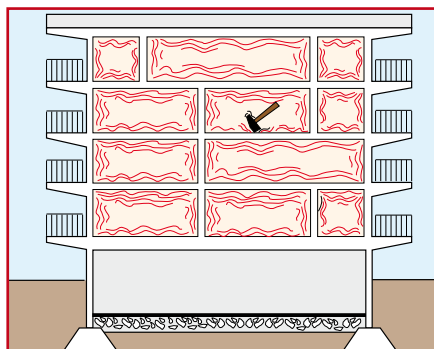




ISOLAMENTO ACUSTICO DEI PAVIMENTI DAI RUMORI DI CALPESTIO

Come già accennato nell'introduzione, i rumori generati dagli urti diretti sulla struttura edile si propagano in tutto l'edificio con una velocità estremamente elevata.



Vengono identificati con la denominazione di "rumori di calpestio" perché è la tipologia di rumore che si ripete con maggior frequenza e interessa di continuo i solai dell'edificio.

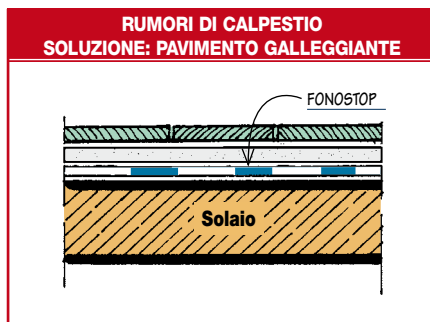
Se un solaio è in genere una struttura sufficientemente pesante da offrire una protezione soddisfacente dal rumore aereo, le strutture più usate nell'edilizia nazionale offrono un potere fonoisolante R_w , che va da 47,5 a 53,5 dB (vedi campagna di misure promossa da ANDIL), altrettanto non si può ottenere quando gli stessi sono sollecitati da rumori d'urto. Questi infatti mettono in gioco quote d'energia molto più elevate del rumore aereo e, sollecitando direttamente la struttura, la fanno vibrare e trasmettere un rumore più elevato. Alla prova normalizzata di calpestio, normalmente i solai sovraccaricati trasmettono all'ambiente confinante livelli di rumore di calpestio L_{nw} dell'ordine di 70÷80 dB. Aumentare il peso del solaio per ridurre il disturbo, come si fa per l'isolamento dei rumori aerei, è una via impraticabile nell'ambito dei rumori d'urto, e le sole soluzioni possibili sono:

SISTEMI PER ISOLARE IL RUMORE DA CALPESTIO

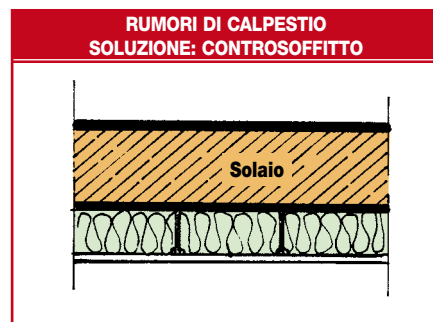
• Ridurre l'energia d'urto al momento dell'impatto interponendo tra corpo contundente e solaio un pavimento resiliente. Le moquette, tanto usate negli alberghi, offrono un'ottima riduzione del rumore d'urto unita ad un elevato assorbimento acustico.



• Interrompere la continuità della struttura con un materiale morbido ed elastico che blocchi la vibrazione. È il caso del "pavimento galleggiante" su materiali elastici come FONOSTOP, dove si costruisce un massetto isolato dalla struttura che può essere pavimentato con qualsiasi tipo di materiale sul quale si localizza e si contiene il rumore di calpestio.

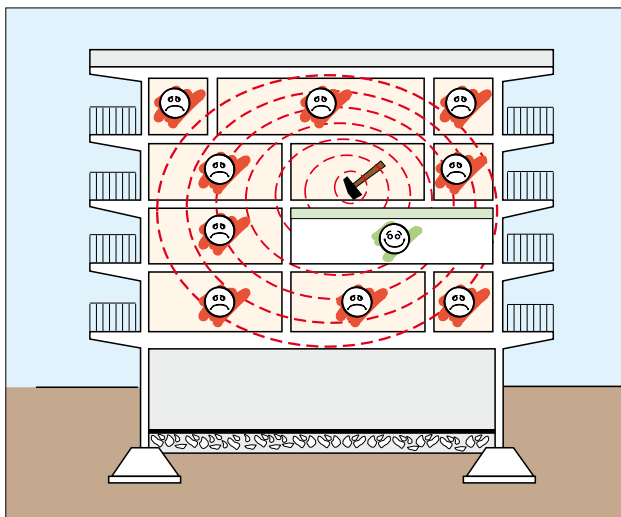


• Foderare il locale "disturbato" dal rumore con un controsoffitto di adeguato peso sospeso con ganci antivibranti e contropareti leggere in gesso rivestito e lana minerale o sintetica. È la soluzione riservata al caso dell'ambiente già abitato quando non sono possibili altre tipologie d'intervento e non è più possibile intervenire sul pavimento del vicino. Nei primi due casi si blocca il rumore alla radice, impedendone la trasmissione alla struttura dell'edificio. Nell'ultimo caso si interviene solo sugli ambienti disturbati e le vibrazioni sono libere di propagarsi in tutta la struttura.

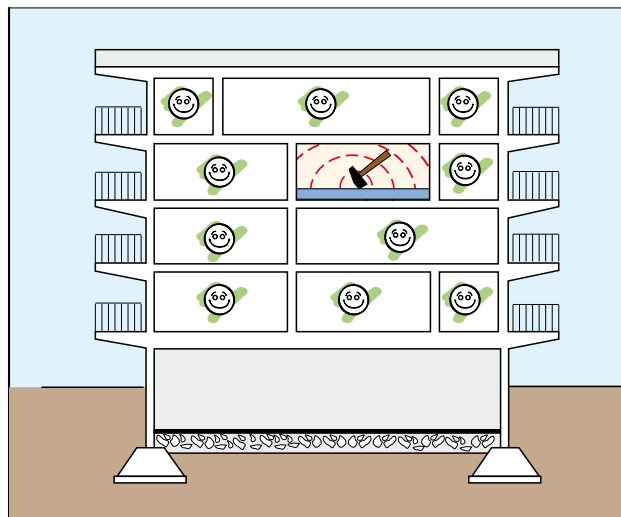


ISOLAMENTO DEL RUMORE DI CALPESTIO

Con il CONTROSOFFITTO si isola solamente la stanza controsoffittata



Con il PAVIMENTO GALLEGGIANTE non si trasmette la vibrazione e isola tutto l'edificio



LA MISURA DEL RUMORE DI CALPESTIO DEL SOLAIO

Il DPCM 05/12/97 ha stabilito sia i livelli massimi ammessi del rumore di calpestio in funzione della destinazione d'uso degli edifici sia il metodo della misura che va eseguita in opera. Il test consiste nel rilevare il livello del rumore che si produce nel vano sottostante/adiacente quando sul solaio in esame batte una macchina a martelli normalizzata (vedi schema di prova e apparecchiature nelle immagini seguenti). Dallo schema di prova ne consegue che **più elevato è l'isolamento del solaio più basso sarà il livello del rumore misurato nella stanza sottostante.**

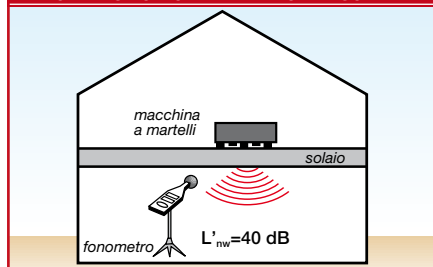
MACCHINA DEL CALPESTIO



FONOMETRO RILEVATORE



L'_{n,w} - COLLAUDO DELL'INDICE DEL LIVELLO DI CALPESTIO NORMALIZZATO DEI SOLAI



L'indice del livello del rumore misurato in opera, come richiesto dalla legge, si esprime con il simbolo $L'_{n,w}$ e si misura in dB lineari, rappresenta il rumore trasmesso per via diretta e per via indiretta che si misura nell'ambiente ricevente.

L'indice dell'attenuazione del livello del rumore di calpestio ΔL_w espresso sempre in dB lineari si usa per fare il progetto dell'isolamento dei solai rigidi cementizi di massa areica ($100 \div 600 \text{ kg/m}^3$) e rappresenta il contributo di isolamento caratteristico apportato al solaio nudo cementizio da un massetto di massa areica (peso a m^2) nota galleggiante su di un isolante resiliente specifico che è stato misurato con una prova di laboratorio oppure è stato determinato per calcolo conoscendo la rigidità dinamica del materiale isolante.

Gli Istituti di ricerca devono ancora approntare modelli di calcolo per solai elastici in legno e similari, per cui, nell'attesa che la sperimentazione ricavi un apposito modello previsionale, il ΔL_w in oggetto non può essere applicato a questi tal quale come nei solai rigidi ma

dovrà essere ridotto di un fattore ampiamente cautelativo.

La legge quadro 447/95 prevede che le misure in opera debbano essere eseguite da un tecnico acustico regionale competente il cui nominativo sia compreso nell'albo regionale pubblicato da ogni singola regione.

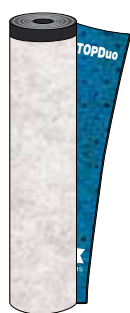
Le prove eseguite da un tecnico non riconosciuto o dal fornitore del materiale isolante possono essere indicative per guidare e correggere la posa dell'isolante quando si è in fase di costruzione ma non hanno alcuna valenza legale per l'approvazione da parte delle Autorità competenti. La prova in genere è eseguita misurando il livello del rumore causato dalla macchina a martelli posta sul solaio sovrastante il vano disturbato ma può essere anche eseguita in un locale di una unità abitativa diversa posta sullo stesso piano. La misura va eseguita quando sono stati montati tutti gli infissi, rispettando le distanze e i volumi minimi previsti nel metodo UNI EN 140 p7e nei luoghi destinati al soggiorno degli abitanti.

Un accorgimento per limitare problematiche di misura è quello di dividere fisicamente la cucina dal soggiorno, in pratica per la maggior parte delle soluzioni abitative si escludono bagni e cucine e si misura nei soggiorni e nel reparto notte.

IL PAVIMENTO GALLEGGIANTE CON I SISTEMI FONOSTOP

Per impedire la trasmissione dei rumori d'urto nei solai è necessario interporre un materiale morbido ed elastico o direttamente tra il corpo contundente ed il solaio, come ad esempio nel caso della moquette, oppure nella stratigrafia del solaio. Questa seconda possibilità è quella che viene comunemente definita "pavimento galleggiante", che Index propone con l'utilizzo combinato di FONOSTOPDuo, FONOSTOPTrio, FONOCCELL e FONOCCELL ROLL.

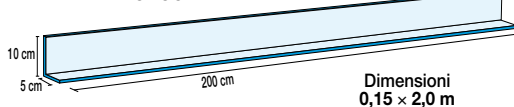
FONOSTOPDuo

Dimensioni
1,05 x 10 m

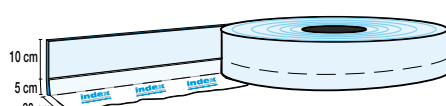
FONOSTOPTrio

Dimensioni
1,05 x 8 m

FONOCCELL

Dimensioni
0,15 x 2,0 m

FONOCCELL ROLL

Dimensioni
0,15 x 50,0 m

VANTAGGI DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO TRAMITE PAVIMENTO GALLEGGIANTE

- Isola sia dai rumori di calpestio sia dai rumori aerei
- Blocca il rumore alla radice e impedisce la trasmissione delle vibrazioni in tutto il fabbricato
- Il massetto galleggiante si può pavimentare con tutte le tipologie di pavimentazioni

VANTAGGI DI FONOSTOPDuo

- FONOSTOPDuo è l'isolante ad altissima efficienza che consente di rispettare i requisiti acustici previsti per i rumori di calpestio dal decreto DPCM del 05/12/97 attuativo della legge 447/95. La legge stabilisce che il livello sia misurato in opera a costruzione ultimata per cui il risultato dipende anche dalla qualità della posa in opera e non solo dai materiali impiegati. Certamente un materiale isolante robusto e sicuro resistente alla foratura che non si sposta quando si stende il massetto dà più certezza del risultato.
- Isola il rumore di calpestio con uno spessore ridotto.
- FONOSTOPDuo è l'isolante dei pavimenti antiforatura che resiste al traffico del cantiere.
- FONOSTOPDuo è costituito da fibre sintetiche resistenti ed elastiche che non si spezzano e non si schiacciano quando vengono piegate o compresse.
- FONOSTOPDuo pur essendo un isolante sottile e leggero contrariamente ai fogli di materiale plastico espanso, non si sposta quando si stende il massetto grazie "all'effetto velcro" della faccia inferiore che gli impedisce di muoversi evitando la formazione di "ponti acustici" che potrebbero vanificare le operazioni di isolamento.
- Non contiene sostanze nocive.
- Resiste alla pedonabilità e alla perforazione.
- Elastico, flessibile e di facile stesura.
- È impermeabile, imputrescibile e inattaccabile da microrganismi.
- Sicuro durante la posa, durante l'esercizio non emette fibre, polveri e gas.
- Omologazione ministeriale per la classificazione di reazione al fuoco: Classe 1

FONOSTOPDuo ha conseguito senza far rumore un prestigioso riconoscimento



Rispetto agli altri sistemi, l'isolamento con il sistema del pavimento galleggiante comporta ulteriori vantaggi perché interponendo l'isolante al calpestio si separa la massa del massetto da quella del solaio realizzando una "doppia parete orizzontale" come si fa normalmente quando si isolano le pareti (vedi il relativo capitolo) per cui il pavimento galleggiante non isola solo i rumori del calpestio ma anche:

- riduce la trasmissione laterale del rumore aereo delle pareti che attraversa il solaio
- riduce la trasmissione diretta del rumore aereo del solaio

Si deve inoltre tener presente che non sempre è gradita una pavimentazione tessile, e

altri tipi di pavimenti resilienti non raggiungono il grado di isolamento della moquette. Inoltre va considerato che in questi casi non è poi più possibile cambiare tipo di pavimento se non realizzando un massetto galleggiante. La soluzione "a pavimento galleggiante" nel caso di una nuova costruzione o ristrutturazione totale assimilabile ad essa è la soluzione che offre la più ampia libertà di scelta dei materiali di pavimentazione, impedisce la trasmissione delle vibrazioni alla struttura e offre un naturale contributo all'isolamento dal rumore aereo.

FONOSTOPDuo è l'isolante acustico dei rumori di calpestio costituito da una lamina fonoresiliente accoppiata ad un tessuto non tessuto elastico in fibra poliestere. L'isolante è prodotto in rotoli da 10x1,05 m ed è munito di una aletta di sormonto di 5 cm priva del non tessuto di poliestere. FONOSTOPTrio è l'isolante acustico dei solai dai rumori di calpestio tristrato, costituito da una lamina fonoimpedente accoppiata su entrambe le facce ad un tessuto non tessuto di poliestere fonoresiliente. FONOSTOPTrio è l'isolante acustico dei pavimenti che in asso-

ciazione a FONOSTOPDuo consente di ottenere prestazioni di isolamento estremamente elevate.

Associando tra loro i materiali sono possibili interventi di isolamento del calpestio modulari che possono soddisfare qualsiasi esigenza. FONOSTOPTrio è dotato di due cimose contrapposte che consentono di realizzare la continuità del non tessuto su entrambe le facce del foglio durante la posa dei teli.

ISOLAMENTO ACUSTICO AL CALPESTIO MODULARE

INDEX ha progettato e certificato tre sistemi di isolamento con rigidità dinamica compresa tra 21 e 9 MN/m³.

Il primo, quello a 21 MN/m³ è basato sulla posa di uno strato di FONOSTOPDuo, ed è in grado di risolvere i problemi di isolamento dei solai più diffusi nell'edilizia residenziale.

Posando due strati di FONOSTOPDuo invece che uno solo si può ottenere un livello di isolamento superiore.

Aumentando lo spessore del materiale fonoresiliente diminuisce la rigidità dinamica dello strato isolante che passa a 11 MN/m³ e di conseguenza aumenta il grado di isolamento acustico. In tal caso il primo strato va posato con la faccia azzurra rivolta verso il piano di posa mentre il secondo viene steso a cavallo delle linee di accostamento del primo con la faccia azzurra verso l'alto in modo da contrapporre i due tessuti non tessuti bianchi che rappresentano le molle del sistema isolante. Per incrementare ulteriormente l'isolamento si dovrà impiegare FONOSTOPTrio, l'isolante acustico al calpestio che in associazione a FONOSTOPDuo consente di realizzare sistemi di isolamento di prestazioni elevate con rigidità dinamica di 9 MN/m³ che garantisce livelli di confort acustico ancora superiori.

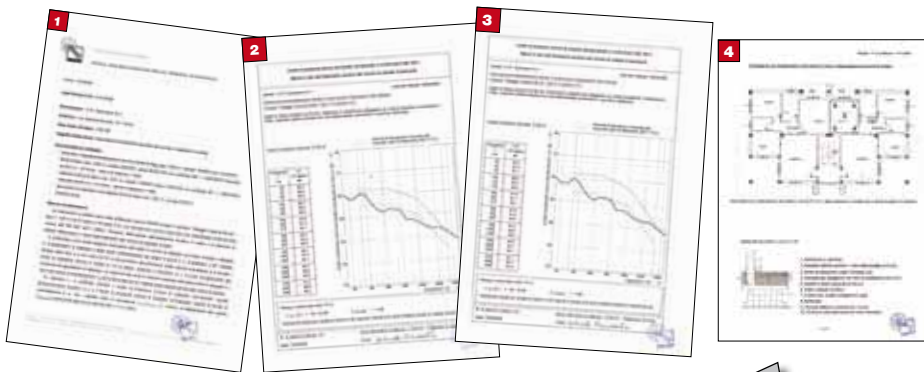
Nella tabella seguente sono riportati i livelli del rumore di calpestio L'_{nw} e l'incremento del potere fonoisolante ΔR_w per un solaio 20+4 in laterocemento da 237 Kg/m² con 7 cm di sottofondo alleggerito a densità 800 Kg/m³ che parte da un livello del rumore di calpestio $L_{nw,eq}=77,66$ dB e potere fonoisolante $R_w=48,74$ dB (massetto compreso) isolato con massetto galleggiante da 5 cm (d:2000Kg/m³) su i tre sistemi sopradescritti calcolabili con il metodo previsionale semplificato previsto dalla norma EN 12354-2.

Sistema	Rigidità dinamica	ΔL_w	L_{nw} solaio isolato (K=3 dB)	ΔR_w
A FONOSTOPDuo	21 MN/m ³	28,0 dB	53 dB	7,63 dB
B FONOSTOPDuo+FONOSTOPDuo	11 MN/m ³	32,0 dB	48 dB	10,63 dB
C FONOSTOPTrio+FONOSTOPDuo	9 MN/m ³	33,5 dB	47 dB	10,63 dB

Dalla tabella si deduce che per i solai rigidi in cls e laterocemento, tenendo conto dei coefficienti di sicurezza del caso, FONOSTOPDuo monostrato soddisfa l'esigenza di 63 dB nella quasi totalità dei casi. Si consiglia il sistema B, FONOSTOPDuo in doppio strato contrapposto, quando il livello massimo richiesto è di 55 dB mentre il sistema C va riservato a casi particolari dove è richiesto un isolamento superiore.

Misure in opera - Certificato "Politecnico di Torino"

Come è possibile rilevare dal certificato in figura, redatto dal Politecnico di Torino a seguito di una misurazione in opera in un edificio civile di Cumiana (TO) isolato con uno strato di FONOSTOPDuo, se si applica correttamente l'isolante curando con attenzione i particolari i risultati in opera sono molto vicini a quelli ottenuti con il calcolo previsionale, in merito a ciò si confronti le misure di 52 dB e 53 dB con i 52 dB calcolati nella tabella precedente per un solaio 20+4 isolato con FONOSTOPDuo monostrato.



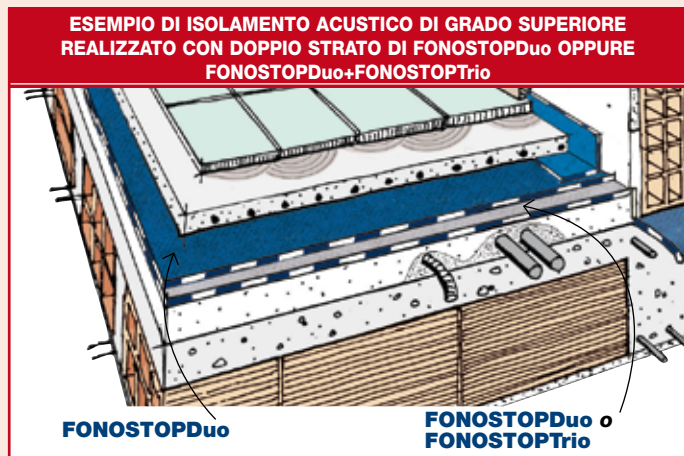
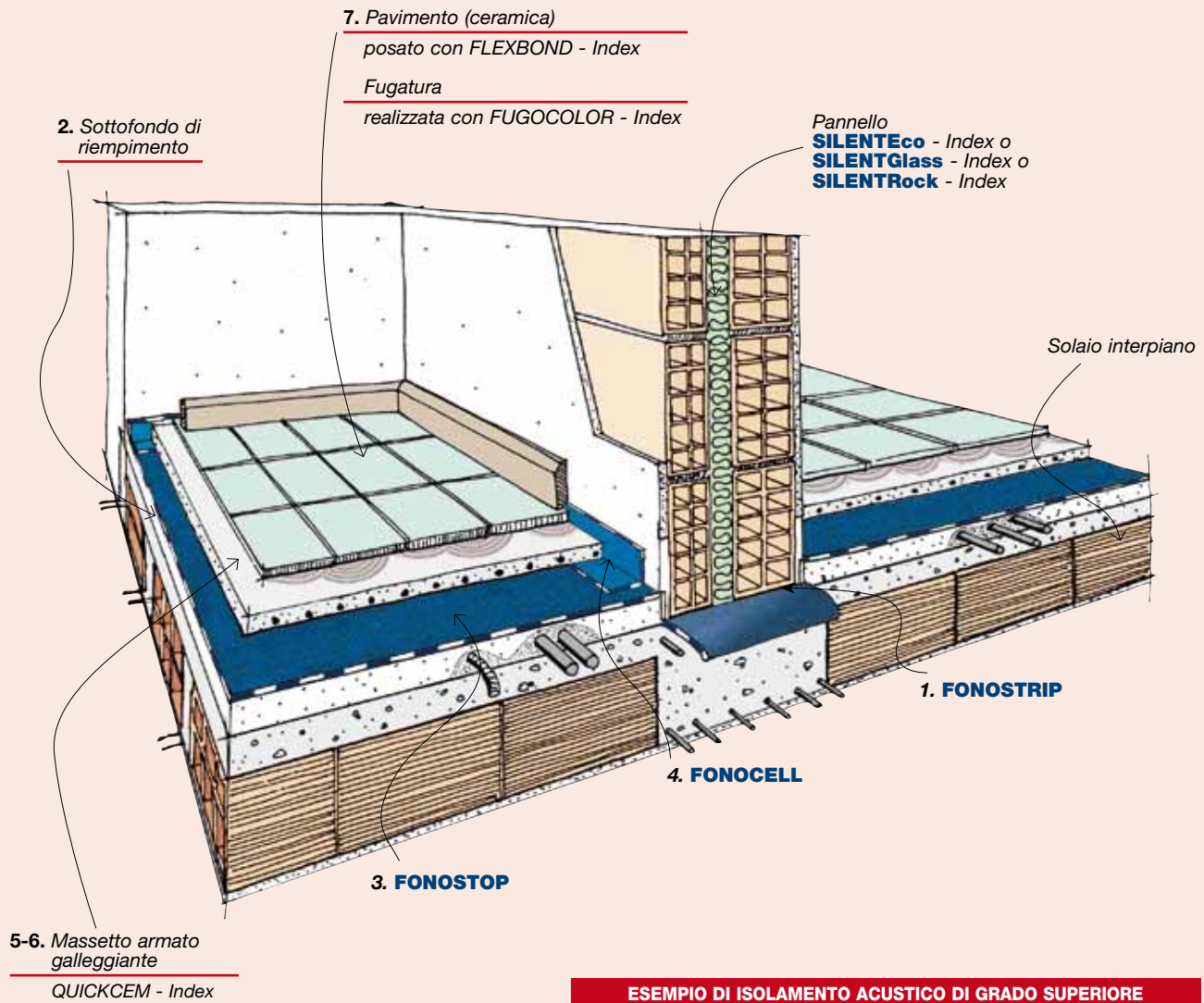
Si vuole sottolineare il fatto che il DPCM 05/12/1997 prescrive che il livello del rumore sia misurato in opera per cui non è sufficiente scegliere un buon materiale isolante e fare eseguire il calcolo previsionale dal tecnico acustico ma l'ottenimento del risultato è subordinato all'attenta cura che verrà posta durante la posa in opera. Più avanti verranno illustrate le modalità di applicazione e gli accorgimenti più comuni per ottenere un buon risultato che vengono riassunti nelle "6x3 regole d'oro" raccolte in un depliant che viene anche allegato ai bancali di FONOSTOP.

Particolari di esecuzione apparentemente insignificanti fanno decadere drammaticamente le capacità isolanti del sistema galleggiante che deve risultare perfettamente libero da ogni vincolo che ne limita la possibilità di oscillare sul materiale resiliente.



SOLUZIONI TECNICHE D'INTERVENTO

Isolamento acustico realizzato mediante pavimento galleggiante



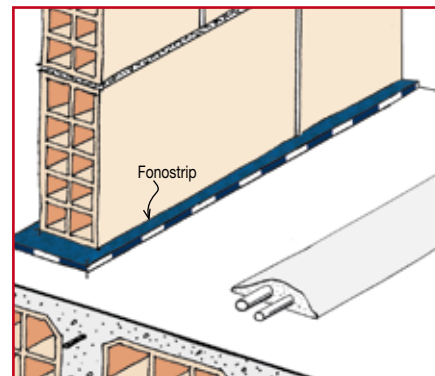
Le voci di capitolato sono riportate a pag. 79

MODALITA' DI POSA

1

Posa di FONOSTRIP

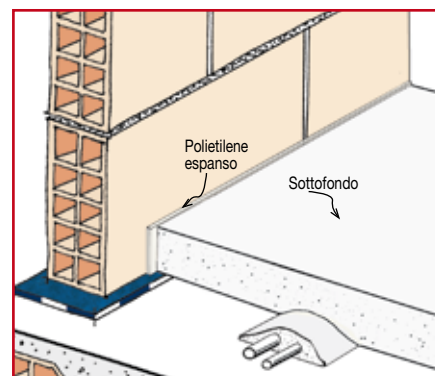
Il solaio che costituisce l'elemento portante in genere è costituito da latero-cemento. Su di esso verranno predisposte le strisce isolanti sulle quali verranno elevate le pareti divisorie. FONOSTRIP è l'isolante elastomerico, fornito in strisce di diversa altezza, in grado di smorzare le vibrazioni delle pareti.



2

Sottofondo di riempimento

Nel sottofondo di riempimento verranno annegate le tubazioni in precedenza posate sul solaio e raccordate con malta cementizia. Il riempimento può essere fatto con cls alleggerito o con sabbia stabilizzata con calce o cemento (dosaggio 50÷100 kg/m³) ed è preferibile isolarlo dalle pareti per mezzo di strisce di polietilene espanso di 2÷3 mm di spessore e di 1÷2 cm più alta del sottofondo.

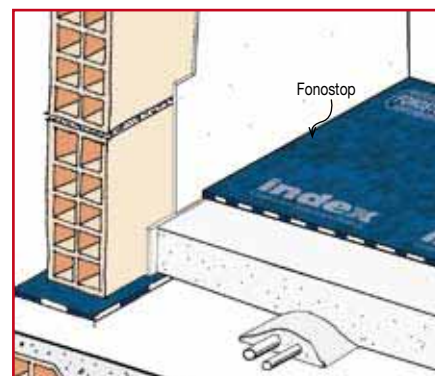


3

Posa di FONOSTOPDuo in monostrato

Lo strato isolante dovrà sopportare il traffico di cantiere, dovrà essere costituito da materiali durevoli e impuntrescibili.

FONOSTOPDuo è l'isolante acustico dei rumori di calpestio che soddisfa le esigenze sopradescritte e, con uno spessore ridotto, è dotato di elevatissime prestazioni. FONOSTOPDuo è dotato di aletta di sormonto incorporata di 5 cm, che andrà successivamente sigillata con il nastro SIGILTAPE.



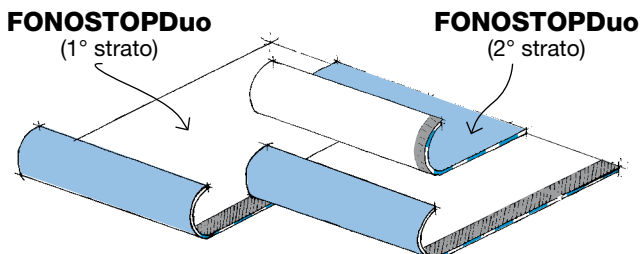
Posa in doppio strato

FONOSTOPDuo+FONOSTOPDuo

Nel caso di FONOSTOPDuo in doppio strato il **primo strato** verrà posato "alla rovescia", con la faccia bianca rivolta verso l'alto sormontando longitudinalmente i fogli lungo l'apposita fascia di sormonto e accostando accuratamente le teste dei teli evitando di sovrapporle.

Le linee di accostamento e sormonto non vanno sigillate e i teli verranno rifilati al piede delle parti verticali.

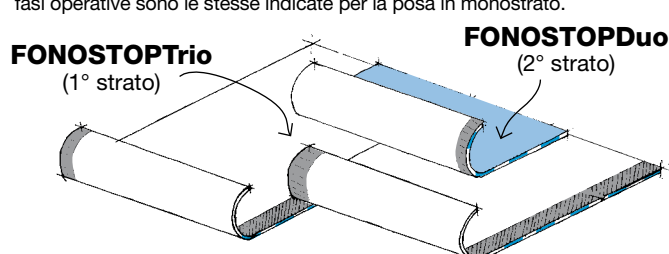
I fogli del **secondo strato** verranno posati con la faccia bianca rivolta verso il basso parallelamente ai fogli del primo strato e a cavallo delle linee di accostamento di questi. I teli, sormontati longitudinalmente lungo l'apposita fascia di sormonto, nel senso trasversale verranno accuratamente accoppiati testa a testa senza sormonti e verranno rifilati al piede delle parti verticali. Successivamente si sigillano le sovrapposizioni e le linee di accostamento con l'apposito nastro adesivo. Le successive fasi operative sono le stesse indicate per la posa in monostrato.



FONOSTOPDuo+FONOSTOPDuo

Nel caso di posa combinata con FONOSTOPTrio+FONOSTOPDuo il **primo strato** sarà costituito da FONOSTOPTrio dotato di tessuto non tessuto bianco su entrambe le facce e provvisto di due cimose di sormonto contrapposte. I teli verranno posati sul piano di posa somontandoli longitudinalmente lungo le apposite fasce di sovrapposizione mentre le teste dei teli verranno accostate con cura evitando di sovrapporle. I teli verranno rifilati al piede delle parti verticali e le linee di sormonto e accostamento non vanno sigillate.

Il **secondo strato** è costituito da teli di FONOSTOPDuo posati a cavallo dei sormonti del primo strato e parallelamente a questo. I fogli verranno sovrapposti nel senso longitudinale lungo la fascia di sormonto predisposto sui teli e accostati con cura nel senso trasversale evitando di sovrapporre le teste. I fogli vanno rifilati al piede delle parti verticali e le linee di sormonto e accostamento vanno accuratamente sigillate con l'apposito nastro adesivo. Le successive fasi operative sono le stesse indicate per la posa in monostrato.

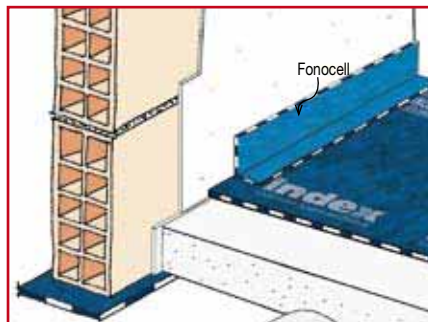


MODALITA' DI POSA

4

Posa di FONOCCELL

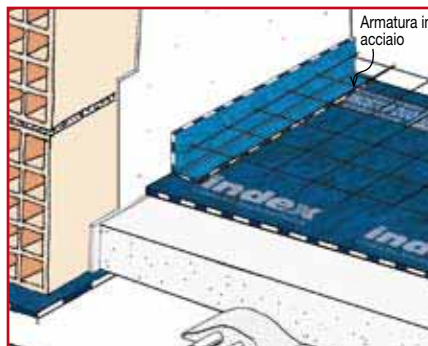
Previa intonacatura delle murature, la desolidarizzazione del massetto armato galleggiante dai muri in rilievo sarà realizzata con una fascia autoadesiva di polietilene espanso disponibile nelle due versioni FONOCCELL e FONOCCELL ROLL.



5

Posa dell'armatura metallica

L'armatura del massetto sarà costituita da una rete metallica elettrosaldata zincata con maglia di 5x5 cm circa, o da armature di prestazioni analoghe.

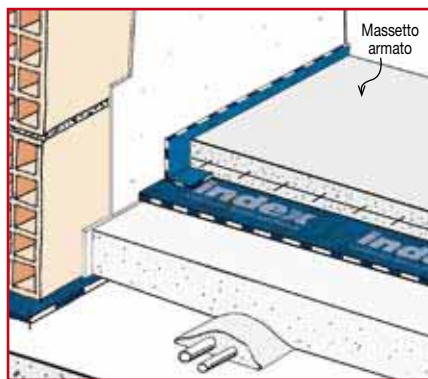


6

Stesura del massetto

Il massetto armato galleggiante è formato da un massetto di allettamento in calcestruzzo armato di minimo 4 cm di spessore (Quickcem - Index).

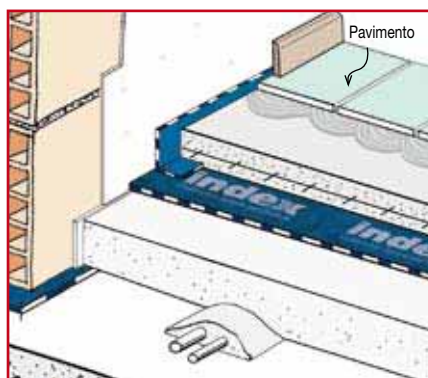
Non dovrà avere alcun collegamento rigido con il solaio o con le pareti, anche un solo collegamento rigido è in grado di ridurre notevolmente l'efficacia acustica del sistema. È pertanto importante che non vi siano annegate tubazioni che potrebbero costituire "ponte acustico".



7

Posa della pavimentazione

Dopo stagionatura, sul massetto verrà posato il pavimento per il quale, a seconda del tipo (ceramica, pietra, legno), verrà adottato il collante e il prodotto per le fugature più idoneo secondo le indicazioni INDEX.

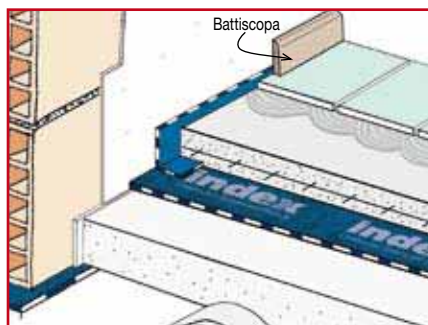


8

Rifilo di FONOCCELL in eccedenza e posa del battiscopa

L'eccedenza di FONOCCELL dovrà essere eliminata solo dopo la posa della pavimentazione.

Il battiscopa non dovrà toccare il pavimento e se si reputa necessaria la chiusura dell'interstizio battiscopa-pavimento potrà essere ottenuta disponendo un cordolo di sigillatura elastico.



PARTICOLARI DI POSA

Dettagli della
posa di
FONOCELL
negli angoli

Se negli angoli FONOCELL non è posato aderente alle murature, la stesura del massetto lo può fessurare

FONOCELL ANGLE

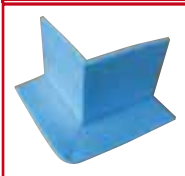


Versione angolo interno

ANGOLO INTERNO realizzato con FONOCELL



FONOCELL ANGLE



Versione angolo esterno

ANGOLO ESTERNO realizzato con FONOCELL

Eliminazione di
FONOCELL in
eccesso

Dopo la posa del pavimento il FONOCELL risulterà essere in eccedenza. Il surplus potrà essere facilmente eliminato con una taglierina.



Il massetto

I massetti si possono fessurare. Prevedere sempre un'armatura metallica o similari

MASSETTO NON ARMATO



MASSETTO ARMATO



SPESSORI MINIMI E CONSIGLIATI PER TIPOLOGIA E DENSITÀ DEL MASSETTO

FONOSTOP	Massetti alleggeriti Densità compresa tra 1.100 e 1.500 kg/m ³	Massetti sabbia cemento Densità compresa tra 1.600 e 1.800 kg/m ³	Massetti autolivellanti Densità non inferiore a 2.000 kg/m ³
 Singolo strato	Spessore minimo 6 cm (spessore consigliato 7 cm)	Spessore minimo 4 cm (spessore consigliato 5 cm)	Spessore minimo 3,5 cm (spessore consigliato 4 cm)
 Doppio strato	Spessore minimo 7 cm (spessore consigliato 8 cm)	Spessore minimo 5 cm (spessore consigliato 6 cm)	Spessore minimo 4,5 cm (spessore consigliato 5 cm)
 Doppio strato FONOSTOP Trio + FONOSTOP	Spessore minimo 8 cm (spessore consigliato 9 cm)	Spessore minimo 6 cm (spessore consigliato 7 cm)	Spessore minimo 5,5 cm (spessore consigliato 6 cm)

Consistenza
dei massetti

Su FONOSTOP possono essere impiegati sia massetti in anidrite sia massetti cementizi. Il massetto in anidrite non richiede l'armatura. Il massetto cementizio viene normalmente confezionato a consistenza "umida" (classe s1)* o "plastica (classe s2)*. Nel caso siano previsti impasti a consistenza "semifluida" (classe s3)*, "fluida" (classe s4)* o superfluida (classe s5)*. In alternativa alla sigillatura dei sormonti con nastro SIGILTAPE su tutta la superficie può esser steso un foglio di polietilene da 0,01 mm di spessore che verrà risvoltato sulle pareti per almeno 10 cm.

SIGILTAPE verrà anche usato per sigillare le tubazioni fasciate con FONOCELL. Ciò eviterà la formazione di ponti acustici derivanti dal possibile percolamento attraverso le sovrapposizioni dell'isolante acustico delle parti più fini dell'impasto.

(*) Normativa UNI 9417

CONSISTENZA
SEMIFLUIDA,
FLUIDA O SUPERFLUIDACONSISTENZA
UMIDA
O PLASTICANASTRO ADESIVO
SIGILTAPEFILM
DI POLIETILENE

PARTICOLARI DI POSA

Posa del battiscopa

Il contatto rigido tra il battiscopa ed il pavimento può causare un ponte acustico. di seguito vengono mostrate tre possibili modalità di collegamento elastico dei battiscopa in grado di mantenere svincolato il galleggiamento del massetto.

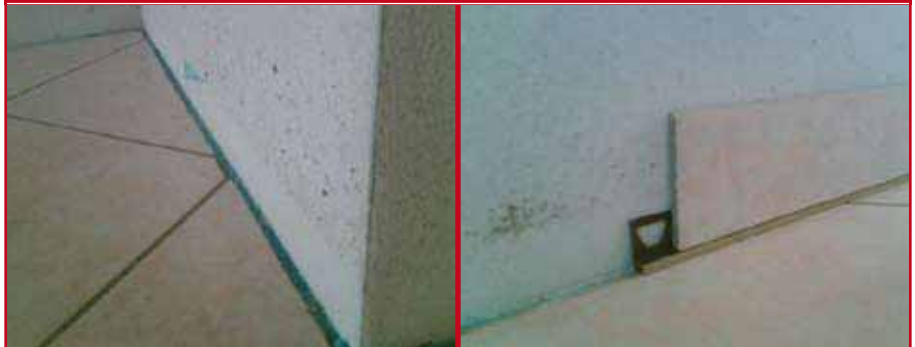
CUNEI DISTANZIATORI E SIGILLATURA ELASTICA



BANDELLA ADESIVA DISTANZIATRICE E SIGILLATURA ELASTICA



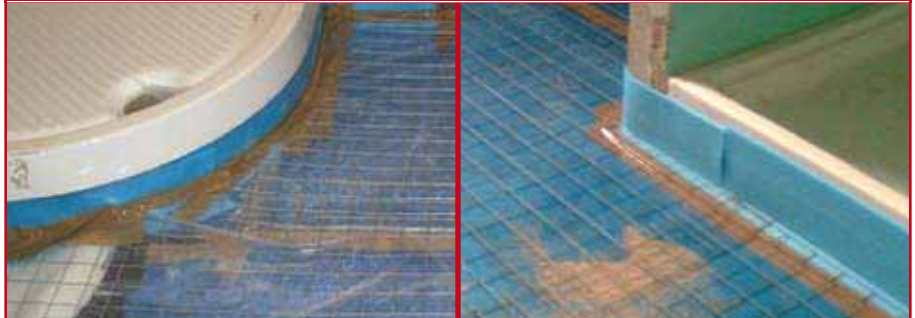
PROFILO DISTANZIATORE



Isolamento al calpestio dei bagni

L'isolamento acustico dai rumori di calpestio dei bagni deve essere eseguito, come nel resto degli alloggi, andando a creare un massetto galleggiante; il massetto in questione sarà quindi mantenuto distaccato da qualunque tubazione in affioramento dal solaio e dai piatti doccia o vasche presenti al momento della posa degli isolanti della linea FONOSTOP.

DISTACCO DEI MASSETTI DEL PIATTO DOCCIA ATTRAVERSO L'INTERPOSIZIONE DI FONOCCELL



DESOLIDARIZZAZIONE DELLO SCARICO IDRICO VERSO IL MASSETTO DI ALLETTAMENTO



DISTACCO DEI MASSETTI DELLA VASCA ATTRAVERSO L'INTERPOSIZIONE DI FONOCCELL



PARTICOLARI DI POSA

Giunti di dilatazione

Per la buona riuscita delle pavimentazioni piastrellate, assume grande importanza il controllo delle tensioni indotte dalle dilatazioni sulle superfici dei pavimenti e dei rivestimenti.

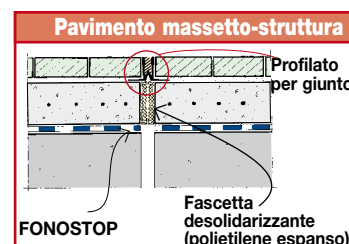
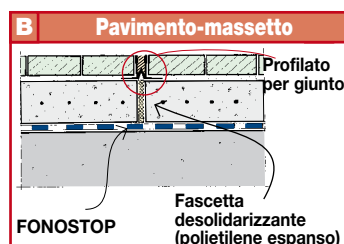
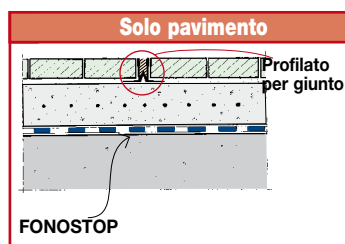
Per quanto riguarda le pavimentazioni e i massetti, essi dovranno:

- essere desolidarizzati dagli elementi fissi della costruzione (pareti, colonne, spalle di porte, ecc.);
- essere provvisti di giunti di dimensioni adeguate.

Il risvolto verticale di FONOCELL realizza il giunto perimetrale in corrispondenza delle pareti, delle colonne, delle spalle delle porte.

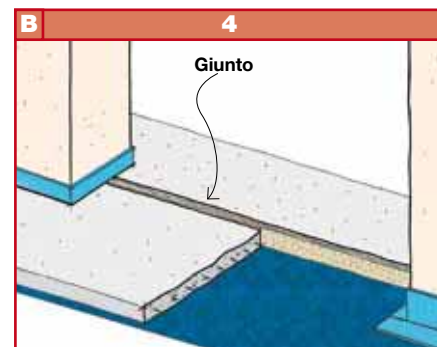
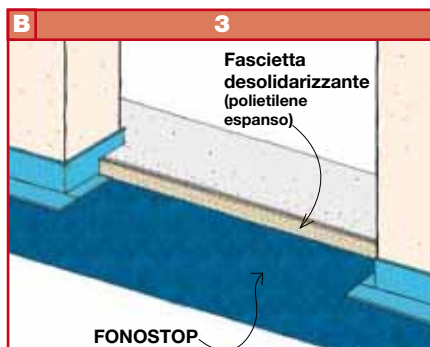
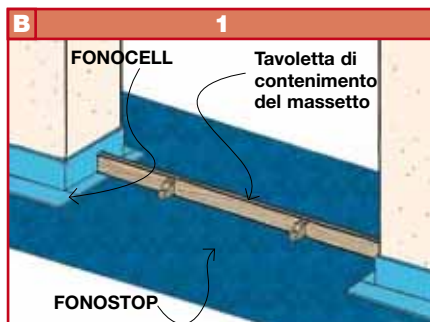
Nelle zone continue del pavimento a seconda del tipo di pavimento, della sua dimensione o della composizione della struttura portante, i giunti normalmente previsti fanno riferimento ad uno dei seguenti schemi.

Profilo per giunto



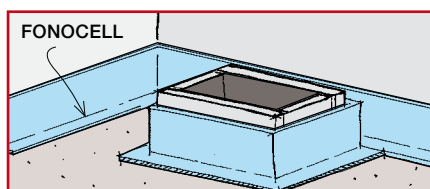
Giunto pavimento-massetto (situazione B)

Fasi per la realizzazione di un giunto pavimento-massetto in corrispondenza della soglia di una porta.



Isolamento acustico degli impianti

Particolare del rivestimento degli impianti nel passaggio attraverso i solai con FONOCELL



Particolare rivestimento di vano tecnico

PENALIZZAZIONI DEI LIVELLI DI CALPESTIO NORMALIZZATO DEI SOLAI RICONDUCIBILI AD ERRORI DI POSA

Quanto riportato vuole essere un valido ausilio alla posa in opera delle soluzioni indicate in questa guida, in relazione agli errori di posa più frequentemente riscontrati nel quotidiano approfondimento delle tematiche legate all'isolamento passivo degli edifici ed in particolare, della posa in opera dell'isolamento dei solai.

Pur considerando possibili ulteriori errori di posa del sistema a "massetto galleggiante", si ritengono ad oggi maggiormente pericolosi ai fini dell'ottenimento del corretto livello di confort acustico degli occupanti, gli errori di posa ascrivibili a:

- Errato od insufficiente livellamento dello spessore adibito al passaggio delle tubazioni relative agli impianti elettrico ed idraulico;
- Incidenza dei contatti rigidi imputabile alla presenza di collegamenti tra l'elemento galleggiante (massetto e pavimento) e le partizioni di contenimento (solaio e pareti laterali);

Premessa

Ad oggi, dopo aver eseguito ed aver presenziato ad alcune decine di rilievi fonometrici di cantiere e presupponendo la corretta e attenta progettazione del pacchetto di isolamento al calpestio, Index s.p.a. è nelle condizioni di poter asserire che ogniqualvolta il valore dell'indice si avvicina o supera i limiti imposti dal DPCM 5/12/97, la causa è direttamente imputabile alla presenza di contatti o collegamenti rigidi tra il massetto e le partizioni di contenimento (caso estremo dovuto all'assenza di parti di isolante al calpestio FONOSTOP o di parti di fascetta perimetrale FONOCCELL) o tra la pavimentazione (fughe cementizie) e le pareti al perimetro (ivi incluse eventuali soglie di porte o porte finestre).

A tale titolo riteniamo opportuno ribadire la bontà delle soluzioni tecniche da noi proposte e l'assoluta garanzia che tali soluzioni possono fornire, se correttamente portate a termine con una corretta posa in opera di tutto il sistema (soprattutto della giusta accuratezza da parte degli operatori adibiti alla pavimentazione dei locali) come mostrato dall'elenco di collaudi eseguiti in cantiere a pag. 76 e disponibili su richiesta.

ERRATO OD INSUFFICIENTE LIVELLAMENTO DELLO SPESSORE ADIBITO AL PASSAGGIO DELLE TUBAZIONI RELATIVE AGLI IMPIANTI ELETTRICO ED IDRAULICO

Anche se auspicato da tempo, ad oggi non è ancora sufficientemente entrata in itinere la progettazione dei requisiti passivi degli edifici integrata con le altre tematiche relative alla progettazione dei fabbricati; nonostante le problematiche espresse dai requisiti passivi abbiamo fatto velocemente aumentare la soglia di attenzione dei vari "attori" impegnati nel procedimento di progettazione ed edificazione, non è ancora di uso comune "progettare con sensibilità acustica".

Tale situazione porta con sé una serie di problemi esecutivi che spesso rischiano di modificare o penalizzare fortemente fino a compromettere del tutto, gli interventi di isolamento acustico di elementi di fabbricato. Un caso tipico problematica che si riscontra nelle ristrutturazioni (dove in quel caso la progettazione ha vincoli imposti da quote prestabilite) ma che purtroppo spesso si riscontra anche sulle nuove costruzioni, è



inerente alla mancanza di spessore sufficiente per poter costituire il "doppio massetto", cioè porre l'isolamento al calpestio al di sopra dello strato di livellamento adibito alla copertura degli impianti.

La mancanza dello spessore sufficiente e la scarsa sensibilità o competenza per problematiche annesse all'isolamento al calpestio dei solai, può causare forti penalizzazioni in relazione agli indici acustici richiesti per Legge ($L'_{n,w}$) e creare ulteriori lamentele in relazione alla resistenza meccanica fornita del massetto di allettamento (per questo viene ritenuto opportuno l'inserimento di una rete di armatura) galleggiante ed avente spessori differenti in concomitanza di avvallamenti o sporgenze dello strato di ricoprimento delle tubazioni.

Situazioni come quelle di seguito riportate possono causare problemi relativamente a:

- **Sollecitazioni differenziate sullo strato resiliente e quindi penalizzazioni sui requisiti di Legge:** la non uniformità degli spessori del massetto a contatto con lo strato resiliente può essere causa di comportamenti anomali del sistema di isolamento al calpestio, la sollecitazione causata dalla macchina a martelli posta su un assottigliamento del massetto farebbe riscontrare un comportamento certamente più penalizzato rispetto alla stessa sollecitazione praticata su una sezione di massetto del giusto peso e spessore;
- **Resistenze meccaniche compromesse e quindi possibili fessurazioni del massetto e rotture della pavimentazione:** la stesura dello strato resiliente su una superficie scarsamente planare ed incoerente causa la creazione di piccole intercapedini d'aria tra il materiale isolante ed il sottofondo (negli incroci tra le tubazioni non è possibile considerare una perfetta adesione del materiale). In concomitanza di queste intercapedini il materiale ha uno spessore limitato di massetto (e quindi poco carico) e questo fa sì che un'eventuale seguente carico d'esercizio cospicuo (ad esempio grandi armadi) possa far diminuire lo spessore del materiale causando la fessurazione del massetto di allettamento fino alla rottura della pavimentazione.

Possibili soluzioni

Considerando l'impossibilità di avere uno spessore sufficiente in sede di progetto, si ritiene molto importante suggerire per le casistiche appena presentate, un'ulteriore possibilità di ripristino delle corrette condizioni di posa, attraverso la creazione di guscie in malta aventi elevato raggio di curvatura per fare in modo che lo strato isolante sia appoggiato stabilmente sul supporto costituito dal sottofondo. Fatto questo sarà importante armare il massetto di allettamento ponendo maggior cura (eventuale inserimento di un ulteriore "ponte di armatura") dove la sezione del massetto stesso, tenderà ad assumere spessori preoccupanti (al di sotto dei 3 cm).

INCIDENZA DEI CONTATTI RIGIDI IMPUTABILI ALLA PRESENZA DI COLLEGAMENTI TRA L'ELEMENTO GALLEGGIANTE E LE PARTIZIONI DI CONTENIMENTO

Quanto di seguito riportato è il riassunto dell'approfondita campagna di sperimentazioni di cantiere da Index s.p.a. condotta, al fine di caratterizzare le prestazioni dei massetti galleggianti isolati con i nostri sistemi e di individuare e se possibile quantificare, i rischi annessi alla non corretta posa in opera del sistema di isolamento acustico al calpestio, andando a valutare e misurare le penalizzazioni conseguenti. Prima di addentrarci nelle sperimentazioni di cantiere ci sia concesso un approfondimento inerente la discussione dei dati sperimentali, non tanto come euristico sfoggio di competenze, ma più come valido ausilio nell'interpretazione delle risponderie legate ai rapporti di prova seguente i collaudi strumentali di cantiere.

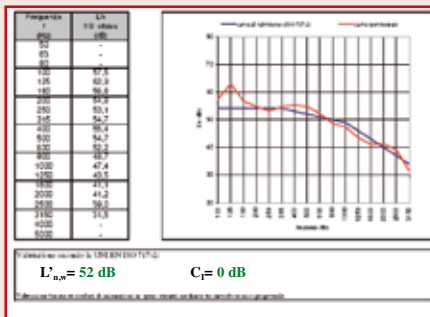
Analisi dei dati relativi al collaudo

Il rapporto di prova fornito a seguito del rilievo strumentale di cantiere, se letto con attenzione, può dare notevoli indicazioni sullo stato della posa in opera relativa all'intervento in sede di discussione.

All'interno del rapporto di prova è possibile visionare il grafico relativo alle misure effettuate per tutte le frequenze interessate dalle Norme UNI (da 100 a 3150 Hz); la curva prevista secondo Norma ISO (curva blu immagine seguente) ha un andamento che riproduce fedelmente il comportamento atteso da un sistema perfettamente galleggiante, esente da collegamenti rigidi e punti di contatto, è la curva "tipo" che garantisce il corretto funzionamento dell'isolamento con la tecnica del "massetto galleggiante".

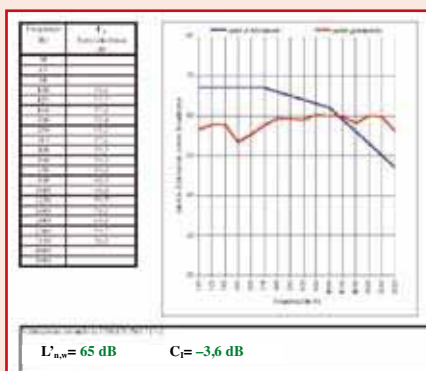
La curva sperimentale (curva rossa immagine seguente) ricavata a seguito del rilievo in cantiere raffigura invece l'effettivo stato di funzionamento del sistema galleggiante; se il sistema è stato costituito con i dovuti accorgimenti (come quello rappresentato in figura) le due curve hanno andamento molto simile e il coefficiente di adattamento spettrale riportato è molto contenuto (nel caso in figura pari a zero).

Di seguito collaudo in opera su solaio in latero cemento (sp. cm 20 + 4) isolato con FONOSTOPDuo in unico strato e massetto sabbia cemento dello spessore minimo di cm 4, con pavimento in ceramica (collaudo eseguito dallo STUDIO PELUCCHI di Perugia):



Nell'intervallo di frequenze considerato, riveste grande importanza l'andamento della curva sperimentale (da confrontare con quella "normata") soprattutto alle alte frequenze (verso destra nel grafico): più le curve si distanziano maggiori sono le probabilità che esistano punti di contatto rigidi che inibiscano il funzionamento del "massetto galleggiante".

L'esempio di seguito riportato è relativo ad un collaudo di cantiere che ha dato esiti completamente diversi dal precedente, pur mantenendo costanti materiali isolanti e stratigrafia del solaio (medesimi spessori di sottofondo di livellamento impianti e medesimi spessori del massetto).



Come si vede le curve si discostano nell'ultimo tratto (alte frequenze) ed il coefficiente di adattamento spettrale C_1 è maggiore a quello calcolato nell'esempio precedente.

In tale situazione è sicura la presenza di contatti rigidi che hanno certamente penalizzato il funzionamento del sistema galleggiante; le fotografie di seguito riportate avvalorano quanto dichiarato.

Sono ampiamente visibili i contatti rigidi presenti in corrispondenza delle soglie e tra pavimento e rivestimento dell'angolo cottura ricavato nel soggiorno sede del rilievo fonometrico



Il coefficiente di adattamento spettrale C_1 è un termine in grado di valutare lo scostamento tra la prestazione di un massetto correttamente galleggiante (C_1 molto piccoli 2/3 o tendenti a zero) ed un massetto galleggiante con punti di contatto rigidi (C_1 più elevato 10/11)

PENALIZZAZIONI SULL'INDICE DI ISOLAMENTO AL CALPESTIO ASCRIVIBILI A CONTATTI RIGIDI DELLA PAVIMENTAZIONE

Prendendo spunto da quanto pubblicato negli Atti del 32° Convegno nazionale AIA di Ancona del 2005, in relazione all'incidenza dei contatti rigidi nel sistema di massetto galleggiante, anche se si ritiene difficilmente esportabile a tutti i casi possibili, risulta di grande interesse approfondire la conoscenza delle penalizzazioni e quantificare (anche se non in modo assoluto) l'entità di tali possibili peggioramenti. In tale relazione viene considerato un solaio latero cemento (travetti e pignatte dello spessore di cm 24) isolato con la tecnica del massetto galleggiante secondo le modalità di sotto elencate:

Ripercorrendo a ritroso quanto sperimentato, alla ricerca di un complesso legame risultato acustico-contatto rigido, potremmo riassumere la brillante esperienza mostrata attraverso penalizzazioni numeriche che devono essere considerate puramente orientative:

- contatti rigidi in ragione del 2% possono portare a penalizzazioni di anche 8 dB!
- contatti rigidi in ragione del 50% possono portare a penalizzazioni anche superiori a 20 dB!

Descrizione	Indice di livello sonoro al calpestio
Collaudo solaio "nudo" (solo travetti, pignatte e cappa di consolidamento)	87 dB
Collaudo solaio isolato perfett. e connesso rigidamente (dal pavimento) su 2 lati	71 dB
Collaudo solaio isolato perfettamente e connesso rigidamente (dal pavimento) su un solo lato	68 dB
Collaudo solaio isolato perfettamente e connesso rigidamente (dal pavimento) su una lunghezza di m 2,60	65 dB
Collaudo solaio isolato perfettamente e connesso rigidamente (dal pavimento) su una lunghezza di m 0,90	60 dB
Collaudo solaio isolato perfettamente e connesso rigidamente (dal pavimento) su una lunghezza di m 0,30	56 dB
Collaudo L'n,w solaio isolato perfettamente senza contatti rigidi	48 dB

PENALIZZAZIONI CAUSATE DA ERRORI COMUNI

La posa dello zoccolino in legno in perfetta aderenza al pavimento, può essere causa di penalizzazioni anche di 3÷4 dB. Se poi lo zoccolino viene sigillato con malta le perdite possono assumere proporzioni maggiori.



La mancanza di un giunto elastico tra la soglia della porta di ingresso e la pavimentazione interna dell'alloggio, (allo stesso modo per l'eventuale porta finestra verso la terrazza) crea un ponte acustico che può causare penalizzazioni di anche 8 dB.



Il rivestimento dell'angolo cottura del soggiorno rigidamente connesso con il pavimento, può comportare penalizzazioni dipendenti dalla superficie del contatto, tali penalizzazioni sull'indice L'n,w possono arrivare anche a 12 dB.



Il battiscopa rigidamente connesso con il pavimento o il pavimento rigidamente connesso alle pareti, può comportare penalizzazioni dipendenti dalla superficie del contatto, tali penalizzazioni sull'indice L'n,w possono arrivare a superare i 20 dB.



LE PRINCIPALI CARATTERISTICHE DELL'ISOLANTE ACUSTICO DEI PAVIMENTI GALLEGGIANTI

LA RIGIDITÀ DINAMICA E L'ISOLAMENTO ACUSTICO AL CALPESTIO MODULARE

La rigidità dinamica è la caratteristica che determina le proprietà isolanti dei materiali per il pavimento galleggiante e definisce la capacità del materiale di deformarsi elasticamente e smorzare la sollecitazione dinamica, il calpestio, a cui è sottoposto quando è precaricato dal peso del massetto.

La rigidità dinamica diminuisce con l'aumentare dello spessore del materiale.

Nell'ambito dell'isolamento al calpestio in edilizia si ritiene che la rigidità dinamica di un materiale isolante di buona qualità debba essere compresa tra 35 e 7 MN/m³ e l'attenuazione acustica è più alta quanto più è bassa la rigidità dinamica (vedi grafico C1).

Una rigidità più alta significa che il materiale è troppo rigido sotto la sollecitazione prevista nei pavimenti e non si deforma elasticamente, magari è adatto per smorzare le vibrazioni di un macchinario pesante o quelle di un binario ferroviario quando passa il treno ma non è adatto per smorzare una sollecitazione "debole" come quella del calpestio. Ad esempio, un materiale elastico come comunemente si ritiene lo sia la gomma ha una rigidità troppo alta per essere usato nell'isolamento dei pavimenti e perché funzioni la si deve alleggerire o fare in modo che aumenti il precarico unitario magari diminuendo con opportuni accorgimenti la superficie di appoggio.

La rigidità dinamica non deve essere comunque eccessivamente bassa altrimenti vuol dire che il materiale è troppo compressibile e si schiaccia.

INDEX ha progettato e certificato presso l'I.T.C.-CNR di San Giuliano Milanese, tre sistemi di isolamento con rigidità dinamica compresa tra 21 e 9 MN/m³.

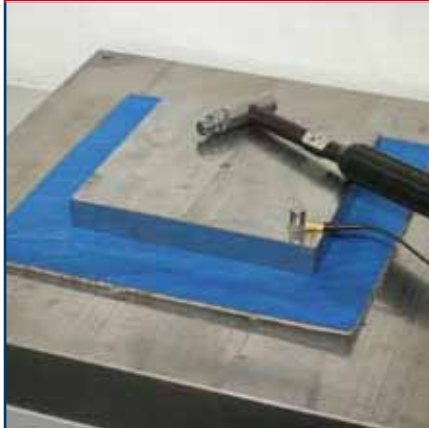
Il primo, quello a 21 MN/mc é basato sulla posa di uno strato di FONOSTOPDuo come già descritto precedentemente. Aumentando lo spessore del materiale fonoresiliente diminuisce la rigidità dinamica dello strato isolante che passa a 11MN/m³ e di conseguenza

aumenta il grado di isolamento acustico, per cui posando due strati di FONOSTOPDuo invece che uno solo si può ottenere un livello di isolamento superiore.

In tal caso il primo strato va posato con la faccia azzurra rivolta verso il piano di posa mentre il secondo viene steso a cavallo delle linee di accostamento del primo con la faccia azzurra verso l'alto in modo da contrapporre i due tessuti non tessuti bianchi che rappresentano le molle del sistema isolante.

Per incrementare ulteriormente l'isolamento è stato poi messo a punto un nuovo materiale isolante denominato FONOSTOPTrio.

RIGIDITÀ DINAMICA



RESISTIVITÀ AL FLUSSO D'ARIA



FONOSTOPTrio è l'isolante acustico al calpestio che in associazione a FONOSTOPDuo consente di realizzare sistemi di isolamento di prestazioni elevate con rigidità dinamica di 9 MN/m³ che garantisce livelli di confort acustico ancora superiori.

Con l'introduzione di quest'ultimo prodotto sono ora possibili soluzioni di isolamento modulari in grado di soddisfare qualsiasi esigenza a partire dal sistema monostrato di FONOSTOPDuo.

Nella tabella seguente sono riportati i livelli del rumore di calpestio L'_{nw} e l'incremento del potere fonoisolante ΔR_w per un solaio 20+4 in laterocemento da 237 Kg/m² con 7 cm di sottofondo alleggerito a densità 800 Kg/m³ che parte da un livello del rumore di calpestio $L_{nw,eq}=77,66$ dB e potere fonoisolante $R_w=48,74$ dB (massetto compreso) isolato con massetto galleggiante da 5 cm (d:2000Kg/m³) su i tre sistemi sopradescritti calcolabili con il metodo previsionale semplificato previsto dalla norma EN 12354-2.

INDEX nel proprio laboratorio di Acustica controlla costantemente le caratteristiche di rigidità dinamica e di resistenza al flusso d'aria sia sulle materie prime che sui prodotti finiti ed è pertanto in grado di garantire un elevato standard di costanza della qualità conforme i canoni stabiliti dalla norma UNI EN ISO 9001.



SISTEMA A

FONOSTOPDuo



SISTEMA B

FONOSTOPDuo+FONOSTOPDuo



SISTEMA C

FONOSTOPTrio+FONOSTOPDuo



Sistema	Caratteristiche misurate in laboratorio		Prestazioni calcolate conforme EN 12354-2		
	Certificato I.T.C. n.	Rigidità dinamica	ΔL_w	$L_{n,w}$ solaio isolato (K=3 dB)	ΔR_w
A FONOSTOPDuo	3402/RP/01	21 MN/m ³	28 dB	53 dB	7,63 dB
B FONOSTOPDuo+FONOSTOPDuo	3403/RP/01	11 MN/m ³	32 dB	48 dB	10,63 dB
C FONOSTOPTrio+FONOSTOPDuo	3404/RP/01	9 MN/m ³	33,5 dB	47 dB	10,63 dB

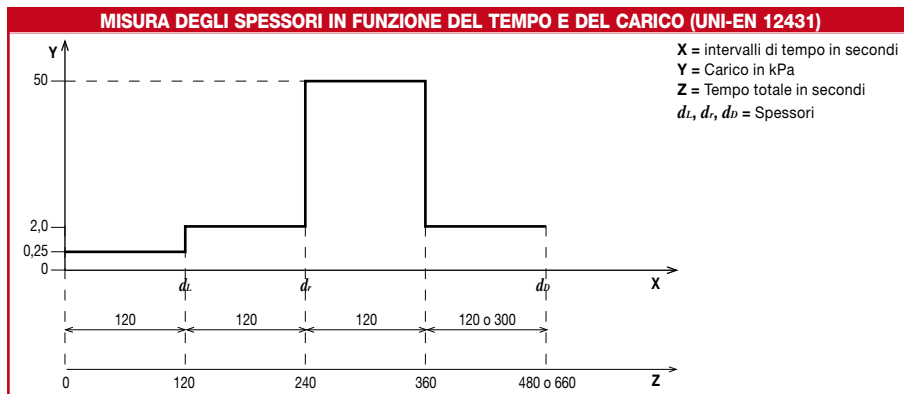
COMPRESSIBILITÀ E MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI

Un'altra importante caratteristica del materiale isolante per pavimenti galleggianti è quella della resistenza allo schiacciamento sotto i carichi a cui è soggetto.

È evidente che se il materiale si schiaccia sotto il peso del massetto e dei sovraccarichi previsti non è più in grado di svolgere le funzioni isolanti.

Per valutare questa caratteristica esistono dei metodi di prova specifici:

- UNI EN 12431. Determinazione dello spessore sotto compressione degli isolanti per pavimenti galleggianti, dove lo spessore è determinato dopo una serie di cicli di compressione sotto carico di 2 kPa e 50 kPa
- UNI EN 1606. Determinazione dello scorrimento viscoso a compressione dove lo spessore è misurato dopo che il materiale è stato mantenuto sotto un carico costante di 2 kPa per 122 giorni.



La Comprimibilità è stata misurata secondo UNI EN 12431 sia su FONOSTOPDuo in monostrato sia in doppio strato:

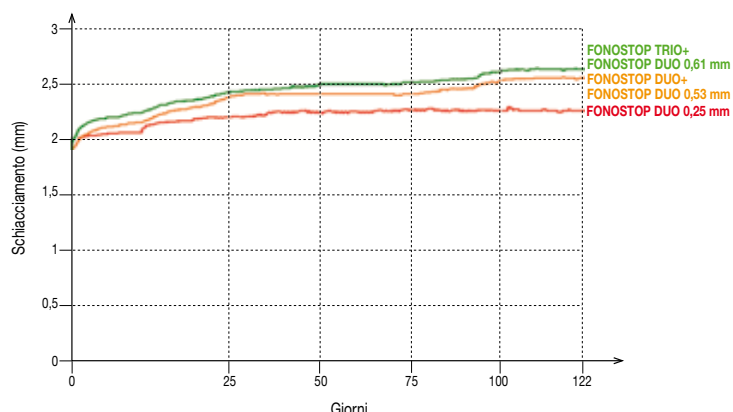
COMPRESSIBILITÀ DI FONOSTOPDuo

	Comprimibilità	Livello
FONOSTOPDuo	2 mm	CP2
FONOSTOPDuo+FONOSTOPDuo	3 mm	CP3

Lo schiacciamento sotto carico costante di 200 Kg/m² conforme UNI EN 1606 è stata misurata su tutti i sistemi sopradescritti:

SCHIACCIAMENTO SOTTO CARICO COSTANTE

	Schiacciamento
FONOSTOPDuo	0,25 mm
FONOSTOPDuo+FONOSTOPDuo	0,53 mm
FONOSTOPDuo+FONOSTOPTrio	0,61 mm



È stato misurato anche il mantenimento della prestazione acustica di FONOSTOPDuo al calpestio su solaio di riferimento (metodo interno INDEX) misurando il ΔL_w del campione posto sotto una piastra in cls da 50x70 cm per un carico di 200 Kg/m².

I risultati ottenuti dimostrano l'ottima stabilità nel tempo dei sistemi FONOSTOPDuo sia come resistenza allo schiacciamento sia come mantenimento delle capacità isolanti.

MANTENIMENTO DELLA PRESTAZIONE ACUSTICA

FONOSTOPDuo	Tempo	ΔL_w
	• Nuovo	27 dB
	• 30 giorni	29 dB
	• 90 giorni	29 dB
	• 270 giorni	30 dB

LA RESISTENZA AL PUNZONAMENTO

La resistenza del materiale isolante alle forature causate da urti e sollecitazioni accidentali è una caratteristica non meno importante della comprimibilità.

L'esperienza insegna che materiali con caratteristiche ottimali di elasticità e comprimibilità una volta che sono stati messi in opera non danno il risultato previsto perché sono stati lesionati prima ancora di entrare in esercizio.

La realtà del cantiere edile è impietosa verso quei materiali leggeri e delicati troppo sensibili al traffico di cantiere e solo i materiali resistenti al punzonamento sia statico, per resistere alle asperità dei sottofondi irregolari sotto il carico del massetto, sia dinamico, per resistere agli urti causati dalla caduta di oggetti e al traffico dei mezzi di cantiere, sono in grado di fornire la prestazione di isolamento acustico prevista dal progetto.

Per valutare la resistenza al punzonamento statico e dinamico di FONOSTOPDuo abbiamo usato rispettivamente i metodi di prova EN 12730 e EN 12691 usati per valutare la resistenza delle membrane per l'impermeabilizzazione che subiscono sollecitazioni analoghe sia quando poste sotto pavimentazione sia quando trafficate durante le operazioni di posa e successivamente in esercizio ed i risultati sono riportati nella tabella seguente:

- PUNZONAMENTO STATICO EN 12730: resiste sotto un carico di 35 kg posto per 24 h su di un punzone sferico di 10 mm di diametro appoggiato sul materiale.

PUNZONAMENTO STATICO

- PUNZONAMENTO DINAMICO EN 12691: resiste alla caduta di una massa battente di 1 kg da una altezza di 200 mm munita di un punzone sferico di 12,7 mm di diametro.

PUNZONAMENTO DINAMICO

I valori di resistenza ottenuti superano i livelli minimi previsti dalle normative per le membrane impermeabilizzanti confermando l'attitudine all'uso di FONOSTOPDUO in un ambiente aggressivo come quello del cantiere edile.

LIVELLO DEL RUMORE DI CALPESTIO $L'_{n,w}$, LA MISURA IN OPERA E IL CALCOLO PREVISIONALE

Come si è visto nel precedente capitolo conoscendo la rigidità dinamica del materiale isolante è possibile calcolare preventivamente il livello del rumore al calpestio dei solai di cui si deve conoscere: la tipologia, la massa areica dei vari strati che lo compongono, massetto galleggiante compreso, e il peso delle pareti del vano disturbato.

Di seguito verrà illustrato il metodo di calcolo previsto dalla norma EN 12354-2 ed in commercio è possibile trovare diversi software di calcolo dotati di banca dati sulle tipologie più comuni.

CALCOLO PREVISIONALE DELL'ISOLAMENTO Di calpestio DEI SOLAI IN CALCESTRUZZO E IN LATEROCEMENTO CONFORME IL MODELLO SEMPLIFICATO PREVISTO IN NORMA EN 12354-2 E NELLA VERSIONE DI FEBBRAIO 2004 DELLE "LINEE GUIDA PER IL CALCOLO E LA VERIFICA DI PROGETTO" (EX UNI-U20000780)

I test di laboratorio eseguiti interponendo il materiale isolante sotto piastra rigida di piccole dimensioni servono per confrontare le prestazioni di diversi materiali isolanti misurati nello stesso modo ma non sono rappresentative per prevedere il livello di isolamento di solai a dimensioni reali che si dovranno poi misurare in opera.

È possibile invece prevedere con sufficiente approssimazione il livello di protezione acustica offerta dal solaio in opera e valutare quanto esso debba essere isolato per riportarlo entro i limiti fissati dal DPCM 5/12/97 seguendo il modello di calcolo semplificato previsto dalla norma europea EN 12354-2 conoscendo la rigidità dinamica del materiale isolante che si vuole impiegare.

Il calcolo è valevole unicamente per i solai rigidi in calcestruzzo e in laterocemento di massa areica (peso al m^2) compresa tra 100 e 600 kg/m^2 e non può essere esteso ad altre tipologie di solaio come ad esempio ai solai in legno.

Non essendo quantificabile il grado di difettosità della posa in opera il modello di calcolo non ne può tenere conto per cui si suppone che la posa sia stata eseguita a regola d'arte evitando ponti acustici e che il pavimento "galleggi" sull'isolante senza alcun vincolo.

L'indice del livello del rumore di calpestio di solai normalizzato $L'_{n,w}$ è calcolabile con la formula:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} + K - \Delta L_w$$

dove " $L_{n,w,eq}$ " è l'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato del solaio privo di isolamento e del pavimento galleggiante, calcolabile con la formula seguente conoscendo il peso al m^2 del solaio nudo:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log m$$

dove " m " è la massa areica del solaio espressa in Kg/m^2

"K" è il fattore correttivo che rappresenta le trasmissioni laterali del rumore che vanno a sommarsi alla trasmissione diretta dello stesso, dipende dal rapporto fra la massa superficiale del solaio nudo rispetto alla massa superficiale delle pareti dell'ambiente disturbato non rivestite da isolamenti acustici. La tabella sottostante riporta l'entità in dB del fattore correttivo K (versione aggiornata a febbraio 2004).

Dalla tabella si ricava la perdita in dB in funzione del rapporto fra massa del solaio e massa areica media delle pareti dell'ambiente "disturbato". Si veda come un solaio pesante che insiste su pareti leggere procuri una trasmissione laterale elevata (fino a 4 dB); se lo stesso insiste su pareti di peso superiore, la trasmissione laterale si riduce anche a 0.

" ΔL_w " è l'indice di valutazione della riduzione dei rumori di calpestio del sistema galleggiante "massetto + strato elastico" deducibile dal grafico C1, previsto dal modello di calcolo semplificato descritto in norma UNI EN 12354-2:2002, conoscendo la rigidità dinamica dello strato resiliente (FONOSTOPDuo), misurata conforme la norma europea UNI EN 29052/1, e la massa areica del massetto galleggiante.

La rigidità dinamica di FONOSTOPDuo è stata certificata dall'ICITE (ora ITC-CNR) con:

- Certificato n. 3402/RP/01 per 1 strato di FONOSTOPDuo $s' = 21 \text{ MN/m}^3$
 - Certificato n. 3403/RP/01 per 2 strati(*) di FONOSTOPDuo $s' = 11 \text{ MN/m}^3$
- (*) Posati contrapposti, faccia bianca contro faccia bianca.

"A" = ΔL_w in dB

"B" = massa areica del massetto galleggiante in kg/m^2

"C" = rigidità dinamica s' in MN/m^3 dello strato isolante (UNI EN 29052/1)

$s' = 21$ di uno strato di FONOSTOPDuo

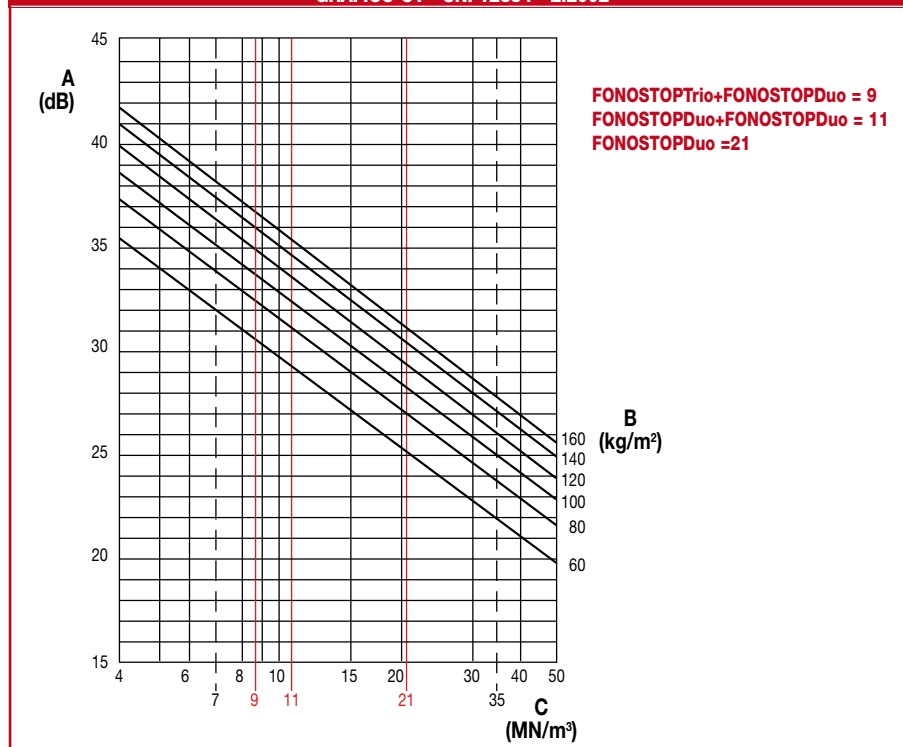
$s' = 11$ di un doppio strato di FONOSTOPDuo

Esempio. Un massetto da 100 kg/m^2 galleggiante su di uno strato di FONOSTOPDuo determina un indice di valutazione della riduzione dei rumori di calpestio $\Delta L_w \approx 28 \text{ dB}$ e nel caso di isolamento in doppio strato dello stesso massetto $\Delta L_w \approx 32 \text{ dB}$.

FATTORE CORRETTIVO "K"

Massa superficiale del solaio di separazione (kg/m^2)	Massa superficiale media delle pareti non coperte da rivestimento isolante								
	100	150	200	250	300	350	400	450	500
150	2	1	1	1	1	0	0	0	0
200	2	1	1	1	1	0	0	0	0
250	3	2	2	1	1	1	1	1	1
300	3	2	2	1	1	1	1	1	1
350	3	2	2	2	1	1	1	1	1
400	3	3	2	2	2	1	1	1	1
450	3	3	2	2	2	2	1	1	1
500	3	3	2	2	2	2	1	1	1
550	4	3	3	3	2	2	2	2	2
600	4	3	3	3	2	2	2	2	2

GRAFICO C1 - UNI 12354 - 2:2002



ESEMPIO DI CALCOLO DI $L'_{n,w}$

Nel caso di un solaio in laterocemento 20+4 con faccia inferiore intonacata per 1,5 cm con travetti a traliccio ad interesse 50 cm e massa areica $m=340 \text{ kg/m}^2$

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log 340 = 75 \text{ dB}$$

Supponendo che il solaio insista su pareti da 150 kg/m^2 conforme la tabella precedente $K=2 \text{ dB}$.

Sovrapponendo sul solaio un massetto galleggiante di 100 kg/m^2 per

- 1 strato di FONOSTOPDuo $\Delta L_w = 28 \text{ dB}$
- 2 strati di FONOSTOPDuo $\Delta L_w = 32 \text{ dB}$

Per cui il livello del rumore di calpestio del solaio isolato:

con 1 strato di FONOSTOPDuo: sarà

$$L'_{n,w} = 75 + 2 - 28 = 49 \text{ dB}$$

con 2 strati di FONOSTOPDuo: sarà

$$L'_{n,w} = 75 + 2 - 32 = 45 \text{ dB}$$

Entrambi i valori sono ampiamente al di sotto del livello previsto dalla legge che per l'edilizia residenziale richiede un livello massimo di 63 dB ma la sovrabbondanza di isolamento determinata dal calcolo è spesso apparente, perché in opera i decibel vanno persi per errori di posa come i tubi che erroneamente attraversano il massetto galleggiante o punti di contatto tra lo stesso e il battiscopa.

È quindi importante usare materiali con una certa "riserva" di isolamento per non incorrere in brutte sorprese, a seguito di un eventuale controllo, a lavori ultimati.

AVVERTENZA

Il beneficio acustico fornito dai materiali isolanti per il pavimento galleggiante varia in funzione del tipo di solaio isolato.

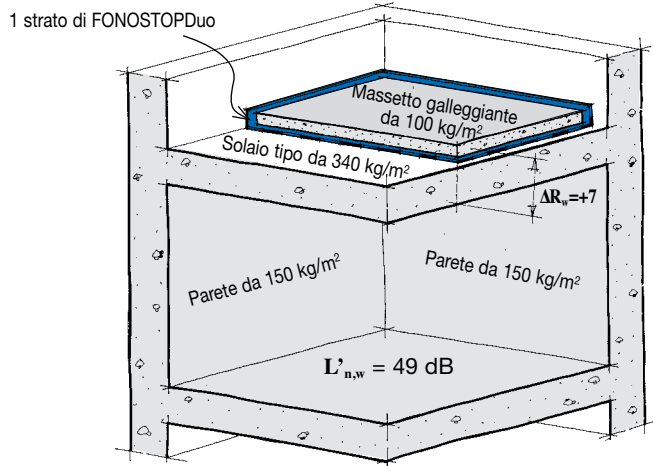
Il livello di isolamento raggiungibile su di un solaio cementizio, in cls e laterocemento non è paragonabile a quello ottenuto su di un solaio in legno che risulta sensibilmente inferiore e per il quale la verifica eseguita con la macchina del calpestio non è sufficientemente rappresentativa dell'effetto disturbante caratteristico del solaio in legno soggetto a pedonamento.

Con la tabella seguente puoi calcolare il livello di isolamento al calpestio $L'_{n,w}$ e l'incremento di isolamento dei rumori aerei ΔR_w dei solai più comuni sui quali viene posato un massetto galleggiante su:

Nella tabella seguente con il metodo sopraesposto è stato calcolato il livello del rumore di calpestio dei solai più comuni di cui l'ANDIL, in via sperimentale, ha determinato l'indice di valutazione del rumore aereo R_w .

Di seguito sono stati calcolati i livelli di rumore di calpestio considerando che il solaio insista sul locale disturbato dove il peso medio delle pareti è di 100 e 150 kg/m^2 e che su questo sia stato posato un massetto da 100 e 140 kg/m^2 , galleggiante su uno e due strati di FONOSTOPDuo. A partire dal valore di R_w sperimentale ANDIL del solaio si è anche calcolato seguendo le "Linee guida per il calcolo di progetto e verifica delle prestazioni acustiche degli edifici" progetto di norma UNI U 20000780 - versione Febbraio 2004, l'incremento del potere fonoisolante dovuto alla stesura di un massetto da 100 e 140 kg/m^2 galleggiante sui tre sistemi isolanti FONOSTOP.

SOLAI Descrizione materiali impiegati	Spessore (cm)	Densità superficiale (kg/m²)	Indice di valutazione R_w (dB)
Travetti a traliccio, interasse 50, laterizio tipo A 16+4, con intonaco all'intradosso	21,5 1,5+16+4,0	270	49,0
Travetti a traliccio, interasse 50, laterizio tipo A 20+4, con intonaco all'intradosso	25,5 1,5+20+4,0	340	50,0
Travetti in cls precompresso, interasse 50, laterizio tipo A 16+4, con intonaco all'intradosso	21,5 1,5+16+4,0	269	48,5
Travetti in cls precompresso, interasse 50, laterizio tipo A 20+4, con intonaco all'intradosso	25,5 1,5+20+4,0	284	47,5
Travetti in cls precompresso, interasse 50, laterizio tipo B 16,5+4, con intonaco all'intradosso	22,0 1,5+16,5+4,0	273	47,5
Travetti in cls precompresso, interasse 50, laterizio tipo B 20+4, con intonaco all'intradosso	25,5 1,5+20+4,0	362	50,0
Solai a pannelli ad armatura lenta, laterizio tipo B 16,5+4, con intonaco all'intradosso	22,0 1,5+16,5+4,0	321	48,5
Solai a pannelli ad armatura lenta, laterizio tipo B 20+4, con intonaco all'intradosso	25,5 1,5+20+4,0	369	52,5
Lastre in cls precompresso, interasse 120, e polistirolo	24,0 4,0+16+4,0	261	50,5
Lastre in cls precompresso, interasse 120, e polistirolo	28,5 4,0+20,5+4,0	296	53,5
Lastre in cls precompresso, interasse 120, laterizio tipo B	24,0 4,0+4,0+12+4,0	419	51,5
Lastre in cls precompresso, interasse 120, laterizio tipo B	28,5 4,0+4,0+16,5+4,0	458	53,5

ELEMENTI DA CONSIDERARE PER IL CALCOLO PREVISIONALE DI $L'_{n,w}$ **Esempio**

(vedi nella tabella le caselle cerchiare in rosso)

Si vuol sapere il livello del rumore di calpestio di un solaio "Tipo A" 20+4 da 340 kg/m² che insiste su di un ambiente con pareti di massa areica pari a 150 kg/m², che è stato isolato con 1 strato di FONOSTOPDuo su cui è stato posato un massetto da 100 kg/m².

Dalla tabella sarà $L'_{n,w} = 49$ dB e il miglioramento previsto del potere fonoisolante R_w sarà $\Delta R_w = +7$ dB.

Calcolo dell'indice del livello del rumore di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$ (dB)												Calcolo dell'incremento del potere fonoisolante dovuto alla presenza del pavimento galleggiante ΔR_w (dB)											
MASSETTO GALLEGGIANTE																							
100 kg/m ²						140 kg/m ²						MASSETTO GALLEGGIANTE											
PARETI						PARETI						100 kg/m ²						140 kg/m ²					
100 kg/m ²			150 kg/m ²			100 kg/m ²			150 kg/m ²			100 kg/m ²			140 kg/m ²								
FONOSTOPDuo mono-strato	FONOSTOPDuo + FONOSTOPDuo	FONOSTOPTrio + FONOSTOPTrio	FONOSTOPDuo mono-strato	FONOSTOPDuo + FONOSTOPDuo	FONOSTOPTrio + FONOSTOPTrio	FONOSTOPDuo mono-strato	FONOSTOPDuo + FONOSTOPDuo	FONOSTOPTrio + FONOSTOPTrio	FONOSTOPDuo mono-strato	FONOSTOPDuo + FONOSTOPDuo	FONOSTOPTrio + FONOSTOPTrio	FONOSTOPDuo mono-strato	FONOSTOPDuo + FONOSTOPDuo	FONOSTOPTrio + FONOSTOPTrio	FONOSTOPDuo mono-strato	FONOSTOPDuo + FONOSTOPDuo	FONOSTOPTrio + FONOSTOPTrio						
54	50	48	53	49	47	51	47	46	50	46	45	+7,50	+10,50	+10,50	+10,50	+10,50	+10,50						
50	46	45	49	45	44	48	44	42	47	43	41	+7,00	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00						
54	50	48	53	49	47	51	47	46	50	46	45	+7,75	+10,75	+10,75	+10,75	+10,75	+10,75						
53	49	48	52	48	47	51	47	45	50	46	44	+8,25	+11,25	+11,25	+11,25	+11,25	+11,25						
54	50	48	53	49	47	51	47	46	50	46	45	+8,25	+11,25	+11,25	+11,25	+11,25	+11,25						
49	45	44	48	44	43	47	43	41	46	42	40	+7,00	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00	+10,00						
51	47	46	50	46	45	49	45	43	48	44	42	+7,75	+10,75	+10,75	+10,75	+10,75	+10,75						
49	45	44	48	44	43	47	43	41	46	42	40	+5,75	+8,75	+8,75	+8,75	+8,75	+8,75						
54	50	49	53	49	48	52	48	46	51	47	45	+6,75	+9,75	+9,75	+9,75	+9,75	+9,75						
52,5	48,5	47	51,5	47,5	46	50	46	44	49	45	43	+5,25	+8,25	+8,25	+8,25	+8,25	+8,25						
47	43	42	47	43	42	45	41	39	45	41	39	+6,25	+9,25	+9,25	+9,25	+9,25	+9,25						
46	42	40	46	42	40	43	39	38	43	39	38	+5,25	+8,25	+8,25	+8,25	+8,25	+8,25						