

Galleria Commerciale dell'Aeroporto di Fiumicino: analisi acustica di un ambiente di grandi dimensioni

Paola Pulella^{a*} | Lucia Busa^a | Sergio Luzzi^a | Aurora Berna Berionni^b | Alessandro Ferreri^b

^a Vie en.ro.se. Ingegneria Srl,
Viale Belfiore, 36, Firenze

^b ADR Ingegneria SpA,
Viale Lago di Traiano, Fiumicino (RM)

* Autore di riferimento:
paola.pulella@vienrose.it

Ricevuto: 11/4/2023

Accettato: 13/7/2023

DOI: 10.3280/ria2-2023oa15727

ISSN: 2385-2615

Le gallerie commerciali sono ambienti di grandi dimensioni, la cui forma sproporzionata, insieme alla distribuzione degli arredi, non consente l'instaurarsi di un campo diffuso all'interno dello spazio e pertanto non rende possibile determinare una curva di propagazione sonora univoca. Il presente lavoro è volto ad analizzare l'efficacia acustica derivante dall'installazione di pannelli metallici pendinati a soffitto nella galleria commerciale del Terminal 1 dell'Aeroporto Leonardo Da Vinci di Fiumicino. L'analisi acustica dello stato attuale è stata condotta mediante misure fonometriche dell'indice di attenuazione spaziale dei livelli di pressione sonora al raddoppio della distanza. Tali indagini hanno permesso di confrontare lo stato attuale con i valori di riferimento delle norme tecniche, oltre che di effettuare la taratura di un modello acustico tridimensionale semplificato. L'inserimento dei pannelli di progetto all'interno del modello acustico ha consentito di determinare il beneficio acustico previsto, in termini di incremento dell'indice DL_2 , e, in particolare, il raggiungimento di 3 dB nel campo intermedio.

Parole chiave: comfort acustico, galleria commerciale, decadimento sonoro nello spazio, ambiente di grandi dimensioni

Shopping Mall at Fiumicino Airport: acoustic analysis of large-scale room

Shopping malls are large environments, whose disproportionate shape, together with the distribution of the furnishings, does not allow the establishment of a diffuse field within the space and therefore does not make it possible to determine a univocal sound propagation curve. The present work aims at analyzing the acoustic effectiveness resulting from the installation of metal panels hanging from the ceiling in the commercial gallery of Terminal 1 at Leonardo Da Vinci Airport in Fiumicino. The acoustic analysis of the current state was carried out by acoustic measurements of reverberation time and spatial decay of sound pressure levels per distance doubling. These investigations made it possible to compare the current state with normative reference values, as well as to carry out the calibration of a simplified three-dimensional acoustic model. The inclusion of the design panels within the acoustic model made it possible to determine the expected acoustic benefit, in terms of increase in DL_2 index, and the achievement of 3 dB in the intermediate range.

Keywords: acoustic comfort, shopping mall, spatial sound distribution, large-scale room

1 | Descrizione dell'incarico, analisi della letteratura scientifica e dei riferimenti normativi

Numerosi studi evidenziano come il benessere percepito all'interno degli ambienti dedicati alle attività commerciali incida sulla permanenza dei clienti e conseguentemente sulle vendite e sui ricavi [1]-[3]. Il presente articolo riporta le analisi condotte presso la galleria commerciale dell'avancorpo del Molo A dell'Aeroporto di Fiumicino (vedi Fig. 1). Tale ambiente si estende, nel suo doppio volume di altezza pari a circa 12 m, per una lunghezza di quasi 115 m e su di essa affacciano quattordici esercizi commerciali, prevalentemente sprovvisti di vetrina. Le gallerie commerciali sono ambienti di grandi dimensioni, la cui forma sproporzionata, insieme alla distribuzione degli arredi, non consente l'instaurarsi di

un campo diffuso all'interno dello spazio e pertanto non rende possibile determinare una curva di propagazione sonora univoca. Esse sono caratterizzate da uno sviluppo spaziale in cui la dimensione predominante è la lunghezza e le principali riflessioni sono generate dalle superfici del pavimento e del soffitto, insieme alle pareti laterali più estese [4]. La complessità degli ambienti di grandi dimensioni impedisce l'applicazione di metodi per la previsione del campo sonoro basati sull'acustica statistica e sull'acustica geometrica [5]. Pertanto, per gli ambienti non sabiniani, si rende necessaria la simulazione mediante modelli empirici o mediante software di calcolo. Tra i modelli empirici semplificati che sono stati analizzati, si è fatto riferimento al Modello Friberg, Modello Zetterling e Modello Schultz [5]-[7]. Tali modelli non sono largamente convalidati e permettono di determinare l'anda-

mento dell'attenuazione sonora in funzione della distanza con una significativa approssimazione [5].

Gli ambienti commerciali non sono oggetto di specifiche indicazioni prestazionali riportate all'interno di normative di riferimento. Ai fini del presente studio, è stata presa a riferimento la normativa tecnica definita per gli ambienti industriali [8], [9]. Tale assimilazione è stata ritenuta opportuna tenendo conto delle similitudini tra queste categorie di ambienti, in termini di sviluppo spaziale e variabilità di distribuzione degli arredi. Il confronto tra le due categorie in esame è stato eseguito nonostante le tipologie di sorgenti sonore presenti – macchinari all'interno degli ambienti industriali, rispetto al parlato all'interno della galleria commerciale – e l'utilizzo degli spazi – attività lavorativa negli ambienti industriali e conversazione nella galleria commerciale – differiscano significativamente. Non essendo presenti postazioni di permanenza definite, non si è ritenuto pertinente analizzare altri parametri. Le caratteristiche acustiche consigliate indicano che, per un ambiente con volume maggiore di 1000 m³, il tasso di decadimento spaziale della pressione sonora al raddoppio della distanza (DL₂) sia maggiore di 3-4, al fine di rendere trascurabili le riflessioni generate dall'ambiente, rispetto all'energia diretta proveniente da una determinata sorgente. Questa condizione può ritenersi rispettata, in genere, se l'area equivalente di assorbimento è maggiore di 0.6-0.9 volte la superficie del pavimento [8].

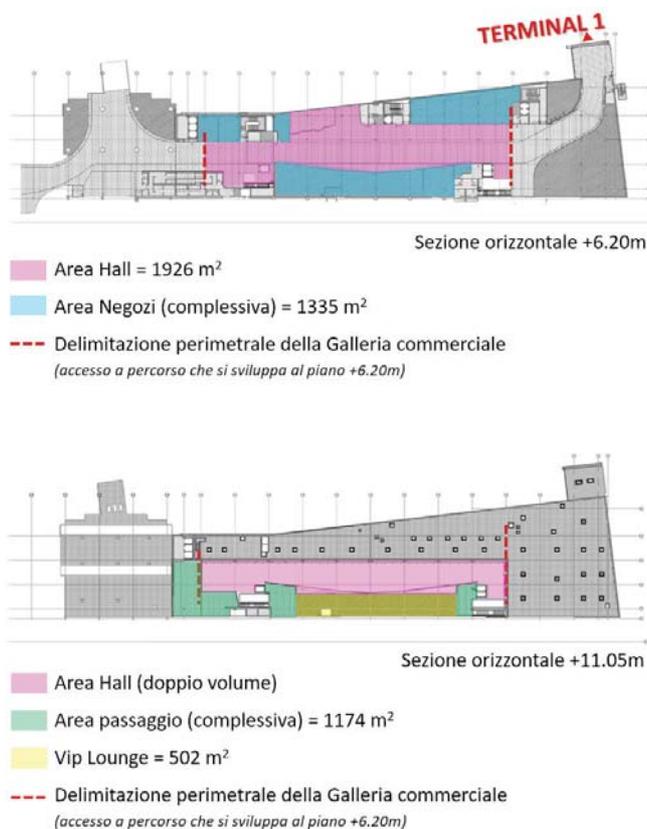


Fig. 1 – Sezioni orizzontali della galleria commerciale
Horizontal sections of the shopping mall

2 | Metodologia di indagine

A partire dalla soluzione di progetto prevista, consistente nell'installazione di pannelli metallici sospesi a soffitto, sono state definite le caratteristiche acustiche del pannello tipo. È stata condotta l'analisi acustica dello stato attuale mediante misure fonometriche dell'indice di attenuazione spaziale dei livelli di pressione sonora al raddoppio della distanza (DL₂ [dB]), nella galleria, e del tempo di riverberazione (T₃₀ [s]), nei negozi. L'elaborazione delle misure ha permesso la taratura di un modello acustico tridimensionale semplificato. Tale modello è stato implementato con l'inserimento dei pannelli di progetto ed è stato determinato il beneficio acustico corrispondente, rispetto alla configurazione attuale, in termini di incremento del parametro DL₂ [dB].

3 | Descrizione dell'intervento di progetto

L'intervento di progetto prevede l'installazione di 168 pannelli metallici, di dimensioni 240 cm × 120 cm, posati alternativamente in verticale e in orizzontale, nello spessore della struttura reticolare presente sul soffitto della galleria commerciale (vedi Fig. 2). L'attribuzione delle prestazioni acustiche al pannello a soffitto è stata effettuata sulla base dell'analisi e del confronto di soluzioni similari presenti in commercio (Fig. 3).



Fig. 2 – Render di progetto con i pannelli a soffitto
Project rendering with ceiling panels

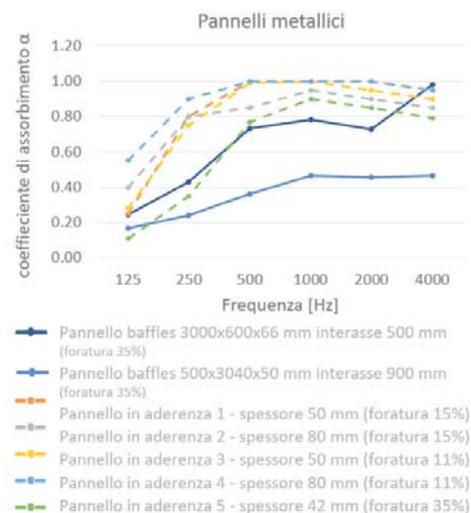


Fig. 3 – Coefficienti di assorbimento acustico riportati nelle schede tecniche dei pannelli fonoassorbenti metallici analizzati
Sound absorption coefficients reported in the data sheets of the metal absorber panels analysed

Il ridotto numero di rapporti di prova di laboratorio, disponibili per materiali metallici testati in configurazione diversa da quella in aderenza, ha determinato una maggiore difficoltà nella stima dell'area equivalente di assorbimento acustico per elemento (A [m^2]). I pannelli di progetto verranno prodotti ad hoc per l'intervento in esame, in quanto, tenuto conto delle dimensioni e della giacitura richiesta dal committente, non vi sono prodotti analoghi già disponibili in commercio. Per l'analisi acustica preliminare, sono stati analizzati vari rapporti di prova di diverse aziende produttrici di pannelli metallici fonoassorbenti. I coefficienti di assorbimento analizzati risultano molto variabili: in particolare, non sono presenti rapporti di prova di laboratorio relativi a pannelli installati con un interasse e una giacitura similari a quelle di progetto. Nella Tabella 1 e in Figura 4, sono riportate, rispettivamente, le prestazioni acustiche attribuite al pannello di progetto (A) e la giacitura di una campata tipo.

Tab. 1 – Area equivalente di assorbimento acustico stimata per elemento
Estimated equivalent sound absorption area per element

Tipo di pannello	S (mq)	Area equivalente di assorbimento acustico per elemento (mq)					
		Frequenza (Hz)					
		125	250	500	1000	2000	4000
Pannello fonoassorbente in lamiera metallica microforata riempita mediante lana minerale di dimensioni 1200x2400x60 mm	5.76	0.9	1.7	2.9	3.5	3.5	4.0

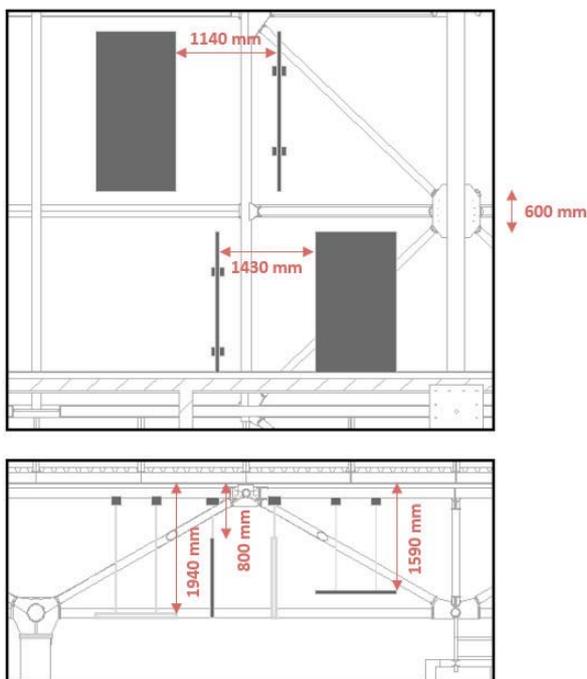


Fig. 4 – Dettaglio della giacitura di un modulo della galleria commerciale, composto da quattro pannelli (schema in pianta e sezione)

Detail of the layout of a shopping gallery module, consisting of four panels (plan and cross-section diagram)

4 | Analisi acustica dello stato attuale: misure fonometriche di tempo di riverberazione e decadimento sonoro al raddoppio della distanza

L'analisi acustica dello stato attuale ha previsto la caratterizzazione dello scenario di indagine attraverso misure fonometriche del decremento del rumore al raddoppio della distanza sorgente-ricevitore (DL_2 , secondo [10]) in alcune direttrici principali, al fine di valutare la propagazione del rumore all'interno della galleria commerciale, e di tempo di riverberazione (T_{30} , secondo [11]), all'interno di alcuni negozi. Per tali misure, è stato utilizzato un fonometro e una sorgente omnidirezionale provvista di amplificatore. Per l'elaborazione delle misure è stato implementato un foglio di calcolo su Excel. Le informazioni reperite per i negozi (rilievo materico e tempi di riverberazione) sono state utilizzate come punto di partenza per la caratterizzazione acustica dei materiali che compongono le superfici interne di tutte le attività commerciali sopra descritte. I tempi di riverberazione dei negozi (Fig. 5) sono stati misurati, ma non è stato possibile confinare completamente tali locali, in quanto le chiusure sono costituite da elementi permeabili al suono (Fig. 6). La presenza di numerosi oggetti e arredi all'interno dei negozi determina condizioni di assorbimento acustico localizzato completamente differenti da quelle che caratterizzano la galleria commerciale.

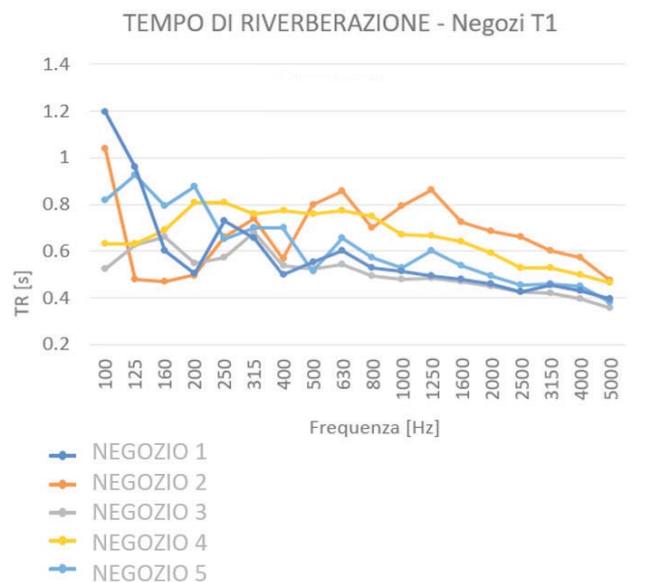


Fig. 5 – Schema planimetrico con indicazione dei negozi in cui sono state effettuate le misure di tempo di riverberazione e risultati del tempo di riverberazione

Layout showing shops where reverberation time measurements were carried out and reverberation time results

NEGOZIO 5

Tipo di controsoffitto: grigliato metallico.

Presenza di vetrina: nessuna.

Presenza di elementi fonoassorbenti di arredo: elevata.

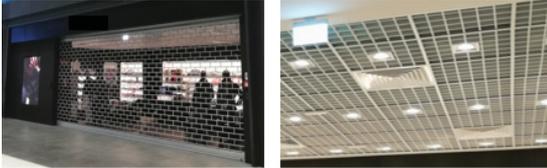


Fig. 6 – Scheda esemplificativa di rilievo materico di un negozio
Example sheet of material survey of a shop

La misura del decremento del rumore al raddoppio della distanza è stata eseguita mediante la procedura per la valutazione del parametro DL_2 [dB] [10]. Tenendo conto dello sviluppo planimetrico e volumetrico della galleria commerciale, sono state determinate quattro aree funzionali all'interno della galleria e per ciascuna di esse è stato misurato il relativo parametro DL_2 , come riportato in Figura 7.



Fig. 7 – Schema planimetrico con indicazione delle postazioni individuate per la sorgente campione e le direttrici lungo le quali sono state effettuate le misure fonometriche
Layout showing the positions of the sample sources and the directions along which the SPL measurements were carried out

5 | Il modello acustico tridimensionale della galleria

Per la verifica dell'efficacia acustica dei pannelli di progetto, è stato costruito il modello geometrico tridimensionale semplificato dell'ambiente (Fig. 8). Il software acustico utilizzato per la simulazione è Ramsete vers. 2.7, opportunamente tarato sulla base dei risultati delle misure fonometriche di DL_2 (Tab. 2). La taratura è stata eseguita modificando, in primo luogo, i coefficienti di assorbimento acustico degli elementi caratterizzati da un comportamento acustico più incerto, quali arredi e impianti a soffitto.

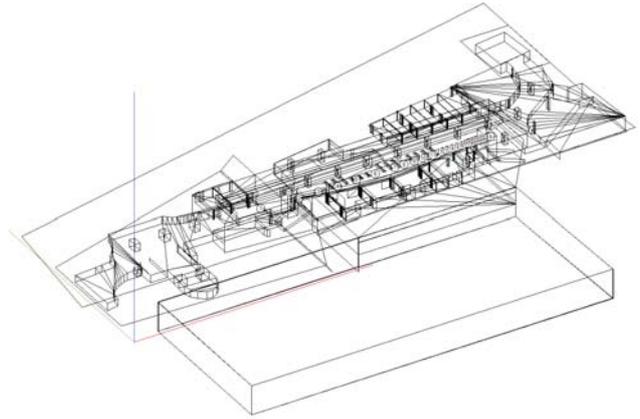


Fig. 8 – Modello acustico per la previsione della propagazione sonora nella galleria commerciale
Acoustic model for predicting sound propagation in the shopping mall

Tab. 2 – Confronto del parametro DL_2 nei quattro campi analizzati per la direttrice principale (riportata in rosso in Figura 7) della galleria commerciale

Comparison of DL_2 parameter in the four fields analysed for the main direction (shown in red in Figure 7) of the shopping mall

DL_2 [dB] galleria commerciale	CAMPO			
	VICINO	INTERMEDIO	LONTANO 1	LONTANO 2
MISURATO	4.0	2.6	4.0	5.3
SIMULATO	4.3	3.0	4.1	5.2
Differenza	+0.3	+0.4	+0.1	-0.1

6 | Risultati

In Figura 9, sono riportati i risultati del modello acustico nella condizione attuale e nella condizione di progetto. I risultati si riferiscono al campo intermedio, tra 5 e 16 m, e sono riportati

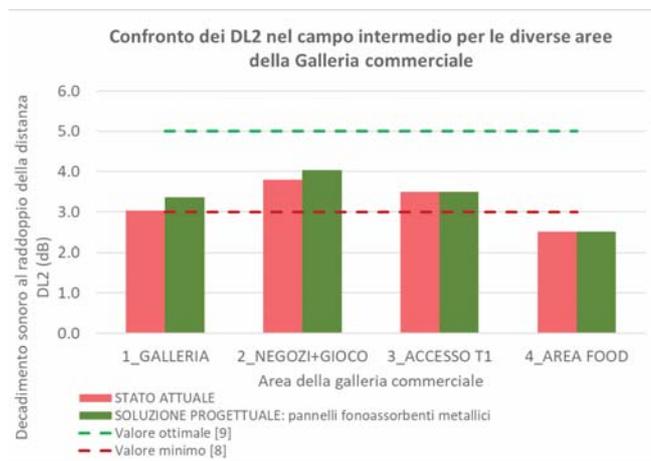


Fig. 9 – Grafico di confronto del parametro DL_2 nel campo intermedio per le diverse aree della galleria commerciale
Comparison of DL_2 parameter in the intermediate range for different areas of the shopping mall

nelle quattro aree, poste a diverse quote, in cui è stato misurato il parametro DL_2 (descritte in Fig. 7). Inoltre, si riporta il confronto con i valori di riferimento [8], [9].

Conclusioni

Dai risultati delle misure fonometriche il parametro DL_2 risulta al di sopra del valore minimo indicato dalla normativa tecnica di riferimento, ad eccezione del campo intermedio dell'area della galleria commerciale e dell'area food, in cui il valore misurato del DL_2 è inferiore a 3 dB. L'ipotesi progettuale risulta sufficiente al raggiungimento di un DL_2 maggiore o uguale al valore minimo, in tutti i campi nella direttrice principale della galleria commerciale (rappresentata in rosso in Fig. 7).

Conclusions

From the results of acoustics measurements, the DL_2 parameter is above the minimum value indicated by the technical reference standard, with the exception of the intermediate field of the shopping gallery area and the food area, where the measured value of DL_2 is less than 3 dB. The design solution is sufficient to achieve a DL_2 greater than or equal to the minimum value, in all the fields in the main shopping gallery area (shown in red in Fig. 7).

Ringraziamenti

Si ringrazia la società ADR Ingegneria per la collaborazione durante tutte le fasi di svolgimento del lavoro.

Bibliografia

- [1] N. Kanev, 'Study and Improvement of Acoustic Conditions in Public Spaces of Shopping Malls', *Acoustics*, vol. 3, no. 1, pp. 137-155, Feb. 2021, doi: 10.3390/acoustics3010011.
- [2] J. Treasure, *Sound business*. Management Books 2000 Limited Oxford, 2011.
- [3] S. Biggar and D. McAdams, 'Time is money: Shoppers buy more when they stay longer', 2016.
- [4] N. Prodi, 'La propagazione del rumore negli ambienti industriali', Seminario AIA - GAA: Riduzione del rumore negli ambienti industriali, Jun. 2005.
- [5] R. Spagnolo, *Manuale di acustica applicata*. Torino: UTET libreria, 2001.
- [6] M. Hodgson, 'Review and critique of existing simplified models for predicting factory noise levels', *Canadian Acoustics*, vol. 19, no. 1, pp. 15-23, 1991.
- [7] M. Hodgson, 'Experimental Evaluation of Simplified Methods for Predicting Noise Levels in Industrial Workrooms', *Proceedings of the Acoustics Week in Canada*, vol. 24, no. 3, 1996.
- [8] *UNI EN ISO 11690-1:2021 Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchine - Parte 1: Strategie per il controllo del rumore*.
- [9] *UNI EN ISO 11690-2:1999 Acustica - Raccomandazioni pratiche per la progettazione di ambienti di lavoro a basso livello di rumore contenenti macchine - Parte 1: Provvedimenti per il controllo del rumore*.
- [10] *UNI EN ISO 14257:2004 Acustica - Misurazione e descrizione parametrica delle curve di decadimento del suono nello spazio degli ambienti di lavoro per la valutazione delle loro prestazioni acustiche*.
- [11] *UNI EN ISO 3382-2:2008 Acoustics - Measurement of room acoustic parameters - Part 2: Reverberation time in ordinary rooms*. 2008.