

VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI

Relazione tecnica ai sensi del D.P.C.M. 5 Dicembre 1997

Analisi previsionale



Committenti: COMUNE DI COLICO (LC)
P.zza V. Alpini
23823 Colico (LC)

Oggetto: NUOVA REALIZZAZIONE SCUOLA PRIMARIA, SECONDARIA E
PALESTRA NEL COMUNE DI COLICO, VIA BACCO

INDICE

PREMESSA	4
1.1 NORMATIVA NAZIONALE	5
1.2 NORME TECNICHE	8
1.2.1 METODI DI MISURA IN OPERA	9
1.2.2 METODI DI MISURA IN LABORATORIO	9
2 MODELLI DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE	10
2.1 RUMORE PER VIA AEREA	10
2.1.1 POTERE FONOISOLANTE R_w	10
2.1.2 ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE D_{nTw}	12
2.1.3 ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA $D_{2m,nTw}$	12
2.2 RUMORE DA CALPESTIO E TRASMISSIONI STRUTTURALI.....	13
3 DESCRIZIONE INTERVENTO	14
4 ANALISI ACUSTICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI COMPONENTI L'EDIFICIO	16
4.1 PARETI PERIMETRALI	16
4.2 PARTIZIONI VETRATE.....	17
4.2.1 NODO PRIMARIO E NODO SECONDARIO.....	18
4.3 FACCIATA SUPERIORE : TETTO DI COPERTURA SCUOLE.....	20
4.4 FACCIATA SUPERIORE : TETTO DI COPERTURA PALESTRA	21
4.5 PARETI SEPARAZIONE AMBIENTI	21
4.5.1 SOLUZIONE COSTRUTTIVA VERTICALE TRA AULE E CORRIDOI	21
4.5.2 SOLUZIONE COSTRUTTIVA VERTICALE TRA AULE.....	23
4.5.3 CONSIDERAZIONI SUL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE $R'w$ TRA AULE ADIACENTI	24
4.6 PORTE DI INGRESSO AULE	24
4.7 PARTIZIONI VERTICALI	25
4.8 SOLUZIONE COSTRUTTIVA ORIZZONTALE	25
4.8.1 ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI IMPATTIVI - LIVELLO NORMALIZZATO DI RUMORE DA CALPESTIO	28
4.8.2 CONSIDERAZIONI SUL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE $R'w$ TRA AULE SOVRAPPOSTE	29
5 TEMPO DI RIVERBERO	30
5.1 MATERIALI AULE – LABORATORI E MENSA.....	30
5.2 MATERIALI PALESTRA	30
6 IMPIANTI	32
6.1 IMPIANTO IDROSANITARIO	32

6.2	IMPIANTO VENTILAZIONE	34
6.3	ASCENSORE	35
7	CONCLUSIONI	36

PREMESSA

La presente relazione ha per oggetto la valutazione delle stratigrafie e delle scelte impiantistiche riportate nel progetto esecutivo per la realizzazione di un nuovo campus scolastico composto da scuola primaria, secondaria e palestra nel comune di Colico, via Bacco. Si raccomanda all'atto costruttivo una particolare attenzione nella realizzazione delle interconnessioni tra gli elementi (siano essi partizioni verticali o orizzontali, impianti...etc) che possano avere un particolare riflesso sulle prestazioni acustiche dell'opera; si raccomanda pertanto di concordarle con la direzione lavori.

Il relatore della presente è in possesso della qualifica di cui all'art. 2, commi 6 e 7 della Legge 447/95, per lo svolgimento dell'attività di "Tecnico Competente" nel campo dell'acustica ambientale.

Si segnala al Committente che le relazioni analitiche di calcolo previsionale contenute nelle norme vigenti (serie EN 12354) non sono relazioni esatte, ma derivate da modelli matematici estrapolati su base empirica.

Esse sono caratterizzate da uno scarto tipo compreso tra 1,5 e 2 dB, pertanto a livello statistico si ha il 90% di probabilità che il risultato reale sia compreso in $\pm 3,3$ dB rispetto il dato di progetto.

In base all'esperienza acquisita, a seguito anche delle numerose prove di collaudo effettuate in cantiere, in condizione di corretta posa dei materiali lo scarto tra il valore di progetto ed il valore misurato in opera è generalmente contenuto in 2 dB.

N.B. Tutto quanto contenuto nella presente relazione è solo ed esclusivamente inerente gli aspetti acustici dell'edificio. Si raccomandano pertanto le dovute verifiche di compatibilità strutturali, termigrometriche, igroscopiche e tutti gli altri aspetti annessi alla costruzione.

Il tecnico


Dott. Ing. Alessia Carretini
Tecnico competente in acustica
ambientale (D.P.G.R. n° 6446 del 2009)

NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO

La normativa ha lo scopo di definire i limiti di isolamento acustico per tutti gli edifici con destinazione d'uso diversa da quella produttiva, al fine di prevenire il disturbo percepito all'interno degli ambienti abitativi per rumori provenienti dall'esterno dell'edificio, ma anche da rumori provocati all'interno dello stesso tra diverse unità immobiliari e/o dagli impianti a servizio.

Il riferimento legislativo, per quanto riguarda l'isolamento acustico, è il D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 recante "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici".

1.1 NORMATIVA NAZIONALE

La norma di riferimento in materia di inquinamento acustico è la **Legge 26 ottobre 1995 n° 447** "Legge quadro sull'inquinamento acustico". Tale legge stabilisce i principi fondamentali in materia di tutela dell'ambiente esterno e dell'ambiente abitativo dall'inquinamento acustico.

In attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e) della Legge 447/95, con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 5 dicembre 1997, sono stati determinati i requisiti delle sorgenti sonore interne agli edifici e i requisiti acustici passivi degli edifici.

La classificazione degli edifici è definita in relazione alla destinazione d'uso dell'immobile e precisamente

Categoria	Specificazioni
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

ove per ciascuna categoria sono definiti i valori minimi di isolamento per le partizioni verticali ed orizzontali, mentre si definiscono i valori massimi di rumore ammissibili per gli impianti ad uso continuo e discontinuo a servizio dell'immobile.

I parametri considerati sono:

- **R'w** *Indice del potere fonoisolante apparente*: si riferisce all'isolamento per via aerea di elementi di separazione tra due distinte unità abitative
- **D_{2m,nT,w}** *Indice di valutazione dell'isolamento acustico standardizzato di facciata*: si riferisce all'isolamento per via aerea delle facciate degli immobili
- **L'_{n,w}** *Indice di valutazione del livello apparente normalizzato di rumore da calpestio di soalai*: si riferisce all'isolamento al rumore da calpestio di una partizione orizzontale
- **L_{ASmax}** *Livello massimo di pressione sonora, ponderata A con costante di tempo "Slow"* per la valutazione della rumorosità degli impianti ad uso discontinuo
- **L_{Aeq}** *Livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A per i servizi ad uso continuo*

I valori di riferimento, in funzione della classe di destinazione d'uso sono:

Categoria dell'edificio	PARAMETRI				
	R'w	D _{2m,nT,w}	L'_{n,w}	L _{ASmax}	L _{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

NORMATIVA DI RIFERIMENTO IN MATERIA DI ISOLAMENTO ACUSTICO IN CAMPO SCOLASTICO

L'edificio in oggetto fa parte degli edifici scolastici. Per questa tipologia di edifici oltre al D.P.C.M 5.12.1997 e ai parametri ivi indicati, vi sono altri decreti con **parametri aggiuntivi**. Riportiamo l'iter normativo per l'acustica degli edifici scolastici e una tabella riassuntiva che contenga i parametri complessivi di riferimento.

L'acustica degli edifici ad uso scolastico è stata considerata per la prima volta nel 1967 con la "Circolare Min. LL.PP. – Pres. Consiglio Sup. – Serv. Tecnico Centr. – 22 Maggio 1967, n. 3150. Criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici." ove vengono forniti i primi valori di isolamento acustico tra aule adiacenti e sovrapposte, la rumorosità consentita ai servizi a funzionamento discontinuo e continuo ed il Tempo di Riverbero che aule, palestre ed altri ambienti scolastici devono avere. La suddetta circolare, desunta dalla norma di carattere generale "Circ. 30 aprile 1966 N° 1769", presenta i valori riportati in Tabella 1.

Requisiti di capitolato (Art. 3 comma 3.2)	dB (a 500 Hz)
Isolamento acustico fra due aule adiacenti	40
Isolamento acustico fra due aule sovrapposte	42
Livello di rumore di calpestio fra due aule sovrapposte	68
Servizi a funzionamento discontinuo	50 dB(A)
Servizi a funzionamento continuo	40 dB(A)

Media dei Tempi di Riverbero (250-500-1000-2000 Hz)	sec
Aule arredate con la presenza massima di due persone	1.2
Palestre	≤ 2.2

Tabella 1: Valori di riferimento

Nel 1975 il Decreto Ministeriale, "**D.M. 18 Dicembre 1975. Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica, da osservarsi nella esecuzione di opere di edilizia scolastica**", all'Art. 5 comma 5.1 riprende quanto già determinato nella Circolare n° 1769 e successiva n°3150.

A decorrere dalla data di entrata in vigore della **Legge 11 Gennaio 1996 n° 23** "Norme per l'edilizia scolastica" tutte le norme relative all'edilizia scolastica non sono più applicabili fatto salvo quanto previsto all'Art. 5 comma 3 della Legge 11 Gennaio 1996 n° 23 relativamente all'acustica edilizia ove cita: "...omissis..... possono essere assunti quali indici di riferimento quelli contenuti nel decreto del Ministero dei lavori pubblici 18 dicembre 1975, pubblicato nel supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 2 febbraio 1976".

Pertanto, sebbene tutte le altre norme tecniche relative all'edilizia scolastica siano state sostituite, quelle relative all'acustica degli edifici scolastici rimangono vigenti.

Con l'entrata in vigore del **D.P.C.M. 5 Dicembre 1997** "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici", vengono fissati nuovi parametri di isolamento acustico tra aule sovrapposte e facciate, nonché nuovi valori per la rumorosità degli impianti tecnologici. Mentre i limiti per il Tempo di Riverbero, così come l'isolamento tra aule adiacenti, rimangono quelli riportati nella circolare del Ministero dei Lavori pubblici n. 3150 del 22 Maggio 1967. Infatti per quanto concerne l'Indice del potere fonoisolante apparente $R'w$, il D.P.C.M. 5.12.97 esplicita l'applicazione tra distinte unità abitative senza contemplare la condizione di aule adiacenti o sovrapposte. Si ritiene

pertanto che a livello normativo i limiti di riferimento rimangano quelli esposti nella Circolare n°3150.

Tabella 2 sono riportati i valori definitivi dei parametri, da rispettare nella realizzazione di edifici scolastici estrapolati dalla circolare n°3150 e dal D.P.C.M 5/12/1997.

D.P.C.M 5/12/1997				Circolare n° 3150 22 Maggio 1967			
D _{2m,nT,w}	L' _{n,w}	L _A max	L _A eq	R' _w		Tempo riverbero	Tempo riverbero Palestra
				Adiac.	Sovrapp.		
48 dB	58 dB	35 dB	25 dB	40 dB	42 dB	1.2	≤ 2.2

Tabella 2: Valori di riferimento acustica scolastica

NORME VOLONTARIE DI RIFERIMENTO

A luglio 2010 è stata inoltre pubblicata una norma, UNI 11367: 2010 Acustica in edilizia – classificazione acustica delle unità immobiliari – procedure di valutazione e verifica in opera.

La suddetta norma nell'App. A, B e C contempla esplicitamente gli edifici ad uso collettivo quali scuole, ospedali, alberghi, ecc....

Sebbene l'applicazione della norma sia di tipo volontario, quanto in essa contenuto fornisce buone indicazioni e ottimi punti di riferimento per la definizione di un confort acustico interno.

Dall'analisi delle suddette appendici, si evince che ulteriori parametri qualitativi sono stati inseriti quali per esempio l'isolamento tra aule e corridoi, il tempo di riverbero esplicitato per il parlato o per la musica e così via.

A maggio 2014 è stata pubblicata una nuova norma acustica UNI **11532:2014** "Acustica in edilizia - Caratteristiche acustiche interne di ambienti confinati", in tale norma si danno degli ulteriori riferimenti per il tempo di riferimento nei diversi ambienti scolastici, aule, corridoi, atri, mense...

1.2 NORME TECNICHE

I riferimenti normativi più importanti per la progettazione acustica degli edifici sono le norme UNI EN 12354, UNI EN ISO 717 e UNI EN ISO 140.

Le suddette norme si riferiscono sia a valutazioni in situ, sia a valutazioni di laboratorio.

Di seguito si riportano alcune norme di riferimento.

1.2.1 METODI DI MISURA IN OPERA

- UNI EN ISO 10140-4: 2000 Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea tra ambienti
- UNI EN ISO 717-1: 1997 Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento acustico per via aerea
- UNI EN 12354-1: 2002 Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotto – Isolamento dal rumore per via aerea tra ambienti
- UNI EN ISO 10140-5: 2000 Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell'isolamento acustico per via aerea degli elementi di facciata e delle facciate
- UNI EN 12354-3: 2002 Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotto – Isolamento acustico contro il rumore proveniente dall'esterno per via aerea
- UNI EN ISO 10140-7: 2002 Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio – Misurazioni in opera dell'isolamento dal rumore di calpestio
- UNI EN ISO 717-2: 1997 Valutazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Isolamento del rumore di calpestio
- UNI EN 12354-2: 2002 Valutazioni delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotto – Isolamento acustico al calpestio tra ambienti

1.2.2 METODI DI MISURA IN LABORATORIO

- UNI EN ISO 10140-1: Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Requisiti per le attrezzature di laboratorio con soppressione della trasmissione laterale
- UNI EN ISO 10140-3: Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazione in laboratorio dell'isolamento acustico per via aerea di elementi di edificio

- UNI EN ISO 10140-6: Acustica – Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edifici – Misurazioni in laboratorio dell'isolamento dal rumore di calpestio di solaio
- UNI EN ISO 10140-8: Acustica - Misurazione dell'isolamento acustico in edifici e di elementi di edificio - Misurazioni in laboratorio della riduzione del rumore di calpestio trasmesso da rivestimenti di pavimentazioni su un solaio pesante normalizzato

2 MODELLI DI CALCOLO PER LA VALUTAZIONE DELLE PRESTAZIONI ACUSTICHE

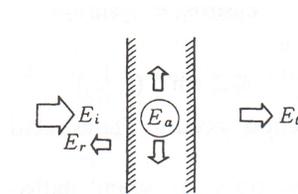
2.1 RUMORE PER VIA AEREA

2.1.1 POTERE FONOSOLANTE R_w

Come definito anche dalle vigenti norme in materia di acustica, il parametro che descrive l'isolamento acustico per via aerea tra due ambienti adiacenti è il **Potere Fonoisolante** definito come:

$$R = 10 \log \left(\frac{1}{\tau} \right)$$

ove τ , coefficiente di trasmissione, è definito dal rapporto energetico tra l'energia trasmessa (E_t) e l'energia incidente (E_i):



Nella realtà, oltre alla trasmissione diretta, all'interno degli edifici avvengono anche altre trasmissioni per via solida dovute agli elementi strutturali che compongono l'edificio stesso.

Pertanto il suono all'interno degli edifici si propaga:

- per *Trasmissione diretta*: la trasmissione del rumore avviene attraverso il solo elemento considerato
- per *Trasmissioni laterali*: trasmissione del rumore attraverso gli elementi strutturali adiacenti l'elemento in analisi

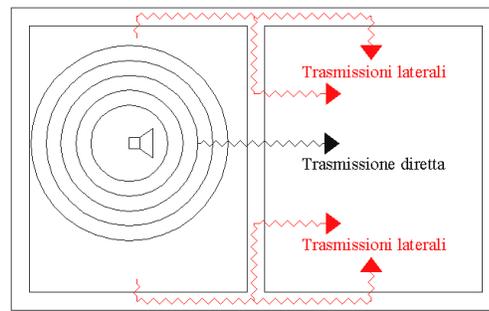


Figura 1: Propagazione del rumore tra due ambienti

Per tenere conto anche delle perdite di isolamento dovute alle trasmissioni laterali, si definisce un ulteriore parametro, che è il **Potere Fonoisolante Apparente**.

Ai fini del calcolo del potere fonoisolante apparente tra due ambienti adiacenti, si deve quindi determinare il valore del potere fonoisolante per ogni singolo percorso di trasmissione laterale, mediante la relazione:

$$R_{ij,w} = \frac{R_{i,w} + R_{j,w}}{2} + \Delta R_{ij,w} + K_{ij} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad \text{dB}$$

dove:

$R_{i,w}$ è il potere fonoisolante della struttura i (dB)

$\Delta R_{ij,w}$ è l'incremento del potere fonoisolante dovuto all'apposizione di strati di rivestimento lungo il percorso i - j (dB)

K_{ij} è l'indice di riduzione delle vibrazioni del percorso i - j (dB)

S_s è la superficie della partizione (mq)

l_0 è la lunghezza di riferimento (1 m)

l_f è la lunghezza del giunto tra le strutture considerate (m)

Dalla determinazione di tali parametri è possibile ricavare il valore del potere fonoisolante apparente R'_{w} , secondo la relazione:

$$R'_{w} = -10 \log \left[10^{-R_{Dd,w}/10} + \sum_{F=f=1}^n 10^{-R_{Ff,w}/10} + \sum_{f=1}^n 10^{-R_{Df,w}/10} + \sum_{F=1}^n 10^{-R_{Fd,w}/10} \right] \quad \text{dB}$$

dove:

$R_{Dd,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta

$R_{Ff,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Ff

$R_{Df,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Df

$R_{Fd,w}$ è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione Fd

n è il numero di elementi laterali dei due ambienti, di solito 4

E' rilevante sottolineare che i certificati di isolamento acustico dei prodotti forniti dalle aziende tengono in considerazione la sola trasmissione diretta e prescindono da qualsiasi trasmissione laterale, ovvero il dato che viene fornito è quello relativo al Potere Fonoisolante R_w .

Pertanto i valori forniti saranno sempre superiori a quanto riscontrabile in opera.

Infatti, mentre la trasmissione diretta è valutabile in laboratorio ed è indipendente dalle dimensioni della partizione e/o da altri elementi, le trasmissioni laterali sono legate alla geometria dei singoli ambienti, alle strutture che fiancheggiano l'elemento di separazione nonché alla messa in opera degli elementi stessi e ai giunti di connessione strutturali.

E' pertanto fondamentale sottolineare che le diverse soluzioni di isolamento non sono applicabili in ogni condizione.

Nella presente relazione, partendo dai valori di Potere Fonoisolante R_w , si valuteranno le perdite per trasmissione laterale e quindi si valuteranno le idonee soluzioni atte a soddisfare il Potere Fonoisolante Apparente $R'w$.

2.1.2 ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO RISPETTO AL TEMPO DI RIVERBERAZIONE D_{NTW}

La norma volontaria inserisce il nuovo parametro D_{NTW} : Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione. Il parametro è così definito secondo la Norma UNI 11367:

$$D_{NT} = D + 10\lg(T/T_0) \quad \text{IdB}$$

dove: D indica la differenza di isolamento tra ambiente L1 ed ambiente L2

T_0 0.5 s tempo di riverbero di riferimento

T tempo riverberazione stimato nell'ambiente ricevente

2.1.3 ISOLAMENTO ACUSTICO DI FACCIATA $D_{2M,NTW}$

L'isolamento acustico standardizzato di facciata è direttamente correlato al potere fonoisolante apparente $R'w$ (cioè all'isolamento effettivo in opera, determinato dalle trasmissioni dirette e laterali) ed è definito come di seguito riportato:

$$D_{nT} = R' + 10 \log \left(\frac{0.16V}{(T_0 * S)} \right)$$

ove

R' è il potere fonoisolante apparente, composto nel caso di combinazione di parti opache e parti vetrate

T_0 è il tempo di riverbero di riferimento, pari a 0.5 secondi

S è la superficie della facciata del locale

V è il volume dell'ambiente in analisi

Si deve considerare inoltre una differenza di livello dettata dalla geometria della facciata ΔL_{fs} .

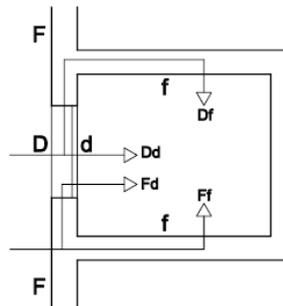


Figura 2: Propagazione del rumore tra interno ed esterno

2.2 RUMORE DA CALPESTIO E TRASMISSIONI STRUTTURALI

La norma EN 12354-2 prevede una procedura di calcolo semplificata per il livello di calpestio:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K$$

dove: $L_{n,w,eq}$ indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato; ΔL_w indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio del rivestimento di pavimentazione; K correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le strutture laterali.

Il rumore impattivo si propaga nelle strutture secondo diversi percorsi.

3 DESCRIZIONE INTERVENTO

L'intervento è formato da tre edifici, uno dedicato alla scuola primaria, uno alla scuola secondaria e uno alla palestra. Gli edifici Scuola si sviluppano su due piani fuori terra ed hanno rispettivamente 15 Aule, locale mensa, 9 laboratori oltre a locali servizi e accessori e sala insegnanti per la scuola primaria; 9 Aule, 6 laboratori oltre a locali servizi e accessori e sala insegnanti per la scuola secondaria.

Vi è un locale interrato strutturalmente disgiunto dagli altri edifici e localizzato fra la palestra e la scuola secondaria che sarà adibito a centrale termica.

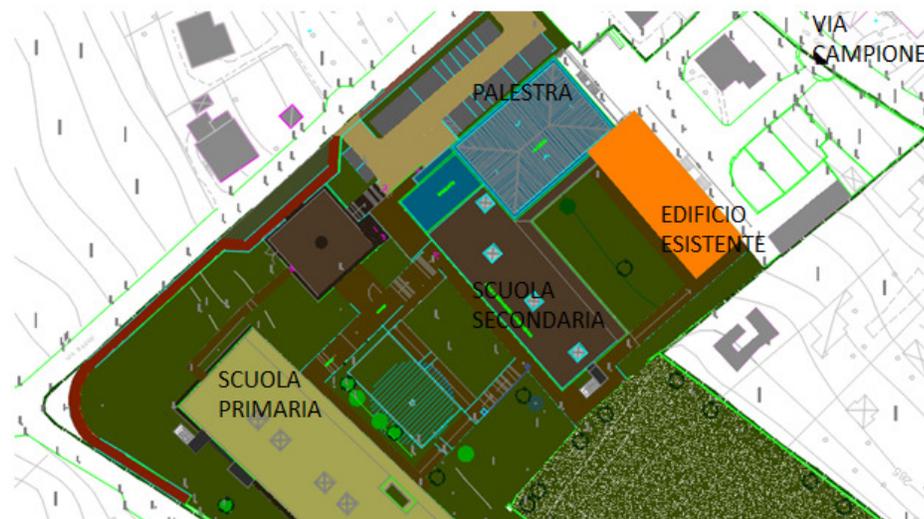


Figura 3: Pianta generale intervento

Tipologie costruttive

- La struttura di tutti e tre gli edifici è a travi e pilastri con muratura perimetrale di tamponamento realizzata in Laterizio Porizzato con cappoto in polistirene da 10 cm e controparete interna in lana minerale e cartongesso.
- I serramenti della scuola primaria e secondaria hanno un R_w pari a 46 dB certificato in laboratorio
- Le pareti di separazione fra aule, laboratori... sono realizzate con una muratura del tipo laterizio porizzato da 20 cm e su entrambi i lati una controparete in cartongesso con orditura metallica di 5 cm riempita di lana minerale da 20 kg/mc per 4 cm e doppia lastra cartongesso.
- Le pareti di separazione fra laboratori/aule e servizi sono realizzate con una muratura del tipo laterizio porizzato da 20 cm e su un lato controparete in cartongesso con orditura

metallica di 5 cm riempita di lana minerale da 20 kg/mc per 4 cm e doppia lastra cartongesso.

- Le pareti di separazione fra aule e laboratori con il corridoio sono realizzate in cartongesso: doppia struttura metallica da 5 cm riempita con 4 cm di lana di vetro 20 kg/mc e doppia lastra di cartongesso
- I solai interposti fra i piani saranno realizzati con la seguente stratigrafia: solaio tipo predalles, alleggerito 10 cm, guaina anticalpestio tipo Fonostop Duo o similari, pannello riscaldamento a pavimento, massetto, linoleum
- Il solaio di copertura delle scuole saranno anch'essi in predalles.
- Il solaio di copertura della palestra sarà in legno : Intradosso a vista in pannelli tipo celenit spessore cm.3,5, messi in opera lasciando una fuga larga almeno 2 cm tra i pannelli; freno vapore in membrana altamente traspirante; isolante termoacustico in pannelli lana di Roccia densità 100 Kg/mc. in doppio strato spessore cm 8+8 con velovetro ma non inbustata (in alternativa fibra di legno densità 160 kg/mc. in doppio strato cm.6+6);
- Al secondo livello (quota secondo piano) della parete perimetrale della palestra si sostituirà alla semplice lastra in cartongesso verso l'interno della palestra una lastra tipo Tangent T1 della linea Danoline o pannelli in lana di roccia del tipo Vertiq della Rockfon.
- Inoltre le gradonate saranno realizzate blocchi in Leca a vista per le alzate.
- Tutte le aule, laboratori e sala mensa e corridoi avranno un controsoffitto formato di pannelli in lana minerale del tipo ROCKFON COLORAL SPESSORE 2 CM CON PLENUM D'ARIA MINIMO DI 20 CM o controsoffitto modulare ispezionabile tipo Minerval Euroacoustic
- Le aule avranno la parte superiore delle pareti opposte alla cattedra realizzate, al posto delle lastre in cartongesso normale con lastra Knauf tipo Fessurata B5 o pannelli in lana di roccia del tipo Vertiq della Rockfon.

Tutte le stratigrafie prescelte e soprariportate acusticamente sono adeguate alle richieste normative.

Sorgenti interne potenzialmente disurbanti

Le uniche sorgenti interne che potenzialmente potrebbero arrecare disturbo sono rappresentate dall'impianto di riscaldamento centralizzato, l'impianto idrosanitario e l'impianto ascensoristico. L'impianto di riscaldamento sarà realizzato con caldaie a condensazione Beretta e posizionate nella centrale termica, così come la pompa di calore HP260 Beretta. La centrale termica è in una struttura completamente disgiunta dagli altri corpi edifici pertanto sarà sufficiente ancorare impianti e tubazioni con giunti antivibranti e rivestire le tubazioni.

L'impianto di ventilazione della palestra dovrà rispettare la norma UNI 8199 sulla rumorosità dei ventilatori all'interno degli ambienti.

L'impianto idrosanitario inteso come tubazioni etc... sarà isolato seguendo le indicazioni in apposito capitolo (rivestimento tutte le tubazioni e inserendole in appositi cavedi).

L'impianto ascensoristico sarà realizzato considerando le precauzioni minime descritte in apposito capitolo.

Sorgenti esterne potenzialmente disuturbanti

Dal clima acustico non risulta esserci nessuna sorgente esterna fissa che potenzialmente possa arrecare disturbo alle attività alle quali è destinata la costruzione.

4 ANALISI ACUSTICA DEGLI ELEMENTI EDILIZI COMPONENTI L'EDIFICIO

A seguire la valutazione delle tipologie costruttive sopra descritte:

4.1 PARETI PERIMETRALI

ANALISI DEI CARICHI:

	Descrizione	Spessore cm	Densità Kg/mc	Peso Kg/mq
1	Doppia lastra cartongesso Su struttura autoportante da 5.5 cm	2.5	1000*	25
2	Lana minerale	4	20	0,8
3	Laterizio porizzato	25	800	200
4	Cappotto in Polistirene	10	35	3.5
5	Aria			
6	Pannello in alluminio			
	TOTALE	50,5		229,3

*** La tipologia delle lastre sono a discrezione della committenza, per il sistema utilizzato l'isolamento non ne sarà influenzato**

Indice del Potere Fonoisolante previsto secondo modello di calcolo: $R_w = 60$ dB

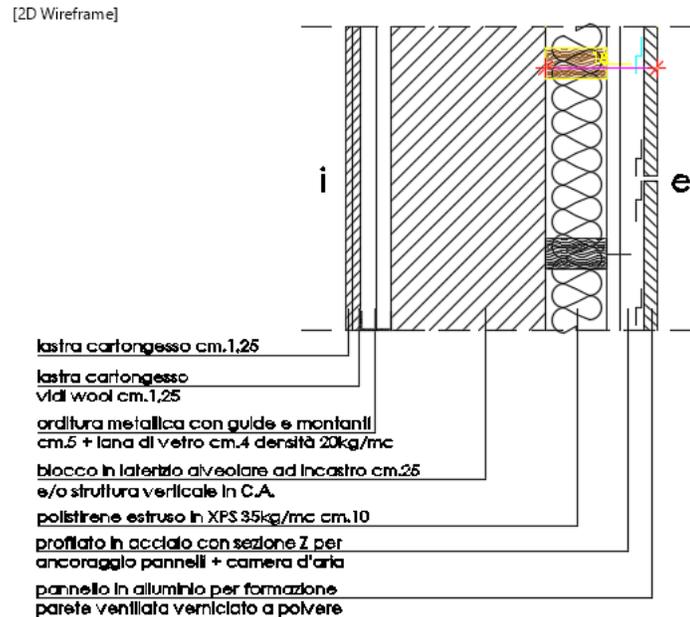


Figura 4: Parete perimetrale

Per realizzare la struttura autoportante del cartongesso i montanti ed i traversi dovranno essere dotati di giunti in neoprene a rivestimento nei punti di contatto con le lastre, così come nei punti di connessione con pareti laterali e solaio d'appoggio.

4.2 PARTIZIONI VETRATE

Per ottenere un isolamento acustico standardizzato di facciata come previsto dalla normativa, $D_{2m,nT,w}$ maggiore o uguale a 48 dB per le scuole è necessario determinare il potere fonoisolante che deve avere il blocco serramento inteso come tutto il sistema serramento: vetro, telaio, controtelaio.

I risultati ottenuti dal calcolo dell'isolamento di facciata partendo dalla soluzione costruttiva perimetrale sopra descritta sono:

Potere fonoisolante dell'intero blocco serramento (facciata vetrata continua) deve essere ≥ 46 dB.

Il risultato ottenuto è tale se il tempo di riverbero dei locali è di 0,5 sec, ovvero se si realizza controsoffitto prescritto.

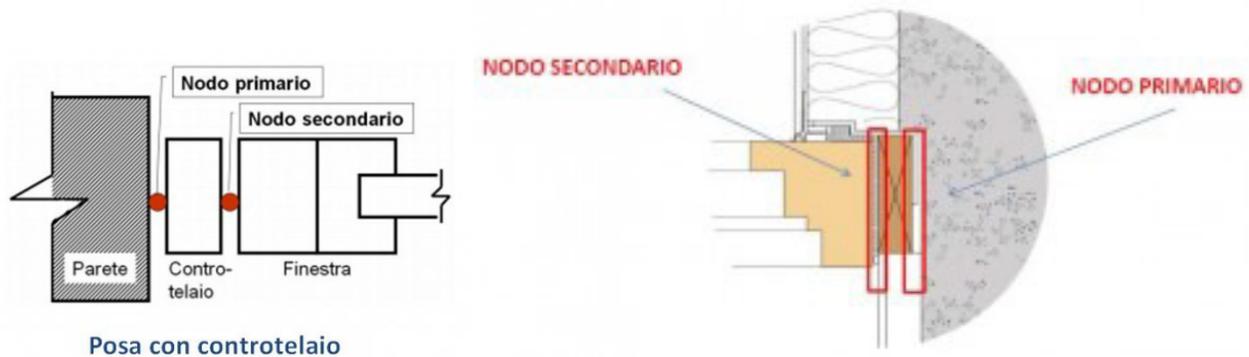
Si raccomandano i dettagli costruttivi sviluppati con i fornitori una volta individuato il serramento (comprendenti le indicazioni sui nodi primari e secondari, le guarnizioni...).

IL SERRAMENTO RIPORTATO NEL CERTIFICATO ACUSTICO DATO DALLA DITTA FORNITRICE DEVE ESSERE ESATTAMENTE QUELLO FORNITO IN CANTIERE.

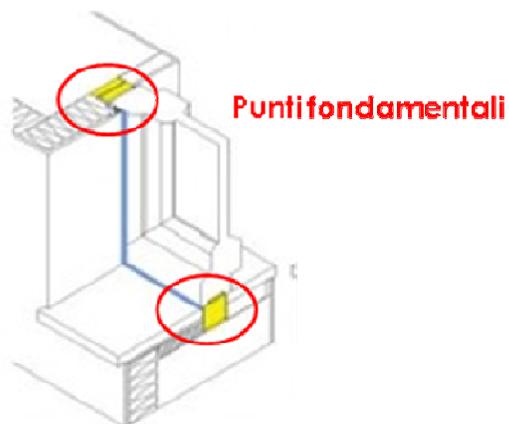
4.2.1 NODO PRIMARIO E NODO SECONDARIO

Il sistema serramento è fondamentalmente costituito e caratterizzato da 3 elementi:

- 1 Serramento con cassonetto e zanzariera (se previsti)
- 2 Controtelaio
- 3 Posa in opera



Affinché i **valori prestazionali dell'elemento posato** si avvicinino quanto più a quelli dell'elemento finestrato certificato è importante che si studino attentamente i due nodi di posa, quello primario, tra muratura e controtelaio e quello secondario, tra controtelaio e serramento. Solo una cura meticolosa di tutti gli aspetti sopra descritti porterà il serramento a non essere sempre l'elemento debole del sistema.



PERTANTO

Oltre a seguire le indicazioni fornite dai produttori di serramenti si raccomanda di prestare particolare attenzione:

- Alla realizzazione del **NODO PRIMARIO** controtelaio-muratura, il cui **vuoto con la muratura va riempito con malta non solo nei punti di zancatura** ma ovunque al fine di non creare dei ponti acustici tra esterno ed interno. Se possibile realizzare una spalletta in muratura a copertura del giunto controtelaio - muratura.
- Alla realizzazione del **NODO SECONDARIO** controtelaio-serramento. Nelle fessure oltre a schiumare è consigliato inserire del polietilene reticolato fisicamente oppure guaine auto espandenti tipo nastro sigillante Sto-Fugendichtband della ditta STO Italia srl o precomprese tipo GIUNTOPLASTO PRECOMPRESSO ditta LEM ITALIA S.p.a. o affini e quindi procedere col coprifiло. Se possibile realizzare una spalletta in muratura a copertura del giunto controtelaio - serramento. Si raccomanda particolare attenzione! Tali punti potrebbero inficiare l'isolamento acustico del serramento e di conseguenza della facciata. Si raccomanda in ogni caso di consultare i fornitori dei serramenti per determinare la corretta messa in opera secondo certificato di laboratorio.

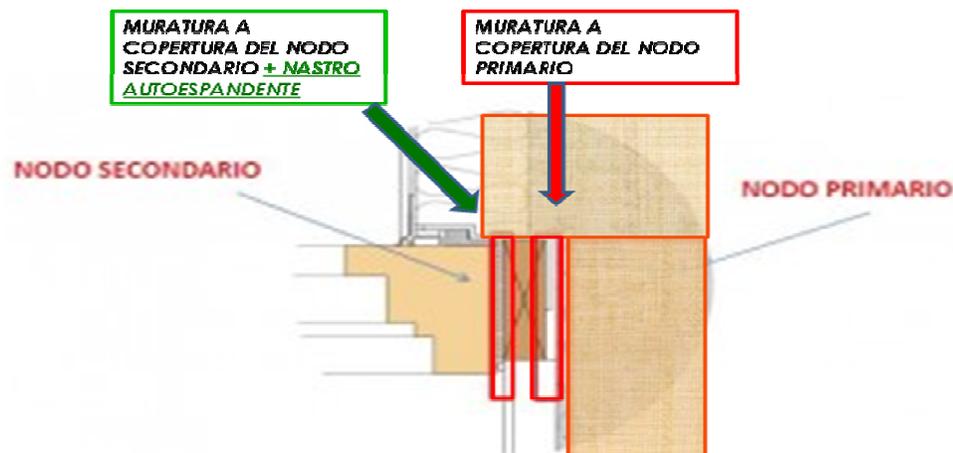


Figura 5: Nodi e punti critici



Figura 6: Spalletta in muratura per la posa del serramento

Nel caso non si potesse lavorare coprendo i nodi sia primari che secondari in esterno, si dovrà lavorare in interno. I medesimi accorgimenti andranno seguiti per la sezione verticale ed il cassonetto.

- c. alle portefinestre, in quanto presentano spesso punti deboli legati al numero di cerniere e alla chiusura del lato inferiore (battente a terra in alluminio che presenta uno scarso abbattimento acustico, in particolare ad alte frequenze, dovuto alle caratteristiche acustiche del materiale)

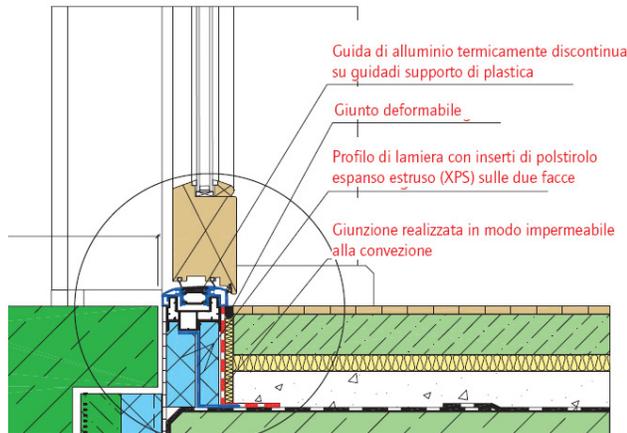


Figura 7: giunto a pie porta di ingresso

ANCHE LA CORRETTA REGISTRAZIONE E' UN FATTORE ESTREMAMENTE IMPORTANTE PER IL RISULTATO FINALE.

La **classificazione normalizzata per la tenuta all'aria**, del serramento, espressa in termini di portata d'aria che filtra attraverso 1 m² di serramento ad una pressione statica di 100 Pa, dovrà essere **A3 ovvero portata d'aria inferiore a 7 m³/h secondo la norma UNI 7979:1979, oppure di tipo 4 secondo la norma UNI EN 12207:2000.**

4.3 FACCIATA SUPERIORE : TETTO DI COPERTURA SCUOLE

I solai di copertura sono realizzati in predalles: Un solaio in predalles dello spessore di 320 mm con massetto sprastante, lana minerale etc., presenta un potere fonoisolante R_w di 58 dB. Una struttura di tal tipo è idonea a garantire un isolamento di facciata $D_{2m,Tw}$ conforme ai limiti di legge, ovvero \geq di 48 dB.

4.4 FACCIATA SUPERIORE : TETTO DI COPERTURA PALESTRA

Anche la copertura deve rispettare i parametri richiesti per l'isolamento acustico standardizzato di facciata, essendo un elemento di chiusura.

Si è definito pertanto un pacchetto tetto di chiusura superiore che garantisca un idoneo isolamento acustico verso l'esterno. Ovvero un isolamento acustico standardizzato di facciata di:

D_{2mT_w} da D.P.C.M. 5.12.1997 = 42 dB

Il pacchetto prevede l'utilizzo di lane minerali e materiali lignei per poter unire le esigenze di efficientamento energetico alle esigenze di isolamento acustico.

- ✘ Intradosso a vista in pannelli tipo celenit spessore cm.3,5, messi in opera lasciando una fuga larga almeno 2 cm tra i pannelli;
- ✘ freno vapore in membrana altamente traspirante;
- ✘ isolante termoacustico in pannelli lana di roccia densità 100 kg/mc. in doppio strato spessore cm.8+8 con velovetro ma non inbustata (in alternativa fibra di legno densità 160 kg/mc. in doppio strato cm.6+6);
- ✘ aerazione spessore cm.5;
- ✘ Tavole grezze spessore cm.2;

La soluzione è stata studiata in modo da ottemperare anche alle richieste di tempo di riverbero per ambienti tipo palestre.

4.5 PARETI SEPARAZIONE AMBIENTI

4.5.1 SOLUZIONE COSTRUTTIVA VERTICALE TRA AULE E CORRIDOI

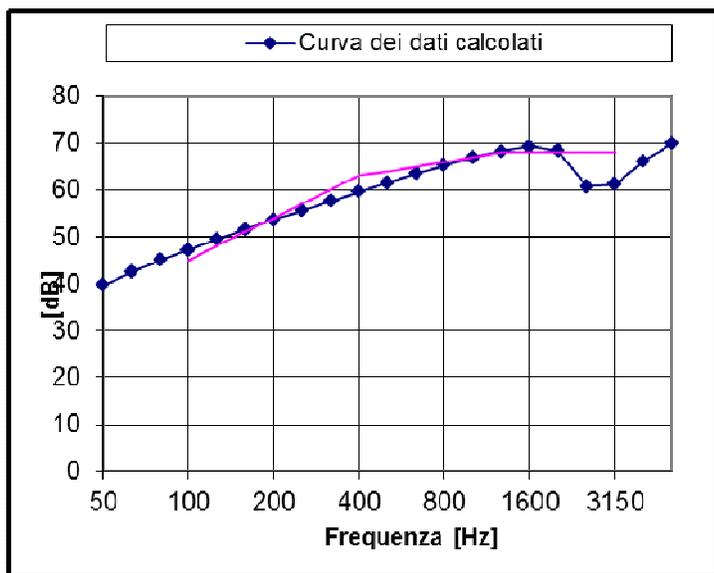
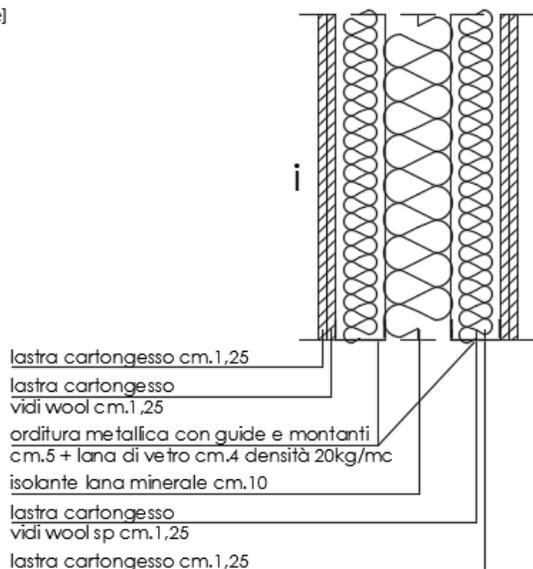
La soluzione prevista per le partizioni verticali fra aule e corridoi è come di seguito riportato:

	Descrizione	Spessore cm	Densità kg/mc	Peso Kg/mq
1	Doppia lastra in cartongesso 12,5 mm cad	2.5	690	17.25
2	Struttura metallica da 50 mm riempita con lana di vetro densità 20 Kg/mc spessore 40 mm	lana 4 cm	20	0.80
3	Lana minerale	10	40	4
4	Struttura metallica da 50 mm riempita con lana di vetro densità 20 Kg/mc spessore 40 mm	lana 4 cm	20	0.80
5	Doppia lastra in cartongesso 12,5 mm cad	2.5	690	17.25

TOTALE	30		40,1
--------	----	--	------

n.b. peso struttura metallica cartongesso esclusa.

[-][Top][2D Wireframe]



$$R_w = 64,0 \text{ dB}$$

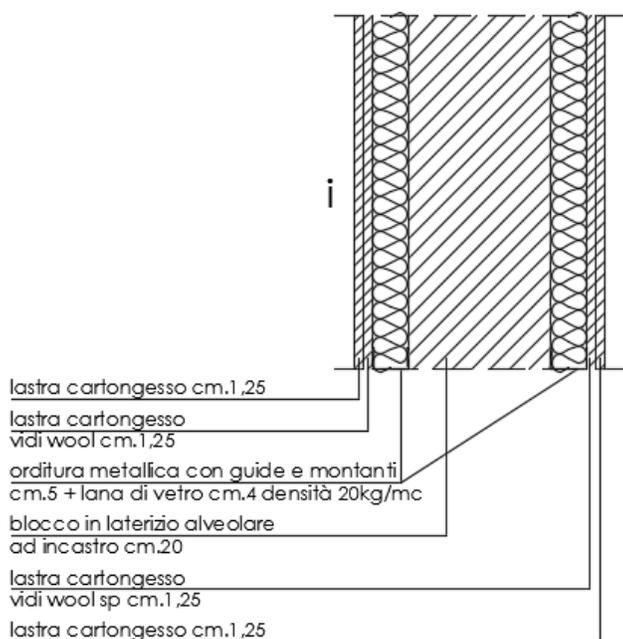
C= -2 Ctr= -4

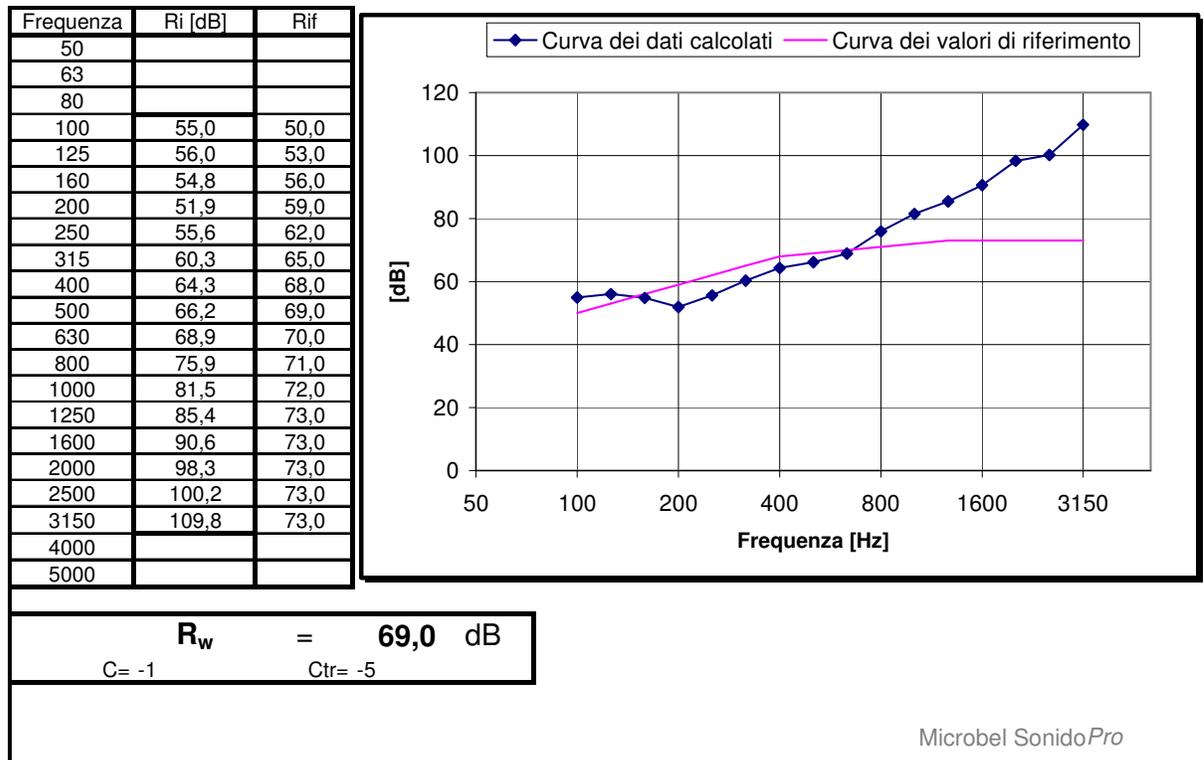
Frequenza	Ri [dB]	Rif
50	39,7	
63	42,5	
80	45,1	
100	47,3	45,0
125	49,4	48,0
160	51,6	51,0
200	53,6	54,0
250	55,6	57,0
315	57,6	60,0
400	59,6	63,0
500	61,5	64,0
630	63,4	65,0
800	65,2	66,0
1000	66,9	67,0
1250	68,2	68,0
1600	69,1	68,0
2000	68,2	68,0
2500	60,7	68,0
3150	61,1	68,0
4000	66,2	
5000	69,9	

4.5.2 SOLUZIONE COSTRUTTIVA VERTICALE TRA AULE

La soluzione prevista per le partizioni verticali fra aule è come di seguito riportato:

	Descrizione	Spessore cm	Densità Kg/mc	Peso Kg/mq
1	Doppia lastra in cartongesso 12,5 mm cad	2.5	690	17.25
2	Struttura metallica da 5 mm riempita con lana di vetro densità 20 Kg/mc spessore 40 mm	Struttura 5 cm lana 4 cm	20	0.80
3	POROTON	20	800	160
4	Struttura metallica da 5 mm riempita con lana di vetro densità 20 Kg/mc spessore 40 mm	Struttura 5 cm lana 4 cm	20	0.80
5	Doppia lastra in cartongesso 12,5 mm cad	2.5	690	17.25
	TOTALE	40		203,3





4.5.3 CONSIDERAZIONI SUL POTERE FONOSOLANTE APPARENTE R'_w TRA AULE ADIACENTI

Le tipologie costruttive permetteranno ampiamente di rispettare quanto previsto dal **D.M. 18 Dicembre 1975 ovvero Potere Fonoisolante Apparente $R'_w \geq 42$ dB** se saranno seguite le indicazioni di messa in opera che verranno date nella relazione esecutiva.

LE PARETI DEVONO ANDARE DA SOLETTA A SOLETTA: IL CONTROSOFFITTO DEVE ESSERE INTERROTTO FRA AMBIENTI DIVERSI.

4.6 PORTE DI INGRESSO AULE

Le porte di ingresso delle diverse aule, affinché non inficino l'isolamento acustico fra aule e fra aule e corridoi devono avere un potere fonoisolante di almeno 38 dB (R_w).

Tale valore è raggiungibile installando porte d'ingresso con caratteristiche di isolamento acustico superiori rispetto lo standard, per cui la scelta dovrà essere orientata su prodotti per i quali sia data garanzia di potere fonoisolante R_w certificato di laboratorio (ad esempio VIGHI "Top 2001 Silent" o le porte della Huet).

4.7 PARTIZIONI VERTICALI

Sotto tutte le partizioni verticali, fatta eccezione per le pareti perimetrali, dovrà essere posta idonea guaina sotto parete al fine di limitare le trasmissioni per via strutturale.

La stessa dovrà essere posta in opera come riportato a seguire in Figura 8.

Si consiglia di utilizzare una guaina in gomma riciclata da mm 3 oppure 5 mm, di densità compresa tra 700 e 900 Kg/mc. Si raccomanda particolare attenzione nella scelta delle guaine sottoparete, infatti la stessa potrebbe causare la cavillatura dell'intonaco a causa di piccolissimi cedimenti.

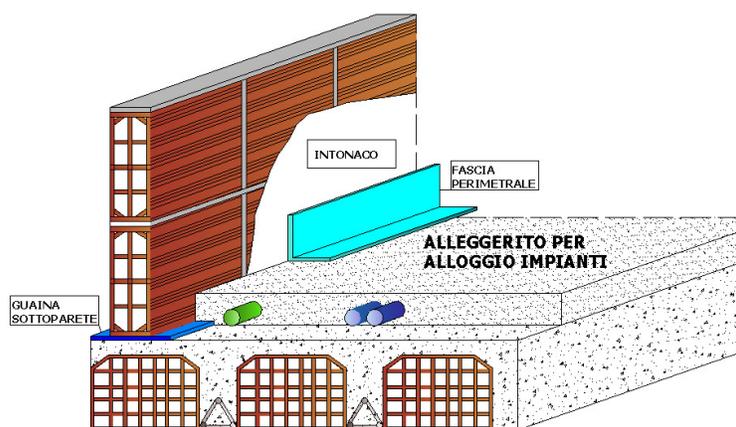


Figura 8: Schema di realizzazione del giunto solaio - partizione verticale - strati

4.8 SOLUZIONE COSTRUTTIVA ORIZZONTALE

La struttura del solaio fra piano terra e piano primo sarà parzialmente mantenuta: si manterrà il solaio strutturale.

- ✓ Solaio tipo predalles
- ✓ Alleggerito cm 8 per alloggiamento impianti
- ✓ Materiale resiliente ovvero guaina anticalpestio in **monostrato**
- ✓ RISCALDAMENTO A PAVIMENTO o foglio di nylon
- ✓ Massetto in sabbia e cemento dello **spessore minimo di 5,5 cm con rete o fibrorinforzato**
- ✓ Pavimento in linoleum

Analisi dei carichi:

Descrizione	Spessore cm	Densità Kg/mc	Peso Kg/mq
SOLAIO predalles	320		400

Alleggerito	10	500	50
Materiale resiliente	0.8		
Riscaldamento a pavimento o foglio di nylon			
MASSETTO SABBIA-CEMENTO ARMATO CON RETE O FIBRORINFORZATO	5,5*1	1800	99
PAVIMENTO LINOLEUM	1.5	600	9

*1 Se lo spessore aumentasse per altre esigenze o decisione della DL dal punto di vista acustico se ne trarrà un vantaggio.

Si potrà utilizzare uno dei materiali di seguito indicati :

Materassino realizzato con guaina bituminosa spessore mm 1,5 accoppiata a un tessuto non tessuto in fibra poliestere spessore mm 6,5, avente rigidità dinamica non superiore a 21MN/m³ **tipo Fonostop Duo della Ditta Index** o **tipo Fonoscudo/E della Ditta Italiana Membrane** o tipo R-Stop della ditta A.B. Isolanti S.p.A. Codesti material presenta un verso di posa riportato in .



**Fascia perimetrale con
guaina in mono strato**



ATTENZIONE PUNTO FONDAMENTALE

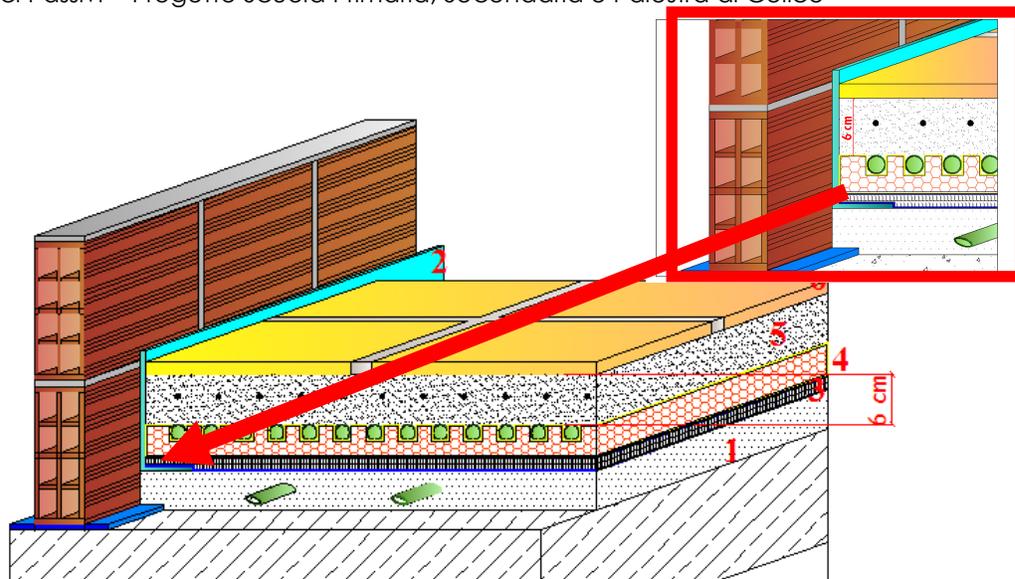


Figura 9: Stratigrafia strutture orizzontali

L'isolante verrà fornito in rotoli alti 105 cm con aletta di sormonto di 5 cm. I teli verranno stesi sul piano di posa privo di asperità, sovrapponendoli di 5 cm. La desolidarizzazione del massetto armato galleggiante dai muri in rilievo sarà realizzata con una fascia autoadesiva di polietilene espanso munita, al piede, di una lingua di polietilene in film tipo **FONOCCELL**.

Successivamente sull'isolante verrà gettato un massetto che dovrà essere armato con una rete elettrosaldata o fibrorinforzato e sul quale verrà poi realizzata la pavimentazione prevista. SI RACCOMANDA VERIFICA STRUTTURALE

Prima del posizionamento della guaina sarà posata una fascia perimetrale di altezza tale da sporgere dal pavimento finito. La stessa sarà tagliata prima della posa delle piastrelle.

Foglio di nylon a protezione della guaina prima del getto del sottofondo ove non previsto il riscaldamento a pavimento.

SEPARAZIONE DEI MASSETTI

Al fine di garantire la desolidarizzazione dei pavimenti i massetti sottopavimento in sabbia e cemento devono essere tra loro disgiunti in corrispondenza di tutte le soglie interponendo tra le due parti uno strato di materiale elastico, come ad esempio quello utilizzato per le fasce alla base delle pareti in laterizio.

In corrispondenza della porta, la fessura tra i due pavimenti dovrà essere coperta con un coprigiunto elastico.

È raccomandata questa soluzione in corrispondenza della porta di accesso alle aule

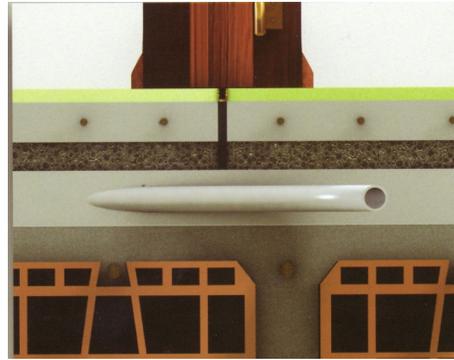


Figura 10: esempio di interruzione dei massetti

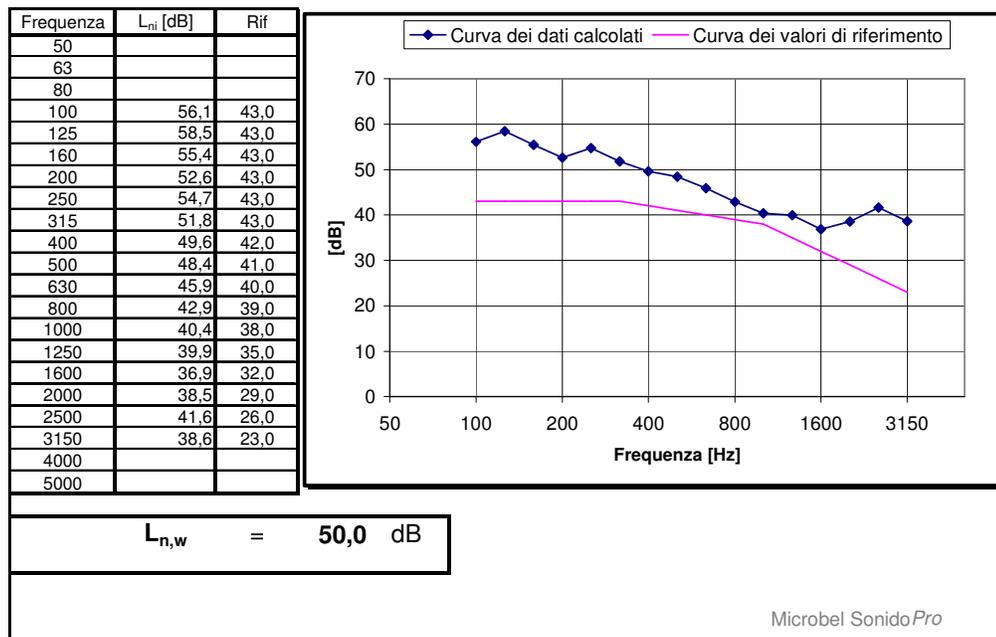
4.8.1 ISOLAMENTO ACUSTICO AI RUMORI IMPATTIVI - LIVELLO NORMALIZZATO DI RUMORE DA CALPESTIO

Il livello di rumore da calpestio esprime la risposta acustica di un solaio.

In funzione delle caratteristiche di rigidità dinamica dei materiali resilienti indicati, le relazioni analitiche identificano un valore di *Livello di Calpestio* come di seguito indicato:

Ovvero la soluzione proposta necessita di ulteriori accorgimenti per soddisfare i valori di calpestio previsti per l'ambito scolastico.

SIMULAZIONE TRAMITE SONIDO DEL COMPORTAMENTO DELLA STRUTTURA COME SOPRA RIPORTATA :

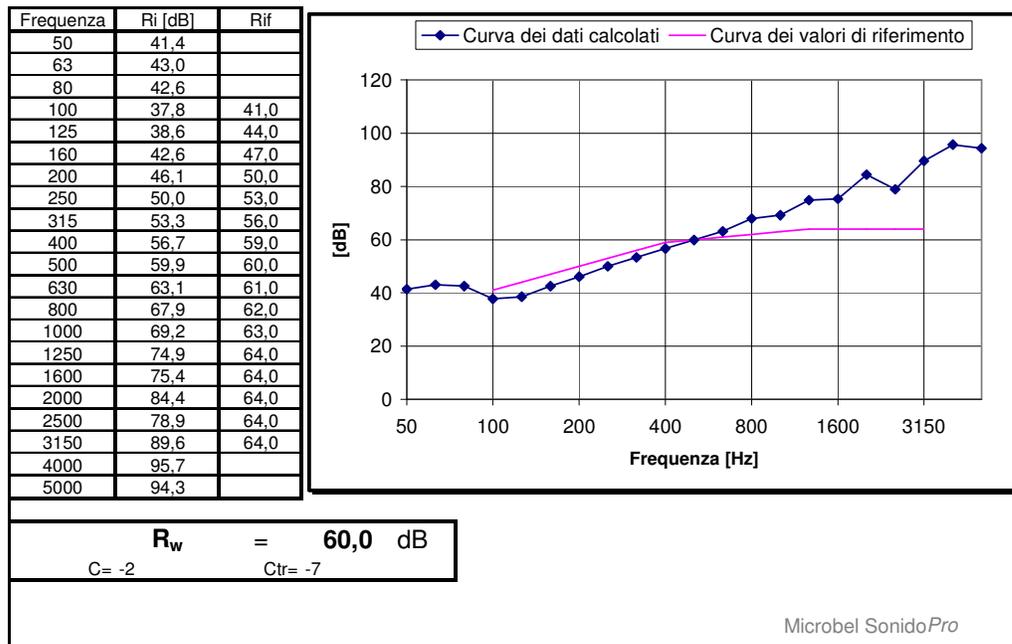


Sarà pertanto soddisfatto il livello di rumore di calpestio tra aule ovvero **$L'_{n,w} \leq 58 \text{ dB}$**

La previsione non tiene conto del contributo positivo del controsoffitto.

4.8.2 CONSIDERAZIONI SUL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE R'_w TRA AULE SOVRAPPOSTE

La tipologia costruttiva verificata, messa in opera in modo corretto permetterà ampiamente di rispettare quanto previsto dal **D.M. 18 Dicembre 1975** ovvero Potere Fonoisolante Apparente $R'_w \geq 42$ dB.



5 TEMPO DI RIVERBERO

L'acustica interna delle aule, dei laboratori e degli spazi polivalenti e della palestra è stata valutata al fine di ottenere il rispetto dei parametri di legge (TR 1.2 sec aula arredata con 2 persone **secondo Circolare n° 3150 22 Maggio 1967 e D.M. 18 Dicembre 1975** e TR 2.2 per palestra), e garantire un buon comfort acustico negli ambienti.

Per rispettare il parametro tempo di riverbero è necessario realizzare controsoffitti che abbiano caratteristiche di assorbimento acustico adeguate.

5.1 MATERIALI AULE – LABORATORI E MENSA

Il controsoffitto delle aule, corridoi, laboratori e sale insegnanti e mensa si realizzerà con materiale fonoassorbente e avrà un plenum d'aria retrostante di minimo 20 cm e sarà realizzato con i seguenti materiali:

- Controsoffitto realizzato con materiale fonoassorbente tipo ROCKFON COLORAL SPESSORE 2 CM CON PLENUM D'ARIA MINIMO DI 20 CM
 - o
- Controsoffitto modulare ispezionabile tipo Minerval Euroacustic

Inoltre si realizzerà una fascia a parete opposta alla cattedra con lastratipo Knauf Fessurata B5 con lana minerale retrostante per le aule e laboratori (se si definisce una posizione cattedra) o pannelli in lana di roccia del tipo Vertiq della Rockfon. E nella mensa su tutte le superfici libere non vetrate nella parte alta.

5.2 MATERIALI PALESTRA

Per ottenere un tempo di riverbero adeguato mantenendo la tipologia "tetto in legno" si è studiata la seguente soluzione:

- Intradosso a vista in pannelli tipo celenit spessore cm.3,5, messi in opera lasciando una fuga larga almeno 2 cm tra i pannelli;

La copertura non sarà sufficiente però a gestire il tempo di riverbero. Sarà necessario utilizzare anche altre superfici.

Si utilizzerà la superficie interna dell'ultimo piano di facciata:

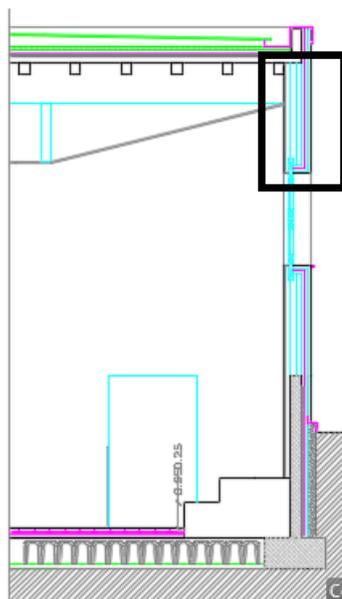


Figura 11: Una delle zone d'intervento

Al secondo livello della palestra si sostituirà alla semplice lastra in cartongesso verso l'interno della palestra una lastra tipo Tangent T1 della linea Danoline o pannelli in lana di roccia del tipo Vertiq della Rockfon.

Inoltre le gradonate se presenti saranno realizzate con blocchi in Leca a vista per le alzate. I blocchi infatti hanno un ottimo comportamento acustico.





Figura 12: Esempi di blocchi a vista, ne esistono molti altri

6 IMPIANTI

Si realizzerà una centrale termica in ambiente interrato stutturalmente disgiunto dagli altri edifici.

All'interno si installeranno caldaie a condensazione Beretta, la pompa di calore HP260 Beretta etc.. . Si raccomanda di ancorare tutti gli impianti con giunti antivibranti e di interporre fra i corpi impiantistici e le strutture in ca o muratura della lana minerale o del polietilene.

Tutte le tubazioni che dagli impianti si diramano per andare a servire gli edifici devono essere rivestite con materiale smorzante (polietilene, gomma o lana minerale), i rivestimenti devono essere presenti anche nei punti di attraversamento delle murature.

6.1 IMPIANTO IDROSANITARIO

✘ I Collettori:

- ✓ si deve prevedere una valvola per l'attenuazione del "colpo d'ariete" nella rete di distribuzione, inserendo dispositivi che permettano l'espansione del liquido come ad esempio VALVOLE LIMITATRICI AL COLLETORE DI DISTRIBUZIONE DELL'ACQUA
- ✓ Non devono essere inseriti in pareti di separazione fra aule...ma in perimetrali
- ✓ I collettori dovranno essere messi in opera avendo cura di posizionare del polietilene reticolato a completo rivestimento della "scatola" in alluminio del collettore.

COLLETTORI: ACQUA CALDA SANITARIA, RISCALDAMENTO A PAVIMENTO :

Il collettore dell'acqua calda sanitaria, di dimensioni indicative cm 40 x 35 x 10, così come il collettore del riscaldamento a pavimento di dimensioni indicative cm 60x60x10, localizzati sui tavolati interni dovranno essere rivestiti con del polietilene reticolato fisicamente da interporre tra il collettore e gli elementi in muratura per evitare ogni contatto rigido.

rivestimento collettore in polietilene reticolato fisicamente per evitare contatti rigidi tra lamiera e muratura

Le tubazioni, rivestite, dovranno essere ancorate con bracciali isolati:

1. inserimento di neoprene o polietilene tra tubazione e bracciale
2. O'Ring di gomma nell'ancoraggio alla muratura

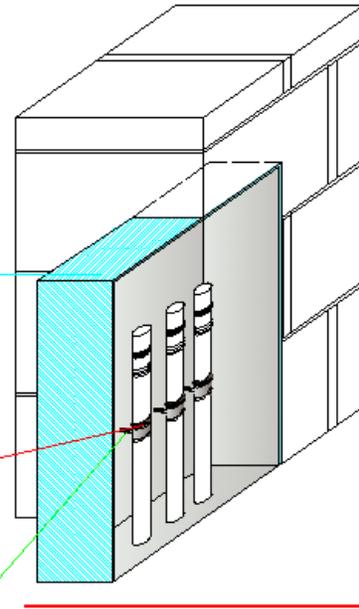


Figura 13: Messa in opera collettori

✘ Le tubazioni che si realizzeranno:

- ✓ sia gli impianti di scarico che gli impianti idrici (sia acqua calda che acqua fredda) saranno realizzati con tubazioni in materiale plastico pesante
- ✓ tutte le tubazioni, comprese quelle dell'acqua fredda, dovranno essere rivestite con isolante in polietilene a celle chiuse avente spessore almeno di 5 mm (ad esempio ISOFORM "Sonik" o Di-Bi "Fonoblok") per evitare la trasmissione di eventuali vibrazioni alle strutture edilizie
- ✓ sia l'adduzione che lo scarico della lavatrice e della lavastoviglie dovranno essere rivestiti con calza in polietilene a celle chiuse da mm 5

✘ Colonne di scarico:

- ✓ tubazioni di scarico di tipo insonorizzato il cui valore di rumorosità massima, secondo la norma EN 14366 nella condizione di prova con flusso stazionario dell'acqua di portata 2 lt/s, sia minore o uguale a 25 dB, comunque tubi pesanti o a doppia estrusione tipo POLO-KAL NG oppure PHONOPIPE o linee quali GEBERIT SILENT, FARAPLAN, BAMPI
- ✓ **rivestimento colonne** con polietilene estruso espanso a celle chiuse spessore 10 mm e foglio di lana di roccia spessore 15 - 20 mm densità 40 Kg/mc

- ✓ Si prevederanno appositi cassonetti per lo scarico in quanto non vi sono tubazioni al piano soffitta
- ✓ **realizzare controparete per l'alloggio della cassetta del WC:**
- ✓ installare **rubinetterie** selezionate tenendo in considerazione anche la disponibilità di certificati di bassa emissione acustica (possibilmente tra quelle classificate nel gruppo acustico 1 secondo le norme UNI EN 817 e UNI EN 200); in particolare, le apparecchiature scelte dovranno garantire un valore D_s (differenza di livello normalizzato) ≥ 25 dB

6.2 IMPIANTO VENTILAZIONE

Ad oggi non è previsto impianto di ventilazione. Qualora lo si prevedesse si farà in modo che l'impianto di ventilazione rispetti la norma UNI 8199 sulla rumorosità dei ventilatori all'interno degli ambienti.

Gli impianti di climatizzazione e/o ventilazione, previsti in ambiente interno, devono essere conformi alla NORMA **UNI 8199/1998 "Collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione - Linee guida contrattuali e modalità di misurazione"**. Ovvero almeno una delle velocità di funzionamento dovrà rispettare quanto previsto nel **Prospetto 2 Norma UNI 8199** di cui si allega uno stralcio.

Quindi, a differenza del D.P.C.M. 5.12.97, il quale così cita: "*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.*" La NORMA porta al rispetto di limiti all'interno del medesimo ambiente ove si genera il rumore. Pertanto se si realizza tale impianto si verifichi rumorosità delle macchine scelte. (si trasmettano schede tecniche allo studio di Acustica)

Livelli di riferimento: valori indicativi

Destinazione d'uso	dB (A)
1) Civili abitazioni a) camere da letto b) soggiorno	30 40
2) Hotels/Motels a) camere da letto b) sale riunioni c) sale da pranzo d) servizi	30 35 45 40
3) Uffici a) dirigenti b) impiegati singoli c) collettivi d) centri di calcolo e) aree aperte al pubblico	35 40 45 50 45
4) Ospedali e cliniche a) camere di degenza b) corsie c) sale operatorie d) corridoi e) aree aperte al pubblico f) servizi	30 40 35 40 40 40
5) Chiese	30
6) Scuole a) aule b) palestre, piscine	30 45
7) Biblioteche	35

Figura 14: Prospetto 2 Norma UNI 8199

6.3 ASCENSORE

Per l'ascensore si prevedono accorgimenti al fine di ridurre la rumorosità :

- Il locale macchine se presente deve essere rivestito di materiali fonoassorbenti al fine di ridurre le riflessioni sonore all'interno dello stesso
- Il gruppo motore deve essere fissato ad un basamento desolarizzato attraverso supporti elastici , le guide e tutti gli altri componenti sono fissati con supporti elastici
- L'avvisatore acustico al piano richiedete deve essere regolato al fine dei rispettare i 35 dB all'interno delle aule.

7 CONCLUSIONI

La presente relazione ha riproposto le soluzioni costruttive individuate nel progetto esecutivo per la realizzazione del campus scolastico di Colico e le ha valutate acusticamente: le scelte sono adeguate alle richieste normative.

Si raccomanda all'atto costruttivo una particolare attenzione nella realizzazione delle interconnessioni tra gli elementi (siano essi partizioni verticali o orizzontali, impianti...etc) che possano avere un particolare riflesso sulle prestazioni acustiche dell'opera; si raccomanda pertanto di concordarle con la direzione lavori.

Cremona 13 Novembre 2015

Il tecnico



Dott. Ing. Alessia Carrettini
Tecnico competente in acustica
ambientale (D.P.G.R. n° 6446 del 2009)