



CITTA' DI TORINO
VICE DIREZIONE GENERALE INGEGNERIA
DIREZIONE SERVIZI TECNICI PER L'EDILIZIA PUBBLICA
SERVIZIO EDILIZIA PER LA CULTURA
SERVIZIO EDILIZIA PER IL SOCIALE



ENERGY CENTER

CITTA' DI TORINO

Responsabile del Procedimento:	Arch. Rosalba STURA
Progettista delle opere Architettoniche e Coordinatore Tecnico del Progetto:	Arch. Corrado DAMIANI
Indirizzo e supporto tecnico per l'integrazione dei sistemi energetici e le innovazioni tecnologiche:	Ing. Carmelo DI VITA
Progettista degli impianti tecnologici:	Ing. Alfonso FAMA'
Progettista delle opere strutturali:	Ing. Flavio AQUILANO Ing. Elena GRILLONE
Supporto tecnico per la gestione delle terre e rocce di scavo:	Ing. Renzo FAVA
Supporto tecnico per la verifica della qualità ambientale:	Ing. Donato FIERRI
Progettista della Sicurezza:	Geom. Claudio MASTELLOTTO
Collaboratori Progettazione Opere Edili e Architettoniche:	Arch. Germana BARBERIO Geom. Antonio LA GAMBA Geom. Claudio MASTELLOTTO Arch. Simona MONTAFIA
Collaboratori Progettazione Impianti Tecnologici:	P.I. Marco COCCA P.I. Sergio CHIURATO P.I. Francesco FERRARI P.I. Maurizio GENOVESE
Collaboratori Progettazione Opere Strutturali:	Geom. Luigi BALICE Geom. Romano RAGO
Professionisti Esterni Supporto Tecnico al Progetto:	Ing. Gregorio CANGIALOSI Dott. Geol. Giuseppe GENOVESE Arch. Alessia Paola GRIGINIS Soc. MANENS-TIFS S.p.A.
POLITECNICO DI TORINO Servizio Edilizia e Dipartimento di Energia:	Supporto al progetto per illuminotecnica sistemi energetici e antincendio

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE SPECIALISTICA SULLA VALUTAZIONE PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI	Nome_file:	
	Scala Plot	1:1
	Scala	
EMISSIONE	23_NOVEMBRE_2012	ACU r ELABORATO
REVISIONE	APRILE_2013	

VALUTAZIONE
PREVISIONALE DEI
REQUISITI ACUSTICI
PASSIVI

ENERGY CENTER

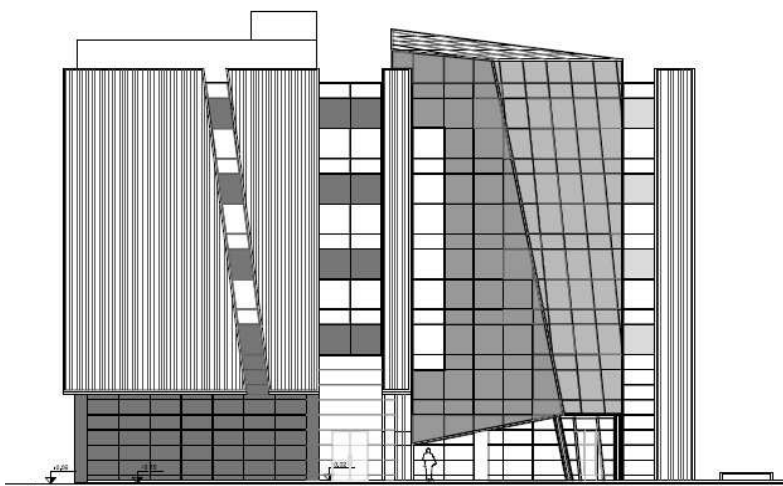
VIA NINO BIXIO
TORINO

Aprile 2013

*Direttore Tecnico
ing. Giuseppe Bonfante*

*Responsabile di commessa e
Tecnico Specialista
arch. Alessia Griginis*

*Collaboratori:
Sabrina Canale*



INDICE

1. PREMESSA.....	1
2. REQUISITI ACUSTICI PASSIVI	2
2.1. Elenco norme tecniche per l'esecuzione dei calcoli da utilizzare per le verifiche in opera di rispetto dei requisiti acustici passivi.....	4
2.2. Descrizione dei modelli di calcolo impiegati per la valutazione dei requisiti acustici passivi	6
2.2.1 VALUTAZIONE DEL POTERE FONOIOLANTE APPARENTE TRA UNITÀ ABITATIVE DISTINTE	6
<i>Calcolo semplificato delle prestazioni acustiche di partizioni tra ambienti.....</i>	<i>7</i>
2.2.2. VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA	9
<i>Calcolo delle prestazioni acustiche delle facciate</i>	<i>9</i>
2.2.3 VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO DI SOLAI NORMALIZZATO RISPETTO ALL'AREA DI ASSORBIMENTO EQUIVALENTE.....	13
<i>Il pavimento galleggiante</i>	<i>14</i>
<i>La rigidità dinamica</i>	<i>15</i>
<i>Calcolo semplificato delle prestazioni fra ambienti sovrapposti</i>	<i>15</i>
2.2.4 VERIFICA DELLA TRASMISSIONE INDIRECTA PER VIA AEREA ATTRAVERSO I CAVEDI TECNICI.....	16
2.2.5 VERIFICA DELLA RUMOROSITÀ DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO AI SENSI DEL D.P.C.M. 5/12/97	17
3. REQUISITI DEL SISTEMA AMBIENTALE	17
3.1. Parametri di qualità acustica	18
3.1.1 IL TEMPO DI RIVERBERAZIONE.....	18
3.1.2 LO SPEECH TRANSMISSION INDEX (STI)	21
4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	24
4.1. Identificazione delle aree a diversa destinazione d'uso e obiettivi acustici.....	24
4.2. Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'w	30
4.3. Calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata D2m,nT.	37
4.4. Calcolo dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio L'nw	40
4.5. Calcolo della trasmissione indiretta per via aerea attraverso i cavedi tecnici	43
4.6. Calcolo della rumorosità degli impianti a funzionamento continuo ai sensi del D.P.C.M.5/12/97	46

5. SPECIFICHE TECNICHE PER L'ISOLAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI INTERNI	50
6. INDICAZIONI DI BUONA PROGETTAZIONE E CORRETTA POSA IN OPERA	50
7. INDICAZIONI TECNICHE PER IL RISPETTO DEL LIMITE DI RUMOROSITÀ MASSIMA DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO	51
8. INDICAZIONI TECNICHE PER IL RISPETTO DEL LIMITE DI RUMOROSITÀ MASSIMA DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO DISCONTINUO	52
9. OTTIMIZZAZIONE DELLA RISPOSTA ACUSTICA E DELLE CONDIZIONI DI COMFORT ACUSTICO DEGLI AMBIENTI INTERNI	56

ALLEGATO A: Piante e prospetti dell'edificio

ALLEGATO B: Certificati di laboratorio o di calcolo, con indicazione dell'andamento in frequenza del potere fonoisolante delle strutture

ALLEGATO C: Delibera di nomina a Tecnico Competente in Acustica Ambientale

1. PREMESSA

Il presente studio consiste nella valutazione e calcolo dei requisiti acustici passivi, nonché nell'ottimizzazione delle prestazioni acustiche connesse alla riverberazione e alla intelligibilità della parola all'interno degli uffici e degli ambienti destinati all'ascolto della parola, per il progetto di realizzazione a Torino dell'Energy Center in zona ex Westinghouse. L'area si colloca in Spina 2 nei pressi della Cittadella Politecnica tra le Vie Nino Bixio e Paolo Borsellino.

Per quanto concerne i requisiti acustici richiesti all'edificio (in termini di isolamento acustico e di rumorosità ammissibile degli impianti a servizio degli stessi), occorre fare riferimento al D.P.C.M. 5/12/1997 *"Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"*, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale Italiana n° 297 del 22/12/1997. In merito alla necessità di svolgere una attività di analisi in fase progettuale si evidenzia anche che la stessa è sempre opportuna per verificare che il progetto non presenti elementi di criticità.

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.

In particolare, trattandosi di un edificio di nuova costruzione, le valutazioni e verifiche verranno eseguite per tutti i componenti edilizi, di involucro e interni verticali e orizzontali, secondo quanto previsto dallo stesso D.P.C.M. 5/12/97.

Relativamente alle dotazioni impiantistiche di nuova realizzazione a servizio degli edificio, in tutti i casi, verranno fornite opportune indicazioni di posa in opera al fine di limitarne la rumorosità.

Per quanto riguarda le prestazioni acustiche connesse alla riverberazione e alla intelligibilità della parola all'interno degli ambienti destinati all'ascolto della parola le valutazioni verranno effettuate per via analitica e mediante l'utilizzo di programmi di simulazione numerica, sulla base dei materiali e degli arredi definiti nel progetto architettonico e nei relativi elaborati grafici.

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.

2. REQUISITI ACUSTICI PASSIVI

La normativa in materia di acustica è coordinata, in Italia, dalla legge n. 447 del 26/10/1995 “Legge quadro sull’isolamento acustico”.

Per il settore delle costruzioni la normativa di riferimento che stabilisce i requisiti acustici dei componenti edilizi è rappresentata dal D.P.C.M. 5/12/97 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”. Il 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 sono divisi in:

- Indice di valutazione dell’isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, $D_{2m,nT,w}$;
- Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni tra unità abitative distinte, R'_w ;
- Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato di solai L'_{nw} ;
- 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 $L_{A,S,max}$.

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).

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'_{nw}	$D_{2m,nT,w}$	R'_w	L_{Aeq}	$L_{A,S,max}$
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 G: edifici adibiti ad attività commerciali o ad attività assimilabili	55	42	50	35	35
Categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o 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

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. Questa affermazione porta come conseguenza l'esclusione di molte sorgenti sonore quali ventilconvettori, aerotermi, canali bocchette, etc. Per quanto riguarda gli ambienti in cui sono presenti i terminali di impianto da cui il rumore si origina, ai sensi delle disposizioni del Ministero Infrastrutture e Trasporti (Gabinetto, 2763/307/21 del 16/02/2004 UL), il livello sonoro può essere valutato usando come riferimento quanto indicato nella norma UNI 8199/98 "Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione – Linee guida contrattuali e modalità di misurazione", che fissa i limiti di rumorosità a seconda della destinazione d'uso degli ambienti in esame. In Tabella 2 si riporta la classificazione degli ambienti abitativi in base alla destinazione d'uso, nonché i relativi livelli equivalenti di pressione sonora ponderati A da non superare al fine di garantire condizioni di comfort acustico.

Tabella 2: Limiti di rumorosità per impianti di climatizzazione e ventilazione proposti dalla norma UNI 8199:1998. Livelli di riferimento. Valori indicativi.

Destinazione d'uso	dB(A)
Civili abitazioni	
1) camere da letto	30
2) soggiorno	40
Hotel / Motel	
1) camere da letto	30
2) sale riunioni	35
3) sale da pranzo	45
4) servizi	40
Uffici	
1) dirigenti	35
2) impiegati singoli	40
3) collettivi	45
4) centri di calcolo	50
5) aree aperte al pubblico servizi	45
Ospedali e cliniche	
1) camere di degenza	30
2) corsie	40
3) sale operatorie	35
4) corridoi	40
5) aree aperte al pubblico	40
6) servizi	40
Chiese	30
Scuole	
1) aule	30
2) palestre	45
Biblioteche	35
Sale conferenze	30
Teatri	30
Studi per registrazione, Sale da concerto	25
Sale cinematografiche	35
Ristoranti, Bar, Negozi	45
Valori del livello di riferimento maggiori di 5 dB(A) rispetto a quelli indicati sono sconsigliati in quanto non offrono garanzie di benessere sufficiente. Valori inferiori, quando necessari, vanno attentamente valutati a fronte degli aggravati economici che ne derivano	

In aggiunta a quanto indicato nel D.P.C.M. 5/12/97 laddove sia opportuno il raggiungimento di un elevato livello di comfort acustico, anche senza obblighi normativi, vengono indicati valori limite in base a considerazioni attinte da letteratura e da normativa internazionale.

Per quanto riguarda l'isolamento acustico tra locali inseriti nella medesima destinazione d'uso, nel caso di edifici a destinazione uffici si fa riferimento 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 francese che riguarda la qualità acustica degli uffici e degli spazi collettivi (uffici individuali, collettivi, open space, sale riunioni, sale ristoranti e circolazioni) e che, in relazione all'utilizzo e alla destinazione d'uso degli ambienti, propone tre differenti livelli di prestazione acustica: *livello standard* (corrisponde ad una prestazione funzionale che non garantisce alcuna condizione di comfort acustico), *livello elevato* (corrisponde ad una prestazione funzionale che garantisce condizioni di comfort acustico favorevoli allo svolgimento delle attività lavorative), *livello molto elevato* (corrisponde ad una prestazione funzionale che garantisce le migliori condizioni di comfort acustico). A tali livelli di prestazione acustica sono associati indicatori acustici oggettivi e misurabili (isolamento esterno ed interno, tempo di riverberazione, livello sonoro e decadimento sonoro).

Nelle Tabelle 3a e 3b si riportano i valori suggeriti da tale norma per uffici individuali.

Tabella 3a: Requisiti acustici per uffici singoli suggeriti dalla norma francese NF S 31-080.

	Livello standard	Livello elevato	Livello molto elevato
Isolamento tra uffici	$D_{nT,w(+C)} \geq 35$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 40$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 45$ dB
Isolamento tra uffici e corridoio	$D_{nT,w(+C)} \geq 30$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 35$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 40$ dB
Tempo di riverberazione		$T60 \leq 0,7$ s	$T60 \leq 0,6$ s

Tabella 3b: Requisiti acustici per uffici open-space, suggeriti dalla norma francese NF S 31-080.

	Livello standard	Livello elevato	Livello molto elevato
Isolamento tra uffici	$D_{nT,w(+C)} \geq 30$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 35$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 45$ dB
Isolamento tra uffici e corridoio	$D_{nT,w(+C)} \geq 25$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 30$ dB	$D_{nT,w(+C)} \geq 40$ dB
Tempo di riverberazione (per $V < 250$ m ³)	$T60 \leq 0,8$ s	$0,6$ s \leq $T60 \leq 0,7$ s	$T60 \leq 0,6$ s
Tempo di riverberazione (per $V > 250$ m ³)	$T60 \leq 1,2$ s	$T60 \leq 1,0$ s	$T60 \leq 0,8$ s

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_{ASmax} per impianti a servizio discontinuo). Dunque, definita la tipologia di parete, il conseguimento degli obiettivi è demandato alle caratteristiche dell'impianto stesso.

2.1. Elenco norme tecniche per l'esecuzione dei calcoli da utilizzare per le verifiche in opera di rispetto 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 del potere fonoisolante apparente, R'_{w} , tra ambienti adiacenti:

- UNI EN ISO 12354-1:2002 *“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti”*.

Calcolo dell'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato, L'_{nw} , tra ambienti sovrapposti:

- UNI EN ISO 12354-2:2002 *“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico al calpestio tra ambienti”*.

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

- UNI EN ISO 12354-3:2002 *“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea”*.

Calcolo della rumorosità degli impianti tecnologici a funzionamento continuo:

- UNI EN 12354-5:2009 *“Acustica in edilizia - Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti - Livelli sonori dovuti agli impianti tecnici”*.

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

Misura del potere fonoisolante apparente tra ambienti adiacenti:

- UNI EN ISO 140-4:2000 *“Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti”*.
- UNI EN ISO 140-14:2004 *“Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 14: Linee guida per situazioni particolari in opera”*.

Misura del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato:

- UNI EN ISO 140-7:2000 *“Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio di solai”*.
- UNI 10052:2005 *“Acustica - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea, del rumore da calpestio e della rumorosità degli impianti - Metodo di controllo”*.

Misura dell'isolamento acustico normalizzato di facciata:

- UNI EN ISO 140-5:2000 *“Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate”*.

Misura della rumorosità interna degli impianti:

- UNI 8199:1998 “Acustica - Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione”.
- UNI 10052:2005 “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”.

2.2. Descrizione dei modelli di calcolo impiegati per la valutazione dei requisiti acustici passivi

2.2.1 VALUTAZIONE DEL POTERE FONOIOLANTE APPARENTE 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 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 R' .

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

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.

Il potere fonoisolante apparente R' si determina da misurazioni in opera secondo la seguente relazione:

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

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_{tot} 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 140-4/00. 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.

La norma UNI EN 12354-1:2002 descrive due modelli 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.

Calcolo semplificato delle prestazioni acustiche di partizioni tra ambienti

La norma UNI EN 12354-1 descrive un modello per il calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w (in dB) 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.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w può essere calcolato mediante la seguente formula:

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

in cui $R_{Dd,w}$, $R_{Ff,w}$, $R_{Df,w}$, $R_{Fd,w}$ 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 1.

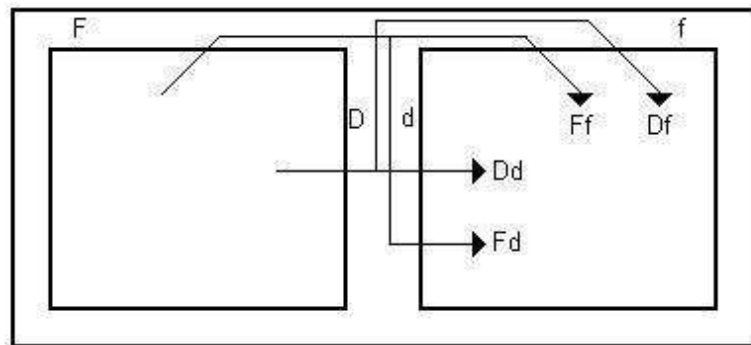


Figura 1: Percorsi di trasmissione laterale.

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

- L'indice di valutazione del potere fonoisolante delle strutture i e j coinvolte ($R_{i,w}$ ed $R_{j,w}$);
- L'indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij} della giunzione tra le due strutture interessate dal percorso ij;
- Il valore dell'indice di valutazione dell'incremento del potere fonoisolante di eventuali strati di rivestimento applicati ad una o ad entrambe le strutture $\Delta R_{ij,w}$;
- 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, l'indice di valutazione del potere fonoisolante $R_{ij,w}$ relativo a un generico percorso laterale ij può essere così calcolato:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S}{l_0 \cdot l_{ij}} \quad \text{in dB}$$

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.

$$M = \lg \frac{m_{\perp j}}{i} \quad \text{in dB}$$

La Figura 1 dell'appendice E della norma 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 è necessario riferirsi invece a quanto indicato dalla Norma UNI 12354-1 che riporta valori di scarto, per edifici caratterizzati da elementi di base omogenei, compresi tra 1,5dB e 2,5dB.

2.2.2. VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

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, alla distanza di 2 m 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:

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

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 140-5:2000. 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 717-1:2007.

Calcolo delle prestazioni acustiche delle facciate

La norma UNI EN 12354-3:2002 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.

La norma descrive un modello di calcolo che porta alla determinazione dei valori dell'isolamento acustico di facciata per bande di frequenza, a partire dai quali è possibile ottenere l'indice di valutazione $D_{2m,nT,w}$. 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 tale relazione:

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

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

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

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 .

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.

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.

Il potere fonoisolante apparente, R' , della facciata per un campo sonoro incidente diffuso è calcolato secondo la seguente relazione:

$$R' = -10 \lg \left(\sum_{i=1}^n \tau_{e,i} + \sum_{f=1}^m \tau_f \right) \quad [dB]$$

dove:

- $\tau_{e,i}$ è il fattore di trasmissione della potenza sonora relativo alla trasmissione diretta per un elemento di facciata i , ottenuto dal rapporto tra la potenza sonora irradiata attraverso un elemento di facciata i , dovuta alla trasmissione diretta del suono incidente su tale elemento, e la potenza sonora incidente sulla intera facciata;
- τ_f è il fattore di trasmissione della potenza sonora relativo alla trasmissione laterale di un elemento f , ottenuto dal rapporto tra la potenza sonora irradiata da una facciata o da un elemento laterale f nell'ambiente ricevente, dovuta alla trasmissione laterale, e la potenza sonora incidente sull'intera facciata;
- n è il numero di elementi della facciata per la trasmissione diretta;
- m è il numero di elementi laterali della facciata.

Per la trasmissione diretta il fattore di trasmissione della potenza sonora, τ_e , può essere determinato per ciascun elemento di facciata a partire dai dati acustici di quell'elemento, secondo la seguente relazione:

$$\tau_{e,i} = \frac{S_i}{S} 10^{-\frac{R_i}{10}}$$

dove:

- R_i è il potere fonoisolante dell'elemento i , in dB;
- S_i è l'area dell'elemento i , in m^2 .

Nel caso di una finestra la trasmissione sonora attraverso il telaio, i giunti e le tenute delle intercapedini tra gli elementi vetrati è considerata generalmente compresa nei dati di potere fonoisolante della finestra. Un'altra possibilità consiste nel considerare il potere fonoisolante per unità di lunghezza, R_s , di ciascuna parte (telaio, giunti e tenute delle intercapedini) tenendo conto della lunghezza relativa delle singole parti. Il potere fonoisolante di un telaio deve essere correlato all'area del telaio e dovrebbe essere misurato su componenti identici a quelli messi in opera, con una perfetta tenuta dei giunti e delle intercapedini, nelle quali la trasmissione attraverso la vetrata è sottratta per calcolo.

Le caratteristiche di fonoisolamento di una superficie vetrata dipendono fortemente dalla tenuta all'aria del telaio perimetrale; a tal scopo è necessario prevedere serramenti ad elevata tenuta all'aria, cioè classe A4 secondo la norma UNI EN 12152:2003.

Il materiale di cui è costituito il telaio (legno, acciaio, alluminio, pvc, etc.) non influisce in modo sensibile sulla prestazione acustica della vetrata. Una regola generale sulle prestazioni fonoisolanti del telaio, in relazione al materiale di cui è costituito e alla sua superficie in rapporto alla superficie del vetro, è la seguente: se la massa frontale (kg/m^2) del telaio, valutata considerando gli spessori "utili" ai fini acustici nella sezione del telaio, è superiore al 70% della massa frontale del vetro, e la superficie esposta del telaio è inferiore al 25% della superficie complessiva del vetro più il telaio, si può ritenere che il potere fonoisolante del serramento sia sostanzialmente pari a quello del vetro.

Il potere fonoisolante di un telaio deve essere correlato all'area del telaio e dovrebbe essere misurato su componenti identici a quelli messi in opera, con una perfetta tenuta dei giunti e delle intercapedini, nelle quali la trasmissione attraverso la vetrata è sottratta per calcolo.

Le caratteristiche di fonoisolamento di una superficie vetrata dipendono fortemente dalla tenuta all'aria del telaio perimetrale; a tal scopo è necessario prevedere serramenti ad elevata tenuta all'aria, cioè classe A4 secondo le norme UNI EN 12207:00 - Finestre e porte - Permeabilità all'aria – Classificazione - e UNI EN 12152:2003 - Facciate continue - Permeabilità all'aria - Requisiti prestazionali e classificazione.

Il materiale di cui è costituito il telaio (legno, acciaio, alluminio, pvc, etc.) non influisce in modo sensibile sulla prestazione acustica della vetrata. Una regola generale sulle prestazioni fonoisolanti del telaio, in relazione al materiale di cui è costituito e alla sua superficie in rapporto alla superficie del vetro, è la seguente: se la massa frontale (kg/m^2) del telaio, valutata considerando gli spessori "utili" ai fini acustici nella sezione del telaio, è superiore al 70% della massa frontale del vetro, e la superficie esposta del telaio è inferiore al 25% della superficie complessiva del vetro più il telaio, si può ritenere che il potere fonoisolante del serramento sia sostanzialmente pari a quello del vetro.

La qualità della tenuta dei giunti e delle intercapedini, espressa mediante il potere fonoisolante per unità di lunghezza, R_s , può essere solo determinata tramite misure, ma non si dispone ancora di un metodo di misurazione normalizzato per determinare tale grandezza.

Per il calcolo del valore del potere fonoisolante medio del serramento è stato considerato il prospetto B.10 della norma UNI/TR 11175. Tale valore dipende oltre che dalle caratteristiche del vetro anche dalle

caratteristiche del serramento (come il numero di guarnizioni, il loro posizionamento e la tenuta all'aria) che determinano il valore dei coefficienti di aggiustamento nel calcolo del potere fonoisolante della finestra. In particolare la formula applicata è quella riportata di seguito:

$$R_{wRfinestra} = R_w + K_p + K_{RA} + K_{DS} + K_{FG} + K_{F1,5} + K_{F,3} + K_{GB}$$

Dove:

- R_w = indice di valutazione del potere fonoisolante del vetro
- K_p finestre = -2, K_p porte = -5
- K_{RA} = termine che tiene in considerazione la % del telaio rispetto alla superficie totale del serramento
- K_{DS} = termine che tiene in considerazione la presenza di doppio telaio e del montante centrale
- K_{FG} = termine che tiene in considerazione la presenza del telaio non in vista
- $K_{F1,5}$ = termine che tiene in considerazione superficie del serramento
- $K_{F,3}$ = termine che tiene in considerazione superficie della lastra di vetro
- K_{GB} = termine per serramenti a nastro

La trasmissione diretta attraverso piccoli elementi di edificio, come le bocchette di aerazione, viene determinata secondo la seguente relazione:

$$\tau_{e,i} = \frac{A_0}{S} 10^{-\frac{D_{n,e,i}}{10}}$$

dove:

- A_0 è pari a 10 m^2 ;
- $D_{n,e,i}$ è l'isolamento acustico normalizzato di un piccolo elemento i in dB;
- S è l'area totale della facciata, vista dall'interno, in m^2 .

Il fattore di trasmissione della potenza sonora relativo alla trasmissione laterale di un elemento f , τ_f , si ottiene a partire dalla somma dei fattori di trasmissione sonora laterale in rapporto a tutte le vie di trasmissione laterale. Il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile; tuttavia, se elementi rigidi (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale. In questi casi, per tenere conto della trasmissione laterale è sufficiente sottrarre 2 dB all'indice del potere fonoisolante apparente della 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 12354-3:2002

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.

2.2.3 VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI PRESSIONE SONORA DI CALPESTIO DI SOLAI NORMALIZZATO RISPETTO ALL'AREA DI ASSORBIMENTO EQUIVALENTE

L'attitudine dei solai ad attenuare le sollecitazioni d'urto esercitate sulla loro superficie è espressa dal livello di rumore di calpestio L . Si tratta di una grandezza convenzionale che indica il livello di rumore presente in un locale quando sul solaio del locale sovrastante è in funzione la macchina generatrice di calpestio normalizzata, con caratteristiche meccaniche ben definite (forma e massa dei martelli, altezza di caduta, ritmo di percussione).

In opera si determina il livello di rumore di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, L'_{nT} , e il relativo indice di valutazione L'_{nTw} . L'apice ' indica che la misura è eseguita in opera e i pedici nT (normalizzato rispetto al tempo di riverberazione) indicano che il livello è riferito ad un locale con tempo di riverberazione di riferimento pari a 0,5 s, secondo la formulazione che segue:

$$L'_{nT} = L' - 10 \log \frac{T}{T_0} \quad [dB]$$

dove:

- L' è il livello di pressione sonora di calpestio 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, per le abitazioni pari a 0,5 s.

Le modalità di misura di questa grandezza sono definite nella norma UNI EN ISO 140-7:2000.

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 717-2:2007.

L'attenuazione del rumore di calpestio si può conseguire realizzando un pavimento galleggiante o rivestendo il solaio con un pavimento resiliente.

Il pavimento galleggiante è costituito da una pacchetto che si appoggia sul solaio portante che si compone, a partire dal solaio, da uno strato di materiale elastico sul quale si sovrappone una piastra in cemento (massetto), e sulla quale viene applicata la pavimentazione. Il massetto e il pavimento sono realizzati in modo da "galleggiare" sul solaio portante tramite lo strato elastico, escludendo ogni collegamento rigido con il solaio.

Il pavimento resiliente consiste nella posa in opera di una pavimentazione resiliente, come ad esempio le pavimentazioni in gomma o in moquettes, anche direttamente applicata sul solaio.

Le prestazioni dei sottofondi elastici per pavimenti galleggianti e dei pavimenti resilienti sono espresse in termini di attenuazione di livello di pressione sonora di calpestio, ΔL . Le misure vengono effettuate in laboratorio secondo la norma UNI EN ISO 140-8.

Questa grandezza rappresenta, per ogni banda di frequenza considerata, la riduzione del livello di pressione sonora di calpestio conseguente alla posa del rivestimento per pavimentazione, secondo la seguente relazione:

$$\Delta L = L_n - L_{n0} \quad [dB]$$

dove:

- L_{n0} è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico del solaio normalizzato senza il rivestimento di pavimentazione, in dB;
- L_n è il livello di pressione sonora di calpestio normalizzato del solaio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico con il rivestimento di pavimentazione, in dB.

Il livello di rumore di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico L_n , è riferito ad un locale con area di assorbimento acustico equivalente di riferimento pari a 10 m^2 , secondo la formulazione che segue:

$$L_n = L + 10 \log \frac{A_{TOT}}{A_0} \quad [dB]$$

dove:

- L è il livello di pressione sonora di calpestio nell'ambiente ricevente, in dB;
- A_{TOT} è l'area di assorbimento equivalente nell'ambiente ricevente, in m^2 ;
- A_0 è l'area di assorbimento equivalente di riferimento pari a 10 m^2 .

Nel caso di rivestimento per pavimentazione costituito da pacchetto galleggiante è prevista la posa di un massetto tradizionale pari a 5 cm di spessore, in assenza di pavimentazione.

L'indice di valutazione dell'attenuazione di livello di pressione sonora di calpestio, ΔL_w , si ottiene rapportando i valori misurati di ΔL ad un solaio di riferimento come descritto nella norma UNI EN ISO 717-2:2007.

Il pavimento galleggiante

Viene adottato nei casi in cui si vuole conseguire un isolamento contro i rumori di calpestio indipendentemente dal tipo di pavimentazione adottata; anche l'uso di pavimentazioni rigide, su questo tipo di struttura, non compromette infatti il risultato acustico.

Per i pavimenti galleggianti il cui supporto elastico è formato da uno strato continuo, sul quale la piastra superiore, gettata in opera, appoggia in ogni punto, l'attenuazione di livello sonoro ΔL in funzione della frequenza, fornita rispetto al livello generato dal solaio nudo, è data da:

$$\Delta L \cong 40 \log \left(\frac{f}{f_0} \right) \quad [dB] \quad \text{per } f > f_0$$

in cui:

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{s'}{m}} \quad [Hz]$$

Dove:

- f_0 è la frequenza di taglio o di risonanza;
- s' è la rigidità dinamica dello strato isolante, in N/m^3 ;
- m è la massa per unità di superficie della piastra superiore, in kg/m^2 .

Al di sotto della frequenza di taglio l'attenuazione è praticamente nulla, mentre al di sopra si ha un'attenuazione che cresce di circa 40 dB per decade. È dunque auspicabile che un materiale resiliente, per poter conseguire elevati valori di attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio, abbia una frequenza di taglio più bassa possibile, ovvero una bassa rigidità dinamica.

Nella norma UNI EN ISO 12354-2 la formula per il calcolo di ΔL è stata modificata introducendo una costante pari a 30 invece di 40 per i pavimenti galleggianti in calcestruzzo per meglio adattarla ai dati sperimentali.

La rigidità dinamica

La rigidità dinamica s' esprime l'attitudine di un materiale elastico ad essere utilizzato come supporto nei pavimenti galleggianti e dunque ad attenuare il livello di rumore di calpestio.

Tale grandezza si ottiene a partire dal modulo di elasticità dinamica del materiale E , espresso in $N m^{-2}$ e dallo spessore del materiale, in m . Si definisce infatti come:

$$s' = E/d \quad \left[\frac{kg}{m^2 s^2} \right]$$

La norma UNI EN ISO 29052-1 definisce le modalità di misura in laboratorio della rigidità dinamica su piccoli campioni di materiale a partire dalla misura della frequenza di risonanza f_0 della vibrazione verticale fondamentale di un sistema massa-molla. La massa è rappresentata da una piastra di carico e la molla è rappresentata dal provino del materiale resiliente sottoposto a prova. Nota la frequenza di risonanza f_0 , il valore della rigidità dinamica è ottenuto dalla relazione:

$$s' = (2\pi f_0)^2 m \quad [kg m^{-2} s^{-2}]$$

dove m è la massa per unità di superficie della piastra superiore, in $kg m^{-2}$.

Calcolo semplificato delle prestazioni fra ambienti sovrapposti

La norma UNI EN ISO 12354-2:2000 viene proposto un modello di calcolo semplificato: il modello calcola direttamente l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico a partire dagli indici di valutazione delle grandezze coinvolte nei calcoli, relative agli elementi considerati.

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, L'_{nw} si ottiene dalla seguente relazione:

$$L'_{nw} = L_{nw,eq} - \Delta L_w + K \quad [dB]$$

dove:

- $L_{nw,eq}$ è l'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato del pavimento, in dB (come descritto nella norma UNI EN ISO 717-2/97);
- K è la correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le costruzioni laterali omogenee, in dB, determinata dal prospetto 1 della norma EN 12354-2/00, in funzione della massa superficiale del pavimento e degli elementi laterali.

Per la presente trattazione i valori di ΔL_w sono stati desunti dall'appendice C.2 della norma per massetti a secco (cfr. Figura 2), mentre i valori di $L_{nw,eq}$ sono stati calcolati secondo la relazione presente in appendice B.2 della norma, valida per pavimenti omogenei o che si comportano come costruzioni omogenee, e di seguito riportata:

$$L_{nw,eq} = 164 - 35 \cdot \log \left[\frac{m'}{1 \text{ kg/m}^2} \right] \quad [dB]$$

2.2.4 VERIFICA DELLA TRASMISSIONE INDIRECTA PER VIA AEREA ATTRAVERSO I CAVEDI TECNICI

Per determinare l'isolamento acustico normalizzato per trasmissione indiretta per via aerea, $D_{n,s}$, si è fatto riferimento all'appendice F1.1 della norma UNI EN 12354-1:2002.

$$D_{n,s} = D_{n,f} + 10 \log \frac{h_{pl} l_{ij}}{h_{lab} l_{lab}} + 10 \log \frac{S_{CS,lab} S_{cr,lab}}{S_{CS} S_{cr}} + C_{\alpha} \quad [dB]$$

dove:

- S_{CS}, S_{cr} è l'area del soffitto o della parete dell'ambiente emittente e dell'ambiente ricevente, in m^2 ; in laboratorio $S_{CS,lab}, S_{cr,lab} = 20 \text{ m}^2$
- h_{pl} è l'altezza libera dello spazio vuoto sopra il soffitto o all'interno del cavedio, in metri; in laboratorio $h_{pl} = 0,7 \text{ m}^2$

Nel caso di trasmissione principalmente per via aerea per determinare il potere fonoisolante laterale R_{Ff} in una situazione in opera a partire dall'informazione relativa all'isolamento $D_{n,f}$ si può usare la seguente relazione:

$$R_{Ff} = D_{n,f} + 10 \log \frac{S_s / l_{lab}}{A_0 / I_{Ff}} \quad [dB]$$

2.2.5 VERIFICA DELLA RUMOROSITÀ DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO AI SENSI DEL D.P.C.M. 5/12/97

La valutazione ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 deve essere eseguita negli ambienti in cui il rumore risulta più elevato e tali ambienti devono essere diversi da quelli in cui il rumore si origina.

Per quanto riguarda gli impianti di climatizzazione basati su sistema a unità di trattamento aria, la valutazione della rumorosità deve essere eseguita nell'ambiente in cui l'UTA non sia presente, attiguo, soprastante o sottostante a quello potenzialmente disturbato. In merito alla rumorosità dei terminali dell'impianto di ventilazione (bocchette di mandata e di ripresa) la valutazione può invece essere eseguita solo negli ambienti sprovvisti di impianto di ventilazione, attigui ad ambienti che ne siano provvisti, in quanto anche occludendo un terminale del condotto non è possibile annullare i contributi di rumorosità dovuti al passaggio dell'aria nel canale.

La valutazione può essere effettuata utilizzando i metodi di calcolo proposti dalla norma UNI EN 12354-1:2002 e, più precisamente, applicando la seguente relazione.

$$L_2 = L_1 - R' + 10 \cdot \log \frac{S_s}{A_{tot}} \quad [\text{dB}]$$

Dove:

- L_1 è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbante, in dB;
- L_2 è il livello medio di pressione sonora nell'ambiente disturbato, in dB;
- S_s è la superficie dell'elemento di separazione tra i due ambienti, in metri quadri;
- A_{TOT} è l'area di assorbimento equivalente, in metri quadri;
- R' è il potere fonoisolante apparente dell'elemento di separazione tra i due ambienti, in dB.

Si noti che il livello così calcolato risulta espresso in dB, mentre per effettuarne il confronto con i limiti imposti dal D.P.C.M. 5/12/97 è necessario effettuare la ponderazione con la curva di tipo A. Questo impone che il calcolo sia svolto in frequenza per poter successivamente applicare la suddetta curva di ponderazione; il valore a singolo indice viene in seguito ottenuto mediante somma logaritmica dei livelli delle singole bande di frequenza.

3. REQUISITI DEL SISTEMA AMBIENTALE

In un ambiente destinato all'ascolto della parola come una sala conferenze, dove è di primaria importanza la comunicazione verbale, la progettazione acustica ha come obiettivo la corretta trasmissione del messaggio verbale da parlatore ad ascoltatore. Le caratteristiche acustiche dell'ambiente in cui avviene la comunicazione possono perturbare la qualità della trasmissione del segnale emesso dal parlatore rendendolo meno intelligibile per l'ascoltatore.

Per una buona ricezione è necessario un buon livello sonoro del segnale vocale utile, un basso livello di rumore di fondo ed il contenimento della riverberazione sonora, quantificato attraverso la misura o il calcolo del tempo di riverberazione.

Questi tre parametri, non ottimizzati, riducono l'intelligibilità della parola, intesa come percentuale di parole o frasi correttamente comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità delle parole o frasi pronunciate da un parlatore.

3.1. Parametri di qualità acustica

3.1.1 IL TEMPO DI RIVERBERAZIONE

Gli effetti del suono riverberato sulla qualità dell'ascolto si valutano con la determinazione del tempo di riverberazione convenzionale, T60. 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 2).

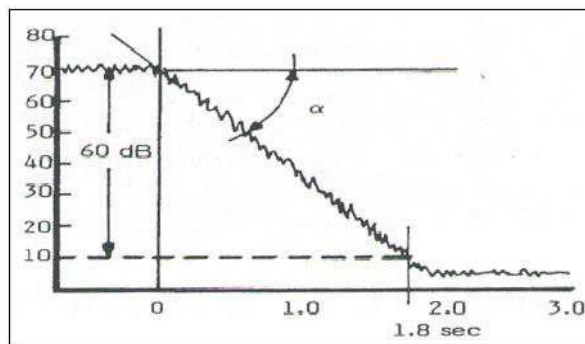


Figura 2. Decadimento del livello sonoro in ambiente a seguito dell'interruzione di un segnale sonoro stazionario e tempo di riverberazione.

Più e 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.

In letteratura sono riportati diagrammi che consentono la determinazione del tempo di riverberazione ottimale in funzione del volume dell'ambiente e della sua destinazione d'uso. I diagrammi generalmente forniscono tali valori ottimali in funzione della frequenza.

Sono state inoltre proposte alcune relazioni empiriche che forniscono il tempo di riverberazione ottimale a determinate frequenze, generalmente 500 o 1000 Hz. Per l'ascolto della parola ci si può riferire alla seguente relazione per il calcolo a 1000 Hz:

$$T_{ott,1000} = k^9 \sqrt{V} \quad [s]$$

dove per k può variare fra 0,3÷0,4 e V è il volume dell'ambiente, in m³.

Per alcuni Autori, il valore ottimale così calcolato può essere inteso come valore ottimale esteso al campo di frequenze compreso tra 40 Hz e 10 kHz. Per altri Autori è indicato un lieve incremento del tempo di riverberazione alle basse frequenze.

Ai sensi della Circolare del Ministero dei Lavori pubblici n. 3150 del 22/05/1967 recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici, all'interno delle aule per lo svolgimento delle attività didattiche la media dei tempi di riverberazione misurati alle frequenze comprese nella bande di ottava fra 250 e 2000 Hz non deve superare 1,2 ad aula arredata con la presenza di due persone al massimo. Un ulteriore riferimento normativo per gli edifici scolastici è il D.M. 18/12/1975 *Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica*, nel quale sono indicati i valori ottimali del tempo di riverberazione in funzione del volume dell'ambiente, in frequenza e per bande di ottava da 125 a 4000 Hz. Eseguendo i calcoli riportati nel testo del Decreto, per un'aula tipo di scuola primaria o secondaria, risulta che il tempo di riverberazione, alle medie frequenze, non deve essere superiore a 0,9 s. Ai sensi della Norma UNI 11376 il tempo di riverberazione ad ambiente non occupato, in tutte le bande di ottava comprese fra 125 e 4000 Hz deve essere inferiore a 1,2 s. Ai sensi delle linee guida inglesi Building Bulletin 93 i valori massimi di tempo di riverberazione per le aule scolastiche sono definiti in base al numero di posti. In particolare per aule universitarie con un numero di posti a sedere ≤ 50 il tempo di riverberazione, alle medie frequenze (valore medio per le frequenze comprese tra 500 e 2000 Hz), non deve essere superiore a 0,8 s, per aule universitarie con un numero di posti a sedere > 50 lo stesso valore medio non deve essere superiore a 1 s. Nell'ambito della presente relazione il valore ottimale del tempo di riverberazione per gli ambienti per lo svolgimento della didattica e per l'ascolto della parola è compreso fra 0,8 s e 1,0 s in base al numero di posti a sedere. La curva così stabilita consente di rispettare i valori ottimali ai sensi di tutti i riferimenti legislativi e normativi indicati.

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 m³ e A_{tot} è l'assorbimento acustico totale, in m², calcolato secondo la seguente relazione:

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

dove

a_i = assorbimento acustico della i-esima superficie, ad.;

S_i = area della i-esima superficie, m^2 ;

n_j = numero di unità del j-esimo tipo, ad.;

A_j = unità assorbenti dell'unità del j-esimo tipo, m^2 .

I metodi per la misurazione del tempo di riverberazione sono definiti nella norma UNI EN ISO 3382 - Misurazione del tempo di riverberazione di ambienti con riferimento ad altri parametri acustici (2001).

La norma definisce il tempo di riverberazione, T30 o T20, 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 T30, da un livello -5 dB sotto il livello iniziale a un livello di -35 dB (vedi Figure 3 e 4), o in presenza di insufficiente rapporto segnale/rumore, per il T20, 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:

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

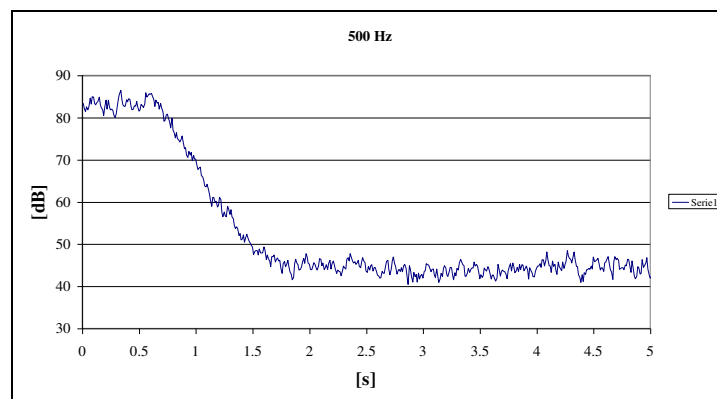


Figura 3. Decadimento del livello sonoro in un punto di un ambiente.

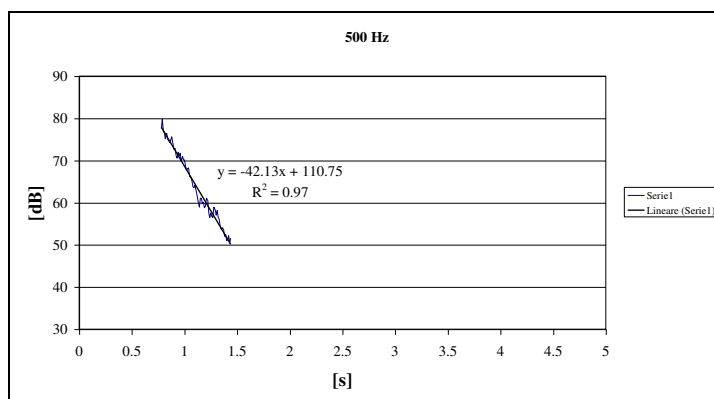


Figura 4. Retta di regressione lineare.

3.1.2 LO SPEECH TRANSMISSION INDEX (STI)

Da UTET – *Manuale di acustica applicata* – a cura di Renato Spagnolo. L'effetto combinato dell'interferenza della riverberazione e del rumore di fondo sulla riduzione di intelligibilità del parlato si valutano con l'indice STI, Speech Transmission Index. Secondo la teoria che sta alla base della definizione dello STI, la voce umana può essere considerata come un segnale modulato in ampiezza e in un ambiente si avranno buone condizioni di intelligibilità se si mantengono il più possibile invariate le caratteristiche iniziali di modulazione, esprimibili dall'indice di modulazione.

La procedura per la determinazione dello STI fa riferimento alla norma IEC 60268-16 (1998). Si applica per valutare l'intelligibilità del parlato con e senza sistemi di amplificazione sonora.

Per la misura dello STI si impiega un segnale di test che riflette le caratteristiche spettrali e temporali di un campione di parlato continuo. Esso consiste in un rumore bianco filtrato per bande di ottava da 125 Hz a 8 kHz (f), modulato sinusoidalmente in ampiezza, con indice di modulazione pari a 1, secondo 14 frequenze di modulazione (F), ad intervalli di un terzo d'ottava 0,63; 0,8; 1; 1,25; 1,6; 2; 2,5; 3,15; 4; 5; 6,3; 8; 10; 12,5 Hz.

La misura si effettua con la sorgente nella posizione dell'oratore e il microfono in corrispondenza della testa dell'ascoltatore.

Lo STI si ottiene dalla determinazione della funzione di trasferimento della modulazione (Modulation Transfer Function), che quantifica la riduzione dell'indice di modulazione del segnale di test, dall'emissione alla ricezione, in funzione della frequenza di modulazione. Per ciascuna frequenza di modulazione la MTF è determinata dal rapporto tra l'indice di modulazione del segnale in corrispondenza dell'ascoltatore, m_o , e l'indice di modulazione del segnale di test, m_i .

Le prestazioni del sistema di trasmissione vengono quantificate mediante la determinazione della funzione di trasferimento della modulazione per le 7 bande di ottava, ottenendo $7 \times 14 = 98$ valori di fattore di riduzione dell'indice di modulazione m per ogni posizione d'ascolto.

In particolare con indice di modulazione del segnale di test m_i pari ad 1 (modulazione del 100%), l'indice di modulazione m_o coincide con il fattore di riduzione dell'indice di modulazione m .

Viene determinata una famiglia di curve della MTF, nella quale ogni curva è relativa a ciascuna banda di emissione del segnale vocale ed è definita dai valori che il fattore di riduzione dell'indice di modulazione m (m_o/m_i) assume per ogni frequenza di modulazione (Figura 5).

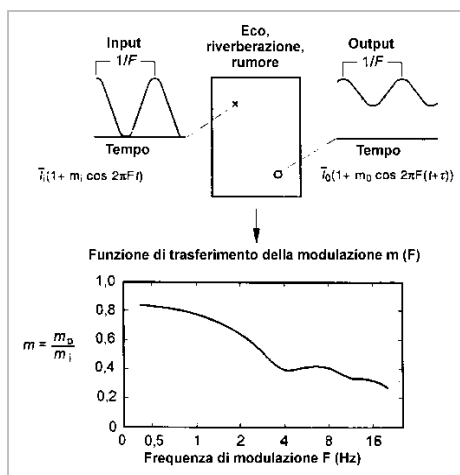


Figura 5: Riduzione della modulazione di un segnale vocale prodotta dal rumore di fondo e dalla riverberazione, $m_i = 1$, $m_o \leq 1$.

Ciascuno dei 98 valori viene convertito in rapporto segnale/rumore apparente, cioè un rapporto segnale/rumore equivalente che da solo, cioè in assenza di riverberazione, fornirebbe lo stesso valore di m :

$$S/N_{f,F} = 10 \log \left(\frac{m_{f,F}}{1 - m_{f,F}} \right) \quad [\text{dB}]$$

I rapporti segnale/rumore apparente vengono limitati ad un intervallo compreso tra ± 15 dB. Valori inferiori a -15 dB vengono assunti pari a -15 dB e valori superiori a $+15$ dB, vengono assunti pari a 15 dB.

Ogni rapporto segnale/rumore apparente è convertito in indice di trasmissione ($T_{f,F}$), compreso in un intervallo tra 0 e 1:

$$T_{f,F} = \frac{S/N_{f,F} + 15}{30} \quad [-]$$

Per ogni banda di ottava viene calcolato l'indice di trasferimento della modulazione (MTI_f) come media aritmetica degli indici di trasmissione per le 14 frequenze di modulazione:

$$MTI_f = \frac{1}{14} \sum_{f=1}^{14} T_{f,F} \quad [-]$$

Infine si ottiene l'indice STI come somma pesata degli indici di trasferimento della modulazione per tutte le 7 bande di ottava. I pesi α_f e β_f sono diversi in relazione al sesso del parlatore e si riferiscono alla importanza di ogni banda nei confronti dell'intelligibilità complessiva (Tabella 4).

$$STI = \sum_{f=1}^7 \alpha_f MTI_f - \sum_{f=1}^6 \beta_f \sqrt{MTI_f \cdot MTI_{(f+1)}} \quad [-]$$

Tabella 4. Fattori di pesatura per la determinazione dell'indice STI nei casi di voce maschile e femminile.

Sesso del parlatore		Frequenze centrali delle bande di ottava (Hz)						
		125	250	500	1000	2000	4000	8000
maschio	α	0,085	0,127	0,230	0,233	0,309	0,244	0,173
	β	0,085	0,078	0,065	0,011	0,047	0,095	-
femmina	α	-	0,117	0,223	0,216	0,328	0,250	0,194
	β	-	0,099	0,066	0,062	0,025	0,076	-

L'indice STI è stato correlato a scale soggettive di intelligibilità, come quella riportata in Tabella 5.

Tabella 5. Classificazione della qualità della comunicazione in relazione all'indice STI .

Classe di qualità della comunicazione	Valore dell'indice STI
Pessima	< 0,2
Scadente	0,2 – 0,4
discreta	0,4 – 0,6
buona	0,6 – 0,8
eccellente	> 0,8

La determinazione della funzione di trasferimento della modulazione può essere eseguita anche a partire dalla misura non contemporanea della risposta all'impulso e del rumore di fondo.

In sede progettuale, con l'utilizzo di procedure di calcolo numerico, è possibile ricostruire secondo tecniche *ray tracing* la risposta all'impulso nei diversi punti di una sala. In questo modo, anche in sede di progetto è possibile scegliere correttamente la forma, i materiali e le tecnologie d'involucro dell'ambiente di ascolto rispettando le specifiche di capitolato.

4. DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il progetto riguarda l'intervento di riqualificazione e riconversione dell'area Ex-Westinghouse in centro di competenza nel campo dell'innovazione energetico-ambientale.

L'area d'intervento, delimitata dalle vie Bixio e Borsellino è classificata dal PRG fra le Zone Urbane di Trasformazione, ovvero tra le parti di territorio urbano per le quali sono previsti interventi di radicale ristrutturazione urbanistica e di nuovo impianto; si tratta infatti di un'area ex industriale in fase di riconversione, che in ambito di Variante al PRG prevede la realizzazione di edifici con varie destinazioni d'uso, fra i quali l'Energy Center, adibito ad attività di studio e ricerca.

L'Energy Center è concepito come una struttura d'eccellenza che coinvolge un sistema di luoghi, attori e relazioni sinergiche a servizio dell'innovazione in campo energetico-ambientale (Smart & Clean Energy), e che si occuperà di studio e ricerca applicata, testing di tecnologie, consulenza ad enti pubblici e privati, promozione delle iniziative di settore e stimolo all'interesse verso le tematiche energetiche, ponendosi come un soggetto di livello europeo di riconosciuta competenza e autorevolezza nel proprio ambito, nonché come un punto di riferimento per le filiere di settore italiane, per il settore pubblico e per il mondo della ricerca scientifica.

Il progetto prevede la realizzazione di un'infrastruttura multifunzionale, dedicata ad attività di studio, ricerca e rinnovamento tecnologico. La struttura, identificandosi come struttura scolastica universitaria, ospiterà anche ricercatori che frequentano dottorati e master del Politecnico. Si tratterà di una struttura-laboratorio al servizio della ricerca universitaria, delle imprese e del territorio, in cui sviluppare e testare tecnologie e soluzioni applicative innovative in ambito energetico.

La concezione degli spazi interni nei piani fuori terra sarà flessibile e adattabile ad esigenze che possono mutare nel tempo: sono previsti infatti grandi open-space, suddivisibili secondo le necessità contingenti.

Il piano terreno sarà occupato per lo più da un laboratorio, costituito da un ampio locale a doppia altezza dotato di carroponte. Allo stesso piano troveranno collocazione anche un locale accoglienza, una sala conferenze, e, negli spazi di circolazione, zone in cui è possibile l'esposizione di prodotti. I piani superiori saranno dedicati parte a uffici, a servizio degli stessi laboratori e dei centri di studio e ricerca e parte ad "uffici informatici". Saranno inoltre ricavate alcune sale dedicate alla formazione per ricercatori e studiosi.

Per il passaggio degli impianti a servizio dell'intero edificio è prevista la realizzazione di cavedi verticali distribuiti in modo uniforme lungo la manica dell'edificio. Se, per motivi logistici, alcuni elementi da testare non potessero essere installati in copertura, è previsto di utilizzare l'area antistante la parete verde di sud-est. In Allegato A si riportano i prospetti dell'edificio e le piante dei diversi piani con indicazione delle destinazioni d'uso previste per gli ambienti.

4.1. Identificazione delle aree a diversa destinazione d'uso e obiettivi acustici

Il confronto dei requisiti acustici di progetto con il D.P.C.M 5/12/97 richiede l'individuazione delle aree a diversa destinazione d'uso degli ambienti all'interno dell'edificio.

In particolare nell'ambito della presente relazione, ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 si fa riferimento alla categoria B di ambienti.

In Tabella 6 si riportano i valori limite dei requisiti acustici passivi di riferimento in relazione alla categoria dell'edificio.

Tabella 6: Valori limite ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97 in riferimento alla categoria di edifici B

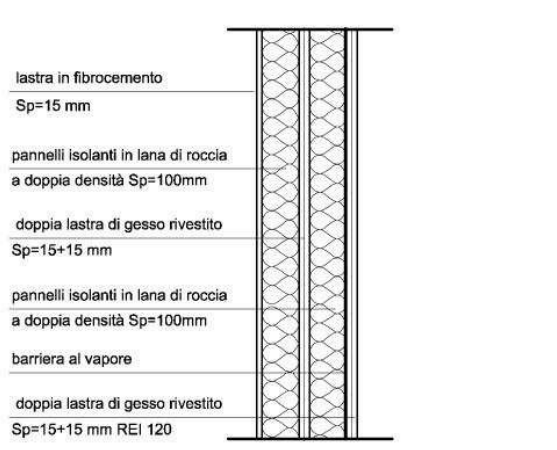
Destinazione d'uso ufficio			
Parametro	OBIETTIVI ACUSTICI		
	Simbolo	D.P.C.M. 5/12/97	Comfort
Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata	$D_{2m,nT,w}$	≥ 42 dB	
Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente fra ambienti adiacenti	Tra unità distinte R'_w	≥ 50 dB	
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare	All'interno della stessa destinazione d'uso $D_{nT,w}$		Livello elevato $\geq 35^*$ dB (open space) $\geq 40^*$ dB (uffici) Livello molto elevato $\geq 45^*$ dB
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni tra aule e corridoi	All'interno della stessa destinazione d'uso $D_{nT,w}$		Livello elevato $\geq 35^*$ dB (uffici) Livello molto elevato $\geq 40^*$ dB
Indice di valutazione del livello di pressione sonora dicalpestio	Tra unità distinte $L'_{n,w}$	≤ 55 dB	

**Valori definiti ai sensi della norma francese NF S31-080:2006 "Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace".*

Nelle Tabelle da 7.1 a 7.11 sono riportate le descrizioni delle stratigrafie relative ai componenti edilizi in esame ovvero delle pareti di facciata, delle pareti divisorie tra ambienti, dei solai interpiano e dei serramenti previsti a progetto. Si noti che per i componenti edilizi è riportato l'indice del potere fonoisolante R_w simulato mediante il software Insul 6.2, oppure, se presente, desunto dal certificato di misura in laboratorio o dalle schede tecniche dei materiali utilizzati.

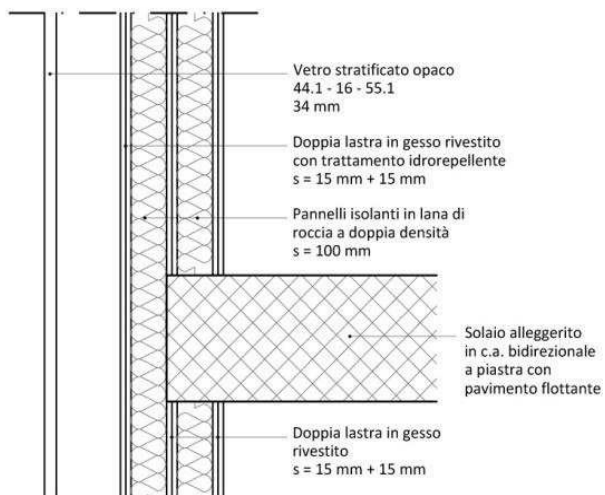
In Allegato B si riportano i certificati di laboratorio o di calcolo, con indicazione dell'andamento in frequenza del potere fonoisolante delle strutture. Per quanto riguarda la parte opaca della parete di facciata si sottolinea che i valori riportati in Allegato B sono stati assunti dal Rapporto di prova n. 295834 rilasciato dall'Istituto Giordano per una stratigrafia analoga a quella prevista per il progetto, ma con impiego di 5 lastre di cartongesso. Rispetto a tali valori si sottolinea che a progetto è prevista la realizzazione di una parete con 6 lastre di cartongesso, tuttavia, non avendo a disposizione dati certificati relativi al potere fonoisolante di tale stratigrafia, la scelta è stata quella di utilizzare per i calcoli valori certificati cautelativi.

Tabella 7.1: Stratigrafia relativa alla parete di facciata tipo 1

Gruppo struttura	Parete di facciata
Specifiche	Parete di facciata con rivestimento in lamiera
Abaco delle murature	M6
	
Spessore totale	27,5 cm
R_w	67 dB (come da certificato di prova Istituto Giordano numero 295834)

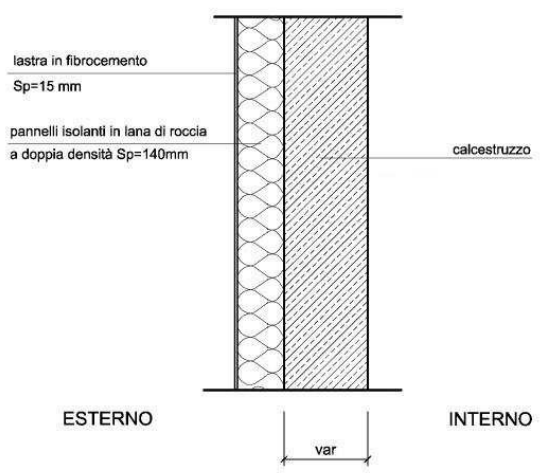
*Per le valutazioni acustiche i calcoli sono stati eseguiti trascurando la presenza del rivestimento in lamiera della facciata ventilata.

Tabella 7.2: Stratigrafia relativa alla parete di facciata tipo 2.

Gruppo struttura	Parete di facciata
Specifiche	Parete di facciata con rivestimento in vetro opaco (sottofinestra)
Abaco delle murature	M6
	
Spessore totale	27,5 cm
R_w	67 dB (come da certificato di prova Istituto Giordano numero 295834)

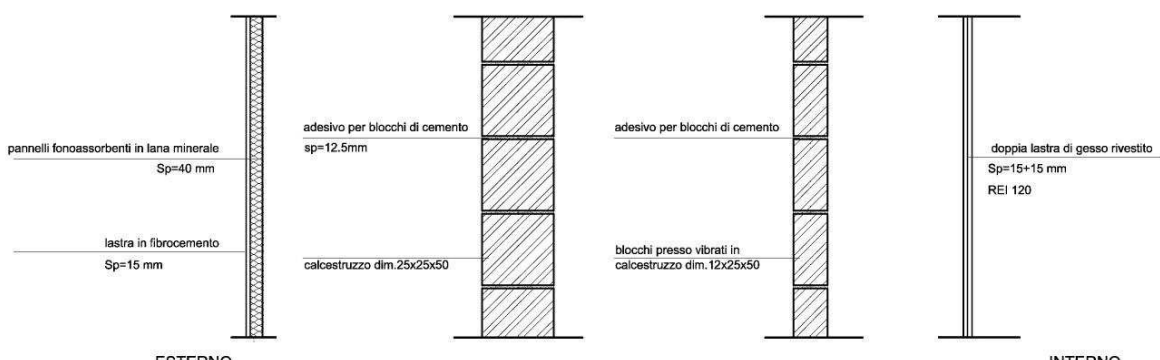
*Per le valutazioni acustiche i calcoli sono stati eseguiti trascurando la presenza del rivestimento in vetro.

Tabella 7.3: Stratigrafia relativa alla parete di facciata tipo 3.

Gruppo struttura	Parete di facciata
Specifiche	Setto in cls con rivestimento in lamiera
Abaco delle murature	Cls + M6*
	
Spessore totale	40,5 cm
R_w	64 dB (come da calcolo tramite software INSUL)
Spessore totale	50,5 cm
R_w	68 dB (come da calcolo tramite software INSUL)

Per le valutazioni acustiche i calcoli sono stati eseguiti trascurando la presenza dello strato M6.

Tabella 7.4: Stratigrafia relativa alla parete di facciata tipo 4.

Gruppo struttura	Parete di facciata
Specifiche	Parete in blocchi di cls con rivestimento in lamiera
Abaco delle murature	M13 + M2 + M1 + M11
	
Spessore totale	45,5 cm
R_w	56 dB (come da calcolo tramite software INSUL)

*Per le valutazioni acustiche i calcoli sono stati eseguiti trascurando la presenza dello strato M13.

Tabella 7.5: Stratigrafia relativa alla parete divisoria tipo 1.

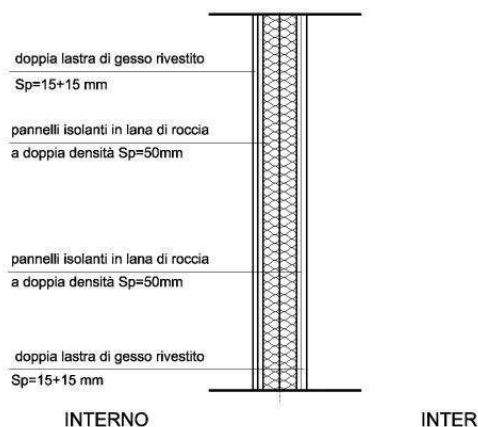
Gruppo struttura	Parete divisoria
Specifiche	Parete divisoria tra ambienti
Abaco delle murature	M15
 <p>doppia lastra di gesso rivestito Sp=15+15 mm</p> <p>pannelli isolanti in lana di roccia a doppia densità Sp=50mm</p> <p>pannelli isolanti in lana di roccia a doppia densità Sp=50mm</p> <p>doppia lastra di gesso rivestito Sp=15+15 mm</p> <p>INTERNO INTERNO</p>	
Spessore totale	16 cm
R_w	62 dB (come da certificato di prova Istituto Giordano numero 268430)

Tabella 7.6: Stratigrafia relativa alla parete divisoria tipo 2.

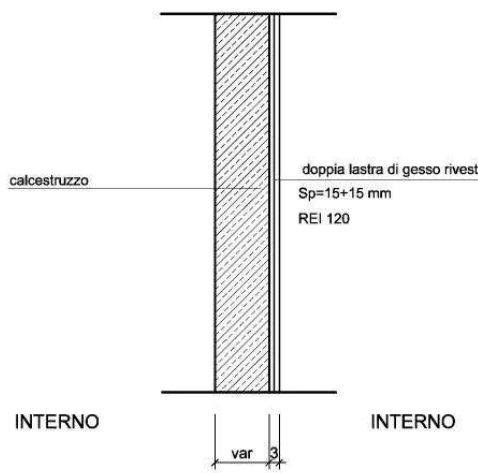
Gruppo struttura	Parete divisoria
Specifiche	Parete divisoria tra ufficio e vano ascensore
Abaco delle murature	ClS + M11
 <p>calcestruzzo</p> <p>doppia lastra di gesso rivestito Sp=15+15 mm REI 120</p> <p>INTERNO INTERNO</p> <p>var 3</p>	
Spessore totale	28 cm
R_w	64 dB (come da calcolo tramite software INSUL)

Tabella 7.7: Stratigrafia relativa alla parete divisoria tipo 3.

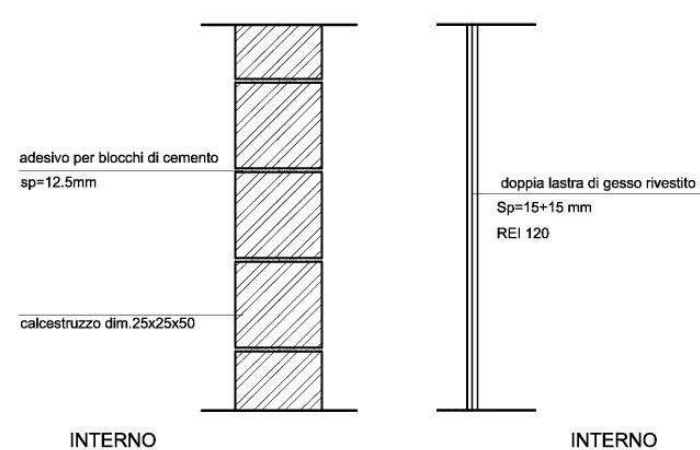
Gruppo struttura	Parete divisoria
Specifiche	Parete divisoria tra ufficio e vano ascensore o cavedio
Abaco delle murature	M2 + M11
	
Spessore totale	28 cm
R_w	52 dB (come da calcolo tramite software INSUL)

Tabella 7.8: Stratigrafia relativa al solaio.

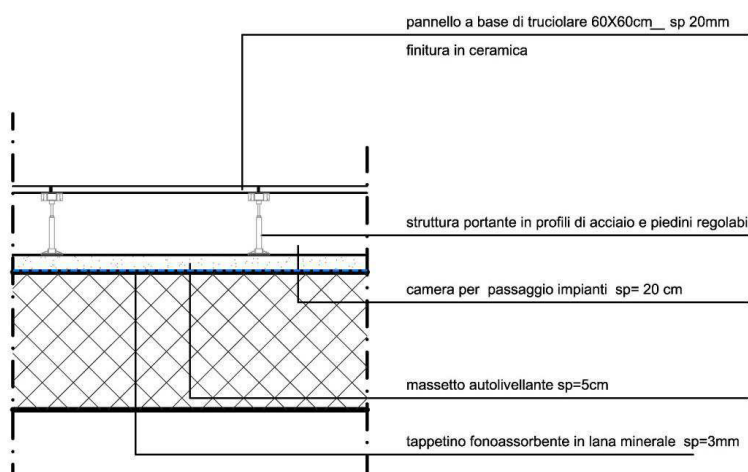
Gruppo struttura	Solaio
Specifiche	Solaio con pavimento flottante
Abaco dei solai	S3
	
Spessore totale	65 cm
R_w	57 dB (come da letteratura)

Tabella 7.9: Stratigrafia relativa ai serramenti.

Gruppo struttura:	Serramenti
Specifiche:	Facciata vetrata
Telaio in alluminio pcc a taglio termico e vetrata isolante tipo STADIP SILENCE 44.1/15/STADIP 55.1	
R_w	45 dB (come da certificato di prova Istituto Giordano)

Tabella 7.10: Stratigrafia relativa ai serramenti.

Gruppo struttura:	Serramenti
Specifiche:	Vetrata interna
Vetrata interna con vetro stratificato	
R_w	31 dB

Tabella 7.11: Caratteristica delle porte.

Gruppo struttura:	Porte
Specifiche:	Porte interne
Porta in vetro a battente con cerniera a bilico e apertura verso l'interno	
R_w	30 dB

4.2. Calcolo dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w

Il metodo di calcolo utilizzato per le valutazioni è quello esplicitato nel Capitolo 2.2.1 del presente elaborato. I calcoli dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w tra unità abitative distinte sono stati effettuati per ambienti tipo, rappresentativi delle dimensioni e delle tecnologie costruttive del caso in esame. In particolare è stata ritenuta opportuna la verifica della parete di separazione tra la sala riunione e il vano ascensore.

Per quanto riguarda le pareti di separazione tra ambienti con stessa destinazione d'uso è stato calcolato l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti adiacenti e tra ufficio e corridoio D_{nT,w}.

Di seguito sono riportate le piante degli ambienti rispetto ai quali sono stati effettuate le valutazioni e i relativi risultati di calcolo.

Sala riunione privata - Vano ascensore

Nelle Figure 6 e 7 si riportano la pianta del primo piano e il dettaglio dell'ambiente rispetto al quale è stato calcolato l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente.

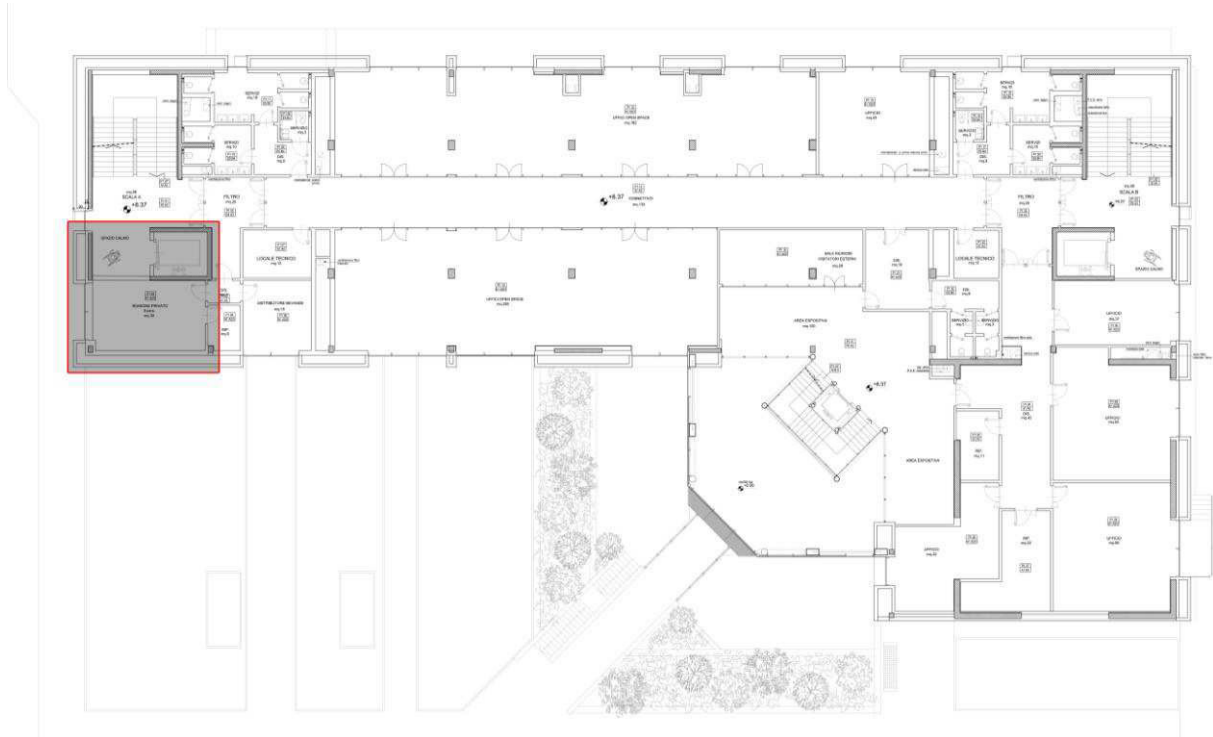


Figura 6: Pianta primo piano con individuazione degli ambienti analizzati.

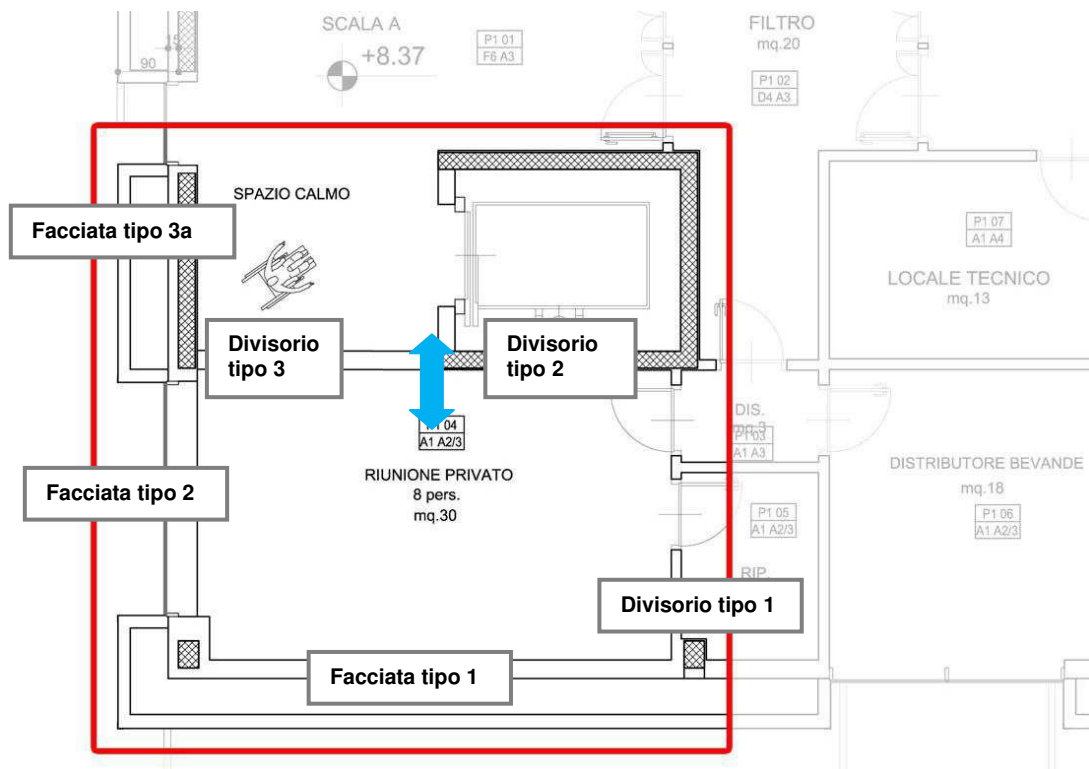


Figura 7: Dettaglio pianta primo piano.

E' stato valutato il potere fonoisolante del divisorio del tipo 2 costituito da un setto in calcestruzzo di 25 cm di spessore con due lastre di gesso rivestito e del divisorio del tipo 3 costituito da blocchi in calcestruzzo di 25 cm di spessore con due lastre di gesso rivestito.

In Tabella 8 si riportano i risultati dei calcoli.

Tabella 8: Tabella riassuntiva dei valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente.

Piano	Ambiente disturbato	Ambiente disturbante	R' _w D.P.C.M. 5/12/97	R' _w calcolato
1	ufficio	Vano ascensore	≥ 50 dB	51,1 dB

Come si può notare dalla tabella i risultati dei calcoli hanno fornito valori conformi a quanto previsto dal D.P.C.M. 5/12/97, infatti il valore calcolato dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente R'_w è superiori a 50 dB.

Ufficio - Open space (primo piano)

Nelle Figure 8 e 9 si riportano la pianta del primo piano e il dettaglio dell'ambiente rispetto al quale è stato calcolato l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti adiacenti calcolato a partire dall'indice di valutazione del potere fonoisolante della parete divisoria.

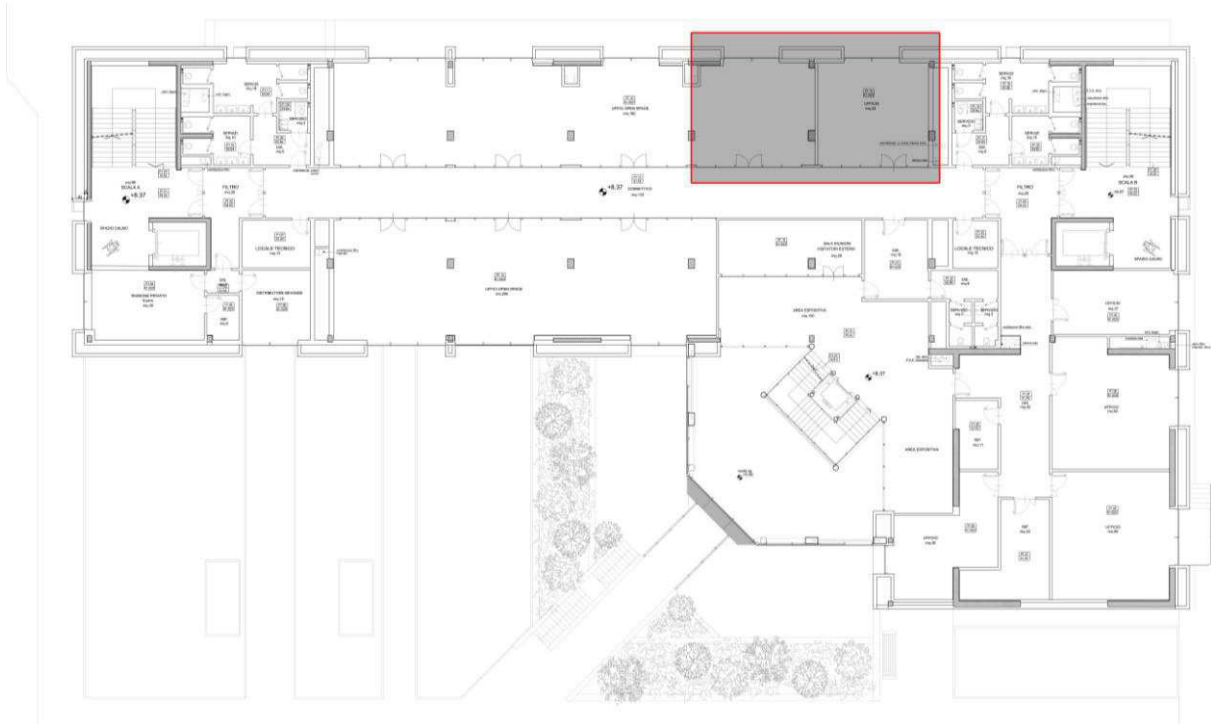


Figura 8: Pianta primo piano con individuazione degli ambienti analizzati

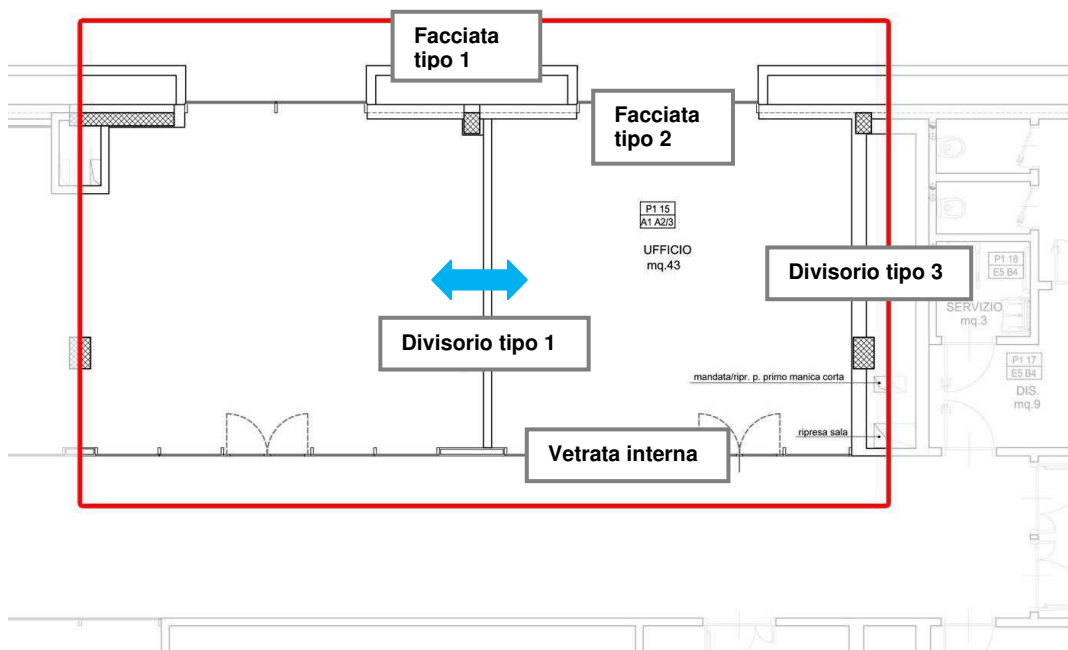


Figura 9: Dettaglio pianta primo piano.

E' stato valutato il potere fonoisolante della parete divisoria in gesso rivestito con doppia orditura metallica e doppio rivestimento con pannelli isolanti in lana di roccia (divisorio tipo 1).

In Tabella 9 si riportano i risultati dei calcoli.

Tabella 9: Tabella riassuntiva dei valori dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato.

Piano	Ambiente disturbato	Ambiente disturbante	$D_{nT,w}$ comfort elevato	$D_{nT,w}$ calcolato	$D_{nT,w}$ con perdite di isolamento, a fini cautelativi
1	ufficio	open space	≥ 35 dB	42,9 dB	37,9 dB

Per quanto riguarda il risultato dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti adiacenti, $D_{nT,w}$, si sottolinea che rispetto al valore calcolato è stata considerata una ulteriore perdita di prestazione dovuta all'eventuale presenza di ponti acustici causati dal passaggio di impianti, ai giunti tra i vari componenti edilizi che non possono essere presi in considerazione nel calcolo.

Come si può notare dalla Tabella i risultati dei calcoli hanno fornito valori conformi a quanto previsto dalla norma francese NF S31-080:2006 "Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace", infatti il valore calcolato dell'indice di valutazione è superiori a 35 dB, che corrisponde ad un livello di comfort elevato. Il requisito risulta rispettato anche considerando un'ulteriore perdita di prestazione dovuta ad eventuali ponti acustici a cui occorre prestare particolare attenzione soprattutto nel caso delle partizioni leggere a secco.

Ufficio - Ufficio (secondo piano)

Nelle Figure 10 e 11 si riportano la pianta del secondo piano e il dettaglio dell'ambiente rispetto al quale è stato calcolato l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti adiacenti calcolato a partire dall'indice di valutazione del potere fonoisolante della parete divisoria.

Rispetto allo stesso ambiente è stato calcolato anche l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato della partizione tra ufficio e corridoio.

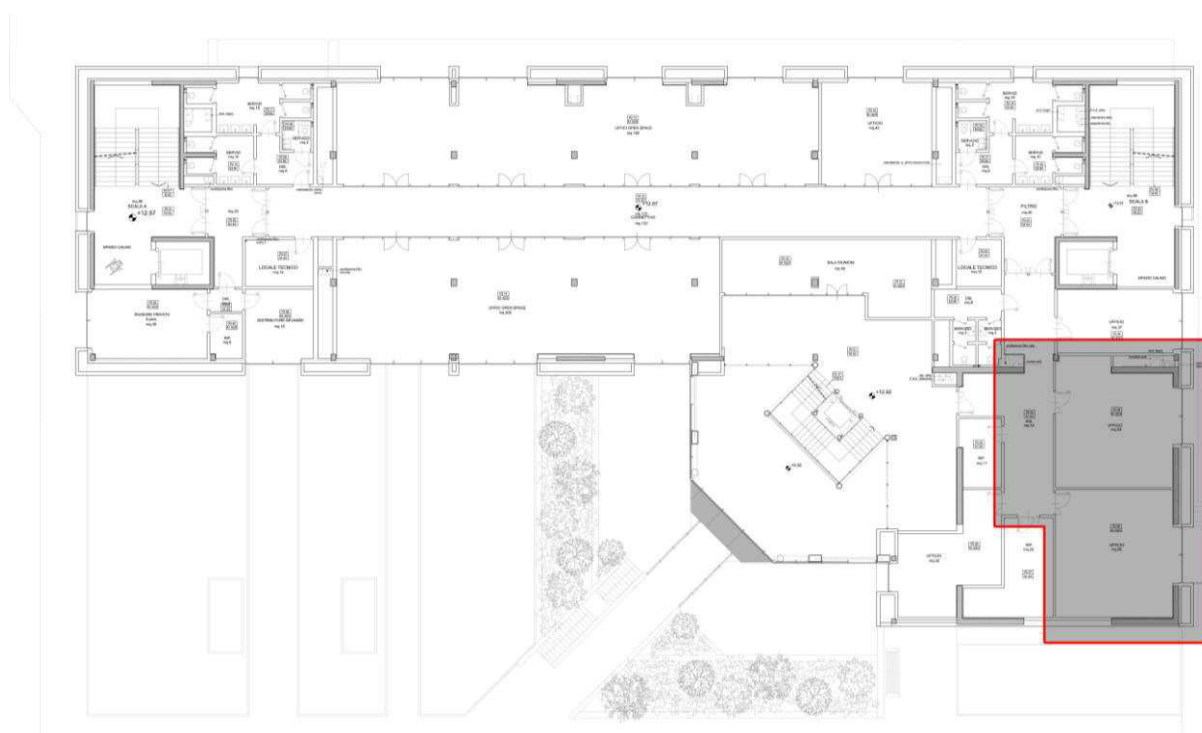


Figura 10: Pianta secondo piano con individuazione degli ambienti analizzati.

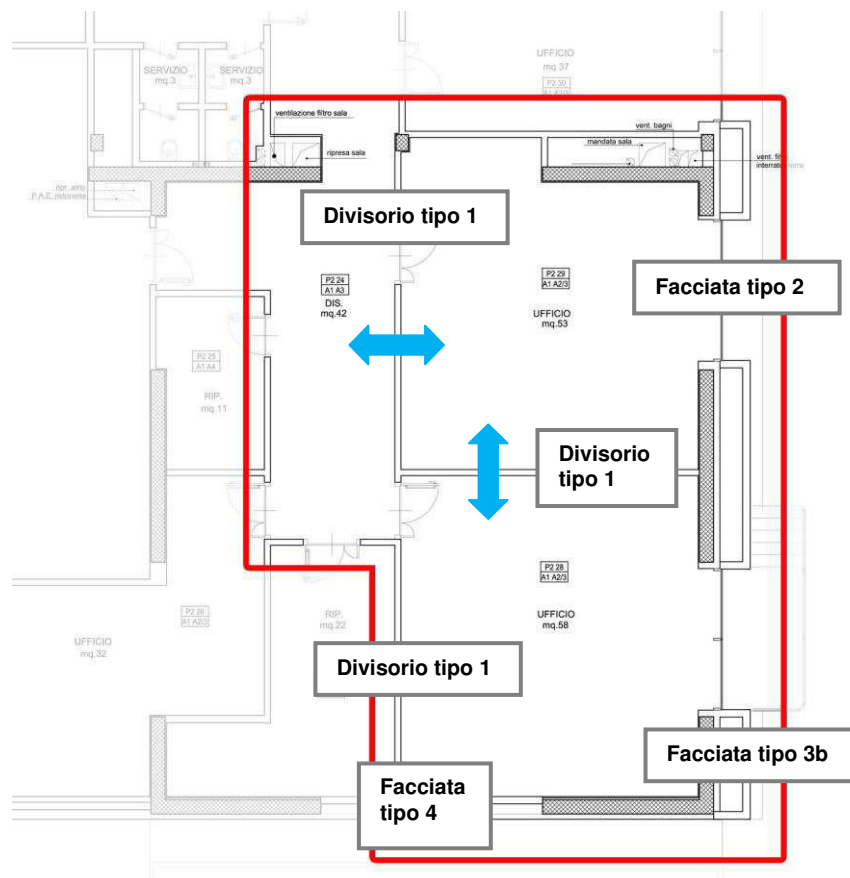


Figura 11: Dettaglio pianta secondo piano.

E' stato valutato il potere fonoisolante della parete divisoria in gesso rivestito con doppia orditura metallica e doppio rivestimento con pannelli isolanti in lana di roccia (divisorio tipo 1).

In Tabella 10 si riportano i risultati dei calcoli.

Tabella 10: Tabella riassuntiva dei valori dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato.

Piano	Ambiente disturbato	Ambiente disturbante	$D_{nT,w}$ comfort elevato	$D_{nT,w}$ calcolato	$D_{nT,w}$ con perdite di isolamento, a fini cautelativi
2	Ufficio A	Ufficio B	≥ 40 dB	47 dB	42 dB
2	Ufficio A	Corridoio	≥ 35 dB	35 dB	30 dB

Per quanto riguarda il risultato dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni tra ambienti adiacenti, $D_{nT,w}$, si sottolinea che rispetto al valore calcolato è stata considerata una ulteriore perdita di prestazione dovuta all'eventuale presenza di ponti acustici causati dal passaggio di impianti, ai giunti tra i vari componenti edilizi nonché alle tenute delle guarnizioni della porta che non possono essere presi in considerazione nel calcolo.

Come si può notare dalla Tabella i risultati dei calcoli hanno fornito valori conformi a quanto previsto dalla norma francese NF S31-080:2006 “Acoustique - Bureaux et espaces associés - Niveaux et critères de performances acoustiques par type d'espace”, infatti il valore calcolato dell'indice di valutazione è superiore a 40 dB nel caso della partizione tra uffici e superiore a 35 dB nel caso della partizione tra ufficio e corridoio, che corrispondono ad un livello di comfort elevato. Il requisito risulta rispettato anche considerando un'ulteriore perdita di prestazione dovuta ad eventuali ponti acustici a cui occorre prestare particolare attenzione soprattutto nel caso delle partizioni leggere a secco.

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

Il metodo di calcolo dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato della facciata utilizzato per le valutazioni è quello esplicitato nel Capitolo 2.2.2 del presente elaborato

I serramenti considerati rispondono ai requisiti delle norme UNI EN 12207:00 e UNI EN 12152:2003 e presentano come caratteristica della tenuta all'aria un valore pari a 4.

Di seguito sono riportate le piante degli ambienti rispetto ai quali sono stati effettuate le valutazioni e i relativi risultati di calcolo.

Ufficio (primo piano)

Nelle Figure 12 e 13 si riportano la pianta del primo piano e il dettaglio della parete rispetto al quale è stato calcolato l'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata.

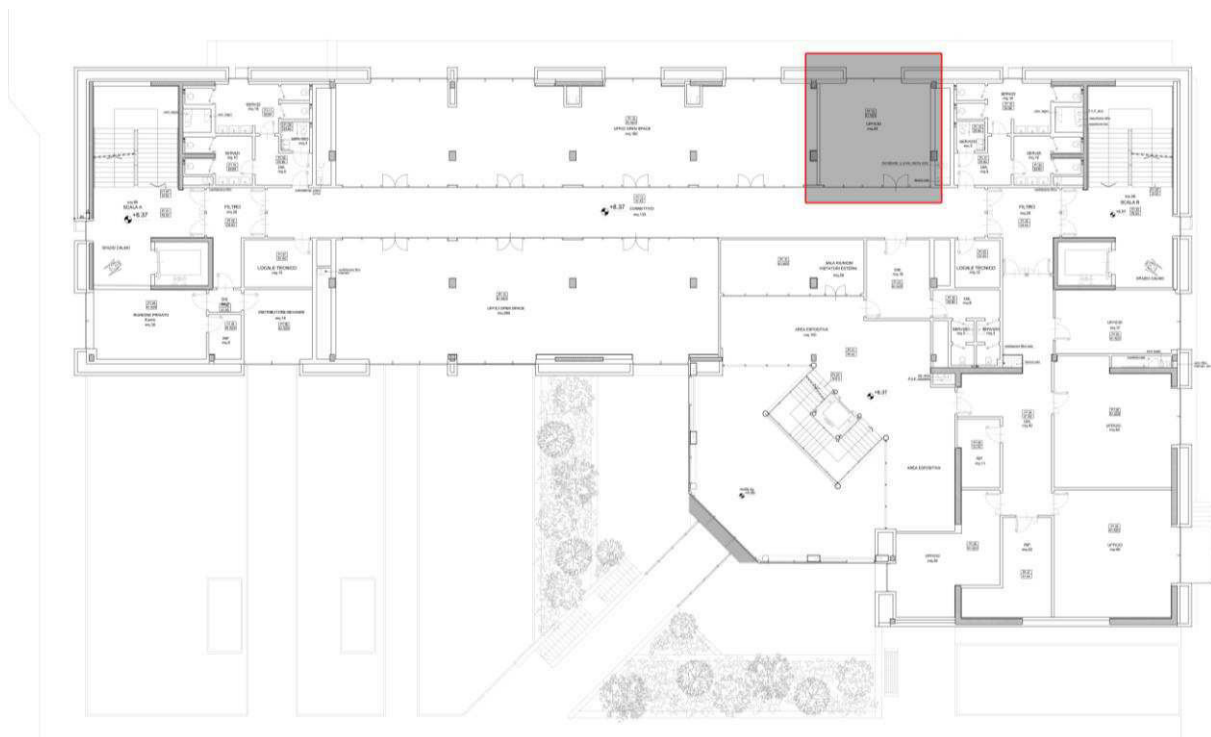


Figura 12: Pianta primo piano con individuazione dell'ambiente analizzato.

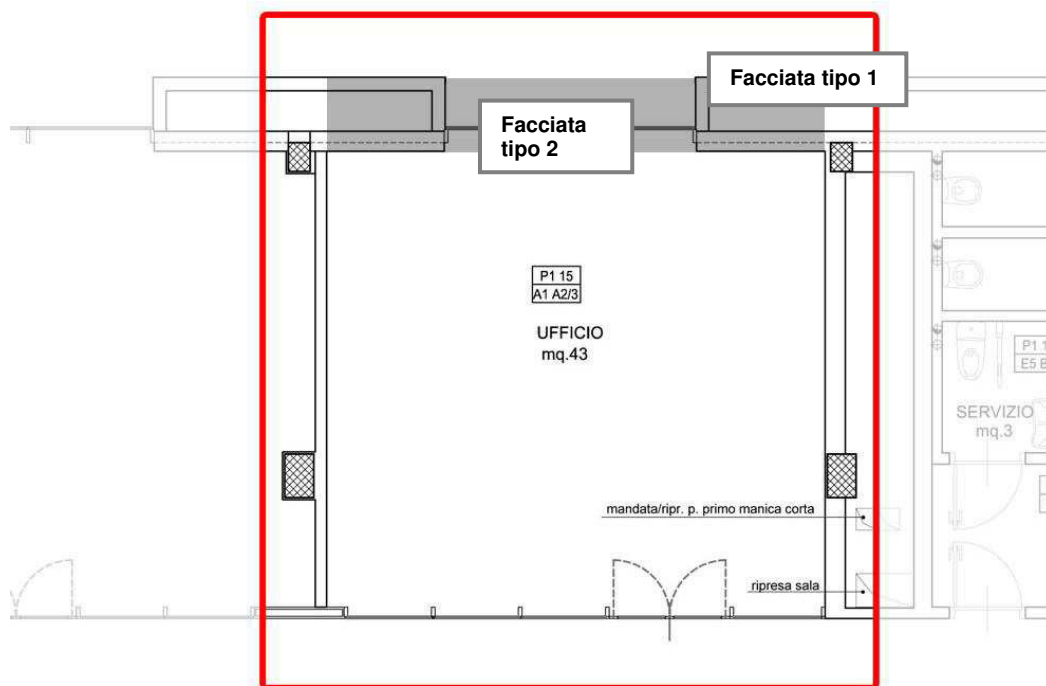


Figura 13: Dettaglio pianta primo piano con individuazione della parete di facciata.

E' stato valutato l'isolamento acustico della parete di facciata di tipo 1 e di tipo 2 trascurando i rispettivi rivestimenti in lamiera e vetro opaco.

In Tabella 11 si riportano i risultati dei calcoli.

Tabella 11: Tabella riassuntiva dei valori dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata.

Piano	Area parete di facciata	Volume	Superficie finestrata	$D_{2m,nT,w}$ D.P.C.M. 5/12/97	$D_{2m,nT,w}$ calcolato
1	25,15 m ²	156,95 m ³	8,9 m ²	≥ 42 dB	48,7 dB

Come si può notare dalla Tabella i risultati dei calcoli hanno fornito un valore conforme al limite di 42 dB previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per gli uffici. Si sottolinea inoltre che tale valore appare conforme anche al limite previsto per la destinazione d'uso scolastica ($D_{2m,nT,w} \geq 48$ dB), offrendo così la possibilità di assegnare all'ambiente in esame entrambe le destinazioni d'uso.

Rispetto alla facciata analizzata, data la complessità dei particolari costruttivi, occorre, in fase di realizzazione che gli elementi di raccordo tra i moduli dei serramenti e dei componenti opachi siano tali da non pregiudicare le prestazioni acustiche complessive della facciata.

Si ritiene necessario verificare mediante certificazione acustica il serramento completo (vetro + telaio) nonché il modulo complessivo della facciata (serramento + componente opaco). In particolare, prima della posa in opera, si ritiene necessaria una misura acustica ai sensi della norma UNI EN ISO 140-3.

Ufficio (secondo piano)

Nelle Figure 14 e 15 si riportano la pianta del primo piano e il dettaglio della parete rispetto al quale è stato calcolato l'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata.

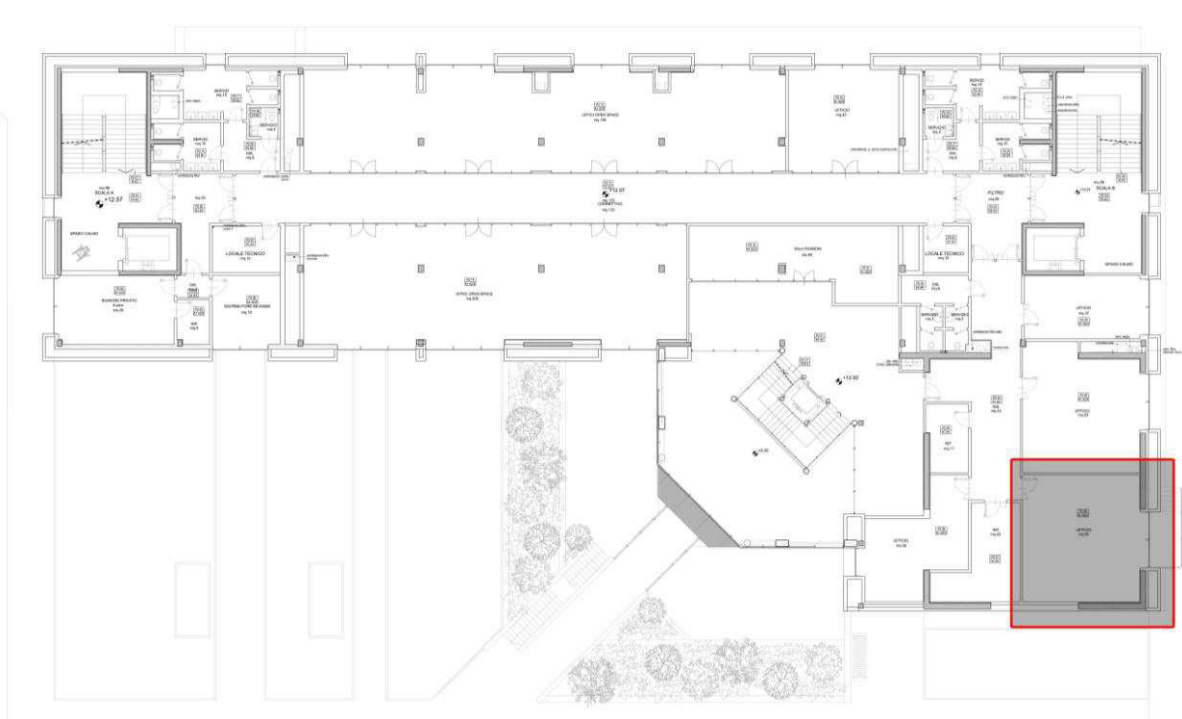


Figura 14: Pianta secondo piano con individuazione dell'ambiente analizzato.

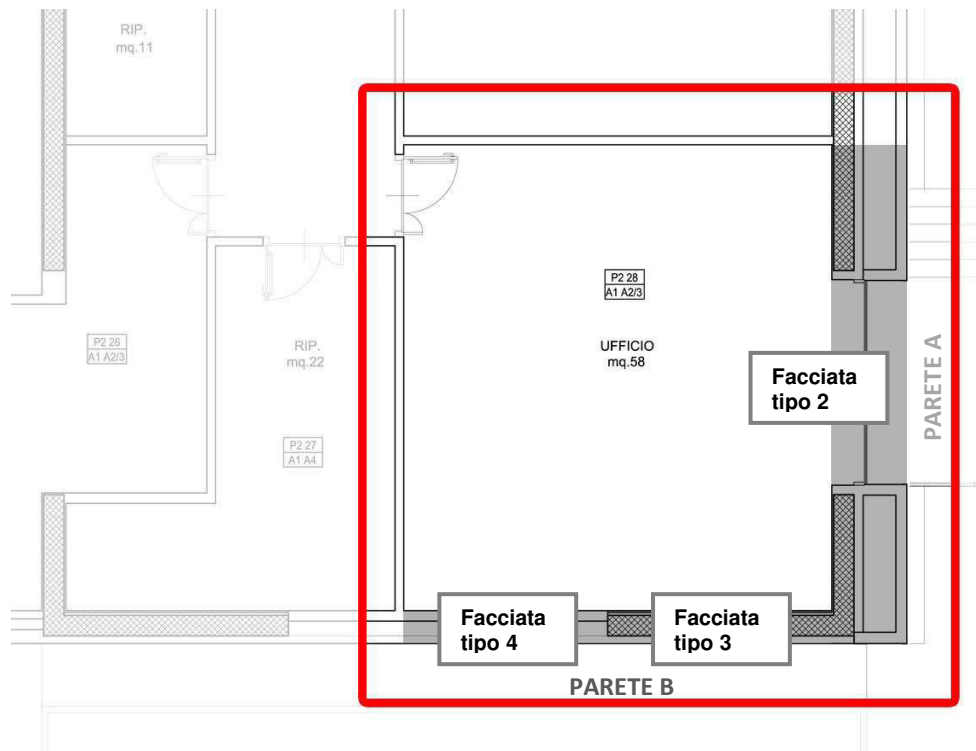


Figura 15: Dettaglio pianta secondo piano con individuazione delle pareti di facciata.

E' stato valutato l'isolamento acustico delle due pareti di facciata che delimitano l'ambiente in esame: la parete A (costituita dalle pareti di facciata di tipo 2 e di tipo 3) e la parete B (costituita dalle pareti di facciata di tipo 3 e di tipo 4). Anche in questo caso sono stati trascurati i rivestimenti in lamiera e in vetro opaco.

In Tabella 12 si riportano i risultati dei calcoli.

Tabella 12: Tabella riassuntiva dei valori dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata.

Piano	Area parete di facciata	Volume	Superficie finestrata	$D_{2m,nT,w}$ D.P.C.M. 5/12/97	$D_{2m,nT,w}$ calcolato
2	A: 28,93 m ²	211,7 m ³	8,8 m ²	≥ 42 dB	48,0 dB
2	B: 26,75 m ²	211,7 m ³	-	≥ 42 dB	61,2 dB

Come si può notare dalla Tabella i risultati dei calcoli hanno fornito un valore conforme al limite di 42 dB previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per gli uffici. Si sottolinea inoltre che tale valore appare conforme anche al limite previsto per la destinazione d'uso scolastica ($D_{2m,nT,w} \geq 48$ dB), offrendo così la possibilità di assegnare all'ambiente in esame entrambe le destinazioni d'uso.

Rispetto alla facciata analizzata, data la complessità dei particolari costruttivi e la sensibilità della destinazione d'uso dell'edificio in oggetto, occorre, in fase di realizzazione che gli elementi di raccordo tra i moduli dei serramenti e dei componenti opachi siano tali da non pregiudicare le prestazioni acustiche complessive della facciata.

Si ritiene necessario verificare mediante certificazione acustica il serramento completo (vetro + telaio) nonché il modulo complessivo della facciata (serramento + componente opaco). In particolare, prima della posa in opera, si ritiene necessaria una misura acustica ai sensi della norma UNI EN ISO 140-3.

4.4. Calcolo dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio L'_{nw}

Il metodo di calcolo utilizzato per le valutazioni è quello esplicitato nel Capitolo 2.2.3 del presente elaborato. I calcoli dell'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio L'_{nw} sono stati effettuati per ambienti tipo, rappresentativi delle dimensioni e delle tecnologie costruttive del caso in esame. In particolare sono state analizzate due situazioni: la prima in cui la massa superficiale media degli elementi laterali sia pari a 100 kg/m², la seconda in cui la massa superficiale media degli elementi laterali sia pari a 350 kg/m²

Di seguito sono riportate le piante e le sezioni degli ambienti rispetto ai quali sono stati effettuate le valutazioni e i relativi risultati di calcolo.

Ufficio - Ufficio (elementi laterali leggeri)

Nelle Figure 16 e 17 si riportano la pianta del primo piano e la sezione relativa all'ambiente rispetto al quale è stato calcolato l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio.

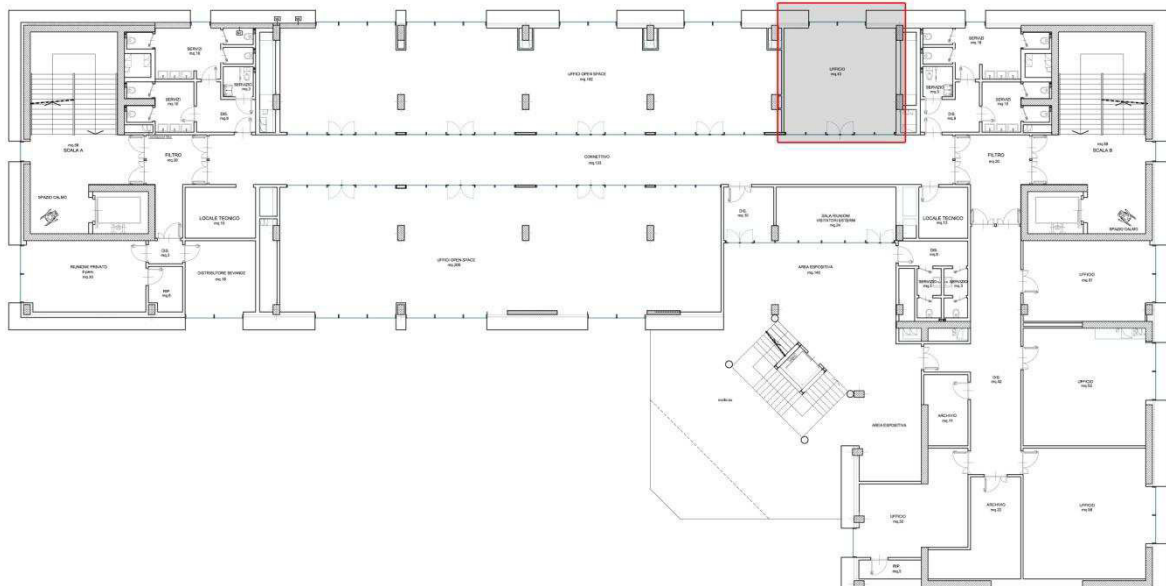


Figura 16: Pianta primo piano con individuazione del solaio analizzato.

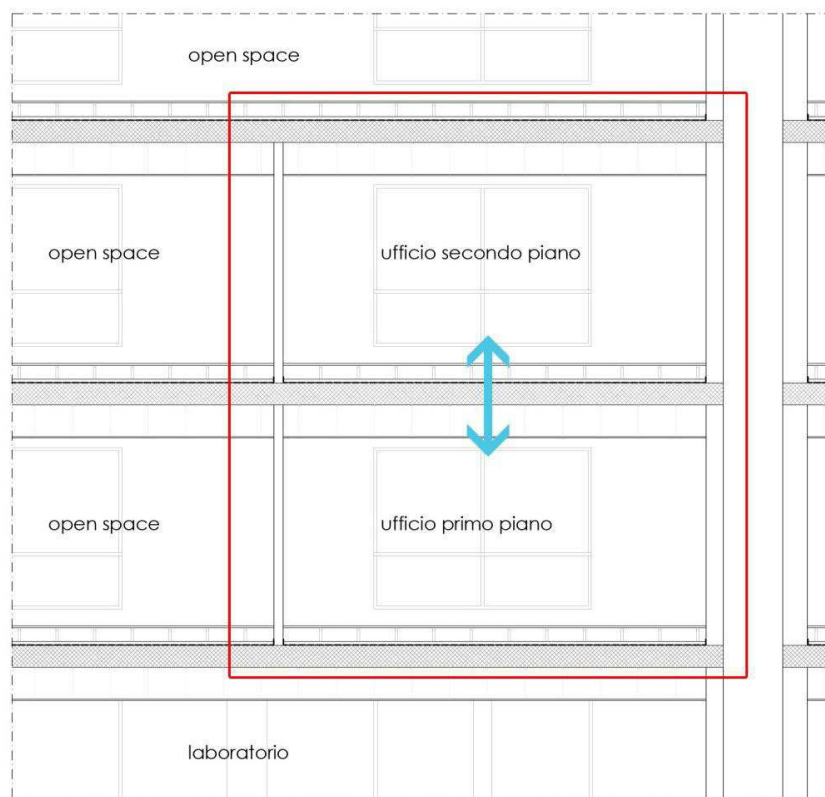


Figura 17: Sezione con individuazione del solaio analizzato.

La valutazione del livello di rumore di calpestio per il solaio è stata eseguita considerando una rigidità dinamica del materassino resiliente, tipo FONAS o equivalenti, pari a 32 MN/m^3 . Tale valore di rigidità dinamica permette di stimare un incremento di isolamento ai rumori di calpestio ΔL_w pari a circa 26 dB. Ai fini del calcolo è stato considerando un livello di pressione sonora di calpestio equivalente relativo al solaio nudo (composta da un getto di calcestruzzo alleggerito di 35 cm e massetto di 5 cm) pari a circa 71,5 dB ed un contributo per le trasmissioni laterali pari a 4 dB. Applicando il modello di calcolo proposto nel Capitolo 2.2.3 si ottiene un indice di valutazione del livello apparente di rumore di calpestio $L'_{n,w}$ del solaio pari a 49,6 dB e quindi conforme al limite previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per la destinazione d'uso ufficio pari a 55 dB.

Ufficio - Ufficio (elementi laterali pesanti)

Nelle Figure 18 e 19 si riportano la pianta del primo piano e la sezione relativa all'ambiente rispetto al quale è stato calcolato l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio.

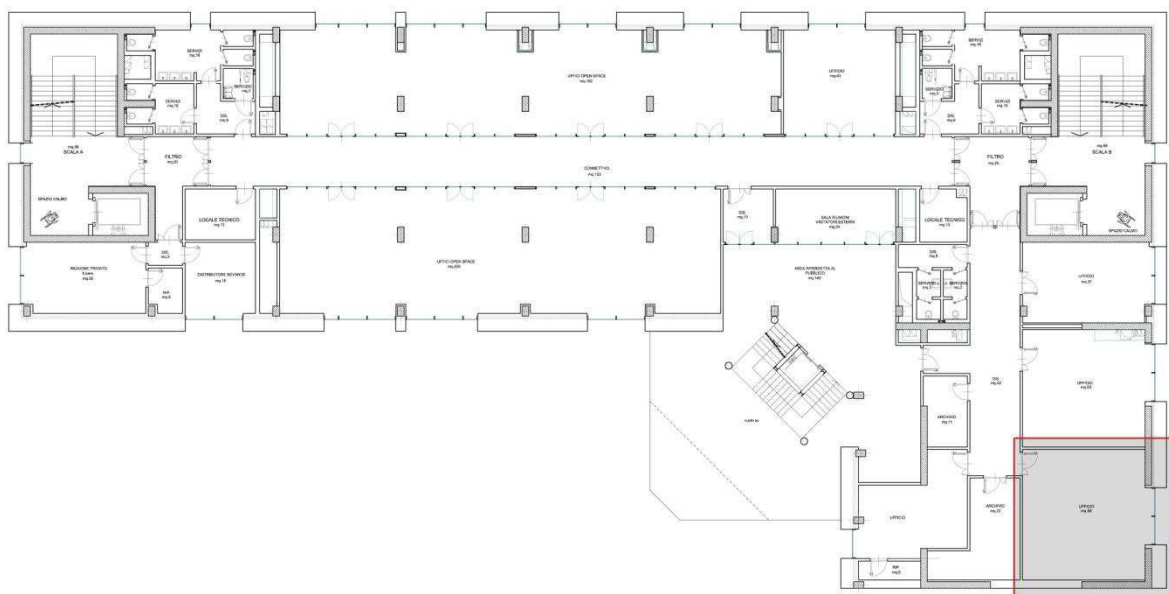


Figura 18: Pianta primo piano con individuazione del solaio analizzato.

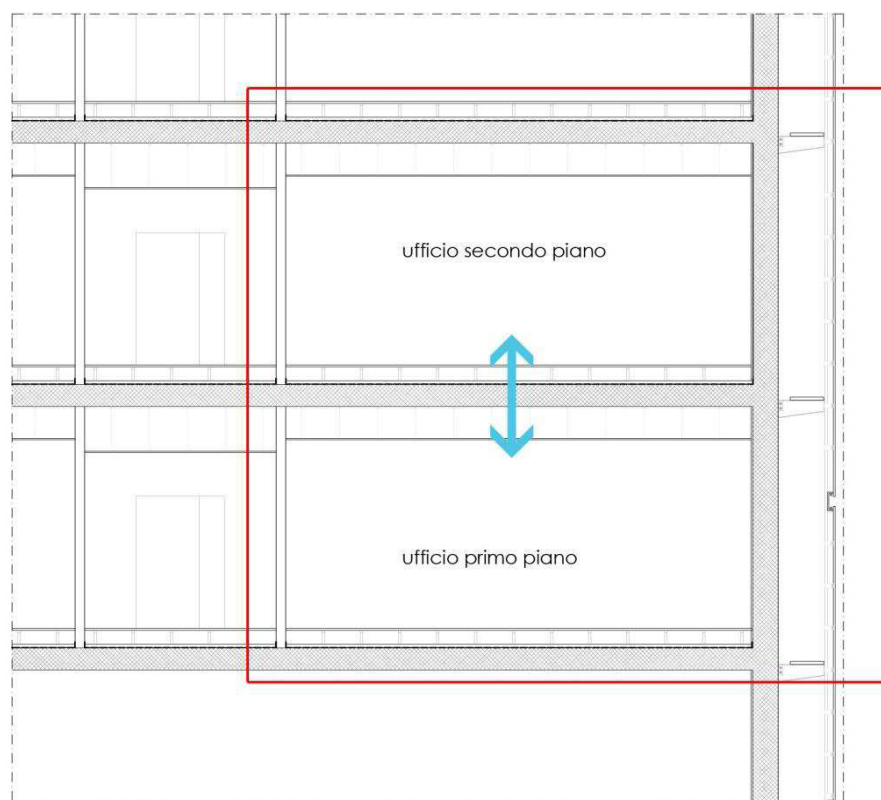


Figura 19: Sezione con individuazione del solaio analizzato.

La valutazione del livello di rumore di calpestio per il solaio è stata eseguita considerando una rigidità dinamica del materassino resiliente, tipo FONAS o equivalenti, pari a 32 MN/m^3 . Tale valore di rigidità dinamica permette di stimare un incremento di isolamento ai rumori di calpestio ΔL_w pari a circa 26 dB.

Ai fini del calcolo è stato considerando un livello di pressione sonora di calpestio equivalente relativo al solaio nudo (composta da un getto di calcestruzzo alleggerito di 35 cm e massetto di 5 cm) pari a circa 71,5 dB ed un contributo per le trasmissioni laterali pari a 1 dB.

Applicando il modello di calcolo proposto nel Capitolo 2.2.3 si ottiene un indice di valutazione del livello apparente di rumore di calpestio $L'_{n,w}$ del solaio pari a 46,6 dB e quindi conforme al limite previsto dal D.P.C.M. 5/12/97 per la destinazione d'uso ufficio pari a 55 dB.

4.5. Calcolo della trasmissione indiretta per via aerea attraverso i cavedi tecnici

Ufficio (primo piano)

I cavedi tecnici passanti attraverso i solai dei diversi piani verranno realizzati attraverso una parete in blocchetti di calcestruzzo rivestiti con due lastre di gesso rivestito. Il sistema è caratterizzato da un potere fonoisolante R_w pari a 52 dB.

Nelle Figure 20 e 21 si riportano la pianta del primo piano e la sezione relativa all'ambiente rispetto al quale è stato calcolato l'isolamento acustico normalizzato per trasmissione indiretta per via aerea.

In Tabella 13 si riportano i risultati dei calcoli.

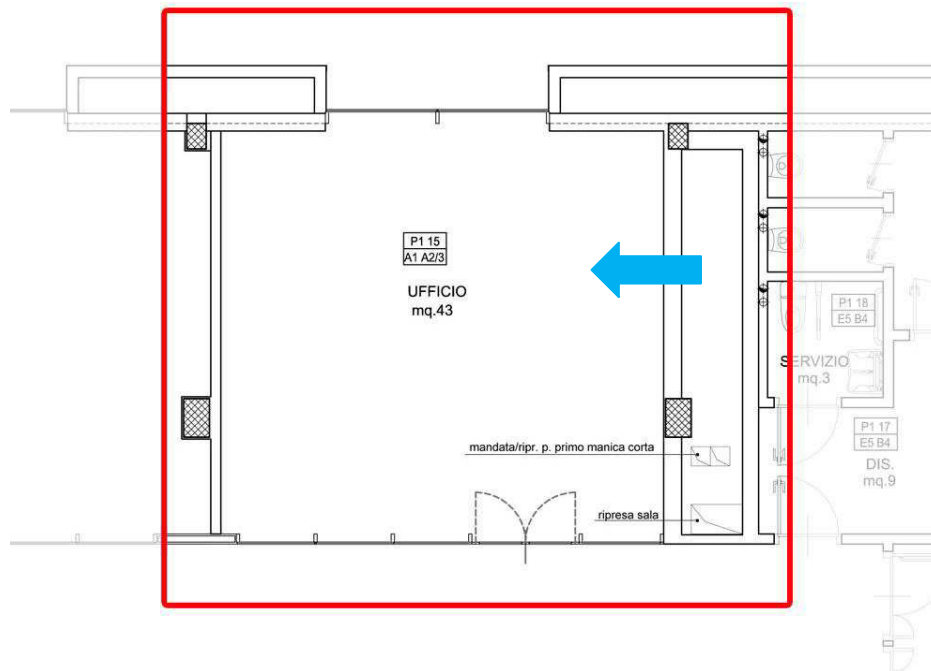


Figura 20: Pianta primo piano con individuazione della parete analizzata.

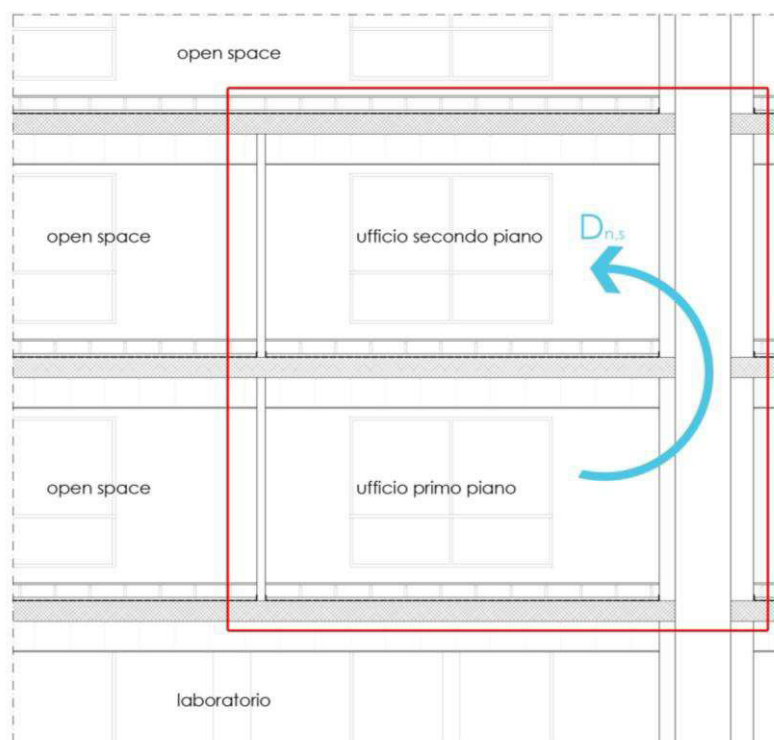
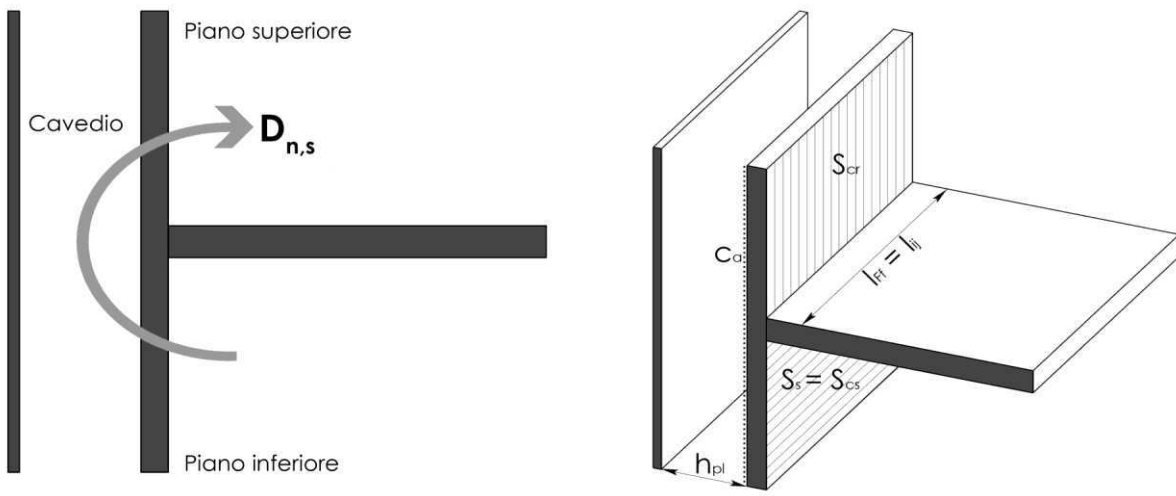


Figura 21: Sezione individuazione della parete analizzata.

Tabella 13: Isolamento acustico normalizzato per trasmissione indiretta per via aerea attraverso un sistema s.

$D_{n,s}$ Isolamento acustico normalizzato per trasmissione indiretta per via aerea attraverso un sistema s		
		
R_{ff}	potere fonoisolante della parete da progetto [dB]	52
S_s	superficie della parete da progetto [m ²]	21,90
l_{lab}	lunghezza della trasmissione di fiacheggiamento di laboratorio [m]	4,5
l_{ff}	lunghezza della trasmissione di fiacheggiamento da progetto [m]	6
A_0	area di assorbimento equivalente di riferimento [m ²]	10
$D_{n,f}$	isolamento acustico normalizzato per trasmissione laterale [dB]	51,8
h_{pl}	profondità del cavedio di progetto [m]	0,95
$l_{ij} = l_{ff}$	lunghezza della trasmissione di fiacheggiamento da progetto [m]	6
h_{lab}	profondità del cavedio di laboratorio [m]	0,7
l_{lab}	lunghezza della trasmissione di fiacheggiamento di laboratorio [m]	4,5
$S_{cs,lab}$	superficie della parete dell'ambiente emittente di laboratorio [m ²]	20
$S_{cr,lab}$	superficie della parete dell'ambiente ricevente di laboratorio [m ²]	20
S_{cs}	superficie della parete dell'ambiente emittente da progetto [m ²]	21,9
S_{cr}	superficie della parete dell'ambiente ricevente da progetto [m ²]	21,9
C_{α}	termine di correzione per l'assorbimento [dB]	0
$D_{n,s}$	isolamento acustico normalizzato per trasmissione indiretta per via aerea attraverso un sistema s [dB]	52,0

Dai risultati dei calcoli emerge che la soluzione progettuale individuata per la realizzazione dei cavedi tecnici consente di conseguire un buon grado di isolamento acustico rispetto alla trasmissione indiretta del suono per via aerea tra ambienti sovrapposti.

4.6. Calcolo della rumorosità degli impianti a funzionamento continuo ai sensi del D.P.C.M.5/12/97

Le analisi in merito al rumore generato dagli impianti a funzionamento continuo potenzialmente più rumorosi sono condotte al fine di verificare che in fase di progetto si tenga conto della necessità di garantire in opera un basso rumore di fondo per garantire condizioni di comfort acustico all'interno degli ambienti abitativi.

La dotazioni impiantistiche per la quale è necessario effettuare la valutazione previsionale di rispetto dei limiti di rumorosità include:

- unità di trattamento aria,
- gruppo frigo/pompa di calore.

Sono esclusi dalla valutazione gli impianti radianti per il riscaldamento degli ambienti in quanto non costituiscono sorgenti di rumore significative.

La verifica della rumorosità degli impianti a funzionamento continuo (impianti di climatizzazione e diffusione aria i cui cicli di funzionamento sono prolungati nel tempo) viene eseguita in accordo con i metodi proposti dalla letteratura esistente in materia di controllo e previsione del rumore degli impianti. In particolare si procederà alla verifica dei suddetti impianti all'interno di ambienti diversi da quelli in cui il rumore si origina ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97.

In merito al gruppo frigo viene effettuata, a partire dai livelli di potenza sonora dichiarati dal costruttore, una stima della rumorosità media presente negli ambienti abitativi soprastanti a quello in cui il rumore si origina (locale tecnico). I calcoli sono stati effettuati in frequenza per bande di ottave da 125 Hz a 4000Hz.

In Figura 22, 23, 24, 25 e 26 si riportano gli stralci delle piante e delle sezioni dell'edificio con indicazione della collocazione dei locali tecnici e degli ambienti riceventi considerati per l'esecuzione dei calcoli.

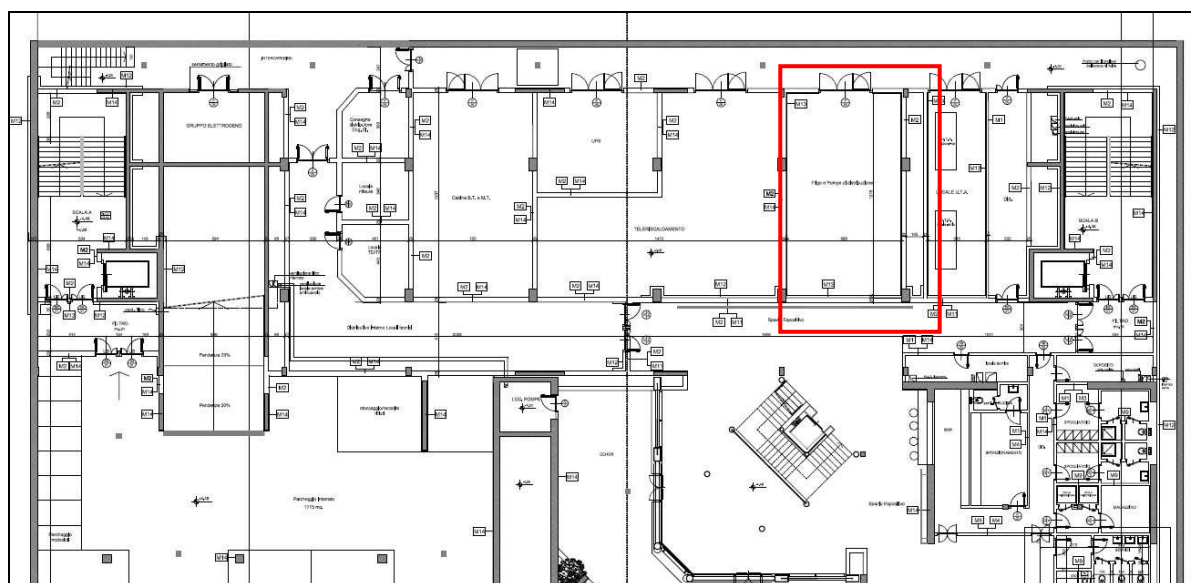


Figura 22: Stralcio della pianta del piano interrato con indicazione del locale gruppi frigo/pompa di calore.

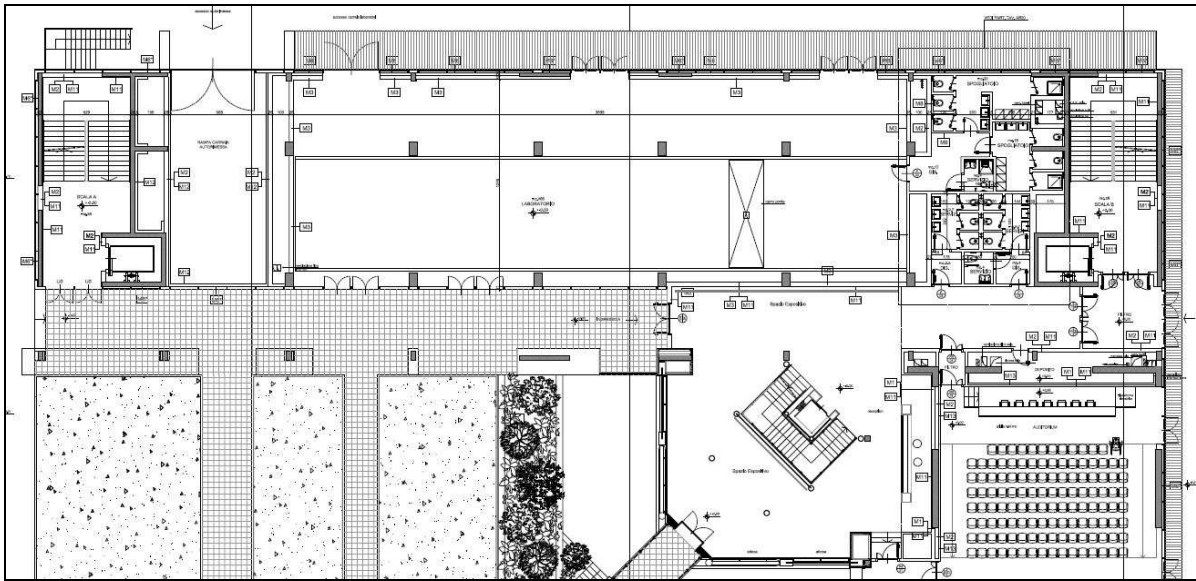


Figura 23: Stralcio della pianta del piano terra con indicazione della collocazione dell'ambiente ricevente (laboratorio).

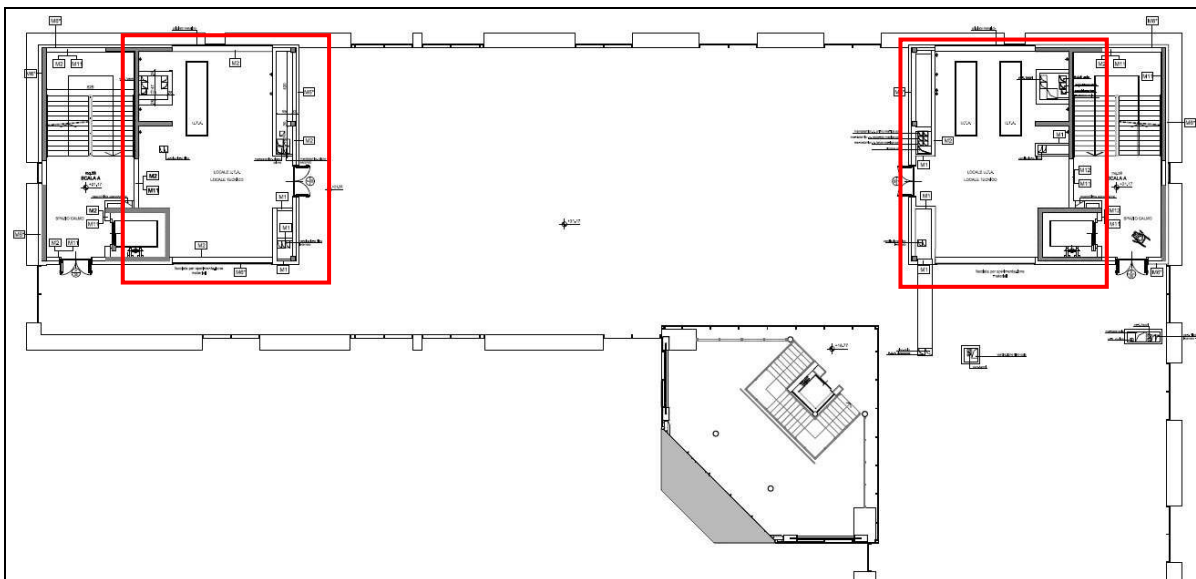


Figura 24: Stralcio della pianta del piano terrazzo con indicazione dei locali UTA.

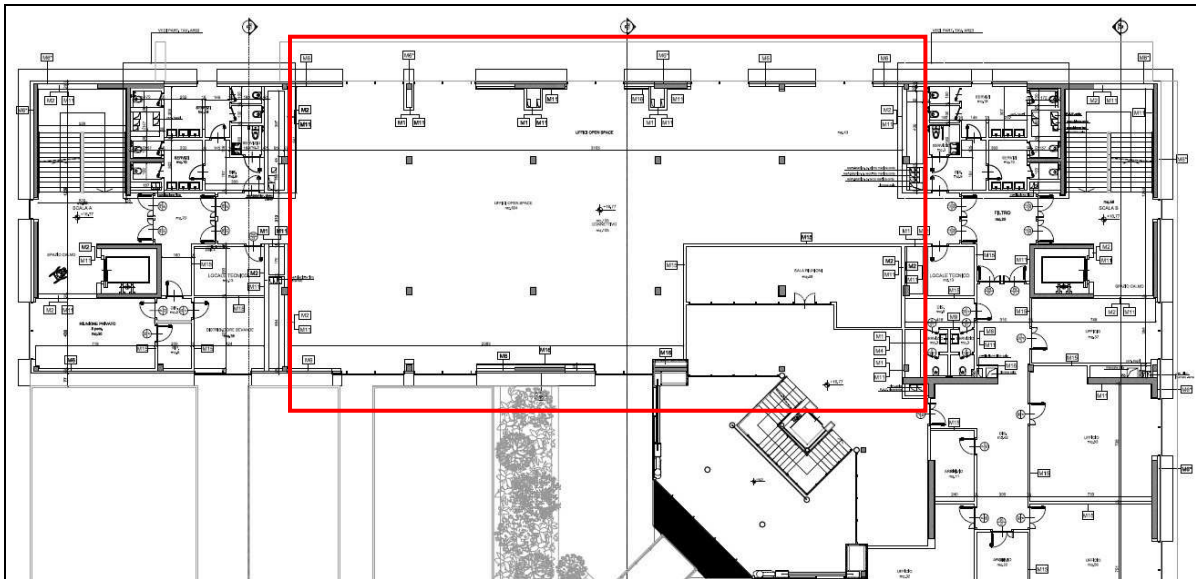


Figura 25: Stralcio della pianta del piano terzo con indicazione della collocazione dell'ambiente disturbato (open space).

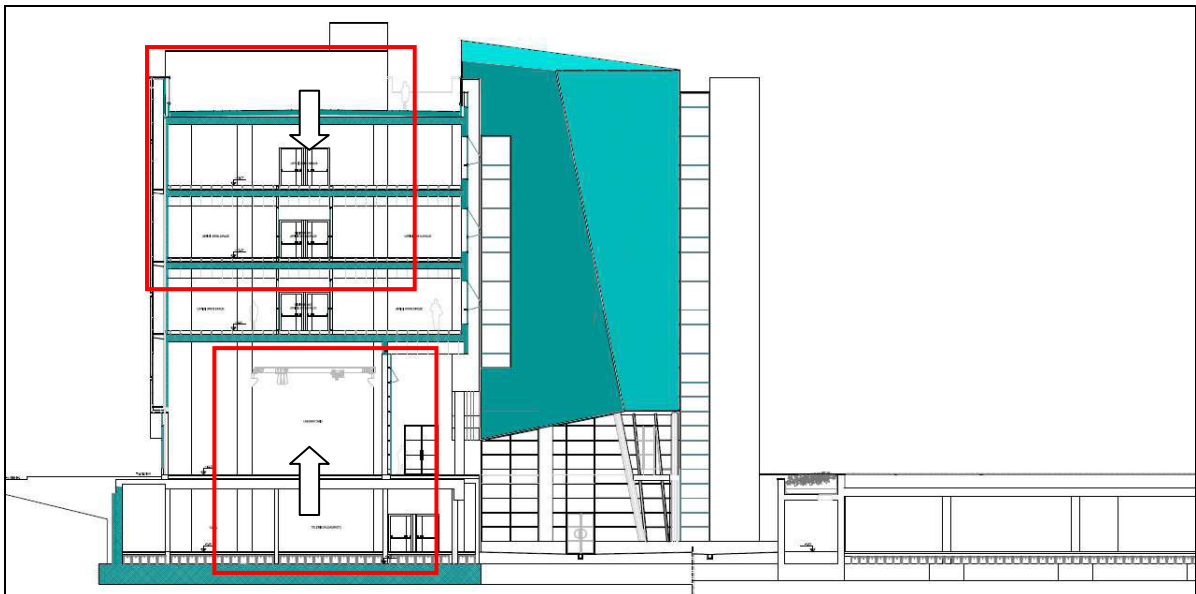


Figura 26: Sezione dell'edificio con indicazione della collocazione degli ambienti rispetto ai quali sono stati eseguiti i calcoli.

Nelle Tabelle 14 e 15 si riportano i calcoli per la valutazione del livello di rumorosità del gruppo frigo e delle UTA, ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97.

Tabella 14: Valutazione del livello di rumorosità del gruppo frigo verso il laboratorio, ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97.

Tipologia di impianto		Gruppo Frigo /Pompa di calore					
Ambiente Disturbante		Locale tecnico					
Volume Ambiente Disturbante [m ³]		252,0					
Ambiente Ricevente		Laboratorio					
Volume Ambiente Ricevente [m ³]		2800,0					
Ss [m ²]		84,2					
T60 Ambiente Ricevente [s]		2					
Atot [m ²]		224,0					
Frequenze [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	
L _w irradiata attraverso l'involucro_UTA	82	86	85	87	85	79	
L1 [dB]	72,0	76,0	75,0	77,0	75,0	69,0	
R' [dB]	48	49	54	59	64	65	
L2 [dB]	19,6	23,0	16,4	13,7	6,9	-0,3	
Pond A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	
L2 [dB(A)]	3,5	14,4	13,2	13,7	8,1	0,7	
						Valore limite ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97	
L2 globale dB(A)		19,1				≤ 35 dB(A)	

Tabella 15: Valutazione del livello di rumorosità delle UTA verso l'ufficio open space, ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97.

Tipologia di impianto		UTA					
Ambiente Disturbante		Locali tecnici in copertura					
Volume Ambiente Disturbante [m ³]		480,0					
Ambiente Ricevente		Ufficio Open Space					
Volume Ambiente Ricevente [m ³]		400,0					
Ss [m ²]		192,0					
T60 Ambiente Ricevente [s]		1,2					
Atot [m ²]		53,3					
Frequenze [Hz]	125	250	500	1000	2000	4000	
L _w irradiata attraverso l'involucro_UTA	97	89	89	88	85	79	
L1 [dB]	83,9	75,9	75,9	74,9	71,9	65,9	
R' [dB]	48	49	54	59	64	65	
L2 [dB]	41,4	32,8	27,2	21,5	13,7	6,5	
Pond A	-16,1	-8,6	-3,2	0,0	1,2	1,0	
L2 [dB(A)]	25,3	24,2	24,0	21,5	14,9	7,5	
						Valore limite ai sensi del D.P.C.M. 5/12/97	
L2 globale dB(A)		30,1				≤ 35 dB(A)	

Dai risultati dei calcoli emerge che la rumorosità indotta dagli impianti a funzionamento continuo a servizio dell'edificio non comporta criticità per gli ambienti e le destinazioni d'uso sensibili confinanti con i locali tecnici. In tutti i casi i livelli sono inferiori rispetto ai limiti previsti dal D.P.C.M. 5/12/97.

5. SPECIFICHE TECNICHE PER L'ISOLAMENTO ACUSTICO DEGLI AMBIENTI INTERNI

Per quanto riguarda le pareti di separazione dei locali tecnici al piano interrato si prevede la realizzazione di tramezzi in blocchi di calcestruzzo dello spessore di 25 cm, intonacati su entrambi i lati, caratterizzati da un indice di valutazione R_w pari a 52 dB e di una controparete in mattoni semipieni (sp 12 cm) intonacati, montati con un'intercapedine d'aria (sp 7 cm) parzialmente riempita di lana minerale (sp 5 cm). Il sistema così composto è caratterizzato da un indice di valutazione del potere fonoisolante R_w , calcolato attraverso l'applicazione del software Insul, superiore a 65 dB. Si tratta di un valore che può essere ritenuto adatto all'isolamento della rumorosità degli impianti tecnici verso gli ambienti sensibili da tutelare. Al fine di garantire un adeguato isolamento è necessario inoltre prevedere all'interno dei locali tecnici la realizzazione di un controsoffitto fonoisolante costituito da una doppia lastra di cartongesso, montato su struttura a C dello spessore di almeno 5 cm, con intercapedine riempita di lana minerale (densità 60 kg/m³) e, per tutti gli ingressi ai vani tecnici, una porta acustica tagliafuoco conforme alla normativa ISO 140/3, ISO 717/1 e ISO 717/2 tipo Padilla o equivalenti caratterizzata da un indice di valutazione del potere fonoisolante > 43 dB.

Per quanto riguarda le pareti di separazione fra i locali ufficio e servizi igienici si prevede la realizzazione di tramezzi in blocchi di calcestruzzo dello spessore di 25 cm, intonacati sul lato verso l'ufficio e piastrellato sul lato verso i servizi, caratterizzati da un indice di valutazione R_w pari a 52 dB. Si prevede inoltre che in tutti i casi la rete di scarico non sia realizzata in corrispondenza delle pareti di separazione tra servizi igienici e ambienti sensibili (uffici).

6. INDICAZIONI DI BUONA PROGETTAZIONE E CORRETTA POSA IN OPERA

Il pavimento galleggiante

Di seguito si riporta la procedura per la corretta messa in opera del pavimento galleggiante, in riferimento alla realizzazione degli elementi costruttivi al contorno:

- I tramezzi divisorii devono essere separati strutturalmente dal solaio inferiore e superiore mediante pannello di legno mineralizzato di 10 mm. Tracciata la posizione del muro si colloca il pannello, di larghezza tale da fuoriuscire di un centimetro per lato della parete. In questo modo la malta usata per la realizzazione del muro non risulta aderente al solaio;
- Si realizza il divisorio;
- Si posa senza soluzione di continuità il materassino anticalpestio avendo cura di risvoltarlo lungo i lati del divisorio, al fine di evitare collegamenti rigidi tra pavimento galleggiante e divisorio;
- Si posano i pannelli radianti;
- Si rifila l'eccedenza del materiale resiliente risvoltato lungo le pareti verticali;
- Si posa la finitura superficiale evitando il contatto con il muro, attraverso l'interposizione di una striscia di compensato dello spessore di circa 4 mm, da rimuovere a pavimento finito. La fessura che viene a crearsi dopo la rimozione del distanziale di compensato dovrà essere siliconata per evitare infiltrazioni d'acqua;

- Si posa il battiscopa evitando il contatto con il pavimento, attraverso l'interposizione di una striscia dello spessore di circa 1 mm, da rimuovere a lavorazione finita.

Le scatole elettriche

È necessario evitare di realizzare scatole elettriche contrapposte tra le due pareti, in quanto la perdita di continuità della partizione ne indebolisce le prestazioni fonoisolanti. Le cassette elettriche vanno opportunamente isolate attraverso l'interposizione di materiale a sigillatura degli eventuali ponti acustici, le tracce lasciate nella muratura per permettere il passaggio dei tubi devono essere riempite con opportuno materiale isolante. Nel caso delle pareti leggere in cartongesso si suggerisce la procedura riportata in Figura 27.



Figura 27. Partizioni leggere in cartongesso. Posa delle scatole elettriche.

7. INDICAZIONI TECNICHE PER IL RISPETTO DEL LIMITE DI RUMOROSITÀ MASSIMA DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO

Le tecnologie impiantistiche adottate per la climatizzazione degli ambienti devono essere scelte con l'obiettivo di rispettare i valori limite previsti dal D.P.C.M. 5/12/97 in relazione alle destinazioni d'uso principali degli edifici.

Gli accorgimenti tecnici per garantire tali limiti possono essere:

- dimensionare tutti i condotti in modo che le velocità dell'aria siano relativamente basse, soprattutto in corrispondenza delle zone nelle quali si verificano deviazioni dei flussi (particolarmente critici potrebbero essere i tratti di condotti più prossimi alle bocche di mandata delle UTA);
- la rete aeraulica deve essere progettata e realizzata in maniera da ottenere un flusso d'aria più uniforme possibile all'interno dei canali, evitando brusche variazioni di direzione;
- ove possibile spaziare opportunamente gli elementi dei canali che possono generare turbolenze per consentire una riomogenizzazione del flusso nei tratti compresi fra gli stessi;
- le deviazioni dei canali devono essere costruite con curve ad ampio raggio per facilitare il flusso d'aria (nel caso in cui per ragioni di ingombro risulti inevitabile ricorrere a curve ad angolo retto o aventi il raggio interno inferiore alla larghezza del canale, le stesse saranno provviste di deflettori in lamiera);
- i canali dovranno essere sempre staffati con sistemi antivibranti;

- prevedere silenziatori dissipativi sui canali di ingresso e di uscita dell'aria nei locali al fine di evitare che il rumore esterno venga veicolato all'interno dei canali;
- realizzare canali con materiali in grado di garantire un'elevata perdita d'energia in termini di livello di pressione sonora per unità di lunghezza del canale. La capacità del canale di ridurre l'energia acustica dipende infatti sia dalle proprietà isolanti dello stesso che dalle capacità delle superfici interne dello stesso di fornire una buona attenuazione lineare.
- curare il dimensionamento e i tracciati delle canalizzazioni.

In particolare, per quanto riguarda le unità di trattamento aria collocate sulla copertura dell'edificio e tutte le altre macchine previste all'interno degli edifici, il livello sonoro di tali impianti deve essere tale che il livello sonoro L_{Aeq} negli ambienti sensibili (aule, uffici, camere dello studentato), sia adiacenti che sottostanti rispetto ai vani tecnici, sia contenuto entro i 25 dB(A) o 35 dB(A) a seconda delle destinazioni d'uso. Relativamente ai livelli di rumore dovuti al funzionamento dei terminali di impianto all'interno degli ambienti abitativi si rimanda ai valori indicati dalla norma UNI 8199 in riferimento alle differenti destinazioni d'uso. Eventuali aperture verso l'esterno devono essere verificate nell'ambito della valutazione previsionale di impatto acustico.

8. INDICAZIONI TECNICHE PER IL RISPETTO DEL LIMITE DI RUMOROSITÀ MASSIMA DEGLI IMPIANTI A FUNZIONAMENTO DISCONTINUO

Gli impianti a funzionamento discontinuo sono impianti idrico-sanitari e impianti ascensore. Di seguito si riportano indicazioni tecniche e i materiali da impiegare per limitare la rumorosità degli impianti, in particolare per quanto riguarda l'isolamento ai rumori per via strutturale.

Impiego di materiali antivibranti

Il progetto prevede l'impiego di materiali antivibranti al fine di isolare strutturalmente gli impianti girevoli o vibranti. In particolare, gli impianti soggetti a tali disposizioni sono:

- UTA, gruppi frigoriferi, aerorefrigeranti;
- Estrattori
- Elettropompe
- Trasformatori
- Ascensori
- Gruppi elettrogeni
- Elettrocompressori.

L'isolamento alle vibrazioni deve essere realizzato come riportato in Figura 28.

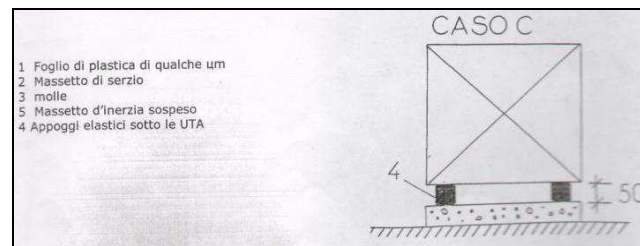


Figura 28: Sistemi antivibranti.

Impianti idrici

Nella realizzazione degli impianti idricosanitari devono essere adottate tutte le cautele suggerite dalla regola dell'arte, con riferimento al dimensionamento e posa delle tubazioni di adduzione dell'acqua calda e fredda, della rete di scarico, dei miscelatori, ecc. al fine di limitare la generazione di rumore da parte di fenomeni di turbolenza nelle curve, di cavitazione nelle sezioni ristrette, di colpo d'ariete nei transitori, e la propagazione per via solida attraverso le strutture.

Molto importante risulta anche il controllo del rumore aerodinamico generato dal passaggio dell'aria attraverso i dispositivi di estrazione, nonché il controllo del rumore generato dal ventilatore e veicolato attraverso la rete di estrazione dell'aria.

Al fine di limitare la rumorosità degli impianti fondamentale è la corretta installazione delle tubazioni che dovrà essere fatta mediante l'impiego di collari e foderi antivibranti per una completa desolidarizzazione dei componenti dalla struttura dell'edificio. Il fodero sarà costituito da un materiale resiliente di spessore minimo 5 mm con stuccatura intorno.

Per ridurre la trasmissione del rumore prodotta dai condotti dell'acqua occorre che la pressione massima nei tubi non superi i 3 bar. La velocità dell'acqua invece non deve superare i 2 m/s nelle colonne montante e gli 1,5 m/s per le distribuzioni orizzontali.

Gli organi di intercettazione e di regolazione (valvole), le elettropompe di circolazione e i dispositivi di erogazione (rubinetti) dovranno essere dimensionati e scelti in base anche alla rumorosità dichiarata dai costruttori. Relativamente alle pompe i tubi saranno fissati tramite collari resilienti mentre i raccordi dovranno essere realizzati mediante giunti antivibranti.

I rubinetti sanitari, indipendentemente dal tipo e dalla soluzione costruttiva, dovranno essere caratterizzati da silenziosità e assenza di vibrazioni in tutte le condizioni di funzionamento, in conformità alle seguenti Norme:

- UNI EN ISO 3822-2 "Acustica – Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua – Condizioni di montaggio e di funzionamento dei rubinetti di scarico e miscelatori"
- UNI EN ISO 3822-3 "Acustica – Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell'acqua – Condizioni di montaggio e di funzionamento delle apparecchiature e delle valvole sull'impianto"

- UNI EN ISO 3822-4 “Acustica – Misurazione in laboratorio del rumore emesso dai rubinetti e dalle apparecchiature idrauliche utilizzate negli impianti per la distribuzione dell’acqua – Condizioni di montaggio e di funzionamento per apparecchiature speciali”

Ascensori montacarrozze e carroponte

Il rumore e le vibrazioni prodotte dal funzionamento degli ascensori o dei montacarichi devono essere contenuti al fine di ottenere valori di rumorosità massima L_{ASmax} negli ambienti abitativi adiacenti inferiori a 35 dBA(A).

Nel progetto sono previsti:

- due ascensori elettrici, senza sala macchine, con macchina Gearless a frequenza variabile;
- un montacarozze di tipo rettilineo;
- un carroponte nimonotrave.

Di seguito si riportano alcune considerazioni circa le principali sorgenti di rumore e i relativi accorgimenti volti al contenimento della rumorosità. In particolare gli elementi che producono rumore sono:

- motori;
- funi;
- assi rotanti;
- supporti;
- cuscinetti.

Oltre alla rumorosità dei componenti funzionali vi sono poi rumori cosiddetti da impatto e da attrito.

I rumori da impatto si hanno ad ogni avvio e arresto dell’ascensore al piano, per contraccolpo, per l’aggancio delle porte ai piani, ad ogni apertura e chiusura delle porte e per il funzionamento delle parti meccaniche nel locale macchine.

I rumori da attrito, oltre a quello dallo scorrimento dei pattini della cabina all’interno delle guide, sono tutti quelli derivanti dal funzionamento degli organi di trasmissione.

In linea generale, quindi, è importante procedere all’isolamento dell’impianto per limitare la trasmissione del rumore sia dal punto di vista del rumore aereo sia dal punto di vista del rumore strutturale.

Il livello di pressione sonora ponderata A generato all’interno del vano corsa LAF,max può essere quantificato in 75 dB(A), in accordo con la norma tedesca VDI 2566-1:2001-12 “*Acoustical design for lifts with a machine room*”. Considerando le compartimentazioni del locale macchine, realizzate in c.a. di spessore pari a circa 25 cm avente massa per unità di superficie che si attesta in un range compreso tra 490 Kg/m² e 580 kg/m², si ritiene che queste possano offrire un livello adeguato di isolamento ai rumori per via aerea. La Norma fornisce inoltre un valore di rumorosità massimo LAF,max atteso in corrispondenza delle porte di accesso alla cabina, quantificato in 65 dB(A). Per quanto riguarda l’isolamento acustico fornito dalle porte il progetto prevede pareti aventi un indice di valutazione del potere fonoisolante minimo di 30 dB che si ritiene sufficiente al rispetto dei requisiti di rumorosità massima ammissibile.

Per quanto riguarda invece la propagazione del rumore per via solida, considerando un'installazione del motore senza utilizzo di supporti isolanti, il livello di pressione sonora misurato negli ambienti confinanti con il vano corsa e dovuto alle trasmissioni strutturali, come suggerito dalla Norma stessa, dovrebbe attestarsi in un range compreso tra 40 dB(A) e 45 dB(A).

Al fine di garantire un adeguato isolamento alle vibrazioni si rende pertanto necessario prevedere l'installazione dei motori e pulegge di rinvio su massetti in calcestruzzo aventi massa almeno doppia di quella del motore e a loro volta posizionati su molle. Questo sistema può essere considerato approssimativamente come un oscillatore massa-molla. La scelta dei supporti elastici deve tenere conto di:

- o effettiva massa dinamica m_d del motore+massetto;
- o costante elastica c del supporto;
- o frequenza di eccitazione(disturbante) f_E .

Il dimensionamento dei materiali elastici deve essere eseguito considerando la frequenza di risonanza del sistema f_0 . La frequenza di risonanza è definita come

$$f_0 = \frac{1}{2\pi} \sqrt{\frac{c}{m_d}} \quad \text{in Hz}$$

$$f_0 < 0.5\sqrt{2} \cdot f_E = 0.707 \cdot f_E \quad \text{in Hz}$$

La frequenza di eccitazione f_E viene determinata a partire dalla più alta velocità di rotazione n_m del motore:

$$f_0 = \frac{n_m}{60} \quad \text{in Hz} \quad (29)$$

In ogni caso, la frequenza naturale f_0 non deve scendere al di sotto di 8 Hz e non deve eccedere i 15 Hz. In particolare, è bene prestare attenzione al limite inferiore, in quanto potrebbero insorgere problemi di sicurezza, quali uno scorretto posizionamento della cabina al piano. Infine, le rotaie delle cabine devono essere fissate da solaio strutturale a solaio strutturale per approfittare di un'inerzia massima. Secondo i casi può essere previsto un materiale resiliente tipo Acousystem o equivalenti. Per quanto riguarda le porte invece è necessario prevedere che si chiudano progressivamente senza shock.

In conclusione, al fine di ottenere i requisiti acustici passivi previsti da progetto, dovranno essere scrupolosamente osservate le prescrizioni sulle caratteristiche dell'impianto nonché adottata la massima cura nel rispetto di tutti gli accorgimenti descritti in relazione soprattutto per la parti a contatto tra l'incastellatura e le pareti del vano scala.

Tutte le installazioni impiantistiche sono ipotizzate realizzate a regola d'arte altrimenti sarebbero di per se causa di ponti acustici non prevedibili in fase di progettazione.

Il contravvenire agli accorgimenti specificati in relazione solleva da qualsiasi responsabilità legata al rispetto dei requisiti acustici degli ambienti sottoposti a verifica.

L'eventuale presenza di punti singolari, non descritti in relazione, dovrà essere esaminata e risolta nel corso della Direzione Lavori.

9. OTTIMIZZAZIONE DELLA RISPOSTA ACUSTICA E DELLE CONDIZIONI DI COMFORT ACUSTICO DEGLI AMBIENTI INTERNI

L'Auditorium

L'acustica dell'auditorium è ottimizzata per svolgere al suo interno principalmente convegni e conferenze. L'esigenza fondamentale nella comunicazione in un ambiente destinato all'ascolto della parola, come una sala convegni e conferenze, è la comprensione corretta del messaggio verbale che si trasmette da oratore ad ascoltatore. Le caratteristiche acustiche dell'ambiente in cui avviene la comunicazione possono perturbare la qualità della trasmissione mascherando il segnale emesso dal parlatore, rendendolo meno intelligibile per l'ascoltatore. La buona ricezione è legata ai seguenti aspetti:

o presenza di un sufficiente livello sonoro in ambiente,

o basso rumore di fondo,

o percezione ottimale delle onde sonore dirette e riflesse dalle superfici dell'ambiente, sia per quanto riguarda la loro composizione in frequenza, sia per quanto riguarda gli sfasamenti temporali che le caratterizzano.

L'elevata rumorosità di fondo ed una eccessiva riverberazione, che si manifesta con una lunga "coda sonora" in ambiente, pregiudicano l'intelligibilità della parola, intesa come percentuale di parole o frasi correttamente comprese da un ascoltatore rispetto alla totalità delle parole o frasi pronunciate da un parlatore. Il contenimento temporale della "coda sonora" è valutato attraverso il tempo di riverberazione, mentre per la rumorosità di fondo l'indice di riferimento è il livello di pressione sonora ponderato A (SPL(A)). L'effetto combinato dell'interferenza della riverberazione e del rumore di fondo sulla riduzione di intelligibilità del parlato si valutano con l'indice STI, Speech Transmission Index. Secondo la teoria che sta alla base della definizione dello STI, la voce umana può essere considerata come un segnale modulato in ampiezza e in un ambiente si avranno buone condizioni di intelligibilità se si mantengono il più possibile invariate le caratteristiche iniziali di modulazione, esprimibili dall'indice di modulazione.

Tabella 16: Parametri di qualità acustica ottimali per la sala auditorium.

Destinazione d'uso	Parametri	Valori e range ottimali Valori di letteratura	Note
Ascolto della parola	Tempo di riverberazione T60	< 1,2 s	<ul style="list-style-type: none"> • Presenza di materiali fonoassorbenti • Sala occupata
	Indice di intelligibilità STI	0,6-0,7	<ul style="list-style-type: none"> • Presenza di materiali fonoassorbenti
	SPL(A)*	> 50 dB(A)	<ul style="list-style-type: none"> • Livello sonoro minimo nella posizione più distante dall'oratore

La sala auditorium è caratterizzata da una superficie pari a circa 160 m^2 e da un volume pari a circa 1100 m^3 . La sala è situata al piano terra e prevede la presenza di una platea inclinata in grado di ospitare fino ad un massimo di 144 persone.

Per quanto riguarda la finitura delle pareti laterali e della parete di fondo della sala è stato previsto l'inserimento di sistemi di elementi fonoassorbenti a lamelle montati con retrostante intercapedine d'aria riempita di lana minerale.

Il soffitto della sala costituisce una superficie fonoriflettente concepito come un soffitto ray-tracing in grado di riflettere il suono su tutta la platea con un rinforzo progressivo delle riflessioni verso il fondo della sala per compensare la diminuzione d'intensità del suono diretto che si ha nelle ultime file.

In Figura 29 si riporta il comportamento acustico del soffitto ray-tracing.

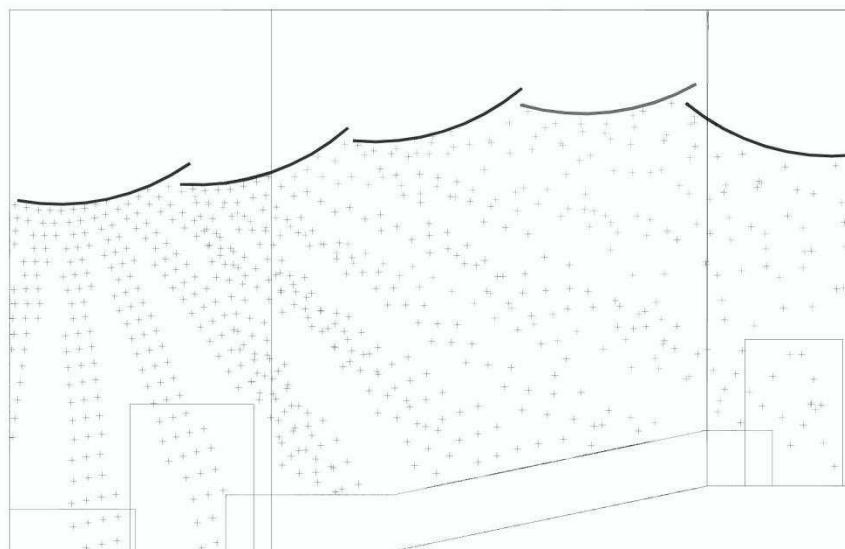


Figura 29: Comportamento acustico del soffitto ray-tracing.

Per ottenere una buona ricezione del suono diretto riducendo l'effetto dell'assorbimento acustico radente in tutti i punti della platea, è stato necessario verificare che le orecchie dello spettatore di una certa fila fossero a un livello superiore rispetto alla testa dello spettatore della fila antecedente.

Ciò si è ottenuto tracciando in modo adeguato l'inclinazione della platea in funzione della curva di visibilità/udibilità (Figura 30).

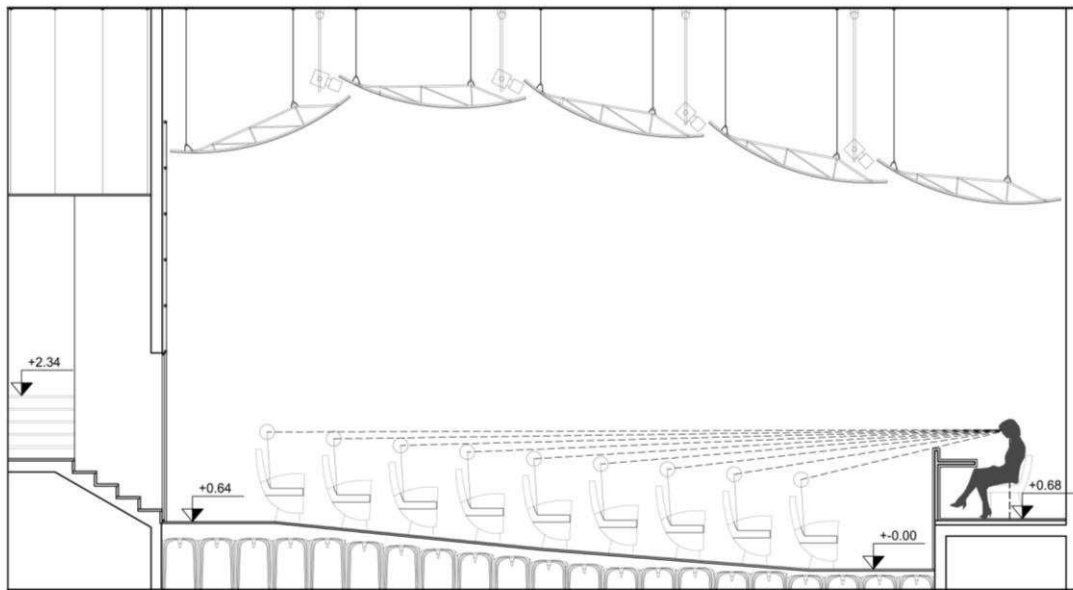


Figura 30: Sezione della sala anfiteatro. Verifica della curva di visibilità/udibilità.

La risposta acustica dell'Auditorium è stata determinata attraverso l'applicazione di tecniche di simulazione numerica che hanno permesso il calcolo degli indici di qualità acustica all'interno della sala, in conformità alla norma UNI EN ISO 3382/2001.

La simulazione è stata effettuata attraverso l'impiego del software di calcolo ODEON 9.2 che, sulla base di modelli CAD tridimensionali, ricostruisce il campo sonoro, restituendo parametri oggettivi di valutazione acustica.

I modelli tridimensionali, 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 lasciar uscire raggi sonori dall'involucro. In Figura 31 si riporta un'immagine del modello tridimensionale dell'Auditorium rispetto al quale è stata eseguita la simulazione.

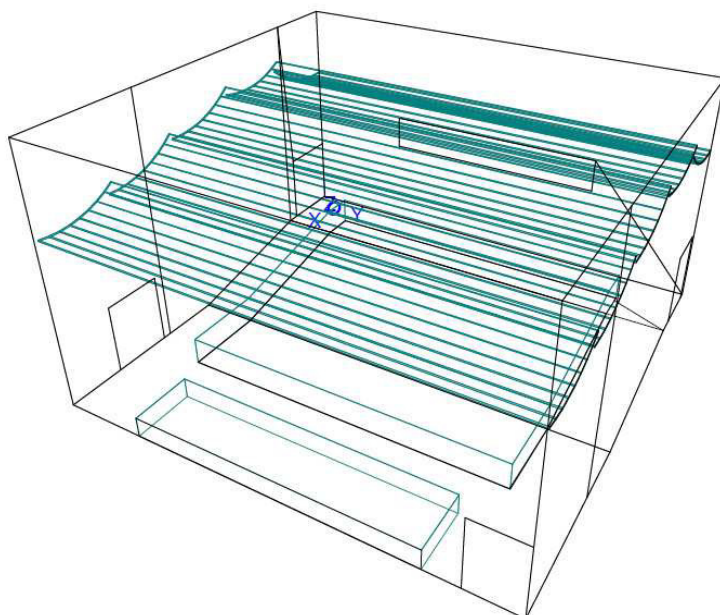


Figura 31: Modello tridimensionale dell'Auditorium.

In Tabella 17 si riportano i coefficienti di assorbimento, per le frequenze centrali di banda d'ottava da 125 Hz a 4000 Hz dei materiali di rivestimento della sala. Tali coefficienti sono stati necessari per effettuare il calcolo del tempo di riverberazione e per la definizione dell'assorbimento medio della sala.

Tabella 17: Coefficienti di assorbimento, per le frequenze centrali di banda d'ottava da 125 Hz a 4000 Hz dei materiali di rivestimento della sala

Superficie	Riferimento	Frequenze					
		125	250	500	1000	2000	4000
Pavimento	Building bulletin 93 <i>Parquet fixed in asphalt, on concrete</i>	0,04	0,04	0,07	0,06	0,06	0,07
Soffitto intonacato	Building bulletin 93 <i>Plaster on solid wall</i>	0,04	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06
Parete frontale intonacata	Building bulletin 93 <i>Plaster on solid wall</i>	0,04	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06
Parete di fondo	Certificato di misura in laboratorio	0,35	0,7	0,85	0,7	0,6	0,45
Pareti laterali intonacate	Building bulletin 93 <i>Plaster on solid wall</i>	0,04	0,05	0,06	0,08	0,06	0,06
Pareti laterali fonoassorbenti	Certificato di misura in laboratorio	0,35	0,7	0,85	0,7	0,6	0,45
Pannelli sospesi	Valori calcolati	0,11	0,08	0,07	0,06	0,06	0,06
Vetri regia	Building bulletin 93 <i>Double glazing</i>	0,15	0,05	0,03	0,03	0,02	0,02
Porte	Building bulletin 93 <i>Solid timber door</i>	0,14	0,1	0,06	0,08	0,1	0,1
Poltrone	Building bulletin 93 <i>Auditorium seat, occupied</i>	0,37	0,48	0,68	0,73	0,77	0,74

In Figura 32 sono riportati i valori del tempo di riverberazione calcolati per l'Auditorium applicando la relazione di Sabine o metodo del campo diffuso (o dell'acustica statistica), in funzione della frequenza, per bande di ottava. Nello stesso grafico sono riportati i valori ottenuti dalla simulazione al calcolatore e i valori ottimali in frequenza, per bande di ottava.

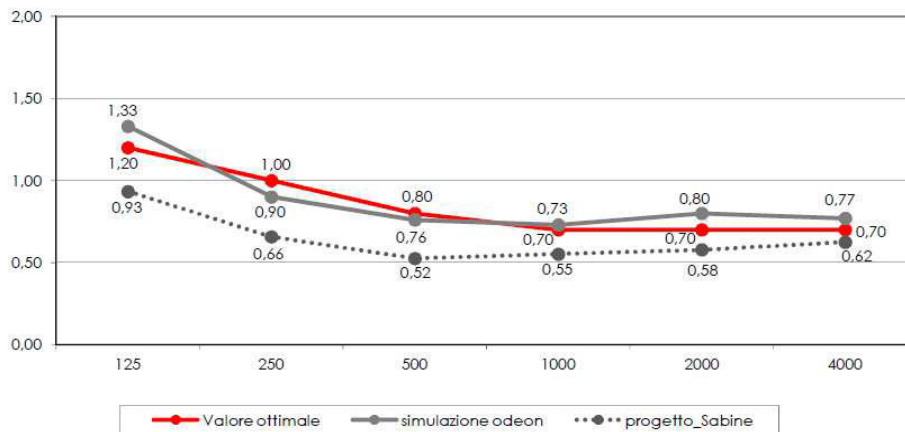


Figura 32: Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava, nell'Auditorium. Valori di progetto, valori simulati e valori ottimali.

Dal grafico si può osservare una buona coerenza fra i risultati ottenuti attraverso l'impiego di diversi modelli di calcolo e un buon accordo con i valori ottimali per la comprensione verbale.

Per la verifica degli indici di intelligibilità la simulazione è stata eseguita considerando una sorgente sonora che riproduce la direttività ed il livello di potenza sonora di un oratore che si esprima con uno sforzo vocale "normale" ($Lw_{globale}$ pari a 71,4 dB(A)), collocata in corrispondenza del centro del palco. La valutazione è stata eseguita rispetto ad una griglia di calcolo che corrisponde alla platea.

In Figura 33 si riporta la mappa dell'indice STI all'interno della sala.

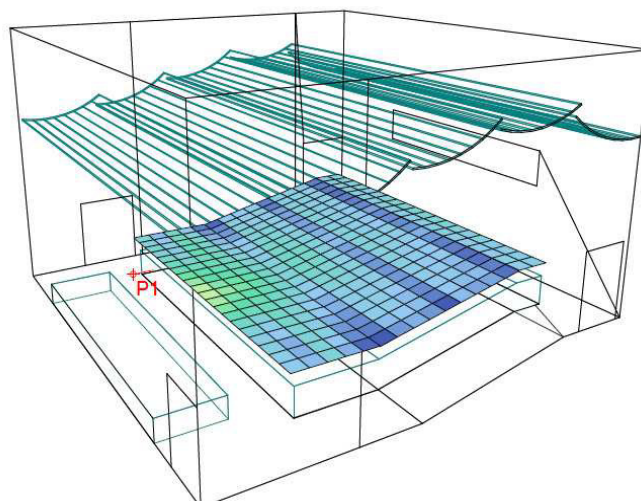


Figura 33: Mappa dell'indice STI.

Dalla mappa di STI emerge che i valori ottenuti, superiori a 0,6 in tutti i punti della sala, indicano generalmente una classe di qualità della comunicazione "buona".

L'Atrio di ingresso

Poiché il progetto architettonico prevede la realizzazione di un grande atrio vetrato di distribuzione che mette in comunicazione tutti i piani dell'edificio in esame, si è ritenuto indispensabile prevedere un trattamento fonoassorbente dei controsoffitti all'intradosso dei solai al fine di contenere il tempo di riverberazione e di evitare il verificarsi di condizioni di discomfort acustico tipiche dei grandi volumi.

In particolare per tutti i piani è stata prevista la realizzazione di un controsoffitto fonoassorbente con pannelli in lana di roccia dello spessore di 20 mm rivestiti con velo vetro verniciato in bianco (finitura liscia) sulla faccia a vista e con un controvelo sulla faccia superiore, montati con retrostante intercapedine d'aria di 200 mm. In Tabella 18 si riportano i coefficienti di assorbimento acustico, α (-), in frequenza per le bande di ottava comprese fra 125 e 4000 Hz, del materiale previsto a progetto, utilizzati per il calcolo del tempo di riverberazione dell'atrio.

Tabella 18: Coefficienti di assorbimento acustico in bande di ottava del controsoffitto previsto per l'atrio.

Pannelli in lana di roccia rivestiti con velo vetro verniciato in bianco (finitura liscia) sulla faccia a vista e con controvelo sulla faccia superiore (spessore pannello 20 mm, montaggio con intercapedine di 200 mm)						
125	250	500	1000	2000	4000	α_w
0,5	0,85	0,95	0,95	1,00	1,00	1,00

In Figura 34 si riporta un'immagine del modello tridimensionale dell'atrio a tutt'altezza rispetto al quale è stata eseguita la simulazione per il calcolo del tempo di riverberazione.

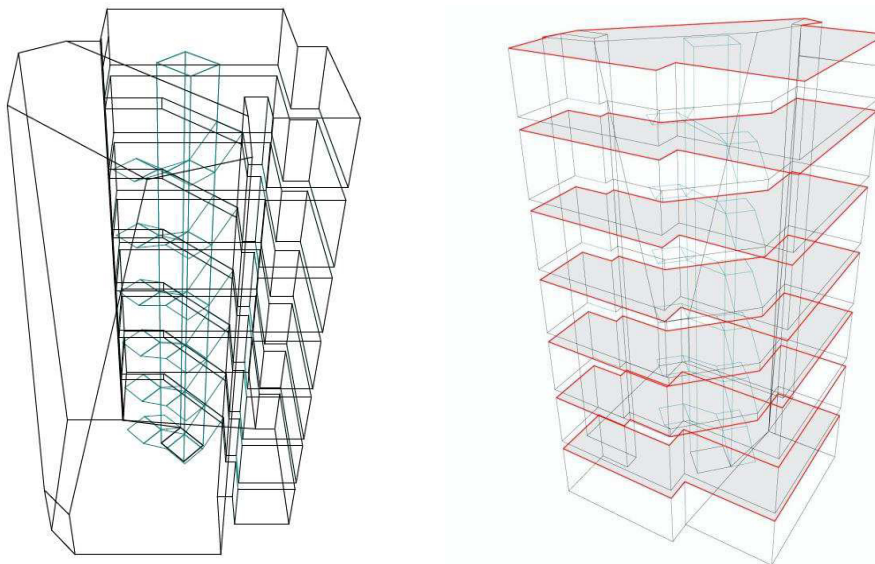


Figura 34: Modello tridimensionale dell'atrio a tutt'altezza utilizzato per la simulazione e modello tridimensionale con individuazione delle superfici fonoassorbenti.

In Figura 35 sono riportati i valori del tempo di riverberazione calcolati per l'atrio attraverso simulazione al calcolatore, in confronto con i valori ottimali per ambienti destinati all'ascolto della parola e alla comprensione verbale.

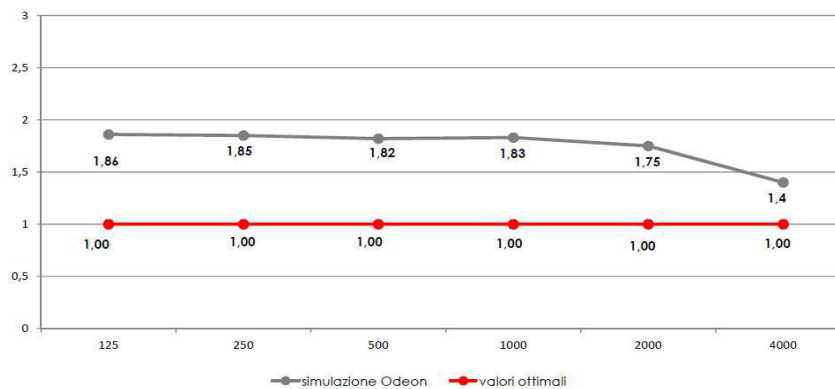


Figura 35: Atrio. Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava. Valori di progetto e valori ottimali per ambienti destinati all'ascolto della parola.

In Figura 36 si riporta il grafico con i valori di tempo di riverberazione calcolati per l'atrio in relazione ai valori ottimali ai sensi del decreto francese "Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé" per gli ambienti di circolazione con volume superiore a 512 m².

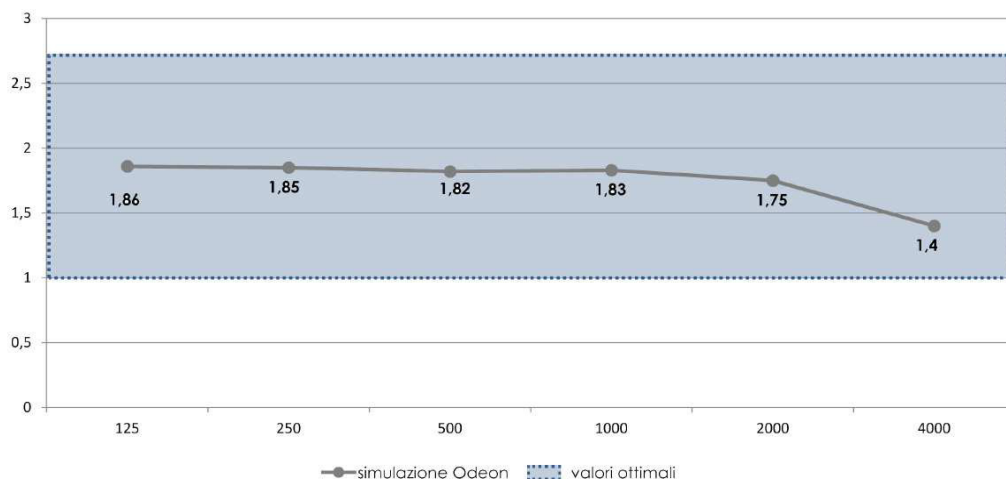


Figura 36: Atrio. Tempi di riverberazione in frequenza, per bande di ottava. Valori di progetto e valori ottimali per ambienti di circolazione secondo la norma francese "Arrêté du 25 avril 2003 relatif à la limitation du bruit dans les établissements de santé".

Dai grafici emerge che, nonostante l'atrio non sia un ambiente destinato allo svolgimento di attività specifiche, il trattamento acustico previsto consente contenere il tempo di riverberazione, garantendo condizioni di comfort acustico per le persone che dovessero permanere per svariati motivi all'interno di tale spazio.

Il Laboratorio

Nel laboratorio al piano terra e ammezzato poiché si tratta di un ambiente caratterizzato da un ampio volume in cui si prevede lo svolgimento di attività sperimentali che comprenderanno l'impiego di macchinari e impianti rumorosi, al fine di ridurre il tempo di riverberazione, è stato previsto il un trattamento fonoassorbente in corrispondenza del soffitto. In particolare per il contenimento del tempo di riverberazione entro i valori ottimali si prevede l'inserimento di baffles fonoassorbenti: si tratta di pannelli acustici verticali in lana di roccia, rivestiti su entrambi i lati con velo vetro verniciato in bianco o colorato (finitura liscia) racchiusi sui quattro lati da una cornice metallica, appesi al soffitto attraverso l'utilizzo di aste filettate. La caratteristica principale dei baffles è l'elevata capacità di fonoassorbimento, che permette di correggere l'acustica del locale e, dunque, di rispondere alle esigenze specifiche descritte. Essi inoltre sono in grado di assolvere alle esigenze di resistenza agli urti, nonché alle esigenze di protezione incendio e di resistenza all'umidità e alla flessione. Si prevede di disporre gli elementi fonoassorbenti (baffles) a pettine e ad interesse costante.

In Tabella 19 si riportano i valori dell'area di assorbimento equivalente per le frequenze comprese fra 125 e 4000 Hz di ogni singolo modulo di baffles, mentre in Figura 37 si riporta un esempio di installazione analoga a quella prevista a progetto.

Tabella 19: Coefficienti di assorbimento acustico in bande di ottava dei baffles fonoassorbenti previsti nel laboratorio.

Pannello acustico verticale (baffle) in lana di roccia, rivestito su entrambi i lati rivestiti con velo vetro verniciato in bianco o colorato (finitura liscia) racchiusi sui quattro lati da una cornice metallica (dim modulo: 1200x300x40 mm, distanza file circa 170 cm)					
125	250	500	1000	2000	4000
0,23	0,52	0,66	0,71	0,73	0,69

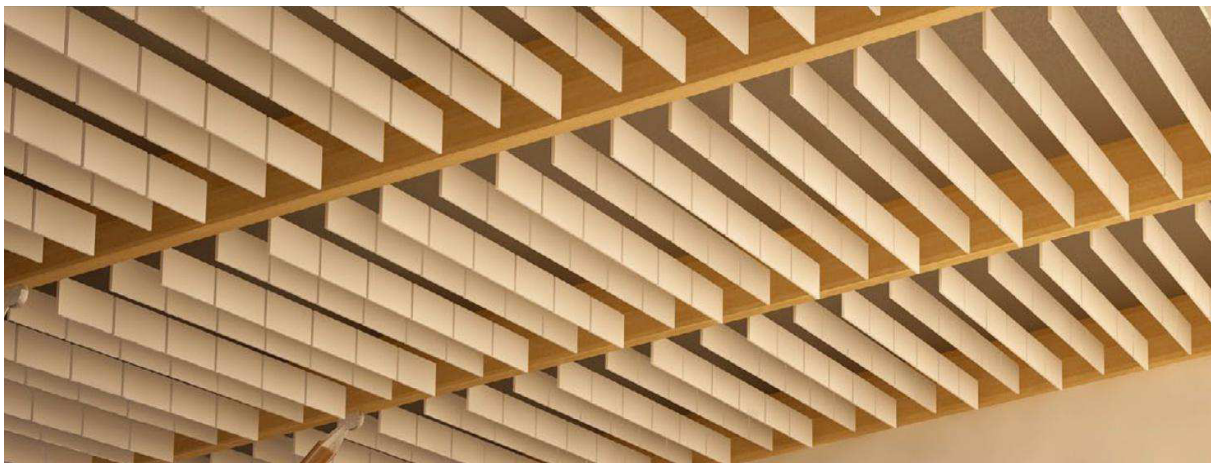


Figura 36: Esempio di installazione dei baffles analoga a quella prevista a progetto.

Gli Uffici

Negli uffici open space l'utilizzo di postazioni di lavoro aperte e modulari da un lato garantisce una maggiore flessibilità spaziale interna e riduce al minimo lo spreco di spazio, ma dall'altro lato comporta l'insorgere di nuovi problemi quali la mancanza di privacy e un aumento del rumore di fondo, con ripercussioni negative sulla produttività ed efficienza degli occupanti.

Gli uffici open space infatti, non sono particolarmente indicati per mansioni che richiedono concentrazione o confidenzialità, ma se progettati accuratamente nel loro complesso, sono in grado di garantire un livello adeguato di privacy acustica. In spazi di questo genere il controsoffitto è la superficie più influente per quanto riguarda le riflessioni del suono, perciò è necessario che sia il più assorbente possibile. Al fine di garantire condizioni di comfort il livello medio di assorbimento del controsoffitto dovrà essere pari a 0.9.

Per quanto riguarda l'arredo interno dell'open space, al fine di ottenere un livello di privacy acustica accettabile, dovrà essere prevista la collocazione di pannelli fonoassorbenti a separazione delle postazioni di lavoro. L'altezza di tali pannelli deve essere tale da bloccare il suono diretto da una postazione all'altra ma anche da ridurre i contributi del suono diffratto oltre il pannello. L'altezza dei pannelli non dovrebbe mai essere inferiore a 1.5 m (se non si interviene su nessuno degli altri parametri presi in considerazione nel modello base). E' importante che le partizioni siano sempre più alte della testa degli occupanti seduti alla postazione di lavoro (approssimativamente 1.2 m dal pavimento), sia per una maggiore privacy acustica, ma anche per aumentare privacy visiva, essendo le due strettamente correlate.

Nel caso in cui si decidesse di dividere lo spazio destinato ad ufficio open space in due o più ambienti di dimensioni ridotte, al fine di garantire prestazioni fonoisolanti idonee è inoltre importante eliminare eventuali ponti acustici, come quello che si crea al di sopra del controsoffitto e al di sotto del pavimento sopraelevato. In particolare per limitare la trasmissione sonora è necessario posizionare setti acustici in corrispondenza della parete di separazione caratterizzata da un'altezza coincidente all'altezza compresa fra l'estradosso del pavimento sopraelevato e l'intradosso del controsoffitto, al di sopra del controsoffitto e al di sotto del pavimento sopraelevato. Tali setti possono essere costituiti da una doppia lastra di cartongesso dello spessore di 12,5 mm su entrambi i lati, fissati a soffitto e a pavimento tramite struttura in lamiera di acciaio zincato. In alternativa è possibile prevedere l'interposizione di una doppia barriera in lana di roccia vulcanica rivestita con un complesso in alluminio tipo Rockfon Acoustimass e Soundstop 30 dB o equivalenti. In Figura 38 si riporta uno stralcio della pianta del primo piano con indicazione del possibile posizionamento delle pareti di separazione per la divisione degli ambienti open space in diversi uffici. In Figura 39 si riporta una schematizzazione del comportamento acustico degli ambienti in assenza e in presenza di setti acustici in corrispondenza delle pareti di separazione.

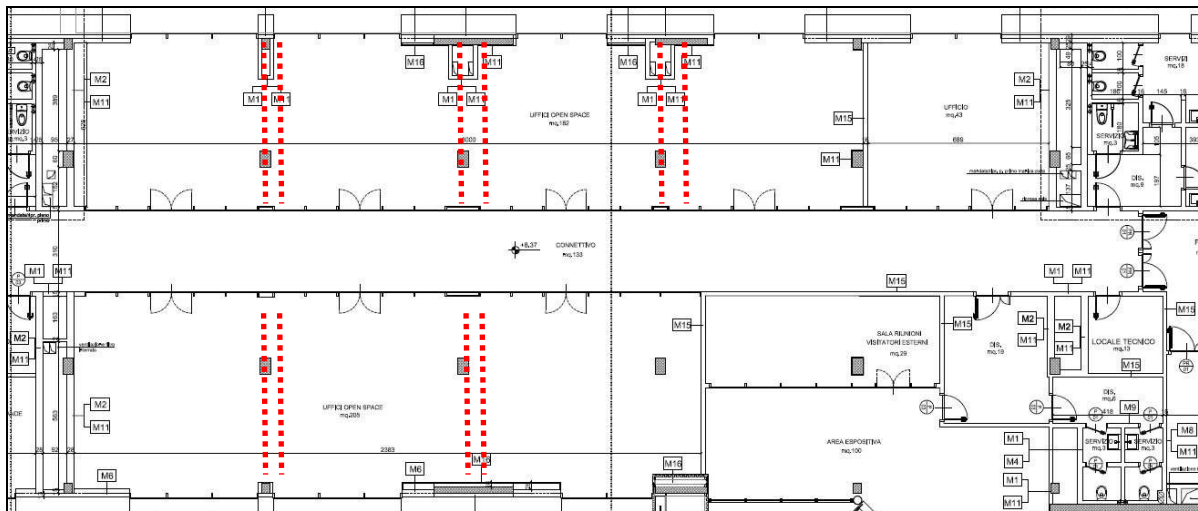


Figura 38: Stralcio della pianta del primo piano con indicazione, in rosso, della possibile divisione degli open space.

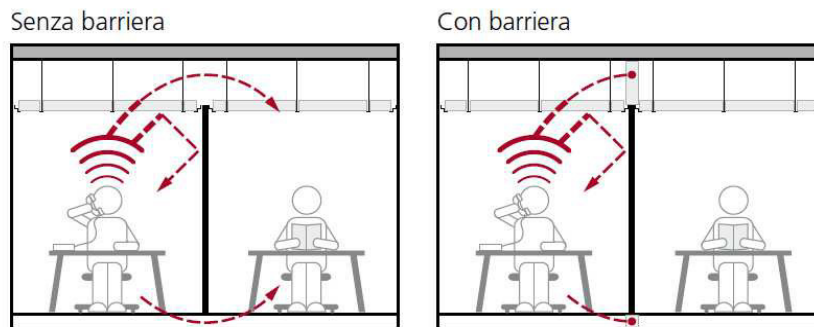
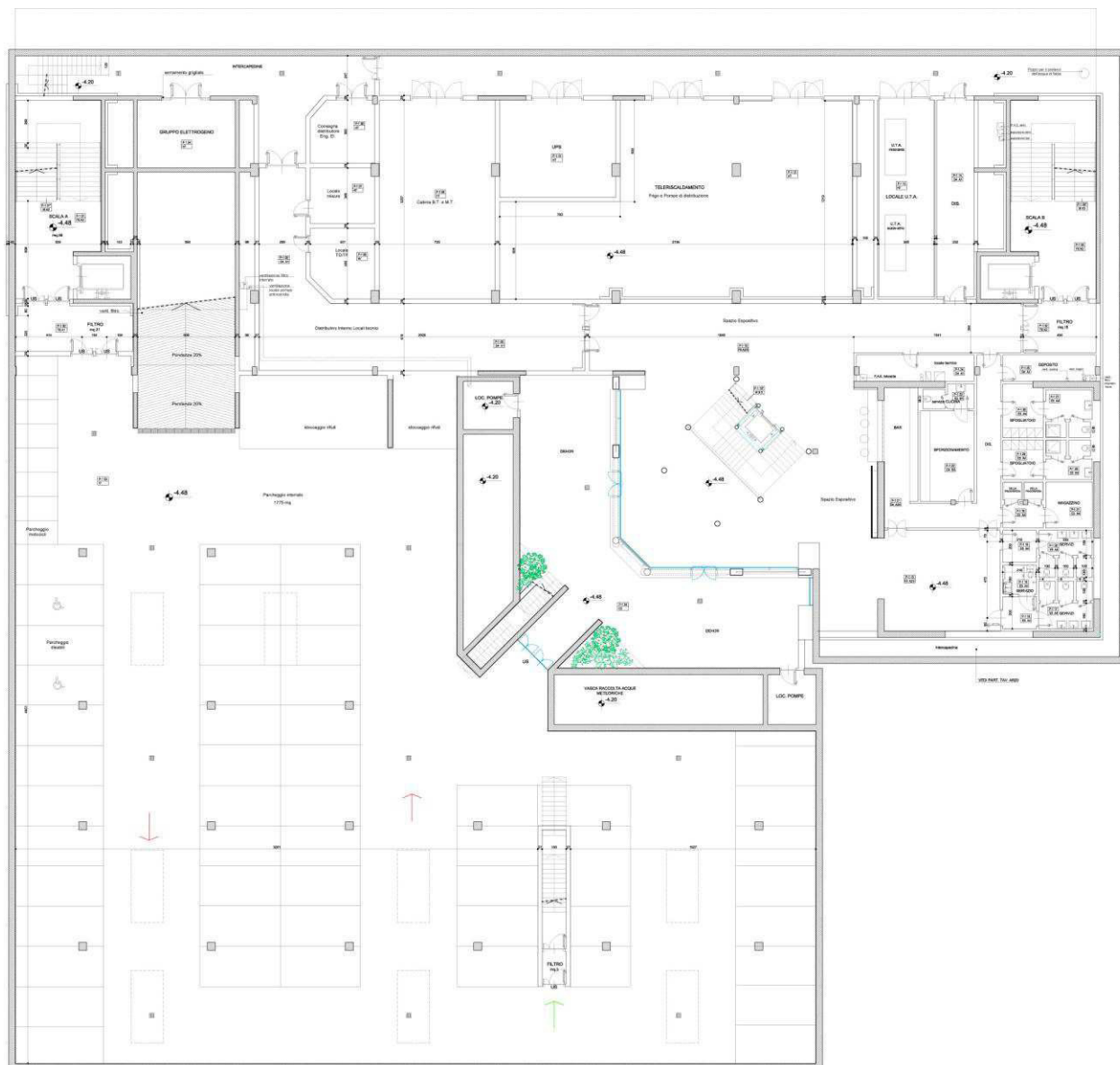


Figura 39: Schematizzazione del comportamento acustico degli ambienti in assenza e in presenza di setti acustici.

ALLEGATO A:

Piante e prospetti dell'edificio

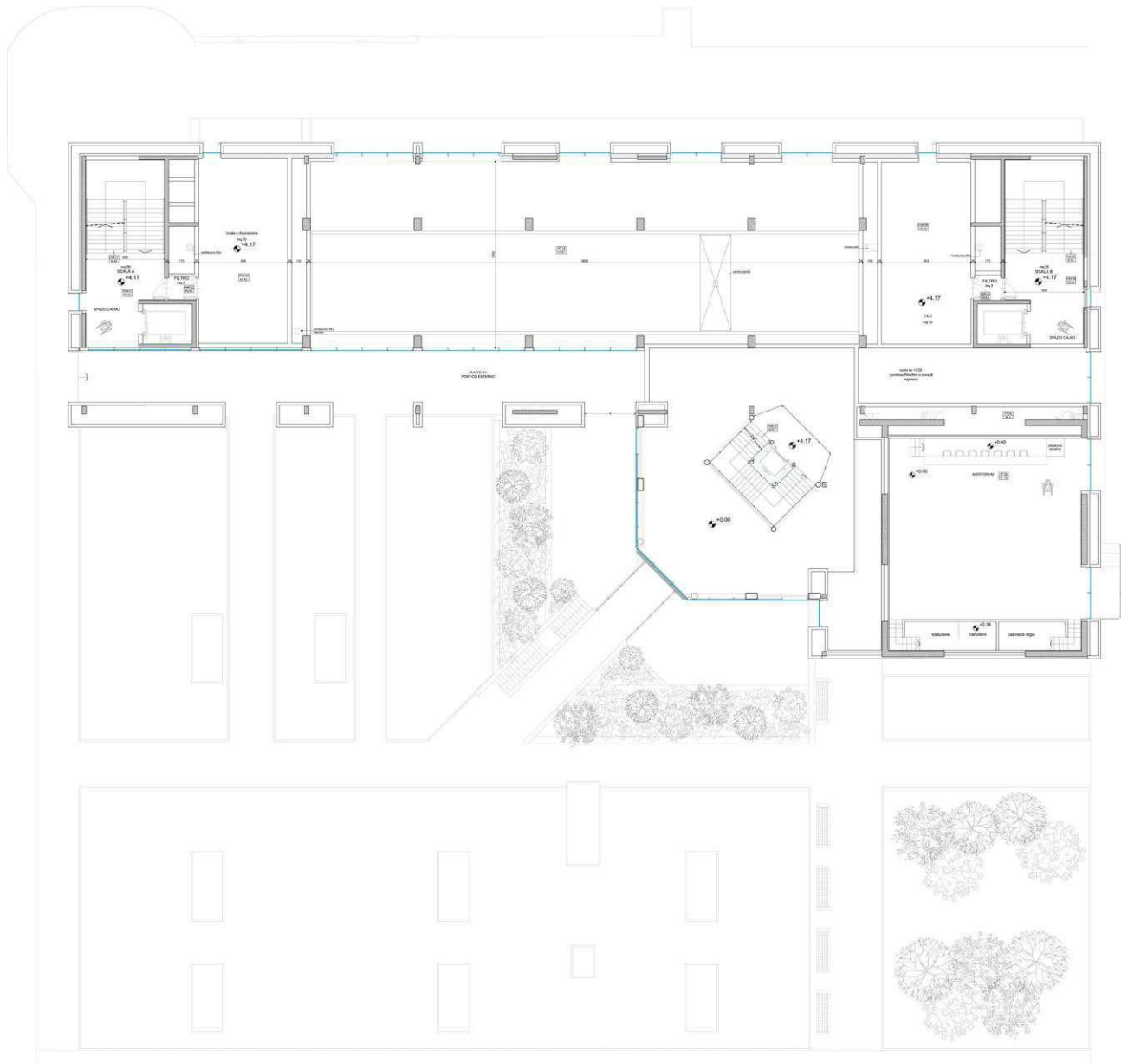
PIANTA PIANO INTERRATO



PIANTA PIANO TERRA



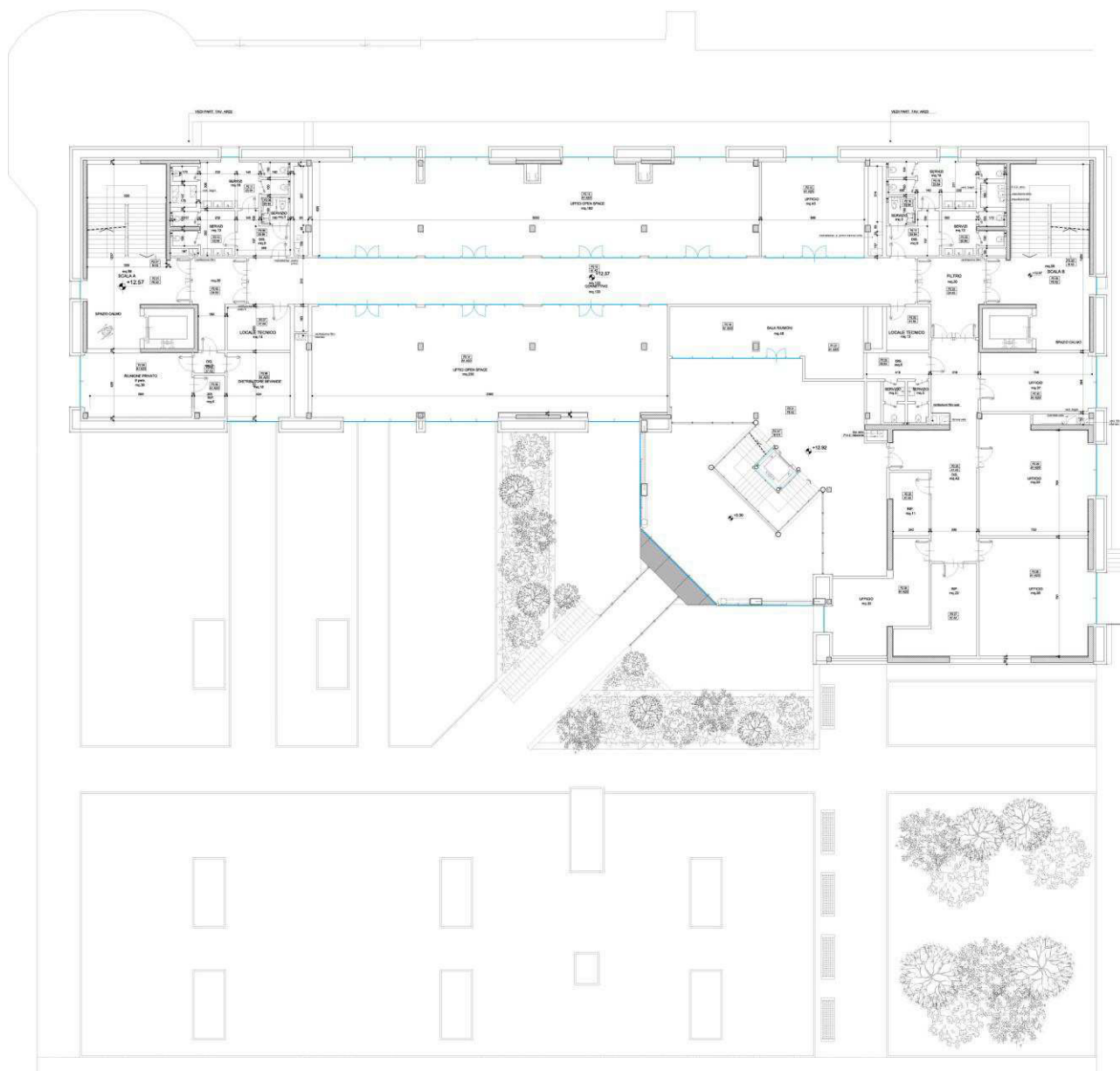
PIANTA PIANO AMMEZZATO



PIANTA PIANO PRIMO



PIANTA PIANO SECONDO



PIANTA PIANO TERZO



PROSPETTI



ALLEGATO B:

Certificati di laboratorio o di calcolo, con indicazione dell'andamento in frequenza del potere fonoisolante delle strutture



**ISTITUTO
GIORDANO**



Istituto Giordano S.p.A.
Via Rossini, 2 - 47814 Bellaria-Igea Marina (RN) - Italy
Tel. +39 0541 343030 - Fax +39 0541 345540
istitutogiordano@giordano.it - www.giordano.it
Cod. Fisc./ P.Iva 00 549 540 409 - Cap. Soc. € 1.500.000 i.v.
R.E.A. d/o C.C.I.A.A. (RN) 156766
Registro Imprese di Rimini n. 00 549 540 409
Organismo Europeo notificato n. 0407

RICONOSCIMENTI DA MINISTERI ITALIANI:

- Legge 1086/71 con D.M. 27/11/82 n. 22913 "Prove sui materiali da costruzione"
- Decreto 21/07/06 "Certificazione CE per la unità da dipinto"
- D.M. 04/08/04 "Certificazione CEI sulle macchine"
- Nota n. 75/89/0 del 15/12/88 "Certificazione CEI per gli apparecchi a gas"
- D.M. 09/07/93 "Certificazioni CEI in materia di recipienti semplici a pressione"
- D.M. 05/07/93 "Certificazioni CEI concernente la sicurezza dei giocattoli"
- Incarichi di verifica della sicurezza e conformità dei prodotti nel ambito della sorveglianza sul mercato e tutela del consumatore
- D.M. 02/04/98 "Rilascio di attestazioni di conformità delle caratteristiche e prestazioni energetiche dei componenti degli edifici e degli impianti"
- Legge 8/03/04 e D.M. 26/03/05 con autorizzazione del 21/03/06 "Prove di resistenza al fuoco secondo D.M. 26/06/84"
- Legge 8/03/04 e D.M. 26/03/05 con autorizzazioni del 03/07/00 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 7 del 02/04/91 norma CEN/EN/ISO UNI 9723"
- Legge 8/03/04 e D.M. 26/03/05 con autorizzazione del 00/02/00 "Prove di resistenza al fuoco ai sensi del D.M. 25/06/84 e del D.M. 16/02/07"
- Legge 46/82 con D.M. 09/10/85 "immissione nell' albo dei laboratori autorizzati a svolgere attività di carattere applicativo a favore delle piccole e medie industrie"
- Protocollo n. 116 del 27/03/87 "Iscrizione allo Schedario nazionale delle ricerche con codice N.1049/199"
- Decreto 24/02/02 "Certificazione CE di rispondenza della conformità delle strutture a pressione"
- Decreto 13/12/04 "Certificazione di conformità di attrezzature a pressione trasportabili"
- Decreto 14/02/02 "Certificazione CE di conformità le materia di immissione in edifica ambientale per macchine e attrezzature"
- Decreto 05/02/03 "Esecuzione della procedura di valutazione della conformità dell' equipaggiamento marittimo"
- Decreto 17/09/04 "Certificazione CE sugli ascensori e componenti di sicurezza"
- Notifica per la attività di attestazione della conformità alle norme armonizzate della Direttiva 89/106/CE sui prodotti da costruzione
- Decreto 20/01/05 "Verifiche di prova su dispositivi medici"
- D.Lgs. 02/02/07 n. 22 "Certificazione ai sensi della Direttiva 2004/22/CE (PED) di contatori per energia elettrica di corrente alterata (c.e.) magnetica e trifase e di contatori volumetrici di gas a membrana"
- Decreto 11/09/07 "Certificatore CE di dispositivi di protezione individuale"
- Decreto 10/12/07 n. 218 "Certificazione del processo di produzione del conglomerato cementizio prodotto con processi industrializzati"

RICONOSCIMENTI DA ENTI TERZI:

- ICIM "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto"
- IMQ "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per ogni famiglia"
- UNISVAL "Riconoscimento del 26/03/85 "Laboratorio per le prove di certificazione UNC544L su strumenti a taccone cilindrici"
- KEYMARK per i valori termici "Misure di conducibilità termica per materiali isolanti"
- IT "Prove di laboratorio e sorveglianza in azienda nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per porte, finestre, chiusure oscuranti (prestificherie) e serramenti"
- ENIG "Prove di laboratorio su cassonetti e altri mezzi di custodia"
- BENGH "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerenti la direttiva prodotti da costruzione"
- VIT - Ferrara: "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerenti la direttiva prodotti da costruzione"
- C.C.I.A.A. di Rimini 28/01/04 "Verifica periodica dell'affidabilità metrologica di strumenti metrologici in materia di commercio"
- ILLIAD - Genova "Laboratorio di riferimento per le prove di resistenza al fuoco di componenti edili"
- SOLAR KEYMARK "Riconoscimento come laboratorio di prova registrato Solar Keymark"

RAPPORTO DI PROVA N. 295834

Luogo e data di emissione: Bellaria-Igea Marina - Italia, 25/06/2012

Committente: ROCKWOOL ITALIA S.p.A. - Via Francesco Londonio, 2 - 20154 MILANO (MI) - Italia e LAFARGE GESSI S.p.A. - Via Giovanni Gioacchino Winckelmann, 2 - 20146 MILANO (MI) - Italia

Data della richiesta della prova: 27/04/2012

Numero e data della commessa: 56239, 03/05/2012

Data del ricevimento del campione: dal 15/05/2012 al 18/05/2012

Data dell'esecuzione della prova: 28/05/2012

Oggetto della prova: misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea secondo le norme UNI EN ISO 10140-2:2010 ed UNI EN ISO 717-1:2007 su parete

Luogo della prova: Istituto Giordano S.p.A. - Via Erbosa, 78 - 47043 Gatteo (FC) - Italia

Provenienza del campione: campionato e fornito dal Committente

Identificazione del campione in accettazione: n. 2012/1016 e n. 2012/1065

Denominazione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è denominato "Parete perimetrale LAFARGE AQUABOARD-ROCKWOOL".

(*) secondo le dichiarazioni del Committente.

Comp. PB
Revis. 05

Il presente rapporto di prova è composto da n. 12 fogli.

Foglio
n. 1 di 12



LAB N° 0021

Membro degli Accordi di Mutuo Riconoscimento EA, IAF e ILAC

Signatory of EA, IAF and ILAC Mutual Recognition Agreements

CLAUSOLE:

Il presente documento si riferisce solamente al campione di materiale sottoposto a prova. Il presente documento non può essere riprodotto parzialmente, salvo approvazione scritta dell'Istituto Giordano.

Descrizione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è costituito da una parete divisoria, avente le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente.

Larghezza nominale	3600 mm
Altezza nominale	3000 mm
Spessore nominale	275 mm
Superficie acustica utile	10,80 m ²
Massa unitaria (determinazione analitica)	83 kg/m ²

Il campione, in particolare, è composto, a partire dal lato interno, da:

- pannellatura di tamponamento, spessore nominale 17,5 mm, prodotta dalla ditta Lafarge Gessi S.p.A. e formata da:
 - strato di rasante minerale monocomponente denominato "ADESIVO&RASANTE AQUABOARD", spessore nominale 5 mm, applicato con rete d'armatura in fibra di vetro antialcalina denominata "RETE PREGYAQUABOARD";
 - strato di lastre in gesso rivestito denominate "LAFARGE PREGYAQUABOARD" ed aventi le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente:

Lunghezza nominale	1200 mm
Altezza nominale	3000 mm
Spessore nominale	12,5 mm
Densità nominale	860 kg/m ³

le lastre sono fissate alla struttura portante per mezzo di viti fosfatate autofilettanti denominate "VITE PREGYAQUABOARD" ed i giunti tra le lastre sono stati sigillati tramite l'applicazione di nastro in rete in fibra di vetro denominato "PREGYAQUABOARD" e di rasante minerale monocomponente denominato "ADESIVO&RASANTE AQUABOARD";



(*) secondo le dichiarazioni del Committente, ad eccezione delle caratteristiche espressamente indicate come rilevate.

- struttura portante coibentata formata da:
 - orditura metallica prodotta dalla ditta Lafarge Gessi S.p.A., profondità nominale 100 mm, costituita da:
 - n. 2 guide orizzontali, una inferiore ed una superiore, realizzate con profilo in lamiera d'acciaio tipo "Aluzinc" sagomato a forma di "U" denominato "GUIDA PREGYMETAL AQUABOARD 100/40", sezione nominale 40 × 100 mm e spessore nominale 1,0 mm;
 - montanti realizzati con profilo in lamiera d'acciaio tipo "Aluzinc" sagomato a forma di "C" denominato "MONTANTE PREGYMETAL AQUABOARD 100/50", sezione nominale 99 × 50 mm e spessore nominale 0,6 mm, posti ad interasse nominale di 600 mm;
 le guide ed i montanti laterali sono fissati all'apertura di prova mediante nastro biadesivo;
 - coibentazione interna prodotta dalla ditta Rockwool Italia S.p.A., profondità nominale 80 mm, realizzata con uno strato di pannelli autoportanti in lana di roccia a doppia densità denominati "HARDROCK ENERGY", aventi le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente:

Lunghezza nominale	1200 mm
Altezza nominale	600 mm
Spessore nominale	80 mm
Densità nominale totale	110 kg/m ³
Densità nominale dei singoli strati	190 kg/m ³ e 90 kg/m ³

- doppio strato di lastre in gesso rivestito e rinforzato con fibra di legno denominate "PREGYLADURA BA13", aventi le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente:

Lunghezza nominale	1200 mm
Altezza nominale	3000 mm
Spessore nominale	12,5 mm
Densità nominale	1025 kg/m ³

le lastre sono fissate alla struttura portante sopra descritta per mezzo di viti fosfatate autofilettanti denominate "PregyLaDura" e tutti i giunti tra le lastre sono stati sigillati tramite l'applicazione di stucco denominato "LAFARGE Pregy S";



- spazio vuoto, spessore nominale 7,5 mm;
- struttura portante coibentata formata da:
 - orditura metallica prodotta dalla ditta Lafarge Gessi S.p.A., profondità nominale 75 mm, costituita da:
 - 2 guide orizzontali, una inferiore ed una superiore, realizzate con profilo in lamiera d'acciaio zincato sagomato a forma di "U" denominato "PREGYMETAL - GUIDA STANDARD 100", sezione nominale 100 × 75 mm e spessore nominale 0,6 mm;
 - montanti realizzati con profilo in lamiera d'acciaio zincato sagomato a forma di "C" denominato "PREGYMETAL - MONTANTE STANDARD 100", sezione nominale 99 × 50 mm e spessore nominale 0,6 mm, posti ad interasse nominale di 600 mm;
 - le guide ed i montanti laterali sono fissati all'apertura di prova mediante nastro biadesivo;
- coibentazione interna prodotta dalla ditta Rockwool Italia S.p.A., profondità nominale 80 mm, realizzata con uno strato di pannelli autoportanti in lana di roccia a doppia densità denominati "AIRROCK DD", aventi le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente:

Lunghezza nominale	1000 mm
Altezza nominale	600 mm
Spessore nominale	80 mm
Densità nominale totale	67 kg/m ³
Densità nominale dei singoli strati	105 kg/m ³ e 45 kg/m ³

- pannellatura di tamponamento, spessore nominale 25 mm, prodotta dalla ditta Lafarge Gessi S.p.A. e formata da:
 - strato di lastre in gesso rivestito denominate "PREGYPLAC BA13", fissate alla struttura portante sopra descritta per mezzo di viti fosfatate autofilettanti denominate "Pregy TF212" ed aventi le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente:

Lunghezza nominale	1200 mm
Altezza nominale	3000 mm
Spessore nominale	12,5 mm
Densità nominale	720 kg/m ³



- strato di lastre in gesso rivestito e rinforzato con fibra di legno denominate "PREGYLADURA BA13", fissate alla struttura portante sopra descritta per mezzo di viti fosfatate autofilettanti denominate "PregyLaDura" ed aventi le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente:

Lunghezza nominale	1200 mm
Altezza nominale	3000 mm
Spessore nominale	12,5 mm
Densità nominale	1025 kg/m ³

i giunti tra le lastre, compresi quelli interni non in vista, sono stati sigillati tramite l'applicazione di stucco denominato "LAFARGE Pregy S".

Il campione è stato montato nell'apertura di prova a cura del Committente stesso sigillandola perimetralmente con stucco per vetri.

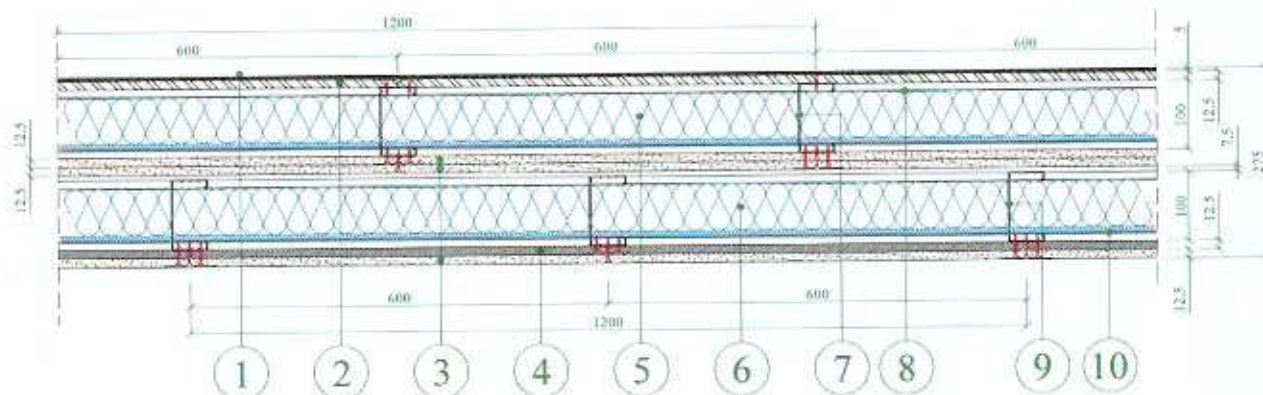
Riferimenti normativi.

La prova è stata eseguita secondo le prescrizioni delle seguenti norme:

- UNI EN ISO 10140-2:2010 del 21/10/2010 "Acustica - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico di edifici e di elementi di edificio - Parte 2: Misurazione dell'isolamento acustico per via aerea";
- UNI EN ISO 717-1:2007 del 19/07/2007 "Acustica - Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 1: Isolamento acustico per via aerea".



PARTICOLARE DELLA SEZIONE ORIZZONTALE DEL CAMPIONE



Legenda

Simbolo	Descrizione
1	Rasante minerale monocomponente denominato "ADESIVO&RASANTE AQUABOARD", spessore nominale 5 mm
2	Lastra in gesso rivestito denominata "LAFARGE PREGYAQUABOARD", spessore nominale 12,5 mm
3	Lastra in gesso rivestito e rinforzato con fibra di legno denominata "PREGYLADURA BA13", spessore nominale 12,5 mm
4	Lastra in gesso rivestito denominata "PREGYPLAC BA13", spessore nominale 12,5 mm
5	Pannello autoportante in lana di roccia a doppia densità denominato "HARDROCK ENERGY", spessore nominale 80 mm
6	Pannello autoportante in lana di roccia a doppia densità denominato "AIRROCK DD", spessore nominale 80 mm
7	Profilo in lamiera d'acciaio tipo "Aluzinc" sagomato a forma di "C" denominato "MONTANTE PREGYMETAL AQUABOARD 100/50", sezione nominale 99 × 50 mm e spessore nominale 0,6 mm
8	Profilo in lamiera d'acciaio tipo "Aluzinc" sagomato a forma di "U" denominato "GUIDA PREGYMETAL AQUABOARD 100/40", sezione nominale 40 × 100 mm e spessore nominale 1,0 mm
9	Profilo in lamiera d'acciaio zincato sagomato a forma di "C" denominato "PREGYMETAL - MONTANTE STANDARD 100", sezione nominale 99 × 50 mm e spessore nominale 0,6 mm
10	Profilo in lamiera d'acciaio zincato sagomato a forma di "U" denominato "PREGYMETAL - GUIDA STANDARD 100", sezione nominale 40 × 100 mm e spessore nominale 0,6 mm



Apparecchiatura di prova.

Per l'esecuzione della prova è stata utilizzata la seguente apparecchiatura:

- amplificatore di potenza 1000 W modello "ENERGY 2" della ditta LEM;
- equalizzatore digitale a terzi d'ottava modello "DEQ2496" della ditta Behringer;
- diffusore acustico dodecaedrico mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m ed inclinazione 15°, posizionato nella camera emittente;
- diffusore acustico dodecaedrico fisso posizionato nella camera ricevente;
- n. 2 aste microfoniche rotanti con percorso circolare, raggio 1 m ed inclinazione 30°;
- n. 2 microfoni $\varnothing \frac{1}{2}$ " modello "40AR" della ditta G.R.A.S. Sound & Vibration;
- n. 2 preamplificatori microfoniche modello "26AK" della ditta G.R.A.S. Sound & Vibration;
- analizzatore bicanale in tempo reale modello "Symphonie" della ditta 01 dB-Stell;
- calibratore per la calibrazione dei microfoni modello "Cal 21" della ditta 01 dB-Stell;
- bilancia a piattaforma elettronica modello "VB 150 K 50LM" della ditta Kern;
- fettuccia metrica modello "Tri-Matic 5m/19mm" della ditta Sola;
- misuratore di distanza laser modello "DLE 50 Professional" della ditta Bosch;
- n. 2 termoigrometri modelli "HD206-2" e "HD206S1" della ditta Delta Ohm;
- barometro modello "UZ001" della ditta Brüel & Kjær;
- accessori di completamento.

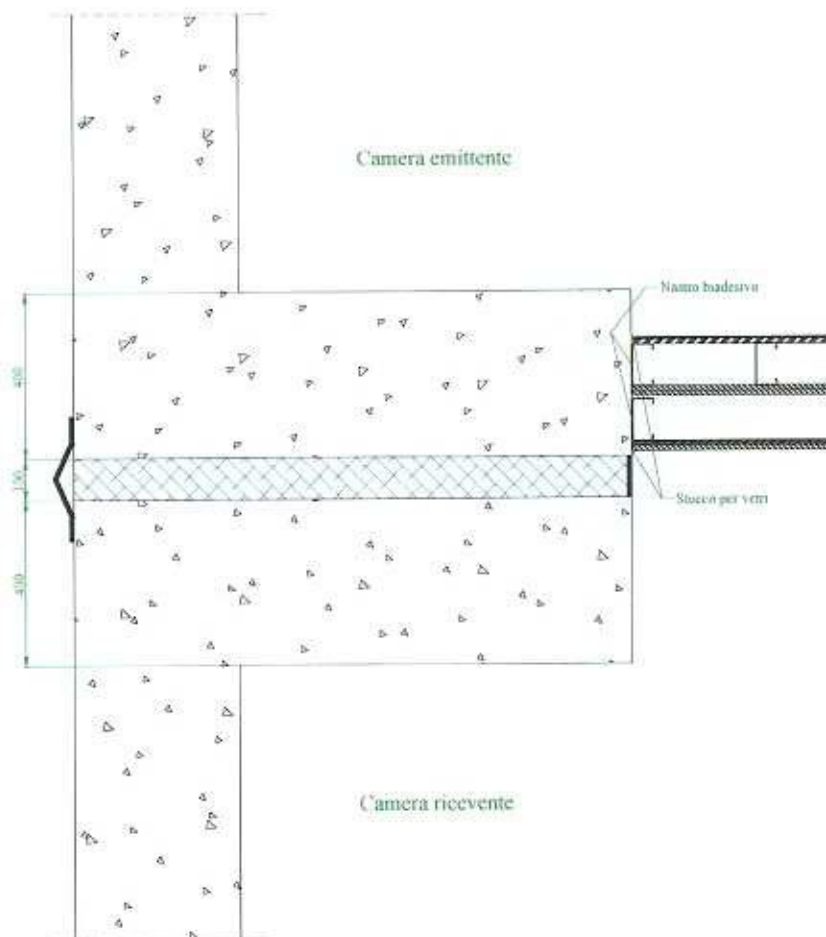
Modalità della prova.

La prova è stata eseguita utilizzando la procedura interna di dettaglio PP017 revisione 8 del 06/12/2011 "Misura in laboratorio dell'isolamento acustico di elementi di edificio".

L'ambiente di prova è costituito da due camere, una delle quali, definita "camera emittente", contiene la sorgente di rumore, mentre l'altra, definita "camera ricevente", è caratterizzata acusticamente mediante l'area di assorbimento acustico equivalente.



Il campione, dopo essere stato condizionato per almeno 24 h all'interno degli ambienti di misura, è stato installato nell'apertura di prova secondo le modalità riportate nel disegno seguente.



**Particolare del posizionamento del campione
nell'apertura fra le due camere dell'ambiente di prova.**

Terminate le operazioni di posa del campione, si è provveduto a rilevare il livello di pressione sonora nell'intervallo di bande di $\frac{1}{3}$ d'ottava compreso tra 100 Hz e 5000 Hz, sia nella camera emittente che in quella ricevente, ed a verificare i tempi di riverberazione di quest'ultima nel medesimo campo di lavoro; per la generazione del campo sonoro si è utilizzato rumore rosa.



L'indice di valutazione "R_w" del potere fonoisolante "R" è pari al valore in dB della curva di riferimento a 500 Hz secondo il procedimento della norma UNI EN ISO 717-1:2007.

Il potere fonoisolante "R", pari a n. 10 volte il logaritmo decimale del rapporto fra la potenza sonora incidente e la potenza sonora trasmessa attraverso il campione, è stato calcolato utilizzando la formula seguente:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A}$$

dove: R = potere fonoisolante, espresso in dB;

L₁ = livello medio di pressione sonora nella camera emittente, espresso in dB;

L₂ = livello medio di pressione sonora nella camera ricevente, espresso in dB, corretto del rumore di fondo e calcolato utilizzando la formula seguente:

$$L_2 = 10 \cdot \log \left[10^{\frac{L_{2b}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right]$$

dove: L_{2b} = livello medio di pressione sonora combinato del segnale e del rumore di fondo, espresso in dB;

L_b = livello medio del rumore di fondo, espresso in dB;

se la differenza dei livelli [L_{2b} - L_b] è inferiore a 6 dB, viene applicata una correzione massima pari a 1,3 dB ed il corrispondente valore del potere fonoisolante "R" è da considerarsi come un valore limite della misurazione;

S = superficie utile di misura del campione in prova, espressa in m²;

A = area di assorbimento acustico equivalente della camera ricevente, espressa in m², calcolata a sua volta utilizzando la formula seguente:

$$A = \frac{0,16 \cdot V}{T}$$

dove: V = volume della camera ricevente, espresso in m³;

T = tempo di riverberazione, espresso in s.



Sono state inoltre calcolati, come proposto dalla norma UNI EN ISO 717-1:2007, n. 2 termini correttivi in dB che tengono conto delle caratteristiche di particolari spettri sonori in sorgente e precisamente:

- termine correttivo "C" da sommare all'indice di valutazione "R_w" con spettro in sorgente relativo a rumore rosa (pink) ponderato A;
- termine correttivo "C_{tr}" da sommare all'indice di valutazione "R_w" con spettro in sorgente relativo a rumore da traffico (traffic) ponderato A.

Tra la fine dell'allestimento del campione e l'esecuzione della prova sono intercorse 65 h.

Incertezza di misura.

L'incertezza di misura è stata determinata in accordo con la norma UNI CEI ENV 13005:2000 del 31/07/2000 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura", individuando per ciascuna frequenza il numero di gradi di libertà effettivi "v_{eff}" e l'incertezza estesa "U" del valore del potere fonoisolante "R", stimata con fattore di copertura "k" relativo ad un livello di fiducia pari al 95 %.

L'incertezza di misura dell'indice di valutazione "U(R_w)" è stimata con fattore di copertura k = 2 relativo ad un livello di fiducia pari al 95 %.

Condizioni ambientali al momento della prova.

	Camera emittente	Camera ricevente
Pressione atmosferica	101000 Pa	101000 Pa
Temperatura media	21 °C	21 °C
Umidità relativa media	50 %	50 %



Risultati della prova.

Volume della camera ricevente "V"	95,7 m ³
Superficie utile di misura del campione in prova "S"	10,80 m ²

Frequenza [Hz]	L₁ [dB]	L₂ [dB]	T [s]	R [dB]	R_{ref} [dB]	v_{eff}	k	U [dB]
100	104,1	60,4	2,13	45,5	48,0	7	2,36	2,6
125	102,9	53,1	1,75	50,7	51,0	6	2,45	1,9
160	100,1	45,4	1,52	55,0	54,0	10	2,23	1,1
200	99,2	41,6	1,38	57,5	57,0	12	2,00	1,0
250	98,8	40,2	1,35	58,4	60,0	8	2,31	0,9
315	99,0	40,6	1,51	58,7	63,0	11	2,00	0,7
400	98,5	40,0	1,63	59,1	66,0	15	2,00	0,5
500	99,0	37,5	1,67	62,2	67,0	15	2,00	0,5
630	99,2	34,6	1,69	65,4	68,0	10	2,23	0,5
800	98,8	34,4	1,68	65,1	69,0	10	2,23	0,4
1000	100,0	34,0	1,72	66,9	70,0	13	2,00	0,3
1250	98,3	28,7	1,63	70,2	71,0	19	2,00	0,4
1600	95,9	25,3	1,83	71,7	71,0	15	2,00	0,4
2000	96,9	24,6	1,77	73,3	71,0	12	2,00	0,3
2500	97,5	24,1	1,65	74,1	71,0	12	2,00	0,3
3150	98,7	21,2	1,49	77,7	71,0	12	2,00	0,3
4000	99,5	20,3	1,37	79,1	//	13	2,00	0,4
5000	100,2	18,7	1,18	80,7	//	12	2,00	0,3



Superficie utile di misura del campione:

10,80 m²

Volume della camera emittente:

99,1 m³

Volume della camera ricevente:

95,7 m³

Esito della prova*:

Indice di valutazione a 500 Hz
nella banda di frequenze com-
prese fra 100 Hz e 3150 Hz:

$R_w = 67 \text{ dB}^{}$**

Termini di correzione:

$C = -2 \text{ dB}$

$C_{tr} = -6 \text{ dB}$

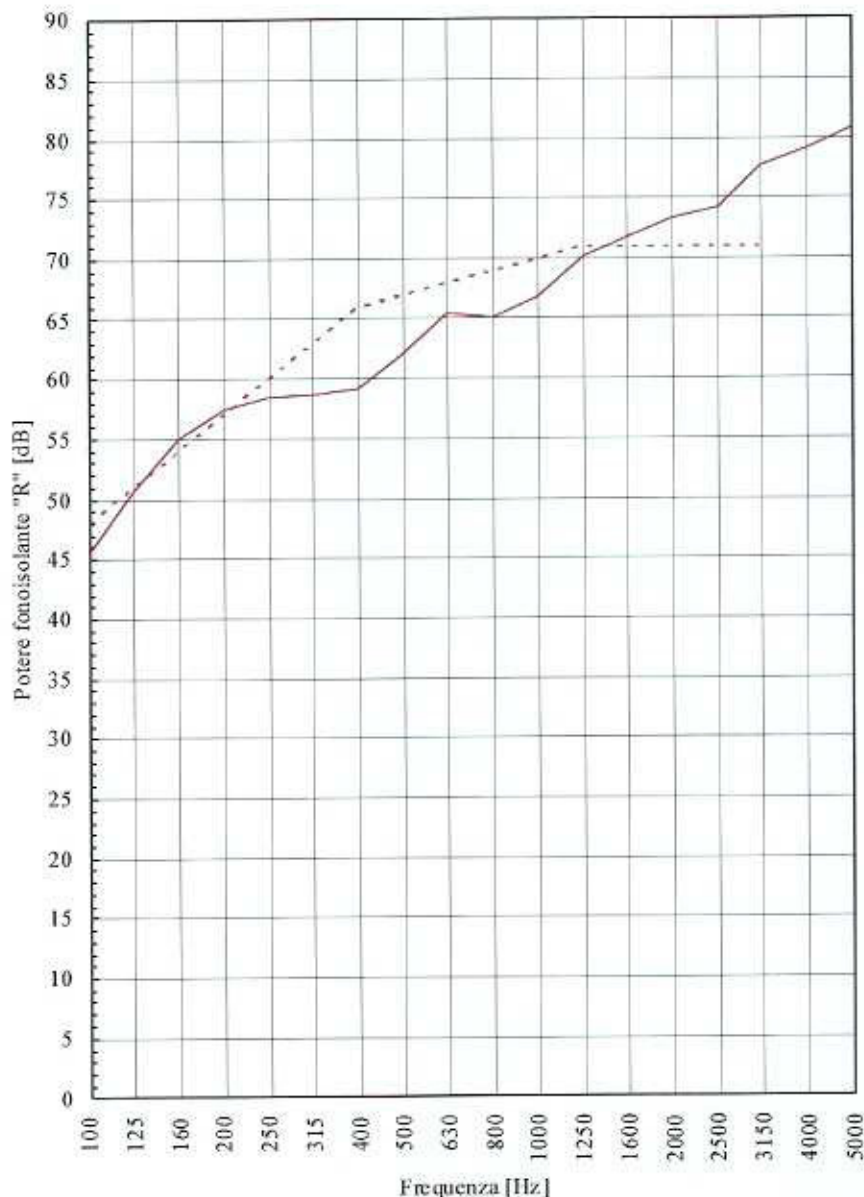
(*) Valutazione basata su risultati di
misurazioni di laboratorio ottenu-
ti mediante un metodo tecnico.

(**) Indice di valutazione del potere
fonoisolante elaborato proceden-
do a passi di 0,1 dB:

67,1 dB

Incertezza di misura dell'indice di
valutazione $U(R_w)$:

0,3 dB



— Rilievi sperimentali
- - - - - Curva di riferimento

Il Responsabile
Tecnico di Prova
(Geom. Omar Nanni)

[Signature]

Il Responsabile del Laboratorio
di Acustica e Vibrazioni
(Dott. Ing. Roberto Baruffa)

[Signature]

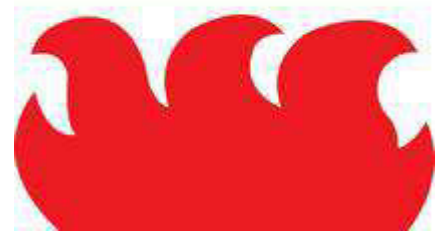
L'Amministratore Delegato
L'AMMINISTRATORE DELEGATO
Dott. Ing. Vincenzo Iommi

[Signature]



Sound Insulation Prediction (v6.2)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2006



Margin of error is generally within +/- 3Rw

Job Name:

Notes:

Job No.:

Page No.:

Date: 4 apr 13

Initials:griginis

File Name:insul

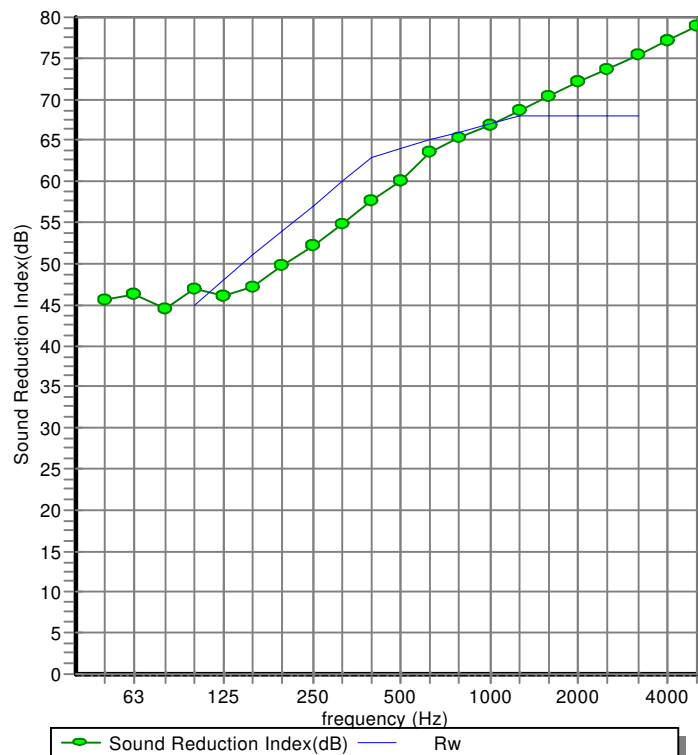
1 x 250,0 mm Calcestruzzo
2 x 15,0 mm Cartongesso



Rw 64
C -2
Ctr -6

Surface Mass 625,0 kg/m2
Surface Mass 20,7 kg/m2
Critical Freq 144 Hz
Critical Freq 2531 Hz
damping 0,02
Panel damping 0,01

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	46	
63	46	45
80	44	
100	47	
125	46	47
160	47	
200	50	
250	52	52
315	55	
400	58	
500	60	60
630	64	
800	65	
1000	67	67
1250	69	
1600	70	
2000	72	72
2500	74	
3150	75	
4000	77	77
5000	79	



Sound Insulation Prediction (v6.2)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2006

Margin of error is generally within +/- 3Rw

Job Name:

Notes:

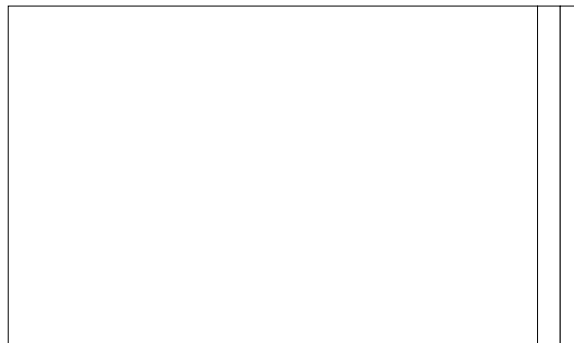
Job No.:

Page No.:

Date: 4 apr 13

Initials:griginis

File Name:insul



Rw 68

C -1

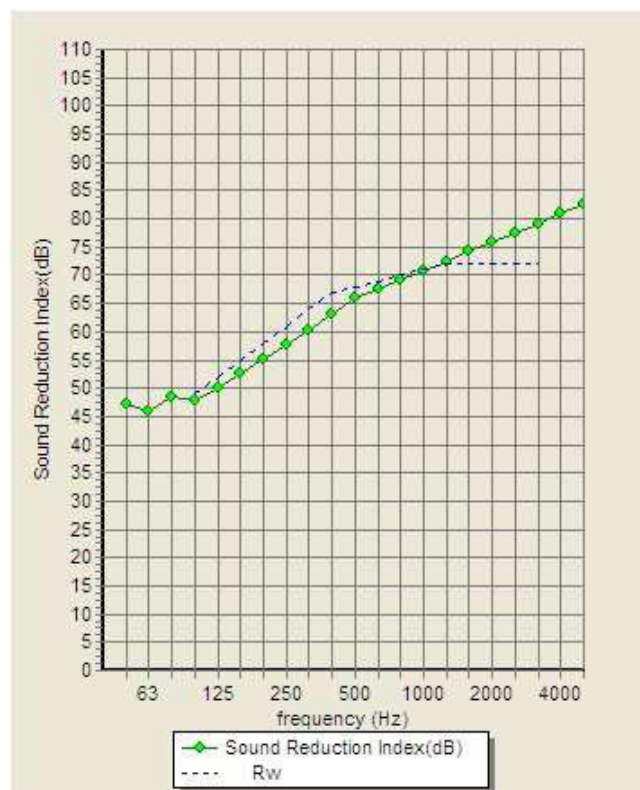
Ctr -6

System Description

Panel 1 outer layer: 1 x 350,0 mm Calcestruzzo (m=875,0 kg/m², fc=103 Hz, damping=0,02)

Panel 1 inner layer: 2 x 15,0 mm Cartongesso (m=20,7 kg/m², fc=2531 Hz, damping=0,01)

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	47	
63	46	47
80	49	
100	48	
125	50	50
160	53	
200	55	
250	58	57
315	60	
400	63	
500	66	65
630	68	
800	69	
1000	71	71
1250	72	
1600	74	
2000	76	76
2500	77	
3150	79	
4000	81	81
5000	82	



Sound Insulation Prediction (v6.2)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2006

Margin of error is generally within +/- 3Rw

Job Name:

Notes:

Job No.:

Page No.:

Date: 4 apr 13

Initials:griginis

File Name:insul



Rw 56

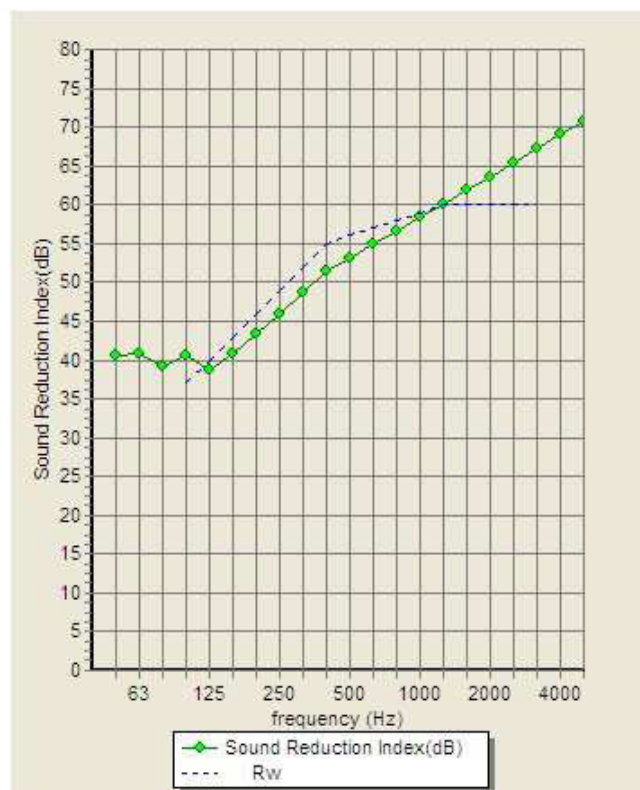
C -1

Ctr -5

System Description

Panel 1 outer layer: 1 x 370,0 mm Blocco di Calcestruzzo (1600kg/m3) (m=346,3 kg/m2, fc=127 Hz, damping=0,02)
 Panel 1 inner layer: 2 x 15,0 mm Cartongesso (m=20,7 kg/m2, fc=2531 Hz, damping=0,01)

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	40	
63	41	40
80	39	
100	41	
125	39	40
160	41	
200	43	
250	46	45
315	49	
400	52	
500	53	53
630	55	
800	57	
1000	58	58
1250	60	
1600	62	
2000	64	63
2500	65	
3150	67	
4000	69	69
5000	71	



RICONOSCIMENTI DA MINISTERI ITALIANI:

- Legge 1056/71 con D.M. 27/11/82 n. 22913 "Prove sui materiali da costruzione".
- Decreto 21/07/06 "Certificazione CE per le unità da diporto".
- D.M. 04/09/04 "Certificazione CEE sulle macchine".
- Notifica n. 757850 del 15/12/99 "Certificazione CEE per gli apparecchi a gas".
- D.M. 09/07/93 "Certificazione CEE in materia di recipienti semplici a pressione".
- D.M. 08/07/93 "Certificazione CEE concernente la sicurezza dei giocattoli".
- Incarichi di verifica della sicurezza e conformità dei prodotti nell'ambito della sorveglianza sul mercato e tutela del consumatore.
- D.M. 02/04/99 "Rilascio di attestazioni di conformità delle caratteristiche e prestazioni energetiche dei componenti degli edifici e degli impianti".
- Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 21/03/86 "Prove di reazione al fuoco secondo D.M. 26/06/54".
- Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 03/07/92 "Prove di resistenza al fuoco secondo Circolare n. 7 del 02/04/91 norma CMVVV/CCI UNI 9723".
- Legge 818/84 e D.M. 26/03/85 con autorizzazione del 08/02/00 "Prove di resistenza al fuoco ai sensi del D.M. 21/06/04 e del D.M. 16/02/07".
- Legge 46/82 con D.M. 09/10/85 "immissione nell'albo dei laboratori autorizzati a svolgere ricerche di carattere applicativo - a favore della piccole e medie industrie".
- Protocollo n. 116 del 27/03/87 "Iscrizione allo Schedario Anagrafe Nazionale delle ricerche con codice N.E04909Y".
- Decreto 24/05/92 "Certificazione CE di rispondenza della conformità delle attrezzature a pressione".
- Decreto 12/12/04 "Certificazione di conformità di attrezzature a pressione trasportabili".
- Decreto 14/02/02 "Certificazione CE di conformità in materia di emissione acustica ambientale per macchine e attrezzature".
- Decreto 05/02/03 "Esecuzione delle procedure di valutazione della conformità dell'equipaggiamento marittimo".
- Decreto 17/09/04 "Certificazione CE sugli ascensori e componenti di sicurezza".
- Notifica per le attività di attestazione della conformità alle norme armonizzate della Direttiva 89/106/CE sui prodotti da costruzione.
- Decreto 20/01/05 "Verifica di prova su dispositivi medici".
- D.Lgs. 02/09/07 n. 22 "Certificazione ai sensi della Direttiva 2004/22/CE (MID) di contatori per energia elettrica di corrente alternata (c.a.) monofase e trifase e di contatori volumetrici di gas a membrana".
- Decreto 16/09/07 "Certificazione CE di dispositivi di protezione individuale".
- Decreto 10/12/07 n. 216 "Certificazione del processo di produzione del conglomerato cementizio prodotto con processo industrializzato".

RICONOSCIMENTI DA ENTI TERZI:

- SINCERT: Accreditamenti n. 057A del 19/02/00 "Organismo di certificazione di sistemi di gestione per la qualità" e n. 082B del 12/04/06 "Organismo di certificazione di prodotto".
- SIT: Accreditamento Centro multisede n. 20 (Bellaria - Pomezia) per grandezze termometriche ed elastiche.
- ICM: "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto".
- IMQ: "Prove di laboratorio nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per carne fumate".
- UNCSAAL: Riconoscimento del 26/03/85 "Laboratorio per le prove di certificazione UNCSAAL su serramenti e facciate continue".
- KEVMAR: per isolanti termici: "Misure di conduttività termica per materiali isolanti".
- IPT: "Prove di laboratorio e sorveglianza in azienda nell'ambito degli schemi di Certificazione di Prodotto per porte, finestre, chiusure oscuranti (ambellazione) e serramenti".
- EFSG: "Prove di laboratorio su cassaforti e altri mezzi di custodia".
- AENOR: "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerenti fa direttiva prodotti da costruzione".
- VIT - Finitalia: "Valutazione della conformità ai fini della marcatura CE per alcuni prodotti inerenti fa direttiva prodotti da costruzione".
- C.C.I.A.A. Rimini: 2B/01/04 "Verifica periodica dell'affidabilità metrologica di strumenti metrici in materia di commercio".
- FBV/KF - Svizzera "Laboratorio di riferimento per le prove di resistenza al fuoco di componenti edilizi".

RAPPORTO DI PROVA N. 268430

Luogo e data di emissione: Bellaria-Igea Marina - Italia, 19/04/2010

Committente: KNAUF di Lothar Knauf S.a.s. - Località Paradiso - 56040 CASTEL-
LINA MARITTIMA (PI) - Italia

Data della richiesta della prova: 11/01/2010

Numero e data della commessa: 47542, 13/01/2010

Data del ricevimento del campione: dal 29/01/2010 al 09/02/2010

Data dell'esecuzione della prova: 11/02/2010

Oggetto della prova: Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea secondo le norme UNI EN ISO 140-3:2006 ed UNI EN ISO 717-1:2007 su parete divisoria

Luogo della prova: Istituto Giordano S.p.A. - Blocco 3 - Via Verga, 19 - 47043 Gatteo (FC) - Italia

Provenienza del campione: campionato e fornito dal Committente

Identificazione del campione in accettazione: n. 2010/0240/C

Denominazione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è denominato "W115 - Parete con doppio rivestimento con GKF(F) a doppia orditura metallica".

(* secondo le dichiarazioni del Committente.



n° 0021

Il presente Rapporto di Prova è rilasciato in base all'Accreditamento n. 0021 concesso dal SINAL. I risultati del presente Rapporto di Prova si riferiscono solamente al campione sottoposto a prova.



Comp. PB
Revisore

Il presente rapporto di prova è composto da n. 11 fogli.

Foglio
n. 1 di 11

Descrizione del campione*.

Il campione sottoposto a prova è costituito da una parete divisoria, avente le caratteristiche fisiche riportate nella tabella seguente.

Larghezza rilevata	3600 mm
Altezza rilevata	3000 mm
Spessore nominale	160 mm
Superficie acustica utile (3600 × 3000 mm)	10,80 m ²
Massa unitaria (determinazione sperimentale/analitica)	47 kg/m ²

Il campione, in particolare, è composto da:

- n. 2 strutture portanti "Knauf", poste ad una distanza di 10 mm l'una dall'altra e composte ciascuna da:
 - n. 2 guide orizzontali realizzate con profilo "Knauf" in lamierino d'acciaio zincato sagomato a forma di "└┘", sezione nominale 40 × 50 × 40 mm, spessore nominale 0,6 mm e peso nominale 0,57 kg/m, poste una a pavimento ed una a soffitto e fissate a parete mediante strisce di nastro biadesivo "Knauf" con funzione di taglio acustico, spessore nominale 3,5 mm;
 - montanti realizzati con profilo "Knauf" in lamierino d'acciaio zincato sagomato a forma di "┌┐", sezione nominale 50 × 50 × 50 mm, spessore nominale 0,6 mm e peso nominale 0,72 kg/m, posti ad interasse nominale di 600 mm ed inseriti alle estremità nelle guide orizzontali sopra descritte; i montanti laterali sono fissati a parete mediante strisce di nastro biadesivo "Knauf" con funzione di taglio acustico, spessore nominale 3,5 mm;
- pannellatura di tamponamento, spessore totale nominale 25 mm, applicata su ambo le facce della doppia struttura portante sopra descritta e realizzata con n. 2 strati di lastre in gesso rivestito tipo "GKF (F)", spessore nominale 12,5 mm e peso nominale 10 kg/m², poste a giunti sfalsati e fissate ai profili delle strutture portanti mediante viti "Knauf" autoperforanti in acciaio fosfatato, diametro nominale 3,5 mm e lunghezza nominale 25 mm per quelle dello strato interno poste ad interasse nominale di 750 mm e lunghezza nominale 35 mm per quelle dello strato esterno poste ad interasse nominale di 250 mm; i giunti a vista tra le lastre sono stati sigillati con nastro di armatura in carta microforata "Knauf" e stucco "Knauf" a base di gesso;

(*) secondo le dichiarazioni del Committente, ad eccezione delle caratteristiche espressamente indicate come rilevate.



- coibentazione interna posta nelle intercapedini tra le due pannellature di tamponamento, in corrispondenza di ciascuna struttura portante, e realizzata con strati di materassini in lana di roccia tipo “Knauf Isoroccia 40”, spessore nominale 40 mm e densità nominale 40 kg/m³.

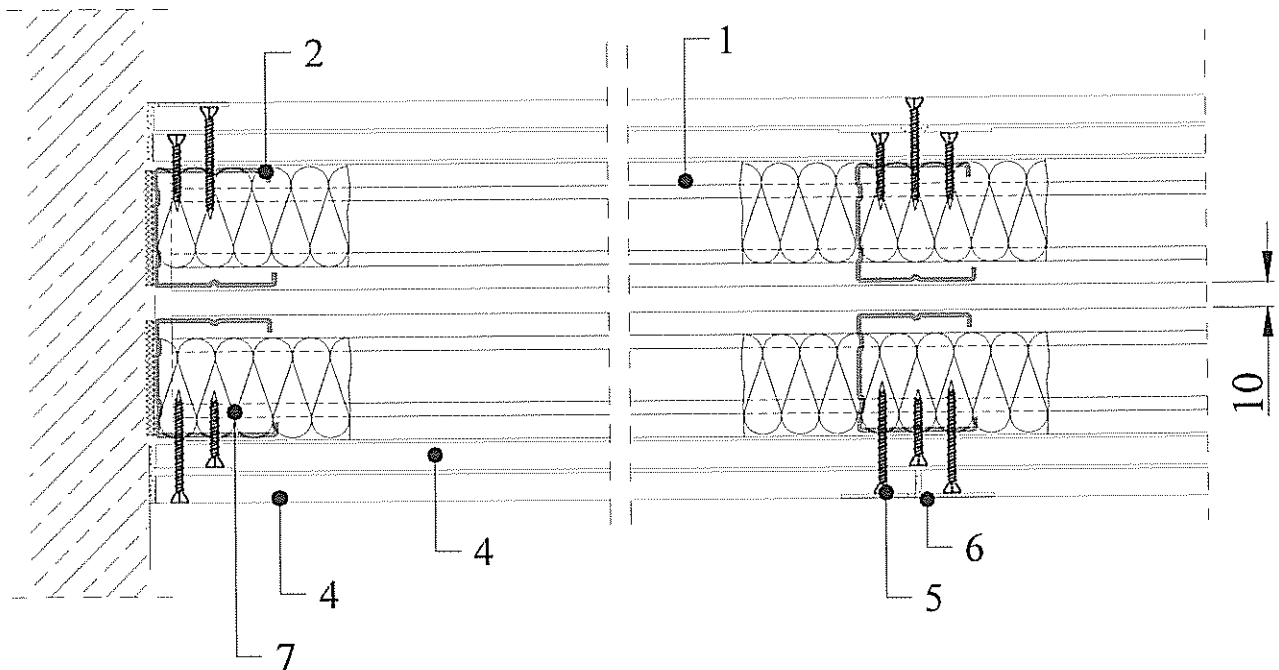
Il campione è prodotto dal Committente ed è stato montato nell’apertura di prova a cura del Committente stesso.

Riferimenti normativi.

La prova è stata eseguita secondo le prescrizioni delle seguenti norme:

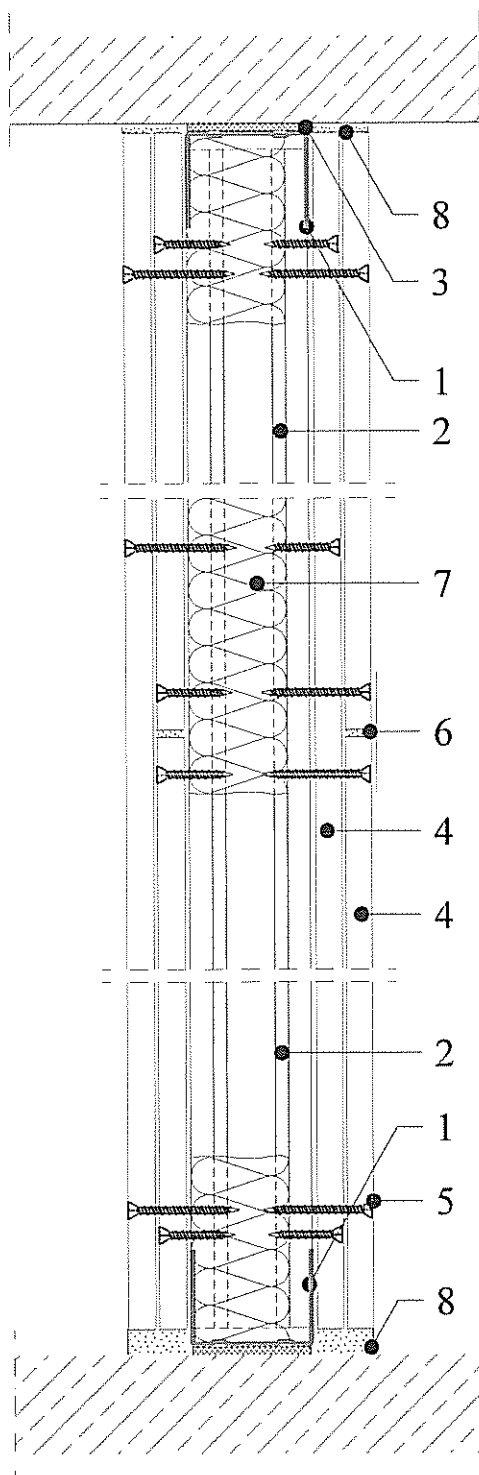
- UNI EN ISO 140-3:2006 del 16/03/2006 “Acustica - Misurazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Parte 3: Misurazione in laboratorio dell’isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio”;
- UNI EN ISO 717-1:2007 del 19/07/2007 “Acustica. Valutazione dell’isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Parte 1: Isolamento acustico per via aerea”.



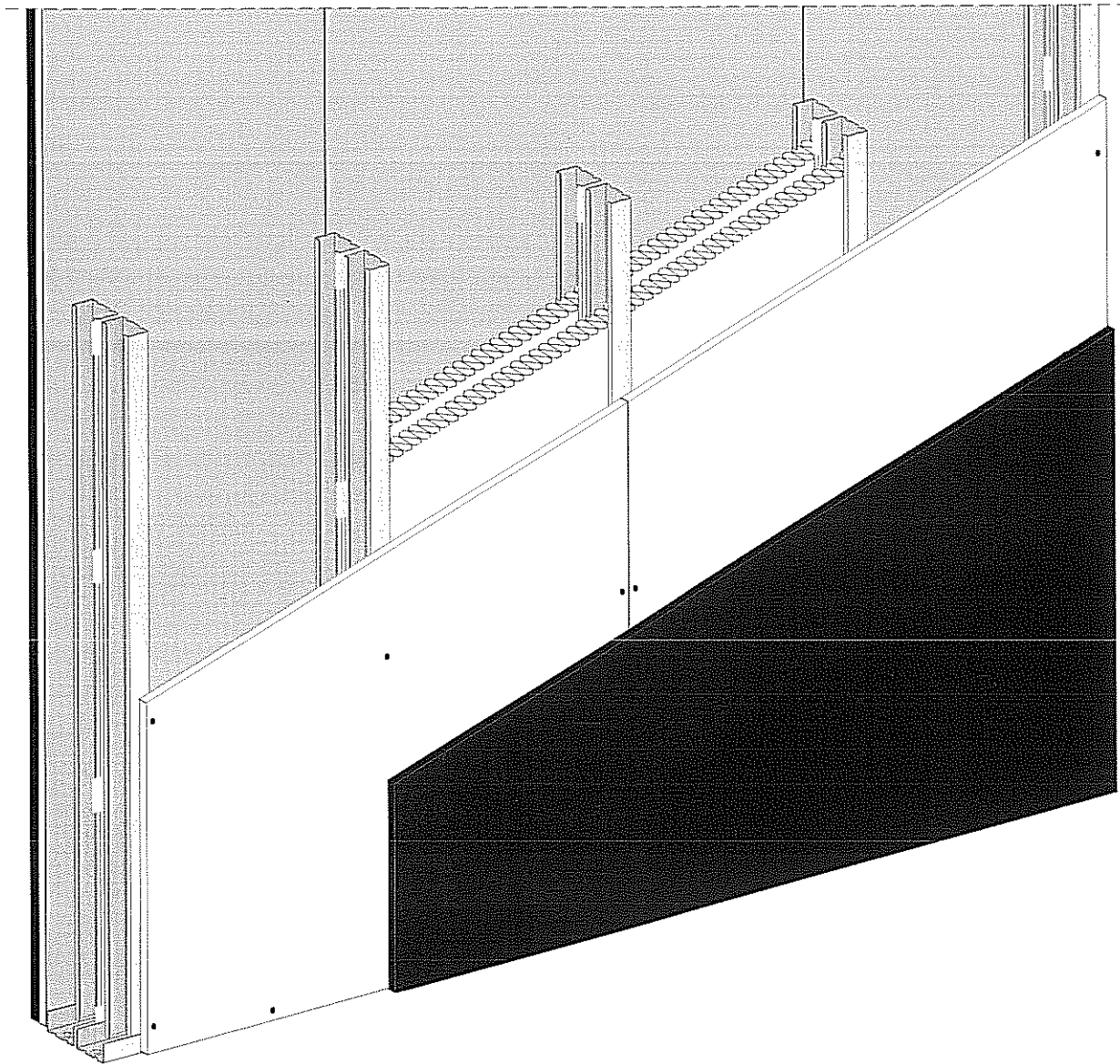

LEGENDA

Simbolo	Descrizione
1	Struttura portante - guida orizzontale: profilo "Knauf" in lamierino d'acciaio zincato sagomato a forma di "L", sezione nominale $40 \times 50 \times 40$ mm, spessore nominale 0,6 mm e peso nominale 0,57 kg/m
2	Struttura portante - montante: profilo "Knauf" in lamierino d'acciaio zincato sagomato a forma di "C", sezione nominale $50 \times 50 \times 50$ mm e spessore nominale 0,6 mm e peso nominale 0,72 kg/m
3	Striscia di nastro biadesivo "Knauf" con funzione di taglio acustico, spessore nominale 3,5 mm
4	Pannellatura di tamponamento: lastra in gesso rivestito tipo "GKF (F)", spessore nominale 12,5 mm e peso nominale 10 kg/m^2
5	Vite "Knauf" autoperforante in acciaio fosfatato, diametro nominale 3,5 mm
6	Stuccatura dei giunti tra le lastre: nastro di armatura in carta microforata "Knauf" e stucco "Knauf" a base di gesso
7	Coibentazione interna: strato di materassini in lana di roccia tipo "Knauf Isoroccia 40", spessore nominale 40 mm e densità nominale 40 kg/m^3
8	Stucco "Knauf" a base di gesso

PARTICOLARI
DELLA SEZIONE VERTICALE DEL CAMPIONE



**PARTICOLARE
DI REALIZZAZIONE DEL CAMPIONE**



Apparecchiatura di prova.

Per l'esecuzione della prova è stata utilizzata la seguente apparecchiatura:

- amplificatore di potenza 1000 W modello "ENERGY 2" della ditta LEM;
- diffusore acustico dodecaedrico mobile con percorso rettilineo, lunghezza 1,6 m ed inclinazione 15°, posizionato nella camera emittente;
- diffusore acustico dodecaedrico fisso posizionato nella camera ricevente;
- n. 2 aste microfoniche rotanti con percorso circolare, raggio 1 m ed inclinazione 30°;
- equalizzatore a terzi d'ottava modello "HD-31" della ditta Applied Research & Technology Inc.;
- n. 2 microfoni $\varnothing \frac{1}{2}$ " modello "40AR" della ditta G.R.A.S. Sound & Vibration;
- n. 2 preamplificatori microfoniche modello "26AK" della ditta G.R.A.S. Sound & Vibration;
- analizzatore bicanale in tempo reale modello "Symphonie" della ditta 01 dB-Stell;
- calibratore per la calibrazione dei microfoni modello "Cal 21" della ditta 01 dB-Stell;
- bilancia a piattaforma elettronica modello "VB 150 K 50LM" della ditta Kern;
- fettuccia metrica modello "Tri-Matic 5m/19mm" della ditta Sola;
- misuratore di distanza laser modello "DLE 50 Professional" della ditta Bosch;
- n. 2 termoigrometri modelli "HD206-2" e "HD206S1" della ditta Delta Ohm;
- barometro modello "UZ001" della ditta Brüel & Kjær;
- accessori di completamento.

Modalità della prova.

La prova è stata eseguita utilizzando la procedura interna di dettaglio PP017 revisione 5 del 25/08/2009 "Misura in laboratorio dell'isolamento acustico di elementi di edificio".

L'ambiente di prova è costituito da due camere, una delle quali, definita "camera emittente", contiene la sorgente di rumore, mentre l'altra, definita "camera ricevente", è caratterizzata acusticamente mediante l'area di assorbimento acustico equivalente.



Il campione, dopo essere stato condizionato per almeno 24 h all'interno degli ambienti di misura, è stato installato nell'apertura di prova secondo le modalità riportate nei disegni precedenti.

Terminate le operazioni di posa del campione, si è provveduto a rilevare il livello di pressione sonora nell'intervallo di bande di $\frac{1}{3}$ d'ottava compreso tra 100 Hz e 5000 Hz, sia nella camera emittente che in quella ricevente, ed a verificare i tempi di riverberazione di quest'ultima nel medesimo campo di lavoro; per la generazione del campo sonoro si è utilizzato rumore rosa.

L'indice di valutazione "R_w" del potere fonoisolante "R" è pari al valore in dB della curva di riferimento a 500 Hz secondo il procedimento della norma UNI EN ISO 717-1:2007.

Il potere fonoisolante "R", pari a n. 10 volte il logaritmo decimale del rapporto fra la potenza sonora incidente e la potenza sonora trasmessa attraverso il campione, è stato calcolato utilizzando la formula seguente:

$$R = L_1 - L_2 + 10 \cdot \log \frac{S}{A}$$

dove: R = potere fonoisolante, espresso in dB;

L₁ = livello medio di pressione sonora nella camera emittente, espresso in dB;

L₂ = livello medio di pressione sonora nella camera ricevente, espresso in dB, corretto del rumore di fondo e calcolato utilizzando la formula seguente:

$$L_2 = 10 \cdot \log \left[10^{\frac{L_{2b}}{10}} - 10^{\frac{L_b}{10}} \right]$$

dove: L_{2b} = livello medio di pressione sonora combinato del segnale e del rumore di fondo, espresso in dB;

L_b = livello medio del rumore di fondo, espresso in dB;

se la differenza dei livelli [L_{2b} - L_b] è inferiore a 6 dB, viene applicata una correzione massima pari a 1,3 dB ed il corrispondente valore del potere fonoisolante "R" è da considerarsi come un valore limite della misurazione;

S = superficie utile di misura del campione in prova, espressa in m²;

A = area di assorbimento acustico equivalente della camera ricevente, espressa in m², calcolata a sua volta utilizzando la formula seguente:

$$A = \frac{0,16 \cdot V}{T}$$

dove: V = volume della camera ricevente, espresso in m³;

T = tempo di riverberazione, espresso in s.

Sono state inoltre calcolati, come proposto dalla norma UNI EN ISO 717-1:2007, n. 2 termini correttivi in dB che tengono conto delle caratteristiche di particolari spettri sonori in sorgente e precisamente:

- termine correttivo "C" da sommare all'indice di valutazione "R_w" con spettro in sorgente relativo a rumore rosa (pink) ponderato A;
- termine correttivo "C_{tr}" da sommare all'indice di valutazione "R_w" con spettro in sorgente relativo a rumore da traffico (traffic) ponderato A.

La prova è stata eseguita non appena terminato l'allestimento del campione.

Incertezza di misura.

L'incertezza di misura è stata determinata in accordo con la norma UNI CEI ENV 13005:2000 del 31/07/2000 "Guida all'espressione dell'incertezza di misura", individuando per ciascuna frequenza il numero di gradi di libertà effettivi "v_{eff}" e l'incertezza estesa "U" del valore del potere fonoisolante "R", stimata con fattore di copertura "k" relativo ad un livello di probabilità pari al 95 %.

Condizioni ambientali al momento della prova.

	Camera emittente	Camera ricevente
Pressione atmosferica	98000 Pa	98000 Pa
Temperatura media	9,1 °C	6,1 °C
Umidità relativa media	61,5 %	70,1 %



Risultati della prova.

Volume della camera ricevente "V"	83,3 m ³
Superficie utile di misura del campione in prova "S"	10,80 m ²

Frequenza [Hz]	L₁ [dB]	L₂ [dB]	T [s]	R [dB]	R_{ref} [dB]	v_{eff}	k	U [dB]
100	96,2	58,0	1,85	40,0	43,0	6	2,45	2,6
125	99,1	58,0	1,53	42,0	46,0	7	2,36	2,0
160	100,2	55,3	1,45	45,6	49,0	8	2,31	1,1
200	98,2	47,5	1,33	51,0	52,0	10	2,23	0,9
250	97,7	42,3	1,38	55,9	55,0	9	2,26	0,9
315	97,5	39,0	1,26	58,6	58,0	12	2,00	0,7
400	99,3	37,0	1,23	62,3	61,0	17	2,00	0,5
500	99,7	34,1	1,30	65,8	62,0	16	2,00	0,5
630	99,7	32,9	1,25	66,9	63,0	6	2,45	1,7
800	98,9	30,6	1,33	68,6	64,0	15	2,00	0,5
1000	98,7	27,2	1,33	71,8	65,0	11	2,00	0,6
1250	99,0	27,7	1,33	71,6	66,0	13	2,00	0,6
1600	98,8	29,5	1,40	69,8	66,0	15	2,00	0,5
2000	99,6	34,5	1,36	65,5	66,0	16	2,00	0,4
2500	100,1	44,1	1,35	56,4	66,0	16	2,00	0,4
3150	99,3	42,4	1,31	57,2	66,0	16	2,00	0,4
4000	99,0	38,6	1,19	60,2	//	16	2,00	0,4
5000	99,3	37,1	1,00	61,3	//	17	2,00	0,4

Superficie utile di misura del campione:

10,80 m²

Volume della camera emittente:

57,0 m³

Volume della camera ricevente:

83,3 m³

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:

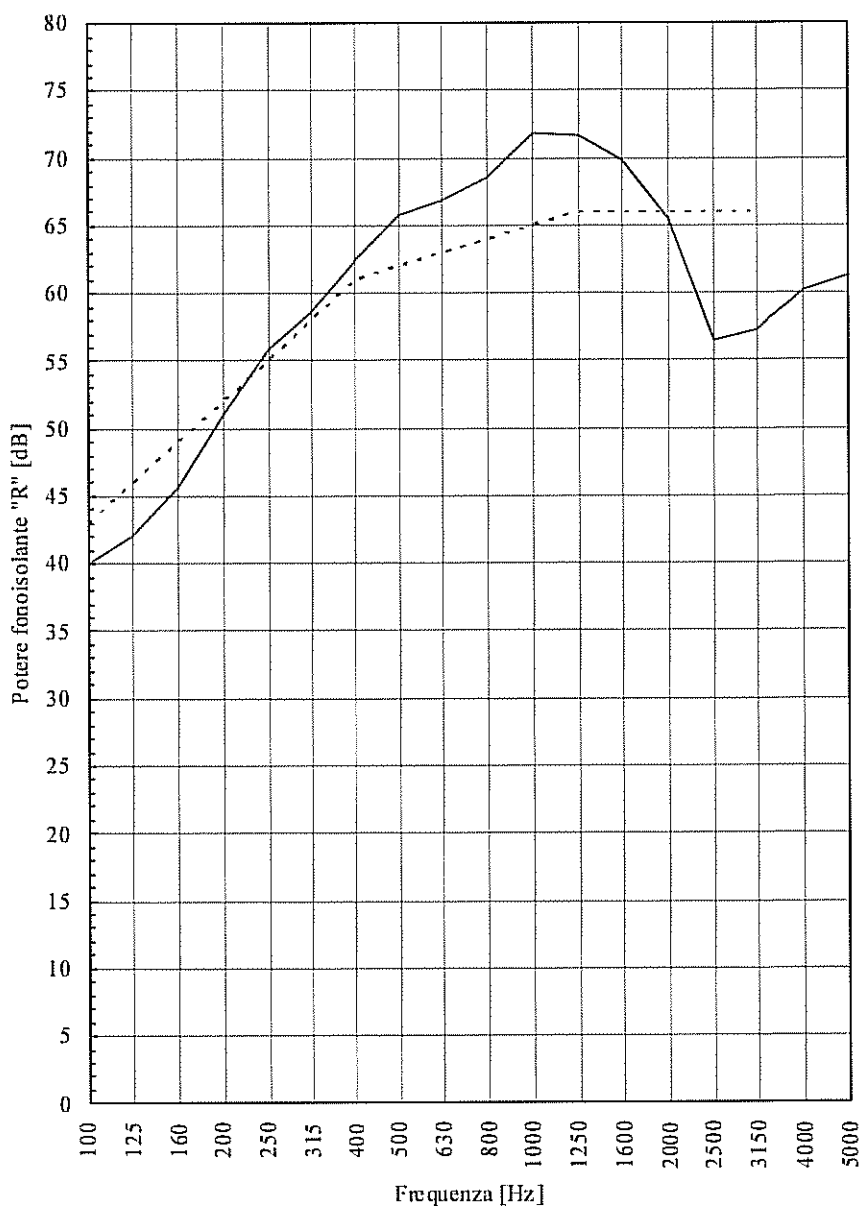
$C = -3 \text{ dB}$

$C_{tr} = -6 \text{ dB}$

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

(**) Indice di valutazione del potere fonoisolante elaborato procedendo a passi di 0,1 dB:

62,2 dB



— Rilievi sperimentali
- - - - - Curva di riferimento

Il Responsabile Tecnico di Prova (Geom. Omar Baruffa) / Il Responsabile del Laboratorio di Acustica e Vibrazioni (Dott. Ing. Roberto Baruffa)

[Handwritten signatures]



Il Presidente o l'Amministratore Delegato

Dott. Ing. Vincenzo Iommi

[Handwritten signature]

Sound Insulation Prediction (v6.2)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2006

Margin of error is generally within +/- 3Rw

Job Name:

Notes:

Job No.:

Page No.:

Date: 4 apr 13

Initials:griginis

File Name:insul



Rw 64

C -2

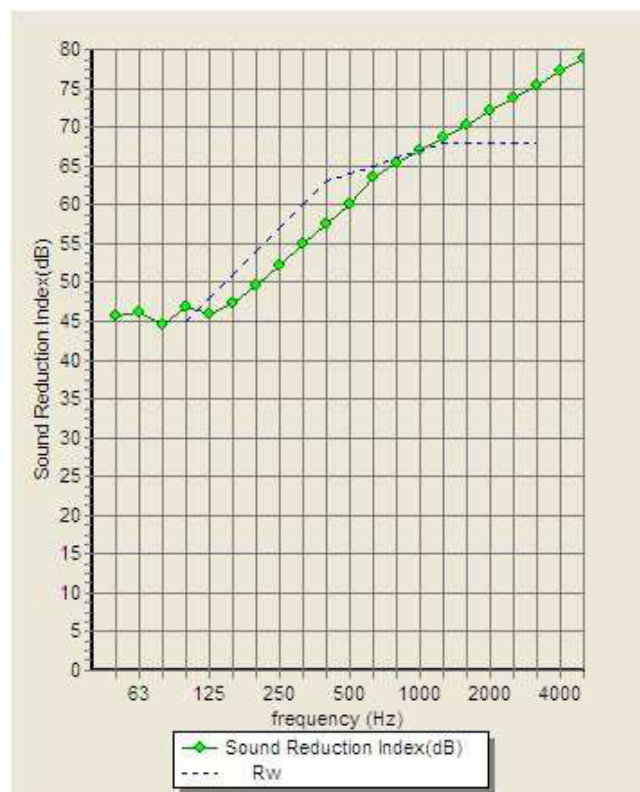
Ctr -6

System Description

Panel 1 outer layer: 1 x 250,0 mm Calcestruzzo (m=625,0 kg/m², fc= 144 Hz, damping=0,02)

Panel 1 inner layer: 2 x 15,0 mm Cartongesso (m=20,7 kg/m², fc= 2531 Hz, damping=0,01)

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	46	
63	46	45
80	44	
100	47	
125	46	47
160	47	
200	50	
250	52	52
315	55	
400	58	
500	60	60
630	64	
800	65	
1000	67	67
1250	69	
1600	70	
2000	72	72
2500	74	
3150	75	
4000	77	77
5000	79	



Sound Insulation Prediction (v6.2)

Program copyright Marshall Day Acoustics 2006

Margin of error is generally within +/- 3Rw

Job Name:

Notes:

Job No.:

Page No.:

Date: 4 apr 13

Initials:griginis

File Name:insul



Rw 52

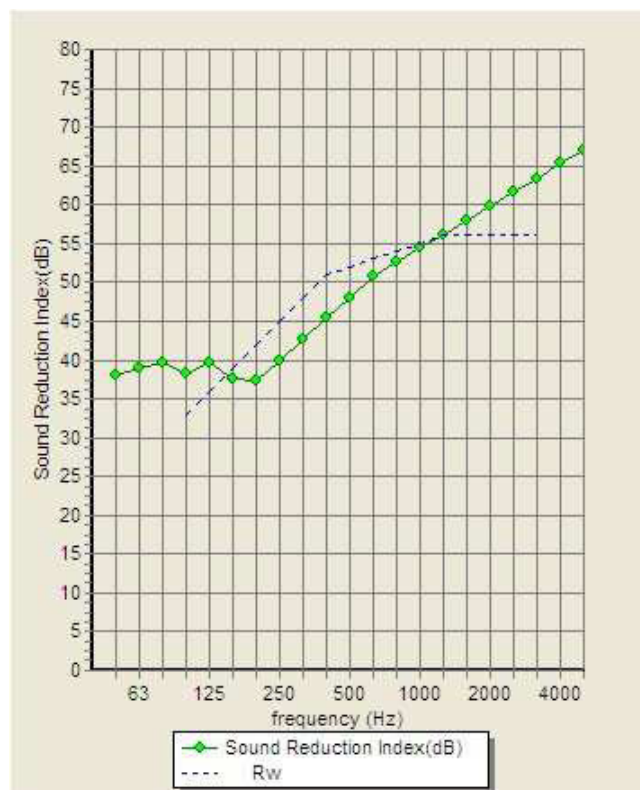
C -2

Ctr -5

System Description

Panel 1 outer layer: 1 x 250,0 mm Blocco di Calcestruzzo (1600kg/m³) (m=234,0 kg/m², fc=188 Hz, damping=0,02)
 Panel 1 inner layer: 2 x 15,0 mm Cartongesso (m=20,7 kg/m², fc=2531 Hz, damping=0,01)

frequency (Hz)	TL(dB)	TL(dB)
50	38	
63	39	39
80	40	
100	38	
125	40	38
160	38	
200	37	
250	40	39
315	43	
400	45	
500	48	48
630	51	
800	53	
1000	54	54
1250	56	
1600	58	
2000	60	60
2500	62	
3150	63	
4000	65	65
5000	67	



Potere fonoisolante secondo Norma ISO 140/3 e ISO 717/1
Misura in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea

Cliente: **Sanit Gobain**

Data della prova: **06/02/2006**

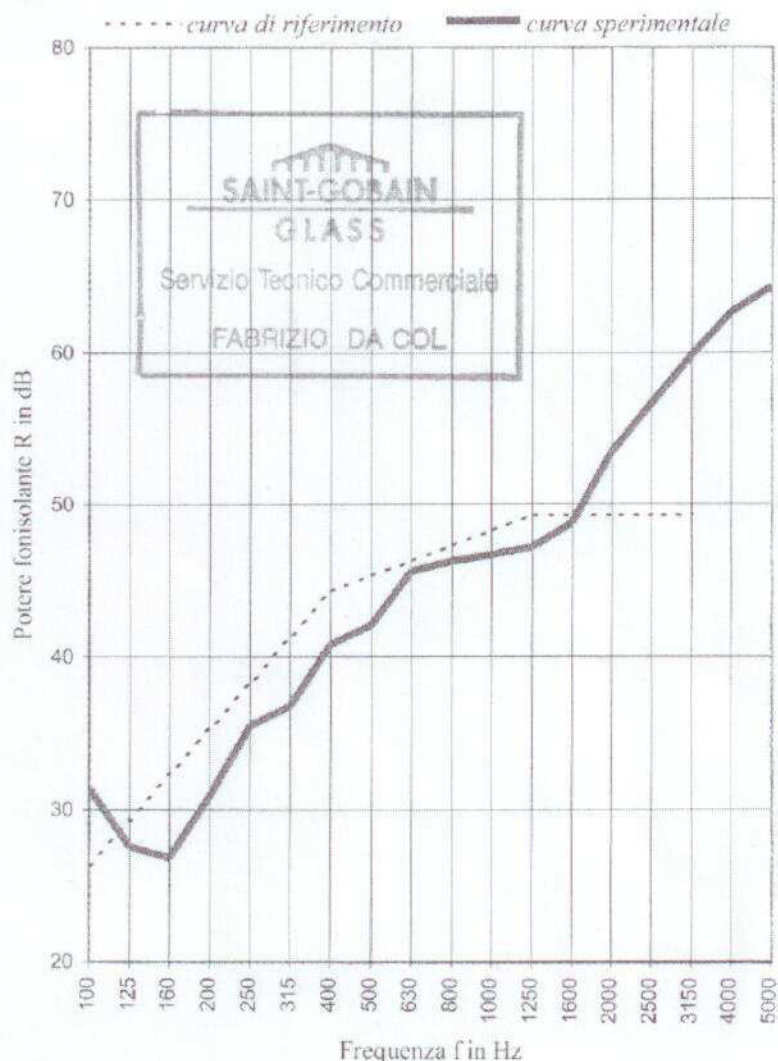
Descrizione e identificazione del campione:

CLIMALIT SILENCE 45/34
55.1/15/44.1a

Lunghezza del campione: **1.50** m
Larghezza del campione: **1.25** m
Area S del campione: **1.88** m²
Volume dell'ambiente emittente: m³
Volume dell'ambiente ricevente: **69.00** m³

Temperatura: **20** °C
Umidità: **55** %
Nome File:

Frequenza Hz	R (dB) Terzo di ottava
50	
63	
80	
100	31.4
125	27.5
160	26.8
200	30.9
250	35.5
315	36.8
400	40.8
500	42.1
630	45.6
800	46.3
1000	46.7
1250	47.2
1600	48.8
2000	53.5
2500	56.7
3150	59.8
4000	62.6
5000	64.3
6300	
8000	
10000	




Valutazione ISO 717-1:

R_w = 45.3 dB
C = -2 dB
C_{tr} = -6 dB

ALLEGATO C:

Delibera di nomina a Tecnico Competente in Acustica Ambientale

 **REGIONE
PIEMONTE**

Direzione: TUTELA E RISANAMENTO AMBIENTALE - PROGRAMMAZIONE E GESTIONE
RIFIUTI

Settore Risanamento acustico ed atmosferico

DETERMINAZIONE NUMERO: 170 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



RB/cr


ID: TCARN44 2493-422-31232

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