

# Risparmio energetico e benessere ambientale nella riqualificazione degli edifici scolastici

*In un'ottica di progettazione intelligente e integrata della riqualificazione degli edifici scolastici sarebbe auspicabile una maggiore considerazione degli aspetti riguardanti l'acustica degli ambienti interni e quindi del comfort acustico, con l'obiettivo di un miglioramento globale della qualità ambientale*

A. Magrini, B. Cossi\*

**L'**ASPETTO CONNESSO AL BENESSERE ha un'importanza fondamentale per le finalità d'uso degli edifici scolastici e innumerevoli sono gli studi sulla relazione tra condizioni di benessere termico, acustico e visivo e l'apprendimento degli studenti a tutti i livelli, dalla scuola dell'infanzia a quella superiore.

Le Linee Guida sull'efficienza energetica negli edifici scolastici [1] hanno attenzione per il controllo della temperatura negli ambienti, della radiazione solare e dell'illuminazione, aspetti che concorrono a controllare e ridurre i consumi energetici, ma praticamente non considerano la qualità acustica, che può essere correlata principalmente alla riverberazione del suono negli ambienti e quindi alle caratteristiche dei materiali utilizzati per le finiture superficiali. Per contro, la qualità acustica rappresenta un elemento determinante nella definizione di benessere ambientale nelle scuole, in quanto influisce sull'attenzione e la concentrazione degli studenti e determina affaticamento e disagio degli insegnanti, che risultano operare

molto frequentemente in condizioni non ottimali.

Va detto che gli interventi per aumentare l'efficienza energetica e quelli per migliorare le condizioni di benessere termico e visivo sono generalmente caratterizzati da un buon compromesso in termini di costi/benefici, mentre il miglioramento acustico, seppure correlabile agli interventi sull'involucro edilizio, comporta generalmente solo costi e nessun tipo di risparmio o beneficio economico. Nonostante ciò, nell'ottica di una riqualificazione globale intelligente, finalizzata non solo alla riduzione dei consumi energetici ma anche alla qualità dell'ambiente interno, questo aspetto non andrebbe trascurato, almeno nell'impostazione di strategie generali di intervento e nella formulazione di Linee Guida.

## L'approccio legislativo e normativo alla qualità acustica degli edifici scolastici

Nella riqualificazione dell'edilizia scolastica esistente, la qualità acustica dell'ambiente interno è

considerata un aspetto marginale, come testimoniato anche dai risultati di una recente indagine effettuata nei capoluoghi di provincia, dalla quale si evince che l'attenzione è limitata alle mense scolastiche, così come riportato in un rapporto di Legambiente [2] in cui sono consigliati accorgimenti utili per garantire il comfort acustico a studenti e insegnanti soltanto in tali ambienti.

Nelle indicazioni predisposte da ENEA con il MATTM, il MIUR e la Presidenza del Consiglio dei Ministri [1], sono messe in evidenza azioni da intraprendere relativamente all'involucro, all'illuminazione naturale e artificiale, alle caratteristiche dell'impianto e della sua regolazione, alla possibilità di uso di energia rinnovabile e di raccolta di acqua piovana; viene

## UN CASO DI STUDIO

In Figura 1 è riportata la foto dell'aula campione utilizzata per una indagine su risparmio energetico e IEQ svolta in un edificio scolastico in Provincia di Pavia. In particolare, sono state valutate alcune proposte di miglioramento energetico e di IEQ in termini solo di comfort acustico, termico, visivo; per motivi di spazio, qui di seguito non sono considerati gli ultimi due.

Nell'edificio scelto, costruito tra il 1968 e il 1970, sono state individuate venti aule con caratteristiche simili, per valutare gli interventi acustici (Magrini et al., 2018), delle quali cinque sono state interessate anche da un'indagine soggettiva mediante questionario.

Per l'intero edificio sono state esaminate le caratteristiche costruttive e materiche, sono stati raccolti i dati tecnici dei componenti impiantistici e analizzati i dati relativi ai consumi per riscaldamento ed energia elettrica degli ultimi quattro anni. Sono stati calcolati gli indici di prestazione energetica e sono stati individuati gli interventi possibili, tenendo conto non solo degli aspetti strettamente energetici, ma anche quelli di comfort, considerando anche i risultati ottenuti dall'indagine soggettiva.

In riferimento alla valutazione della qualità energetica della scuola [1], questi dati hanno portato a un giudizio "Buono" in relazione ai consumi per riscaldamento delle scuole superiori e "Insufficiente" in relazione ai consumi elettrici.

Per quanto riguarda le proposte migliorative, sono stati esclusi gli interventi eccessivamente dispendiosi e/o con tempi di pay-back troppo lunghi. Per ciascuno degli interventi riqualificativi individuati a valle di questo primo screening è stata effettuata una valutazione economica dettagliata che tenesse conto dei costi e dei risparmi conseguibili con la loro realizzazione.

In queste condizioni si è potuto valutare per l'intervento di sostituzione di due dei tre generatori di calore attualmente utilizzati con caldaie a condensazione, l'installazione di sistemi di termoregolazione, e la sostituzione degli attuali sistemi di illuminazione, con lampade a LED, un tempo di ritorno dell'investimento comunque

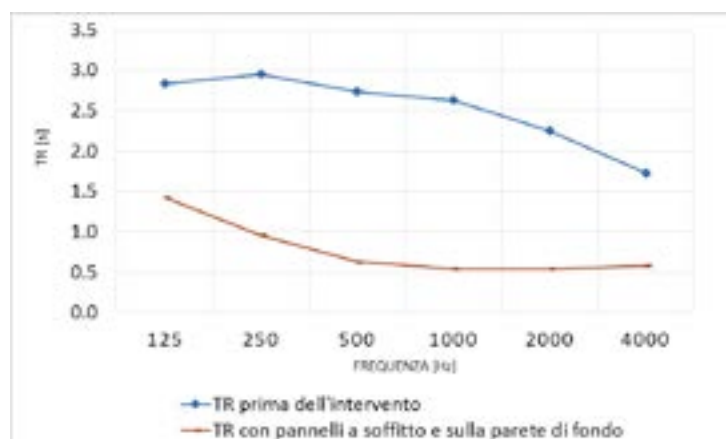


Figura 2 – Layout dei pannelli fonoassorbenti e miglioramento del tempo di riverberazione. Da (Bozzoli, 2018)



Figura 1 – Aula campione

intorno ai 5 anni (senza incentivo). È stata scartata la sostituzione intera delle finestre in quanto economicamente non sostenibile, anche se avrebbe portato anche a un miglioramento acustico. È stato considerato invece un intervento di applicazione di pellicole a controllo solare, per ridurre l'abbagliamento rilevato come fastidioso da studenti e docenti, che è risultato il miglior compromesso tra costi e miglioramento del comfort (non è stata considerata la sua efficacia dal punto di vista energetico). Per ridurre il Tempo di Riverberazione ai valori indicati dalla normativa è stata scelta, tra diverse soluzioni analizzate, l'applicazione di pannelli fonoassorbenti in aderenza a soffitto e sulla parte superiore della parete di fondo, come mostrato in Figura 2. La scelta di materiali in lana di legno, di vetro o in fibra di poliestere conduce a piccole differenze nei risultati ma può essere determinante se si volesse perseguire un obiettivo di sostenibilità. Si stima che questi due ultimi interventi comportino una spesa pari a quasi 2/5 degli investimenti totali. Sebbene i costi siano risultati piuttosto elevati (dell'ordine di 5000 euro/aula), si ritiene che i risultati in termini di miglioramento del comfort siano decisamente rilevanti.



### ENERGY SAVING AND ENVIRONMENTAL COMFORT TO IMPROVE QUALITY OF SCHOOL BUILDINGS

Environmental comfort is fundamental in the school buildings as there is a strong relationship between thermal, acoustic and visual comfort and the learning potential of students at all levels, from kindergartens to high level schools. The improving actions for the internal environment (thermal and visual comfort conditions) are generally associated with those needed to increase energy efficiency and allow a good compromise in terms of costs / benefits. The Indoor Environmental Quality (IEQ), however, should take into account also the acoustic comfort that is not considered as a priority in the redevelopment interventions: the noise inside the school buildings is an important aspect that influences learning and can cause fatigue in both students and teachers. The acoustic improvement of school buildings, even if related to the interventions on the building envelope, generally involves costs and doesn't give savings or economic benefits. For a smart refurbishment, aiming not only at reducing energy consumption, but also at the global quality of the internal environment, this aspect should not be neglected, at least in the definition of general intervention strategies and in the formulation of national guidelines.

**Keywords:** School buildings, energy performance, global comfort, IEQ, acoustic comfort

considerata la necessità di una strategia che tenga conto di "benessere ambientale, salubrità, bellezza e vantaggio economico" e si focalizza l'attenzione sul "miglioramento delle prestazioni energetiche degli involucri edilizi e dei sistemi impiantistici e l'incentivazione dell'autoproduzione di energia da fonti rinnovabili". Si dimentica completamente che esiste anche un aspetto acustico, che da una parte va legato alle prestazioni termoenergetiche dell'involucro edilizio nel rispetto del D.P.C.M. 5/12/1997 (DPCM, 1997) e dall'altra rientra a tutti gli effetti nell'obiettivo benessere e coinvolge la qualità dell'ambiente interno, nota come IEQ (AA.VV., 2016, AA.VV., 2011).

Un'indicazione specifica riguardante il controllo della propagazione del rumore nell'edilizia scolastica in termini di riverberazione, risale alla

Circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967 [3] che indica per le aule un valore massimo di 1,2 s della media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze 250 - 500 - 1000 - 2000 Hz in un'aula arredata, con la presenza di due persone al massimo, indipendentemente dalle dimensioni dell'aula. Si ricorda che il tempo di riverberazione, TR, è definito come il tempo necessario perché il livello di pressione sonora si riduca di 60 dB successivamente all'interruzione della sorgente sonora.

Il D.M. 18/12/1975 (M.LL.PP., 1975) ha successivamente introdotto la dipendenza del TR dal volume dell'aula secondo un coefficiente in funzione della frequenza.

La L. 221/2015 (Parlamento Italiano, 2015), in attesa di disposizioni regionali per la progettazione esecutiva degli interventi negli edifici scolastici, in relazione all'uso di materiali riciclati, indica l'impiego di materiali e soluzioni progettuali idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici dalla norma e UNI 11367 (UNI, 2010) che, nell'Appendice C, riporta come parametri di riferimento per il comfort acustico l'indice di chiarezza C50 (rapporto tra l'energia sonora che giunge all'ascoltatore nei primi 50 ms e l'energia che giunge all'ascoltatore da 50 ms alla fine del decadimento del segnale), lo Speech Transmission Index STI (utilizzato per la definizione oggettiva dell'intelligibilità) e il TR. Per le scuole la norma prevede valori ottimali del TR (medio tra 500 e 1000 Hz) compresi tra 0,67 e 0,89, in funzione del volume dell'aula: per aule di media grandezza, aggiornando quindi la Circolare n.3150/1967, che prevedeva 1,2 s, e il D.M. 18/12/1975, che imponeva l'intervallo 0,82 s - 1,2 s.

Sempre nel settore normativo, le parti 1 e 2 della norma EN 16798 che a breve sostituiranno la UNI EN 15251 (UNI, 2008), forniscono i valori di progetto e di valutazione dei parametri che riguardano la IEQ ai fini dell'efficienza energetica, tra i quali quello acustico viene ovviamente considerato per gli aspetti relativi all'immissione di rumore per l'apertura di finestre e per ventilazione meccanica, per cui il controllo del rumore è riferito principalmente a un livello sonoro (Indoor noise <35 dB(A), Noise from outdoors <55 dB(A)), ma non all'effetto della riverberazione.

## Strategie di riqualificazione acustica di edifici scolastici in Italia

Come appare chiaro da quanto detto a proposito dell'approccio normativo e legislativo, in Italia non esiste una strategia che consideri strettamente connessi gli aspetti relativi alla riqualificazione energetica all'IEQ, comprendendo anche l'aspetto acustico, nonostante una corretta riqualificazione dovrebbe tenerne conto. Ciò è forse dovuto al fatto, cui si è accennato, che l'impostazione italiana è generalmente incentrata quasi esclusivamente sulle problematiche connesse con una valutazione costi/benefici; solo di recente l'impostazione considera la IEQ, ma limitatamente

agli aspetti termici, visivi e di qualità dell'aria, che hanno ricadute dirette sul bilancio energetico e quindi valutabile anch'essa in termini costi/benefici, mentre l'aspetto acustico è considerato un puro costo. Va sottolineato che l'intervento di sostituzione degli infissi ai fini dell'efficientamento energetico è in realtà anche un intervento acustico, ma indiretto, nel senso che viene fatto per motivi non legati al comfort acustico.

Recentemente sono stati proposti strumenti informatici per rendere consapevoli gli utenti dell'importanza del comportamento energetico e della IEQ sul comfort nel settore degli edifici scolastici (Lassandro et al., 2015), ma ancora una volta questi strumenti mirano a coinvolgere la popolazione studentesca soprattutto in relazione alla percezione del benessere termico e visivo, anche se è previsto di tener conto in futuro anche di valutazioni sul benessere acustico.

## Conclusioni

Data l'estrema diversificazione delle tipologie edilizie che caratterizza gli edifici scolastici, appare chiaro come qualsiasi strategia di riqualificazione debba essere contestualizzata al caso particolare. Gli aspetti energetici e illuminotecnici permettono di quantificare risparmi considerevoli, che possono

portare a compensare i costi iniziali con tempi di ritorno degli investimenti interessanti, soprattutto se si può accedere a forme di incentivazione. Tuttavia in un'ottica di progettazione intelligente e integrata della riqualificazione degli edifici scolastici sarebbe auspicabile una maggiore considerazione degli aspetti riguardanti l'acustica degli ambienti interni e quindi del comfort acustico, per supportare scelte più efficaci con l'obiettivo di miglioramento globale della qualità ambientale.

A livello nazionale, sarebbe opportuno disporre di indicazioni e Linee Guida nazionali in relazione alle opportunità di riqualificazione, per garantire contestualmente risparmio energetico e tutti gli aspetti considerati nella qualità dell'ambiente interno, anche quello acustico. ■

\* Anna Magrini, Università di Pavia – Socia AiCARR

\* Benedetta Cossi, Università di Pavia

## BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. 2014. Ambiente interno ed efficienza energetica negli ambienti scolastici (a cura di d'Ambrosio Alfano F.R.). Milano: Delfino Editore.
- AA.VV. 2014. Qualità globale dell'ambiente interno (a cura di d'Ambrosio Alfano F.R., Piterà L.A.). Milano: Delfino Editore.
- Bozzoli S. 2017. Processo di riqualificazione acustica di un edificio scolastico: identificazione di procedure standard attraverso un caso studio. Tesi di Laurea, Facoltà di Ingegneria, Università degli Studi di Pavia.
- Lassandro P., Cosola T., Tundo A. 2015. School building heritage: energy efficiency, thermal and lighting comfort evaluation via virtual tour. Energy Procedia, 78, 3168-3173.
- Magrini A., Bozzoli S., Marzi A., Rossi G. 2018. Procedura per la riqualificazione acustica di aule scolastiche: proposta di integrazione delle linee guida AIA attraverso l'analisi di un caso studio. Atti del 45° Convegno Nazionale dell'Associazione Italiana di Acustica.
- Ministro LL.PP. 1975. Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica. D.M. 18 dicembre 1975. Gazzetta Ufficiale del 2.2.1976 n. 29, S.O. Roma: Poligrafico dello Stato.
- MIUR. 2013. Adozione delle linee guida contenenti indirizzi progettuali di riferimento per la costruzione di nuove scuole, anche in linea con l'innovazione introdotta nell'organizzazione della didattica con la diffusione delle tecnologie dell'informazione e della comunicazione. D.M.
- Parlamento Italiano, 2015. Disposizioni in materia ambientale per promuovere misure di green economy e per il contenimento dell'uso eccessivo di risorse naturali. Legge 28/12/2015 n. 221. Gazzetta Ufficiale. n. 13 del 18.1.2016. Roma: Poligrafico dello Stato.
- PCM. 1997. Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5.12.1997. Gazzetta Ufficiale Serie Generale n.297 del 22-12-1997. Roma: Poligrafico dello Stato.
- UNI. 2008. Criteri per la progettazione dell'ambiente interno e per la valutazione della prestazione energetica degli edifici, in relazione alla qualità dell'aria interna, all'ambiente termico, all'illuminazione e all'acustica. Norma UNI EN 15251. Milano: Ente Normativo Italiano.
- UNI. 2010. Acustica in edilizia, Classificazione acustica delle unità immobiliari, Procedura di valutazione e verifica in opera: Norma UNI 11367. Milano: Ente Normativo Italiano.
- UNI. 2014. Acustica in edilizia, Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati. Norma UNI 11532. Milano: Ente Normativo Italiano.

## WEBGRAFIA

- [1] <http://italiasicura.governo.it/site/home/scuole/publicazioni.html>
- [2] <https://www.legambiente.it/contenuti/dossier/ecosistema-scuola-2018>
- [3] <http://www.agentifici.isprambiente.it/normativa-rumore/normativa-nazionale/category/163.html?download=129>
- [4] [http://www.indire.it/wp-content/uploads/2018/04/Learning\\_spaces\\_IT\\_v5\\_WEB.pdf](http://www.indire.it/wp-content/uploads/2018/04/Learning_spaces_IT_v5_WEB.pdf)