

Alberto Comerro
ARCHITETTO
Via Garibaldi n°45 - 10035 - Mazzè (TO)
mail: albycom@yahoo.it
tel. 011.9890710 - cel. 335.6886567

COMUNE DI	SAN GIORGIO CANAVESE (TO)
COMMITTENTE	AMMINISTRAZIONE COMUNALE - COMUNE DI SAN GIORGIO CANAVESE, VIA DANTE n.25
PROGETTO	PROGETTO ESECUTIVO PER INTERVENTO DI MANUTENZIONE STRAORDINARIA ED ADEGUAMENTO PIANO TERRENO SEDE MUNICIPALE DI VIA DANTE n.25
UBICAZIONE	VIA DANTE n.25
FASE PROGETTO	ESECUTIVO
ELABORATO	RS - RELAZIONE SPECIALISTICA ACUSTICA
PROFESSIONISTA	Dott. ssa Paola Catuzzo e Dott. Stefano Roletti

RESPONSABILE DI PROGETTO
(per verifica e riesame)

COMMITTENZA
(per verifica ed accettazione)

DATA	DICEMBRE 2023
TAVOLA N.	02fe

Regione Piemonte

C.M. di Torino



Comune di San Giorgio Canavese

**SALA PROVE BANDA MUSICALE
CASA DELLA MUSICA**

Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese

ACUSTICA ARCHITETTONICA

Progetto acustico degli interventi tecnici
per il conseguimento dei requisiti acustico-architettonici

Interventi prioritari

R_AAR_1_24_sgr

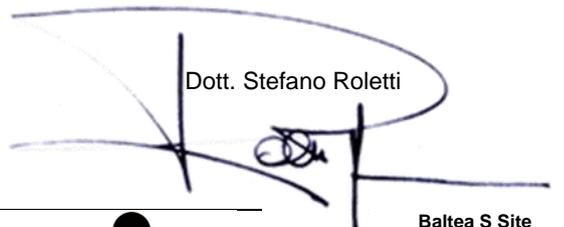
gennaio 2024

Elaborazione

Dott. ssa Paola Catuzzo



Dott. Stefano Roletti



Baltea S Site
via Carlo Alberto, 28
10090 San Giorgio Canavese
(Torino) - IT

tel. +39 347 2631589
envia@libero.it

1 ASPETTI GENERALI

1.1 Premessa

Il presente documento costituisce la relazione tecnica relativa al progetto acustico degli interventi tecnici (interventi prioritari) per il conseguimento dei requisiti (valori ottimali) acustico-architettonici del vano *Sala Prove Banda Musicale* della *Casa della Musica – Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese* (Piemonte) (per semplicità di seguito denominato “*Sala Prove Carlo Botta*”).

La progettazione degli interventi tecnici, in considerazione della proprietà dell’edificio in studio, è stata effettuata nel rispetto delle prescrizioni previste all’interno delle norme *UNI EN ISO 3382-1 “Misurazione dei parametri acustici degli ambienti – Parte 1 Sale da Spettacolo”* e con riguardo ai valori di riferimento della norma *UNI 11532-2:2020 “Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati - Metodi di progettazione e tecniche di valutazione - Parte 2: Settore scolastico”* e delle norme di buona tecnica in materia di analisi e progettazione acustico-architettonica. In specifico l’ultima norma citata costituisce (per le scuole) il riferimento tecnico normativo del *D.M. 23/06/2022 “Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi”* specificatamente per il tema “*Prestazioni e comfort acustici*” – Comfort Acustico Interno (punto 2.4.11 dell’Allegato al *D.M. 23/06/2022*). In ogni caso si ritiene che tale norma non trovi applicazione in termini prescrittivi al progetto in studio sia per le caratteristiche dell’intervento edilizio (solo parziale agli elementi edilizi) sia per la destinazione d’uso dell’edificio includente il vano (di tipo non scolastico).

Le presenti valutazioni sono state effettuate nella condizione delle sorgenti in acustico (stato passivo), condizioni tipiche delle prove di bande musicali.

1.2 Origine e finalità del documento

L’acustica architettonica si occupa dello studio delle tecniche e dei materiali necessari per conseguire un ascolto omogeneo e “idoneo” in rapporto al particolare messaggio sonoro riprodotto nell’ambiente chiuso.

Tra la fine dell’Ottocento e i primi del Novecento W. C. Sabine propose una prima descrizione scientifica di uno dei principali fenomeni dell’acustica degli ambienti chiusi: la riverberazione. Nacque così l’acustica architettonica “moderna” e, in seguito all’avvento dei primi strumenti di analisi del suono e a una serie di studi che hanno permesso di identificare le caratteristiche soggettive primarie che identificano la qualità acustica di uno spazio confinato, la possibilità di descrivere in modo oggettivo l’acustica di un ambiente chiuso. Tale evoluzione è avvenuta attraverso un processo di parametrizzazione delle sensazioni sonore soggettive per mezzo di indici di valutazione misurabili (oggettivi).

Al fine di poter analizzare in modo accurato un ambiente chiuso dedicato al pubblico in relazione ai requisiti acustici che esso deve possedere e, eventualmente, correggerne le caratteristiche acustiche, è necessario stabilire la destinazione d’uso dell’ambiente stesso. In specifico esistono due grandi categorie di spazi chiusi dedicati al pubblico: gli spazi destinati all’ascolto e gli spazi destinati ai servizi. All’interno della prima categoria si inseriscono i teatri, gli auditorium, le sale cinematografiche, i saloni

polifunzionali, ...; nell'ambito della seconda categoria si annoverano le grandi aree interne alle stazioni aeroportuali o ferroviarie, le hall degli alberghi, i musei, le banche e le imprese, ... In relazione a tale distinzione appare evidente come le prestazioni acustiche richieste per le due categorie di spazi chiusi siano distinte: nel primo caso il pubblico ha la necessità di usufruire adeguatamente della rappresentazione a cui prende parte ed è per questo strettamente necessario usufruire di un "buon ascolto"; mentre nel secondo caso, altrettanto importante e complesso, è necessario disporre delle condizioni ambientali globali che permettano un comfort acustico o benessere psicofisico.

Il comfort acustico può essere definito come quella condizione psicofisica per cui un individuo, immerso in un campo sonoro, si trova in condizioni di benessere, in relazione all'attività che sta svolgendo. Il "buon ascolto" risulta assai più complesso da definire e da affrontare ed è relativo alla rappresentazione e al messaggio sonoro a cui il pubblico "prende parte". In relazione a ciò risulta necessario effettuare un'ulteriore distinzione all'interno della categoria degli spazi destinati all'ascolto: gli spazi destinati alla musica e gli spazi destinati alla parola. Tale distinzione si rende necessaria in virtù delle diverse prestazioni acustiche che tali ambienti debbono offrire. Per entrambe le categorie degli spazi chiusi destinati all'ascolto, data la complessità delle interazioni fra percezione sonora e condizioni psicofisiche dei soggetti e la diversa natura degli eventi sonori, risulta impossibile individuare un unico indice di "qualità" che, in relazione al messaggio sonoro, esprima la sensazione provata da una significativa quota di pubblico. Nonostante ciò è possibile delineare delle prestazioni essenziali per entrambi i casi che possono essere così riassunte: la qualità acustica degli ambienti destinati all'ascolto della parola ha come requisiti essenziali l'assenza di disturbo e la buona ricezione: la presenza di tali caratteristiche permette di usufruire di condizioni ottimali di intelligibilità della parola. Per quanto riguarda le prestazioni necessarie per il buon ascolto della musica è possibile sintetizzare come segue: è fondamentale che all'ascoltatore giunga il suono diretto accompagnato da energia sonora di prima riflessione e che la relativa distribuzione temporale sia equilibrata in tutto l'uditorio; inoltre si deve avere una riverberazione adeguata alle frequenze medie e il comportamento della riverberazione in relazione alla frequenza deve essere costante o ad andamento lievemente decrescente.

Il presente documento costituisce la relazione tecnica relativa al progetto acustico degli interventi tecnici (interventi prioritari) per il conseguimento dei requisiti (valori ottimali) acustico-architettonici della *Sala Prove Banda Musicale* della *Casa della Musica – Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese* (Piemonte).

1.3 Organizzazione del documento

La presente relazione è organizzata nelle seguenti parti:

1	ASPETTI GENERALI	3
1.1	Premessa	3
1.2	Origine e finalità del documento.....	3
1.3	Organizzazione del documento.....	5
2	L'INSEDIAMENTO	6
2.1	Aspetti territoriali e antropici.....	6
2.2	Descrizione dell'opera	8
3	ANALISI DELLE PRESTAZIONI ACUSTICO-ARCHITETTONICHE – SITUAZIONE ANTE OPERAM	9
3.1	Metodologia	9
3.2	Indici di valutazione	10
3.2.1	Premessa	10
3.2.2	Grandezze e valori di riferimento – CAM – Comfort Acustico Interno.....	11
3.2.3	Grandezze e valori di riferimento – Normativa generale.....	15
3.3	Tecniche di stima e misurazione delle grandezze di riferimento.....	19
3.3.1	Tecniche di misura.....	19
3.3.2	Tecniche di stima.....	20
3.4	Misura e valutazione di indici e grandezze di riferimento	21
3.5	Verifica della qualità acustico-architettonica.....	23
3.6	Conclusioni	24
4	PROGETTAZIONE ACUSTICA DEGLI INTERVENTI TECNICI CORRETTIVI.....	25
4.1	Metodologia	25
4.2	Interventi tecnici correttivi	26
4.2.1	Premessa	26
4.2.2	Interventi passivi.....	26
4.3	Stima e valutazione delle grandezze di riferimento	27
4.4	Verifica della qualità acustico-architettonica.....	28
4.5	Conclusioni	30
	Appendice A Normativa di riferimento	31
	Appendice B Rappresentazioni grafiche.....	32
	Appendice C Caratteristiche acustiche dei fabbricati.....	33
	Appendice D Interventi tecnici correttivi.....	35
	Appendice E Simulazioni situazione <i>Ante e Post Operam</i>	38
	Appendice F Documentazione fotografica.....	39
	Appendice G Strumentazione di misura	40
	Appendice I Estremi tecnici acustici	45
	Appendice L Riferimenti utili.....	46

2 L'INSEDIAMENTO

2.1 Aspetti territoriali e antropici

L'area dove si trova la *Sala Prove Carlo Botta* si trova a San Giorgio Canavese, a N del capoluogo regionale, nell'area dell'Anfiteatro Morenico di Ivrea,. In specifico tale area si trova nella parte centrale del nucleo abitato principale di San Giorgio Canavese.

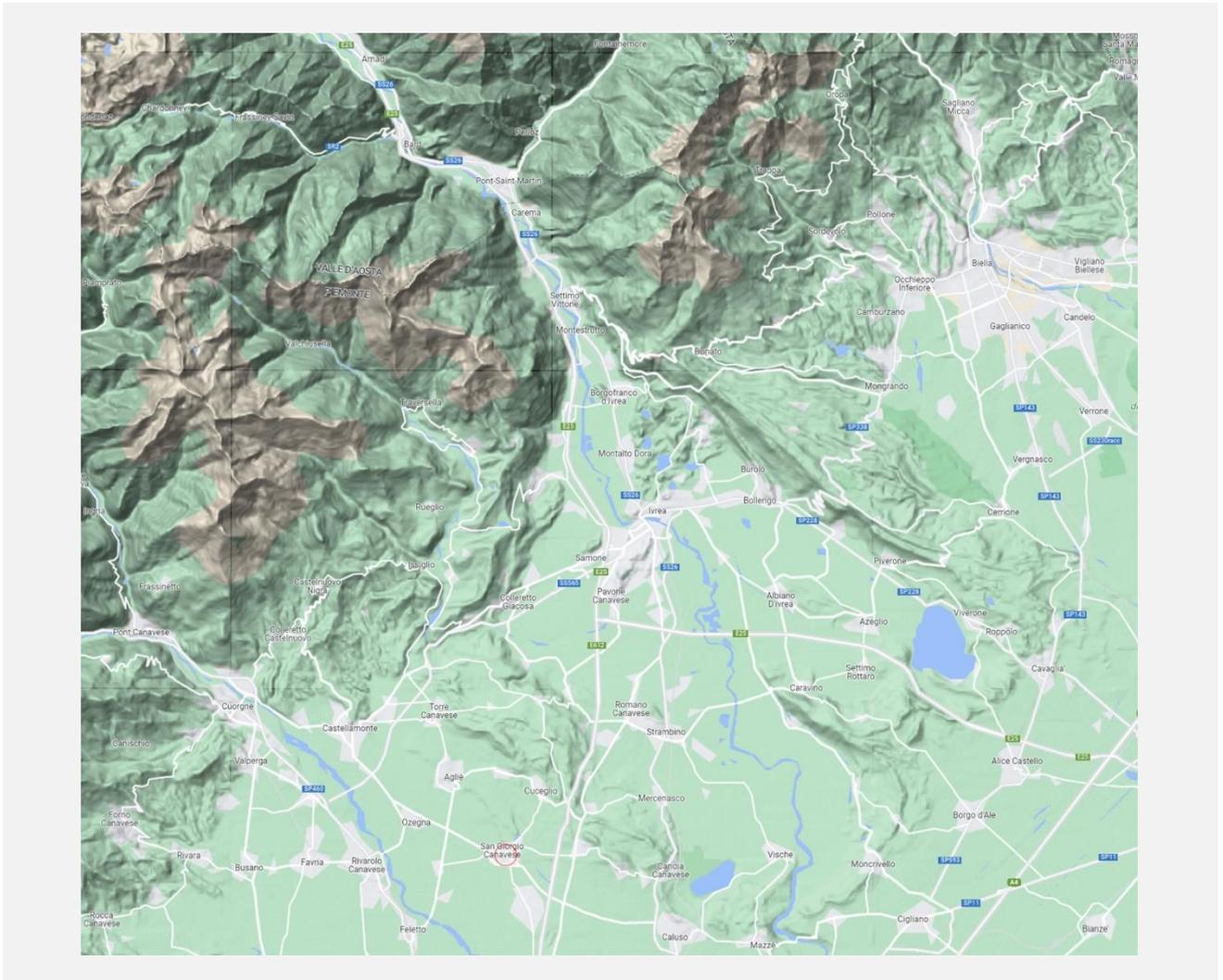


Figura 2.1 - Collocazione geografica del comune di San Giorgio Canavese e della Sala Prove Carlo Botta (da Google Maps)

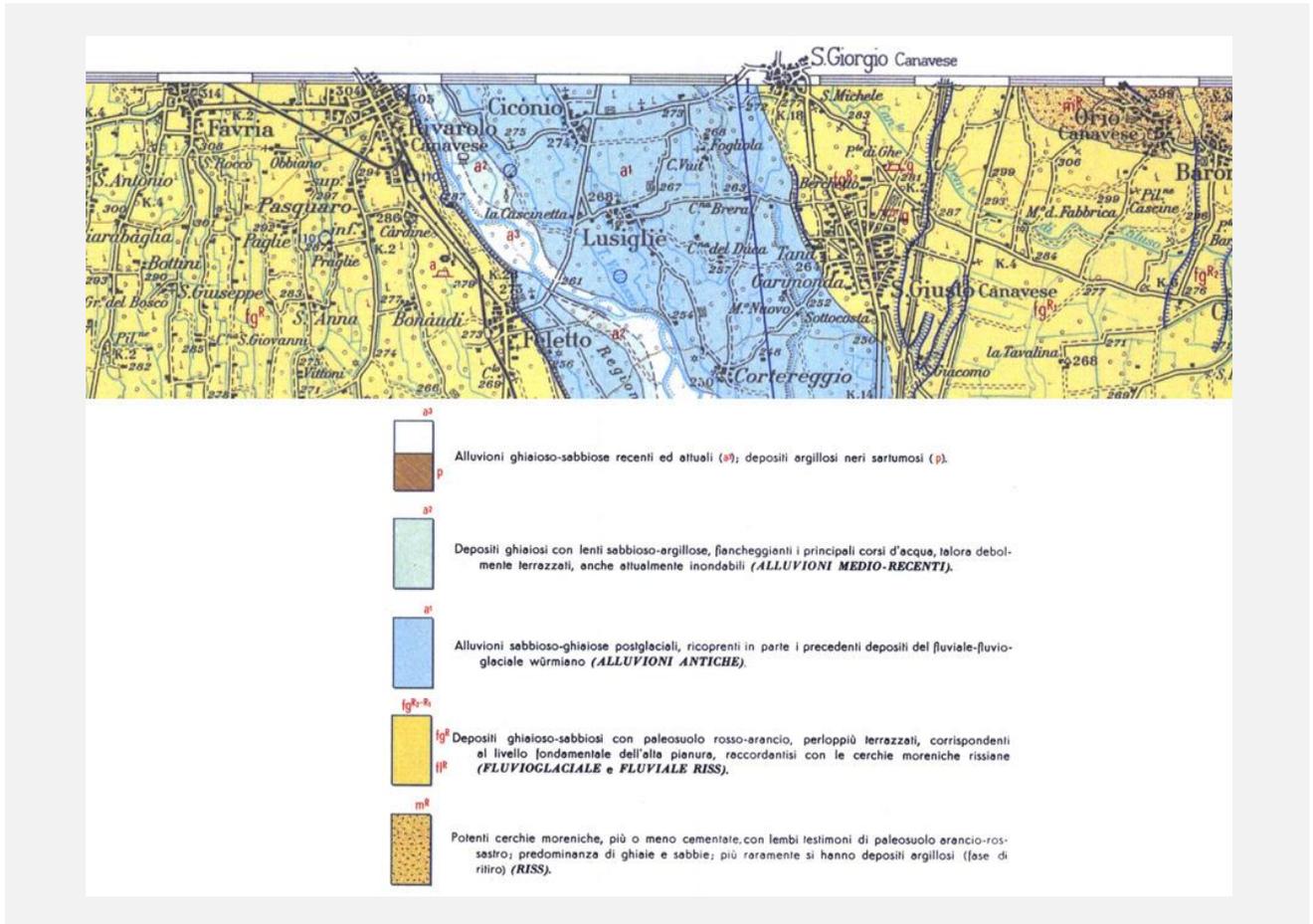


Figura 2.2 - Caratteristiche geologiche dell'area (da Carta Geologica d'Italia)

Da un punto di vista geomorfologico l'area si presenta pianeggiante ed appartiene ai depositi fluvioglaciali della "fase di Riss" (compresa tra 250.000 e 150.000 anni fa).

L'area presenta caratteristiche insediative prevalenti residenziali, con la presenza del complesso del municipio di San Giorgio Canavese.

Le sorgenti di rumore significative presenti nell'area sono connesse alle infrastrutture dei trasporti (in particolare Vicolo Miglio e Via Carlo Alberto) e alle attività antropiche insediate in area (Pasticceria Roletti).

L'edificio oggetto del presente studio si trova ad una quota altimetrica di circa 300 m s.l.m.

2.2 Descrizione dell'opera

Oggetto del presente studio è la *Sala Prove Banda Musicale* della *Casa della Musica – Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese (Piemonte)*.

I dati dimensionali indicativi del vano in studio, significativi in relazione allo specifico studio, sono:

- superficie soffitto: 91 m²
- superficie pavimento: 91 m²
- superfici pareti: 168 m²
- superfici finestrate: 3 m²
- altezza massima: 3,3 m
- volume complessivo: circa 310 m³

3 ANALISI DELLE PRESTAZIONI ACUSTICO-ARCHITETTONICHE – SITUAZIONE ANTE OPERAM

3.1 Metodologia

L'analisi (limitata agli indici di seguito specificati) delle prestazioni acustico-architettoniche del vano *Sala Prove Banda Musicale* della *Casa della Musica* – Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese (Piemonte) in assenza degli interventi tecnici oggetto di progettazione acustica (Situazione *Ante Operam*) è stata sviluppata attraverso il progressivo conseguimento delle seguenti fasi:

- definizione dell'elemento di studio: vengono identificate le caratteristiche costruttive, l'area di studio e la destinazione d'uso del vano oggetto di studio;
- identificazione delle grandezze e valori di riferimento: in relazione alla destinazione d'uso del vano vengono identificate le grandezze fisiche e i corrispondenti valori di riferimento (requisiti) per la valutazione delle prestazioni acustico-architettoniche del vano;
- definizione della Situazione *Ante Operam*: vengono stimati i valori delle grandezze fisiche necessarie per definire le prestazioni acustico-architettoniche del vano in assenza degli interventi tecnici oggetto di progettazione acustica;
- analisi della Situazione *Ante Operam*: attraverso la comparazione dei valori stimati con i requisiti viene definita la situazione della qualità acustico-architettonica del vano in assenza degli interventi tecnici oggetto di progettazione acustica.

3.2 Indici di valutazione

3.2.1 Premessa

La fase preliminare di identificazione delle grandezze e valori di riferimento in base alla quale valutare le prestazioni acustico-architettoniche dell'ambiente oggetto di studio viene effettuata in relazione alla destinazione d'uso del vano. Il vano ha come destinazioni d'uso:

- sala prove musicali (strumenti in acustico).

Tenuto conto delle destinazioni d'uso del vano le norme tecniche di riferimento (*Appendice A*) e la letteratura tecnica specifica indicherebbero come descrittori acustici principali idonei ai fini delle presenti analisi i seguenti:

- Tempo di Riverbero T_R
- Supporto iniziale - $ST_{iniziale}$

Tenuto conto delle specifiche finalità del presente studio (studio finalizzato alla definizione di soluzioni tecniche minime) e delle destinazioni d'uso del vano sono stati considerati come descrittori acustici i seguenti:

- Tempo di Riverbero T_R

3.2.2 Grandezze e valori di riferimento – CAM – Comfort Acustico Interno

La valutazione del raggiungimento delle prestazioni richieste in materia di CAM – Comfort Acustico Interno richiede, in fase di progetto, la stima dei seguenti indici:

- Tempo di Riverbero (T_R).

I valori di riferimento che definiscono le prestazioni richieste ai fini CAM – Acustica Interna sono specificati nella norma UNI 11532. Tenuto conto delle destinazioni d'uso del vano in studio, sono stati assunti come valori di riferimento quelli riportati nella norma UNI 11532-2 *Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione – Parte 2: Settore scolastico* - Marzo 2020, in specifico quelli relativi alla destinazione d'uso principale del vano in studio. La norma definisce valori di riferimento specifici per ogni ambiente.

La norma suddivide gli ambienti scolastici di interesse in 6 categorie:

Categorie degli ambienti in relazione all'attività

Categoria	Attività in ambiente	Modalità d'intervento
A1	Musica	Obiettivo raggiunto con progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo
A2	Parlato /conferenza	
A3	Lezione/comunicazione come parlato/ conferenza (aule grandi) interazione insegnante studente	
A4	Lezione/comunicazione, incluse aule speciali	
A5	Sport	
A6	Aree e spazi non destinati all'apprendimento e biblioteche	Obiettivo raggiunto con assorbimento acustico ed il controllo del rumore residuo

Descrizione dettagliata di utilizzo per le sottocategorie della categoria A6

Categoria	Descrizione dell'utilizzo	Esempi
A6.1	Spazi senza permanenza.	Vani scala.
A6.2	Spazi con permanenza ridotta.	Spogliatoi palestre e similari.
A6.3	Ambienti per la permanenza a lungo termine e/o di collegamento.	Ambienti espositivi con interattività oppure sorgente di rumore elevata (Multimedia, arte visive e suoni, ecc). Spazi di studio, spazi/corridoi per attività didattiche alternative/ricreative, in scuole di ogni ordine e grado. Laboratorio, Biblioteche.
A6.4	Ambienti con necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente.	Reception / area desk (bidelleria) con postazione di lavoro fissa. Laboratorio con postazione di lavoro fissa, mense in scuole di ogni ordine e grado. Area distribuzione nelle mense.
A6.5	Ambienti con particolare necessità di riduzione del rumore e di comfort nell'ambiente.	Sale da pranzo. Aule e spogliatoi nelle scuole materne e nido.

Si riportano a seguire i valori di riferimento definiti dalla norma per ogni tipologia di ambiente:

Tempo di riverbero T_R

Formule di calcolo di T_{ott} per le categorie da A1 a A5

Categoria	Ambiente occupato all'80%	
A1	$T_{ott,A1} = (0,45\log V + 0,07)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 1000 \text{ m}^3$
A2	$T_{ott,A2} = (0,37\log V - 0,14)$	$50 \text{ m}^3 \leq V < 5000 \text{ m}^3$
A3	$T_{ott,A3} = (0,32\log V - 0,17)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 5000 \text{ m}^3$
A4	$T_{ott,A4} = (0,26\log V - 0,14)$	$30 \text{ m}^3 \leq V < 500 \text{ m}^3$
Categoria	Ambiente non occupato	
A5	$T_{ott,A5} = (0,75\log V - 1,00)$ $T_{ott,A5} = 2,00$	$200 \text{ m}^3 \leq V < 10000 \text{ m}^3$ $V \geq 10000 \text{ m}^3$

Sono inoltre definitivi valori di riferimento per il rapporto tra l'Area di assorbimento equivalente A e il Volume dell'Ambiente V .

Valori di riferimento del rapporto A/V per le sottocategorie da A6.1 ad A6.5

	Per altezza dell'ambiente $h \leq 2,5 \text{ m}$ Rapporto A/V , in m^2/m^3	Per altezza dell'ambiente $h > 2,5 \text{ m}$ Rapporto A/V , in m^2/m^3
A6.1	Nessuna richiesta	
A6.2	$A/V \geq 0,15$	$A/V \geq [4,80 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.3	$A/V \geq 0,20$	$A/V \geq [3,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.4	$A/V \geq 0,25$	$A/V \geq [2,13 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
A6.5	$A/V \geq 0,30$	$A/V \geq [1,47 + 4,69 \lg (h/1 \text{ m})]^{-1}$
Legenda A = Area di assorbimento equivalente, in metri quadrati V = volume dell'ambiente, in metri cubi h = altezza dell'ambiente, in metri		

I valori di riferimento per il rapporto minimo A/V richiesto per le categorie A6.2, A6.3, A6.4 e A6.5 si applicano nelle singole ottave da 250 Hz a 2000 Hz senza considerare l'assorbimento acustico delle persone.

Per le categorie A1-A2-A3-A4 il T_{ott} si riferisce al locale occupato all'80% della sua capienza; per le opportune verifiche di conformità normativa il valore misurato in assenza di persone T_{inocc} dovrà essere confrontato con il valore ottimale in assenza di persone ($T_{\text{ott inocc}}$) determinato con la formula sotto riportata.

$$T_{\text{inocc}} = \frac{T_{\text{occ}}}{\left[1 - T_{\text{occ}} \frac{\Delta A_{\text{pers}}}{0,16 V} \right]} \quad [\text{s}] \quad (1)$$

dove:

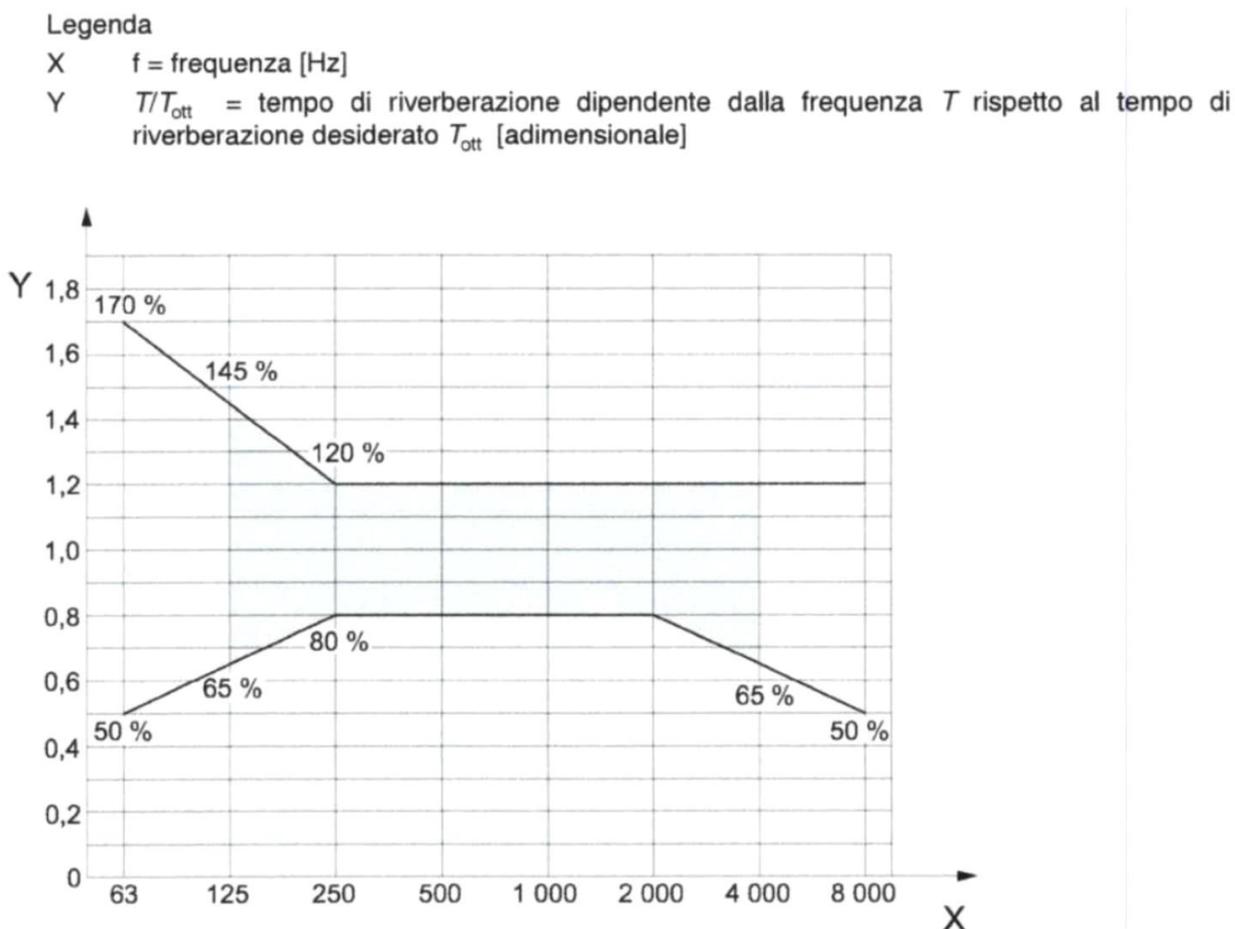
T_{occ} tempo di riverberazione ottimale per l'ambiente occupato all'80%, in secondi;

T_{inocc} tempo di riverberazione ottimale ad ambiente non occupato (risultato della misurazione), in secondi;

V volume dell'ambiente, in metri cubi;

ΔA_{pers} superficie aggiuntiva equivalente di assorbimento acustico delle persone, in metri quadrati.

Per le categorie A1-A2-A3-A4 il T_{ott} in funzione della frequenza va determinato secondo il grafico riportato a seguire. Per la categoria A5 il T_{ott} è definito solo nell'intervallo di frequenza 250-2000 Hz.



In conformità alla normativa adottata per le verifiche CAM – Comfort Acustico Interno si è proceduto a determinare i seguenti limiti di riferimento per la *Sala Prove Carlo Botta*.

Per la determinazione dei valori di riferimento con sala non occupata si considera un'occupazione durante le prove di numero 5 persone (occupazione minima e quindi situazione più critica).

Vano	Categoria	Volume V [m ³]		Frequenza [Hz]					
				125	250	500	1000	2000	4000
Sala Prove Carlo Botta (occupata al 80%)	A1	310	T_R [s] max	1,73	1,43	1,43	1,43	1,43	1,43
			T_R [s] min	0,77	0,95	0,95	0,95	0,95	0,77
Sala Prove Carlo Botta (non occupata)	A1	310	T_R [s] max	1,76	1,48	1,50	1,51	1,53	1,53
			T_R [s] min	0,79	0,99	1,00	1,01	1,02	0,83

Tabella 3.1 – Valori di riferimento per T_R – Sala Prove Carlo Botta – CAM

3.2.3 Grandezze e valori di riferimento – Normativa generale

3.2.3.1 Parametri relativi alla riverberazione - Tempo di Riverbero T_R

La riverberazione è un effetto acustico d'ambiente dovuto alle riflessioni multiple che si sviluppano all'interno dell'ambiente considerato. Gli effetti del suono riverberato sul confort acustico si valutano principalmente con la determinazione del Tempo di Riverbero convenzionale T_R .

Il Tempo di Riverbero convenzionale T_R è il tempo, espresso in secondi, necessario affinché il livello di pressione sonora decada di 60 dB rispetto al suo valore iniziale. Il T_R viene misurato a partire dal momento in cui è interrotto il funzionamento della sorgente che sosteneva il precedente regime stazionario. La valutazione di tale grandezza viene effettuata attraverso un processo di estrapolazione considerando la pendenza della curva di decadimento compresa tra -5 dB e -35 dB a partire dal valore massimo posto a 0 dB (T_{30}). Il complesso fenomeno della riverberazione sonora produce effetti sia positivi che negativi nell'ambito della propagazione e ricezione del suono all'interno di un ambiente confinato. Se da un lato è utile ai fini dell'ascolto perché contribuisce al rinforzo del suono diretto, dall'altro un valore eccessivo della coda sonora ne peggiora la qualità, rendendo il suono confuso, poco chiaro.

Il valore ottimale del Tempo di Riverbero (requisito), ossia del parametro che caratterizza il fenomeno della riverberazione, rappresenta il giusto compromesso tra il raggiungimento di un livello sonoro sufficiente per la corretta ricezione, in tutti i punti dell'ambiente, e la riduzione del disturbo provocato da un eccesso di coda sonora. La determinazione di tale valore ottimale, in relazione alla tipologia di messaggio sonoro prodotto, è stata ottenuta in seguito a numerose valutazioni soggettive sulla qualità dell'audizione in ambienti con diverse destinazioni d'uso. Il Tempo di Riverbero è direttamente proporzionale al volume dell'ambiente e inversamente proporzionale all'assorbimento totale. Per mantenere un buon livello sonoro si accetta un suo incremento fino ad un valore limite che non comprometta la buona ricezione del suono. Dall'insieme delle valutazioni si trae anche l'informazione che ad un incremento del volume dell'ambiente deve corrispondere un aumento del Tempo di Riverbero ottimale.

I valori del tempo di riverbero ottimale nelle sale dedicate alla musica variano in relazione alla funzione della sala (sala d'ascolto, sala di registrazione, ...) e della tipologia di musica eseguita (si veda *Figura 3.1*) e delle dimensioni della sala. In specifico per le sale di registrazione (music studios) (la categoria più simile a quella del vano in studio) di dimensione minima, i valori ottimali per il Tempo di Riverbero sono compresi fra 0,7 e 0,9 s.

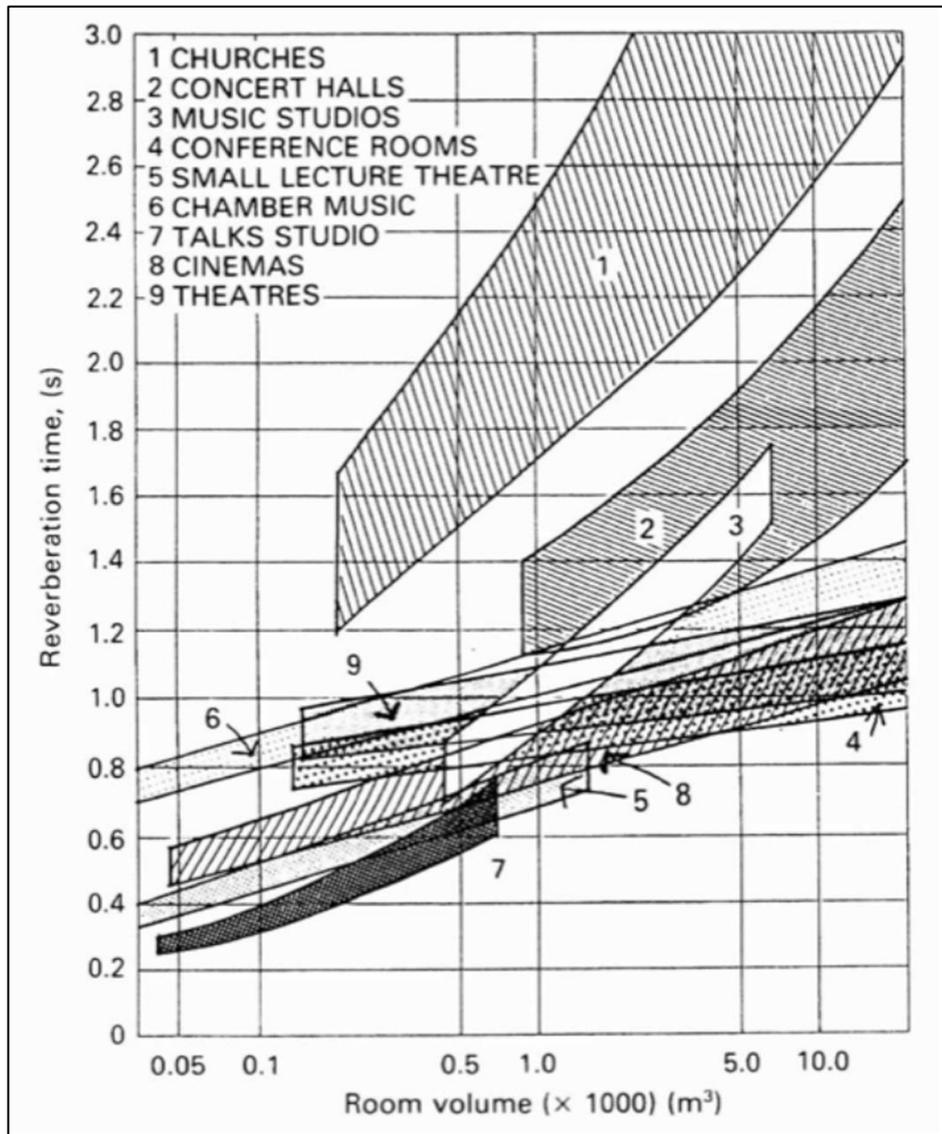


Figura 3.1 – Tempo di Riverbero ottimale a 500 Hz in funzione della tipologia di esecuzione musicale e delle dimensioni della sala (Normativo generale)

Per la *Sala Prove Carlo Botta*, seppur le sue dimensioni risultano inferiori a quelle minime riportate in *Figura 3.1* per le sale di registrazione (music studios) è stato assunto un tempo di riverbero ottimale a 500 Hz compreso tra 0,7 e 0,9 s.

Progetto acustico degli interventi tecnici per il conseguimento dei requisiti acustico-architettonici – Interventi prioritari

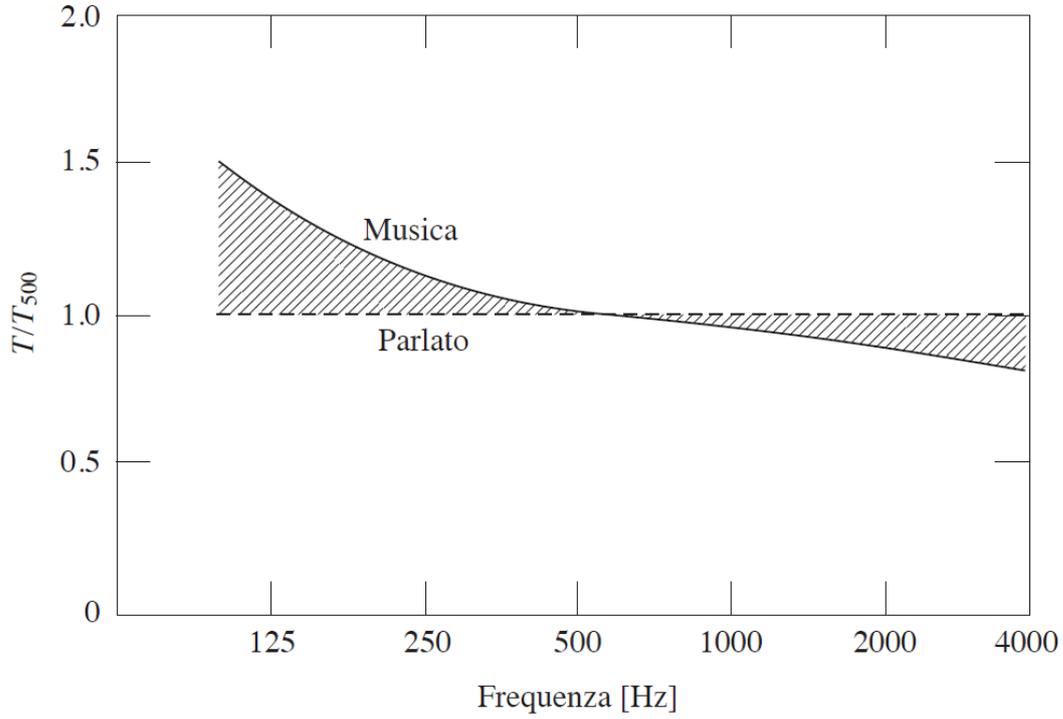


Figura 3.2 – Andamento del Tempo di Riverbero ottimale in funzione della frequenza (Normativa generale)

Vano	Destinazione d'uso	Volume V [m ³]		Frequenza [Hz]					
				125	250	500	1000	2000	4000
Sala Prove Carlo Botta	Music studios	310	T_R [s] max	1,4	1,1	0,9	0,9	0,8	0,7
			T_R [s] min	1,1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6

Tabella 3.2 – Valori di riferimento per T_R – Sala Prove Carlo Botta – Sale da concerto

3.2.3.2 Parametri specifici relativi all’ascolto della musica

3.2.3.2.1 Parametri di stage

Nelle sale da concerto e in altri spazi per esibizioni è importante che le condizioni acustiche consentano ai musicisti di sentirsi fra loro e che ci sia una risposta sufficiente dall’ambiente. Per una valutazione oggettiva si utilizzano i due seguenti parametri:

- condizioni d’insieme: descritta dal Supporto Iniziale $ST_{iniziale}$, grandezza che quantifica la facilità di ascoltare gli altri membri dell’orchestra:

$$ST_{iniziale} = 10 \log \frac{\int_0^{0,1} p^2(t) dt}{\int_0^{0,02} p^2(t) dt}$$

- riverbero percepito: descritta dal supporto finale ST_{finale} , grandezza che quantifica il riverbero percepito dai musicisti, cioè la risposta della sala come è udita dal musicista.

$$ST_{finale} = 10 \log \frac{\int_0^{1,0} p^2(t) dt}{\int_0^{0,1} p^2(t) dt}$$

In *Tabella 3.4* si riportano i valori di riferimento per i parametri di stage.

Grandezza acustica	Mediazione in frequenza a indice unico	Gamma usuale
$ST_{iniziale}$ – Supporto iniziale [dB]	da 250 Hz a 2000 Hz	-24 dB ÷ - 8 dB
ST_{finale} – Supporto finale [dB]	da 250 Hz a 2000 Hz	-24 dB ÷ - 10 dB

Tabella 3.4 – Valori di riferimento sale da concerto (da ISO 3382-1 (2009)).

3.3 Tecniche di stima e misurazione delle grandezze di riferimento

3.3.1 Tecniche di misura

La misura delle grandezze acustico architettoniche viene effettuata attraverso una catena di misura formata da una sorgente sonora omnidirezionale, da un microfono e da un opportuno analizzatore di spettro sonoro o software di analisi dedicato.

Le tecniche di misura possono essere distinte in due tipologie: il metodo del rumore stazionario interrotto e il metodo basato sulla risposta all'impulso. Il campo di frequenze oggetto di analisi racchiude la gamma compresa tra i 50 Hz e i 10 KHz. La sorgente sonora di eccitazione dell'ambiente deve avere caratteristiche omnidirezionali ed essere alimentata, nel caso del metodo del rumore stazionario interrotto, da un segnale casuale a banda larga (nel caso specifico rumore rosa), mentre nel caso del metodo basato sulla risposta all'impulso, da un segnale sinusoidale con frequenza crescente esponenzialmente in funzione del tempo (e-Sweep) o da un colpo di pistola a salve (o esplosione di un palloncino). Il software di analisi determina in base alla misura effettuata con il microfono la funzione di trasferimento del segnale e da qui tutte le principali grandezze acustico architettoniche di riferimento, in particolare T_R .

Le misure necessarie a caratterizzare l'ambiente oggetto di studio vengono così effettuate:

- la sorgente viene localizzata, quando tecnicamente possibile, in modo da simulare le effettive posizioni tipiche dell'attività che si svolge nell'ambiente oggetto di analisi;
- le postazioni di misura vengono individuate in relazione allo spazio destinato alle attività e sono numerose per compiere una completa caratterizzazione del locale;
- per ogni postazione di misura la sorgente viene attivata per un certo tempo t_0 in modo da emettere un segnale a banda larga in tutte le direzioni e disattivata dopo un tempo t . La durata dell'eccitazione dell'ambiente deve essere sufficiente a raggiungere una condizione di stato stazionario delle riflessioni del locale (metodo del segnale interrotto). Alternativamente si procede alla generazione di un segnale sinusoidale con frequenza crescente esponenzialmente in funzione del tempo (e-Sweep) o di un colpo di pistola a salve (o esplosione di un palloncino).
- in ogni postazione di misura il segnale viene acquisito e analizzato attraverso l'analizzatore di spettro.

Tenuto conto che la *Sala Prove Carlo Botta* non è ancora presente nell'assetto geometrico previsto dal progetto edilizio (il progetto prevede un ampliamento dell'attuale vano), non è stato possibile effettuare la misura delle grandezze acustico architettoniche nella Situazione *Ante Operam* e pertanto si è dovuto procedere con tecniche di stima.

3.3.2 Tecniche di stima

E' possibile stimare il T_R utilizzando la formula di Sabine che, basandosi sul principio del campo perfettamente diffuso, valuta il Tempo di Riverbero attraverso la seguente formula

$$T_R = 0,161 \frac{V}{A} = 0,161 \frac{V}{\sum_1^n \alpha_i S_i} \quad \text{s}$$

dove:

S_i è la superficie i-esima del materiale caratterizzato dal coefficiente di assorbimento α_i
 V è il volume dell'ambiente valutato in m^3 .

La formula di Sabine permette di effettuare una prima valutazione approssimativa del T_R ma per effettuare delle analisi approfondite si rende necessario l'uso di opportuni modelli matematici.

I principali metodi utilizzati nei modelli matematici previsionali sono:

Metodo delle sorgenti virtuali (MISM) le cui ipotesi di base sono:

- si assumono le approssimazioni dell'acustica geometrica;
- il suono si riflette specularmente ad ogni riflessione; è associata una sorgente virtuale che si comporta in emissione come quella reale;
- ogni sorgente reale o virtuale emette fronti d'onda sferici (la propagazione dei fronti d'onda è descrivibile mediante raggi sonori che vanno dalla sorgente al ricevitore);
- la potenza sonora che raggiunge un ricevitore è attenuata per effetto della divergenza geometrica, dell'assorbimento delle pareti e dell'assorbimento dell'aria.

Metodo "Ray Tracing" le cui ipotesi di base sono:

- si assumono le approssimazioni dell'acustica geometrica;
- il suono si riflette specularmente;
- l'energia sonora della sorgente viene quantizzata in un numero finito di pacchetti associati ai raggi sonori (particelle sonore);
- la divergenza geometrica dell'energia sonora emessa è rappresentata dalla divergenza dei raggi sonori;
- i raggi sonori perdono energia per effetto dell'assorbimento dell'aria e delle superfici.

Metodo della radiosità la cui caratteristica distintiva, rispetto ai due metodi sopra descritti, è la trattazione delle riflessioni come diffuse (non speculari) utilizzando il metodo della radiosità mutuato dall'ottica.

I modelli matematici previsionali in commercio tendono ad utilizzare modelli ibridi che combinano le metodiche sopra descritte.

Il presente studio è stato sviluppato con il software Bruel & Kjaer Odeon V.18 Combined, software basato sul metodo Hybrid Reflection, una combinazione dei tre metodi sopra descritti.

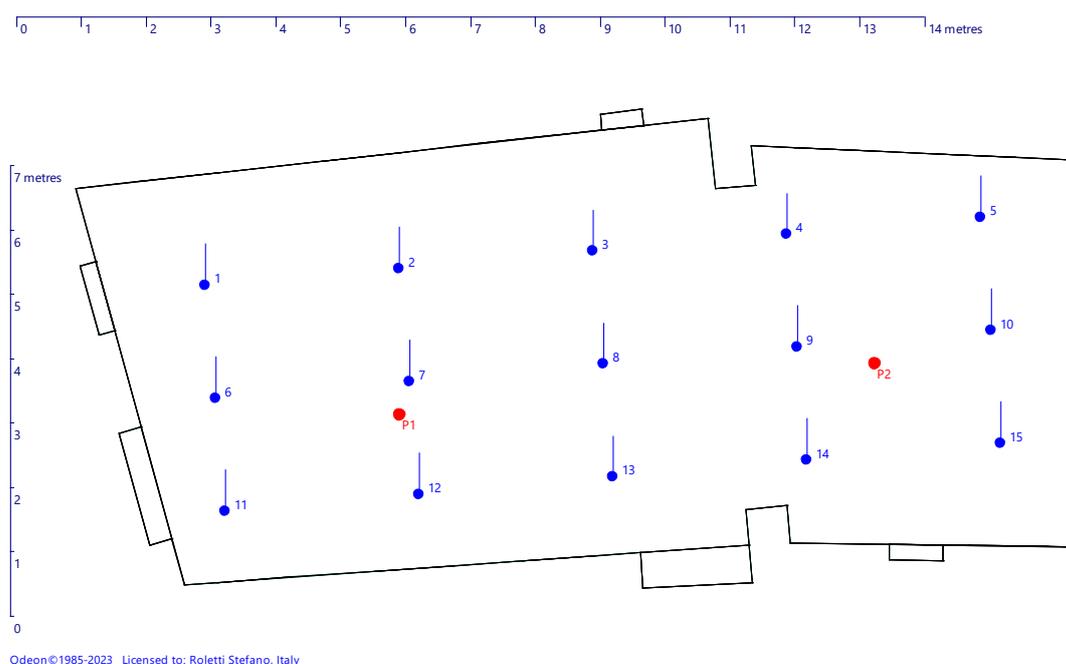
3.4 Misura e valutazione di indici e grandezze di riferimento

La stima degli indici e delle grandezze di riferimento sono state svolte per mezzo del seguente sistema di analisi

- Software Odeon V.18 Combined per la modellizzazione del vano in studio analisi del segnale misurato.

La valutazione delle grandezze acustico architettoniche proprie del vano *Sala Prove Carlo Botta* è stata effettuata costruendo un modello 3D per la *Sala Prove Carlo Botta*, associando ad ogni superficie le caratteristiche di assorbimento acustico riportate in *Appendice C* (valori indicativi in conseguenza della impossibilità di effettuare misurazioni dirette di T_R).

I valori degli indici e delle grandezze di riferimento sono stati calcolati con riferimento a 15 ricevitori distribuiti su una griglia occupante l'area della *Sala Prove Carlo Botta* (si veda la *Figura 3.3*).



Odeon©1985-2023 Licensed to: Roletti Stefano, Italy

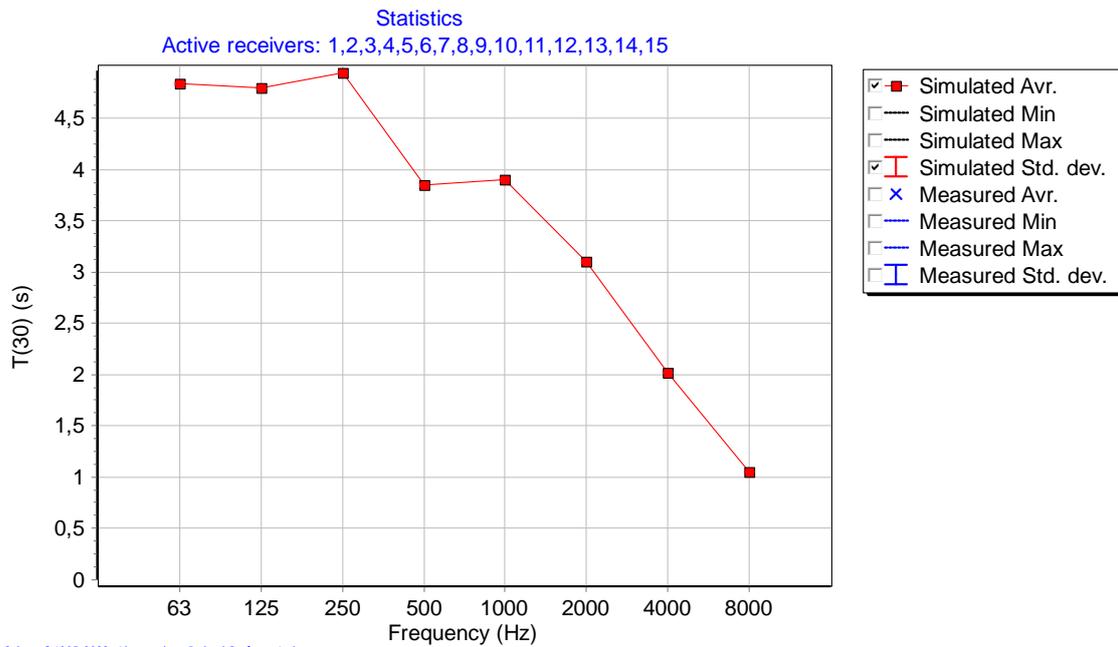
Figura 3.3 – Posizioni sorgente e ricevitore per le misure di valutazione effettuate

I dati di dettaglio relativi alle stime effettuate vengono riportati all'interno dell'*Appendice E*.

Le prestazioni acustico-architettoniche relative a T_R mediato nelle diverse postazioni di misura sono riportate nella *Tabella 3.1* e nella *Figura 3.4*.

Frequenza	125	250	500	1000	2000	4000
T_R [s]	4,79	4,95	3,84	3,9	3,11	2,02
deviazione standard	0,01	0,01	0,02	0,02	0,01	0,01

Tabella 3.1 – Tempo di Riverbero medio e deviazione standard in funzione della frequenza (Situazione Ante Operam) - Stime modellistiche – Sala non occupata



Odeon©1985-2023 Licensed to: Roletti Stefano, Italy

Figura 3.4 – Tempo di Riverbero medio e deviazione standard in funzione della frequenza (Situazione Ante Operam)

3.5 Verifica della qualità acustico-architettonica

La verifica della qualità acustico-architettoniche della *Sala Prove Carlo Botta*, con l'obiettivo di valutare le caratteristiche intrinseche del vano in assenza degli interventi tecnici correttivi oggetto della presente progettazione acustica viene effettuata mettendo a confronto i risultati ottenuti nella valutazione delle grandezze e degli indici di interesse con i rispettivi valori di riferimento.

I risultati delle stime eseguite per T_R , confrontati con i rispettivi valori di riferimento CAM – Comfort Acustico Interno, sono riportati nella *Tabella 3.2*.

Frequenza [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
T_R valori stimati [s]		4,79	4,95	3,84	3,9	3,11	2,02
Valori di riferimento UNI 11532-2 Aula musica A1	Ottimali	1,76	1,48	1,50	1,51	1,53	1,53
	Limite	0,79	0,99	1,00	1,01	1,02	0,83

Tabella 3.2 – T_R - Prestazioni acustico-architettoniche relative alla Situazione Ante Operam – Verifica di qualità (CAM - Comfort Acustico Interno)

I risultati delle stime eseguite per T_R , confrontati con i rispettivi valori di riferimento della Normativa generale, sono riportati nella *Tabella 3.3*.

Frequenza [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
T_R valori stimati [s]		4,79	4,95	3,84	3,9	3,11	2,02
Valori di riferimento per Music Studio	T_R [s] max	1,4	1,1	0,9	0,9	0,8	0,7
	T_R [s] min	1,1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6

Tabella 3.3 – T_R - Prestazioni acustico-architettoniche relative alla Situazione Ante Operam – Verifica di qualità (Normativa generale) (Sala non occupata)

3.6 Conclusioni

L'analisi delle prestazioni acustico-architettoniche del vano *Sala Prove Banda Musicale* della *Casa della Musica* – Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese (Piemonte) in assenza degli interventi tecnici oggetto di progettazione acustica (Situazione *Ante Operam*) ha permesso di evidenziare quanto segue:

- in termini generali la qualità acustico-architettonica del vano (situazione di progetto senza interventi tecnici correttivi acustico-architettonici) risulta non idonea alle destinazioni d'uso del vano stesso;
- il T_R risulta essere troppo elevato in relazione ai valori ritenuti ottimali (T_R per ambienti di tipo A1 – CAM – Conmfort Acustico Interno);
- il T_R risulta essere troppo elevato in relazione ai valori ritenuti ottimali (T_R per music studios – Normativa generale);
- risulta pertanto definire (progettazione acustica) interventi tecnici finalizzati al conseguimento delle prestazioni acustiche-architettoniche ottimali per il vano (indici delle grandezze di riferimento considerate nel presente studio). Si osserva che, in conseguenza delle ridotte dimensioni del vano in rapporto alle frequenze inferiori riprodotte dagli strumenti impiegati dalle bande musicali come la Filarmonica "Carlo Botta" (basso tuba, trombone, ...), si dovrà prestare una particolare attenzione al conseguimento di una buona risposta della sala alle basse frequenze, azione che secondo un approccio economico potrà avvenire conseguendo un elevato assorbimento (elevato smorzamento dei modi della stanza) delle superfici del vano alle basse frequenze.

4 PROGETTAZIONE ACUSTICA DEGLI INTERVENTI TECNICI CORRETTIVI

4.1 Metodologia

La progettazione acustica degli interventi tecnici correttivi (interventi prioritari) per il migliore conseguimento dei requisiti (valori ottimali) acustico-architettonici per il vano *Sala Prove Banda Musicale* della *Casa della Musica – Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese (Piemonte)* è stata sviluppata attraverso il progressivo conseguimento delle seguenti fasi:

- progettazione acustica degli interventi tecnici correttivi (interventi prioritari) per il miglior conseguimento dei requisiti (valori ottimali) acustico-architettonici e definizione dei possibili *Scenari Correttivi*: attraverso l'analisi geometrica del vano, l'ausilio di metodi numerici e software di calcolo, vengono identificati la localizzazione e la tipologia (progettazione acustica) degli interventi tecnici correttivi da adottare per tendere al conseguimento dei valori di riferimento acustico-architettonici (requisiti) indicati nel capitolo precedente;
- identificazione e quantificazione materiali per interventi tecnici correttivi: vengono identificati i materiali commerciali idonei per la realizzazione degli interventi tecnici con le relative quantità di massima richieste. La definizione puntuale delle quantità richieste dovrà essere effettuata dai soggetti incaricati della fornitura e/o posa in opera.

4.2 Interventi tecnici correttivi

4.2.1 Premessa

Gli interventi tecnici correttivi (interventi prioritari) progettati dal punto di vista acustico nell'ambito del presente studio sono finalizzati al miglioramento delle seguenti grandezze acustiche secondo quanto riportato al *Paragrafo 3.2*:

- Tempo di Riverbero T_R .

Inoltre dovrà essere garantito un elevato assorbimento delle superfici del vano alle basse frequenze.

Gli interventi tecnici correttivi proposti sono di tipo passivo (assorbimento di energia sonora).

4.2.2 Interventi passivi

Si è proceduto all'elaborazione di uno scenario di intervento tecnico correttivo di tipo passivo minimo, scenario identificato tenendo conto della richiesta di minimizzazione dei costi degli interventi stessi. Di seguito si riporta la descrizione dello *Scenario* identificato:

Scenario 1 Post Operam:

- posa a 200 mm dall'intradosso del solaio di pannelli fonoassorbenti Rockfon Blanka Bas 20 mm per una S totale pari a 91 m² + posa sulle pareti laterali di 12 isole di dimensioni 300x62,5 cm realizzate con pannelli LIGNO® Akustik Light 3S_33_a70g _625-23-8 con cavità di 100 mm riempita con 100 mm fibra di poliestere PE (S totale delle isole=22,5 m²).

Le caratteristiche tecniche di dettaglio dei materiali e delle ipotesi progettuali relative agli interventi tecnici correttivi sono riportate all'interno dell'*Appendice D*.

4.3 Stima e valutazione delle grandezze di riferimento

Come descritto all'interno del *Paragrafo 3.3.2* la stima delle grandezze acustico architettoniche di interesse viene effettuata attraverso la simulazione matematica con il software Odeon Room Acoustic Software ver.18 Combined.

I valori di T_r sono stati calcolati con riferimento a 15 ricevitori distribuiti su una griglia occupante l'area della *Sala Prove Carlo Botta* (*Figura 4.1*).

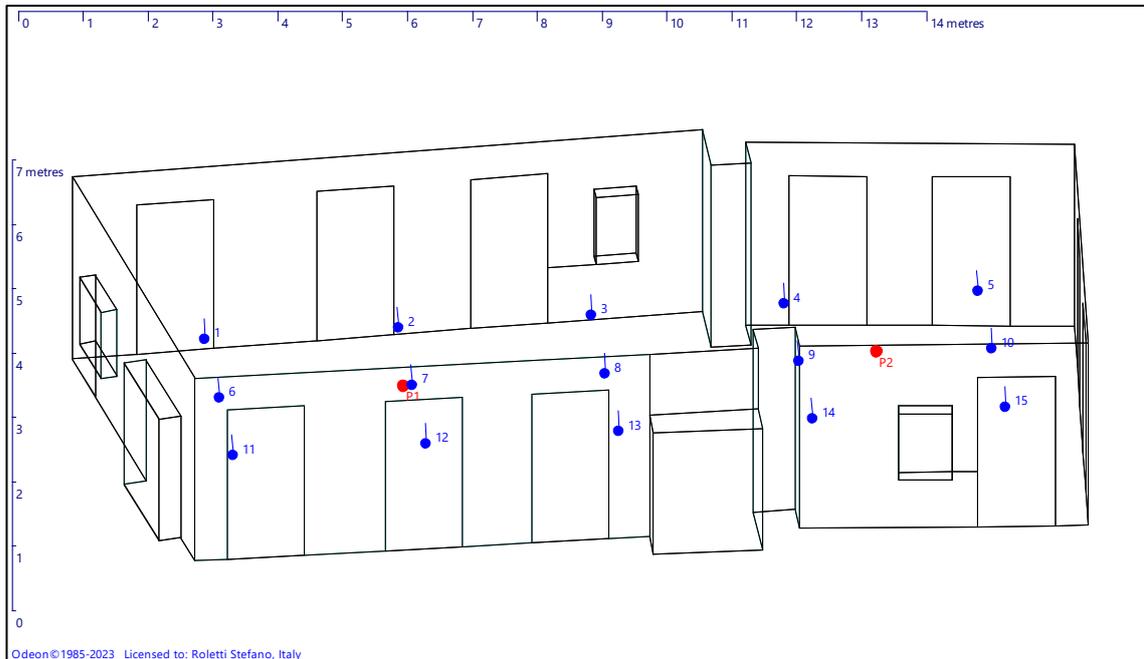


Figura 4.1 – Posizionamento ricevitori

Le prestazioni acustico-architettoniche per lo scenario di intervento tecnico proposto sono riportate nella *Tabella 4.1*.

Frequenza		125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
T_R [s]	Scenario 1	0,83	0,96	1,07	1,02	0,83	0,69

Tabella 4.1 – Tempo di Riverbero medio in funzione della frequenza – Sala non occupata

4.4 Verifica della qualità acustico-architettonica

La verifica delle qualità acustico-architettoniche della *Sala Prove Carlo Botta* con l'introduzione dello scenario di intervento tecnico individuato viene effettuata mettendo a confronto i risultati ottenuti attraverso la stima delle grandezze e degli indici di interesse con i rispettivi valori di riferimento.

I risultati delle stime e delle valutazioni eseguite per T_R , confrontati con i rispettivi valori di riferimento CAM – Comfort Acustico Interno e con i valori *Ante Operam* sono riportati nella *Tabella 4.2* e nella *Figura 4.2*.

Tempo di riverbero							
Frequenza [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
T_R [s] - <i>Ante Operam</i>		4,79	4,95	3,84	3,9	3,11	2,02
T_R [s] – Scenario 1 <i>Post Operam</i>		0,83	0,96	1,07	1,02	0,83	0,69
CAM – Acustica Interna Valori di riferimento	T_R [s] max	1,76	1,48	1,50	1,51	1,53	1,53
	T_R [s] min	0,79	0,99	1,00	1,01	1,02	0,83

Tabella 4.2 – Andamento dei valori di T_R per la Situazione *Ante e Post Operam* – confronto con i valori di riferimento - Sala non occupata - (CAM – Comfort Acustico Interno)

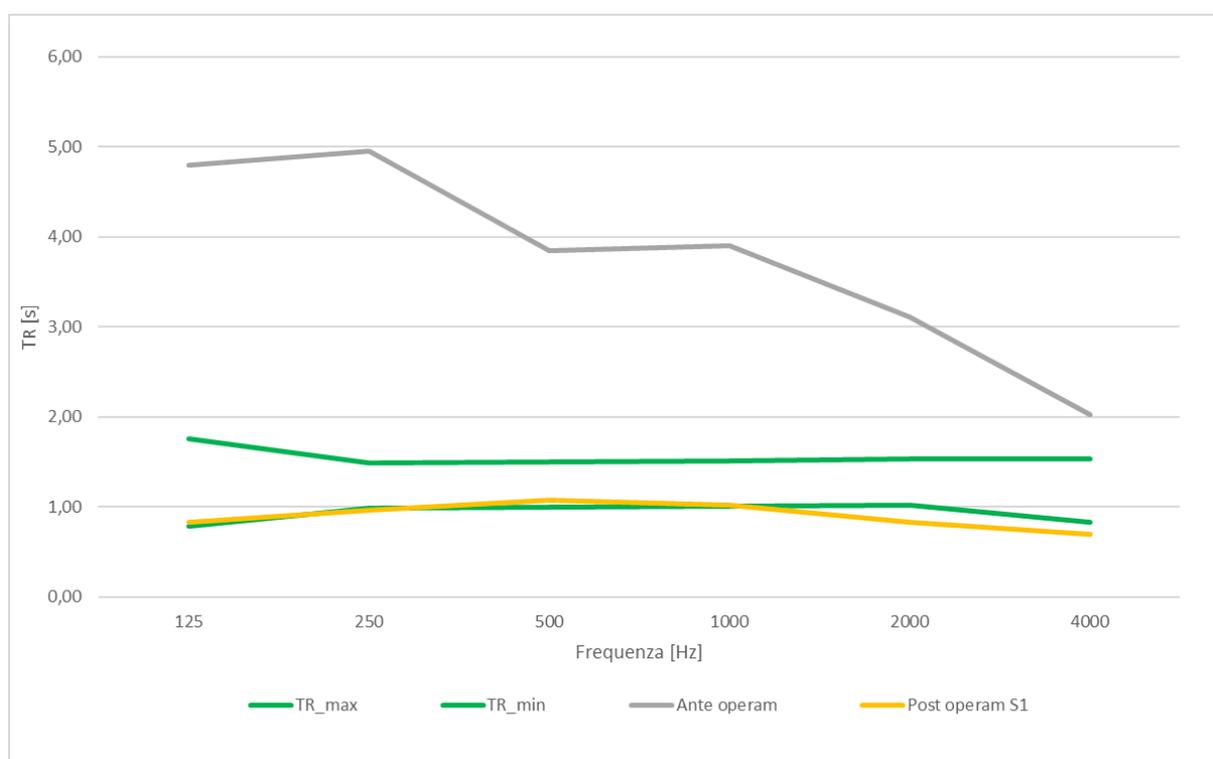


Figura 4.2 Andamento dei valori di T_R in funzione della frequenza per le Situazioni *Ante e Post Operam* – Sala non occupata - (CAM – Comfort Acustico Interno)

I risultati delle stime e delle valutazioni eseguite per T_R , confrontati con i rispettivi valori di riferimento della Normativa generale e con i valori *Ante Operam* sono riportati nella *Tabella 4.3* e nella *Figura 4.3*.

Tempo di riverbero							
Frequenza [Hz]		125	250	500	1000	2000	4000
T_R [s] - <i>Ante Operam</i>		4,79	4,95	3,84	3,9	3,11	2,02
T_R [s] – <i>Scenario 1 Post Operam</i>		0,83	0,96	1,07	1,02	0,83	0,69
Valori di riferimento per Music studio	T_R [s] max	1,4	1,1	0,9	0,9	0,8	0,7
	T_R [s] min	1,1	0,8	0,7	0,7	0,6	0,6

Tabella 4.3 – Andamento dei valori di T_R per la Situazione *Ante e Post Operam* – confronto con i valori di riferimento (Normativa generale)

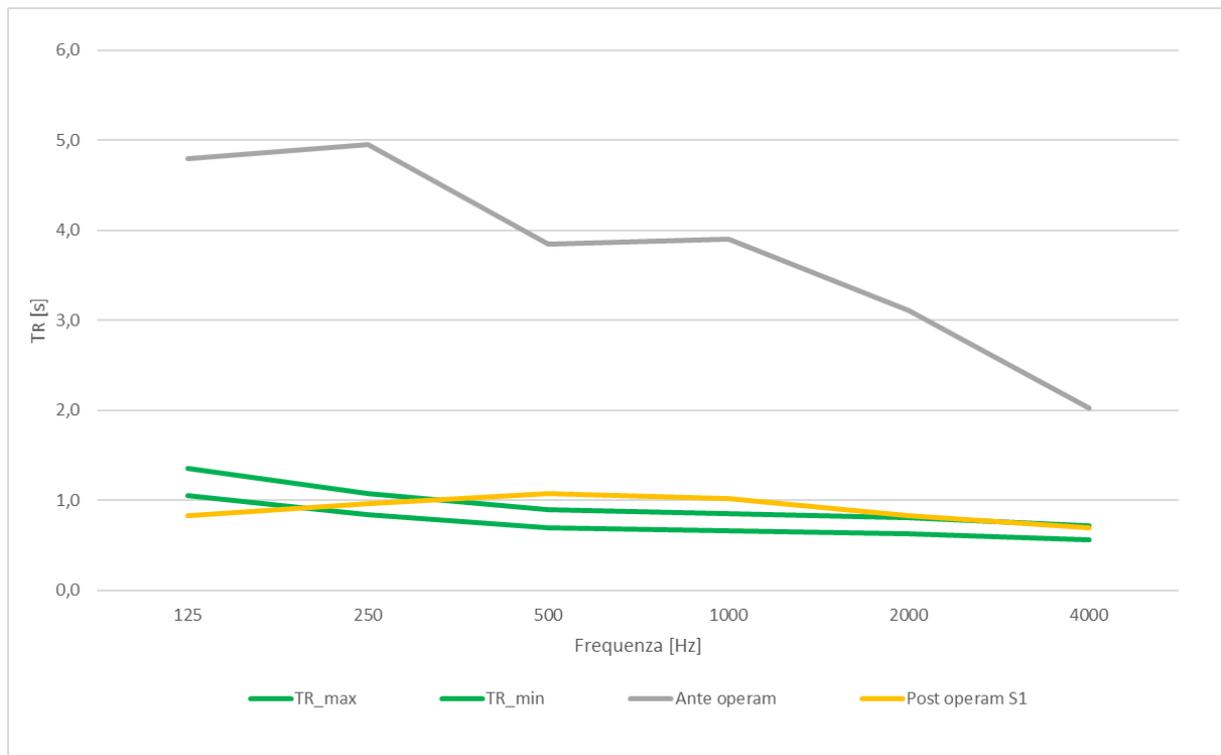


Figura 4.3 Andamento dei valori di T_R in funzione della frequenza per le Situazioni *Ante e Post Operam* (Normativa generale)

4.5 Conclusioni

L'analisi delle prestazioni acustico-architettoniche del vano principale del vano *Sala Prove Banda Musicale* della *Casa della Musica* – Vicolo Miglio – 10090 San Giorgio Canavese (Piemonte) in presenza degli interventi tecnici oggetto di progettazione acustica (Situazione *Post Operam*) (in acustico) ha permesso di evidenziare quanto segue:

- in termini generali la qualità acustico-architettonica del vano (situazione di progetto con interventi tecnici correttivi acustico-architettonici) risulta sensibilmente migliorata in relazione alle destinazioni d'uso del vano stesso;
- il T_R risulta prossimo ai valori ritenuti pressoché conformi ai valori ritenuti ottimali (T_R per ambienti di tipo A1 – CAM – Comfort Acustico Interno e T_R per music studios – Normativa generale);
- gli elevati valori di assorbimento dei materiali previsti per il trattamento delle pareti laterali permetteranno un miglioramento della risposta della sala alle basse frequenze;
- perfezionamenti ulteriori delle caratteristiche acustico-architettoniche del vano si potranno ottenere attraverso la previsione di interventi di maggiore onerosità (es. posa di diffusori di Schroeder, eliminazione dei parallelismi delle pareti del vano, ...).

Le stime effettuate per la Situazione *Post Operam* risultano affette da incertezze connesse all'impossibilità di effettuare misurazioni dirette di T_R del vano nella situazione di progetto senza interventi. Pertanto si prescrive di procedere a effettuare una misurazione di T_R una volta effettuata la sola posa dei trattamenti fonoassorbenti delle pareti laterali. I dati misurati risulteranno di riferimento per confermare la tipologia dei pannelli fonoassorbenti previsti per il controsoffitto oppure per procedere a scelte alternative più o meno fonoassorbenti degli stessi pannelli del controsoffitto (conferma o meno che dovrà avvenire attraverso uno studio acustico di approfondimento).

Appendice A

Normativa di riferimento

Decreto Ministeriale del 23 giugno 2022 “Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi.”

Il *Green Public Procurement* (GPP, o Acquisti Verdi nella Pubblica Amministrazione) è uno strumento di politica ambientale che intende favorire lo sviluppo di un mercato di prodotti e servizi a ridotto impatto ambientale attraverso la leva della domanda pubblica, contribuendo, in modo determinante, al raggiungimento degli obiettivi delle principali strategie europee come quella sull’uso efficiente delle risorse o quella sull’economia circolare.

Con il nuovo “Codice Appalti” (*Decreto legislativo 18 aprile 2016, n. 50 “Codice dei contratti pubblici”*), è diventata obbligatoria per tutte le stazioni appaltanti l’applicazione, per l’intero valore dell’importo della gara, delle “specifiche tecniche” e delle “clausole contrattuali”, contenute nei *Criteri Ambientali Minimi (CAM)*, “per gli affidamenti di qualunque importo”.

I CAM sono i requisiti ambientali definiti per le varie fasi del processo di acquisto, volti a individuare la soluzione progettuale, il prodotto o il servizio migliore sotto il profilo ambientale lungo il ciclo di vita, tenuto conto della disponibilità di mercato.

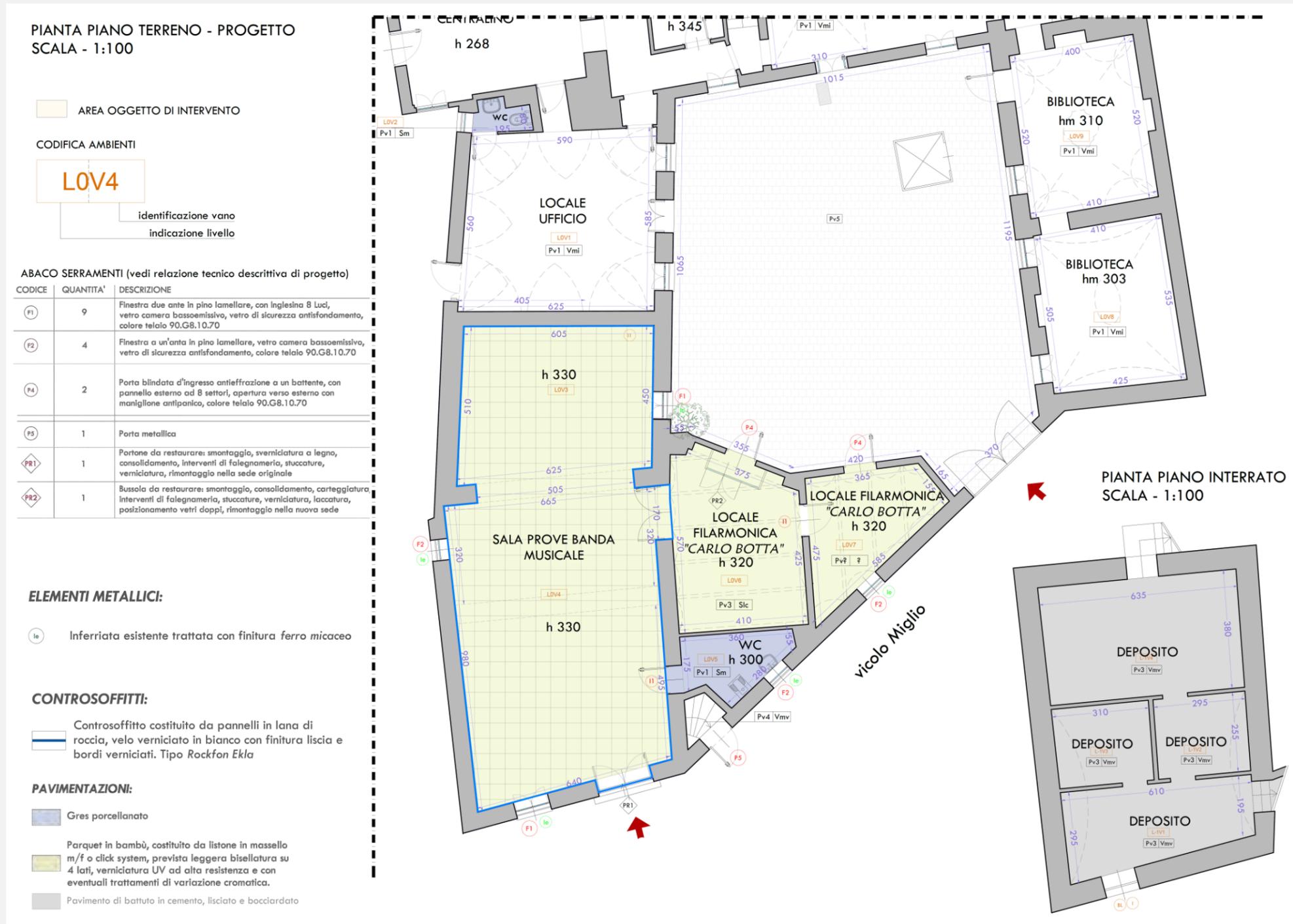
I CAM sono definiti nell’ambito di quanto stabilito dal Piano d’azione per la sostenibilità ambientale dei consumi della pubblica amministrazione (PAN GPP), vengono adottati con Decreto del Ministro dell’Ambiente della Tutela del Territorio e del mare e sono oggetto di aggiornamento periodico per tener conto dell’evoluzione della normativa, della tecnologia e dell’esperienza.

Il D.M. “Criteri ambientali minimi per l’affidamento del servizio di progettazione di interventi edilizi, per l’affidamento dei lavori per interventi edilizi e per l’affidamento congiunto di progettazione e lavori per interventi edilizi.” del 23 giugno 2022 specifica il criterio e le modalità di verifica in materia di “Prestazioni e comfort acustici” al punto 2.4.11 dell’Allegato.

Norma tecnica **UNI ISO 3382-1**

La norma *UNI EN ISO 3382-1* “Acustica Misurazione dei parametri acustici degli ambienti Parte 1: Sale da spettacolo” specifica i metodi per la misurazione del tempo di riverberazione e di altri parametri acustici nelle sale da spettacolo. Essa descrive le procedure di misurazione, l’apparecchiatura necessaria, la copertura richiesta e il metodo per la valutazione dei dati e la stesura del rapporto di prova. Essa è destinata all’applicazione delle moderne tecniche di misura digitale e alla valutazione di parametri acustici delle sale derivate dalla risposta all’impulso.

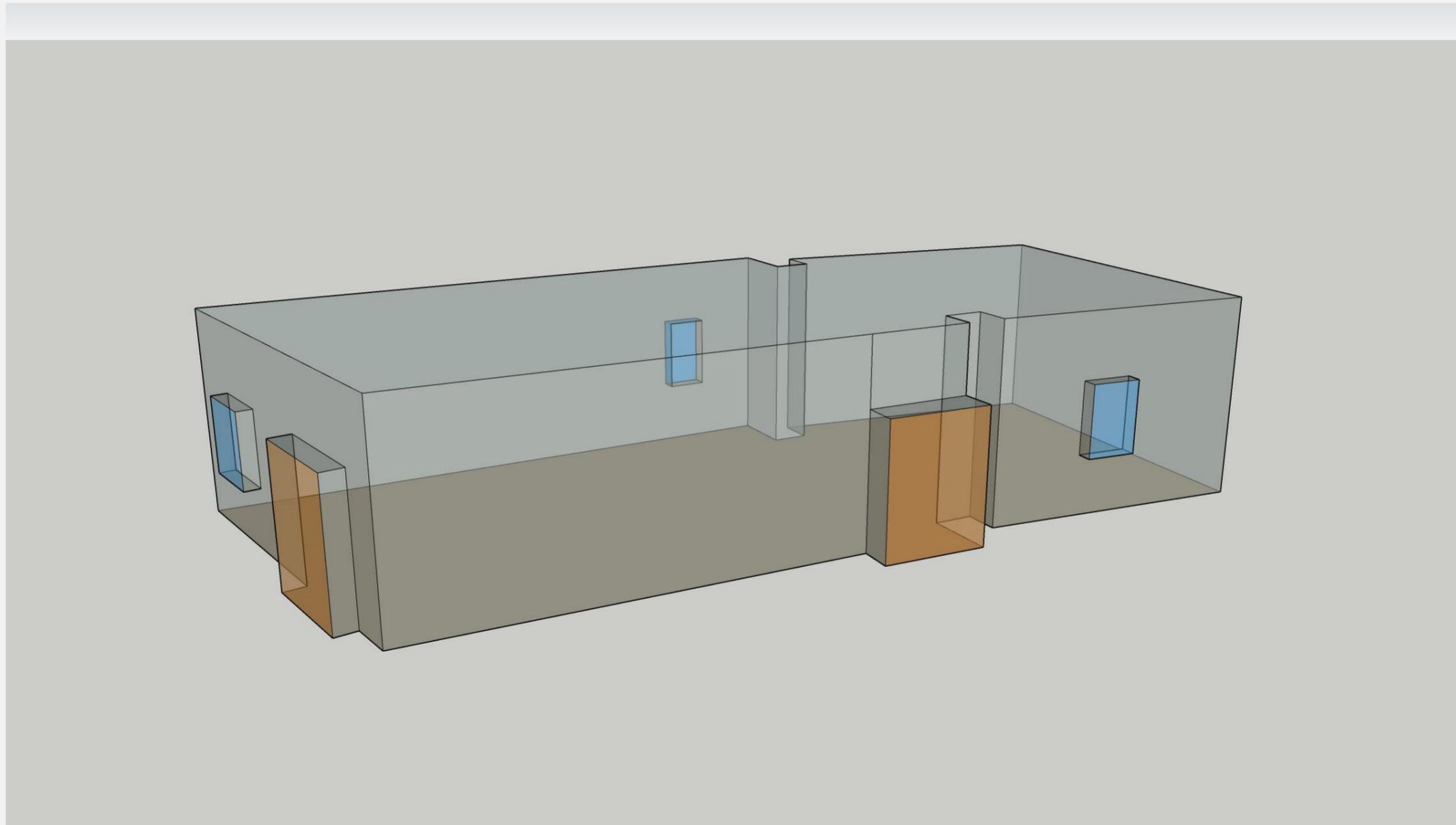
Appendice B Rappresentazioni grafiche



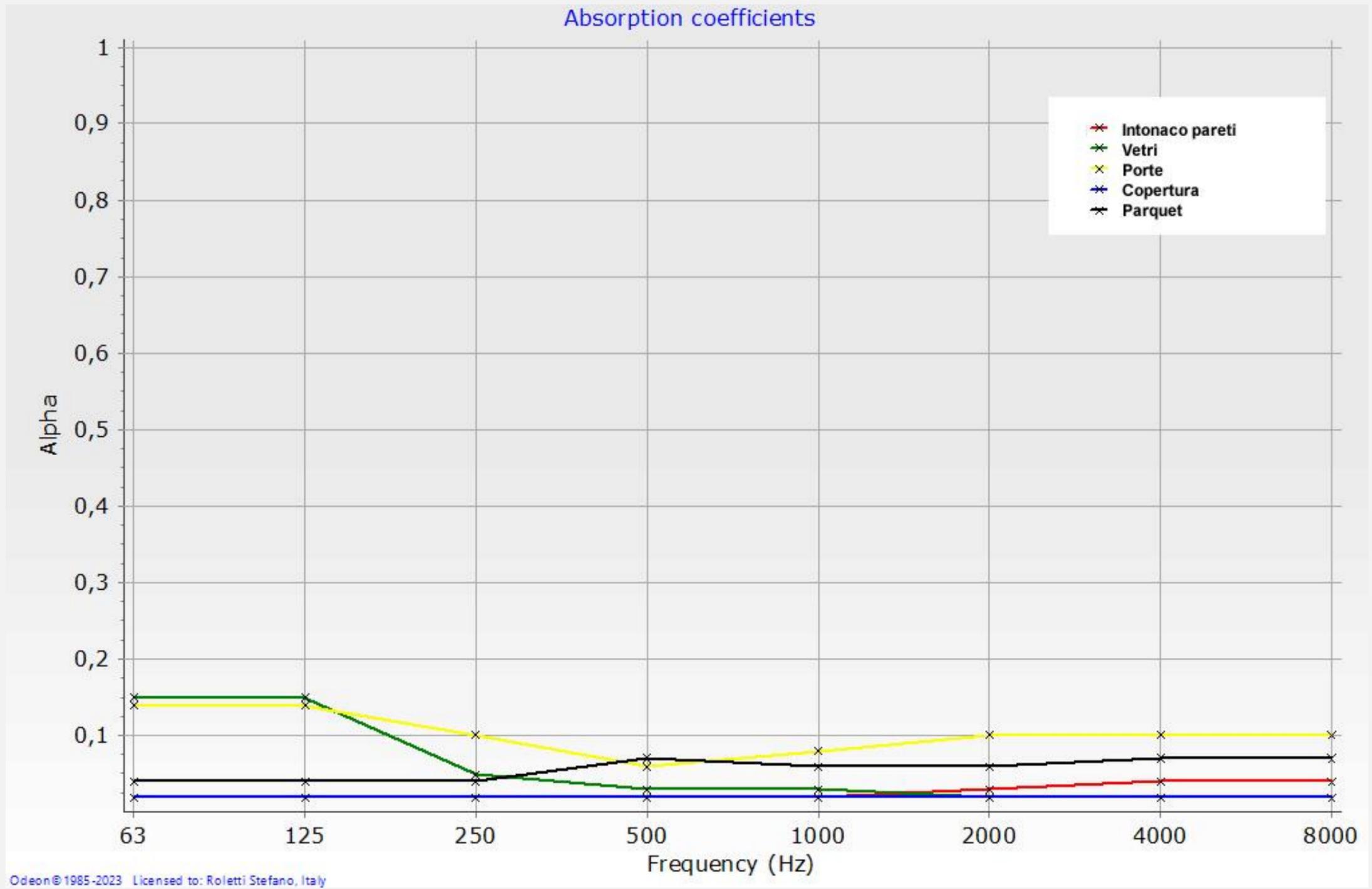
Pianta (non in scala)

Appendice C

Caratteristiche acustiche dei fabbricati



Rendering 3D della Sala Prove Carlo Botta



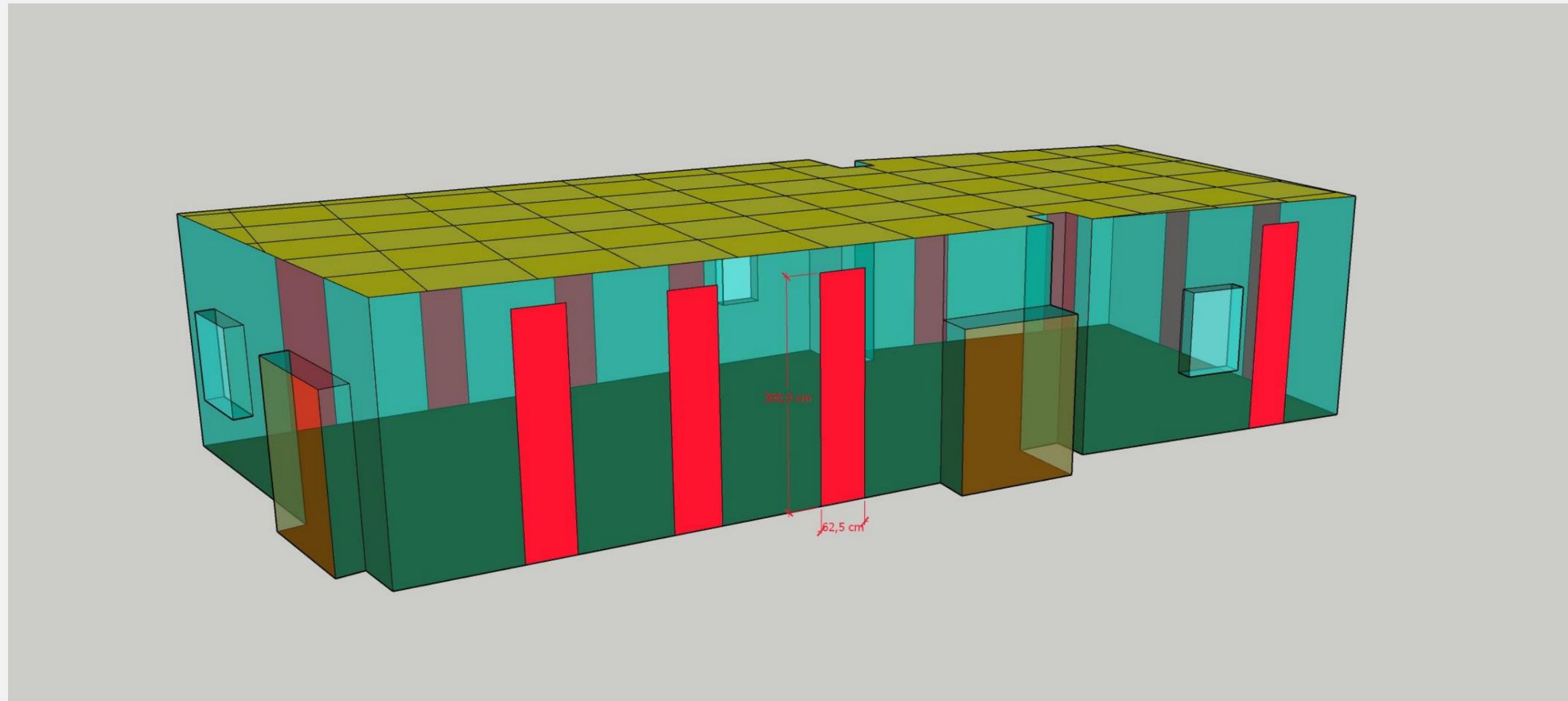
Coefficienti di assorbimento acustico

Appendice D

Interventi tecnici correttivi

Scenario 1 Post Operam

- posa a 200 mm dall'intradosso del solaio di pannelli fonoassorbenti Rockfon Blanka Bas 20 mm per una S totale pari a 91 m^2 + posa sulle pareti laterali di 12 isole di dimensioni $300 \times 62,5 \text{ cm}$ realizzate con pannelli LIGNO® Akustik Light 3S_33_a70g_625-23-8 con cavità di 100 mm riempita con 100 mm fibra di poliestere PE (S totale delle isole= $22,5 \text{ m}^2$);

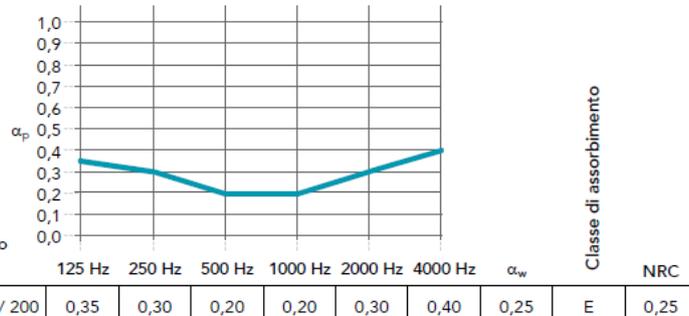


In giallo Rockfon Blanka Bas 20 mm, in rosso LIGNO® Akustik Light 3S_33_a70g_625-23-8

Prestazioni



Assorbimento acustico
 α_w : 0,25 (Classe E)



Reazione al fuoco
 A2-s1,d0



Riflessione e diffusione della luce
 Riflessione della luce: 87%
 Diffusione della luce: superiore al 99%



Resistenza all'umidità e alla flessione
 Fino al 100% di Umidità Relativa. In condizioni di elevata umidità, non si riscontrano deflessioni del pannello
 C/0N



Manutenzione ordinaria
 - Aspiratore
 - Panno umido



Igiene
 La lana di roccia non contiene alcun elemento nutritivo e non favorisce lo sviluppo di microrganismi



Durabilità della superficie
 Resistenza alla polvere e alle manipolazioni
 Resistenza all'abrasione umida: Classe 4
 La resistenza allo strofinamento bagnato è testata in accordo con la norma EN ISO 1998:2007 e valutata secondo la scala EN 12720:2009+A1:2013 che va da 1 a 5, dove 5 è il punteggio migliore.



Riciclabilità
 Lana di roccia completamente riciclabile



Finitura
 Superficie extra bianca.
 Valore L: 94,5
 La bianchezza (valore L) del prodotto è stata misurata secondo la norma ISO 7724 da cui deriva una classificazione tra 1 (nero) e 100 (bianco).

Superficie matt, perfetta qualunque sia l'angolo di incidenza della luce.
 Brillantezza: 0,8 GU (Gloss Unit, unità di brillantezza) con un angolo di 85°
 La brillantezza del prodotto è stata misurata secondo la norma ISO 2813.



Ambiente interno
 I prodotti per soffitto Rockfon sono classificati in Classe E1 in accordo alla norma EN 13964 (EN 717-1). I prodotti Rockfon a soffitto hanno rilascio di VOCs veramente basso.
 Una selezione di prodotti Rockfon ha raggiunto i seguenti livelli di performance e le seguenti etichettature per emissione d'aria in ambienti interni.



Salubrità del materiale
 Tutti i materiali utilizzati nei prodotti Rockfon vengono sottoposti a screening in accordo alla checklist tecnica A20 e all'elenco delle sostanze soggette a restrizioni ai sensi del regolamento REACH, essi non contengono sostanze chimiche pericolose (SVHC).
 Le fibre in lana di roccia Rockfon sono conformi alle normative Europee in materia di sicurezza delle fibre e possiedono la certificazione EUCEB.

Rockfon production facilities are certified according to the ISO 9001 and ISO 14001 management systems standards.

Scheda tecnica Rockfon Blanka® Bas

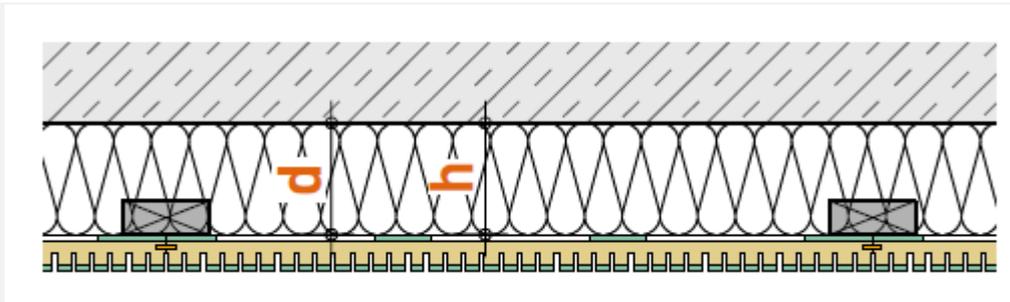
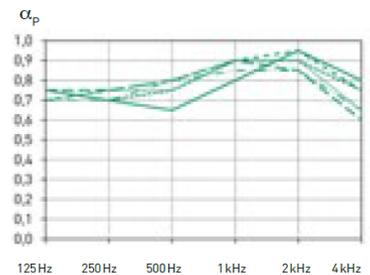


LIGNO® Akustik light 3S_33_a70g

installato davanti ad una cavità di 100 mm, 100 mm fibra di poliestere PE dietro il pannello

h = 100 mm
d = 100 mm

Profilo	α_w	NRC	SAA	SAK	Form	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
_625-12-4	0,85	0,85	0,83	B		0,70	0,75	0,80	0,90	0,95	0,75
_625-18-6	0,80	0,80	0,78	C		0,75	0,70	0,65	0,80	0,95	0,80
_625-23-8	0,85	0,80	0,82	B		0,75	0,70	0,75	0,90	0,90	0,75
_625-20-4	0,80	0,80	0,82	B		0,75	0,75	0,80	0,90	0,85	0,60
_625-12n25-4	0,80	0,80	0,82	B		0,70	0,75	0,75	0,90	0,90	0,65
_625-18n38-6	0,80	0,80	0,81	B		0,70	0,70	0,80	0,85	0,85	0,65



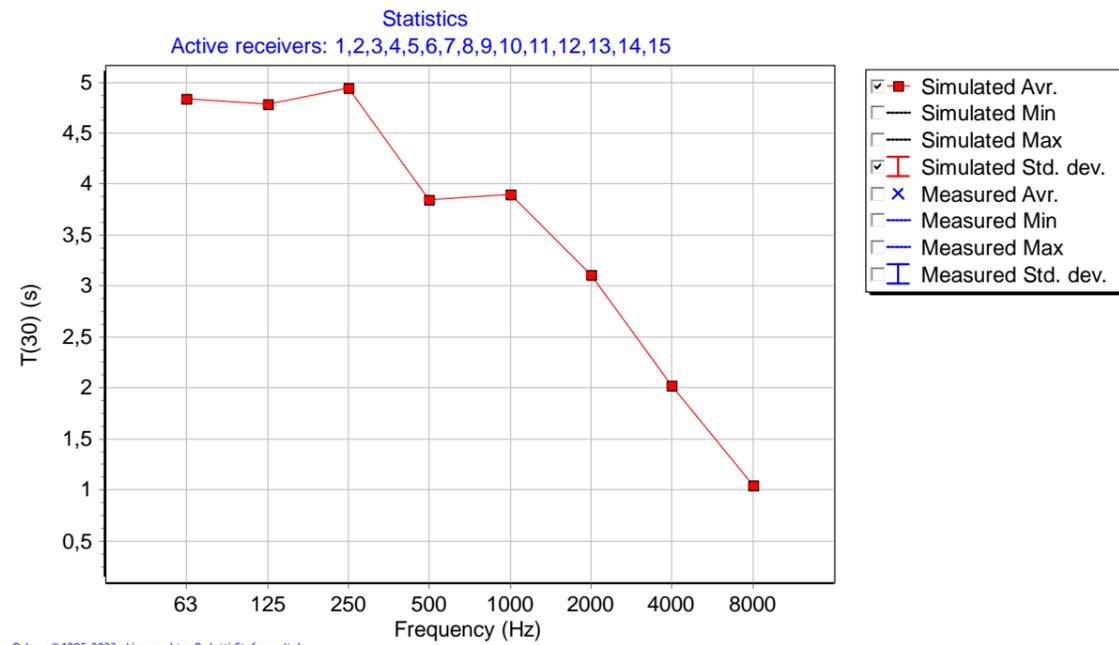
Scheda tecnica Rockfon Blanka® Bas

Appendice E

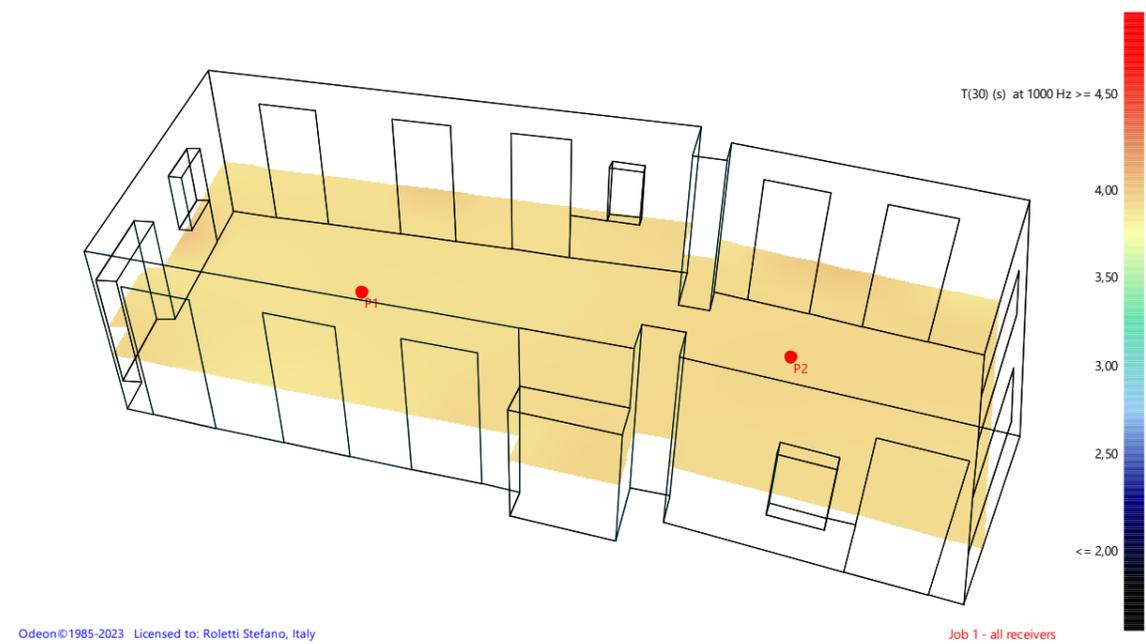
Simulazioni situazione Ante e Post Operam

Ante Operam - Andamento del Tempo di Riverbero T_R

Andamento dei valori di TR in funzione della frequenza – Sala non occupata

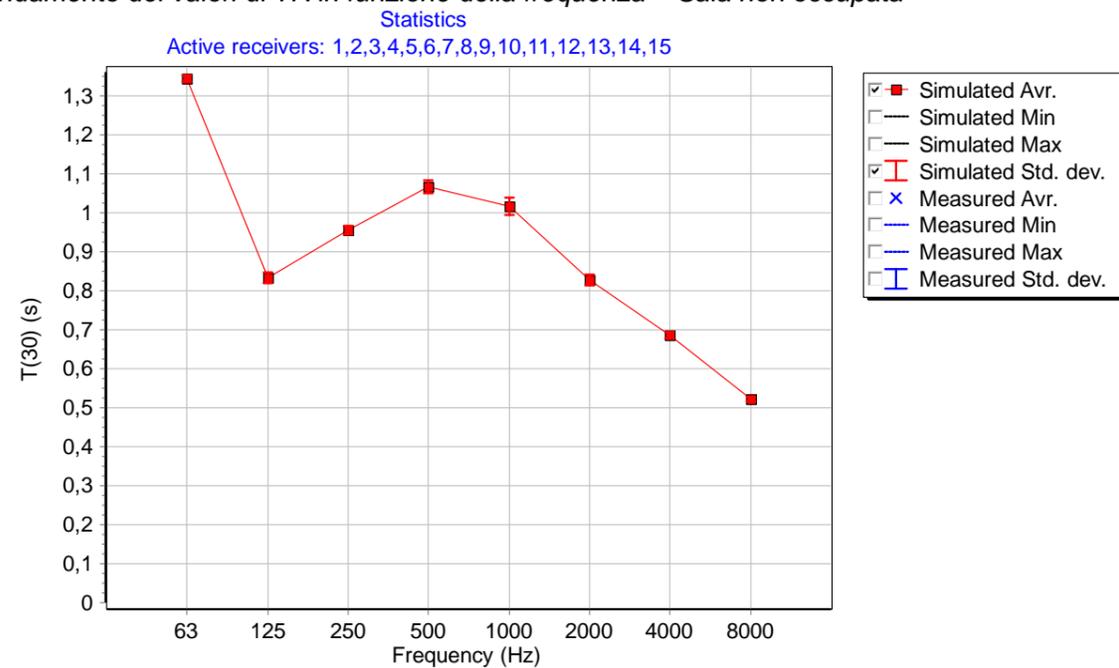


Distribuzione 2D a 1,2 m dal pavimento – Sala non occupata

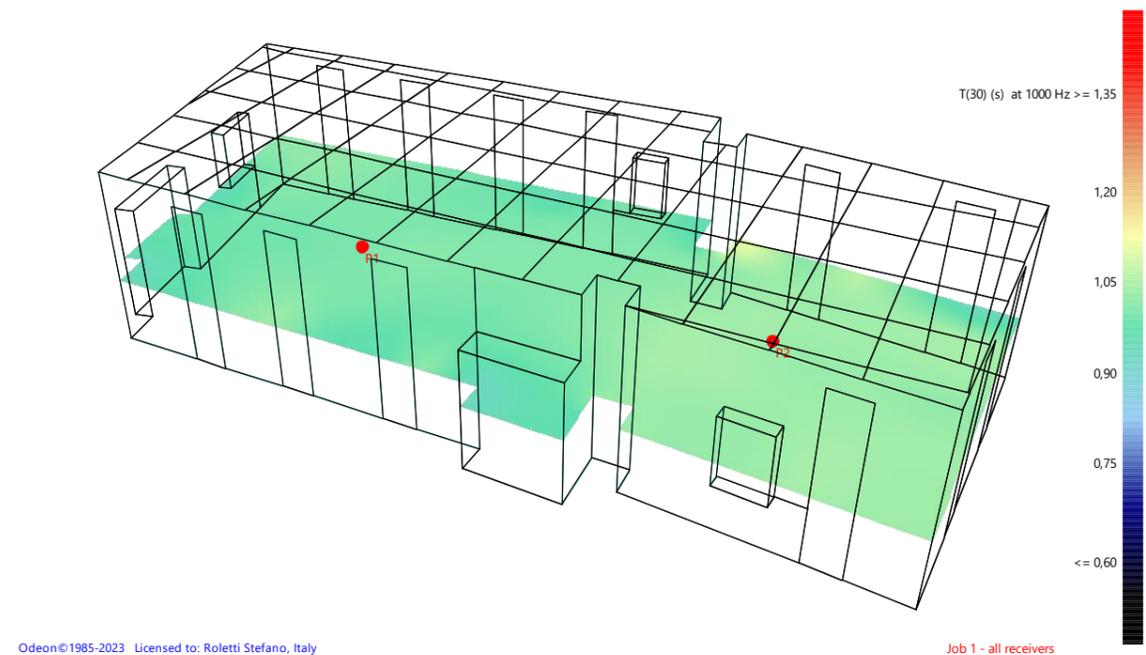


Scenario 1 Post Operam - Andamento del Tempo di Riverbero T_R

Andamento dei valori di TR in funzione della frequenza – Sala non occupata



Distribuzione 2D a 1,2 m dal pavimento – Sala non occupata

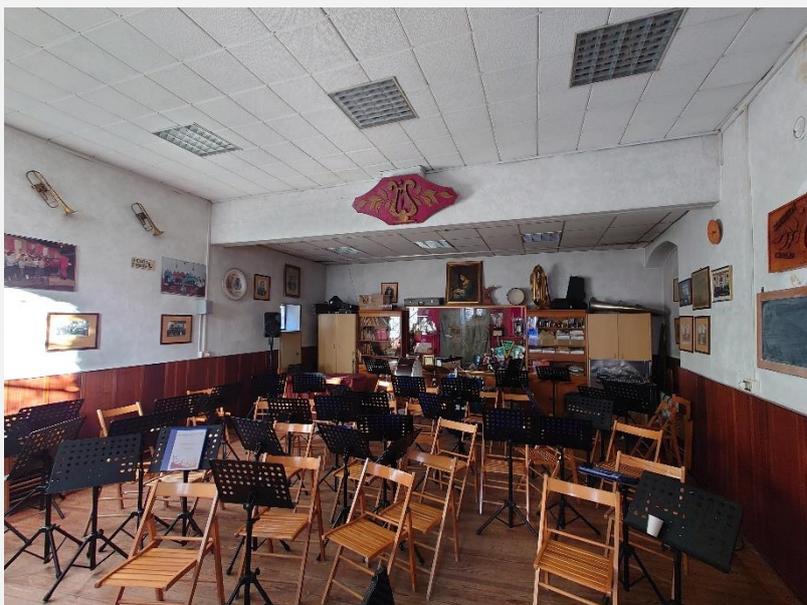


Appendice F

Documentazione fotografica



Sala Prove Carlo Botta
Esterno



Sala Prove Carlo Botta
Interno
(situazione attuale)

Appendice G

Strumentazione di misura

Fonometro integratore Brüel & Kjær 2260



Numero di serie: 2290747

Centro di taratura SIT: LAT N° 054 I.E.C. - Industrial Engineering Consultants S.r.l.

Certificato di taratura: N. 2022/286/F

Data emissione certificato di taratura: 21/09/2022



Laboratorio di Taratura LAT N° 054
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura



Pagina 1 di 9
Page 1 of 9

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 054 2022/286/F
Certificate of Calibration

- data di emissione
date of issue 2022/09/21

- cliente
customer Stefano ROLETTI
Via Carlo Alberto, 28
10090 SAN GIORGIO CANAVESE (TO)

- destinatario
receiver Stefano ROLETTI

Si riferisce a
Referring to

- oggetto
item ANALIZZATORE e relativo microfono

- costruttore
manufacturer BRÜEL & KJÆR

- modello
model 2260

- matricola
serial number 2290747

- data di ricevimento oggetto
date of receipt of item 2022/09/16

- data delle misure
date of measurements 2022/09/21

- registro di laboratorio
laboratory reference Modulo n° 23: n° 236-237 del 19/09/2022

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N° 054 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Laboratorio e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Laboratorio.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 054 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Laboratory and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Laboratory.

I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Laboratorio e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

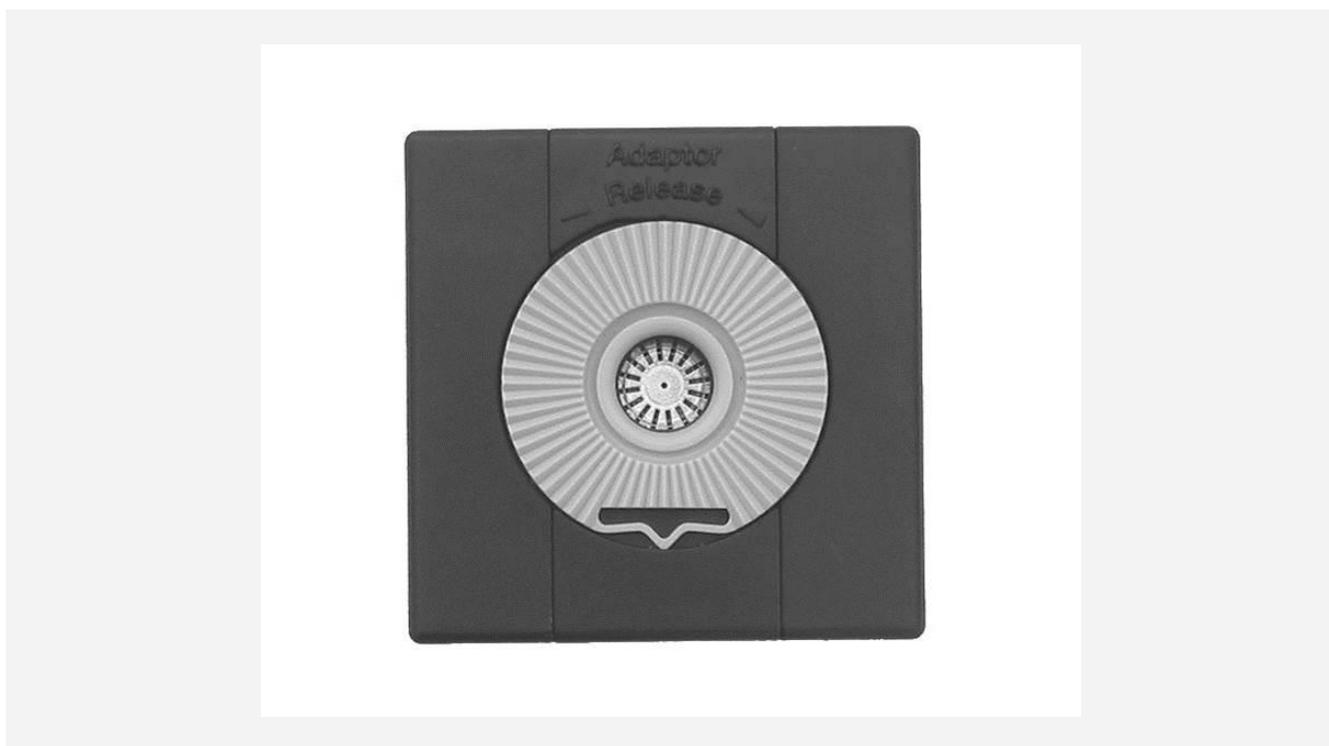
The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)

Calibratore acustico Brüel & Kjær 4231



Numero di serie: 2583578

Centro di taratura: LAT N° 054 I.E.C. - Industrial Engineering Consultants S.r.l.

Certificato di taratura: N. 2021/255/C

Data di emissione del certificato: 01/09/2021



Laboratorio di Taratura LAT N° 054
Calibration Centre
Laboratorio Accreditato di Taratura



Pagina 1 di 3
Page 1 of 3

CERTIFICATO DI TARATURA LAT 054 2021/255/C
Certificate of Calibration

- data di emissione
date of issue 2021/09/01

- cliente
customer STEFANO ROLETTI
Via Carlo Alberto, 28
10090 S. GIORGIO CANAVESE (TO)

- destinatario
receiver STEFANO ROLETTI

Si riferisce a
Referring to

- oggetto
item CALIBRATORE

- costruttore
manufacturer BRÜEL & KJÆR

- modello
model 4231

- matricola
serial number 2583578

- data di ricevimento oggetto
date of receipt of item 2021/08/30

- data delle misure
date of measurements 2021/09/01

- registro di laboratorio
laboratory reference Modulo n° 23: n° 96 del 30/08/2021

Il presente certificato di taratura è emesso in base all'accREDITAMENTO LAT N° 054 rilasciato in accordo ai decreti attuativi della legge n. 273/1991 che ha istituito il Sistema Nazionale di Taratura (SNT). ACCREDIA attesta le capacità di misura e di taratura, le competenze metrologiche del Laboratorio e la riferibilità delle tarature eseguite ai campioni nazionali e internazionali delle unità di misura del Sistema Internazionale delle Unità (SI). Questo certificato non può essere riprodotto in modo parziale, salvo espressa autorizzazione scritta da parte del Laboratorio.

This certificate of calibration is issued in compliance with the accreditation LAT N° 054 granted according to decrees connected with Italian law No. 273/1991 which has established the National Calibration System. ACCREDIA attests the calibration and measurement capability, the metrological competence of the Laboratory and the traceability of calibration results to the national and international standards of the International System of Units (SI). This certificate may not be partially reproduced, except with the prior written permission of the issuing Laboratory.

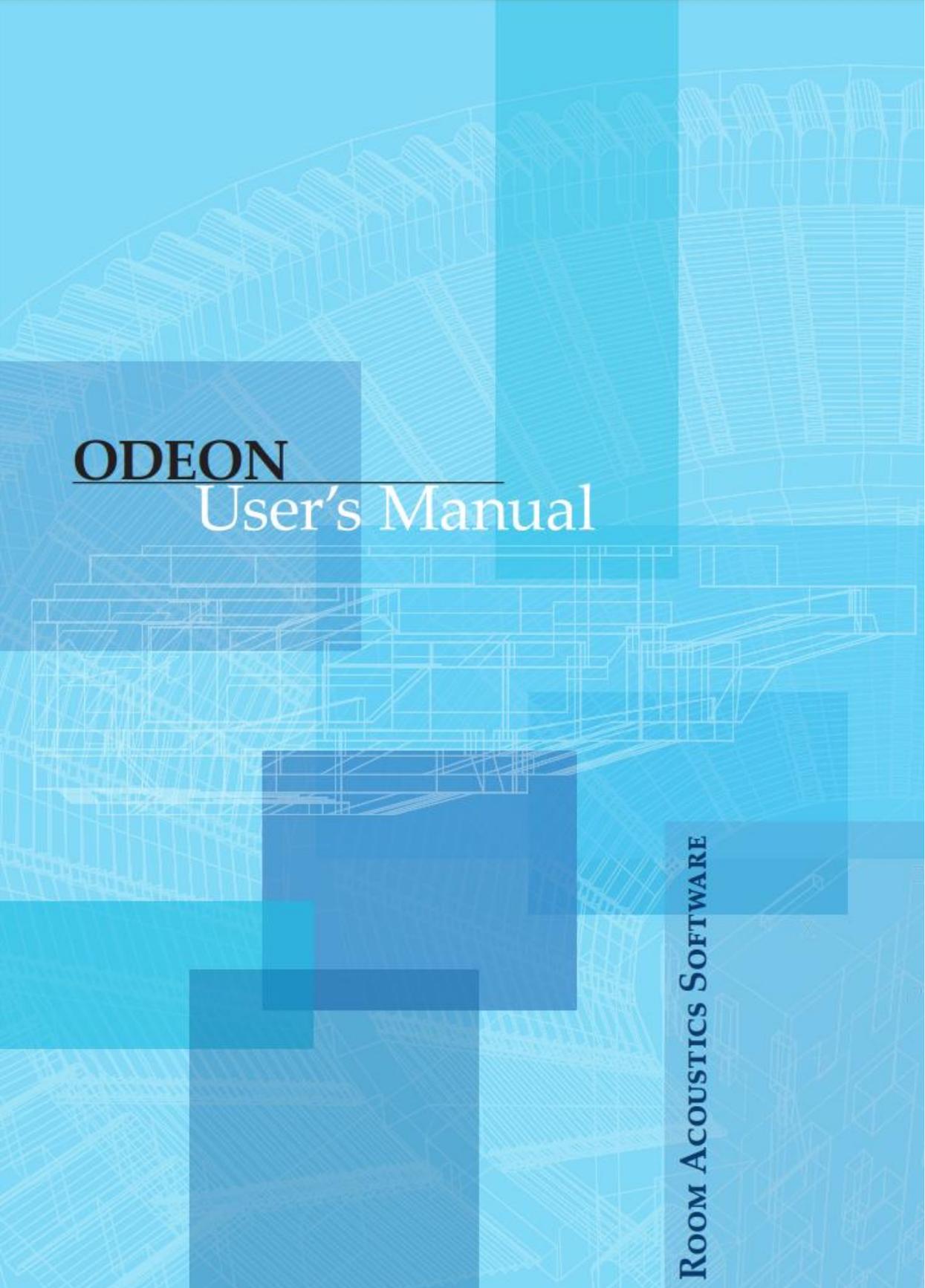
I risultati di misura riportati nel presente Certificato sono stati ottenuti applicando le procedure di taratura citate alla pagina seguente, dove sono specificati anche i campioni o gli strumenti che garantiscono la catena di riferibilità del Laboratorio e i rispettivi certificati di taratura in corso di validità. Essi si riferiscono esclusivamente all'oggetto in taratura e sono validi nel momento e nelle condizioni di taratura, salvo diversamente specificato.

The measurement results reported in this Certificate were obtained following the calibration procedures given in the following page, where the reference standards or instruments are indicated which guarantee the traceability chain of the laboratory, and the related calibration certificates in the course of validity are indicated as well. They relate only to the calibrated item and they are valid for the time and conditions of calibration, unless otherwise specified.

Le incertezze di misura dichiarate in questo documento sono state determinate conformemente alla Guida ISO/IEC 98 e al documento EA-4/02. Solitamente sono espresse come incertezza estesa ottenuta moltiplicando l'incertezza tipo per il fattore di copertura k corrispondente ad un livello di fiducia di circa il 95 %. Normalmente tale fattore k vale 2.

The measurement uncertainties stated in this document have been determined according to the ISO/IEC Guide 98 and to EA-4/02. Usually, they have been estimated as expanded uncertainty obtained multiplying the standard uncertainty by the coverage factor k corresponding to a confidence level of about 95%. Normally, this factor k is 2.

Direzione Tecnica
(Approving Officer)



ODEON
User's Manual

ROOM ACOUSTICS SOFTWARE

Appendice I

Estremi tecnici acustici

Roletti Stefano

Fisico

Iscritto all'Albo dei Chimici e dei Fisici del Piemonte e Valle d'Aosta (n. 2314 Sez. A - Settore Fisica)

Tecnico Competente in Acustica Ambientale Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica (n. 4885)

Catuzzo Paola

Fisico

Iscritto all'Albo dei Chimici e dei Fisici del Piemonte e Valle d'Aosta (n. 2283 Sez. A - Settore Fisica)

Tecnico Competente in Acustica Ambientale Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica (n. 522)

Appendice L

Riferimenti utili

<p>Protezione Ambientale</p>	<p><i>Regione Piemonte</i> <i>Direzione Regionale 10 (DB1000)</i> Via Principe Amedeo, 17 Torino tel. 011/4321413 e-mail: direzioneB10@regione.piemonte.it ambiente@cert.regione.piemonte.it www.regione.piemonte.it</p>
<p>Protezione Sanitaria</p>	<p><i>Regione Piemonte</i> <i>Direzione Regionale A16000</i> C.so Bolzano, 44 10100 Torino tel. 011/4321428 e-mail: territorio-ambiente@regione.piemonte.it territorio-ambiente @cert.regione.piemonte.it www.regione.piemonte.it</p>