

LO SCENARIO DI SVILUPPO DELLA UNI 11532-3

di * Linda Parati, *Dario D’Orazio

GL7 UNI Acustica e Vibrazioni.

Il seguente articolo è stato esposto al 49° Convegno Nazionale AIA (Ferrara, 7-9 giugno 2023).

Sommario

Il presente contributo ha l’obiettivo di inquadrare sinteticamente lo scenario che il gruppo normativo che lavora alla norma UNI 11532-3 si trova ad affrontare per definire criteri robusti di qualità acustica degli uffici, modalità di validazione e collaudo congruenti con il paradigma dei CAM e tener conto delle peculiarità del contesto lavorativo italiano.

1. La norma UNI 11532

Il pacchetto di norme UNI 11532 prende il nome di “caratteristiche acustiche interne di spazi confinati” e prevede una parte introduttiva, con metodi e criteri (parte 1 “Metodi di progettazione e tecniche di valutazione”, resa disponibile nel marzo 2018) e una serie successiva di parti con applicazioni specifiche (nel marzo 2020 è stata resa disponibile la parte 2 “Settore scolastico”) [1]. È naturale che, dopo l’entrata in vigore dei CAM, la scrittura di tali norme, la valutazione dei descrittori significativi, e la scelta dei valori limite o delle finestre di validità siano inserite in modo coerente nel paradigma di riferimento dei CAM [2].

Questo significa, negli obiettivi del normatore e nell’interesse della comunità tecnica, che le norme risultino allo stesso tempo robuste, non ambigue, semplici ed efficaci sia in fase di validazione previsionale che di collaudo. Ci si augura inoltre, che la molteplicità di sensibilità che

partecipano al gruppo di lavoro possa garantire un consistente incremento della prestazione di qualità acustica, per tutti i soggetti coinvolti – attivamente o passivamente – negli interventi di cui ciascuna parte applicativa della norma rappresenta un riferimento progettuale. Si consideri, a titolo di esempio, il ruolo che la UNI 11532-2 ha negli interventi per l’edilizia scolastica finanziati di recente con fondi PNRR.

2. Il comfort acustico negli uffici: un sistema complesso

Il clima acustico all’interno di un ufficio è rappresentato, con una inevitabile semplificazione, da rumori provenienti dall’esterno del contesto (i.e. rumore di infrastrutture di trasporto mitigato tramite isolamento di facciata), rumori provenienti dall’interno dell’edificio (i.e. rumore da ambienti adiacenti mitigati tramite isolamento di partizioni edilizie, rumore di impianti di condizionamento, ...) e rumori generati all’interno dell’ambiente stesso da macchine (i.e. rumore generato da pc, stampanti, etc...) e infine rumori generati all’interno dell’ambiente stesso da persone (i.e. human noise, che a sua volta ha i contributi del parlato dell’interlocutore su cui focalizziamo l’attenzione, e irrelevant speech [3] – ovvero la somma degli speakers attivi su cui non focalizziamo l’attenzione).

Ancora con una certa semplificazione, è necessario fare alcune considerazioni, in ordine spar-

so, sulla coesistenza di tali sorgenti di rumore e sugli effetti che hanno sul comfort/produttività dell'occupante/lavoratore in un open-plan office:

- Le sorgenti principali di rumore sono, in generale, il rumore meccanico e l'irrelevant speech.
- Tali sorgenti sono all'interno dell'ambiente occupato dal ricevitore, e non possono essere mitigate con le strategie "tradizionali" di isolamento acustico.
- La letteratura dimostra che il parametro che più incide sul comfort è la mancanza di privacy.
- La privacy non è direttamente legata al livello di esposizione. [4]
- Le sorgenti di rumore di tipo human sono soggette a Lombard effect (ISO 9921), ovvero il livello di potenza della sorgente sonora incrementa all'aumentare del rumore di fondo. [5, 6]

Da questo quadro sommario risulta che le specifiche tradizionali di prestazioni passive e interne degli ambienti (ad es. mediante controllo della riverberazione) non sono sufficienti a garantire un'adeguata privacy.

Nel caso dell'occupante di un ufficio singolo o di una meeting room invece, sempre con le necessarie semplificazioni:

- Alcune delle partizioni di separazione possono essere rappresentate da pareti leggere o da ampie superfici vetrate, questo comporta che:
 - a) La prestazione di isolamento acustico è spesso richiesta per ragioni strategiche di riservatezza aziendale;
 - b) L'alta percentuale di superfici riflettenti incrementa il livello di pressione nell'ambiente (considerato come sorgente) a parità di livello di potenza dell'emissione vocale.

A parità di prestazione di isolamento, quindi, il livello nell'ambiente ricevitore risulta più alto, di conseguenza, spesso, il contenuto più comprensibile.

- Spesso sono presenti facciate continue e/o controsoffitti continui, con contributi consistenti di trasmissione laterale.

Sono quindi necessarie, inoltre, prescrizioni ad hoc per la misura dell'isolamento in opera di tipologie 'ibride', quali, ad esempio, normative ad hoc per i box acustici e per i phone booth, e per assicurare un'adeguata cura della posa in opera di partizioni leggere.

È poi inevitabile allargare lo sguardo su requisiti più ampi legati all'ergonomia. Utilizzando una prospettiva IEQ, in un ufficio di nuova costruzione (a meno delle differenze di tolleranza tra occupanti) è possibile agire dinamicamente (anche su controllo degli occupanti) su ventilazione, temperatura e comfort visivo, mentre non è possibile agire sul comfort acustico (a meno di non usare dispositivi che isolano acusticamente il lavoratore dall'ambiente, i.e. auricolari con controllo attivo del rumore). La quantità di tempo trascorsa dal lavoratore nel suo workspace può essere consistente (in un ufficio con postazioni di lavoro fisse) e avere effetti di lunga durata sulla produttività e sul comfort psicofisico. È evidente come i soli punti evidenziati, tra i tanti che la letteratura e l'esperienza tecnica hanno messo in luce, coinvolgono intere discipline di ricerca. Per tentare di normare la complessità e la peculiarità del contesto uffici sintetizzate nella sezione precedente, la comunità normativa internazionale e nazionale ha rilasciato un cospicuo numero di norme tecniche. Su tutte, le due norme ISO:

- ISO 3382-3:2022 "Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 3: Open plan offices" [7]
- ISO 22955:2021 "Acoustic quality of open office spaces" [6]

La prima norma qualifica il campo acustico

all'interno di open-plan offices, definendo descrittori ad hoc: La seconda norma definisce gli ambiti di applicazione e i limiti per ciascuna categoria di utilizzo degli ambienti ufficio.

3. L'approccio activity-based

La norma ISO 22955 [6], attingendo da pregresse norme locali francesi e inglesi, ha recentemente fornito un paradigma di riferimento, che per molti aspetti risulta recepibile anche nel perimetro richiesto dai CAM [2]. Si differenziano i requisiti preliminari dell'ambiente (prima che sia destinato ad allestimenti non a carico del costruttore, ma dell'eventuale locatore) dai

requisiti finali (layout, schermi, arredi, a carico dell'utilizzatore dello spazio). I requisiti preliminari dello spazio richiedono adeguato isolamento tra le partizioni e prescrizioni di area di assorbimento acustico equivalente dell'involucro e degli impianti volte a non innescare il Lombard effect. Successivamente, in funzione della destinazione d'uso dello spazio, sono prescritti valori dei parametri ISO 3382-3:2022 [7], integrati con descrittori ad hoc, quali il decadimento sonoro in campo vicino DS,A (necessario anche per definire la prestazione di schermi acustici, phone booth, etc).

In sintesi, molto grossolana: l'approccio ISO

$$D_{S,A} = L_{W,S,A,1} - L_{W,S,A,2}$$

$$D_i = L_{W,P,1,i} - L_{W,P,2,i}$$

Frequency	Speech level reduction
f	D
Hz	dB
125	11,0
250	23,3
500	28,9
1 000	37,2
2 000	38,7
4 000	35,0
8 000	37,2
$D_{S,A}$	28,4

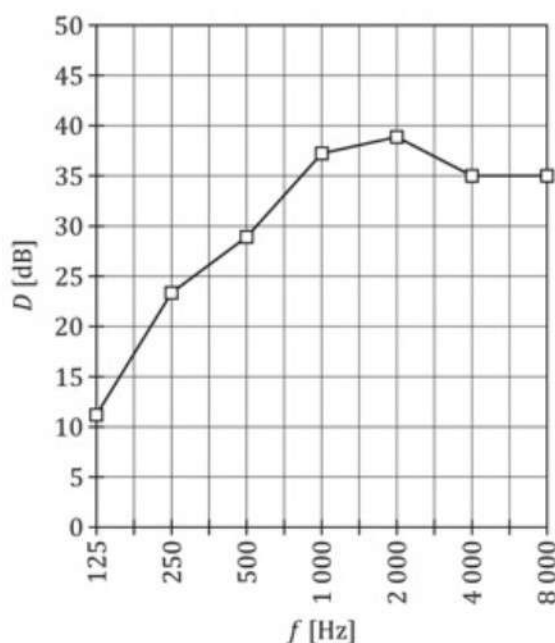


fig. 1 - Esempio di decadimento sonoro in campo vicino DS,A, da UNI/ISO 22955 [6].

22955:2021 [6] differenzia la prescrizione di assorbimento acustico equivalente dell'involucro/isolamento acustico (per finalità di contenimento dell'effetto Lombard) dalle prescrizioni sul decadimento spaziale di energia e intelligibilità (queste ultime con la finalità di raggiungere un'adeguata privacy).

Si noti che lo stesso approccio è seguito dagli enti indipendenti che regolano i criteri di sostenibilità (LEED, BREEAM e WELL). Il WELL v2, ad esempio, incorpora in qualche modo la stessa filosofia, separando i punteggi assegnati con due criteri: il primo che definisce una superficie minima di area di assorbimento equivalente dell'involucro e un secondo che prescrive i descrittori di qualità acustica dello spazio arredato [8].

relevant speech bisogna a questo punto tornare indietro alla sorgente sonora: il parlato. Il livello del parlato è normato, e in qualche modo prevedibile, tramite ISO 9921 [9]. Non è invece prevedibile la frequenza in cui tale sorgente sonora è 'attiva'. Di conseguenza il rumore ambientale, che è la somma delle sorgenti sonore 'attive', dipende in modo sostanziale dall'attitudine alla parola, ed è evidente come questa attitudine sia profondamente diversa tra popoli mediterranei e popoli nordeuropei.

tab. 1 – *Well V2, Q2, Sound*
– *Feature S05 | Sound*
reducing surfaces [8].

Space Type	Metric	1 Point(0.5 Points)	2 Points(1 Point)
Open workspaces	Minimum NRC/aw	0.75 for at least 75% of available ceiling area	0.90 for all available ceiling area ^{1,18}
	Minimum furniture height and NRC/aw	N/A	Partial height barriers with a minimum height of 4 ft(1.2 m) above finished floor and a minimum NRC/aw value of 0.70 between all opposing workstations ²
Areas for conferencing and learning	Minimum NRC/aw at ceilings	0.75 for at least 50% of available ceiling area	0.90 for all available ceiling area
	Minimum NRC/aw at walls	0.75 on at least 25% of two walls	0.80 on at least 25% of two perpendicular walls
Areas for dining	Minimum NRC/aw at ceilings	0.75 on at least 50% of available ceiling area	0.90 for all available ceiling area

4. Human-noise attitude

In ultima analisi, ma con tutta la complessità che risiede dietro al raggiungimento di tale obiettivo per tutte le postazioni di lavoro, le norme sulla qualità acustica degli ambienti lavorativi cercano di limitare il rumore ambientale dovuto principalmente allo human noise, e allo stesso tempo mantenere alta l'intelligibilità della comunicazione, rendendo scarsamente intelligibili i contributi di irrelevant-speech.

Nel dover identificare i valori limite dei descrittori che influenzano il rumore e degradano l'ir-

5. Il campo acustico all'interno di open-plan offices

Gli open-plan offices per ragioni di geometria, quantità di materiale assorbente, schermi, arredi, non verificano le ipotesi acustiche che stanno alla base della ISO 3382 parti 1 e 2 [10, 11]. Si rende quindi necessario l'utilizzo di nuovi descrittori, proposti a partire dai primi anni 2000 in ambito nordeuropeo - in particolare DTU in Danimarca e Turku University in Finlandia. Cadendo, infatti, molte delle ipotesi dei modelli di riverberazione, all'interno degli open-plan offices, perde di significatività il tempo di river-

berazione come parametro per qualificare/prevedere la qualità acustica. Da una parte, infatti, la distribuzione dei liberi cammini all'interno di un ambiente uffici open-plan non è uniforme: le statistiche delle lunghezze dei liberi cammini si "accumulano" in più gruppi, che possono corrispondere alle dimensioni dell'ambiente lungo gli assi longitudinale, trasversale e verticale (tipicamente il primo e l'ultimo in rapporto 4-5:1 o superiore). Per quanto riguarda i cammini "verticali", le condizioni al contorno "viste" da tali cammini (ovvero l'impedenza acustica di soffitto Vs pavimento) sono piuttosto disomogenee: i cammini longitudinali invece sono "spezzati" da schermi e da eventuali baffles. In queste condizioni non esiste una vera e propria "riverberazione" intesa come qualità acustica dell'ambiente. I tempi di riverberazione misurati in questi tipi di ambiente non risentono delle condizioni acustiche al contorno e, inoltre, non sono prevedibili con gli strumenti della EN 12354-6 [12]. In sintesi, il tempo di riverberazione è un descrittore scarsamente significativo all'interno di ambienti open-plan.

Per descrivere qualitativamente l'ambiente, allora, si sfrutta il fatto che all'interno di un open-plan office il campo sonoro decade in modo più o meno significativo allontanandosi dalla sorgente. Non essendoci condizioni di campo diffuso, e nemmeno condizioni per l'applicazione della *revised theory* di Barron, si ipotizza che l'energia del campo acustico decada linearmente nello spazio, come nella zona mid della ISO 14257 [13]. E infatti, in analogia non esplicita con la citata ISO 14257 [13], la parte 3 della ISO 3382 [7] propone di misurare il decadimento spaziale su una linea di ricevitori posti in una regione tra 2 e 16 m dalla sorgente. Se nella ISO 14257 [13] il decadimento viene analizzato per ogni banda di ottava poiché le sorgenti in ambienti industriale possono coprire diverse regioni dello spettro, nella ISO 3382-3 [7] – per la quale la sorgente di rumore significativa è il rumore antropico – viene proposto un parametro pesato $D_{2,S}$ a misurare la pendenza dei livelli sonori ponderati A misurati con un segnale sorgente speech. Tanto più alta è la pendenza $D_{2,S}$, tanto più l'ambiente attenuerà il contributo di ciascun parlatore attivo al rumore ambientale.

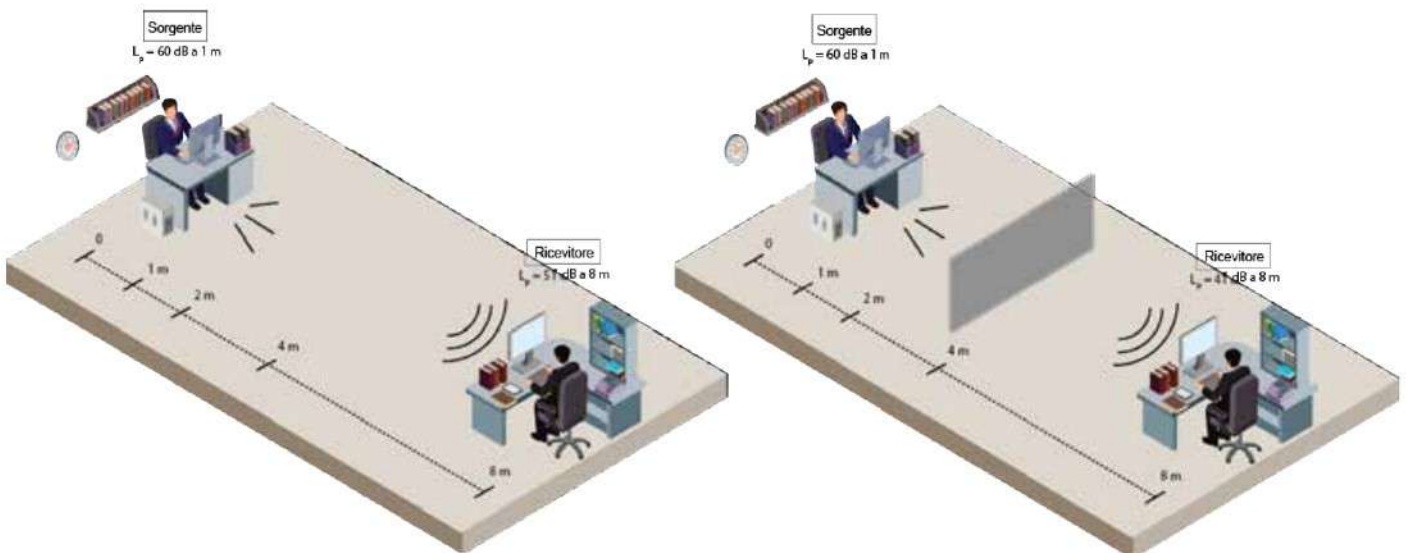


fig. 2 - Esempio di livello di pressione sonora di un parlatore speech a 8m dalla sorgente, in caso di $D_{2,S}=3$ dB (a sinistra) $D_{2,S}=6$ dB (a destra).

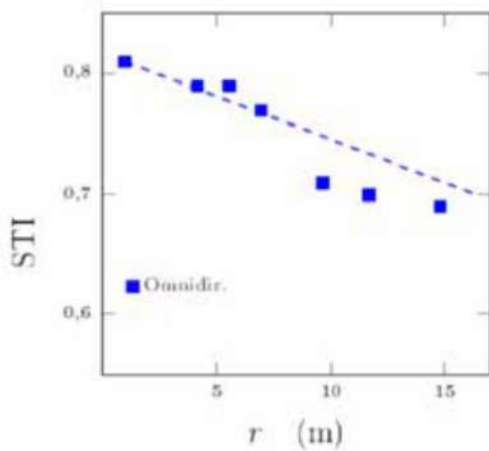
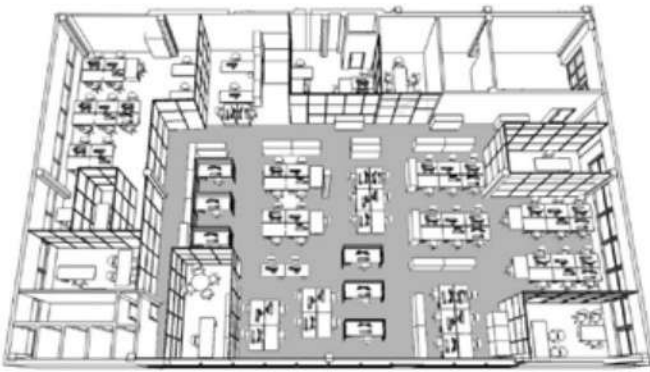


fig. 3 - Esempio di caratterizzazione acustica di un ufficio. Misura su una linea di ricevitori e valutazione del raggio di distrazione a partire dal decadimento spaziale dello STI.
Le immagini sono prese dalla pubblicazione [15] D'Orazio et al. Building Acoustics 2018

Dalla stessa linea di decadimento del livello di pressione sonora in ambiente, si può ricavare il descrittore $L_{p,A,S,4m}$, ovvero il livello, ponderato A, di una sorgente speech con sforzo vocale normal misurata a 4m (fissato come passo standard tra due isole di lavoro adiacenti).

Da [14] tanto minore sarà il livello $L_{p,A,S,4m}$, tanto minore sarà l'esposizione generale del lavoratore alla somma dei contributi di human noise provenienti dalle stazioni di lavoro attigue.

Recentemente è stato proposto, e introdotto nella revisione del 2022 della ISO 3382-3 [7], la comfort distance r_c , ovvero la distanza alla quale il decadimento dell'energia sonora incrocia il livello di 45 dB. A tale distanza, infatti, si suppone che il livello di pressione sonora relativa a una sorgente parlatore attivo sia uguale a quello che presumibilmente è il background noise all'interno dell'ufficio.

Correlato con la privacy e con la produttività, è il decadimento della matrice di correlazione del segnale (quindi un parametro che ha più informazioni rispetto ai parametri energetici passati in rassegna) che pesata fornisce il valore del decadimento di STI rispetto alla distanza sorgente-ricevitore. Il raggio di distrazione non è incluso tra i requisiti della UNI/ISO 22955 [15]. Riportandosi all'ambito normativo, bisogna rilevare come non esistono modelli previsionali del decadimento spaziale di STI (poiché il modello previsionale della IEC 60268-16:2020 [16] considera un modello di ambiente Sabiniano).

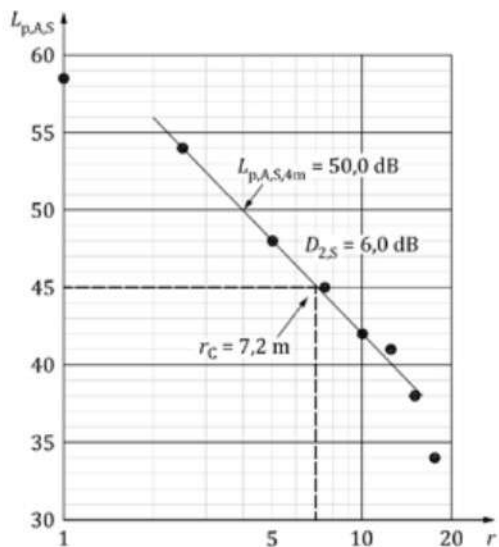


fig. 4 - Metodo per l'estrazione, a partire dalle misure di decadimento spaziale in ambiente, dei descrittori $D_{2,S}$, $L_{p,A,S,4m}$, r_c

Sono state invece proposte in letteratura le seguenti formule previsionali per prevedere in modo robusto i parametri $D_{2,S}$ e $L_{p,A,S,4m}$

$$D_{2,S} = 8 \frac{h}{H} + 0.168 \frac{L}{H} - 4\alpha_c$$

$$L_{A,S,4m} = L_{A,S,1m} - 3h - 0.1W - 4.6\alpha_c - 0.8\alpha_f$$

Le due equazioni sono state proposte su base sperimentale [17] e parzialmente verificate mediante simulazione numerica [18].

Quanto descritto sinteticamente nell'articolo, pone in evidenza la necessità – per gli uffici – di un approccio consistentemente differente rispetto ad altri più consolidati nella comunità dei tecnici, non ultimo l'ambito scolastico recentemente normato dalla parte 2 della UNI 11532.

Negli uffici, in molti contesti, il tempo di riverberazione non rappresenta più un descrittore significativo. Sorge invece l'esigenza di controllare l'insnesco dell'Effetto Lombard attraverso il dimensionamento dell'area di assorbimento

equivalente e, successivamente, la propagazione del rumore ambientale attraverso il controllo spaziale del decadimento dell'energia.

È necessario, in sintesi, un vero e proprio “cambio di rotta” in fase di progettazione e, a cascata, di verifica, che scardini un po' quella che è la consuetudine.

Il gruppo normativo GL07, grazie anche a significativi supporti scientifici, sta elaborando un documento che possa essere altresì una linea guida, cercando di approfondire ogni aspetto, per addivenire ad una norma che rappresenti un obiettivo strumento utile e concreto per la progettazione degli spazi dedicati al lavoro. **E**

* Linda Parati, Dottorato Europeo in acustica e vibrazioni e Tecnico Competente in Acustica.

* Dario D'Orazio, Ricercatore Dipartimento Ingegneria Industriale, Università di Bologna
Membro ISO/TC 43/SC 2/WG34

Bibliografia

- [1] UNI 11532-2, Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2: Settore scolastico
- [2] D.M. 23 giugno 2022, Criteri Ambientali Minimi (CAM) per l'edilizia
- [3] S Di Blasio, L Shtrepi, GE Puglisi, A Astolfi, A Cross-Sectional Survey on the Impact of Irrelevant Speech Noise on Annoyance, Mental Health and Well-being, Performance and Occupants' Behavior in Shared and Open-Plan Offices. *Int J Environ Res Public Health*, 2019;16(2):280. doi: 10.3390/ijerph16020280.
- [4] V Hongisto, A model predicting the effect of speech of varying intelligibility on work performance, *Indoor Air*, 2005 Dec;15(6):458-68. (updated in 2019)
- [5] Lombard E., *Le signe de l'élévation de la voix*, 1911
- [6] UNI/ISO 22955:2021, Acoustics – Acoustic quality of open office spaces
- [7] ISO 3382-3:2022, “Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 3: Open plan offices”
- [8] WELL Building Standard V2, Q2 2020, International WELL Building Institute, 2020
- [9] EN ISO 9921:2003, Ergonomics — Assessment of speech communication
- [10] ISO 3382-1:2009, Acoustics — Measurement of room acoustic parameters Part 1: Performance spaces
- [11] ISO 3382-2:2008, Acoustics — Measurement of room acoustic parameters — Part 2: Reverberation time in ordinary rooms
- [12] EN 12354-6:2003, Building Acoustics — Estimation of acoustic performance of buildings from the performance of elements — Part 6: Sound absorption in enclosed spaces
- [13] EN ISO 14257:2001, Acoustics — Measurement and parametric description of spatial sound distribution curves in workrooms for evaluation of their acoustical performance
- [15] D. D’Orazio, E. Rossi, M. Garai, Comparison of different in situ measurements techniques of intelligibility in an open-plan office, *Building Acoustics*, 2018 25(2) <https://doi.org/10.1177/1351010X1877643>
- [16] ISO 22955:2021, Acoustics – Acoustic quality of open office spaces
- [17] IEC 60268-16:2020, Sound system equipment - Part 16: Objective rating of speech intelligibility by speech transmission index
- [18] J Keränen, V Hongisto Prediction of the spatial decay of speech in open-plan offices, *Applied Acoustics*, 74(12) 1315-1325
- [19] J Keränen, P Saarinen, V Hongisto Prediction accuracies of ray-tracing and regression models in open-plan offices- *Building and Environment*, 2023