri campi di applicazione, i prodotti per questo genere di utilizzo sono costituiti generalmente di sole fibre e granuli

Immagine 19 - *Foto di un basamento per macchinario industriale. Sotto il massetto in calcestruzzo di appoggio si nota lo strato resiliente in gomma riciclata*

di gomma SBR o EPDM, con varia densità e spessori generalmente elevati (oltre i 15-20 mm) per garantire una frequenza di taglio sotto i 50 Hz. Tali prodotti sono prevalentemente venduti in rotoli di lunghezza che raggiunge anche i 10 metri. La possibilità di tagliare i prodotti e conformare il basamento in base alle dimensioni del macchinario costituisce una notevole semplificazione delle operazioni di posa in opera.
Per migliorare le prestazioni del basamento resiliente in gomma antivibrante, si può utilizzare un sistema che permetta la distribuzione del carico del macchinario sull'intera superficie resiliente e riduca il valore della frequenza di risonanza del sistema. Per questo motivo, sopra il materassino elastico può essere realizzato un massetto in calcestruzzo di ancoraggio dello spessore di qualche centimetro (base inerziale - immagine 19).

Per la progettazione del supporto antivibrante è necessaria la conoscenza delle caratteristiche e delle modalità di funzionamento del macchinario. La scelta del materiale antivibrante potrà poi avvenire calibrando i requisiti di progetto sui dati forniti dalle schede tecniche dei prodotti disponibili sul mercato, le quali riportano principalmente le caratteristiche di resistenza meccanica: carico statico permanente, carico statico massimo, resistenza a trazione, allungamento a rottura, comprimibilità, frequenza naturale, rigidità dinamica, creep. A seguito sono riportati alcuni grafici esemplificativi di queste caratteristiche che si possono trovare nelle schede tecniche di prodotto.

Figura 1 - Livello di isolamento (in dB ed in percentuale) di un materassino resiliente in base alla frequenza di sollecitazione ed alla frequenza naturale di risonanza del materiale.

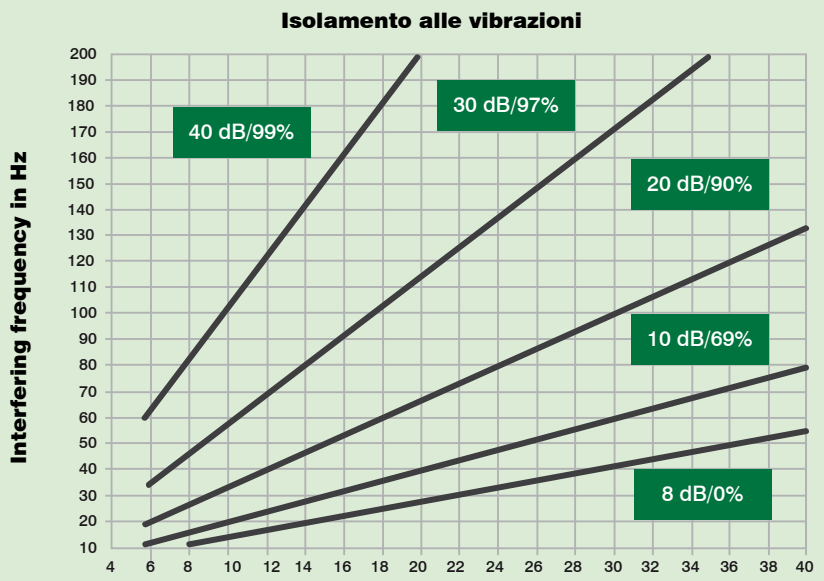


Figura 2 - Frequenza naturale di risonanza di un materassino resiliente in funzione del proprio spessore.

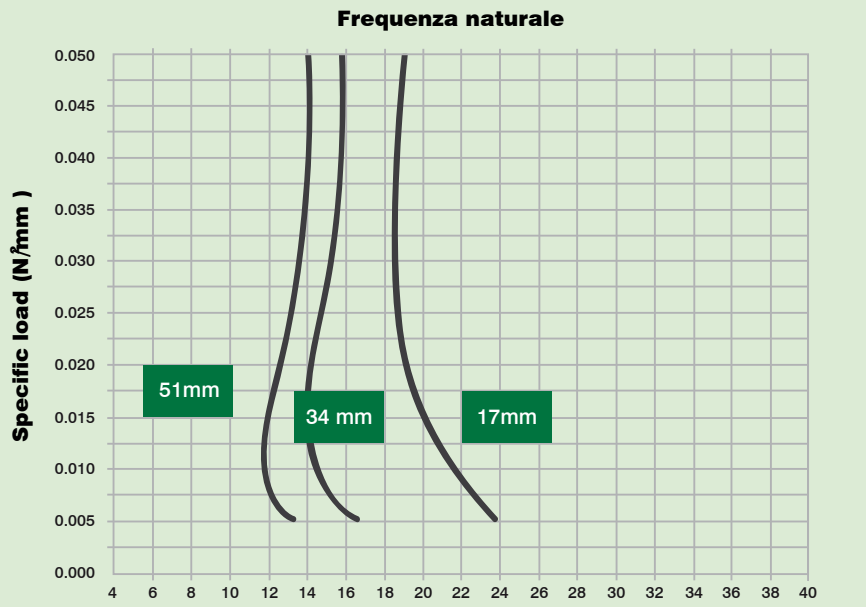


Figura 3 - Test di creep a lungo termine di un materassino resiliente.

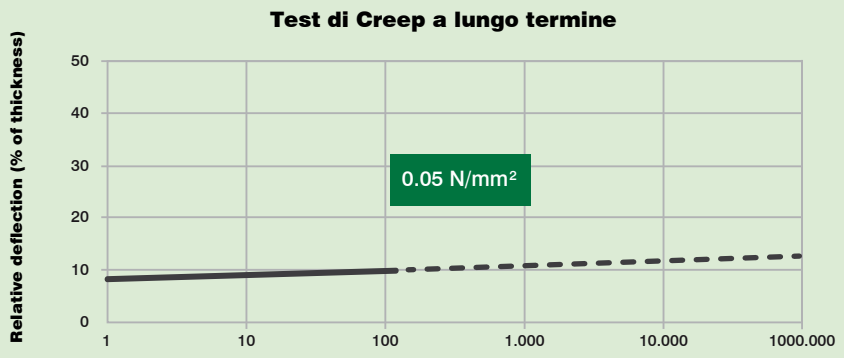


Figura 3 - *Lo scorrimento viscoso è in questo caso espresso in percentuale sullo spessore totale del provino con un carico statico di 0,05 N/mm²*

3.3.2 Prodotti antivibranti per impianti idraulici ed aeraulici

Gli impianti idraulici e quelli aeraulici sono considerati impianti a funzionamento discontinuo e devono pertanto rispettare i limiti massimi di rumorosità imposti dal DPCM 05/12/1997 per ogni specifica categoria di edificio.
Per impianti idraulici si intendono le reti e gli apparati di adduzione e smaltimento delle acque. Lo scorrimento dell'acqua o dell'aria nelle tubazioni e gli organi di funzionamento del circuito generano vibrazioni all'interno delle partizioni degli edifici, costituendo una fonte di rumore nei locali.
In questi circuiti, le maggiori fonti di rumore aereo e vibrazioni sono i nodi delle tubazioni, eventuali cambiamenti di sezione delle stesse e infine i componenti rotanti degli organi di distribuzione e pressurizzazione dell'acqua o dell'aria (pompe di circolazione). Le vibrazioni si possono trasmettere per via solida attraverso le tubazioni anche a considerevole distanza dalla sorgente.

Per ottenere un buon isolamento, oltre ad effettuare una corretta ed opportuna progettazione delle sezioni e dei nodi dell'impianto, è possibile agire in tre differenti modi:

- ostacolare la propagazione delle vibrazioni attraverso la rete, "tagliando" le tubazioni con appositi giunti elastici;
- ridurre l'irradiamento dei rumori aerei prodotti dai tubi che vibrano, attraverso rivestimenti smorzanti;
- impedire la trasmissione delle vibrazioni dalle tubazioni alle strutture, ponendo appositi collarini smorzanti tra la tubazione e la sua struttura di supporto, soluzione importante soprattutto per condotti di maggiori dimensioni.

Per quanto riguarda pompe e autoclavi, l'isolamento delle vibrazioni può avvenire attraverso l'appoggio dei macchinari su un'apposita base resiliente, così come descritto nel capitolo 3.3.1.

I prodotti in gomma riciclata più diffusi per l'isolamento degli impianti sono i manti di rivestimento adesivi da incollare sulla parte esterna delle tubazioni per smorzarne le vibrazioni provenienti dal fluido interno e che esse trasmettono per via solida, riducendo conseguentemente l'irradiazione sonora. I manti di rivestimento intervengono pertanto sulla limitazione del rumore di tipo aereo. Oltre alle ottime caratteristiche elastiche che permettono lo smorzamento delle vibrazioni, le proprietà di impermeabilità e resistenza al vapore della gomma la rendono particolarmente indicata a contatto con elementi soggetti ad umidità come quelli degli impianti idraulici.

Le caratteristiche fisiche principali riportate nelle schede tecniche, necessarie alla valutazione ed alla scelta del prodotto, sono quelle di resistenza meccanica ed elasticità presenti anche negli altri prodotti antivibranti ed anticalpestio. Si evidenzia infatti che, eccezion fatta per i giunti elastici ed i raccordi per impianti idraulici, per quanto riguarda i manti di rivestimento, pochi sono i prodotti specificamente dedicati a questa applicazione sul mercato.

Immagine 20 - *Manto di rivestimento per tubazioni di impianto*

Ciò è spiegato dal fatto che molti materassini adesivi utilizzabili per altre applicazioni (ad esempio, come anticalpestio) sono perfettamente compatibili anche per l'isolamento degli impianti. In immagine 20 è riportato un esempio di prodotto utile sia per il rivestimento di tubazioni che come prodotto anticalpestio. Un altro tipo di applicazione contro le vibrazioni degli impianti è l'immersione delle tubazioni e delle reti di distribuzione presenti nei solai in un getto colato di gomma in granuli auto addensante (immagine 21 e 22). Una volta che la gomma colata è secca, le tubazioni al suo interno risultano isolate ed è possibile gettare quindi il massetto di livellamento.

Nonostante l'offerta di prodotti di gomma riciclata sfusa da colare in opera non sia vasta, questo tipo di prodotto risulta comunque versatile per diversi utilizzi, tra cui il principale è comunque quello di strato resiliente anticalpestio. Per questo motivo le caratteristiche tecniche indicate più frequentemente nelle relative schede tecniche sono quelle relative a tali prodotti.

Immagine 21 - *Rivestimento delle tubazioni di impianto con getto colato di granuli di gomma riciclata. Schema esemplificativo*

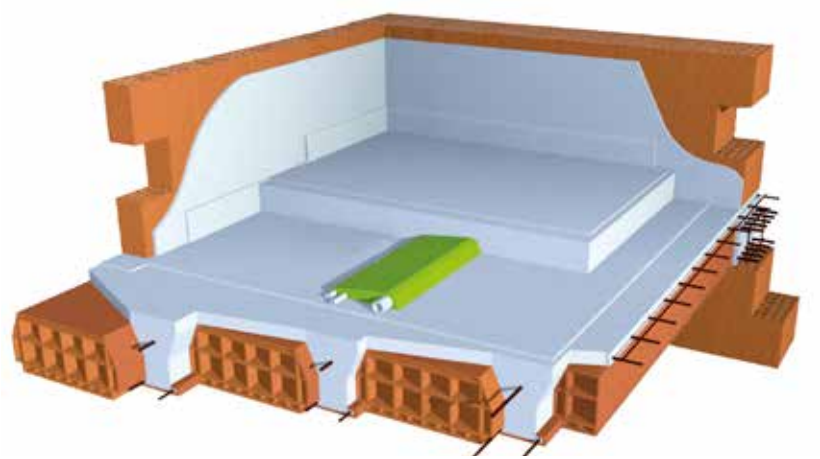


Immagine 22 - *Immagine di getto in gomma colata per isolamento dalle vibrazioni degli impianti*

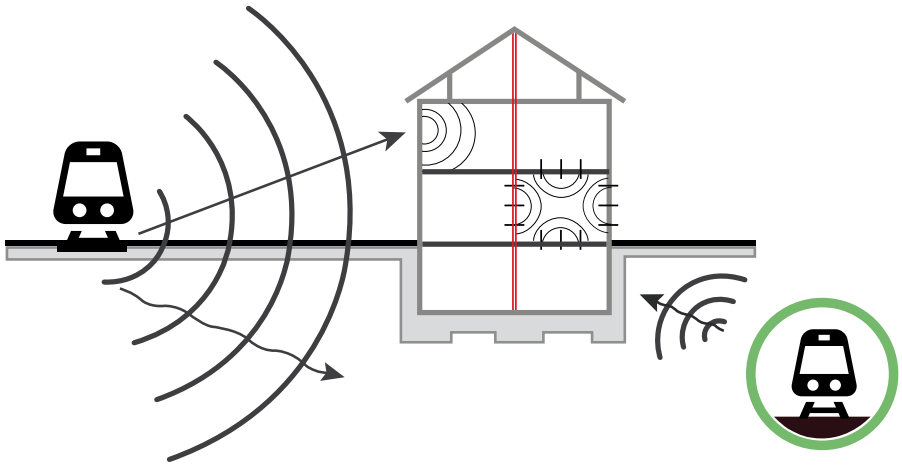


Immagine 23 - *Trasmissione di vibrazioni ad un edifcio attraverso il terreno*

3.3.3 Prodotti antivibranti per l'isolamento passivo degli edifici dalle vibrazioni del suolo

Un altro esempio di applicazioni in gomma nel settore dell'edilizia sono i prodotti per l'isolamento alle vibrazioni della strutture a contatto con il suolo.
In aree con grande densità di infrastrutture come ferrovie, metropolitane o strade, oppure di edifici industriali, le vibrazioni prodotte dai veicoli e dai vari macchinari possono essere trasmesse agli edifici attraverso il terreno (immagine 23). Per questo motivo, i fabbricati più sensibili alle vibrazioni (come laboratori di prova, studi di registrazione ecc.) inseriti in queste zone possono necessitare di un adeguato isolamento della struttura a terra.

Le vibrazioni con frequenza nel campo dell'udibile trasmesse all'edificio infatti possono causare fastidiosi rumori di fondo all'interno degli ambienti negli edifici, mentre le vibrazioni a bassa frequenza (non acustiche), se eccessive, rischiano di danneggiare la struttura stessa o le attrezzature presenti al suo interno o interferire con strumenti di misurazione.
L'isolamento dalle vibrazioni del suolo pertanto ha come obiettivo:

- il comfort delle persone che vivono nell'edificio;
- la protezione della struttura dell'edificio;
- la protezione delle attrezzature tecniche presenti all'interno dell'edificio.

L'isolamento dalle vibrazioni effettuato sul corpo ricevente, invece che direttamente sulla sorgente emittente, viene denominato "isolamento passivo". Questa è la tecnologia di isolamento usata più frequentemente. In aggiunta o alternativa sarebbe possibile isolare il luogo dell'emissione o il mezzo di trasmissione delle vibrazioni (ad esempio con uno strato resiliente sotto le rotaie dei treni, asfalti antirumore o resilienti).

La bassa rigidità dinamica, le basse frequenze di risonanza e le caratteristiche elastiche fanno della gomma un'ottima soluzione a tali problemi. Rivestendo le strutture di fondazione con manti in granuli di gomma si può impedire la trasmissione delle vibrazioni alla struttura dei fabbricati. Per questo tipo di applicazione, è necessaria una gomma ad alta densità e bassa rigidità dinamica, che garantisca minimi valori di scorrimento viscoso (creep), cioè minime deformazioni di spessore nel tempo sotto carico permanente. La maggioranza dei prodotti è costituita da una mescola di fibre e granuli di gomma aggregati con resine poliuretaniche.

I prodotti antivibranti per l'isolamento delle fondazioni devono garantire il taglio delle frequenze comprese tra 25 e 100 Hz. Le vibrazioni in questo range, infatti, sono critiche e possono causare fenomeni di risonanza della struttura ed effetti sonori secondari negli ambienti interni degli edifici.

Il sistema isolante della struttura deve essere progettato in base all'intensità e alle caratteristiche della sorgente vibrante (regime di funzionamento continuo o intermittente, frequenza di vibrazione), alla natura del terreno in cui si trasmette l'impulso e al tipo di fondazione. Di norma l'analisi del contesto in cui si interviene avviene acquisendo delle misure di vibrazioni. In questo modo è possibile scegliere il prodotto più opportuno ed il suo spessore, calibrando così la frequenza di risonanza del sistema.

Il rivestimento può essere applicato in modo continuo, puntuale o per strisce, inferiormente e lateralmente alle strutture di fondazione, anche solo in porzioni del fabbricato. La scelta del posizionamento del manto resiliente dipende dal tipo di fondazione presente, mentre normalmente è necessario rivestire la struttura anche lateralmente laddove essa è a contatto col terreno. Di seguito sono pertanto riportate le principali tipologie di isolamento.

Isolamento di tutta la superficie

Con questo intervento si riveste l'intera superficie di fondazione con uno strato di gomma posato su un basamento (immagine 24) o su appositi piatti di supporto. Si ottiene la massima efficacia quanto più la fondazione risulta rigida e solidale tra i suoi diversi elementi. Lo strato resiliente di gomma è rivestito con apposite pellicole protettive in polietilene contro il getto di calcestruzzo e l'umidità.

Immagine 24 - *Schema di isolamento continuo delle fondazioni*

Isolamento a strisce

In edifici con fondazioni continue lineari (travi rovesce), lo strato resiliente viene posato in strisce inferiormente e lateralmente per separare gli elementi strutturali dal terreno (immagine 25). La posa può avvenire in opera ma anche con elementi prefabbricati. Anche in questo caso lo strato di gomma è protetto da un film di polietilene contro umidità e getto di calcestruzzo.

Immagine 25 - *Schema di isolamento a strisce delle fondazioni*

Isolamento puntuale

In fondazioni puntuali il materiale resiliente viene collocato sotto la base di appoggio dei plinti (immagine 26). Per questa applicazione sono necessari strati resilienti in gomma molto resistenti a compressione, per sopportare il grande carico concentrato senza perdere le proprie caratteristiche di elasticità.

Immagine 26 - *Schema di isolamento puntuale delle fondazioni*

Isolamento verticale

Si tratta del rivestimento delle superfici verticali che delimitano la fondazione che, per alcuni edifici, può essere sufficiente contro le vibrazioni del terreno.
In alcuni casi lo strato resiliente si installa tra un edificio esistente ed il nuovo edificio da costruire. In questo caso la gomma non deve necessariamente sopportare grandi carichi che però, in alcuni casi, per la spinta del terreno possono raggiungere i 120 kN/m^2.
Lo strato resiliente ha normalmente uno spessore compreso tra 10 e 20 mm.
Durante la posa in opera lo strato di gomma viene incollato direttamente sui muri perimetrali e protetto dalla terra e dalla pietra con pellicole protettive ed uno strato di fibra geotessile.
Sul mercato sono disponibili una serie di prodotti di isolamento delle fondazioni, dei quali sono fornite le schede tecniche in cui si riportano

Immagine 27 - *Fascia tagliamuro*

le specifiche caratteristiche necessarie per la scelta di questo tipo di prodotti. I parametri più comunemente indicati sono la frequenza di risonanza, la resistenza meccanica, i moduli elastici, il carico statico permanente e quello massimo.

3.4 Accessori

Oltre ai prodotti finora descritti ogni azienda produce una serie di accessori in gomma che si possono suddividere principalmente in due categorie:

- prodotti per fasce tagliamuro, da inserire sotto i tramezzi al momento della loro realizzazione;
- supporti elastici antivibranti per varie applicazioni.

Di seguito sono descritte nello specifico queste due categorie di prodotto.

3.4.1 Fasce tagliamuro

Le fasce tagliamuro in gomma riciclata si usano normalmente sotto i tramezzi o le partizioni degli edifici per ridurre la trasmissione sonora per via strutturale (immagine 27).
Questi prodotti sono solitamente venduti in rotoli di larghezza compresa tra 5 cm e 70 cm, minore rispetto ai rotoli anticalpestio, e si utilizzano per separare il solaio dai tramezzi con uno strato resiliente. In questo modo le vibrazioni e i rumori che normalmente attraversano le componenti solide per passare da un ambiente all'altro, sono attenuate dallo strato elastico. L'effetto smorzante di questa tecnologia contribuisce anche ad evitare la propagazione del suono tra i due strati di cui sono composte le pareti doppie.

Per la necessità di portare carichi elevati, le fasce tagliamuro utilizzano fasce di granuli di gomma con buone caratteristiche meccaniche, scorrimento viscoso e resistenza alla lacerazione. Sulle schede tecniche tali dati sono normalmente forniti dai produttori o comunque si deducono da prodotti analoghi in gomma della stessa azienda. Gli spessori tipici disponibili in commercio tra le diverse aziende produttrici variano da 3 mm a 8 mm.
I parametri fondamentali per la scelta del prodotto più opportuno in base al tipo di tramezzo che si intende isolare sono gli stessi dei materiali anticalpestio, vale a dire la rigidità dinamica, lo spessore, la densità, la comprimibilità, le caratteristiche meccaniche, antistrappo, di scorrimento viscoso e di resistenza a vapore e fuoco.

Oltre ai prodotti specifici, per questo tipo di applicazione sono spesso utilizzati gli stessi rotoli per l'isolamento anticalpestio, tagliati opportunamente in base allo spessore della parete da costruire. Per tale motivo molte aziende non presentano in produzione articoli appositi per questa applicazione prevedendo a monte un utilizzo più ampio dei propri materassini anticalpestio.
I prodotti in gomma per fasce tagliamuro sono spesso utilizzati anche per realizzare le spalle dei pavimenti galleggianti contro i tramezzi che li delimitano, eliminando le operazioni di taglio da rotoli di larghezza superiore ed i conseguenti sfridi di lavorazione.

Immagine 28 - *Esempio di supporto antivibrante in gomma per controsoffitti o macchinari vibranti*

3.4.2 Supporti antivibranti

Per smorzare l'effetto delle vibrazioni in un organismo edilizio, oltre agli strati antivibranti continui illustrati nel capitolo 3.1, esistono anche una serie di supporti elastici smorzanti che agiscono in modo puntuale nei nodi dove si concentra la trasmissione delle vibrazioni. Tali supporti richiedono spiccate caratteristiche elastiche e possono essere realizzati con diversi materiali (molle di acciaio, neoprene, etc). Per la rispondenza a tali requisiti, la gomma è particolarmente adatta per questo genere di prodotto; pertanto sul mercato si trova una vasta scelta di supporti antivibranti in questo materiale.
I supporti antivibranti si prestano per una serie numerosa di applicazioni tra le quali spiccano i piedini di appoggio per i pavimenti flottanti o per i macchinari industriali o impiantistici e gli agganci smorzanti per controsoffitti o contropareti (immagine 28).
I supporti di questo tipo sono comunemente sollecitati da uno sforzo di compressione assiale: in base alle sollecitazione di carico, è possibile progettare per ogni tipo di applicazione il numero e le caratteristiche fisiche e dimensionali dei supporti e la posizione in cui essi dovranno essere inseriti.

Per la necessità di sopportare carichi di compressione molto concentrati, i supporti antivibranti in gomma non sono composti normalmente di agglomerati in granuli, ma da gomma a maggiore densità e granulometria fine. L'utilizzo di gomma riciclata, proprio per questo motivo, non sempre si presta per questo genere di applicazione, al contrario della gomma sintetica vergine, che garantisce un controllo maggiore delle prestazioni meccaniche e della qualità del materiale.

4. Schede e tabelle di sintesi sui prodotti in gomma riciclata

I prodotti in gomma riciclata da PFU per l'edilizia disponibili sul mercato sono suddivisi principalmente in tre categorie: prodotti per l'isolamento dai rumori aerei, prodotti per l'isolamento anticalpestio dei solai e prodotti antivibranti. A questi si aggiungono accessori ed altri prodotti polifunzionali.
Per ognuno di questi ambiti è possibile trovare, nei cataloghi delle aziende produttrici italiane ed europee, prodotti diversi che pertanto danno una vasta possibilità di scelta in fase progettuale.
In questo capitolo si cerca quindi di fornire una classificazione ed una schedatura dei prodotti, suddivisi per ambito di utilizzo, che riesca a fornire una panoramica completa ed esauriente per la loro valutazione e comparazione.
I dati raccolti all'interno delle schede sono estrapolati da cataloghi e documenti tecnici messi a disposizione in rete da aziende produttrici principalmente italiane.

All'interno di ogni scheda sono raccolti i valori dei principali parametri con cui si riescono a valutare le prestazioni di questo tipo di prodotti, descritti nel capitolo precedente. Per ogni parametro viene riportato l'intervallo di valori entro il quale variano i dati reperibili sulle schede tecniche di prodotti dello stesso tipo. La scelta di non riportare i parametri di un unico prodotto tipo è stata condizionata dalla grande variabilità che questi valori possono assumere anche per prodotti apparentemente molto simili. Tale caratteristica dipende principalmente dalla selezione di gomma che viene effettuata prima della realizzazione della nuova mescola: gomme scelte di qualità maggiore forniscono migliori prestazioni di elasticità e resistenza, mentre una qualità più bassa delle fibre e dei granuli di gomma determina caratteristiche fisiche peggiori.

Ad ogni scheda è associata una tipologia di prodotto derivata dall'analisi comparativa e sintetica di numerosi prodotti (oltre 100) associabili alla tipologia stessa. In ciascuna scheda sono riportate una descrizione generale (immagine, tipologia di materiale, campo di applicazione, formati di vendita) e una tabella dei parametri fisici che ne contraddistinguono le prestazioni.

4.1 Schede di prodotti anticalpestio

Nelle schede sui prodotti anticalpestio, oltre ad alcuni parametri il cui significato è riportato nel glossario ci sono la “frequenza di risonanza” e “l'attenuazione del rumore di calpestio”. Per queste due grandezze sono riportati sia il valore dichiarato dal produttore (normalmente sulla base di prove di laboratorio) che il valore calcolato analiticamente; il confronto tra valori misurati e valori calcolati analiticamente può fornire un’indicazione dell’affidabilità del dato. Per il calcolo analitico della frequenza di risonanza, f_0, e dell’indice di valutazione dell'attenuazione del livello di rumore di calpestio, ΔL_w, del materiale sono state utilizzate le seguenti formule, già riportate all'interno del capitolo 1 e tratte dalla normativa UNI EN 12354-2 [7].

$$\Delta L_w = 30 \cdot \lg \frac{f}{f_0} \qquad [dB]$$

f = frequenza centrale delle bande di ottava o dei terzi di ottava, che normalmente si assume uguale a 500 Hz;

f_0 =frequenza di risonanza del sistema in Hz.

$$f_0 = 160 \cdot \sqrt{\frac{s'}{m'}} \qquad [Hz]$$

dove:
s' = rigidità dinamica dello strato resiliente in MN/m^3;

m' = massa superficiale del pavimento galleggiante in kg/m^2.

Per i calcoli, la massa superficiale del pavimento galleggiante è stata considerata pari a 110 kg/m^2, corrispondente a quella di un massetto in calcestruzzo leggero dello spessore di circa 6 cm.

Tabella 5 - Quadro sintesi delle schede dei prodotti anticalpestio

N° scheda	Prodotto/materiale
1A	Materassino di gomma sottile (fino a 5 mm)
1B	Materassino di gomma medio spessore (6÷10 mm)
1C	Materassino di gomma grande spessore (sopra 10 mm)
1D	Materassino di gomma a bassa densità
2	Granuli di gomma per getto colato
3	Materassino di gomma bugnato
4	Materassino di gomma espansa
5	Materassino di agglomerato di gomma e poliuretano esp.
6	Materassino di agglomerato di granuli di gomma e sughero
7	Materassino di gomma e poliuretano espanso (2 strati)
8	Materassino di gomma e poliuretano espanso (3 strati)
9	Materassino di gomma e polietilene espanso
10	Materassino di gomma e polistirene espanso
11	Materassino di gomma e fibra di poliestere

4.2 Schede di prodotti per l'isolamento ai rumori aerei di ambienti

Nelle schede sui prodotti per l'isolamento ai rumori per via aerea, oltre alle grandezze il cui significato è specificato in appendice, si trova il parametro "potere fonoisolante dichiarato, Rw". Per questo sono riportati i valori risultati da prove di laboratorio condotte inserendo il prodotto in alcune tipologie differenti di pareti (pareti leggere, pareti in laterizio doppie, risanamenti). A tale riguardo è importante notare che la prestazione di potere fonoisolante dipende dalla configurazione dell'intero sistema parete - materassino in gomma e che una modifica alla modalità usata per realizzare in laboratorio tale sistema può comportare significative variazioni del risultato dichiarato. Pertanto è importante, nella scelta di un prodotto con queste finalità, verificare attentamente dal produttore le modalità di installazione in opera dello stesso.

Tabella 6 - Quadro di sintesi delle schede dei prodotti per l'isolamento ai rumori aerei di ambienti

N° scheda	Prodotto/materiale
1	Materassino di gomma sottile (fino a 5 mm)
2	Materassino di gomma medio spessore (6÷10 mm)
3	Materassino di gomma grande spessore (sopra 10 mm)
4	Materassino di gomma a bassa densità
5	Granuli di gomma per getto colato
6	Materassino di gomma bugnato
7	Materassino di gomma espansa
8	Materassino di agglomerato di gomma e poliuretano esp.
9	Materassino di agglomerato di granuli di gomma e sughero
10	Materassino di gomma e poliuretano espanso (2 strati)
11	Materassino di gomma e poliuretano espanso (3 strati)
12	Materassino di gomma e polietilene espanso
13	Materassino di gomma e polistirene espanso
14	Materassino di gomma e fibra di poliestere
15	Materassino di gomma e lana di roccia
16	Materassino di lana di roccia, gomma e cartongesso
17	Materassino di fibra di vetro, gomma e poliuretano espanso
18	Materassino di gomma e resina melamminica

4.3 Schede di prodotti antivibranti

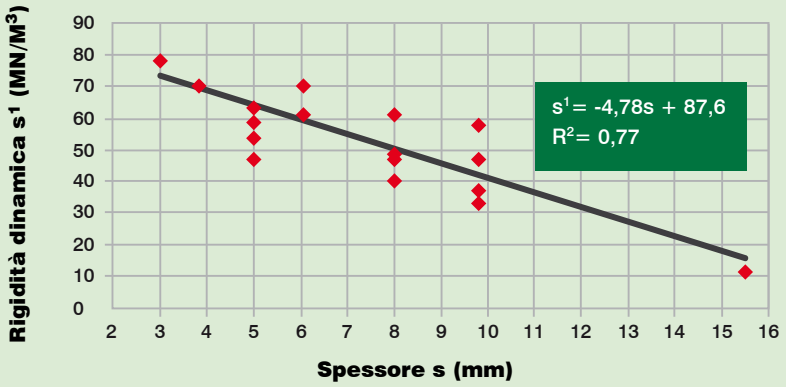
Tabella 7 - Quadro di sintesi delle schede dei prodotti antivibranti

N° scheda	Prodotto/materiale
1	Materassino di gomma
2	Materassino di gomma bugnata

4.4 Relazione tra le grandezze fisiche

L'insieme delle grandezze riportate all'interno delle schede permette di avere un quadro esauriente delle peculiarità di ogni famiglia di prodotti.
Poiché alcune di queste grandezze sono in relazione tra di loro, nel seguito sono riportati alcuni grafici di sintesi che mostrano la variabilità di una grandezza in funzione di un'altra per agevolare la scelta di un determinato prodotto a seconda del tipo di impiego di interesse.
Ad esempio, è possibile notare come lo spessore di un materassino è relazionato alla rigidità dinamica e quindi all'abbattimento acustico.

Figura 4 - Relazione tra rigidità dinamica e spessore nei materassini isolanti anticalpestio



4.4.1 Prodotti anticalpestio

I materassini anticalpestio monomaterici in gomma hanno un comportamento rispetto all'isolamento acustico ben preciso in base principalmente a due parametri: lo spessore e la densità.
Come descritto nel capitolo 3, il livello di attenuazione del rumore di calpestio è dipendente principalmente dalla rigidità dinamica del materassino anticalpestio utilizzato. È mediante tale parametro che si può pertanto valutare l'efficacia di un prodotto all'interno di un sistema di isolamento ai rumori da impatto.
La rigidità dinamica ha una relazione inversamente proporzionale con lo spessore del materassino. In base ai dati riportati sulle schede tecniche analizzate di materassini monomaterici in gomma, tale rapporto reciproco viene confermato. La figura 4 mostra la relazione tra rigidità dinamica, s', e spessore, s, dei prodotti esaminati e la relativa retta e formula di correlazione.

Dal grafico di figura 4 è possibile notare come l'andamento della rigidità dinamica sia inversamente proporzionale allo spessore, nonostante la grande variabilità delle caratteristiche meccaniche della gomma tra un prodotto e l'altro. Allo stesso modo, in modo meno diretto, la rigidità dinamica viene influenzata dalla densità della gomma (figura 5). All'aumentare della densità infatti aumenta la rigidità dinamica.
In questo caso le caratteristiche così diverse tra una gomma e l'altra (pur a parità di densità) si fanno più evidenti, ma nonostante ciò i prodotti analizzati confermano questa tendenza, come mostrato nel grafico di figura 5.
Le analisi effettuate confermano quindi la relazione tra rigidità dinamica, spessore e densità. Questo aspetto rappresenta un importante strumento per la scelta del materassino in gomma più adeguato in base alle esigenze progettuali. Valutando infatti lo spessore e la densità di un materassino, anche in assenza di indicazioni sui valori di rigidità dinamica e attenuazione, si può fare una stima di massima dell'efficacia del prodotto.
Il grafico di figura 6 mostra invece la variabilità ed il valore medio (in rosso) dell'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di rumore da calpestio per le varie tipologie di prodotti esaminati.

Figura 5 - *Relazione tra rigidità dinamica e della densità nei materassini isolanti anticalpestio*

Figura 5 - Relazione tra rigidità dinamica e della densità nei materassini isolanti anticalpestio

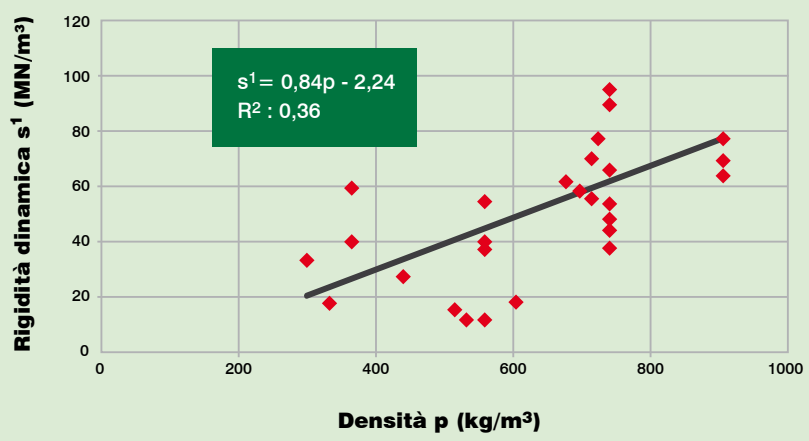


Figura 6 - Variazione dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio dichiarata per prodotti anticalpestio a base di gomma riciclata

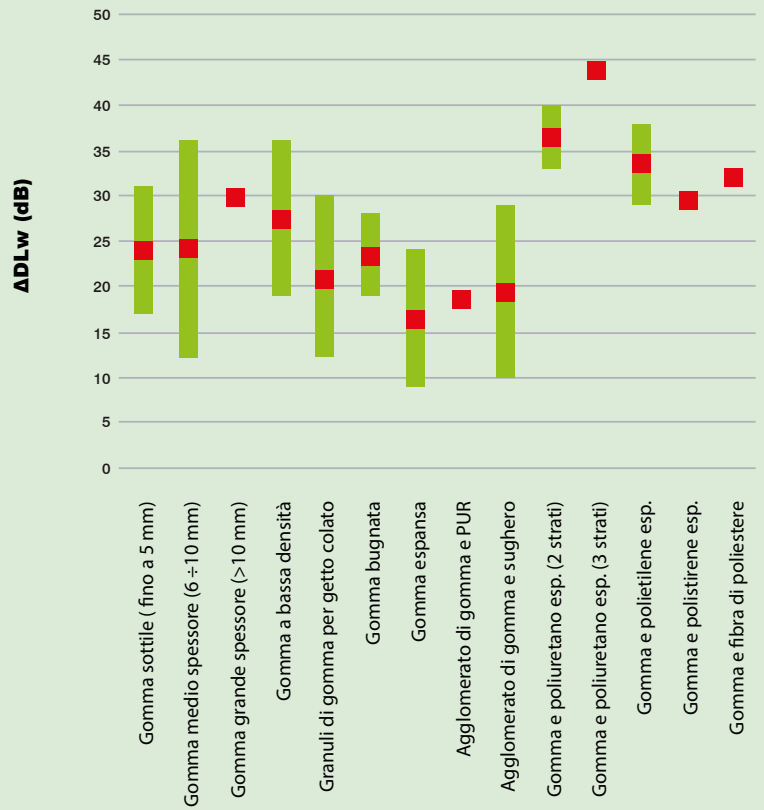


Figura 6 - *In rosso è indicato il valore medio, mentre in verde è rappresentato l'intervallo entro il quale oscilla il valore di attenuazione in prodotti della stessa tipologia*

L'aspetto principale evidenziabile dal grafico di figura 6 è la grande variabilità che possono assumere i livelli di attenuazione sia tra diversi prodotti che tra prodotti dello stesso tipo. Il range entro il quale variano i valori di attenuazione dichiarati per alcune tipologie di prodotti arriva anche a 20 dB, a conferma della diversità che le caratteristiche della gomma riciclata possono assumere in base della loro composizione.
Per alcune tipologie l'assenza del range di variabilità è dovuta alla presenza di uno solo o pochi prodotti di questa tipologia sul mercato.
Un altro aspetto importante è la differenza in termini di attenuazione tra le tre principali categorie di prodotto: i materassini in gomma monomaterici, i materassini di agglomerato a base di gomma e i materassini accoppiati in gomma ed altri materiali.

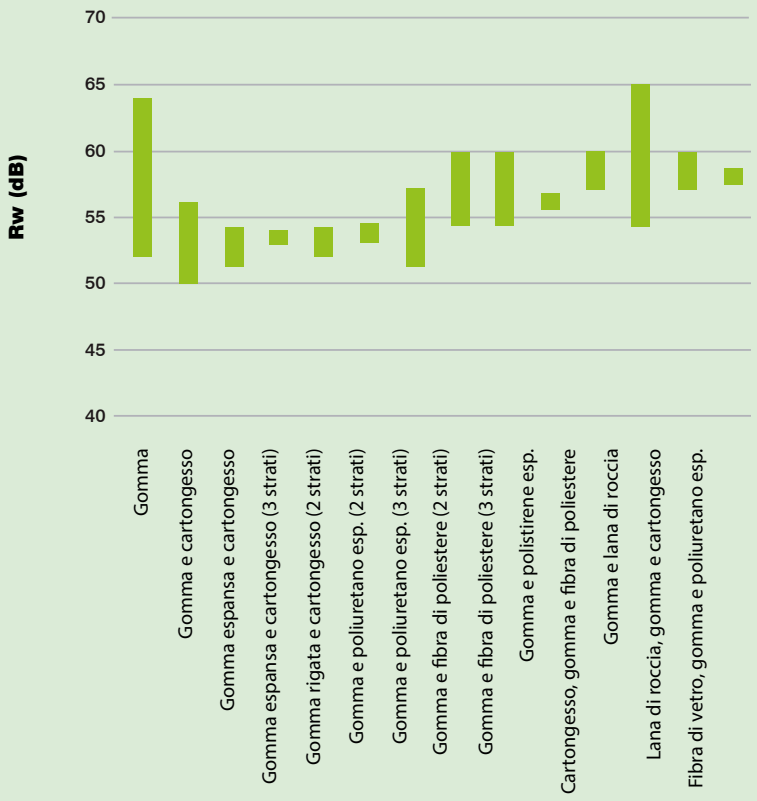
I primi sono caratterizzati da prestazioni molto variabili, ma comunque generalmente migliori di quelle dei prodotti esaminati in agglomerato a base di gomma.
La tipologia di prodotto che risulta migliore sono i materassini anticalpestio stratificati, con livelli di attenuazione migliori di circa 10/15 dB rispetto ai prodotti omogenei.
È necessario comunque specificare che per i prodotti stratificati l'offerta disponibile sul mercato è inferiore rispetto agli altri prodotti, quindi i valori prestazionali ad essi riferiti considerano un numero inferiore di dati e l'oscillazione risulta minore.

4.4.2 Prodotti per l'isolamento ai rumori aerei di ambienti

La figura 7 evidenzia la variazione dei valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante dichiarata per i prodotti a base di gomma riciclata utilizzati all'interno di pareti.
Anche in questo caso le prestazioni dei vari pannelli isolanti presentano una grande variabilità che impedisce una valutazione univoca dei pregi e dei difetti di ogni singolo prodotto. Molti dei prodotti sul mercato sono pannelli accoppiati di materiali differenti e i valori dichiarati di fonoisolamento sono riferiti ad un utilizzo in pareti non sempre con la stessa stratigrafia.

Figura 7 - *In verde è rappresentato l'intervallo entro il quale oscilla il valore di fonoisolamento di prodotti della stessa tipologia*

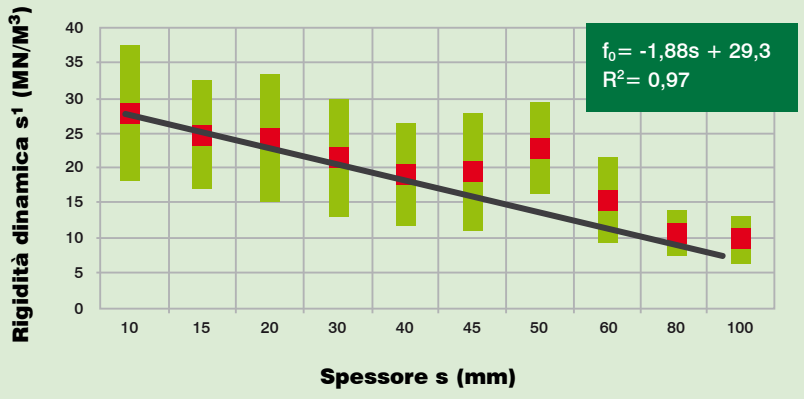
Figura 7 - Variazione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante Rw delle diverse tipologie di prodotti isolanti a base di gomma riciclata



4.4.3 Prodotti antivibranti per impianti o fondazioni

La varietà ed il numero di prodotti antivibranti per fondazioni o impianti meccanici disponibili in commercio è sicuramente più ridotta rispetto agli altri campi d'applicazione. Questo aspetto, unito probabilmente alla maggiore esigenza di accuratezza in tale campo di applicazione, determina una maggiore congruenza dei valori per quanto riguarda i principali parametri da valutare per la scelta del materassino più idoneo al progetto.
Tra di essi il parametro più significativo che descriva l'efficacia di uno strato antivibrante è sicuramente la sua frequenza naturale. Più basso risulta questo valore, maggiore sarà la gamma di frequenze di vibrazione "tagliate" dal materassino.
In questo genere di prodotti la frequenza naturale varia principalmente al variare dello spessore del materassino. All'aumentare dello spessore infatti diminuisce la frequenza naturale dello strato isolante e si incrementa pertanto la sua efficacia nell'isolamento alle vibrazioni. Questa relazione è evidenziata dal grafico di figura 8, dove sono riportate le frequenze naturali dei materassini antivibranti reperibili in commercio.

Figura 8 - Variazione del valore dichiarato della frequenza naturale dei materassini antivibranti in gomma in relazione allo spessore.



Prodotti con spessori molto elevati arrivano ad avere frequenze naturali anche inferiori ai 15 Hz, con una conseguente efficacia isolante anche contro frequenze di vibrazione molto basse.
Dalla rappresentazione si nota come l'andamento della frequenza sia lineare rispetto allo spessore del materiale isolante. Sulla base dei dati forniti dai produttori quindi, una valutazione condotta su questo tipo di parametro in fase progettuale permette di ottenere indicazioni significative per la scelta del prodotto migliore.

Figura 8 - *In verde è indicato l'intervallo entro il quale oscillano i valori dichiarati nelle schede tecniche; in rosso il valore medio. I possibili spessori tengono conto della possibilità di sovrapporre più strati dello stesso prodotto. L'intervallo del carico statico è variabile*

Prodotti

Anticalpestio

1A Materassino di gomma sottile
1B Materassino di gomma medio spessore
1C Materassino di gomma grande spessore
1D Materassino di gomma a bassa densità
2 Granuli di gomma per getto colato
3 Materassino di gomma bugnato
4 Materassino in gomma espansa
5 Materassino di agglomerato di gomma e poliuretano espanso
6 Materassino di agglomerato di gomma e sughero
7 Materassino di gomma e poliuretano espanso (2 strati)
8 Materassino di gomma e poliuretano espanso (3 strati)
9 Materassino di agglomerato di gomma e polietilene espanso
10 Materassino di gomma e polistirene espanso
11 Materassino di gomma e fibre di poliestere

Antivibranti

1 Materassino di gomma
2 Materassino di gomma bugnata

Rumori aerei

1 Materassino di gomma
2 Materassino di gomma espansa
3 Materassino di gomma espansa e gomma
4 Materassino di gomma e cartongesso
5 Materassino di gomma espansa e cartongesso
6 Materassino di gomma espansa e cartongesso (3 strati)
7 Materassino di gomma espansa e cartongesso (5 strati)
8 Materassino di gomma rigata e cartongesso
9 Materassino di gomma e poliuretano espanso (2 strati)
10 Materassino di gomma e poliuretano espanso (3 o più strati)
11 Materassino di gomma e fibra di poliestere (2 strati)
12 Materassino di gomma e fibra di poliestere (3 strati)
13 Materassino di gomma e polistirene espanso
14 Materassino di gomma, cartongesso e fibra di poliestere
15 Materassino di gomma e lana di roccia
16 Materassino di lana di roccia, gomma e cartongesso
17 Materassino di fibra di vetro, gomma e poliuretano espanso
18 Materassino di gomma e resina melamminica (3 strati)

Anticalpestio

1A - Materassino di gomma sottile

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in rotoli composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR legati con resine poliuretaniche.

Campo d'applicazione: *anticalpestio sotto massetto.*
Formati di vendita: *rotoli h. 100÷125 cm, l. 230÷2000 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	3÷5
Densità	kg/m³	420÷930
Rigidità dinamica s'	MN/m³	18÷88
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	82÷105
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	65÷143
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	17÷31
Attenuazione stimata*	dB	16÷27
Conduttività	W/mK	0,11÷0,12
Resistenza a trazione	N/mm²	0,30÷0,75
Allungamento a rottura	%	27÷50
Comprimibilità (DIN 53577)	N/mm²	0,05÷0,70 (5÷25%)
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 40 a +115
Resistenza al vapore μ	-	10÷14
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

1B - Materassino di gomma medio spessore

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in rotoli composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR legati con resine poliuretaniche.

Campo d'applicazione*: anticalpestio sotto massetto.*
Formati di vendita: *rotoli h. 100÷125 cm, l. 220÷1000 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	6÷10
Densità	kg/m³	300÷750
Rigidità dinamica s'	MN/m³	9÷96
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	75÷87
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	45÷150
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	12÷36
Attenuazione stimata*	dB	16÷31
Conduttività	W/mK	0,10÷0,12
Resistenza a trazione	N/mm²	-
Allungamento a rottura	%	-
Comprimibilità	N/mm²	0,12÷0,42 (10%)
Temperatura di funzionamento	°C	Da -30 a +110
Resistenza al vapore μ	-	9÷10
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2÷B3

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

1C - Materassino di gomma grande spessore

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in rotoli composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR legati con resine poliuretaniche

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto.*
***Formati di vendita:** lastre h. 100 cm, l. 100÷200 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	10÷20
Densità	kg/m³	500÷1100
Rigidità dinamica s'	MN/m³	11
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	51
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	30
Attenuazione stimata*	dB	30
Conduttività	W/mK	0,11
Resistenza a trazione	N/mm²	-
Allungamento a rottura	%	-
Comprimibilità (DIN 53577)	N/mm²	0,05÷0,4 (5÷20%)
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 85 a +200
Resistenza al vapore μ	-	Alta
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

1D - Materassino di gomma a bassa densita'

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in rotoli composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR legati con resine poliuretaniche

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto.*
***Formati di vendita:** rotoli o lastre h. 100÷125 cm, l. 120÷1000 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	5÷16
Densità	kg/m³	260÷600
Rigidità dinamica s'	MN/m³	11÷59
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	51÷117
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	19÷36
Attenuazione stimata*	dB	19÷30
Conduttività	W/mK	0,07÷0,10
Resistenza a trazione	N/mm²	0,3÷0,35
Allungamento a rottura	%	50÷55
Comprimibilità (UNI 12431)	Classe	CP2
Temperatura di funzionamento	°C	-40÷+115
Resistenza al vapore μ	-	Alta
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2÷B3

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

2 - Granuli di gomma per getto colato

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Conglomerato di granuli e fibre selezionate in gomma SBR legati con resine poliuretaniche

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto o pavimento.*
***Formati di vendita:** composto premiscelato da colare*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	5÷15
Densità	kg/m³	520÷750
Rigidità dinamica s'	MN/m³	11÷25
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	50÷76
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	12÷30
Attenuazione stimata*	dB	24÷30
Conduttività	W/mK	0,11÷0,12
Resistenza a trazione	N/mm²	0,3÷0,35
Allungamento a rottura	%	50÷55
Comprimibilità (UNI 12431)	Classe	CP2
Temperatura di funzionamento	°C	Da +1 a +45
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

3 - Materassino di gomma bugnato

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino bugnato di granuli e fibre selezionate in gomma SBR legati con resine poliuretaniche

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto.*
***Formati di vendita:** rotoli o lastre h. 120 cm, l. 100÷800 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	8/4 ÷ 17/8
Densità	kg/m³	500÷750
Rigidità dinamica s'	MN/m³	15÷30
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	12÷30
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	52÷83
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	19÷28
Attenuazione stimata*	dB	23÷29
Conduttività	W/mK	0,08
Resistenza a trazione	N/mm²	0,3÷0,4
Allungamento a rottura	%	40÷50
Comprimibilità	-	-
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 40 a +80
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	Efl

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

4 - Materassino in gomma espansa

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Fiocchi di gomma espansa in classe 1 agglomerati tramite resine poliuretaniche di prima scelta. A richiesta fornito di pellicola protettiva impermeabile in polietilene.

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto o pavimento.*
***Formati di vendita:** rotoli o lastre h. 100 cm, l. 200÷4000 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	4÷6
Densità	kg/m³	300
Rigidità dinamica s'	MN/m³	30÷47
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	84÷105
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	9÷24
Attenuazione stimata*	dB	20÷23
Conduttività	W/mK	0,08
Resistenza a trazione	N/mm²	-
Allungamento a rottura	%	-
Comprimibilità (UNI 12431)	mm	1,35÷2,84 (17÷28%)
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

5 - Materassino di agglomerato di gomma e poliuretano espanso

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in fogli composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR e granuli di poliuretano espanso legati con resine poliuretaniche (MDI). Materiale con ottima elasticità e resistenza meccanica che assicura prestazioni acustiche costanti e durature nel tempo

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto.*
***Formati di vendita:** pannelli 230 cm x 115 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Densità (gomma)	kg/m³	600÷720
Rigidità dinamica s'	MN/m³	62÷73
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	30÷33
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	-
Attenuazione stimata*	dB	18÷19
Conduttività	W/mK	0,12
Resistenza a trazione	N/mm²	0,60÷0,65
Allungamento a rottura	%	55÷68
Comprimibilità (DIN 53577)	N/mm²	0,8÷0,9 (30%)
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 40 a +115
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

6 - Materassino di agglomerato di gomma e sughero

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in fogli composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR e granuli di poliuretano espanso legati con resine poliuretaniche (MDI). Materiale con ottima elasticità e resistenza meccanica che assicura prestazioni acustiche costanti e durature nel tempo.

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto o pavimento.*
***Formati di vendita:** rotoli h. 100÷125 cm, l. 200÷2000 cm*

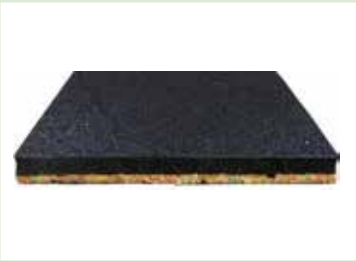
Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	2÷6
Densità (gomma)	kg/m³	470÷700
Rigidità dinamica s'	MN/m³	35÷155
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	90÷190
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	10÷29
Attenuazione stimata*	dB	13÷22
Conduttività	W/mK	0,09÷0,12
Resistenza a trazione (gomma)	N/mm²	0,5÷0,8
Allungamento a rottura	%	10÷40
Comprimibilità (DIN 53577)	N/mm²	0,48÷0,69 (10%)
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +110
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco		
(DIN 4102-UNI 13501-1)	Classe	B2 - Efl

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

7 - Materassino di gomma e poliuretano espanso (2 strati)

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Pannello ecologico multistrato fonoisolante e resiliente, costituito da uno strato fonoimpedente in riciclato di elastomeri naturali e sintetici accoppiato a uno strato di agglomerato poliuretanico riciclato.

***Campo d'applicazione**: sotto la posa degli impianti, sotto massetto o pavimento.*
***Formati di vendita:** rotoli o lastre h. 100 cm, l. 120÷1000 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	25÷28
Densità (gomma)	kg/m³	750÷1150
Rigidità dinamica s'	MN/m³	4÷11
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	23÷37
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	30÷51
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	33÷40
Attenuazione stimata*	dB	30÷36
Conduttività	W/mK	0,048÷0,073
Resistenza a trazione	N/mm²	-
Allungamento a rottura	%	27
Comprimibilità (DIN 53577)	N/mm²	1,0 (40%)
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +80
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

8 - Materassino di gomma e poliuretano espanso (3 strati)

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello ecologico multistrato fonoisolante e resiliente, costituito da due strati fonoimpedenti in riciclato di elastomeri naturali (spessore 18 mm) e sintetici accoppiati a uno strato interposto di agglomerato poliuretanico riciclato (spessore 20 mm).

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto o pavimento.*
***Formati di vendita:** pannelli 100 cm x 120 cm*

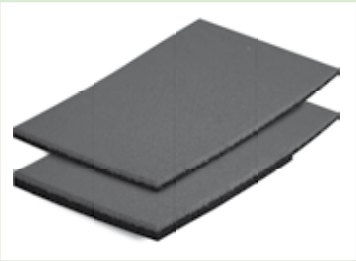
Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	56
Densità (gomma/poliuretano)	kg/m³	1150/90
Rigidità dinamica s'	MN/m³	2
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	16
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	21
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	44
Attenuazione stimata*	dB	41
Conduttività	W/mK	0,078
Resistenza a trazione	N/mm²	-
Allungamento a rottura	%	27
Comprimibilità (DIN 53577)	N/mm²	1,0 (40%)
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +80
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2
(DIN 4102-UNI 13501-1)	Classe	B2 - Efl

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

9 - Materassino di agglomerato di gomma e polietilene espanso (2 strati)

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Materassino in fogli composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR e granuli di poliuretano espanso legati con resine poliuretaniche (MDI). Materiale con ottima elasticità e resistenza meccanica che assicura prestazioni acustiche costanti e durature nel tempo.

***Campo d'applicazione**: anticalpestio sotto massetto.*
***Formati di vendita:** pannelli 230 cm x 115 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore (gomma + polietilene espanso)	mm	3+3 oppure 5+4
Densità (gomma)	kg/m³	550÷710
Rigidità dinamica s'	MN/m³	35÷53
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	90÷111
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	29÷38
Attenuazione stimata*	dB	20÷22
Conduttività	W/mK	-
Resistenza a trazione (gomma)	N/mm²	0,3÷0,4
Allungamento a rottura	%	40÷50
Comprimibilità (UNI 12431)	Classe	CP2
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 40 a +115
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

10 - Materassino di gomma e polistirene espanso

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in polistirene espanso sinterizzato elasticizzato, ottenuto da blocco a celle chiuse, accoppiato con trucioli di gomma vulcanizzata.

***Campo d'applicazione**: anticalpestio solai laterocemento o legno.*
***Formati di vendita:** pannelli 100 cm x 120 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	17
Densità (gomma/poliuretano)	kg/m³	-
Rigidità dinamica s'	MN/m³	26
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	31
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	29,5
Attenuazione stimata*	dB	36
Conduttività	W/mK	0,031
Resistenza a trazione	N/mm²	-
Allungamento a rottura	%	-
Comprimibilità (UNI 12431)	Classe	CP2
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 40 a +85
Resistenza al vapore μ	-	20÷40
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	E

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

11 - Materassino di gomma e fibre di poliestere

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino in gomma EPDM accoppiato ad uno strato di fibra di poliestere resinata. La coniugazione di questi materiali conferisce al prodotto caratteristiche acustiche, termiche e meccaniche eccellenti.

***Campo d'applicazione**: isolamento calpestio e termico solaio.*
***Formati di vendita:** pannelli 100 cm x 120 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	8
Densità	kg/m³	325
Rigidità dinamica s'	MN/m³	9
Frequenza di risonanza dichiarata f0	Hz	-
Frequenza di risonanza stimata*	Hz	46
Attenuazione dichiarata ΔLw	dB	32
Attenuazione stimata*	dB	31
Conduttività	W/mK	-
Resistenza a trazione	N/mm²	-
Allungamento a rottura	%	-
Comprimibilità (UNI 12431)	Classe	-
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 40 a +85
Resistenza al vapore μ	-	20÷40
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	E

** Formule di calcolo da normativa UNI EN 12354-2*

Antivibranti

1 - Materassino di gomma

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannelli antivibranti composti da fibre e granuli di gomma SBR ed EPDM selezionati, ancorati generalmente ad un supporto antistrappo impermeabile e pressati a caldo con collante a base poliuretanica.

***Campo d'applicazione**: antivibranti per impianti o fondazioni.*
***Formati di vendita:** rotoli o lastre, h. 100÷125 cm, l. 100÷1000 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	10÷50
Densità	kg/m³	450÷1000
Frequenza naturale	Hz	11÷36
Comportamento a compressione	N/mm²	0,03÷0,90 (10%)
0,08÷1,65 (25%)	Hz	31
Carico statico permanente	N/mm²	0,05÷1,50
Carico statico + dinamico	N/mm²	0,05÷1,75
Carico massimo	N/mm²	1÷4
Modulo elastico statico	N/mm²	0,2÷14,0
Modulo elastico dinamico	N/mm²	0,5÷45,0
Resistenza a trazione	N/mm²	0,14÷2,30
Allungamento a trazione	%	40÷120
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 20 a +110
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

2 - Materassino di gomma bugnata

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannelli antivibranti composti da fibre e granuli di gomma SBR ed EPDM selezionati, ancorati generalmente ad un supporto antistrappo impermeabile e pressati a caldo con collante a base poliuretanica. Superficie bugnata su un lato.

***Campo d'applicazione**: antivibranti per impianti o fondazioni.*
***Formati di vendita:** rotoli 125 x 1000 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	15÷17
Densità	kg/m³	-
Frequenza naturale	Hz	18÷24
Comportamento a compressione	N/mm²	0,012 (10%)
0,01÷0,18 (25%)	Hz	46
Carico statico permanente	N/mm²	0,02÷0,10
Carico statico + dinamico	N/mm²	0,05÷0,15
Carico massimo	N/mm²	-
Modulo elastico statico	N/mm²	0,02÷0,55
Modulo elastico dinamico	N/mm²	0,05÷2,40
Resistenza a trazione	N/mm²	0,12÷0,34
Allungamento a trazione	%	40÷60
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 20 a +110
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2

Rumori aerei

1 - Materassino di gomma

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino monostrato con funzione fonoimpedente composto di granuli e fibre selezionate in gomma SBR o EPDM legati con resine poliuretaniche.

***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei per parete o tetto.*
***Formati di vendita:** rotoli o lastre h. 100÷125, l. 80÷3000*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	2÷40
Densità	kg/m³	720÷950
Massa superficiale	kg/m²	-
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	52÷64
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,037÷0,13
Resistenza termica	m²·K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 40 a +120
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco	N/mm²	0,5÷45,0
(DIN 4102 - UNI 13501-1)	Classe	A2 - F

Superficie/colore: superficie liscia, generalmente nero

2 - Materassino di gomma espansa

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino monostrato in fiocchi di gomma espansa agglomerati tramite resine.

***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei e termico per pareti e controsoffitti.*
***Formati di vendita:** lastre 100 x 100 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	20÷40
Densità	kg/m³	120
Massa superficiale	kg/m²	2,4÷4,8
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	-
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,043
Resistenza termica	m²K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1

Superficie/colore: superficie liscia, nero, possibilità di applicazione di uno strato adesivo

3 - Materassino di gomma espansa e gomma

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello a tre o cinque strati, con strati esterni in agglomerato di fiocchi di gomma espansa legati con resine poliuretaniche (spessore 10 e 20 mm) e strato interno in agglomerato di granuli di gomma ad alta densità (spessore 3 o 2 mm).

***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei per impianti e macchinari.*
***Formati di vendita:** lastre 200 x 100 cm*

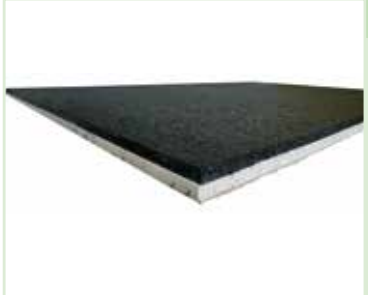
Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	33 - 44
Densità (Gomma/Gomma espansa)	kg/m³	1900/120
Massa superficiale	kg/m²	9,8÷13,4
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	29 - 31 (Pannello)
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	-
Resistenza termica	m²·K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1

Superficie/colore: superficie liscia, nero, malleabile. Eventuale foglio di alluminio esterno.

4 - Materassino di gomma e cartongesso

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Pannello per utilizzo in controplaccaggio composto da una lastra in cartongesso (spessore 12÷15 mm) e una in granuli e fibre di gomma di diversa granulometria, costituita da elastomeri naturali e sintetici provenienti dal recupero dei PFU, legati da poliuretani polimerizzati in massa (spessore 4÷20)

***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei. Controplaccaggi pareti e soffitti. Risanamenti acustici.*
***Formati di vendita:** lastre h. 100÷120 cm, l. 200÷300*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	12,5÷33
Densità (gomma)	kg/m³	500÷750
Massa superficiale	kg/m²	13,2÷29
Potere fonoisolante dichiarato Rw	N/mm²	0,012 (10%)
(Solo pannello)	dB	50÷56
(32÷33)	N/mm²	0,02÷0,10
Attenuazione dichiarata	dB	6÷19
Conduttività	W/mK	0,032÷0,15
Resistenza termica	m²·K/W	0,11÷0,24
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +80
Resistenza al vapore μ	-	13 (valore unico)
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B1÷B3

Superficie/colore: superficie liscia, nero, possibilità di applicazione di uno strato adesivo

5 - Materassino di gomma espansa e cartongesso

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello autoportante fonoisolante in agglomerato di fiocchi di gomma espansa, legati tramite resine poliuretaniche, pre-accoppiato a lastra in cartongesso.

***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei per pareti e controsoffitti.*
***Formati di vendita:** lastre autoportanti 120 x 280 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	23÷33
Densità	kg/m³	-
Massa superficiale	kg/m²	13÷15
Potere fonoisolante dichiarato Rw (solo pannello)	dB	51÷54 (31)
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività (gomma espansa)	W/mK	0,043
Resistenza termica	m²·K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco	N/mm²	0,5÷45,0
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1
Superficie/colore: superficie liscia		

6 - Materassino di gomma espansa e cartongesso (3 strati)

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello autoportante fonoisolante a tre strati. Strati esterni in agglomerato di fiocchi di gomma espansa, legati tramite resine poliuretaniche e strato interno costituito da lastra in cartongesso.

***Campo d'applicazione**: isolamento termico e acustico dai rumori aerei per intercapedine di pareti.*
***Formati di vendita:** lastre autoportanti 120 x 280 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	23÷33
Densità	kg/m³	-
Massa superficiale	kg/m²	13÷15
Potere fonoisolante dichiarato Rw (Solo pannello)	dB	51÷54 (31)
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività (gomma espansa)	W/mK	0,043
Resistenza termica	m²·K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1
Superficie/colore: superficie liscia. Strati in gomma superficiali in colore nero.		

7 - Materassino di gomma espansa e cartongesso (5 strati)

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello autoportante fonoisolante a cinque strati. Strati esterni in agglomerato di fiocchi di gomma espansa, legati tramite resine poliuretaniche e strato interno costituito da lastra in cartongesso.

***Campo d'applicazione**: isolamento termico e acustico dai rumori aerei per pareti di locali pubblici, scuole, ospedali, uffici.*
***Formati di vendita:** lastre h. 120 cm, l. 150÷300 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	51
Densità	kg/m³	-
Massa superficiale	kg/m²	27
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	36 (Pannello)
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività (gomma espansa)	W/mK	0,043
Resistenza termica	m²K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1

Superficie/colore: superficie liscia.Strati in gomma superficiali in colore nero.

8 - Materassino di gomma rigata e cartongesso

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Materassino di gomma con finitura superficiale "rigata" (spessore 10, 15 o 20 mm) accoppiato ad una lastra di cartongesso (spessore 12,5), fornito in pannelli.

***Campo d'applicazione**: controplaccaggi fonoisolanti per pareti ad alte prestazioni acustiche.*
***Formati di vendita:** lastre h. 120 cm, l. 200÷300 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	22,5÷32,5
Densità (gomma)	kg/m³	720
Massa superficiale	kg/m²	16,1÷23,3
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	52÷54
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività (gomma)	W/mK	0,11
Resistenza termica	m²·K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 20 a +100
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B1

Superficie/colore: strato superficiale in gomma rigata di colore nero.

9 - Materassino di gomma e poliuretano espanso (2 strati)

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello ecologico multistrato fonoisolante e resiliente, costituito da uno strato fonoimpedente in riciclato di elastomeri naturali e sintetici (spessore 5÷18 mm) accoppiato a uno strato di agglomerato poliuretanico riciclato (spessore 10÷30 mm).

***Campo d'applicazione**: controplaccaggi fonoisolanti per pareti leggere e coperture.*
***Formati di vendita:** lastre: 100 x 100 cm, 100 x 120 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	28÷36
Densità (Gomma/PUR)	kg/m³	750÷1150 / 90
Massa superficiale	kg/m²	7,2÷21,6
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	36 (Pannello)
(Pannello)	dB	54
(40÷42)	W/mK	0,043
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,041÷0,073
Resistenza termica	m²·K/W	0,378÷0,827
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +80
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2
Superficie/colore: nero		

10 - Materassino di gomma e poliuretano espanso (3 o più strati)

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello ecologico multistrato fonoisolante e resiliente, costituito da tre o più strati fonoimpedenti in riciclato di elastomeri naturali e sintetici e agglomerato poliuretanico riciclato.

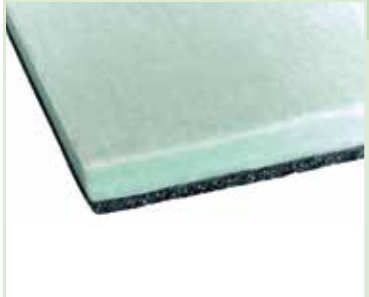
***Campo d'applicazione**: isolamento termico e acustico dai rumori aerei per pareti (intercapedine).*
***Formati di vendita:** lastre h. 100÷120 cm, l. 50÷120 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	20÷56
Densità (Gomma/PUR)	kg/m³	1100/60÷130
Massa superficiale	kg/m²	5,5÷43,2
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	36 (Pannello)
(Pannello)	dB	51÷57
(30÷48)	W/mK	0,043
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,029÷0,078
Resistenza termica	m²·K/W	0,690
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +80
Resistenza al vapore μ	-	-
Superficie/colore: nero (gomma); variabile (PUR)		

11 - Materassino di gomma e poliuretano espanso (2 strati)

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Isolante acustico accoppiato composto da un pannello in fibre e granuli di gomma SBR ed EPDM (spessore 3÷10) pressati a caldo con legante poliuretanico ed un pannello di fibra di poliestere (spessore 20÷40).

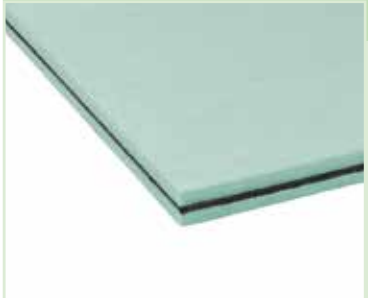
***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei per pareti e soffitti.*
***Formati di vendita:** lastre h. 100÷145 cm, l. 60÷120 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	28÷43
Densità (Gomma/Fibra di poliestere)	kg/m³	750÷800/20÷100
Massa superficiale	kg/m²	3,1÷9,2
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	54÷60
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,039÷0,047
Resistenza termica	m²·K/W	0,70÷0,91
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +80
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2÷B3
Superficie/colore: nero (gomma); variabile (poliestere)		

12 - Materassino di gomma e fibra di poliestere (3 strati)

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Isolante acustico accoppiato composto da un pannello centrale in fibre e granuli di gomma SBR ed EPDM (spessore 8 mm) pressati a caldo con legante poliuretanico e due pannelli di fibra di poliestere (spessore 20).

***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei per pareti leggere e controsoffitti.*
***Formati di vendita:** lastre h. 60 cm l. 120÷145 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	28÷48
Densità (Gomma/Fibra di poliestere)	kg/m³	800/30÷60
Massa superficiale	kg/m²	4,0÷8,8
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	54÷60
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,047
Resistenza termica	m²·K/W	0,7
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 50 a +120
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	F
Superficie/colore: nero (gomma); variabile (poliestere)		

13 - Materassino di gomma e polistirene espanso

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Lastra composta da un pannello in EPS (Polistirene Espanso Sinterizzato, spessore 30 mm), accoppiato su entrambi i lati ad un pannello in gomma ad alta densità (spessore 3+5 mm) costituita da mescole di elastomeri naturali e sintetici provenienti dal recupero dei PFU, legate da poliuretani polimerizzati in massa.

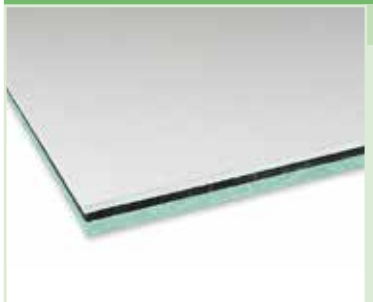
***Campo d'applicazione**: isolamento acustico dai rumori aerei da intercapedine per pareti doppie.*
***Formati di vendita:** lastre: 290 x 100 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	38
Densità (Gomma/Polistirene espanso)	kg/m³	950/35
Massa superficiale	kg/m²	8,1
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	56
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,041
Resistenza termica	m²·K/W	0,912
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 30 a +80
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (DIN 4102)	Classe	B2
Superficie/colore: liscio; nero		

14 - Materassino di gomma, cartongesso e fibra di poliestere

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Isolante acustico stratificato composto da un pannello in fibre e granuli di gomma SBR pressati a caldo con collante poliuretanico (spessore 8 mm), un pannello in fibra di poliestere (spessore 20 mm) e una lastra di gesso rivestito (spessore 12,5 mm).

***Campo d'applicazione**: controplaccaggi fonoisolanti per pareti leggere e controsoffitti.*
***Formati di vendita:** lastre 120 x 200 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	40
Densità (Gomma/Fibra di poliestere)	kg/m³	800/100
Massa superficiale	kg/m²	18
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	57÷60
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	-
Resistenza termica	m²·K/W	0,761
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	F
Superficie/colore: liscio; bianco (cartongesso), variabile (fibra di poliestere)		

15 - Materassino di gomma e lana di roccia

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Isolante acustico stratificato composto da un pannello in fibre e granuli di gomma SBR ed EPDM pressati a caldo con collante poliuretanico (spessore 8÷10 mm) ed uno o due pannelli in lana di roccia (spessore totale 40 mm).

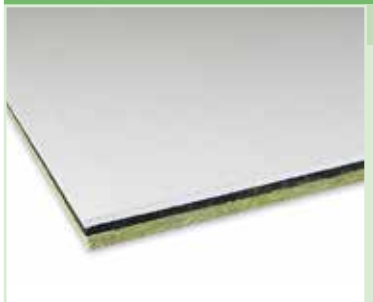
***Campo d'applicazione**: isolamento acustico e termico per pareti e soffitti.*
***Formati di vendita:** lastre h. 60÷100, l. 120 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	48÷50
Densità (Gomma/Lana di roccia)	kg/m³	800/40÷100
Massa superficiale	kg/m²	9,6÷10,4
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	54÷65
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	0,047
Resistenza termica	m²·K/W	1,17
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	F
Superficie/colore: liscio; giallo (lana di roccia), nero (gomma)		

16 - Materassino di lana di roccia, gomma e cartongesso

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Isolante acustico stratificato composto da un pannello in fibre e granuli di gomma SBR pressati a caldo con collante poliuretanico (spessore 8 mm) interposto ad un pannello in lana di roccia (spessore 20 mm) ed una lastra di cartongesso (spessore 12,5 mm).

***Campo d'applicazione**: isolamento acustico e termico per controplaccaggi di pareti leggere e controsoffitti.*
***Formati di vendita:** lastre 120 x 200 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	40
Densità (Gomma/Lana di roccia)	kg/m³	800/100
Massa superficiale	kg/m²	18
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	57÷60
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	-
Resistenza termica	m²·K/W	0,707
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	F
Superficie/colore: liscio; giallo (lana di roccia), nero (gomma), bianco (cartongesso)		

17 - Materassino di fibra di vetro, gomma e poliuretano espanso

Descrizione prodotto

Voce di capitolato/Materiale

Pannello isolante costituito da uno strato di gomma EPDM interposto ad un pannello di fibra di vetro ed uno strato di poliuretano agglomerato.

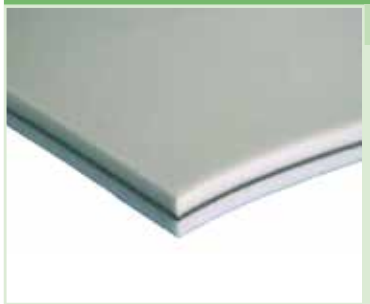
***Campo d'applicazione**: isolamento acustico e termico per controplaccaggi di pareti leggere e controsoffitti.*
***Formati di vendita:** lastre: 60 x 100 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	40
Densità (Fibra di vetro/Poliuretano)	kg/m³	75/105
Massa superficiale	kg/m²	11
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	57÷60
(Pannello)	dB	58
Attenuazione dichiarata	dB	7
Conduttività	W/mK	0,036
Resistenza termica	m²·K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	-
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (UNI 13501-1)	Classe	F
Superficie/colore: liscio; giallo (fibra di vetro), nero (gomma), variabile (PUR)		

18 - Materassino di gomma e resina melamminica (3 Strati)

Descrizione prodotto



Voce di capitolato/Materiale

Pannello in espanso a base di resina melamminica (spessore 10÷30 mm) con interposto strato in gomma EPDM (spessore 2 mm). Ottimo fonoisolante alle basse e medie frequenze. Disponibile con facce lisce oppure con una faccia liscia ed una bugnata.

***Campo d'applicazione**: isolamento termico e acustico, fonoassorbimento per pareti e soffitti. Protezione dal fuoco.*
***Formati di vendita:** lastre: 120 x 60 cm*

Caratteristiche tecniche

Parametro	Unità di misura	Valore
Spessore	mm	20÷50
Densità	kg/m³	-
Massa superficiale (Gomma)	kg/m²	4÷5,5
Potere fonoisolante dichiarato Rw	dB	29÷30 (Solo pannello)
Attenuazione dichiarata	dB	-
Conduttività	W/mK	-
Resistenza termica	m²·K/W	-
Temperatura di funzionamento	°C	Da - 60 a +150
Resistenza al vapore μ	-	-
Reazione al fuoco (D.M. 26/06/1984)	Classe	1
Superficie/colore: liscio o bugnato; grigio chiaro (espanso melamminico), nero (gomma)		

Glossario

- **Allungamento a trazione.** Espresso in percentuale sulla dimensione iniziale del provino, indica quanto il materiale, sottoposto a trazione, può deformarsi prima di rompersi. Importante per valutare l'usura in situazione di cantiere.
- **Carico statico permanente.** Pressione esercitata dal peso complessivo degli elementi che poggiano sulla superficie dello strato resiliente. L'unità di misura è N/mm^2.
- **Carico dinamico.** Pressione esercitata dalle sollecitazioni d'esercizio dei carichi che gravano su uno strato resiliente. Indicati generalmente in merito alle sollecitazioni provocate dal movimento dei macchinari di impianti o industrie. L'unità di misura è N/mm^2.
- **Coefficiente di conducibilità del vapore.** Vedi "Permeabilità al vapore"
- **Coefficiente di resistenza al passaggio del vapore.** Esprime quanto la resistenza al passaggio del vapore di un certo materiale è superiore a quella dell'aria a parità di spessore e temperatura. Rappresenta una caratteristica dei materiali da costruzione e va determinato secondo specifiche prove di laboratorio. Si indica con μ e per l'aria il suo valore è pari a 1. La resistenza al vapore è legata alla densità del materiale: materiali con maggiore densità esercitano una maggiore resistenza al passaggio del vapore. Il coefficiente di resistenza al passaggio del vapore è fondamentale per prevedere fenomeni di condensa interstiziale nei componenti edilizi.
- **Comportamento a compressione.** Indica la capacità di un materiale resiliente sottoposto a compressione di deformarsi elasticamente mantenendo gli spessori e le caratteristiche meccaniche originali nel tempo. Tale valore può essere stimato da prove di laboratorio eseguendo le indicazioni contenute nella norma UNI 12431, che permette di attribuire ai materiali una classe di comprimibilità, da CP2 a CP5. In alternativa si può indicare il comportamento a compressione riportando il carico di compressione e la percentuale di deformazione dello spessore conseguente.

  Sulle schede il comportamento a compressione è riportato anche con il nome di "com-

primibilità" o di "deflessione statica". L'uso di terminologie differenti può costituire una difficoltà nel confronto tra differenti prodotti.

- **Conduttività o conducibilità termica.** Rapporto tra il flusso di calore ed il gradiente di temperatura che provoca il passaggio del calore. L'unità di misura è W/(m·K). La conduttività esprime l'attitudine di una sostanza a trasmettere calore. È una proprietà che varia in base al tipo di materiale.
- **Controparete.** Parete costruita in addossamento ad una parete esistente. Sono definite pesanti quelle costituite da materiali da costruzione tradizionali, leggere quelle costituite da lastre di gesso rivestito, montate su strutture metalliche o incollate in accoppiamento con pannelli isolanti (placcaggio).
- **Creep.** Vedi "Scorrimento viscoso".
- **Densità. R**apporto tra la massa di un corpo ed il suo volume. L'unità di misura è il kg/m^3.
- **Desolidarizzazione.** Azione o tecnica costruttiva (ideale per gli interventi di isolamento acustico dei fabbricati) in cui si mantengono isolati, introducendo materiali resilienti, elementi il cui contatto consentirebbe la trasmissione delle vibrazioni e quindi del rumore. Un esempio di questa tecnica è costituito dalle fasce tagliamuro.
- **Frequenza di risonanza.** In base alle dimensioni di ogni corpo soggetto ad una sollecitazione acustica, si ha il fenomeno della risonanza, al quale corrisponde una caduta del potere fonoisolante a determinate frequenze, denominate appunto "di risonanza". Per pareti pesanti le frequenze di risonanza possono essere talmente basse da non essere udibili, mentre per superfici vetrate la frequenza di risonanza è più alta.
- **Legge di massa.** Legge usata per valutare il potere fonoisolante dei rumori aerei di pareti e solai omogenei, in cui l'aumento della massa areica determina un aumento dell'isolamento della partizione considerata.
- **Livello di rumore da calpestio L'$_{n,w}$.** Livello di rumore misurato in dB quando sul pavimento del solaio sovrastante è acceso un generatore di rumore normalizzato. Il DPCM 5/12/1997 determina i valori massimi di L'$_{n,w}$ per i solai di separazione fra unità immobiliari distinte.
- **Massa superficiale o areica.** Rapporto tra la massa di un elemento e la sua superficie unitaria, espresso in kg/m^2.
- **Misura di laboratorio.** Procedimento di misura eseguito in laboratorio conforme ai metodi di prova normalizzati, i cui risultati sono usati per la previsione progettuale dell'isolamento degli edifici.
- **Misura in opera.** Procedimento di misura eseguito nell'edificio per la verifica dei requisiti acustici secondo metodi di prova normalizzati.
- **Modulo elastico o modulo di Young.** Grandezza che descrive la tendenza di un corpo a deformarsi lungo un asse direzionale su cui è applicata una tensione. Si definisce come rapporto tra tensione e deformazione in condizioni di carico monoassiale di trazione e di comportamento del materiale di tipo elastico. Si misura in N/mm^2.
- **Permeabilità al vapore o coefficiente di conducibilità del vapore.** Quantità di vapore (in kg) che attraversa lo spessore di un metro di un certo materiale su una superficie con una superficie di un metro quadro per una differenza unitaria di pressione di vapore. Si indica con δ e si misura in kg/(m·s·Pa). Materiali con alti valori di permeabilità sono più facilmente attraversabili dal vapore.
- **Potere fonoisolante R_w e Potere fonoisolante apparente R'$_w$.** Prestazione di isolamento acustico di una partizione dai rumori aerei generati all'interno dell'edificio, espresso in dB. Identificato dal simbolo R_w, rappresenta la prestazione della partizione misurata in laboratorio quando il rumore passa per sola trasmissione diretta attraverso di essa. Se invece è identificato dal simbolo R'$_w$ rappresenta la prestazione della partizione inserita nel contesto edilizio, quando il rumore la attraversa sia per via diretta sia per via laterale attraverso le partizioni confinanti. Tra questi due valori R_w è quasi sempre maggiore di R'$_w$, perché la trasmissione laterale del rumore diminuisce la prestazione isolante della partizione. Il DPCM 5/12/1997 fissa i valori minimi di R'$_w$ per gli elementi di separazione fra distinte unità immobiliari.
- **Resistenza al flusso.** Rapporto tra la differenza di pressione esercitata sulle due facce di un corpo e la portata d'aria del flusso che fuoriesce dal corpo sottoposto a tale sollecitazione. Rappresenta la resistenza che l'aria incontra al passaggio trasversale attraverso il materiale. È un parametro intrinseco di ogni materiale e si misura in Pa·s/m^2.
- **Reazione al fuoco.** Grado di partecipazione di un materiale combustibile al fuoco al quale è sottoposto. Esso dipende da vari fattori come l'infiammabilità, la velocità di propagazione delle fiamme, il gocciolamento, la post-incandescenza, lo sviluppo di calore nel tempo, la produzione di fumo, la produzione di sostanze nocive. In base alla reazione al fuoco,

ad ogni materiale è assegnata una classe di comportamento al fuoco. In Italia il D.M. 26 giugno 1984 stabilisce la presenza di classi da 0 a 5, in ordine crescente di infiammabilità con la classe 0 che comprende i materiali incombustibili. La normativa europea UNI EN 135011 invece classifica i materiali secondo classi dalla A alla F in ordine di infiammabilità. Un'ulteriore classificazione per determinare la reazione al fuoco è quella tedesca data dalla normativa DIN 4102 che suddivide i materiali in classe decrescente di infiammabilità da A1 a B3. Tra le diverse scale la normativa prevede una tabella di confronto.

- **Resistenza a trazione.** Caratteristica meccanica di un corpo. Esprime la capacità di un materiale di deformarsi sottoposto ad una sollecitazione di trazione prima di rompersi. Normalmente si esprime in kg/cm^2, ma all'interno delle schede tecniche di strati resilienti per l'edilizia, si trova molto più spesso espressa in N/mm^2. Si ricorda comunque che 1 N/mm^2 corrisponde a circa 10 kg/cm^2.
- **Resistenza termica.** Inverso della trasmittanza della partizione. È il risultato della sommatoria delle resistenze termiche di ogni singolo strato che la costituisce, comprensiva delle resistenze laminari interna ed esterna. Dipende dal rapporto fra lo spessore di ogni strato e la conducibilità termica del materiale di cui è formato.
- **Rigidità dinamica.** Parametro intrinseco di un materiale resiliente, usato per il calcolo dell'attenuazione del livello dei rumori di calpestio ΔL_w e rappresentato con s'. Rappresenta la costante elastica del materiale resiliente usato per i pavimenti galleggianti che costituisce la molla del sistema massa-molla. È legata direttamente alla frequenza di oscillazione libera del sistema ed è definita come il rapporto tra la forza dinamica e lo spostamento dinamico (variazione di spessore del provino); si misura in MN/m^3 e si calcola attraverso il procedimento descritto nella normativa UNI EN 29052/1 dopo aver determinato la rigidità dinamica apparente s'_t, conoscendo la resistenza al flusso d'aria del materiale resiliente. Le prestazioni isolanti sono maggiori con bassi valori di rigidità dinamica.
- **Rigidità dinamica apparente.** Indicata con s'_t, si misura in MN/m^3. Si ottiene per calcolo attraverso la norma UNI EN 29052/1 dopo la misura della frequenza di risonanza del sistema massa-molla analizzato. Si definisce apparente e non può essere usata per il calcolo previsionale perché contiene anche il contributo della rigidità dinamica dell'aria o del gas contenuto nel materiale.
- **Risonanza acustica.** Fenomeno per cui l'ampiezza delle vibrazioni di un materiale o di un sistema sollecitato da forze periodiche assume valori particolarmente elevati che determinano una caduta delle capacità di isolamento.
- **Rumore aereo.** Rumore che si genera nell'aria e viene trasmesso attraverso la variazione di pressione dell'aria (es. parlato, apparecchi, impianti). Nella valutazione acustica di un edificio si distinguono quelli provenienti dall'esterno, il cui isolamento riguarda la facciata del fabbricato, e quelli provenienti dall'interno per le attività svolte, il cui isolamento riguarda invece le partizioni verticali ed orizzontali divisorie delle diverse unità immobiliari dell'edificio.
- **Rumore degli impianti**. Rumore determinato dal livello sonoro degli impianti a funzionamento continuo (es. terminali di condizionamento) ed a funzionamento discontinuo (es. scarichi, ascensore, ecc.). Viene misurato in dB in opera nell'ambiente maggiormente disturbato e deve rispettare i limiti fissati dal DPCM 5/12/1997.
- **Scorrimento viscoso o creep.** Differenza tra deformazione iniziale e deformazione nel tempo in seguito all'applicazione di un carico statico, misurata per un periodo non inferiore a 90 giorni. Una prova condotta per 120 giorni può consentire di estrapolare il valore di scorrimento viscoso sulla durata di circa dieci anni. Lo scorrimento viscoso si misura in mm.
- **Smorzamento.** Velocità con cui un impulso applicato ad un sistema viene completamente assorbito. Strati con alto smorzamento all'interno di un componente edilizio consentono di attenuare l'ampiezza dell'oscillazione trasmessa e ridurre la durata della vibrazione. Solitamente materiali con bassi valori di rigidità dinamica sono caratterizzati anche da bassi valori del coefficiente di smorzamento.
- **Strato resiliente.** Strato di separazione fra elementi rigidi la cui caratteristica principale è quella di non permettere la trasmissione delle vibrazioni attraverso la struttura dell'edificio causate da urti sulle sue partizioni.
- **Temperatura di funzionamento.** Espressa in °C, temperatura entro la quale il materiale riesce a mantenere le proprie caratteristiche fisiche e le proprie prestazioni. Nelle schede sono riportate la temperatura minima e la massima tra quelle dei prodotti raccolti.
- **Trasmittanza.** Esprime la potenza termica dispersa dalla superficie unitaria di una partizione edilizia quando la differenza di temperatura fra i due ambienti divisi dalla partizione è di 1°C. La trasmittanza termica è l'inverso della resistenza termica.

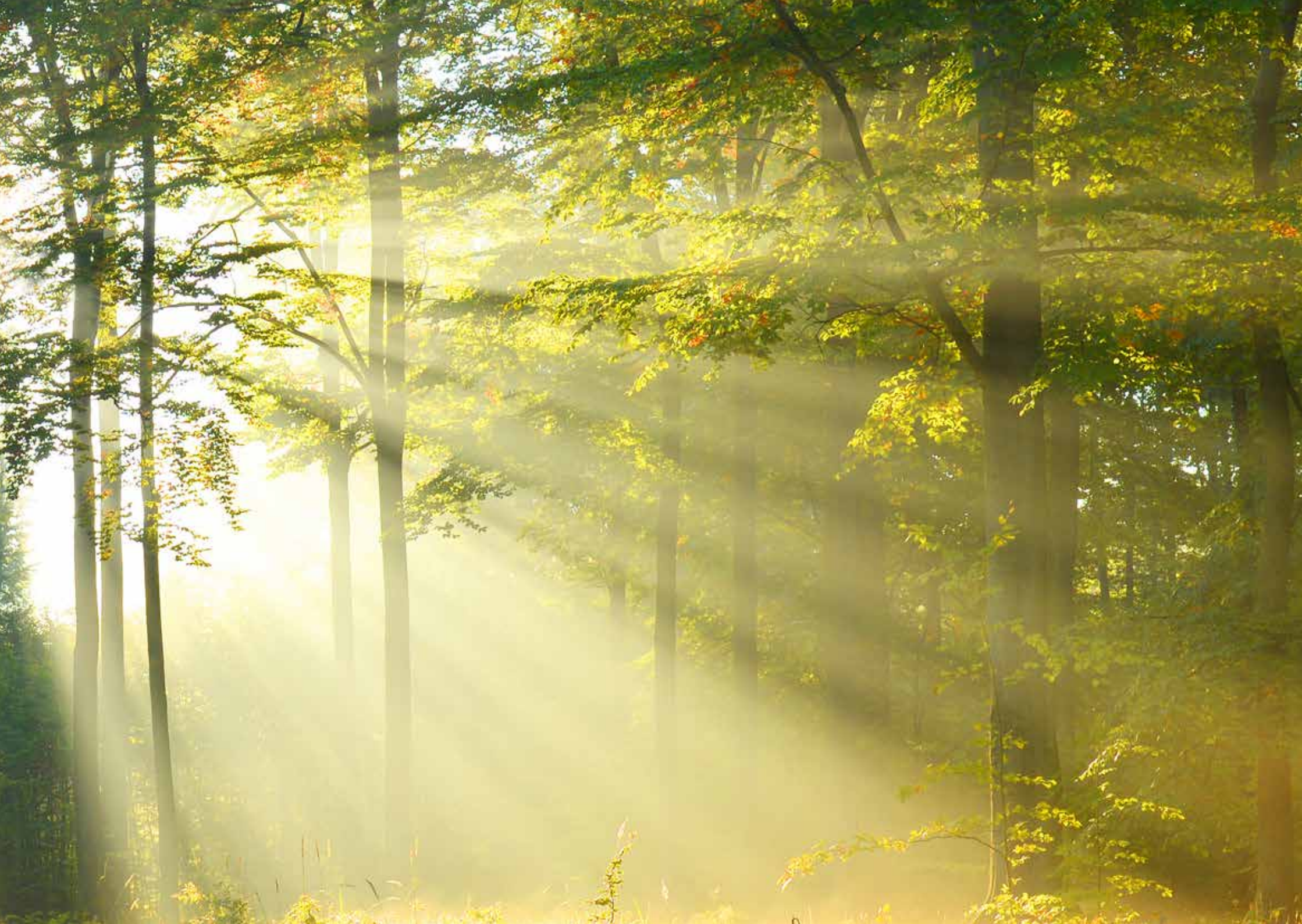
Riferimenti

- DPCM 5/12/97 “Requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti”.
- UNI 9916: 2004 “Criteri di misura e valutazione degli effetti delle vibrazioni sugli edifici.
- UNI EN ISO 10140-2, Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea.
- UNI EN ISO 12354-1, Acustica edilizia; Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - isolamento acustico tra ambienti interni.
- UNI TR 11175, Acustica in edilizia - Guida alle norme serie UNI EN 12354 per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Applicazione alla tipologia costruttiva nazionale.
- UNI EN ISO 12354-3, Acustica edilizia; Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - isolamento acustico dal rumore esterno.
- UNI EN ISO 12354-2, Acustica edilizia; Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti.
- UNI EN ISO 12354-5, Acustica edilizia; Stima delle prestazioni acustiche degli edifici a partire dalle prestazioni dei prodotti - Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici.
- UNI EN ISO 13790, Prestazione energetica degli edifici - Calcolo del fabbisogno di energia per il riscaldamento e il raffrescamento.
- UNI EN ISO 13789, Prestazione termica degli edifici - Coefficienti di trasferimento del calore per trasmissione e ventilazione - Metodo di calcolo.
- UNI EN ISO 6946, Componenti ed elementi per edilizia - Resistenza termica e trasmittanza termica - Metodo di calcolo.
- D Lgs 29/12/06, n° 311, "Disposizioni correttive ed integrative al decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE, relativa al rendimento energetico nell'edilizia”.

- DPR 2/04/09 , n° 59, “Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
- UNI 10351, Materiali da costruzione. Conduttività termica e permeabilità al vapore.
- UNI EN ISO 10211, Ponti termici in edilizia - Flussi termici e temperature superficiali - Calcoli dettagliati.
- UNI EN ISO 14683, Ponti termici in edilizia - Coefficiente di trasmissione termica lineica - Metodi semplificati e valori di riferimento.
- UNI EN ISO 13788, Prestazione igrotermica dei componenti e degli elementi per edilizia - Temperatura superficiale interna per evitare l'umidità superficiale critica e condensazione interstiziale - Metodo di calcolo.

Gli autori ringraziano le seguenti aziende per aver fornito il supporto tecnico e la documentazione necessaria dei prodotti impiegati per l’elaborazione delle schede di prodotto:
Aetolia, Diasen, Ecopolymer, Edilteco/BSW, Fortlan-Dibi, Isolgomma, Isosystem, Project for Building.

Si ringrazia l'azienda Isol-eco per l'immagine di copertina.



Ecopneus Scpa
Via Messina, 38 Torre B
20154 Milano

Tel.: +39 02.92.970.1
Fax.: +39 02.92.970.299

E-mail: info@ecopneus.it
Web: www.ecopneus.it