

## **COLLAUDO ACUSTICO DELLA TECNOLOGIA COSTRUTTIVA IN PAGLIA E TERRA CRUDA.**

Lorenzo Rizzi (1), Francesco Nastasi (2), Tiziana Monterisi (3)

- 1) Studio di Ingegneria Acustica Suonoevita, Lecco, rizzi@suonoevita.it
- 2) Studio di Ingegneria Acustica Suonoevita, Genova, nastasi@suonoevita.it
- 3) n.o.v.a.civitas , Biella, info@novacivitas.it

### **1. Introduzione**

La crescente sensibilità verso i materiali biocompatibili rende l'uso della paglia e degli intonaci naturali in edilizia attuale e interessante. N.o.v.a.civitas – Fondazione Pistoletto (Biella), attiva da anni nel mondo della architettura naturale, ha realizzato un padiglione didattico presso la sua sede utilizzando paglia di riso, calce naturale, argilla, legno di abete. Suonoevita ha effettuato un collaudo del potere fonoisolante di questo padiglione 'prototipo' utilizzando le norme ISO 140 e 717. I risultati sono stati messi in relazione con i limiti dettati dal D.P.C.M. 5-12-97 [1]. E' stato dimostrato che è possibile raggiungere e superare i valori limite di legge. Si argomenta l'esperienza di collaudo e si discutono i risultati.

### **2. Costruire con la paglia**

La paglia, oltre ad essere molto più economica di mattoni e cemento, è ottima per il conseguimento dell'efficienza energetica. La palla ha infatti un basso valore di trasmittanza termica, pari circa a  $0,04 \text{ W/m}^2\text{K}$ , che si traduce in una forte capacità isolante. La palla inoltre è anche un elemento costruttivo capace di portare carichi. Essa garantisce la perfetta traspirabilità delle pareti in cui viene utilizzata ed evita pertanto fenomeni di condensa superficiale assicurando un ottimo comfort negli spazi abitativi e un ambiente di vita più sano. La paglia è un materiale biodegradabile, annualmente rinnovabile, maneggiabile con facilità ed il suo costo in termini di energia combustibile per la raccolta, l'imballaggio e il trasporto in cantiere (energia "grigia") è di gran lunga più basso di qualsiasi altro materiale utilizzato in edilizia; inoltre, poiché le piante assorbono l'anidride carbonica, è un materiale capace di ridurre le emissioni nell'atmosfera.

Queste caratteristiche fanno della paglia il materiale ideale per una nuova idea di costruire sensibile ai parametri di sostenibilità e risparmio energetico volte al benessere dell'uomo intendendo l'involucro edilizio come terza pelle.

L'intervento progettuale con la paglia inoltre consente un salto in avanti rispetto alle case passive, concependo abitazioni non solo a emissioni zero ma a impatto zero.

### 3. Novacivitas e Suonoevita

N.o.v.a.civitas Nuovi Organismi di Vita Abitativa è una società che si occupa di ricerca, progettazione, costruzione e ristrutturazione di edifici con materiali di origine naturale o riciclati e di commercializzazione degli stessi.

La società è stata creata a Biella da Cittadellarte-Fondazione Pistoletto di cui ha pienamente sposato la mission “ispirare e produrre un cambiamento responsabile nella società attraverso idee e progetti creativi”. N.o.v.a.civitas propone un’alternativa possibile all’utilizzo di materiali di origine petrolchimica, promuovendo, progettando e vendendo prodotti eco-sostenibili necessari per la costruzione e riqualificazione di una Architettura eticamente, culturalmente, tecnicamente e impegnata a far tornare il territorio, la città e la casa ad essere un organismo vivente.

Suonoevita è uno studio di ingegneria che si occupa esclusivamente di acustica applicata con lo scopo di migliorare la qualità della vita dell’uomo. Intervenendo nei campi dell’acustica ambientale, edile, industriale e musicale i tecnici dello studio mirano a soluzioni innovative per dare comfort nella vita quotidiana e nel lavoro delle persone. L’attenzione è data alla minimizzazione dei costi economici ed ambientali delle soluzioni, confrontandosi sempre con le migliori soluzioni tecnologiche e normative sviluppate all’estero.

### 4. Il padiglione prototipo sottoposto al collaudo acustico

E’ stato realizzato un prototipo architettonico in un padiglione campione a fini didattici, accessorio agli stabili della Fondazione Pistoletto a Biella in via Serralunga 27.

Il nucleo principale è un parallelepipedo di dimensioni 6,2 x 4,5 x 4 m (altezza) con pareti edificate con balle di paglia di 100 x 50 x 35 cm. I due lati lunghi presentano caratteristiche opposte: quello sud-est ospita una grande porta finestra (dim. 5,3 x 2,7 m), mentre quello nord-ovest non presenta aperture. Dei due lati corti, uno non presenta aperture mentre nell’altro è presente una porta a vetri (dim. 0,9 x 2,3 m).



Figura 1 – Vista del padiglione prototipo, facciata Sud-Est

I serramenti esterni sono costituiti da una struttura di legno con interposta tripla camera e tutte le finiture, trattate con materiali naturali, garantiscono un valore estremamente ridotto per trasmittanza termica verso l'esterno (0,69 W/mK).

All'interno le pareti sono intonacate di argilla, mentre all'esterno l'intonaco è a base di calce naturale. Questo piccolo corpo chiuso è dotato di solaio superiore calpestabile.

La struttura della copertura è costituita da quattro portali sdoppiati che sorreggono la lamiera, dando origine così a un tetto a doppia falda con altezze di gronda differenti. Gli stessi portali che sorreggono la copertura fungono da supporto ad una serie di frangisole in legno sul lato sud che si infittiscono in corrispondenza della copertura. A livello del terreno l'intera area delimitata dalla struttura della copertura è pavimentata con un tavolato in legno di pino termo-cotto adatto all'ambiente esterno e che corrisponde alla stessa essenza lignea utilizzata nei frangisole. Tale perimetro si connette alla strada attraverso una pedana, anch'essa costituita da un tavolato di legno, rialzata e per metà composta da una rampa per disabili.

La pedana centrale si allunga e si trasforma in una piccolo bacino dove verrà mantenuta un'area umida per la coltivazione del riso, elemento significativo dal punto di vista agro-alimentare, ma anche ispiratore del progetto in esame.

## 5. Descrizione del collaudo acustico

Lo staff dello studio di ingegneria Suonoevita nell'autunno 2013 ha verificato nel padiglione prototipo di cui sopra, lo stato dell'isolamento acustico del manufatto e in particolare il rispetto dei requisiti acustici passivi previsti dal D.P.C.M. 5/12/1997.

Essendo una sola stanza, libera su tre lati e sul soffitto, si sono collaudate tre facciate e un solaio al rumore aereo. Non erano presenti impianti e non è stato possibile effettuare misure di isolamento al calpestio perché la copertura del solaio è in gomma anti-infortunistica e il risultato non sarebbe stato veritiero per applicazioni di uso civile.

## 6. Il D.P.C.M 5-12-97 [1]

Il D.P.C.M. 5/12/1997 è stato emanato in attuazione dell'articolo 3, comma 1, lettera e) della legge quadro 447/95. Il decreto stabilisce i valori massimi consentiti per i livelli di rumore delle sorgenti sonore interne agli edifici, ed impone il rispetto dei requisiti acustici passivi dei loro componenti in opera, allo scopo di ridurre il livello di esposizione al rumore.

### 6.1 Linee Generali

I limiti indicati nel decreto dipendono in primo luogo dalla destinazione d'uso delle unità immobiliari:

Tabella 1 – Tipologie di immobili definite nel D.P.C.M. 5-12-97

<i>Categoria del D.P.C.M.</i>	<i>Tipologia d'immobile</i>
A	Edifici adibiti a residenza ed assimilabili
B	Edifici adibiti ad uffici ed assimilabili
C	Edifici adibiti ad alberghi, pensioni e ad attività assimilabili
D	Edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura ed assimilabili
E	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili
F	Edifici adibiti ad attività ricreative e di culto ed assimilabili
G	Edifici adibiti ad attività commerciali ed assimilabili

Per ciascuna categoria il decreto definisce i valori limite in opera delle seguenti grandezze:

- $R'_w$  indice del potere fonoisolante tra divisori di diverse unità abitative;
- $D_{2m,nT,w}$  indice del potere fonoisolante di facciata;
- $L'_{n,w}$  indice di livello di rumore di calpestio;
- $L_{ASmax}$  per i servizi a funzionamento discontinuo;
- $L_{Aeq}$  per i servizi a funzionamento continuo.

Tabella 2 – valori limite in opera delle varie grandezze

Categoria	Parametri (dB)				
	$R'_w$	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L_{ASmax}$	$L_{Aeq}$
D	55	45	58	35	25
A-C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B-F-G	50	42	55	35	35

Per quanto concerne gli impianti tecnologici, la classificazione avviene secondo le modalità di funzionamento, fermo restando che gli impianti stessi devono essere considerati fissi, ovvero parte integrante dell'edificio.

Gli impianti sono sicuramente sorgente di rumore all'interno della struttura edilizia; è sempre il DPCM 5 dicembre 1997 a fornire la classificazione:

- sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria;
- sono servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

## 6.2 I limiti vigenti nel caso in esame

L'edificio oggetto di studio nella presente relazione padiglione prototipo con struttura in legno, paglia e terra cruda. L'applicazione principale di questo manufatto è assimilabile a un edificio monofamiliare a piano unico a destinazione d'uso abitativo o ricettivo, ma può essere modificata per soddisfare altre categorie di edificio ed edifici plurifamiliari.

L'edificio prototipo può quindi essere considerato appartenere alle categorie A o C secondo la classificazione introdotta dal D.P.C.M. suddetto e pertanto il limite inerenti al caso in esame sono i seguenti:

Tabella 3 – valori limite in opera nel caso in esame

Categoria	Parametri (dB)				
	$R'_w$	$D_{2m,nT,w}$	$L'_{n,w}$	$L_{ASmax}$	$L_{Aeq}$
A, C	50	<b>40</b>	63	35	35

In particolare essendo monofamiliare si dovrebbe rispettare unicamente l'isolamento acustico di facciata.

## 7. Risultati del collaudo acustico

Sono state applicate le norme UNI EN ISO 140-4, 140-5 717-1 [2,3,4] specifiche per le misurazioni dell'isolamento acustico al rumore aereo in opera. Per ognuna valutazio-

ne sono stati utilizzati due punti di sorgente e per ognuno di questi il numero richiesto di punti di misura fissi con durata delle osservazioni conformi.

### 7.1 Isolamento acustico di facciata

Per quanto riguarda le facciate si è applicata la norma ISO 140-5 [3] che richiede il calcolo dell'isolamento aereo tra una postazione esterna a due metri dalla facciata ( $L_{1,2m}$ ) e il livello sonoro medio immesso nella stanza ( $L_2$ ), normalizzata per il tempo di riverberazione:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \log_{10} (T/T_0) \text{ dB}$$

Tabella 4 – valori in opera riscontrati nel collaudo di facciata

<i>Tipo</i>	<i>Parametro</i>	<i>Valore Rilevato</i>	<i>Valore Limite</i>	<i>Rispettato?</i>
Isolamento acustico di facciata lato cieco corto	$D'_{2m, nT, w}$	43	40	SI
Isolamento acustico di facciata con grande porta finestra	$D'_{2m, nT, w}$	40	40	SI
Isolamento acustico di facciata con porta	$D'_{2m, nT, w}$	42	40	SI
<b>Isolamento acustico complessivo di facciata</b>	<b><math>D'_{2m, nT, w}</math></b>	<b>42</b>	<b>40</b>	<b>SI</b>

Si evidenzia quindi un isolamento acustico complessivo di facciata, mediato sulle 4 facciate, pari a 42 dB: è perfettamente in linea con i requisiti della categoria A e C, ma anche delle categorie B, F e G del vigente D.P.C.M 5-12-97.

### 7.2 Isolamento acustico della partizione orizzontale

Data la conformazione dell'edificio, un unico ambiente chiuso con sopra di esso un ambiente parzialmente aperto all'esterno (c'è un tetto ma sui lati è aperto) non è stato possibile eseguire le misurazioni formali del potere fonoisolante del solaio R' secondo le norme sopraccitate (sono necessari due spazi chiusi sovrapposti).

Si è quindi eseguita una prova sperimentale e si deve sottolineare che i risultati ottenuti sono una stima del potere fonoisolante apparente di tale solaio. Sono state utilizzate due posizioni di sorgente, posta all'interno al piano terra, e cinque diverse posizioni del microfono per ogni posizione di sorgente, sia all'interno al piano terra che all'esterno al piano superiore. Sono state eseguite quindi mediature spaziali per ottenere la valutazione di ogni parametro come richiesto nelle norme ISO

E' stato operato il calcolo dell'isolamento acustico 'lordo' del solaio, mediante la relazione:

$$D = L_1 - L_2 \text{ dB}$$

Tabella 5 – valori in opera riscontrati nel collaudo della partizione orizzontale

<i>Tipo</i>	<i>Parametro</i>	<i>Valore Rilevato</i>	<i>Valore Limite</i>	<i>Rispettato?</i>
Isolamento acustico del solaio superiore	Dw	50	$R'_{w} \geq 50$	SI*

\*Il risultato è certamente buono e rende ottimisti sull'effettivo superamento del limite di legge  $R'_{w} \geq 50$  dB se si porrà attenzione alla definizione dei particolari costruttivi e alla loro posa in opera. Il contributo della normalizzazione sulla superficie divisoria e l'assorbimento della camera ricevente è spesso positivo e si deve ricordare che nel campione analizzato non era presente sopra il solaio una stratigrafia completa come si necessiterebbe in un caso reale.

## 8. Conclusioni

Il collaudo dei parametri di isolamento acustico effettuato sul padiglione didattico prototipo, costruito in legno e paglia ed intonacato in terra cruda nel cantiere di n.o.v.a.civitas a Biella, ha permesso di conoscere lo stato dell'isolamento acustico.

I risultati ottenuti sul campo hanno permesso di valutare il progetto originario e le prestazioni della tecnologia posata in opera.

Le misurazioni dell'isolamento acustico di facciata hanno dato risultati soddisfacenti il D.P.C.M. 5-12-97 per le destinazioni d'uso per cui è stata concepita la tecnologia (unità monofamiliari in abitazioni e strutture ricettive), ma soddisfa anche i requisiti per uffici, ambienti per attività commerciali e ricreative.

La copertura è stata misurata solo in via sperimentale ma offre oggi un buon isolamento acustico: utilizzata come tetto a vista darebbe certamente un ottimo risultato. Per essere utilizzato come partizione tra unità immobiliari sovrapposte andrà verificato ulteriormente il pacchetto sopra il solaio portante in legno: i dati sperimentali segnalano che si possa superare agevolmente il valore minimo di  $R'_{w} = 50$  dB in opera.

Il valore di facciata osservato permette l'adempimento alla classe II della classificazione acustica [5] per edifici mono-familiari. Per questa classe il valore minimo del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali e orizzontali fra unità differenti è pari a 53 dB: uno studio accurato già avviato sulle partizioni divisorie potrà consentire di raggiungere questi valori in opera in edifici pluri-familiari.

## 9. Bibliografia

- [1] Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997, *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, Gazzetta Ufficiale della Repubblica Italiana, Serie generale n. 297, 22/12/1997
- [2] UNI EN ISO 140-4:2000 Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti
- [3] UNI EN ISO 140-5:2000 Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate
- [4] UNI EN ISO 717-1:2013 Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea
- [5] UNI 11367:2010 Classificazione acustica delle unità immobiliari