

DIREZIONE OPERE PUBBLICHE

COMMITTENTE SCR Piemonte		COMUNE Città di TORINO			
LIVELLO PROGETTUALE PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA					
CUP C14E21001220001		TITOLO INTERVENTO TORINO, IL SUO PARCO, IL SUO FIUME: MEMORIA E FUTURO” REALIZZAZIONE DELLA BIBLIOTECA CIVICA E RIQUALIFICAZIONE DEL TEATRO NUOVO			
CODICE OPERA 22044D02					
ELABORATO N. 002		TITOLO ELABORATO VALUTAZIONE PREVISIONALE DI RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI E DEL COMFORT			
DATA novembre 2022		SCALA -		AREA PROGETTUALE RELAZIONI TECNICHE E SPECIALISTICHE	
FORMATO DI STAMPA A4		CODICE GENERALE ELABORATO 22044D02_1_0_P_AC_00_CZ_002_1		NOME FILE 22044D02_1_0_P_AC_00_CZ_002_1.dwg	
VERSIONE	DATA	DESCRIZIONE	DIS.	CONTR.	APPR.
r00	settembre 2022	Prima emissione	GRG	BNF	LCN
r01	novembre 2022	Emissione per revisione	GRG	BNF	LCN
RTP PROGETTAZIONE			TIMBRI - FIRME		
RAFAEL MONEO Arch. Rafael Moneo (mandante) Calle Cinca 5 - 28002 Madrid (Spagna)  ISOLARCHITETTI Isolarchitetti S.r.l. (mandante) Via Mazzini, 33 - 10123 Torino  ICIS ICIS S.r.l. (mandataria) Corso Einaudi, 8 - 10128 Torino Ing. Quirico Ing. Giovanni Battista Quirico (mandante) Corso Giovanni Lanza, 58 - 10131 Torino  MCM MCM Ingegneria (mandante) Vicolo Vincenzo Monti, 8, 10095 Grugliasco (TO)  onleco Onleco Srl (mandante) Via Pigafetta,3 - 10129 Torino			Direttore Tecnico: Ing. Giuseppe Bonfante (ONLECO Srl) Professionista: Arch. A. Griginis (ONLECO Srl) Integrazione prestazioni specialistiche: Ing. Luciano Luciani (ICIS Srl)		
ORGANISMO DI CONTROLLO CONTECO S.p.A. Responsabile di Commessa: Ing. Daniele Baldi			SCR PIEMONTE S.p.A. Responsabile del Procedimento: Arch. Sergio Manto		

Sommario

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	4
2.1	Linee guida per la progettazione acustica	9
3	REQUISITI ACUSTICI PASSIVI	15
3.1	Riferimenti normativi	15
3.1.1	D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici.....	15
3.1.2	D.M. 11 ottobre 2017 Criteri ambientali minimi per l’affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici.....	16
3.1.3	UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari	16
3.1.4	La norma NF S31-080:2006.....	17
3.1.5	Elenco delle norme tecniche per la verifica dei requisiti acustici passivi	21
3.2	I componenti edilizi.....	22
3.2.1	Facciata.....	23
3.2.2	Partizioni verticali interne	23
3.2.3	Raccordo parete vetrata e divisorio M12 – piano interrato laboratori.....	25
3.2.4	Raccordo M08 tra facciata vetrata e divisorio M07 – piano primo uffici	25
3.2.5	Porte	26
3.3	Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi	27
3.3.1	Calcolo dell’indice di valutazione dell’isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$	27
3.3.2	Calcolo dell’indice di valutazione dell’isolamento acustico tra ambienti adiacenti $D_{n,T,w}$	29
3.3.3	Calcolo del livello di pressione sonora di calpestio, L'_{nw}	35
3.4	Specifiche tecniche per l’isolamento acustico.....	35
3.4.1	Serramenti vetrati	35
3.4.2	Partizioni verticali opache	35
3.4.3	Partizioni verticali vetrate.....	36
3.4.4	Scatole elettriche	36
3.4.5	Solai interpiano.....	37
3.4.6	Trattamento antirombo della copertura	37
4	PARAMETRI DI QUALITÀ ACUSTICA	38
4.1	Riferimenti normativi	38
4.1.1	UNI 11532 – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati.....	38
4.1.2	UNI 11367	38
4.1.3	NF S31-080	38
4.1.4	Elenco delle norme tecniche per la verifica dei parametri di qualità acustica	38
4.2	Il trattamento acustico degli ambienti interni	39
4.2.1	Padiglione 2b - piano terra - Ambienti di servizio (caffetteria, bookshop, sala conferenze) ...	39
4.2.2	Padiglione 2b - piano primo - Uffici	40
4.2.3	Padiglione 2 - piano interrato - Laboratori	41
4.2.4	Padiglione 4 – piano interrato - Fondo storico	42
4.2.5	Padiglione 2 - piano terra - Ambienti confinati.....	43
4.2.6	Padiglione 2 – piano terra/primo - Galleria del Sapere e balconate laterali	43
4.3	I risultati di calcolo.....	44

4.3.1	La Galleria del Sapere – piano terra	46
4.3.2	Laboratorio – piano interrato.....	53
4.3.3	Sala conferenze – piano terra	54
4.3.4	Spazio confinato – piano terra.....	56
4.3.5	Ufficio – piano primo	57
5	IL RUMORE DEGLI IMPIANTI	59
5.1	Riferimenti normativi	59
5.2	Descrizione dell’impianto di climatizzazione e ventilazione	63
5.3	Specifiche tecniche per il controllo del rumore degli impianti	64
6	OBBLIGHI PER LE IMPRESE.....	68
6.1	Raccomandazioni generali per l’impresa	68
6.2	Approfondimenti di calcolo.....	69
6.3	Misurazioni acustiche.....	69
	APPENDICE A	71
	ALLEGATO 1.....	77
	ALLEGATO 2.....	82

1 PREMESSA

La presente relazione ha come oggetto l'intervento intitolato "Torino, il suo parco, il suo fiume: memoria e futuro" per la realizzazione della nuova Biblioteca Civica e riqualificazione del Teatro Nuovo. Il presente Progetto Definitivo è relativo al riuso del Compendio di Torino Esposizioni – che comprende il Padiglione 2, Nervi, il Padiglione 2b costituito dall'avancorpo su corso Massimo D'Azeglio, e il Padiglione 4 verso il parco del Valentino - in cui verrà insediata la Nuova biblioteca Civica della Città di Torino.

La valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi verrà eseguita ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, in accordo con i metodi di calcolo delle serie di norme UNI EN 12354 *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti*.

Nel caso in esame occorre inoltre fare riferimento al D.M. 11 ottobre 2017 *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*. Il Decreto prescrive che i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio corrispondano almeno a quelli della classe II ai sensi della norma UNI 11367 *Classificazione acustica delle unità immobiliari*. Il Decreto prevede inoltre che gli ambienti interni siano idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532 *Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati*. Dal momento che per la destinazione d'uso uffici non esistono riferimenti normativi italiani (né cogenti né volontari) a cui è possibile riferirsi per la definizione degli obiettivi di isolamento acustico di partizioni all'interno della stessa unità immobiliare e che la norma UNI 11532 di riferimento per gli uffici non è ancora stata pubblicata, per la verifica dell'isolamento acustico tra ambienti e del tempo di riverberazione, è stato scelto di riferirsi alla norma francese NF S31-080:2006 *Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace*.

Verranno fornite inoltre alcune indicazioni circa la corretta posa dei componenti edilizi e verranno illustrati gli accorgimenti da adottare per la corretta installazione dei sistemi impiantistici, al fine di limitarne la rumorosità. La presente documentazione è redatta dall'arch. Alessia Griginis, iscritta all'Ordine degli Architetti della Provincia di Torino (matricola 7292), riconosciuto Tecnico Competente in Acustica Ambientale ai sensi della Legge 447 del 26/10/95 con Determinazione Dirigenziale della Regione Piemonte n. 170 del 16/7/2007 e iscritta all'Ente Nazionale Tecnici Competenti in Acustica al n. 4688 (ALLEGATO 2).

2 DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto consiste nella riqualificazione degli edifici che costituiscono il Complesso di Torino Esposizioni. L'intervento si propone come operazione rigeneratrice di straordinaria importanza e riguarda i padiglioni denominati 2 - Nervi, 2b – Sottsass e 4. In Figura 1 si riporta una vista aerea del complesso, con indicazione, in verde degli edifici oggetto di intervento.



Figura 1– Vista aerea del Complesso con indicazione, in verde, degli edifici oggetto di intervento.

I padiglioni riqualificati saranno destinati ad ospitare la nuova Biblioteca Civica Centrale e altri spazi per la Città. In particolare:

- | il padiglione 2 – Nervi è costituito dal grande salone centrale che si sviluppa al piano terreno e al piano primo con grandi balconate laterali. Alle superfici dello stato di fatto ne verranno aggiunte di nuove, scavando un nuovo piano interrato. Questo padiglione sarà destinato interamente a spazi per la Biblioteca;
- | il padiglione 2b - Sottsass, è costituito dall'avancorpo del grande salone su corso Massimo D'Azeglio che si sviluppa sui livelli terreno e primo. Questo padiglione sarà destinato al piano terra a caffetteria/bookshop, accoglienza utenti, spazio dedicato alla Città, sala conferenze e servizi, mentre al primo piano a uffici della biblioteca e altre funzioni cittadine;
- | il padiglione 4 è costituito da una parte ipogea a circa -6,00 m dall'abside semicircolare rivolta verso il fiume. Questo padiglione sarà destinato a magazzini della biblioteca e attività ricreative.

In Figura 2 si riporta la vista assonometrica dei padiglioni oggetto di intervento con la distribuzione delle funzioni previste a progetto.

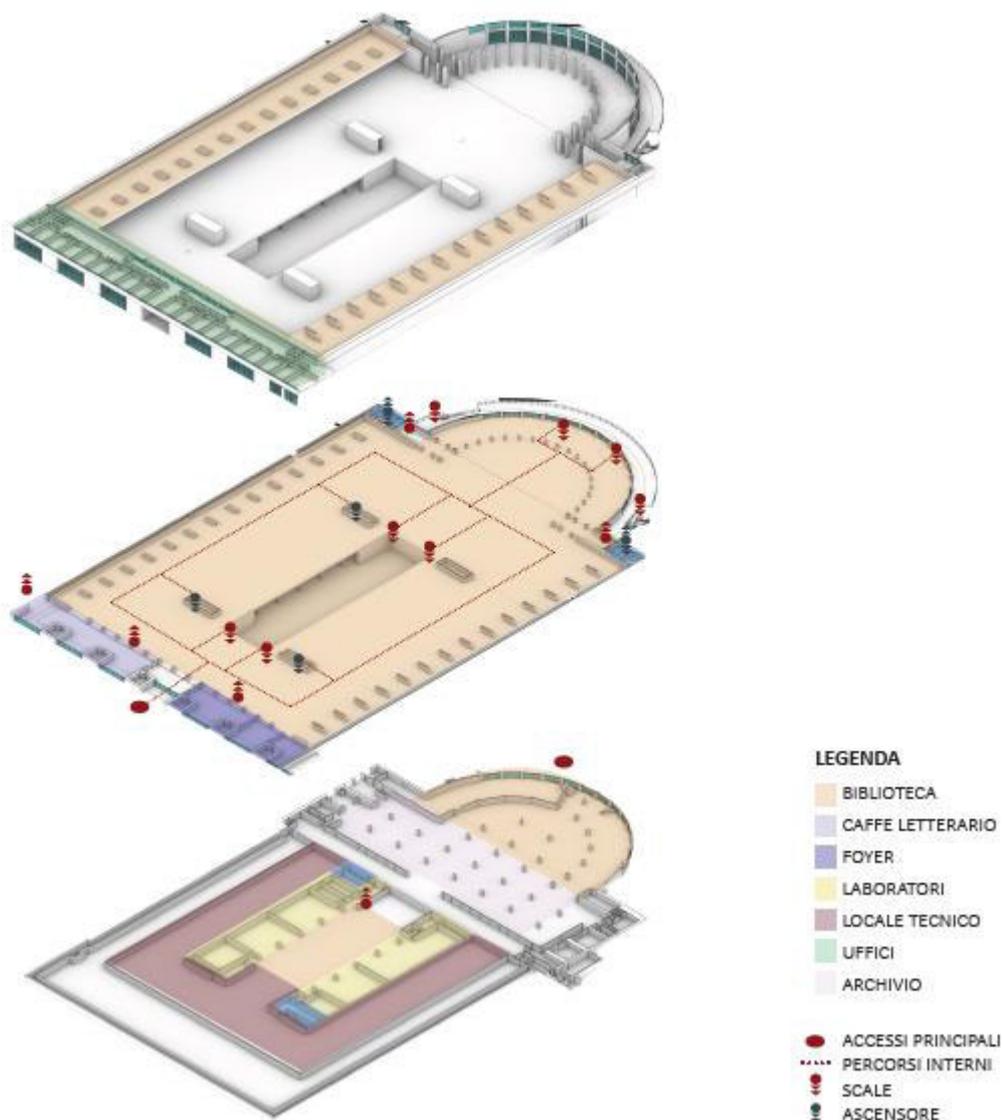


Figura 2– Stato di progetto. Assonometria delle funzioni.

In Figura 3, Figura 4 e Figura 5 si riportano le piante del piano interrato, terra e primo dei padiglioni oggetto di intervento, con indicazione del layout distributivo di progetto, mentre in Figura 6 e Figura 7 si riportano la sezione trasversale e longitudinale. In Figura 8 e Figura 9 si riportano alcune viste renderizzate degli ambienti interni in progetto.

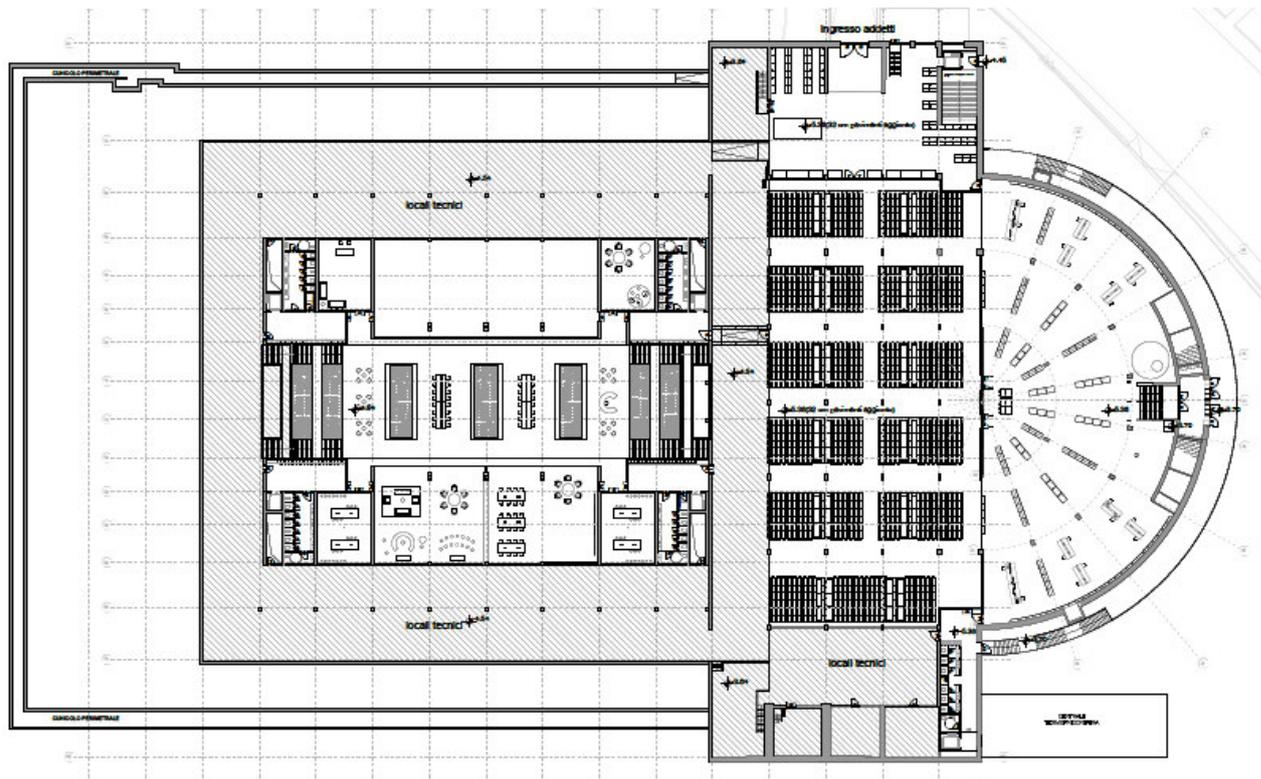


Figura 3– Stato di progetto. Pianta piano interrato.

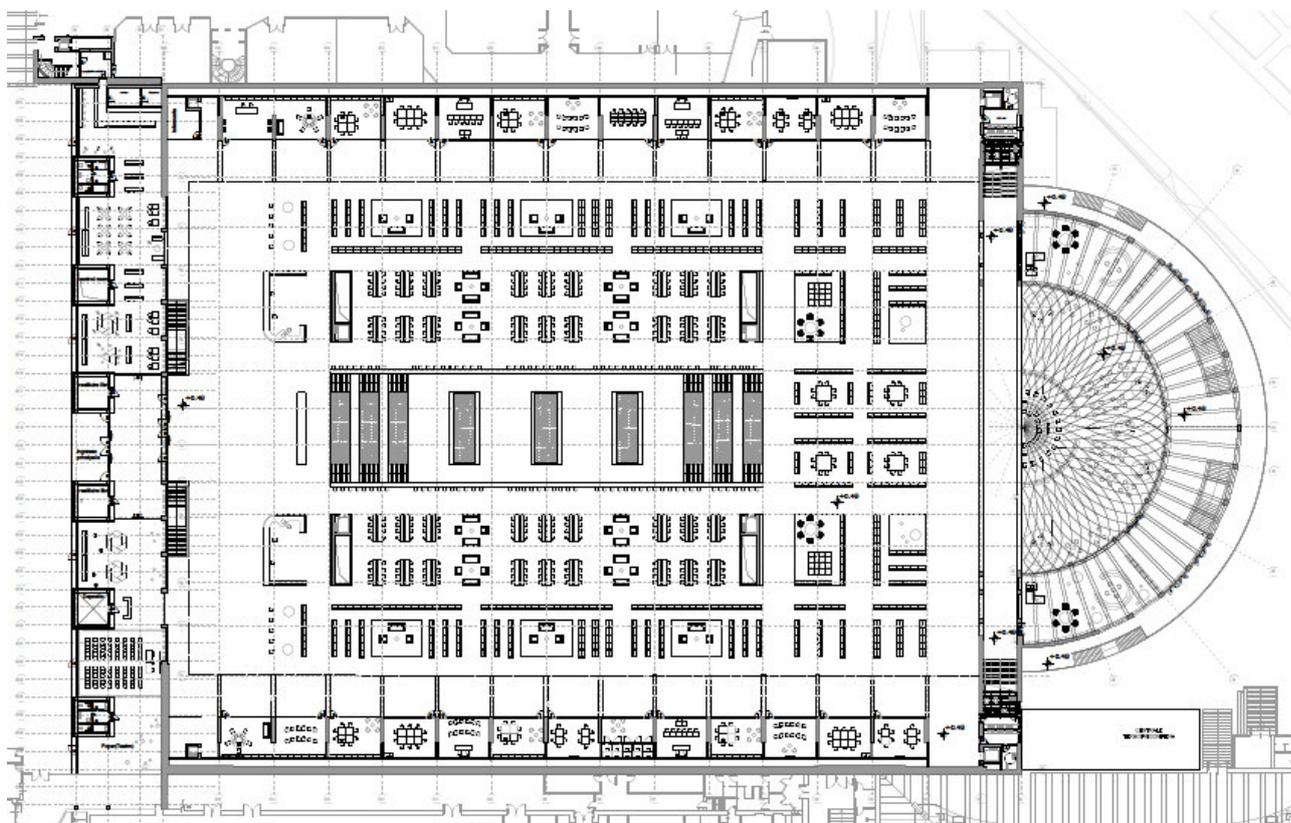


Figura 4– Stato di progetto. Pianta piano terra.

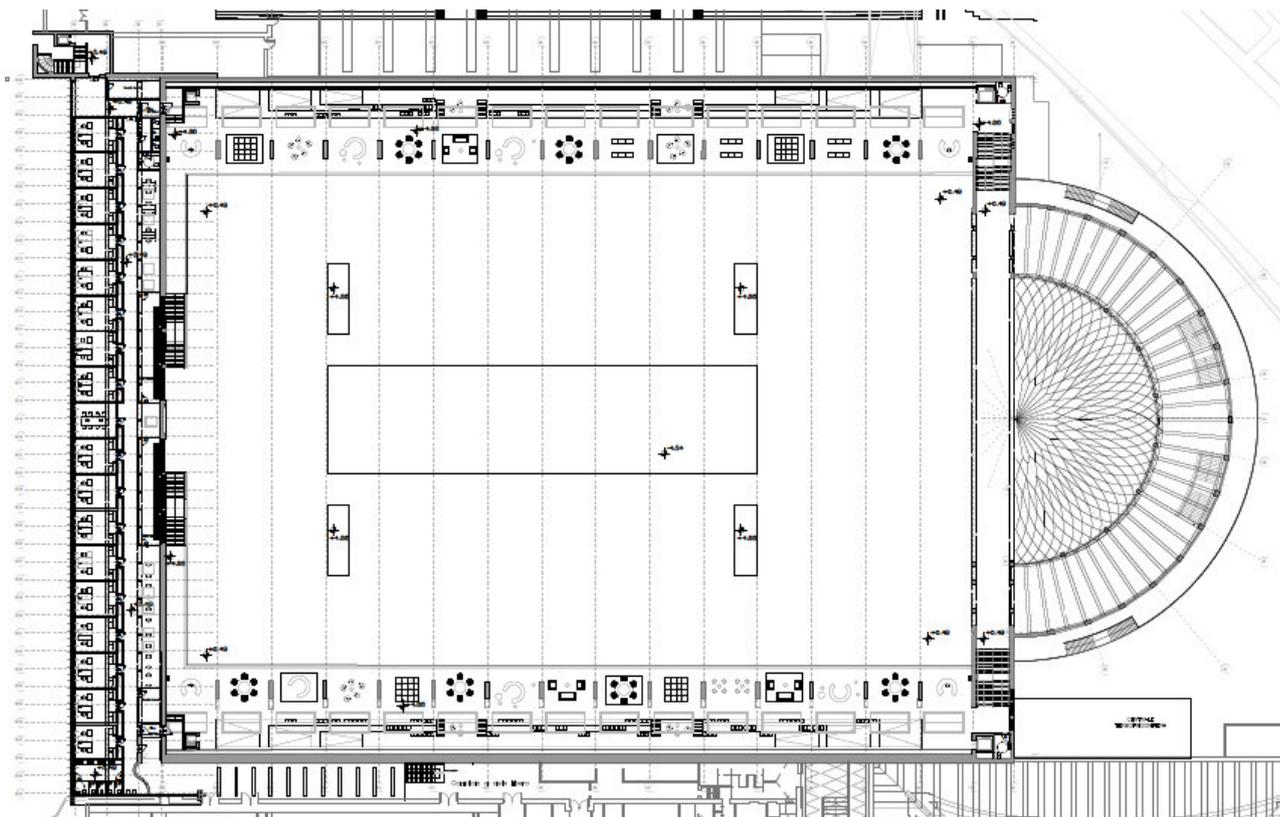


Figura 5– Stato di progetto. Pianta piano primo.

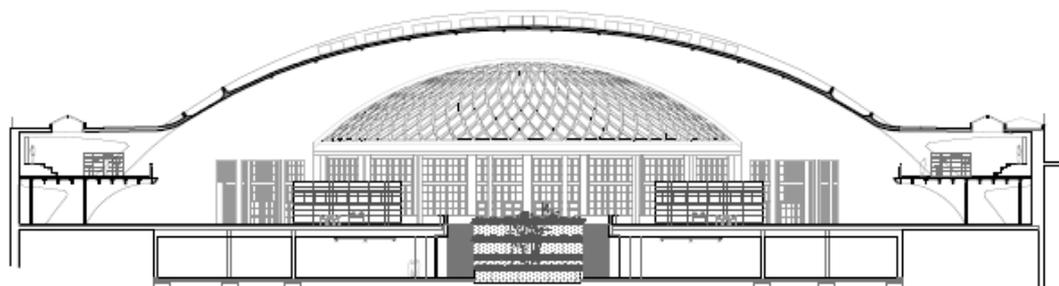


Figura 6– Stato di progetto. Sezione trasversale.

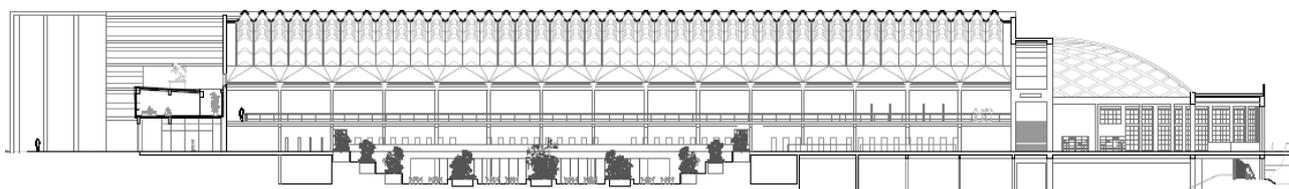


Figura 7– Stato di progetto. Sezione longitudinale.



Figura 8– Stato di progetto. Vista degli ambienti interni.

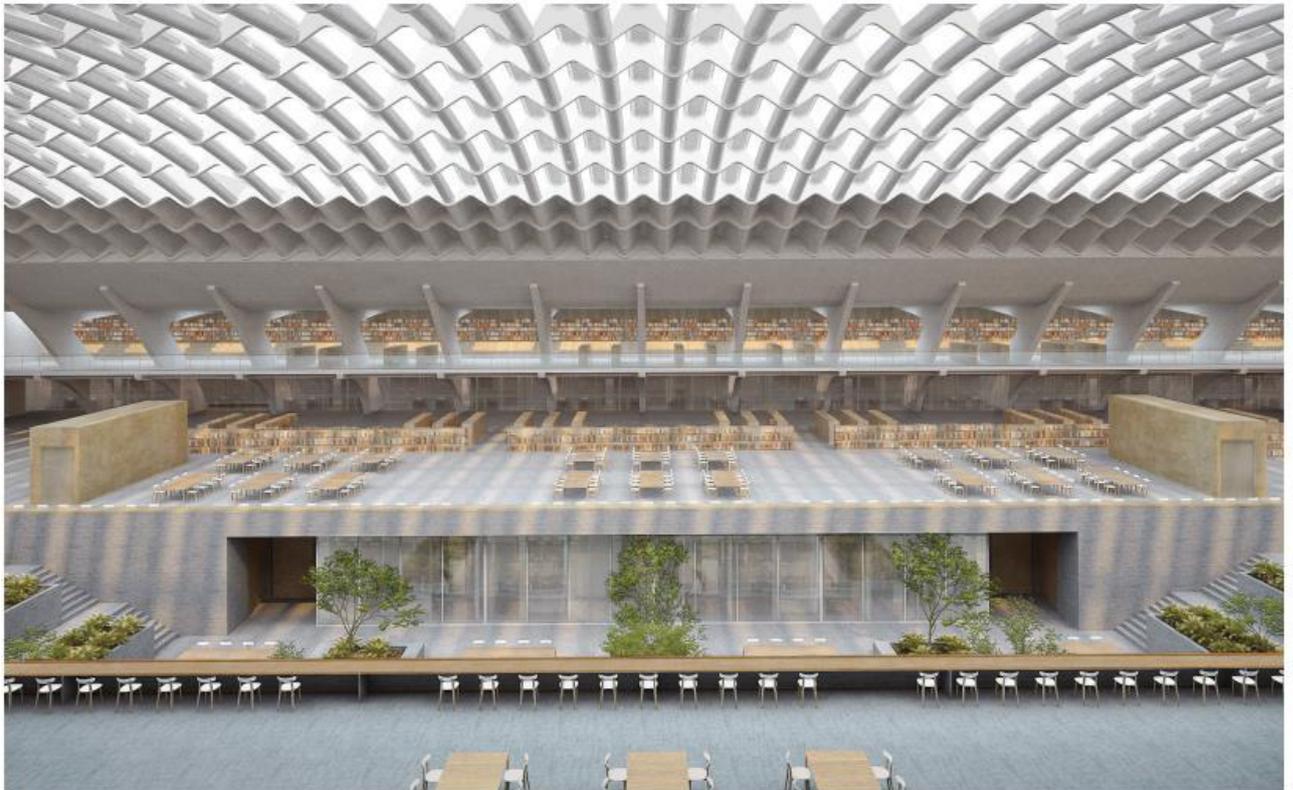


Figura 9– Stato di progetto. Vista degli ambienti interni.

2.1 Linee guida per la progettazione acustica

Dal punto di vista acustico, l'intervento si configura come un'attività complessa in relazione alle caratteristiche architettoniche della preesistenza, alla molteplicità di funzioni previste a progetto e alla necessità di fruizioni a differente "sonorità" da parte degli utenti.

Rispetto a tale premessa occorre sottolineare i seguenti aspetti:

- il padiglione Nervi, il più rappresentativo del complesso e quello destinato esclusivamente a spazi per la biblioteca, è incluso nella World Heritage List dell'Unesco e come tale è soggetto alla tutela della qualità architettonica per cui il progetto non deve alterarne il carattere storico, il pregio architettonico e la monumentalità;
- il programma funzionale della Biblioteca è molteplice e include spazi con usi differenti, destinati a diversi utenti, in particolare spazi che necessitano di silenzio e intimità si alternano a spazi più vivaci e rumorosi.

In questo contesto per comprendere appieno le peculiarità acustiche dell'ambito di intervento si è provveduto alla caratterizzazione acustica del padiglione 2 – Nervi, nelle condizioni di stato di fatto e, in particolare alla misurazione del tempo di riverberazione con metodo dell'eccitazione impulsiva. Le misurazioni sono state condotte in conformità con la norma UNI EN ISO 3382.

In Figura 10 si riportano alcune immagini relative alle misurazioni del tempo di riverberazione condotte in sito nelle condizioni *ante-operam*. In Figura 11 si riporta il grafico del tempo di riverberazione in frequenza per le bande di ottava comprese tra 125 Hz e 400 Hz, ottenuto come media dei valori misurati nelle diverse postazioni di misura.



Figura 10– Stato di fatto. Misurazione del tempo di riverberazione.

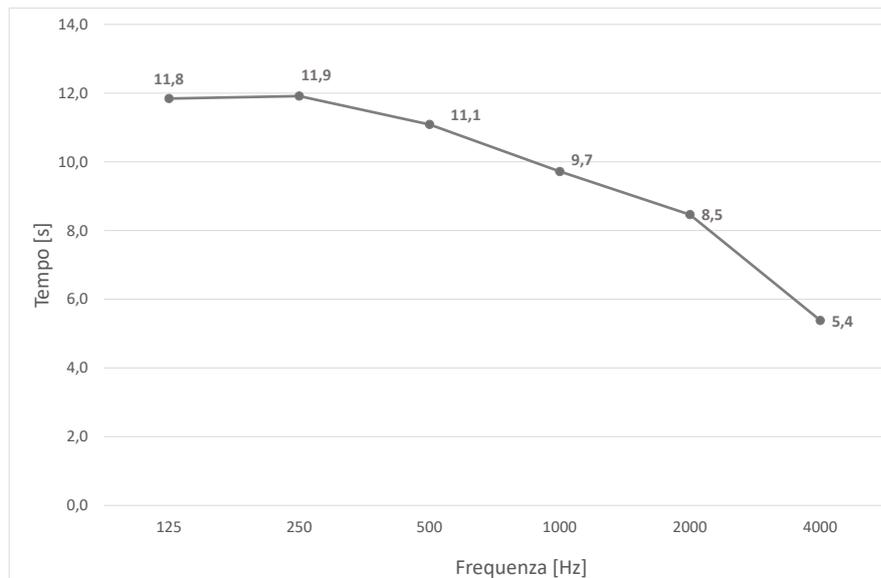


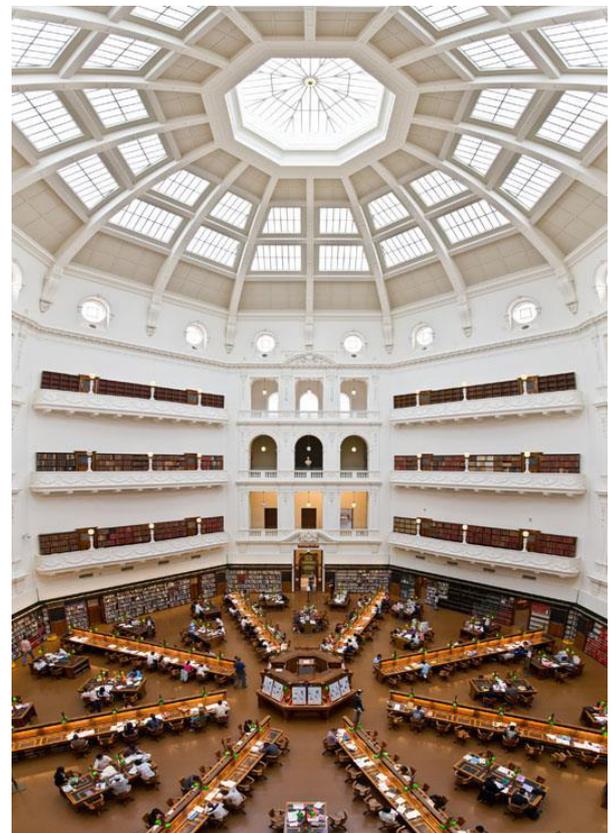
Figura 11–Padiglione 2. Grafico del tempo di riverberazione medio misurato in sito nelle condizioni di stato di fatto.

Dai valori riportati in Figura 11 emerge che il Padiglione 2, in relazione alle proprie peculiarità architettoniche e volumetriche, nelle condizioni di stato di fatto è caratterizzato da un tempo di riverberazione molto elevato che deve essere controllato attraverso le scelte progettuali al fine di consentire lo svolgimento ottimale delle funzioni previste a progetto, ma che anche nella configurazione *post-operam* dovrà essere considerato come una caratteristica intrinseca dell'opera, da valorizzare.

Rispetto a tale caratteristica si evidenzia che molte delle biblioteche più grandi al mondo trovano collocazione all'interno di edifici storici, inserite, nella maggior parte dei casi, in spazi con grandi volumi relativamente ai quali, anche in assenza di dati acustici specifici, si può desumere, che il tempo di riverberazione al loro interno sia molto elevato e che siano presenti importanti focalizzazioni e riflessioni sonore (Figura 12).



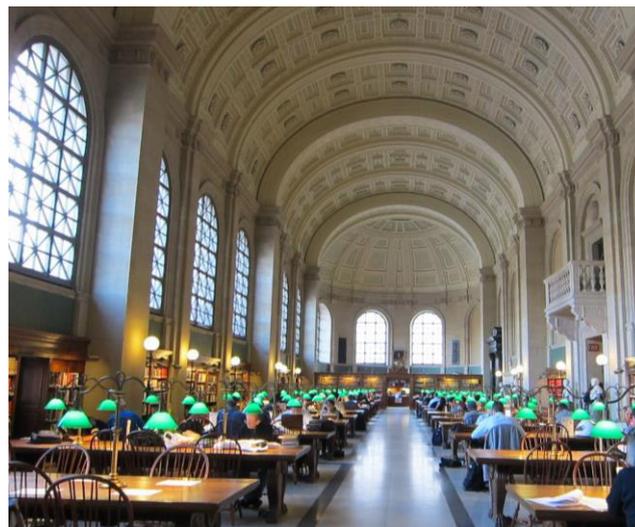
Biblioteca Nazionale di Francia – Parigi



State Library of Victoria – Melbourne, Australia



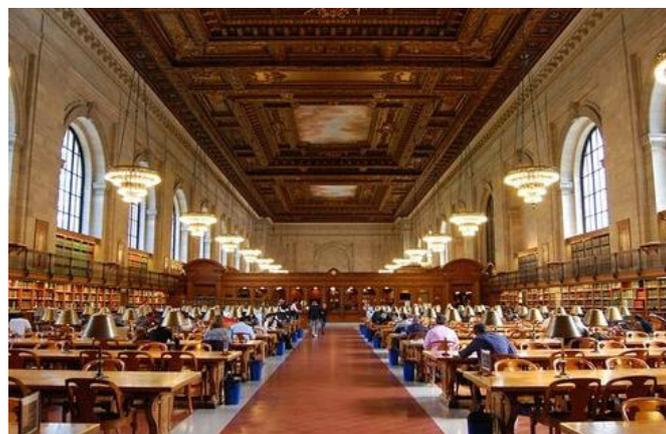
Library of Congress - Washington DC, USA



Boston Public Library - Boston, USA



Biblioteca Nazionale Marciana - Venezia



New York Public Library - New York, USA

Figura 12–Le biblioteche più grandi al mondo. Suggerzioni.

Nelle biblioteche tradizionali, infatti, la sala lettura è concepita come un luogo di quiete e di studio individuale. Guardando alle biblioteche antiche di tutto il mondo emerge che le grandi sale di lettura presentano alti soffitti (spesso voltati) e sono costruite principalmente con materiali fonoriflettenti. L'architettura stessa è progettata per ispirare silenzio e autocontrollo. È interessante notare, infatti, come in questi spazi la quiete viene raggiunta proprio puntando su tempi di riverberazione molto elevati e sull'esaltazione dei suoni (udibili facilmente in ogni punto dell'ambiente) perché in un tale contesto gli utenti sono più propensi a mantenere un comportamento silenzioso. Le caratteristiche che rendono queste sale poco adatte alla comunicazione verbale sono al contrario utili a favorire la privacy e l'autocontrollo da parte degli utenti che saranno portati a mantenere un tono di voce molto contenuto e a controllare maggiormente i propri movimenti. Tuttavia in passato le biblioteche ospitavano un numero relativamente limitato di funzioni (es. conservazione di libri, lettura, studio) che non prevedevano la presenza di alcuna sorgente sonora particolare, mentre nelle biblioteche moderne, in aggiunta alle aree dedicate ad attività individuali (lettura, studio, scrittura), sono spesso presenti spazi per attività più collaborative (laboratori di lettura, attività di gruppo destinate ad utenti di fasce di età differenti ecc...) e spazi per la socialità (caffetteria, aree di incontro...), come nel caso della Biblioteca in progetto. Il proliferare di nuove attività nelle biblioteche comporta, inevitabilmente l'emergere di diversi tipi di suoni e sorgenti sonore che devono essere gestiti in modo proattivo dai progettisti, migliorando l'esperienza complessiva degli spazi, in funzione anche delle esigenze dei fruitori.

In particolare per il complesso oggetto di intervento è prevista la realizzazione di una grande sala lettura all'interno del volume principale al piano terra e di laboratori e spazi collaborativi all'interno di box dedicati

posizionati lungo i lati maggiori. Al piano interrato sono previste aule per attività di gruppo che affacciano su uno spazio centrale destinato alla lettura. Al piano primo sono invece presenti uffici chiusi lungo il lato corto su corso Massimo, mentre i lati lunghi sono occupati da una balconata che ospita zone lettura/studio.

Relativamente alla sala lettura, visto il carattere storico dell'edificio, non è possibile prevedere la frammentazione dello spazio per creare zone acusticamente protette, né inserire un trattamento acustico di estensione tale da avere significative ripercussioni sul contenimento del tempo di riverberazione. Ne consegue che la sala sarà caratterizzata da un elevato tempo di riverberazione (anche molto lontano dai valori ottimali previsti per ambienti destinati all'ascolto della parola) che renderà possibile solo la comunicazione a distanza ravvicinata e che imporrà all'utente di mantenere un comportamento silenzioso. In questo senso si propone di valorizzare la risposta acustica della sala, intesa come elemento caratterizzante del manufatto architettonico che si intende conservare. Si propone comunque di sfruttare l'allestimento interno per creare delle zone acusticamente più protette: gli arredi potranno infatti integrare elementi fonoassorbenti tali da assorbire parte dei suoni prodotti dagli occupanti, riducendo l'energia sonora che potrebbe essere riflessa dalle superfici della sala.

Il progetto prevede poi la presenza degli spazi tipici di una biblioteca moderna dedicati allo svolgimento di attività collaborative, all'interno dei quali risulta fondamentale invece garantire una buona comprensione del parlato attraverso l'individuazione di soluzioni orientate al soddisfacimento di parametri oggettivi di qualità acustica come il tempo di riverberazione e gli indici di intellegibilità. Questi ambienti saranno inoltre compartimentati tramite componenti edilizi tali da fornire adeguato isolamento acustico e limitare il disturbo verso gli ambienti adiacenti.

Al fine di individuare le soluzioni acustiche più idonee al caso in esame, in prima battuta è stata eseguita la mappatura degli ambienti a differente rumorosità differenziando gli spazi rumorosi (da isolare) da quelli in cui è richiesta concentrazione (da proteggere). Sono state dunque individuate le seguenti tipologie di ambienti:

- locali rumorosi, da isolare per limitare la propagazione del rumore verso spazi sensibili;
- locali per attività di gruppo potenzialmente disturbanti, da isolare per limitare la propagazione del rumore verso spazi sensibili;
- spazi adattativi (zona accoglienza, consultazione) che funzionino da zona di filtro tra le aree più rumorose e quelle più protette, in cui è richiesto di adeguare il proprio modo di agire verso un comportamento silenzioso;
- locali per attività individuali (lettura, studio) in cui è richiesto di rispettare il silenzio;
- locali non destinati alla permanenza di persone (es. spazi di circolazione).

In Figura 13, Figura 14 e Figura 15 si riportano le piante del piano interrato, terra e primo del complesso con indicazione della mappatura acustica degli ambienti.

Mappatura acustica degli ambienti

Definizione delle caratteristiche degli ambienti in base alla destinazione d'uso – piano interrato

- Locali rumorosi da isolare
- Locali per attività di gruppo potenzialmente disturbanti, da isolare
- Spazi adattativi (zona accoglienza, consultazione) in cui è richiesta autoregolazione
- Locali per attività individuali (lettura, studio) in cui è richiesto di rispettare il silenzio
- Locali non destinati alla permanenza di persone

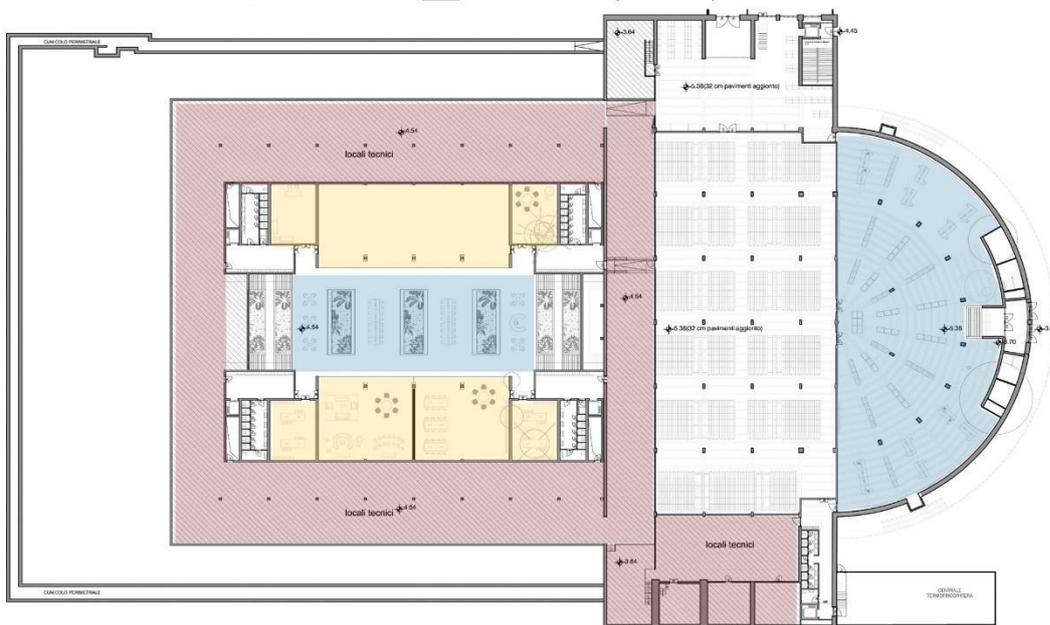


Figura 13– Stato di progetto. Mappatura acustica degli ambienti. Piano interrato.

Mappatura acustica degli ambienti

Definizione delle caratteristiche degli ambienti in base alla destinazione d'uso – piano terra

- Locali rumorosi da isolare
- Locali per attività di gruppo potenzialmente disturbanti, da isolare
- Spazi adattativi (zona accoglienza, consultazione) in cui è richiesta autoregolazione
- Locali per attività individuali (lettura, studio) in cui è richiesto di rispettare il silenzio
- Locali non destinati alla permanenza di persone

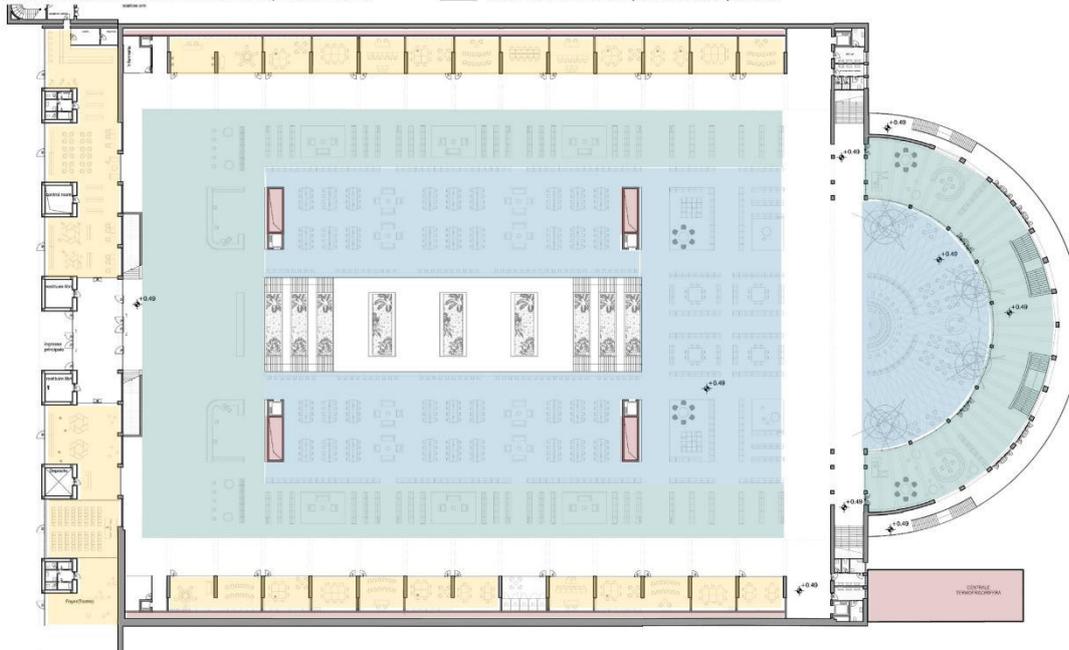


Figura 14– Stato di progetto. Mappatura acustica degli ambienti. Piano terra.

Mappatura acustica degli ambienti

Definizione delle caratteristiche degli ambienti in base alla destinazione d'uso – piano primo

- Locali rumorosi da isolare
- Locali per attività di gruppo potenzialmente disturbanti, da isolare
- Spazi adattativi (zona accoglienza, consultazione) in cui è richiesta autoregolazione
- Locali per attività individuali (lettura, studio) in cui è richiesto di rispettare il silenzio
- Locali non destinati alla permanenza di persone

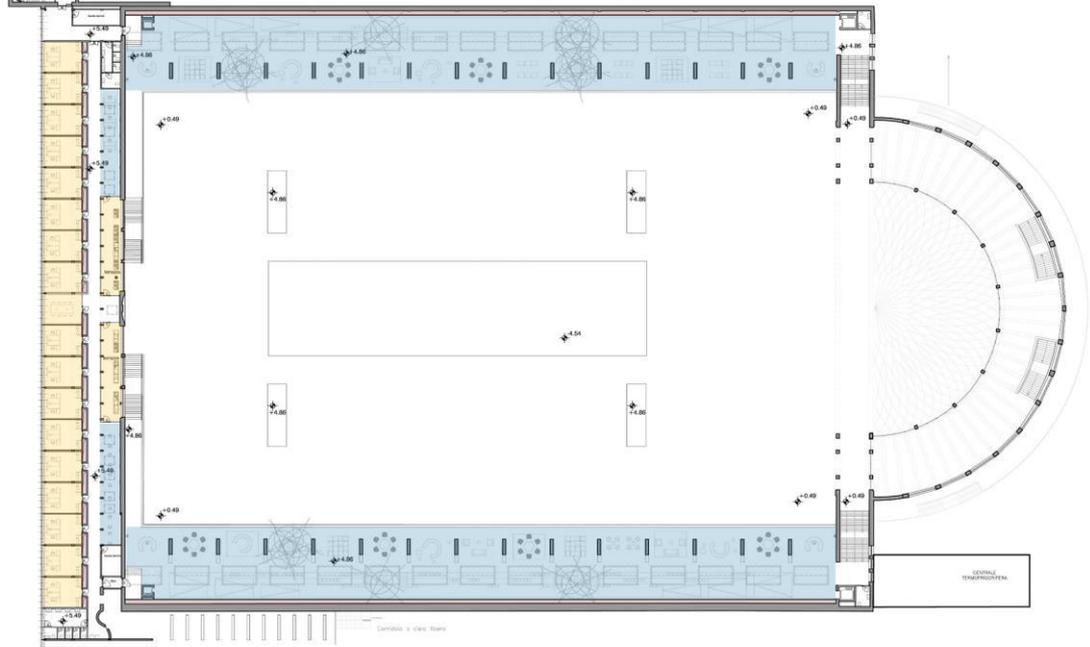


Figura 15– Stato di progetto. Mappatura acustica degli ambienti. Piano primo.

3 REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

3.1 Riferimenti normativi

3.1.1 D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

Per quanto concerne i requisiti acustici richiesti agli edifici in termini di isolamento acustico e di rumorosità ammissibile degli impianti a servizio degli stessi, il riferimento normativo da considerare è il D.P.C.M. 5/12/1997 *Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*, il quale stabilisce i valori limite relativi a misure in opera.

Tale D.P.C.M. classifica gli edifici in base alla loro destinazione d'uso e definisce i livelli prestazionali di edifici e di loro componenti in opera, i requisiti acustici di sorgenti sonore all'interno degli edifici ed i livelli di rumorosità da essi indotti, oltre ai parametri descrittivi delle prestazioni.

I requisiti acustici passivi possono essere divisi in:

- | isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione $D_{2m,nT}$;
- | potere fonoisolante apparente di partizioni tra unità abitative distinte R' ;
- | livello di rumore di calpestio normalizzato di solai L'_n ;
- | livello di pressione sonora ponderato A per impianti a funzionamento continuo L_{Aeq} ;
- | livello massimo di pressione sonora ponderato A e misurato con costane di tempo Slow per impianti a funzionamento discontinuo $L_{A,S,max}$.

Per quanto riguarda gli elementi divisorii, i requisiti relativi al potere fonoisolante apparente (R'_w) sono riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari. Ai sensi dell'art. 2 del D.M. 2 gennaio 1998 n°28 sul catasto dei fabbricati, per unità immobiliare si intende una "porzione di fabbricato, o fabbricato, o insieme di fabbricati ovvero area, che, nello stato in cui si trova e secondo l'uso locale, presenta potenzialità di autonomia funzionale e reddituale".

Relativamente alle dotazioni impiantistiche, vengono definiti impianti a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e ventilazione mentre sono definiti impianti a funzionamento discontinuo gli impianti idrico-sanitari, gli ascensori e tutti quegli impianti che non hanno un funzionamento prolungato nel tempo. Si sottolinea, inoltre, che ai sensi del Decreto la rumorosità degli impianti deve essere valutata nell'ambiente maggiormente disturbato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. Per quanto riguarda le pareti di separazione dei locali tecnici il vincolo prevede il rispetto del requisito di rumorosità in base al tipo di impianto (L_{Aeq} per impianti a servizio continuo, $L_{A,S,max}$ per impianti a servizio discontinuo). Dunque, definita la tipologia di parete, il conseguimento degli obiettivi è demandato alle caratteristiche dell'impianto stesso.

In Tabella 1 sono riportati i limiti imposti dal D.P.C.M 5/12/97, divisi per categoria di edificio ed espressi in termini di indice di valutazione (il pedice w indica il valore a singolo numero). In rosso sono indicati i valori limite relativi alla destinazione d'uso *ricreativa* a cui può essere assimilata quella dell'edificio in esame.

In merito alla necessità di svolgere una attività di analisi in fase progettuale, sebbene non espressamente prevista dal decreto, si evidenzia che la stessa è sempre opportuna per verificare che il progetto non presenti elementi di criticità. Nel caso in esame, trattandosi di un intervento che riguarda un immobile situato nel Comune di Torino, si segnala che l'articolo 25 del "Regolamento comunale per la tutela dall'inquinamento acustico" approvato dal consiglio comunale della Città di Torino in seduta del 6 marzo 2006 (D.C.C. mecc. n. 2006/12129/126), prevede che il progetto venga accompagnato da una Valutazione Previsionale di rispetto dei Requisiti Acustici degli Edifici, da allegare al progetto in fase di richiesta di permesso di costruire. Tale valutazione, per interventi di ristrutturazione edilizia, restauro e risanamento conservativo, deve essere condotta limitatamente agli aspetti correlati alla realizzazione di nuovi impianti tecnologici o alla sostituzione di impianti esistenti.

Dal momento che l'intervento in oggetto si configura come riqualificazione di un immobile costituito da un'unica unità immobiliare, non sono previste verifiche relativamente ai componenti edilizi ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97.

Verranno tuttavia fornite opportune specifiche tecniche per il controllo della propagazione del suono per via aerea e per via strutturale tra ambienti adiacenti e della rumorosità delle dotazioni impiantistiche di nuova installazione.

Tabella 1 – Requisiti acustici passivi necessari al caso in esame e relativi valori limite ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97

CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI		$L'_{n,w}$	$D_{2m,n,T,w}$	R'_w	$L_{A,eq}$	$L_{A S,max}$
Categoria A:	edifici adibiti a residenza o assimilabili	63	40	50	35	35
Categoria C:	edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili					
Categoria B:	edifici adibiti ad uffici o assimilabili					
Categoria F:	edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili	55	42	50	35	35
Categoria G:	edifici adibiti ad attività commerciali o ad attività assimilabili					
Categoria E:	edifici adibiti ad attività scolastiche e a tutti i livelli assimilabili	58	48	50	25	35
Categoria D:	edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili	58	45	55	25	35

3.1.2 D.M. 11 ottobre 2017 Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici

Si sottolinea che per quanto riguarda gli edifici pubblici occorre far riferimento al D.M. 11 ottobre 2017 Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici, nel quale, per quanto riguarda i requisiti acustici passivi, si rimanda alla norma UNI 11367. Al paragrafo 2.3.5.6 Comfort acustico del D.M. si prescrive quanto segue:
I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi della norma UNI 11367.

3.1.3 UNI 11367 – Classificazione acustica delle unità immobiliari

La norma italiana UNI 11367:2010 *Classificazione acustica delle unità immobiliari – procedura di valutazione e verifica in opera* definisce, in riferimento ad alcuni requisiti acustici prestazionali degli edifici, i criteri per la loro misurazione e valutazione, oltreché una classificazione acustica per l'intera unità immobiliare.

In Tabella 2 si riportano i valori dei parametri descrittivi delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari.

Tabella 2 Requisiti acustici prestazionali ai sensi della UNI 11367.

Classe	Indici di valutazione				
	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$	Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni verticali ed orizzontali tra ambienti di differenti unità immobiliari R'_w	Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari L'_{nw}	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo L_{ic}	Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo L_{id}
I	≥ 43 dB	≥ 56 dB	≤ 53 dB	≤ 25 dB(A)	≤ 30 dB(A)
II	≥ 40 dB	≥ 53 dB	≤ 58 dB	≤ 28 dB(A)	≤ 33 dB(A)
III	≥ 37 dB	≥ 50 dB	≤ 63 dB	≤ 32 dB(A)	≤ 37 dB(A)
IV	≥ 32 dB	≥ 45 dB	≤ 68 dB	≤ 37 dB(A)	≤ 42 dB(A)

3.1.4 La norma NF S31-080:2006

Dal momento che non esistono riferimenti normativi italiani (né cogenti né volontari) a cui è possibile riferirsi per la definizione degli obiettivi di isolamento acustico di partizioni all'interno della stessa unità immobiliare per la destinazione d'uso in esame, è stato scelto di riferirsi alla norma francese NF S31-080:2006 *Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace*.

Si tratta di una norma che riguarda la qualità acustica degli uffici e degli spazi collettivi (uffici individuali, collettivi, open space, sale riunioni, sale relax e spazi di circolazione) e che, in relazione all'utilizzo e alla destinazione d'uso degli ambienti, propone tre differenti livelli di prestazione acustica:

- | **livello standard - niveau courant:** corrisponde al requisito minimo di legge oppure, in assenza di una legislazione specifica, ad un livello funzionale minimo, senza garantire alcun comfort acustico;
- | **livello elevato - niveau performant:** tale livello assicura un confort acustico favorevole a buone condizioni di lavoro;
- | **livello molto elevato - niveau très performant:** corrisponde a prestazioni acustiche massime che favoriscono un utilizzo adeguato allo svolgimento di attività lavorative specifiche.

Di seguito si riportano i valori di isolamento rispetto ai rumori aerei interni suggeriti dalla NF S31-080 in funzione della destinazione d'uso, per le tipologie di ambienti presenti in progetto. Si riportano inoltre i valori di tempo di riverberazione ritenuti ottimali per il raggiungimento di condizioni di comfort acustico, sempre in funzione della destinazione d'uso.

Al fine di garantire un buon grado di comfort per gli occupanti, in accordo con i progettisti, l'obiettivo del progetto acustico è stato:

- per tutti gli ambienti al **piano terra** e al **piano primo**, il raggiungimento di un livello di prestazione almeno pari al **livello standard** sia per quanto riguarda la parete di separazione tra uffici adiacenti che per la parete verso il corridoio,
- per tutti gli ambienti al **piano ipogeo**, il raggiungimento di un livello di prestazione pari al **livello elevato**.

Rispetto ai requisiti indicati si sottolinea che la prestazione di isolamento ai rumori aerei interni è definita da valori di riferimento non cogenti.

Uffici collettivi

Per ufficio collettivo si intende un volume chiuso destinato ad un numero compreso tra 2 e 5 persone che svolgono simultaneamente lavori individuali.

In questo tipo di spazi l'obiettivo principale dal punto di vista acustico è quello di assicurare condizioni di comfort per lo svolgimento del proprio lavoro a ciascun occupante, ossia consentire ad ogni lavoratore di eseguire il proprio compito senza essere disturbato dai colleghi.

In Tabella 3 si riportano i requisiti acustici suggeriti dalla norma per gli uffici collettivi.

Tabella 3 - Requisiti acustici suggeriti dalla norma francese NF S 31-080. Uffici collettivi.

Descrittore <i>Descripteur</i>	Livello standard <i>Niveau courant</i>	Livello elevato <i>Niveau performant</i>	Livello molto elevato <i>Niveau tres performant</i>
Isolamento ai rumori aerei interni	$D_{nT,A} \geq 35 \text{ dB}$	$D_{nT,A} \geq 40 \text{ dB}$	$D_{nT,A} \geq 45 \text{ dB}$
Tempo di riverberazione*	$\leq 0,6 \text{ s}$	$\leq 0,6 \text{ s}$	$\leq 0,5 \text{ s}$

*valore medio calcolato considerando i valori centrali di banda di ottava tra 500 Hz e 2000 Hz

Per quanto riguarda l'isolamento delle pareti di separazione tra gli uffici e gli spazi di circolazione (corridoi) la norma indica come riferimento un valore di 5 dB inferiore rispetto a quello indicato per le pareti di separazione tra uffici per i tre livelli di prestazione.

Sale riunioni / formazione

Per sala riunioni si intende un volume chiuso in cui più persone si riuniscono per parlare e lavorare insieme, solitamente intorno ad un tavolo.

Il principale obiettivo acustico è quello di assicurare alle persone coinvolte nella riunione un livello di comfort tale da consentire conversazioni per un periodo di tempo prolungato, senza causare eccessivo affaticamento. Le conversazioni che si tengono all'interno di una sala riunioni inoltre riguardano principalmente le persone che vi partecipano, per cui è necessario che le partizioni siano progettate in modo tale da garantire un adeguato grado di riservatezza.

In Tabella 4 si riportano i requisiti acustici suggeriti dalla norma per le sale riunioni.

Tabella 4 - Requisiti acustici suggeriti dalla norma francese NF S 31-080. Sale riunioni.

Descrittore <i>Descripteur</i>	Livello standard <i>Niveau courant</i>	Livello elevato <i>Niveau performant</i>	Livello molto elevato <i>Niveau tres performant</i>
Isolamento ai rumori aerei interni	$D_{nT,A} \geq 40$ dB	$D_{nT,A} \geq 45$ dB	$D_{nT,A} \geq 50$ dB
Tempo di riverberazione*	$0,6 < Tr < 0,8$ s	$0,6 < Tr < 0,8$ s	$0,4 < Tr < 0,6$ s

*valore medio calcolato considerando i valori centrali di banda di ottava tra 500 Hz e 2000 Hz

Per quanto riguarda l'isolamento delle pareti di separazione tra gli uffici e gli spazi di circolazione (corridoi) la norma indica come riferimento un valore di 5 dB inferiore rispetto a quello indicato per le pareti di separazione tra uffici per i tre livelli di prestazione.

Open spaces

Per open space si intende uno spazio progettato per ospitare più di 5 persone senza una completa separazione tra le postazioni di lavoro; le attività svolte all'interno di un open space possono essere eterogenee (telefonate, compiti di tipo amministrativo...).

In questo tipo di spazi l'obiettivo principale dal punto di vista acustico è quello di limitare il disturbo provocato dalle postazioni di lavoro vicine e garantire al contempo un livello di comfort tale da consentire conversazioni a distanza ravvicinata.

In Tabella 5 si riportano i requisiti acustici suggeriti dalla norma per gli open spaces.

Tabella 5 - Requisiti acustici suggeriti dalla norma francese NF S 31-080. Open spaces.

Descrittore <i>Descripteur</i>	Livello standard <i>Niveau courant</i>	Livello elevato <i>Niveau performant</i>	Livello molto elevato <i>Niveau tres performant</i>
Isolamento ai rumori aerei interni	$D_{nT,A} \geq 30$ dB	$D_{nT,A} \geq 35$ dB	$D_{nT,A} \geq 40$ dB
Tempo di riverberazione* <i>Volume < 250 m³</i>	$\leq 0,8$ s	$0,6 < Tr < 0,8$ s	$\leq 0,6$ s
Tempo di riverberazione* <i>Volume > 250 m³</i>	$\leq 1,2$ s	≤ 1 s	$\leq 0,8$ s

*valore medio calcolato considerando i valori centrali di banda di ottava tra 500 Hz e 2000 Hz

Per quanto riguarda l'isolamento delle pareti di separazione tra gli uffici e gli spazi di circolazione (corridoi) la norma indica come riferimento un valore di 5 dB inferiore rispetto a quello indicato per le pareti di separazione tra uffici per i tre livelli di prestazione.

In Figura 16, Figura 17 e Figura 18 si riportano le piante del piano interrato, terra e primo del complesso, con indicazione della definizione della tipologia di ambienti ai sensi della NF S31-080:2006.

Aree relax

Per area relax si intende un luogo di incontro informale in cui sono presenti sedute ed eventualmente distributori automatici.

In questo tipo di spazi l'obiettivo principale dal punto di vista acustico è quello di garantire un ambiente

tranquillo che consenta di tenere conversazioni tra più persone senza arrecare disturbo agli ambienti vicini. In Tabella 5 si riportano i requisiti acustici suggeriti dalla norma per le aree relax.

Tabella 6 - Requisiti acustici suggeriti dalla norma francese NF S 31-080. Aree relax.

Descrittore <i>Descripteur</i>	Livello standard <i>Niveau courant</i>	Livello elevato <i>Niveau performant</i>	Livello molto elevato <i>Niveau tres performant</i>
Isolamento ai rumori aerei interni	$D_{nT,A} \geq 35$ dB	$D_{nT,A} \geq 40$ dB	$D_{nT,A} \geq 45$ dB
Tempo di riverberazione*	-	$\leq 0,7$ s	$\leq 0,5$ s

*valore medio calcolato considerando i valori centrali di banda di ottava tra 500 Hz e 2000 Hz

Da Figura 16 a Figura 18 si riportano le piante dei diversi piani dell'edificio con l'indicazione della tipologia di ambiente ai sensi della norma francese NF S 31-080 a cui è possibile assimilare gli spazi in progetto.

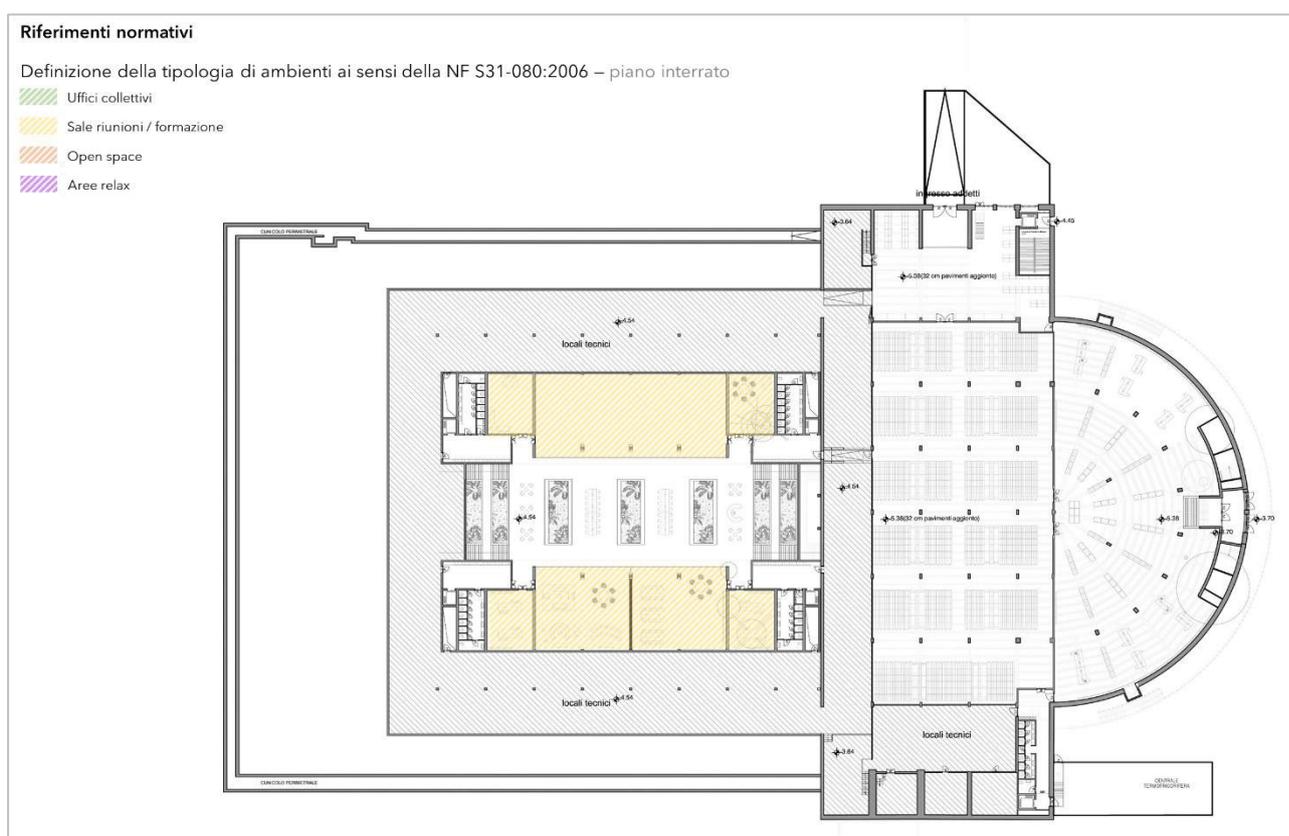


Figura 16– Stato di progetto. Definizione della tipologia di ambienti ai sensi della NF S31-080:2006. Piano interrato.

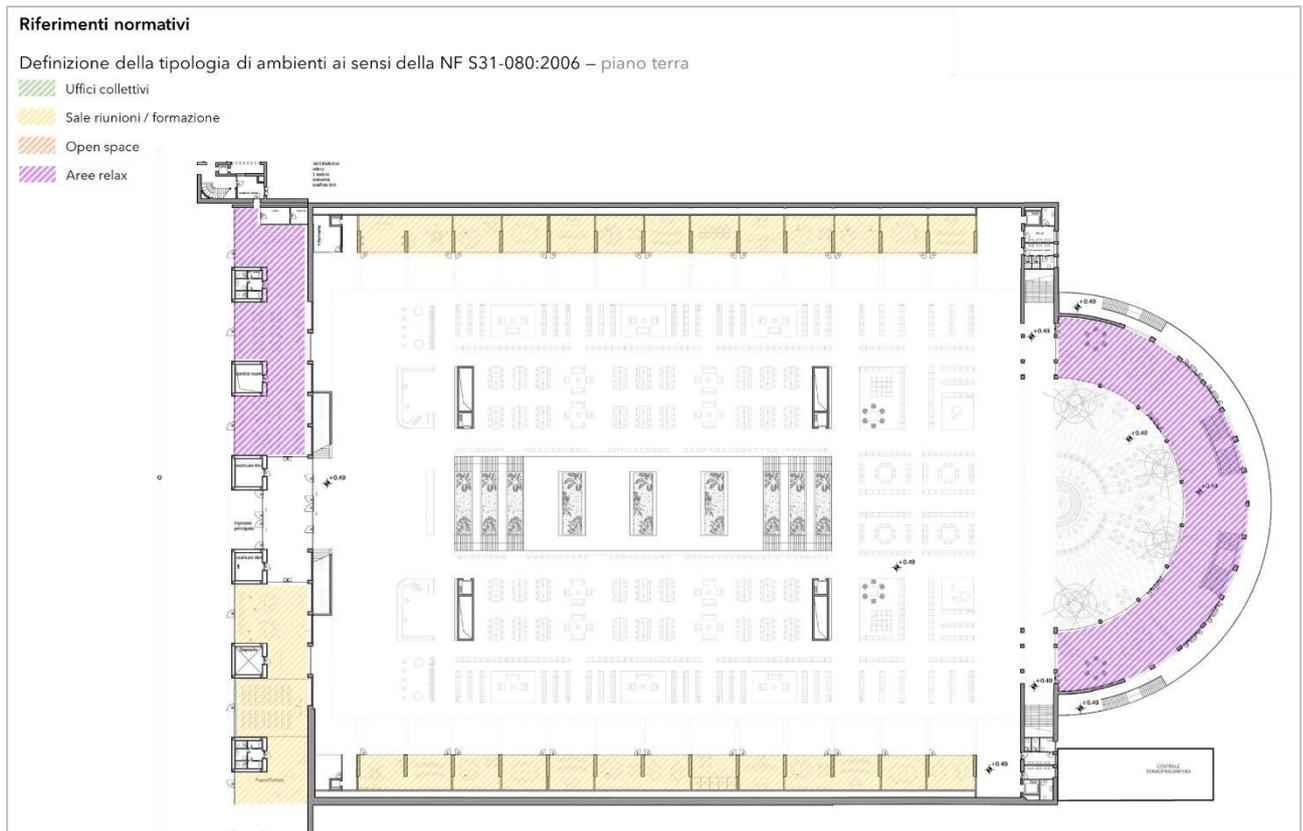


Figura 17– Stato di progetto. Definizione della tipologia di ambienti ai sensi della NF S31-080:2006. Piano terra.

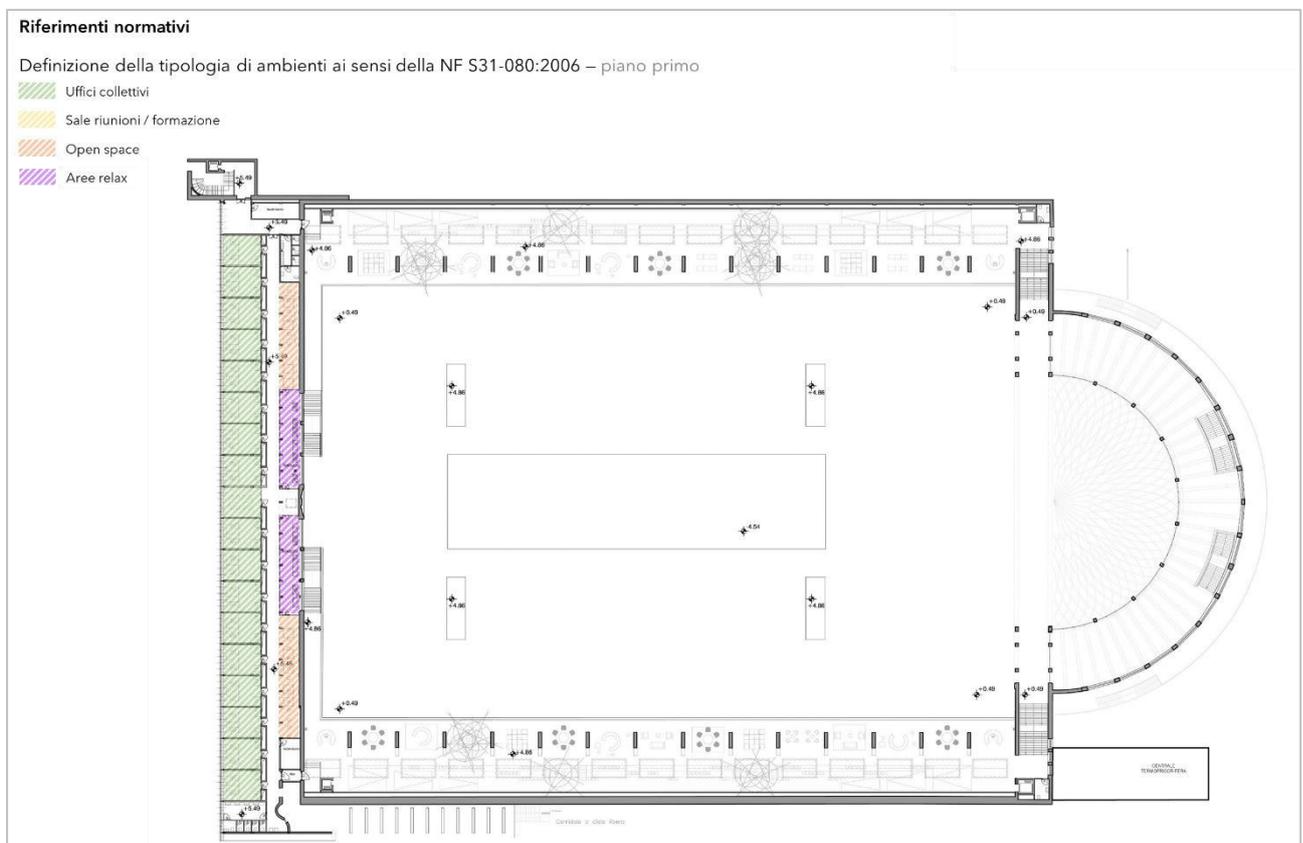


Figura 18– Stato di progetto. Definizione della tipologia di ambienti ai sensi della NF S31-080:2006. Piano primo.

3.1.5 Elenco delle norme tecniche per la verifica dei requisiti acustici passivi

I calcoli sono effettuati in accordo con i metodi di calcolo illustrati nelle seguenti norme tecniche:

Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, D_{2mnTw} :

- | UNI EN ISO 12354-3:2017 *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico del rumore proveniente dall'esterno per via aerea.*

Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w , tra ambienti adiacenti:

- | UNI EN ISO 12354-1:2017 *Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti.*

Le norme tecniche da utilizzarsi in fase di verifiche in opera di rispetto dei requisiti acustici passivi sono le seguenti:

Misura dell'isolamento acustico normalizzato di facciata:

- | UNI EN ISO 16283-3:2016 *Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Isolamento acustico di facciata.*

Misura del potere fonoisolante apparente tra ambienti adiacenti:

- | UNI EN ISO 16283-1:2018 *Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea*

Misura della rumorosità interna degli impianti:

- | UNI 8199:2016 *Acustica - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti;*
- | UNI 10052:2010 *Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti - Metodo di controllo;*
- | UNI EN ISO 16032:2005 *“Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale”.*
- | UNI 11367:2010 *Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari: procedura di valutazione e verifica in opera.*

3.2 I componenti edilizi

Di seguito si riporta la descrizione dei componenti edilizi considerati per la verifica dei requisiti acustici passivi. Da Figura 19 a Figura 21 si riportano le piante dei diversi piani dell'edificio, con la definizione delle prestazioni dei componenti edilizi in progetto.

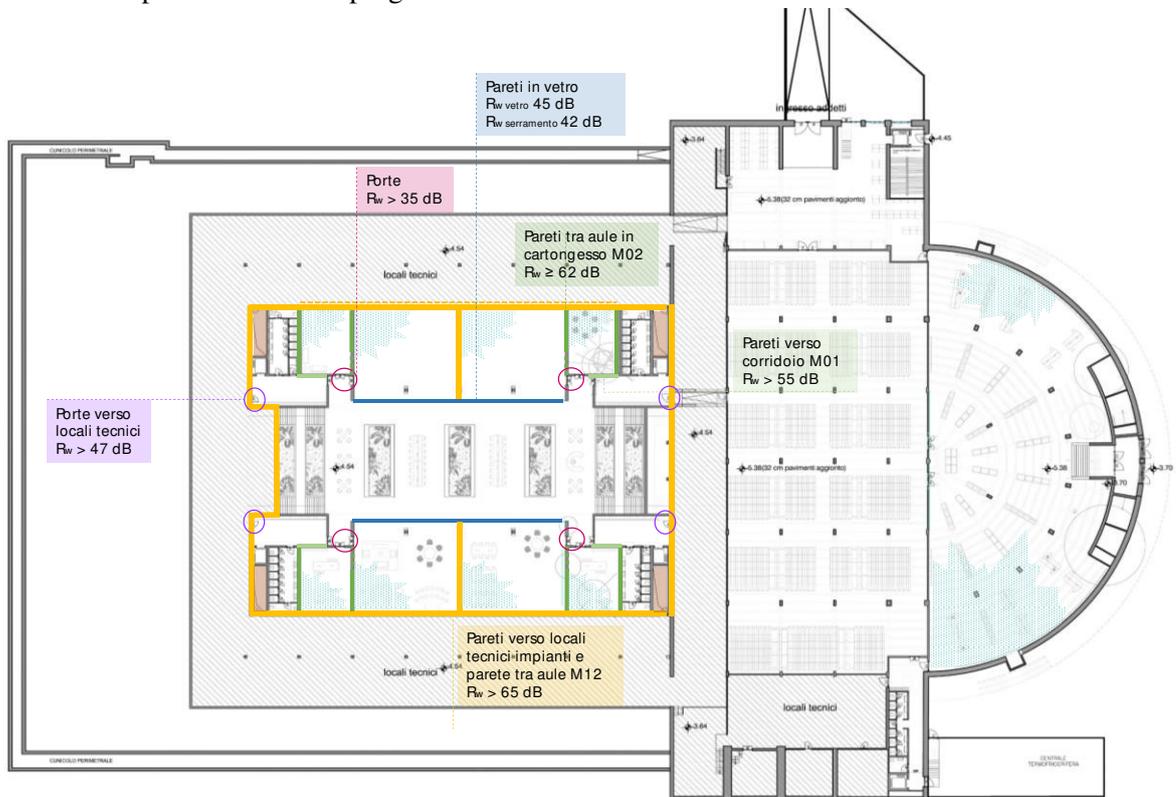


Figura 19– Stato di progetto. Definizione delle prestazioni dei componenti edilizi. Piano interrato.

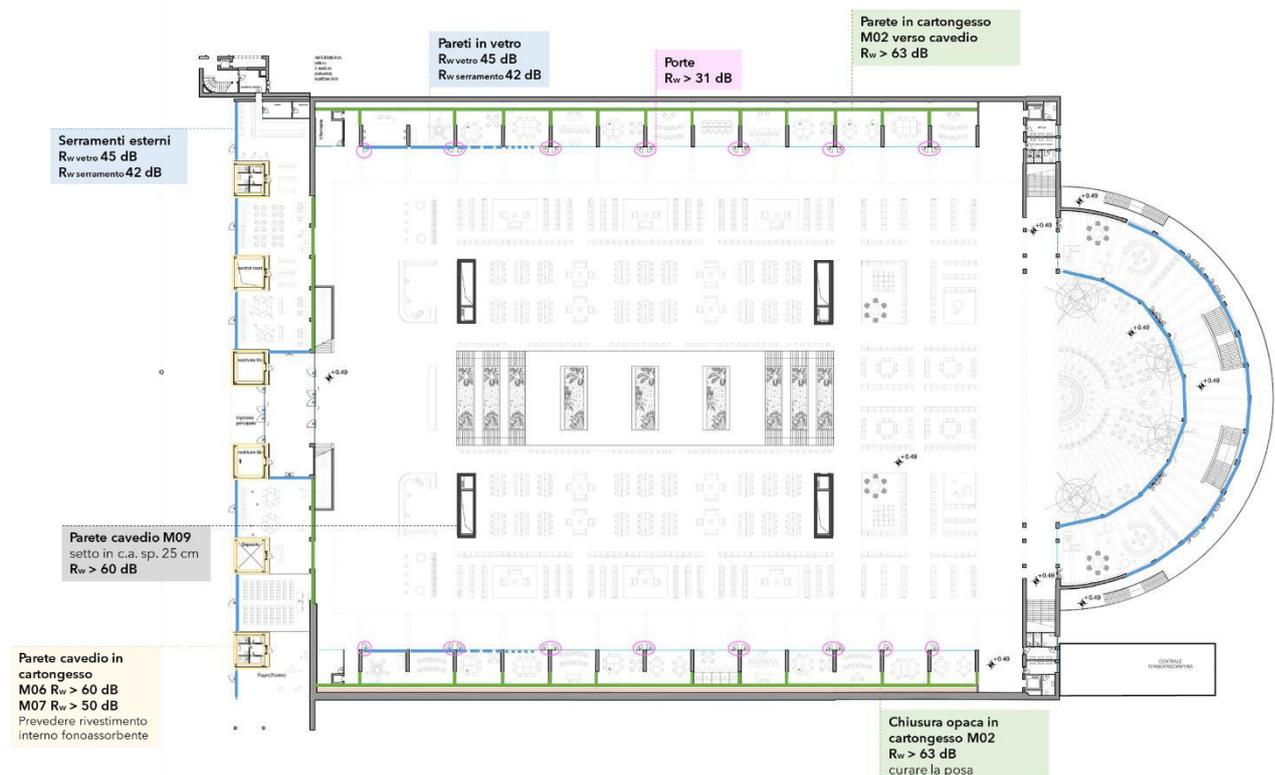


Figura 20– Stato di progetto. Definizione delle prestazioni dei componenti edilizi. Piano terra.

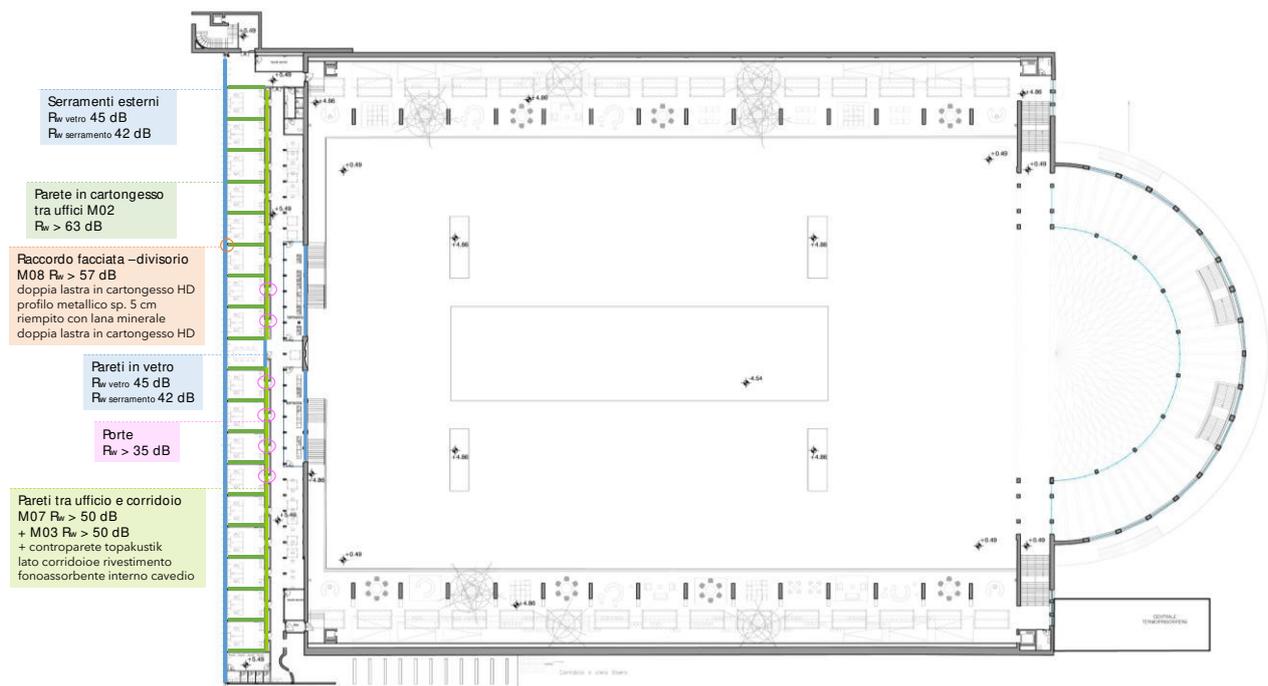


Figura 21– Stato di progetto. Definizione delle prestazioni dei componenti edilizi. Piano primo.

3.2.1 Facciata

Per le facciate dovrà essere verificata la conformità con i requisiti acustici passivi di cui al D.M. 11 ottobre 2017. I valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere almeno a quelli della classe II ai sensi della norma UNI 11367:

- isolamento acustico standardizzato di facciata, $D_{2mnT,w} \geq 40 \text{ dB(A)}$.

3.2.1.1 *Involucro opaco*

Involucro opaco esistente.

3.2.1.2 *Serramenti vetrati*

Per l'isolamento dei rumori provenienti dall'esterno dell'edificio è necessario che i serramenti siano caratterizzati da adeguate prestazioni fonoisolanti. Il serramento vetrato infatti rappresenta la parte più debole della facciata.

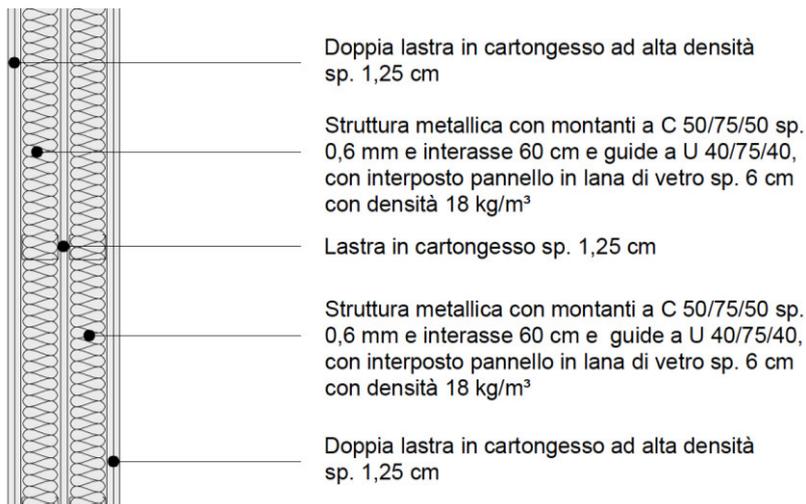
Per le vetrate dell'abside e facciate lato parco del Valentino (padiglione 2 e 4), per le vetrate su corso Massimo (padiglione 2b) e per le vetrate del roof garden (lato padiglione 2b e 2) si prevede l'installazione di serramenti/facciate vetrate caratterizzati/e da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_{w, \text{vetro}} \geq 45 \text{ dB}$
 $R_{w, \text{serramento}} \geq 42 \text{ dB}$.

3.2.2 Partizioni verticali interne

Essendo la destinazione d'uso di riferimento per l'intero complesso quella ad uffici, per tutte le pareti di separazione tra gli ambienti interni dovrà essere verificata la conformità con i requisiti acustici passivi di cui alla NF S31-080:2006 in funzione della tipologia di ambiente.

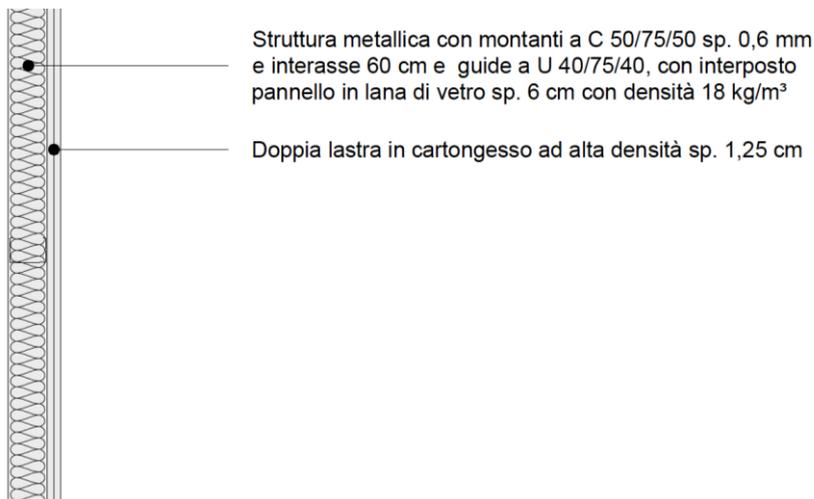
- isolamento acustico normalizzato di partizioni verticali e orizzontali tra ambienti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$.

3.2.2.1 Parete M02



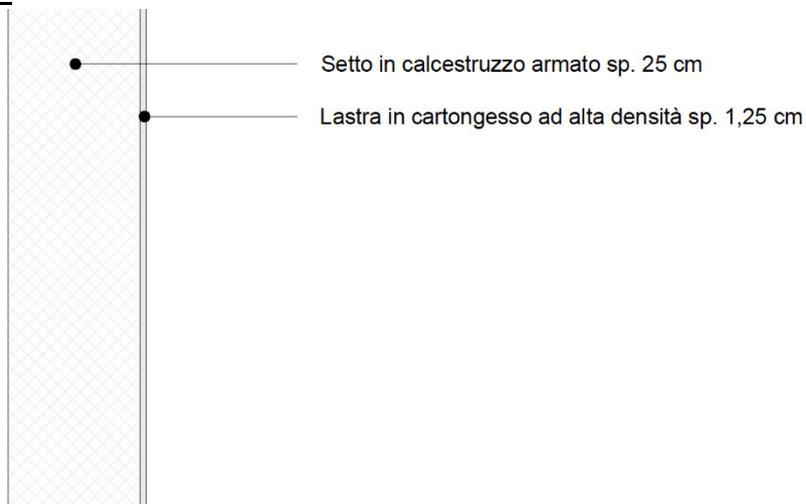
spessore 21,25 cm – $R_w \geq 62$ dB

3.2.2.2 Controparete M07



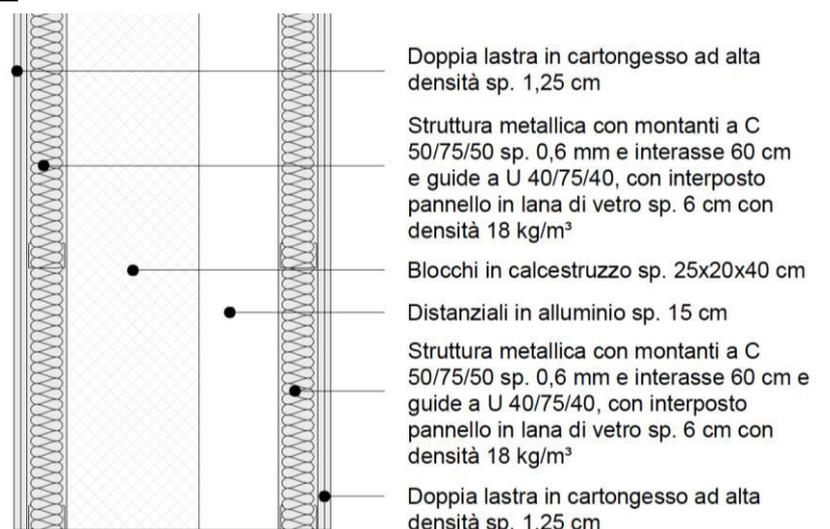
spessore 10 cm – $R_w \geq 43$ dB

3.2.2.3 Parete M09



spessore 26,25 cm – $R_w \geq 63$ dB

3.2.2.4 Parete M12



spessore 60 cm – $R_w \geq 66$ dB

3.2.2.5 Pareti vetrate piano interrato

Per le pareti vetrate al piano interrato si prevede l'installazione di serramenti vetri caratterizzati da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_{w, \text{vetro}} \geq 45$ dB, $R_{w, \text{serramento}} \geq 42$ dB.

In fase di scelta dei materiali sarà necessaria la condivisione da parte dell'impresa delle schede tecniche delle porte per la valutazione delle caratteristiche acustiche del prodotto specifico.

3.2.2.6 Pareti vetrate piano terra

Per le pareti vetrate al piano terra si prevede l'installazione di serramenti vetri caratterizzati da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_{w, \text{vetro}} \geq 45$ dB, $R_{w, \text{serramento}} \geq 42$ dB.

In fase di scelta dei materiali sarà necessaria la condivisione da parte dell'impresa delle schede tecniche delle porte per la valutazione delle caratteristiche acustiche del prodotto specifico.

3.2.3 Raccordo parete vetrata e divisorio M12 – piano interrato laboratori

In relazione alla necessità di garantire la prestazione di isolamento tra ambienti con elevate esigenze di protezione dal rumore, il raccordo tra la parete vetrata e il divisorio M12 di separazione tra i laboratori al piano interrato dovrà essere realizzato come rappresentato di seguito.

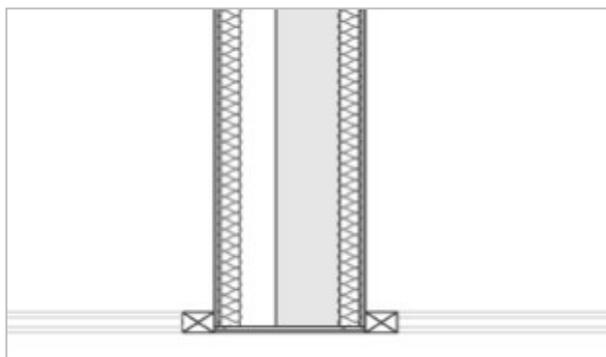


Figura 22 – Raccordo parete vetrata e divisorio M12 – piano interrato – laboratori.

3.2.4 Raccordo M08 tra facciata vetrata e divisorio M07 – piano primo uffici

Il raccordo M08 (sp. 10 cm) fra facciata e parete di separazione tra uffici dovrà essere caratterizzato da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_w \geq 57$ dB.

La stratigrafia potrà essere realizzata come riportato in Figura 24. In ogni caso il dettaglio dovrà essere sviluppato nelle successive fasi di progettazione in funzione dello spessore del montante della facciata.

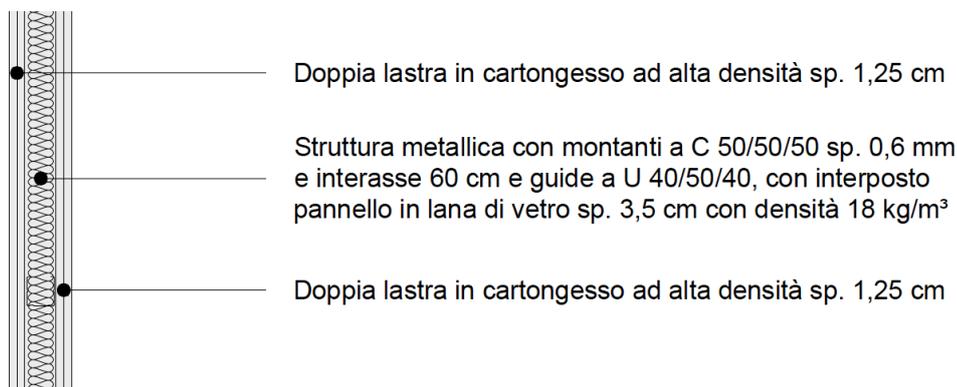


Figura 23 – Raccordo M08 tra parete di facciata e divisorio – piano primo – uffici.

3.2.5 Porte

L'attenta realizzazione e la corretta regolazione delle porte è indispensabile per raggiungere l'obiettivo di isolamento in opera.

In fase di scelta dei materiali sarà necessaria la condivisione da parte dell'impresa delle schede tecniche delle porte per la valutazione delle caratteristiche acustiche del prodotto specifico.

3.2.5.1 Porte di accesso ai locali tecnici

Le porte di accesso ai locali tecnici dovranno essere caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_w > 47$ dB.

3.2.5.2 Porte di accesso ai laboratori al piano interrato

Al piano interrato le porte di accesso ai laboratori dovranno essere caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_w > 35$ dB.

3.2.5.3 Porte vetrate di accesso ai locali del piano terra

Al piano terra le porte vetrate di accesso ai locali sotto le balconate dovranno essere caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_w \geq 35$ dB.

3.2.5.4 Porte di accesso agli uffici del piano primo

Al piano primo le porte di accesso agli uffici dovranno essere caratterizzate da un indice di valutazione del potere fonoisolante, $R_w \geq 35$ dB.

3.3 Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi

Di seguito si riportano le verifiche condotte per gli ambienti tipo ritenuti significativi.

I metodi di calcolo utilizzati per le valutazioni sono quelli esplicitati in Appendice del presente elaborato.

3.3.1 Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$

Nelle Tabelle che seguono si riportano le schede di calcolo relative agli ambienti tipo, selezionati per la verifica dell'isolamento acustico di facciata. Tali schede contengono uno stralcio di pianta con indicazione della parete considerata e le caratteristiche dei componenti edilizi nonché dell'ambiente rispetto a cui sono stati eseguiti i calcoli. In Tabella 9 si riportano i risultati dei calcoli previsionali confrontati con i valori limite ai sensi della norma UNI 11367, richiamata dal D.M. 11 ottobre 2017 *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*.

Tabella 7 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Piano	terra		
Ambiente disturbante	esterno		
Ambiente disturbato	Sala conferenze 0-10	Superficie	109,0 m ²
		Volume	512,0 m ³
Involucro opaco	parete esistente	Superficie	6,9 m ²
		Potere fonoisolante	49 dB
Involucro trasparente	serramenti vetriati	Superficie	37,5 m ²
		Potere fonoisolante	42 dB

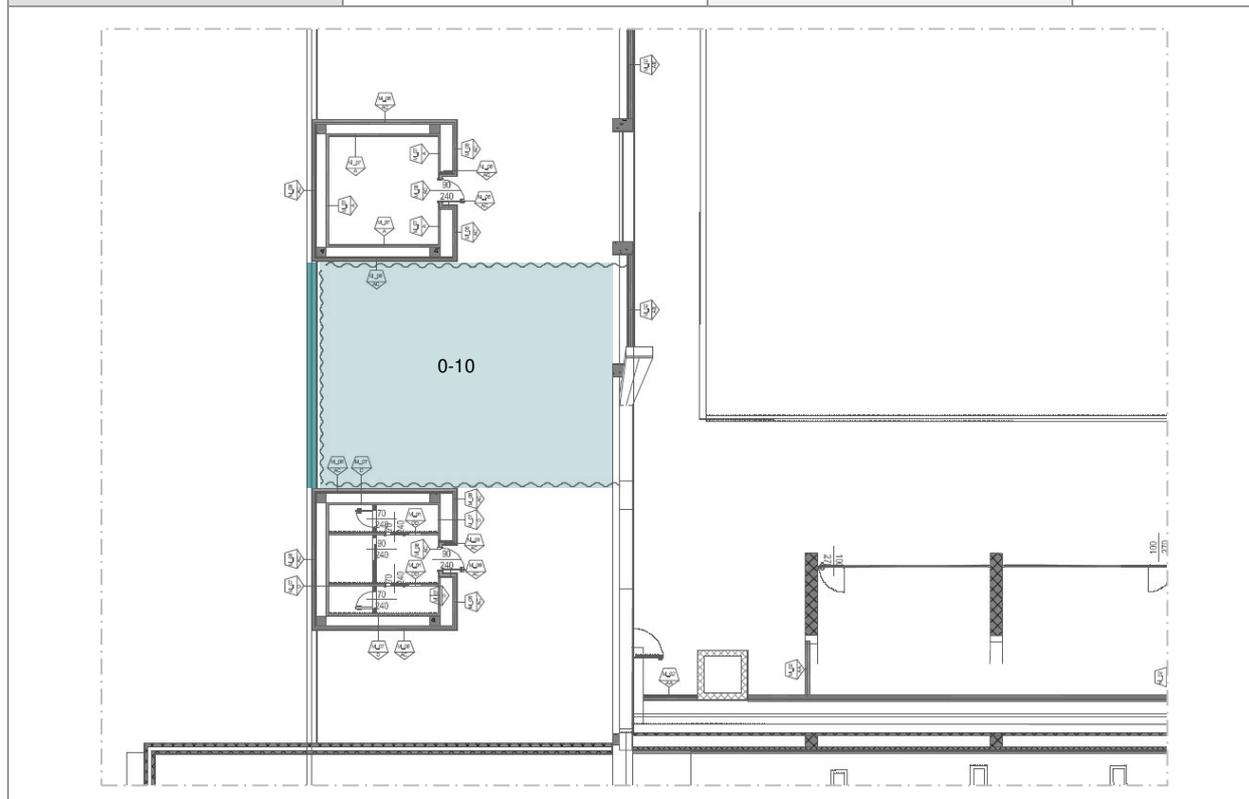


Tabella 8 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

Piano	primo		
Ambiente disturbante	esterno		
Ambiente disturbato	Ufficio 1-05	Superficie	28,0 m ²
		Volume	76,0 m ³
Involucro opaco	parete esistente	Superficie	6,4 m ²
		Potere fonoisolante serramento	49
Involucro trasparente	serramenti vetrati	Superficie	6,8 m ²
		Potere fonoisolante	42 dB

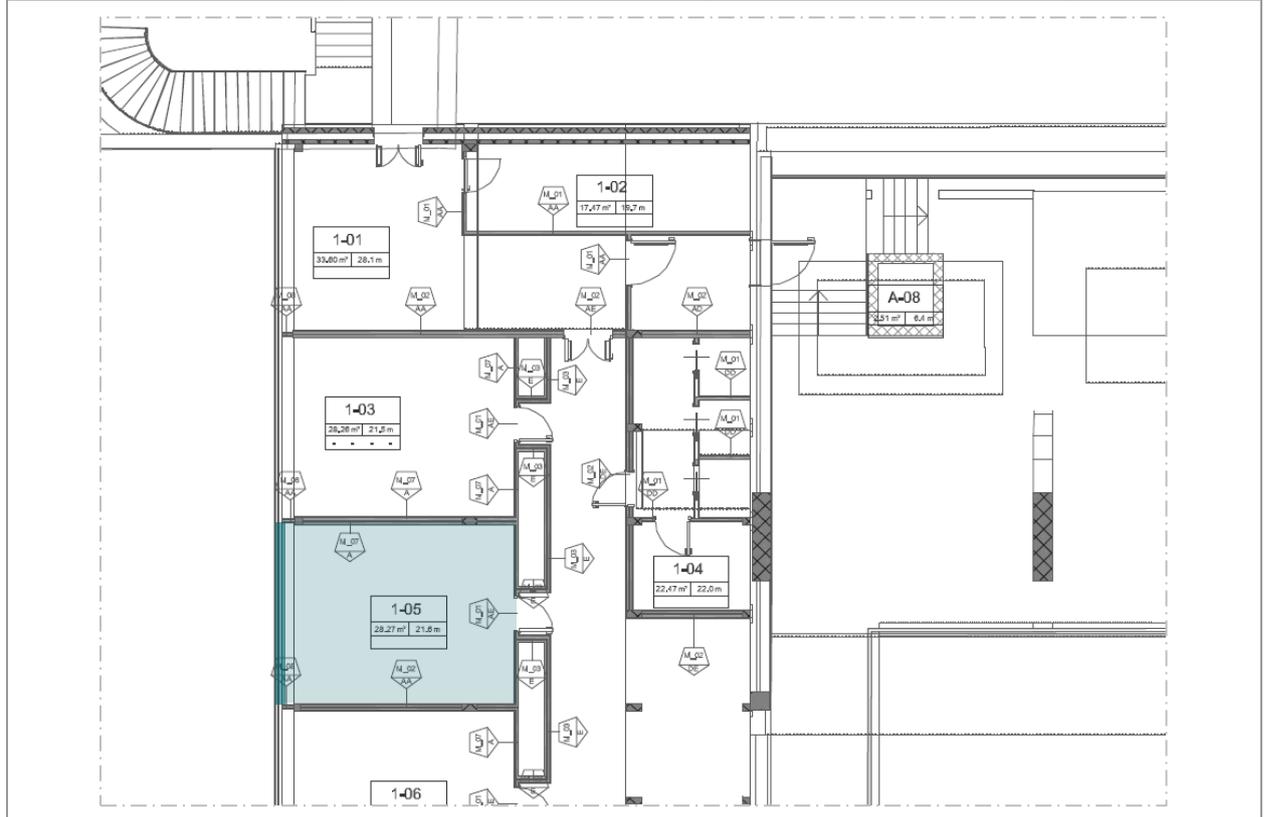


Tabella 9 - Valore dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata calcolato.

Piano	Ambiente disturbante	Ambiente disturbato	D _{2m,nT,w}	Limite D.M. 11 ottobre 2017
terra	esterno	Sala conferenze 0-10	45 dB	≥ 40 dB classe II - UNI 11367
primo		Ufficio 1-05	43 dB	

Dai risultati dei calcoli emerge che per tutti gli ambienti considerati, il valore calcolato dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata è conforme ai valori limite di cui al D.M. 11 ottobre 2017. Al Paragrafo 3.1.1 D.P.C.M. 5/12/97 – Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici della presente relazione si specifica che, ai sensi dell'articolo 25 del “Regolamento comunale per la tutela dall'inquinamento acustico” approvato dal consiglio comunale della Città di Torino in seduta del 6 marzo 2006 (D.C.C. mecc. n. 2006/12129/126), dal momento che l'intervento in oggetto si configura come riqualificazione di un immobile costituito da un'unica unità immobiliare, non sono previste verifiche relativamente ai componenti edilizi ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97. Questo è il motivo per cui il riferimento normativo indicato in Tabella 9 è il DM 11/10/2017. Tuttavia in tutti i casi i valori calcolati considerando le prestazioni dei componenti edilizi previsti a progetto sono conformi anche al limite ≥ 42 dB per gli uffici ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97.

3.3.2 Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti $D_{n,T,w}$

Nelle Tabelle che seguono si riportano le schede di calcolo relative agli ambienti tipo, selezionati per la verifica dell'isolamento acustico tra ambienti interni adiacenti. Tali schede contengono uno stralcio di pianta con indicazione della parete considerata e le caratteristiche dei componenti edilizi nonché dell'ambiente rispetto a cui sono stati eseguiti i calcoli.

In Tabella 16 si riportano i risultati dei calcoli previsionali confrontati con i valori ai sensi della NF S31-080:2006.

Tabella 10 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti.

Piano	interrato		
Ambiente disturbante	Laboratorio A-13	Superficie	193 m ²
		Volume	772 m ³
Ambiente disturbato	Laboratorio A-12	Superficie	193 m ²
		Volume	772 m ³
Partizione	parete di separazione M12	Superficie	65 m ²
		Potere fonoisolante	66 dB

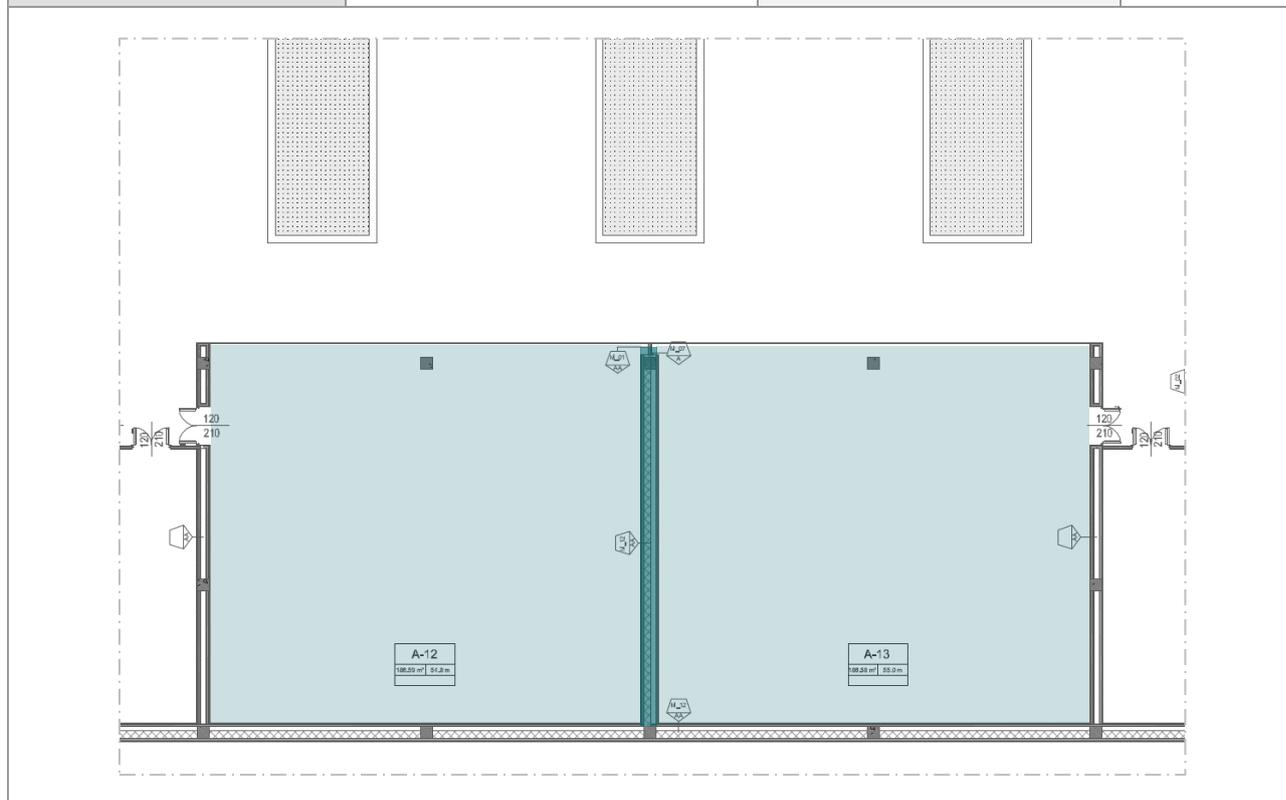


Tabella 11 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti.

Piano	interrato		
Ambiente disturbante	spazi comuni	Superficie	51 m ²
		Volume	204 m ³
Ambiente disturbato	Laboratorio A-12	Superficie	193 m ²
		Volume	772 m ³
Partizione	parete di separazione vetrata	Superficie	60 m ²
		Potere fonoisolante serramento	42 dB

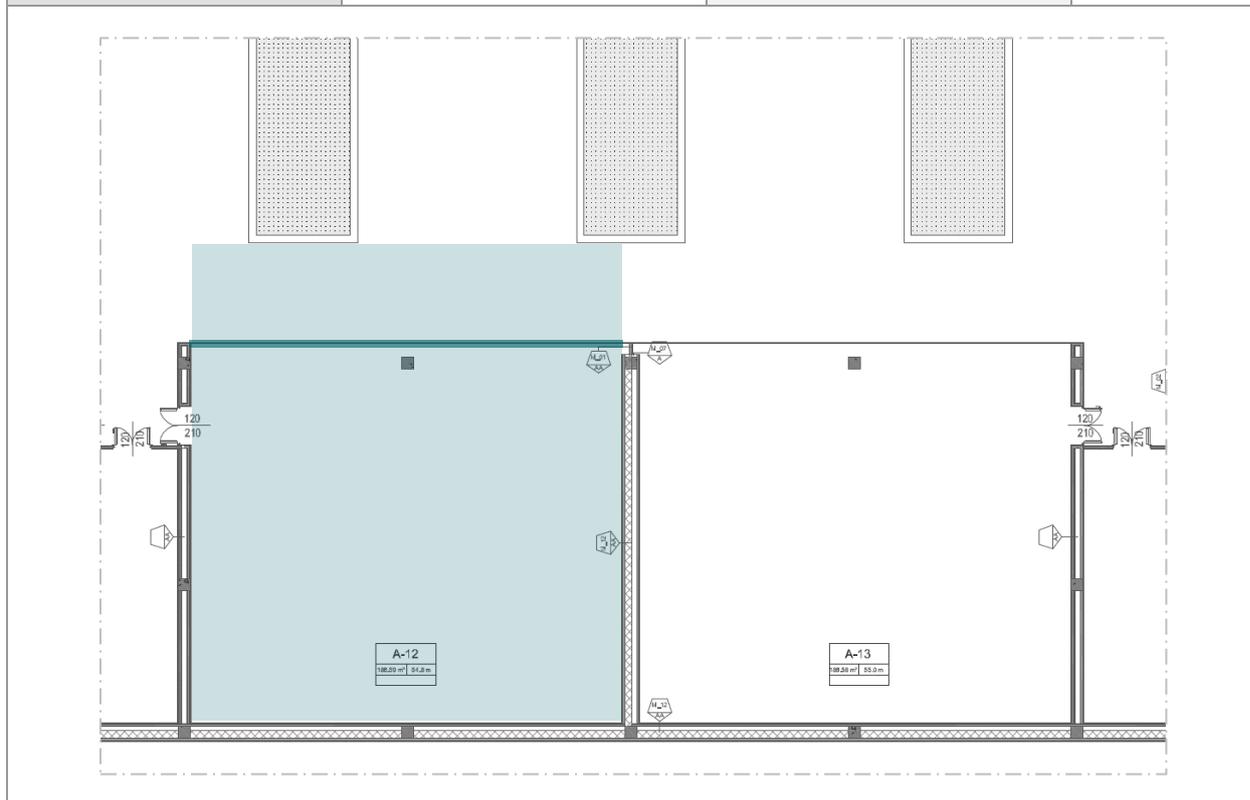
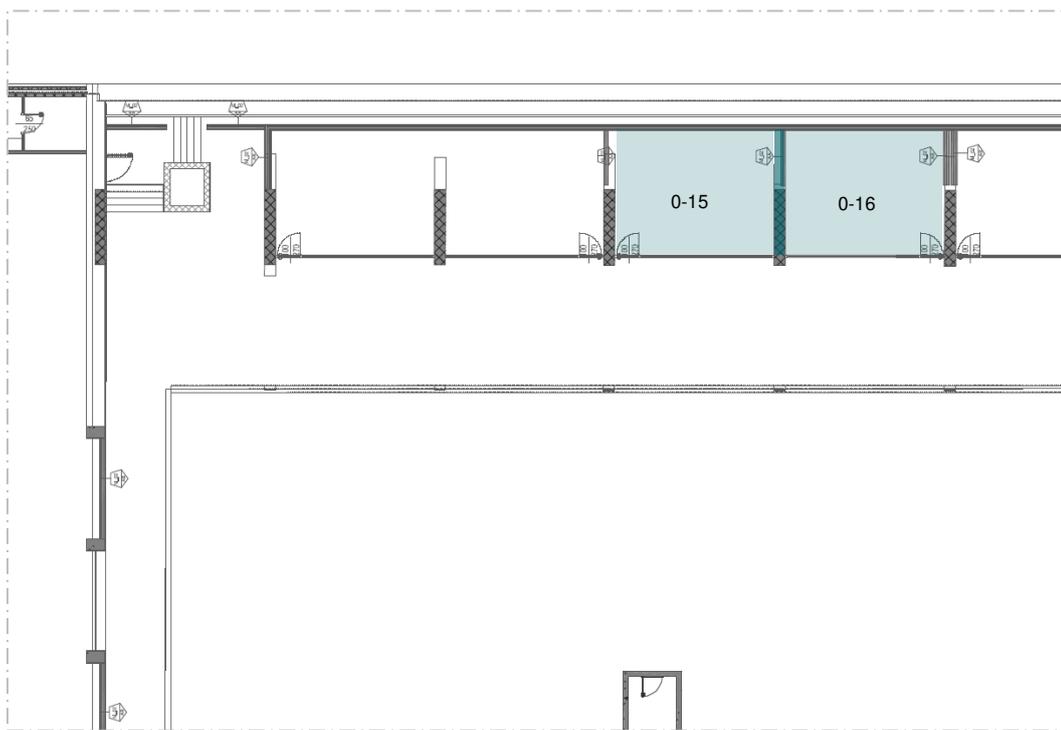


Tabella 12 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti.

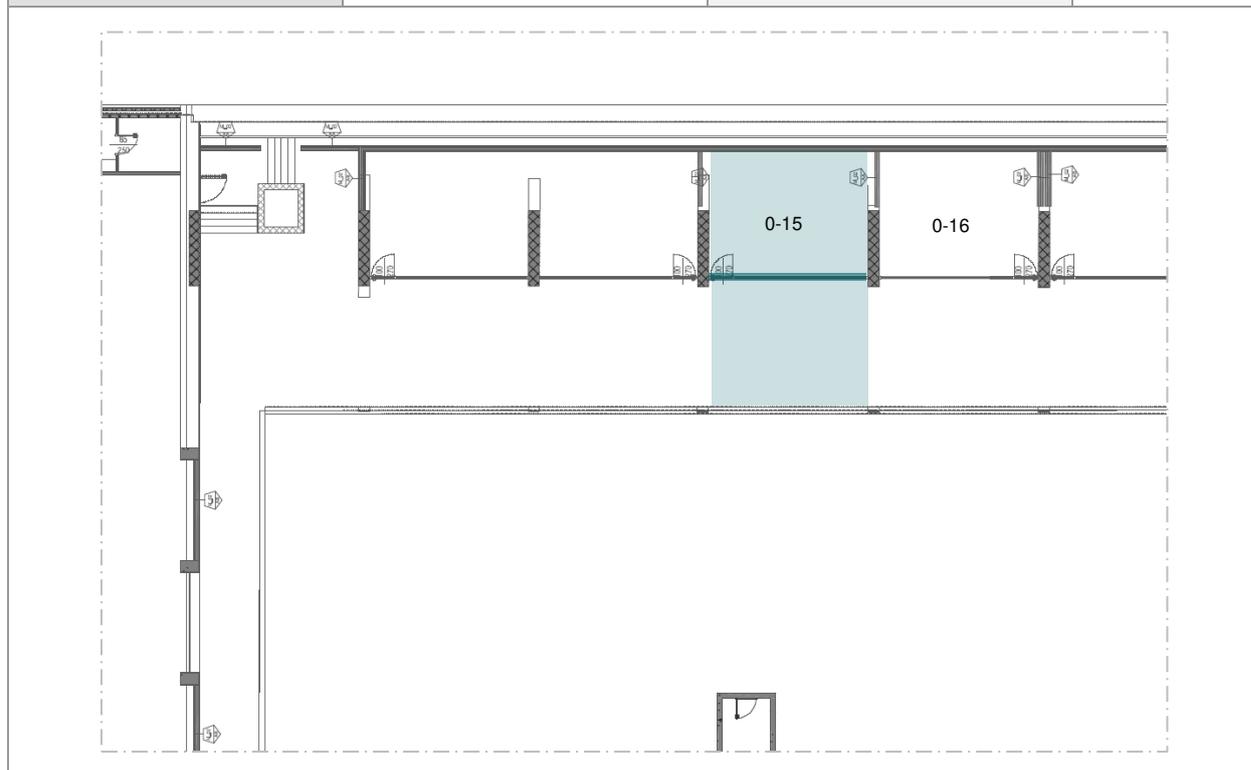
Piano	terra		
Ambiente disturbante	Spazio confinato 0-16	Superficie	42 m ²
		Volume	168 m ³
Ambiente disturbato	Spazio confinato 0-15	Superficie	41 m ²
		Volume	164 m ³
Partizione	parete di separazione M02*	Superficie	23,2 m ²
		Potere fonoisolante	62 dB



*al fine di considerare una condizione di calcolo cautelativa si considera la parete costituita dalla sola stratigrafia in cartongesso, trascurando la presenza della porzione di mensola strutturale in calcestruzzo.
 Per ulteriori considerazioni si rimanda alle indicazioni di corretta posa in opera.

Tabella 13 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti.

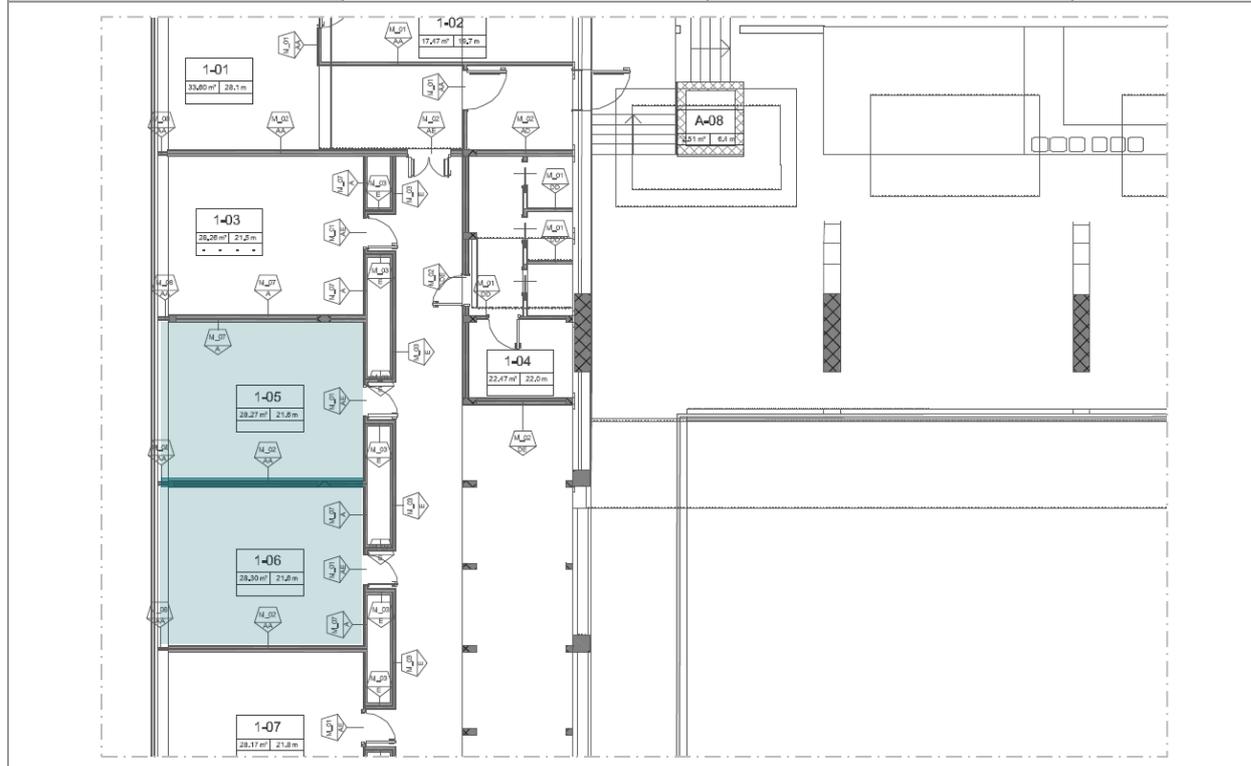
Piano	terra		
Ambiente disturbante	spazi comuni	Superficie	40 m ²
		Volume	160 m ³
Ambiente disturbato	Spazio confinato 0-15	Superficie	42 m ²
		Volume	168 m ³
Partizione	parete di separazione vetrata + porta vetrata*	Superficie	28 m ²
		Potere fonoisolante	35 dB



*al fine di considerare una condizione di calcolo cautelativa si considera il potere fonoisolante complessivo della parete equivalente a quello della sola porta vetrata.

Tabella 14 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti.

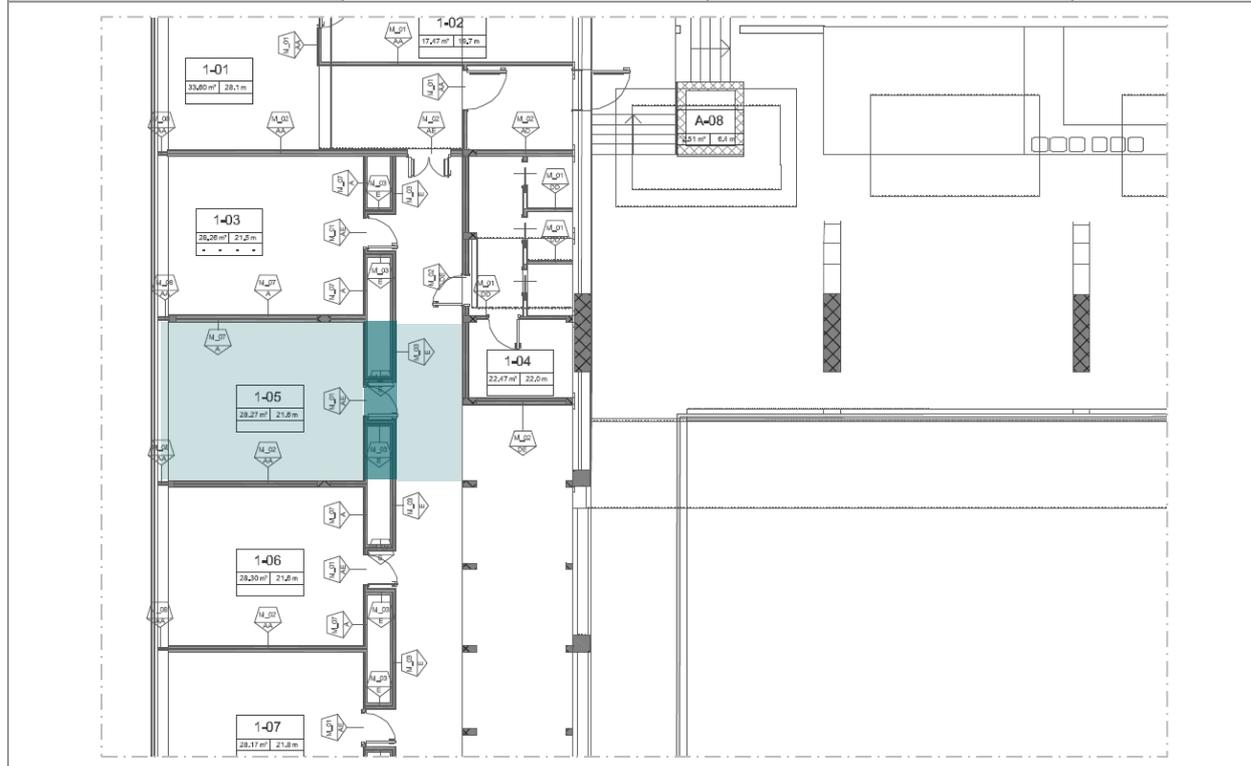
Piano	primo		
Ambiente disturbante	ufficio 1-06	Superficie	28 m ²
		Volume	76 m ³
Ambiente disturbato	ufficio 1-05	Superficie	28 m ²
		Volume	76 m ³
Partizione	parete di separazione M02 + raccordo con la facciata M08*	Superficie	17 m ²
		Potere fonoisolante	57 dB



*al fine di considerare una condizione di calcolo cautelativa si considera il potere fonoisolante complessivo della parete equivalente a quello del solo raccordo M08 di collegamento tra la facciata vetrata e il divisorio.

Tabella 15 – Scheda di calcolo relativa all'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti.

Piano	primo		
Ambiente disturbante	corridoio	Superficie	12 m ²
		Volume	32,4 m ³
Ambiente disturbato	ufficio 1-05	Superficie	28 m ²
		Volume	76 m ³
Partizione	parete di separazione + porta*	Superficie	12,7 m ²
		Potere fonoisolante	35 dB



*al fine di considerare una condizione di calcolo cautelativa si considera il potere fonoisolante complessivo della parete equivalente a quello della sola porta.

Tabella 16 - Valore dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti.

Piano	Ambiente disturbante	Ambiente disturbato	D _{nT,w}	Perdita di prestazione ai fini cautelativi	D _{nT,w} corretto	Livello di prestazione	Limite NF S 31-080
interrato	Laboratorio A-13	Laboratorio A-12	68 dB	6 dB	60 dB	elevato	45 dB*
	spazi comuni	Laboratorio A-12	52 dB	6 dB	40 dB		40 dB*
terra	Spazio confinato 0-16	Spazio confinato 0-15	64 dB	6 dB	56 dB	standard	40 dB*
	spazi comuni	Spazio confinato 0-15	35 dB	-	35 dB		35 dB*
primo	ufficio 1-06	ufficio 1-05	41 dB	-	41 dB		35 dB**
	corridoio	ufficio 1-05	30 dB	-	30 dB		30 dB**

*sala riunione / formazione
 **ufficio collettivo

Dai risultati dei calcoli emerge che le soluzioni tecnologiche previste a progetto consentono di ottenere valori dell'isolamento acustico tra ambienti in accordo con il livello di prestazione elevato per gli ambienti del piano interrato e con il livello di prestazione standard per tutti gli altri ambienti, previsti dalla NF S 31-080 per ambienti ufficio per cui siano previsti differenti utilizzi.

Relativamente ai valori riportati in Tabella 16 si specifica che nei casi in cui non è stata considerata la perdita di prestazione ai fini cautelativi era già stata considerata una condizione cautelativa relativamente alla prestazione di fonoisolamento dei singoli componenti edilizi, specificata con una nota in calce alle schede riportanti le caratteristiche degli ambienti considerati.

3.3.3 Calcolo del livello di pressione sonora di calpestio, L'_{nw}

Ai sensi del D.P.C.M 5/12/97 e del D.M. 11 ottobre 2017, poiché gli ambienti sovrapposti appartengono alla medesima unità immobiliare, la verifica non risulta applicabile.

3.4 Specifiche tecniche per l'isolamento acustico

Il presente Capitolo contiene le indicazioni circa la corretta posa dei componenti edilizi, al fine di garantire in opera le prestazioni fonoisolanti previste in progetto, e gli accorgimenti da adottare per la corretta installazione dei componenti impiantistici, al fine di limitarne la rumorosità.

3.4.1 Serramenti vetrati

Per l'isolamento dei rumori provenienti dall'esterno dell'edificio è necessario che i serramenti siano caratterizzati da adeguate prestazioni fonoisolanti. Il serramento rappresenta infatti la parte più debole della facciata.

Le caratteristiche fonoisolanti del serramento vetrato dipendono fortemente dalla tenuta all'aria del telaio perimetrale e a tal scopo è necessario prevedere l'installazione di serramenti ad elevata tenuta all'aria ai sensi delle norme UNI EN 12207 e UNI EN 12152.

In fase di scelta dei materiali sarà necessaria la condivisione da parte dell'impresa delle schede tecniche dei vetri e dei serramenti per la valutazione delle caratteristiche acustiche dei prodotti specifici, contenenti idonee certificazioni di laboratori accreditati da organismi autorizzati. Non saranno accettate forniture corredate da certificati incompleti e/o semplici dichiarazioni del Produttore.

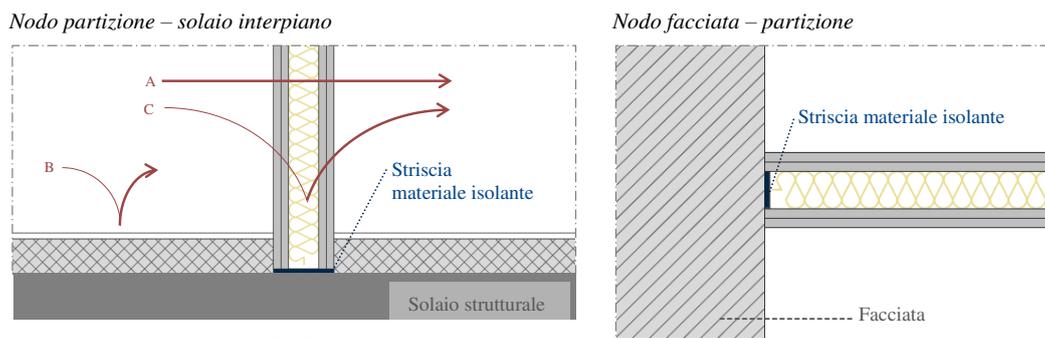
In fase di realizzazione sarà necessario da parte dell'impresa curare in maniera puntuale gli elementi di discontinuità fra i diversi componenti edili al fine di eliminare i ponti acustici, oltreché la registrazione dei serramenti. In particolare la posa in opera dei telai dovrà essere eseguita secondo gli schemi previsti dalla norma UNI 11296:2018 - *Acustica in edilizia - Posa in opera di serramenti e altri componenti di facciata - Criteri finalizzati all'ottimizzazione dell'isolamento acustico di facciata dal rumore esterno*.

3.4.2 Partizioni verticali opache

L'altezza di tutte le pareti dovrà sempre essere compresa tra l'estradosso della soletta strutturale inferiore e l'intradosso di quella superiore (non interrompere le pareti al di sopra del controsoffitto).

Tutte le pareti dovranno inoltre essere elevate al di sopra di strisce isolanti (tipo neoprene), in grado di smorzare le vibrazioni delle pareti. Una striscia isolante dovrà inoltre essere interposta tra i componenti in calcestruzzo (es. parete di facciata, partizioni) e le strutture in alluminio delle pareti in cartongesso, al fine di evitare l'insorgenza di ponti acustici.

In fase di scelta dei materiali sarà necessaria la condivisione da parte dell'impresa delle schede tecniche dalla stratigrafia della parete a secco per la valutazione delle caratteristiche acustiche del prodotto specifico.



A passaggio diretto del rumore, B e C trasmissione indiretta

Figura 24 – attacco tra parete di nuova realizzazione e strutture esistenti.

3.4.3 Partizioni verticali vetrate

Per quanto riguarda le pareti vetrate di separazione fra le sale riunione/formazione e le arre comuni/corridoi al piano interrato e terra del Padiglione 2, nel caso in cui la loro altezza sia compresa tra la quota di pavimento e il controsoffitto, dovrà essere prevista la posa di setti acustici nell'intercapedine tra il controsoffitto e il solaio superiore e l'interposizione di una guarnizione in gomma espansa (tipo neoprene), tra i profili di ancoraggio e le strutture edilizie, atta a compensare eventuali discontinuità tra materiali e ridurre eventuali ponti acustici. Si propone l'installazione di setti acustici (prefabbricati o realizzati in opera) con struttura a sandwich con interposto un pannello in fibra di poliestere o lana di roccia. La struttura in cartongesso, infatti, si presta maggiormente ad essere forata, nel caso in cui siano previsti passaggi impiantistici. Tali elementi dovranno essere caratterizzati da un valore di potere fonoisolante R_w almeno pari a 40 dB.

3.4.4 Scatole elettriche

Si consiglia di evitare la realizzazione di scatole elettriche in corrispondenza della parete di separazione tra ambienti adiacenti poiché la perdita di continuità della partizione ne indebolisce le prestazioni fonoisolanti. Nei casi in cui risulti necessario prevedere la presenza di scatole elettriche, queste dovranno essere installate in posizione sfalsata sui due lati della parete e mai in posizione contrapposta. È richiesto uno sfasamento di almeno 40 cm in orizzontale o in verticale per evitare qualsiasi problema di trasmissione sonora. Le cassette elettriche vanno opportunamente isolate attraverso l'interposizione di materiale a sigillatura degli eventuali ponti acustici e le tracce lasciate nella muratura per permettere il passaggio dei corrugati devono essere riempite con opportuno materiale isolante, secondo la procedura illustrata nel seguito.

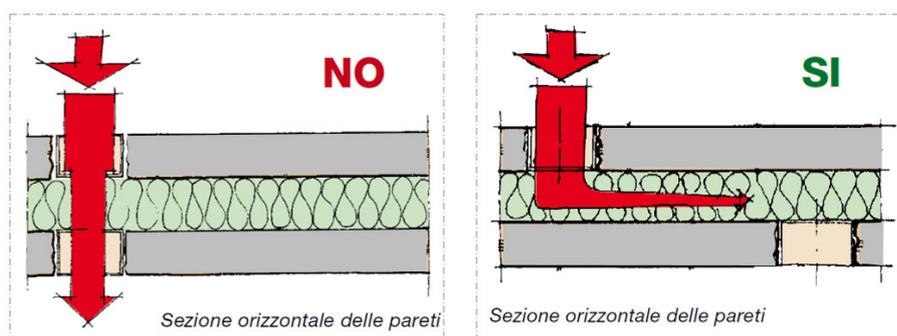


Figura 25 – Posizionamento scatole elettriche.





Figura 26 – Partizioni in cartongesso: posa delle scatole elettriche.

3.4.5 Solai interpiano

Al fine di garantire adeguato isolamento rispetto ai rumori che si propagano per via aerea, deve essere garantita in tutti i casi l'integrità dei solai interpiano, attraverso la perfetta sigillatura di eventuali forometrie con malta di cemento o schiume sigillanti ad elevato potere fonoisolante. Per quanto riguarda l'isolamento rispetto ai rumori impattivi, l'attenuazione del rumore di calpestio si deve conseguire attraverso l'impiego di un rivestimento resiliente caratterizzato da un indice di valutazione dell'attenuazione al livello di pressione sonora di calpestio, $\Delta L_w \geq 28$ dB e da una rigidità dinamica $S \leq 21$ MN/m³.

3.4.6 Trattamento antirumore della copertura

Al fine di garantire un adeguato isolamento al rumore della pioggia sulla copertura, la copertura metallica del Padiglione 2 dovrà essere acusticamente isolata prevedendo l'interposizione, all'interno della stratigrafia di Uno strato di lano minerale ad alta densità. Inoltre in corrispondenza del lato interno delle lastre metalliche di finitura dovrà essere applicata una guaina bitumata antirumore e anticondensa, composta da uno strato di guaina bitumata ed uno strato di tessuto non tessuto, oppure uno strato di polietilene reticolato antirumore, composto da uno strato di polietilene a cellule chiuse.

4 PARAMETRI DI QUALITÀ ACUSTICA

4.1 Riferimenti normativi

4.1.1 UNI 11532 – Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati

Il D.M. 11 ottobre 2017 *Criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici*, per quanto riguarda i parametri di qualità acustica rimanda alla norma UNI 11532.

La norma UNI 11532 *Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione* individua quali sono i descrittori che meglio rappresentano la qualità acustica di un ambiente, le tecniche di calcolo previsionale e misura in opera, e specifica i valori di riferimento in funzione della destinazione d'uso dell'ambiente stesso.

La UNI 11532 verrà sviluppata in più parti. Attualmente è in vigore la *Parte 1: Requisiti generali* di marzo 2018, che definisce i descrittori da utilizzare (tempo di riverbero, STI, chiarezza, ecc.) e i metodi di calcolo previsionale e verifica, e la *Parte 2: Settore scolastico* di marzo 2020 in cui vengono forniti i valori di riferimento dei diversi parametri di qualità acustica in funzione della tipologia di ambiente.

Dal momento che l'edificio in esame non si ritiene assimilabile alla destinazione d'uso scolastica, si ritiene adeguato fare riferimento all'Appendice C della norma UNI 11367 e alla norma francese NF S31-080:2006.

4.1.2 UNI 11367

L'Appendice C della norma UNI 11367 prevede di applicare la relazione riportata di seguito per la definizione dei valori ottimali di tempo di riverberazione in un ambiente non occupato adibito al parlato:

$$T_{\text{ott}} = 0,32 \log(V) + 0,03 \quad [\text{s}]$$

dove V è il volume dell'ambiente.

Per ambienti di volume compreso tra 400 e 700 m³, come ad esempio i laboratori al piano interrato o la sala conferenza al piano terra, il valore ottimale del tempo di riverberazione è pari a 0,9 s. Per ambienti di volume compreso tra 250 e 100 m³, come ad esempio gli spazi confinati al piano terra, il valore ottimale del tempo di riverberazione varia tra 0,8 e 0,7 s. Per ambienti di volume < 100 m³, come ad esempio gli uffici al piano primo, il valore ottimale del tempo di riverberazione è pari a 0,6 s.

Il valore così ottenuto corrisponde al valore ottimale del tempo di riverberazione medio fra 500 Hz e 1000 Hz. La norma suggerisce inoltre che il tempo di riverberazione in tutte le bande di ottava comprese tra 250 Hz e 4000 Hz, al fine di garantire condizioni di comfort acustico, rispetti il seguente criterio: $T \leq 1,2 T_{\text{ott}}$.

4.1.3 NF S31-080

La norma francese NF S31-080:2006 *Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace* fornisce valori di tempo di riverberazione ritenuti ottimali per il raggiungimento di condizioni di comfort acustico per la destinazione d'uso uffici.

Di rimanda al paragrafo 3.1.4 in cui si riportano i valori ottimali suggeriti dalla norma, definiti in base alla tipologia di ambiente

4.1.4 Elenco delle norme tecniche per la verifica dei parametri di qualità acustica

I calcoli sono eseguiti in accordo con i metodi di calcolo illustrati nelle seguenti norme tecniche:

- | UNI 11367:2010 *Classificazione acustica delle unità immobiliari – procedura di valutazione e verifica in opera*

Le norme tecniche da utilizzarsi in fase di verifiche in opera di rispetto dei parametri di qualità acustica sono le seguenti:

- | UNI EN ISO 3382-2:2008 *Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari*

4.2 Il trattamento acustico degli ambienti interni

Il progetto acustico di un ambiente interno ha come obiettivo il contenimento della riverberazione sonora. La rumorosità di fondo elevata e l'eccessiva riverberazione, infatti, rendono difficoltosa la comprensione del messaggio verbale e possono avere un'influenza negativa sul benessere degli occupanti.

Tuttavia, la normativa italiana non fornisce al momento indicazioni in merito ai valori di tempo di riverberazione ottimali per conseguire condizioni di comfort all'interno di spazi a destinazione d'uso ricreativa. Si è fatto pertanto riferimento alla normativa interazionale descritta nei precedenti paragrafi e a valori ottimali per l'ascolto della parola ricavati in funzione del volume dell'ambiente, da utilizzare come linea guida per l'indirizzo della progettazione acustica.

Il presente capitolo riguarda l'analisi delle scelte progettuali finalizzate all'ottimizzazione delle prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno di ambienti ritenuti rappresentativi delle soluzioni progettuali proposte. Il progetto del trattamento acustico è stato sviluppato con l'obiettivo di garantire lo svolgimento delle attività previste all'interno dei diversi ambienti in esame in condizioni acustiche adeguate, tenendo però in considerazione le caratteristiche architettoniche degli spazi e il carattere storico dell'edificio. Nei paragrafi successivi si riporta la descrizione degli interventi acustici per gli ambienti in progetto e i risultati di calcolo.

4.2.1 Padiglione 2b - piano terra - Ambienti di servizio (caffetteria, bookshop, sala conferenze)

Al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno degli ambienti di servizio al piano terra del padiglione 2b il progetto ha previsto la realizzazione di controsoffitti fonoassorbenti.

In particolare i controsoffitti saranno costituiti da una cornice perimetrale in cartongesso cieco (di larghezza pari a circa 50 cm) e da un'area centrale in pannelli in cartongesso forato, montati con intercapedine ≥ 20 cm e retrostante pannello in lana minerale o fibra poliestere (sp. ≥ 4 cm), caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,9$ secondo EN ISO 11654.

In Figura 27 si riporta una pianta del piano terra con indicazione degli ambienti in cui è presente il controsoffitto descritto, in Figura 28 si riporta una vista renderizzata dell'area caffetteria/bookshop con rappresentazione del controsoffitto fonoassorbente.

In Figura 29 si riporta l'estratto della scheda tecnica del materiale descritto con i relativi coefficienti di assorbimento acustico considerati nella presente valutazione.

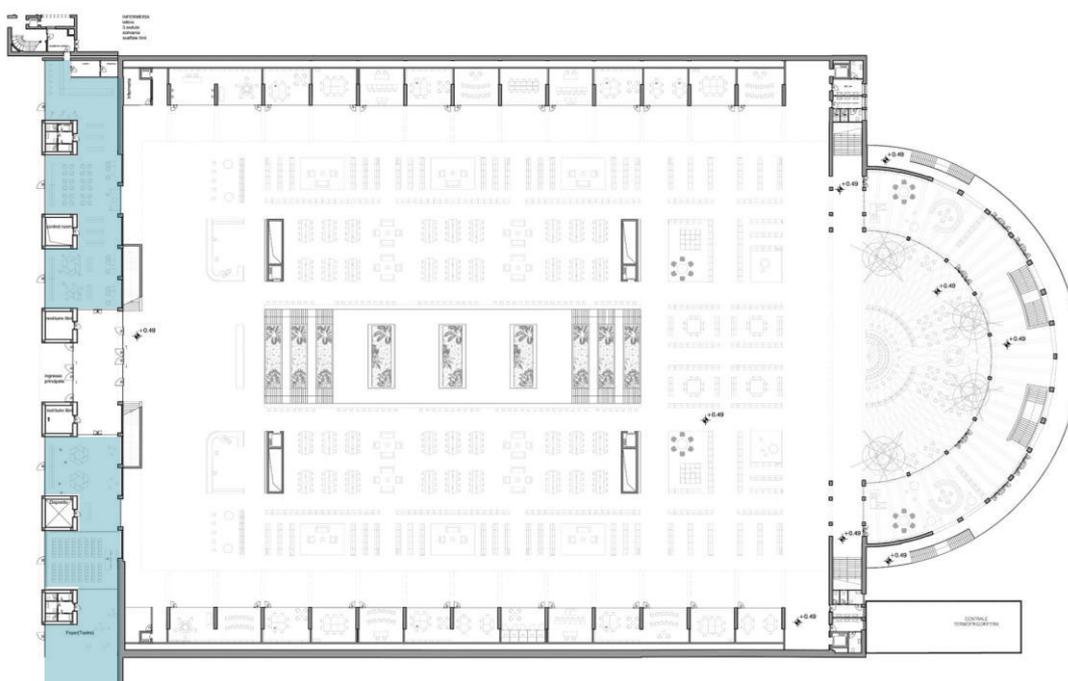


Figura 27 – Pianta del piano terra con indicazione degli ambienti del padiglione 2b con controsoffitto fonoassorbente.



Figura 28 – Caffetteria/bookshop - padiglione 2b - piano terra. Trattamento acustico a soffitto.

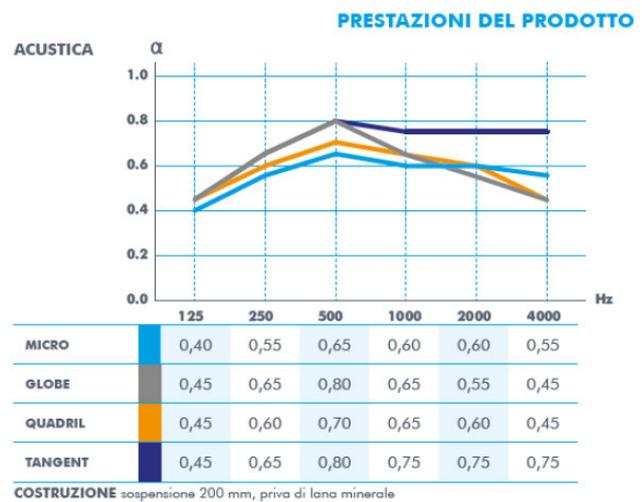
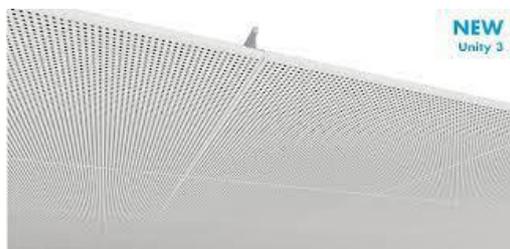


Figura 29 – Coefficienti di assorbimento acustico. Pannelli fonoassorbenti in cartongesso forato.

4.2.2 Padiglione 2b - piano primo - Uffici

Al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno degli uffici al piano primo del padiglione 2b, il progetto ha previsto la realizzazione di controsoffitti fonoassorbenti.

In particolare i controsoffitti saranno costituiti da una cornice perimetrale in cartongesso cieco (di larghezza pari a circa 50 cm) e da un'area centrale in pannelli in cartongesso forato, montati con intercapedine ≥ 20 cm e retrostante pannello in lana minerale o fibra poliestere (sp. ≥ 4 cm), caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,9$ secondo EN ISO 11654 (vedi Figura 29).

In Figura 30 si riporta una pianta del piano primo con indicazione degli ambienti in cui è presente il controsoffitto descritto.

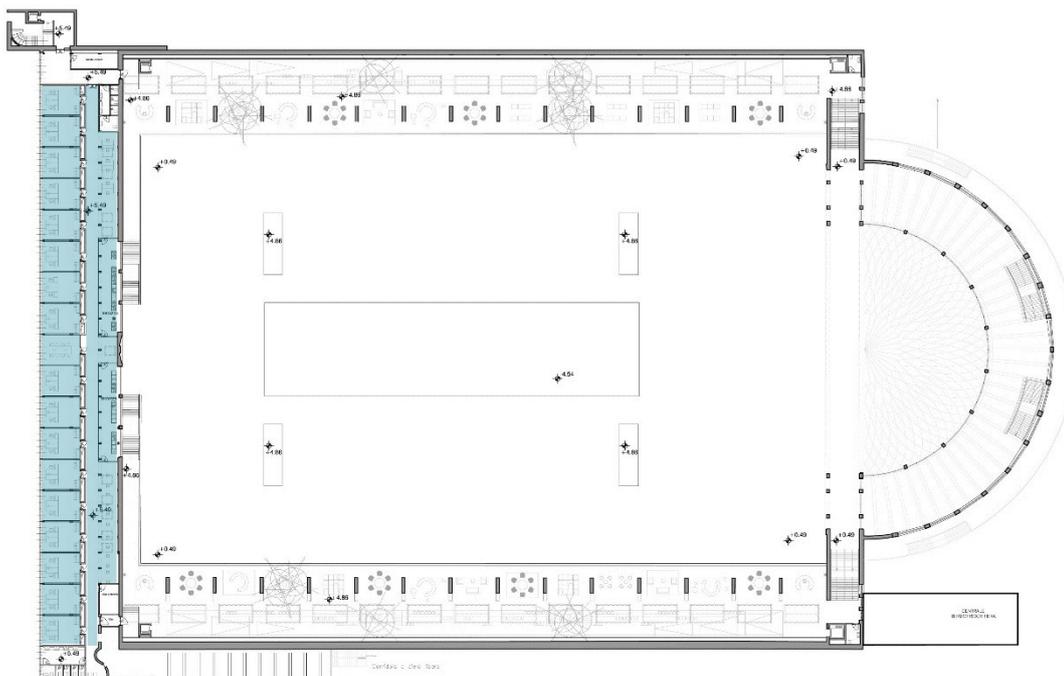


Figura 30 – Pianta del piano primo con indicazione degli uffici del padiglione 2b con controsoffitto fonoassorbente.

4.2.3 Padiglione 2 - piano interrato - Laboratori

Al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno dei laboratori al piano interrato il progetto ha previsto la realizzazione di controsoffitti fonoassorbenti.

In particolare i controsoffitti saranno costituiti da una cornice perimetrale in cartongesso cieco (di larghezza pari a circa 50 cm) e da un'area centrale in pannelli in cartongesso forato, montati con intercapedine ≥ 20 cm e retrostante pannello in lana minerale o fibra poliestere (sp. ≥ 4 cm), caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,9$ secondo EN ISO 11654 (vedi Figura 29).

In Figura 31 si riporta una pianta del piano interrato con indicazione degli ambienti in cui è presente il controsoffitto descritto.

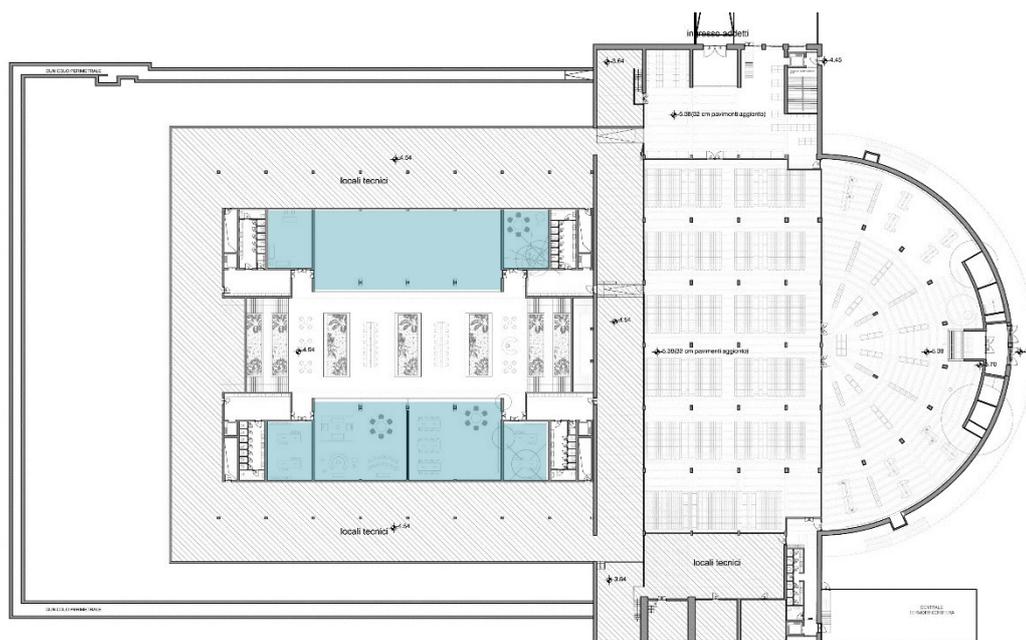


Figura 31 – Pianta del piano interrato con indicazione degli ambienti con controsoffitto fonoassorbente.

4.2.4 Padiglione 4 – piano interrato - Fondo storico

Al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno del fondo storico al piano interrato, il progetto ha previsto la realizzazione di rivestimenti fonoassorbenti a parete.

In particolare è previsto il trattamento della parete rettilinea con lastre in cartongesso forato con decoro costituito da foratura continua regolare quadrata, montate con intercapedine di 5 cm rispetto alla parete retrostante, riempita con lana minerale, caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,75$ secondo EN ISO 11654.

In Figura 32 si riporta una pianta del piano interrato con indicazione della parete del fondo storico in cui è presente il trattamento descritto. In Figura 33 si riporta l'estratto della scheda tecnica del materiale descritto.



Figura 32 – Pianta del piano interrato con indicazione dell'ambiente in cui è presente il trattamento acustico a parete (in blu).

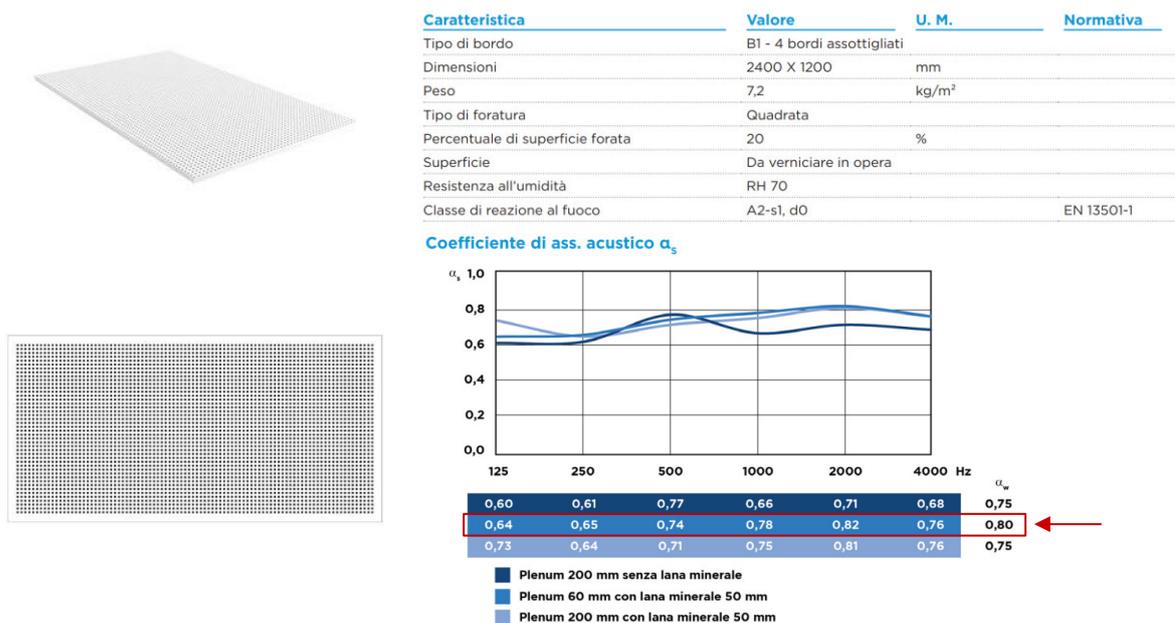


Figura 33 – Coefficienti di assorbimento acustico. Lastre in cartongesso con foratura continua regolare quadrata.

4.2.5 Padiglione 2 - piano terra - Ambienti confinati

Al fine di ottimizzare le prestazioni acustiche connesse alla riverberazione all'interno degli ambienti confinati al piano terra, considerati ai sensi della norma francese NF S31-080:2006 sale riunioni/formazione, il progetto ha previsto la realizzazione di rivestimenti fonoassorbenti a parete.

In particolare, è previsto il rivestimento della parete di fondo (parallela a quella vetrata) con lastre in cartongesso forato con decoro costituito da foratura continua regolare quadrata, montate con intercapedine di 5 cm rispetto alla parete retrostante, riempita con lana minerale, caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,75$ secondo EN ISO 11654 (Figura 33).

In Figura 34 si riporta una pianta del piano terra con indicazione degli ambienti in cui è presente il trattamento descritto.

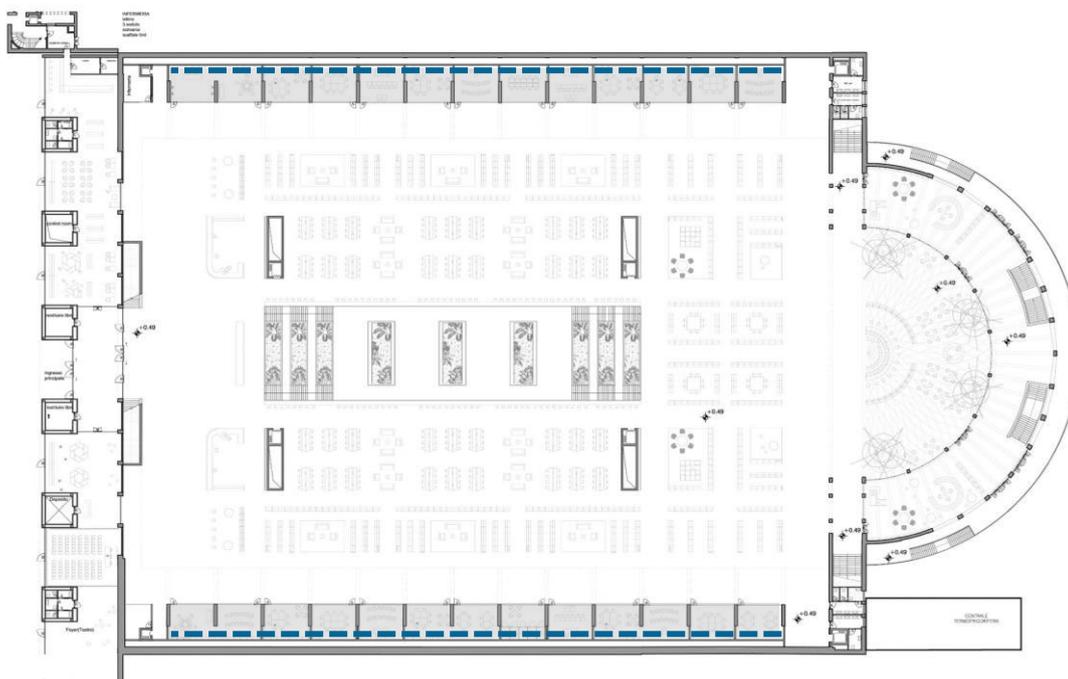


Figura 34 – Pianta del piano terra con indicazione degli ambienti in cui è presente il trattamento acustico a parete (in blu).

4.2.6 Padiglione 2 – piano terra/primo - Galleria del Sapere e balconate laterali

La Galleria del Sapere e le balconate laterali saranno destinate ad ospitare la maggior parte delle molteplici destinazioni d'uso comprese nel programma funzionale della Biblioteca. Si tratta però anche di ambienti soggetti alla tutela della qualità architettonica per i quali non deve risultare alterato il carattere storico, il pregio architettonico e la monumentalità, pertanto il controllo della riverberazione avverrà sfruttando le soluzioni progettuali di allestimento degli spazi (tavoli, sedie, scaffalature, poltrone, tappeti...).

Nell'area delle balconate al piano primo, al fine di contenere ulteriormente la riverberazione e di conseguenza il livello sonoro generato in tali spazi, si prevedono interventi specifici che riguardano il trattamento fonoassorbente della parte alta delle pareti, al di sopra delle scaffalature, con lastre in cartongesso forato con decoro costituito da foratura continua regolare quadrata, montate con intercapedine di 5 cm rispetto alla parete retrostante, riempita con lana minerale, caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,75$ secondo EN ISO 11654 (Figura 33). Si prevede inoltre la realizzazione delle alzate delle gradonate con pannelli fonoassorbenti in legno microforato caratterizzati da $\alpha_w \geq 0,5$.

In Figura 35 si riporta un'immagine renderizzata dell'area delle balconate con indicazione della posizione del trattamento acustico a parete e in corrispondenza dell'alzata delle gradonate in legno.



Figura 35 – Immagine renderizzata dell’area delle balconate con indicazione della posizione del trattamento acustico a parete (in azzurro) e in corrispondenza dell’alzata delle gradonate in legno (in verde).

4.3 I risultati di calcolo

Le verifiche sono state svolte rispetto ad alcuni ambienti ritenuti rappresentativi delle diverse tipologie di ambienti presenti in progetto (un laboratorio al piano interrato, la sala conferenze e uno spazio confinato al piano terra e un ufficio al piano primo), oltre che per la sala lettura principale all’interno del Padiglione 2. Da Figura 36 a Figura 38 si riportano le piante dei diversi piani dell’edificio con indicazione degli ambienti considerati per i calcoli.

La valutazione dei parametri di qualità acustica prende avvio dalla definizione di tutte le superfici che caratterizzano l’ambiente in esame, assegnando a queste i relativi coefficienti di assorbimento acustico in funzione del materiale di finitura.

Per quanto riguarda la Galleria del Sapere e le balconate laterali, la valutazione dei parametri acustici è stata svolta attraverso simulazione acustica con il software Odeon 9.2 che, sulla base di modelli CAD tridimensionali, ricostruisce il campo sonoro restituendo parametri oggettivi di valutazione acustica. I modelli, realizzati mediante 3dfaces (superfici tridimensionali), riproducono in modo semplificato le caratteristiche geometriche degli ambienti e sono a “tenuta d’acqua” cioè concepiti in modo da non lasciare uscire raggi sonori dall’involucro.

Relativamente agli altri ambienti è stato valutato il tempo di riverberazione, calcolato in via analitica applicando la relazione di Sabine.

Nei paragrafi che seguono si riportano i dati di input utilizzati e i risultati delle valutazioni acustiche, per ciascun ambiente analizzato.

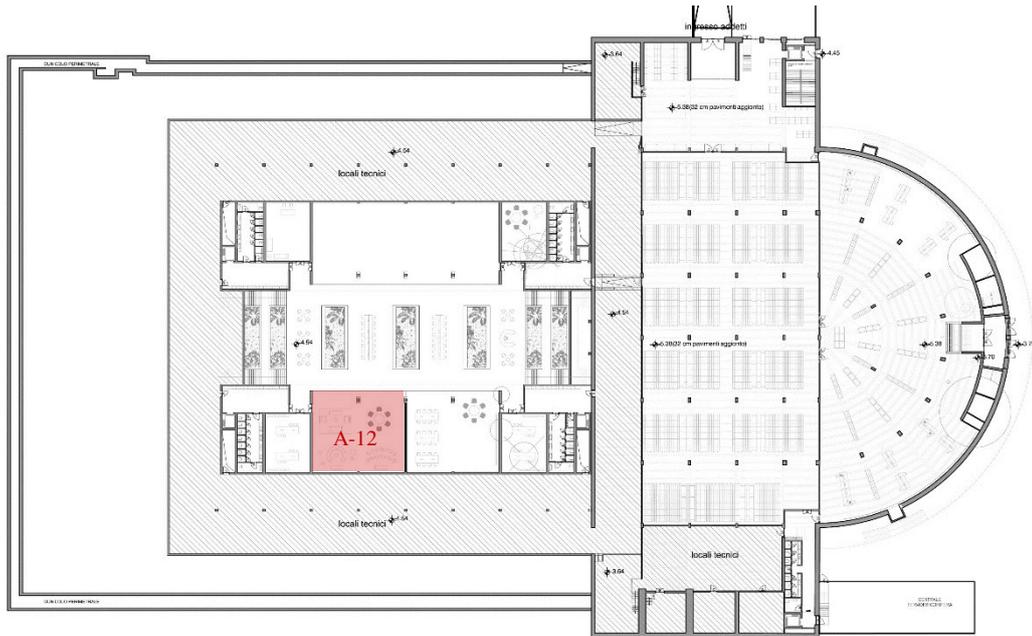


Figura 36 – Pianta piano interrato: ambienti individuati per il calcolo del tempo di riverberazione.

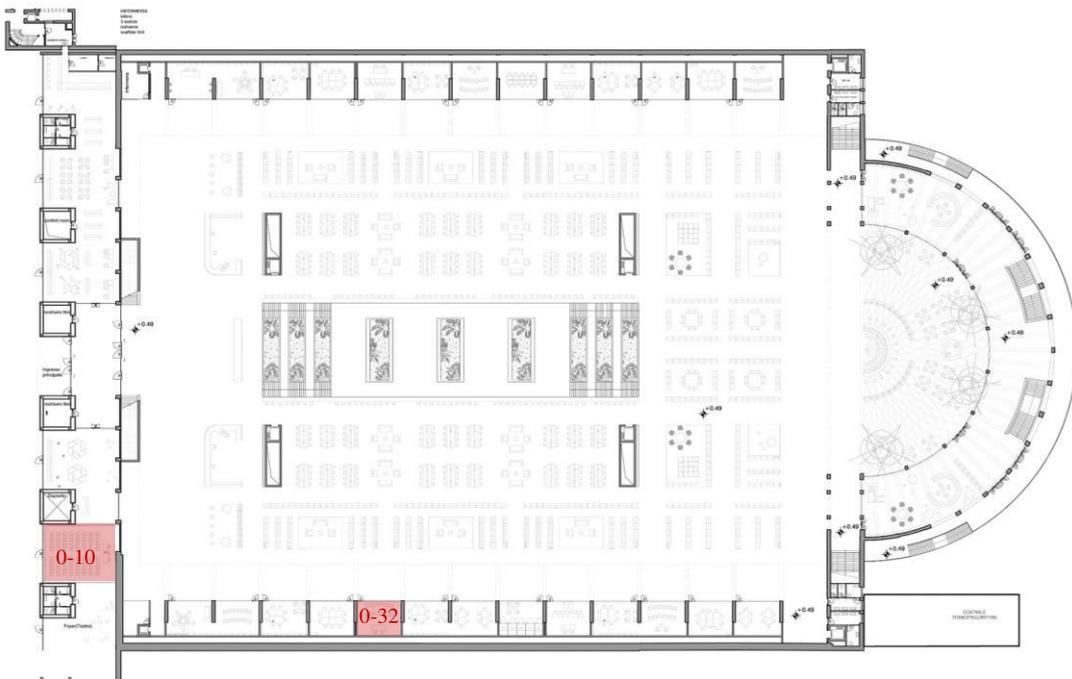


Figura 37 – Pianta piano terra: ambienti individuati per il calcolo del tempo di riverberazione.

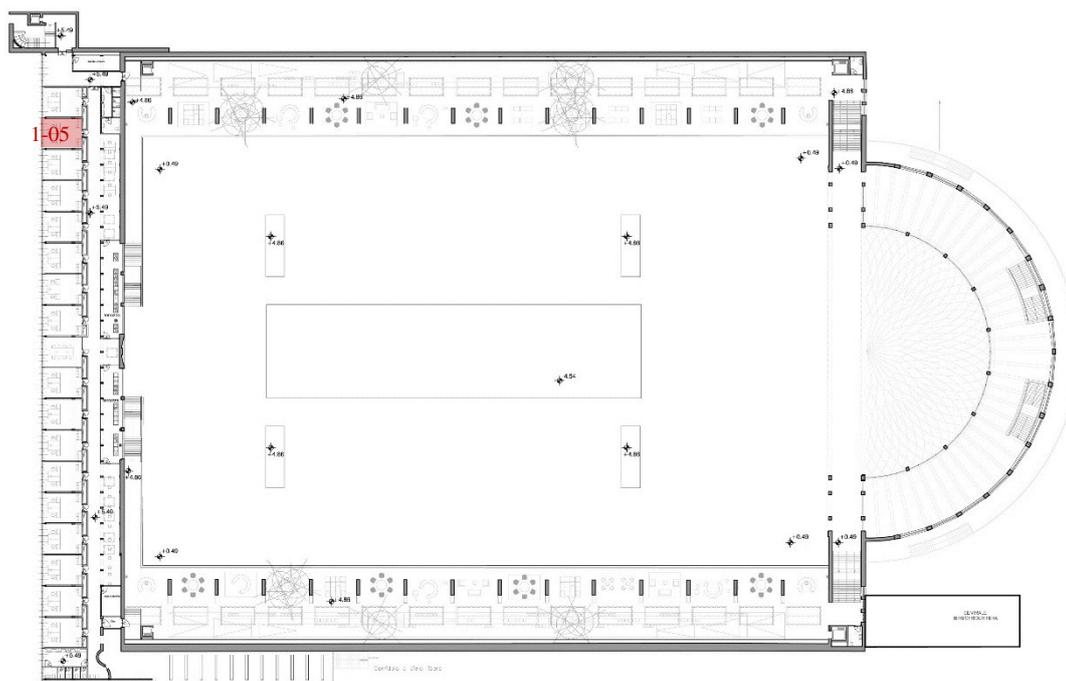


Figura 38 – Pianta piano primo: ambienti individuati per il calcolo del tempo di riverberazione.

4.3.1 La Galleria del Sapere – piano terra

L'ambiente considerato per la valutazione dei parametri acustici è la Galleria del Sapere al piano terra del Padiglione 2, incluse le balconate e l'abside.

In Tabella 17 si riporta la descrizione dei materiali di rivestimento previsti in progetto nell'ambiente in esame e in Tabella 18 si riportano i relativi coefficienti di assorbimento acustico, per le frequenze centrali di banda di ottava da 125 Hz a 4000 Hz, stimati a partire dai valori presenti in letteratura oppure desunti da scheda tecnica.

Tabella 17 - Descrizione dei materiali di rivestimento previsti per l'ambiente in esame.

Superficie	Materiale	Riferimento
SOFFITTO	Intonaco	<i>da taratura</i>
PARETI	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
PARETI VETRATE	Vetro	<i>UNI EN 12354-6 finestre, facciata di vetro</i>
PAVIMENTO	Piastrelle	<i>Building Bulletin 93 ceramic tiles with smooth surface</i>
VUOTO	-	-
SCAFFALATURE	Legno/laminato/metallo	<i>UNI 11532 scaffali per libri in biblioteca</i>
TAVOLI	Legno/laminato/metallo	<i>UNI 12354-6 sedie legno/materia plastica</i>
POLTRONE	Tessuto imbottito	<i>da letteratura Beranek, Hidaka unoccupied extralightly upholstered seats</i>
TAPPETI	Tessuto	<i>Building Bulletin 93 carpet thin over thin felt on concrete</i>
GRADONATE (alzate)	Pannelli fonoassorbenti in legno microforato	<i>Scheda tecnica</i>
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	Pannelli fonoassorbenti in cartongesso forato	<i>Scheda tecnica</i>

Tabella 18 – Coefficienti di assorbimento, per banda d’ottava da 125 Hz a 4000 Hz dei materiali di rivestimento.

Superficie	Frequenze					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SOFFITTO	0,06	0,06	0,06	0,06	0,05	0,02
PARETI	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
PARETI VETRATE	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
PAVIMENTO	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02
VUOTO	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40	0,40
SCAFFALATURE	0,30	0,39	0,39	0,31	0,29	0,21
TAVOLI	0,06	0,08	0,10	0,12	0,14	0,16
POLTRONE	0,35	0,40	0,41	0,38	0,33	0,27
TAPPETI	0,10	0,15	0,25	0,30	0,30	0,30
GRADONATE (alzate)	0,50	0,65	0,55	0,45	0,30	0,20
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	0,45	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

In Figura 39 si riportano alcune viste interne dell’ambiente ricreato tramite software di simulazione; i colori delle superfici variano in base ai coefficienti di assorbimento acustico dei materiali.

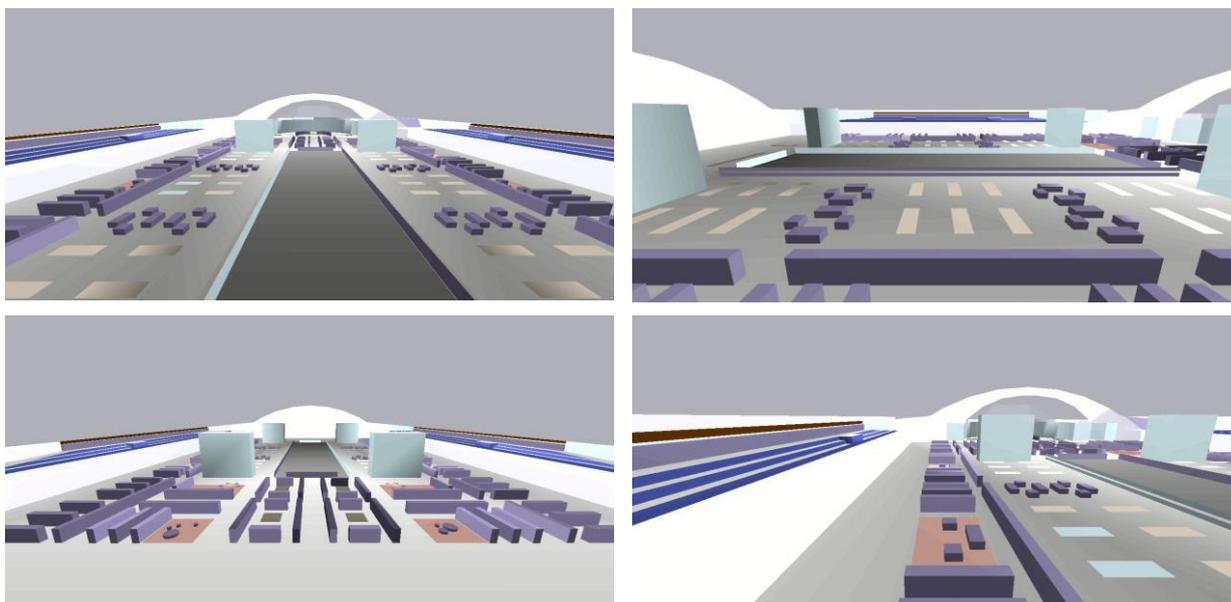
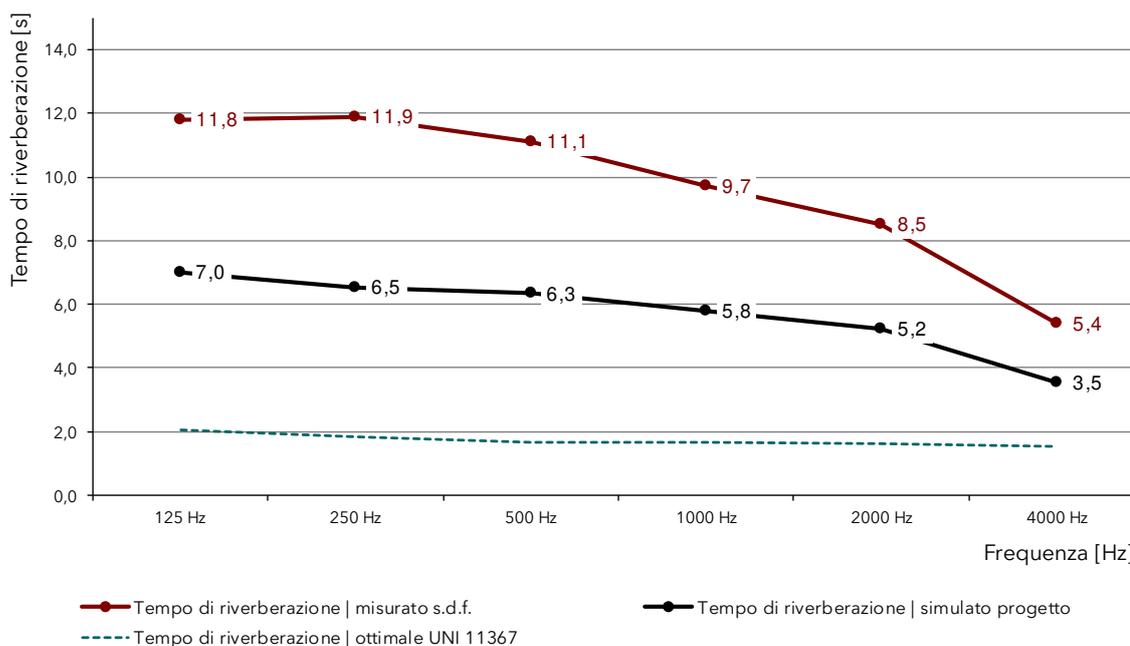


Figura 39 – Viste interne dell’ambiente ricreato attraverso il software Odeon. Configurazione di progetto.

Il primo parametro considerato per la valutazione della risposta acustica è stato il tempo di riverberazione simulato con il software Odeon, in funzione della frequenza per bande di ottava, nella configurazione di progetto considerando la presenza degli arredi principali (scaffalature, tavoli, poltrone, tappeti).

In Figura 42 si riportano i risultati del calcolo del tempo di riverberazione. Nel grafico compaiono anche i valori ottimali ai sensi della norma UNI 11367 per ambienti destinati all’ascolto della parola, in frequenza per bande di ottava, e i valori misurati nello stato di fatto.



	Tempo di riverberazione, TR[s]						Valore medio 500-2000 Hz
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Tempo di riverberazione misurato s.d.f.	11,8	11,9	11,1	9,7	8,5	5,4	9,8
Tempo di riverberazione simulato progetto	7,0	6,5	6,3	5,8	5,2	3,5	5,8
Tempo di riverberazione ottimale UNI 11367	2,0	1,9	1,7	1,7	1,6	1,5	1,7

Figura 40 – Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava. Valori calcolati e valori ottimali: Galleria del Sapere.

Dalla lettura del grafico emerge che la presenza degli arredi consente di ridurre la riverberazione all'interno dell'ambiente. In particolare dal confronto tra la curva dei valori misurati nello stato di fatto e quella dei valori simulati nella configurazione di progetto si riscontra una riduzione del tempo di riverberazione di circa 4 s. Si segnala tuttavia che i valori relativi alla configurazione di progetto risultano molto distanti dai valori ritenuti ottimali per l'ascolto della parola.

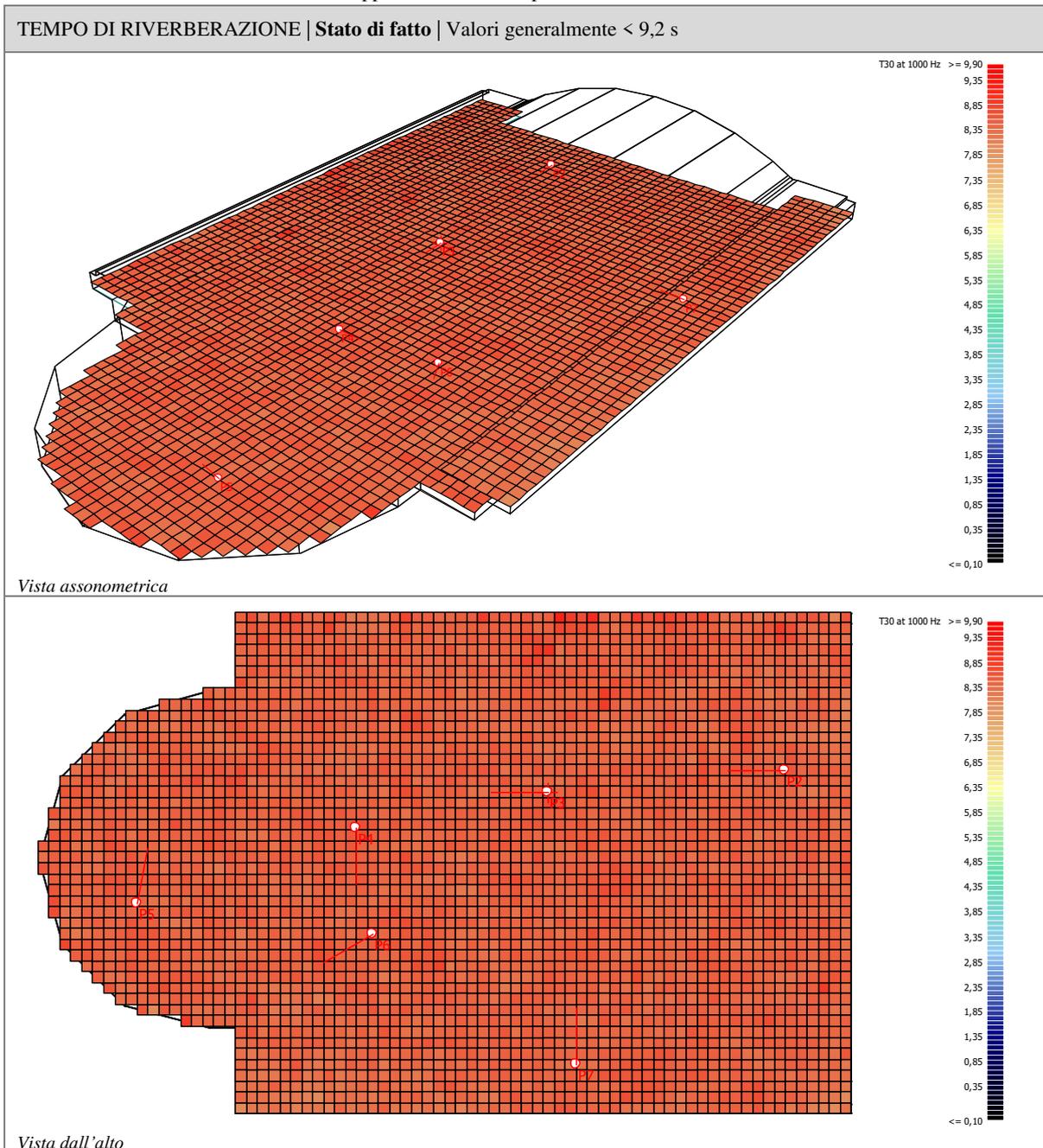
A tal proposito si ribadisce quanto già illustrato nelle linee guida alla progettazione acustica (paragrafo 2.1), ossia che si tratta di un edificio soggetto alla tutela della qualità architettonica per cui il progetto non può prevedere elementi che ne alterino il carattere storico, il pregio architettonico e la monumentalità.

Inoltre l'elevata riverberazione è da considerarsi come un tratto caratteristico dell'edificio in esame che può essere sfruttata positivamente per favorire un comportamento silenzioso e rispettoso del luogo da parte degli utenti e per garantire buone condizioni di privacy tra le diverse postazioni. L'elevata riverberazione infatti rende difficoltosa la comunicazione verbale, riducendo l'intelligibilità del segnale vocale.

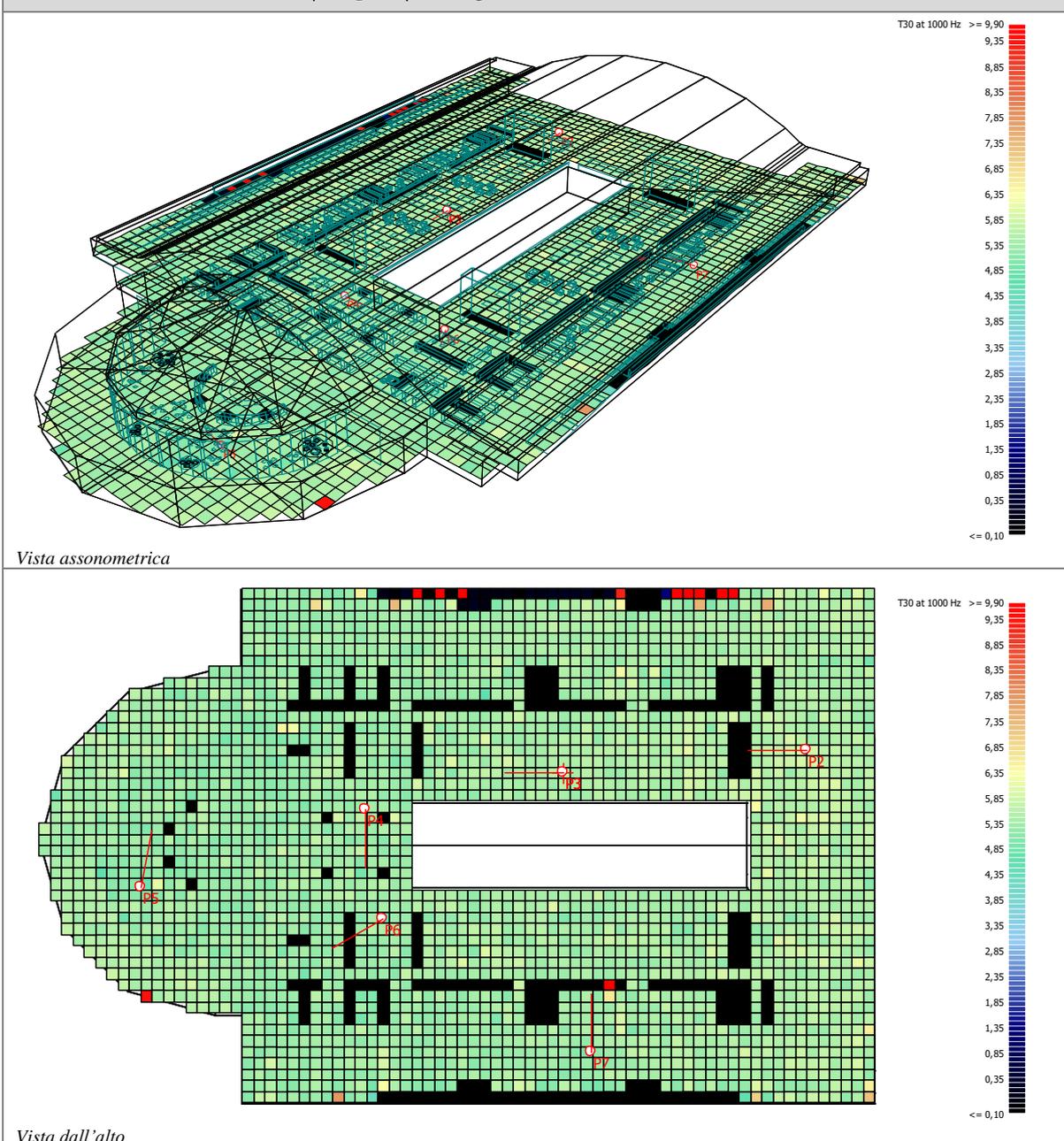
I risultati delle simulazioni sono visualizzabili attraverso mappe che permettono di valutare la distribuzione degli indici di qualità acustica all'interno della sala. In particolare, oltre al tempo di riverberazione T30, è stato analizzato l'indice di intelligibilità STI. Tali parametri sono stati calcolati considerando l'ambiente arredato e non occupato, impostando valori di rumore di fondo corrispondenti alla curva NC 35. La valutazione è stata eseguita rispetto ad una griglia di calcolo che corrisponde all'area di pavimento, posta ad un'altezza pari a 1,2 m, considerando al presenza di 6 sorgenti sonore posizionate in diversi punti dell'ambiente (in corrispondenza delle principali aree con differenti funzioni) caratterizzate da un livello di potenza sonora pari a 67 dB(A), tipico di un parlatore che si esprima con sforzo vocale normale.

In Tabella 19 si riporta il confronto tra la mappa di tempo di riverberazione relativa allo stato di fatto (corrispondente alla taratura del modello di simulazione acustica) e quella relativa alla configurazione di progetto.

Tabella 19 – Mappe cromatiche: tempo di riverberazione T30 a 1000 Hz.



TEMPO DI RIVERBERAZIONE | **Progetto** | Valori generalmente < 6,2 s

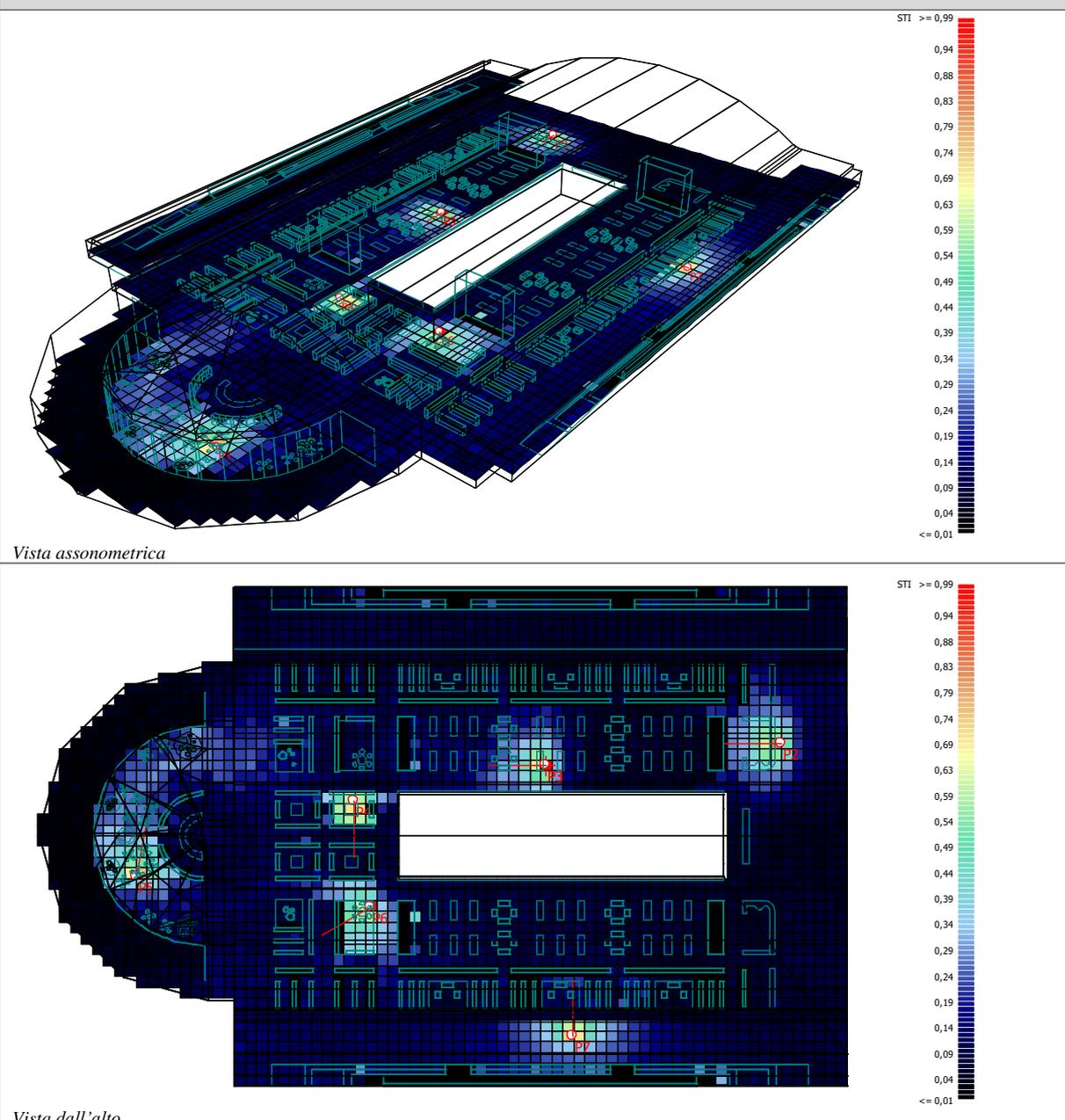


Dall'analisi delle mappe cromatiche relative alla configurazione di progetto emerge che la distribuzione in pianta del tempo di riverberazione è uniforme, ad indicare che la risposta acustica della sala non varia sensibilmente spostandosi all'interno dell'ambiente. Dal confronto con la mappa relativa allo stato di fatto emerge che l'allestimento previsto in progetto consente di ridurre sensibilmente la riverberazione all'interno della sala.

In Tabella 20 si riporta la mappa di STI relativa alla configurazione di progetto.

Tabella 20 – Mappe cromatiche: indice di intelligibilità STI.

INDICE DI INTELLIGIBILITA' | **Progetto** | Valori generalmente < 0,4



Dall'analisi delle mappe cromatiche relative all'indice di intelligibilità STI nella configurazione di progetto, emerge che già a 2 m (corrispondente al passo della griglia) di distanza dal parlatore lo STI assume valori < 0,45 che corrispondono ad una qualità del parlato scarsa, ad indicare che, a partire da tale distanza, in una determinata postazione le conversazioni in corso in un'altra postazione non risultano comprensibili, favorendo le condizioni di privacy necessarie per lo svolgimento delle funzioni proprie a cui è destinato il Padiglione. Analizzando nel dettaglio la distribuzione di tale parametro in riferimento alla posizione degli arredi (vedi Figura 41), emerge inoltre che questi ultimi, ed in particolare le scaffalature, dal punto di vista acustico, funzionano da schermi che limitano la propagazione del rumore verso le aree vicine. In riferimento a quanto evidenziato relativamente alle mappe cromatiche di cui alla Tabella 20, si evidenzia la necessità di sviluppare soluzioni di arredo ad hoc per gli spazi adattativi, ed in particolare per la zona accoglienza, con l'obiettivo di compartimentare le attività più rumorose evitando il disturbo sonoro delle zone che necessitano di una maggior protezione acustica e di maggior silenzio per lo svolgimento di compiti specifici. Si specifica inoltre che la

sorgente sonora posizionata in corrispondenza delle balconate al primo piano viene percepita anche al piano terra, pertanto, vista l'assenza di una separazione fisica tra i due livelli, dovranno essere insediate in corrispondenza di tali spazi le funzioni tra le meno disturbanti.

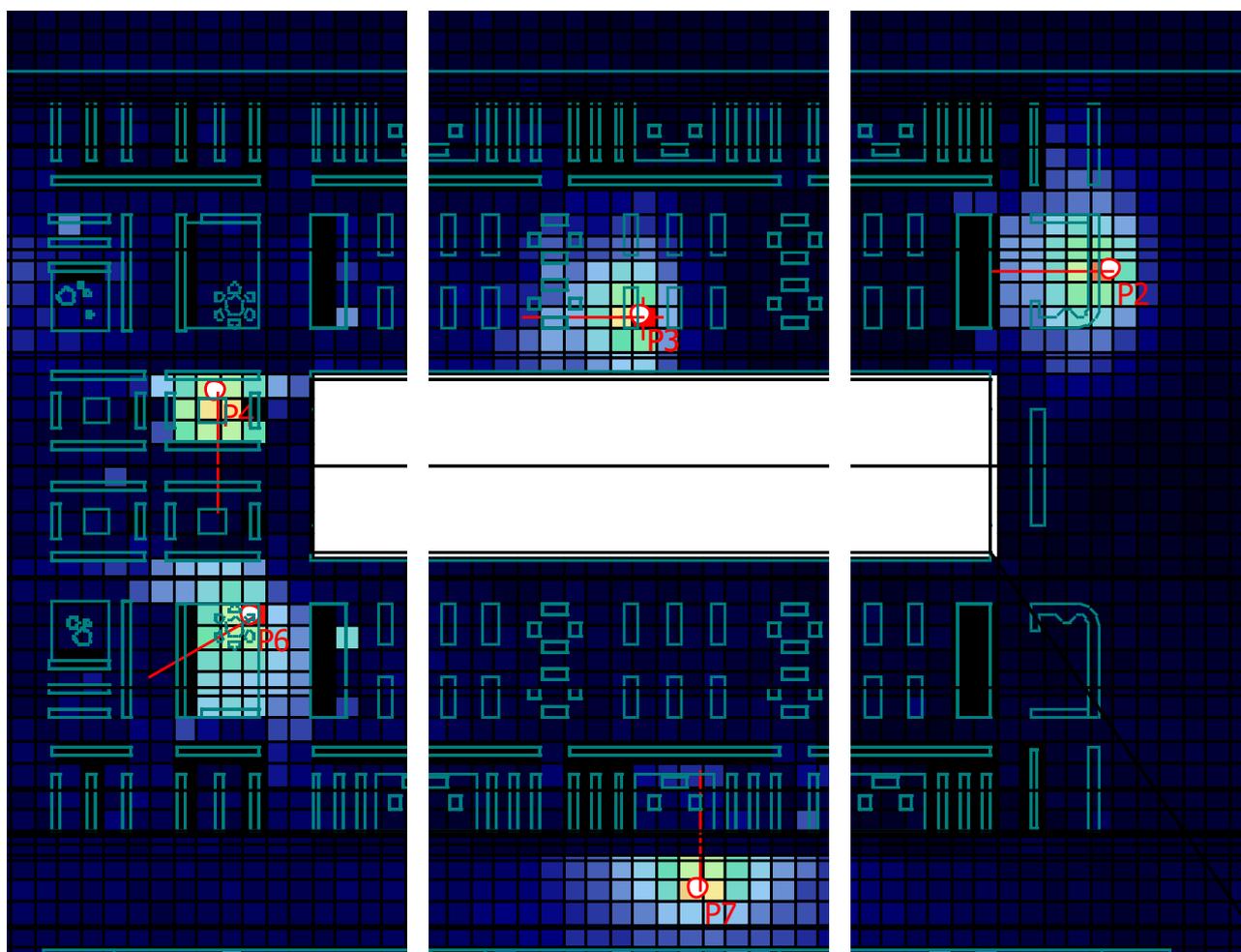


Figura 41 – Mappa di STI – configurazione di progetto. Dettaglio.

In ultimo si specifica che le condizioni di comfort acustico all'interno degli spazi della Galleria del Sapere e delle balconate possono essere ulteriormente implementate nell'ambito del progetto di allestimento mediante elementi di arredo aggiuntivi. Questi interventi possono essere sia volti ad aumentare la superficie trattata con materiale fonoassorbente che a compartimentare maggiormente gli spazi, creando aree acusticamente più protette.

Tra i possibili interventi si citano:

- la presenza di passatoie (tipo tappeti o stuoie) con la doppia funzione di aumentare l'assorbimento acustico e di attutire i rumori da impatto dovuti al calpestio;
- l'inserimento di tende con caratteristiche fonoassorbenti (in particolare in corrispondenza delle vetrate dell'abside);
- l'integrazione di pannelli fonoassorbenti negli elementi di arredo (ad es. scaffalature);
- l'introduzione di schermi verticali fonoassorbenti per maggiore delimitazione visiva e acustica delle aree in cui si prevede lo svolgimento di attività collaborative potenzialmente rumorose.

4.3.2 Laboratorio – piano interrato

L'ambiente considerato per la valutazione del tempo di riverberazione è il laboratorio A-12 al piano interrato. In Tabella 21 si riporta la descrizione dei materiali di rivestimento previsti in progetto nell'ambiente in esame e in Tabella 22 si riportano i relativi coefficienti di assorbimento acustico, per le frequenze centrali di banda di ottava da 125 Hz a 4000 Hz, stimati a partire dai valori presenti in letteratura oppure desunti da scheda tecnica.

Tabella 21 - Descrizione dei materiali di rivestimento previsti per l'ambiente in esame.

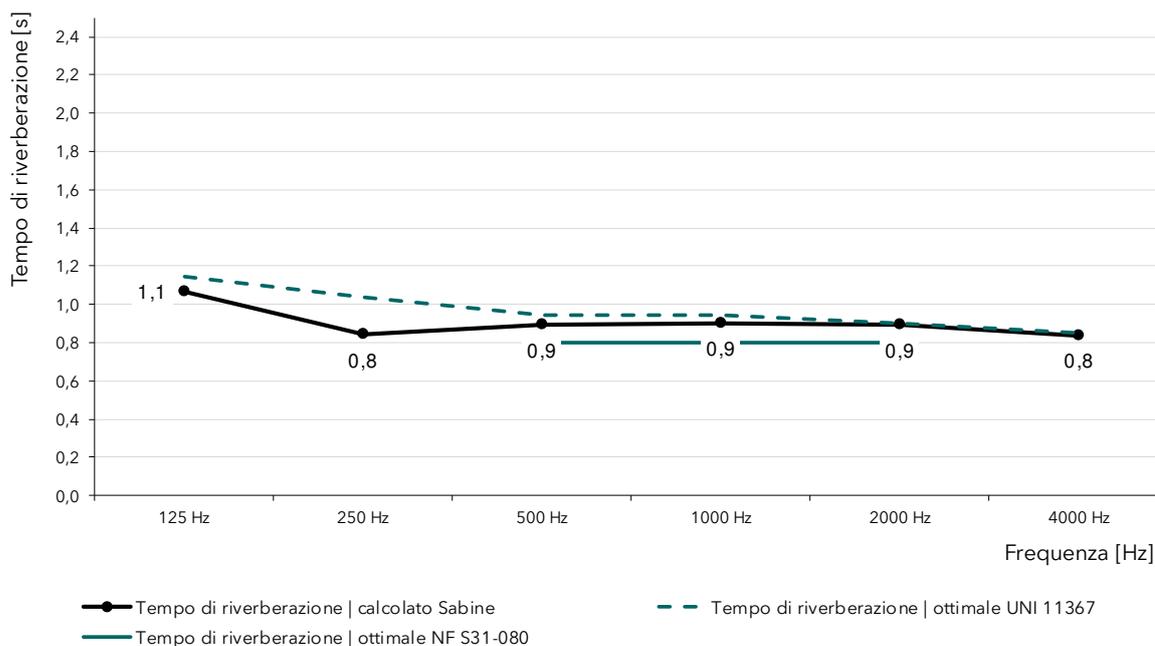
Superficie	Materiale	Riferimento
SOFFITTO	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	Pannelli fonoassorbenti in cartongesso forato	<i>Scheda tecnica</i>
PARETI	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
PARETI VETRATE	Vetro	<i>UNI EN 12354-6 finestre, facciata di vetro</i>
PORTE	Legno/laminato/metallo	<i>UNI EN 12354-6 porte</i>
PAVIMENTO	Piastrelle	<i>Building Bulletin 93 ceramic tiles with smooth surface</i>

Tabella 22 – Coefficienti di assorbimento, per banda d'ottava da 125 Hz a 4000 Hz dei materiali di rivestimento.

Superficie	Frequenze					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SOFFITTO	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	0,45	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
PARETI	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
PARETI VETRATE	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
PORTE	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
PAVIMENTO	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Il parametro considerato per la valutazione della risposta acustica è stato il tempo di riverberazione calcolato applicando la relazione di Sabine, in funzione della frequenza per bande di ottava, considerando l'ambiente non arredato e non occupato.

In Figura 42 si riportano i risultati del calcolo del tempo di riverberazione. Nel grafico compaiono anche i valori ottimali ai sensi della norma UNI 11367, in frequenza per bande di ottava, e il valore ottimale ai sensi della NF S31-080 per sale riunione/formazione, inteso come valore medio alle frequenze comprese tra 500 e 2000 Hz, relativo al livello di prestazione standard.



	Tempo di riverberazione, TR [s]						Valore medio 500-2000 Hz
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Tempo di riverberazione calcolato Sabine	1,1	0,8	0,9	0,9	0,9	0,8	0,9
Tempo di riverberazione ottimale UNI 11367	1,1	1,0	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
Tempo di riverberazione ottimale NF S31-080							< 0,8

Figura 42 – Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava. Valori calcolati e valori ottimali: laboratorio.

Dal confronto tra le curve emerge che il trattamento acustico proposto consente di ottenere valori di riverberazione in linea con i valori ottimali, ad indicare il conseguimento di condizioni di comfort acustico per gli occupanti in riferimento alla destinazione d’uso dell’ambiente.

Si sottolinea che la risposta acustica della sala è da ritenersi soddisfacente esclusivamente in riferimento ai materiali considerati e precedentemente descritti. Ogni variazione al progetto dovrà essere pertanto verificata dal punto di vista acustico.

4.3.3 Sala conferenze – piano terra

L’ambiente considerato per la valutazione del tempo di riverberazione è la sala conferenze 0-10 al piano terra. In Tabella 23 si riporta la descrizione dei materiali di rivestimento previsti in progetto nell’ambiente in esame e in Tabella 24 si riportano i relativi coefficienti di assorbimento acustico, per le frequenze centrali di banda di ottava da 125 Hz a 4000 Hz, stimati a partire dai valori presenti in letteratura oppure desunti da scheda tecnica.

Tabella 23 - Descrizione dei materiali di rivestimento previsti per l’ambiente in esame.

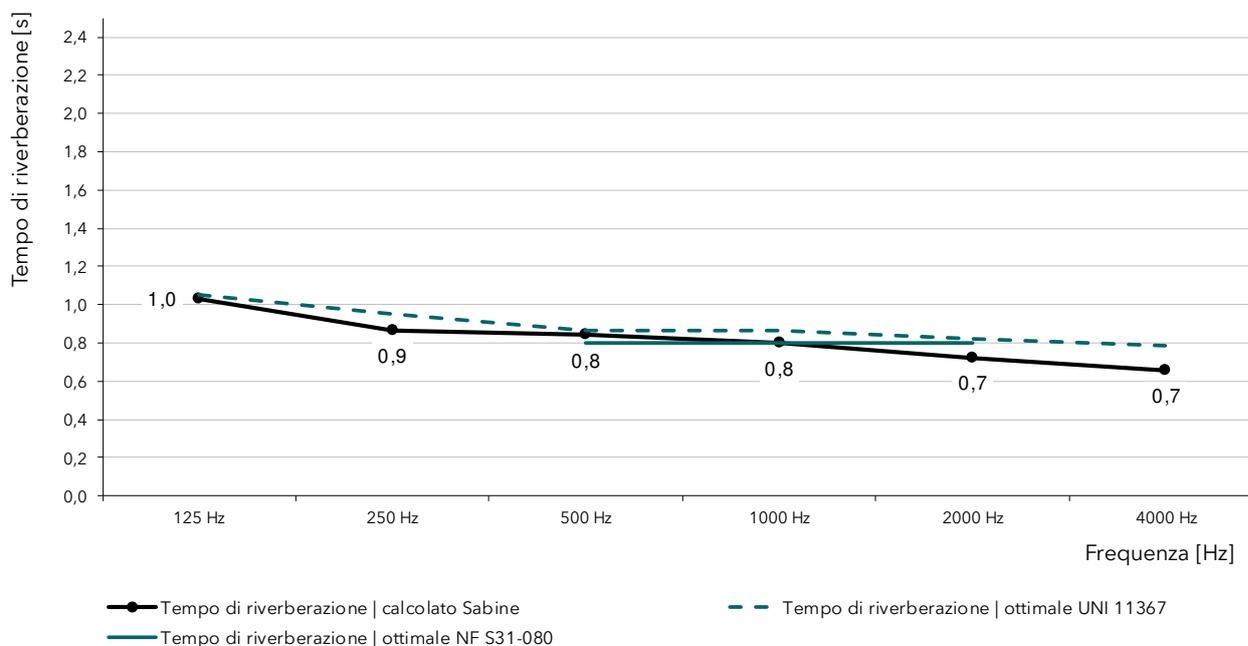
Superficie	Materiale	Riferimento
SOFFITTO	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	Pannelli fonoassorbenti in cartongesso forato	<i>Scheda tecnica</i>
PARETI	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
TENDE	Tessuto	<i>UNI EN 12354-6 tendaggi minimo tipico</i>
PAVIMENTO	Piastrelle	<i>Building Bulletin 93 ceramic tiles with smooth surface</i>

Tabella 24 – Coefficienti di assorbimento, per banda d’ottava da 125 Hz a 4000 Hz dei materiali di rivestimento.

Superficie	Frequenze					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SOFFITTO	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	0,45	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70
PARETI	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
TENDE	0,12	0,06	0,09	0,12	0,18	0,22
PAVIMENTO	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Il parametro considerato per la valutazione della risposta acustica è stato il tempo di riverberazione calcolato applicando la relazione di Sabine, in funzione della frequenza per bande di ottava, considerando l’ambiente non arredato e non occupato.

In Figura 43 si riportano i risultati del calcolo del tempo di riverberazione. Nel grafico compaiono anche i valori ottimali ai sensi della norma UNI 11367, in frequenza per bande di ottava, e il valore ottimale ai sensi della NF S31-080 per sale riunione/formazione, inteso come valore medio alle frequenze comprese tra 500 e 2000 Hz, relativo al livello di prestazione standard.



	Tempo di riverberazione, TR[s]						Valore medio 500-2000 Hz
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Tempo di riverberazione calcolato Sabine	1,0	0,9	0,8	0,8	0,7	0,7	0,8
Tempo di riverberazione ottimale UNI 11367	1,0	1,0	0,9	0,9	0,8	0,8	0,9
Tempo di riverberazione ottimale NF S31-080							< 0,8

Figura 43 – Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava. Valori calcolati e valori ottimali: sala conferenze.

Dal confronto tra le curve emerge che il trattamento acustico proposto consente di ottenere valori di riverberazione in linea con i valori ottimali, ad indicare il conseguimento di condizioni di comfort acustico per gli occupanti in riferimento alla destinazione d’uso dell’ambiente.

Si sottolinea che la risposta acustica della sala è da ritenersi soddisfacente esclusivamente in riferimento ai materiali considerati e precedentemente descritti. Ogni variazione al progetto dovrà essere pertanto verificata dal punto di vista acustico.

4.3.4 Spazio confinato – piano terra

L'ambiente considerato per la valutazione del tempo di riverberazione è la sala conferenze 0-32 al piano terra. In Tabella 25 si riporta la descrizione dei materiali di rivestimento previsti in progetto nell'ambiente in esame e in Tabella 26 si riportano i relativi coefficienti di assorbimento acustico, per le frequenze centrali di banda di ottava da 125 Hz a 4000 Hz, stimati a partire dai valori presenti in letteratura oppure desunti da scheda tecnica.

Tabella 25 - Descrizione dei materiali di rivestimento previsti per l'ambiente in esame.

Superficie	Materiale	Riferimento
SOFFITTO	Intonaco	<i>Building Bulletin 93 plaster on solid wall</i>
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	Pannelli fonoassorbenti in cartongesso forato	<i>Scheda tecnica</i>
PARETI	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
TENDE	Tessuto	<i>Building Bulletin 93 curtains hung straight and close to wall</i>
PAVIMENTO	Piastrelle	<i>Building Bulletin 93 ceramic tiles with smooth surface</i>

Tabella 26 – Coefficienti di assorbimento, per banda d'ottava da 125 Hz a 4000 Hz dei materiali di rivestimento.

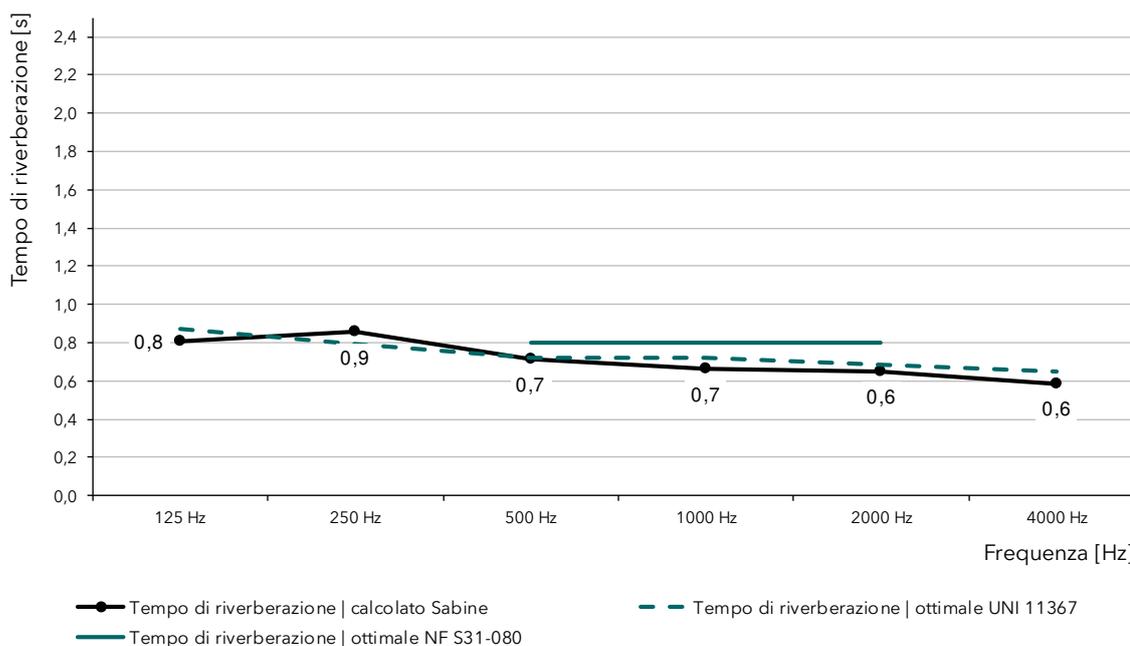
Superficie	Frequenze					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SOFFITTO	0,04	0,05	0,06	0,08	0,04	0,06
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	0,64	0,65	0,74	0,78	0,82	0,76
PARETI	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
TENDE	0,12	0,10	0,25	0,28	0,30	0,40
PAVIMENTO	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Il parametro considerato per la valutazione della risposta acustica è stato il tempo di riverberazione calcolato applicando la relazione di Sabine, in funzione della frequenza per bande di ottava, considerando l'ambiente non arredato e non occupato.

In Figura 44 si riportano i risultati del calcolo del tempo di riverberazione. Nel grafico compaiono anche i valori ottimali ai sensi della norma UNI 11367, in frequenza per bande di ottava, e il valore ottimale ai sensi della NF S31-080 per sale riunione/formazione, inteso come valore medio alle frequenze comprese tra 500 e 2000 Hz, relativo al livello di prestazione standard.

Dal confronto tra le curve emerge che il trattamento acustico proposto consente di ottenere valori di riverberazione in linea con i valori ottimali, ad indicare il conseguimento di condizioni di comfort acustico per gli occupanti in riferimento alla destinazione d'uso dell'ambiente.

Si sottolinea che la risposta acustica della sala è da ritenersi soddisfacente esclusivamente in riferimento ai materiali considerati e precedentemente descritti. Ogni variazione al progetto dovrà essere pertanto verificata dal punto di vista acustico.



	Tempo di riverberazione, TR[s]						Valore medio 500-2000 Hz
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Tempo di riverberazione calcolato Sabine	0,8	0,9	0,7	0,7	0,6	0,6	0,7
Tempo di riverberazione ottimale UNI 11367	0,9	0,8	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7
Tempo di riverberazione ottimale NF S31-080							< 0,8

Figura 44 – Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava. Valori calcolati e valori ottimali: spazio confinato.

4.3.5 Ufficio – piano primo

L’ambiente considerato per la valutazione del tempo di riverberazione è l’ufficio 1-05 al piano primo.

In Tabella 27 si riporta la descrizione dei materiali di rivestimento previsti in progetto nell’ambiente in esame e in Tabella 28 si riportano i relativi coefficienti di assorbimento acustico, per le frequenze centrali di banda di ottava da 125 Hz a 4000 Hz, stimati a partire dai valori presenti in letteratura oppure desunti da scheda tecnica.

Tabella 27 - Descrizione dei materiali di rivestimento previsti per l’ambiente in esame.

Superficie	Materiale	Riferimento
SOFFITTO	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	Pannelli fonoassorbenti in cartongesso forato	<i>Scheda tecnica</i>
PARETI	Cartongesso	<i>Building Bulletin 93 plasterboard on steel frame</i>
FINESTRE	Vetro	<i>UNI EN 12354-6 finestre, facciata di vetro</i>
PORTE	Legno/laminato/metallo	<i>UNI EN 12354-6 porte</i>
PAVIMENTO	Piastrelle	<i>Building Bulletin 93 ceramic tiles with smooth surface</i>

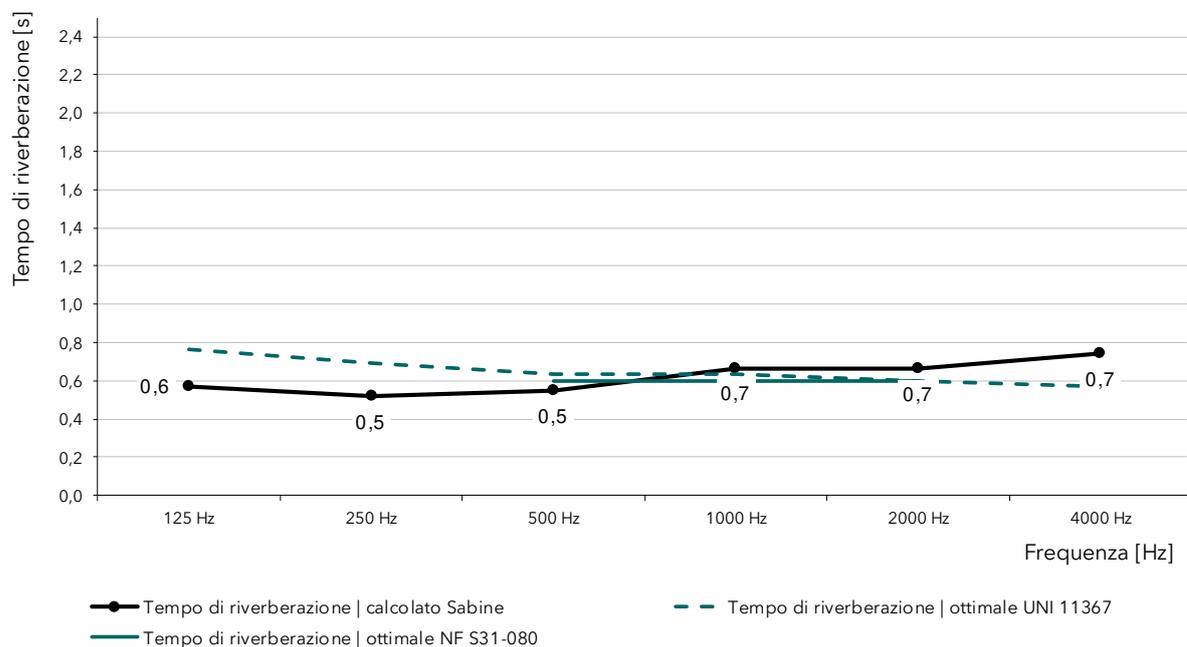
Tabella 28 – Coefficienti di assorbimento, per banda d’ottava da 125 Hz a 4000 Hz dei materiali di rivestimento.

Superficie	Frequenze					
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz
SOFFITTO	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
TRATTAMENTO FONOASSORBENTE	0,45	0,70	0,70	0,70	0,70	0,70

PARETI	0,15	0,10	0,06	0,04	0,04	0,05
FINESTRE	0,12	0,08	0,05	0,04	0,03	0,02
PORTE	0,14	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08
PAVIMENTO	0,01	0,01	0,01	0,02	0,02	0,02

Il parametro considerato per la valutazione della risposta acustica è stato il tempo di riverberazione calcolato applicando la relazione di Sabine, in funzione della frequenza per bande di ottava, considerando l'ambiente non arredato e non occupato.

In Figura 45 si riportano i risultati del calcolo del tempo di riverberazione. Nel grafico compaiono anche i valori ottimali ai sensi della norma UNI 11367, in frequenza per bande di ottava, e il valore ottimale ai sensi della NF S31-080 per uffici collettivi, inteso come valore medio alle frequenze comprese tra 500 e 2000 Hz, relativo al livello di prestazione standard.



	Tempo di riverberazione, TR [s]						Valore medio 500-2000 Hz
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	
Tempo di riverberazione calcolato Sabine	0,6	0,5	0,5	0,7	0,7	0,7	0,6
Tempo di riverberazione ottimale UNI 11367	0,8	0,7	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Tempo di riverberazione ottimale NF S31-080							< 0,6

Figura 45 – Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava. Valori calcolati e valori ottimali: ufficio.

Dal confronto tra le curve emerge che il trattamento acustico proposto consente di ottenere valori di riverberazione in linea con i valori ottimali, ad indicare il conseguimento di condizioni di comfort acustico per gli occupanti in riferimento alla destinazione d'uso dell'ambiente. Si specifica che la presenza degli arredi contribuirà a contenere ulteriormente la riverberazione, soprattutto alle frequenze medio alte.

Si sottolinea che la risposta acustica della sala è da ritenersi soddisfacente esclusivamente in riferimento ai materiali considerati e precedentemente descritti. Ogni variazione al progetto dovrà essere pertanto verificata dal punto di vista acustico.

5 IL RUMORE DEGLI IMPIANTI

5.1 Riferimenti normativi

Dal momento che sia ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 che della norma UNI 11367 la rumorosità degli impianti deve essere valutata nell'ambiente maggiormente disturbato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina, non esistono riferimenti normativi nazionali in merito alle prestazioni che devono essere garantite relativamente alla rumorosità degli impianti a funzionamento continuo all'interno degli ambienti abitativi in cui siano presenti terminali di impianto.

È consigliabile tuttavia controllare il livello di pressione sonora in ambiente per garantire il conseguimento di condizioni di comfort acustico per gli occupanti seppur in assenza di obblighi normativi.

Al fine di indirizzare la progettazione, si propone di riferirsi ai valori indicati dalla Committenza oltre che alle curve Noise Rating – NR. Si tratta di curve di riferimento che sono state sviluppate dall'ente internazionale di normazione ISO (International Organization of Standardization) al fine di conseguire condizioni di rumorosità accettabile all'interno degli ambienti interni, in funzione della loro destinazione d'uso, per la tutela della salute e del disturbo.

In Figura 46 si riportano alcuni esempi di valori raccomandati per diverse tipologie di ambiente.

Per il caso in esame si suggerisce di fare riferimento alle curve NR35 o NR40.

Noise rating curve	Application
NR 25	Concert halls, broadcasting and recording studios, churches
NR 30	Private dwellings, hospitals, theatres, cinemas, conference rooms
NR 35	Libraries, museums, court rooms, schools, hospitals operating theatres and wards, flats, hotels, executive offices
NR 40	Halls, corridors, cloakrooms, restaurants, night clubs, offices, shops
NR 45	Department stores, supermarkets, canteens, general offices
NR 50	Typing pools, offices with business machines
NR 60	Light engineering works
NR 70	Foundries, heavy engineering works

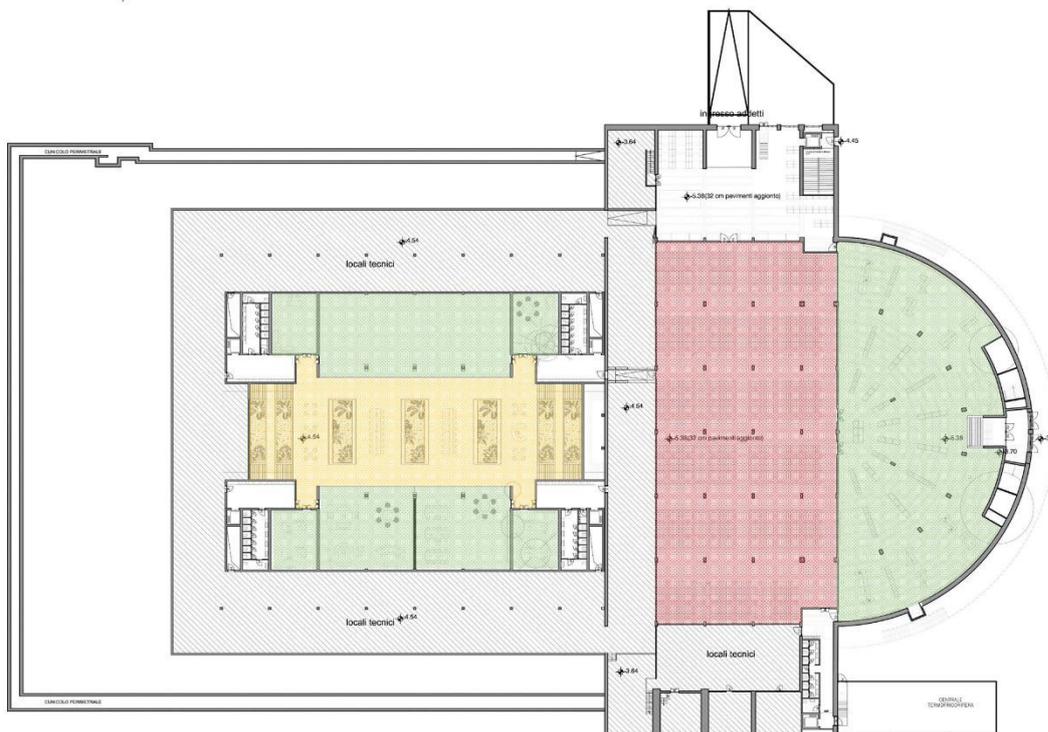
Figura 46 – Curve NR. Valori raccomandati in funzione della destinazione d'uso.

In Figura 47, Figura 48 e Figura 49 si riportano le piante del piano interrato, piano terra e piano primo del complesso, con indicazione dei valori di rumorosità massimi raccomandati all'interno dei diversi ambienti.

Livelli massimi rumorosità impianti

Indicazione dei livelli sonori massimi – piano interrato

- 25 / 35 dB(A)
- 35 dB(A)
- 35 / 45 dB(A)
- 40 dB(A)
- 45 dB(A)
- 45 / 55 dB(A)



Livelli massimi rumorosità impianti

Indicazione dei livelli sonori massimi – piano primo

- 25 / 35 dB(A)
- 35 dB(A)
- 35 / 45 dB(A)
- 40 dB(A)
- 45 dB(A)
- 45 / 55 dB(A)

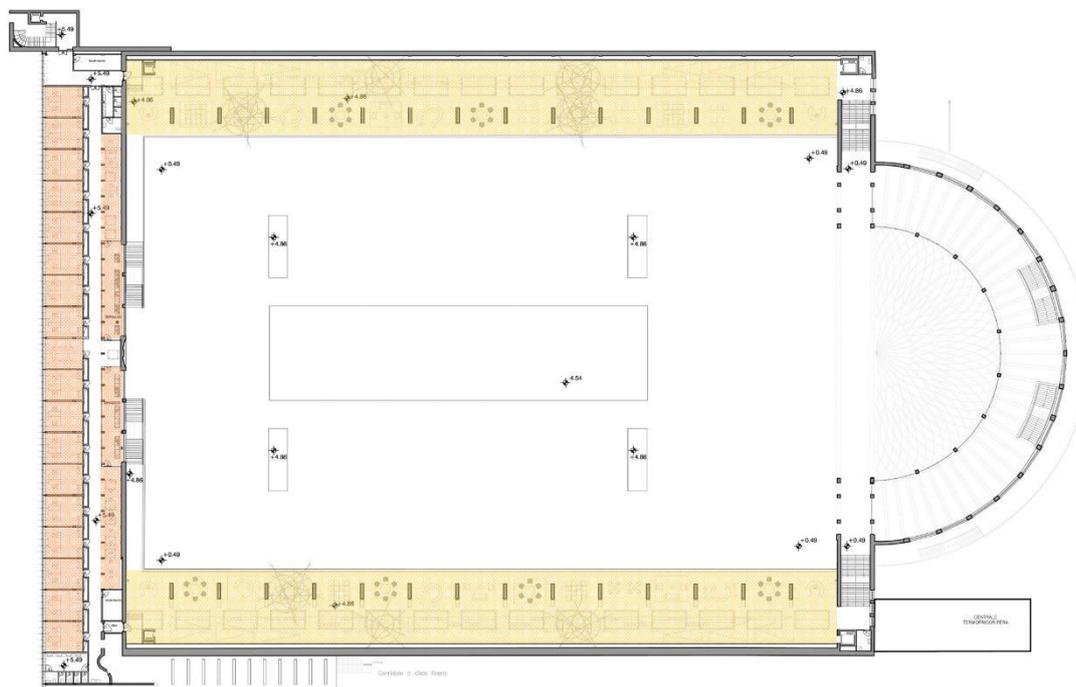
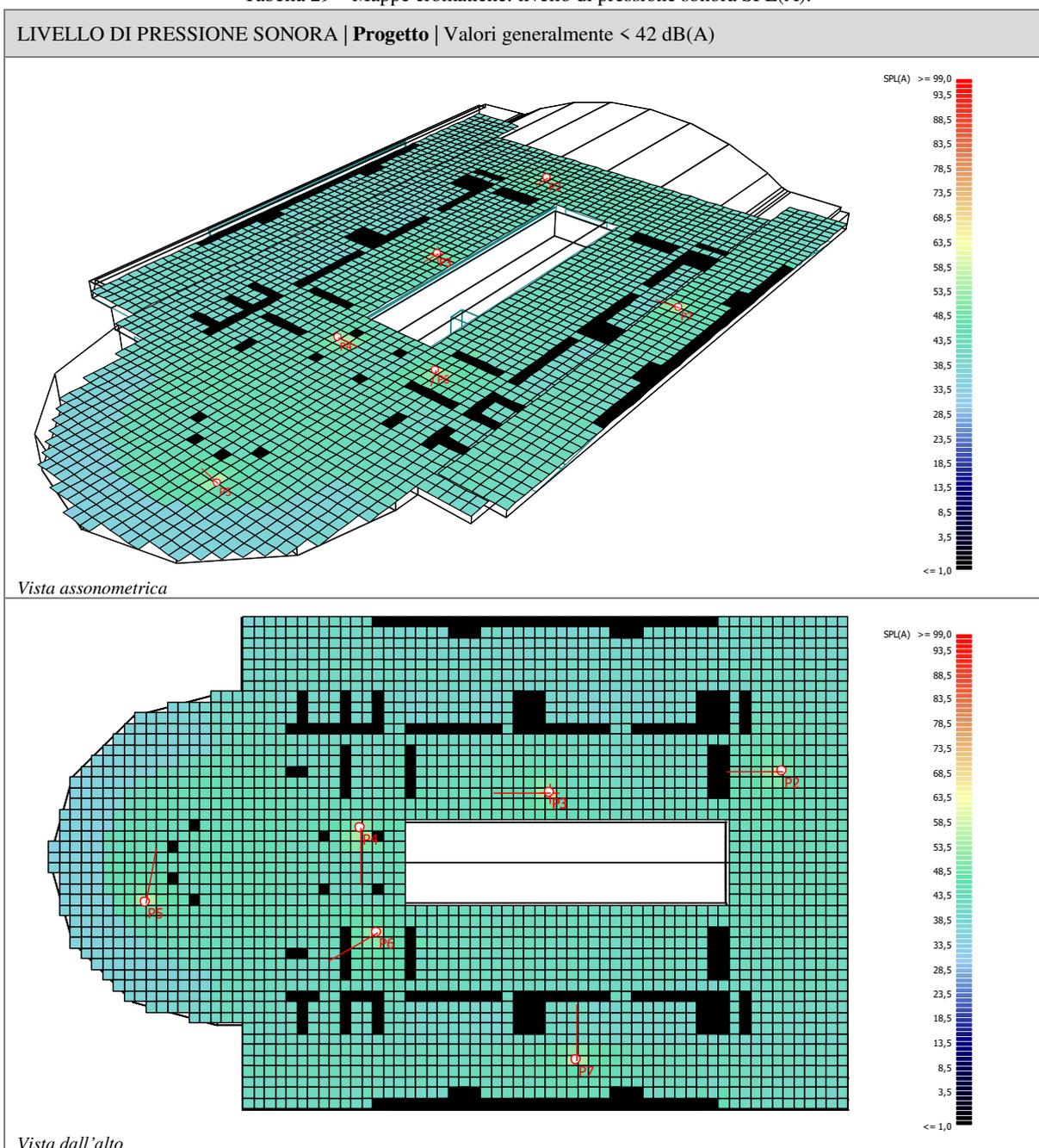


Figura 49 –Valori di rumorosità massimi raccomandati in funzione della destinazione d’uso. Piano terra.

In Tabella 29 si riporta la mappa cromatica ottenuta dalla simulazione al calcolatore del livello di pressione sonora ponderato A (SLP(A)) all’interno del Padiglione 2 e Padiglione 4. La simulazione è stata condotta considerando gli ambienti allestiti come da progetto e un livello di rumore di fondo caratterizzato da uno spettro delle pressioni sonore relativo alla curva NR35. Inoltre nella simulazione è stata compresa la presenza di 6 sorgenti parlatore che si esprimono con uno sforzo vocale normale, rappresentative della rumorosità prodotta da pochi fruitori presenti all’interno degli ambienti della futura biblioteca.

Tabella 29 – Mappe cromatiche: livello di pressione sonora SPL(A).



Dall'analisi delle mappe cromatiche di SPL(A) riportate in Tabella 29 è possibile ottenere informazioni relativamente alla rumorosità ambientale indotta dal funzionamento degli impianti (simulati considerando un valore del rumore di fondo in linea con la curva NR35), in relazione alla riverberazione caratteristica degli ambienti in progetto. In particolare, trascurando il contributo di rumorosità dovuto alla presenza delle sorgenti parlature che si attenua con la distanza e che, rispetto ad un numero molto esiguo di parlatori come quelli presenti nel modello di simulazione, risulta schermato e diffratto per effetto degli arredi presenti all'interno dell'ambiente, si evince che i valori del livello sonoro ambientale globale in tutti i punti dei padiglioni 2 e 4 e sulle balconate variano in un range compreso tra 35 dB(A) e 45 dB(A), in linea con quanto indicato come valore di riferimento. Considerando rispettate le indicazioni prestazionali indicate per i differenti componenti impiantistici all'interno del presente capitolo, si ritiene che la condizione simulata possa considerarsi rappresentativa di un funzionamento impiantistico a regime, con portate d'aria medie, escludendo le condizioni di picco.

5.2 Descrizione dell'impianto di climatizzazione e ventilazione

Per gli ambienti dell'intero complesso il progetto impiantistico prevede la realizzazione di un impianto di climatizzazione a pannelli radianti collegati a tre pompe di calore e una macchina polivalente e di un impianto di ventilazione dotato di 16 unità di trattamento aria che, all'occorrenza, potranno essere utilizzate ad integrazione della climatizzazione.

Le pompe di calore e l'unità polivalente saranno collocate in un locale tecnico già esistente all'esterno del complesso, in prossimità dell'abside. Le unità di trattamento aria saranno collocate in locali tecnici di nuova realizzazione al piano ipogeo del Padiglione 2.

In Figura 50 si riporta la pianta del piano interrato del complesso con indicazione della posizione dei locali tecnici; in giallo quelli in cui sono collocate le pompe di calore e il gruppo polivalente e in blu quelli in cui sono collocate le UTA.

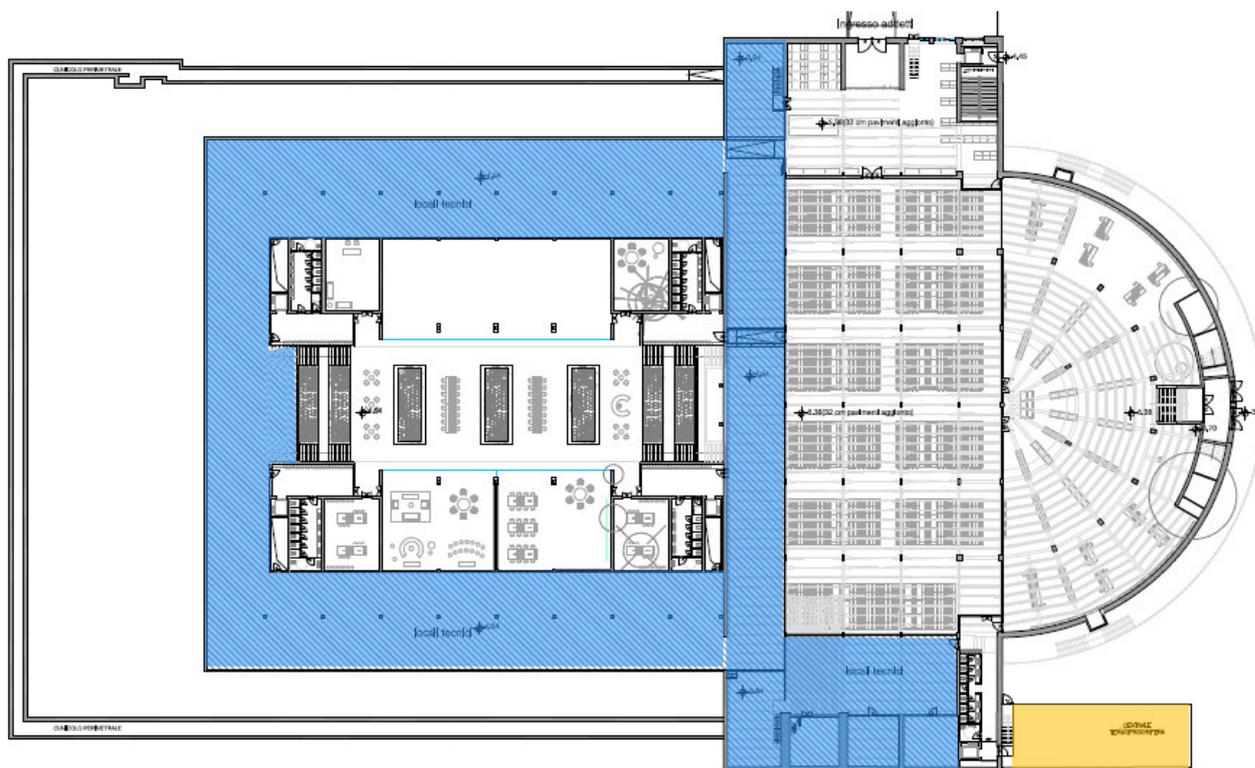


Figura 50 –Indicazione della posizione dei locali tecnici.

Per quanto riguarda il rumore emesso in ambiente esterno dai nuovi impianti tecnologici a servizio del complesso si rimanda alla *Valutazione previsionale di impatto acustico*.

Per quanto riguarda il rumore emesso in ambiente interno dovranno essere adottati tutti gli accorgimenti (eventuali silenziatori, cofanature fonoisolanti, condotti fonoassorbenti, plenum ecc...) necessari a contenere il livello sonoro all'interno degli ambienti sensibili. Per il dimensionamento dei sistemi di mitigazione da adottare dovranno essere sviluppati specifici calcoli di approfondimento, contenenti il dettaglio delle attenuazioni prodotte in tutta la rete, nonché dei livelli sonori negli ambienti di ricezione. Tali valutazioni di dettaglio dovranno essere sviluppate in base alle caratteristiche tecniche delle unità che saranno effettivamente installate.

5.3 Specifiche tecniche per il controllo del rumore degli impianti

5.3.1.1 Le pompe di calore

Al fine di limitare la trasmissione per via aerea del rumore legato al funzionamento delle pompe di calore e del gruppo polivalente, le stesse dovranno essere fornite nella versione silenziata con l'obiettivo di conseguire per ciascuna unità livelli globali di potenza sonora, $L_w \leq 94$ dB(A).

Al fine di limitare la trasmissione per via strutturale delle vibrazioni legate al funzionamento delle pompe di calore e del gruppo polivalente, queste dovranno appoggiare su idonei supporti visco-elastici dimensionati per ottenere la massima attenuazione alle frequenze maggiormente critiche in funzione delle caratteristiche della macchina. A tal proposito dovrà essere prevista la posa delle unità su specifici basamenti (in cls o in acciaio) desolidarizzati dal sottostante solaio attraverso l'interposizione di materiale isolante da dimensionare in funzione del carico e della frequenza minima caratteristica della macchina. La soluzione dovrà essere individuata in riferimento alle specifiche tecniche delle unità che verranno effettivamente installate, con l'obiettivo di garantire una frequenza naturale del sistema inferiore alle frequenze disturbanti prodotte dal funzionamento delle macchine.

5.3.1.2 Locali tecnici pompe di calore e gruppo polivalente

Al fine di limitare le emissioni ed immissioni sonore verso i ricettori sensibili presenti nei dintorni del complesso oggetto di intervento e nei confronti dei ricettori sensibili presenti all'interno del complesso stesso, dovrà essere predisposta la compartimentazione del locale tecnico dove saranno collocate le pompe di calore e il gruppo polivalente costituita da pannelli fonoisolanti e fonoassorbenti opportunamente dimensionati in funzione delle caratteristiche tecniche delle macchine.

I pannelli devono essere caratterizzati da un potere fonoisolante, $R_w \geq 30$ dB e da un indice di valutazione dell'assorbimento acustico $D_{La} \geq 20$ dB.

Il fonoassorbimento dei pannelli dovrà essere certificato in accordo con la norma UNI EN ISO 354:2003 e i risultati valutati in conformità con la norma UNI EN 1793-1:2017 *Dispositivi per la riduzione del rumore da traffico stradale - Metodo di prova per la determinazione della prestazione acustica - Parte 1: Caratteristiche intrinseche di assorbimento acustico in condizioni di campo sonoro diffuso*.

Il fonoisolamento dei pannelli dovrà essere certificato in accordo con la norma UNI EN ISO 10140-2:2010 e i risultati verificati in conformità con la norma UNI EN 1793-1: 2017.

Nel caso in cui sulle pareti laterali del locale tecnico dovesse essere prevista la realizzazione di aperture per l'aerazione naturale del locale tecnico, le stesse dovranno essere opportunamente dimensionate, considerando la necessità non derogabile di prevedere l'inserimento di griglie afone caratterizzate da un valore di abbattimento acustico non inferiore a 20 dB.

5.3.1.3 Le unità di trattamento aria.

Le UTA sono generalmente componenti impiantistici piuttosto rumorosi, le cui emissioni sono legate principalmente alla sezione ventilante.

Oltre al rumore direttamente irradiato dal corpo delle macchine, occorre tenere presente che il rumore provocato dai ventilatori e dalla turbolenza dell'aria si trasmette anche lungo i canali. La fluttuazione della pressione dell'aria all'interno dei condotti provoca inoltre vibrazioni che, almeno in parte, comportano l'irradiazione di energia verso l'esterno sotto forma di suono.

Al fine di limitare la trasmissione per via strutturale delle vibrazioni legate al funzionamento delle macchine collocate in vani tecnici dedicati all'interno dell'edificio, queste dovranno appoggiare su idonei supporti visco-elastici dimensionati per ottenere la massima attenuazione alle frequenze maggiormente critiche in funzione delle caratteristiche della macchina. A tal proposito dovrà essere prevista la posa delle unità su specifici basamenti (in cla o in acciaio) desolidarizzati dal sottostante solaio attraverso l'interposizione di materiale isolante da dimensionare in funzione del carico e della frequenza minima caratteristica della macchina. La soluzione dovrà essere individuata in riferimento alle specifiche tecniche delle unità che verranno

effettivamente installate, con l'obiettivo di garantire una frequenza naturale del sistema inferiore alle frequenze disturbanti prodotte dal funzionamento delle macchine.

5.3.1.4 Le canalizzazioni.

Le macchine dovranno essere allacciate alle canalizzazioni tramite appositi giunti antivibranti al fine di limitare la propagazione per via strutturale delle vibrazioni lungo i condotti; le reti di distribuzione dovranno inoltre essere posate senza collegamenti rigidi con le strutture degli spazi sensibili.

Le reti principali di distribuzione dell'aria dovranno essere previste in corrispondenza dei cavedi tecnici o degli spazi di circolazione e le forometrie necessarie per realizzare gli stacchi ai diversi ambienti dovranno essere sigillate con apposite schiume fonoisolanti ($R_{ST,w} \geq 60$ dB) per evitare l'insorgenza di ponti acustici. In nessun caso potrà essere previsto l'attraversamento della partizione tra uffici o della partizione tra laboratori da parte di canali dell'aria.

5.3.1.5 I locali tecnici delle unità di trattamento aria

I componenti edilizi che delimitano i locali tecnici in cui è prevista l'installazione di componenti di impianto rumorosi, dovranno essere dimensionati dal punto di vista acustico in funzione delle caratteristiche di emissione sonora degli impianti tecnologici da compartimentare.

Le pareti che delimitano i locali UTA (M12) dovranno essere caratterizzate da $R_w > 65$ dB.

Le pareti dovranno svilupparsi da solaio a solaio e, in tutti i casi, dovrà essere realizzato l'incastro tra la parete e il solaio. Si consiglia inoltre di elevare le partizioni al di sopra di strisce isolanti, in grado di smorzare le vibrazioni.

Le porte di accesso ai locali tecnici dovranno essere del tipo fonoisolante e dovranno essere caratterizzate da un indice del potere fonoisolante, $R_w \geq 47$ dB. Rispetto alle porte si evidenzia che le stesse non devono mai mettere in collegamento diretto l'ingresso ai vani tecnici con ambienti sensibili.

Per quanto riguarda invece il controllo del rumore irradiato dal corpo delle macchine, dovrà essere previsto il rivestimento con materiale fonoassorbente di almeno il 60% del soffitto e di almeno il 50% delle pareti che delimitano l'ambiente, al fine di contenere la riverberazione all'interno del locale tecnico. Il materiale fonoassorbente dovrà essere costituito da un pannello in lana di roccia rivestito su un lato con velo vetro nero, costituito da fibre di rocce, resine termoindurenti e con legante derivato da materie prime vegetali, senza aggiunta di formaldeide, fenoli e composti acrilici, che garantisce salubrità dell'aria indoor e i più bassi livelli di emissioni di VOC, di spessore ≥ 5 cm e densità ≥ 50 kg/m³.

In Figura 51 si riporta uno schema relativo al trattamento fonoassorbente del locale tecnico da prevedere a soffitto, in relazione al posizionamento delle UTA

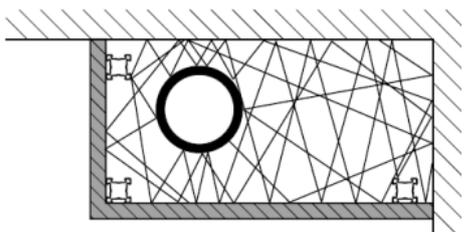


Figura 51 – Schema del trattamento fonoassorbente (in verde) da prevedere a soffitto del locale tecnico al piano interrato.

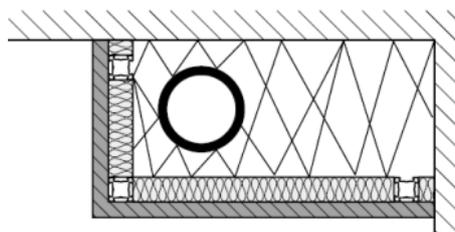
5.3.1.6 *I cavedi tecnici*

Tutti i cavedi tecnici in cui siano alloggiati reti di distribuzione impiantistiche verticali, passanti all'interno degli ambienti abitativi, dovranno essere compartimentati tramite elementi caratterizzati da $R_w > 65$ dB.

Nei casi in cui sarà ritenuto possibile, questi dovranno essere rivestiti internamente con un pannello in lana minerale rivestito su un lato con velo vetro nero, costituita da fibre di rocce, resine termoindurenti e con legante derivato da materie prime vegetali, senza aggiunta di formaldeide, fenoli e composti acrilici, che garantisce salubrità dell'aria indoor e i più bassi livelli di emissioni di VOC di spessore ≥ 3 cm e densità ≥ 50 kg/m³, al fine di aumentare l'assorbimento acustico all'interno dei cavedi e ridurre le riflessioni sonore all'interno degli stessi. Rispetto a quanto riportato in Figura 52, si sottolinea che il trattamento con materiale fonoassorbente di tutte le superfici perimetrali dei cavedi, consente di annullare totalmente l'amplificazione sonora al loro interno. Tutte le tubazioni e canalizzazioni dovranno essere ancorate attraverso l'impiego di collari antivibranti.



Riflessioni sonore all'interno di un cavedio senza rivestimento fonoassorbente



Riflessioni sonore all'interno di un cavedio con rivestimento fonoassorbente al fine di ridurre la riverberazione del suono e la trasmissione diretta del rumore

Figura 52 – Esempio di riflessioni sonore all'interno di cavedi senza e con trattamento fonoassorbente.

5.3.1.7 Diffusori d'aria e terminali di climatizzazione

Bocchette e diffusori dell'aria dal punto di vista acustico risultano particolarmente critici, in quanto irradiano il rumore direttamente in ambiente a causa dei fenomeni di turbolenza. Dunque i terminali devono essere dimensionati in funzione della portata d'aria, con l'obiettivo di limitare la velocità in uscita e la relativa potenza sonora.

Considerando che il progetto impiantistico prevede l'installazione a pavimento del padiglione 2, piano terra, 430 bocchette con una portata di 370 mc/h cad, a pavimento dell'abside, piano terra 64 bocchette con una portata di 200 mc/h cad e, a completamento delle immissioni di aria nel padiglione principale, dei diffusori a ugello con portata 200 mc/h cad, insistenti sulla piazza ipogea, il dimensionamento di ciascun terminale dovrà essere condotto con l'obiettivo di conseguire un livello globale di potenza sonora, $L_w \leq 30$ dB(A)

6 OBBLIGHI PER LE IMPRESE

L'Appaltatore con la sua offerta assume l'impegno a rispettare le prestazioni di cui al presente elaborato, tenendo in considerazione tutte le indicazioni e i vincoli contenuti nel progetto a base di gara. Le attività conseguenti sono parte integrante della prestazione di progettazione esecutiva e di esecuzione dei lavori e come tali **sono da intendersi comprese nel prezzo contrattuale**.

L'obbligo al rispetto dei requisiti esplicitati è da considerarsi standard minimo di qualità costruttiva.

In caso di contraddizione tra due requisiti acustici indicati sui differenti documenti di appalto, dovrà essere preso come riferimento il più restrittivo.

Il presente elaborato presenta requisiti che possono riguardare:

- le prestazioni acustiche di uno specifico componente edilizio o di un impianto. La conformità del risultato dovrà essere verificata in opera attraverso lo svolgimento di specifiche misurazioni acustiche normalizzate durante la realizzazione delle opere o a lavori terminati;
- le caratteristiche tecniche di uno specifico materiale o di un impianto. La conformità alle specifiche di cui al capitolato dovrà essere attestata attraverso la trasmissione di schede tecniche in cui siano contenuti i dati specifici ottenuti attraverso lo svolgimento di misure normalizzate in laboratorio per la caratterizzazione di prodotto.

Le imprese che partecipano alla realizzazione del progetto sono vincolate da un obbligo di risultato per tutti i requisiti acustici passivi indicati. Ogni azienda è quindi responsabile del risultato in opera di tutte le prestazioni acustiche.

Le imprese sono inoltre vincolate da un obbligo relativo alle prestazioni acustiche di prodotto. Ciò significa che devono includere nella loro offerta tutti i prodotti e la manodopera per la realizzazione a regola d'arte di tutti i dettagli costruttivi necessari per il conseguimento degli obiettivi acustici di cui al presente documento.

Le imprese sono invitate a fare qualsiasi commento ritengano utile in merito a questo documento prima dell'appalto e non potranno addurre come scusa il fatto di non averlo consultato.

Si evidenzia che, per il raggiungimento degli obiettivi acustici indicati, si richiede la massima attenzione da parte di tutte alle imprese e dei loro subappaltatori. Essi devono garantire la perfetta realizzazione del proprio lavoro per quanto riguarda i propri lotti di intervento, ma anche il coordinamento tra imprese titolari di altri lotti di intervento.

6.1 Raccomandazioni generali per l'impresa

Si richiama l'attenzione delle imprese sull'importanza dell'interferenza tra i lotti di intervento, al fine del conseguimento in opera dei requisiti acustici:

- tutte le imprese, compresi i subappaltatori, devono leggere il presente documento e prendere atto di tutti i requisiti e di tutte le indicazioni riportate;
- è essenziale un buon coordinamento tra le diverse imprese coinvolte nell'appalto.

Ricordiamo alle imprese che il conseguimento dei risultati in sito dipende dalle caratteristiche tecniche dei singoli materiali e dalla qualità dell'esecuzione delle opere.

Si evidenzia che la presenza di eventuali difetti, ponti acustici, fori o sigillature mal realizzate può comportare una riduzione sostanziale della prestazione acustica, con conseguenze inevitabili sul rispetto degli obiettivi acustici indicati. Le imprese dovranno pertanto svolgere tutti i lavori con la massima cura, seguendo le regole dell'arte e dovranno eseguire ogni azione necessaria per la corretta esecuzione dell'opera.

Ogni impresa responsabile di ciascun lotto di intervento è tenuta a ripulire il sito da macerie, colate di malta, cunei o chiodi, etc. utilizzati per il montaggio al fine di eliminare ogni rischio di contatto rigido fra le strutture che degraderebbe le prestazioni acustiche.

Tutte le operazioni di riempimento, sigillatura e realizzazione di giunzioni varie devono essere eseguite con la massima cura e in coordinamento con tutte le imprese, al fine di garantire il conseguimento degli obiettivi acustici indicati.

6.2 Approfondimenti di calcolo

Alle imprese potranno essere richiesti calcoli di approfondimento per l'approvazione di specifiche soluzioni tecnologiche da realizzare. Ipotesi e calcoli dovranno essere eseguiti in accordo con i metodi di calcolo illustrati nelle specifiche norme tecniche UNI e i report dovranno riportare i risultati previsionali e il confronto con gli obiettivi.

Per il dimensionamento di dispositivi fonoassorbenti e fonoisolanti in dotazione agli impianti termofluidici (silenziatori, condotti fonoassorbenti, ecc.) dovranno essere sviluppati specifici calcoli di approfondimenti, contenenti il dettaglio delle attenuazioni prodotte in tutta la rete, nonché dei livelli sonori negli ambienti di ricezione. I calcoli e i risultati saranno forniti in termini di livello globale e per banda di frequenza per le bande d'ottava comprese tra 63Hz e 8kHz. Il dimensionamento delle reti di mandata e ripresa dell'aria deve essere progettato in riferimento al rispetto del livello globale esplicitato, comprensivo della rumorosità indotta da tutte le attrezzature tecniche combinate.

Unità interne come cassette, griglie di mandata e ripresa, diffusori dovranno essere oggetto di particolare attenzione, considerando la velocità media come velocità di studio di tali apparecchiature. Gli studi di dimensionamento dei dispositivi antivibranti devono essere eseguiti dalle imprese incaricate della progettazione impiantistica. Le note di calcolo devono presentare le ipotesi di calcolo e i dettagli delle prestazioni dei sistemi antivibranti proposti.

Sarà a carico dell'impresa la predisposizione della documentazione relativa alla valutazione previsionale di impatto acustico delle attività di cantiere che dovrà essere redatta ai sensi della L.R. 52/2000, della D.G.R. n. 9-11616/2004 nonché del regolamento acustico del comune di Torino.

6.3 Misurazioni acustiche

Le imprese condurranno a proprie spese delle campagne di misurazioni volte alla verifica dei requisiti acustici sia nel corso della realizzazione delle opere. Il protocollo di misura dovrà essere validato dalla D.L.

Prima dell'esecuzione delle misurazioni di verifica, ogni impresa dovrà assicurare:

- il perfetto completamento dei propri lavori;
- il perfetto completamento dei lavori di altri lotti di intervento che possono avere un'influenza sul risultato;
- che le apparecchiature tecniche rispettino le condizioni di progetto (flussi nominali e massimi).

Le misurazioni dovranno essere effettuate per tipologia di ambiente e saranno finalizzate alla verifica dei seguenti parametri acustici:

- isolamento acustico standardizzato facciata, $D_{2m,nT,w}$ (dB),
- isolamento aereo tra locali adiacenti e sovrapposti, $D_{nT,w}$ (dB);
- tempo di riverberazione, T (s)
- livelli di pressione sonora degli impianti a funzionamento continuo; L_{ic} (dB(A));
- livello massimo con costante di tempo slow degli impianti a funzionamento discontinuo; L_{id} (dB(A))

Le norme tecniche da utilizzarsi in fase di verifiche in opera di rispetto dei requisiti acustici passivi sono le seguenti:

Misura dell'isolamento acustico normalizzato di facciata:

- | UNI EN ISO 16283-3:2016 *Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 3: Isolamento acustico di facciata;*

Misura del potere fonoisolante apparente e dell'isolamento acustico tra ambienti adiacenti:

- | UNI EN ISO 16283-1:2018 *Acustica - Misure in opera dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Parte 1: Isolamento acustico per via aerea;*

Misura del tempo di riverberazione:

- | UNI EN ISO 3382-2:2008 *Acustica - Misurazione dei parametri acustici degli ambienti - Parte 2: Tempo di riverberazione negli ambienti ordinari.*

Misura della rumorosità passiva degli impianti:

- | UNI 10052:2010 *Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti - Metodo di controllo;*
- | UNI EN ISO 16032:2005 *Acustica - Misurazione del livello di pressione sonora di impianti tecnici in edifici - Metodo tecnico progettuale;*
- | UNI 11367:2010 *Acustica in edilizia – Classificazione acustica delle unità immobiliari: procedura di valutazione e verifica in opera.*

Le imprese condurranno a proprie spese delle campagne di misurazioni volte alla verifica dei livelli di rumore negli ambienti sensibili.

Le norme tecniche da utilizzarsi in fase di verifiche in opera di rispetto dei livelli di rumore sono le seguenti:

Misura della rumorosità interna degli impianti:

- | UNI 8199:2016 *Acustica - Collaudo acustico di impianti a servizio di unità immobiliari - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione all'interno degli ambienti serviti;*

Le imprese condurranno a proprie spese delle campagne di misurazioni volte alla verifica del rumore residuo nella condizione *ante-operam* e del rumore ambientale nella *condizione post-operam*:

Il decreto di riferimento in fase di verifiche in opera del rumore residuo e del rumore ambientale è il seguente:

Misura della rumorosità all'esterno degli edifici:

- | D.M. 16/03/98 *Tecniche di misura*

I risultati ottenuti dalle misurazioni in sito dovranno essere esplicitati nell'ambito di rapporti dettagliati in cui sia riportato il confronto con gli obiettivi acustici.

In caso di non conformità, l'impresa incaricata deve eseguire i lavori necessari per attuare rispetto dei requisiti acustici. L'impresa si farà altresì carico delle prove acustiche aggiuntive per riconfermare la conformità dei lavori, e questo fino al raggiungimento degli obiettivi.

APPENDICE A

DESCRIZIONE DEI MODELLI DI CALCOLO

Calcolo dell'isolamento acustico di facciata

Per facciata si intende la totalità della superficie esterna di un ambiente. Essa può essere composta da diversi elementi, per esempio una finestra, una porta, una parete, un sistema di aerazione, etc. La trasmissione sonora attraverso la facciata è dovuta alla trasmissione sonora attraverso ciascun elemento. Si presuppone che la trasmissione attraverso ogni elemento sia indipendente da quella attraverso gli altri elementi.

La prestazione di una facciata in termini di isolamento acustico può essere espressa dall'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$. L'isolamento acustico di facciata, D_{2m} , è definito come la differenza fra il livello di pressione sonora misurato all'esterno ad una distanza di 2m dalla facciata ed il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente. I pedici nT (normalizzato rispetto al tempo di riverberazione) indicano che il livello nell'ambiente ricevente è riferito ad un locale con tempo di riverberazione pari a 0,5 s, secondo la formulazione che segue:

$$D_{2m,nT} = L_{1,2m} - L_2 + 10 \lg \frac{T}{T_0}$$

dove:

- $L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora alla distanza di 2 m dalla facciata, in dB;
- L_2 è il livello di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in dB;
- T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in s;
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s.

Le modalità di misura di questa grandezza sono definite nella norma UNI EN ISO 16283-3:2016.

La norma UNI EN 12354-3 descrive un modello di calcolo per valutare l'isolamento acustico di facciata, basandosi su dati di trasmissione diretta e indiretta (laterale), attraverso gli elementi di edificio interessati.

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante della facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma esterna della facciata, come la presenza di balconi, e dalla dimensione dell'ambiente, secondo la relazione seguente:

$$D_{2m,nT} = R' - 10 \lg \frac{S}{A_{TOT}} + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{T}{T_0} \quad \text{in dB}$$

sostituendo $A_{TOT} = 0,16 (V/T)$, si ottiene:

$$D_{2m,nT} = R' + \Delta L_{fs} + 10 \lg \frac{V}{6T_0 S} \quad \text{in dB}$$

dove:

- R' è il potere fonoisolante apparente della facciata, in dB;
- ΔL_{fs} è la differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata, in dB;
- A_{TOT} è l'area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente, in m^2 ;
- S è l'area totale della facciata vista dall'interno, in m^2 ;
- T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente, in s;
- T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s;
- V è il volume dell'ambiente ricevente, in m^3 .

N.B: per effettuare la verifica ai sensi del D.P.C.M 5/12/97 della grandezza in esame, è necessario conoscerne l'indice di valutazione, espresso con il pedice w. Se il calcolo è stato eseguito a partire da dati di ingresso espressi in frequenza (per bande d'ottava o di terzi d'ottava) sarà necessario ricondursi al valore in decibel, alla frequenza di 500 Hz, della curva di riferimento dello spettro sonoro, dopo aver traslato la suddetta curva

rispetto alla curva dei valori misurati o calcolati, secondo il metodo specificato nella norma UNI EN ISO 717-1/2021.

I differenti tipi di campi sonori all'esterno dell'edificio utilizzati per determinare le prestazioni fonoisolanti di una facciata conducono a valori diversi; tuttavia, è ragionevole supporre che la trasmissione per un campo sonoro incidente diffuso sia sufficientemente rappresentativa di questi diversi tipi di campi sonori esterni. Per questo motivo si calcola il potere fonoisolante apparente della facciata per un campo sonoro incidente diffuso, a partire dal quale si deduce l'isolamento acustico di facciata.

L'effetto della forma esteriore della facciata può essere sia positivo (trasmissione sonora inferiore) che negativo (trasmissione sonora maggiore). L'effetto positivo è dovuto alla schermatura totale o parziale del piano della facciata per mezzo di balconi o altri oggetti. L'effetto negativo è dovuto a riflessioni supplementari dovute alla forma della facciata in prossimità della stessa quando un balcone forma una chiusura parziale attorno al piano della facciata. Nella figura C.2 della norma UNI EN ISO 12354-3 sono presenti valori di ΔL_{fs} in funzione della forma della facciata, dell'assorbimento della parte inferiore del balcone eventualmente presente e della direzione del rumore incidente.

Il livello di accuratezza delle previsioni del modello di calcolo dipende da molti fattori: l'accuratezza dei dati d'ingresso, l'adattabilità della situazione rispetto al modello, il tipo di elementi e giunti interessati, la geometria della situazione e la qualità dell'esecuzione. Come conseguenza, non è possibile specificare, in generale e per tutte le situazioni e applicazioni, il livello di accuratezza delle previsioni. Si può tuttavia indicare che la valutazione con tale metodo è mediamente corretta e l'indice di valutazione evidenzia uno scostamento tipo di 1,5 dB. Si suppone che l'errore sia dovuto in larga misura alla mancanza di dati sulle trasmissioni sonora attraverso il telaio, la tenuta dei giunti e delle intercapedini.

Calcolo del potere fonoisolante tra unità abitative distinte

L'isolamento acustico tra ambienti può essere espresso dall'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w . Il potere fonoisolante apparente è definito come meno dieci volte il logaritmo in base dieci del rapporto tra la potenza sonora totale, W_{tot} , trasmessa nell'ambiente ricevente e la potenza sonora incidente su un elemento di separazione, W_i . Questo rapporto è indicato con τ' .

$$R' = -10 \lg \frac{W_{tot}}{W_i} = -10 \lg \tau' \quad [\text{dB}]$$

In genere la potenza sonora totale trasmessa nell'ambiente ricevente è la somma della potenza sonora irradiata dall'elemento di separazione, dagli elementi laterali e da altri componenti.

R' si determina generalmente da misurazioni secondo la seguente relazione:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \lg \frac{S_s}{A} \quad [\text{dB}]$$

dove:

- L_1 è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente emittente, in dB;
- L_2 è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente ricevente, in dB;
- A è l'area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente, in m^2 ;
- S_s è l'area dell'elemento di separazione, in m^2 .

Le modalità di misura di questa grandezza sono definite nella norma UNI EN ISO 16283-1:2018. Il calcolo deve essere eseguito per le bande di ottava comprese da 125 Hz a 2000 Hz oppure per le bande di terzo d'ottava comprese da 100 Hz a 3150 Hz.

Il pedice w indica che si tratta di un indice di valutazione a singolo numero, corrispondente al valore in decibel della curva di riferimento a 500 Hz dopo lo spostamento della suddetta curva rispetto alla curva dei valori misurati o calcolati, secondo il metodo specificato nella norma UNI EN ISO 717-1/2013.

La norma UNI EN 12354-1 descrive un modello per il calcolo del potere fonoisolante apparente di una partizione a partire da dati di trasmissione sonora diretta attraverso la parete di separazione e indiretta attraverso i percorsi di fiancheggiamento.

Per trasmissione sonora diretta si intende la trasmissione attraverso la sola parete di separazione dovuta sia al suono, incidente su di essa, direttamente irradiato da questa nell'ambiente ricevente, sia al suono trasmesso attraverso percorsi di trasmissione aerea sulla parete stessa, come fessure, dispositivi di passaggio dell'aria, ecc.

Per trasmissione sonora indiretta si intende invece la trasmissione attraverso percorsi diversi rispetto a quello diretto. Essa può essere sia di natura strutturale, se l'energia sonora segue percorsi strutturali attraverso le pareti laterali, il pavimento e il soffitto, sia di natura aerea, se la trasmissione avviene attraverso percorsi di trasmissione aerea come sistemi di ventilazione, controsoffitti sospesi, ecc.

Il potere fonoisolante apparente può essere calcolato mediante la seguente formula:

$$R' = -10 \lg \left(10^{\frac{R_{Dd}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{R_{Ff}}{10}} + \sum_{f=1}^n 10^{\frac{R_{Df}}{10}} + \sum_{F=1}^n 10^{\frac{R_{Fd}}{10}} \right) \text{ [dB]}$$

in cui R_{Dd} , R_{Ff} , R_{Df} , R_{Fd} rappresentano i valori del potere fonoisolante relativi al contributo della trasmissione sonora diretta (percorso Dd) e ai contributi delle trasmissioni laterali Ff, Df ed Fd, come mostrato in Figura 53.

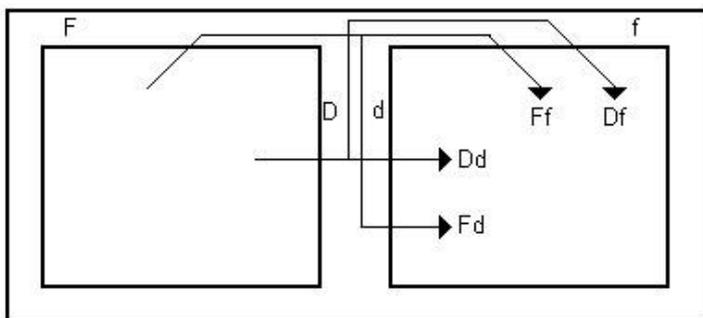


Figura 53 – Percorsi di trasmissione laterale.

Per poter calcolare il potere fonoisolante per i suddetti percorsi di trasmissione sonora è necessario conoscere:

- il potere fonoisolante delle due strutture i e j coinvolte (R_i ed R_j);
- l'indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij} della giunzione tra le due strutture interessate dal percorso ij;
- il valore dell'incremento del potere fonoisolante di eventuali strati di rivestimento applicati ad una o ad entrambe le strutture ΔR_{ij} ;
- dimensioni principali della struttura (lunghezza l_{ij} del giunto, superficie di separazione S e lunghezza di riferimento l_0 pari a 1m)

In relazione a quanto detto, il potere fonoisolante R_{ij} relativo a un generico percorso laterale ij può essere così calcolato:

$$R_{ij} = \frac{R_i + R_j}{2} + \Delta R_{ij} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S}{l_0 \cdot l_{ij}} \text{ [dB]}$$

L'indice K_{ij} , quantità espressa in dB, dipende da diverse grandezze caratteristiche degli elementi:

$$K_{ij} = \frac{D_{v,ij} + D_{v,ji}}{2} + 10 \lg \frac{l_{ij}}{\sqrt{a_i a_j}} \text{ [dB]}$$

dove:

- $D_{v,ij}$ è l'isolamento di vibrazioni del giunto tra gli elementi i e j, quando viene eccitato l'elemento i, in dB;

- $D_{v,ji}$ è l'isolamento di vibrazioni del giunto tra gli elementi j e i , quando viene eccitato l'elemento j , in dB;
- l_{ij} è la lunghezza del giunto tra gli elementi i e j , in m;
- a_i è la lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento i in m;
- a_j è la lunghezza di assorbimento equivalente dell'elemento j in m.

Il calcolo del K_{ij} è effettuato in funzione del rapporto M tra le masse per unità di superficie degli elementi strutturali interessati dal percorso ij .

$$M = \lg \frac{m_{\perp i}}{i} \text{ [dB]}$$

L'appendice E della norma UNI EN 12354-1 riporta le formule per il calcolo del K_{ij} in funzione di M , a seconda del tipo di giunto in esame e del percorso di trasmissione sonora considerato.

Per quanto riguarda l'accuratezza del modello di calcolo valgono le considerazioni già viste relativamente all'isolamento acustico di facciata. La norma UNI 12354-1 riporta valori di scarto, per edifici dove gli elementi di base sono omogenei, compresi tra 1,5 dB e 2,5 dB.

Il tempo di riverberazione

Gli effetti del suono riverberato sulla qualità dell'ascolto si valutano con la determinazione del tempo di riverberazione convenzionale, T_{60} . Esso rappresenta il tempo necessario affinché il livello sonoro in ambiente si riduca di 60 dB, rispetto al valore che assume nell'istante in cui una sorgente sonora che emette in modo stazionario cessa di funzionare.

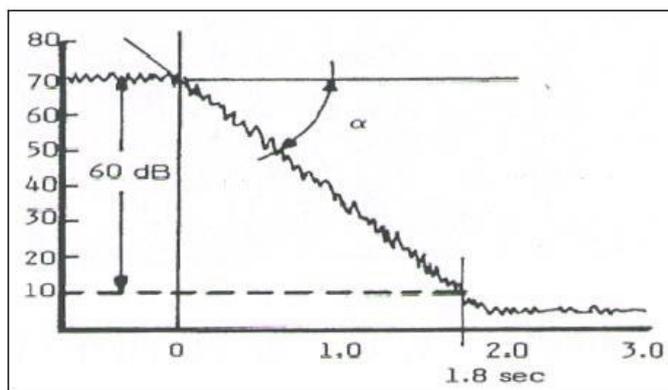


Figura 54 – Decadimento del livello sonoro in ambiente a seguito dell'interruzione di un segnale sonoro stazionario e tempo di riverberazione

Il tempo di riverberazione può essere calcolato attraverso alcune formule che si basano sull'assunzione che in ambiente si crei un campo sonoro perfettamente diffuso. La più semplice e impiegata delle formule è la relazione di Sabine, secondo la quale il tempo di riverberazione è direttamente proporzionale al volume dell'ambiente e inversamente proporzionale all'assorbimento totale:

$$T_{60} = \frac{0,16V}{A_{TOT}} \quad [s]$$

dove V è il volume dell'ambiente, in m^3 , e A_{TOT} è l'assorbimento acustico totale, in m^2 , calcolato secondo la seguente relazione:

$$A_{TOT} = \sum_{i=1}^n a_i S_i + \sum_{j=1}^g n_j A_j + 4mV \quad [m^2]$$

dove:

- a_i è l'assorbimento acustico della i -esima superficie, ad.;
- S_i è l'area della i -esima superficie, in m^2 ;
- n_j è il numero di unità del j -esimo tipo, ad.;
- A_j è l'assorbimento equivalente di unità del j -esimo tipo, in m^2 ;
- m è la costante di attenuazione del suono nell'aria, in m^{-1} .

I metodi per la misurazione del tempo di riverberazione sono definiti nella norma UNI EN ISO 3382-1:2009 *Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici*. La norma definisce il tempo di riverberazione, T_{30} o T_{20} , come il tempo, espresso in secondi, necessario affinché il livello di pressione sonora presente nell'ambiente, in condizioni stazionarie, decresca di 60 dB, ad un tasso di decadimento indicato dalla retta di regressione lineare dei minimi quadrati della curva di decadimento, misurata, per il T_{30} , da un livello -5 dB sotto il livello iniziale a un livello di -35 dB, o in presenza di insufficiente rapporto segnale/rumore, per il T_{20} , misurato tra -5 dB e -25 dB.

L'equazione della retta interpolante è della forma:

$$y = nx + q$$

Nota l'equazione della retta e il coefficiente angolare n , si ottiene:

$$n = \frac{dy}{dx} = \frac{30}{T_x} = \frac{60}{T_{30}} \Rightarrow T_{30} = \frac{60}{n}$$

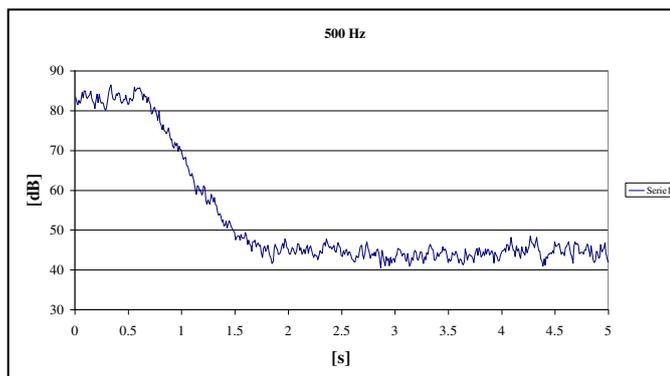


Figura 55 - Decadimento del livello sonoro in un punto di un ambiente

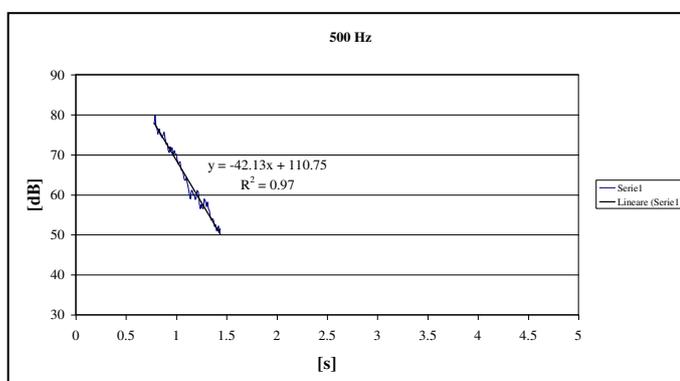


Figura 56 - Retta di regressione lineare

Più è alto il tempo di riverberazione più è lunga la coda sonora in ambiente.

Il fenomeno della riverberazione sonora presenta aspetti positivi e negativi. 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 impastato.

Il valore ottimale del tempo di riverberazione rappresenta il giusto compromesso tra il raggiungimento di un livello sonoro sufficiente per un'audizione senza sforzo, in tutti i punti dell'ambiente, e la riduzione degli effetti dannosi provocati da un eccesso di riverberazione.

La determinazione di tale valore ottimale è stata ottenuta in seguito a numerose valutazioni soggettive sulla qualità dell'audizione in ambienti con diverse destinazioni d'uso. In linea generale per ambienti destinati all'ascolto della parola, dove il suono diretto viene privilegiato rispetto a quello riverberato, si indicano valori di tempo di riverberazione più brevi rispetto a quelli ideali per sale destinate all'ascolto della musica. Si passa da poco meno di un secondo per il parlato a poco più di due secondi per la musica.

ALLEGATO 1

SCHEDE TECNICHE E CERTIFICATI

PARETE M02

KNAUF

Parete W115+1

$R_w = 62 \text{ dB}$



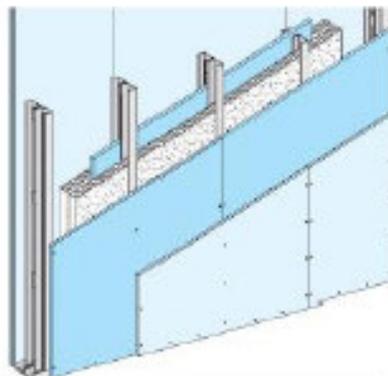
Rapporto di prova Laboratorio	366114 Istituto Giordano	Norme di riferimento	UNI EN 10140-2 ISO 717-1
Data emissione	28/10/2019		

DESCRIZIONE:

Parete simmetrica: Isolamento del suono da entrambi i lati.

Spessore totale parete: 212,5 mm

Massa superficiale parete: 42,00 kg/m²



Lastre Knauf GKB Adv sp.12,5 mm

Lastre: 2 lastre Knauf GKB Advanced (A) per lato spessore 12,5 mm, all'esterno dei due profili, 1 lastra Knauf GKB Advanced (A) 12,5 mm ad uno dei due profili per un totale di 5 lastre

Profili: Montanti Knauf a "C" 50/75/50, sp. 0,6 mm, Interasse 600 mm.

Guida Knauf a "U" 40/75/40, sp. 0,6 mm distanziati tra di loro di 10 mm

Isolamento: Pannello in lana minerale Mineral Wool 35 sp. 60 mm inserito all'interno di entrambe le intercapedini

Viti: Viti Knauf punta chiodo
1° lastra ϕ 3,5 x 25 mm,
2° lastra ϕ 3,5 x 35 mm.

Armatura dei giunti con nastro Knauf e stuccatura dei giunti e della festa delle viti con stucco Knauf a base gesso

Esito della prova*:

Indice di valutazione a 500 Hz nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

$R_w = 62 \text{ dB}^{**}$

Termini di correzione:

$C = -7 \text{ dB}$

$C_b = -15 \text{ dB}$

(*) Valutazione basata su risultati di misurazioni di laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico.
(**) Indice di valutazione del potere fonisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB e incertezza di misura dell'indice di valutazione U (R_w):

NB. I profili metallici indicati sono quelli utilizzati nei test di laboratorio e sono da considerarsi validi solo ai fini della valutazione del potere fonisolante della parete. Per ulteriori informazioni consultare il Servizio Tecnico Knauf.

KNAUF di Knauf S.r.l. s.a.s.
SEDE LEGALE e Stabilimento: Castellina Marittima (PI) - 50040 Via Livornese 20 - Tel. 050 66211 - Fax 050 662001
Stabilimento Gambassi Terme (FI) - 50050 Località Treachi - Tel. 0571 8307 - Fax 0571 678014
Knauf Milano - Rozzano (MI) - 20089 Via Alberella, 72 - Tel. 02 5023711 - Fax 02 53023700
C.F. e CCIAA di Pisa 00050960524 - P.I. 024705605059 - R.E.A. 115076 - Cap. Soc. Int. Vers. Euro 20.000.000
UNICREDIT SPA - Ag. 60054 Firenze - IBAN IT3902009003954000102066098 - BIC UNCRIT33MOTU
Internet: www.knauf.it E-mail: knauf@knauf.it

Pag. 1/2

CONTROPARETE M07

KNAUF

Controparete W626

R_w = 43 dB



Rapporto di prova L020-08.09_10
Laboratorio Bauphysik Knauf
Data emissione 25/09/2007

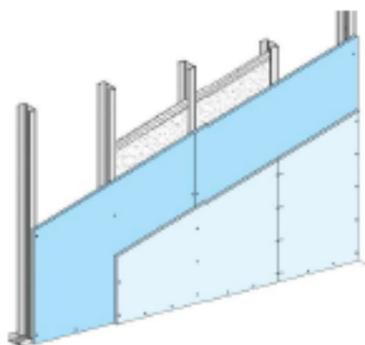
Norme di riferimento DIN EN 140-3
ISO 717-1

DESCRIZIONE:

Controparete autoportante, isolamento del suono dato dalla sola controparete

Spessore totale controparete: 125 mm

Massa superficiale parete: 28,1 kg/m²



Lastra: 2 lastre Knauf Diamant spessore 12,5 mm.

Profili: Montanti Knauf a "C" 50/100/50, sp.0,6 mm,
doppi interasse 625 mm.
Guide Knauf a "U" 40/100/40, sp. 0,6 mm.

Isolamento: Pannello in lana minerale
Sp.80 mm inserito all'interno dei montanti a C

Viti: Viti Knauf punta chiodo
1° lastra ø 3,5 x 25 mm,
2° lastra ø 3,5 x 35 mm.

Armatura dei giunti con nastro Knauf e stuccatura dei giunti
e della testa delle viti con stucco Knauf a base gesso.

Lastra Diamant sp.12,5 mm

Esito della prova*:

Indice di valutazione a 500 Hz nella banda di frequenze comprese fra 100 Hz e 3150 Hz:

R_w = 43 dB

Termini di correzione:

C = - 2 dB

C_{tr} = - 7 dB

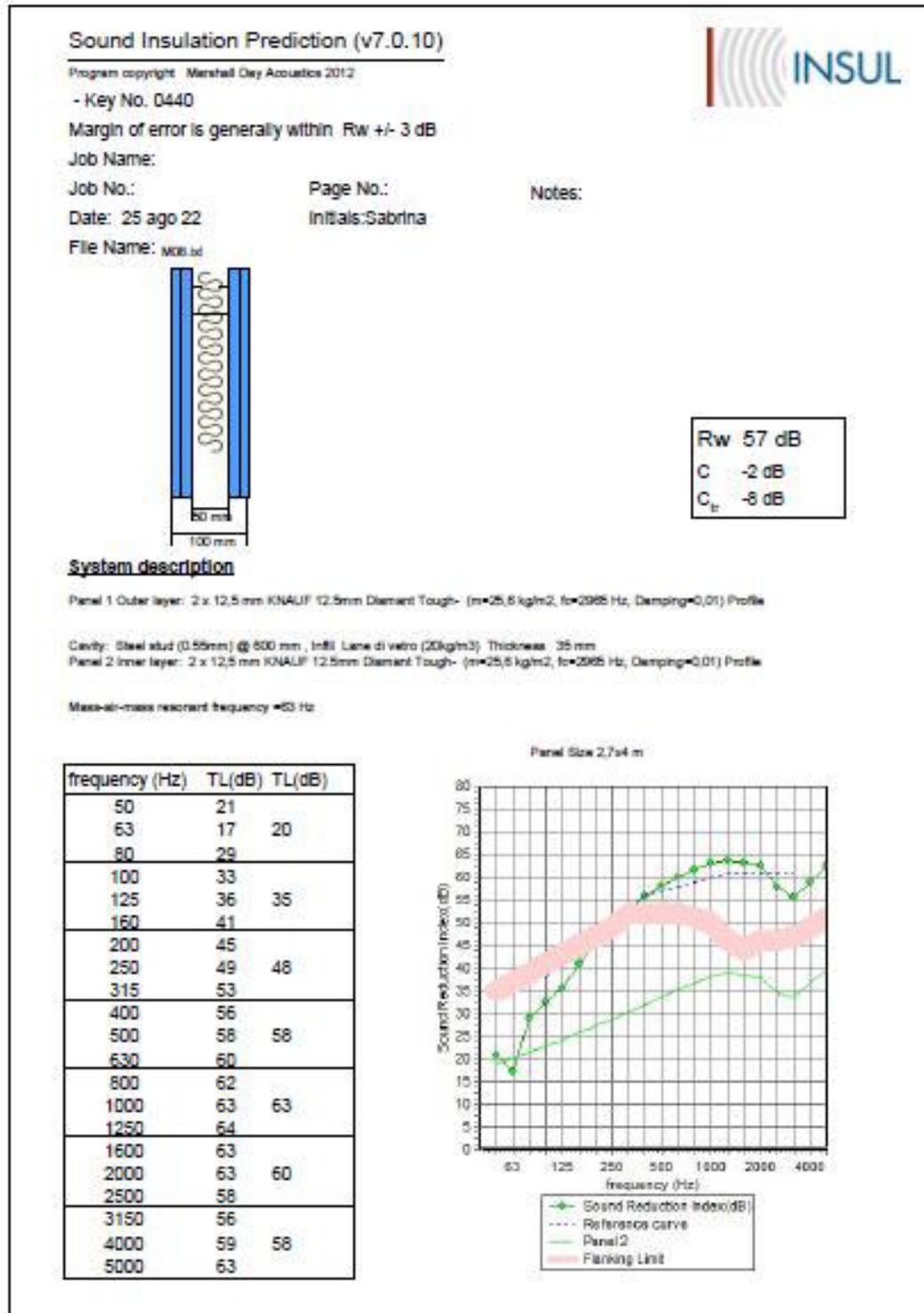
(*) Valutazione basata su risultati di misurazioni di laboratorio ottenuti mediante un metodo tecnico.

NB. I profili metallici indicati sono quelli utilizzati nei test di laboratorio e sono da considerarsi validi solo ai fini della valutazione del potere fonoisolante della parete. Per ulteriori informazioni consultare il Servizio Tecnico Knauf.

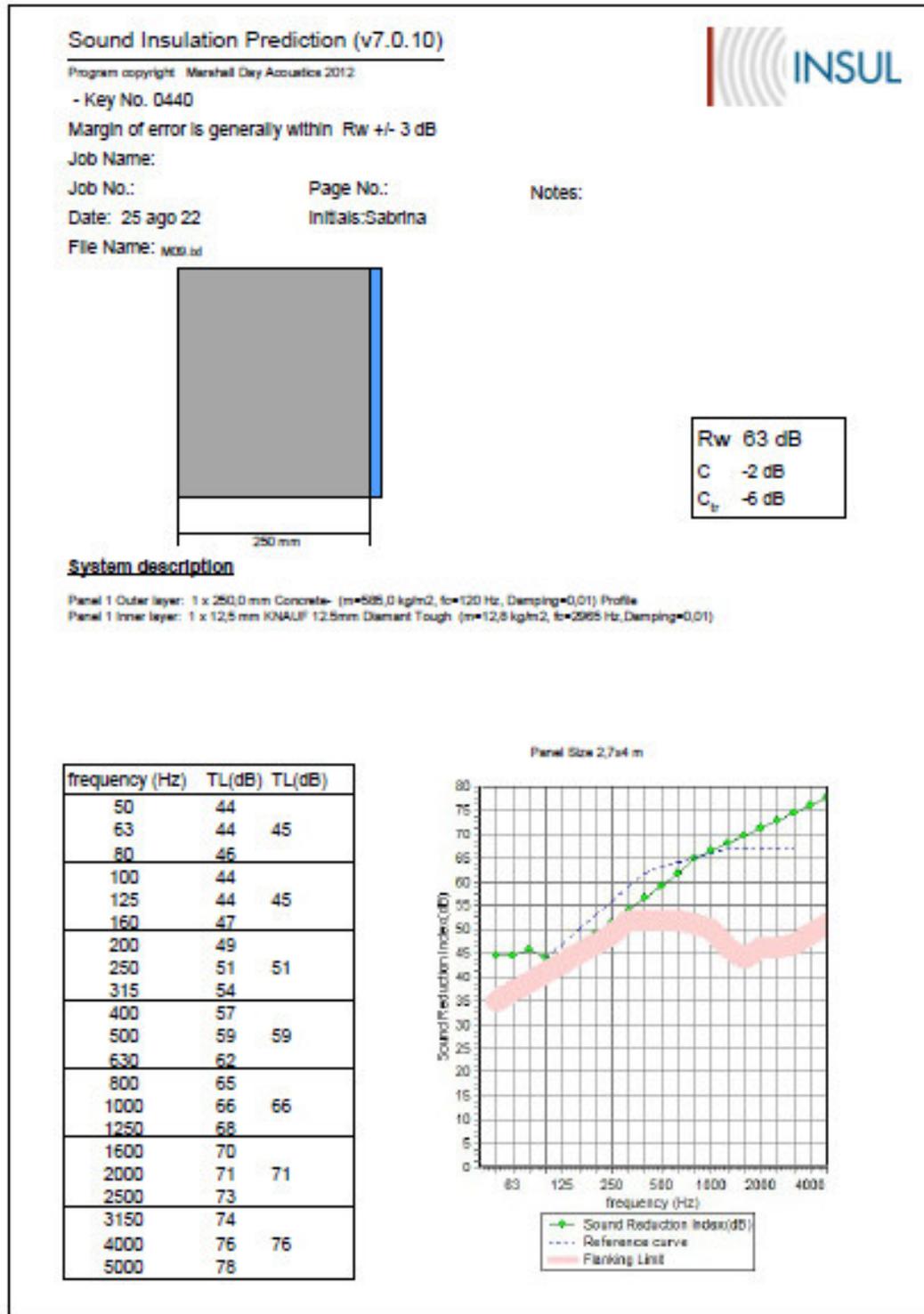
KNAUF di Knauf S.r.l. s.p.a.
SEDE LEGALE e Stabilimento: Castellina Marittima (PI) - 59040 Via Livornese 20 - Tel. 050 862111 - Fax 050 862301
Stabilimento Gambassi Terme (FI) - 50050 Località Trechi - Tel. 0571 8207 - Fax 0571 678014
Knauf Milano - Rozzano (MI) - 20089 Via Alberville, 72 - Tel. 02 52823711 - Fax 02 52823730
C.F. e CO.I.A.A. di Pisa 0002090224 - P.I. 02470660209 - R.E.A. 115070 - Cap. Soc. Int. Vers. Euro 20.000.000
UNICREDIT SPA - Ag. 99054 Firenze - IBAN IT3870200002054000100096006 - DIC UNICRITMOTU
Internet: www.knauf.it E-mail: knauf@knauf.it

Fog. 1/2

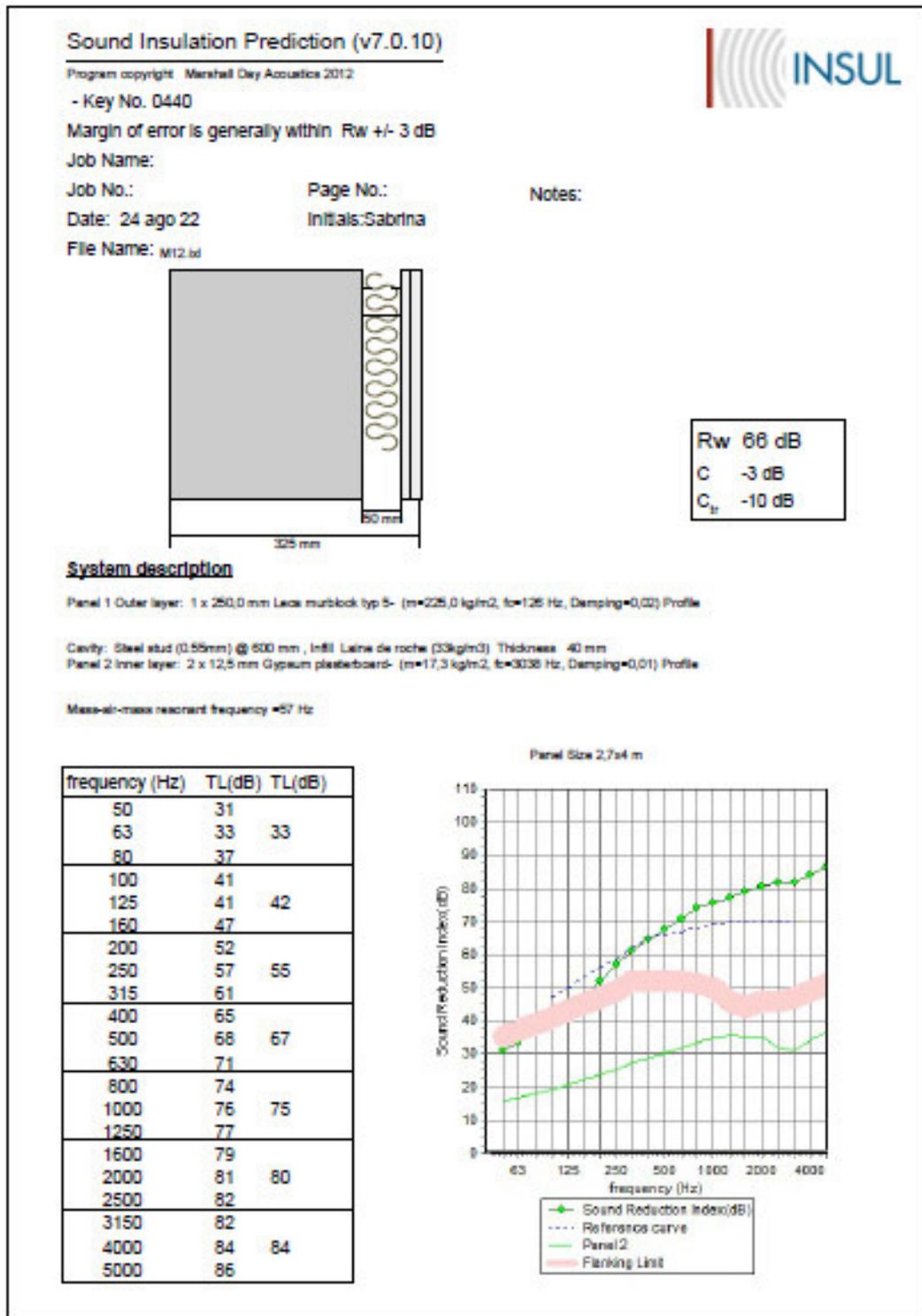
PARETE M08



PARETE M09



PARETE M12



ALLEGATO 2

DELIBERA DI NOMINA A TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA

 REGIONE
PIEMONTE

Direzione: TUTELA E RISANAMENTO AMBIENTALE - PROGRAMMAZIONE E GESTIONE
RIFIUTI

Settore Risanamento acustico ed atmosferico

DETERMINAZIONE NUMERO: 140 DEL: 16/7/2007

Codice Direzione: 22 Codice Settore: 22.4

Legislatura: 8 Anno: 2007

Oggetto

Legge 447/1995, art. 2, commi 6 e 7. Accoglimento e rigetto domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale. Domande dal n. A692 al n. A715.

Visto l'art. 2, commi 6 e 7, della legge 26/10/1995, n. 447, con cui si stabilisce che per svolgere attività di tecnico competente in acustica ambientale deve essere presentata apposita domanda all'Assessorato regionale competente in materia, corredata da idonea documentazione comprovante l'aver svolto attività, in modo non occasionale, nel campo dell'acustica ambientale, da almeno quattro anni per i richiedenti in possesso del diploma di scuola media superiore ad indirizzo tecnico, o da almeno due anni per coloro che sono in possesso di laurea o diploma universitario ad indirizzo scientifico;

vista la deliberazione n. 81-6591 del giorno 4/3/1996, con cui la Giunta Regionale ha stabilito le modalità di valutazione delle domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale, che recepisce, fra l'altro, la risoluzione adottata in data 25/1/1996 dai Presidenti delle Regioni e delle Province Autonome di Trento e Bolzano, concernente indicazioni applicative generali, finalizzate ad un'attuazione omogenea della norma in tutte le Regioni;

visto l'atto di indirizzo e coordinamento recante criteri generali per l'esercizio dell'attività del tecnico competente in acustica, emanato con D.P.C.M. 31/3/1998;

Dir. 22 Sett. 22.4 Segue Testo Determinazione Numero 170 Anno 2007 Pagina 2

visti gli ordini di servizio n. 5210/RIF del 24/4/96 e n. 7539/RIF del 3/7/97 con cui il Responsabile del Settore smaltimento rifiuti e risanamento atmosferico, ha istituito apposito Gruppo di lavoro per la valutazione delle domande stesse, come previsto dalla deliberazione sopra richiamata;

visto inoltre l'ordine di servizio n. 7029/22 dell'8/6/2007 con cui il Direttore della Direzione Tutela e Risanamento Ambientale – Programmazione Gestione Rifiuti, ha modificato la composizione del Gruppo di lavoro sopra citato;

visto il verbale n. 55 della seduta del Gruppo di lavoro tenutasi il giorno 9/7/2007, nonché le relative schede personali ad esso allegate, numerate progressivamente dal n. A692 al n. A715 conservato agli atti del Settore;

visti gli articoli 3 e 16 del D. Lgs. n. 29/1993, come modificato dal D. Lgs. n. 470/1993;

visto l'art. 22 della legge regionale n. 51/1997;

in conformità con gli indirizzi e i criteri disposti nella materia del presente provvedimento dalla Giunta Regionale con deliberazione n. 81-6591 del 4/3/1996,

il Dirigente Responsabile del Settore Risanamento Acustico e Atmosferico

DETERMINA

1. di accogliere le domande per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica ambientale presentate da parte dei richiedenti elencati nell'allegato A, parte integrante della presente determinazione;

Avverso il presente provvedimento è ammesso ricorso innanzi al TAR Piemonte entro il termine di 60 giorni dalla notificazione.

La presente determinazione sarà pubblicata sul B.U. della Regione Piemonte ai sensi dell'art. 61 dello Statuto e dell'art. 14 del D.P.G.R. n. 8/R/2002.

Il Dirigente Responsabile
Carla CONTARDI

Carla Contardi

RB/cr
RB

ID: TCARN44 2493-422-31232

VALUTAZIONE PREVISIONALE DI RISPETTO DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI E DEL COMFORT

Allegato A - Domande accolte (44° elenco)

All. n.	Cognome e Nome	Luogo e data di nascita
A/706	COLAIACOMO David	Torino 20/4/1973
A/708	COLETTI Marco	Gattinara (VC) 18/2/1974
A/711	DE PIETRA Marco	Vercelli 26/8/1961
A/715	DONALISIO Pietro	Savigliano (CN) 14/6/1967
A/707	FOLI Anna	Gattinara (VC) 11/7/1979
A/712	FOSSA Alberto	Asti 14/7/1964
A/700	GALLI Giorgio	Novara 20/12/1969
A/695	GANDOLFO Marino	Cuneo 6/6/1975
A/703	GRIGINIS Alessia Paola	Torino 28/6/1977
A/693	MAGHINI Luca	Torino 1/1/1976
A/697	MARABOTTO Massimiliano	Fossano 13/3/1971
A/696	MARINO Guido	Cuneo 14/9/1961
A/694	MASCELLANI Daniele	Torino 1/2/1975
A/701	MASSA Claudio	Torino 30/9/1966
A/699	MATTA Giancarlo	Chivasso (TO) 5/7/1957
A/705	MUCARIA Nicolò	Erice (TP) 25/10/1978
A/704	PACIELLI Michele	San Ferdinando di Puglia (FG) 2/3/1952
A/714	PALTANIN Diego	Torino 17/2/1965
A/692	PORRO Sara	Torino 9/7/1976
A/702	ROVAI Milo	Fossano (CN) 5/2/1979
A/709	SIGLIANO Giovanni	Alba (CN) 30/3/1968
A/710	SOMALE Luca	Savigliano (CN) 19/1/1984
A/713	TASSARA Elide	Torino 25/6/1978
A/698	VIALE Stefania	Cuneo 9/6/1971

Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica

N° Iscrizione Elenco Nazionale	Regione	Cognome	Nome	Data pubblicazione in elenco
4688	Piemonte	GRIGINIS	Alessia Paola	10/12/2018