

dott. ing. MARILA BALBONI

*ingegnere edile BO n. 5669A - tecnico competente in acustica Prov.n. 85389BO - RER/00013 - ENTECA n. 5061
C.F.: BLBMRL72L62A944G - P.I.: 02041721206*

COMUNE DI BOLOGNA



- Città Metropolitana di Bologna -

PRESTAZIONI ACUSTICHE PASSIVE



COSTRUZIONE NUOVO POLO SCOLASTICO DINAMICO

Cod. STR 2018EDSCONC05

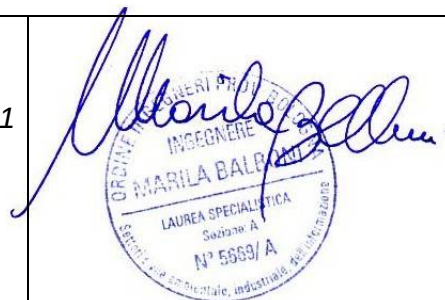
Relazione del marzo 2019

VERIFICA CONDOTTA DA:

dott. ing. Marila Balboni

*tecnico competente in acustica Prov. Bologna n. 85389
elenco nazionale tecnici competenti acustica ENTECA n. 5061
ingegnere edile n. 5669A all'Ordine Ingegneri Prov. Bologna*

via Aurelio Saffi n. 13/5, 40131 Bologna
telefax. 051 6494429 - cell. 339 2541909
email: info@marila-balboni.it
marila.balboni@pec.it



via Aurelio Saffi n. 13/5, 40131 Bologna

telefax. 051 6494429 - cell. 339 2541909 - email: info@marila-balboni.it / marila.balboni@pec.it

INDICE

	pag.
● Premessa e inquadramento normativo	2
§ 1 - Descrizione dell'intervento	7
§ 2 - Materiali impiegati nei vari componenti edilizi e verifiche	17
§ 3 - Impianti tecnologici esterni introdotti dal progetto	43
● Conclusioni	46

ALLEGATI	47
-----------------	-----------

Allegato 1 - Schiuma poliuretanica ad alta densità ed elasticità per chiusura serramenti a pareti esterne

Allegato 2 - Attestati di riconoscimento di tecnico competente in acustica

▪ PREMESSA E INQUADRAMENTO NORMATIVO

La sottoscritta, dott. ing. Marila Balboni, libero professionista con studio a Bologna (40131) in via Aurelio Saffi n. 13/5 (Partita I.V.A. n° 02041721206 e C.F. BLBMRL72L62A944G), interno 2, iscritta allo Albo degli Ingegneri della Provincia di Bologna al n° 5669A, all'elenco provinciale dei Tecnici Competenti in Acustica al P.G. 85389 del 12/07/2000 ed all'elenco nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica ENTECA del 2018 al n. 5061 (cfr. Allegati 2), è a presentare l'analisi sui requisiti acustici passivi ai sensi del DPCM 05/12/97 del nuovo Polo Scolastico Dinamico previsto in via Zacconi, presso la zona della palestra dell'attuale istituto Superiore Copernico di via Garavaglia, a Bologna; la nuova realizzazione è proposta dalla Città Metropolitana di Bologna.

L'analisi dei requisiti acustici passivi del progetto in oggetto farà riferimento ai vigenti:

- **il D.P.C.M. 05/12/1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici” (G.U. n° 297 del 22/12/1997),**
- **requisiti cogenti del RUE comunale del 2015 di cui ai Requisiti Cogenti R.C. 6.1,** basati sugli stessi parametri ed indici valutativi.

Fin dal 2000, uno studio condotto congiuntamente da ARPAE e dal Settore Ambiente del Comune di Bologna, aveva dimostrato che *“non essendo possibile soddisfare i requisiti tipici qualificanti la classe I per il rumore ambientale esterno nel territorio urbano per le strutture scolastiche, occorre agire sull'involucro edilizio”* (cit. da *“Il Piano di Risanamento Acustico del Comune di Bologna - 2000”*).

In generale, la normativa attualmente vigente per le prestazioni acustiche passive per gli edifici scolastici è piuttosto frammentaria e fa riferimento a decreti e circolari molto datati.

Relativamente alle prestazioni acustiche passive delle strutture scolastiche, pur venendo queste citate e menzionate nel più recente D.P.C.M. 05/12/1997, per i divisori fra aule si deve fare riferimento alla circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 3150 del 22/05/1967 ovvero al D.M. 18/12/1975.

Pertanto per l'isolamento di facciata e del rumore da calpestio vigono i limiti imposti dal D.P.C.M. 05/12/1997, mentre per i divisori fra aule vige quanto indicato al D.M. 18/12/1975.

Si riportano già in premessa le tabelle di riferimento tratte dal D.P.C.M. 05/12/1997 ed un estratto riferito all'acustica negli ambienti scolastici del capitolo 5 del D.M. 18/12/1975.

Tabella 2 - Tabelle di riferimento del D.P.C.M. 05/12/1997 per gli usi scolastici

Tabella A - CLASSIFICAZIONI, DEGLI AMBIENTI (art. 2)

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

Tabella B - REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI

Categorie di cui alla Tabella A	Parametri			
	$R_w(*)$	$D_{2m,nT,w}$	$L_{n,w}$	$L_{eq,A}$
	Valore minimo	Valore minimo	Valore massimo	Valore massimo
D	55	45	58	25
A, C	50	40	63	25
E	50	48 - opinabile	58	25
B, F, G	50	42	55	25

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

Nota: con riferimento all'edilizia scolastica, i limiti per il tempo di riverberazione sono quelli riportati nella circolare del Ministero dei lavori pubblici n. 3150 del 22 maggio 1967, recante i criteri di valutazione e collaudo dei requisiti acustici negli edifici scolastici.

Estratto dal Decreto Ministeriale 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

5.1. Condizioni acustiche

Criteri di valutazione dei requisiti acustici dell'edilizia scolastica.

5.1.1. Introduzione.

[...]

iii) Le misure in opera devono essere eseguite su tutti i tipi di spazi adibiti ad uso didattico presentanti caratteristiche diverse.

Le determinazioni di isolamento acustico dovranno essere eseguite fra ambienti ad uso didattico adiacenti e sovrastanti, aventi normale o particolare destinazione, anche a titolo saltuario (come, ad esempio, aule speciali, officine, laboratori, ecc.).

Le determinazioni devono essere eseguite, in aule complete di rivestimento assorbente, col normale arredamento scolastico: non oltre due persone debbono essere presenti nelle aule durante l'esecuzione delle misure.

iv) I limiti di isolamento sono fissati essenzialmente tenendo conto dei requisiti minimi richiesti per scuole o aule d'insegnamento generale.

Per, scuole o aule di determinato tipo e ubicazione destinate a insegnamento particolare (sale di musica, ecc.) possono: essere richiesti valori più elevati dell'isolamento acustico.

v) Possono essere richiesti, particolari requisiti per ambienti in rapporto alla loro specifica funzione come ad esempio: auditori, sale di musica, sale di spettacolo.

vi) il tempo di riverberazione nelle aule arredate non deve superare i limiti prescritti dalle presenti norme.

Il controllo può anche essere effettuato mediante la conoscenza dei coefficienti di assorbimento e delle superfici dei materiali adoperati per il trattamento. I valori dei coefficienti, di assorbimento dei materiali impiegati devono risultare da certificati rilasciati da laboratori qualificati nei quali le misure siano state effettuate secondo le norme.

5.1.2. Verifiche e misure

i) L'isolamento acustico e i requisiti acustici dovranno essere verificati per quanto concerne:

- potere fonoisolante di strutture verticali, orizzontali, divisorie, ed esterne di infissi verso l'esterno, di griglie e prese d'aria installate verso l'esterno;
- l'isolamento acustico contro i rumori trasmessi per via aerea tra spazi adiacenti e sovrapposti ad uso didattico e nei locali comuni (isolamento ambiente);

- il livello di rumore di calpestio normalizzato di solai;
- il livello di rumore di calpestio tra due spazi sovrapposti;
- la rumorosità dei servizi: e degli impianti fissi;
- il coefficiente di assorbimento ed i materiali isolanti acustici;

Le misure, le determinazioni sperimentali, la presentazione e la valutazione dei dati, seguiranno per quanto possibile, le raccomandazioni ISO/R 140-1960, per le misure in laboratorio e in opera della trasmissione di rumori per via aerea di rumori di calpestio: ed ISO/R 354-63 per le misure del coefficiente di assorbimento in camera riverberante; i valori delle frequenze nominali da utilizzare saranno quelli normalizzati di 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz.

ii) I dati di laboratorio dovranno essere richiesti, rilevati e presentati secondo le norme generali. Le grandezze da sottoporre a misure di laboratorio saranno:

- il potere fonoisolante (**R**) di strutture divisorie interno, di infissi verso l'esterno, di griglie, prese d'aria e pareti esterne opache;
- il coefficiente di assorbimento acustico dei materiali isolanti acustici

iii) I requisiti di accettabilità da determinare con misure di laboratorio saranno i seguenti (con indice di valutazione I riferito al valore dell'ordinata a 500 Hz):

- **potere fonoisolante di strutture divisorie interne verticali ed eventualmente, orizzontali (come specificate nel seguente punto v) - I = 40 dB;**
- **potere fonoisolante di infissi verso l'esterno - I = 25 dB; potere fonoisolante di chiusure esterne opache: superiore di 10 dB a quella di infissi esterni;**
- **livello di rumore di calpestio normalizzato di solai (come specificato nel punto v) - I = 68 dB.**

Il coefficiente di assorbimento deve essere misurato in camera riverberante e suono diffuso alle frequenze di 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000 Hz.

iv) Il collaudo in opera deve essere richiesto, eseguito e presentato secondo le norme generali contenute nella circolare 30 aprile 1966, n. 1769 parte I del Servizio Tecnico Centrale del Ministero dei lavori pubblici. Le misure devono essere eseguite nelle condizioni prescritte dai paragrafi *i*) e *ii*) delle presenti norme.

Le grandezze da sottoporre a misura in opera sono:

- l'isolamento acustico (**D**) per via aerea fra ambienti ad uso didattico adiacenti e sovrastanti (isolamento acustico tra pareti divisorie e di solaio);
- il livello di rumore di calpestio tra due spazi sovrapposti con la macchina normalizzata generatrice di calpestio;
- la rumorosità provocata da servizi ed impianti fissi;
- il tempo di riverberazione.

Per quanto concerne gli impianti dovranno essere eseguite misure su:

- impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento centralizzato;
- scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetterie.

La determinazione della rumorosità dovrà essere eseguita nelle aule indipendentemente dalla posizione dell'elemento disturbante.

v) Requisiti di accettabilità da determinare con misure in opera (con indice di valutazione I riferito al valore dell'ordinata a 500 Hz):

- **isolamento acustico fra due ambienti adiacenti [come specificato, nel punto vi)] - I = 40 dB;**
- **isolamento acustico fra due ambienti sovrapposti [come specificato nel punto vi)] - I = 42 dB;**
- **livello di rumore di calpestio fra due ambienti sovrapposti [come specificato nel punto vi)] - I = 68 dB**

[...]

I valori ottimali dei tempi di riverberazione vanno determinati in funzione del volume dell'ambiente e riferiti alle frequenze 250, 500, 1000 2000 Hz secondo i diagrammi delle figg. 4-5 seguenti.

Il tempo di riverberazione può essere misurato in opera.

Fig. 4
Dipendenza della frequenza
del tempo ottimo di riverberazione

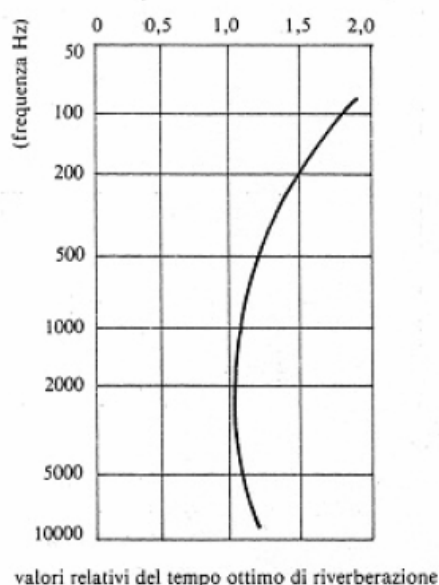
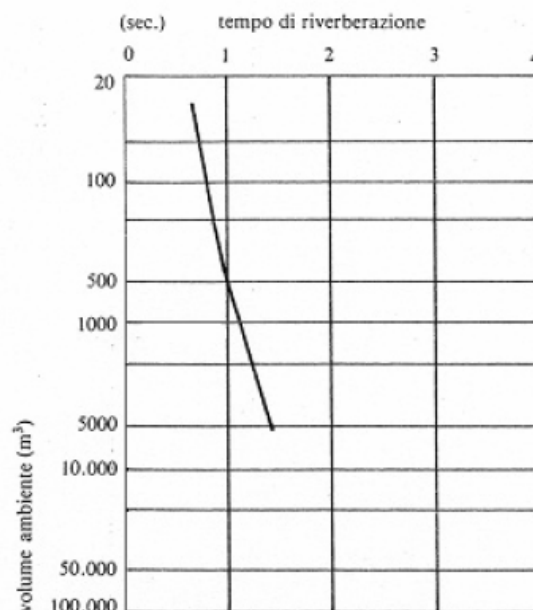


Fig. 5
Valori ottimi del tempo di riverberazione



Come anticipato e appena mostrato, la normativa attualmente vigente per le prestazioni acustiche passive per gli edifici scolastici è effettivamente datata in alcuni suoi aspetti ed in contraddizione fra i vari decreti per altri.

Questa sua frammentarietà fa riferimento anche a decreti e circolari molto datati ma mai abrogati, che riportano parametri di valutazione e limiti sonori massimi e minimi differenti fra loro.

Pertanto, interpretando quanto riportato alle pagg. 3-4, e tenendo conto del fatto che i 48 dB dell'indice di Isolamento Acustico Standardizzato $D_{2m,nT,w}$ di cui al DPCM 05/12/1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici" è raggiungibile praticamente solo con pareti piene (senza finestre, il che non è fattibile in una struttura scolastica dove l'illuminazione è fondamentale) dotate anche di elevati spessori e masse, **si verificheranno i seguenti indici di isolamento**, più che prudenziali per i futuri fruitori dell'ampliamento della struttura scolastica in quanto comunque superiori anche a quelli indicati nelle circolari tuttora vigenti:

1. indice di Isolamento acustico Standardizzato $D_{2m,nT,w}$ pari ad almeno 42 dB, come per gli usi terziari (più prudenziali rispetto a quelli residenziali) secondo il D.P.C.M. 05/12/97, sebbene il tuttora vigente D.M. 18/12/1975 richiedesse potere fonoisolante di infissi verso l'esterno R_w pari ad almeno 25 dB ed un potere fonoisolante di chiusure esterne complessive opache superiore a $R_w = 35$ dB,
2. indice del potere fonoisolante di strutture divisorie interne verticali R_w pari ad almeno 50 dB, per quanto indicato nel D.P.C.M. 05/12/97, sebbene il tuttora vigente D.M. 18/12/1975 (punto v) richieda solo 40 dB;
3. indice del potere fonoisolante di strutture divisorie interne orizzontali (solai) R_w pari ad almeno 50 dB, per quanto indicato nel D.P.C.M. 05/12/97 (mentre in maniera meno cautelativa il D.M. 18/12/1975 richiedeva solo 42 dB);

4. livello di rumore di calpestio normalizzato di solai $L_{mT,w}$ non superiore ai 58 dB, secondo il D.P.C.M. 05/12/97 (mentre il precedente D.M. 18/12/1975 richiedeva addirittura 68 dB, molto meno prudenzialmente);
5. tempo di riverberazione in una aula tipo ($T_{riv.60} = 1,2$ sec.) e nella sala conferenze ($T_{riv.60} = 1,4$ sec.) ai sensi del D.M.LL.PP. 3150/1967.

Per quanto attiene il punto 1 di pagina precedente, si vuole chiarire un aspetto tecnico importante: il decreto di riferimento più recente per le prestazioni acustiche passive di facciata degli edifici, quindi anche degli edifici scolastici, è ad oggi il D.P.C.M. 05/12/1997 in cui viene richiesto che per i fabbricati di *categoria E, edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili*, l'indice di Isolamento acustico Standardizzato $D_{2m,nT,w}$ sia di almeno 48 dB.

Analizzando il doppio paradosso che:

- ⇒ tale valore si può ottenere solo con pareti quasi totalmente cieche e di elevata massa superficiale (forature non inferiori a 1,6% !, il che significherebbe non avere luce all'interno dell'aula scolastica),
- ⇒ la rumorosità esterna da rispettare nel caso in questione è pari a 50 dB(A) trattandosi di nuova struttura scolastica in classe acustica I con limiti sonori territoriali esterni di soli 50 dB(A), con 48 dB di isolamento della facciata, pari ad almeno 42 dB(A)¹⁾ e 50 dB(A) esterni, significherebbe far passare all'interno delle scuole meno di 9 dB(A), valore inferiore al limite minimo misurabile dalla strumentazione fonometrica esistente (che è sui 15-16 decibel) e sotto qualsiasi fondo scala logaritmico acustico e non misurabile!

Pertanto, perseguire il raggiungimento dei 42 dB di indice di Isolamento acustico Standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ è già più che cautelativo e tutelati per gli studenti una volta dentro le aule a seguire la lezione in un ambiente acusticamente isolata dall'esterno e che permetta la miglior intelligibilità del parlato (del dicente) ascoltato (dagli alunni).

Al § 2 si riporteranno i dettagli costruttivi e sulla base dei quali valutare gli indici suddetti, per cui:

- la facciata principale è proposta di spessore totale di 29 cm, di tipo leggero con struttura in X-LAM, lana di roccia e pannelli in fibrogesso,
- i tramezzi fra le aule saranno realizzati sempre in struttura X-LAM interno spessore 16 cm + almeno una lastra di fibrogesso tipo FRMACELL da 1,25 cm di spessore,
- i solai interpiano sono proposti realizzati con struttura in X-LAM (legno massiccio) da 20 cm + placcaggio su ambo i lati in fibrogesso da 1,25 cm tipo Fermacell e con sistema anticalpestio PHONESTAR TRI 15 mm (vd. pag. 24); il rivestimento sarà in linoleum o resina vinilica, entrambi elastici quindi ottimali per abbattere il rumore impattivo.

L'alternativa a questa stratigrafia sarebbe la seguente, di poco variata ai fini acustici, di fatto:

- pavimento (linoleum o vinile),
- lastra fibrocemento 20 mm,
- PhoneStar ST TRI 12 mm,
- lastra fibra di legno tipo multitherm 20 mm,
- lastra fibrogesso 20 mm,
- solaio legno massiccio 220 mm.

¹⁾ In sostanza la differenza fra un livello sonoro in dB e uno in dB(A) consiste nel fatto che lo stesso "suono" espresso in dB(A) è stato "corretto" su determinate frequenze per adattarlo alla percezione effettiva dell'orecchio umano. L'uomo elabora meno distintamente le componenti del rumore delle basse frequenze, quindi dire che un suono in dB è stato "ponderato con curva A" [quindi è valutato in dB(A)], significa che sono state rese meno incisive le basse frequenze e si è "ridotto" il rumore ai toni bassi. Per questo motivo lo stesso rumore/suono misurato in dB(A) può risultare anche fino a 5-6 unità inferiore al valore misurato in dB. Un rumore/suono può valere 50 dB o 44 dB(A), a seconda di quale parametro si utilizza. Pertanto, lo scarto fra dB e dB(A) riferito allo stesso suono dipende sempre dalla composizione spettrale in frequenza di un rumore.

§ 1 - DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Con l'aumento della popolazione scolastica degli ultimi anni si è verificata la progressiva saturazione di molti Istituti dell'area di Bologna (Ambito 3); la saturazione degli edifici iniziata pressappoco nel 2009, ha riguardato non solo i licei ma anche gli istituti tecnici, con andamenti imprevedibili e incostanti nel corso degli anni. La ex-Provincia di Bologna si era dotata di un piano di edilizia scolastica volto ad assorbire l'aumento delle iscrizioni che era già previsto da studi statistici annuali, ma la crisi economica che ha investito l'Italia nel 2007 e la sempre maggiore mancanza di risorse destinate agli Enti pubblici ne ha compromesso in buona parte la sua realizzazione. Per far fronte agli aumenti di iscrizioni l'Ente ha adottato soluzioni tampone, il più delle volte finalizzate alla creazione di piccole succursali riutilizzando spesso spazi destinati ad altri usi, non sempre idonei all'utilizzo scolastico.

L'instabilità creata dovuta alle iscrizioni non "governabili", la conseguente necessità da parte dell'Ente di dare immediata disponibilità di locali agli Istituti che di volta in volta ne necessitano e la ripresa economica con riassegnazione di finanziamenti importanti, hanno determinato la scelta dell'Ente di dotarsi di un edificio scolastico "dinamico" ad utilizzo dell'Istituto o, in compresenza, degli Istituti in momentanea sofferenza di spazi.

L'occasione per la creazione del nuovo spazio didattico è scaturita dai finanziamenti CIPE derivanti dall'Accordo di programma fra il Comune di Bologna e la Città Metropolitana di Bologna relativamente ai Fondi per Interventi per lo sviluppo economico, la coesione sociale e territoriale della Regione Emilia-Romagna 2014-2020 (Delibera CIPE n. 75 del 7/8/2017).

Pertanto, il nuovo edificio ad uso scolastico sarà finalizzato all'assorbimento, in modo "dinamico" e flessibile, delle esigenze temporanee legate alla variabilità della popolazione scolastica, quali incrementi di iscrizioni non più accoglibili nelle sedi scolastiche o per esigenze temporanee di istituti oggetto di interventi edilizi di manutenzione importanti.

L'edificio, quindi, è concepito per poter essere utilizzato anche da più scuole contemporaneamente che, comunque, potranno conservare la propria autonomia e indipendenza.

Il nuovo Polo Dinamico è stato, quindi, pensato suddiviso per unità didattiche (idealmente costituite da multipli di 5 classi, ovvero una sezione completa) che potranno essere collegate "dinamicamente" tra loro per realizzare dimensioni variabili a seconda delle esigenze di volta in volta richieste. Spazi di condivisione comune quali laboratori e zona sportiva, ottimizzeranno le risorse investite. La struttura potrà ovviamente essere utilizzata anche interamente da una sola scuola, potenzialmente un nuovo istituto scolastico a tutti gli effetti.

L'area individuata come possibile sede del nuovo Polo Dinamico è l'area adiacente alla zona sportiva del Liceo Copernico, nella piena disponibilità dell'Amministrazione: l'obiettivo del progetto è di realizzare un edificio scolastico che possa rispondere "dinamicamente" nel tempo, e con poche e semplici modifiche, a diverse esigenze didattiche delle scuole di volta in volta interessate a crescita ed espansioni delle proprie iscrizioni, oppure per sede temporanea per scuole destinate a parziali chiusure per necessità manutentive.

L'edificio dovrà rispondere con la massima flessibilità in ordine all'occupazione dello stesso da parte di una o più scuole contemporaneamente, eliminando o riducendo al minimo le problematiche relative alla sicurezza (incompatibilità tra diverse attività) e all'impiantistica, con riflesso positivo anche sugli oneri di gestione e manutenzione.

La particolare flessibilità della struttura è stata impostata sulla possibilità di separare le attività sia in senso verticale, che per piano, realizzando così porzioni utilizzabili autonomamente, "unità didattiche" composte da cinque aule con servizi e multipli.

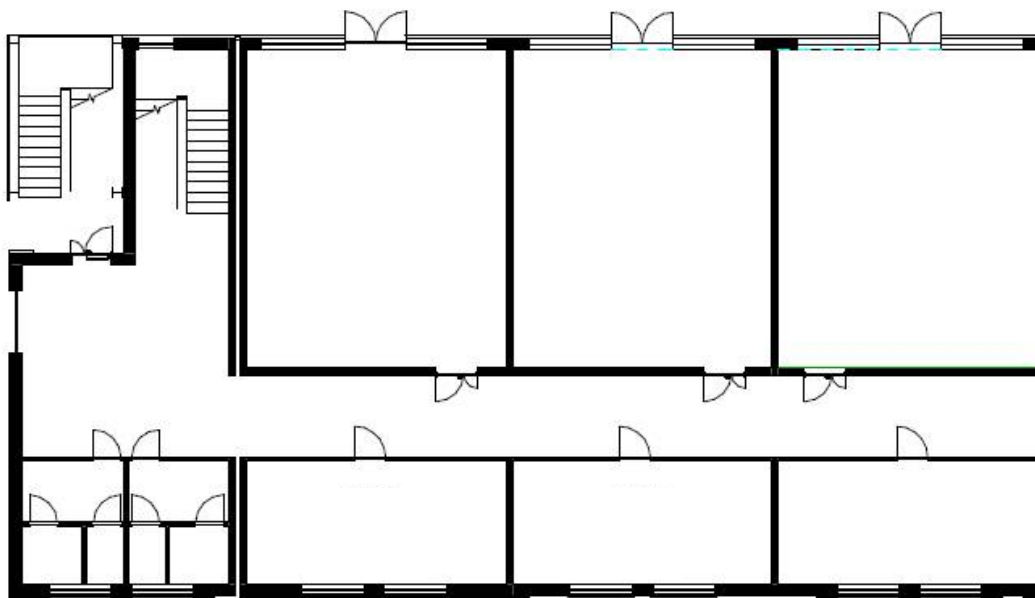
Questo progetto prevede, pertanto, la realizzazione "moduli" ripetibili in serie costituiti da due tipologie di "blocchi tipo" assemblabili tra loro, ma autonomi nella dotazione di servizi e impiantistica.

La prima tipologia è un "**blocco aule**" che si sviluppa su tre piani:

- al piano terra trovano posto tre grandi laboratori con accesso diretto da un portico esterno; la possibilità di accesso dall'esterno garantisce l'utilizzo dello stesso laboratorio ad una o più scuole, ottimizzando così l'utilizzo degli spazi; la flessibilità compositiva permetterebbe comunque, con poca spesa, di poter chiudere il portico e/o utilizzare in tutto o in parte gli spazi per servizi accessori (segreterie, spazi collettivi, ecc...) a seconda delle specifiche necessità del momento;
- i piani superiori sono composti da cinque grandi aule dimensionate per accogliere anche 30 studenti, oltre che uno spazio centrale "open space" che, tramite chiusure vetrate mobili, può essere utilizzato quale ulteriore spazio "flessibile" (riunioni, sala professori, ulteriore aula, spazio relax, biblioteca, sala studio, ecc...)

Il "**blocco servizi**" è posizionato alle due estremità del "blocco aule" e, a seconda delle configurazioni possibili, può accogliere, oltre ai connettivi verticali (scale + ascensore), i servizi igienici o uno spazio aperto per altri usi (atrio o locale di servizio). I "blocchi servizi" costituiscono anche, tramite appositi filtri areati, le eventuali separazioni tra le varie unità didattiche.

I due blocchi si collegano alternativamente in modo che ogni "blocco aule" sia separato da un altro tramite un "blocco servizi" secondo il seguente modulo.



Questa modularità costruttiva costituisce il prototipo di un edificio scolastico, flessibile e ripetibile in diversi contesti e localizzazioni.

In previsione, su più lunga prospettiva, si prevede di potere realizzare un vero e proprio nuovo "plesso scolastico dinamico" costruito dai blocchi disposti ad L come mostrato in Immagini 1 e 2.

Immagine 1.1 - Planimetria generale del progetto del plesso scolastico dinamico rispetto ad ortofoto dello stato attuale

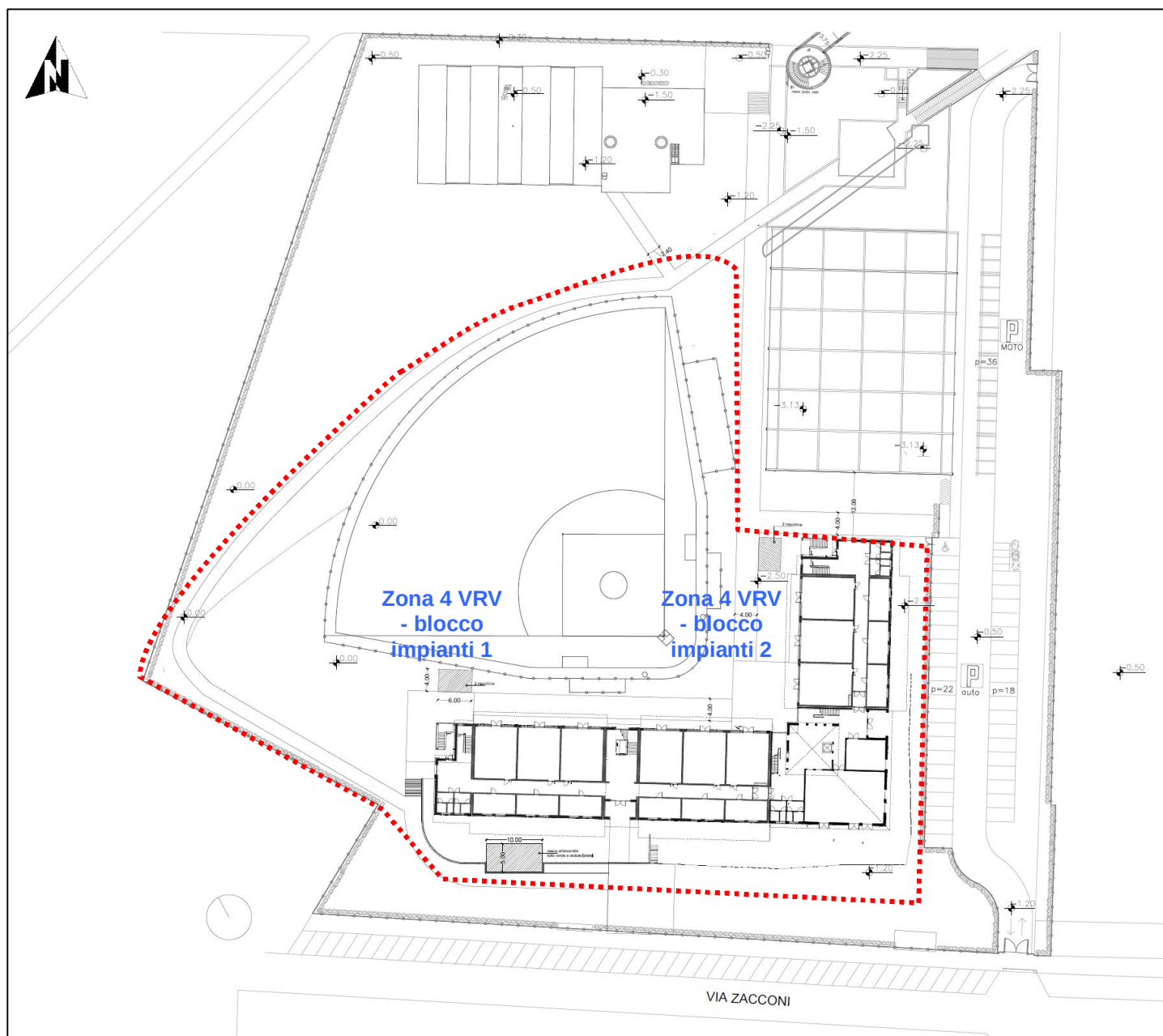
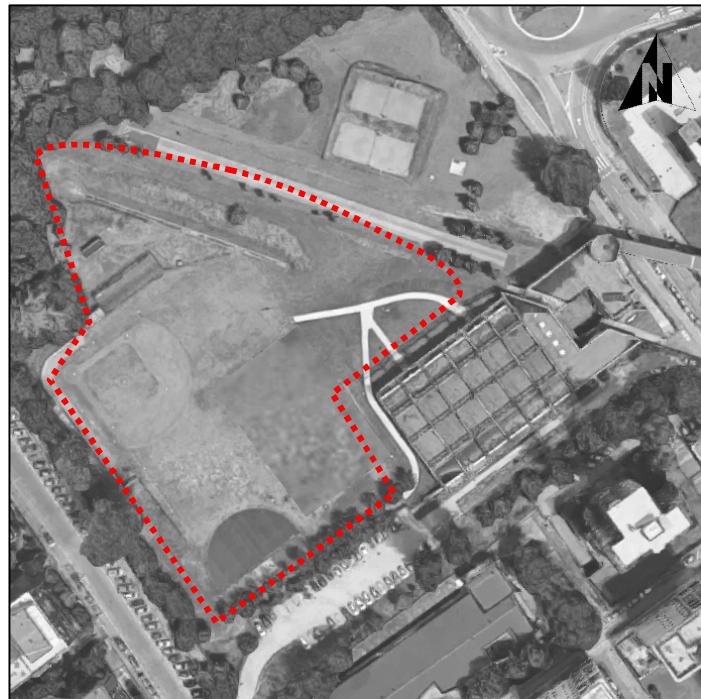


Immagine 1.2 - Inserimento del planivolumetrico su ortofoto e rendering del fronte interno (indicativo a livello edilizio)



Immagine 1.3 - Prospetto principale e rendering di vari fronti (soggetti a variazioni)



Immagine 1.4 - Rendering di massima di vari fronti (soggetti a variazioni)

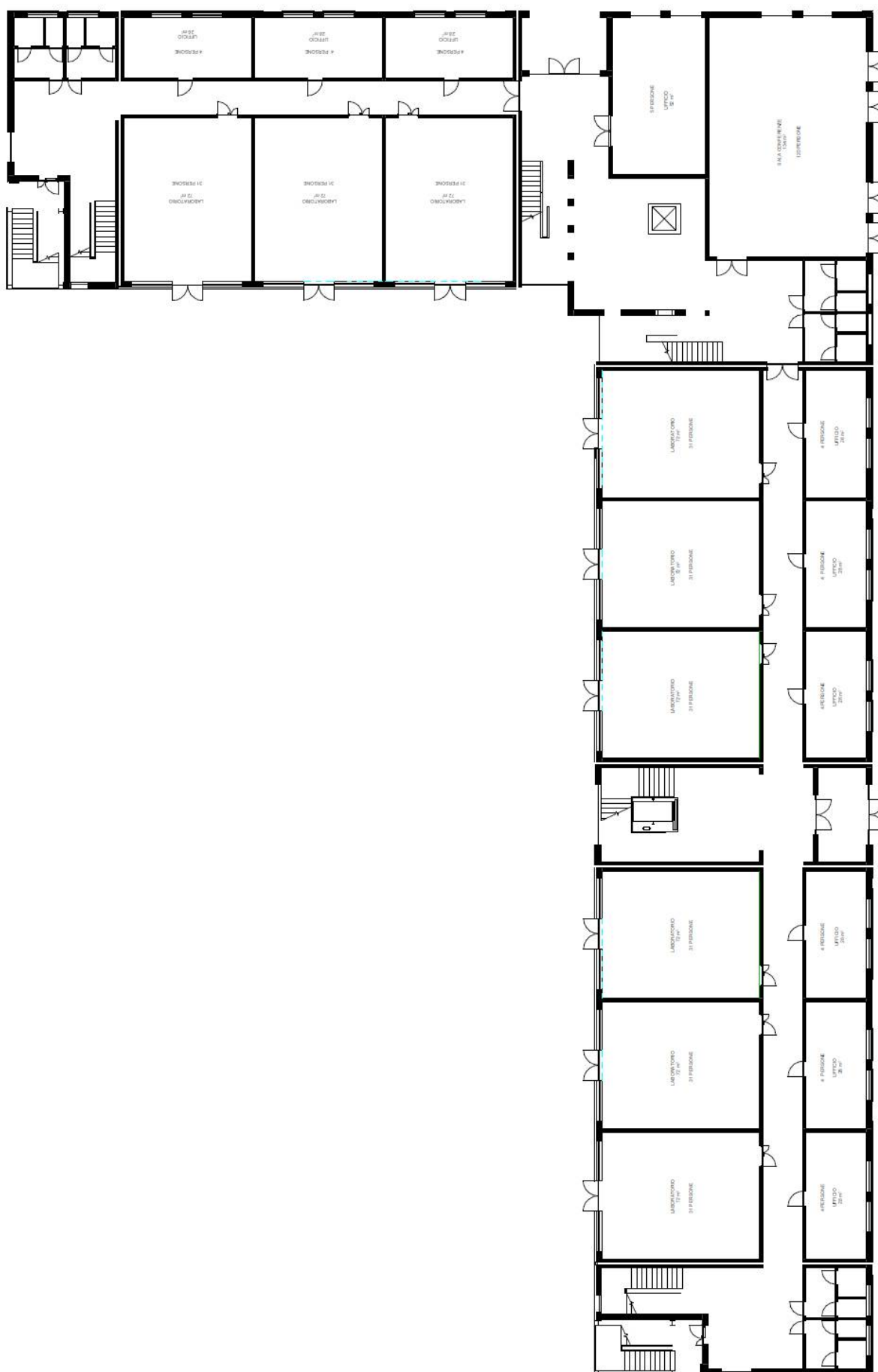


La particolare conformazione altimetrica dell'area interessata vede un dislivello nella zona centrale di circa 2,50 m per cui, sfruttando questa particolarità, si potrà accedere direttamente alle aule del piano primo, mentre il piano terra si aprirà verso l'area verde sportiva interna.

Si prevede la costruzione di tre moduli posizionati ad L, due allineati lungo la direttrice stradale ed il terzo perpendicolare, in direzione di via Garavaglia.

I primi due moduli costituiranno il primo stralcio assieme al corpo quadrato di collegamento a due piani, che verrà utilizzato per le attività di servizio e locali ad uso collettivo, e che sarà nodo di intersezione della L.

**Immagine 2.1 - Planimetria di massima della distribuzione degli interni: PIANO TERRA
(soggetta a possibili ulteriori variazioni non sostanziali)**



**Immagine 2.2 - Planimetria di massima della distribuzione degli interni: PIANO PRIMO
(soggetta a possibili ulteriori variazioni non sostanziali)**



**Immagine 2.3 - Planimetria di massima della distribuzione degli interni: PIANO SECONDO
(soggetta a possibili ulteriori variazioni non sostanziali)**



Immagine 2.4 - Prospetti di massima del Polo Dinamico (soggetti a possibili ulteriori variazioni non sostanziali)



§ 2 - MATERIALI IMPIEGATI NEI VARI COMPONENTI EDILIZI E VERIFICHE

Allo stato dell'arte progettuale, i vari pacchetti costitutivi sono stati così ipotizzati:

- facciata spessore 29 cm, di tipo leggero con struttura in X-LAM, lana di roccia e pannelli in fibrogesso,
- solaio interpiano spessore 28 cm, di tipo a secco con struttura in X-LAM, lana di roccia e pannelli in fibrogesso, rivestimento in linoleum,
- divisori fra aule struttura centrale in X-LAM da 16 cm di spessore + placcaggio su ambo i lati in fibrogesso da 1,25 cm tipo Fermacell,
- impianti a funzionamento continuo impianto ricambio aria nelle aule, sala conferenza e biblioteca,
- rivestimenti aule e sala conferenza per la verifica del Tempo di Riverbero vd. pagg. 36 e 39.

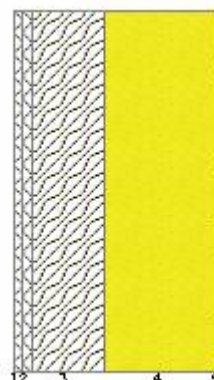
➤ FACCIATA (COD. M1 NELLA RELAZIONE EX-L. N. 10/91)

Allo stato dell'arte progettuale, il pacchetto costitutivo della facciata è stato così ipotizzato:

Descrizione della struttura: **Parete esterna Xlam**

Codice: M1

Trasmittanza termica	0,188	W/m ² K
Spessore	290	mm
Temperatura esterna (calcolo potenza invernale)	-5,0	°C
Permeanza	3,168	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	104	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	98	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,042	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,226	-
Sfasamento onda termica	-12,3	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,130	-	-	-
1	lastra in fibrogesso	12,50	0,320	0,039	1150	1,10	13
2	lastra in fibrogesso	12,50	0,320	0,039	1150	1,10	13
3	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	100,00	0,120	0,833	450	1,60	625
4	Pannello in lana di roccia a doppia densità	160,00	0,038	4,211	150	1,03	1
5	Intonaco plastico per cappotto	5,00	0,300	0,017	1300	0,84	30
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,060	-	-	-

per cui questo pacchetto opaco combinato con le parti vetrate nelle aule deve fornire, per quanto detto a pag. 6, un isolamento acustico complessivo di facciata di almeno 42 dB di indice di Isolamento acustico Standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$.

Il software NIS *Noise Insulation Software* della EOS srl di Milano aggiornato al 2018 prevede già pacchetti di pareti leggere del tipo proposto (che fino a qualche anno fa non erano contemplate nel software previsionali di isolamento acustico), per cui si è avuto modo di valutare il raggiungimento dei

42 dB di $D_{2m,nT,w}$ globali di facciata e definire così requisiti che devono avere i serramenti affinché si abbia il rispetto di tale valore.

Trattandosi di moduli ripetuti sia per blocchi che per aule, si sono analizzati i casi tipo ricorrenti:

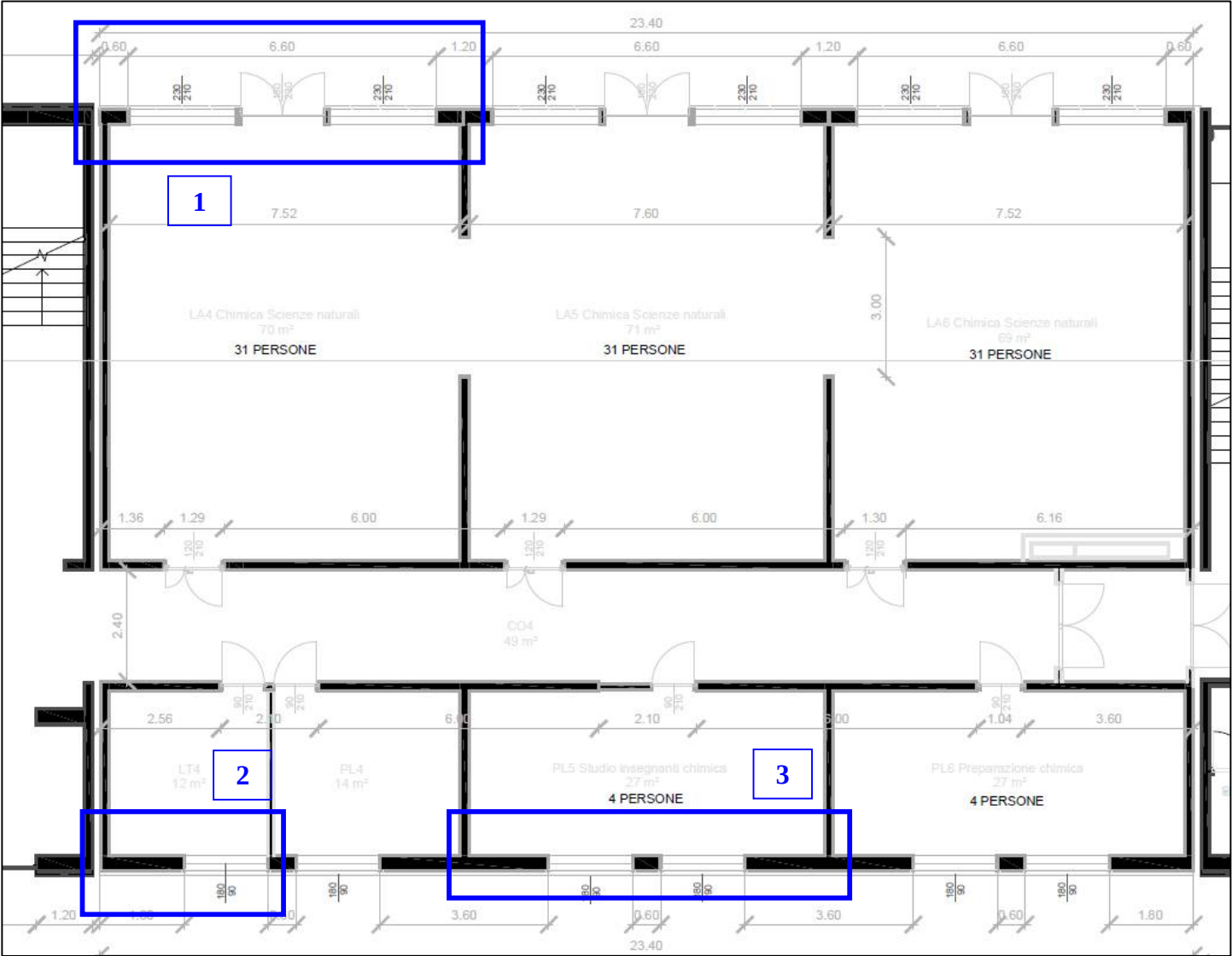
1. laboratorio al piano terra, con due serramenti da 230*210 cm + porta 180*230 cm,
2. aula piccola al p.t. con serramento 180*90 cm,
3. aula studio al p.t. con due serramenti 180*90 cm,
4. aula tipo ai piani superiori con due serramenti da 220*220 cm,

di cui le planimetrie a pagina seguente.

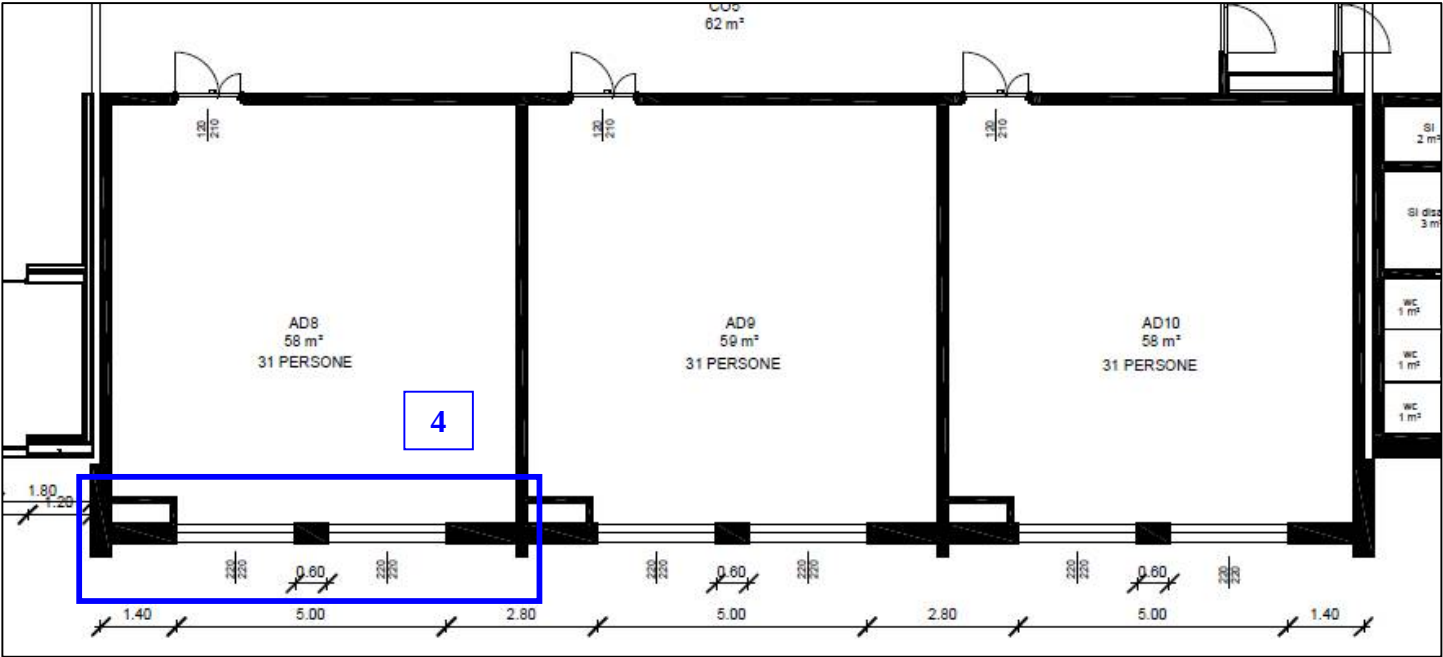
Utilizzando il software previsionale di calcolo NIS *Noise Insulation Software* della EOS srl di Milano si sono verificati i quattro casi su citati e le schede tecniche sono riportate alle pagg. 20÷23, dalle quali si vede che per raggiungere i 42 dB di $D_{2m,nT,w}$ occorre richiedere serramento con potere fonoisolante certificato minimo di:

- | | |
|----------------------------|--------|
| ➤ serramento da 230*210 cm | 37 dB, |
| ➤ porta 180*230 cm | 37 dB, |
| ➤ serramento 180*90 cm | 37 dB, |
| ➤ serramento da 220*220 cm | 37 dB. |

SERRAMENTI VERIFICATI AL PIANO TERRA

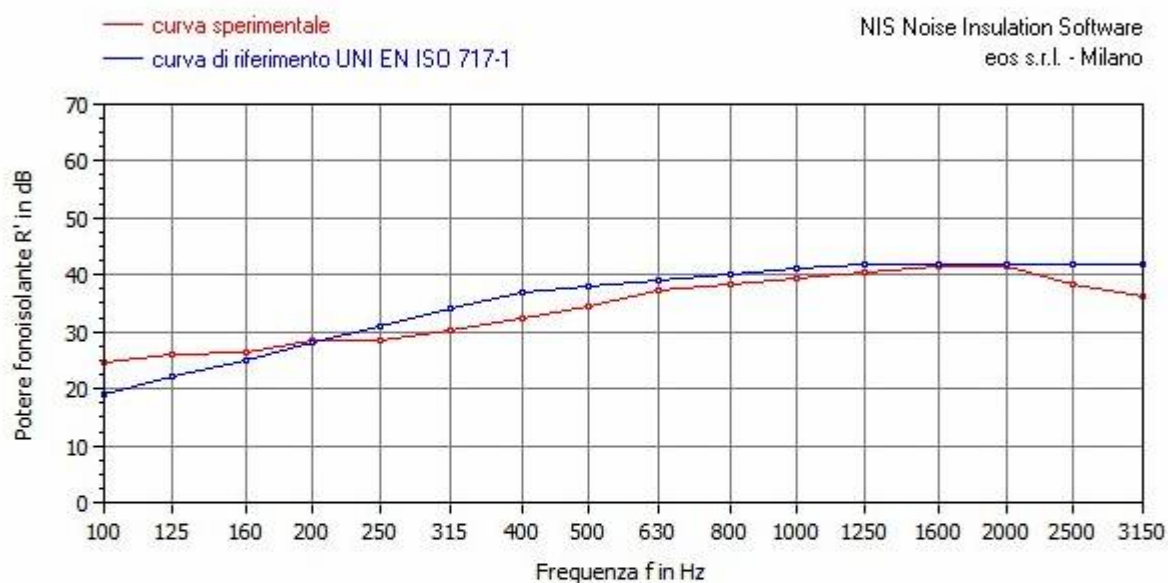


SERRAMENTI VERIFICATI AI PIANI TIPO SUPERIORI



VERIFICA N. 1 DI FACCIATA DI CUI A PAG. 19

POLO DINAMICO	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R' curva sperimentale terzo di ottava (dB)	24,8	26,2	26,3	28,3	28,4	30,4	32,4	34,4	37,4	38,4	39,4	40,4	41,4	41,4	38,4	36,4
R' curva di riferimento terzo di ottava (dB)	19	22	25	28	31	34	37	38	39	40	41	42	42	42	42	42

Volume ambiente ricevente: **223,80** (m³)

Valutazione secondo la UNI EN ISO 717 dei risultati dei calcoli da UNI EN 12354:

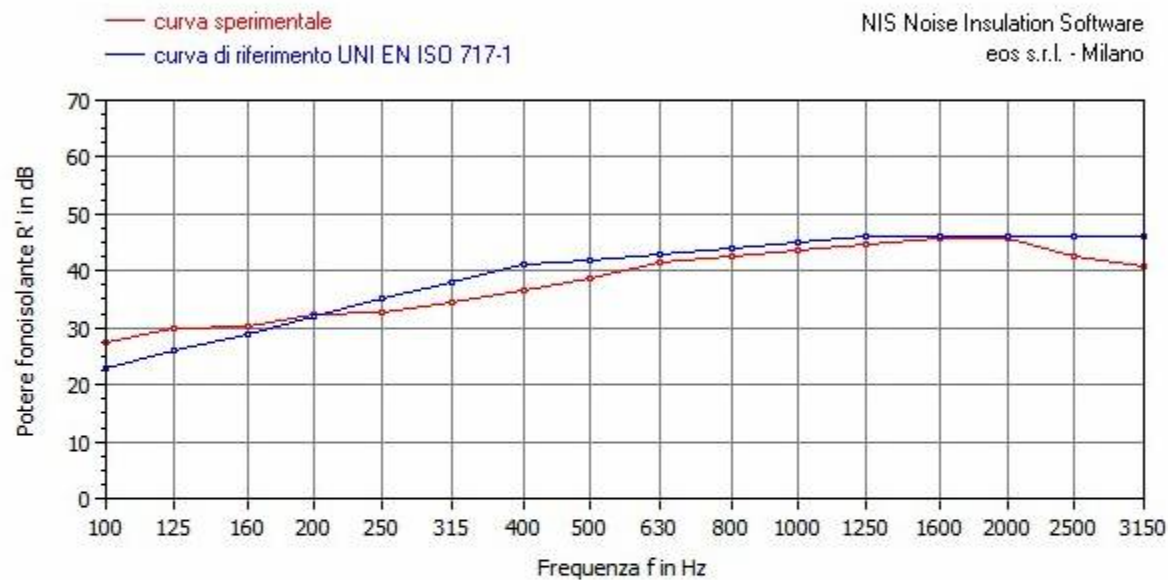
Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente $R'_w = 38$ (dB)

Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato $D_{2m,nT,w} (C; C_{tr}) = 42$ (-1;-3) (dB)

Il valore di $D_{2m,nT,w}$ di 42 dB si raggiunge con serramenti da 230*210 cm e porta esterna 180*230 cm dotati di $R_w = 37$ dB minimi e posa in opera a regola d'arte ad alta tenuta grazie all'impiego di schiuma ad elevata densità ed elasticità di cui una tipologia riportata all'Allegato 1.

VERIFICA N. 2 DI FACC IATA DI CUI A PAG. 19

POLO DINAMICO	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R' curva sperimentale terzo di ottava (dB)	27,3	29,8	30,3	32,5	32,6	34,6	36,7	38,7	41,6	42,7	43,7	44,7	45,7	45,7	42,7	40,7
R' curva di riferimento terzo di ottava (dB)	23	26	29	32	35	38	41	42	43	44	45	46	46	46	46	46

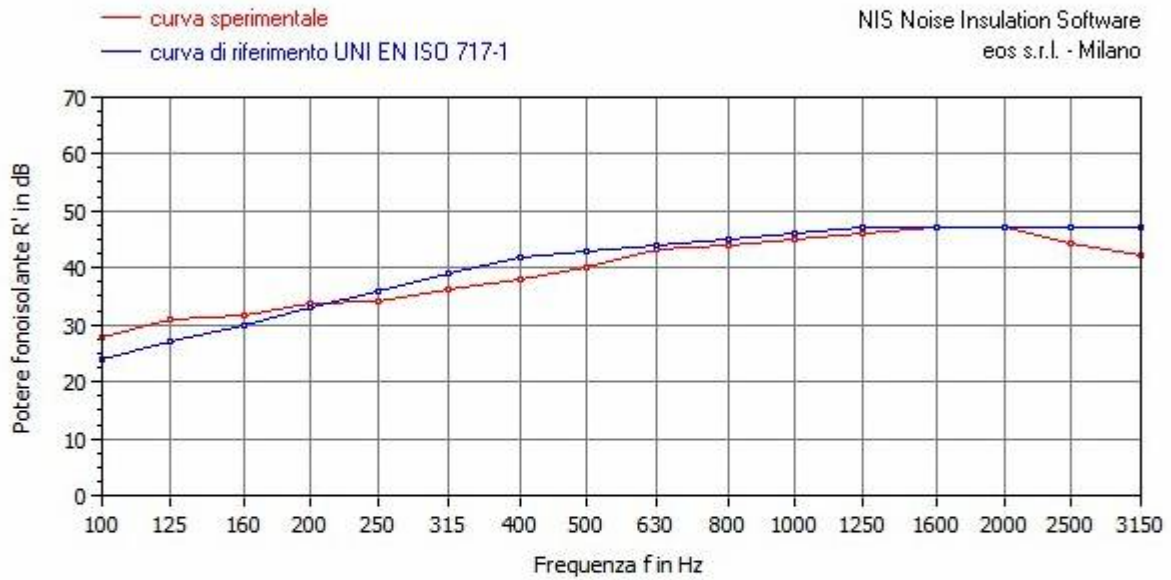
Volume ambiente ricevente: **24,58** (m³)

Valutazione secondo la UNI EN ISO 717 dei risultati dei calcoli da UNI EN 12354:
Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente $R'_w = 42$ (dB)
Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato $D_{2m,nT,w} (C; C_{tr}) = 42$ (-1;-4) (dB)

Il valore di $D_{2m,nT,w}$ di 42 dB si raggiunge con serramenti da 180*90 cm dotati di $R_w = 37$ dB minimi e posa in opera a regola d'arte ad alta tenuta grazie all'impiego di schiuma ad elevata densità ed elasticità di cui una tipologia riportata all'Allegato 1.

VERIFICA N. 3 DI FACCIATA DI CUI A PAG. 19

POLO DINAMICO	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R' curva sperimentale terzo di ottava (dB)	27,9	30,9	31,6	33,8	34,0	36,1	38,1	40,1	43,1	44,1	45,1	46,2	47,2	47,2	44,2	42,2
R' curva di riferimento terzo di ottava (dB)	24	27	30	33	36	39	42	43	44	45	46	47	47	47	47	47

Volume ambiente ricevente: **64,32** (m³)

Valutazione secondo la UNI EN ISO 717 dei risultati dei calcoli da UNI EN 12354:

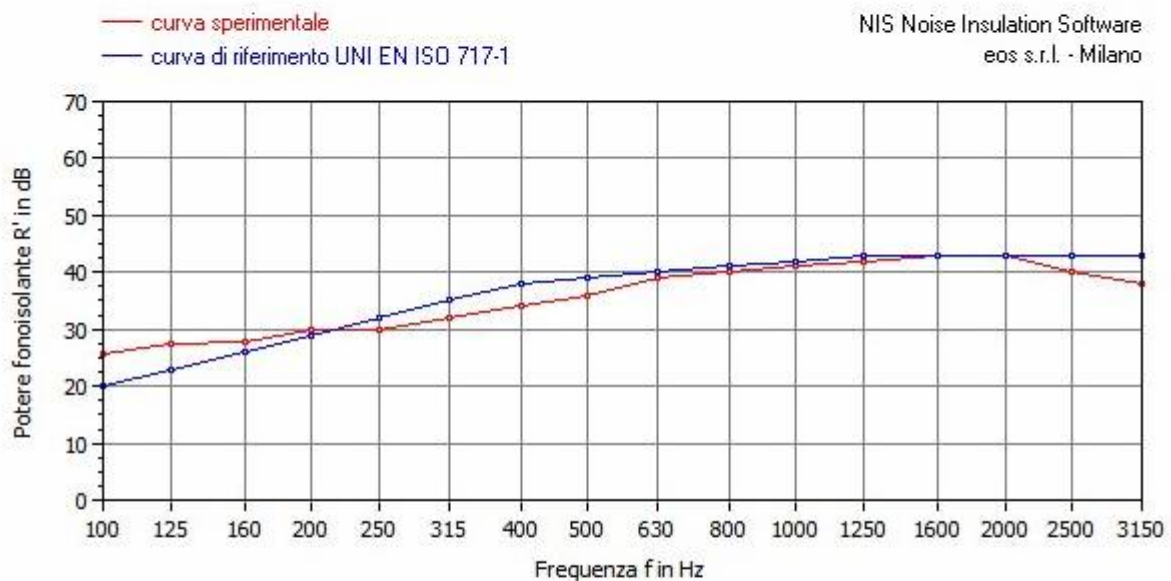
Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente $R'_w = 43$ (dB)

Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato $D_{2m,nT,w} (C; C_{tr}) = 43$ (-1;-3) (dB)

Il valore di $D_{2m,nT,w}$ di 42 dB si raggiunge con serramenti da 180*90 cm dotati di $R_w = 37$ dB minimi e posa in opera a regola d'arte ad alta tenuta grazie all'impiego di schiuma ad elevata densità ed elasticità di cui una tipologia riportata all'Allegato 1.

VERIFICA N. 4 DI FACCIATA DI CUI A PAG. 19

POLO DINAMICO	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili



Frequenza (Hz)	100	125	160	200	250	315	400	500	630	800	1000	1250	1600	2000	2500	3150
R' curva sperimentale terzo di ottava (dB)	25,8	27,6	27,8	29,9	30,0	32,0	34,0	36,0	39,0	40,0	41,0	42,0	43,0	43,0	40,0	38,0
R' curva di riferimento terzo di ottava (dB)	20	23	26	29	32	35	38	39	40	41	42	43	43	43	43	43

Volume ambiente ricevente: **188,72** (m³)

Valutazione secondo la UNI EN ISO 717 dei risultati dei calcoli da UNI EN 12354:

Indice di valutazione del potere fonoisolante apparente $R'_w = 39$ (dB)

Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato $D_{2m,nT,w}(C;C_{tr}) = 43$ (-1;-3) (dB)

Il valore di $D_{2m,nT,w}$ di 42 dB si raggiunge con serramenti da 220*220 cm dotati di $R_w = 37$ dB minimi e posa in opera a regola d'arte ad alta tenuta grazie all'impiego di schiuma ad elevata densità ed elasticità di cui una tipologia riportata all'Allegato 1.

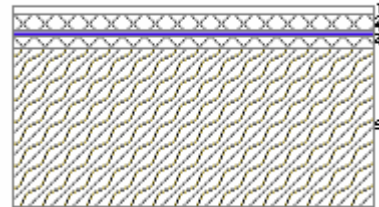
➤ SOLAIO INTERPIANO (COD. P2 NELLA RELAZIONE EX-L. N. 10/91)

Allo stato dell'arte progettuale, il pacchetto costitutivo del solaio interpianto è stato ipotizzato di spessore di 28 cm, di tipo a secco con struttura in X-LAM, lana di roccia e pannelli in fibrogesso, rivestimento in linoleum, come sotto mostrato:

Descrizione della struttura: *Solaio interpianto*

Codice: P2

Trasmittanza termica	0,425	W/m ² K
Spessore	277	mm
Permeanza	0,797	10 ⁻¹² kg/sm ² Pa
Massa superficiale (con intonaci)	173	kg/m ²
Massa superficiale (senza intonaci)	173	kg/m ²
Trasmittanza periodica	0,052	W/m ² K
Fattore attenuazione	0,123	-
Sfasamento onda termica	-14,7	h



Stratigrafia:

N.	Descrizione strato	s	Cond.	R	M.V.	C.T.	R.V.
-	Resistenza superficiale interna	-	-	0,170	-	-	-
1	Linoleum	10,00	0,170	0,059	1200	1,40	1000
2	Pannello di fibrocemento	22,00	0,790	0,028	1600	1,10	150
3	PHONESTAR	15,00	0,220	0,045	910	1,80	10000
4	lastra in fibrogesso	15,00	0,320	0,047	1150	1,10	13
5	Legno di abete flusso perpend. alle fibre	220,00	0,120	1,833	450	1,60	625
-	Resistenza superficiale esterna	-	-	0,170	-	-	-

Dovendo il solaio arrivare ad un minimo di $R_w = 50$ ed un massimo di $L_{nw} = 58$ dB (vd. pag. 3), fra le tipologie di soluzioni con PHONESTAR da catalogo si dovrà scegliere la soluzione sotto indicata con freccia rossa (a scelta fra gli spessori da 59 mm o da 64 mm aggiuntivi di pavimento totale):

Valori iniziali Spessore: 180 mm	Sistema	Modello	Pacchetto	Spessore PhoneStar (mm)	Spessore pacchetto pavimento totale	Rumore aereo		rumore da calpestio	
						Valore: $R_{w,R}$	Miglioramento: ΔR_w	Valore: $L_{n,w,R}$	Miglioramento: $\Delta L_{w,R}$
 $R_{w,R} = 42$ dB; $L_{n,w,R} = 76$ dB	BHB 1.1		PhoneStar	Twin - 10 mm	10 mm	47 dB	5 dB	70 dB	6 dB
	BHB 1.2			Tri - 15 mm	15 mm	49 dB	7 dB	68 dB	8 dB
	BHB 1.3		PhoneStar+ Isolamento in fibra di legno (IFL)	Twin - 10 mm	29 mm	48 dB	6 dB	67 dB	9 dB
	BHB 1.4			Tri - 15 mm	34 mm	50 dB	8 dB	65 dB	11 dB
	BHB 1.5		2x PhoneStar+ IFL	Twin - 10 mm	39 mm	53 dB	11 dB	64 dB	12 dB
	BHB 1.6			Tri - 15 mm	49 mm	54 dB	12 dB	61 dB	15 dB
	BHB 1.7		PhoneStar+ IFL + materiale di riporto	Twin - 10 mm	59 mm	55 dB	13 dB	56 dB	20 dB
	BHB 1.8			Tri - 15 mm	64 mm	57 dB	15 dB	54 dB	22 dB
	BHB 1.9		2x PhoneStar+ IFL + materiale di riporto	Twin - 10 mm	69 mm	58 dB	16 dB	53 dB	23 dB
	BHB 1.10			Tri - 15 mm	79 mm	61 dB	19 dB	50 dB	26 dB

Anche il solaio PHONE-STAR indicato con cerchio blu nello schema seguente del sistema THERM-SILENZIO è adeguato, venendo dichiarato con:

- un potere fonoisolante di $R_w = 57$ dB, superiore ai 50 dB di R_w minimi di legge, e
- una rumorosità impattiva massima di $L_{nw} = 54$ dB, inferiore ai 58 dB massimi ammessi di legge,

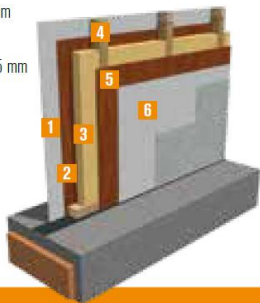
per cui tale solaio con il sistema PHONE-STAR TRI 15 mm è idoneo a rispondere ai requisiti minimi di legge per gli usi scolastici. In alternativa anche il Phone Star ST-TRI da 12,5 mm è da ritenersi idoneo passando nel caso l' L_{nw} da 54 dB a 56 dB, comunque ai 58 dB.



Applicazioni principali:
Pareti e controsoffitti

ISOLAMENTO PARETE

- 1 Lastra cartongesso 12,5 mm
- 2 PhoneStar Tri 15 mm
- 3 Isolante fibra soffice tipo 3therm FLEX sp. 40 mm
- 4 Montanti in legno 50 mm
- 5 PhoneStar Tri 15 mm
- 6 Lastra cartongesso 12,5 mm



Pannello eco-compatibile in cartone ondulato e sabbia di quarzo compressa!

CARATTERISTICHE TECNICHE

	PhoneStar Tri	PhoneStar Twin	PhoneStar ST Tri	PhoneStar ST Twin
Dimensioni	1200x800 mm 1250x625 mm	1200x800 mm 1250x625 mm	1200x800 mm 1250x625 mm	1200x800 mm
Spessore	15 mm	10 mm	12,5 mm	9 mm
Peso pannello	18 kg/mq	12 kg/mq	17,5 kg/mq	11,5 kg/mq
Abbattimento acustico al calpestio ΔL_w	22 dB	19 dB	20 dB	18 dB
Isolamento acustico rumori aerei R_w	36 dB	26 dB	34 dB	25 dB
Conducibilità termica W/mK	0.17	0.17	0.17	0.17
Classe reazione al fuoco	B2	B2	B2	B2
Resistenza a compressione	5 kN/mq	5 kN/mq	5 kN/mq	5 kN/mq
Rigidità dinamica s'	32,6 MN/mc			
Applicazione	Pavimenti/ pareti/soffitti	Pavimenti/ pareti/soffitti	Pavimenti/ pareti/soffitti	Pavimenti/ pareti/soffitti

PhoneStar

ESEMPIO PLACCAGGIO PARETE (RISANAMENTO ACUSTICO)
(sezione orizzontale)

- 1 Intonaco 15 mm
- 2 Blocco forato 120 mm
- 3 Intonaco 15 mm
- 4 Silenz Tagliamuro Gips
- 5 Profilo metallico a "C" 50 mm
- 6 Isolante fibra soffice tipo 3therm FLEX sp. 50 mm
- 7 PhoneStar Tri 15 mm
- 8 Lastra cartongesso 12,5 mm

Indice di isolamento parete teorico $R_w = 57$ dB

PARETE DIVISORIA LEGGERA 13 cm
(sezione orizzontale)

- 1 Lastra cartongesso 12,5 mm
- 2 PhoneStar Tri 15mm
- 3 Isolante fibra soffice tipo 3therm FLEX sp. 70 mm
- 4 Montanti in legno 50 mm
- 5 PhoneStar Tri 15mm
- 6 Lastra cartongesso 12,5 mm

Indice di isolamento parete certificato $R_w = 65$ dB

SOLAIO "A SECCO" IN XLAM
(sezione orizzontale)

- 1 Pavimento in legno flottante 10 mm
- 2 PhoneStar Tri 15 mm
- 3 Isolante 3therm ISOLANT 19 mm
- 4 Massetto granulare secco 30 mm
- 5 Solaio in xlam 200 mm

Indice di isolamento calpestio $L_{nw} = 54$ dB
Indice di isolamento rumore aereo $R_w = 57$ dB

➤ PARETI DIVISORIE FRA LE AULE

Allo stato dell'arte progettuale, non è definito un pacchetto dei divisori fra le aule: viene indicato nelle tavole solo lo spessore di 20 cm circa.

E' stata ricevuta l'indicazione che tale pacchetto sarà di tipo leggero.

Al momento non si sa se l'impiantistica elettrica passerà all'interno della parete stessa o in canalizzazioni plastiche esterne.

Con lo spessore ricevuto per raggiungerei 50 dB minimi richiesti dal DPCM 05/12/97 per gli usi scolastici si suggerisce di adottare un sistema a secco del tipo W112 della KNAUF, sotto riportato, da mantenere integro tal quale senza inserimento di elementi impiantisci elettrici.

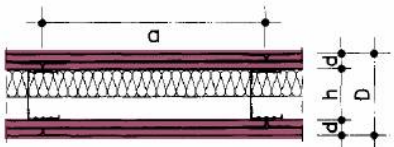
Quindi una parete da almeno 150 mm di spessore che dia da certificato un R_w di 56 dB, realizzata come segue (vd. schema seguenti tratti dai cataloghi KNAUF):

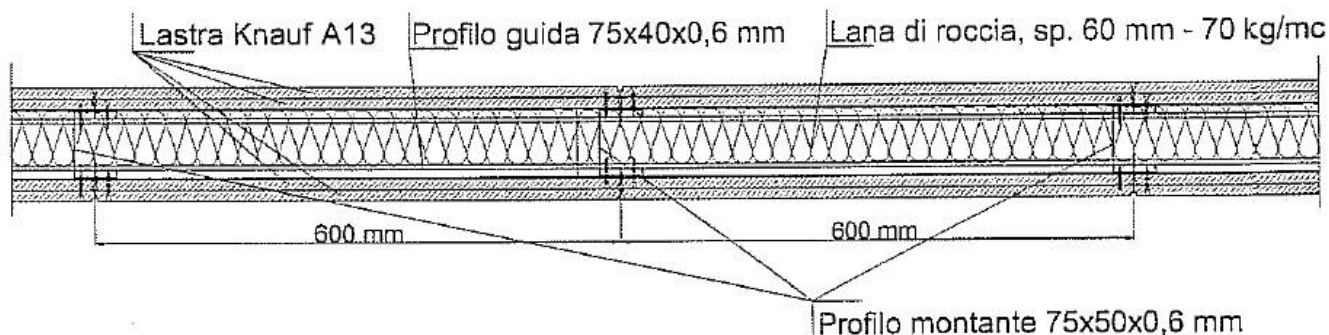
- doppia lastra cartongesso tipo A della KNAUF da 1,5 cm,
 - lana di roccia interna doppio strato da 5+5 cm densità 70 kg/m³,
 - doppia lastra cartongesso tipo A della KNAUF da 1,5 cm,
- garantirà i 50 dB di potere fonoisolante minimo fra due aule.

Dati tecnici

Isolamento termico
e acustico

W 11

Tipologia	Spessori			Lastra	Peso ¹	Potere fonoisolante ²		Trasmittanza ³
	D (mm)	Profilo h (mm)	d (mm)		(kg/m ²)	R _w dB	LANA MINERALE ⁴ Spessore (mm)	K (W/m ² K)
W 112 Parete Knauf ad orditura metallica e doppio rivestimento								
	100	50	2x12,5	A (GKB) o F (GKF)	48	50	40	0.61
	110		2x15		54			
	122		2x18		67			
	125		2x12,5		48			
	135	75	2x15		54	56	40/60	0.60/0.46
	147		2x18		67			
	150		2x12,5		49			
	160	100	2x15		55	53/55/56	40/60/80	0.60/0.46/0.38
	172		2x18		68			



Altre soluzioni di pareti leggere che si possono adottare sono quelle della ditta FERMACELL, sotto mostrate, certificate con 50 dB di R_w effettivi.

Si consiglia di adottare una soluzione con almeno +3 dB "di sicurezza" per avere un certo margine di certezza nel raggiungimento del valore minimo di legge per ovviare ad inevitabili problemi / difetti di posa in opera.

Gli spessori delle pareti leggere Fermacell sotto indicate sono tutti compatibili con gli spessori rinvenuti nelle tavole di progetto PDF e DWG ricevute.

Pareti per interni in gessofibra con struttura in legno e pannello isolante

Codice	Schema stratigrafia	Spessore	Profilo sottostruttura ⁽¹⁾⁽²⁾		fermacell Gessofibra Spessore lastre	Lana minerale ⁽¹⁾⁽²⁾⁽⁴⁾ Spessore/Densità	Altezza massima ⁽⁷⁾⁽⁸⁾⁽²²⁾		Masse superficiale	Isolamento acustico ⁽⁴⁾
		[mm]	Montante	Guida			I	II		
1 H 15		175	2 x 40/60 30 mm Distanza tra le orditure	2 x 40/60	12,5	2 x 60/20	310	310	41	55 [$R_{w,R}$]
1 H 16		185	2 x 40/60 30 mm Distanza tra le orditure	2 x 40/60	12,5 + 10 e 12,5	2 x 60/20	310	310	52	62 [$R_{w,R}$]
1 H 31		105	40/60	40/60	12,5 + 10	50/50	310	310	62	50 [$R_{w,R}$]
		125	40/80	40/80			410	410	64	
1 H 32		145	50/70	30/70	12,5 + 10 (su sottostruttura 30/50 orizzontale con interposto feltro)	50/50	360	360	65	50 [$R_{w,R}$] con feltro 50 [$R_{w,R}$] senza feltro
1 H 35		170	2 x 40/60	2 x 40/60	12,5 + 10	50/50	310	310	65	66 [$R_{w,R}$]
		210	2 x 40/80	2 x 40/80			410	410	69	

Anche la parete PHONE-STAR indicata a pag. 25 con cerchio rosso del sistema THERM-SILENZIO è adeguata, venendo dichiarata con un potere fonoisolante di $R_w = 65$ dB, superiore ai 50 dB di R_w minimi di legge.

Dai dati qui riportati, una struttura in X-LAM da 16 cm di spessore piena interna + placcaggio con FERMACELL da 1,25 cm su ambo i lati si ritiene idonea a superare i 50 dB di R_w , a condizione di non intaccarne la struttura lignea interna con impianti elettrici.

➤ IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO INTERNI ALLE AULE, SALA CONFERENZA E BIBLIOTECA

Allo stato attuale della progettazione i dati della macchina scelta per il ricambio aria nelle aule è una WERNING W90-700, i cui dati emissivi sonori sono i seguenti.

Il ricambio previsto del volume delle aule deve essere di 750 m³/h.

Il dato sonoro emesso dall'involucro della macchina è quello del *Gehäuse*, della "scatola - Alloggiamento" presunto è di 61 dB(A) di L_w (vd. tabella sotto).



COMFORT-VENT® W 90

W 90-700					
V (m ³ /h)	p _{stat} (Pa)	Leistung (W)	Zuluft dB(A)	Abluft dB(A)	Gehäuse dB(A)
300	80	100	60	58	46
350	80	110	62	59	48
400	80	140	63	61	52
450	80	160	65	63	54
500	80	200	67	65	56
550	80	250	68	66	57
600	80	300	69	68	59
650	80	350	70	68	60
700	80	420	71	69	60
750	80	500	72	70	61

In oben stehender Tabelle werden die Schalleistungspegel L_w(A) angegeben.

Der effektive Schalldruckpegel ist von der spezifischen Raumakustik abhängig.

Preso **Mandato** **"Scatola"**
aria **aria** **alloggiamento**
in aula **in aula**

All'interno delle aule non vi devono essere oltre 25 dB(A) di rumore di questo impianto a funzionamento continuo a finestre chiuse, per cui tenendo conto che tale macchina è inserita sotto veletta tecnica in cartongesso, chiusa, che abbatte circa 28 dB, ovvero almeno 20 dB(A) (vd. nota a pie di pagina a pag. 6), come da schermata riportata a pagina seguente e riferita ad un doppio strato di lastre di cartongesso accoppiate da 125 cm ciascuna.

I due dati sonori della tabella su estrapolata di Abluft (mandata aria in ambiente) e Zuluft (ripresa aria dall'ambiente) si riferiscono al rumore all'uscita della macchina, prima del silenziatore.

Sono dati di L_w, potenza sonora, che equivalgono ad almeno 11 dB(A) in meno come L_p ad 1 m, divenendo L_{p,1m} = 61 dB(A) per la ripresa in aula e L_{p,1m} = 59 dB(A) per la mandata in aula.

Questi "punti" aria possono essere insonorizzati impiegando silenziatori flessibili del tipo riportato a pag. 31 con lana di vetro interna da 2,5 cm di spessore (non 5 cm per questioni di spazio in base agli input ricevuti dagli impiantisti elettrici). Un silenziatore flessibile lungo 1 m con 2,5 cm di lana di vetro interna fonoassorbente abbatta alle singole frequenze come mostrato a pag. 28 (vd. rettangolo rosso) e nel complesso 19 dB. Ma i dati nella tabella a righe azzurre e bianche appena riportata sono

espressi in dB(A), per cui i 19 dB globali di abbattimento divengono 12 dB(A) globali ponderando in curva A i dati marcati in rosso a pag. 31.

Pertanto $L_{p,1m} = 61$ dB(A) per la ripresa in aula e $L_{p,1m} = 59$ dB(A) per la mandata in aula con il silenziatore da 25 mm di lana di vetro divengono rispettivamente $L_{p,1m} = 49$ dB(A) per la ripresa in aula e $L_{p,1m} = 47$ dB(A) per la mandata. Ma questi dati sono riferiti ad 1 m dalle bocchette, che disteranno dalla zona di seduta degli studenti (al cento aula) almeno 7/8 m in diagonale per cui tali livelli sonori con i silenziatori da 25 m di lana di vetro divengono rispettivamente pari a (applicando la legge della divergenza geometrica per sorgenti puntiformi):

$$L_{p,7m} = 40 \text{ dB(A)} \text{ per la ripresa in aula e } L_{p,7m} = 38 \text{ dB(A)} \text{ per la mandata in aula} \quad (1)$$

che sono però superiori ai 25 dB(A) massimi ammessi.

Abbattimento in R_w di doppia lastra di cartongesso accoppiata

Parete divisoria realizzata con due lastre di cartongesso di 1,25 cm

Parete divisoria realizzata con due lastre di cartongesso di 1,25 cm di spessore separate da intercapedine di 7,5 cm, lastre fissate ai montanti con collante e nastro

Parete divisoria realizzata con due lastre di cartongesso di 1,25 cm di spessore separate da intercapedine di 7,5 cm con pannello in lana di vetro di 5 cm di spessore

Parete divisoria realizzata con due lastre di cartongesso di 1,3 cm di spessore separate da intercapedine di 7,5 cm con pannello in lana di vetro di 3 cm di spessore

Tipologia struttura

☐ Pareti composte

Parete semplice in laterizio

Parete semplice in calcestruzzo

Parete semplice in gesso

Parete a sandwich in laterizio

Parete a sandwich

Parete in cartongesso

Copertura

m' (kg/m²) 15

R_w (dB) 28

s (cm) 1,25

spessore 1,25 cm

Per abbattere di altri 15 dB(A) ciascuno dei due punti occorre aumentare l'abbattimento del silenziatore, e lo si potrebbe fare passando ad un silenziatore da 50 mm di lana di vetro (vd. pag. 32) che abbatte da certificato 20 dB ovvero (avendo frequenza diversa di assorbimento) 17 dB(A), quindi altri 5 dB(A), facendo passare i livelli al centro aula di cui alla riga (1) a

$$L_{p,7m} = 35 \text{ dB(A)} \text{ per la ripresa in aula e } L_{p,7m} = 33 \text{ dB(A)} \text{ per la mandata in aula} \quad (2).$$

Le aule sono, comunque, ambienti piuttosto fonoassorbenti grazie al soffitto ligneo ed alla presenza stessa degli alunni (vd. capitolo seguente), il che porta ad avere al centro aule almeno altri

2/3 dB(A) in meno, per cui la somma delle emissioni dei due punti, ripresa e mandata aria nelle aule, la si può considerare in media pari a 31/32 dB(A) al centro aula.

Pertanto, affinché al centro aula si possano raggiungere in media i 25 dB(A) dati dall'impianto di ricircolo aria interno alle aule stesse si possono seguire due opzioni:

- 1) utilizzare una impostazione delle mach cine a 450 m³/h (vd. rettangoli rossi tratteggiati di pag. 28), che abbatte il dato di potenza sonora dei 7 dB(A) che occorrono per passare dai 32 dB(A) ai 25 dB(A) al centro sala rispetto alla impostazione con ricambio aria di 750 m³/h (vd. rettangoli rossi di pag. 28), impiegando comunque silenziatori con lana di vetro da 50 mm di spessore,
- 2) cambiare macchine, e sceglierne altra marca/modello che con 750 m³/h abbiano potenza sonora $L_w < 65$ dB(A) (scarto che ci sarebbe fra i 72 dBA massimi dichiarati e di cui nei rettangoli rossi di pag. 28 ed i 7 dBA di scarto necessari di cui sopra), sempre impiegando comunque silenziatori con lana di vetro da 50 mm di spessore.

Abbattimento di canali silenziati flessibili - rif. Ø 250 mm e lunghezza almeno 1 m - SPESSORE 25 mm lana di vetro

Silenziatore flessibile

SLFA 25



Descrizione

SLFA è un silenziatore semirigido costituito da due condotti flessibili concentrici in alluminio tipo SRF. Il condotto interno è microforato e i due condotti (interno ed esterno) sono separati da un materassino in lana di vetro con spessore 25 mm.

La capacità di piegarsi del silenziatore permette allo stesso di adattarsi in spazi molto ristretti e dove il collegamento risulta difficoltoso.

SLFA è fornito standard nelle dimensioni Ø80-315 mm e lunghezza 1000 mm (disponibile anche con lunghezze 750, 1250, 1500 e 2000 mm). Il silenziatore può resistere a temperature fino a 200°C.

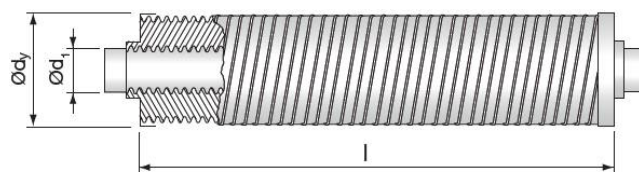
Vantaggi

volumi minimi nel trasporto e nello stoccaggio

Dati tecnici

Strato interno: alluminio + alluminio (AL)
 Isolamento: lana di vetro 25 mm
 Strato esterno: alluminio + alluminio
 Raggio di curvatura min: 2-3xd
 Temperatura max: 200°C
 Resistenza al fuoco: non infiammabile secondo DIN 4102 classe 1

Dimensioni e rumorosità



Ød ₁ nom mm	Attenuation [dB] vs Frequency [Hz]										Ød _y mm	m kg
	l mm	63	125	250	500	1k	2k	4k	8k			
80	750										135	
80	1000		2	6	10	20	38	58	33	28	135	0,80
80	1250										135	
80	1500										135	
80	2000										135	
100	750										160	
100	1000		1	5	8	18	35	58	33	27	160	1,00
100	1250										160	
100	1500										160	
100	2000										160	
125	750										190	
125	1000		1	5	8	18	35	58	33	27	190	1,20
125	1250										190	
125	1500										190	
125	2000										190	
160	750										210	
160	1000		1	2	4	10	23	43	18	14	210	1,40
160	1250										210	
160	1500										210	
160	2000										210	
200	750										260	
200	1000		2	2	4	9	20	27	13	11	260	1,80
200	1250										260	
200	1500										260	
200	2000										260	
250	750										310	
250	1000		1	2	4	9	18	19	9	9	310	2,20
250	1250										310	
250	1500										310	
250	2000										310	
315	750										365	
315	1000		1	2	3	5	11	13	7	8	365	2,80
315	1250										365	
315	1500										365	
315	2000										365	

Abbattimento di canali silenziati flessibili - rif. Ø 250 mm e lunghezza almeno 1 m - SPESSORE 50 mm lana di vetro

Silenziatore flessibile

SLFA 50



Descrizione

SLFA 50 è un silenziatore semirigido costituito da due condotti flessibili concentrici in alluminio tipo SRF. Il condotto interno è microforato e i due condotti (interno ed esterno) sono separati da un materassino in lana di vetro con spessore 50 mm.

La capacità di piegarsi del silenziatore permette allo stesso di adattarsi in spazi molto ristretti e dove il collegamento risulta difficoltoso.

SLFA 50 è fornito standard nelle dimensioni Ø80-315 mm e lunghezza 1000 mm (disponibile anche con lunghezze 750, 1250, 1500 e 2000 mm). Il silenziatore può resistere a temperature fino a 200°C.

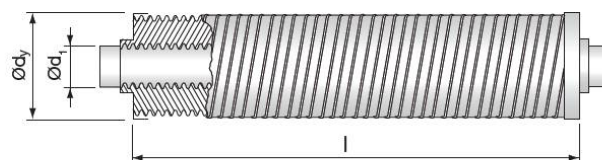
Vantaggi

volumi minimi nel trasporto e nello stoccaggio

Dati tecnici

Strato interno:	alluminio + alluminio (AL)
Isolamento:	lana di vetro 50 mm
Strato esterno:	alluminio + alluminio
Raggio di curvatura min:	2-3xd
Temperatura max:	200°C
Resistenza al fuoco:	non infiammabile secondo DIN 4102 classe 1

Dimensioni e rumorosità

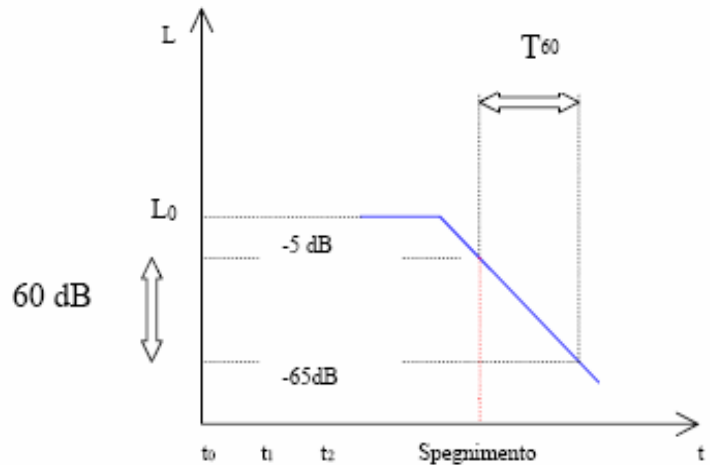


Ød ₁ nom mm	l mm	Attenua- ... [dB] - ... [Hz]								Ød ₂ mm	m kg
		63	125	250	500	1k	2k	4k	8k		
80	750									190	
80	1000	3	13	19	30	47	58	33	28	190	1,10
80	1250									190	
80	1500									190	
80	2000									190	
100	750									210	
100	1000	2	11	16	28	46	58	36	36	210	1,30
100	1250									210	
100	1500									210	
100	2000									210	
125	750									235	
125	1000	1	7	13	24	41	45	29	28	235	1,70
125	1250									235	
125	1500									235	
125	2000									235	
160	750									260	
160	1000	1	5	10	21	39	30	20	18	260	1,90
160	1250									260	
160	1500									260	
160	2000									260	
200	750									310	
200	1000	3	4	9	16	32	22	15	15	310	2,40
200	1250									310	
200	1500									310	
200	2000									310	
250	750									365	
250	1000	2	4	8	16	33	15	11	12	365	3,00
250	1250									365	
250	1500									365	
250	2000									365	
315	750									410	
315	1000	2	3	6	12	25	11	8	11	410	3,40
315	1250									410	
315	1500									410	
315	2000									410	

➤ VERIFICA DEL TEMPO DI RIVERBERO NELLE AULE E NELLA SALA CONFERENZE

Si ricorda in via sintetica come è definito il Tempo di Riverberazione T₆₀: **il T₆₀ è il tempo necessario affinché il livello sonoro decada di 60 dB.**

Nel fare questa valutazione si deve uscire dalla parte irregolare del grafico e considerare il *tratto liscio/dritto* che segue. Secondo la normativa ISO 3382-2:2008 (per gli ambienti ordinari, quali abitazioni domestiche, uffici, ristoranti, centri espositivi, impianti industriali, istituti sportivi e scolastici) e UNI EN ISO 3382-1:2009 (per le sale di spettacolo), il tratto su cui valutare la pendenza media della curva deve iniziare a -5 dB rispetto al livello L₀ che si ha con la sorgente in funzione.



Per gli usi scolastici vale quanto detto alle pagg. 5-6: **il tempo di riverberazione in una aula tipo è identificato ottimale se dell'ordine di T_{riv.60} = 1,2 sec.** (nelle sale speciali motoria intorno a T_{riv.60} = 2,2 sec.) ai sensi del D.M.LL.PP. 3150/1967.

Per le sale conferenze con anche 120 persone (vd. piano terra riportato nell'Immagine 2.1) il T₆₀ ottimale, con volume di circa 450 m³, è di 1,4 sec. (vd. pag. 35).

Operativamente, bisogna spegnere la sorgente, attendere che il livello decresca di 5 dB, far partire un cronometro, aspettare che il livello arrivi a -65 dB ed infine fermare il cronometro. Il tempo che è passato viene detto tempo di riverberazione T₆₀ ed è il parametro primario che caratterizza quanto un ambiente è riverberante o meno.

Il tempo di riverberazione indica direttamente l'effetto percepibile dall'uomo della durata della coda sonora, in secondi.

Quindi, esiste un **tempo di riverberazione ottimale** a seconda del tipo di utilizzo dell'ambiente (vd. sopra già anticipati quelli che interessano la presente indagine).

Dal punto di vista ingegneristico, occorre poter quantificare il valore di tempo di riverberazione partendo dalle caratteristiche acustiche dell'ambiente e questo lo si fa con la formula di Sabine (espresso in secondi):

$$T_{60} = 0,161 * \frac{V}{A} = 0,161 * \frac{V}{\alpha * S}$$

dove V è il volume dell'ambiente in m³ e A è l'area equivalente di assorbimento totale in m².

Il coefficiente medio $\bar{\alpha}$ si trova come media dei coefficienti di assorbimento delle varie parti dell'ambiente:

$$\bar{\alpha} = \frac{\sum_i \alpha_i * s_i}{S}$$

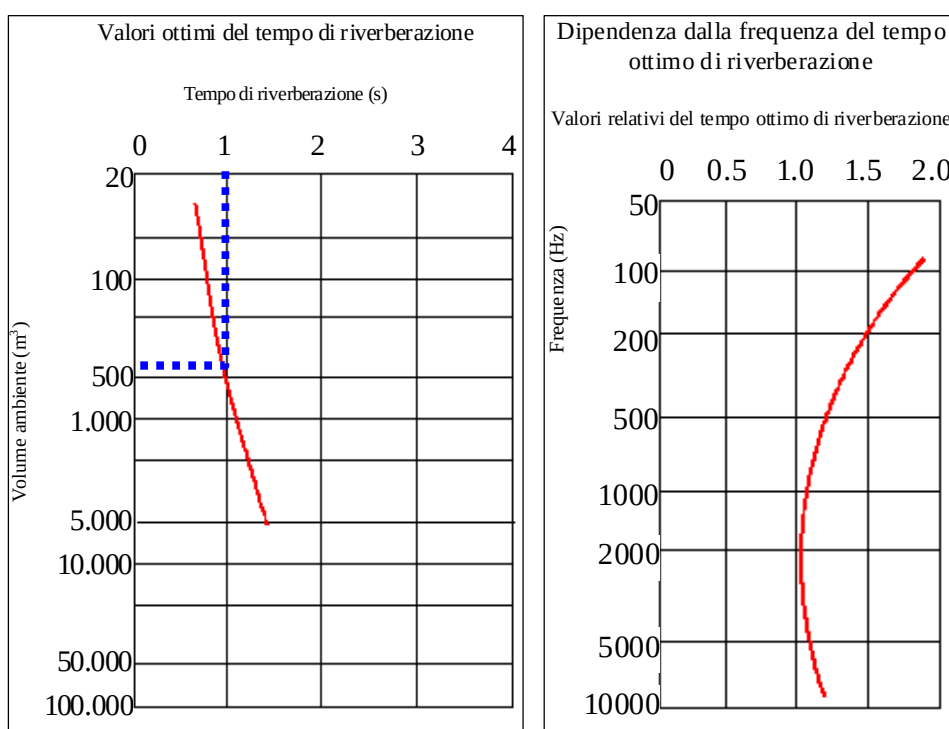
dove α_i è il coefficiente di assorbimento i-esimo e s_i è la superficie i-esima degli elementi presenti nell'ambiente, e quindi si può scrivere:

$$T_{60} = 0,161 * \frac{V}{\sum_i \alpha_i * s_i} \cdot$$

In definitiva, gli elementi presenti all'interno di un ambiente chiuso/confinato (pareti, arredamenti, persone, ecc.) condizionano la propagazione acustica, poiché assorbono in diversa misura l'energia sonora che incide su di essi. Tali fenomeni possono alterare e deteriorare la qualità del suono percepito dal ricettore, causando, ad esempio, il degrado della comunicazione verbale (o dell'ascolto della musica): nel caso in questione, invece, occorre fonoassorbire molto, quindi avere T60 bassi, per assorbire al massimo il possibile vocio dei visitatori negli spazi museali o i frequentatori delle biblioteca e degli ambienti di lettura.

Relativamente al T60, i valori ottimali variano a seconda del volume e degli usi degli ambienti da valutare, secondo i seguenti schemi, tratti principalmente dal DM del 18/12/1975 recante "Norme tecniche aggiornate relative all'edilizia scolastica, ivi compresi gli indici minimi di funzionalità didattica, edilizia ed urbanistica da osservarsi nelle opere di edilizia scolastica".

Immagine 3 – Schemi tratti dal D.M. del 18/12/1975 - Tempi di riverberazione in funzione del volume e della frequenza



Per la presente indagine, si sono condotte le verifiche del tempo di riverberazione, T60, in riferimento a due ambienti tipo confinati:

1. le **aule** del piano primo ed i laboratori di fisica del piano terra, uguali fra loro, con area di 58 m² circa volume di 190 m³ circa (T60 ottimale intorno a 1,2 sec.),
2. la **sala conferenze** per ospitare fino a 120 persone con area di 133 m² circa e con volume di 440 m³ circa (T60 ottimale intorno a 1,4 sec.).

Alle pagg. 36÷38, si riportano le analisi fatte per l'aula tipo, da cui si vede che ipotizzandola tutta intonacata, con linoleum a pavimento e pareti vetrate come da progetto, senza utenti all'interno, il T60 è di 4,68 sec. Inserendo solo 25 alunni seduti e 2 adulti in piedi il T60 cala già intorno a 1,83 sec, ma è ancora lontano dal valore ottimale di 1,2 sec. massimi.

Pertanto, per tentativi, dato che comunque vi sarà un controsoffitto per realizzare la vettura che ospiterà la macchina di ricambio aria, adottando per questo 7 m² di controsoffitto acustico realizzato

con pannelli caratterizzato da coefficiente di assorbimento alfa, α , in frequenza minimo come a pag. 38 considerando anche il soffitto in legno, si raggiungeranno i 1,2 sec.

VERIFICA T60 AULE E LAB- FISICA TIPO: AULA VUOTA SENZA ALUNNI E DOCENTE

Volume della stanza (m³)	182,00									
Composizione stanza	Inserisci materiale	Modifica materiale	Cancella il materiale selezionato							
Sup./Qta	Lunghezza	Larghezza	Descrizione	Struttura	125	250	500	1000	2000	4000
S=88,32	9,20	9,60	Pareti senza finestre	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=57,00	7,50	7,60	Pavimento	Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
S=9,67	3,11	3,11	Due finestre 2,2*2,2 m ciascuna	Vetrata sp. 10 mm	0,15	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
S=2,52	1,20	2,10	Porta aula	Legno compensato	0,11	0,11	0,12	0,12	0,10	0,10
S=56,98	7,40	7,70	Soffitto non corretto	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=0,15	0,50	0,30		Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20

POLO DINAMICO	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco di gesso Pareti senza finestre	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pavimento in linoleum Pavimento	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Vetrata sp. 10 mm Due finestre 2,2*2,2 m ciascuna	0,15	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Legno compensato Porta aula	0,11	0,11	0,12	0,12	0,10	0,10
Intonaco di gesso Soffitto non corretto	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
T60	5,06	5,94	4,31	4,36	4,11	4,12
Media valori 250/2000 Hz			4,68			

Data: 15-03-2019

Responsabile delle verifiche acustiche
ing. Marila Balboni

Calcoli eseguiti con il software NIS elaborato da eos s.r.l. - Milano

VERIFICA T60 AULA E LAB- FISICA TIPO: AULA CON ALUNNI E DOCENTE

Composizione stanza		Inserisci materiale	Modifica materiale	Cancella il materiale selezionato							
Sup./Qta	Lunghezza	Larghezza	Descrizione	Struttura		125	250	500	1000	2000	4000
S=88,32	9,20	9,60	Pareti senza finestre	Intonaco di gesso		0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=57,00	7,50	7,60	Pavimento	Pavimento in linoleum		0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
S=9,67	3,11	3,11	Due finestre 2,2*2,2 m ciascuna	Vetrata sp. 10 mm		0,15	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
S=2,52	1,20	2,10	Porta aula	Legno compensato		0,11	0,11	0,12	0,12	0,10	0,10
S=56,98	7,40	7,70	Soffitto non corretto	Intonaco di gesso		0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=0,15	0,50	0,30		Bocchette di ventilazione e simili		0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Q=2,00			2 aulti in piedi	Persona adulta in piedi		0,23	0,32	0,42	0,42	0,46	0,46
Q=29,00			29 alunni seduti	Sedia in legno occupata		0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40

POLO DINAMICO	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco di gesso Pareti senza finestre	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pavimento in linoleum Pavimento	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Vetrata sp. 10 mm Due finestre 2,2*2,2 m ciascuna	0,15	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Legno compensato Porta aula	0,11	0,11	0,12	0,12	0,10	0,10
Intonaco di gesso Soffitto non corretto	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Persona adulta in piedi 2 persone adulte in piedo	0,23	0,32	0,42	0,42	0,46	0,46
Sedia in legno occupata 25 alunni seduti	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
T60	2,93	2,48	1,66	1,67	1,52	1,62
Media valori 250/2000 Hz			1,83			

Data: 15-03-2019

Responsabile delle verifiche acustiche
ing. Marila Balboni

Calcoli eseguiti con il software NIS elaborato da eos s.r.l. - Milano

**VERIFICA T60 AULA E LAB- FISICA TIPO: AULA CON ALUNNI E DOCENTE E SOFFITTO
LIGNEO A VISTA TIPO X-LAM NON TRATTATO A LUCIDO + 7 m² DI PANNELLI
FONOASSORBENTI IN CONTROSOFFITTO**

Sup./Qta	Lunghezza	Larghezza	Descrizione	Struttura	125	250	500	1000	2000	4000
S=88,35	9,50	9,30	Pareti cartongesso	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=57,00	7,50	7,60	Pavimento in linoleum	Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
S=50,40	7,00	7,20	Soffitto ligneo a vista	Parquet su listelli in legno	0,20	0,15	0,10	0,10	0,09	0,07
S=9,67	3,11	3,11	Finestre, 2 uguali fra loro da 2,2*2,2 m ciascuna	Vetrata sp. 10 mm	0,15	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
S=0,25	0,50	0,50	Bocchette ventilazione	Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
S=2,52	1,20	2,10	Porta aula	Porta in legno tradizionale	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
Q=2,00			2 adulti in piedi	Persona adulta in piedi	0,23	0,32	0,42	0,42	0,46	0,46
Q=27,00			27 alunni seduti su sedie legno	Sedia in legno occupata	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
S=7,00	3,50	2,00	Correttivo acustico fonoassorbente	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm) con un lato rivestito da un velo minerale senza plenum	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83

POLO DINAMICO	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco di gesso Pareti cartongesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pavimento in linoleum Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Parquet su listelli in legno Soffitto ligneo a vista	0,20	0,15	0,10	0,10	0,09	0,07
Vetrata sp. 10 mm Finestre, 2 uguali fra loro da 2,2*2,2 m ciascuna	0,15	0,06	0,04	0,03	0,02	0,02
Bocchette di ventilazione e simili Bocchette ventilazione	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Porta in legno tradizionale Porta aula	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
Persona adulta in piedi 2 adulti in piedi	0,23	0,32	0,42	0,42	0,46	0,46
Sedia in legno occupata 27 alunni seduti su sedie legno	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm) con un lato rivestito da un velo minerale senza plenum Correttivo acustico fonoassorbente	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83
T60	1,61	1,59	1,26	1,17	1,09	1,19
Media valori 250/2000 Hz			1,18			

Data: 15-03-2019

Responsabile delle verifiche acustiche
ing. Marila Balboni

Materiale	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm)																							
	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm)																							
	☒ Superficie ☐ Quantità																							
Descrizione	Correttivo acustico fonoassorbente																							
Lunghezza (m)	3,50																							
Larghezza (m)	2,00																							
Superficie (m ²)	7,00																							
	<table border="1"> <tr> <th colspan="6">Frequenze Hz</th> </tr> <tr> <th>125</th> <th>250</th> <th>500</th> <th>1000</th> <th>2000</th> <th>4000</th> </tr> <tr> <td>0,03</td> <td>0,14</td> <td>0,44</td> <td>0,75</td> <td>0,83</td> <td>0,83</td> </tr> </table>						Frequenze Hz						125	250	500	1000	2000	4000	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83
Frequenze Hz																								
125	250	500	1000	2000	4000																			
0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83																			

Simili valutazioni sono state fatte per la **sala conferenze** per ospitare fino a 120 persone, ipotizzandola occupata solo da 60 persone senza correzioni acustiche e con correzioni acustiche di fono assorbimento, i risultati sono stati i seguenti (sempre ipotizzando intonaco alle pareti, linoleum a pavimento e finestre vetrate):

- senza persone nella sala e senza correzioni, T60 di circa 5 sec,
- inserendo anche solo 60 persone (metà sala piena), i T60 scende a 2 sec.,
- inserendo 40 m² a controsoffitto di pannelli fonoassorbenti con coefficienti di assorbimento del tipo riportato a pag. 41 (uguale di pag. 38) se il soffitto NON sarà in legno oppure solo 15 m² se il soffitto sarà in legno, si raggiungono gli 1,4 sec. di T60.

VERIFICA T60 SALA CONFERENZA AL PIANO TERRA: SALA VUOTA

Volume della stanza (m ³)	440										
Composizione stanza	Inserisci materiale	Modifica materiale	Cancella il materiale selezionato								
Sup./Qta	Lunghezza	Larghezza	Descrizione	Struttura	125	250	500	1000	2000	4000	
S=156,60	10,80	14,50	Pareti senza finestre	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	
S=132,99	9,30	14,30	Pavimento	Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04	
S=22,96	4,10	5,60	6 porte sala conferenza	Porta in legno tradizionale	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07	
S=132,99	9,30	14,30	Soffitto non corretto	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03	
S=1,21	1,10	1,10		Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20	

POLO DINAMICO - sala conferenze	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco di gesso Pareti senza finestre	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pavimento in linoleum Pavimento	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Porta in legno tradizionale 6 porte sala conferenza	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
Intonaco di gesso Soffitto non corretto	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
T60	6,22	6,31	4,62	4,67	4,37	4,47
Media valori 250/2000 Hz				4,99		

Data: 15-03-2019

Responsabile delle verifiche acustiche
ing. Marila Balboni

Calcoli eseguiti con il software NIS elaborato da eos s.r.l. - Milano

VERIFICA T60 SALA CONFERENZA AL PIANO TERRA: SALA CON SOLE 60 PERSONEVolume della stanza (m³)

Composizione stanza

Sup./Qta	Lunghezza	Larghezza	Descrizione	Struttura	125	250	500	1000	2000	4000
S=156,60	10,80	14,50	Pareti senza finestre	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=132,99	9,30	14,30	Pavimento	Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
S=22,96	4,10	5,60	6 porte sala conferenza	Porta in legno tradizionale	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
S=132,99	9,30	14,30	Soffitto non corretto	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=1,21	1,10	1,10		Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Q=60,00			60 persone sedute su sedie di legno	Sedia in legno occupata	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40

POLO DINAMICO - sala conferenze	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pareti senza finestre						
Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Pavimento						
Porta in legno tradizionale	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
6 porte sala conferenza						
Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Soffitto non corretto						
Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Sedia in legno occupata	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
60 persone sedute su sedie di legno						
T60	3,47	2,70	1,80	1,81	1,64	1,78
Media valori 250/2000 Hz				1,99		

Data: 15-03-2019

Responsabile delle verifiche acustiche
ing. Marila Balboni

Calcoli eseguiti con il software NIS elaborato da eos s.r.l. - Milano

VERIFICA T60 SALA CONFERENZA AL PIANO TERRA: SALA VUOTA CON 60 PERSONE + 40 m² CORRETTIVI FONOASSORBENTI SE IL SOFFITTO NON SARA' LIGNEO A VISTA

Volume della stanza (m³)

440,00

Composizione stanza

Inserisci materiale

Modifica materiale

Cancella il materiale selezionato

Sup./Qta	Lunghezza	Larghezza	Descrizione	Struttura	125	250	500	1000	2000	4000
S=156,60	10,80	14,50	Pareti senza finestre	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=132,99	9,30	14,30	Pavimento	Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
S=22,96	4,10	5,60	6 porte sala conferenza	Porta in legno tradizionale	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
S=113,00	9,30	14,30	Soffitto non corretto	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=1,21	1,10	1,10		Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Q=60,00			60 persone sedute su sedie di legno	Sedia in legno occupata	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
S=40,00	5,00	8,00	40 mq di controsoffitto fonoassorbente	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm) con un lato rivestito da un velo minerale senza plenum	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83

POLO DINAMICO - sala conferenze	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco di gesso Pareti senza finestre	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pavimento in linoleum Pavimento	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Porta in legno tradizionale 6 porte sala conferenza	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
Intonaco di gesso Soffitto non corretto	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Sedia in legno occupata 60 persone sedute su sedie di legno	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm) con un lato rivestito da un velo minerale senza plenum 40 mq di controsoffitto fonoassorbente	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83
T60	3,34	2,25	1,26	1,03	0,93	0,98
Media valori 250/2000 Hz			1,37			

Data: 15-03-2019

Responsabile delle verifiche acustiche
ing. Marila Balboni

Materiale	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm)																		
	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm)																		
	☒ Superficie ☐ Quantità																		
Descrizione	12 mq fra soffitto e pareti alte fonoassorbente, va bene anche controsoffitto acustico per 12 mq																		
Lunghezza (m)	0,00																		
Larghezza (m)	0,00																		
Superficie (m ²)	12,00																		
	<table> <tr> <th colspan="6">Frequenze Hz</th></tr> <tr> <th>125</th><th>250</th><th>500</th><th>1000</th><th>2000</th><th>4000</th></tr> <tr> <td>0,35</td><td>0,70</td><td>0,73</td><td>0,78</td><td>0,84</td><td>0,85</td></tr> </table>	Frequenze Hz						125	250	500	1000	2000	4000	0,35	0,70	0,73	0,78	0,84	0,85
Frequenze Hz																			
125	250	500	1000	2000	4000														
0,35	0,70	0,73	0,78	0,84	0,85														

VERIFICA T60 SALA CONFERENZA AL PIANO TERRA: SALA VUOTA CON 60 PERSONE + SOFFITTO LIGNEO + 15 m² CORRETTIVI FONOASSORBENTI

Sup./Qta	Lunghezza	Larghezza	Descrizione	Struttura	125	250	500	1000	2000	4000
S=156,60	10,80	14,50	Pareti senza finestre	Intonaco di gesso	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
S=132,99	9,30	14,30	Pavimento	Pavimento in linoleum	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
S=22,96	4,10	5,60	6 porte sala conferenza	Porta in legno tradizionale	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
S=135,00	9,60	14,30	Soffitto lengo a vista con lucido	Legno compensato	0,11	0,11	0,12	0,12	0,10	0,10
S=1,21	1,10	1,10		Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Q=60,00			60 persone sedute su sedie di legno	Sedia in legno occupata	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
S=15,00	3,80	4,00	15 mq di controsoffitto fonoassorbente	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm) con un lato rivestito da un velo minerale senza plenum	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83

POLO DINAMICO - sala conferenze	
Località	Bologna
Progettista	team arch. Michele D'Oria
Titolare della concessione edilizia	CITTA' METROPOLITANA
Impresa edile	da definire
Responsabile delle verifiche acustiche	ing. Marila Balboni
Tipologia funzionale di edificio	Edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
Intonaco di gesso Pareti senza finestre	0,02	0,02	0,03	0,03	0,03	0,03
Pavimento in linoleum Pavimento	0,02	0,02	0,03	0,03	0,04	0,04
Porta in legno tradizionale 6 porte sala conferenza	0,12	0,11	0,10	0,09	0,08	0,07
Legno compensato Soffitto lengo a vista con lucido	0,11	0,11	0,12	0,12	0,10	0,10
Bocchette di ventilazione e simili	0,15	0,20	0,30	0,35	0,30	0,20
Sedia in legno occupata 60 persone sedute su sedie di legno	0,15	0,25	0,40	0,40	0,45	0,40
Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm) con un lato rivestito da un velo minerale senza plenum 15 mq di controsoffitto fonoassorbente	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83
T60	2,14	1,75	1,22	1,13	1,09	1,15
Media valori 250/2000 Hz			1,30			

Data: 19-03-2019

Responsabile delle verifiche acustiche
ing. Marila Balboni

Calcoli eseguiti con il software NIS elaborato da eos s.r.l. - Milano

Materiale	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm)					
	Controsoffitto costituito da pannelli acustici autoportanti in lana di roccia (sp. 15 mm)					
	☒ Superficie ☐ Quantità					
Descrizione	15 mq di controsoffitto fonoassorbente					
Lunghezza (m)	3,80					
Larghezza (m)	4,00					
Superficie (m ²)	15,00					
	Frequenze Hz					
	125	250	500	1000	2000	4000
	0,03	0,14	0,44	0,75	0,83	0,83

§ 3 - IMPIANTI TECNOLOGICI ESTERNI INTRODOTTI DAL PROGETTO

A livello di **impianti tecnologici esterni** nel documento di impatto acustico dedicato e separato dalla presente relazione, si è considerato il contributo sonoro delle macchine esterne previste per il progetto in oggetto quale "impatto acustico" sia alla struttura scolastica che ai ricettori sensibili abitativi più prossimi all'intervento.

Le macchine oggi previste sono:

- per i blocchi A, B, D (blocchi uguali): 2 unità esterne/blocco Daikin REYQ16T,
 - per il blocco C centrale: n. 2 unità esterne tipo Daikin REYQ8T+REYQ10T,
- ovvero in tutto vi saranno n. 8 unità esterne DAIKIN dei modelli su citati, raggruppate 4 a 4 nelle due postazioni, mostrate nell'Immagine 4.1.

L'indicazione della tipologia delle singole macchine è riportata all'Immagine 4.1 seguente.

I dati tecnici emissivi sono riportati nelle Immagini 4.2 e sono:

- $L_w = 78 \text{ dB(A)}$ per REYQ8T,
- $L_w = 79 \text{ dB(A)}$ per REYQ10T,
- $L_w = 86 \text{ dB(A)}$ per REYQ16T,

assimilabili a sorgenti sonore puntuali ISO 9613:2006 poste a 1 m da terra caratterizzate con i livelli di potenza sonora suddetti.

Queste macchine, infatti, di dimensioni contenute, dell'ordine di $1\text{m} \times 1\text{m} \times 1,8\text{m}$, viste le distanze in gioco fra le stesse ed il fronte del nuovo Polo Dinamico, ed a maggior ragione dai ricettori abitativi più prossimi (posti ad oltre 25 m dalle macchine con in più interposto l'edificio in progetto), sono assimilabili a sorgenti sonore puntiformi anche raggruppati fra loro: questi piccoli impianti sono assimilabili a sorgenti sonore puntuali ai sensi della UNI 11143-1:2005 ²⁾, dato che la distanza dei ricettori più prossimi alle fonti sonore appena descritte è e sarà oltre 3 volte la dimensione maggiore degli impianti stessi rispetto alle aule in progetto ed oltre 25 volte dalle abitazione poste lungo via Zacconi.

All'esterno, vicino alla vasca di raccolta acque per i VVF, sarà posizionato non un motore Diesel ma due motori elettrici, ad emissioni sonore praticamente nulle già a pochi metri di distanza.

Con facciate che isolano 42 dB, ovvero almeno 35 dB(A), a finestre chiuse le macchine esterne poste ad almeno 15 m di distanza dalle facciate del Polo Dinamico immetteranno al massimo, non ancora coibentate, 55 dB(A), che isolati dai 35 dB(A) delle facciate immettono dentro le aule al massimo 20 dB(A), inferiori ai 25 dB(A) di $L_{eq,A}$ massimi ammessi per gli impianti a funzionamento continuo ai sensi del DPCM 05/12/97 anche per gli usi scolastici (vd. pag. 3).

Si segnala che è al vaglio l'ipotesi di posizionare le macchine orientate verso le testate cieche delle due ali del nuovo Polo Dinamico, il che comporterebbe che le mitigazioni per rispettare i 50 dB(A) in facciata della nuova struttura scolastica, a parità di emissioni sonore di cui a pag. 45, non sarebbero più necessarie.

2) rif. UNI 11143-1:2005 punto 6.2 Schematizzazione delle sorgenti sonore (puntiforme, lineare o areali) - Una sorgente sonora può essere considerata di tipo puntiforme quando la distanza tra sorgente e ricevitore è pari ad almeno due volte le dimensioni massime della sorgente e quando le condizioni di propagazione tra sorgente e ricevitore rimangono pressoché invariate.

Immagine 4.1 - Posizione delle macchine esterne posizionate, raggruppate 4 a 4 in due postazioni

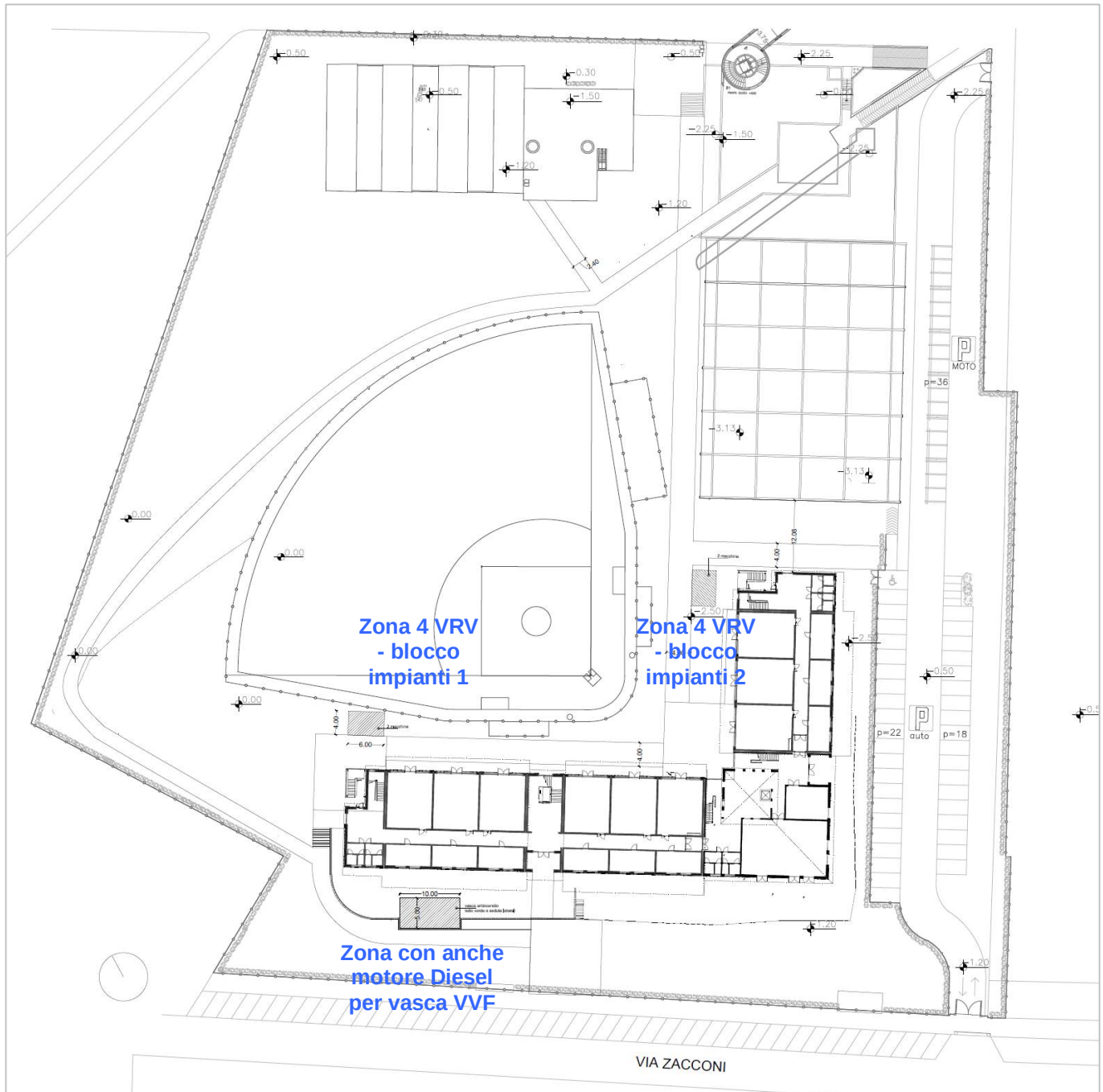
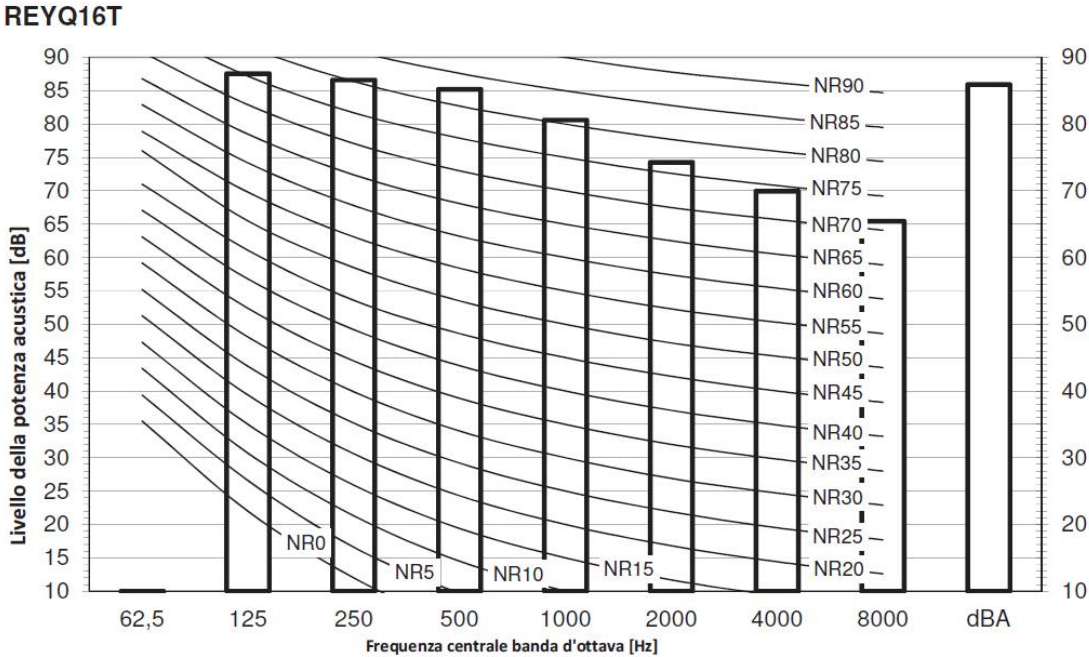
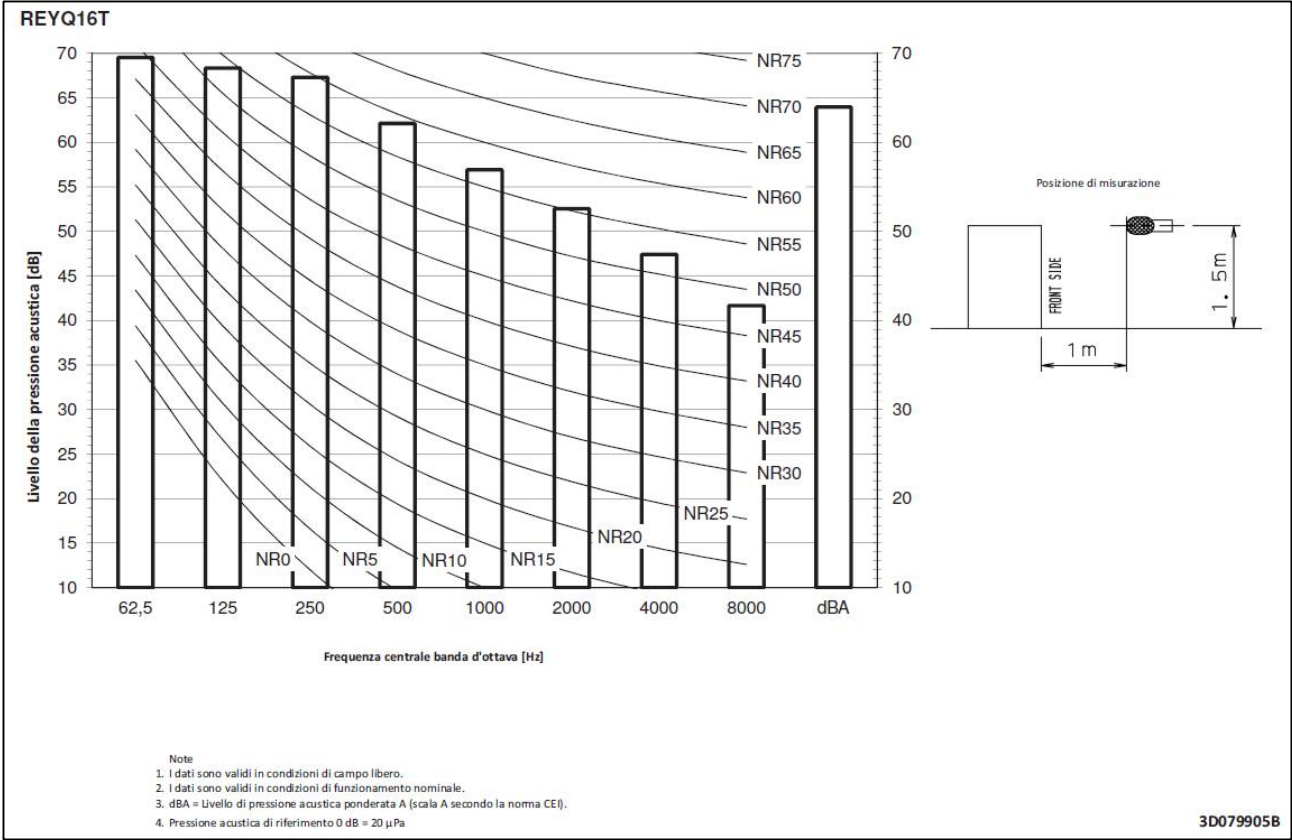


Immagine 4.2 - Dati tecnici delle macchine esterne posizionate come da Immagine 6.1

2-1 Specifiche tecniche				REYQ8T	REYQ10T	REYQ12T	REYQ14T	REYQ16T	REYQ18T	REYQ20T
Livello pressione sonora	Raffrescamento	Nom.	dBA	58		61		64	65	66
Potenza sonora	Raffrescamento	Nom.	dBA	78	79	81		86	88	



- Note
1. dBA = Livello di potenza acustica ponderata A (scala A secondo la norma CEI).
 2. Reference acoustic intensity 0dB = -10E-6µW/m².
 3. Misurata secondo ISO 3744

3D079911B



-
- **CONCLUSIONI**

Il presente documento ha analizzato gli aspetti acustici legati alla rumorosità degli impianti a servizio del nuovo Polo Dinamico e l'isolamento offerto degli elementi costruttivi dello stesso, in riferimento alle norme vigenti di cui al DPCM 05/12/97 ed al vigente RUE comunale di Bologna.

Il nuovo Polo Scolastico Dinamico è previsto in via Zacconi, presso la zona a Sud della palestra dell'attuale istituto Superiore Copernico di via Garavaglia, a Bologna; la nuova realizzazione è proposta dalla Città Metropolitana di Bologna.

Gli elementi costruttivi del nuovo Polo Dinamico sono stati analizzati in parallelo agli aspetti impiantistici e strutturali, condividendoli. Si sono raggiunti compromessi tecnico-costruttivi che permettono il rispetto dei valori minimi di legge per l'isolamento acustico e la rumorosità impiantistica interna ed esterna al nuovo Polo Dinamico di via Zacconi.

I vari aspetti acustici analizzati sono stati trattati ai punti seguenti:

- | | |
|--|----------|
| • isolamento acustico di facciata | pag. 17, |
| • isolamento acustico di solaio | pag. 24, |
| • isolamento acustico fra aule | pag. 26, |
| • impianti tecnologici interni (rumore funzionamento continuo) | pag. 28, |
| • impianti tecnologici esterni | pag. 43, |
| • tempo di riverbero | pag. 34. |

Si resta a disposizione per eventuali chiarimenti tecnici e/o adeguamenti progettuali.

Bologna, 23/03/2019 - rev. 0

Bologna, 18/04/2019 - rev. 1

DOTT. ING. MARILA BALBONI

ingegnere edile Città Metropolitana Bologna n. 5669A

tecnico competente in acustica Provincia n. 85389

tecnico competente in acustica elenco nazionale ENTECA n. 5061



ALLEGATI

ALLEGATO 1 - SCHIUMA POLIURETANICA AD ALTA DENSITÀ ED ELASTICITÀ PER CHIUSURA SERRAMENTI A PARETI ESTERNE

Schiuma serramento elastica PUP E

fischer
innovative solutions

Schiuma poliuretanica per serramento ad elevata elasticità



Giunti di connessione di serramenti



Giunti di connessione intorno ai cassonetti

MATERIALI DI SUPPORTO

Aderisce a tutti i materiali di supporto standard come:

- Calcestruzzo
- Elementi anodizzati
- Muratura
- Metalli
- Legno
- Lastre di cartongesso
- Plastiche (non su PE, PP, Teflon, silicone)
- Pietra

CERTIFICATI



VANTAGGI

- La schiuma è classificata B2 - normalmente infiammabile - secondo DIN 4102-1.
- L'espansione controllata non deforma il telaio di porte e finestre durante l'installazione.
- Eccellenti proprietà di isolamento acustico (fino a 58 dB) e termico (fino a 0,035 W/m K).
- Elevata elasticità anche dopo l'indurimento.
- Buona resistenza agli agenti chimici
- La schiuma indurita può essere lavorata (segata, tagliata, limata), poi verniciata e/o intonacata.
- Non contiene CFC e H-CFC.

APPLICAZIONI

- Sigillatura, isolamento e riempimento di cavità tra serramenti e pareti
- Sigillatura, isolamento e riempimento di cavità intorno ai cassonetti di oscuranti avvolgibili
- Sigillatura e riempimento di cavità nell'installazione di davanzali
- Isolamento e riempimento di cavità tra controlelai e porte interne

FUNZIONAMENTO

- Le superfici devono essere asciutte, pulite e senza olio, grasso o polvere.
- Agitare la bombola per almeno 20 secondi prima dell'uso e avvitare la valvola sul dispenser fischer PUPN 1 o PUPM 3.
- Inumidire le superfici con un nebulizzatore d'acqua prima dell'applicazione.
- Applicare la schiuma dal basso verso l'alto. Riempire le cavità per il 65%, la schiuma continuerà ad espandersi leggermente.
- Agitare regolarmente la bombola durante l'applicazione. In caso di applicazioni in più strati, inumidire ogni strato.
- Pulire gli attrezzi di lavoro e il prodotto non indurito con il pulitore fischer PUR o con acetone. Il prodotto indurito può essere rimosso solo meccanicamente.
- Proteggere dall'esposizione ai raggi UV.

DATI TECNICI



Schiuma serramento elastica PUP E

Prodotto	Art. n°	Colore	Durata [mesi]	Posizione	Contenuto bombola V [ml]	Resa schiuma libera [l]	Utilizzo	Confezione [pz]		
PUP E 750	512221	giallo	12	verticale	750	45	con pistola	12		

**ALLEGATO 2.1 - ATTESTATO DI TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA DELL'INCARICATA MARILA BALBONI
AI SENSI DELL'ART. 2 DELLA L.Q. 447/95**



Provincia di Bologna

SERVIZIO AMMINISTRATIVO AMBIENTE



ATTESTATO DI RICONOSCIMENTO DI TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA, DI CUI ALLA LEGGE 26 OTTOBRE 1995, N. 447.

Esaminata la domanda del Sig. **Balboni Marila**;
nato a **Bologna** il **22.7.1972**;
codice fiscale **BDBMRL72L62A944G**;

Verificato il possesso documentale dei requisiti di legge;

Visto l'art. 2 della Legge 447/95;
Visto il Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri 31 marzo 1998;
Visto l'art. 124 della L.R Emilia Romagna. n. 3/99;
Vista la deliberazione della Giunta Provinciale n. 404 del 19/9/1999, esecutiva ai sensi di legge;

SI RICONOSCE

al Sig. **Balboni Marila** il possesso dei requisiti di legge per lo svolgimento dell'attività di tecnico competente in acustica, di cui alla legge 26 ottobre 1995, n. 447.

Bologna, li 12/07/2000

Il Dirigente
dr L. R. Munari

ALLEGATO 2.2 - ISCRIZIONE ELENCO NAZIONALE TECNICO COMPETENTE IN ACUSTICA - ENTECA N. 5061

ENTECA  Elenco Nazionale dei Tecnici Competenti in Acustica	
Home Tecnici Competenti in Acustica Corsi Login	Home / Tecnici Competenti in Acustica / Vista
N° Iscrizione Elenco Nazionale	5061
Regione	Emilia Romagna
N° Iscrizione Elenco Regionale	RER/00013
Cognome	BALBONI
Nome	MARILA
Titolo di Studio	INGEGNERE
Luogo nascita	BOLOGNA
Email	info@marila-balboni.it
Pec	marila.balboni@pec.it
Telefono	0516494429
Cellulare	3392541909
Dati contatto	EMILIA ROMAGNA BOLOGNA (BO) VIA AURELIO SAFFI 13/5
Data pubblicazione in elenco	10/12/2018