CITTA' DI PIOLTELLO

Città di Pioltello
Città Metropolitana di Milano

AMPLIAMENTO CASERMA DEI CARABINIERI

PROGETTO ESECUTIVO

Committente:

COMUNE DI PIOLTELLO
Via Carlo Cattaneo 1

Progettista:

Engineering and Technical Services S.p.A.
Via A. Mazzi, 32 - 24018 Villa d'Almè - (BG)
T. +39 035/ 63 13 111 F. +39 035/ 54 50 66
info@etseng.it - www.etseng.it
Sistema Qualità Certificato UNI EN ISO 9001:2008
Certificato numero: SQ00461 CSICERT

Responsabile Unico del Procedimento:

Arch. Cristian SANNA

Titolo elaborato:

Valutazione previsionale requisiti acustici passivi ai sensi del DPCM 512/97

Numero elaborato

002G

Scala: - Data: 10/2017 Commessa: 0315-2016

Redatto	Verificato	Approvato D.T.	Descrizione	Data	Rev.
Romano	Romano	Parietti	Emissione	10/2017	00

Il presente elaborato è di proprietà esclusiva della E.T.S. S.p.A. ed è vincolato alle leggi sulla proprietà letteraria.Ne è vietata, per qualsiasi motivo, la riproduzione e/o consegna a terzi senza esplicito consenso di E.T.S. S.p.A.

modulo: M4-04 / 2

INDICE

1 PREMESSA 3

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI 4

3 SIGNIFICATO DELLE GRANDEZZE ACUSTICHE 6

3.1 Simboli 9

4 METODO DI CALCOLO 11

4.1 Isolamento a suoni aerei fra ambienti adiacenti 12
4.2 Accuratezza e incertezza dei dati 17
4.3 Isolamento a suoni impattivi fra ambienti 19
4.4 Isolamento a suoni aerei di facciate 21

5 VALORI LIMITI VIGENTI 24

6 INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE RW DELLE STRUTTURE 25

6.1 Parete perimetrale in Poroton (M1) 25
6.1 Parete perimetrale in C.A. (M2) 26
6.2 Solaio interpiano 27
6.3 Copertura 28

7 CALCOLO INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA D2M,NTW 29

7.1 Ufficio 3 personale 31
7.2 Ufficio Comandante NORM 32
7.1 Centrale operativa 33
7.2 Copertura 34

8 CALCOLO INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'W DEL DIVISORIO TRA UNITÀ IMMOBILIARI 35

9 CALCOLO INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO L'N,W 35

10 CONTENIMENTO RUMORE IMPIANTI 37

10.1 Premessa 37

10.2 Impianti di ventilazione a funzionamento continuo 38

10.3 Impianti a funzionamento discontinuo 39

11 CONCLUSIONI 45

12 ALLEGATI 46

12.1 Allegato 1 - Indicazioni di esecuzione delle opere a regola d'arte 46

12.1.1 Riduzione del rumore di calpestio nei solai 46

12.1.2 Isolamento da rumore aereo - Pareti 49

12.1.3 Cavedi impiantistici 50

12.1.4 Isolamento da rumore aereo – Facciate e serramenti 50

12.1.5 Isolamento da rumore aereo – Porte d'ingresso 52

12.2 Pareti - Risoluzione di ponti acustici e accorgimenti per la posa in opera 52

12.3 Allegato 2 - Requisiti degli impianti 53

1 PREMESSA

La presente relazione tecnica ha per oggetto la stima in fase di progetto delle prestazioni acustiche passive delle componenti di edificio, allo scopo di verificare il rispetto delle disposizioni contenute nel D.P.C.M. 5.12.97 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici”.

La valutazione dei requisiti acustici fa riferimento al progetto per l’intervento di ampliamento dell’attuale caserma dell’Arma dei Carabinieri, finalizzato all’insediamento della Compagnia dei CC. Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo corpo di fabbrica direttamente connesso a piano rialzato a quello esistente mediante un volume di collegamento. La caserma è sita nel Comune di Pioltello in Via Francesca Morvillo 10.

L’immobile è di proprietà del Comune di Pioltello (MI) con sede in Via Carlo Cattaneo 1.

I dati utilizzati per le valutazioni contenute nella presente relazione tecnica sono stati desunti dalla documentazione di progetto.

2 RIFERIMENTI LEGISLATIVI E NORMATIVI

Il D.P.C.M. 5.12.97 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", in attuazione di quanto previsto all'articolo 3, comma 1, lettera e) della legge 26 ottobre 1995 "Legge quadro sull'inquinamento acustico", stabilisce le prestazioni minime da garantire per il contenimento dell'inquinamento acustico all'interno degli edifici, con riferimento sia al rumore proveniente dall'esterno sia al rumore prodotto all'interno degli stessi.
Secondo il D.P.C.M., le grandezze che caratterizzano i requisiti acustici passivi degli edifici sono:

- T: tempo di riverberazione;
- R': potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti;
- D2m,nT: isolamento acustico standardizzato di facciata;
- Ln: livello di rumore di calpestio normalizzato;
- LASmax: livello massimo di pressione sonora, misurata con curva di ponderazione A e con costante di tempo "slow";
- LAeq: livello continuo equivalente di pressione sonora misurata con curva di ponderazione **A.**

Le tre grandezze R', D2m,nT e Ln, sono funzioni della frequenza; per definirle più sinteticamente, esse vengono espresse attraverso un unico valore detto "indice di valutazione", ricavato dal confronto dell'andamento in frequenza della grandezza con una curva di riferimento. Gli indici di valutazione sono:

- R'w: indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti

- D2m,nT,w: indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata
- Ln,w: indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato

I requisiti acustici passivi degli edifici sono espressi in funzione delle grandezze sopraelencate come segue:

- per la protezione degli ambienti dal rumore proveniente dall'esterno, la prestazione è richiesta agli elementi di facciata dell'edificio (con e senza serramento) con riferimento all'indice D2m,nT,w;
- per la protezione degli ambienti dal rumore prodotto internamente all'edificio da sorgenti diverse dagli impianti tecnici, e che si trasmette per via aerea, la prestazione è richiesta alle partizioni interne (orizzontali e verticale) con riferimento all'indice R'w;
- per la protezione degli ambienti dal rumore di calpestio, che si trasmette per via solida, la prestazione è richiesta alle partizioni orizzontali con riferimento all'indice Ln,w;
- per la protezione degli ambienti dal rumore prodotto dagli impianti tecnologici interni all'edificio, distinti in impianti a funzionamento discontinuo (ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria) e impianti a funzionamento continuo (impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento), la prestazione è richiesta direttamente in termini di livelli sonori negli ambienti interessati, con riferimento alle grandezze LAsmax e LAeq.

Il D.P.C.M. 5.12.97 stabilisce i requisiti degli edifici, a seconda della classificazione degli ambienti abitativi stabilita nella tabella A allegata al decreto, di seguito riportata. Nelle due tabelle, A e B, sono evidenziate le righe a cui l'intervento di progetto deve fare riferimento.

Categoria	Descrizione
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

Tabella 1 - Classificazione degli ambienti abitativi (tabella A allegata al D.P.C.M. 05.12.97)

I limiti previsti per le diverse categorie sono fissati nella tabella B allegata allo stesso decreto, e sono i seguenti:

Categoria	Parametri				
	R'_w(*)	$D_{2m,T,w}$	$L'_{n,w}$	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

Tabella 2 – Valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi (Tabella B allegata al D.P.C.M. 05.12.97).

(*) – Valori di R'w riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

È importante sottolineare che tutti i requisiti acustici stabiliti dal D.P.C.M. si riferiscono a grandezze misurate e non a grandezze calcolate o stimate in fase di progetto. L'effettiva rispondenza delle proprietà acustiche degli edifici può quindi essere determinata solo a posteriori, mediante misure condotte sull'opera finita.

3 SIGNIFICATO DELLE GRANDEZZE ACUSTICHE

Di seguito si riportano le definizioni delle grandezze acustiche indicate al precedente paragrafo 2.

Nelle definizioni, con il termine "ambiente" si indicano i singoli vani dell'unità abitativa. L'**ambiente abitativo** è definito come ogni ambiente interno ad un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane – art. 1, comma 2, lettera b) della Legge 26.10.1995, n. 447 (richiamato dal D.P.C.M. 5.12.1997).

Per quanto riguarda il valore di R'w *"indice del potere fonoisolante apparente di partizioni"*, che va verificato ai sensi del DPCM 5-12-1997, va preso in considerazione quello riferito a partizioni che dividono due unità immobiliari distinte e non tra ambienti della stessa unità immobiliare. In questo senso si è espresso anche il *Ministero dell'Ambiente e della tutela del territorio e del mare* con il suo chiarimento del 29/07/2014.

R'_w - indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di partizioni: è un numero singolo che esprime in dB il potere fonoisolante di una partizione, inteso come rapporto fra la potenza acustica incidente e la potenza acustica trasmessa attraverso la partizione stessa.

Tale proprietà è legata alla differenza fra i livelli di pressione sonora L1 e L2 misurati (in opera) nei due ambienti separati dalla partizione in esame, quando in uno di essi è posta in funzione una sorgente sonora standardizzata. Tale differenza di livelli è detta isolamento acustico:

$D = L1 – L2$

Il potere fonoisolante apparente R' è legato all'isolamento acustico dalla seguente relazione:

$$R' = L_1 - L_2 + 10 \log_{10} (S/A) \text{ [dB]}$$

dove:

- S è la superficie del divisorio;

- A è l'area equivalente di assorbimento acustico dell'ambiente ricevente

Il potere fonoisolante apparente R' dipende, oltre che dalla costituzione della partizione, dalle caratteristiche delle pareti laterali di collegamento tra i due ambienti. Infatti, parte

del rumore generato nell'ambiente emittente non si trasmette nell'ambiente ricevente attraverso l'elemento divisorio, bensì attraverso tali elementi laterali. Questa frazione di energia prende il nome di trasmissione di fiancheggiamento.

Il parametro che si riferisce esclusivamente alle caratteristiche intrinseche della partizione, escludendo la trasmissione di fiancheggiamento, è il potere fonoisolante R, che può essere misurato solo in laboratorio.

Questo parametro viene calcolato mediante la norma UNI EN 12354-1:2002 "Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti".

$D_{2m,T,w}$ - *indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata*: è un numero singolo che esprime in dB la differenza fra il livello di pressione sonora L1 misurato (in opera) all'esterno della facciata in esame, alla distanza di 2 metri ed il livello di pressione sonora L2 misurato all'interno dell'ambiente. Tale differenza di livelli è detta isolamento acustico di facciata:

D2m = L1 – L2

L'isolamento acustico viene normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente in esame, ottenendo l'isolamento acustico normalizzato D2m,nT, secondo la relazione seguente:

D2m,nT = L1 – L2 +10 Log10 (T/T0)

In pratica l'isolamento acustico normalizzato di un elemento di edificio è il parametro acustico corrispondente al suo potere fonoisolante, riferito però al caso in cui l'elemento non divida due ambienti interni ma divida un ambiente interno dall'esterno.

Questo indice viene calcolato mediante la norma UNI EN 12354-3:2002 "Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea".

$L'_{n,w}$ - *indice di valutazione del livello di rumore di calpestio normalizzato*: è un numero singolo che esprime in dB il livello di rumore che si registra nell'ambiente in esame quando sul pavimento dell'ambiente soprastante viene messa in funzione la macchina normalizzata di calpestio.

Viene calcolato mediante la norma UNI EN 12354-2:2002 "Acustica in edilizia. Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti. Isolamento acustico al calpestio tra ambienti".

L_{Asmax} – *livello massimo di pressione sonora*: indica il massimo valore di pressione sonora che può rilevarsi negli ambienti maggiormente soggetti al disturbo derivante dai servizi a funzionamento discontinuo, quali ascensori, scarichi idraulici, servizi igienici. Il parametro viene determinato con misure effettuate in opera con ponderazione 'A' e costante di tempo "slow" (1000 msec).

LAeq – livello continuo equivalente di pressione sonora: indica il livello di pressione sonora che può rilevarsi in continuo negli ambienti maggiormente soggetti al disturbo derivante dai servizi a funzionamento continuo, quali impianti di riscaldamento, aerazione, condizionamento. Il parametro viene determinato con misure effettuate in opera con ponderazione 'A'.

3.1 Simboli

R	Potere fonoisolante di un elemento [dB]
R'	Potere fonoisolante apparente [dB]
ΔR_i	Incremento del potere fonoisolante mediante strati addizionali per l'elemento i [dB]
R_w	Indice di valutazione del potere fonoisolante (EN ISO 717-1) [dB]
ΔR_w	Indice di valutazione dell'incremento del potere fonoisolante (EN ISO 717-1) [dB]
R'_w	Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (EN ISO 717-1) [dB]
C	Termine di adattamento allo spettro 1 (EN ISO 717-1) [dB]
C_{tr}	Termine di adattamento allo spettro 2 (EN ISO 717-1) [dB]

T_{60}	Tempo di riverberazione in cui l'energia sonora decresce di 60 dB dopo lo spegnimento della sorgente sonora [s]
L_n	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato [dB]
$L_{n,w}$	Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato [dB]
$L'_{n,w}$	Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato, in opera (EN ISO 717-2) [dB]
$L'_{nT,w}$	Indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, in opera [dB]
ΔL_n	Attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato di un rivestimento di pavimentazione [dB]
$\Delta L_{n,w}$	Indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato dovuto ad un rivestimento di pavimentazione (EN ISO 717-2) [dB]
C_I	Termine di adattamento allo spettro per il rumore da calpestio (EN ISO 717-2) [dB]
$D_{nT,w}$	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione [dB]
$D_{2m,nT,w}$	Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione (EN ISO 717-1) [dB]
$D_{n,e}$	Isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi di edificio [dB]
$D_{n,e,w}$	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di piccoli elementi di edificio [dB]
K	Termine di correzione per la trasmissione laterale [dB]

4 METODO DI CALCOLO

Il modello di calcolo serve a determinare il valore delle grandezze rilevanti che esprimono le prestazioni di un edificio di determinate caratteristiche costruttive relative alla separazione acustica esistente tra due ambienti interni o fra l'esterno ed un ambiente interno in una specifica situazione in base alle caratteristiche acustiche degli elementi costruttivi coinvolti.

Per l'applicazione del presente metodo non vengono considerati discontinuità o mancanza di tenuta dei giunti (fessure, attraversamenti impiantistici, ponti acustici), poiché la loro valutazione non può in generale essere svolta in modo analitico, e pertanto esulano da un procedimento di validità generale.

I calcoli sono stati eseguiti secondo il procedimento indicato di seguito, che corrisponde al contenuto delle seguenti norme europee:

EN 12354-1 Acustica degli edifici. Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti - Isolamento a rumori aerei tra ambienti.

EN 12354-2 Acustica degli edifici - Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti - Isolamento al rumore di calpestio fra ambienti.

EN 12354-3 Acustica degli edifici - Stima della prestazione acustica di edifici dalla prestazione di prodotti - Isolamento al rumore aereo proveniente dall'esterno.

Si è fatto uso del software SONIDO-PRO V 1.5®, prodotto e distribuito in Italia dalla MICROBEL s.r.l. – Torino, ECHO 7.1 distribuito da ANIT e fogli di calcolo i cui risultati sono stati verificati alla luce degli esempi presenti nelle norme UNI di riferimento.

4.1 Isolamento a suoni aerei fra ambienti adiacenti

La grandezza rilevante base delle prestazioni acustiche dell'edificio assunta dal modello è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, R'_w, dell'elemento di separazione fra due ambienti, ottenuto col calcolo riportato nella UNI EN ISO 717-1 dai valori del potere fonoisolante apparente, R', per bande di frequenza ed espresso dalla:

$$R' = 10 \lg [W_1/(W_2 + W_3)] \qquad [a]$$

dove:

W_1 è la potenza incidente sull'elemento di separazione di due ambienti;
W_2 è la potenza trasmessa dall'elemento di separazione;
W_3 è la potenza trasmessa dagli elementi fiancheggianti l'elemento di separazione e da altri eventuali componenti.

In un edificio esistente il potere fonoisolante apparente può essere ricavato da misure in opera e quindi dai valori misurati è possibile determinare col metodo riportato nella UNI EN ISO 717-1 l'indice R'_w presentato dall'edificio.

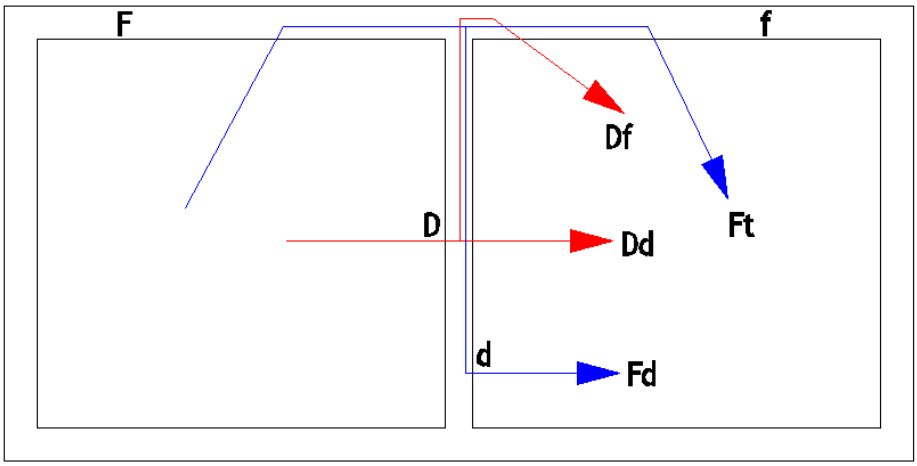
Nel caso di un edificio in fase di progetto, il valore di R'_w può essere determinato solo con un modello di calcolo.

Il modello qui descritto per il calcolo di R'_w si basa sull'assunto che la trasmissione totale di potenza sonora tra due ambienti sia il risultato della somma delle trasmissioni di potenza attraverso diversi percorsi indipendenti di trasmissione e che i campi sonori e vibratori che si vengono ad instaurare, rispettivamente negli ambienti e nelle strutture per ciascun percorso, siano diffusi.

Il modello deriva da esperienze condotte principalmente su fabbricati multipiano di appartamenti, tuttavia l'assunto base sopra descritto, derivante dall'applicazione del

principio di sovrapposizione degli effetti, è applicabile con ragionevole approssimazione alla maggior parte delle situazioni che si riscontrano nella pratica.

Nella situazione tipica di due ambienti adiacenti, uno emittente e l'altro ricevente come illustrato nella figura, ciascun percorso di trasmissione è identificato da un elemento (*i*) esposto al suono nell'ambiente emittente e da un elemento (*j*) che irraggia il suono nell'ambiente ricevente.



I percorsi per un elemento fiancheggiante e per l'elemento di separazione sono indicati nella figura: nell'ambiente emittente l'elemento (*i*) è indicato con F se si tratta di un elemento fiancheggiante e con D se si tratta dell'elemento di separazione e nell'ambiente ricevente l'elemento (*j*) è indicato con (f) se è un elemento fiancheggiante e con (d) se è un elemento di separazione.

Percorsi delle trasmissioni diretta e di fiancheggiamento di suoni aerei

Con i suddetti presupposti l'indice del potere fonoisolante apparente R'_w dell'elemento di separazione può essere allora calcolato con la seguente relazione:

$$R'_W = -10 \lg \left[10^{\frac{-R_{Dd,w}}{10}} + \sum_{F=\ f=\ 1}^{n} 10^{\frac{-R_{Ff,w}}{10}} + \sum_{f=\ 1}^{n} 10^{\frac{-R_{Df,w}}{10}} + \sum_{F=\ 1}^{n} 10^{\frac{-R_{Fd,w}}{10}} \right]$$

in funzione degli indici di valutazione del potere fonoisolante, $R_{ij,w}$, di tutti i singoli percorsi (*ij*) diretti e indiretti possibili fra i due ambienti e dove *n* è il numero degli elementi fiancheggianti (in genere 4) l'elemento di separazione.

Pertanto per determinare R_w occorre preventivamente calcolare l'indice di valutazione del potere fonoisolante $R_{ij,w}$ di ogni singolo percorso di trasmissione sonora; ciò può essere fatto mediante la seguente equazione ricavata dalla formula della dinamica dei campi sonori aerei diffusi e dei campi vibratori strutturali diffusi in decibel:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{iw} + R_{jw}}{2} + DR_{ij,w} + K_{ij} + 10 \lg \frac{S_s}{1_0 1_{ij}}$$

dove:

i simboli (*i*) e (*j*) generalizzano i simboli (D), (d), (F) e (f) usati nella precedente espressione,

R_{iw} è l'indice di valutazione del potere fonoisolante della struttura (*i*) in decibel;

R_{jw} è l'indice di valutazione del potere fonoisolante della struttura (*j*) in decibel;

R_{ijw} è l'incremento del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati addizionali di rivestimento alle strutture omogenee (*i*) e (*j*) lungo il percorso (*ij*); se lungo il percorso (*ij*) si trovano due strati addizionali si somma il valore maggiore con la metà del minore ($DR_{ijw} = DR_{iw} + DR_{jw}/2$ con $DR_{jw} < DR_{iw}$).

K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni prodotto dal giunto (*ij*) in decibel;

S_s è l'area di superficie dell'elemento di separazione, in metri quadri;

l_0 è la lunghezza di riferimento pari a 1 m;

l_{ij} è la lunghezza del giunto (*ij*) in metri.

Calcolati i valori delle grandezze relative ai componenti si passa infine al calcolo dell'indice R_w con l'equazione [a]. Una volta calcolato l'indice di valutazione del potere fonisolante apparente R_w è possibile giungere a determinare le altre grandezze rilevanti che esprimono le prestazioni acustiche dell'edificio nella trasmissione di suoni aerei fra ambienti adiacenti nelle varie specifiche situazioni ciascuna caratterizzata da un volume V dell'ambiente ricevente e da una superficie di separazione S_s e cioè l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato D_{nw} oppure l'indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato D_{nTw} mediante le seguenti equazioni:

$$D_{nTw} = R'_w + 10 \lg \frac{(0,16 \cdot V)}{T_0 S_s} = R' + 10 \lg \frac{V}{3 S_s}$$

$$D_{nw} = R'_w + 10 \lg \frac{A_0}{S_s} = R'_W + 10 \lg \frac{10}{S_s}$$

dove:

V è il volume del locale ricevente, in metro cubo;

T_0 è il tempo di riverberazione di riferimento, pari a 0,5 s;

A_0 è l'assorbimento equivalente di riferimento, pari a 10 m^2.

Tali grandezze possono essere determinate anche col calcolo da misure in opera dell'isolamento acustico normalizzato, D_n, o dell'isolamento acustico standardizzato, D_{nT}, per bande di frequenza:

$$D_n = L_1 - L_2 - 10 \lg A / A_0$$

$$D_{nT} = L_1 - L_2 + 10 \lg T / T_0$$

dove:

L_1 ed L_2 sono i livelli medi di pressione sonora per banda di ottava o terzo di ottava

nell'ambiente emittente ed in quello ricevente;

A è l'assorbimento equivalente dell'ambiente ricevente;

T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente.

Grandezze rilevanti dei componenti

Nel modello gli elementi strutturali orizzontali e verticali (pareti, pannelli, solai, ecc.) sono assunti come strutture di base alle quali possono essere applicati eventuali strati addizionali questi ultimi considerati come masse oscillanti indipendenti dalla struttura di base; ciascun elemento strutturale considerato quale prodotto a sé stante è quindi caratterizzato da un valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w relativo alla sua componente di base e da un valore dell'indice di valutazione dell'incremento del potere fonoisolante R_w relativo alla eventuale presenza insieme alla componente di base di strati addizionali di qualunque tipo.

L'indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij}, che nel modello si assume indipendente dalla frequenza, esprime la resistenza alla trasmissione delle vibrazioni strutturali da un elemento costruttivo a quello adiacente (complanare o perpendicolare), resistenza che si verifica in corrispondenza del giunto fra gli stessi elementi.

Gli indici di valutazione del potere fonoisolante R_{iw} e R_{jw}, l'incremento del potere fonoisolante R_{ij} e l'indice di riduzione delle vibrazioni K_{ij} dei due elementi (*i*) e (*j*) sono grandezze rilevanti che esprimono le caratteristiche acustiche di prodotti, cioè degli elementi costruttivi coinvolti nella trasmissione.

I dati relativi a tali grandezze dovrebbero derivare principalmente da misure effettuate in laboratorio. Se non sono reperibili i dati di laboratorio, essi possono essere determinati, indicandone la modalità, con calcoli teorici o da misurazioni in opera.

Il miglioramento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w ottenuto mediante l'applicazione di strati addizionali quali per esempio una controparete con interposto strato isolante, un pavimento galleggiante o un controsoffitto, si differenzia a seconda

che venga coinvolta la trasmissione diretta o quella di fiancheggiamento ed inoltre dipende dal tipo della struttura di base alla quale lo strato addizionale è applicato.

Nella trasmissione diretta si applicano i valori del R_w ottenuti da misurazioni in laboratorio usando la struttura di base di riferimento.

Incremento dell'indice R_w nella trasmissione diretta

Nella trasmissione di fiancheggiamento si possono, non disponendo di altri dati, in prima approssimazione usare i valori del R_w della trasmissione diretta.

Incremento R_w nella trasmissione di fiancheggiamento

L'indice di valutazione dell'incremento R_w del potere fonoisolante può anche essere calcolato in funzione della frequenza di risonanza f_0 del sistema struttura di base-rivestimento ed a seconda del suo valore l'indice può assumere valori sia positivi che negativi.
Per strati addizionali il cui strato resiliente è fissato direttamente alla struttura di base senza montanti o correnti la frequenza di risonanza f_0 si ottiene dalla formula seguente:

$$f_0 = 160 \sqrt{s'\left(\frac{1}{m'_1} + \frac{1}{m'_2}\right)}$$

4.2 Accuratezza e incertezza dei dati

Il modello di calcolo consente la previsione delle prestazioni misurabili degli edifici, nell'ipotesi di una buona qualità di esecuzione d'opera e di una elevata accuratezza di misurazione.

I modelli semplificati delle norme tecniche UNI EN 12354-1,2,3:2002 e ripresi dalla UNI TR 11175:2005, che sono stati utilizzati per il calcolo previsionale, sono caratterizzati da un'accuratezza acustica delle previsioni del modello che dipende da molti fattori quali: l'accuratezza acustica dei dati di ingresso, la corrispondenza della situazione reale col modello, il tipo degli elementi e delle giunzioni coinvolti, la geometria della situazione e la qualità dell'esecuzione.

La principale esperienza nella applicazione del modello è derivata soprattutto da edifici i cui elementi strutturali di base sono o possono considerarsi omogenei (per esempio pareti di mattoni, di calcestruzzo, di blocchi di gesso, ecc.).

Nel caso di situazioni complicate e con elementi atipici per i quali non si dispone di dati certi, è opportuno variare i dati d'ingresso in modo che la variazione dei conseguenti risultati consenta di valutare l'accuratezza acustica attendibile in tali situazioni.

Il DPCM 5.12.1997 "*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*", stabilisce che i valori limite dei requisiti acustici siano conseguiti in opera.

Ne consegue che i risultati della valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi effettuata in fase progettuale possono essere confermati solo a seguito di un collaudo acustico ad opera ultimata.

Si evidenzia a tal riguardo, che solo la corretta esecuzione a regola d'arte di tutti i componenti edilizi costituenti il fabbricato, può assicurare una buona corrispondenza tra i valori prestazionali acustici ottenuti in opera e quelli previsti nella fase progettuale.

Altro aspetto da sottolineare è riferito alla validità dei calcoli previsionali eseguiti.

Infatti, i risultati della valutazione sono da intendersi validi solo per le stratigrafie di progetto i materiali descritti e allo schema distributivo delle unità immobiliari come indicati negli elaborati di progetto.

Differenze tra i componenti edilizi di progetto e quelli realizzati in opera possono determinare prestazioni acustiche molto differenti tra quelle previste e quelle reali.

A titolo esplicativo, ma non esaustivo si indicano alcune modifiche che possono determinare cambiare le prestazioni acustiche dei componenti edilizi:

- Variazione degli spessori degli strati che definiscono il componente edilizio;
- Diversità di materiali,
- A parità di materiale, la scelta di una diversa densità tale da modificare la massa superficiale;

- Modifica del sistema di giunzione tra componenti edilizi;
- In presenza d'intercapedini, la modifica dell'isolante di riempimento e/o lo spessore dell'intercapedine e dello strato isolante;
- Cambiamenti nel layout distributivo tra unità immobiliari e/o a quello interno della singola unità immobiliare.

Occorre inoltre tener conto del fatto che i calcoli si riferiscono a componenti edilizi continui, omogenei ed integri, pertanto, altre configurazioni non sono considerate nel presente modello di calcolo previsionale.

Questa precisazione si rende necessaria in quanto le prestazioni acustiche finali possono discostarsi di molto da quelli previsionali per effetto:

- Della realizzazione di tracce o alloggiamenti per gli impianti;
- Della presenza di intercapedini o cavità all'interno di pareti che interrompono la continuità dello strato isolante all'interno delle intercapedini o quella delle pareti;
- Della non corretta esecuzione delle giunzioni tra componenti edilizi;
- Della presenza di ponti acustici non risolti (es. la connessione rigida tra i due paramenti murari costituenti la parete doppia o tra la doppia orditura di pareti leggere; la non corretta posa degli strati resilienti …)

Alla luce di quanto riportato in precedenza si ribadisce che il risultato finale circa le prestazioni acustiche passive dell'edificio è strettamente legato all'esecuzione a regola d'arte delle lavorazioni per la formazione dei componenti edilizi, nel rispetto delle indicazioni delle case produttrici, delle norme tecniche e di quelle del buon costruire.

Negli allegati sono riportate in modo sintetico alcune indicazioni generali di corretta posa in opera sia dei componenti edili che degli impianti tecnologici.

4.3 Isolamento a suoni impattivi fra ambienti

Nella trasmissione di suoni impattivi il modello di calcolo semplificato si applica soltanto ad ambienti uno sovrapposto all'altro e a solai aventi una struttura di base omogenea.

L'influenza dello smorzamento strutturale è considerato in una maniera media trascurando la specifica situazione e la trasmissione di fiancheggiamento è trattata globalmente.

Grandezze rilevanti dell'edificio

Le grandezze rilevanti base assunte dal modello per esprimere le prestazioni dell'edificio sono l'indice di valutazione del livello di pressione di suono impattivo normalizzato L'_{nw} e l'indice di valutazione del livello di pressione di suono impattivo standardizzato L'_{nTw} ottenuti col calcolo riportato nella ISO 717-2 da misurazioni in opera rispettivamente dei valori del livello di pressione sonora impattivo normalizzati $L'n$, o L'_{nT} misurati in opera, che tiene conto anche della trasmissione di fiancheggiamento, determinato in accordo alla EN 20140-7 ed espressi dalle:

$$L'_n = L_i + 10 \lg (A/A_o)$$

$$L'_{nT} = L_i - 10 \lg (T/T_o)$$

dove:

L_i è il livello per suono impattivo misurato nell'ambiente ricevente, in decibel, mentre A e A_0o T e T_0 hanno i significati già descritti.

Col modello di calcolo semplificato L'_{nw} si ottiene dalla formula:

$$L'_{nw} = L_{nweq} - \Delta L_w + K$$

dove:

L_{nweq} è l'indice di valutazione del livello di pressione sonora impattivo normalizzato equivalente relativo al solaio nudo privo di rivestimento;
L_w è l'indice di valutazione della riduzione dei rumori di calpestio del rivestimento;
K è la correzione da apportare per tenere conto della trasmissione di fiancheggiamento nelle strutture omogenee.

Dal valore di L'_{nw} si ottiene infine col calcolo L'_{nTw} con la relazione:

$$L'_{nTw} = L'_{nw} - 10 \lg \frac{V}{30}$$

dove V è il valore del locale ricevente in metro cubo.

4.4 Isolamento a suoni aerei di facciate

Il modello di calcolo consente di valutare la riduzione prodotta da una facciata sulla trasmissione dei suoni all'interno dell'edificio mediante la determinazione del valore delle grandezze rilevanti relative a tale trasmissione.

Grandezze rilevanti dell'edificio

Le grandezze rilevanti che esprimono le prestazioni acustiche dell'edificio nei confronti della trasmissione di suoni aerei dall'esterno all'interno sono le seguenti.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata: esprime l'isolamento di un elemento di facciata a suoni aerei prodotti da un altoparlante con angolo di incidenza a 45° e che emette un rumore a larga banda; si ottiene col calcolo riportato nella UNI EN ISO 717-1 da misure in opera effettuate secondo la EN 20140-5 per determinare il potere fonoisolante apparente di facciata, in decibel, mediante la seguente relazione:

$$R'_{45} = L_{1S} - L_2 + 10 \lg (S/A) - 1{,}5$$

dove:

L_{1S} è il livello di pressione sonora sulla superficie esterna dell'elemento di facciata, includente

l'effetto di riflessione della stessa, in decibel;

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, in decibel;

S è la superficie dell'elemento di facciata come vista dall'interno, in metro quadro;

A è la superficie di assorbimento equivalente dell'ambiente ricevente.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata, $R'_{tr,w}$: che esprime l'isolamento di un elemento di facciata quando la sorgente è il rumore del traffico; questo metodo è impiegabile solo quando il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente dovuto al traffico è abbastanza elevato rispetto al rumore di fondo; tale indice si ottiene col calcolo riportato nella UNI EN ISO 717-1 da misurazioni in opera secondo la EN 20140-5 condotte per determinare il potere fonoisolante apparente di facciata rispetto al traffico, in decibel, mediante la seguente relazione:

$$R'_{tr,s} = L_{eq,1,s} - L_{eq,2} + 10 \lg (S/A) - 3$$

dove:

$L_{eq,1,s}$ è il livello equivalente continuo sulla superficie dell'elemento di facciata, includente gli effetti di riflessione della stessa, in decibel;

$L_{eq,2}$ è il livello equivalente continuo medio nell'ambiente ricevente, in decibel.

La riduzione di 3 dB è posta per compensare l'effetto di riflessione sulla facciata.

L'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,n,w}$: Si ottiene col calcolo riportato dalla UNI EN ISO 717-1 da misurazioni in opera secondo la EN 20140-5 condotte per determinare l'isolamento acustico normalizzato di facciata, in decibel, mediante la relazione seguente:

$$D_{2m,n} = L_{1,2m} - L_2 - 10 \lg A/A_0$$

dove:

$L_{1,2m}$ è il livello di pressione sonora a 2 m dalla facciata in decibel;

L_2 è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente in decibel.

indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, : Differenza di livello può essere determinata sia col rumore del traffico sia con un altoparlante: ciò viene evidenziato aggiungendo il pedice rispettivamente "tr" o "ls".

I valori dell'indice ottenuti con la misurazione con rumore da traffico o con altoparlante tendono ad uguagliarsi senza differenze sistematiche; si può quindi assumere:

$$D_{ls,2m,n,w} = D_{tr,2m,n,w}$$

Con i presupposti già trattati nella trasmissione di suoni aerei tra ambienti adiacenti si calcolano i due indici $R_{ls,w}$ ed $R_{tr,w}$ in funzione dell'indice del potere fonoisolante apparente Rw di facciata per campo esterno diffuso con le seguenti relazioni:

$$R'_{45,w} = R'_{w} + 1$$

$$R'_{tr,w} = R'_{w}$$

5 VALORI LIMITI VIGENTI

L'edificio oggetto del presente studio, ha una destinazione d'uso assimilabile a quella degli uffici e pertanto rientra nella categoria **B** (Uffici) di cui alla tabella A del DPCM 05/12/97.

Per queste categorie il DPCM 05/12/97 prevede il rispetto dei seguenti requisiti:

Destinazione	R'_w(*)	$D_{2m,T,w}$	$L'_{n,w}$	L_{Asmax}	L_{Aeq}
Uffici (cat. B)	50	42	55	35	35

Valori limite per gli edifici in oggetto secondo la Tabella B allegata al D.P.C.M.05.12.97.

(*) – Valori di R'w riferiti ad elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari.

Sono stati altresì assunti come riferimento, i valori sotto riportati e che corrispondono alla classe II ai sensi della norma UNI 11367.

prospetto 1 **Valori dei parametri descrittori delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica di unità immobiliari**

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

6 INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE RW DELLE STRUTTURE

6.1 Parete perimetrale in Poroton (M1)

Tipo di componente edile: **Controparete**

Teoria applicata: **Controparete secondo norma UNI 12354-1**

Descrizione dell'elemento:

Note: **Nel calcolo non è stato considerato il cappotto esterno. La stratigrafia riportata è quella utilizzata per i calcoli di verifica.**

Risultati di calcolo

R_w (C; C_{tr}) = **61 (0; 0) dB - ΔR_w = 19 dB**

Descrizione stratigrafia

N°	Nome parete base	Descrizione parete base	s [mm]	m' [Kg/m²]	Rw [db]
1	0315-2016 - Parete esterna base	POROTON 800 (sp.. 200 mm);	200	160,0	42,0

N°	Descrizione strato	s [mm]	ρ [Kg/m³]
2	Intercapedine d'aria	5	
3	Lana di vetro 70[mm] 30[kg/m3]	70	30,0
4	Cartongesso GKB (tipo A - Knauf - 760 Kg/mc)	12,5	760,0
5	Cartongesso GKB (tipo A - Knauf - 760 Kg/mc)	12,5	760,0

Spessore totale [mm]: **320,5 -** Massa superficiale [Kg/m²]: **181,10**

Simbologia

s Spessore dello strato **Rw** Potere fonoisolante parete base

ρ Densità

m' Massa superficiale

6.1 Parete perimetrale in C.A. (M2)

Tipo di componente edile: **Controparete**

Teoria applicata: **Controparete secondo norma UNI 12354-1**

Descrizione dell'elemento:

Note: **Nel calcolo non è stato considerato il cappotto esterno.**

Risultati di calcolo

R_w (C; C_{tr}) = **69 (0; 0) dB** ΔR_w = **10 dB**

Descrizione stratigrafia

N°	Nome parete base	Descrizione parete base	s [mm]	m' [Kg/m²]	Rw [db]
1	0315.2016 Parete perimetrale CA	Malta per intonaco (1800 kg/m³) (sp.. 10 mm); Calcestruzzo 2500 [kg/m3] (sp.. 250 mm); Malta per intonaco (1800 kg/m³) (sp.. 10 mm)	270	661,0	59,0

N°	Descrizione strato	s [mm]	ρ [Kg/m³]
2	Intercapedine d'aria	5	
3	Lana di vetro 70[mm] 30[kg/m3]	70	30,0
4	Cartongesso GKB (tipo A - Knauf - 760 Kg/mc)	12,5	760,0
5	Cartongesso GKB (tipo A - Knauf - 760 Kg/mc)	12,5	760,0

Spessore totale [mm]: **370,0 -** Massa superficiale [Kg/m²]: **682,10**

Simbologia

s Spessore dello strato **Rw** Potere fonoisolante parete base

ρ Densità

m' Massa superficiale

6.2 Solaio interpiano

Tipo di componente edile: **Solaio con pavimento galleggiante**

Risultati di calcolo

R_w = **61 dB** **ΔRw= 8 dB**

Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	ρ [Kg/m³]	E [GPa]	η_{int}	s' [MN]	r [Pa s/m²]
1	Piastrelle in gres	10	2.500,0	36	0,01		
2	Massetto sabbia-cemento standard	40	1.000,0	3	0,015		
3	Strato anticalpesio	8	30			11	
4	Calcestruzzo 600 [kg/m3]	120	600,0	2	0,01		
5	Solaio tipo predalles 5+30+5 cm 400[mm] 500[kg/m2]	400	1.250,0	4	0,08		
6	Malta per intonaco (1800 kg/m³)	10	1.800,0	2	0,015		

Massa superficiale solaio base [Kg/m²]: **590** Massa superficiale massetto [Kg/m²]: **65,24**

Simbologia

s	Spessore dello strato	η_{int}	Fattore di perdita interna
ρ	Densità	**s'**	Rigidità dinamica apparente
E	Modulo di Young	**r**	Resistenza specifica al flusso

Valutazione del potere fonoisolante Rw del componente edilizio e dell'incremento ΔRw del potere fonoisolante per strato aggiuntivo		
AEROPORTO CATULLO - VERONA - SOLAIO INTERPIANO		
m' massa aerica complessiva:	655,24	Kg/mq
m'1 massa aerica solaio base:	590	Kg/mq
m'2 massa aerica pavim. galleggiante:	65,24	Kg/mq
S' rigidità dinamica tappetino resiliente	11	MN/m3
	Rw,m= 20*Log(m1') - 2	
Rw,m solaio base	53	dB
fo (frequenza di risonanza [Hz])=	m'1= massa aerica solaio base m'2= massa aerica pavimento 69	
Rw struttura complessiva	Rw=Rw,m+ΔRw	
Rw struttura complessiva	61	dB
ΔRw dB [Calcolo ΔRw secondo prosp. 2 UNI TR 11175 pag. 12]	8	dB [arrotondamento per difetto]

6.3 Copertura

Tipo di componente edile: **Parete verticale singola**

Teoria applicata: **Parete singola generica: Metodo delle Impedenze Progressive, MIP**

Descrizione dell'elemento:

Note: **Nel calcolo è stato considerato il solo solaio in via cautelativa solo non considerando il contributo del massetto e del controsoffitto**

Risultati di calcolo

R_w (C; C_{tr}) = **60 (-1; -6) dB**

Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	ρ [Kg/m³]	E [GPa]	η_{int}	s' [MN]	r [Pa s/m²]
1	Calcestruzzo 2500 [kg/m3]	300	2.500,0	5	0,02		

Spessore totale [mm]: **300,0**

Massa superficiale [Kg/m²]: **750,00**

Simbologia

s	Spessore dello strato	η_{int}	Fattore di perdita interna
ρ	Densità	**s'**	Rigidità dinamica apparente
E	Modulo di Young	**r**	Resistenza specifica al flusso

7 CALCOLO INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA D2M,NTW

Di seguito sono riportati i calcoli di verifica dell'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata dei locali ritenuti più penalizzati e di conseguenza i restanti ambienti si possono ritenere ragionevolmente verificati:

- Ufficio 3 Personale
- Ufficio Comandante NORM
- Centrale operativa
- Copertura

Il calcolo di verifica utilizza per le parti opache un valore di Rw=61 dB corrispondente alla parete M1.

Per il calcolo di verifica viene assunto un potere fonoisolante del sistema infisso-vetro delle finestre e vetrate non inferiore a **Rw=44 dB.**

Il valore della prestazione acustica dei serramenti (sistema infisso più vetro) deve essere dichiarato/certificato dal fornitore del sistema, ed in ogni caso la prestazione, deve garantire il rispetto del requisito normativo previsto dal DPCM 5-12-1997 per le facciate di immobile in funzione della destinazione d'uso dell'unità immobiliare.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante di facciate, tiene conto di tutte le caratteristiche acustiche dei componenti di facciata. Nella tabella successiva sono riportati i risultati delle verifiche relative ai locali precedentemente indicati.

LOCALE	D2m,T,w (dB) CALCOLATO	D2m,T,w (dB) RICHIESTO	VERIFICA
Ufficio 3 Personale	45	42	SI
Ufficio Comandante NORM	45	42	SI
Centrale operativa	47	42	SI
Copertura	58	42	SI

Il calcolo di verifica delle prestazioni acustiche della facciata è riportato nei paragrafi successivi.

7.1 Ufficio 3 personale

PARETE COMPOSTA (pareti, infissi, aperture) - UNI EN 12354-3							
R1w p.opaca S1,R2w apertura S2,... R6w apertura S6,Dnw piccolo elemento <1mq							
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 33)							
INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DI FACCIATA							
AMPLIAMENTO CASERMA CC - COMUNE PIOLTELLO - UFFICIO 3 PERSONALE	Q.tà	L	H	Rw [dB]	Sup [mq]	% Area	Incid. % elem.
R1w, S1 (PARTE OPACA)=				61	12,64	68,8%	4,22%
R2w, S2 (FINESTRE)=	2	1,1	2,6	44	5,72	31,2%	95,78%
R3w, S3 ()=							
R3w, S4 ()							
R5w, S5 ()=							
R6w, S6 ()=							
Dn,e,w (piccolo elemento 1), S piccolo elemento 1 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 2), S piccolo elemento 2 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 3), S piccolo elemento 3 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 4), S piccolo elemento 4 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 5), S piccolo elemento 5 (<1mq)							
Superficie facciata:		6,12	3	18,4	mq	100,0%	100,00%
Ao= area di assorbimento equivalente				10	mq		
K (contributo peggiorativo dovuto alla tramissione laterale)=				2			
POTERE FONOISOLANTE Rw=	49				dB		
POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'w=	47				dB		

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA NORMALIZZATO D2m,nT,w - UNI EN 12354-3		
Potere fonoisolante apparente R'w parete di facciata calcolato sopra		
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 31)		
D2m,nT,w=R'w+ΔLfs+10log(V/(6*To*S)		
R'w=	47	dB
S (superficie della parete)=	18,4	mq
Profondità locale		m
V (Volume del locale)=	33,36	m3
ΔLfs (differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata)=		dB
To (tempo di riverberazione di riferimento)=	0,5	s
D2m,nT,W=	45	dB
NOTA: IL VALORE DI Rw DEI SERRAMENTI VA SEMPRE INTESO COME COMPLESSIVO DEL SISTEMA TELAIO+VETRO		

VALORE DA RISPETTARE: **D2m,nT,W ≥ 42 dB**

VALORE CALCOLATO: **D2m,nT,W= 45 dB**

FACCIATA: VERIFICATA

7.2 Ufficio Comandante NORM

PARETE COMPOSTA (pareti, infissi, aperture) - UNI EN 12354-3							
R1w p.opaca S1,R2w apertura S2,... R6w apertura S6,Dnw piccolo elemento <1mq							
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 33)							
INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DI FACCIATA							
AMPLIAMENTO CASERMA CC - COMUNE PIOLTELLO - UFFICIO COMANDANTE NORM	Q.tà	L	H	Rw [dB]	Sup [mq]	% Area	Incid. % elem.
R1w, S1 (PARTE OPACA)=				61	7,80	50,0%	1,96%
R2w, S2 (FINESTRE)=	3	1	2,6	44	7,80	50,0%	98,04%
R3w, S3 ()=							
R3w, S4 ()							
R5w, S5 ()=							
R6w, S6 ()=							
Dn,e,w (piccolo elemento 1), S piccolo elemento 1 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 2), S piccolo elemento 2 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 3), S piccolo elemento 3 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 4), S piccolo elemento 4 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 5), S piccolo elemento 5 (<1mq)							
Superficie facciata:		5,2	3	15,6	mq	100,0%	100,00%
Ao= area di assorbimento equivalente				10	mq		
K (contributo peggiorativo dovuto alla tramissione laterale)=				2			
POTERE FONOISOLANTE Rw=	47				dB		
POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'w=	45				dB		

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA NORMALIZZATO D2m,nT,w - UNI EN 12354-3		
Potere fonoisolante apparente R'w parete di facciata calcolato sopra		
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 31)		
D2m,nT,w=R'w+ΔLfs+10log(V/(6*To*S)		
R'w=	45	dB
S (superficie della parete)=	15,6	mq
Profondità locale		m
V (Volume del locale)=	51,93	m3
ΔLfs (differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata)=		dB
To (tempo di riverberazione di riferimento)=	0,5	s
D2m,nT,W=	45	dB
NOTA: IL VALORE DI Rw DEI SERRAMENTI VA SEMPRE INTESO COME COMPLESSIVO DEL SISTEMA TELAIO+VETRO		

VALORE DA RISPETTARE: **D2m,nT,W ≥ 42 dB**

VALORE CALCOLATO: **D2m,nT,W= 45 dB**

FACCIATA: VERIFICATA

7.1 Centrale operativa

PARETE COMPOSTA (pareti, infissi, aperture) - UNI EN 12354-3							
R1w p.opaca S1,R2w apertura S2,... R6w apertura S6,Dnw piccolo elemento <1mq							
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 33)							
INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DI FACCIATA							
AMPLIAMENTO CASERMA CC - COMUNE PIOLTELLO - CENTRALE OPERATIVA	Q.tà	L	H	Rw [dB]	Sup [mq]	% Area	Incid. % elem.
R1w, S1 (PARTE OPACA)=				61	56,90	70,4%	4,53%
R2w, S2 (FINESTRE)=	2	1	2,6	44	5,20	6,4%	20,75%
R3w, S3 (FINESTRE)=	2	1,1	2,6	44	5,72	7,1%	22,83%
R3w, S4 (FINESTRE)	1	0,8	2,6	44	2,08	2,6%	8,30%
R5w, S5 (FINESTRE)=	3	1,4	2,6	44	10,92	13,5%	43,58%
R6w, S6 ()=							
Dn,e,w (piccolo elemento 1), S piccolo elemento 1 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 2), S piccolo elemento 2 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 3), S piccolo elemento 3 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 4), S piccolo elemento 4 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 5), S piccolo elemento 5 (<1mq)							
Superficie facciata:		26,94	3	80,8	mq	100,0%	100,00%
Ao= area di assorbimento equivalente				10	mq		
K (contributo peggiorativo dovuto alla tramissione laterale)=				2			
POTERE FONOISOLANTE Rw=	49				dB		
POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'w=	47				dB		

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA NORMALIZZATO D2m,nT,w - UNI EN 12354-3		
Potere fonoisolante apparente R'w parete di facciata calcolato sopra		
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 31)		
D2m,nT,w=R'w+ΔLfs+10log(V/(6*To*S)		
R'w=	47	dB
S (superficie della parete)=	80,8	mq
Profondità locale		m
V (Volume del locale)=	240,54	m3
ΔLfs (differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata)=		dB
To (tempo di riverberazione di riferimento)=	0,5	s
D2m,nT,W=	47	dB
NOTA: IL VALORE DI Rw DEI SERRAMENTI VA SEMPRE INTESO COME COMPLESSIVO DEL SISTEMA TELAIO+VETRO		

VALORE DA RISPETTARE: **D2m,nT,W ≥ 42 dB**

VALORE CALCOLATO: **D2m,nT,W= 47 dB**

FACCIATA: VERIFICATA

7.2 Copertura

PARETE COMPOSTA (pareti, infissi, aperture) - UNI EN 12354-3							
R1w p.opaca S1,R2w apertura S2,... R6w apertura S6,Dnw piccolo elemento <1mq							
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 33)							
INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE DI FACCIATA							
AMPLIAMENTO CASERMA CC - COMUNE PIOLTELLO - COPERTURA	Q.tà	L	H	Rw [dB]	Sup [mq]	% Area	Incid. % elem.
R1w, S1 (PARTE OPACA)=				60	80,20	100,0%	100,00%
R2w, S2 ()=							
R3w, S3 ()=							
R3w, S4 ()							
R5w, S5 ()=							
R6w, S6 ()=							
Dn,e,w (piccolo elemento 1), S piccolo elemento 1 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 2), S piccolo elemento 2 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 3), S piccolo elemento 3 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 4), S piccolo elemento 4 (<1mq)							
Dn,e,w (piccolo elemento 5), S piccolo elemento 5 (<1mq)							
Superficie facciata:	80,2			80,2	mq	100,0%	100,00%
Ao= area di assorbimento equivalente				10	mq		
K (contributo peggiorativo dovuto alla tramissione laterale)=				2			
POTERE FONOISOLANTE Rw=	60				dB		
POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'w=	58				dB		

INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA NORMALIZZATO D2m,nT,w - UNI EN 12354-3		
Potere fonoisolante apparente R'w parete di facciata calcolato sopra		
(FONTE: UNI TR 11175 Relazione 31)		
D2m,nT,w=R'w+ΔLfs+10log(V/(6*To*S)		
R'w=	58	dB
S (superficie della parete)=	80,2	mq
Profondità locale		m
V (Volume del locale)=	240,54	m3
ΔLfs (differenza del livello di pressione sonora per la forma della facciata)=		dB
To (tempo di riverberazione di riferimento)=	0,5	s
D2m,nT,W=	58	dB
NOTA: IL VALORE DI Rw DEI SERRAMENTI VA SEMPRE INTESO COME COMPLESSIVO DEL SISTEMA TELAIO+VETRO		

VALORE DA RISPETTARE: **D2m,nT,W ≥ 42 dB**

VALORE CALCOLATO: **D2m,nT,W= 58 dB**

FACCIATA: VERIFICATA

Nella copertura delle unità immobiliari non sono previste aperture per l'illuminazione (lucernari).

8 CALCOLO INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'W DEL DIVISORIO TRA UNITÀ IMMOBILIARI

Secondo il DPCM 5/12/97 i valori di questo indice sono riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari, siano esse adiacenti o sovrapposte.

Nel nostro caso, non sono presenti unità immobiliari distinte, pertanto la verifica di questo indice non è richiesta.

9 CALCOLO INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO L'N,W

L'indice di valutazione del li vello di rumore di calpestio apparente di un solaio (L'n,w) caratterizza il rumore percepito al piano sottostante una volta che viene attivata la macchina per il calpestio sul solaio in esame. Tale indice è quindi da intendersi come un valore "massimo" nel senso che più basso è, maggiore sarà la capacità del solaio di smorzare il rumore.

Il calcolo è stato condotto considerando che la rigidità dinamica del materassino anticalpestio sia di **s'=11 MN/mc**.

Il valore da rispettare è il seguente:

Uffici – L'n,w ≤ 55 dB (ai sensi del DPCM 5/12997)

Di seguito viene riportato il calcolo di verifica.

INDICE DI VALUTAZIONE DEL LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO L'n,w		
SOLAIO OMOGENEO CON MASSA 100<m'<600 kg/mq		
(FONTE: UNI EN 12354-2 2002)		
AMPLIAMENTO CASERMA DEI CARABINIERI COMUNE PIOLTELLO - SOLAIO INTERPIANO		
Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato	Livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto al tempo di riverberazione	
L'n,w=Ln,w,eq - ΔLw + K	**L'nT,w=L'n,w-10Log(V/30)**	
Ln,w,eq - Livello di pressione sonora da calpestio normalizzato relativo al solaio nudo privo di rivestimento	I solai che vengono considerati come "omogenei" dalla normativa sono: · Solai in calcestruzzo pieno gettati in opera; · Solai in calcestruzzo cellulare pieno, autoclavato; · Solai realizzati con mattoni forati; · Solai realizzati con "lastroni in calcestruzzo" ; · Solai realizzati con travetti in calcestruzzo.	
ΔLw - Indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio del rivestimento		
K - correzione da apportare per tenere conto della trasmissione laterale nelle strutture omogenee		
V - Volume del locale ricevente in m3		
Ln,w,eq= 155-30*Log(m')	X	IEN - Manuale di acustica applicata Renato Spagnolo, 2008 pag. 681 - Calcestruzzo
m' massa superficiale del solaio nudo=	**590,00**	**kg/mq**
Ln,w,eq=	**72**	**dB**
massetto in cls "C" massetto a secco "S"	**c**	
ΔLw (massetto in calcestruzzo)	**29,44**	dB
K=	3,00	dB
L'n,w =	**46**	**dB**
CALCOLO ΔLw		
ΔLw (massetto in calcestruzzo)= 30*Log(f/fo)+3		UNI TR 11175 Relazione 28
ΔLw (massetto a secco)= 40*Log(f/fo)-3		UNI TR 11175 Relazione 29
fo=160*radq(s'/m') [radq=radice quadrata]		UNI TR 11175 Relazione 27
f= 500 Hz		
s' (rigidità dinamica)=	11,00	MN/m3
massa superficiale massetto+rivestimento m'=	65,24	Kg/m2
fo=	65,70	Hz
ΔLw (mass. calcestruzzo)=	**29**	**dB**

Uffici – L'n,w ≤ 55 dB (ai sensi del DPCM 5/12997)

L'n,w ≤ 58 dB (ai sensi della norma UNI 11367 per la classe II)

VALORE CALCOLATO: **L'n,w= 46 dB**

SOLAIO: VERIFICATO

10 CONTENIMENTO RUMORE IMPIANTI

10.1 Premessa

Secondo il D.P.C.M. 5/12/1997 e la UNI 11367, la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici per ambienti destinati ad uffici non deve superare i seguenti limiti:

D.P.C.M. 5/12/1997	UNI 11367 (Classe II)
• 35 dB(A) LASmax con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo (ascensori, scarichi idraulici...);	• 28 dB(A) L_{ic} Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo
• 35 dB(A) LAeq per i servizi a funzionamento continuo (riscaldamento, ventilazione).	• 33 dB(A) L_d Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo

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.

Gli impianti che usualmente interessano la problematica del rumore dell'edificio, sono gli impianti di riscaldamento, di condizionamento e di ventilazione, gli impianti idrici e gli impianti per ascensori.
Generalmente non sono oggetto di particolare studio altri tipi di impianti, o perché a funzionamento episodico (es. sistema anti-incendio) o perché non rumorosi intrinsecamente (es. impianto elettrico). Per questi impianti l'attenzione viene posta al

fatto che il loro lay-out o la loro messa in opera, non degradino il potere fonoisolante di altri componenti (es. pareti o solai).

Le soluzioni proposte per il caso in oggetto sono descritte nell'allegato - Requisiti degli impianti.

10.2 Impianti di ventilazione a funzionamento continuo

Il rumore generato dagli impianti di ventilazione/aspirazione è riconducibile a motivi di origine meccanica ed aerodinamica.

Per quanto riguarda il rumore di origine meccanica è da imputare alla presenza dei motori e dei ventilatori.

Il rumore aerodinamico, si può ricondurre alla presenza lungo il sistema di distribuzione, di sistemi protezione o di regolazione quali serrande di sezionamento e regolazione, oppure elementi necessari ai cambi di direzione come curve, gomiti, stacchi e giunzioni. Anche le variazioni di sezione e di conseguenza di velocità dell'aria determinano l'aumento di rumorosità del sistema. Non ultimi anche griglie e diffusori (con e senza serrande di regolazione) contribuiscono a determinare il livello di rumorosità dell'impianto.

Nello studio del rumore generato dal sistema di ventilazione, va anche tenuto conto del disturbo che può essere generato da movimenti rotatori a bassa frequenza. Questo tipo di rumore può essere limitato notevolmente facendo sì che i macchinari siano bilanciati e vengano previsti sistemi che riducano la trasmissione del rumore per via strutturale (sistemi antivibranti, strato di materiale resiliente desolidarizzante).

Per quanto riguarda gli impianti tecnici, per garantire l'assenza di comportamenti dinamici delle macchine, saranno previsti specifici sistemi antivibranti.

Nella scelta delle apparecchiature meccaniche e dei componenti dell'impianto di ventilazione, occorre porre attenzione alle problematiche acustiche che possono insorgere, in particolare:

- motori e i ventilatori, con il loro movimento rotatorio meccanico, possono generare rumori e vibrazioni che possono essere motivo di disturbo agli ambienti adiacenti;
- i condotti di ventilazione possono trasmettere il rumore dei motori e dei ventilatori ed inoltre possono mettere in comunicazione sonora gli ambienti adiacenti o

differenti aree dell'intervento.

La potenza sonora del ventilatore in corrispondenza del diffusore viene immessa nell'ambiente chiuso, dando luogo a un campo acustico riverberante e a un campo diretto che, composti secondo le consuete regole, determinano il livello di pressione sonora in corrispondenza dell'utente.

Per garantire il rispetto dei livelli previsti dalla norma è da prevedere l'installazione di silenziatori nei canali principali di ripresa e di mandata. Le caratteristiche dei silenziatori, così come quelle dei diffusori e delle griglie di ripresa vanno definite in funzione delle caratteristiche delle apparecchiature effettivamente installate.

In ogni caso, l'adeguata prestazione di fonoisolamento delle strutture, l'uso di materiali resilienti o sistemi antivibranti, il fonoisolamento dei condotti e/o l'uso di adeguate controsoffittature, sono accorgimenti che tendono a limitare il rumore generato e trasmesso dall'impianto di ventilazione e dal sistema di distribuzione nell'ambiente ricevente.

10.3 Impianti a funzionamento discontinuo

Impianto ascensore

Il progetto prevede l'installazione di un impianto elevatore nel vano scale in posizione decentrata rispetto agli uffici.

Le pareti del vano ascensore sono caratterizzate da un potere fonoisolante **Rw=54 dB** (calcolato secondo la UNI TR 11175 con fattore correttivo – 2dB), che garantisce un adeguato abbattimento del rumore trasmesso per via aerea dall'impianto. La posizione decentrata garantisce che il valore del rumore trasmesso per via aerea no disturba gli uffici più vicini.

Per limitare al massimo il rumore trasmesso per via strutturale, è necessario che le guide degli ascensori vengano disaccoppiate meccanicamente dalle strutture murarie. Questo disaccoppiamento deve avvenire mediante idonei sistemi in grado di limitare la propagazione di vibrazioni e rumore per via strutturale. Simili accorgimenti andranno adottati per tutte le parti che possono generare vibrazioni e non montate direttamente sulle cabine.

Impianto idrico sanitario

Per quanto riguarda la messa in opera degli impianti di scarico ed adduzione idrica è necessario che vengano seguite le modalità normalmente previste per ottenere le prestazioni acustiche richieste dal DPCM 5-12-97 e dalla Norma UNI 11367 per la classe II.

In particolare devono essere utilizzati per le tubazioni degli scarichi, idonei collari di fissaggio dei tubi alle pareti. Questi collari devono essere provvisti di fascette antivibranti. Nel caso di parti di tubazione annegate nei getti, tubi e strutture devono risultare desolidarizzati; questo può essere ottenuto mediante il rivestimento dei tubi con una guaina isolante. In generale tra le tubature, le pareti e i solai non devono essere creati ponti acustici.

I montanti impiantistici devono essere alloggiati in cavedi dedicati e le pareti degli stessi devono avere elevate prestazioni di isolamento acustico.

Le tubazioni devono essere chiuse in modo che si creino le condizioni di desolidarizzazione sia tra le tubazioni stesse nel caso siano posizionate a coppie parallele sia tra partizioni e tubazioni.

Le pareti divisorie tra ambienti in corrispondenza di bagni e cucine devono garantire adeguate prestazioni acustiche anche in presenza di predisposizioni impiantistiche. Si suggerisce ad esempio che:

Nei bagni, le cassette di scarico vengano alloggiate in contropareti senza che venga intaccata la parete principale.

Le intercapedini vanno riempite con lana minerale conforme a quella prevista dai certificati acustici di laboratorio.

Tutte le tubazioni devono essere opportunamente desolidarizzate dalle pareti (inclusi i rivestimenti) e le fessure in corrispondenza delle predisposizioni devono essere opportunamente sigillate in modo da limitare al massimo la perdita del potere fonoisolante della parete o del solaio.

Attuando queste indicazioni e quelle indicate dalle ditte produttrici i sistemi antivibranti, si può ragionevolmente affermare che il livello limite, previsto per gli ambienti in

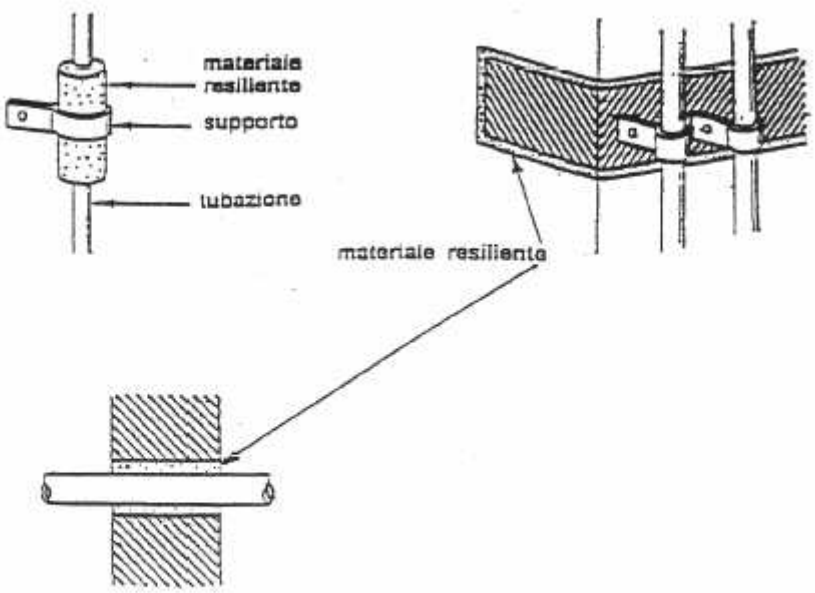
prossimità degli impianti tecnici di servizio a funzionamento discontinuo nei quali il livello di rumore è più elevato, sarà rispettato.

In ogni caso sono di seguito sono riportate alcune soluzioni, suddivise per tipologia di impianto adottate per ridurne l'impatto acustico.

Si vuole sottolineare che le indicazioni fornite non possono essere particolarmente dettagliate in quanto la gran parte delle situazioni andrà risolta in fase di messa in opera.

Tubazioni:

- Installazione di un riduttore di pressione a monte dell'impianto
- Utilizzo, dove possibile, di tubazioni in materiale plastico multistrato in quanto permettono un sensibile aumento delle velocità pur mantenendo un basso livello di rumorosità
- Isolamento delle tubazioni metalliche che attraversano parti strutturali (pareti) a mezzo di materiale resiliente

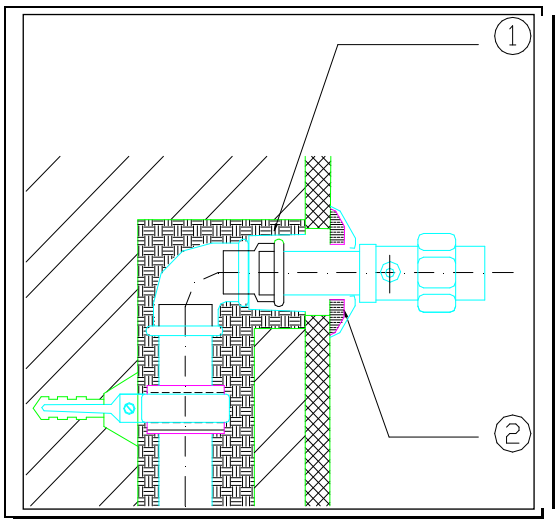


Coibentazione di tubazioni per staffaggio e attraversamento strutturale

- Limitazione della velocità dell'acqua a 2 m/s e massimo dimensionamento possibile per il diametro delle tubazioni
- Limitazione della pressione dell'acqua ad un massimo di 350 KPa nelle linee principali di distribuzione

Scarichi:

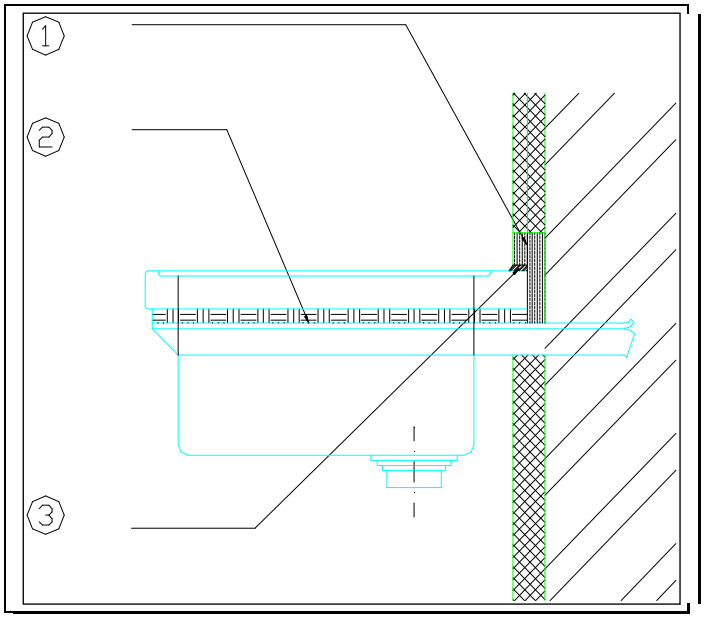
- Utilizzo, dove possibile, di tubazioni in materiale plastico multistrato in quanto permettono un sensibile aumento delle velocità pur mantenendo un basso livello di rumorosità
- Massimo dimensionamento possibile per le sezioni dei collettori per ridurre la velocità di deflusso delle acque
- Scelta di pendenze poco elevate per il tubo di collegamento fra sifone e colonna di scarico, per ridurre il tipico "gorgoglio" degli impianti
- Posizionamento di vaso igienico, bidet, piatto doccia e vasca da bagno su uno strato di materiale resiliente
- Rivestimento delle cassette ad incasso con materiale resiliente
- Rivestimento delle tubazioni di scarico dei sanitari, delle lavatrici e delle lavastoviglie con materiale resiliente nel passaggio attraverso le strutture



Esempio disaccoppiamento rubinetteria

1. materiale resiliente **2.** gomma

- Posizionamento delle eventuali pompe dell'impianto idraulico su materiali resilienti (piedini antivibranti). Utilizzo di giunti elastici per il collegamento delle pompe con le tubazioni



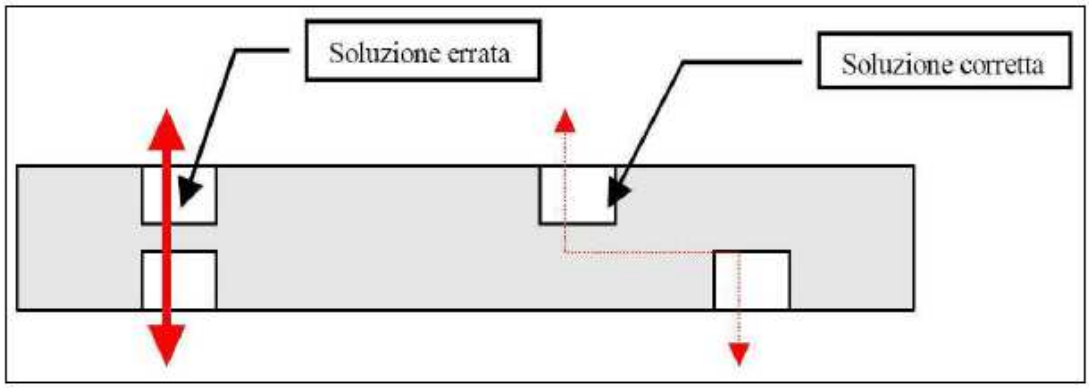
<u>Esempio di applicazione dei materiali resilienti</u>

Impianti di condizionamento

- Posizionamento degli impianti in luoghi dove l'impatto è minore
- Utilizzo di idonei giunti antivibranti per le staffe di supporto dell'impianto
- Isolamento dei macchinari sul tetto con barriere antirumore

Impianti elettrici

- Utilizzo di opportuna distanza per il posizionamento di cassette elettriche e quadri elettrici sui due lati di una stessa parete



- Utilizzo di materiali con potere fonoisolante opportuno per foderare al loro interno le cassette elettriche ed i quadri elettrici

11 CONCLUSIONI

Nella presente relazione sono state esaminate le problematiche acustiche relative all'l'intervento di ampliamento dell'attuale caserma dell'Arma dei Carabinieri, finalizzato all'insediamento della Compagnia dei CC. Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo corpo di fabbrica direttamente connesso a piano rialzato a quello esistente mediante un volume di collegamento. La caserma è sita nel Comune di Pioltello in Via Francesca Morvillo 10.

L'immobile è di proprietà del Comune di Pioltello (MI) con sede in Via Carlo Cattaneo 1.

A fronte delle scelte progettuali proposte sono state esaminate le caratteristiche acustiche, ed è stato dimostrato attraverso adeguati calcoli che le scelte operate soddisfano i requisiti minimi richiesti dal D.P.C.M. 5/12/1997. Inoltre i valori relativi ai calcoli di verifica, garantiscono anche il rispetto dei requisiti acustici passivi della classe II ai sensi della UNI 11367.

Si ritiene che il progetto, eseguito secondo le indicazioni contenute nella presente relazione, possa portare ad un esito conforme ai requisiti di legge.

Si ricorda che il D.P.C.M. 5.12.1997 prevedono che i requisiti acustici siano conseguiti in opera. Pertanto, l'effettiva rispondenza acustica degli elementi analizzati, può essere determinata solo a seguito di un collaudo acustico ad opera finita eseguito da un tecnico abilitato.

Si ribadisce quindi l'importanza di un'esecuzione dei lavori a regola d'arte affinché i requisiti acustici calcolati in via previsionale siano in linea – con particolare riferimento al rispetto dei limiti normativi – ai valori misurabili in opera.

I calcoli previsionali eseguiti si riferiscono unicamente alle stratigrafie ed ai materiali descritti in considerazione di elementi continui, omogenei ed integri. Le verifiche fanno riferimento allo schema distributivo degli ambienti come indicato negli elaborati di progetto. Qualsiasi variazione, anche modesta, tra la morfologia degli elementi indicati e quelli effettivamente realizzati in opera – spessori, densità, massa per unità di area, tipo di materiale, spessore dell'intercapedine e tipo di isolante, tipo e spessore degli intonaci – o modifiche alla distribuzione degli ambienti – compresa la suddivisione interna dei

locali – possono comportare valori di prestazione significativamente diversi rispetto a quelli calcolati.

12 ALLEGATI

12.1 Allegato 1 - Indicazioni di esecuzione delle opere a regola d'arte

Di seguito sono riportate alcune indicazioni generali di buona norma del costruire da seguire per ottenere le prestazioni acustiche in opera che risultino essere in linea con quelle previste nel presente documento.
Le indicazioni devono intendersi non esaustive in quanto il costruttore deve attenersi a tutte le prescrizioni delle ditte produttrici degli elementi da porre in opera, quelle fornite dalla Direzione Lavori, alle norme UNI applicabili.

12.1.1 Riduzione del rumore di calpestio nei solai

Il requisito previsto dal D.P.C.M. 5/12/1997 sarà ottenuto solo prestando attenzione alla modalità di posa in opera dello strato resiliente ed in particolar modo ai risvolti laterali della fascia desolidarizzante.
In particolare sarà necessario:

- Effettuare il distacco del massetto dalle pareti mediante una striscia perimetrale di fascia desolidarizzante di altezza adeguatamente superiore allo spessore del massetto, per assicurare il distacco anche della pavimentazione. (figura 1)
- Prestare attenzione affinché non si creino ponti acustici tra il massetto di rivestimento e la struttura portante, avendo cura di risvoltare lo strato resiliente, adottato nel caso di 'Pavimento Galleggiante'; (figura 2)
- È tassativo realizzare o impostare i muri divisori prima della posa del pavimento galleggiante per evitare che la parete di separazione posata direttamente sul pavimento galleggiante trasmetta i rumori aerei e di percussione generati nel locale disturbante. Nel che si dovesse realizzare la parete sopra il pavimento

galleggiante, è obbligatorio realizzare il taglio acustico del pavimento. Il taglio dovrà avvenire secondo le modalità indicate dalla ditta produttrice il sistema di parete ed approvate dalla Direzione Lavori.

- La superficie del massetto non deve essere superiore a 30 mq con lati di non oltre 7 m; superfici più grandi devono essere frazionate mediante giunti di dilatazione. Indicazioni sulla corretta posa dei massetti. In generale, al fine di ridurre l'isolamento al rumore da calpestio laterale e ridurre le trasmissioni di fiancheggiamento si consiglia di suddividere il pavimento galleggiante per stanze, in corrispondenza delle pareti e delle porte. In corrispondenza delle porte si consiglia di utilizzare come strato di separazione antivibrante una fascia perimetrale (polietilene espanso a cellule chiuse). In corrispondenza delle porte la fascia perimetrale può essere protetta in superficie da un coprigiunto in materiale elastico.
- Allo scopo di evitare un'essiccazione troppo rapida e irregolare, bisogna mantenere umido il massetto per almeno 7 giorni, evitando di camminarci sopra per i primi 3 giorni ed attendendo un periodo sufficiente prima della posa della pavimentazione (almeno 4-5 settimane).
- Dopo la posa del massetto verificare di avere ancora un'altezza adeguata di fascia perimetrale; quest'ultima infatti dovrà contenere anche lo strato di pavimentazione finale per garantire una completa disgiunzione delle pareti. (figura 3-4)
- Dopo aver posato la pavimentazione rifilare l'eccesso di fascia desolidarizzante prima della posa del battiscopa (figura 5).
- **Posare il battiscopa creando un distacco tra il battiscopa stesso e la pavimentazione. Il distacco si può realizzare o con un sottile velo di silicone (1,5 mm) oppure con un nylon che dovrà essere rimosso dopo la posa del battiscopa** (Figura 6-7).

figura 1

figura2

figura 3

figura4

figura 5

figura 6

figura 7

12.1.2 Isolamento da rumore aereo - Pareti

I valori di isolamento acustico in opera delle pareti divisorie risentono delle perdite del potere fonoisolante dovuto alle trasmissioni laterali del rumore.

Per limitare questo effetto è necessario porre particolare cura nella realizzazione di tutti i collegamenti laterali sia verticali che e orizzontali, questo per ridurre la presenza di ponti acustici.

Poiché la prestazione acustica di una parete è fortemente influenzata dalla posa in opera. Risulta fondamentale che gli strati di intonaco abbiano lo spessore minimo pari a quello indicato nelle stratigrafie di progetto e non presentino discontinuità. Questo vale anche per i corsi di malta sia orizzontali che verticali previsti per l'allettamento dei blocchi costituenti la parete.

Le pareti devono essere desolidarizzate dalle strutture laterali mediante l'interposizione di materiale elastico da prevedersi lungo il perimetro di tutti i paramenti murari costituenti la parete.

I paramenti della muratura devono essere sconnessi dal solaio inferiore mediante l'interposizione di strati elastici a bassa rigidità dinamica caratterizzati da uno spessore non inferiore a 6 mm. La larghezza dello strato elastico deve essere tale da coprire l'intero spessore del paramento murario (compreso l'intonaco).

Per il disaccoppiamento dei paramenti murari dalle pareti perimetrali e dall'intradosso del solaio, può essere utilizzata una malta cementizia elastica vibrosmorzante (ad esempio FONOPLAST della INDEX o prodotto equivalente).

12.1.3 Cavedi impiantistici

I cavedi impiantistici saranno chiusi con muratura di mattoni porizzati (o blocchi pieni in cls alleggerito) aventi spessore non inferiore a 8 cm.
I mattoni porizzati dovranno avere una densità apparente 800 kg/m3 ed una percentuale di foratura <45%. I mattoni porizzati verranno posti in opera con asse dei fori verticale e legati con giunti orizzontali continui in malta cementizia e giunti verticali tra elemento ed elemento con almeno un centimetro di malta. I mattoni dovranno essere integri. La parete esterna dei cavedi sarà intonacata con intonaco cementizio dello spessore di 2 cm.
Per contenere la trasmissione del rumore verso gli ambienti confinanti, la superficie interna del cavedio dovrà essere rivestita con materassino fonoassorbente ad alta densità (tipo ROCKWOOL 388 o equivalente).

12.1.4 Isolamento da rumore aereo – Facciate e serramenti

La prestazione acustica globale di facciata è influenzata, in misura sostanziale, dalle caratteristiche di isolamento degli elementi acusticamente più “deboli”, anche se di piccole dimensioni (tipicamente finestre, porte-finestre, cassonetti e prese d’aria).
In determinate configurazioni quindi, i limiti normativi stabiliti per i requisiti acustici di facciata entrano in contrasto con i limiti normativi riguardanti i rapporti aero-illuminanti. In particolare i locali che possiedono affacci verso l’esterno molto ridotti (per esempio camere particolarmente strette) devono essere dotati di superfici vetrate che, per rispettare i rapporti aero-illuminanti, risultano molto grandi in rapporto alla superficie totale della facciata del locale stesso. Questa configurazione può rendere più difficoltoso il rispetto dei limiti normativi stabiliti per i requisiti acustici di facciata.
L’indice di valutazione del potere fonoisolante (Rw) dei serramenti deve essere certificato dal produttore mediante i risultati di prove di laboratorio ottenuti conformemente alla normativa tecnica vigente (UNI EN ISO 140-3 e UNI EN ISO 717-1). La prova deve riguardare l’intero serramento (telaio + vetro). Nel caso di serramento dotato di cassonetto la prova dovrà riguardare l’intero sistema monoblocco (telaio + vetro + cassonetto), sia con avvolgibile alzato che abbassato. In alternativa si possono

considerare separatamente il certificato di laboratorio del serramento e dell'eventuale cassonetto che, se non adeguatamente fonoisolato, può penalizzare in misura rilevante l'isolamento acustico calcolato per l'intera facciata (anche fino a 10 dB).

Il produttore deve indicare tutte le prescrizioni di corretta messa in opera dei propri serramenti – conformemente alla prova di laboratorio. La corretta messa in opera, fino al piccolo dettaglio, risulta ancora una volta determinante per il raggiungimento dei requisiti acustici calcolati in via previsionale.

I serramenti devono inoltre garantire un'elevata classe di permeabilità all'aria e quindi ai rumori (rif. UNI EN 12207), sia nei giunti interni che su tutto il perimetro esterno.

In particolare, si raccomanda estrema cura nella realizzazione del giunto tra falso telaio e parete e nella posa delle guarnizioni, senza discontinuità, su tutto il perimetro del serramento. Si consiglia di interporre del materiale fibroso fonoassorbente tra falso telaio e telaio.

In alternativa, si possono utilizzare schiume poliuretaniche fonoassorbenti ad alta elasticità per compensare i movimenti del muro e/o del telaio anche in presenza di alte dilatazioni termiche (tipo HANNO ELASTOSCHAUM o equivalente).

Sono da preferire sistemi di telai e controtelai certificati che garantiscono la perfetta tenuta all'aria nel tempo anche in presenza di dilatazioni.

Il telaio fisso deve essere adeguatamente sigillato con idoneo materiale in grado di compensare eventuali movimenti del supporto ed utilizzabile per interni ed esterni (tipo MS Polimero o equivalente).

Per tutti i dettagli di posa si richiamano le indicazioni riportate nella UNI 11296.

Nella fase di montaggio dei serramenti apribili va posta molta attenzione nella regolazione: sarà importante accertarsi che la registrazione sia fatta a regola d'arte, in modo che le guarnizioni abbiano la giusta pressione sulla battuta e siano così garantite la tenuta all'aria e le prestazioni acustiche. A tal proposito si consiglia di effettuare una seconda registrazione, a distanza di tempo, una volta che il serramento si sarà stabilizzato.

12.1.5 Isolamento da rumore aereo – Porte d'ingresso

Le porte d'ingresso alle unità immobiliari è consigliato che abbiano un adeguato indice di potere fonoisolante (certificato da rapporti di prova di laboratori accreditati ottenuto secondo la norma UNI EN ISO 140-3 e UNI EN ISO 717-1.

Il potere fonoisolante dei portoncini d'ingresso **non sia inferiore a Rw=38 dB**. Va garantita la tenuta all'aria, che di conseguenza è garanzia della prestazione acustica. Il portoncino dovrà avere la marcatura CE e la tenuta all'aria deve essere in classe 4.

Il nodo primario tra controtelaio e parete verticale va eseguito con profili portaintonaco o con le pellicole di tenuta all'aria e schermo vapore per evitare la formazione di fessure.

Particolare cura dovrà essere posta alla regolazione delle ante apribili in modo che vadano perfettamente in battuta contro le guarnizioni.

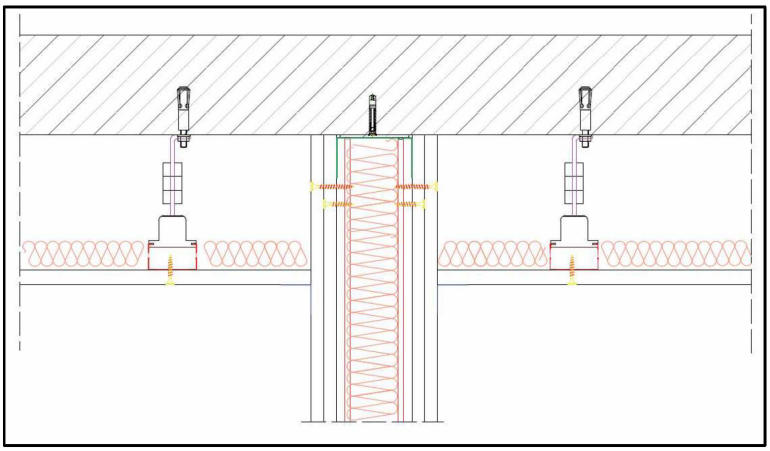
Si suggerisce di adottare la battuta inferiore fissa perché in questo modo la tenuta all'aria sarà molto maggiore rispetto all'utilizzo di una semplice lama parafreddo. Nel caso che ciò non fosse possibile dovrà essere usata la soglia mobile acustica prevista nei certificati acustici. Sempre per garantire le prestazioni di tenuta all'aria e conseguentemente anche quelle acustiche, si consiglia di effettuare una seconda registrazione della porta, a distanza di tempo, una volta che si sarà stabilizzata.

12.2 Pareti - Risoluzione di ponti acustici e accorgimenti per la posa in opera

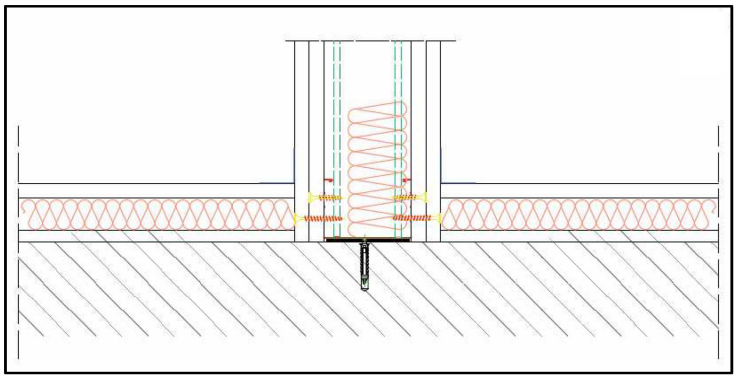
Di seguito vengono riportati alcuni accorgimenti potranno minimizzare le perdite dovute alla messa in opera.

Al fine di evitare la creazione di ponti acustici che vadano a vanificare i risultati previsti si prescrive quanto segue:

- In presenza di controsoffitti, la parete, deve costituire un setto continuo che unisca pavimento e soffitto per evitare la discontinuità di fonoisolamento, interrompendo la continuità del controsoffitto stesso (no controsoffitto passante);



- nel caso di presenza di contropareti, il tramezzo deve essere a contatto della parete perimetrale per evitare il ponte acustico laterale;



12.3 Allegato 2 - Requisiti degli impianti

Di seguito sono riportate alcune soluzioni, suddivise per tipologia di impianto adottate per ridurne l'impatto acustico.

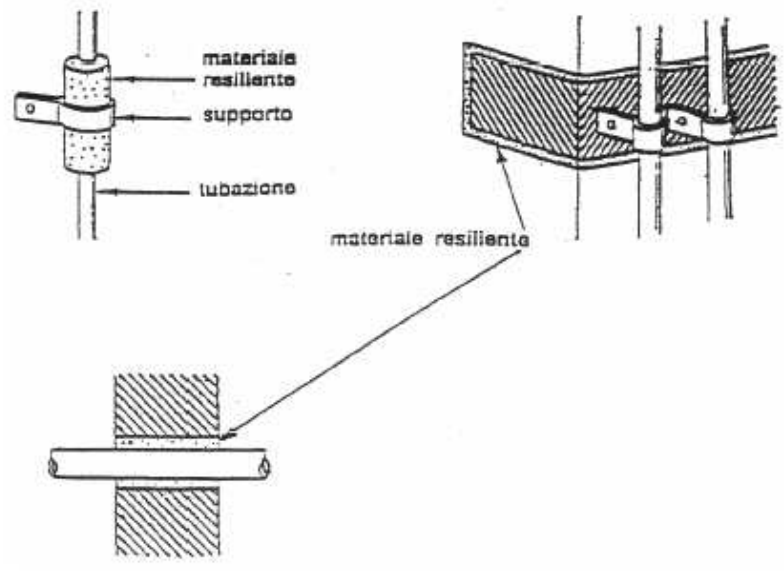
Si fa notare che le indicazioni fornite non possono essere particolarmente dettagliate in quanto la gran parte delle situazioni andrà risolta in fase di messa in opera.

Tubazioni:

- Installazione di un riduttore di pressione a monte dell'impianto;
- Utilizzo, dove possibile, di tubazioni in materiale plastico multistrato in quanto permettono un sensibile aumento delle velocità pur mantenendo un basso livello

di rumorosità;

- Isolamento delle tubazioni metalliche che attraversano parti strutturali a mezzo di materiale resiliente;



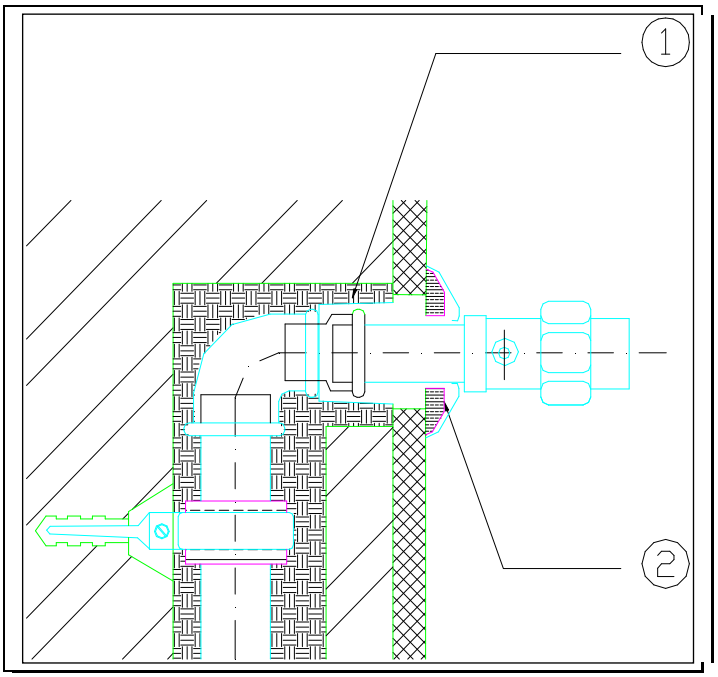
Coibentazione di tubazioni per staffaggio e attraversamento strutturale

- Limitazione della velocità dell'acqua a 2 m/s e massimo dimensionamento possibile per il diametro delle tubazioni;
- Limitazione della pressione dell'acqua ad un massimo di 350 KPa nelle linee principali di distribuzione.

Scarichi:

- Utilizzo di tubazioni in materiale plastico multistrato in quanto permettono un sensibile aumento delle velocità pur mantenendo un basso livello di rumorosità
- Massimo dimensionamento possibile per le sezioni dei collettori per ridurre la velocità di deflusso delle acque
- Scelta di pendenze poco elevate per il tubo di collegamento fra sifone e colonna di scarico, per ridurre il tipico "gorgoglio" degli impianti
- Posizionamento dei sanitari su uno strato di materiale resiliente;
- Rivestimento delle cassette ad incasso con materiale resiliente;
- Nei montanti degli scarichi non vanno eseguiti cambi di direzione con angoli di 90°;
- Rivestimento delle tubazioni di scarico con materiale resiliente nel passaggio

attraverso le strutture

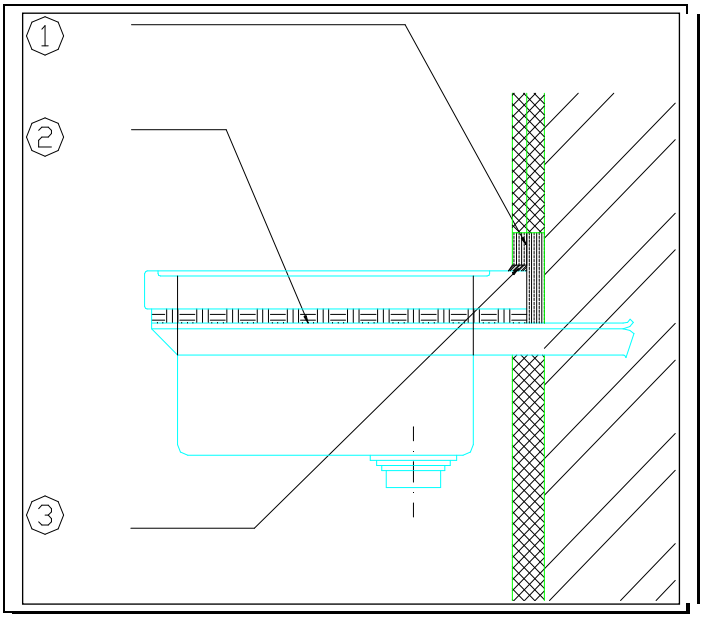


Esempio disaccoppiamento rubinetteria

1. materiale resiliente 2. gomma

<u>Tutte le tubazioni vanno desolidarizzate dalle strutture del solaio e delle pareti in modo da non trasmettere vibrazioni.</u>

- Posizionamento delle eventuali pompe dell'impianto idraulico su materiali resilienti (piedini antivibranti).Utilizzo di giunti elastici per il collegamento delle pompe con le tubazioni;



Esempio di applicazione dei materiali resilienti

1. materiale resiliente **2.** gomma **3.** silicone

Impianti di riscaldamento:

- Utilizzo di giunti elastici e ancoraggi flessibili per le tubazioni;
- **Tutte le tubazioni vanno desolidarizzate dalle strutture del solaio e delle pareti in modo da non trasmettere vibrazioni.**

Impianti di condizionamento

- Posizionamento degli impianti in luoghi dove l'impatto è minore. Tutte le macchine dovranno essere dotate di idoneo silenziatore;
- L'impianto deve essere dimensionato in modo da non avere velocità dell'aria troppo alte con conseguente aumento della rumorosità;
- Utilizzo di idonei giunti antivibranti per le staffe di supporto dell'impianto;

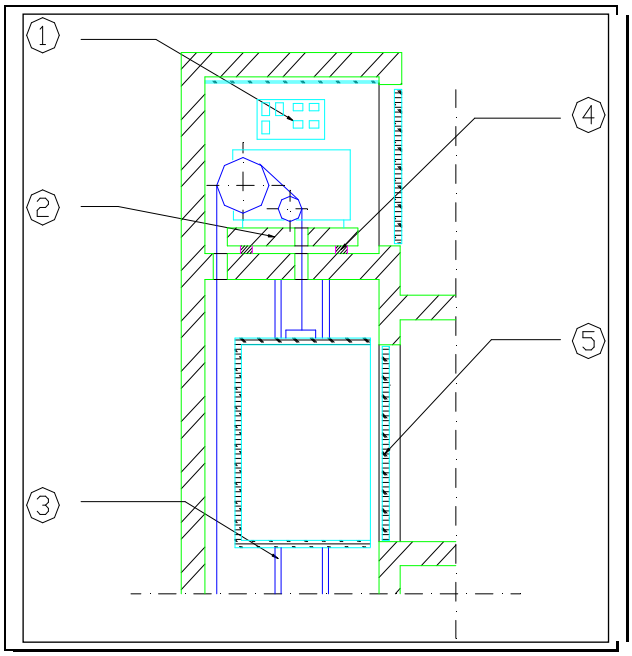
- Utilizzo di bocchette insonorizzate;
- Il collegamento flessibile tra canale e bocchetta dovrà avere caratteristiche fonoassorbenti.
- Vanno privilegiati canali in PAL (poliuretano-alluminio) piuttosto che in lamiera di acciaio zincato

Impianti elettrici

- Utilizzo di opportuna distanza per il posizionamento di cassette elettriche e quadri elettrici sui due lati di una stessa parete
- **Non posizionare** cassette elettriche e quadri elettrici in posizione contrapposta sui due lati della parete, ma sfalsate il più possibile (almeno di 50 cm). Nel caso di pareti in cartongesso o comunque in presenza di isolamenti in lana minerale, bisogna che sia conservata lana minerale retrostante compressa per uno spessore non inferiore a 3 cm;
- Utilizzo di materiali con potere fonoisolante opportuno per foderare al loro interno le cassette elettriche ed i quadri elettrici

Impianto ascensore

- Realizzazione del vano ascensore con pareti in muratura ad elevata massa aerica
- Montaggio del motore di sollevamento su supporti antivibranti in apposito locale
- Posizionamento del vano ascensore non in prossimità di locali in cui è richiesta particolare tranquillità
- Realizzazione di opportuno isolamento e sigillatura delle porte di ingresso situate vicino alle porte di sbarco dell'ascensore
- Accoppiamento elastico delle guide dell'ascensore rispetto al cavedio in CLS che lo accoglie



1. Quadro di comando desolidarizzato dalla struttura
2. Basamento in calcestruzzo armato
3. guide di scoramento delle cabine desolidarizzate dalla struttura
4. appoggi antivibranti
5. porte munite di giunzioni elastiche sulla periferia