

RELAZIONE TECNICA

**VERIFICA PREVISIONALE DEI REQUISITI ACUSTICI
PASSIVI DEGLI EDIFICI**

**EDIFICIO DI NUOVA REALIZZAZIONE ADIBITO A
CASA DI RIPOSO PER ANZIANI,
VIA VENETO / VIA PAVIA – RICCIONE (RN)**

CESENA, 25 Novembre 2024



Committente:

COOP SOCIALE L'AQILONE S.c.s.r.l. – O.n.l.u.s.

INDICE

1) PREMESSA, LEGGI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

2) CLASSIFICAZIONE DEL FABBRICATO

3) METODI DI VERIFICA

- 3.1) Isolamento acustico tra ambienti
- 3.2) Isolamento di facciata
- 3.3) Isolamento acustico al calpestio tra ambienti
- 3.4) Tempo di riverberazione, STI e C_{50}

4) ELEMENTI STRUTTURALI E ISOLAMENTO

- 4.1) Determinazione dell'isolamento acustico tra stanze
- 4.2) Determinazione dell'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata
- 4.3) Determinazione dell'indice del livello di rumore di calpestio normalizzato
- 4.4) Determinazione del tempo di riverberazione, STI e C_{50}

5) IMPIANTI

- 5.1) Impianti a funzionamento continuo
- 5.2) Impianto a funzionamento discontinuo

6) CONCLUSIONI

ALLEGATI

Piante

Sezione

1) PREMESSA, LEGGI E NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Lo scopo della seguente relazione tecnica è valutare, in modo previsionale e sulla base dei dati forniti dalla Committenza, le caratteristiche acustiche di un edificio destinato a casa di riposo per anziani, da costruire in Via Veneto/Via Pavia a Riccione (RN).

Stimati i valori d'isolamento acustico, si sono confrontati con i limiti imposti dalla legge vigente; si sono poi indicate le eventuali modifiche da apportare a materiali e/o stratigrafie al fine di ottemperare a quanto definito da tali limiti.

Leggi di riferimento:

- D.P.C.M. 01/03/1991 - Limiti massimi di rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno
- Legge n. 447 del 26/10/1995 - Legge quadro sull'inquinamento acustico
- D.P.C.M. 05/12/1997- Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici

Per la valutazione dei requisiti acustici passivi sono state utilizzate le seguenti norme:

- UNI EN 12354-1 *“Building acoustics: estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, Part 1: airborne sound insulation between rooms ”*;
- UNI EN 12354-2 *“Building acoustics: estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, Part 2: impact sound insulation between rooms”*;
- UNI EN 12354-3 *“Building acoustics: estimation of acoustic performance of buildings from the performance of products, Part 3: airborne sound insulation against outdoor sound ”*;
- UNI EN 12354-6 *“Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Parte 6: Assorbimento acustico in ambienti chiusi ”*.
- UNI EN ISO 717-1 *“Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento acustico per via aerea”*.
- UNI EN ISO 717-2 *“Acustica. Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio. Isolamento del rumore di calpestio”*.
- UNI 11367 *“Acustica in edilizia. Classificazione acustica delle unità immobiliari. Procedura di valutazione e verifica in opera”*.
- UNI 11175-1 *“Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 1: Applicazione delle norme tecniche alla tipologia costruttiva nazionale”*;
- UNI 11175-2 *“Acustica in edilizia - Linee guida per la previsione delle prestazioni acustiche degli edifici - Parte 2: dati di ingresso per il modello di calcolo”*;
- UNI 11516 *“Indicazioni di posa in opera dei sistemi di pavimentazione galleggiante per l'isolamento acustico”*;
- UNI 11296 *“Acustica in edilizia - Posa in opera di serramenti e altri componenti di facciata - Criteri finalizzati all'ottimizzazione dell'isolamento acustico di facciata dal rumore esterno”*.

2) CLASSIFICAZIONE DEL FABBRICATO

La Tabella A dell'allegato A del DPCM 05/12/1997 stabilisce la classificazione degli edifici in funzione della destinazione d'uso dei fabbricati stessi, come segue:

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

La destinazione d'uso del fabbricato analizzato è di "edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili" ed è quindi classificato come edificio di categoria "D".

In relazione a tale classificazione i requisiti acustici passivi dei componenti del fabbricato sono indicati nella tabella B del Decreto; in particolare:

PARAMETRI		CATEGORIA	CATEGORIA D: edifici adibiti ad ospedali, cliniche, case di cura e assimilabili
R'_w (dB)	Indice del potere fonoisolante apparente di partizioni tra ambienti		≥ 55
$D_{2m,nT,w}$ (dB)	Indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata		≥ 45
$L'_{n,w}$ (dB)	Indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato		≤ 58
L_{asmax} (dBA)	Livello massimo di rumore per gli impianti tecnologici a funzionamento discontinuo		≤ 35
L_{aeq} (dBA)	Livello equivalente di rumore per gli impianti tecnologici a funzionamento continuo		≤ 25

Visto che l'edificio si compone di un'unica unità, alcuni dei parametri previsti dal decreto non sono pertinenti; infatti, non essendoci partizioni orizzontali o verticali tra unità differenti, sono escluse dalle valutazioni acustiche i parametri R_w e $L_{n,w}$.

Tuttavia, nonostante non sussista alcun limite di legge, al fine di verificare la dovuta intimità, si è proceduto alla verifica di isolamento acustico tra differenti stanze e tra stanze a corridoi; seguendo la stessa metodologia si è valutato il rumore di calpestio tra differenti piani.

Inoltre, nonostante non sia previsto alcun limite di legge si è verificata la riverberazione acustica di alcuni degli ambienti ad uso comune più significativi e si è consigliata l'adozione di controsoffittature opportunamente fonoassorbenti.

Definizioni

Tempo di riverberazione RT: il tempo di riverberazione (T) di una stanza, in termini semplicistici, è il tempo necessario affinché un impulso sonoro generato nell'ambiente divenga impercettibile.

STI: l'indice di trasmissione del parlato (STI) è una grandezza fisica adimensionale, compresa tra 0 e 1, che rappresenta la qualità della trasmissione del parlato in relazione all'intellegibilità.

C50: la chiarezza si misura in msec ed i suoi valori ottimali si possono ritenere tra $30 \div 80$ msec per il parlato e tra $80 \div 200$ msec per la musica. L'indice di chiarezza è definito come il rapporto tra l'energia "utile" e quella "dannosa", cioè tra il suono utile, diretto e il suono riverberato.

3) METODO DI VERIFICA

3.1) Isolamento acustico tra ambienti

Le verifiche sono state eseguite utilizzando le norme che specificano un modello di calcolo tramite l'utilizzo del quale è possibile stimare l'isolamento dal rumore trasmesso per via aerea tra ambienti situati in edifici, partendo dalle caratteristiche acustiche e geometriche delle strutture edilizie. Il modello di calcolo e le relative soluzioni tecniche sono state elaborate sulla base di dati sperimentali. Il calcolo si basa sul potere fonoisolante della partizione di separazione tra ambienti e prende in considerazione sia la trasmissione diretta sia quella di fiancheggiamento.

Importante evidenziare che il modello di calcolo sovrastima leggermente l'isolamento e che scostamenti dall'idealità possono portare a limiti di applicabilità con una incertezza dei valori ottenuti, solitamente valutata pari a 2 dB (Rivista italiana di acustica – volume 32- articolo a pagg.42-47). Per tale motivo non si sono indagate le prestazioni di isolamento acustico di pareti che si sviluppano per meno di 1.5 m di larghezza.

3.2) Isolamento di facciata

Le verifiche sono state eseguite utilizzando la norme UNI che specificano un modello di calcolo tramite l'utilizzo del quale è possibile stimare le prestazioni d'isolamento acustico di facciata delle strutture edilizie, partendo dai dati sul comportamento acustico degli elementi e dei materiali che costituiscono la facciata. Il modello di calcolo e le relative soluzioni tecniche sono state elaborate sulla base di dati sperimentali. Il calcolo si basa sul potere fonoisolante dei singoli elementi che compongono la facciata e prende in considerazione sia la trasmissione diretta sia quella di fiancheggiamento.

Il metodo, inoltre, tiene conto sia della forma della facciata, in quanto tale aspetto può influire sull'isolamento acustico della facciata stessa, sia delle caratteristiche geometriche degli ambienti riceventi.

3.3) Isolamento acustico al calpestio tra ambienti

Le verifiche sono state eseguite utilizzando la norme UNI che specificano un modello di calcolo tramite l'utilizzo del quale è possibile stimare l'isolamento dal rumore di calpestio trasmesso tra ambienti sovrapposti situati in edifici, partendo dalle caratteristiche acustiche e geometriche delle strutture edilizie. Il modello di calcolo e le relative soluzioni tecniche sono state elaborate sulla base di dati sperimentali.

Il calcolo prende in considerazione sia la trasmissione diretta sia quella di fiancheggiamento.

3.4) Tempo di riverberazione, STI e C₅₀

Le verifiche sono state eseguite utilizzando il metodo descritto nella norma UNI che specificano un modello di calcolo il cui scopo è di prevedere e verificare le prestazioni acustiche delle strutture edilizie, a partire dai dati di comportamento acustico dei componenti e dei materiali che costituiscono l'edificio.

Il modello specificato prevede che il calcolo del tempo di riverberazione sia effettuato sulla base dei coefficienti di assorbimento e delle superfici dei materiali utilizzati.

Ipotesi di calcolo:

- assorbimento dell'aria trascurabile
- volumi di forma regolare
- assorbimento distribuito uniformemente
- ambienti vuoti

Dal valore di RT computato si è proceduto al calcolo di STI e C₅₀ secondo i dettami della norma.

4) ELEMENTI STRUTTURALI E ISOLAMENTO

Seguendo i dati e il capitolato fornito dalla Committenza (ex Legge 10 e varianti proposte), si è proceduto alla verifica di prestazione d'isolamento acustico dell'edificio.

4.1) Determinazione dell'isolamento acustico tra stanze

Per la stima di prestazione d'isolamento acustico è necessario conoscerne la densità superficiale e l' R_w di tutti gli elementi base presenti nel progetto.

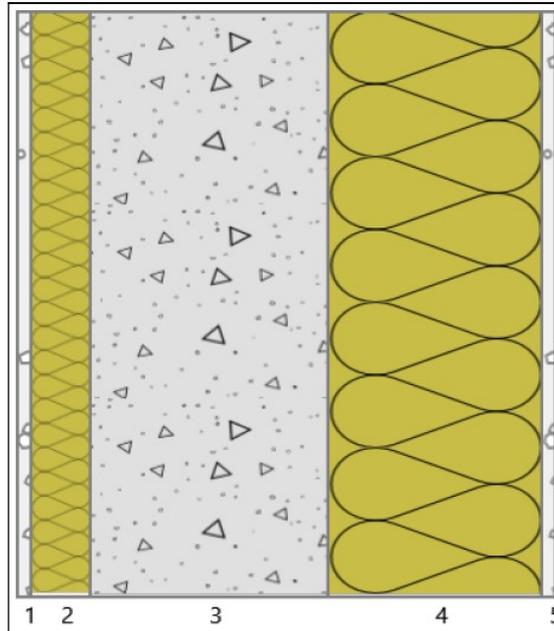
Conoscendo le caratteristiche acustiche degli elementi costituenti è possibile stimare la prestazione in opera.

Al fine della valutazione delle masse superficiali si è assunto che:

- il cartongesso ha densità di circa 840 kg/m^3
- la lana minerale ha densità circa 70 kg/m^3
- il calcestruzzo armato ha densità di circa 2400 kg/m^3
- il massetto alleggerito ha densità di circa 265 kg/m^3
- il massetto ripartitore ha densità di circa 2200 kg/m^3
- la pavimentazione ha densità di circa 2300 kg/m^3
- la rasatura per il cappotto termico ha densità di circa 1300 kg/m^3

- Parete perimetrale

La parete di tamponamento perimetrale prevede la seguente stratigrafia:



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	Cartongesso 12,5 mm (per THERMOGES)	13,00	0,2110	0,062	840	0,84	8
2	Pannello in lana di roccia	50,00	0,0350	1,429	70	1,03	1
3	C.I.S. armato (2% acciaio)	200,00	2,5000	0,080	2400	1,00	130
4	Pannello in lana di roccia	180,00	0,0350	5,143	70	1,03	1
5	Intonaco plastico per cappotto	12,00	0,3000	0,040	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,040	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	m ² K/W
M.V.	Massa volumica	kg/m ³
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Ricordando le sopraccitate densità, si sono calcolate le masse superficiali:

Cartongesso: $(840/100) \times 1.25 = 10.5 \text{ kg/m}^2$

Lana minerale: $(70/100) \times 5.0 = 3.5 \text{ kg/m}^2$

C.a. : $(2400/100) \times 20.0 = 480.0 \text{ kg/m}^2$

Lana minerale: $(70/100) \times 18.0 = 12.6 \text{ kg/m}^2$

Rasatura per cappotto termico: $(1300/100) \times 1.0 = 13.0 \text{ kg/m}^2$

Al fine di valutare il potere fonoisolante del setto si è risaliti alla prestazione del setto in c.a. e quindi si è valutato il contributo dato dalla presenza del rivestimento interno e da quello esterno.

La parete in c.a. ha una massa superficiale pari a

$$m'_1 \approx 480 \text{ kg/m}^2$$

Utilizzando la legge di massa prevista dalla normativa tecnica si è calcolato il potere fonoisolante:

$$R_w = 53 \text{ dB}$$

Utilizzando il software previsionale ECHO 8.2 di ANIT si è calcolato il contributo dei placcaggi.

Il rivestimento interno sarà realizzato in cartongesso; la massa superficiale per tanto è:

$$m'_2 \approx 10.0 \text{ kg/m}^2$$

The screenshot shows the 'ΔRw' configuration window in the ECHO 8.2 software. It is divided into two main sections: 'Struttura di base' and 'Strato addizionale'.
In the 'Struttura di base' section, the 'Massa superficiale (m'1)' is set to 480 kg/m² and the 'Rw base' is 53 dB. There are buttons for 'Carica da archivio', 'OK', and 'Annulla'.
The 'Strato addizionale' section includes:
- 'Massa superficiale (m'2)' set to 10 kg/m².
- Radio buttons for 'ΔRw calcolato' (selected) and 'ΔRw da laboratorio'.
- Radio buttons for 'Elemento in adesione' and 'Elemento con struttura di sostegno' (selected).
- 'Spessore della cavità (d)' set to 5 cm.
- 'Frequenza di risonanza' set to 76 Hz.
- Radio buttons for 'Elemento interno' (selected) and 'Elemento esterno'.
At the bottom, the calculated 'ΔRw' is 7.8 dB, and there is a checked checkbox for 'Applicare la correzione di -2dB'.

Il rivestimento a cappotto sarà realizzato in lana minerale con rasatura esterna;

la massa superficiale per tanto è:

$$m'_{2} \approx 13.0 \text{ kg/m}^2$$

perla lana minerale nello spessore di 18 cm è stata assunta una rigidità dinamica di 5 MN/m^3 .

Quindi, per il setto composto è stato assunto, agendo cautelativamente:

$$m' = 500 \text{ kg/m}^2$$

$$R_w = 64 \text{ dB}$$

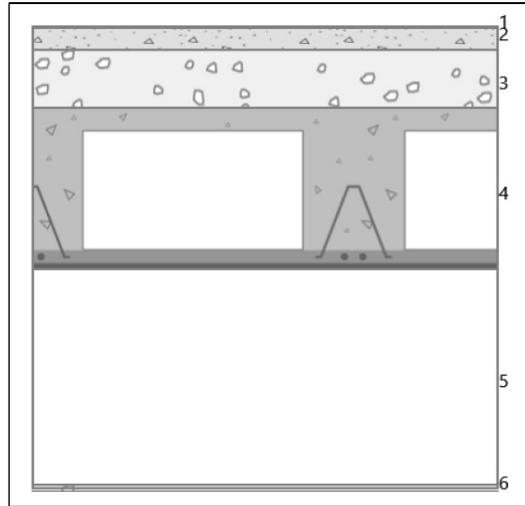
Nella realizzazione delle pareti, al fine di ridurre al minimo le fuoriuscite di rumore, dovranno essere adottati i seguenti accorgimenti:

- eventuali attraversamenti d'impianti e canalizzazioni dovranno essere sigillati con mastici elastici, al fine di evitare i collegamenti rigidi e la conseguente trasmissione di vibrazioni.

Nel caso di passaggio di colonne di scarico nelle pareti di tamponamento si potrebbe avere un importante decadimento della prestazione fonoimpedente. Come citato nel capitolo 5 l'accorgimento migliore è quello di realizzare cavedi dove convogliare gli impianti. Questo tipo di applicazione consente, oltre a non ledere la prestazione fonoimpedente della parete, di contenere la rumorosità impiantistica entro i limiti normativi.

- Solaio interpiano

Il solaio di progetto prevede la seguente stratigrafia:



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,100	-	-	-
1	Piastrelle in ceramica (piastrelle)	1,00	1,3000	0,001	2300	0,84	9999999
2	Massetto ripartitore in calcestruzzo con rete	40,00	1,4900	0,027	2200	0,88	70
3	ISOLCAP 250	110,00	0,0670	1,642	265	1,00	7
4	DUAL	300,00	1,1100	0,270	1600	0,84	109
5	Intercapedine non ventilata $A_v < 500 \text{ mm}^2/\text{m}$	400,00	2,5000	0,160	-	-	-
6	Cartongesso 12,5 mm (per THERMOGES)	13,00	0,2110	0,062	840	0,84	8
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,100	-	-	-

Legenda simboli

s	Spessore	mm
Cond.	Conduttività termica, comprensiva di eventuali coefficienti correttivi	W/mK
R	Resistenza termica	$\text{m}^2\text{K}/\text{W}$
M.V.	Massa volumica	kg/m^3
C.T.	Capacità termica specifica	kJ/kgK
R.V.	Fattore di resistenza alla diffusione del vapore in capo asciutto	-

Analogamente alle trattazioni precedenti si è risaliti alla massa superficiale del setto principale ed al potere fonoisolante, quindi si è valutato il contributo fornito dalla controsoffittatura:

-solaio DUAL	$\approx 480 \text{ kg}/\text{m}^2$
-massetto alleggerito	$\approx 29 \text{ kg}/\text{m}^2$
-massetto ripartitore	$\approx 88 \text{ kg}/\text{m}^2$
- pavimentazione e colla	$\approx 23 \text{ kg}/\text{m}^2$
	$m'_{1} \approx 620 \text{ kg}/\text{m}^2$

con l'ausilio della "legge di massa" specifica per solai, si calcola

$R_w = 56 \text{ dB}$

La massa superficiale della controsoffittatura è

$$m'_2 \approx 10 \text{ kg/m}^2$$

La presenza del controsoffitto comporta un incremento ΔR_w :

$$f_0 = 160 [0.111/d (1/m'_1 + 1/m'_2)]^{0.5} \quad (\text{con } d = \text{spessore in m})$$

$$\Delta R_w = 72 - (R_{w,m1}/2 + 20 \log f_0) \quad \text{approssimando}$$

$$\Delta R_w = 15 \text{ dB}$$

Seguendo la norma UNI 11175 si ha (da tabella):

$$\Delta R_w = 7 \text{ dB}$$

Quindi, cautelativamente

$$\Delta R_w = 7 \text{ dB}$$

Il setto composto ha

$$m' \approx 630 \text{ kg/m}^2$$

con

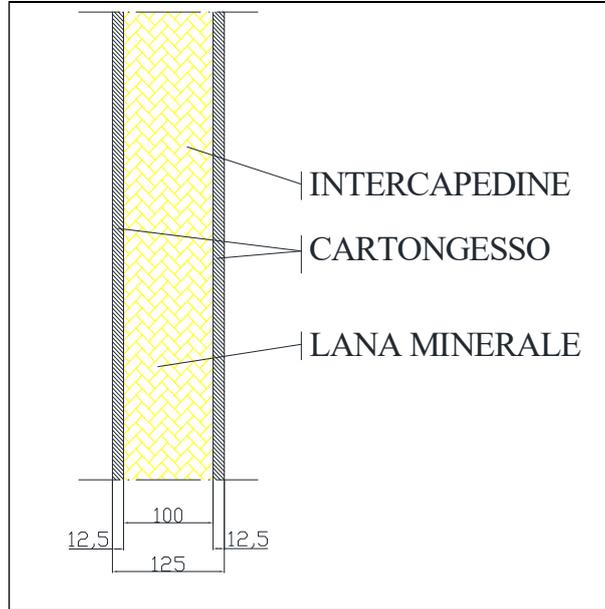
$$R_w = 63 \text{ dB}$$

Il solaio a piano terra presenta una stratigrafia simile ma incrementata, quindi, acusticamente migliore; in termini cautelativi si sono assunte le prestazioni sopra stimate come rappresentative anche di questo tipo di partizioni.

Il solaio di copertura non presenta ne massetto ripartitore ne pavimentazione; in termini cautelativi si sono adottate le prestazioni del solo solaio DUAL ($m_1 = 480 \text{ kg/m}^2$ e $R_w = 54 \text{ dB}$).

- Parete divisoria interna

Le pareti interne tra stanze e tra stanze e vani comuni saranno realizzate secondo la seguente stratigrafia:



Analogamente alle trattazioni precedenti si è risaliti alla massa superficiale del paramento.

In seguito, si è fatto riferimento ai dati presenti nella normativa tecnica che qualificano le partizioni come quella in esame:

prospetto B.6 Valore dell'indice di valutazione, $R_{w,R}$ di tipologia di pareti doppie di tipo leggero in lastre di gesso rivestito su orditura metallica

Tipologia	s_B	Tipo profilo a C	s	s_D	$R_{w,R}$
	12,5	C 50 x 0,6	50	40	45
		C 75 x 0,6	75	40	45
		C 100 x 0,6	100	40	47
		C 100 x 0,6	100	60	48
	2 x 12,5	C 50 x 0,6	50	40	50
		C 75 x 0,6	75	40	51
			75	60	52
		C 100 x 0,6	100	40	53
			100	60	55
			100	80	56

Legenda figure
 s_B è lo spessore delle lastre in gesso rivestito, in millimetri
s è lo spessore minimo dell'intercapedine, in millimetri
 s_D è lo spessore minimo del materiale isolante fibroso, in millimetri
 $R_{w,R}$ è il valore di progetto, ottenuto da media statistica di R_w e già corretto da un termine cautelativo uguale -2 dB
X è uno strato di materiale ammortizzante
Dimensioni in millimetri
Il materiale isolante fibroso ha resistenza di flusso d'aria $r \geq 5 \text{ kNs/m}^4$ e spessore 50 mm.

La massa superficiale è:

$m' = 25 \text{ kg/m}^2$

e l'indice del potere fonoisolante del setto è:

$R_w = 48 \text{ dB}$

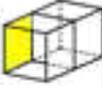
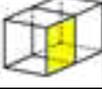
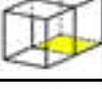
Con i valori ottenuti, introdotti nella scheda di calcolo riportata di seguito, si è valutato il valore di R'_w e dell'isolamento acustico della partizione campione, sfruttando la metodologia prevista dalla normativa vigente. La partizione valutata è tra quelle più penalizzate dal punto di vista dell'isolamento acustico sia per morfologia, sia per destinazione d'uso. In ragione del fatto che l'algoritmo di calcolo è tanto più accurato quanto più la morfologia degli ambienti in esame è simile al modello indicato nella normativa tecnica si è cercato di selezionare le partizioni più prossime all'idealità.

Il software utilizzato per le verifiche è ECHO 8.2 di ANIT.

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO

M - Parete tra Camera singola A piano terra e Camera singola B piano terra

Area del divisorio: 9,6 m²

		Elemento	Massa superficial e [kg/m ²]	R _w [dB]	Strato addizionale	ΔR _w [dB]
S		Parete interna	25,0	48,0	Lato emittente: Lato ricevente:	0,0 0,0
1		Parete interna	25,0	48,0		0,0
2		Solaio piano terra	620,0	56,0		0,0
3		Parete perimetrale	480,0	53,0	Placcaggio interno	7,8
4		Solaio interpiano	620,0	56,0	Controsoffitto	7,0
5		Parete interna	25,0	48,0		0,0
6		Solaio piano terra	620,0	56,0		0,0
7		Parete perimetrale	480,0	53,0	Placcaggio interno	7,8
8		Solaio interpiano	620,0	56,0	Controsoffitto	7,0

Giunzioni

Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]
1		A croce con strati flessibili (caso 2)	2,7
2		A T con strati flessibili (caso 1)	3,6
3		A croce con strati flessibili (caso 2)	2,7
4		A T con strati flessibili (caso 1)	3,6

Rij - Potere fonoisolante per trasmissione laterale relativo al percorso i-j

Percorso		Tipo di collegamento	Rij [dB]
S		Trasmissione diretta	48,00
1-5		A croce con strati flessibili (caso 2)	102,21
2-6		A T con strati flessibili (caso 1)	56,26
3-7		A croce con strati flessibili (caso 2)	106,35
4-8		A T con strati flessibili (caso 1)	66,76
1-S		A croce con strati flessibili (caso 2)	82,21
2-S		A T con strati flessibili (caso 1)	93,04
3-S		A croce con strati flessibili (caso 2)	101,90
4-S		A T con strati flessibili (caso 1)	100,04
S-5		A croce con strati flessibili (caso 2)	82,21
S-6		A T con strati flessibili (caso 1)	93,04
S-7		A croce con strati flessibili (caso 2)	101,90
S-8		A T con strati flessibili (caso 1)	100,04

Potere fonoisolante R'_w 47,3 dB
Volume del locale ricevente 43,4 m³
Isolamento acustico $D_{nT,w}$ 49,1 dB

Visti i risultati ottenuti sulle partizioni verticali e in ragione della stratigrafia di solaio molto prestazionale, non è stato necessario verificare l'isolamento acustico tra stanze al piano primo e quelle al piano terra.

Stima di prestazione dei serramenti interni (porte delle camere)

Al fine di ottenere una buona intimità tra stanze di degenza e corridoi comuni è necessario raggiungere un isolamento acustico almeno pari a 40 dB come richiesto dalla Committenza.

In base a questo obiettivo e conoscendo la prestazione d'isolamento delle pareti si è valutata la performance acustica che le porte devono fornire.

Le considerazioni sono state condotte su una stanza campione; quella che dal punto di vista acustico è più penalizzata sia per destinazione d'uso che per geometria:

SI - Separazione tra corridoio Comune e Camera singola A piano terra

Hp:

-altezza uniforme del locale ricevente pari a 2.7 m fino al controsoffitto

-altezza antibagno pari a 2.4 m al controsoffitto

- $R_w \text{ parete} = 51 \text{ dB}$

- $R_w \text{ porta} = 32 \text{ dB}$

- volume ambiente ricevente $V = 44.3 \text{ m}^3$

Si ha:

$$t_{\text{porta}} = 10^{-(R_w \text{ porta}/10)} = 10^{-(32/10)} = 4.0 \text{ E-4}$$

$$t_{\text{muro}} = 10^{-(R_w \text{ muro}/10)} = 10^{-(51/10)} = 7.9 \text{ E-6}$$

$$S = 3.8 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{porta}} = 2.3 \text{ m}^2$$

$$S_{\text{muro}} = 1.5 \text{ m}^2$$

$$t = 4.0 \text{ E-4} \times (2.3/3.8) + 7.9 \text{ E-6} \times (1.5/3.8) = 2.4 \text{ E-4} + 3.1 \text{ E-6} = 2.4 \text{ E-4}$$

$$R_w = 10 \log (1/t) = 10 \log (1/2.4 \text{ E-4}) = 36.2 \text{ dB}$$

Per la valutazione della prestazione delle porte, si è valutato il valore delle eventuali trasmissioni laterali $K = 2 \text{ dB}$, quindi:

$$R'_w = R_w - K = 36.2 - 2 = 34.2 \text{ dB}$$

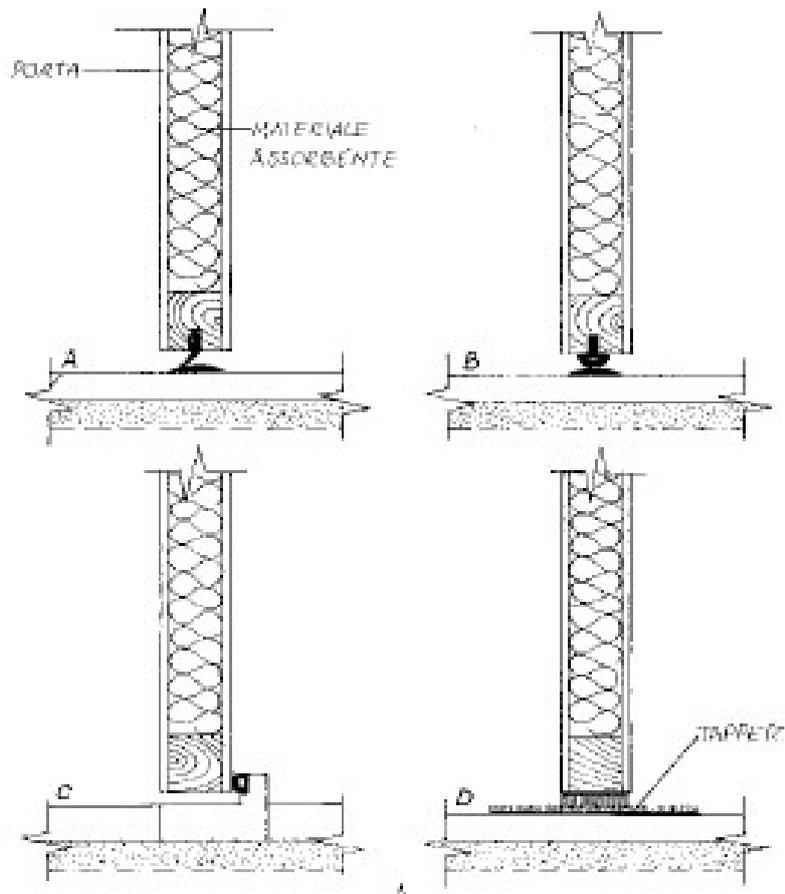
$$D_{nT,w} = R'_w + 10 \log V/3S = 34.2 + 5.9 = \mathbf{40.1 \text{ dB}}$$

In ragione delle considerazioni effettuate, per un buon comfort acustico, la prestazione per le porte delle stanze deve essere di almeno

$$\mathbf{R_w \text{ porta} = 34 \text{ dB}}$$

Per ottenere risultati consoni dovranno essere seguite le seguenti prescrizioni:

- l'anima della porta dovrà presentare una struttura stratificata con elevata massa superficiale;
- il telaio dovrà essere giuntato e sigillato correttamente ai bordi in modo da eliminare ogni percorso di trasmissione aerea dei suoni;
- dovranno essere eliminate tutte le fessure sotto la porta e lungo le battute mediante l'uso di guarnizioni.



Ad esempio, la ditta TECNIC'AL ha certificato la porta modello MONACO con $R_w = 34$ dB; anche la ditta PADILLA produce serramenti capaci di ottenere ottimi risultati.

4.2) Determinazione dell'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata

Elemento murario

Come valutato in precedenza i setti perimetrali presentano
con

$$m' = 500 \text{ kg/m}^2$$

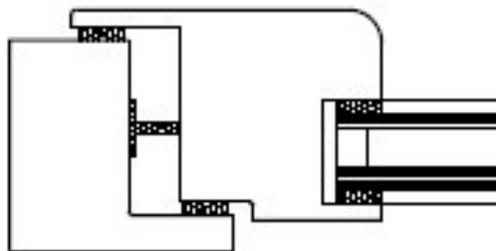
$$R_w = 64 \text{ dB}$$

Infissi

L'oscuramento di finestre e portefinestre sarà realizzato tramite elementi interni.

I vetri dei serramenti interni dovranno essere costruiti a vetrocamera con caratteristiche d'isolamento come definite nelle schede di calcolo riportate di seguito. Il valore d'isolamento acustico degli elementi finestrati, inteso come indice del potere fonoisolante R_w , s'intende riferito all'intera struttura che chiude il vano della muratura (vetro + infisso).

Per quanto riguarda il serramento, esso dovrà essere classificato, secondo quanto definito dalle norme UNI EN 12207 e dovrà avere caratteristiche di tenuta all'aria maggiori della classe 2 (classe 3 o meglio 4). La finestra dovrà essere a doppia battuta e il peso per unità di superficie dell'infisso dovrà essere il più possibile simile a quello del vetro per evitare vie preferenziali di propagazione del rumore.



Occorre osservare che le norme UNI EN-N 12207 “Finestre e Porte – permeabilità all'aria – classificazione” e la norma EN 12152 “Facciate continue permeabilità all'aria – requisiti prestazionali e classificazione” qualificano in base alla classe di tenuta all'aria il serramento stesso. Le perdite d'isolamento dell'elemento vetro + serramento, rispetto al potere fonoisolante dell'elemento vetrato, sono indicate in tabella.

Classe del serramento	Perdita di isolamento [dB]
1	$\Delta R_w \geq 8$
2	$5 \leq \Delta R_w < 8$
3	$2 \leq \Delta R_w < 5$
4	$\Delta R_w < 2$

Le giunzioni tra il vetro e i profili ed anche tra gli stessi profili possono causare importanti problemi; infatti, le giunzioni difettose hanno una influenza negativa sull'isolamento acustico nello spettro delle alte e medie frequenze.

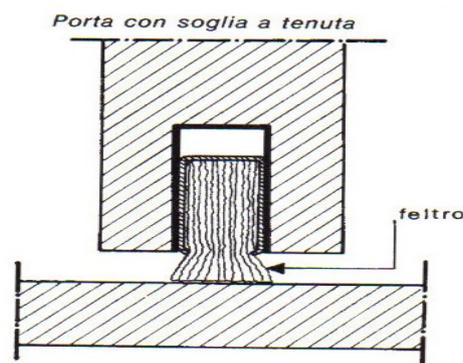
Come citato in precedenza, è necessario applicare alle parti mobili una doppia guarnizione di tenuta. La guarnizione di tenuta deve essere vulcanizzata sull'intero perimetro senza interruzione alcuna. Per il telaio possono essere utilizzati:

- profilati in pvc pesante.
- profilati in alluminio con taglio termico;

Gli infissi dovranno essere applicati evitando accuratamente connessioni aperte tra lo stipite, il controtelaio e la muratura; tutti i vuoti presenti tra questi tre elementi dovranno essere accuratamente sigillati, per tutto lo spessore, con malta cementizia e/o sigillanti elastici.

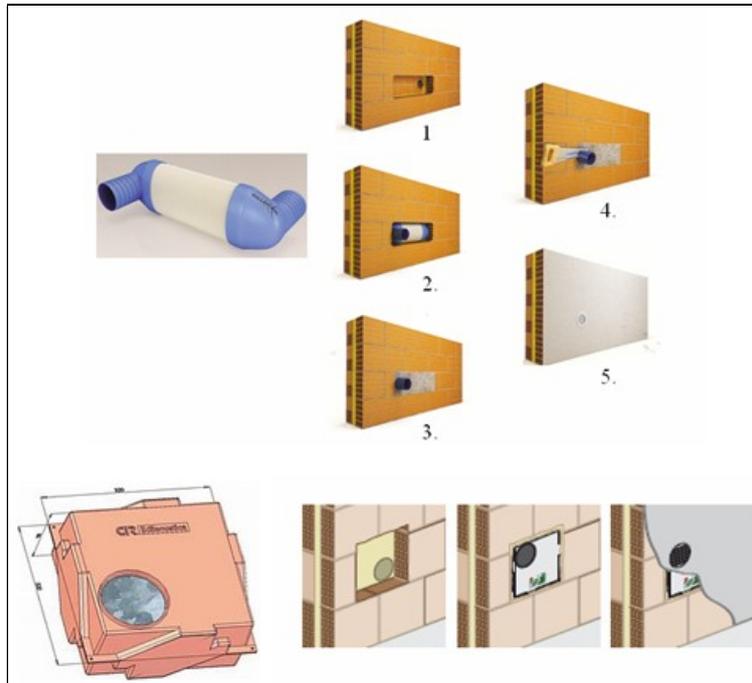
Deve essere fatta molta attenzione alle malte che in fase di ritiro possono creare fessure attraverso le quali può generarsi una significativa trasmissione di rumore.

Per garantire una buona risposta dei portoni d'ingresso è opportuno applicare alla base di questi ultimi, oltre che alle battute perimetrali, guarnizioni in feltro o di materiale similare (es. neoprene). La battuta di marmo sulla soglia d'ingresso aiuta in modo sostanziale la prestazione d'isolamento; in alternativa è consigliato l'impiego di tagliole meccaniche alla base della porta.



Per il montaggio dei serramenti è necessario seguire scrupolosamente i dettami della norma UNI 11296.

Le bocchette per la ventilazione degli ambienti dovranno essere realizzate in modo da garantire un livello d'abbattimento acustico compatibile con quello degli elementi finestrati (a titolo di esempio si suggerisce l'impiego di bocchette SILENTIO della ditta TERMOLAN con $D_{n,e,w} = 50$ dB o TORNADO della ditta CIR con $D_{n,e,w} = 53$ dB).



Il termine di correzione dato dal fattore di forma (ΔL_{fs}) è stato assunto, secondo i casi, seguendo il prospetto della norma UNI 11175 che attribuisce un valore a tale grandezza in funzione della morfologia di facciata.

Per valutare la morfologia di facciata è stato assunto che:

- le facciate hanno forma piana o a terrazza continua o a terrazza discontinua limitata lateralmente;
- il coefficiente α_w è ≤ 0.3 ;
- l'altezza di veduta della sorgente più prossima è funzione dell'altezza dell'ambiente ricevente.

Nella verifica si sono valutate le prestazioni delle facciate dei locali più sensibili per morfologia e destinazione d'uso e tra queste si sono escluse quelle che non presentano aperture finestrate.

Analogamente alle verifiche precedenti si è analizzato il comportamento delle facciate campione tramite il software ECHO 8.2.

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA

F1 - Facciata Camera singola B piano terra

Volume dell'ambiente 43,40 m³
 Superficie della facciata 9,70 m²

	Elemento	Area [m ²] / Lunghezza [m]	R _w / D _{new} [dB]	
1	Parete perimetrale	6,80	64,00	
2	Porta finestra	2,90	44,00	
3	Giunto sigillato	7,20	53,00	

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB
 Forma di facciata $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

R'_w 46,0 dB
 D_{2m,nT,w} 47,5 dB
 Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad ospedali,
 cliniche o case di cura
 D_{2m,nT,w} minimo 45,0 dB

Limite verificato

F2 - Facciata Camera doppia A piano primo

Volume dell'ambiente 65,10 m³
 Superficie della facciata 10,20 m²

Elementi che compongono la facciata

	Elemento	Area [m ²] / Lunghezza [m]	R _w / D _{new} [dB]	
1	Parete perimetrale	7,70	64,00	
2	Porta finestra	2,50	44,00	
3	Giunto sigillato	6,40	53,00	

Correzioni

Trasmissione laterale K = 2 dB
 Forma di facciata $\Delta L_{fs} = 0$ dB

Indice di valutazione dell'isolamento di facciata

R'_w 46,8 dB
 D_{2m,nT,w} 49,9 dB
 Categoria dell'edificio Edifici adibiti ad ospedali,
 cliniche o case di cura
 D_{2m,nT,w} minimo 45,0 dB

Limite verificato

Esempio di tipologia di vetro

Al fine di raggiungere un isolamento di facciata compatibile alle richieste di legge, è necessario che gli elementi finestrati forniscano: **$R_w \geq 44 \text{ dB}$**

Ad ottenimento della prestazione di facciata sarà necessario l'impiego di vetri stratificati.

Per valutare il complesso vetrata + infisso, si è fatto riferimento alla norma UNI 11175:

$$R_{w \text{ finestra}} = R_w + K_P + K_{RA} + K_{DS} + K_{FG} + K_{F1,5} + K_{F,3} + K_{GB}$$

K_P finestre ; porte

K_{RA} per telai minori al 30% rispetto alla superficie totale del serramento

K_{DS} per serramenti con doppio telaio mobile e senza montante centrale

K_{FG} per serramenti con telaio non in vista e con maggiore superficie trasparente

$K_{F1,5}$ per serramenti con superficie minore a $1,5 \text{ m}^2$

$K_{F,3}$ per serramenti con lastre di vetro maggiori di 3 m^2

K_{GB} per serramenti a nastro

Tramite il prospetto B.10 della norma è possibile individuare il valore dei suddetti coefficienti.

I coefficienti che possiamo assumere significativi sono:

- K_P , assimilabile a -2,

e in alcuni casi

- $K_{F1,5}$ assimilabile a -1 (già considerato, dove presente, nelle schede di calcolo).

Quindi, la prestazione delle superfici vetrate escluso serramento, nel caso si utilizzi un telaio con classe di permeabilità all'aria pari a 4, deve essere di circa **$44 \div 46 \text{ dB}$** .

Tale prestazione è ottenibile, ad esempio, con uno stratificato **$44.2a - 20 - 12$** .

(il pedice a indica la presenza di una pellicola plastica con prestazioni acustiche).

IMPORTANTE: L'impiego di serramenti scorrevoli è fonte di problemi sulla tenuta del bordo perimetrale.

Dove necessarie chiusure scorrevoli è consigliato l'impiego della tipologia "alza e scorri".

In sequenza è riportato un prospetto, tratto dalle norme UNI, con stratigrafie, pesi e prestazioni di vetri d'uso comune in edilizia.

Valori di laboratorio dell'Indice di potere fonisolante di vetrate

Composizione (vedere legenda)	Spessore totale (mm)	Massa kg/m ²	Potere fonisolante $R_w (C; C_{tr})$
6-12-8	26	35	35 (-1; -5)
4-12-43.1ep	23	25	35 (-1; -5)
4-8-44.6	22	32	36 (0; -4)
4-6-55.2	21	35,5	36 (1; -3)
33.1a	6	15	36 (-1; -3)
6-9-44ep	23	35	37 (-1; -5)
8-12-10	30	45	37 (0; -3)
5-6-64.4	23	37,5	38 (-1; -5)
44.1a	8	20	38 (0; -4)
44.1a-6-4	19	30	38 (-1; -4)
8-9-64.1	27	45	39 (0; -4)
6-9-44ep	27	45	39 (0; -4)
10-12-12	34	55	39 (0; -3)
55.1a	10	25	39 (0; -3)
64.4-6-33.1	24	42	40 (-1; -5)
44.1a-6-6	21	35	40 (-2; -5)
44.1a-16 argon-6	31	30	41 (-2; -7)
64.4-9-53.1	29	45	42 (-1; -5)
55.1a-12-33.1a	29	40,5	43 (-1; -6)
44.2a-12-12	33	51	43 (-1; -5)
44.2a-20-12	41	51	44 (-1; -4)
64.2a-20-44.2a	40	47	47 (-1; -7)
66.1a-20 SF ₆ -44.1a	41	50,5	49 (-2; -7)
66.2a-20 SF ₆ -44.2a	40	47	51 (-5; -10)

Legenda:

- il numero dopo la virgola indica il numero di plastici;
- il numero tra i due trattini indica l'intercapedine d'aria;
- SF₆ = gas esafluoro inserito;
- a = presenza di foglio plastico con prestazioni acustiche;
- ep = presenza di vetro basso emissivo.

4.3) Determinazione dell'indice del livello di rumore di calpestio normalizzato

Come definito in precedenza l'indice del rumore di calpestio non è soggetto ad alcun limite tuttavia al fine di verificare il comfort acustico è stata condotta una verifica di prestazione.

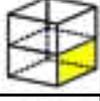
L'indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato $L_{n,w}$ del solaio (solaio + massetto alleggerito + massetto ripartitore + pavimentazione) risulta essere: $L_{n,w, eg} = 66$ dB
valore stimato secondo quanto prescritto dalla normativa tecnica, ricordando che la densità areica del solaio privo di pavimento galleggiante è di circa 620 kg/m^2 .

La presenza della controsoffittatura comporta una riduzione del rumore di calpestio: al fine di valutare la prestazione in opera si è proceduto alla modellazione tramite il software ECHO 8.2 di ANIT che, implementato con le formule previsionali (UNI EN ISO 12354), permette una valutazione puntuale delle trasmissioni laterali.

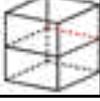
Al fine di individuare un valore utile, si sono indagate le prestazioni di un solaio campione selezionato tra quelli che presentano le caratteristiche di isolamento acustico più penalizzate sia dalla geometria degli ambienti che dalla destinazione d'uso.

CALCOLO DEL LIVELLO DI RUMORE DA CALPESTIO

C - Calpestio tra Camera doppia A piano primo e Camera doppia A piano terra

		Elemento	Massa superficial e [kg/m ²]	L _{n,eq,0,w} [dB]	R _w [dB]	Strato addizionale	ΔL _w /ΔR _w [dB]
S		Solaio interpiano	620,0	66,0	56,0	Lato emittente:	0,0
						Lato ricevente: Controsoffitto	15,0
1		Parete interna	25,0		48,0		0,0
2		Parete interna	25,0		48,0		0,0
3		Parete perimetrale	480,0		53,0	Placcaggio interno	5,0
4		Parete interna	25,0		48,0		0,0

Giunzioni

Lato		Tipo di collegamento	Lunghezza [m]
1		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso 2)	3,8
2		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso 2)	5,5
3		A T (caso 1)	3,8
4		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso 2)	5,5

Lij - Rumore da calpestio per trasmissione laterale relativo al percorso i-j

Percorso		Tipo di collegamento	Lij [dB]
S		Trasmissione diretta	51,00
S-1		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso 2)	38,89
S-2		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso 2)	40,49
S-3		A T (caso 1)	49,56
S-4		A croce tra elementi pesanti e leggeri (caso 2)	40,49

Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio $L'_{n,w}$ 53,9 dB

Nonostante non sia previsto un pavimento galleggiante, la presenza della controsoffittatura in intradosso ai solai contribuisce a d ottenere una ottima prestazione rispetto ai rumori di calpestio interpiano.

Al fine di ridurre al minimo le fuoriuscite di rumore dai collegamenti al contorno del solaio, dovranno essere adottati i seguenti accorgimenti:

- il battiscopa andrà applicato staccato dal pavimento per impedire che la trasmissione solida si propaghi attraverso questo ultimo alle pareti (eventuali stuccature dovranno essere realizzate mediante l'impiego di materiali elastici es. silicone).
- tutte le scale dovranno essere svincolate dalle strutture verticali e orizzontali di contorno mediante giunti elastici al fine di eliminare le trasmissioni di vibrazioni prodotte dal calpestio sui gradini. Al fine di ridurre ulteriormente la trasmissione si dovrà posare, sotto il rivestimento di ogni scalino e dei pianerottoli (sotto pavimento), un materassino antivibrante o applicare il pavimento mediante malta cementizia elastica (es. FONOPLAST INDEX).
- tutte le pareti verticali a contatto con le scale dovranno essere scollegate dal solaio, dai gradini, dal pianerottolo e dai pilastri mediante materiale elastico o mediante malta cementizia elastica.



4.4) Determinazione del tempo di riverberazione, STI e C₅₀

Gli ambienti campione sottoposti a esame sono quelli destinati a sale comuni e stanze.

Le stanze hanno morfologia simile, quindi, è stata indagata la prestazione acustica di una di queste, quella più penalizzata per forma e disposizione.

La normativa non prevede alcun limite alla riverberazione in ambienti con la destinazione d'uso come quella in oggetto tuttavia, al fine di ottimizzare il comfort acustico è lecito prevedere una riverberazione inferiore a 1.2 s.

La conoscenza delle superfici d'ogni materiale all'interno dei locali e dei coefficienti d'assorbimento degli stessi alle frequenze d'interesse (banca dati norma UNI EN 12354-6; appendice 4 di “Manuale di acustica applicata” UTET; database dei programmi di simulazione) ha permesso la valutazione del tempo di riverberazione.

Al fine della valutazione si sono approssimate le superfici d'ogni tipologia di materiale presente negli ambienti; tali ambienti sono stati considerati non arredati e non si è valutato il contributo fonoassorbente di banchi e/o poltroncine, seggiole, ecc...

Caratteristiche degli ambienti, utilizzate per la stima:

- pavimentazione in ceramica
- pareti in cartongesso
- controsoffittatura in cartongesso
- superficie delle porte interne in formica/legno
- superficie dei serramenti in vetro
- assenza di tendaggi (la presenza di tendaggi contribuisce a diminuire il tempo di riverberazione)

Si è proceduto alla stima del tempo di riverberazione, di STI e C₅₀ con l'impiego del software ECHO 8.2 di ANIT che considera anche il comportamento in frequenza.

CALCOLO DEL TEMPO DI RIVERBERAZIONE

RT 1 Tempo di riverberazione acustica Camera doppia A piano terra

Volume dell'ambiente 65,10 m³

Aree di assorbimento equivalente

Materiale	Superficie [m ²]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Piastrelle in ceramica	19,80	0,20	0,20	0,40	0,40	0,59	0,59
Cartongesso	55,40	14,96	9,42	5,54	4,99	6,09	6,65
Cartongesso a soffitto	19,80	5,94	2,97	1,98	1,39	1,39	1,39
Porte	2,30	0,32	0,23	0,18	0,18	0,18	0,18
Finestre vetro	2,50	0,30	0,20	0,13	0,10	0,08	0,05

Risultati

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
T calcolato	0,48 s	0,80 s	1,24 s	1,42 s	1,19 s	1,05 s
T medio (250 Hz - 2000 Hz)	1,16 s					



T calcolato

STI - INDICE DI TRASMISSIONE DEL PARLATO

Modello di calcolo Campo riverberato diffuso con contributo del suono diretto trascurabile
 Parlatore Maschio
 Sforzo vocale normale
 Livello di pressione sonora a 1 m: 60 dBA

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Tempo di riverberazione							
T [s]	0,48	0,80	1,24	1,42	1,19	1,05	--
Direttività della sorgente							
Q	1,3	1,6	2,0	2,0	2,5	3,2	--
ID	1,0	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	--
Distanza critica							
r _c [m]	0,66	0,51	0,41	0,38	0,42	0,45	--
5·r _c [m]	3,30	2,56	2,05	1,91	2,09	2,23	--
Livello del rumore di fondo							
L _n [dB]	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	--
Livello del parlato							
L _{s,1m} [dB]	62,9	62,9	59,2	53,2	47,2	41,2	--
L _{sr} [dB]	65,5	66,7	64,0	58,5	50,8	43,2	--
L _{sd} [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--
Indice di trasferimento della modulazione							
MTI	0,73	0,64	0,54	0,51	0,55	0,57	--
Indice di trasmissione del parlato							
STI	0,51						
Qualità parlato	Accettabile						
Chiarezza							
C50	5,1	1,4	-1,3	-2,0	-1,0	-0,3	--
C50 medio	-1,5						

RT 2 Tempo di riverberazione acustica Soggiorno comune piano primo

Volume dell'ambiente 296,50 m³

Are di assorbimento equivalente

Materiale	Superficie [m ²]	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
Piastrelle in ceramica	98,80	0,99	0,99	1,98	1,98	2,96	2,96
Cartongesso	92,50	24,98	15,73	9,25	8,33	10,18	11,10
Cartongesso a soffitto	98,80	29,64	14,82	9,88	6,92	6,92	6,92
Porte	12,00	1,68	1,20	0,96	0,96	0,96	0,96
Finestre vetro	20,50	2,46	1,64	1,03	0,82	0,62	0,41

Risultati

	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1 kHz	2 kHz	4 kHz
T calcolato	0,79 s	1,37 s	1,99 s	2,35 s	2,01 s	1,74 s
T medio (250 Hz - 2000 Hz)	1,93 s					



T calcolato

STI - INDICE DI TRASMISSIONE DEL PARLATO

Modello di calcolo Campo riverberato diffuso con contributo del suono diretto trascurabile
 Parlatore Maschio
 Sforzo vocale normale
 Livello di pressione sonora a 1 m: 60 dBA

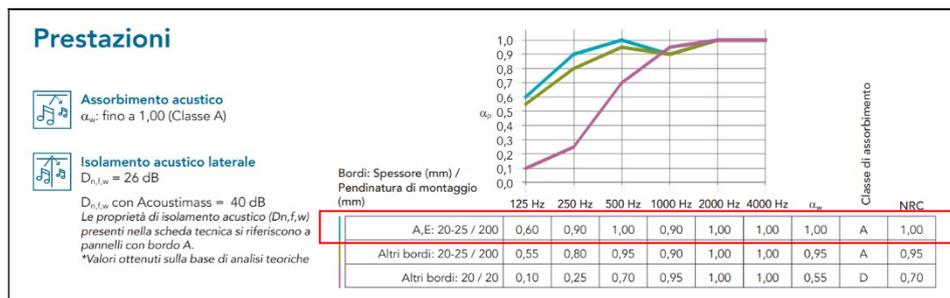
	125 Hz	250 Hz	500 Hz	1000 Hz	2000 Hz	4000 Hz	8000 Hz
Tempo di riverberazione							
T [s]	0,79	1,37	1,99	2,35	2,01	1,74	--
Direttività della sorgente							
Q	1,3	1,6	2,0	2,0	2,5	3,2	--
ID	1,0	2,0	3,0	3,0	4,0	5,0	--
Distanza critica							
r _c [m]	1,09	0,83	0,69	0,64	0,69	0,74	--
5·r _c [m]	5,47	4,17	3,45	3,18	3,44	3,69	--
Livello del rumore di fondo							
L _n [dB]	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	25,0	--
Livello del parlato							
L _{s,1m} [dB]	62,9	62,9	59,2	53,2	47,2	41,2	--
L _{sr} [dB]	61,1	62,5	59,4	54,1	46,5	38,8	--
L _{sd} [dB]	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	--
Indice di trasferimento della modulazione							
MTI	0,61	0,52	0,44	0,40	0,43	0,45	--
Indice di trasmissione del parlato							
STI	0,41						
Qualità parlato	Scarso						
Chiarezza							
C50	1,4	-1,8	-3,8	-4,7	-3,9	-3,1	--
C50 medio	-4,1						

Sia il tempo di riverberazione acustica che STI e C₅₀ hanno valori che non permettono un buon comfort acustico, quindi, visti i risultati ottenuti nelle simulazioni, nonostante la normativa non preveda alcun limite, al fine di ottenere un buon comfort acustico è opportuno sostituire la controsoffittatura in cartongesso con un elemento fonoassorbente.

Gli ambienti in cui è opportuno sostituire il controsoffitto sono tutti gli ambienti ad uso comune come corridoi e sale comuni così come anche le stanze di degenza.

Un controsoffitto fonoassorbente efficace potrebbe essere Rockfon Blanka che ha uno spessore di circa 2.2 mm.

I dati di assorbimento acustico forniti dal produttore sono rappresentati in sequenza:



:

(L’intercapedine che alloggia l’impiantistica ha spessori variabili, comunque, non inferiori a 25 cm)

È possibile impiegare anche altre tipologie di materiali che presentino, però, un coefficiente di assorbimento simile è, quindi, importante che la curva del coefficiente di assorbimento acustico sia simile a quella rappresentata.

I valori stimati, dato che le pareti opposte della sala, differiscono in modo significativo in termini di assorbimento acustico e non sono presenti elementi di dispersione, si sono ottenuti raggiungendo i limiti di applicabilità del modello e quindi si potrebbero ottenere scostamenti.

La soluzione migliore per ben regolare il tempo di riverberazione, e le altre grandezze acustiche, è quella di procedere, in fase di realizzazione, a misure in sito e procedere all’applicazione di materiale fonoassorbente passo-passo (eventualmente alle pareti). Per migliorare la vivibilità degli

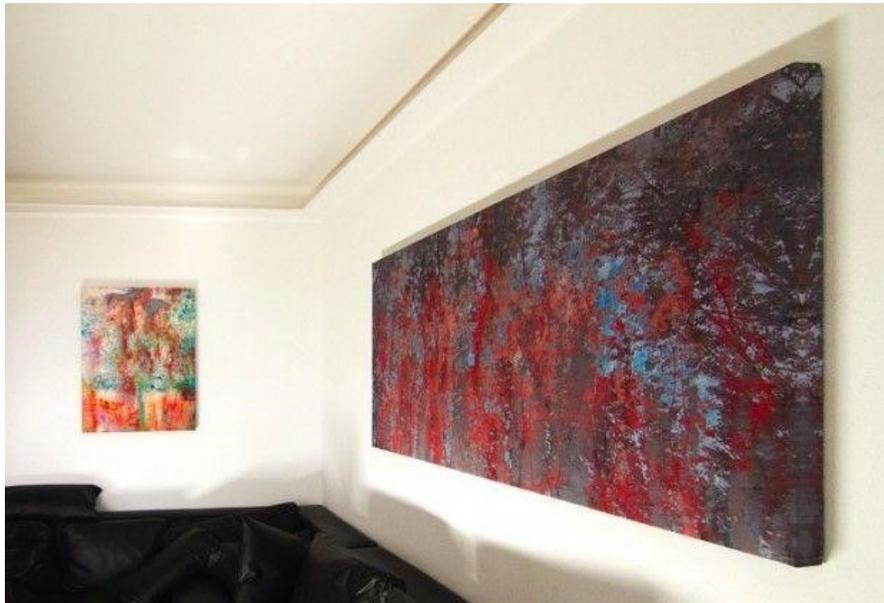
ambienti, è necessario l'impiego di pannelli fonoassorbenti anche nei locali adibiti a ufficio e accessori (disimpegni, corridoi, etc..).

In seguito alle necessarie misure di verifica ad opera ultimata, è possibile valutare altri interventi correttivi che potrebbero essere condotti al fine di ottimizzare la risposta acustica.

Seguendo tale ottica è possibile intervenire con quadri fonoassorbenti.

I vantaggi offerti da questo tipo di intervento sono notevoli in quanto:

- e possibile selezionare elementi con un mirato coefficiente di assorbimento;
- è molto facile da realizzare;
- è facilmente removibile (eventualmente per procedere alla pulizia);
- non teme gli urti;
- permette la regolazione passo-passo del tempo di riverbero (in seguito a misure si può pensare di aumentare il numero di pannelli fino al raggiungimento del risultato voluto);
- ha costi contenuti;
- può essere serigrafato per ottenere l'effetto estetico desiderato;
- è disponibile in qualsiasi formato.



5) IMPIANTI

Gli impianti tecnologici sono spesso origine di rumori e vibrazioni sia all'interno sia all'esterno degli edifici.

Analizzando gli impianti che normalmente possono causare rumore all'interno degli ambienti, tra le principali sorgenti troviamo:

- terminali per la diffusione, trattamento e distribuzione dell'aria (bocchette, split, canalizzazioni, ventilatori, ecc....)
- tubazioni per la distribuzione dell'acqua
- tubazioni di scarico degli impianti sanitari
- apparecchiature per la produzione di calore (caldaie, refrigeratori, ecc...)
- ascensori.

Per la riduzione del rumore prodotto dagli impianti è necessaria una sinergia tra progettazione edilizia e quella impiantistica, quest'ultima subordinata alla prima.

I limiti posti dalla normativa vigente (per fabbricati ad uso residenziale) sono:

- $L_{A\text{ smax}}$ minore o uguale a 35 dB (per servizi a funzionamento discontinuo);
- $L_{A\text{ eq}}$ minore o uguale a 35 dB (per servizi a funzionamento continuo);

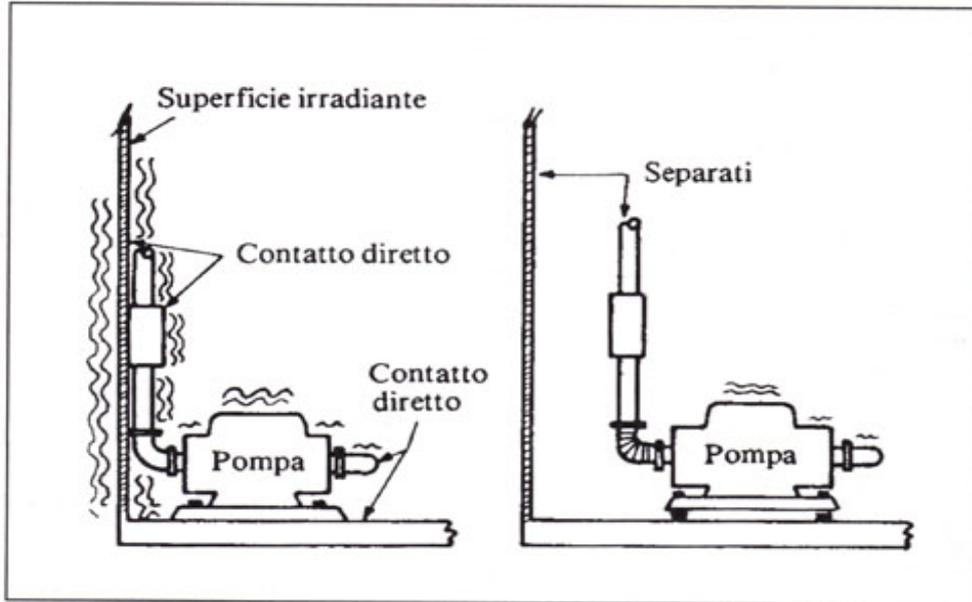
Trasmissione strutturale

L'interazione, tra impianti e strutture, è spesso causa di notevoli disturbi, specialmente per quanto riguarda gli impianti idrico sanitari. Per chiarire questa problematica può essere utile il seguente esempio.

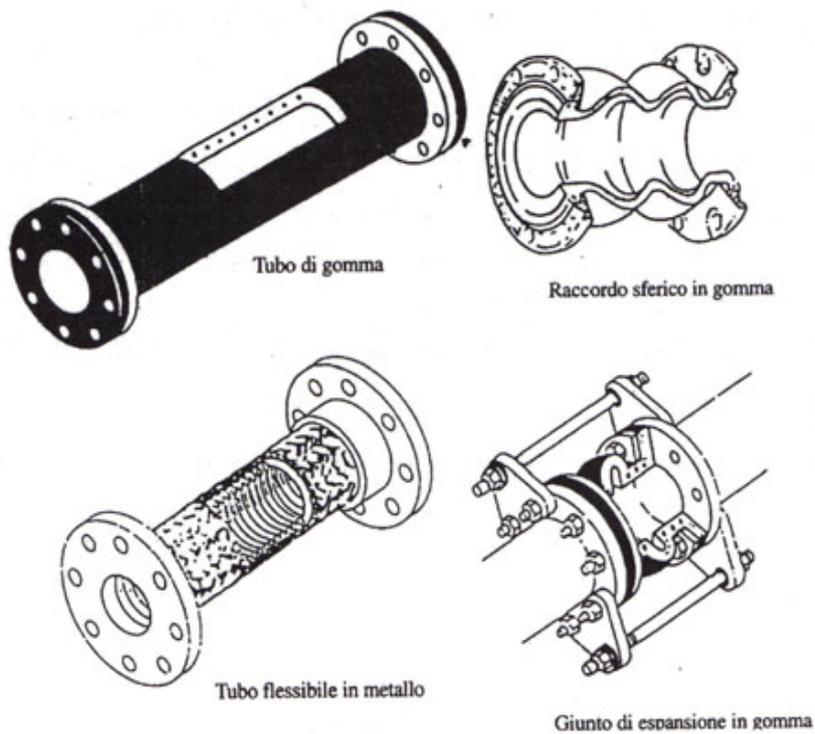
Un'elettropompa collegata rigidamente ad una tubazione per la distribuzione di un fluido, collegata rigidamente alla struttura, si rivela una notevole sorgente di rumore, in quanto le vibrazioni generate dall'elettropompa sono trasmesse alla tubazione e da queste alla struttura, trasformandola così in sorgente rumorosa.

Una possibile soluzione a tale problema è quella di introdurre giunti elastici (solitamente gomma) sia alla base della pompa sia nei sostegni delle tubazioni.

Con tale accorgimento è possibile ridurre notevolmente il rumore che questo tipo d'apparecchiature produce.



Il passo successivo è quello di rendere meno rigida la tubazione con l'inserimento di giunti elastici.



Con l'applicazione di tali giunti la vibrazione prodotta dalla eventuale pompa è notevolmente ridotta e quindi è ridotto il rumore prodotto.

5.1) Impianti a funzionamento continuo

Impianto di riscaldamento

Per impianti a funzionamento continuo s'intendono quelli il cui funzionamento è attivato da sistemi di regolazione automatici. Rientrano in questo caso gli impianti di riscaldamento e gli eventuali impianti di condizionamento o trattamento aria.

Impianto di condizionamento

Tali impianti sono generalmente costituiti dal gruppo di refrigerazione, in una o più unità, il qual è posizionato all'interno degli alloggi, e dallo scambiatore che è posto all'esterno. Per il gruppo refrigeratore vale quanto detto per la caldaia; il suo fissaggio deve prevedere un sistema antivibrante e la stessa cosa vale per la distribuzione se costituita da tubazioni rigide.

Lo scambiatore esterno dovrà essere scelto privilegiando prodotti a bassa emissione sonora (di tipo silenzioso).

5.2) Impianti a funzionamento discontinuo

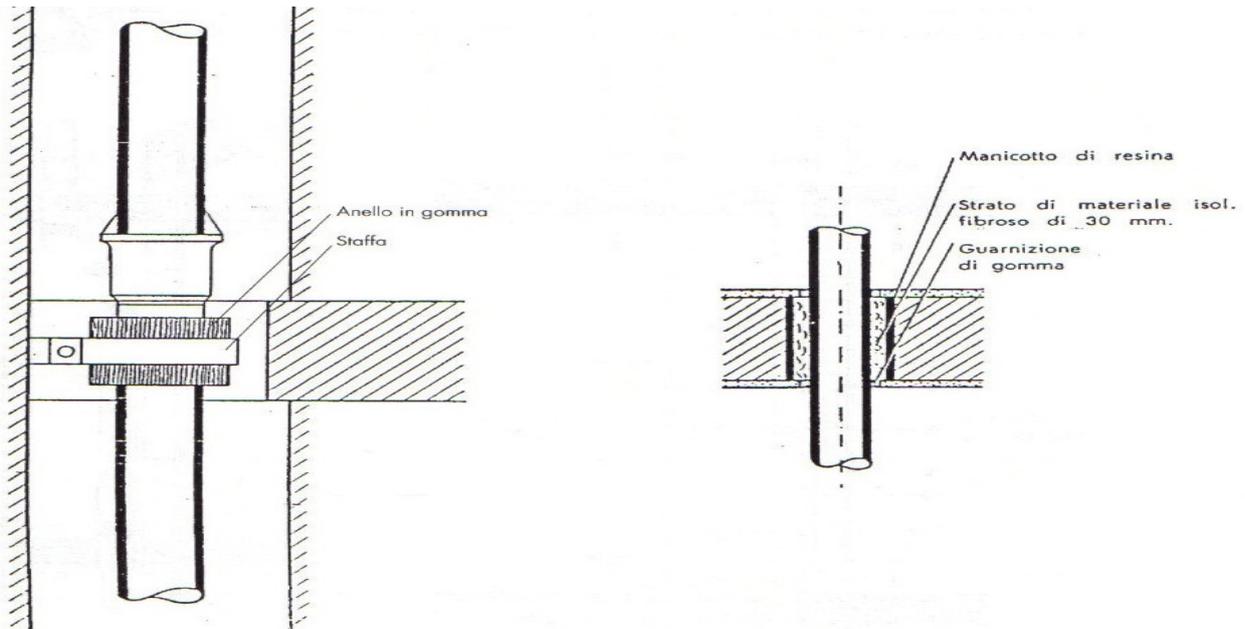
Per impianti a funzionamento discontinuo s'intendono quelli il cui funzionamento è attivato dalle persone. Rientrano in questo caso gli impianti idrici con i loro componenti, rubinetti, cassette di scarico dei wc, ecc.

Il rumore di questo tipo d'impianti si può generare in uno o più punti del sistema, e si trasmette efficacemente sia attraverso le tubazioni sia attraverso il fluido, irradiandosi all'interno del fabbricato anche in posizioni distanti dal punto d'emissione.

Prescrizioni per il sistema di distribuzione e scarico di impianti discontinui

- Nei gomiti il rapporto tra il raggio di curvatura ed il diametro del tubo deve essere almeno pari a 4;
- Dovranno essere scelte valvole a ridotto rischio di cavitazione;
- Le valvole devono essere progettate per ridurre la rumorosità utilizzando elementi capaci di regolare il flusso del fluido, per esempio rubinetti del tipo monocomando miscelatori (classificazione gruppo acustico 1 con $L_{ap} < 20$ dB secondo le norme UNI 10234 e ISO 3822);
- Il rumore definito colpo d'ariete, dovuto all'interruzione improvvisa di un flusso stazionario, viene ridotto utilizzando un sistema di compensazione della pressione nel circuito di distribuzione;
- I rumori meccanici, dati dalle risonanze di tipo meccanico e generati dai componenti, vengono parzialmente attenuati utilizzando tubazioni in polipropilene con sezioni superiori a 18-20 mm (diametro elevato implica una minore velocità, e quindi minor rumore, del fluido nella tubazione).

- Le cassette di scarico e lavaggio dei wc dovranno essere del tipo silenziato sia in fase di scarico che in fase di riempimento (solitamente rivestite con pannelli sandwich composti di resina melamminica espansa con interposta lamina di piombo) e non alloggiare nelle pareti di separazione tra unità abitative;
- Le tubazioni, in particolare in corrispondenza degli attraversamenti delle murature, dovranno essere dotate di sistemi elastici atti a ridurre la trasmissione delle vibrazioni (es. neoprene).

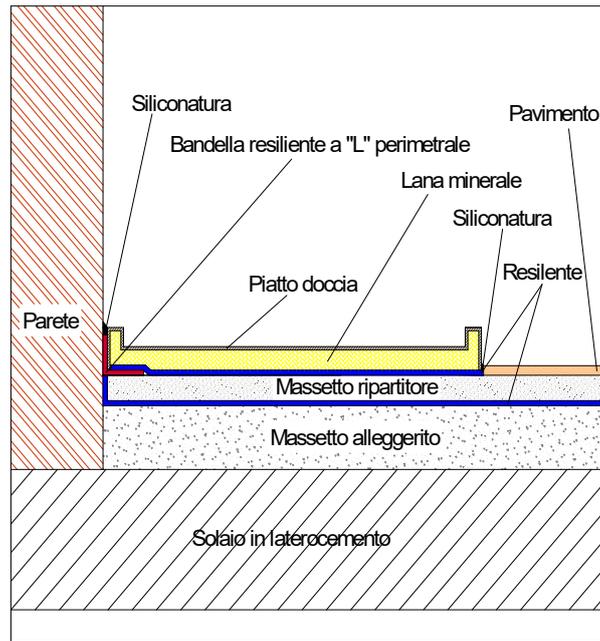


- Tutti i punti di appoggio degli elementi sanitari, vasi, vasche e lavandini, devono essere dotati di appoggi elastici aventi la funzione di ridurre la trasmissione per via solida;
- Al fine di minimizzare il rumore impattivo generato dall'utilizzo del piatto doccia si è necessario interporre, tra il massetto ripartitore e piatto doccia stesso, uno strato resiliente dello spessore di circa 8 mm con rigidità dinamica inferiore a 30 MN/m^3 .

Unitamente a questo accorgimento si è necessario introdurre una fascia resiliente perimetrale ad "L" sul bordo del piatto doccia in corrispondenza della giunzione parete-piatto doccia, al fine di ridurre le vibrazioni che si trasmettono dal piatto alle pareti.

Inoltre, per contenere i rumori a bassa frequenza che si possono generare nell'intercapedine tra piatto e massetto si è necessario ingolfare tale "vuoto" con materiale fonoassorbente quale lana minerale a bassa densità ($30\text{-}40 \text{ kg/m}^3$).

Nel grafico sottostante è rappresentata la corretta applicazione.

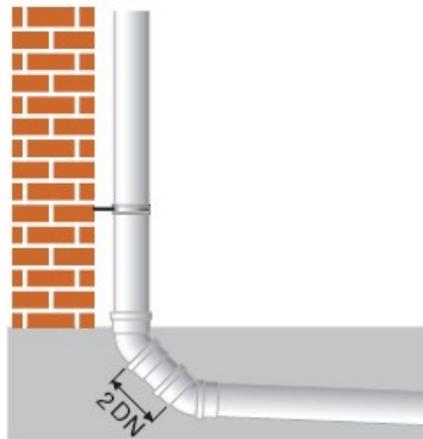


- Un'altra sorgente di rumori è rappresentata dallo scarico del wc;
per ridurre il rumore dato dal dispositivo di sganciamento dello sciacquone si è necessario utilizzare, ad esempio, un sistema magnetico (Es. BAMPI).



il quale è stato appositamente studiato per minimizzare la rumorosità di questa fase di scarico;

- Evitare curve degli scarichi a 90 gradi sostituendole con 2 curve a 45 gradi.

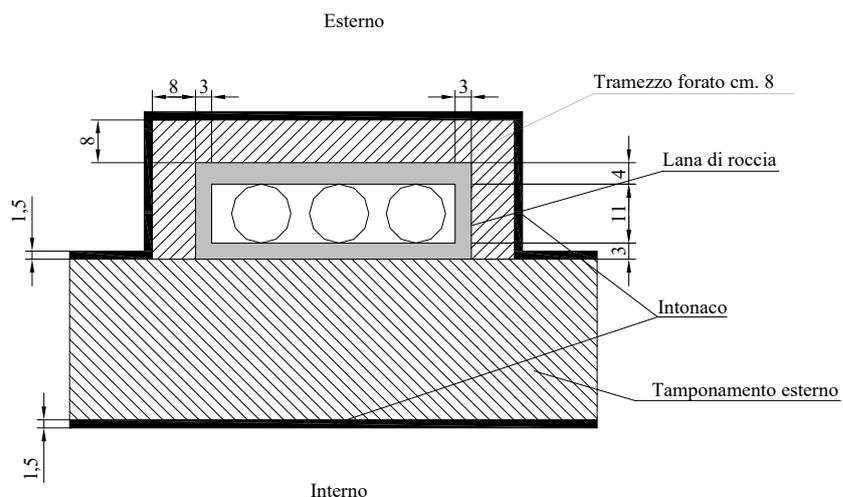


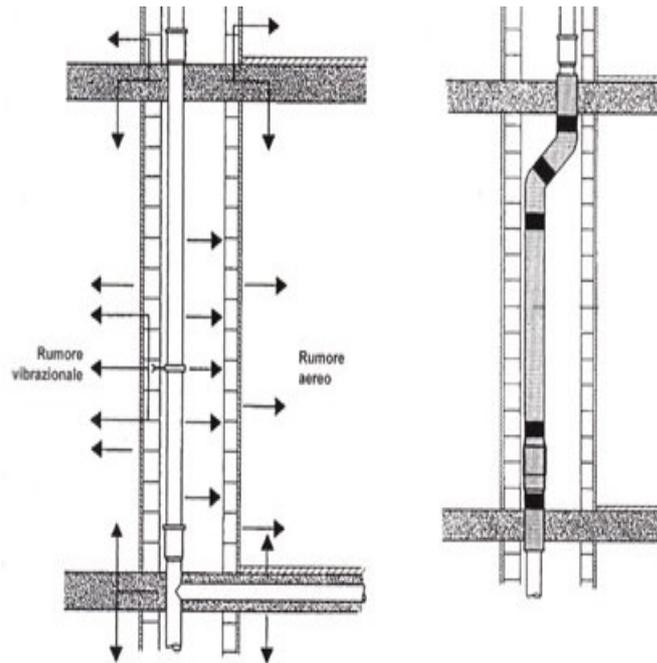
- Evitare dunque strozzature e convoluzioni nel percorso delle tubature, le quali sono causa di moti fluidodinamici turbolenti e quindi rumorosi.
- Le tubazioni degli scarichi devono essere contenute all'interno di un cavedio isolato.

Cavedio per gli scarichi e le tubazioni

Di seguito si riporta una tipologia di cavedio su muratura esterna:

- Intonaco;
- Tamponamento;
- Intercapedine (alloggiamento colonna di scarico);
- Strato resiliente e fonoassorbente (es. lana di roccia);
- Tramezzo forato;
- Intonaco.



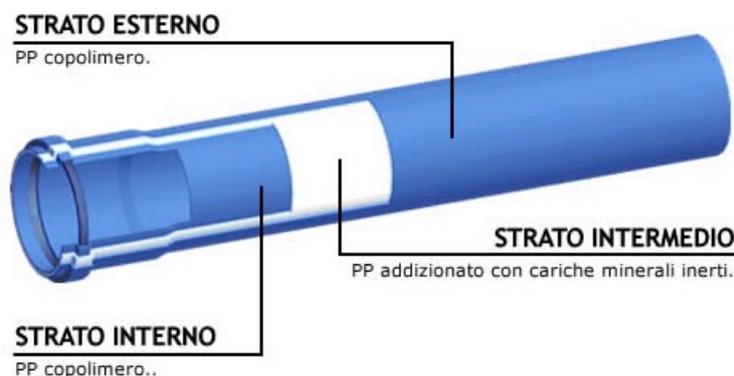


Al fine di raggiungere una classe acustica I per quello che concerne la rumorosità impiantistica è indispensabile procedere alla realizzazione di cavedi aventi le caratteristiche descritte.

Per quanto riguarda le tubazioni di scarico orizzontali all'interno dei massetti, sarà necessario fare in modo che queste ultime attraversino unicamente locali quali bagni, ripostigli o corridoi, per non costituire un canale preferenziale di propagazione del rumore aereo nelle stanze di uso comune.

Al fine di ridurre le vibrazioni occorrerà rivestire la tubazione con materiali a bassa rigidità dinamica ed alta resistenza al flusso d'aria (per esempio resina melamminica espansa).

Ad impedire la trasmissione di rumore aereo è utile avvolgere le tubazioni con lamine di materiale pesante (piombo) o utilizzare tubazioni prefabbricate (es. Geberit o Valsir) che sono isolate con pannelli sandwich composti di polipropilene accoppiato a materiali pesanti.



Tali tubazioni di scarico non dovranno in nessun caso costituire un motivo di interruzione dello strato isolante del pavimento galleggiante.

Prescrizioni per l'installazione della ventilazione meccanica controllata

Interventi sulla sorgente

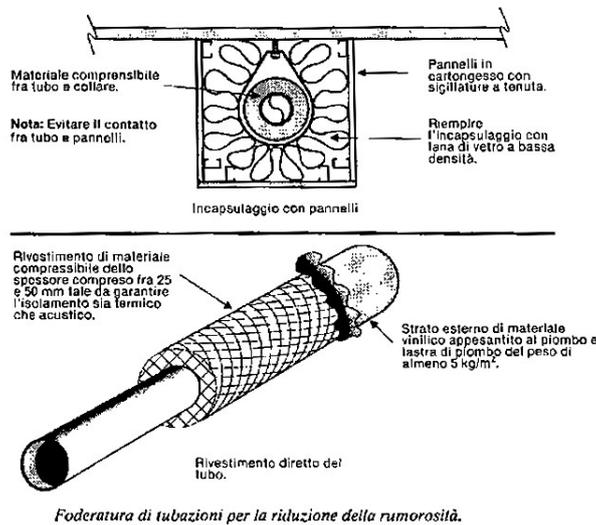
- Tarare gli impianti con bassa velocità di fluidi.
- Fissati i valori di portata eventualmente allargare la sezione di condotti e tubazioni.
- Tarare gli impianti con contenuta resistenza al moto di fluidi.

Interventi su canali d'aria e tubazioni

- Evitare moti turbolenti del flusso di fluido vettore: mantenere un flusso uniforme e a bassa velocità.
- Evitare strozzature e cambi direzione repentini delle tubature e dei canali d'aria.
- Avvolgere con materiale elastico gli attraversamenti di pareti, solai e coperture. Desolidarizzare eventuali canalizzazioni passanti entro la struttura muraria mediante l'impiego di materiali antivibranti di gomma e/o schiume.
- Valutare la possibilità di fare passare i canali entro l'intercapedine del controsoffitto

Interventi sui diffusori

- Scegliere diffusori che presentano bassi valori di generazione del rumore.
- Evitare che il tratto di collegamento tra il canale principale e il diffusore non sia in asse con il diffusore stesso.



Impianti Aeraulici - UTA

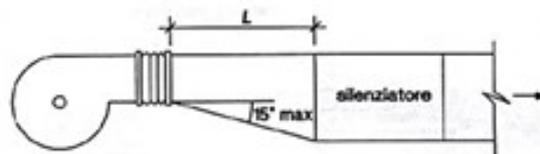
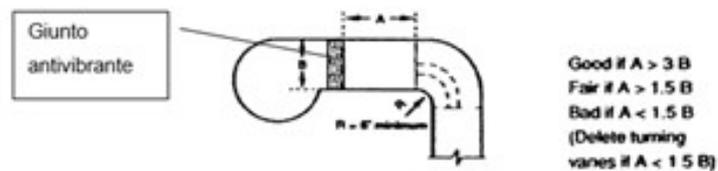
Nella misura e nel luogo in cui saranno presenti, tutti gli impianti aeraulici dovranno essere appoggiati a pavimenti o tetti, fissati e ancorati a solai di copertura o pareti, tramite supporti elastici, supporti antivibranti, pendini e molle di sostegno, in modo da impedire possibili “ponti” di trasmissione del rumore e delle vibrazioni.

Interventi sulla sorgente

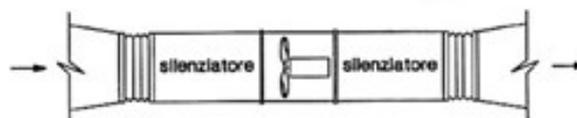
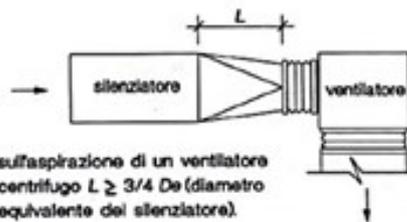
- Utilizzare ventilatori centrifughi con pale ricurve all'indietro (velocità in uscita più bassa)
- Tarare gli impianti con bassa velocità di rotazione dei ventilatori
- Tarare gli impianti con bassa velocità di aria
- Fissati i valori di portata eventualmente allargare la sezione di condotti e tubazioni
- Rivestire le pareti interne della sezione ventilante con materiale fonoassorbente

Canali d'aria o tubazioni

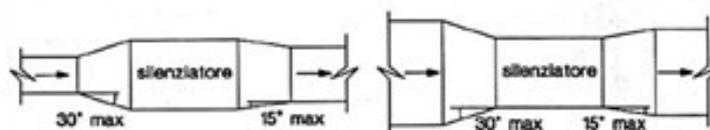
- Evitare strozzature e cambi direzione repentini delle tubature e dei canali d'aria
- Utilizzare un giunto antivibrante tra il ventilatore e il canale



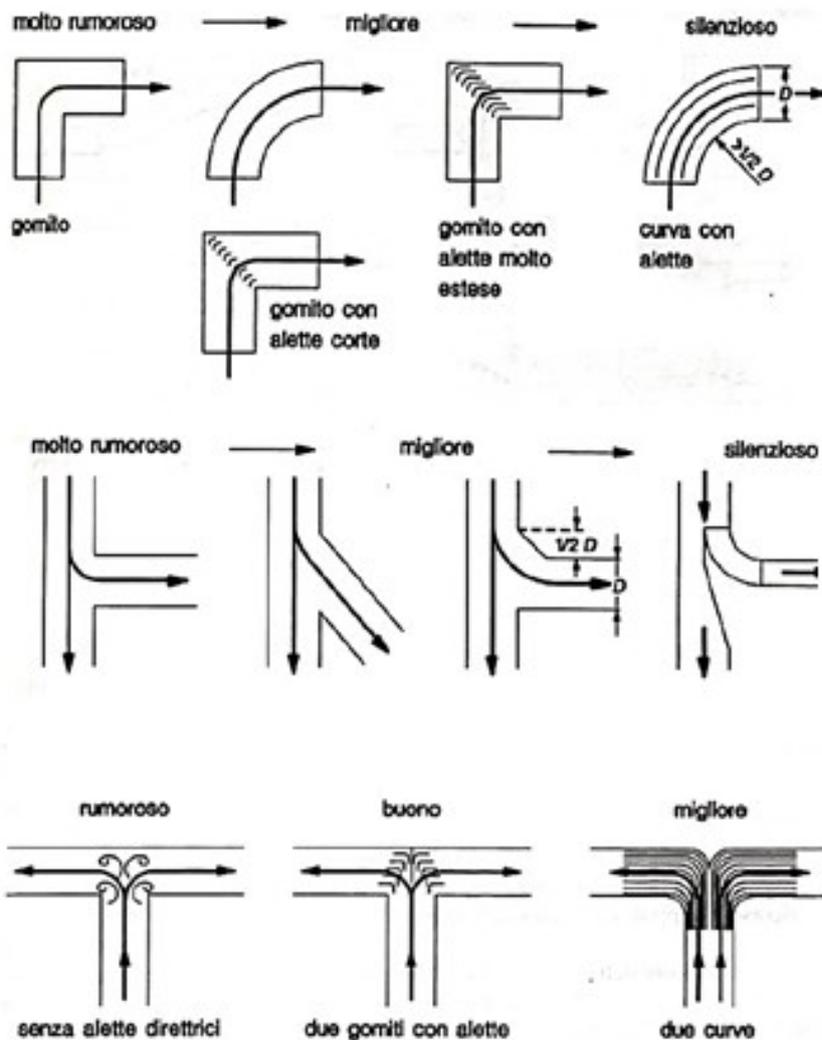
sul premele del ventilatore centrifugo
 $L = w/5$ volte il diametro della girante,
 dove w è la velocità di uscita in m/a.



silenziatori circolari direttamente accoppiati
 a ventilatore assiale



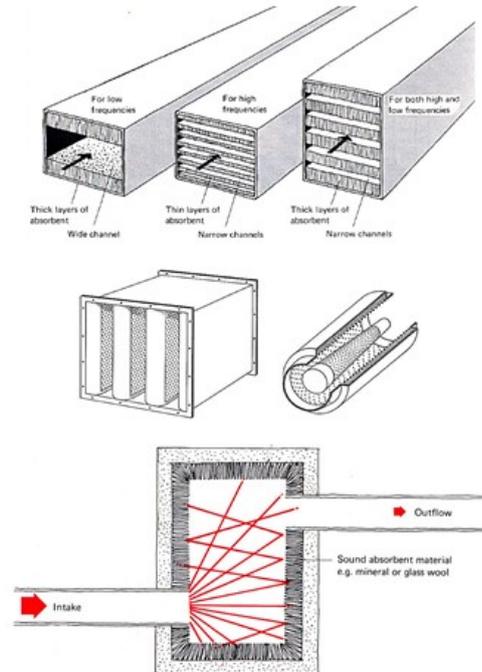
- Predisporre dopo il giunto un tratto rettilineo di canale di lunghezza opportuna
- All'uscita del ventilatore evitare allargamenti di sezione e cambi direzione per una distanza da 3 a 6 volte il diametro di uscita
- L'allargamento di sezione del canale deve prevedere un angolo di inclinazione delle pareti al massimo di 15°
- Nei cambi di direzione repentini utilizzare alette deflettrici
- Le serrande determinano un aumento di rumorosità. Devono essere montate a monte della griglia ad una distanza sufficiente a evitare eccessive turbolenze.



- Avvolgere con materiale elastico (tipo polietilene espanso a celle chiuse) tutti gli attraversamenti di pareti e solai
- Fissare i canali tramite pendini e molle di sostegno

Silenziatori passivi di tipo dissipativo:

- Condotti rettilinei rivestiti
- Silenziatore a setti
- Silenziatori tubolari
- Plenum di distribuzione con rivestimento fonoassorbente



- Utilizzare silenziatori a valle e a monte del ventilatore (UTA, ecc.)
- Inserire silenziatori lontano da curve e lungo tratti rettilinei
- Inserire silenziatori lungo canali di mandata o di ripresa con opportuni raccordi sagomati

Diffusori

- Scegliere diffusori che presentano bassi valori di generazione del rumore
- Evitare che il tratto di collegamento tra il canale principale e il diffusore non sia in asse con il diffusore stesso.

Prescrizioni sulla realizzazione di impianti elettrici

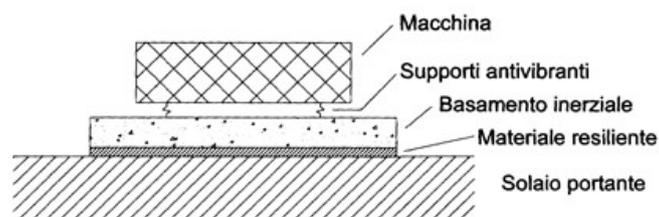
Per un adeguato isolamento acustico delle partizioni verticali e orizzontali si dovrà evitare di realizzare tracce di impianti troppo profondi e simmetrici su entrambi i lati di una stessa parete. In corrispondenza di nicchie inserite in pareti di cassette elettriche particolarmente grandi dovrà essere impiegato gomma-piombo per foderare la scatola.

Prescrizioni per l'installazione di ascensori o montacarichi

- Impiegare motori elettrici.
- Evitare in fase di progettazione di posizionare il vano ascensore a contatto diretto con ambienti abitativi- In caso di contatto tra vano ascensore e unità abitative, realizzare una parete divisoria in calcestruzzo con massa areica di almeno 300 Kg/m^2 e procedere a contro placcare la parete (lato ambiente abitativo) con strato resiliente (almeno 3 cm) e cartongesso.
- Nel caso si utilizzino ascensori oleodinamici è necessario prevedere il posizionamento del compressore del motore in apposito locale
- Nel caso si utilizzino ascensori a fune è necessario prevedere che il motore poggi su un basamento inerziale dotato di supporti antivibranti
- Le guide, elementi di propagazione per via solida, dovranno essere vincolate alle strutture con interposizione di elementi resilienti (materassini elastici)
- Si raccomanda di curare la perfetta regolazione delle porte di sbarco per evitare rumori dovuti all'apertura/chiusura delle stesse.
- Le porte scorrevoli, assimilabili a fonti di rumore discontinuo, dovranno essere applicate su giunti antivibranti.

Prescrizioni per disporre impianti-macchine in esterno

- Realizzare un basamento inerziale sopra un materiale resiliente (solo x impianti di grandi dimensioni e dotati di massa notevole)
- Installare impianti insonorizzati e dotati di piedini antivibranti di appoggio. Mantenere la macchina sollevata da terra e scostata dalla muratura.
- Orientare le emissioni delle macchine verso aree non abitate, non verso gli edifici limitrofi (uffici e abitazioni).
- Isolamento dalle vibrazioni: desolidarizzare eventuali canalizzazioni passanti entro la struttura muraria mediante l'impiego di materiali antivibranti di gomma e/o schiume.



Al fine della classificazione acustica non è si è proceduto alla stima puntuale della rumorosità impiantistica.

6) CONCLUSIONI

Le verifiche previsionali effettuate secondo le norme UNI EN 12354 e UNI 11175 hanno mostrato il rispetto dei valori limite stabiliti dal DCPM 5/12/97.

I dati immessi in calcolo hanno consentito di verificare le condizioni peggiori riscontrabili, pertanto, le valutazioni escluse, nell'ipotesi di essere calcolate, assumerebbero valori conformi alla legge.

L'indagine previsionale ha inteso verificare l'isolamento acustico per ogni ambiente proprio nei punti di maggior debolezza, ovvero laddove i parametri di input di calcolo sono i peggiori riscontrabili. Per ogni verifica è stato attentamente valutato il materiale da inserire nel capitolato e la modalità di posa.

I materiali da utilizzare, nella forma e nelle caratteristiche indicate in relazione e nel manuale di posa, risultano requisiti fondamentali per ottenere i valori di isolamento a norma di legge.

Si precisa tuttavia che, qualora venisse eseguita una posa in opera dei materiali in maniera non idonea o non conforme al progetto, non verranno raggiunti i valori previsti. E' solo la corretta esecuzione del progetto e delle relative prescrizioni sopra descritte, in sede di cantiere, a garantire una efficacia e una resa in termini di isolamento acustico.

Si raccomanda, pertanto, di eseguire controlli in cantiere per verificare la corretta posa in opera dei materiali e dei sistemi edilizi prescritti nella valutazione acustica del progetto.

CESENA, 25 Novembre 2024

Relazione firmata digitalmente

Il tecnico competente in acustica
Iscritto all'elenco Nazionale dei Tecnici
In Acustica Enteca n. 5088
Dott. Andrea Nisi

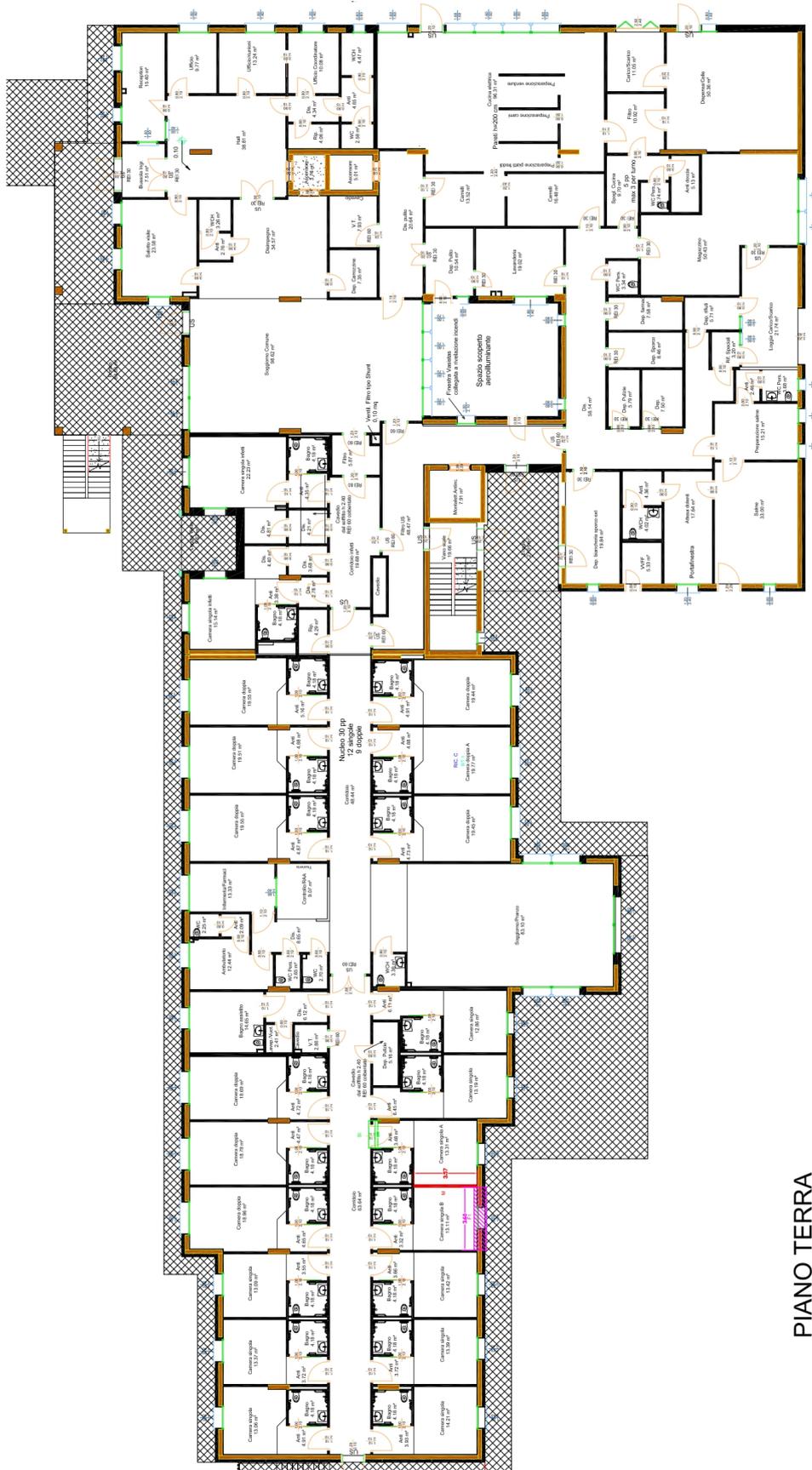
Collaborazione Nisi Natalia

Tecnico Competente in Acustica Iscritto all'elenco Nazionale dei Tecnici
In Acustica Enteca n. 5130

Dott. ANDREA NISI
Tecnico Competente in Acustica
Iscritto all'elenco Nazionale dei Tecnici
in Acustica Enteca n. 5088

ALLEGATI

Piante

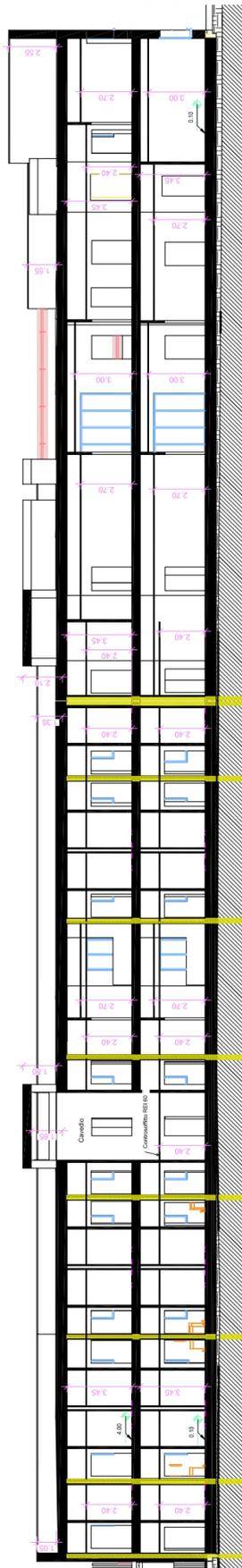


PIANO TERRA



PIANO PRIMO

Sezione



SEZIONE