

COMUNE DI SALA BOLOGNESE

AMPLIAMENTO E MANUTENZIONE STRAORDINARIA DEL POLO SCOLASTICO DELL'INFANZIA
IN VIA GRAMSCI, 95/A, 95/B e 95/C A SALA BOLOGNESE NELL'AMBITO DELL'INTERVENTO
"PNRR NEXT GENERATION EU – MISSIONE 4 COMPONENTE 1"

COMMITTENTE:

Comune di Sala Bolognese
Piazza Marconi, 1
40010 Sala Bolognese (BO)



PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA:

Riguzzi e Mascellani Ingegneri Studio Associato
Ing. Paolo Mascellani
Ing. Daniela Riguzzi



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

PROGETTAZIONE STRUTTURALE:

Ing. Daniele Manetti

PROGETTAZIONE IMPIANTI MECCANICI:

POOL Progetti Società tra professionisti
Ing. Pier Francesco Petroncini

CUP:G24E21000140001

PROGETTAZIONE IMPIANTI ELETTRICI:

PROEL Studio Tecnico Associato
Per.Ind. Marco Grillini

PROGETTO ESECUTIVO

Relazione sui Requisiti acustici passivi

ELABORATO

AC02

ARCHIVIO

AR/250.02/A

DATA: 24.02.2023

REDATTO

--

VISTO

PM

DATA AGG.

DESCRIZIONE

REDATTO

VISTO

DATA AGG.

DESCRIZIONE

REDATTO

VISTO

ARCHIVIO

Riguzzi e Mascellani Ingegneri

Ingegneria – Architettura – Acustica ambientale - Certificazione Energetica

Studio Associato

via Amaroli, 11 – 40012 Calderara di Reno – Tel 0516468358 – www.RM-ingegneri.com

Sommario

1 Premessa	4
1.1 Oneri a carico dell'affidataria di progettazione costruttiva e direzione tecnica di cantiere riferite all'acustica	5
2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI	7
2.1 Prestazioni cogenti normate dal DPCM 5.12.97	7
2.2 Decreto 23/06/2022 – Criteri Ambientali Minimi	9
2.3 Regolamento Edilizio del Comune di Sala Bolognese	11
3 RIFERIMENTI NORMATIVI	12
3.1 UNI 11367	12
3.2 UNI 11532	12
4 AMBITO ARCHITETTONICO/EDILIZIO: PRESTAZIONI ACUSTICHE OBIETTIVO	16
4.1 Isolamento acustico normalizzato di facciata	16
4.2 Isolamento acustico normalizzato tra vani adiacenti della stessa unità immobiliare	16
4.3 Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi	16
4.4 Rumore impiantistico	16
4.5 Valori di riferimento del tempo di riverberazione	17
4.6 Chiarezza C_{50}	17
5 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$	18
5.1 Calcolo dell'isolamento acustico di facciata:	18
5.2 PARETE ESTERNA PE.1A	19
5.3 Prescrizioni particolari per le facciate	21
6 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$	22
6.1 PARETE TIPO: PI.6C	22
7 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: isolamento acustico normalizzato di partizioni rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo $D_{nT,w}$	24
7.1 PARETE TIPO: PI.4A	24
7.2 INDICAZIONI GENERALI	26
7.3 CONTROSOFFITTI	26
8 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: rumore degli impianti tecnologici	27

8.1	Sorgenti impiantistiche in progetto	27
8.2	Isolamento della rumorosità trasmessa dagli impianti tecnologici esterni	27
8.3	Isolamento della rumorosità trasmessa dagli impianti tecnologici interni – locale tecnico	28
8.4	Isolamento della rumorosità trasmessa dagli impianti tecnologici all'interno dei locali interni	29
8.5	Impianti di scarico e passaggi impianti di riscaldamento	29
9	Tempo di riverberazione	32
10	Chiarezza – C_{50}	34

1 Premessa

Nella presente relazione sono riportate stime delle prestazioni di fonoisolamento delle diverse partizioni verticali ed orizzontali oggetto di progettazione e più in generale di alcuni dei sistemi edilizi ed impiantistici oggetto della progettazione, nell'ambito della realizzazione di un Polo dell'Infanzia 0-6 in via Gramsci 95/A-B-C a Sala Bolognese. Questa verrà attuata attraverso il trasferimento di due sezioni della scuola dell'infanzia dall'adiacente edificio di via Gramsci 95 all'attuale Nido d'Infanzia Arcobaleno, prevedendo un ampliamento della struttura esistente e alcune opere di rifunzionalizzazione e riqualificazione della stessa.

Ad oggi nel Capoluogo di Sala Bolognese è presente una scuola dell'infanzia Statale, "Benedetto XIV", composta da due sezioni collocate al piano rialzato di un edificio dei primi del 900 all'angolo tra Via Gramsci e Via dello Sport, nel lotto di fronte a quello oggetto del presente studio di fattibilità.

L'intenzione dell'Amministrazione è di creare un unico Polo dell'infanzia 0-6 anni, prevedendo il trasferimento di queste due sezioni nel Nido di Infanzia "Arcobaleno", attraverso un ampliamento e la rifunzionalizzazione di alcuni spazi esistenti.

Le stime sono condotte secondo la teoria dell'acustica ambientale e con la terminologia della Normative Italiane ed Europee attualmente vigenti. Le prestazioni acustiche di partizioni sono influenzate non solo dalla scelta del singolo componente ma anche dalla corretta messa in opera.

In condizioni di posa in opera corretta, il calcolo condotto secondo modelli semplificati quali quelli adottati e dedotti dalla norme UNI EN 12354 prevede, in termini di accuratezza delle previsioni:

- per l'isolamento acustico delle facciate, uno scarto medio tipo di $\pm 1,5$ dB, con una tendenza a sopravvalutare la prestazione rispetto ai valori collaudabili in opera;
- per l'isolamento acustico al rumore per via aerea, uno scarto medio tipo di ± 2 dB, con una tendenza a sopravvalutare la prestazione rispetto ai valori collaudabili in opera.

Il presente documento si intende espressamente integrativo dei rimanenti descrittivi e grafici del progetto architettonico e degli impianti tecnologici. Le successive prescrizioni realizzative, ancorchè non espressamente richiamate nei rispettivi capitolati ed elenchi prezzi architettonici ed impiantistici, devono comunque considerarsi incluse ai fini del rispetto dei limiti di legge in materia di requisiti acustici passivi.

1.1 Oneri a carico dell'affidataria di progettazione costruttiva e direzione tecnica di cantiere riferite all'acustica

Per la verifica delle soluzioni proposte e per le responsabilità dell'Impresa appaltatrice relative alla corretta esecuzione, si faccia riferimento ai contenuti dei documenti di disciplinare prestazionale delle opere. A tal fine, si precisa che le prestazioni, le certificazioni, le prestazioni di prodotto e di sistemi edilizi qui descritte, quando anche non direttamente coerenti con le descrizioni di elenco prezzi unitari delle opere edili o impiantistiche inserite negli altri elaborati di progetto esecutivo, devono intendersi cogenti e comunque da garantire in opera da parte dell'affidataria.

In modo particolare, nella redazione del progetto costruttivo, l'impresa affidataria è tenuta all'integrale ricalcolo di tutte le prestazioni, passive ed attive, dei sistemi edilizi e tecnologici oggetto d'appalto, nonché alla fornitura e posa in opera di tutti i sistemi, gli accorgimenti, le integrazioni eventuali alle previsioni di progetto tali da garantire comunque le prestazioni richieste.

Negli oneri generali a carico dell'impresa affidataria è inclusa l'indicazione, sin dalle fasi di gara, del referente (obbligatoriamente Tecnico Competente in Acustica) per la redazione del progetto costruttivo acustico delle opere appaltate, nonché per il supporto alla direzione tecnica del cantiere per la esecuzione delle opere medesime. Sono espressamente incluse a carico dell'affidataria tutte le attività di calcolo di dettaglio, verifica anche strumentale in opera durante e a fine lavori, di redazione di memorie tecniche e relazioni, sempre a firma di Tecnico Competente in Acustica, atte a consentire alla Direzione dei Lavori la possibilità di conferma delle proposte costruttive dell'affidataria medesima, e più in generale volte a garantire la prestazione complessiva dell'opera in ambito acustico.

In termini di responsabilità da parte delle imprese affidataria ed esecutrice dei lavori si segnala sin da ora che:

- le marche ed i modelli indicati sono da ritenersi come riferimenti di prestazione e standard qualitativo. E' tassativo il rispetto della prestazione e non della marca indicata, fermo restando che è piena facoltà dell'ufficio di Direzione Lavori imporre all'impresa esecutrice determinata marca e modello di ogni sistema edilizio, materiale, isolamento od impianto tecnologico da impiegarsi nella costruzione indicato nelle voci di elenco prezzi unitari edile ed impiantistico, nonché nella presente relazione, qualora non vi sia alternativa commerciale o costruttiva ai fini del rispetto della prestazione di progetto;
- le prestazioni indicate nella presente relazione e nei documenti descrittivi di elenco prezzi unitari e capitolato speciale d'appalto sono da ritenersi tassativamente da rispettare. Nella redazione dei propri progetti costruttivi, edili ed impiantistici, l'impresa affidataria dovrà dare evidenza prima della produzione dei manufatti e dei subsistemi edilizi ed impiantistici del rispetto delle prestazioni richieste, a mezzo della produzione all'ufficio di Direzione Lavori di adeguata documentazione (schede tecniche di prodotto, certificazioni di prestazione di laboratorio quanto richiesta, elaborati grafici e calcoli acustici firmati da TCA per l'impiantistica meccanica ecc.) senza che ciò debba essere in alcun modo considerato un ulteriore onere a carico della medesima impresa, e senza che la stessa abbia da pretendere alcun compenso aggiuntivo rispetto alla voce di prezzo unitario ed al prezzo d'appalto;
- l'ufficio di Direzione Lavori si riserva di effettuare, alla fine ed anche durante l'esecuzione dei lavori e senza che questo debba essere considerato come onere aggiuntivo da parte dell'Impresa affidataria o delle esecutrici, collaudi acustici in corso d'opera. L'impresa dovrà altresì fornire ogni più ampia assistenza ai collaudatori incaricati in termini di accessibilità al cantiere, eventuale interruzione temporanea delle lavorazioni rumorose, creazione di ambienti campione con finiture con grado di esecuzione tale da poter permettere i collaudi in termini paragonabili a quelli ottenibili a fine lavori ecc., senza pretendere alcun onere aggiuntivo;

- l'ufficio di Direzione Lavori si riserva di approvare determinate lavorazioni, varianti di materiali o di sistemi edilizi o impiantistici eventualmente proposti dall'Esecutrice solo in ragione del superamento dei requisiti acustici, dimostrato da collaudi in corso d'opera condotti come da punto precedente o da calcoli teorici esplicativi, dei quali l'impresa esecutrice dovrà farsi interamente carico;
- l'impresa affidataria, contestualmente alla consegna della propria offerta economica in sede di appalto, dovrà produrre un documento di verifica e dimensionamento costruttivo degli elementi di divisione tra ambienti e verso l'esterno, nonché degli elementi di mitigazione degli impianti tecnologici, con particolare riferimento agli impianti posti in copertura e all'interno del locale tecnico. Tale documento, a firma di TCA, dovrà contenere gli elementi utili, ai fini della valutazione della congruità e correttezza tecnica dell'offerta da parte della Stazione Appaltante, oltre alla verifica del rispetto dei limiti assoluti di immissione diurni e notturni in corrispondenza dei ricettori sensibili più vicini. Gli oneri per la redazione di tale documento, così come di ogni altro dimensionamento (statico, dinamico, acustico, termico ecc.) costruttivo indicato nella presente relazione, sono integralmente a carico dell'impresa esecutrice.

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI

2.1 Prestazioni cogenti normate dal DPCM 5.12.97

Il primo riferimento di legge principale per la definizione dei requisiti acustici passivi minimi di legge è il DPCM 5-12-97 che fissa una serie di requisiti acustici degli ambienti abitativi (in senso lato, cioè destinati alla permanenza di persone), in funzione della destinazione d'uso degli spazi progettati. La definizione delle grandezze di riferimento è contenuta all'interno dell'allegato A del DPCM 5/12/1997, di cui si riporta il seguente paragrafo:

.....

Grandezze di riferimento: definizioni, metodi di calcolo e misure

Le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- *il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382:1975;*
- *il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R), definito dalla norma EN ISO 140-5:1996;*
- *l'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT}$), definito da: $D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0$, dove $D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$, cioè la differenza di livello tra $L_{1,2m}$ (livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata) e L_2 (livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente).*

.....

Gli indici di valutazione che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- *indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti (R_w) da calcolare secondo la norma UNI 8270: 1987, Parte 7^a, para. 5.1.;*
- *indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$) da calcolare secondo le stesse procedure di cui al precedente punto a.;*
- *indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ($L_{n,w}$) da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI 8270: 1987, Parte 7^a, para.5.2.*

.....

Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

La rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non deve superare i seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- b) 25 dB(A) L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

.....

Per la definizione del tipo di funzionamento dell'impianto da verificare nel decreto, all'art.2 si specifica che:

.....

3. Sono servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria.

4. Sono servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento.

.....

Nello stesso documento vengono definiti le categorie di ambienti abitativi e, per ciascuna di esse, i valori limite da rispettare.

.....

TABELLA A

CLASSIFICAZIONI DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

- categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
- categoria B: edifici adibiti ad uffici e assimilabili;
- categoria C: edifici adibiti ad alberghi, pensioni ed attività assimilabili;
- categoria D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili;
- **categoria E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili;**
- categoria F: edifici adibiti ad attività ricreative o di culto o assimilabili;
- categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili.

.....

In funzione di tale classificazione valgono i seguenti requisiti acustici passivi

TABELLA B – REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI Categorie di cui alla Tab. A					
	R _w (*)	D _{2m,nT,w}	L _{n,w}	L _{ASmax}	L _{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A , C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B , F , G	50	42	55	35	35

(*) Valori di R_w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari

2.2 Decreto 23/06/2022 – Criteri Ambientali Minimi

L'intervento si configura come parziale demolizione e nuova costruzione di porzione di edificio pubblico e in quanto tale è soggetto anche al rispetto delle prestazioni acustiche passive definite dal DM 23/06/2022.

Il decreto rimanda a due norme tecniche UNI e obbliga non solo alla redazione di un progetto, ma alla verifica in opera a lavori finiti. Per questo motivo si evidenzia fin da ora la necessità di un collaudo acustico a fine lavori.

Per le prestazioni acustiche il paragrafo di riferimento è il seguente.

.....

2.4.11 Prestazioni e comfort acustici

Fatti salvi i requisiti di legge di cui al decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 dicembre 1997 «Determinazione dei requisiti acustici degli edifici» (nel caso in cui il presente criterio ed il citato decreto prevedano il raggiungimento di prestazioni differenti per lo stesso indicatore, sono da considerarsi, quali valori da conseguire, quelli che prevedano le prestazioni più restrittive tra i due), i valori prestazionali dei requisiti acustici passivi dei singoli elementi tecnici dell'edificio, partizioni orizzontali e verticali, facciate, impianti tecnici, definiti dalla norma UNI 11367 corrispondono almeno a quelli della classe II del prospetto 1 di tale norma. I singoli elementi tecnici di ospedali e case di cura soddisfano il livello di "prestazione superiore" riportato nel prospetto A.1 dell'Appendice A di tale norma e rispettano, inoltre, i valori caratterizzati come "prestazione buona" nel prospetto B.1 dell'Appendice B di tale norma. Le scuole soddisfano almeno i valori di riferimento di requisiti acustici passivi e comfort acustico interno indicati nella UNI 11532-2. Gli ambienti interni, ad esclusione delle scuole, rispettano i valori indicati nell'appendice C della UNI 11367.

Nel caso di interventi su edifici esistenti, si applicano le prescrizioni sopra indicate se l'intervento riguarda la ristrutturazione totale degli elementi edilizi di separazione tra ambienti interni ed ambienti esterni o tra unità immobiliari differenti e contermini, la realizzazione di nuove partizioni o di nuovi impianti.

Per gli altri interventi su edifici esistenti va assicurato il miglioramento dei requisiti acustici passivi preesistenti. Detto miglioramento non è richiesto quando l'elemento tecnico rispetti le prescrizioni sopra indicate, quando esistano vincoli architettonici o divieti legati a regolamenti edilizi e regolamenti locali che precludano la realizzazione di soluzioni per il miglioramento dei requisiti acustici passivi, o in caso di impossibilità tecnica ad apportare un miglioramento dei requisiti acustici esistenti degli elementi tecnici coinvolti. La sussistenza dei precedenti casi va dimostrata con apposita relazione tecnica redatta da un tecnico competente in acustica di cui all'articolo 2, comma 6 della legge 26 ottobre 1995, n. 447. Anche nei casi nei quali non è possibile apportare un miglioramento, va assicurato almeno il mantenimento dei requisiti acustici passivi preesistenti.

Verifica: La Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale e prevede anche una relazione acustica di calcolo previsionale redatta da un tecnico competente in acustica secondo le norme tecniche vigenti; in fase di verifica finale della conformità è prodotta una relazione di collaudo basata su misure acustiche in opera eseguite da un tecnico competente in acustica secondo le norme tecniche vigenti.

.....

Per una migliore comprensione dei contenuti delle due norme UNI citate nel Decreto, che dunque assumono un carattere di obbligo di legge e non più solo di norma tecnica, si rimanda al successivo paragrafo 4.

2.5.7 Isolanti termici e acustici

Ai fini del presente criterio, per isolanti si intendono quei prodotti da costruzione aventi funzione di isolante termico ovvero acustico, che sono costituiti:

- a) da uno o più materiali isolanti. Nel qual caso ogni singolo materiale isolante utilizzato, rispetta i requisiti qui previsti;*
- b) da un insieme integrato di materiali non isolanti e isolanti, p.es laterizio e isolante. In questo caso solo i materiali isolanti rispettano i requisiti qui previsti.*

Gli isolanti, con esclusione di eventuali rivestimenti, carpenterie metalliche e altri possibili accessori presenti nei prodotti finiti, rispettano i seguenti requisiti:

- a) I materiali isolanti termici utilizzati per l'isolamento dell'involucro dell'edificio, esclusi, quindi, quelli usati per l'isolamento degli impianti, devono possedere la marcatura CE, grazie all'applicazione di una norma di prodotto armonizzata come materiale isolante o grazie ad un ETA per cui il fabbricante può redigere la DoP (dichiarazione di prestazione) e apporre la marcatura CE. La marcatura CE prevede la dichiarazione delle caratteristiche essenziali riferite al Requisito di base 6 "risparmio energetico e ritenzione del calore". In questi casi il produttore indica nella DoP, la conduttività termica con valori di λ dichiarati λ_D (o resistenza termica R_D). Per i prodotti pre-acoppiati o i kit è possibile fare riferimento alla DoP dei singoli materiali isolanti termici presenti o alla DoP del sistema nel suo complesso. Nel caso di marcatura CE tramite un ETA, nel periodo transitorio in cui un ETA sia in fase di rilascio oppure la pubblicazione dei relativi riferimenti dell'EAD per un ETA già rilasciato non sia ancora avvenuta sulla GUUE, il materiale ovvero componente può essere utilizzato purché il fabbricante produca formale comunicazione del TAB (Technical Assessment Body) che attesti lo stato di procedura in corso per il rilascio dell'ETA e la prestazione determinata per quanto attiene alla sopracitata conduttività termica (o resistenza termica).*
- b) non sono aggiunte sostanze incluse nell'elenco di sostanze estremamente preoccupanti candidate all'autorizzazione (Substances of Very High Concern-SVHC), secondo il regolamento REACH (Regolamento (CE) n. 1907/2006), in concentrazione superiore allo 0,1 % (peso/peso). Sono fatte salve le eventuali specifiche autorizzazioni all'uso previste dallo stesso Regolamento per le sostanze inserite nell'Allegato XIV e specifiche restrizioni previste nell'Allegato XVII del Regolamento.*
- c) Non sono prodotti con agenti espandenti che causino la riduzione dello strato di ozono (ODP), come per esempio gli HCFC;*
- d) Non sono prodotti o formulati utilizzando catalizzatori al piombo quando spruzzati o nel corso della formazione della schiuma di plastica;*
- e) Se prodotti da una resina di polistirene espandibile gli agenti espandenti devono essere inferiori al 6% del peso del prodotto finito;*
- f) Se costituiti da lane minerali, sono conformi alla Nota Q o alla Nota R di cui al regolamento (CE) n. 1272/2008 (CLP) e s.m.i.;*
- g) Se sono costituiti da uno o più dei materiali elencati nella seguente tabella, tali materiali devono contenere le quantità minime di materiale riciclato ovvero recuperato o di sottoprodotti ivi indicate, misurate sul peso, come somma delle tre frazioni. I materiali isolanti non elencati in tabella si possono ugualmente usare e per essi non è richiesto un contenuto minimo di una delle tre frazioni anzidette.*

(si omette la tabella che indica il contenuto cumulativo di materiale recuperato, riciclato ovvero sottoprodotti dei materiali analizzati)

Verifica: La Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale e include:

- *per i punti da "c" a "g", una dichiarazione del legale rappresentante del produttore, supportata dalla documentazione tecnica quali le schede dei dati di sicurezza (SDS), se previste dalle norme vigenti, o rapporti di prova;*
- *per il punto "h", le informazioni riguardanti la conformità della fibra minerale alla Nota Q o alla Nota R sono contenute nella scheda informativa redatta ai sensi dell'articolo 32 del Regolamento REACH (Regolamento (CE) n. 1907/2006). La conformità alla Nota Q si verifica tramite una certificazione (per esempio EUCB) conforme alla norma ISO 17065 che dimostri, tramite almeno una visita ispettiva all'anno, che la fibra è conforme a quella campione sottoposta al test di biosolubilità;*
- *per il punto "i", le percentuali di riciclato indicate sono verificate secondo quanto previsto al paragrafo "2.5-Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione-indicazioni alla stazione appaltante".*

2.5.8 Tramezzature, contropareti perimetrali e controsoffitti

Le tramezzature, le contropareti perimetrali e i controsoffitti, realizzati con sistemi a secco, hanno un contenuto di almeno il 10% (5% in caso di prodotti a base gesso) in peso di materiale recuperato, ovvero riciclato, ovvero di sottoprodotti. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

I materiali di origine legnosa rispondono ai requisiti di cui al criterio "2.5.6-Prodotti legnosi".

Verifica: La Relazione CAM, di cui criterio "2.2.1-Relazione CAM", illustra in che modo il progetto ha tenuto conto di questo criterio progettuale.

2.3 Regolamento Edilizio del Comune di Sala Bolognese

Il Regolamento Edilizio del Comune di Sala Bolognese, all'articolo 59 – Prescrizioni di carattere acustico ed atmosferico, stabilisce che, in caso di interventi riguardanti scuole e asili nido, debba essere prodotta una valutazione di clima acustico.

Al comma 4 stabilisce che tutti i nuovi edifici, nei casi previsti, dovranno rispettare i requisiti acustici passivi con i limiti e le prestazioni specifiche dettate dalla normativa vigente in materia.

L'allegato "Requisiti cogenti e requisiti volontari", al requisito R.C. 5.1 – Isolamento acustico ai rumori aerei stabilisce i metodi di verifica in sede progettuale e a lavori ultimati per l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, per l'isolamento acustico di facciata e per il rumore prodotto dagli impianti tecnologici.

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Oltre agli obblighi di legge riportati al capitolo 2, sono presenti numerose norme tecniche. In generale si tratta quindi di norme che definiscono la "buona prassi" progettuale o costruttiva. In virtù del Decreto 23 giugno 2022, tuttavia, due di esse (la UNI 11367 e la UNI 11532) assumono in parte anche il carattere di obbligo di legge.

3.1 UNI 11367

La norma UNI 11367 - *"Acustica in edilizia - Classificazione acustica delle unità immobiliari - Procedura di valutazione e verifica in opera"*, stabilisce dei valori di riferimento per i vari parametri acustici già definiti dal DPCM 5-12-97 con lo scopo di definire un metodo per attribuire ad ogni unità immobiliare una relativa classe acustica.

In virtù del DM 23/06/2022, devono essere raggiunte almeno le prestazioni acustiche indicate per la classe II, così come indicate nella tabella di seguito riportata. Queste prestazioni minime devono essere sovrapposte a quelle definite dal DPCM 5-12-97, nel senso che in presenza di valori minimi diversi relativi allo stesso parametro, va considerato cogente il valore più restrittivo.

Classe Acustica	Indici di valutazione				
	$D_{2m,nT,w}$ [dB]	R'_w [dB]	L'_{nw} [dB]	L_{ic} [dBA]	L_{id} [dBA]
I	≥ 43	≥ 56	≤ 53	≤ 25	≤ 30
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33
III	≥ 37	≥ 50	≤ 63	≤ 32	≤ 37
IV	≥ 32	≥ 45	≤ 68	≤ 37	≤ 42

Estratto prestazioni acustiche definite dalla UNI 11367

Di particolare interesse possono essere le considerazioni fatte dall'ente di normazione in merito a:

- isolamento acustico di facciata: viene considerato ottimale un isolamento inferiore a quello del DPCM (40 dB per la classe II contro i 48 dB definiti dal DPCM). Il parametro di riferimento è $D_{2m,nT,w}$;
- isolamento ai rumori aerei tra ambienti interni alla medesima unità immobiliare: viene considerato ottimale un isolamento pari o superiore a 50 dB come da prospetto A.1 dell'appendice A. Il parametro di riferimento è $D_{nT,w}$;
- isolamento ai rumori aerei rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo: viene considerato ottimale un isolamento pari o superiore a 30 dB come da prospetto B.1 dell'appendice B. Il parametro di riferimento è $D_{nT,w}$;
- quanto al rumore impiantistico la norma stabilisce come livello massimo di rumore di impianto (L_{ic}) per gli impianti a funzionamento continuo un valore non superiore a 28 dBA e un livello massimo di rumore di impianto (L_{id}) per gli impianti a funzionamento discontinuo un valore non superiore a 34 dBA.

3.2 UNI 11532

La norma UNI 11532 - *"Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati – Metodi di progettazione e tecniche di valutazione"* è la principale norma di riferimento per la progettazione degli spazi confinati e, fino ad ora, è stata sviluppata limitatamente agli spazi con destinazione scolastica. Essa, infatti, è suddivisa in due parti, una di carattere generale e una specifica per gli spazi scolastici.

Questa norma è specificatamente rivolta alla progettazione e all'analisi della qualità acustica degli ambienti confinati ed è richiamata dal DM 23 giugno 2022, cioè dal Decreto relativo ai Criteri Ambientali Minimi (CAM) che devono essere seguiti nella progettazione e nella realizzazione degli edifici pubblici.

Ciò premesso, si osserva allora che la norma UNI 11532 è la più pertinente per il caso in esame e norma le prestazioni legate a:

1. l'isolamento acustico ai rumori aerei tra i diversi ambienti;
2. l'isolamento acustico dall'esterno;
3. la rumorosità degli impianti fissi ad uso della struttura;
4. la riverberazione dell'ambiente;
5. l'intelligibilità del parlato.

Nel primo paragrafo la norma definisce quale metodologia progettuale si debba applicare per ciascun tipo di ambiente (prospetto 1 di pagina 3). Per gli spazi destinati a lezione/comunicazione come parlato/conferenza e interazione insegnante-studente si stabilisce che il progetto acustico debba effettuare una *"progettazione integrata di geometrie, arredo, controllo del rumore residuo"*.

La categoria di interesse è la A3.2 "comunicazione con la presenza contemporanea di più persone parlanti nell'aula".

3.2.1 Descrittori $R'_w - D_{nT,w} - D_{2m,nT,w} - L_{nw} - L_{ic} - L_{id}$

Per quanto riguarda i valori di riferimento dei descrittori delle prestazioni acustiche degli elementi edilizi $R'_w - D_{nT,w} - D_{2m,nT,w} - L_{nw} - L_{ic} - L_{id}$ la norma rimanda ai prospetti A.1 e B.1 della norma UNI 11367, che si riportano di seguito.

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$	38	43
Potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, R'_w	50	56
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, L'_{nw}	63	53
Livello sonoro immesso da impianti a funzionamento continuo, L_{ic} in ambienti diversi da quelli di installazione	32	28
Livello sonoro massimo immesso da impianti a funzionamento discontinuo, L_{id} in ambienti diversi da quelli di installazione	39	34
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$	50	55
Isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$	45	50
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, L'_{nw}	63	53

UNI 11367 – prospetto A.1 – Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole – il riferimento è la prestazione superiore

Livello prestazionale	Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi $D_{nT,w}$ (dB)	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Ottimo	≥ 34	≥ 40
Buono	≥ 30	≥ 36
Di base	≥ 27	≥ 32
Modesto	≥ 23	≥ 28

UNI 11367 – prospetto B.1 – il riferimento è la prestazione buona

3.2.2 STI E C_{50}

Per quanto riguarda il descrittore Indice di trasmissione del parlato – STI, per locali con volume inferiore a 250m³, senza impianto di amplificazione o con impianto spento, il valore di riferimento è il seguente: STI $\geq 0,55$ con segnale di emissione ad 1m in asse alla sorgente pari a 60 dB(A).

Il valore di riferimento per il descrittore Chiarezza – C_{50} , applicabile alla categoria A3 in alternativa allo STI per volumi inferiori a 250m³ è il seguente: $C_{50} \geq 2$ dB.

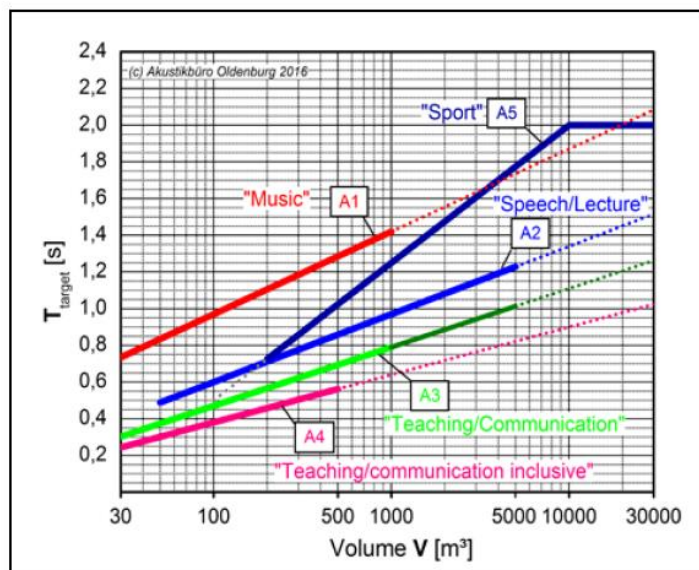
Per il caso in esame (categoria d'uso A3.2 – locali con volume inferiore a 250m³), viene effettuato la verifica sul descrittore C_{50} .

3.2.3 Tempo di riverberazione

Per quanto riguarda il tempo di riverbero, la norma stabilisce per la categoria A3.2 la seguente formula per il calcolo del tempo di riverberazione ottimale:

$$T_{\text{ott}} = 0,32 \times \log(V) - 0,17$$

per V compreso tra i 30 e i 5.000 m³

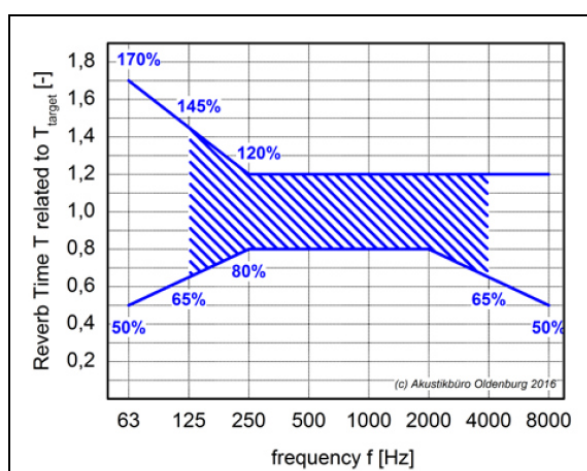


Valori ottimali di tempo di riverbero a seconda del volume e del tipo di ambiente – in verde la categoria A3

Una volta definito il valore ottimale, viene poi stabilita la tolleranza in più o in meno per tutte le bande di frequenza (63 Hz – 8,000 Hz), con valori compresi:

- -35% o + 45% per 125 Hz;
- entro il 20% per le bande centrali (20% in più o in meno);
- -35% o + 20% per 4.000 Hz;
- -50% o + 20% per 8.000 Hz.

Questi valori sono da intendersi per gli spazi allo "stato di arredo e occupato all'80% della capienza indicata a progetto".



Tolleranze minime e massime alle varie frequenze, rispetto al valore T_{ott}

4 AMBITO ARCHITETTONICO/EDILIZIO: PRESTAZIONI ACUSTICHE OBIETTIVO

4.1 Isolamento acustico normalizzato di facciata

Per la destinazione d'uso di tipo scolastico i riferimenti sono i seguenti:

- DPCM 5-12-97 $D_{2m,nTw} \geq 48$ dB
- UNI 11367 $D_{2m,nTw} \geq 40$ dB – prospetto 1 (classe II)
- UNI 11367 $D_{2m,nTw} \geq 43$ dB – prospetto A.1 (prestazione superiore)

La verifica viene effettuata per la parete esterna sud del locale riposo.

4.2 Isolamento acustico normalizzato tra vani adiacenti della stessa unità immobiliare

Per la destinazione d'uso di tipo scolastico il riferimento è il seguente:

- UNI 11367 $D_{nT,w} \geq 50$ dB – prospetto A.1 (prestazione superiore)

La verifica viene effettuata per la parete di separazione tra locale riposo e i servizi igienici adiacenti.

4.3 Isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi

Per la destinazione d'uso di tipo scolastico il riferimento è il seguente:

- UNI 11367 $D_{nT,w} \geq 30$ dB – prospetto B.1 (prestazione buona)

La verifica viene effettuata per la parete di separazione tra locale riposo e locale attività a tavolino.

4.4 Rumore impiantistico

I valori limite da rispettare saranno i seguenti

DPCM 5-12-97 $L_{A_{max}} \leq 35$ dBA per gli impianti a funzionamento discontinuo*

$L_{eq} \leq 25$ dBA per gli impianti a funzionamento continuo*

UNI 11367 $L_{id} \leq 33$ dBA per gli impianti a funzionamento discontinuo* – prospetto 1 (classe II)

$L_{ic} \leq 28$ dBA per gli impianti a funzionamento continuo* – prospetto 1 (classe II)

UNI 11367 $L_{id} \leq 34$ dBA per gli impianti a funzionamento discontinuo* – prospetto A.1 (prestazione superiore)

$L_{ic} \leq 28$ dBA per gli impianti a funzionamento continuo* – prospetto A.1 (prestazione superiore)

* prodotto da impianto collocato in un locale diverso da quello considerato.

4.5 Valori di riferimento del tempo di riverberazione

La verifica viene effettuata per i locali atrio, attività a tavolino e riposo.

Si espongono di seguito i tempi di riverbero ottimali per tali locali, desunti dalle formule di cui al precedente paragrafo 3.2.3.

ATRIO						
TR ottimale	0,57					
	Frequenza [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
TR ottimale in frequenza – limite superiore	0,83	0,69	0,69	0,69	0,69	0,69
TR ottimale in frequenza – limite inferiore	0,37	0,46	0,46	0,46	0,46	0,37

ATTIVITA' A TAVOLINO						
TR ottimale	0,57					
	Frequenza [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
TR ottimale in frequenza – limite superiore	0,82	0,68	0,68	0,68	0,68	0,68
TR ottimale in frequenza – limite inferiore	0,37	0,45	0,45	0,45	0,45	0,37

RIPOSO						
TR ottimale	0,57					
	Frequenza [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
TR ottimale in frequenza – limite superiore	0,73	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
TR ottimale in frequenza – limite inferiore	0,33	0,40	0,40	0,40	0,40	0,33

4.6 Chiarezza C_{50}

Il valore limite da rispettare è il seguente:

$C_{50} \geq 2$ dB per ambienti di volume inferiore a 250m² privi di impianto di amplificazione, come da prospetto 5 della norma UNI 11532-2.

La verifica viene effettuata per i locali atrio, attività a tavolino e riposo.

5 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$

La verifica delle caratteristiche acustiche dei componenti tecnologici viene condotta a campione per gli ambienti a maggiore sensibilità, in relazione alle diverse destinazioni d'uso previste all'interno dell'edificio oggetto di intervento; in particolare vengono analizzate le chiusure esterne della sala riposo della porzione di edificio in ampliamento (facciata e solaio di copertura).

Si rimanda agli elaborati grafici di progetto definitivo architettonico ed impiantistico per la migliore comprensione di quanto richiamato nella presente relazione.

Il calcolo dell'isolamento acustico di facciata si conduce effettuando prima una stima dei diversi valori di potere fonoisolante R_w dei diversi elementi costruttivi. I dati geometrici e di massa per quanto possibile sono dedotti dalle schede tecniche dei materiali che verranno effettivamente impiegati nel cantiere.

5.1 Calcolo dell'isolamento acustico di facciata:

Considerando le caratteristiche geometriche delle facciate viste dall'interno dei singoli ambienti abitativi, si calcola il potere fonoisolante della parete composita secondo attraverso la

$$R_w = -10 \log \left(\sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S} 10^{\frac{-R_i}{10}} + \frac{A_0}{S} 10^{\frac{-D_{n,i}}{10}} \right) - K \quad [\text{dB}] \quad (1)$$

nella quale S_i rappresenta la superficie i-esima componente la facciata e R_i rappresenta il valore del potere fonoisolante della superficie stessa, A_0 è l'area equivalente di assorbimento acustico di riferimento pari a 10 m^2 , $D_{n,i}$ è l'isolamento acustico del "piccolo" elemento di facciata (ad es. il foro di ventilazione delle cucine) calcolato secondo ISO 140-10 e K il fattore per trasmissione laterale. La trasmissione laterale di energia sonora attraverso giunti rigidi tra partizioni omogenee in muratura può ritenersi funzione delle sole masse superficiali delle murature tra loro ortogonali. Il valore di isolamento acustico apparente della facciata viene quindi penalizzato di un fattore C_F , dedotto secondo metodo semplificato dalle indicazioni dal progetto di norma EN 12354-1 considerando la massa superficiale media degli elementi di fiancheggiamento omogenei, non coperti da rivestimento isolante in funzione delle diverse casistiche. In maniera del tutto generale, è possibile valutare, in presenza di connessioni tra elementi rigidi, la trasmissione laterale in maniera globale, penalizzando l'isolamento acustico di facciata di 2 dB^1 .

Tale valore deve essere normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente ricevente secondo la:

$$D_{2m,nT,w} = R'_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{6T_0 S} = \quad (2)$$

V = volume dell'ambiente ricevente;

S = superficie della facciata vista dall'interno;

T_0 = valore di riferimento uguale a 0.5 sec ;

ΔL_{fs} = differenza di livello per forma della facciata dedotta dalla UNI EN ISO 12354-3

¹ Si veda la nota al p.to 4.3 della UNI EN 12354-3:2002.

5.2 PARETE ESTERNA PE.1A

Al fine della verifica dell'isolamento acustico di facciata si considera la stratigrafia individuata dal codice PE.1A; si analizza la porzione di facciata sud del locale riposo.

Rasatura esterna	1300	0,01	6,50
Isolante in sughero	120	0,05	3,00
pannello OSB	600	0,018	5,40
Lana di roccia	30	0,16	4,8
pannello OSB	600	0,018	5,40
Lana di roccia	18	0,05	0,9
Lastra in cartongesso	660	0,0125	8,25
Lastra in cartongesso	1400	0,0125	17,5
TOTALI		0,331	15,60
Rw parete singola [dB]			56,9
Frequenza di risonanza [Hz]			76,5
Incremento DRw = f(f0;Rw) [dB]			8,3
Rw stimato			65,2

- Serramenti esterni

Per tutti i serramenti esterni (finestre e portefinestre), il progetto prevede l'impiego di serramenti in metallo di ditta da individuare. Ai fini del soddisfacimento dei limiti di legge si dovranno tassativamente rispettare le caratteristiche di tenuta all'aria dei serramenti (da richiedersi al Produttore) tali da appartenere alla **classe 4 secondo EN 1026:2016**, e **caratteristiche di potere fonoisolante non inferiore a 47 dB**, secondo ISO 140 parte 3^a e ISO 717 parte 1^a.

Valgono le seguenti prescrizioni di posa per tutti gli elementi impiantistici ed edilizi:

- rispettare il più possibile, nella messa in opera, le condizioni di montaggio e finitura dei serramenti descritti nei relativi certificati di laboratorio, con particolare riferimento alle modalità di posa delle contro maschere, alle sigillature, all'isolamento interno del cassonetto se previsto;
- il dato certificato dei serramenti deve essere relativo alle condizioni di posa effettive del serramento, con particolare riferimento alla presenza di tutti gli accessori (persiane, bocchette di ventilazione ecc.), nonché tenere conto dei fattori correttivi dovuto alla dimensione effettiva del serramento. In altre parole, nel calcolo teorico di riferimento nel progetto esecutivo, il materiale proposto per il serramento + vetro deve essere tale da garantire, anche con l'applicazione di fattori correttivi per la presenza di accessori, il valore minimo di Rw di 47 dB.

Locale	Superficie [m ²]	Volume [m ³]
SALA RIPOSO – facciata sud	31,51	124,34
Misura netta interna facciata esterna (base)	4,93	
Misura netta interna facciata esterna (altezza media)	3,97	
Misura serramento base	2,45	
Misura serramento altezza	3,40	
Superficie del serramento di prova	1,82	
Superficie serramento effettivo	8,33	
Rapporto Superficie serramento effettivo/Serramento di prova	357,59%	
Componente analizzato:	Superficie [m ²]	R _w [dB]- D _{ni} [dB]
STRUTTURA OPACA	11,22	65,2
SERRAMENTO in progetto	8,33	47,0
Correzione per dimensione serramento		3,0
SERRAMENTO in progetto CORRETTO		44,0
C (ipotizzato)		-2,0
C _{tr} (ipotizzato)		-4,0
Presenza griglia ventilazione/piccolo elemento facciata		NO
Piccolo elemento di facciata		
Totale sup. parete e potere fonoisolante complessivo	19,55	47,7
Contributo globale trasmissione di fiancheggiamento	C _F =	0,0
Penalizzazione per messa in opera	K=	-3,0
Potere fonoisolante apparente della facciata	R' _w =	44,7
Correzione per fattore di forma della facciata	ΔL _{fs}	0,0
Isolamento acustico standardizzato di facciata	D _{2m,nT,w} =	48,0

Il valore di $D_{2m,nT,w}$ viene confrontato con la prestazione obiettivo, corrispondente al requisito di isolamento acustico standardizzato di facciata per gli edifici ad uso scolastico: $D_{2m,nT,w} = 48 \text{ dB} = 48 \text{ dB}$. La prestazione obiettivo da D.P.C.M. 05/12/1997 risulta superata.

5.3 Prescrizioni particolari per le facciate

In generale, nella realizzazione delle strutture orizzontali vanno adottate le seguenti precauzioni:

- per il fissaggio delle contromaschere degli infissi occorrerà seguire le indicazioni degli elaborati grafici, ovvero impiegare nastri adesivi di raccordo con i controtelai e i serramenti tipo Riwega FBD EXT VSK o similare, i profili guida per intonaco tipo Riwega – FDB Profile o similare, le guarnizioni autoespansive tipo Riwega GAE trio per la perfetta tenuta con il sistema serramento – controtelaio – cappotto esterno. La scelta dei prodotti e la relativa posa in opera dovranno rispettare i dettami delle norme in vigore. In particolare, dovranno essere rispettate le norme di posa dei serramenti (norme UNI 11296:2018 - UNI 11673-1:2017 - UNI 11673-2:2019 - UNI 11673-4:2021) e quelle per la posa delle membrane e delle relative sigillature (UNI 11470:2015).
- Non sigillare con schiume o altri elementi leggeri, se non dopo aver realizzato il riempimento e per le sole cavità di piccola dimensione non altrimenti raggiungibili, a mezzo dell'impiego di schiume tipo Rothoblaas Hermetic Foam, Soudal Flexifoam o similare;

6 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti della stessa unità immobiliare $D_{nT,w}$

I codici delle singole strutture fanno riferimento agli elaborati di progetto architettonico; si rimanda a tali elaborati per una migliore comprensione di quanto descritto.

In particolare è stata analizzata la partizione verticale che separa il locale riposo ed i servizi igienici.

Si riportando di seguito i risultati di tali valutazioni.

6.1 PARETE TIPO: PI.6C

Si tratta della parete di separazione tra il locale riposo ed i servizi igienici. Si considera, ai fini del calcolo del potere fonoisolante apparente, la parete composta secondo la seguente stratigrafia:

PARETE PI.6C			
Componente	Densità minima [kg/m ³]	Spessore [m]	Massa areica [kg/m ²]
Lastra in cartongesso	660	0,0125	8,3
Lastra in cartongesso	660	0,0125	8,3
Intercapedine		0,1	
di cui materassino fonoisolante	18	0,1	1,8
Pannello OSB	600	0,018	10,8
Intercapedine		0,16	
di cui materassino fonoisolante	30	0,16	4,8
Pannello OSB	600	0,018	10,8
Intercapedine		0,05	
di cui materassino fonoisolante	18	0,05	0,9
Lastra in cartongesso	660	0,0125	8,3
Lastra in cartongesso	1400	0,0125	17,5
TOTALE PARTIZIONE		0,396	16,5
RUMORE AEREO			
Rw		dB	57,4
Frequenza di risonanza [Hz]			71,4
Incremento DRw = f(f ₀ ;Rw) [dB]			8,6
Rw stimato			66,0

Si rimanda alla tabella seguente per il calcolo del descrittore $D_{nt,w}$.

Locale	Superficie [m ²]	Volume [m ³]
LOCALE RIPOSO - verso servizi igienici	31,51	124,34
Misura netta interna facciata esterna (base)	4,93	
Misura netta interna facciata esterna (altezza)	3,97	
Componente analizzato:	Superficie [m ²]	R _w [dB]- D _{ni} [dB]
PARTIZIONE locale riposo/servizi igienici	19,55	66,0
Presenza griglia ventilazione/piccolo elemento facciata		NO
Totale sup. parete e potere fonoisolante complessivo	19,55	66,0
Contributo globale trasmissione di fiancheggiamento	C_F	0,0
Penalizzazione per messa in opera	K	-3,0
Potere fonoisolante apparente della partizione	R'_w	63,0
profondità ambiente ricevente		4,93
Termine correttivo passaggio da R_w a D_{nT,w}	Δ	1,0
Stima isolamento acustico	D_{nT,w}	63,0

Il valore di D_{nT,w} calcolato risulta quindi > 50 dB. La prestazione obiettivo risulta superata.

7 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: isolamento acustico normalizzato di partizioni rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo $D_{nT,w}$

I codici delle singole strutture fanno riferimento agli elaborati di progetto architettonico; si rimanda a tali elaborati per una migliore comprensione di quanto descritto.

In particolare è stata analizzata la partizione verticale che separa il locale riposo ed il locale attività a tavolino, considerato come ambiente di uso comune.

Si riportando di seguito i risultati di tali valutazioni.

7.1 PARETE TIPO: PI.4A

Si tratta della parete di separazione tra il locale riposo ed il locale attività a tavolino. Si considera, ai fini del calcolo del potere fonoisolante apparente, la parete composta secondo la seguente stratigrafia:

PARETE PI.4A			
Componente	Densità minima [kg/m3]	Spessore [m]	Massa areica [kg/m2]
Lastra in cartongesso	1400	0,0125	17,5
Lastra in cartongesso	660	0,0125	8,3
Intercapedine		0,1	
di cui materassino fonoisolante	70	0,1	7,0
Lastra in cartongesso	660	0,0125	8,3
Lastra in cartongesso	1400	0,0125	17,5
TOTALE PARTIZIONE		0,15	58,5
RUMORE AEREO			
Rw		dB	60,3

Considerando la stessa tipologia di parete con la presenza delle porte di accesso al locale si ottiene il risultato riportato alla tabella seguente; si prevede la posa di due porte interne con potere fonoisolante certificato di laboratorio con metodo di prova secondo ISO 140-3 e ISO 717-1 non inferiore a 31 dB.

Locale	Superficie [m ²]	Volume [m ³]
LOCALE RIPOSO - verso locale attività a tavolino	31,51	124,34
Misura netta interna facciata esterna (base)	6,43	
Misura netta interna facciata esterna (altezza)	4,95	
Misura serramento base	2,80	
Misura serramento altezza	2,10	
Superficie del serramento di prova		
Superficie serramento effettivo	5,88	
Componente analizzato:	Superficie [m ²]	R _w [dB]- D _{ni} [dB]
PARTIZIONE locale riposo/attività a tavolino	25,95	60,3
PORTA di progetto	5,88	31,0
Presenza griglia ventilazione/piccolo elemento facciata		NO
Totale sup. parete e potere fonoisolante complessivo	31,83	38,3
Contributo globale trasmissione di fiancheggiamento	C_F	0,0
Penalizzazione per messa in opera	K	-3,0
Potere fonoisolante apparente della partizione	R'_w	35,3
profondità ambiente ricevente		6,85
Termine correttivo passaggio da R_w a D_{nT,w}	Δ	1,0
Stima isolamento acustico	D_{nT,w}	37,3

Il valore di D_{nT,w} calcolato risulta quindi > 30 dB. La prestazione obiettivo risulta superata.

7.2 INDICAZIONI GENERALI

Le note che seguono valgono per tutte le tipologie di pareti di separazione tra ambienti destinati alla permanenza di persone e tra questi ultimi e i locali di servizio comune.

Per tutte le pareti descritte dovranno essere quindi utilizzati i seguenti accorgimenti realizzativi:

- utilizzare i materiali indicati, con particolare riferimento al peso delle lastre in cartongesso e degli isolanti, in modo da riprodurre per quanto possibile la situazione di certificato di laboratorio;
- evitare, in corrispondenza delle separazioni tra i diversi locali, il posizionamento di elementi impiantistici di grandi dimensioni. Si consiglia comunque di sfalsare di almeno 30 cm la corrispondenza tra scatole elettriche o altri elementi;
- costipare sempre le intercapedini delle pareti verticali con lana minerale dello spessore pari al montante della struttura, avendo cura nelle pareti a doppia ossatura di interporre uno strato di lana minerale in entrambe le intercapedini;
- Applicare il nastro mono/biadesivo di guarnizione isolante in polietilene espanso sull'anima di tutte le guide perimetrali (fianchi, sotto e sopra) per contenere le trasmissioni acustiche laterali di tutte le strutture di pareti, contropareti e controsoffitti;
- non collegare le due ossature, lasciando libera la vibrazione delle stesse in modo da non inficiare le caratteristiche di dissipazione offerte dal sistema;
- fornire, prima dell'esecuzione dei manufatti, adeguata documentazione progettuale costruttiva che espliciti la modalità di esecuzione dei giunti laterali delle partizioni.
- Aver cura di sigillare perfettamente gli spazi compresi tra la porta di accesso ed i telai in elementi in acciaio zincato della struttura della parete di separazione.

Per tutte le pareti soggette al passaggio di impianti dovranno essere utilizzati i seguenti accorgimenti realizzativi:

- posizionare gli scarichi o gli impianti nell'intercapedine fissandoli alle strutture di supporto con collari antivibranti indicati dalla ditta produttrice;
- tutti gli elementi impiantistici di dimensione consistente quali ad esempio le colonne di scarico, dovranno risultare come da paragrafo sugli impianti tecnologici con doppio strato di materiale resiliente tipo ISOLMANT TELOGOMMA TUBI;
- completare i cassonetti murari nei tratti verticali con lana di roccia a rifiuto di densità non inferiore a 50 kg/m³.

7.3 CONTROSOFFITTI

si prevede la realizzazione di controsoffitti appesi in cartongesso rasato e in pannelli modulari in fibra minerale; tutti i controsoffitti dovranno essere fissati tramite pendini acustici al solaio portante di copertura.

Il profilo perimetrale dei controsoffitti dovrà essere separato dalle pareti tramite fascia adesiva in materiale resiliente.

8 Analisi del soddisfacimento dei requisiti acustici passivi: rumore degli impianti tecnologici

8.1 Sorgenti impiantistiche in progetto

Il progetto prevede l'installazione di una pompa di calore a servizio dell'impianto di climatizzazione della porzione di edificio in ampliamento; si riporta di seguito la pianta delle coperture in cui è stato individuato il futuro posizionamento di tali unità impiantistiche; si tratta di una porzione di copertura piana racchiusa dalle falde della copertura inclinata dell'ampliamento.

L'unità esterna si troverà così ad una quota più bassa rispetto al colmo della copertura a falde, che costituirà una schermatura della rumorosità delle stesse nei confronti degli edifici limitrofi.

Si prevede l'installazione di una pompa di calore marca Clivet modello WSA-YSi 18.2; per tale impianto la scheda tecnica dichiara un livello di potenza sonora L_w pari a 82dB(A).

Si prevede l'installazione di un'unità di ventilazione con recupero di calore marca TCF modello HRH 30; per tale impianto la scheda tecnica dichiara un livello di potenza sonora L_w pari a 73dB(A) per il ventilatore di mandata e pari a 72,5dB(A) per il ventilatore di ripresa.

8.2 Isolamento della rumorosità trasmessa dagli impianti tecnologici esterni

Come sopra accennato, il progetto architettonico ed impiantistico prevedono il posizionamento dell'unità esterna sulla porzione di copertura piana; si ritiene necessario fornire alcune prescrizioni relative alla realizzazione di tale solaio, in ragione della possibile trasmissione di rumore per via aerea e strutturale ai piani sottostanti; le strategie di isolamento possono considerarsi le seguenti (in ordine di priorità):

- a) limitazione della potenza sonora dei macchinari installati, privilegiando unità impiantistiche esterne ad emissioni sonore ridotte, **dotati di appoggi su elementi antivibranti MECCANICI e non semplici supporti in gomma;**
- b) incremento del potere fonoisolante del solaio di divisione tra copertura destinata agli impianti tecnologici e locali sottostanti.

In relazione al punto a), si prescrive che l'impresa affidataria e le esecutrici, in fase di redazione dei propri progetti costruttivi, sulla scorta delle disposizioni del progetto esecutivo degli impianti meccanici:

- fornisca all'ufficio di Direzione Lavori tutta la documentazione relativa ai livelli di potenza e pressione sonora generata dalle singole apparecchiature da installare;
- fornisca e posi, al di sotto delle apparecchiature impiantistiche in copertura, in relazione ai carichi trasmessi, giunti meccanici antivibranti tipo marca VIBROSTOP modello MOPLA o similari, con dimensionamento dei medesimi da effettuarsi di concerto con l'ufficio di direzione lavori in relazione agli effettivi carichi statici e dinamici trasmessi dalle apparecchiature.

Per la realizzazione del solaio piano di copertura valgono le seguenti prescrizioni:

- lo strato di antivibrante posto al di sopra delle membrane impermeabilizzanti dovrà essere adeguatamente dimensionato in relazione ai carichi effettivi; a tal proposito si prescrive l'utilizzo del prodotto tipo Isolgomma Megamat ME10 o similare, comunque di spessore pari a 10 mm;
- lo strato antivibrante dovrà costituire una "vasca" completa entro il perimetro della porzione di solaio piano adibita a zona impianti;
- il controsoffitto del locale guardaroba, di tipo appeso, dovrà essere dotato di opportuni pendini acustici.

Si specifica inoltre quanto segue:

Il progetto degli impianti tecnologici individua apparecchiature e prodotti di riferimento, definiti puntualmente in termini di prestazioni termiche, aerauliche, nonché acustiche. Indipendentemente dalla circostanza di mantenimento, in fase realizzativa, delle caratteristiche delle marche e dei modelli di apparecchiature indicate come riferimento prestazionale nei diversi elenchi prezzi unitari, è espressamente considerato come onere a carico dell'impresa affidataria:

- il totale ricalcolo delle prestazioni di rumorosità immessa in ambiente esterno, in relazione alle apparecchiature, alle geometrie effettive e a tutte le circostanze di progetto costruttivo. Il ricalcolo, incluse le modellizzazioni software necessarie, dovrà essere reso a firma di Tecnico Competente in Acustica ai sensi della L.447/95, regolarmente iscritto nell'elenco nazionale ENTECA.

8.3 Isolamento della rumorosità trasmessa dagli impianti tecnologici interni – locale tecnico

All'interno del locale tecnico a servizio degli impianti meccanici si prevede la realizzazione di un controsoffitto appeso tramite pendini acustici costituito da una doppia lastra in cartongesso di spessore 12,5mm ed il placcaggio delle pareti con una lastra in cartongesso.

Il profilo perimetrale del controsoffitto dovrà essere separato dalle pareti tramite fascia adesiva in materiale resiliente.

In ragione dei pesi dei componenti impiantistici da fissare a contropareti e controsoffitto, si raccomanda l'utilizzo di tasselli tipo Hilti HDD-S Cavity Anchor; si raccomanda inoltre di fissare i componenti impiantistici alle contropareti ed al controsoffitto e non a pareti e solai portanti, salvo l'utilizzo di fissaggi e giunti antivibranti.

In particolare, per quanto riguarda i punti di appoggio degli impianti a pavimento, si prescrive l'utilizzo di elementi antivibranti meccanici quali elementi di separazione tra solaio a terra e macchine.

In generale, la soluzione adottata dall'Impresa Esecutrice dovrà essere comunicata in anticipo alla Direzione Lavori e sottoposta a preventiva approvazione.

● Porte

Si prescrive l'installazione di una porta tagliafuoco EI 60 di separazione tra atrio e locale tecnico con caratteristica di potere fonoisolante pari a 47dB certificata secondo norma UNI EN ISO 10140-1 e UNI EN ISO 10140-2.

La porta esterna di accesso dal locale tecnico dovrà essere di tipo Ninz Proget o similare per esterni con indice di potere fonoisolante R_w non inferiore a 32 dB.

8.4 Isolamento della rumorosità trasmessa dagli impianti tecnologici all'interno dei locali interni

Obiettivo del progetto acustico è verificare che il funzionamento degli impianti di progetto non generi all'interno dei principali locali con permanenza di persone, livelli di pressione sonora più alti dei limiti di legge.

Al fine della salvaguardia del comfort acustico nei locali interni, il progetto prevede l'installazione di due silenziatori; il primo in corrispondenza del canale principale di mandata aria ed il secondo in corrispondenza del canale principale di ripresa aria. Tali silenziatori dovranno essere del tipo a setti e avere le seguenti caratteristiche minime di attenuazione:

Canale di mandata – attenuazioni in frequenza							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
3,0	7,0	18,0	32,0	38,0	32,0	18,0	10,0

Canale di ripresa – attenuazioni in frequenza							
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
2,0	5,0	11,0	20,0	25,0	21,0	13,0	8,0

Si specifica inoltre quanto segue:

Il progetto degli impianti tecnologici individua apparecchiature e prodotti di riferimento, definiti puntualmente in termini di prestazioni termiche, aerauliche, nonché acustiche. Indipendentemente dalla circostanza di mantenimento, in fase realizzativa, delle caratteristiche delle marche e dei modelli di apparecchiature indicate come riferimento prestazionale nei diversi elenchi prezzi unitari, è espressamente considerato come onere a carico dell'impresa affidataria:

- il totale ricalcolo delle prestazioni di rumorosità immessa all'interno dei locali, con particolare riferimento rumorosità immessa dalle apparecchiature presenti nel locale tecnico all'interno dei condotti di ventilazione. Il ricalcolo, incluse le modellizzazioni software necessarie e il dimensionamento in fase costruttiva di tutti i pezzi speciali (curve insonorizzate, isolamenti, silenziatori, ecc.), dovrà essere reso a firma di Tecnico Competente in Acustica ai sensi della L.447/95, regolarmente iscritto nell'elenco nazionale ENTECA.

Sono altresì compresi tutti gli oneri per il coordinamento e la progettazione costruttiva delle caratteristiche non acustiche delle varie opere di bonifica, con particolare riferimento agli aspetti di progetto costruttivo strutturale (ad esempio per le necessarie opere di sostegno di canali, silenziatori ecc.), architettonico (di integrazione nel progetto), meccanico (di verifica ad esempio delle perdite di carico indotte, di connessione con i sistemi di canali ecc.).

8.5 Impianti di scarico e passaggi impianti di riscaldamento

Le tubazioni degli impianti di scarico e climatizzazione saranno fissate alle pareti mediante l'utilizzo di collari in acciaio con gomma antivibrante, mentre sia per l'attraversamento di pareti o solai che per l'intero tragitto di l'attraversamento delle pareti il sistema verrà desolidarizzato con un avvolgimento di guaina isolante tipo Isolmant Telogomma tubi, fissato con apposito nastro in dotazione.

In particolare, per quanto riguarda le tubazioni dell'impianto di scarico, nella presente relazione verrà impiegato quale campione di confronto il sistema GEBERIT Silent Pro. Le tubazioni saranno in polipropilene; il sistema è compatibile con i prodotti del sistema GEBERIT Silent dB20.

I gomiti a 88° del percorso di scarico saranno realizzati con elemento di raccordo con curve a 45° per lo smorzamento del rumore impattivo della colonna d'acqua in caduta.

Il sistema così descritto è stato oggetto di prove di laboratorio², principalmente condizionate da:

- sistema di prova composto da locali in edificio multipiano divisi in altezza da parete divisoria in calcestruzzo cellulare di massa superficiale pari a 220 kg/m². Da un lato della parete è fissato il sistema di scarico (locali emittenti), dall'altro lato i locali sono privi di passaggi impiantistici (locali riceventi);
- fissaggio alla parete del sistema di scarico mediante l'impiego di collari con gomma antivibrante;
- misure di rumorosità effettuate nei locali emittenti e riceventi. I dati dichiarati sono relativi alle misure nei locali riceventi, quindi influenzati non solo dalle rumorosità del sistema di scarico ma anche dal potere fonoisolante della parete divisoria.

A fronte di tali condizioni di prova, il livello di pressione sonora misurato nell'ambiente ricevente è risultato variabile da 7,7 dB(A) a 17,2 dB(A) per portate variabili da 0,5 l/s a 2,0 l/s. Considerando una portata media di 2,0 l/s, corrispondente in genere allo scarico di un WC con cassetta da 7,5 l, considerando altresì che, nella peggiore delle ipotesi la tubazione si verrà a trovare separata dagli altri ambienti (atrio) da una tramezzatura realizzata a secco con singola orditura dotata di un potere fonoisolante teorico R_w non inferiore a 55 dB, in maniera estremamente qualitativa è possibile affermare che, a fronte del dato di prova dichiarato per la portata di 2,0 l/s di 17,2 dB(A), si otterranno in ambiente valori prossimi al limite richiesto di 33 dB(A).

Per limitare ulteriormente le possibilità di superamento dei limiti, e per evitare la creazione di ponti acustici tra unità immobiliari differenti, si prescrive di:

- posizionare gli scarichi o gli impianti nell'intercapedine fissandoli ai laterizi di supporto con collari antivibranti indicati dalla ditta produttrice;
- fasciare ulteriormente tutti gli scarichi per tutto il loro sviluppo con un doppio strato di materiale resiliente tipo ISOLMANT TELOGOMMA TUBI O SIMILARE CON massa al m² non inferiore a 4 kg/m². Tali materiali dovranno comunque, indipendentemente dal rispetto della prescrizione successiva, fasciare lo scarico per tutta la sua lunghezza;
- fasciare completamente gli scarichi nei tratti verticali interni ai cassonetti con lana di roccia dello spessore di 3 – 4 cm e densità non inferiore a 50 kg/m³;
- realizzare, attorno agli scarichi, cassonetti in lastre di gesso rivestito come da abaco pareti avendo cura di costipare completamente le intercapedini con pannelli in lana di roccia tipo ROCKWOOL ACOUSTIC 225 o similare.

² Prove presso il Fraunhofer Institute für Bauphysik di Stoccarda, come dichiarato sul sito internet della ditta Geberit. Lo scrivente è in attesa della certificazione relativa alla prova.

L'impresa affidataria fornirà, prima dell'esecuzione delle opere e per l'approvazione da parte dell'ufficio di Direzione Lavori, adeguata documentazione tecnica in caso di utilizzo di sistemi differenti da quelli indicati, per marca, modello e tipologia realizzativa.

9 Tempo di riverberazione

Una volta stabilito il tempo di riverberazione ottimale dei locali atrio, attività a tavolino e riposo, si veda a tal proposito il paragrafo 3.2.3, è stato calcolato il tempo di riverbero degli stessi, sulla base delle loro caratteristiche geometriche e tecnologiche, secondo il metodo previsionale descritto dalla norma UNI EN 12354-6.

Si riportano di seguito i risultati dei calcoli effettuati per ognuno dei locali analizzati, a confronto con i limiti superiori e inferiori del tempo di riverbero ottimale.

Al fine di un migliore comfort all'interno dei locali si prevede la posa di pannelli in lana di legno mineralizzata e legata con cemento a soffitto e a parete con funzione fonoassorbente; nelle tabelle seguenti si riporta la superficie di copertura dei pannelli per ogni locale. Si rimanda agli elaborati di progetto architettonico e al relativo computo metrico per una puntuale indicazione del numero e del posizionamento dei pannelli.

ATRIO						
TR ottimale	0,58					
	Frequenza [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
TR ottimale in frequenza – limite superiore	0,98	0,83	0,69	0,69	0,69	0,69
TR di progetto	1,40	0,84	0,68	0,65	0,65	0,64
TR ottimale in frequenza – limite inferiore	0,29	0,37	0,46	0,46	0,46	0,46
Pannelli in lana di legno mineralizzata sp. 25mm con intercapedine sp. 85mm ed interposta lana di roccia 30mm 40kg/mc posizionati a soffitto					33,60 m ²	
Pannelli in lana di legno mineralizzata sp. 25mm applicati in aderenza a parete					9,60 m ²	

ATTIVITA' A TAVOLINO						
TR ottimale	0,57					
	Frequenza [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
TR ottimale in frequenza – limite superiore	0,96	0,82	0,68	0,68	0,68	0,68
TR di progetto	1,30	0,78	0,64	0,59	0,59	0,58
TR ottimale in frequenza – limite inferiore	0,28	0,37	0,45	0,45	0,45	0,45
Pannelli in lana di legno mineralizzata sp. 25mm con intercapedine sp. 85mm ed interposta lana di roccia 30mm 40kg/mc posizionati a soffitto					31,20 m ²	
Pannelli in lana di legno mineralizzata sp. 25mm applicati in aderenza a parete					12,00 m ²	

RIPOSO						
TR ottimale	0,50					
	Frequenza [Hz]					
	125	250	500	1000	2000	4000
TR ottimale in frequenza – limite superiore	0,73	0,60	0,60	0,60	0,60	0,60
TR di progetto	1,04	0,59	0,48	0,43	0,41	0,40
TR ottimale in frequenza – limite inferiore	0,33	0,40	0,40	0,40	0,40	0,33
Pannelli in lana di legno mineralizzata sp. 25mm con intercapedine sp. 85mm ed interposta lana di roccia 30mm 40kg/mc posizionati a soffitto					19,20 m ²	
Pannelli in lana di legno mineralizzata sp. 25mm applicati in aderenza a parete					4,80 m ²	

I risultati del calcolo previsionale evidenziano valori del tempo di riverbero più alti del limite del tempo di riverbero ottimale alle basse frequenze (125-250 Hz); in relazione al tipo di utenza e di utilizzo dei locali si ritiene che tali valori non inficino la vivibilità degli ambienti analizzati.

A conferma di quanto sopra esposto si rimanda al successivo capitolo 10, relativo alla verifica del descrittore C_{50} – chiarezza.

10 Chiarezza – C₅₀

Sulla base dei risultati del calcolo previsionale del tempo di riverbero, è stato calcolato il valore del descrittore C₅₀ per ognuno dei tre locali analizzati. Il calcolo è stato condotto secondo i metodi previsionali descritti dalla norma UNI EN 11532-1; sono stati quindi effettuati i calcoli utilizzando la formula Barron&Lee in funzione del volume, del tempo di riverberazione, della distanza ipotetica tra sorgente e ricevitore.

Si riportano di seguito i risultati ottenuti per ogni locale.

Locale	Risultato C ₅₀	Risultato C ₅₀ con applicazione incertezza
Atrio	3,05	2,05 > 2
Attività a tavolino	3,60	2,60 > 2
Riposo	5,49	4,49 > 2

La verifica risulta soddisfatta.

In ragione di tale risultato si ritiene ammissibile il risultato del calcolo previsionale del tempo di riverberazione esposto al precedente capitolo 9.