

## PROBLEMATICHE ACUSTICHE NEGLI UFFICI OPEN PLAN

Sara Delle Macchie, Simone Secchi, Gianfranco Cellai

Dipartimento di Ingegneria Industriale, DIEF, Università di Firenze, sara.delle.macchie@gmail.com

### SOMMARIO

La memoria tratta delle problematiche acustiche degli ambienti per ufficio di tipo open plan. Vengono analizzate le principali configurazioni tipologico-funzionali che questi ambienti possono assumere e vengono individuate in particolare sei tipologie spaziali per le quali viene valutata la variazione di alcuni descrittori acustici (decadimento lineare, distanza di distrazione, tempo di riverberazione, STI) mediante il software raytracing Ramsete®.

### 1. Introduzione

La recente letteratura tecnica [1,2,3,4,5] è coerente nell'affermare che gli open plan office presentano condizioni ambientali peggiori degli uffici tradizionali a causa della mancanza di spazio individuale, della carenza di requisiti acustici, termici e di privacy, oltre che della cattiva qualità dell'aria e dell'elevata possibilità di distrazione per i lavoratori. Inoltre esiste una relazione evidente tra le qualità fisico-ambientali e le prestazioni dei lavoratori, nonché tra le stesse qualità e la soddisfazione degli impiegati verso il lavoro svolto.

Nonostante questo, gli open plan office sono molto diffusi, soprattutto per le qualità economiche positive che rappresentano per i datori di lavoro.

Il comfort acustico può essere definito come quella particolare condizione psicofisica per cui un individuo, immerso in un campo sonoro, si trova in condizioni di benessere rispetto all'attività che sta svolgendo. Esso è condizionato da fattori diversi che interagiscono tra loro come le caratteristiche fisiche della sorgente (la potenza sonora, lo spettro, la durata e l'andamento nel tempo), le caratteristiche dell'ambiente (la riflessione e la diffusione del suono), le caratteristiche individuali dei soggetti esposti (la sensibilità al disturbo e l'acuità uditiva) e l'attività svolta nello spazio analizzato. Due requisiti essenziali per la qualità acustica degli ambienti interni sono l'assenza di eccessivo disturbo e la buona ricezione.

### 2. Strumenti e metodi

Negli open space la fonte di disturbo maggiore è costituita dall'irrelevant speech [4], cioè dalla percezione di quei discorsi che risultano irrilevanti rispetto al compito che l'utente sta svolgendo e che lo distraggono a causa, soprattutto, del loro contenuto semantico. Lo studio ha preso quindi in esame la propagazione del suono all'interno degli ambienti chiusi in base al segnale emesso da una sorgente sonora con lo spettro standard della voce maschile, secondo la norma ISO 9921 [6].

Vengono analizzati in particolare alcuni descrittori della risposta acustica di sei tipologie spaziali rappresentative degli uffici open space, tramite l'utilizzo di un software previsionale che usa la metodologia del Pyramid Tracing, Ramsete®.

La procedura di analisi è stata tarata in un caso studio di ambiente dove sono state eseguite le misurazioni del decadimento del livello sonoro, del tempo di riverberazione e la misura del livello equivalente di rumore ambientale, in una tipica mattinata di lavoro.

Le tipologie spaziali rappresentative degli ambienti open plan office prese in considerazione sono le seguenti:

- ufficio a pianta regolare basso, dimensioni 16x16x3 (m);
- ufficio a pianta regolare alto, dimensioni 16x16x6 (m);
- ufficio a pianta allungata basso, dimensioni 60x12x4 (m);
- ufficio a pianta allungata alto, dimensioni 36x6x6 (m);
- ufficio a pianta irregolare con altezza 3m;
- ufficio a pianta irregolare con altezza 6m.

Nella figura 1 vengono riportati schematicamente gli ambienti analizzati. Gli uffici c) e d) rappresentano una grande quantità di casi in cui i vecchi immobili industriali sono stati ristrutturati e convertiti a spazi di lavoro terziario mentre le tipologie con pianta irregolare rappresentano, seppure in maniera semplificata, una morfologia di spazi meno rigidi tipici dell'architettura moderna.

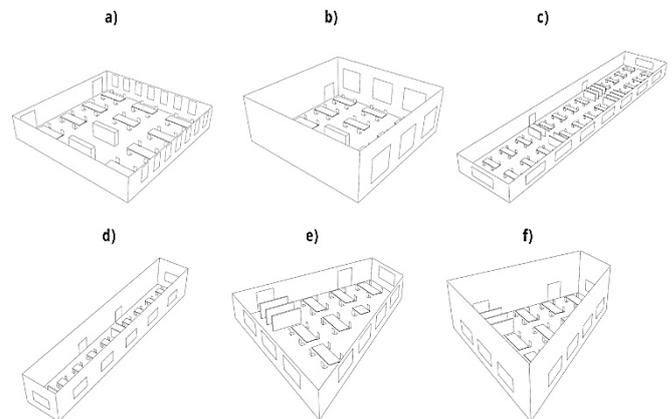


Figura 1 – Schematizzazione delle sei tipologie spaziali analizzate.

Ognuna delle sei tipologie sopra descritte è stata studiata in quattro casi differenti relativi alle qualità fonoassorbenti e fonoisolanti dei materiali presenti nell'ambiente, considerando anche precedenti risultati di ricerca [3, 5, 7].

Le quattro variabili di qualità acustica interna, riportate nella figura 2, sono le seguenti:

- nessuna superficie interna trattata con materiali fonoassorbenti;
- uguale a 1) ma con aggiunta di controsoffitto fonoassorbente in gesso forato con un coefficiente  $\alpha_w \approx 0,7$ ;
- uguale a 2) ma con aggiunta di divisori fonoassorbenti alti 2m, caratterizzati da  $\alpha_w = 0,85$  e  $R_w = 34$  dB;

4) uguale a 3) ma con aggiunta di schermi bassi sul piano di lavoro, tra due persone che svolgono l'attività in posizione contrapposta ( $\alpha_w = 0,8$  tra 250 e 500 Hz).

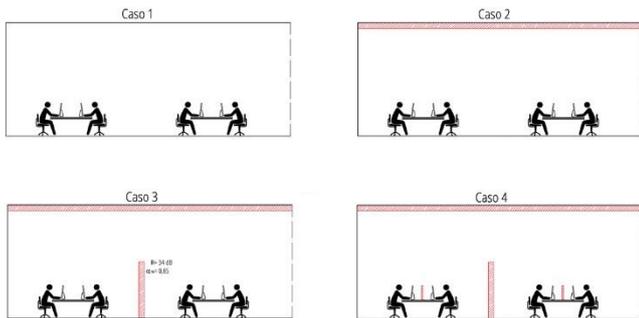


Figura 2 – Qualità acustiche studiate al variare delle caratteristiche materiche dello spazio e dei componenti di arredo.

In totale sono stati analizzati 24 diversi casi (6 configurazioni spaziali x 4 tipologie di finiture interne). I ricevitori sono stati posizionati, come la sorgente, a 1,20 m da terra, su una linea dritta e a un intervallo di 1 m l'uno dall'altro, in modo da poter calcolare il tasso di decadimento sonoro al raddoppio della distanza.

La diffrazione sonora che interessa i bordi dei divisori dei casi 3 e 4) è stata valutata mediante la funzione specifica del software Ramsete.

### 3. Parametri analizzati

Per ognuno dei 24 casi sono stati calcolati i seguenti parametri:

- $D_{2,S}$ : decadimento spaziale del livello di pressione sonora ponderato A, ricavato sia alla breve distanza interna a una stessa posizione (2-4 m) sia al raddoppio della distanza dalla sorgente 4-8 m;
- $L_{p,A,S,2m}$  e  $L_{p,A,S,4m}$ : livello di pressione del discorso a 2 e a 4 m di distanza dalla sorgente, considerando 4 m la distanza di comfort usuale tra due postazioni dove i lavoratori svolgono attività diverse che non comportano interazioni reciproche;
- **TR**: tempo di riverberazione medio tra le bande di ottava di frequenza da 125 Hz a 4000 Hz;
- **STI**: Speech Transmission Index, utilizzato come parametro per analizzare le condizioni di privacy ed interferenza sul parlato nei vari posti di lavoro; per la valutazione dello STI è stato utilizzato come rumore di fondo, il livello equivalente misurato nel caso studio nel corso di una tipica giornata lavorativa ( $LeqA = 57,30$  dBA)
- **rd**: distanza di distrazione, definita come la distanza alla quale lo STI scende sotto 0,5.

I valori di riferimento utilizzati per la valutazione dei risultati delle simulazioni sono quelli riportati nella norma ISO 3382-3 [8].

### 4. Risultati

Per quanto riguarda il decadimento spaziale  $D_{2,S}$  (4-8m) si rileva un miglioramento sostanziale passando dalla situazione 1) alla 3), cioè con l'inserimento di un controsoffitto fonoassorbente e di divisori interni. L'ipotesi in cui vengono inserite le schermatine non porta invece un ulteriore miglioramento. La situazione che sente maggiormente l'effetto del cambiamento delle proprietà acustiche dell'ambiente è quella riscontrata nel caso A, dove si raggiunge un decadimento di 5 dB.

Per quanto riguarda il livello di pressione sonora a 4m di distanza dalla sorgente, tutte le tipologie d'ufficio si trovano nella classe D (la peggiore) nell'ipotesi 1) secondo la norma ISO 3382-3 [8], mentre nel caso 3) e 4) le condizioni migliorano e gli uffici raggiungono le classi A e B. Per quanto riguarda il tempo di riverberazione, un netto cambiamento si ha, in tutte le morfologie spaziali, con l'introduzione del controsoffitto fonoassorbente. L'inserimento di pannelli divisori interni migliora ulteriormente la qualità acustica, soprattutto nelle tipologie di ufficio allungate, e si raggiungono valori finali tra 0,7 e 1,2 secondi, partendo da valori compresi tra 2,8 e 4,5 secondi.

Il parametro STI permette di dedurre che in tutte le situazioni l'intelligibilità della parola migliora di circa 0,2 punti, passando dalla condizione 1) alla 3). Considerando che l'intelligibilità viene classificata eccellente con  $STI > 0,75$  i risultati sono ottimi, poiché superano in tutti i casi il valore di 0,9.

L'introduzione del controsoffitto e dei pannelli alti porta un miglioramento sostanziale anche del parametro  $r_D$ , che viene ulteriormente messo in evidenza con l'inserimento degli schermi posti sui tavoli.

### 5. Conclusioni

Dalla lettura dei risultati ottenuti si può concludere che, agendo sulla superficie del controsoffitto e sull'introduzione di pannelli divisori alti, si migliora notevolmente la qualità acustica degli ambienti open plan office. Inoltre si può affermare che lo spazio che risponde meglio alla proposta di miglioramento della qualità acustica interna è l'ufficio A, caratterizzato da un volume contenuto in altezza e da dimensioni in pianta uguali. Anche ambienti simili con modeste irregolarità in pianta rispondono bene al trattamento.

È invece più difficile e oneroso ottenere qualità ambientali idonee in spazi con grandi altezze e dimensioni in pianta non ben proporzionate tra loro, con un lato molto maggiore dell'altro.

### 6. Bibliografia

- [1] Michele Furnari, Tecnotipo - *Manuale di progettazione UFFICI*, Mancosu Editore, Roma, 2013.
- [2] Eckard Mommertz, Müller-BBM; edizione italiana a cura di Enrico De Angelis, *Edifici ad uso amministrativo e per uffici*, PRAXIS - Acustica e isolamento acustico, UTET Scienze e tecniche, Torino, 2009.
- [3] V. Hongisto, A. Haapakangas, J. Varyjo, R. Helenius, H. Koskela, *Refurbishment of an open-plan office – Environmental and job satisfaction*, Journal of Environmental Psychology, 30 December 2015, Vol.45, p.176-191.
- [4] V. Hongisto, A. Haapakangas, J. Hyönä, J. Kokko, J. Keränen, *Effects of unattended speech on performance and subjective distraction: The role of acoustic design in open-plan offices*, Applied Acoustics, 16 April 2014, Vol.86, p.1-16.
- [5] J. Keränen, V. Hongisto, *Prediction of the spatial decay of speech in open-plan offices*, Applied Acoustics, 20 June 2013, Vol.74, p1315-1325.
- [6] ISO/FDIS 9921 *Ergonomics – Assessment of speech communication*.
- [7] J. Keränen, V. Hongisto, P. Virjonen, *Characterization of acoustics in open offices – four case studies*, Acoustics 08 Paris, June 29-July 4, 2008.
- [8] Christian Nocke, *Open Plan Offices- classification scheme based on ISO 3382-3 parameters*, Inter.noise, Melbourne, Australia, 16-19 November 2014.
- [9] R. Romano, R. Quindici, R. Dragonetti, *Approccio metodologico per la valutazione del disturbo da 49rumore in ambienti di lavoro open-space in cui si svolgono attività che richiedono concentrazione*, II Convegno di Ingegneria Fornense, V Convegno su Crolli, Affidabilità strutturale, Consolidamento, Pisa 15-17 novembre 2012.
- [10] A. Peretti, M. Gravino, A. Farina, *Valutazione del rischio da rumore a cui sono esposti i centralinisti telefonici*, Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università di Parma.
- [11] Angelo Farina, *Propagazione sonora e previsione del rumore negli ambienti di lavoro*, Dipartimento di Ingegneria Industriale – Università di Parma.
- [12] A. Cocchi, A. Farina, R. Vezzali, *Valutazione dell'intelligibilità della parola: metodi a confronto*, Istituto di Fisica Tecnica – Facoltà d'Ingegneria Università di Bologna.