



Convegno Nazionale sulla tutela della
salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro

Quartiere Fieristico di Bologna - Mercoledì 17 ottobre 2018

COMFORT E QUALITÀ ACUSTICA DEI LUOGHI DI LAVORO

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI E METODOLOGIA
PER L'ANALISI E LA PROGETTAZIONE ACUSTICA

**Sergio Luzzi (1), Monica Carfagni (2), Lucia Busa (1), Francesco Borchi (1)
Lapo Governi (2), Stefano Baldini (2), Pietro Nataletti (3)**

(1) Vie en.ro.se. Ingegneria, Firenze

(2) Dipartimento di Ingegneria Industriale (DIEF) – Università di Firenze

(3) INAIL, Dipartimento di Medicina, Epidemiologia, Igiene del Lavoro e Ambientale, Roma

Introduzione

Nello specifico del rumore, le metodologie consolidate di calcolo dell'esposizione e di valutazione del rischio si sono arricchite, grazie al D.Lgs. 81/2008 e all'evoluzione delle norme di riferimento, di nuovi elementi per la gestione della sicurezza e della salute secondo i principi e i metodi dell'igiene occupazionale.

Tra questi l'obbligo di programmare ed eseguire interventi di riduzione del rischio con l'obiettivo di migliorare la salubrità degli ambienti di lavoro.

Habitat acustico e salute nei luoghi di lavoro

Global Comfort Design negli ambienti di lavoro

Progetto di ricerca

“Definizione di linee guida innovative, basate sullo stato dell'arte attuale, ai fini della progettazione, costruzione, certificazione e bonifica di macchine, attrezzature e ambienti di lavoro a basso rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori”

(Università di Roma La Sapienza, Università di Firenze, Università di Ferrara,
Università dell'Aquila, CNR-IMAMOTER)

Introduzione (filosofica)

LA PERCEZIONE DEL SUONO E DEL RUMORE

Cosa sentiamo quando sentiamo?

Cosa percepiamo attraverso l'udito?

Sentiamo i **suoni** (ampiezze, frequenze, timbri)?

Sentiamo **le sorgenti** che producono i suoni?

Queste due modalità percettive sono alla base di una controversia in atto tra i filosofi della percezione che vede schierate varie scuole di pensiero:

- **Percezione indiretta** = i suoni sono l'unica cosa che udiamo: ascoltiamo suoni e rumori, poi inferiamo la causa che li ha prodotti. L'oggetto uditivo (oggetto di studio) è **il suono**.
- **Percezione diretta** = l'udito permette di sentire e riconoscere solo le fonti del suono. L'oggetto uditivo (oggetto di studio) sono **le sorgenti**.
- **Percezione intermedia** = sentiamo i suoni (tutti) e riconosciamo le fonti (alcune o tutte) che li hanno prodotti ovvero le sorgenti che caratterizzano un determinato scenario acustico (scena uditiva). L'oggetto uditivo (oggetto di studio) è la **scena uditiva**, ovvero il **paesaggio sonoro**.

E. Di Bona, Il Suono, l'esperienza uditiva e i suoi oggetti, Raffaello Cortina Editore, 2018

HEAR
(sth/sb.)

WHEN THE SOUND COMES TO OUR EARS.

EG: Did you hear that noise ?

*If you can't hear anything, you are deaf.

PASSIVE ACTION

LISTEN
(+to)

WHEN YOU ARE PAYING ATTENTION TO SOMETHING.

EG: I love listening to music.

* when we listen, we try to hear

ACTIVE ACTION

Analisi della Scena Uditiva

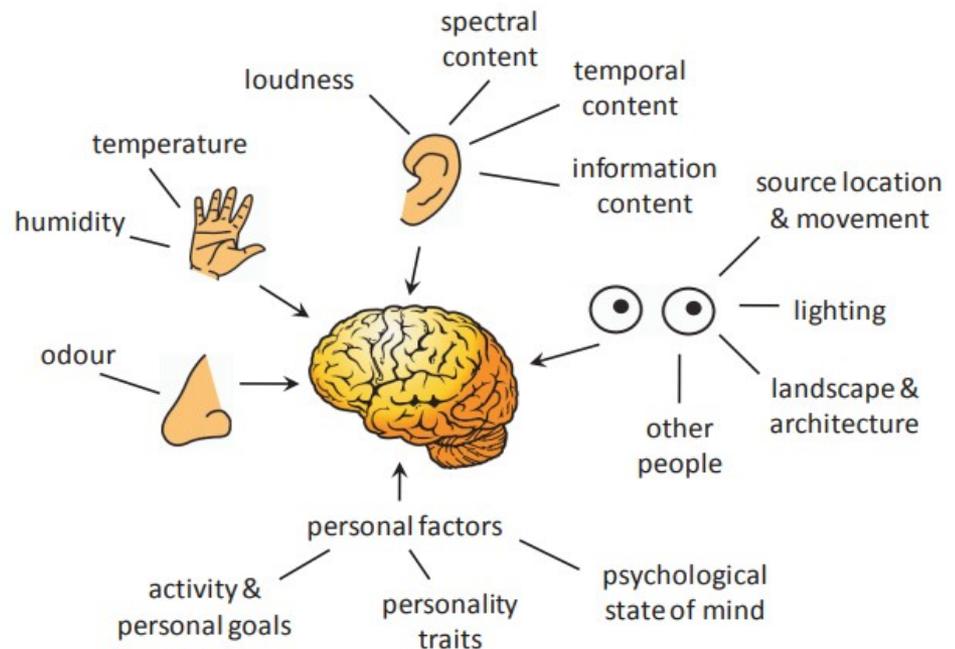
L'analisi della scena uditiva è un'operazione di problem solving.

Il suono è descrivibile con parametri oggettivi (fisica del suono e della propagazione) e parametri soggettivi (psicoacustica) che hanno fra loro relazioni complesse.

SISTEMA UDITIVO E SISTEMA PERCETTIVO

L'orecchio riceve informazioni caotiche e l'apparato (sistema) uditivo ricostruisce descrizioni mentali distinte che corrispondono a specifici eventi sonori e, più in generale a un determinato paesaggio sonoro.

Il sistema percettivo (multisensoriale) conferisce un senso coerente alla composizione di stimoli sensoriali (uditivi e non) attraverso processi primitivi di ascolto e schemi basati sulla conoscenza di suoni e situazioni.



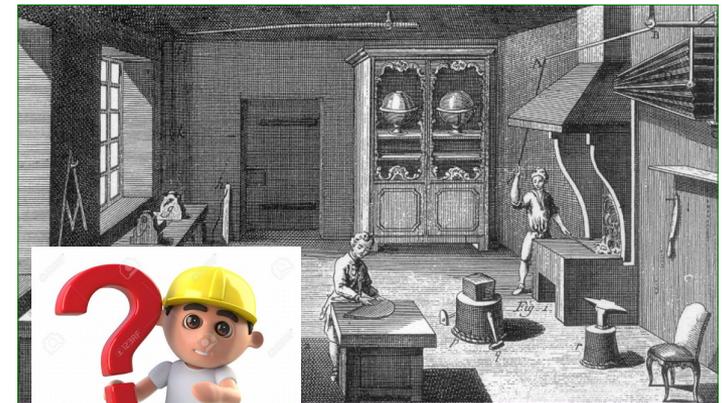
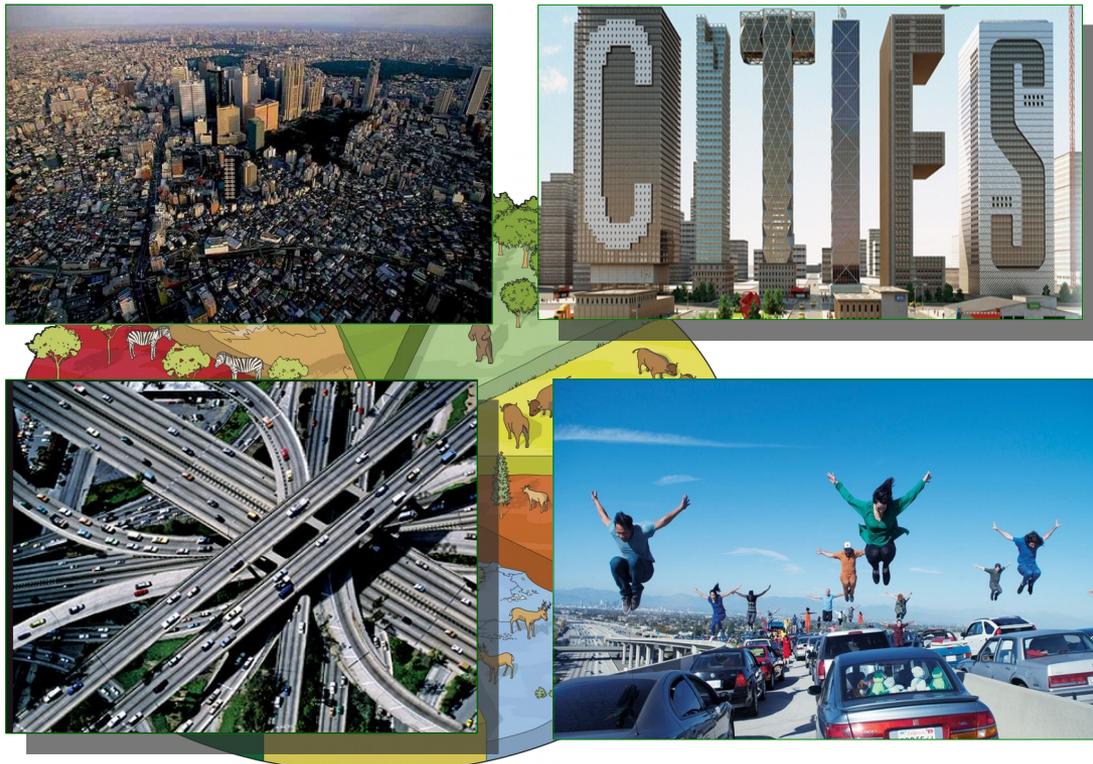
S. Bregman, *Auditory Scene Analysis. The Perceptual Organization of sound*, MIT Press, 1990
G. Brambilla, *L'impronta sonora delle città*, Bollettino Ingegneri, 2018

Habitat

L'Habitat è il luogo le cui caratteristiche permettono a una data specie di vivere, svilupparsi, riprodursi. E' collegato agli ecosistemi e ai modelli di sviluppo e influenza la qualità della vita delle specie

L'ambiente di lavoro è una componente essenziale dell'habitat della specie umana.

Gli habitat più diffusi nell'antropocene



E... negli ambienti di lavoro?

L'habitat acustico e la salute nei luoghi di lavoro

Negli ambienti di lavoro, così come negli ambienti di vita, l'esposizione al rumore rappresenta uno dei fattori che maggiormente influenzano la qualità percepita dei luoghi.

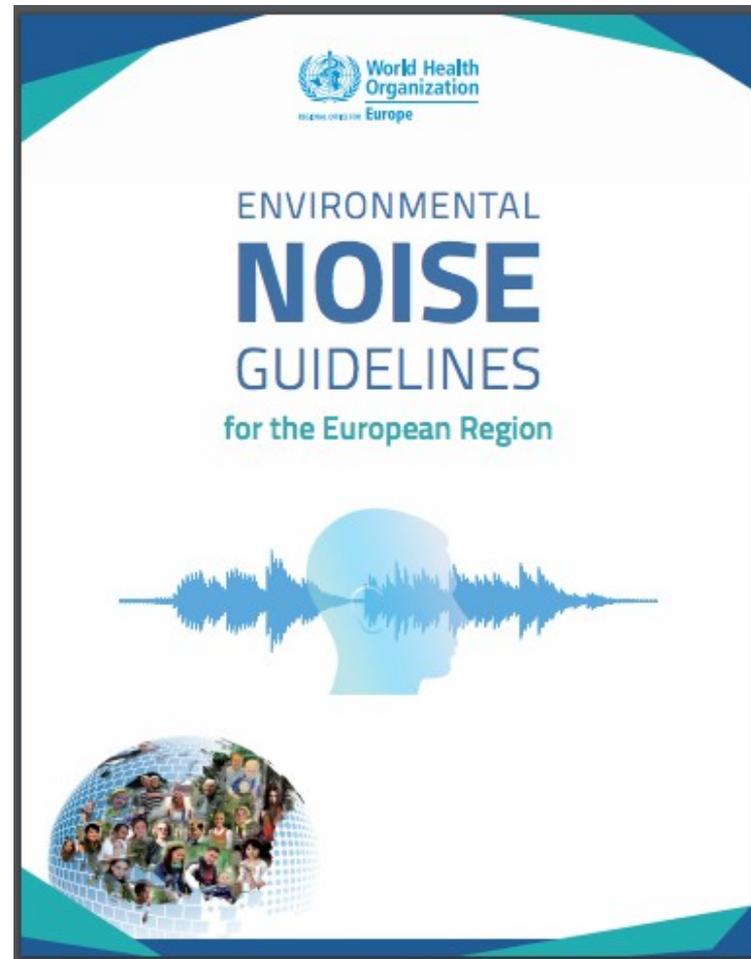
L'inquinamento acustico, prodotto da sorgenti interne ed esterne, determina scenari nei quali ai livelli di rischio uditivo ed extra-uditivo per la salute dei lavoratori, si uniscono livelli di peggioramento e degrado della qualità e della vivibilità degli ambienti.

Con l'evoluzione del concetto stesso di "luogo di lavoro", legata allo sviluppo delle tecnologie informatiche e ai nuovi modelli economici dominanti, è da considerare una nuova visione aggiornata delle metodiche di bonifica del rumore in ambito occupazionale e di progettazione acustica dei luoghi.

Vi sono nuove e diverse sorgenti acustiche, nuove e diverse postazioni e condizioni di lavoro.

Ferme restando le procedure di valutazione dei rischi che si sono affermate e aggiornate nel decennio di attuazione delle disposizioni del D.Lgs. 81/2018, si hanno sempre maggiori evidenze di nuove correlazioni tra qualità degli ambienti di lavoro, salute dei lavoratori e situazioni di disagio (discomfort) occupazionale, che meritano considerazione e, ove possibile, la definizione di nuove metodologie valutative e nuovi approcci alla progettazione dei luoghi di lavoro da affiancare alle suddette procedure.

Evidenze di correlazione tra esposizione al rumore e salute



<http://www.euro.who.int/en/publications/abstracts/environmental-noise-guidelines-for-the-european-region-2018>

Introduzione

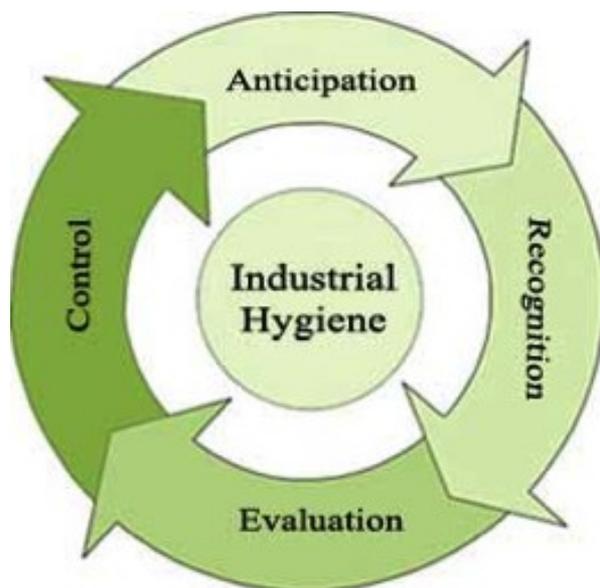
Habitat acustico e salute nei luoghi di lavoro

Global Comfort

Progetto di ricerca

Conclusioni

Comfort e qualità acustica dell'habitat lavorativo – l'approccio dell'igiene industriale



La Norma UNI 11711:2018 - L'igienista esperto in agenti fisici

UNI 11711:2018

Stato	Disponibilità	Ritiro	Azione	Lingua	Formato	Acquista
	10/05/2018			Italiano	PDF (0,62MB)	46,00 €
	10/05/2018			Italiano	CARTA (20)	46,00 €

se ne hai diritto, verranno applicati automaticamente i seguenti sconti:
 Sconto Soci Effettivi UNI [Per saperne di più](#)

(più IVA di legge se applicabile al cliente)

Norma numero : UNI 11711:2018

Titolo : Attività professionali non regolamentate - Igienista industriale - Requisiti di conoscenza, abilità e competenza

ICS : [03.040]

Stato : IN VIGORE

Commissioni Tecniche : [Sicurezza]

Data entrata in vigore : 10 maggio 2018

Data ritiro :

Sommario : La norma definisce i requisiti relativi all'attività professionale dell'igienista industriale, ossia colui che si assume la responsabilità di individuare, valutare e controllare, ai fini della prevenzione e della eventuale bonifica, dei fattori ambientali di natura chimica, fisica e biologica derivanti dall'attività industriale, presenti all'interno e all'esterno degli ambienti di lavoro che possono alterare lo stato di salute e di benessere dei lavoratori e della popolazione, nel rispetto dei canoni di etica professionale.

Detti requisiti sono specificati, a partire dai compiti e attività specifiche identificati, in termini di conoscenza, abilità e competenza in conformità al Quadro europeo delle qualifiche (European Qualifications Framework - EQF) e sono espressi in maniera tale da agevolare i processi di valutazione e convalida dei risultati dell'apprendimento.

Global Comfort e progettazione olistica degli Edifici

Sono stati proposti vari metodi per la quantificazione integrata della qualità ambientale dell'ambiente costruito.

Le categorie di qualità ambientale, essenzialmente legate a fattori fisici, considerate in queste ricerche includono: comfort termico, acustico, luminoso, qualità dell'aria, ergonomia ...

Ogni categoria include una serie di criteri di rendimento.

Ad esempio, dalla letteratura è possibile estrarre 65 criteri di prestazione riguardanti la valutazione della qualità ambientale negli edifici destinati a uffici.

L'ASHRAE Global Thermal Comfort Database è un database online open-source, comprende circa 76.000 serie complete di osservazioni climatiche interne oggettive (misure) con valutazioni soggettive (questionari) "right here, right now" da parte di lavoratori o residenti esposti a determinate condizioni di comfort termico e ambientale.

Il database ha lo scopo di supportare diverse richieste sul comfort. Una semplice interfaccia web-based consente il filtraggio su uno o più criteri, tra cui: tipologia di edifici, destinazione, informazioni demografiche dei soggetti esposti, stati di comfort termico soggettivi, criteri ambientali termici interni, indici di comfort calcolati, criteri di controllo ambientale e informazioni meteorologiche esterne.

R. M. Reffat and E.L. Harkness, Environmental Comfort Criteria: Weighting and Integration, Journal of Performance of Constructed Facilities, 2001)

A. Magrini et al., Urban quality evaluation by means of acoustic indicators and indexes, Proceedings of AIA DAGA Meran, 2013

V. Foldvary and C. Cheung, Development of the ASHRAE Global Thermal Comfort Database, Building and Environment n. 142, 2018

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo

La considerazione del benessere acustico percepito da chi abita e anima gli ambienti di lavoro è un approccio emergente che merita di essere esplorato e sviluppato.

La sperimentazione messa in atto in progetti di riqualificazione acustica di ambienti di lavoro, basata sulle regole dell'acustica architettonica, normalmente usate per la progettazione di spazi destinati all'ascolto, ha già prodotto risultati interessanti.

Se a queste regole si uniscono quelle della Soundscapes Analysis e altri parametri olistici e di serendipità che collegano la progettazione acustica alle variabili (acustiche e non acustiche) del global comfort design, si possono raggiungere livelli notevoli di ottimizzazione del benessere occupazionale oggettivo e soggettivo, come punto cardine della riqualificazione dell'habitat acustico delle persone e delle comunità.



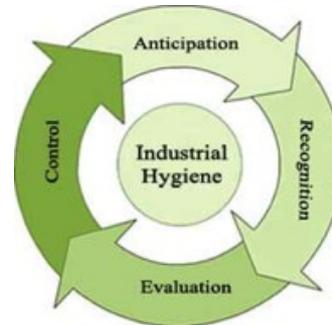
Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo

Life Cycle Assessment



Saint Gobain (2017)

Igiene Occupazionale



IOHA. (2018)



Economia Circolare

Source: Ellen Mac Arthur Foundation (2016)

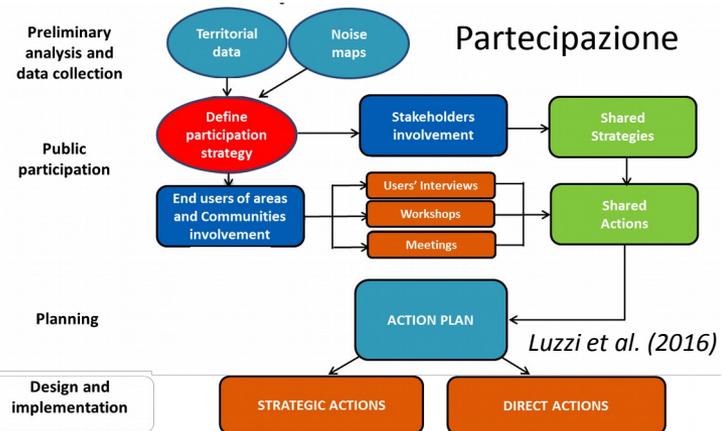
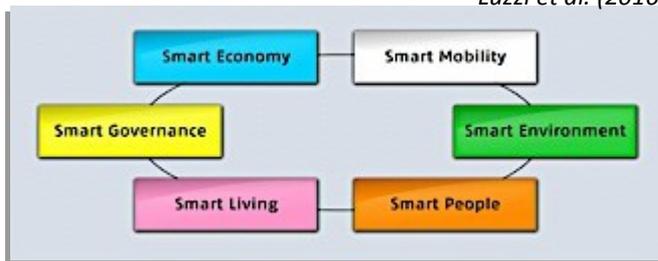
Global Comfort



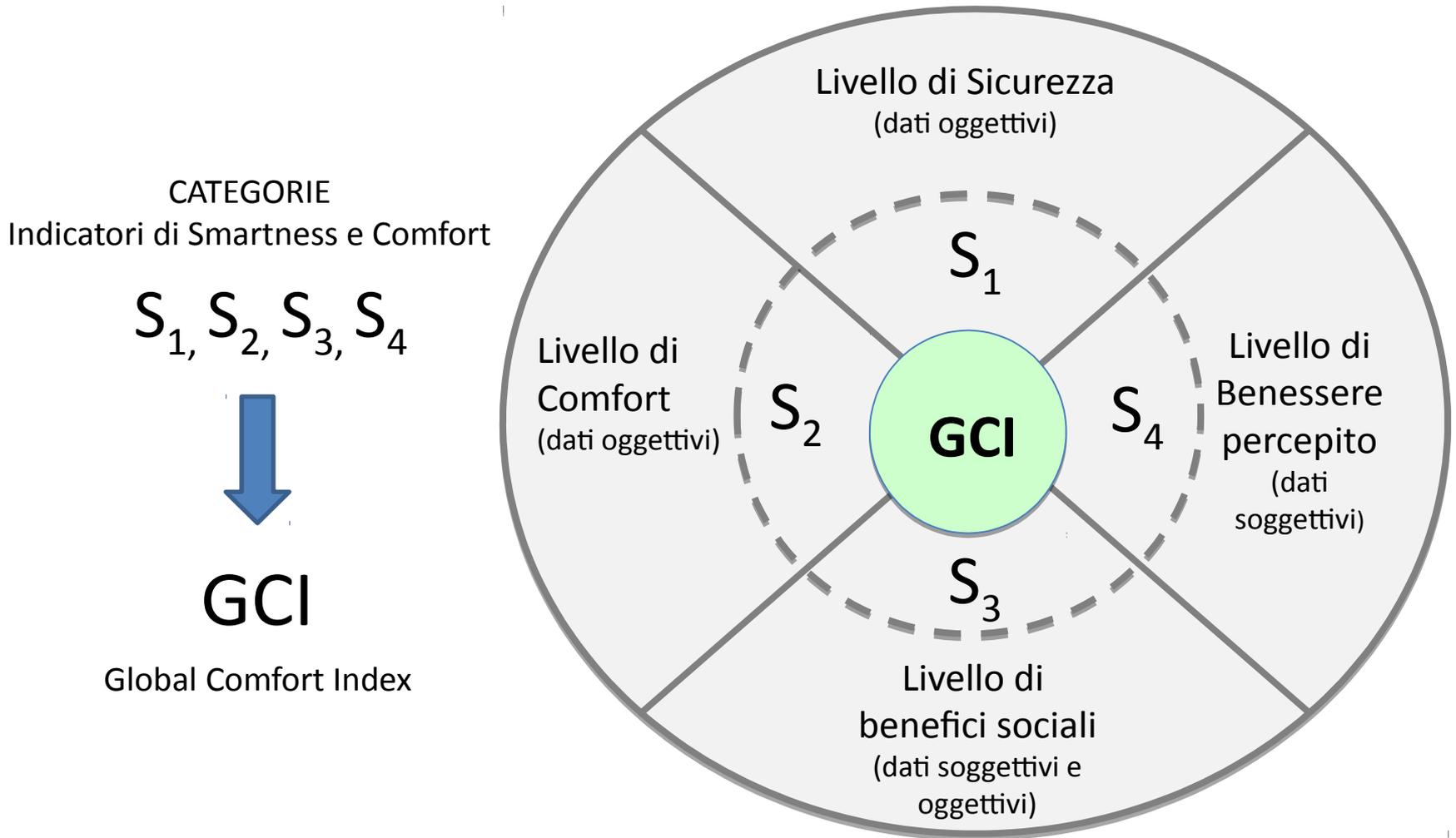
Luzzi et al. (2018)

Smartness

Luzzi et al. (2016)



Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo



Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo

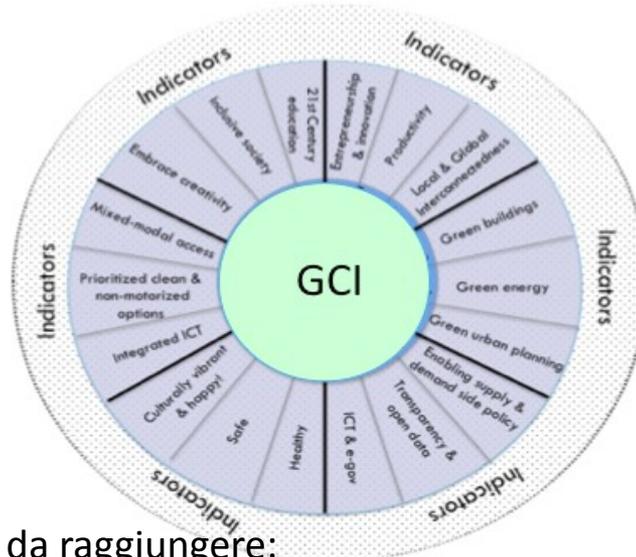
Per ogni categoria (indicatore) è definito un set di variabili

$$S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{in}$$

$i=1, \dots, 4$

Le variabili rappresentano livelli esistenti oppure obiettivi da raggiungere:

- Livelli di sicurezza derivati da valutazioni dei rischi, TLV, etc.
- Livelli degli inquinanti ambientali: impatti degli agenti fisici, qualità dell'aria ...
- Livelli delle variabili oggettive di comfort
- Livelli di gradevolezza percepita, derivati da questionari e incontri: security, comfort, disturbo
- Livelli di social benefits: culturali, ricreativi, welfare, ...



$$S_{i1}, S_{i2}, \dots, S_{in}$$

$i=1, \dots, 4$



Smartness & Comfort Indicators

$$S_1, S_2, S_3, S_4$$



GCI

Global Comfort Index

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo

Gli indicatori di Smartness e Comfort

S_1, S_2, \dots

Sono calcolati come:

$S_i = F_i (s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{im})$

dove

$s_{i1}, s_{i2}, \dots, s_{im}$

sono variabili specifiche che rappresentano le sottocategorie

Costo

Media ponderata che considera costi reali, costi sociali e costi indotti da azioni serendipiche

$C_s = F_c (C, cs1, cs2, \dots, ci1, ci2\dots)$

Beneficio

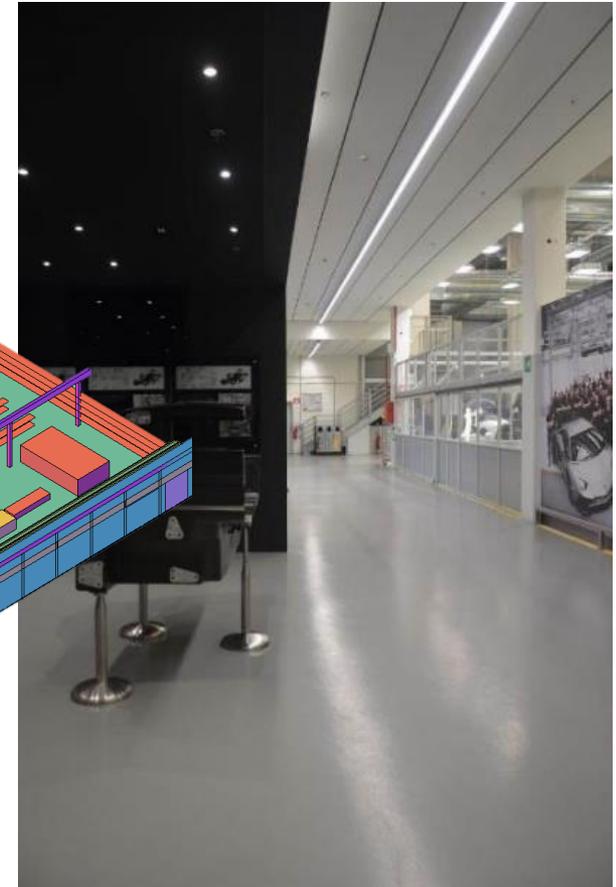
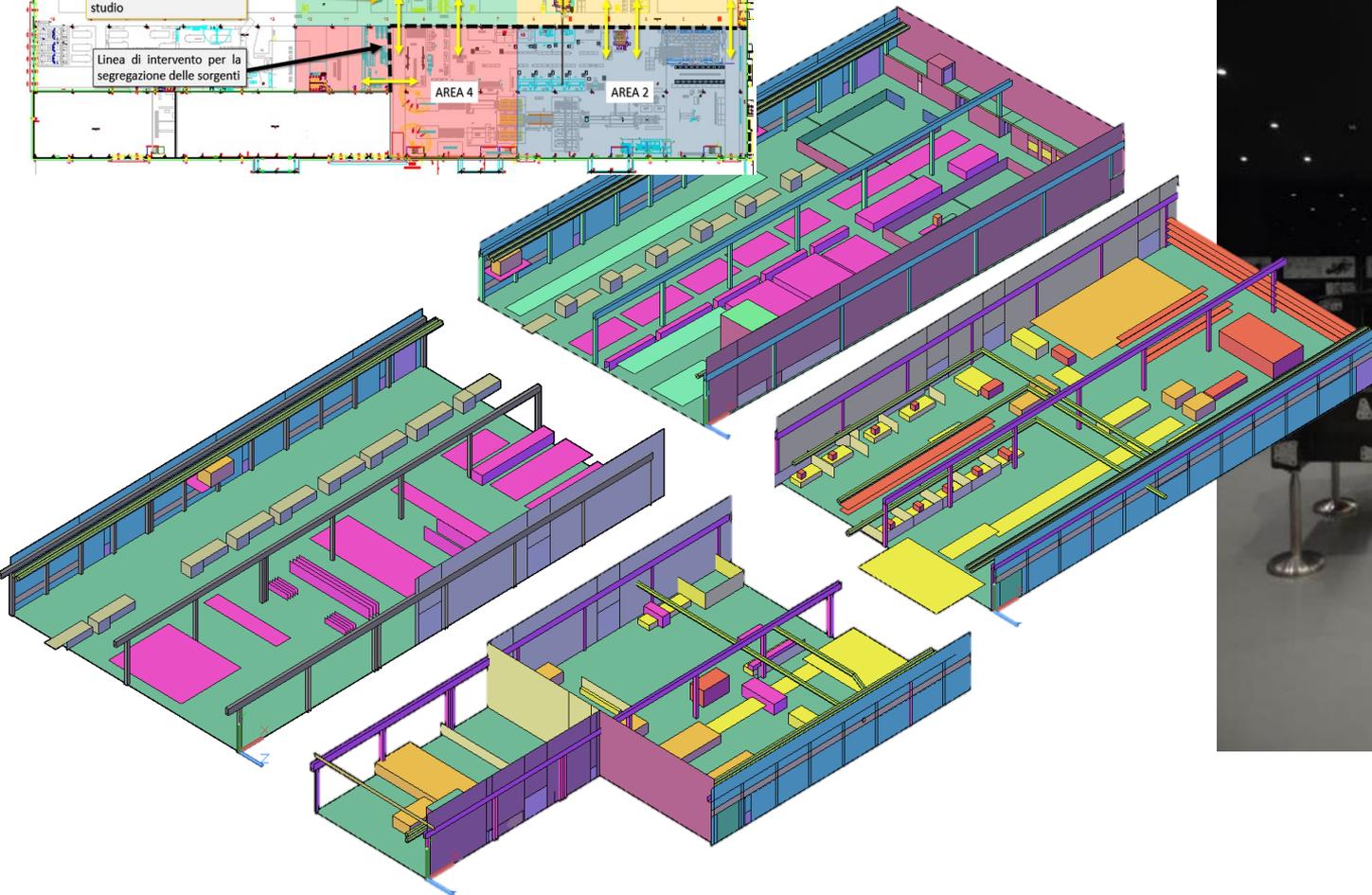
Media ponderata che considera il beneficio primario e i valori aggiunti di variabili serendibiche quantificabili (oggettive e soggettive)

$B_s = F_b (B, bs1, bs2, bs3, \dots)$

Indice globale per valutare il progetto in funzione del comfort, del costo e del beneficio:

$$GI = F(GCI, C_s, B_s) = F(S_1, S_2, \dots, C_s, B_s)$$

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo



Vie en.ro.se. ingegneria (2016)

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC



“Definizione di linee guida innovative, basate sullo stato dell’arte attuale, ai fini della progettazione, costruzione, certificazione e bonifica di macchine, attrezzature e ambienti di lavoro a basso rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori”

Progetto co-finanziato su Bando Ricerche In Collaborazione (BRIC), parte del Piano attività della ricerca discrezionale 2016-2018 di INAIL.

Coordinatore del progetto:

Dipartimento di Ingegneria Meccanica e Aerospaziale dell’Università di Roma La Sapienza.

Partner coinvolti:

Dipartimento di Ingegneria Industriale, Università di Firenze (DIEF).

Dipartimento di Ingegneria, Università di Ferrara (DE).

Dipartimento di Ingegneria industriale e dell’informazione e di economia, Università dell’Aquila (DIIIIE).

CNR-Istituto Macchine Agricole e Movimento Terra (IMAMOTER).

Obiettivo generale del progetto:

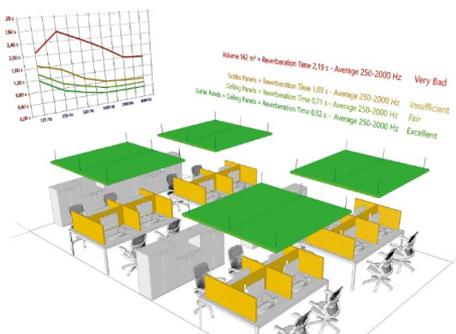
Il progetto, partendo da un approfondimento dello stato dell’arte e da sperimentazione svolta in casi studio applicativi appositamente studiati e realizzati, intende definire le procedure e le tecniche più adeguate da utilizzare nei diversi ambienti di lavoro per la progettazione, costruzione, certificazione e bonifica di macchine e ambienti con l’obiettivo di ridurre il rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori.

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC

Prima fase dell'attività di ricerca: analisi di: letteratura, normativa vigente, manualistica di settore, pubblicazioni scientifiche e atti di convegni.

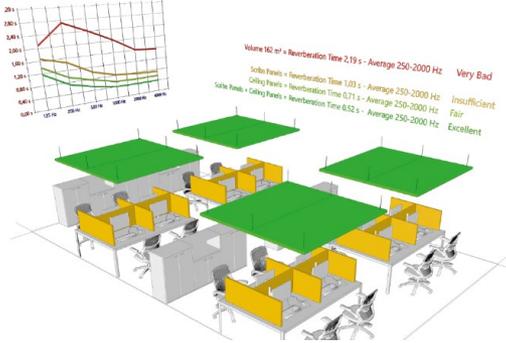
Sulla base dei dati ricavati da esperienze rilevanti di analisi e progettazione acustica degli ambienti di lavoro, è stata proposta una **catalogazione aggiornata degli ambienti di lavoro** a partire dalla rilevanza dell'acustica per la loro qualità strutturale e funzionale e per i conseguenti livelli di qualità e benessere valutabili attraverso descrittori acustici oggettivi, i cui valori sono strettamente collegati alla percezione del benessere e che possono tradursi in variabili e indicatori tipici degli algoritmi di calcolo del Global Comfort degli ambienti di lavoro.

La nuova classificazione delle principali categorie di ambiente di lavoro è basata anche sulle tipologie lavorative più recenti, incluso lo "smart working", definendo per ogni tipologia lavorativa i parametri acustici di maggior interesse e i relativi valori di riferimento.



- 1) Ambienti industriali,
- 2) Ambienti scolastici,
- 3) Ambienti ad uso sanitario ed ospedaliero,
- 4) Ambienti ad uso ufficio,
- 5) Mense e ristoranti,
- 6) Attività commerciali,
- 7) Ambienti per l'intrattenimento,
- 8) Contesti lavorativi estremi soggetti ad elevate pressioni sonore.

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC



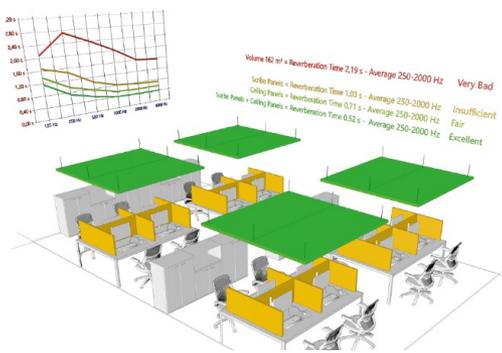
AMBIENTI AD USO UFFICIO (1_2)

Sottocategorie ambienti uso ufficio:

1. Ufficio con postazione singola di lavoro.
2. Ufficio con due o più postazioni di lavoro (max 10).
3. Ufficio open space (oltre 10 postazioni di lavoro).
4. Phone boot.
5. Sale per conference call per 2 o più partecipanti.
6. Sale riunioni.
7. Spazi collettivi di lavoro o relax.
8. Conference call.

4 AMBIENTI AD USO UFFICIO					
Cod.	Classificazione degli ambienti	Peculiarità	Obiettivo acustico	Descrittore acustico	Valore di riferimento
4.1	Ufficio con postazione singola di lavoro	Si tratta di ambienti di piccole dimensioni con la presenza di un unico lavoratore (es. ufficio dirigenziale).	L'obiettivo acustico è un basso livello di rumore di fondo ed un elevato isolamento acustico delle partizioni interne ed esterne	Livello di rumore di fondo L_{Aeq} dB(A)	$L_{Aeq} \leq 30-40$ dB(A) UNI EN ISO 11690-1
				Isolamento acustico delle partizioni interne R_w/D_{nT} (dB)	$D_{nT,w} \geq 50$ dB Classe III UNI 11367 (ricettivo)
				Livello di pressione sonora di calpestio $L'_{n,w}$ (dB)	$L'_{n,w} \leq 63$ dB Classe III UNI 11367 (ricettivo)
				Isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT}$ (dB)	$D_{2m,nT,w} \geq 42$ dB DPCM 5/12/97
4.2	Ufficio con due o più postazioni di lavoro (fino a 10 postazioni di lavoro)	Si tratta di ambienti di piccole/medie dimensioni con la presenza di più lavoratori che svolgono compiti simili.	L'obiettivo acustico è un basso livello di rumore di fondo, un tempo di riverberazione contenuto ed un adeguato livello di privacy tra le postazioni di lavoro.	Tempo di riverberazione (s)	$TR \leq 0.5-0.8$ s ($V \leq 200$ m ³) $TR \leq 0.8-1.3$ s ($200 \leq V \leq 1000$ m ³) UNI EN ISO 11690-1 Formula C.1 UNI 11367
				Livello di rumore di fondo L_{Aeq} dB(A)	$L_{Aeq} \leq 35-45$ dB(A) UNI EN ISO 11690-1 Prospetti B.3 e B.4 della norma UNI EN ISO 9241-6
				Distanza di disattenzione r_D (m)	$r_D \geq 5$ m UNI EN ISO 3382-3
4.3	Ufficio open space (oltre 10 postazioni di lavoro)	Si tratta di ambienti di grandi dimensioni ed altezze contenute in cui sono presenti più lavoratori che svolgono mansioni anche molto differenti tra loro. Le postazioni di lavoro possono essere a diretto contatto tra loro oppure schermate da elementi di arredo.	L'obiettivo acustico è un tempo di riverberazione molto basso, un livello di rumore di fondo non eccessivamente elevato, ed un adeguato livello di privacy tra le postazioni di lavoro.	Tempo di riverberazione (s)	$TR \leq 0.5-0.8$ s ($V \leq 200$ m ³) $TR \leq 0.8-1.3$ s ($200 \leq V \leq 1000$ m ³) UNI EN ISO 11690-1 Formula C.1 UNI 11367
				Indice di attenuazione spaziale del parlato $D_{2,s}$ dB	$D_{2,s} \geq 7$ dB(A) UNI EN ISO 3382-3
				Decadimento sonoro per il raddoppio della distanza DL_2	$DL_2 \geq 4-5$ dB UNI EN ISO 9641-6 $DL_2 \geq 9-11$ dB RIL 243-3-2008

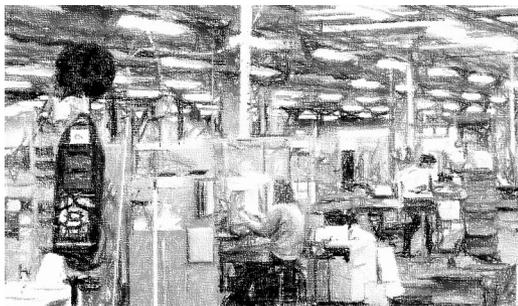
Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC



AMBIENTI AD USO UFFICIO (2_2)

				Livello di pressione sonora ponderato A del parlato a 4 m $L_{p,A,5.4m}$ dB(A) $L_{p,A,5.4m} \leq 48$ dB(A) UNI EN ISO 3382-3
				Livello di rumore di fondo L_{Aeq} dB(A) $L_{Aeq} \leq 35-45$ dB(A) UNI EN ISO 11690-1 Prospetti B.3 e B.4 della norma UNI EN ISO 9241-6
				Distanza di disattenuazione r_D (m) $r_D \geq 5$ m UNI EN ISO 3382-3
4.4	Phone boot	Si tratta di un ambiente di dimensioni molto contenute (max 2x2x3 m) per lo svolgimento di conferenze call di un unico lavoratore, attrezzato generalmente con una postazione telefonica.	L'obiettivo acustico è un livello di rumore di fondo molto basso e un livello elevato di isolamento acustico delle partizioni interne ed esterne.	Livello di rumore di fondo L_{Aeq} dB(A) $L_{Aeq} \leq 30$ dB(A) UNI EN ISO 11690-1 Prospetti B.3 e B.4 della norma UNI EN ISO 9241-6
				Isolamento acustico delle partizioni interne R_w/D_{aT} (dB) $D_{nT,w} \geq 45$ dB UNI 11367 classe IV ricettivo
				Isolamento acustico di facciata $D_{2m,OT}$ (dB) $D_{2m,OT} \geq 37$ dB Classe III UNI 11367
4.5	Sale per conferenze call per due o più partecipanti	Si tratta di un ambiente di piccole dimensioni che generalmente ospita fino a 4-6 persone per svolgere conferenze call in remoto.	L'obiettivo acustico è un livello di rumore di fondo molto basso, un tempo di riverberazione contenuto ed un livello elevato di isolamento acustico delle partizioni interne ed esterne.	Tempo di riverberazione (s) $TR \leq 0.5-0.8$ s ($V \leq 200$ m ³) $TR \leq 0.8-1.3$ s ($200 \leq V \leq 1000$ m ³) UNI EN ISO 11690-1 Formula C.1 UNI 11367
				Livello di rumore di fondo L_{Aeq} dB(A) $L_{Aeq} \leq 30-40$ dB(A) UNI EN ISO 11690-1 Prospetti B.3 e B.4 della norma UNI EN ISO 9241-6
				Isolamento acustico delle partizioni interne R_w/D_{aT} (dB) $D_{nT,w} \geq 45$ dB UNI 11367 classe IV ricettivo
				Isolamento acustico di facciata $D_{2m,OT}$ (dB) $D_{2m,OT} \geq 37$ dB Classe III UNI 11367
4.6	Sala riunioni	Si tratta di un ambiente di medie dimensioni con densità di occupazione medio-alta. Può essere dotata di impianto audio-video per effettuazioni di conferenze call in remoto.	L'obiettivo acustico è un tempo di riverberazione contenuto ed un adeguato livello di privacy rispetto alle aree di lavoro limitrofe.	Tempo di riverberazione (s) $TR \leq 0.5-0.8$ s ($V \leq 200$ m ³) $TR \leq 0.8-1.3$ s ($200 \leq V \leq 1000$ m ³) UNI EN ISO 11690-1 Formula C.1 UNI 11367
				Distanza di disattenuazione r_D (m) $r_D \geq 5$ m UNI EN ISO 3382-3
4.7	Spazi collettivi di lavoro o relax	Si tratta di aree aperte realizzate all'interno di uno spazio tipo open space dal quale possono essere schermati attraverso elementi di arredo con proprietà fonoisolanti e fonoassorbenti. Tali aree sono caratterizzate da una estrema flessibilità di utilizzo.	L'obiettivo acustico è un tempo di riverberazione molto basso, un livello di rumore di fondo non elevato ed un adeguato livello di privacy tra le postazioni di lavoro.	Tempo di riverberazione (s) $TR \leq 0.5-0.8$ s ($V \leq 200$ m ³) $TR \leq 0.8-1.3$ s ($200 \leq V \leq 1000$ m ³) UNI EN ISO 11690-1 Formula C.1 UNI 11367
				Indice di attenuazione spaziale del parlato D_{2s} dB $D_{2s} \geq 7$ dB(A) UNI EN ISO 3382-3
				Livello di rumore di fondo L_{Aeq} dB(A) $L_{Aeq} \leq 35-45$ dB(A) UNI EN ISO 11690-1 Prospetti B.3 e B.4 della norma UNI EN ISO 9241-6
				Distanza di disattenuazione r_D (m) $r_D \geq 5$ m UNI EN ISO 3382-3
4.8	Call center	Si tratta di ambienti di grandi dimensioni ed altezze contenute, con elevata densità di occupazione. La tipologia di attività prevede elevati livelli di rumore in continuo.	L'obiettivo acustico è un tempo di riverberazione molto basso, un livello di rumore di fondo non elevato ed un adeguato livello di privacy tra le postazioni di lavoro.	Tempo di riverberazione (s) $TR \leq 0.5-0.8$ s ($V \leq 200$ m ³) $TR \leq 0.8-1.3$ s ($200 \leq V \leq 1000$ m ³) UNI EN ISO 11690-1 Formula C.1 UNI 11367
				Indice di attenuazione spaziale del parlato D_{2s} dB $D_{2s} \geq 7$ dB(A) UNI EN ISO 3382-3
				Livello di rumore di fondo L_{Aeq} dB(A) $L_{Aeq} \leq 35-45$ dB(A) UNI EN ISO 11690-1 Prospetti B.3 e B.4 della norma UNI EN ISO 9241-6
				Distanza di disattenuazione r_D (m) $r_D \geq 5$ m UNI EN ISO 3382-3

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC



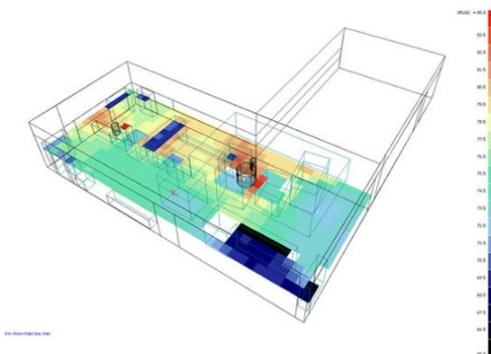
AMBIENTI INDUSTRIALI

1 AMBIENTI INDUSTRIALI					
Cod.	Classificazione degli ambienti	Peculiarità degli ambienti	Obiettivo acustico	Descrittore acustico principale	Valore di riferimento
1.1	Ambienti con rapporti geometrici regolari e volume massimo pari a 10.000 m³ → condizioni di campo diffuso	In questa casistica rientrano tutti gli ambienti con le seguenti caratteristiche: <ul style="list-style-type: none"> - volumetrie inferiori o uguali a 10.000 m³, con rapporto tra le dimensioni (L, W, H) inferiore a 1:3 (1:6); - superfici poco fonoassorbenti (coefficiente medio di assorbimento acustico < 0.3); - presenza di arredi distribuiti in maniera omogenea (macchinari, materiale di deposito, setti di separazione, condotte, cabine, ecc.) 	L'obiettivo acustico principale è la riduzione della rumorosità generata dalle macchine, dalle attività della produzione e dagli impianti tecnici presenti nello stabilimento. Tale obiettivo può essere perseguito mediante interventi diretti sulla sorgente (es. sostituzione di macchine o attrezzature), sui percorsi (es. segregazione totale o parziale della sorgente, schermi) o sull'ambiente mediante riduzione dell'energia riverberata indotta dalle superfici interne.	Tempo di riverberazione (s)	TR ≤ 0.5-0.8 s (V ≤ 200 m³) TR ≤ 0.8-1.3 s (200 ≤ V ≤ 1000 m³) UNI EN ISO 11690-1 TR ≤ 1.3 s (TR max formula per ambienti per il parlato prolungando la curva (UNI 11367) TR ≤ 2.6 s TR max formula per ambienti ad uso sportivo (UNI 11367)
				Livello di rumore nel posto operatore L _{Aeq} dB(A)	L _{Aeq} ≤ 75-80 dB(A) UNI EN ISO 11690-1 D.Lgs. 81/2008
				Livello di rumore di fondo L _{Aeq} dB(A)	L _{Aeq} ≤ 65-70 dB(A) UNI EN ISO 11690-1
				Inserire vibrazioni	????
1.2	Ambienti di grandi dimensioni → condizioni di campo non diffuso	In questa casistica rientrano tutti gli ambienti con le seguenti caratteristiche: <ul style="list-style-type: none"> - rapporto tra le dimensioni (L, W, H) superiore o uguale a 1:3 (1:6); - superfici fonoassorbenti elevate o non distribuite in maniera uniforme (coefficiente medio di assorbimento acustico > 0.3); - presenza di arredi distribuiti in maniera non omogenea (macchinari, materiale di deposito, setti di separazione, condotte, cabine, ecc.). 	L'obiettivo acustico principale è la riduzione dell'energia riverberata indotta dalle superfici dell'edificio o, in genere, da ampi elementi con superfici lisce e riflettenti (cabinati o grandi macchinari). Per la particolare tipologia dimensionale gli interventi di correzione acustica potranno interessare anche solo aree ritenute critiche per la presenza di macchine rumorose o, in genere, aree che necessitano di particolare attenzione acustica. Segregazione parziale o totale di sorgenti rumorose.	Decadimento sonoro per il raddoppio della distanza DL ₂ , DL ₄	DL ₂ ≥ 3-4 dB UNI EN ISO 11690-1
				Tempo di riverberazione (s) (solo per lo studio di specifiche aree confinate)	TR ≤ 0.5-0.8 s (V ≤ 200 m³) TR ≤ 0.8-1.3 s (200 ≤ V ≤ 1000 m³) UNI EN ISO 11690-1
				Livello equivalente di rumore a posto operatore L _{Aeq} dB(A)	L _{Aeq} ≤ 75-80 dB(A) UNI EN ISO 11690-1 D.Lgs. 81/2008
				Livello di rumore di fondo L _{Aeq} dB(A)	L _{Aeq} ≤ 65-70 dB(A) UNI EN ISO 11690-1

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC

Per ciascuna categoria in cui sono stati suddivisi gli ambienti di lavoro, è stata elaborata una specifica metodologia per la progettazione acustica, applicabile ad ambienti di lavoro nuovi o esistenti, a partire dalla fase di analisi e raccolta dei dati fino alla conclusione del processo di progettazione comprendente il collaudo acustico degli interventi realizzati.

La metodologia è stata elaborata a partire dall'esperienza maturata in casi studio reali, aventi caratteristiche anche molto diverse tra loro (destinazione d'uso, dimensioni, numero di lavoratori, macchine ed attrezzature, tipologia di impianti, ecc.), in alcuni dei quali sono state affrontate tutte le fasi di lavoro: dall'analisi conoscitiva al collaudo degli interventi.



METODOLOGIA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA

AMBIENTI AD USO UFFICIO

A. FASE DI ANALISI

- A.1 Analisi del quadro conoscitivo
- A.2 Fase di analisi operativa - acquisizione dati

B. FASE DI PROGETTAZIONE ACUSTICA

C. EVENTUALE FASE DI INGEGNERIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

D. FASE DI DIREZIONE LAVORI

E. FASE DI COLLAUDO ACUSTICO

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC

METODOLOGIA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA

A. FASE DI ANALISI

A.1 Analisi del quadro conoscitivo

1. **Raccolta dati:** Raccolta dei dati forniti dal committente, dalle amministrazioni locali o da altri tecnici esterni che si sono occupati degli aspetti progettuali dello specifico luogo di lavoro: planimetrie, sezioni, layout, progetto o *as built* degli impianti tecnici (aria, illuminazione, rilevatori di fumo, antincendio, ecc.), stratigrafie delle partizioni interne ed esterne, particolari tecnologici, ecc.
2. **Raccolta informazioni delle attività:** valutazione delle caratteristiche specifiche dell'azienda comprendenti e esigenze igieniche e di sicurezza della sorgente e dell'ambiente, mediante colloqui con i responsabili, gli addetti al Servizio di Prevenzione e Protezione, ecc.
3. **Analisi del layout** esistente o di progetto finalizzato all'individuazione delle principali criticità acustiche, con particolare riferimento alla prossimità tra ambienti silenziosi e rumorosi, attraversamenti impiantistici tra ambienti, presenza di elementi deboli sulle partizioni interne (prese d'aria, porte, ecc.).
4. **Sorgenti acustiche:** Individuazione delle principali fonti di rumore (impianti tecnici, locale server, telefoni, voce, ecc.).
5. **Raccolta schede tecniche e manuali d'uso:** Reperimento delle schede tecniche e dei manuali d'uso delle principali sorgenti acustiche (impianti tecnici) contenenti i dati emissione sonora.
6. **Individuazione delle postazioni di lavoro fisse e mobili.**
7. **Definizione dei descrittori e dei valori obiettivo:** definizione dei descrittori da utilizzare nel caso specifico (es. livelli di pressione sonora nei posti di lavoro, dati riferiti al rumore ambientale e/o all'esposizione, curve di decadimento spaziale del suono, l'indice di attenuazione spaziale al raddoppio della distanza, l'eccesso del livello di pressione sonora, tempi di riverberazione, ecc.) e dei relativi valori obiettivo in riferimento alla specifica categoria di ambiente in esame ed alle esigenze da perseguire nello specifico contesto.

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC

METODOLOGIA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA

A.2 Fase di analisi operativa - acquisizione dati

8. **Misure fonometriche di caratterizzazione dell'ambiente** utilizzando il più opportuno descrittore in riferimento alla specifica categoria di ambiente in esame (TR , $D_{2m,nT,w}$, $D_{nT,w}$, $L'_{n,w}$, DL_{2} , D_{LF} , D_{2s} , ecc.).
9. **Misure del rumore di fondo**: Misure fonometriche del rumore di fondo (ambienti non occupati e impianti spenti).
10. **Misure del rumore degli impianti tecnici**: Misure fonometriche in corrispondenza dell'attivazione degli impianti tecnici (trattamento e ricambio aria, ascensore, ecc.).
11. **Rilievo geometrico e materico degli ambienti**, comprendente tutti gli elementi acusticamente influenti in riferimento alla propagazione sonora. Tra questi, oltre a pavimento, pareti e soffitto, si individuano principalmente le superfici interne di grandi dimensioni che delimitano lo spazio al suo interno (schermi, divisori, ecc.) e gli arredi (scrivanie, sedie, scaffalature, tendaggi, ecc.). Nel caso di edifici esistenti, qualora le informazioni di cui al punto 1 risultassero insufficienti, potrà essere necessario effettuare ulteriori indagini per conoscere la stratigrafia e le modalità realizzative delle partizioni interne ed esterne.
12. **Costruzione del modello acustico tridimensionale dell'ambiente** e validazione attraverso il confronto con i dati di caratterizzazione dell'ambiente misurati di cui al punto 8. Il modello deve essere il più possibile semplificato e contenere elementi con dimensioni caratteristiche non inferiori a 1.5 m; elementi come scaffali, tavoli, piccole macchine, ecc. possono essere trattati collettivamente aumentando i coefficienti di assorbimento e diffusione delle superfici dove essi giacciono. Ai fini della taratura si suggerisce di lavorare con i coefficienti di assorbimento acustico/diffusione degli elementi poco noti e/o complessi per geometria e materiali. Successiva implementazione nel modello acustico delle sorgenti e dei ricevitori.
13. **Modello di calcolo per lo studio degli isolamenti acustici**: Per la valutazione degli isolamenti acustici, costruzione del modello di calcolo mediante procedura descritta dalla serie di norme UNI EN ISO 12354, comprendente la definizione delle caratteristiche geometriche ed acustiche delle soluzioni tecniche esaminate (es. parete di separazione, parete di facciata, tramezzi e solai), e dei relativi nodi per la valutazione della trasmissione laterale. Nel caso di strutture esistenti, validazione attraverso il confronto con i dati misurati di cui al punto 7.
14. **Strategie di intervento**: Individuazione di possibili strategie di intervento scelte in base agli obiettivi individuati al punto 7.

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC

METODOLOGIA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA

B. FASE DI PROGETTAZIONE ACUSTICA

15. **Definizione delle ipotesi di intervento di mitigazione/correzione acustica**, comprendente la scelta dei materiali e sistemi dotati di adeguate prestazioni acustiche, nonché delle modalità realizzative più opportune (es. giunto parete di facciata/parete tra ambienti adiacenti, parete tra ambienti adiacenti/solaio, ecc.).
16. **Fattibilità tecnica**: verifica con il Committente della fattibilità tecnica degli interventi individuati rispetto ai vincoli funzionali ed impiantistici, principalmente legati alle caratteristiche del lavoro, alla movimentazione delle persone, alla presenza e al funzionamento dei macchinari, ecc.
17. **Dimensionamento geometrico e caratteristiche acustiche** degli elementi di progetto.
18. **Verifica acustica degli interventi**: Implementazione nei modelli di simulazione acustica di cui ai punti 13 e 14 delle ipotesi di intervento definite ai punti precedenti e calcolo delle attenuazioni mediante il confronto tra la configurazione ante-operam e le configurazioni post-operam per le diverse ipotesi di progetto.
19. **Analisi costi/benefici** Stima di massima del costo degli interventi e del rapporto costo/beneficio (UNI 11347).
20. **Procedure di collaudo**: Formulazione delle procedure di collaudo degli interventi in riferimento al rispetto dei valori obiettivo di cui al punto 7.

C. EVENTUALE FASE DI INGEGNERIZZAZIONE DEGLI INTERVENTI

21. **Progetto esecutivo**: Stesura del progetto definitivo/esecutivo che può interessare uno o più dei seguenti aspetti: architettonici/visivi, strutturali, meccanici e impiantistici (in riferimento alla tipologia di sistemi presenti).

Progettare il comfort e la qualità acustica dell'habitat lavorativo - Il Progetto BRIC

METODOLOGIA PER LA PROGETTAZIONE DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE ACUSTICA - AMBIENTI AD USO UFFICIO (1_3)

D. FASE DI DIREZIONE LAVORI

22. **Conformità dei sistemi acustici:** Verifica della conformità delle caratteristiche prestazionali delle soluzioni e dei materiali proposti dalle Ditte che realizzeranno gli interventi.
23. **Verifica acustica degli interventi:** verifica in opera della corretta esecuzione degli interventi ed elaborazione di eventuali modifiche al progetto che si dovessero rendere necessarie per criticità legate alla fase realizzativa.

E. FASE DI COLLAUDO ACUSTICO

23. **Verifica di efficacia acustica** degli interventi mediante una campagna di misure fonometriche in riferimento alla procedura individuata al punto 22.

Conclusioni 1/2

Negli ambienti di lavoro, la progettazione degli elementi di funzionalità e di sicurezza può essere contemporanea e integrata con la progettazione delle fonti di benessere percepito.

La progettazione dei nuovi ambienti di lavoro e delle modifiche agli ambienti esistenti che può attingere alle esperienze di **global comfort design** dell'ambiente costruito per tutti gli aspetti legati alla definizione, correzione e qualificazione dei suoni che contribuiscono a rendere gradevole la fruizione di un ambiente e la protezione dai rumori che lo disturbano.

La **definizione dello spazio sonoro, come parte significativa di un contesto funzionale più ampio**, è uno degli elementi base della progettazione olistica, visione e metodologia che privilegia soluzioni integrate, sostenibili ed ecocompatibili.

Da qui, la necessità di un **approccio innovativo al controllo del rumore negli ambienti di lavoro, che vada oltre il mero rispetto dei limiti acustici e consideri i contesti culturali e funzionali degli spazi regolamentati**.

Conclusioni 2/2

A partire dalla necessità di una visione aggiornata delle categorie e delle metodiche che hanno fin qui caratterizzato la valutazione e la bonifica del rumore in ambito occupazionale, sono stati analizzati i **primi risultati del progetto di ricerca “Definizione di linee guida innovative, basate sullo stato dell’arte attuale, ai fini della progettazione, costruzione, certificazione e bonifica di macchine, attrezzature e ambienti di lavoro a basso rischio di esposizione a rumore e vibrazioni per i lavoratori”** in riferimento alle procedure per l’analisi e la progettazione acustica dei luoghi di lavoro.

In particolare, nella memoria viene presentata la **nuova catalogazione degli ambienti di lavoro** proposta nell’ambito del progetto di ricerca, che comprende anche le tipologie lavorative più recenti definendo per ogni tipologia lavorativa i parametri acustici di maggior interesse e i relativi valori di riferimento.

Il progetto di ricerca è attualmente in corso di svolgimento e nei prossimi mesi è prevista la realizzazione di ulteriori approfondimenti che porteranno alla stesura di un **manuale tecnico dedicato all’analisi e alla progettazione acustica degli ambienti di lavoro** nel quale saranno riportate le procedure di progettazione da utilizzare per tutte le categorie di ambienti di lavoro, unitamente a schede di sintesi elaborate sulla base dei casi studio ritenuti di maggior interesse.

Grazie per l'attenzione

sergio.luzzi@vienrose.it

monica.carfagni@unifi.it