



## ACCORDO DI PROGRAMMA INCUBATORE DI IMPRESE DI BIOTECNOLOGIE



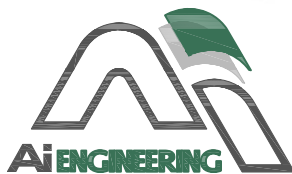
### COMMITTENTE



Via Cavour 31 - 10121 Torino

Responsabile del procedimento  
Prof. Lorenzo Silengo

### RAGGRUPPAMENTO DI PROGETTO Mandatario



Ai Engineering S.r.l.  
Via A. Lamarmora 80  
10128 Torino

P. IVA n. 06764910011  
C.F. 01066850064

Tel.: 011.58.14.511  
Fax: 011.56.83.482  
E-mail: posta@oigroup.it  
Web: www.oigroup.it

### Mandanti



Ai STUDIO  
Via A. Lamarmora 80  
10128 Torino  
P. IVA / C.F. 04348600018

P. IVA / C.F. 04348600018



Design leader  
Prof. ing. Attilio Bastianini

Progetto architettonico  
arch. Hermann Kohloffel  
ing. Marco Serini  
con arch. Alessandro Rigazio

### Aree specialistiche

Strutture  
ing. Giorgio Piccarreta  
Impianti  
ing. Stefano Crema  
ing. Pier Paolo Valle  
Strategie energetiche  
ing. Enzo Bestazzi  
Ambiente, geologia, TRS  
geol. Emmanuele Duò  
Antincendio  
ing. Filippo Così

Facade engineering  
arch. Carlo Micono  
Infrastrutture e urbanizzazioni  
ing. Jacopo Tarchiani  
Sicurezza  
ing. Sabrina Bello  
Acustica  
arch. Vincenzo Bonardo (col.)  
ing. Rosamaria Miraglino  
Giovane architetto  
arch. Arianna Chiara



### DUO' dott. geol. Emmanuele

via Principe Amedeo n. 79, Agliè (TO)  
P.IVA n. 09990470016,  
tel. 340.3351073, e-mail: emmanueleduo@gmail.com

Project control  
ing. Marco Serini  
con arch. Eugenio Bastianini  
con ing. Enzo Stanziani

### TIPOLOGIA ELABORATO:

PROGETTO PER PERMESSO DI COSTRUIRE

### OGGETTO:

Valutazione previsionale dei requisiti acustici passivi

### DATA CONSEGNA:

OTTOBRE 2013

### SCALA:

-

### FORMATO:

A4

### ID COMMESSA:

13 M 010

### REVISIONE:

C

### DATA (aammgg):

131008

### OGGETTO EMISSIONE / REVISIONE:

PRIMA EMISSIONE PER PDC

### CODICE TAVOLA/ NOME FILE:

B02mCrel01a

### N° Progr:

B02

# Valutazione dei Requisiti Acustici Passivi degli Edifici

## NUOVA STRUTTURA PER INCUBATORE DI IMPRESE DI BIOTECNOLOGIE

*In relazione al progetto municipale per la realizzazione dell'edificio con destinazione a centro ricerche biomediche e incubatore di imprese della città di Torino.*

*Valutazione dei requisiti acustici passivi degli edifici in base al D.P.C.M. 5/12/1997, con riferimento alle norme UNI EN 12354, UNI 140, UNI 11175-2005 e UNI1136700-2010.*

*Valutazione dei requisiti acustici passivi dei locali tecnici.*

Fossano, li 08/10/2013

Il tecnico competente in acustica ambientale

(Determinazione Regione Piemonte N° 300 del 30.04.2010)

Vincenzo Arch. Bonardo

Il tecnico competente in acustica ambientale

(Determinazione Regione Piemonte N° 165 del 08.07.2005)

Gianluca Dr. Allemandi



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## INDICE

1. Premessa Normativa .....	3
2. Metodologia Operativa.....	4
3. Definizioni e limiti normativi (Allegato A del D.P.C.M. 5/12/1997) .....	5
4. Valutazione Requisiti Acustici Passivi .....	10
4.1. CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI L'INVOLUCRO E LE PARTIZIONI INTERNE DELL'EDIFICIO (R <sub>w</sub> ) .....	14
4.2. CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE (R' <sub>w</sub> ) .....	27
4.3. CALCOLO DELL'INDICE DI ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO DI FACCIATA(D <sub>2M,NT</sub> ) .....	34
4.4. CALCOLO DELL'INDICE DI LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO (L'NW).....	39
4.5. ISOLAMENTO DAL RUMORE DEGLI IMPIANTI (LAS MAX E LAEQ) .....	42
4.5.1.IMPIANTI A FUNZIONAMENTO DISCONTINUO .....	42
4.5.2.IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO .....	43
5. CONCLUSIONI .....	44
6. ALLEGATO 01: METODI DI CALCOLO .....	45



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## 1. Premessa Normativa

Il D.P.C.M. 5/12/1997 si prefigge di fissare dei parametri ed dei limiti finalizzati a garantire il confort Acustico all'interno degli edifici civili, senza entrare nel merito della presenza di eventuali sorgenti di inquinamento acustico all'esterno.

Il Decreto fissa dei valori minimi di isolamento acustico che ogni edificio civile, classificati a loro volta in sette categorie (dalla A alla G), deve soddisfare. Tali valori e limiti rappresentano dei vincoli da rispettare durante le misurazioni in opera ovvero ad edificio realizzato (collaudo acustico). Questo implica che nella valutazione di tali indici si tenga conto sia della trasmissione diretta del rumore che di quella di fiancheggiamento, cioè di quella rumorosità connessa con le strutture solidamente legate a quella in esame.

Si sottolinea tuttavia come la normativa in materia sia tutt'oggi incompleta. La Legge Quadro sull'inquinamento Acustico prevede infatti in affiancamento al suddetto decreto due ulteriori normative inerenti le caratteristiche degli isolanti acustici e le modalità di progettazione acustica degli edifici. Ad oggi nessuno dei decreti è stato emanato con il rischio, se non di vanificare l'intero impianto normativo, di renderne sicuramente difficoltosa l'applicazione. La normativa di riferimento è in fase di riordino con non poche incertezze al momento attuale, anche al fine di raggiungere la conformità alle direttive europee.

Parallelamente alla Normativa vigente esistono tuttavia delle norme tecniche che contengono metodi di calcolo più o meno semplificati per la valutazione dei requisiti acustici passivi degli edifici. La norma UNI EN 12354/2000 permette di valutare le proprietà acustiche di un edificio nei vari casi di trasmissione di rumore, partendo dalle prestazioni delle singole componenti. La norma UNI TR 11175 riporta invece un metodo di calcolo semplificato. Le misurazioni in opera e le modalità operative sono invece regolamentate dalle normative tecniche UNI ISO 140: Acustica, Misura dell'isolamento acustico in edifici e elementi di edifici.

Nel 2010 è inoltre stata pubblicata la norma tecnica UNI 1136700-2010 relativa alla classificazione acustica degli edifici mediante misure di collaudo. La stessa norma tecnica non è stata tuttavia ad oggi ancora recepita da alcuna normativa specifica in materia a completamento del quadro legislativo sull'acustica delle costruzioni.

Al fine di progettare edifici che rispondano ai requisiti acustici passivi ed evitare di costruire edifici che presentino, in fase di collaudo, delle caratteristiche del tutto difformi a quanto ipotizzato è bene utilizzare nella progettazione dei modelli previsionali basati sulle suddette norme tecniche, che trovano la loro origine in misure eseguite in laboratorio, in opera o da estrapolazioni matematiche su modelli sperimentali. Si sottolinea tuttavia l'importanza dell'esecuzione a regola d'arte, del collaudo acustico post-operam, della presenza in cantiere in affiancamento alla Direzione dei Lavori da parte di un Tecnico Competente in acustica ambientale. Talora piccole distrazioni, ovvero una errata posa in opera dei materiali, possono provocare significative variazioni delle caratteristiche di isolamento acustico degli edifici.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## 2. Metodologia Operativa

Al fine di valutare in via previsionale i requisiti acustici passivi degli edifici in esame si procede pertanto secondo il seguente schema:

- Recepimento delle informazioni relative al progetto strutturale, architettonico e degli impianti;
- Recepimento ed individuazione dei materiali utilizzati e del potere fonoisolante, dedotto dai dati tecnici dei materiali, da dati di letteratura o da opportune formule previsionali, basate sulla massa aerea (superficiale) o su modelli previsionali riportati nelle norme tecniche UNI EN ISO 12354-1, UNI EN ISO 12354-2, UNI EN ISO 12354-3 e nelle linee guida UNI EN 11175. Utilizzo del software previsionale Sonido Pro e Echo;
- Analisi acustica del progetto di base utilizzando la metodica operativa prevista dalle norme tecniche UNI EN ISO 12354-1, UNI EN ISO 12354-2, UNI EN ISO 12354-3, alle linee guida UNI EN 11175 ed in riferimento alle norme tecniche UNI EN ISO 140-1, UNI EN ISO 140-2, UNI EN ISO 140-3, UNI EN ISO 140-4, UNI EN ISO 140-5, UNI EN ISO 140-6, UNI EN ISO 140-7, UNI EN ISO 140-8, UNI EN ISO 717-1, UNI EN ISO 717-2. Utilizzo del software previsionale Sonido Pro e Echo;
- Progettazione e verifica degli eventuali interventi correttivi da realizzarsi.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

### 3. Definizioni e limiti normativi (Allegato A del D.P.C.M. 5/12/1997)

#### Grandezze di riferimento: definizioni, metodi di calcolo e misure

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

1. il tempo di riverberazione (T), definito dalla norma ISO 3382: 1975;
2. il potere fonoisolante apparente di elementi di separazione fra ambienti (R'), definito dalla norma UNI EN ISO 140-5: 1996;
3. l'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT}$ ), definito da:

$$D_{2m,nT} = D_{2m} + 10 \log T/T_0$$

dove:

$$D_{2m} = L_{1,2m} - L_2$$

è la differenza di livello di pressione sonora:

- $L_{1,2m}$  è il livello di pressione sonora esterno a 2 metri dalla facciata, prodotto da rumore da traffico se prevalente, o da altoparlante con incidenza del suono di 45° sulla facciata;
- $L_2$  è il livello di pressione sonora medio nell'ambiente ricevente, valutato a partire dai livelli misurati nell'ambiente ricevente mediante la seguente formula:

$$L_2 = 10 \log \left( \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Le misure dei livelli  $L_i$  devono essere eseguite in numero di  $n$  per ciascuna banda di terzi di ottava. Il numero  $n$  è il numero intero immediatamente superiore ad un decimo del volume dell'ambiente; in ogni caso, il valore minimo di  $n$  è cinque;

T è il tempo di riverberazione nell'ambiente ricevente in secondi;  
T<sub>0</sub> è il tempo di riverberazione di riferimento assunto pari a 0,5 s;

4. il livello di rumore di calpestio di solai normalizzato ( $L'_n$ ) definito dalla norma UNI EN ISO 140-7: 1996;
5.  $L_{ASmax}$ : livello massimo di pressione sonora ponderata A con costante di tempo slow;
6. LAeq: livello continuo equivalente di pressione sonora, ponderata A.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

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

- a.) indice del potere fonoisolante apparente di ripartizioni fra ambienti ( $R'_{w}$ ) da calcolare secondo la norma UNI EN ISO 717-1
- b.) indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ( $D_{2m,nT,W}$ ) da calcolare secondo le stesse procedure di cui al precedente punto a.; UNI EN ISO 717-1
- c.) indice del livello di rumore di calpestio di solai, normalizzato ( $L'_{n,W}$ ) da calcolare secondo la norma UNI EN ISO 717-2

#### Rumore prodotto dagli impianti tecnologici

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

- a) 35 dB(A)  $L_{ASmax}$  con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo (quali ascensori, scarichi idraulici etc.);
- b) 25 dB(A)  $L_{Aeq}$  per i servizi a funzionamento continuo (quali impianti di condizionamento, aerazione, riscaldamento etc.).

Le misure di livello 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.

#### Classificazione degli ambienti abitativi e Limiti Normativi

In base alla destinazione d'uso gli ambienti, gli edifici sono classificati come segue:

Tabella A: CLASSIFICAZIONE DEGLI AMBIENTI ABITATIVI (art. 2)

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

In base alla suddetta classificazione vengono stabiliti i limiti normativi;



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Tabella B: REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI, DEI LORO COMPONENTI E DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI

<i>Categorie di cui alla Tab. A</i>	Parametri				
	R' <sub>w</sub>	D <sub>2m,nT,w</sub>	L' <sub>n,w</sub>	L <sub>ASmax</sub>	LA <sub>eq</sub>
1. D	55	45	58	35	25
2. A, C	50	40	63	35	35
3. E	50	48	58	35	25
4. B, F, G	50	42	55	35	35

I valori di R'<sub>w</sub> e D<sub>2m,nT,w</sub> sono da intendersi come valori minimi consentiti.

I valori di L'<sub>n,w</sub>, L<sub>ASmax</sub> e LA<sub>eq</sub> sono da intendersi come valori massimi consentiti.

I valori di R'<sub>w</sub> sono riferiti a elementi di separazione tra differenti unità immobiliari.

I valori di D<sub>2m,nT,w</sub> sono riferiti a elementi di separazione tra ambienti abitativi e l'esterno.

I valori di L'<sub>n,w</sub> sono riferiti a elementi di separazioni tra differenti ambienti abitativi.





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Considerate le definizioni legislative di "unità immobiliari" resta non chiara l'applicabilità dei valori di  $R'w$  riportati nel Decreto per quanto riguarda i muri divisori tra due differenti aule scolastiche o tra due differenti camere di ospedale, o ancora tra due camere d'albergo.

Sempre in merito ai requisiti acustici passivi è utile a questo punto sottolineare che a luglio del 2010 è stata pubblicata la norma UNI 1136700\_2010 che stabilisce i nuovi criteri di valutazione dei requisiti acustici e la classificazione acustica degli edifici, andando a correggere le lacune della norma in vigore, ma non è ancora stata recepita dal legislatore. A titolo informativo si veda la tabella sottostante (prospetto A.1) relativo ai requisiti acustici passivi specifici per ospedali case di cura e scuole:

### Requisiti acustici di ospedali, case di cura e scuole

	Prestazione di base	Prestazione superiore
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata, $D_{2m,nT,w}$ [dB]	38	43
Descrittore del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti di differenti unità immobiliari, $R'w$ [dB]	50	56
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari, $L'_{nw}$ [dB]	63	53
Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo, $L_{k}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	32	28
Livello sonoro massimo corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo, $L_{id}$ in ambienti diversi da quelli di installazione [dB(A)]	39	34
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	50	55
Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di partizioni fra ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, $D_{nT,w}$ [dB]	45	50
Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti sovrapposti della stessa unità immobiliare, $L'_{nw}$ [dB]	63	53

Si noti che il limite prestazionale delle facciate ( $D_{2m,nT,w}$ ) risulta notevolmente abbassato rispetto alla normativa attualmente in vigore. Sono in oltre stati introdotti gli isolamenti acustici normalizzati tra ambienti adiacenti o sovrapposti facenti parte della stessa unità immobiliare ( $D_{nT,w}$ ), che ovviamente sono più bassi in confronto con l'indice di potere fono isolante fra unità immobiliari ( $R'w$ ) in quanto tali ambienti non sono completamente isolati gli uni dagli altri, ma hanno gli accessi tramite locali comuni come corridoi o disimpegni.

Per quanto riguarda i livelli di pressione sonora degli impianti i limiti sono differenziati, nello specifico risulta inferiore il limite sia per gli impianti a funzionamento continuo che per quelli a funzionamento discontinuo rispetto al DPCM 5/12/97.

In fine è stato introdotto il livello massimo di rumore da calpestio anche per ambienti sovrapposti nella medesima unità immobiliare e tale indice è il medesimo utilizzato per differenti unità immobiliari.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

In aggiunta a quanto sopra riportato, sempre in considerazione ai limiti del D.P.C.M. 5/12/97, e relativamente all'opportuno raggiungimento di un elevato comfort acustico, anche in assenza di obblighi normativi, vengono indicati i valori limite in base a considerazioni attinte da letteratura e da normative internazionali.

Pertanto per quanto riguarda l'isolamento acustico tra locali inseriti nella medesima destinazione d'uso, come nel caso in analisi di edifici a destinazione uffici, si può fare riferimento alla norma francese NF S31-80:2006 "Acoustique – Bureaux et espaces associés". Tale norma si pone l'obiettivo di dare dei livelli di qualità all'isolamento acustico di partizioni tra differenti uffici singoli, collettivi, sale meeting, sale riunioni e tra questi e i corridoi di distribuzione, individuando 3 livelli di isolamento acustico:

- Livello standard: che non garantisce alcun confort acustico
- Livello elevato: che corrisponde ad una prestazione funzionale favorevole allo svolgimento delle attività lavorative
- Livello molto elevato: che corrisponde ad una prestazione che garantisce le migliori condizioni di comfort acustico.

A tali livelli di prestazioni sono associati indicatori acustici oggettivamente misurabili, si veda a tal proposito la tabella sotto riportata.

Tabela 3a: Requisiti acustici per uffici singoli suggeriti dalla norma francese NF S 31-080.

	<b>Livello standard</b>	<b>Livello elevato</b>	<b>Livello molto elevato</b>
Isolamento tra uffici	$D_{nT,w}(+C) \geq 35$ dB	$D_{nT,w}(+C) \geq 40$ dB	$D_{nT,w}(+C) \geq 45$ dB
Isolamento tra uffici e corridio	$D_{nT,w}(+C) \geq 30$ dB	$D_{nT,w}(+C) \geq 35$ dB	$D_{nT,w}(+C) \geq 40$ dB
Tempo di riverberazione		$T60 \leq 0,7$ s	$T60 \leq 0,6$ s



## 4. Valutazione Requisiti Acustici Passivi

### *DESCRIZIONE E CARATTERIZZAZIONE FUNZIONALE ED ARCHITETTONICA DELL'OPERA*

L'impostazione planimetrica del progetto tende ad occupare longitudinalmente il lotto a disposizione. L'impronta dell'edificio sarà simmetrica e sarà connotata da un ingombro molto regolare che si attesterà lungo le due viabilità previste dal piano. Il prospetto principale sarà rivolto a sud. Lungo il confine del lotto sarà presente una recinzione che ne seguirà tutto lo sviluppo. Tale elemento architettonico si immagina come una sorta di quinta vegetale in grado di offrire prestazioni di privacy, protezione e mitigazione del volume architettonico.

Si tratta di un fabbricato di rilevanti dimensioni, al cui interno si collocano funzioni diversificate da integrare, quali spazi per il pubblico, uffici, laboratori e lo stabulario per gli animali.

Le dotazioni impiantistiche e gli spazi di servizio sono di particolare complessità, nell'interrato sono da prevedere posti auto nella misura stabilita dalle disposizioni urbanistiche.

Il sistema laboratori ed uffici (Piastra della ricerca), ha come caratteristica la organizzazione per cellule funzionali (con spazi di ricerca e uffici), da cedere in uso alle aziende. Carattere distintivo deve essere la massima integrazione tra le diverse cellule di lavoro (per facilitare il senso di "comunità"), la disponibilità di locali per incontri e formazione e la possibilità per i ricercatori di utilizzare, in appositi spazi comuni, le strumentazioni più sofisticate. Gli ambienti devono garantire il massimo confort, con dotazioni impiantistiche di alto livello.

Lo stabulario è la funzione che più caratterizza il Centro, dove si svolgono anche sperimentazioni su animali. La stabulazione degli animali deve avvenire in un contesto di massima protezione, difeso dal contatto con l'esterno per garantire la selezione genetica delle cavie.

### Dislocazione delle funzioni sui vari livelli in progetto

L'edificio si delinea come un volume molto semplice composto da cinque livelli fuori terra ed un livello interrato. Al di sopra dell'ultimo livello sarà presente un filtro energetico a coronamento dell'intero intervento.

Le varie funzioni sono distribuite sui vari livelli secondo la seguente suddivisione:

- piano interrato: parcheggi e spazi tecnici;
- piano terreno: spazi di ingresso, controlli, servizi, sala conferenze e stabulario;
- piano primo: suddiviso in due blocchi funzionali. Una porzione contenuta del piano lungo il fronte principale che conterrà le funzioni accessorie allo spazio di servizi del piano terra. Una porzione molto estesa dedicata definibile come piano tecnico ;
- piano secondo, terzo e quarto: piastra della ricerca (laboratori, uffici e spazi funzionali a tali attività)

### Accessibilità e sistema di distribuzione interna

L'ingresso principale all'edificio si attesta in posizione centrale lungo il fronte sud. Lungo il fronte ovest invece è previsto l'accesso ai mezzi per il carico-scarico e la logistica. Dall'ingresso principale si accede allo spazio di ingresso, caratterizzato da uno sviluppo su due livelli e dove sono contenute le funzioni di accoglienza, controllo, servizi. Lo spazio è caratterizzato dalla presenza di una grande scala scenica che permette di raggiungere tutti i livelli superiori e che connoterà l'intero ambiente hall d'ingresso. Lo spazio interno si snoda lungo una grande porzione del fronte sud e prevederà anche una visuale sugli spazi inferiori del piano interrato che, nelle porzioni a cielo aperto si delineeranno come una sorta di giardini e spazi esterni. Sarà anche presente un sistema di distribuzione verticale che, dallo spazio d'ingresso, raggiungerà direttamente il piano sottostante. Grande importanza riveste la funzione di controllo degli accessi alle varie funzioni dell'edificio. Per tale motivo è stata



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

studiata una soluzione progettuale che prevederà punti di accesso e controllo differenziato a seconda della tipologia di utenti e dell'area che dovrà raggiungere all'interno del centro.

Accanto allo spazio occupato dalla grande scala scenica centrale si snoda il sistema di collegamento verticale composta da un nucleo distributivo di ascensori e montacarichi. Questo elemento si configura come il sistema distributivo principale che permette sia di raggiungere i locali della piastra della ricerca ai livelli superiori, sia di gestire il trasporto di materiali e macchinari sui vari piani. Il nodo distributivo verticale è localizzato in posizione baricentrica e strategica perché, grazie all'apertura del montacarichi su due lati contrapposti, permette di servire sia lo spazio principale dell'ingresso, sia la zona retrostante dedicata agli spazi di carico-scarico e deposito.

La distribuzione verticale dell'edificio prevede anche 4 grandi gruppi scale lungo i due lati lunghi dell'edificio. Queste scale collegano tutti i livelli dell'edificio e sono alla base dei percorsi d'esodo e dei luoghi sicuri in caso di incendio. Il posizionamento di tali nuclei è stato studiato in modo da garantire vie di fuga agevoli per ogni singola attività contenuta e, al fine di ridurre lo spazio occupato dalle scale ma allo stesso tempo, garantire le larghezze dettate dai moduli antincendio, sono state previste delle scale a doppia rampa sovrapposta. Tale soluzione permette di creare all'interno del vano scala due scale indipendenti che si inseguono e che caratterizzano lo spazio verticale. I 4 nuclei scala sono aperti verso i prospetti lunghi dell'edificio e ne connotano i prospetti a livello funzionale e compositivo.

Le vie di fuga dell'edificio saranno costituite da passerelle pedonali in grado di attraversare lo spazio perimetrale a cielo aperto del piano interrato.

Lo stesso accesso principale dell'edificio sarà caratterizzato dal passaggio lungo una passerella aerea al di sopra della zona dei giardini del piano interrato.

Il piano tecnico, piano primo: Al di sopra dello stabulario ed al di sotto della piastra di ricerca troverà posto l'infrastruttura dei macchinari a servizio dell'edificio, che permetterà la manutenzione sul sistema di ventilazione, illuminazione e distribuzione dei fluidi senza violare le necessarie misure di isolamento di cui il complesso dello stabulario necessita e permettendo la facile riconfigurazione impiantistica dei laboratori-uffici.

Il posizionamento baricentrico all'edificio, unitamente ad un capillare sistema di cavedi verticali modulati sulla maglia delle unità minime di laboratori-uffici, permette così di ottimizzare al massimo i circuiti di alimentazione per il trattamento aria, per le alimentazioni idriche, dei fluidi vettori per la climatizzazione dell'edificio e di tutto il sistema elettrico presente nell'edificio. Questa capillare distribuzione permetterà fino all'ultimo, nelle fasi di affinamento progettuale (ed anche nell'arco di vita dell'edificio) di adattare con facilità gli impianti alle esigenze tecniche dei diversi spazi in base alle richieste delle aziende incubate. Il piano tecnico verrà isolato termicamente e acusticamente rispetto ai locali mentre, rispetto allo stabulario, verrà realizzato un sistema di guaine impermeabili e troppo-pieni, onde evitare qualsiasi infiltrazione d'acqua. Il dimensionamento corretto di questo piano tecnico, vitale all'edificio, determinerà fortemente il successo e la redditività dell'incubatore e pertanto si configura, al pari degli spazi per i ricercatori e le cave, un elemento centrale della progettazione.

### Caratteri compositivi e materici delle facciate

I prospetti dell'edificio sono caratterizzati da quattro ordini principali di elementi.

- La parte bassa della facciata si manifesta opaca e costituita da una pannellatura in elementi prefabbricati isolati in cls. Tale porzione è mitigata in prospetto dalla presenza della quinta vegetale che accompagna tutto il perimetro dell'edificio. Per la porzione della facciata



A.T.P.: *Ai Engineering S.r.l.* (capogruppo mandataria); *Ai Studio* (mandante); *DUO' dott. geol.* (mandante)

principale invece questo ordine si manifesta completamente vetrato per illuminare al meglio le funzioni di ingresso e distribuzione;

- L'ordine superiore è costituito dal trattamento delle facciate del piano tecnico. Esse sono immaginate completamente grigliate in modo da favorire la ventilazione degli spazi tecnici interni e, nel contempo, di creare una sorta di scuro in facciata tra la zoccolatura pesante inferiore e il rivestimento aggettante della piastra della ricerca;
- Il volume che comprende i due livelli principali della piastra di ricerca sarà rivestito da una baraccatura metallica di sostegno a pannelli in lamiera stirata che caratterizzano tutte le facciate dell'edificio. il rivestimento sarà aggettante e avrà una connotazione cromatica e materica cangiante dettata dalla natura stessa degli elementi frangisole e dalla maggiore o minore densità degli stessi elementi lungo la facciata. La schermatura sarà ancorata alla facciata in modo da realizzare uno spazio ventilato naturalmente che avrà la funzione di proteggere l'involucro vero e proprio dalle intemperie e di realizzare la schermatura solare. I frangisole che costituiranno la schermatura esterna saranno fissi; questa scelta consente di evitare l'installazione dei numerosi elementi elettromeccanici o idraulici che sarebbero necessari a realizzare una facciata dinamica;
- Il coronamento dell'edificio sarà costituito dal filtro energetico superiore.

Per maggiori dettagli si veda il progetto architettonico.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

La tipologia costruttiva dei locali rientra pertanto nella classificazione di:

- edifici adibiti ad uffici ed assimilabili (Categoria B)

I limiti in vigore, RELATIVI AL dpcm 5/12/97, sono pertanto riportati nella tabella sottostante:

Categorie di cui alla Tab. A	R'w(*)	D <sub>2m,nT,w</sub>	L' <sub>n,w</sub>	L <sub>ASmax</sub>	LAeq
4. B	50	42	55	35	35

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

Come si evince dalla lettura del progetto l'edificio è da intendersi come un'unica unità immobiliare pertanto si dovrebbero verificare in questa relazione solamente l'isolamento della facciata, che risulta essere l'unico limite applicabile.

Per completezza e per sopperire ad eventuali diverse interpretazioni del DPCM 05/12/1997, che indica solamente la necessità di verifica tra "differenti ambienti abitativi" del livello massimo di rumore da calpestio (L'<sub>n,w</sub>) si andrà anche ad analizzare la soletta interpiano in progetto, per valutare il rispetto dei requisiti acustici passivi relativi al calpestio.

Sarà verificato anche il potere fonoisolante R'w di alcune partizioni interne tra ambienti differenti e attigui in quanto, anche se i locali in oggetto sono chiaramente un'unica unità immobiliare, considerata la particolarità dell'edificio e la sua destinazione d'uso risulta molto sentita l'esigenza di mantenere una conveniente privacy ovvero un comfort acustico adeguato, anche alla luce della nuova norma UNI 1136700-2010.

Quest'ultimo dato comunque sarà puramente indicativo della qualità acustica in quanto i locali che verranno analizzati non saranno completamente isolati gli uni dagli altri ma, per ovvi motivi, avranno delle porte d'accesso (per le quali non sono richieste particolari caratteristiche di isolamento acustico) verso locali comuni quali corridoi o atri di collegamento comuni. Si sottolinea inoltre che i valori dei poteri fono isolanti R'<sub>w</sub> sono calcolati per pareti integre, senza la presenza di scatole di derivazione elettriche o canalizzazioni impiantistiche tipiche dell'architettura tradizionale, quali tubi per ossigeno, o gas medicali, oltre che impianti elettrici e relative prese frutti ed interruttori etc. Tali impianti causano l'alterazione delle strutture di partizione verticale tra ambienti (talora in modo anche significativo), provocando una riduzione delle performance di isolamento acustico.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

#### 4.1. CALCOLO DEL POTERE FONOISOLANTE DEGLI ELEMENTI COSTITUENTI L'INVOLUCRO E LE PARTIZIONI INTERNE DELL'EDIFICIO (R<sub>w</sub>)

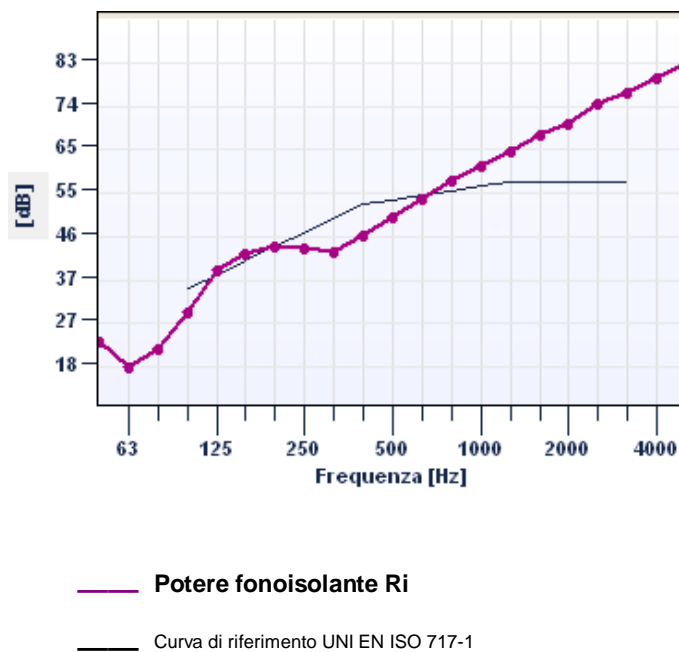
In questa sezione andremo a calcolare i poteri fonoisolanti di tutti gli elementi principali costituenti l'involucro dell'edificio e le partizioni interne significative con il metodo della massa aerea ed utilizzando relazioni sperimentali ricavate da letteratura, tramite il software previsionale per il calcolo acustico di edifici ed elementi di edifici SONIDO pro, in riferimento alle stratigrafie indicate dai progetti architettonici e strutturali, che costituiscono la base per il calcolo dei requisiti acustici passivi ai sensi del DPCM 5-12-1997.

Tipo di componente edile: Parete verticale con intercapedine  
Teoria applicata: Parete doppia generica [MIA]: Metodo delle Impedenze Accoppiate, MIA  
Descrizione dell'elemento: Parete perimetrale in pannelli prefabbricati in C.A. con isolante in intercapedine

### Risultati di calcolo

$$R_w (C; C_{tr}) = 54 (-1; -7) \text{ dB}$$

Frequenza [Hz]	R <sub>i</sub> [dB]	Riferimento [dB]
50	23,5	
63	18,1	
80	22,1	
100	30,0	35
125	38,9	38
160	42,6	41
200	44,2	44
250	43,8	47
315	42,8	50
400	46,4	53
500	50,5	54
630	54,3	55
800	58,1	56
1000	61,4	57
1250	64,6	58
1600	68,0	58
2000	70,6	58
2500	74,8	58
3150	77,1	58
4000	80,4	
5000	83,5	





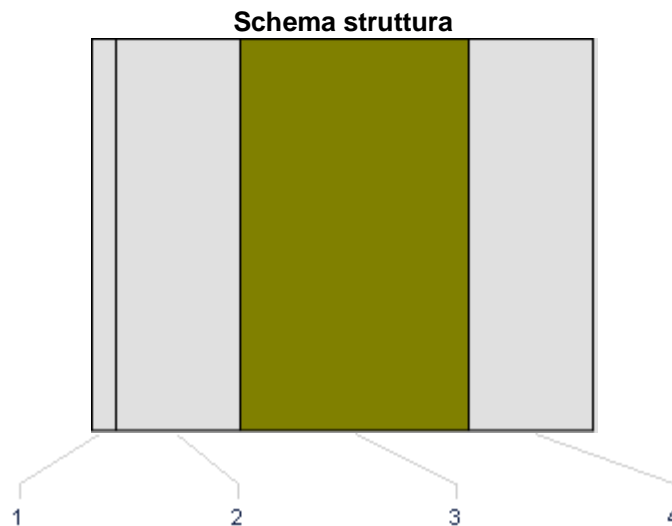
A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\eta_{int}$	s' [MN]	r [Pa s/m <sup>2</sup> ]
1	Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf	12,5	1.250,0	2	0,01		
2	Calcestruzzo con aggr. natur. 2200 [kg/m <sup>3</sup> ]	65	2.200,0	15	0,02		
3	Polistirene espanso	120	35,0	5	1		21.656,4
4	Calcestruzzo con aggr. natur. 2200 [kg/m <sup>3</sup> ]	65	2.200,0	15	0,02		

Spessore totale [mm]: **262,5**

Massa superficiale [Kg/m<sup>2</sup>]: **305,83**



### Simbologia

s	Spessore dello strato	$\eta_{int}$	Fattore di perdita interna
$\rho$	Densità	s'	Rigidità dinamica apparente
E	Modulo di Young	r	Resistenza specifica al flusso





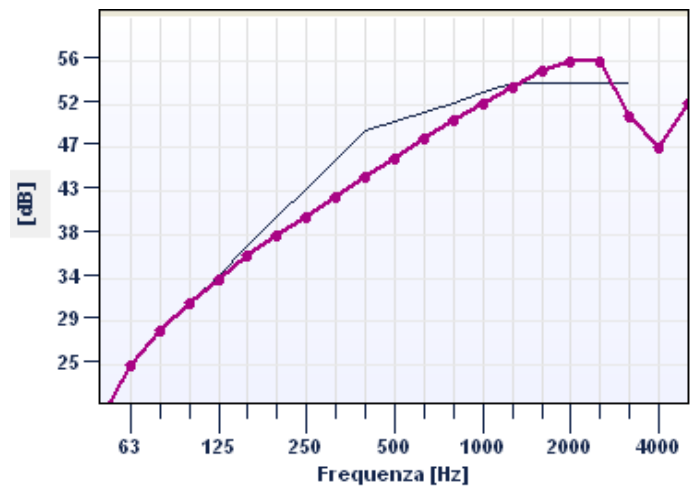
A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Tipo di componente edile: Parete verticale con intercapedine  
Teoria applicata: Parete doppia in cartongesso, lastra multipla e orditura semplice: relazione sperimentale [15]  
Descrizione dell'elemento: Parete TIPO 1 di partizione interna tra ambienti con funzioni differenti

## Risultati di calcolo

$$R_w (C; C_{tr}) = 51 (-2; -5) \text{ dB}$$

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	Riferimento [dB]
50	19,2	
63	24,6	
80	28,3	
100	31,1	32
125	33,5	35
160	36,0	38
200	38,1	41
250	40,2	44
315	42,2	47
400	44,3	50
500	46,2	51
630	48,2	52
800	50,2	53
1000	52,0	54
1250	53,6	55
1600	55,3	55
2000	56,3	55
2500	56,3	55
3150	50,7	55
4000	47,3	
5000	52,0	



— Potere fonoisolante Ri

— Curva di riferimento UNI EN ISO 717-1



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

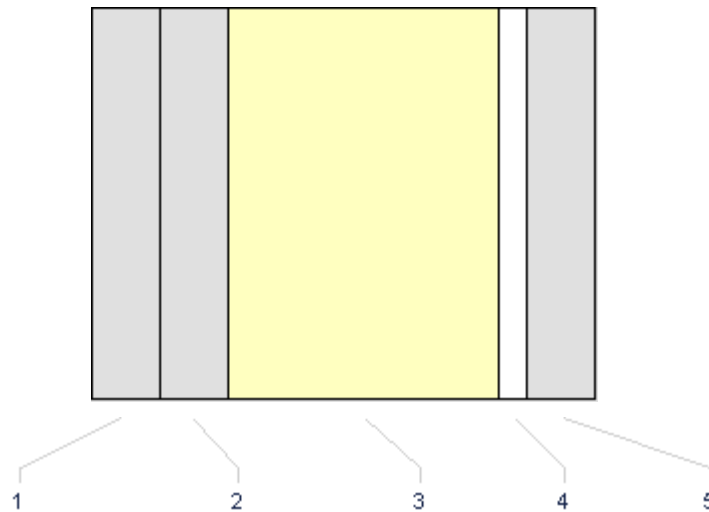
## Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\eta_{int}$	s' [MN]	r [Pa s/m <sup>2</sup> ]
1	Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf	12,5	1.250,0	2	0,01		
2	Cartongesso standard 12,5mm	12,5	690,0	2,01	0,01		
3	Mat. fibroso / poroso max. 80 kg/m <sup>3</sup> - s[mm]:	50,0					
5	Intercapedine d'aria	5,0					
5	Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf	12,5	1.250,0	2	0,01		

Spessore totale [mm]: **92,5**

Massa superficiale [Kg/m<sup>2</sup>]: **39,88**

Schema struttura



### Simbologia

s	Spessore dello strato	$\eta_{int}$	Fattore di perdita interna
$\rho$	Densità	s'	Rigidità dinamica apparente
E	Modulo di Young	r	Resistenza specifica al flusso



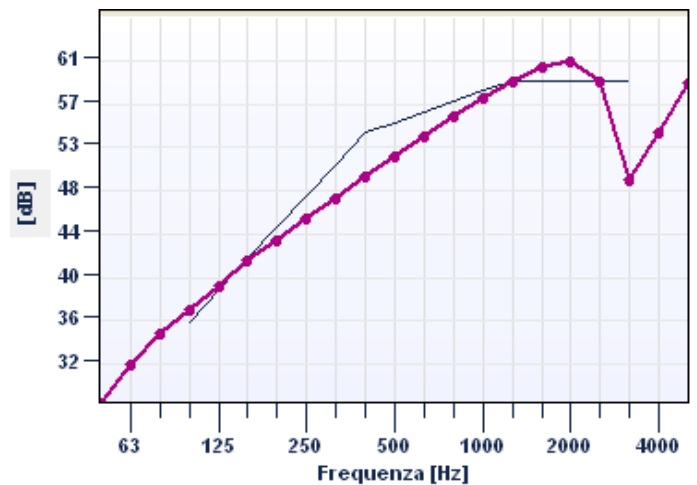
A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Tipo di componente edile: Parete verticale con intercapedine  
Teoria applicata: Parete doppia in cartongesso, lastra multipla e orditura semplice: relazione sperimentale [15]  
Descrizione dell'elemento: Parete TIPO 3 di partizione perimetrale e di suddivisione sale meeting

## Risultati di calcolo

$$R_w (C; C_{tr}) = 55 (-2; -5) \text{ dB}$$

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	Riferimento [dB]
50	28,3	
63	31,9	
80	34,8	
100	37,2	36
125	39,4	39
160	41,8	42
200	43,8	45
250	45,8	48
315	47,8	51
400	49,9	54
500	51,8	55
630	53,7	56
800	55,7	57
1000	57,4	58
1250	59,0	59
1600	60,4	59
2000	60,9	59
2500	59,0	59
3150	49,6	59
4000	54,1	
5000	58,8	



— Potere fonoisolante Ri

— Curva di riferimento UNI EN ISO 717-1



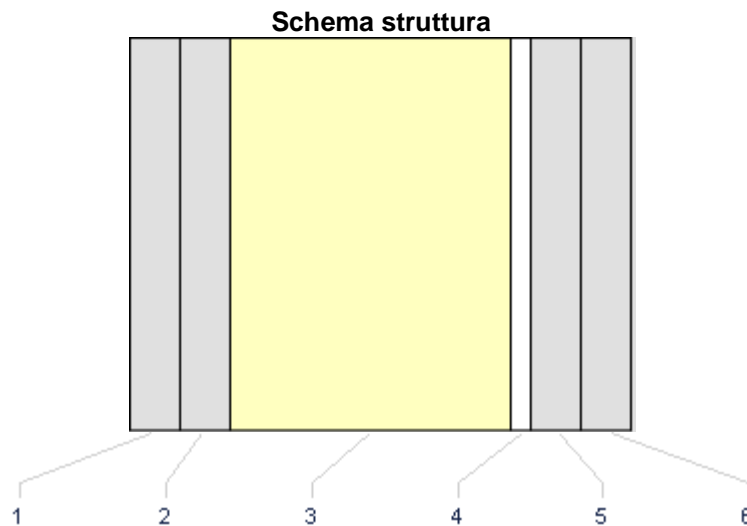
A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\eta_{int}$	s' [MN]	r [Pa s/m <sup>2</sup> ]
1	Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf	12,5	1.250,0	2	0,01		
2	Cartongesso standard 12,5mm	12,5	690,0	2,01	0,01		
3	Mat. fibroso / poroso max. 80 kg/m <sup>3</sup> - s[mm]:	70,0					
5	Intercapedine d'aria	5,0					
5	Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf	12,5	1.250,0	2	0,01		
6	Cartongesso standard 12,5mm	12,5	690,0	2,01	0,01		

Spessore totale [mm]: **125,0**

Massa superficiale [Kg/m<sup>2</sup>]: **48,50**



### Simbologia

s	Spessore dello strato	$\eta_{int}$	Fattore di perdita interna
$\rho$	Densità	s'	Rigidità dinamica apparente
E	Modulo di Young	r	Resistenza specifica al flusso



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

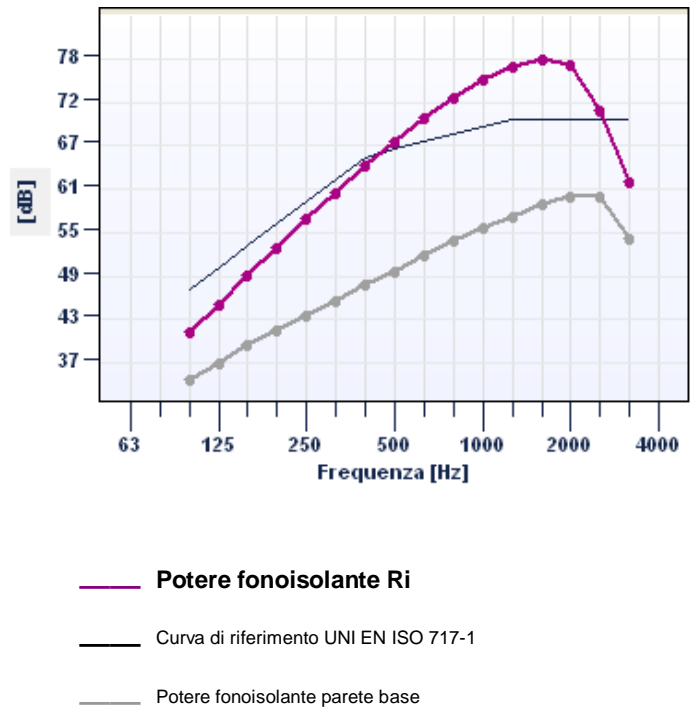
Tipo di componente edile: Controparete [relazione sperimentale 28]  
Teoria applicata: Controparete su telaio metallico [SEA]: SEA  
Descrizione dell'elemento: Parete TIPO 6 di partizione perimetrale sala conferenze/auditorium

## Risultati di calcolo

$$R_w (C; C_{tr}) = 66 (9; 4) \text{ dB}$$

$$\Delta R_w = 12 \text{ dB}$$

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	Riferimento [dB]
50		
63		
80		
100	41,4	47
125	45,1	50
160	49,0	53
200	52,9	56
250	56,6	59
315	60,3	62
400	63,8	65
500	67,2	66
630	70,3	67
800	73,1	68
1000	75,5	69
1250	77,3	70
1600	78,2	70
2000	77,4	70
2500	71,3	70
3150	61,7	70
4000		
5000		





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## Descrizione stratigrafia

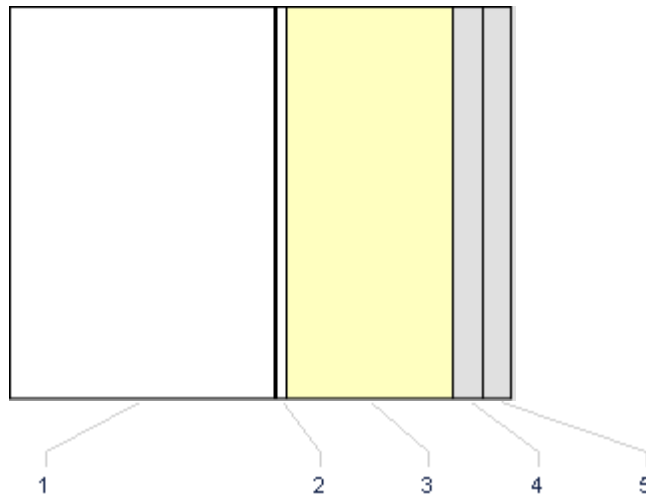
N°	Nome parete base	Descrizione parete base	s [mm]	m' [Kg/m <sup>2</sup> ]	Rw [db]
1	Parete base sala meeting CIRP	PARETE 1: Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf (sp.. 12,5 mm); Cartongesso standard 12,5mm (sp.. 12,5 mm) -- Intercapedine con mat. fonoassorbente; -- PARETE 2: Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf (sp.. 12,5 mm)	112,5	39,9	54,0

N°	Descrizione strato	s [mm]	ρ [Kg/m <sup>3</sup> ]
2	Intercapedine d'aria	5	
3	Lana di vetro 70[mm] 13[kg/m3]	70	30,0
4	Cartongesso standard 12,5mm	12,5	690,0
5	Pannello in gessofibra tipo widiwall Knauf	12,5	1.250,0

Spessore totale [mm]: **212,5**

Massa superficiale [Kg/m<sup>2</sup>]: **66,35**

Schema struttura



### Simbologia

<b>s</b>	Spessore dello strato	<b>Rw</b>	Potere fonoisolante parete base
<b>ρ</b>	Densità		
<b>m'</b>	Massa superficiale		

*Nota: Parete in cartongesso e gesso fibra con doppia orditura e pannello in gesso fibra posto a separazione delle due strutture metalliche dell'orditura, calcolata come una parete singola in cartongesso con controparete in doppia lastra.*



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

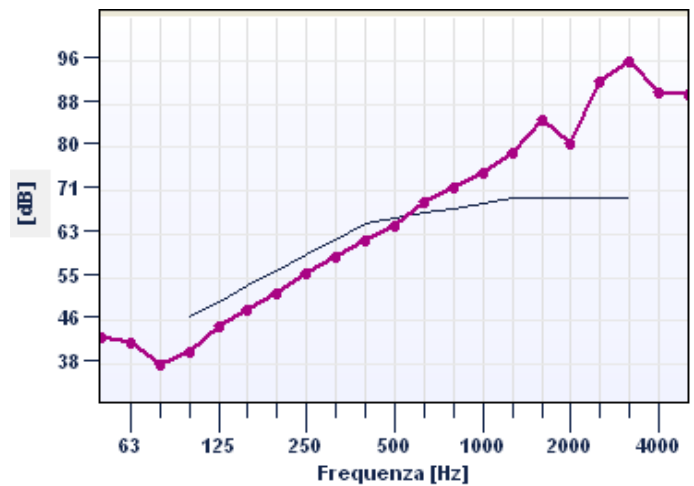
Tipo di componente edile: Solaio  
Teoria applicata: Solaio in laterocemento con pavimento galleggiante:  
[relazioni sperimentali 9 e 17]  
Descrizione dell'elemento: Solaio interpiano a piastra in calcestruzzo armato

## Risultati di calcolo

$$R_w (C; C_{tr}) = 66 (-2; -9) \text{ dB}$$

$$\Delta R_w = 6 \text{ dB}$$

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	Riferimento [dB]
50	43,4	
63	42,1	
80	37,9	
100	40,5	47
125	45,2	50
160	48,6	53
200	51,8	56
250	55,4	59
315	58,9	62
400	62,0	65
500	64,7	66
630	69,3	67
800	72,0	68
1000	75,0	69
1250	78,8	70
1600	84,9	70
2000	80,4	70
2500	92,4	70
3150	96,4	70
4000	90,5	
5000	90,1	



— Potere fonoisolante Ri  
— Curva di riferimento UNI EN ISO 717-1



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

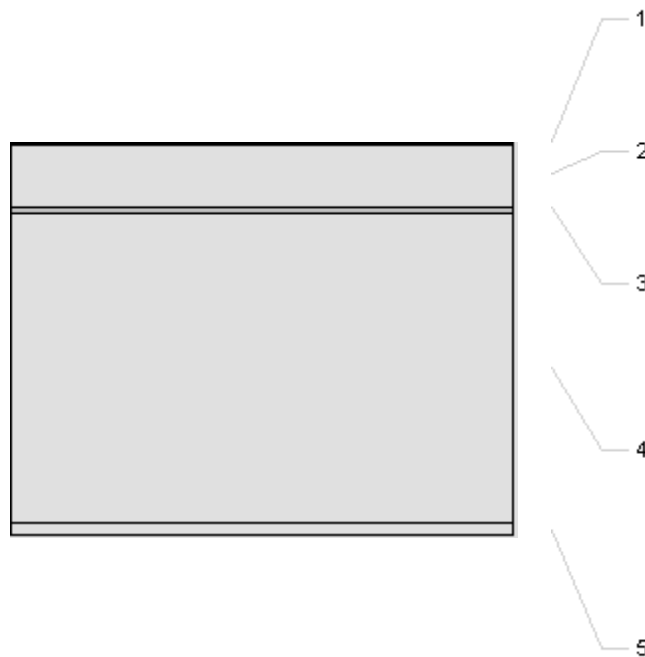
## Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\eta_{int}$	s' [MN]	r [Pa s/m <sup>2</sup> ]
1	Finitura superficiale in resina	3	1.000,0	3	0,015		
2	Massetto sabbia-cemento standard	70	1.000,0	3	0,015		
3	ISOLMANT underspecial 8 mm	8	0,0			11	
4	Calcestruzzo con aggr. natur. 2200 [kg/m <sup>3</sup> ]	350	2.200,0	15	0,02		
5	Malta per intonaco (1800 Kg/m <sup>3</sup> )	15	1.800,0	2	0,01		

Spessore totale [mm]: **446,0**

Massa superficiale [Kg/m<sup>2</sup>]: **870,00**

### Schema struttura



### Simbologia

s	Spessore dello strato	$\eta_{int}$	Fattore di perdita interna
$\rho$	Densità	s'	Rigidità dinamica apparente
E	Modulo di Young	r	Resistenza specifica al flusso





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Tipo di componente edile: Vetrocamera

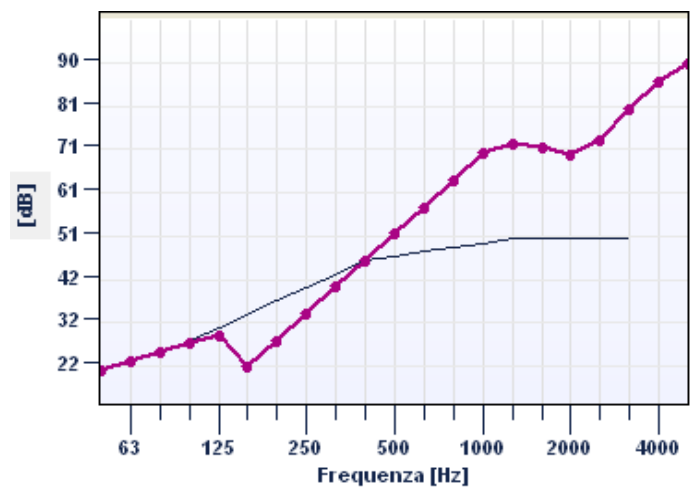
Teoria applicata: Vetrocamera: Teoria di Sharp per pannelli collegati Linea - Linea

Descrizione dell'elemento: Vetrocamera di sicurezza con doppie lastre di vetro intercalate da PVB acustico.

## Risultati di calcolo

$$R_w (C; C_{tr}) = 47 (-4; -10) \text{ dB}$$

Frequenza [Hz]	Ri [dB]	Riferimento [dB]
50	21,5	
63	23,5	
80	25,6	
100	27,6	28
125	29,5	31
160	22,3	34
200	28,1	37
250	34,3	40
315	40,2	43
400	46,2	46
500	52,2	47
630	58,1	48
800	64,2	49
1000	70,2	50
1250	72,4	51
1600	71,5	51
2000	69,7	51
2500	73,0	51
3150	80,0	51
4000	86,0	
5000	90,4	



— Potere fonoisolante Ri

— Curva di riferimento UNI EN ISO 717-1



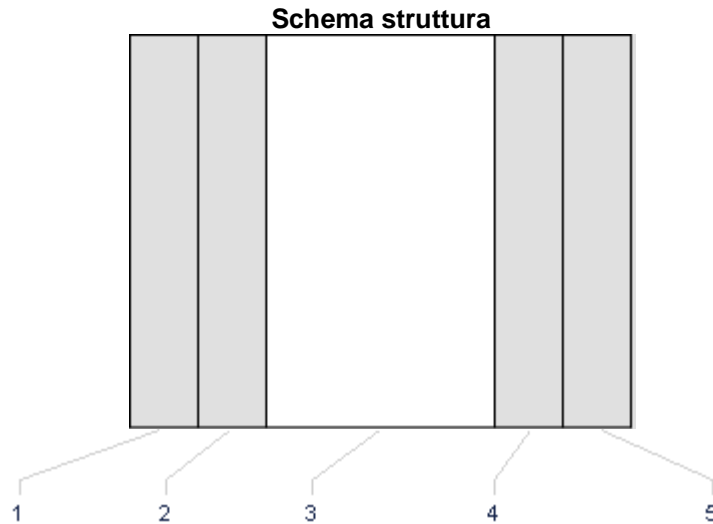
A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## Descrizione stratigrafia

N°	Descrizione strato	s [mm]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\eta_{int}$	s' [MN]	r [Pa s/m <sup>2</sup> ]
1	Vetro da finestra	6	2.500,0	65	0,02		
2	Vetro da finestra	6	2.500,0	65	0,02		
3	Intercapedine d'aria	20					
4	Vetro da finestra	6	2.500,0	65	0,02		
5	Vetro da finestra	6	2.500,0	65	0,02		

Spessore totale [mm]: **44,0**

Massa superficiale [Kg/m<sup>2</sup>]: **60,00**



### Simbologia

s	Spessore dello strato	$\eta_{int}$	Fattore di perdita interna
$\rho$	Densità	s'	Rigidità dinamica apparente
E	Modulo di Young	r	Resistenza specifica al flusso



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Di seguito riportiamo il riepilogo dei poteri fonoisolanti di tutte le partizioni interne ed esterne, verticali ed orizzontali, e delle componenti vetrate calcolati in precedenza.

Descrizione	Tipologia di stratigrafia	Potere fonoisolante Rw [dB]
Pareti verso l'esterno	Parete perimetrale esterna in pannelli prefabbricati in c.a. e controparete interna in cartongesso	54
Pareti divisorie interne	Parete TIPO 1 divisorio interno tra funzioni diverse in cartongesso e gesso fibra doppia lastra da un lato e singola orditura S 92,5 mm con lana minerale in intercapedine	51
	Parete TIPO 3/4 divisorio per sale meeting e di compartimentazione EI60 in cartongesso e gesso fibra doppia lastra e singola orditura S 125 mm con lana minerale in intercapedine	55
	Parete TIPO 6 divisorio per auditorium in cartongesso e gesso fibra doppia lastra e doppia orditura S 212,5 mm con lana minerale in intercapedine e lastra in gesso fibra intermedia	66
Solaio	Solaio interpiano a piastra in c.a.	66
Vetro	Vetrocamera per infissi esterni in doppio vetro stratificato di sicurezza 66.2 / 20/ 66.2	47

Da una prima analisi dei dati si può rilevare che, per le pareti verso l'esterno, i valori calcolati analiticamente sono soddisfacenti; dovranno essere valutati nel seguito della relazione in base alla loro reale utilizzazione in proporzione con gli elementi vetrate. Il potere fonoisolante delle vetrate da inserire nell'abaco dei serramenti, come si vedrà più avanti nella relazione, è superiore al potere fonoisolante minimo richiesto per gli infissi, in quanto questo valore non tiene conto delle perdite di fonoisolamento dovute al montaggio del vetro sull'infisso, e dello stesso infisso sulla parete.

Cautelativamente si richiederà in progetto che il minimo potere fonoisolante di un infisso con la vetrata da capitolato montato in opera sia  $R_w$  pari a 44 dB, valore indicato a capitolato.

Per le pareti divisorie interne, tra i vari laboratori e uffici, si ribadisce che l'intero edificio adibito a centro ricerche biomedicali è un'unica unità immobiliare e pertanto, ai sensi del DPCM 5/12/97, tale limite NON può essere applicato, ma in considerazione del pregio della qualità del progetto e per giustificate esigenze di privacy si andranno nel seguito a verificare alcune partizioni applicando i criteri della norma UNI 1136700\_2010.

Analogo discorso si può fare per la soletta interpiano, che comunque, grazie alla notevole massa aerea del pacchetto solaio assicura un potere fonoisolante ai rumori aerei di 66 dB che garantisce assolutamente il rispetto sia della recente norma UNI 1136700\_2010 che anche i limiti più restrittivi del DPCM 5/12/97 per ambienti sovrapposti.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

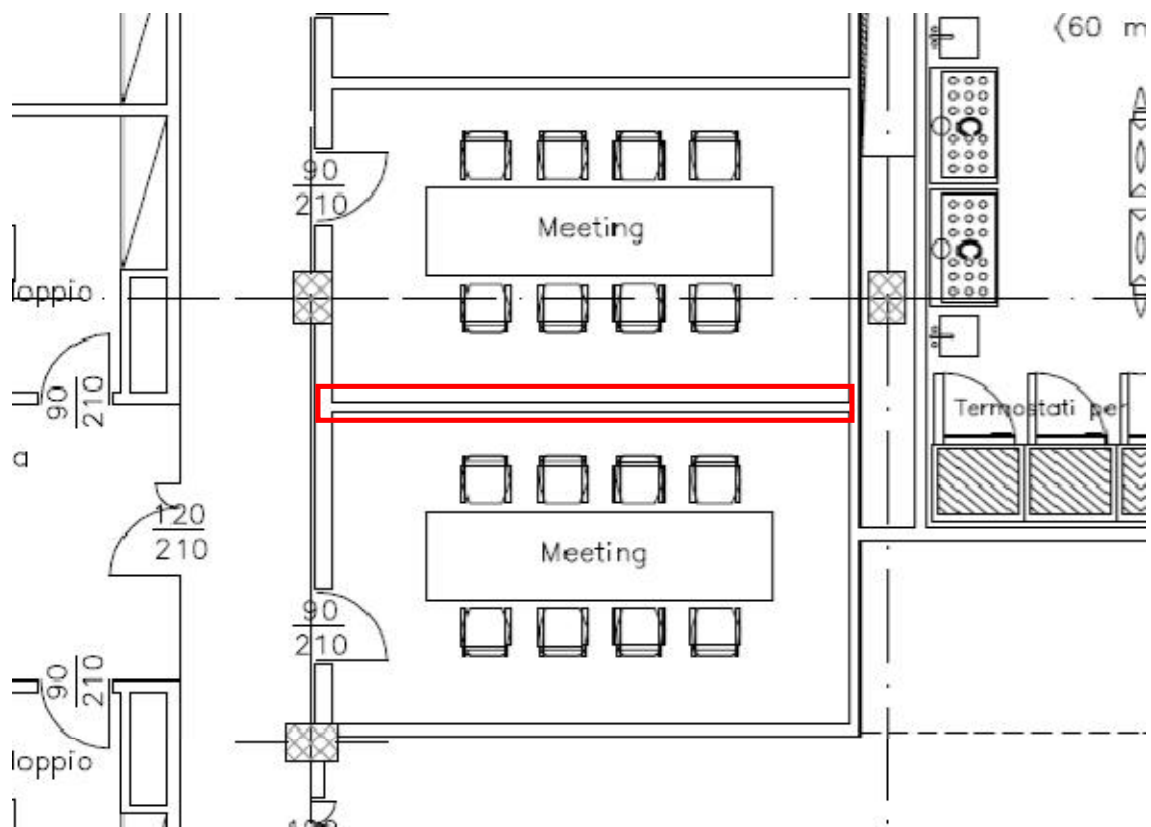
Per quanto concerne le pareti degli ascensori, si rileva che la sola parete strutturale in c.a. è sufficiente a soddisfare i requisiti di isolamento acustico per gli impianti a funzionamento discontinuo, si consideri in oltre che i setti delle pareti vano ascensore hanno una finitura in controparete in cartongesso che migliora notevolmente il potere fono isolante della stratigrafia. Considerando la rumorosità tipica dell'ascensore pari a 70 dB(A) si stima che la rumorosità degli ascensori non superi i 20 dB(A) negli ambienti abitati più prossimi a tali impianti.

#### 4.2. CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DEL POTERE FONOISOLANTE APPARENTE ( $R'W$ )

Tale limite si applica solamente nel caso di separazione tra due distinte unità immobiliari (Vedi nota alla Tab B del D.P.C.M. 5/12/1997). Per l'edificio in esame pertanto tale limite NON è necessario che sia verificato in quanto si tratta di un'unica unità immobiliare.

Come anticipato a titolo esemplificativo e per ragioni di qualità si andranno di seguito a verificare alcune delle partizioni interne, come già visto in dettaglio nella sezione precedente.

##### 1\_Verifica della partizione verticale tra due sale meeting al 3 piano (interpiano di 3,3 mt)





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

### ELEMENTI CHE COMPONGONO LA STRUTTURA

	Elemento	Massa Sup.[kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]	Strato add.	ΔR <sub>w</sub> [dB]
S	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0	Lato emitt.	0,0
	Superficie del divisorio: 22,2 m <sup>2</sup>			Lato ricev.	0,0
1	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
2	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
3	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
4	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
5	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
6	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
7	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
8	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0

### GIUNZIONI

Lato	Tipo di collegamento	Lungh. [m]
1	Collegamento a croce o a T tra pareti leggere	3,3
2	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	6,7
3	Collegamento a croce o a T tra pareti leggere	3,3
4	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	6,7

### RISULTATI

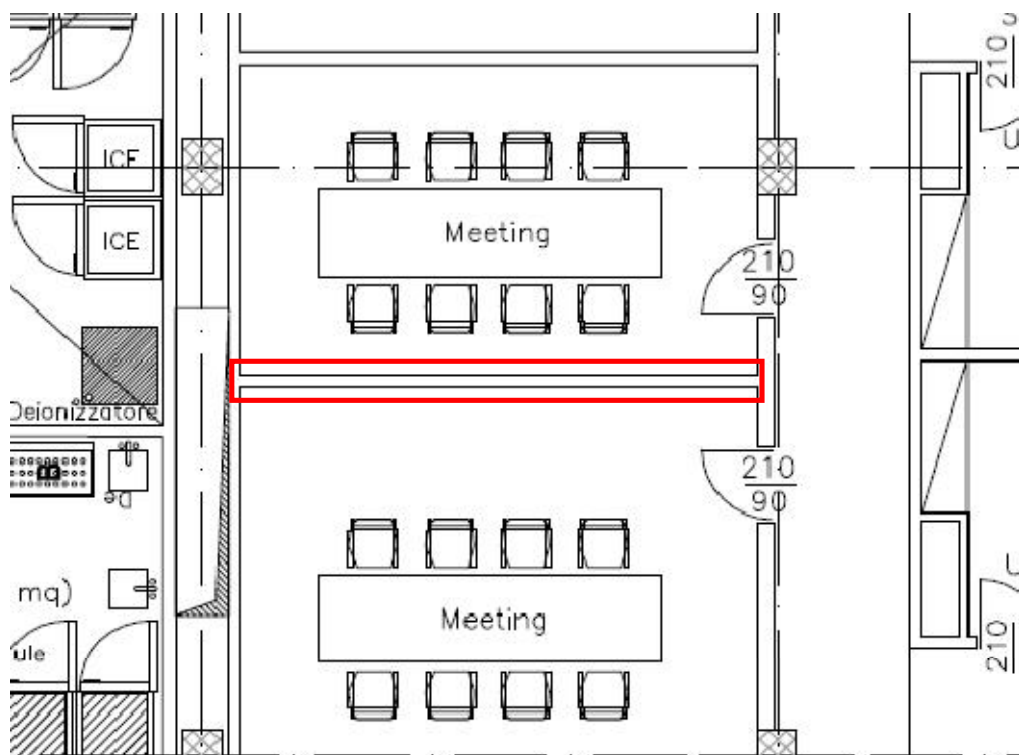
#### Indice di valutazione del potere fonoisolante

Categoria dell'edificio	B
R' <sub>w</sub> minimo	50 dB
R' <sub>w</sub> calcolato	54,6 dB
VALORE NEI LIMITI DI LEGGE	



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## 2\_ Verifica della partizione verticale tra due sale meeting al 2 piano (interpiano di 4,2 mt)



### ELEMENTI CHE COMPONGONO LA STRUTTURA

	Elemento	Massa Sup.[kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]	Strato add.	ΔR <sub>w</sub> [dB]
S	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0	Lato emitt.	0,0
	Superficie del divisorio: 28,3 m <sup>2</sup>			Lato ricev.	0,0
1	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
2	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
3	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
4	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
5	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
6	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
7	Parete divisoria CIRP tipo 3 e 4	45,5	55,0		0,0
8	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0

### GIUNZIONI

Lato	Tipo di collegamento	Lungh. [m]
1	Collegamento a croce o a T tra pareti leggere	4,2
2	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	6,7
3	Collegamento a croce o a T tra pareti leggere	4,2
4	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	6,7

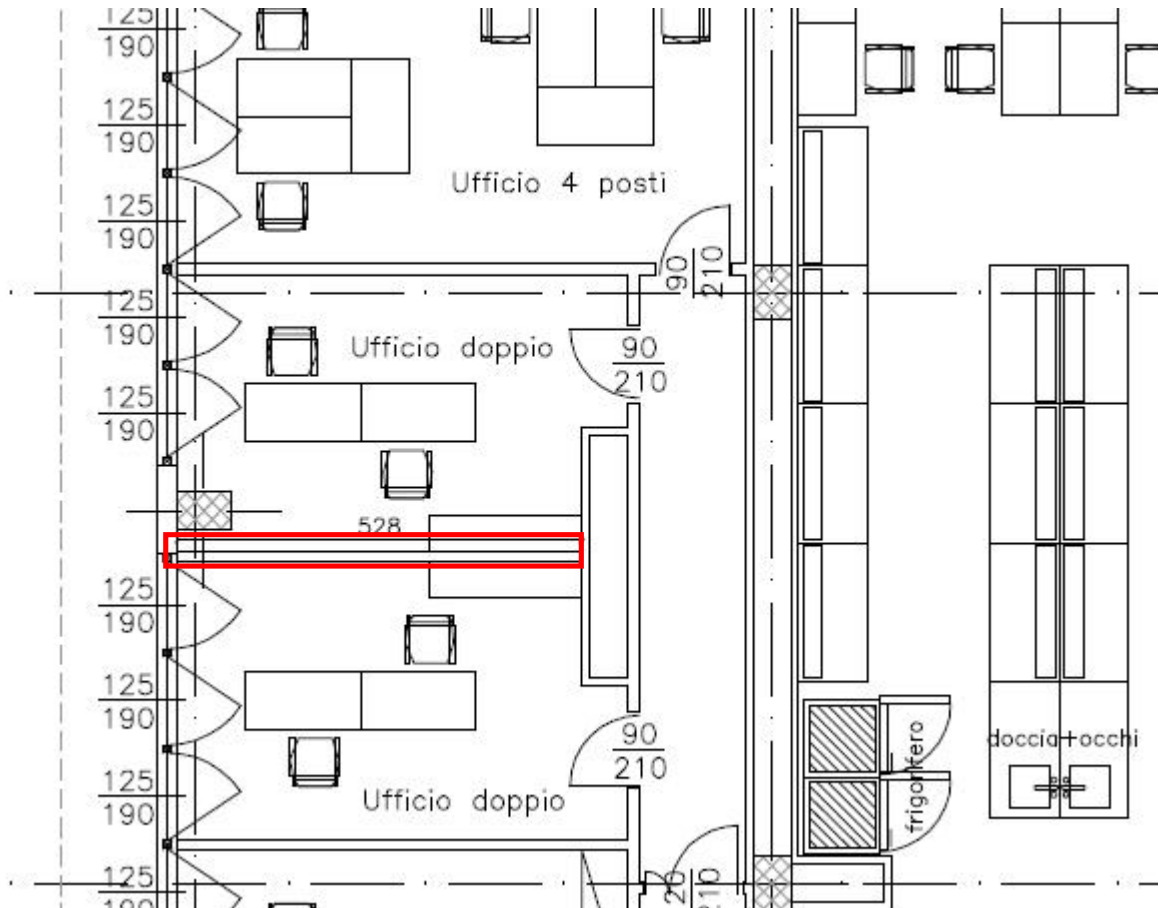


A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

**RISULTATI**  
**Indice di valutazione del potere fonoisolante**

Categoria dell'edificio	B
R' <sub>w</sub> minimo	50 dB
R' <sub>w</sub> calcolato	54,6 dB
VALORE NEI LIMITI DI LEGGE	

3\_Verifica della partizione verticale uffici tipo





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

#### ELEMENTI CHE COMPONGONO LA STRUTTURA

	Elemento	Massa Sup.[kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]	Strato add.	ΔR <sub>w</sub> [dB]
S	Parete divisoria CIRP tipo 1	39,9	51,0	Lato emitt.	0,0
	Superficie del divisorio: 17,5 m <sup>2</sup>			Lato ricev.	0,0
1	Parete perimetrale esterna CIRP	305,8	54,0		0,0
2	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
3	Parete divisoria CIRP tipo 1	39,9	50,0		0,0
4	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
5	Parete perimetrale esterna CIRP	305,8	54,0		0,0
6	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
7	Parete divisoria CIRP tipo 1	39,9	50,0		0,0
8	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0

#### GIUNZIONI

Lato	Tipo di collegamento	Lungh. [m]
1	Collegamento a T tra strutt. omog. e pareti leggere, trasmissione attraverso strutt. omog.	3,3
2	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	5,3
3	Collegamento a croce o a T tra pareti leggere	3,3
4	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	5,3

#### RISULTATI

##### Indice di valutazione del potere fonoisolante

Categoria dell'edificio	B
R' <sub>w</sub> minimo	50 dB
R' <sub>w</sub> calcolato	50,2 dB
VALORE NEI LIMITI DI LEGGE	

NOTA: Si sottolinea il limite dell'indice di potere fono isolante ai sensi del DPCM 5/12/97 deve essere verificato tra DIFFERENTI UNITA' IMMOBILIARI, pertanto nel edificio in esame le verifiche previsionali effettuate sono puramente indicative, e comunque denotano una buona qualità dell'isolamento in particolar modo tra ambienti sensibili, le sale meeting e l'auditorium a piano terra.

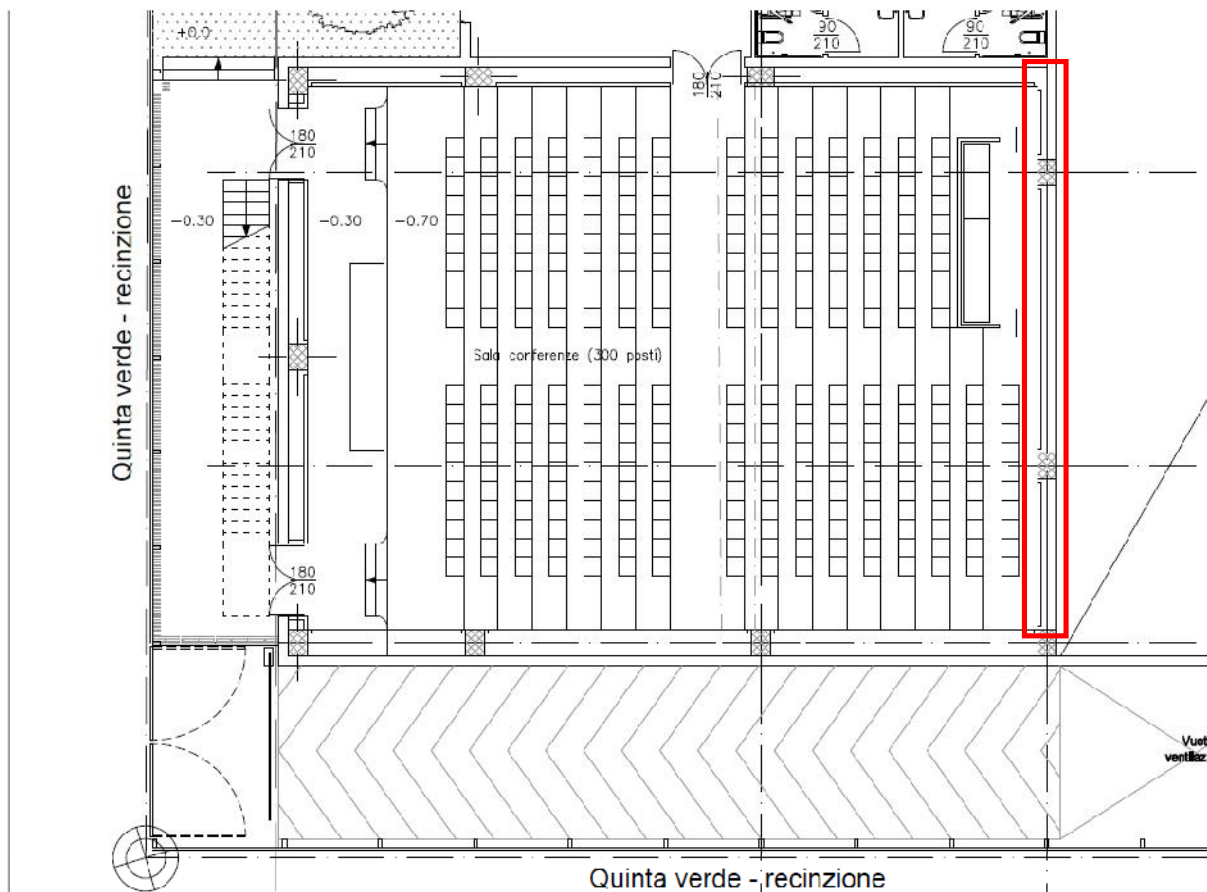
In oltre si stima un D<sub>n,tw</sub> della partizione superiore a 40 dB(A) quindi con riferimento alla normativa francese una prestazione di livello superiore che garantisce quindi un buon confort acustico.





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

#### 4\_Verifica della partizione verticale auditorium al piano terra verso stabulario



ELEMENTI CHE COMPONGONO LA STRUTTURA

	Elemento	Massa Sup.[kg/m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]	Strato add.	ΔR <sub>w</sub> [dB]
S	Parete divisoria CIRP tipo 6	66,3	66,0	Lato emitt.	0,0
	Superficie del divisorio: 44,4 m <sup>2</sup>			Lato ricev.	0,0
1	Parete perimetrale esterna CIRP	305,8	54,0		0,0
2	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
3	Parete divisoria CIRP tipo 6	66,3	66,0		0,0
4	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
5	Parete perimetrale esterna CIRP	305,8	54,0		0,0
6	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0
7	Parete divisoria CIRP tipo 6	66,3	66,0		0,0
8	Solaio interpiano CIRP	870	66,0		0,0



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

### GIUNZIONI

Lato	Tipo di collegamento	Lungh. [m]
1	Collegamento a T tra strutt. omog. e pareti leggere, trasmissione attraverso strutt. omog.	3,15
2	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	14,25
3	Collegamento a croce o a T tra pareti leggere	3,15
4	Collegamento a croce tra strutt. omog. con strati flessibili interposti, trasmissione su strati flessibili	14,25

### RISULTATI

#### Indice di valutazione del potere fonoisolante

Categoria dell'edificio	B
R' <sub>w</sub> minimo	50 dB
R' <sub>w</sub> calcolato	63,4 dB
VALORE NEI LIMITI DI LEGGE	

Tale valutazioni a campione sono state effettuate per le partizioni maggiormente critiche e significative dal punto di vista acustico. Si ritiene pertanto che il limite relativo all'indice di isolamento acustico tra ambienti adiacenti sia rispettato per tutte le divisioni interne tra ambienti sensibili quali le sale meeting l'auditorium.



#### 4.3. CALCOLO DELL'INDICE DI ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO DI FACCIATA ( $D_{2m,NT}$ )

L'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata, normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, misurato a 2 metri di distanza dalla parete interna ( $D_{2m,NT}$ ), caratterizza la capacità della facciata di una specifica stanza, di abbattere il rumore proveniente dall'esterno. Tale indice dipende dal potere fonoisolante apparente di tutti gli elementi che costituiscono la facciata, dalla presenza o meno di elementi schermanti esterni, e dalle dimensioni in volume della stanza in esame.

Per il calcolo dell'indice di valutazione acustico di facciata, oltre al potere fonoisolante della muratura è necessario quindi anche prevedere le caratteristiche acustiche di tutti i particolari che formano la facciata in esame, ovvero gli infissi, le bocchette di ricambio aria, i cassonetti per avvolgibile etc.

A tal proposito si forniscono alcuni esempi di calcolo delle partizioni con maggiori problematiche per dimensioni e quantitativi di elementi finestrati, o per la presenza di altri elementi che compongono la facciata;

Per quanto riguarda gli infissi si è considerato l'utilizzo di una vetrata con doppio vetro stratificato e PVB acustico del tipo:

Il vetro stratificato 66.2 /20/66.2 PVB acustico:  $R_w$  47 dB

Il potere fonoisolante degli infissi montati in opera viene corretto di 3 dB rispetto alla prestazione del vetro, per compensare le perdite dovute al assemblaggio di vetro e infisso e dell'infisso sulla parete, in base alla classificazione di permeabilità all'aria e all'acqua dell'infisso.

Si sottolinea comunque che gli infissi saranno costantemente chiusi, ed apribili solamente con chiave speciale per le sole fasi di manutenzione e pulizia.

Si fa in oltre presente che progettualmente non sono inseriti dei sistemi di oscuramento a cassonetto che possano influenzare la stratigrafia della muratura perimetrale, e di conseguenza il requisito acustico di facciata, ma l'ombreggiamento oltre che da eventuali tendaggi interni sarà garantito da un paramento in pannelli di lamiera stirata di alluminio preverniciato.

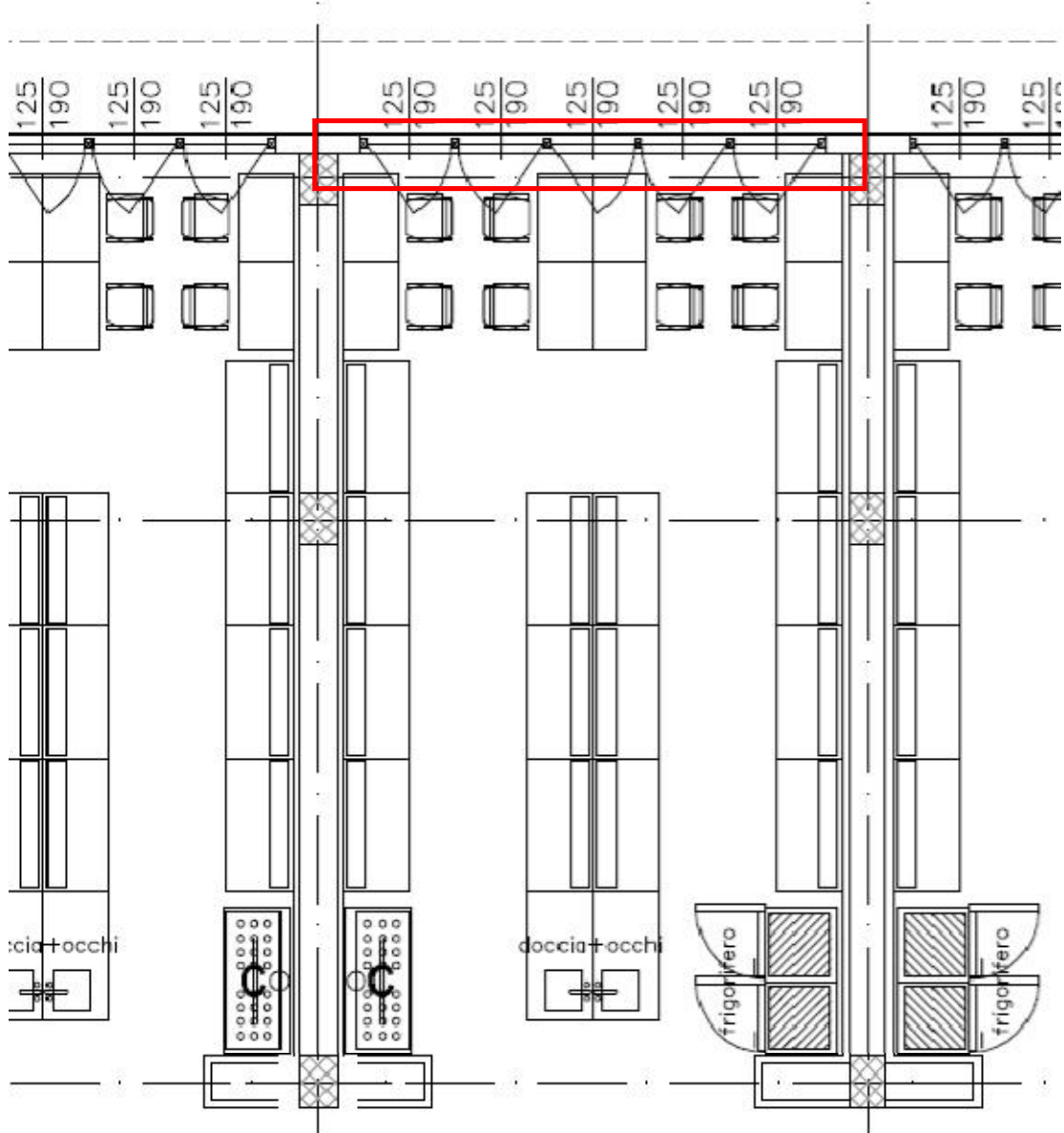
Di seguito riportiamo il riepilogo dei poteri fonoisolanti calcolati che verranno in seguito utilizzati per il calcolo degli indici di potere fonoisolante apparente delle facciate.

Descrizione	Tipologia di stratigrafia	Poterefonoisolante $R_w$ [dB]
Pareti verso l'esterno	Parete esterna in pannelli prefabbricati in c.a.	54
Infissi	In alluminio a taglio termico con Vetrocamera 66.2 /20/66.2 PVB acustico	44



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## 1\_Verifica della facciata laboratori al secondo piano (verso ferrovia)



Volume dell'ambiente:	280 m <sup>3</sup>
Superficie della facciata:	22,7 m <sup>2</sup>



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

### ELEMENTI CHE COMPONGONO LA FACCIATA

Elemento	Superficie [m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]
Parete perimetrale CIRP	6,5	54,0
Serramento CIRP con vetrocamera con lastre stratificate tipo 66.2 20 66.2 cpn PVB acustico	16,2	44,0

### CORREZIONI

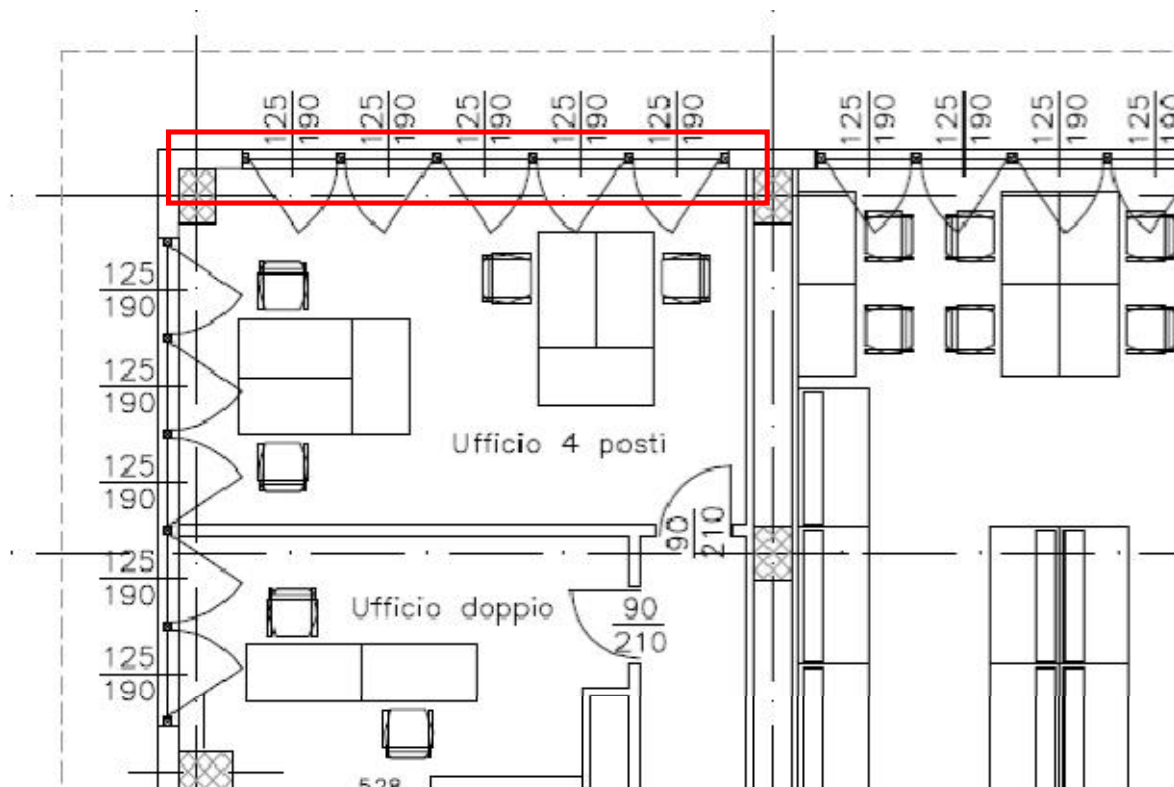
Trasmissione laterale	K = 0 dB
Forma di facciata	DL <sub>fs</sub> = 0 dB

### RISULTATI

#### Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

R' <sub>w</sub>	45,3 dB
D <sub>2m,nT,w</sub>	51,4 dB
Categoria dell'edificio	B
D <sub>2m,nT,w</sub> minimo	42 dB
VALORE NEI LIMITI DI LEGGE	

## 2\_Verifica della facciata ufficio quattro posti ad angolo al secondo piano (verso ferrovia)





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Volume dell'ambiente:	112 m <sup>3</sup>
Superficie della facciata:	24,4 m <sup>2</sup>

#### ELEMENTI CHE COMPONGONO LA FACCIATA

Elemento	Superficie [m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]
Parete perimetrale CIRP	7,3	54,0
Serramento CIRP con vetrocamera con lastre stratificate tipo 66.2 20 66.2 cpn PVB acustico	17,1	44,0

#### CORREZIONI

Trasmissione laterale	K = 0 dB
Forma di facciata	DL <sub>fs</sub> = 0 dB

#### RISULTATI

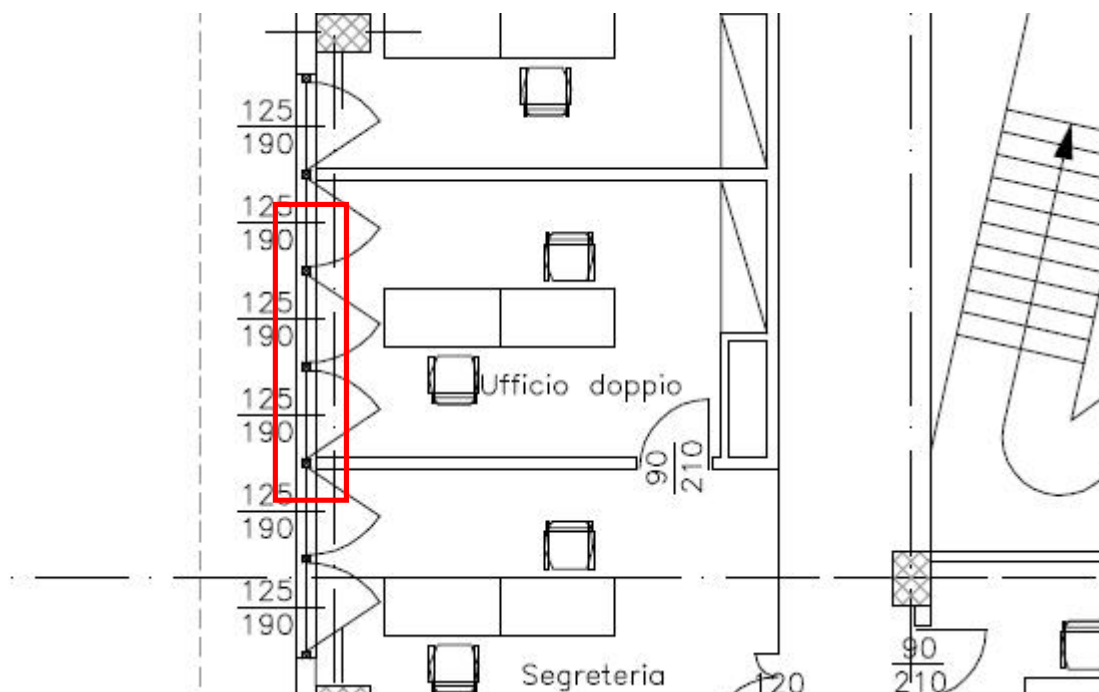
##### Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

R' <sub>w</sub>	45,4 dB
D <sub>2m,nT,w</sub>	47,2 dB
Categoria dell'edificio	B
D <sub>2m,nT,w</sub> minimo	42 dB
VALORE NEI LIMITI DI LEGGE	



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

### 3\_Verifica della facciata ufficio doppio secondo piano verso sud



Volume dell'ambiente:	66,6 m <sup>3</sup>
Superficie della facciata:	11,9 m <sup>2</sup>

#### ELEMENTI CHE COMPONGONO LA FACCIATA

Elemento	Superficie [m <sup>2</sup> ]	R <sub>w</sub> [dB]
Parete esterna intonacata ELEMENTA	2,2	54,0
Serramento CIRP con vetrocamera con lastre stratificate tipo 66.2 20 66.2 cpn PVB acustico	9,7	44,0

#### CORREZIONI

Trasmissione laterale	K = 0 dB
Forma di facciata	DL <sub>fs</sub> = 0 dB

#### RISULTATI

##### Indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata

R' <sub>w</sub>	44,8 dB
D <sub>2m,nT,w</sub>	47,5 dB
Categoria dell'edificio	B
D <sub>2m,nT,w</sub> minimo	42 dB
VALORE NEI LIMITI DI LEGGE	



#### 4.4. CALCOLO DELL'INDICE DI LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO ( $L'_{nw}$ )

L'indice di valutazione del livello di rumore di calpestio apparente di un solaio ( $L'_{nw}$ ) caratterizza il rumore percepito al piano sottostante dai rumori dovuti al calpestio sul pavimento del piano superiore. Tale indice è da intendersi come valore "massimo" nel senso che più basso è il valore calcolato, maggiore sarà la capacità del solaio di attenuare il rumore prodotto dal calpestio.

I modelli di calcolo per l'indice di livello di rumore da calpestio sono tutti basati sul fenomeno della MASSA – MOLLA – MASSA, dove la molla è rappresentata dal materiale resiliente interposto tra la massa della soletta e quella dello strato di livellamento.

In questo caso il materiale resiliente è costituito da un materassino in polietilene reticolato a celle chiuse accoppiato con fibra agugliata sul lato inferiore dello spessore di 8 mm (tipo ISOLMANT underspecial).

Tipo di componente edile:	Solaio
Teoria applicata:	Solaio in calcestruzzo: [relazioni sperimentali 24 e 27]
Descrizione dell'elemento:	Solaio in calcestruzzo armato a piastra interpiano

### Descrizione stratigrafia

---

#### Massetto e pavimento

N°	Descrizione strato	s [mm]	$\rho$ [Kg/m <sup>3</sup> ]	E [GPa]	$\eta_{int}$	s' [MN]	r [Pa s/m <sup>2</sup> ]
2	Finitura superficiale in resina	3	1.000,0	3	0,015		
	Massetto sabbia-cemento standard	70	1.000,0	3	0,015		

#### Materiale resiliente

3	ISOLMANT underspecial 8 mm	8	0,0			11	
---	----------------------------	---	-----	--	--	----	--

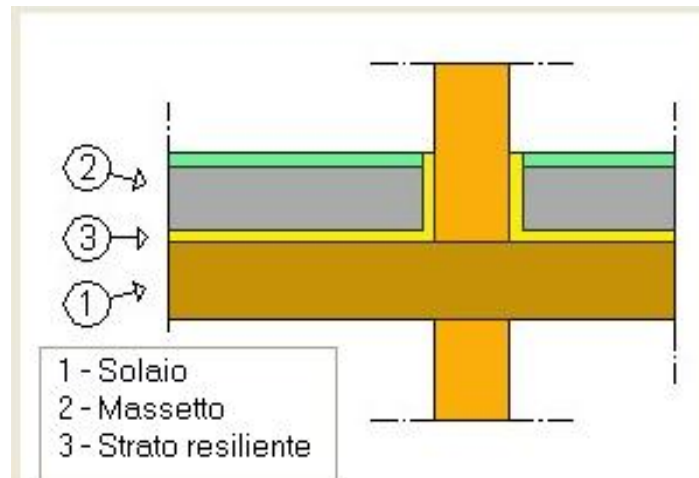
#### Soletta portante (strati sotto massetto galleggiante)

1	Calcestruzzo con aggr. natur. 2200 [kg/m <sup>3</sup> ]	350	2.200,0	15	0,02		
	Malta per intonaco (1800 Kg/m <sup>3</sup> )	15	1.800,0	2	0,01		





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)



## Risultati di calcolo

---

Soletta portante (1)

Solaio: Soletta portante a piastra in c.a. spessore 35 cm

Massa superficiale solaio: 797 kg/m<sup>2</sup>

$L_{nw,eq}$  73,0 dB

Massetto galleggiante (2)+(3)

Descrizione: Massetto galleggiante e pavimento con strato di desolidarizzazione in materassino di polietilene da 8 mm tipo ISOLMANT underspecial

$\Delta L_w$  30,0 dB

Trasmissione laterale

Massa superficiale media pareti laterali: 250 kg/m<sup>2</sup>

Correzione K 3 dB

Edificio

Categoria: B

Livello massimo del rumore di calpestio: 55 dB

Indice di valutazione del livello di rumore di calpestio:

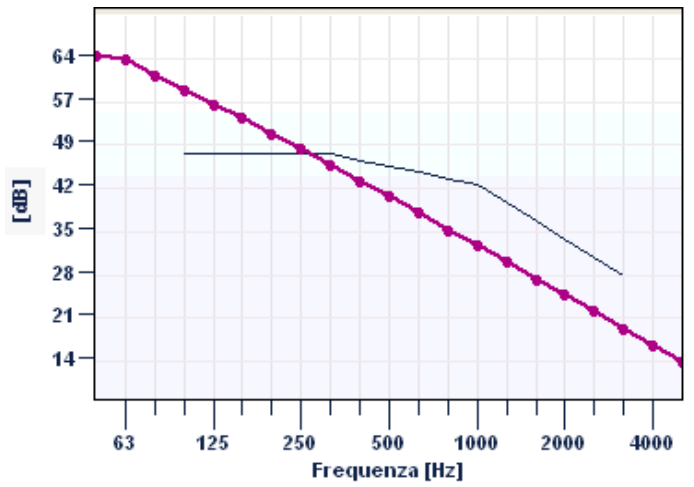
$L'_{n,w}$  46 dB

VALORE AMMISSIBILE



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Frequenza [Hz]	Lni [dB]	Riferimento [dB]
50	64,1	
63	63,7	
80	61,1	
100	58,6	48
125	56,1	48
160	54,0	48
200	51,5	48
250	49,0	48
315	46,3	48
400	43,6	47
500	41,1	46
630	38,4	45
800	35,6	44
1000	33,0	43
1250	30,4	40
1600	27,5	37
2000	24,9	34
2500	22,2	31
3150	19,5	28
4000	16,6	
5000	13,9	



— Livello calpestio normalizzato Lni  
 — Curva di riferimento UNI EN ISO 717-2



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

#### 4.5. ISOLAMENTO DAL RUMORE DEGLI IMPIANTI (LAS MAX E LAEQ)

Per quanto riguarda i limiti di rumore degli impianti tecnologici a servizio degli edifici, il Decreto Ministeriale DPCM 5/12/97 riporta limiti differenti per impianti a funzionamento continuo e discontinuo, e più precisamente:

$L_{AS\ max}$ : limite massimo degli impianti a funzionamento discontinuo:	35 dB
$L_{A\ eq}$ : limite massimo degli impianti a funzionamento continuo:	35 dB

Si sottolinea che il regolamento acustico di Torino è più restrittivo e limita la rumorosità degli impianti a funzionamento continuo a 25 dB(A) come da tabella seguente

Tabella C: regolamento acustico comunale di Torino

servizi a funzionamento discontinuo (ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici, rubinetteria)	35 dB(A) $L_{AS\ max}$ con costante di tempo slow
servizi a funzionamento continuo (impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento)	25 dB(A) $L_{A\ eq}$

Tali limiti sono applicativi in particolare per gli edifici destinati ad uso uffici ed assimilati classificati in Categoria B.

##### 4.5.1. IMPIANTI A FUNZIONAMENTO DISCONTINUO

###### ASCENSORI

A riguardo degli impianti a funzionamento discontinuo, si rileva dal progetto che i vani ascensori sono costituiti da setti in calcestruzzo armato da 25 cm con potere fonoisolante  $R_w$  decisamente elevato e superiorei a 55 dB(A). Considerando una rumorosità tipica di un ascensore pari a  $L_{eq} = 70$  dB(A) si può valutare previsionalmente che il rumore prodotto dagli ascensori sarà irrilevante sui ricettori interni all'edificio in progetto.

Si noti in oltre che il posizionamento di ascensori e montacarichi è nell'atrio comune con vano scala, ma senza pareti di contatto diretto con ambienti lavorativi pertanto la rumorosità di questi impianti è assolutamente ininfluenza sul clima acustico dei locali uffici o laboratori più prossimi.

###### TUBAZIONI DI SCARICO

Per minimizzare il rumore prodotto dagli impianti a funzionamento discontinuo, quali tubazioni di scarico ed impianti sanitari, si consiglia di eseguire in opera tutte le accortezze dell'impiantistica a regola d'arte, quindi:



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

- utilizzare tubazioni silenziate e con massa elevata per limitare i rumori aerei
- inserire le tubazioni in appositi cavedi sempre per minimizzare i rumori aerei
- eliminare tutti i possibili collegamenti rigidi tra le tubazioni e le strutture laterali utilizzando collari e staffe di aggancio alle pareti con giunti antivibranti, ed interponendo tra il tubo e le strutture rigide del materiale elastico

Si sconsigliano in oltre le curve e i raccordi a 90° ed un opportuno dimensionamento dei diametri dei tubi in relazione alla velocità massima dei fluidi contenuti.

#### 4.5.2. IMPIANTI A FUNZIONAMENTO CONTINUO

##### ISOLAMENTO DAL RUMORE DEI LOCALI TECNOLOGICI

Nel progetto è prevista la realizzazione al piano primo di ampi locali tecnici in cui verranno installati i gruppi frigo e le Unità di Trattamento Aria a servizio di tutti gli utilizzatori finali all'interno dell'edificio in progetto. Al fine di confinare la rumorosità dei locali tecnici, sono state adottate le seguenti stratigrafie murarie e si sono scelti serramenti e particolari tecnici che garantiscono il rispetto dei limiti normativi:

1. Le pareti di compartimentazione dei locali tecnici sono realizzate in pareti leggere con struttura singola in profilati da 75 mm, doppia lastra su ambo i lati della struttura in cartongesso e gesso fibra con materassino in lana minerale in intercapedine, spessore totale di 125 mm aventi un potere fono isolante calcolato in opera pari a  $R_w=55$  dB;
2. Le porte dei locali tecnici hanno un potere fono isolante  $R_w$  maggiore ai 30 dB per tutti gli accessi ai suddetti locali tecnici;
3. Le aperture di aerazione verso l'esterno del locale tecnologico, saranno schermate da griglia afonica di profondità 30 cm;

Tali accorgimenti permettono previsionalmente il rispetto del limite pari a  $L_{eq}=25$  dB(A) nei locali della struttura adibita a centro ricerche biomedicali CIRP.

Si sottolinea in oltre che l'ottimo potere fono isolante della soletta interpiano a piastra in calcestruzzo armato di notevole spessore ( $R_w$  66 dB(A)) garantisce anche il rispetto del limite normativo per impianti a funzionamento continuo nei confronti dei laboratori posti al piano superiore al locale tecnico, e dei locali posti sotto al piano copertura dove sono previsionalmente installate le torri evaporative delle centrali frigorifere.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## 5. CONCLUSIONI

Si conclude che sono progettualmente ottemperati, salvo il rispetto delle indicazioni del presente progetto, i requisiti acustici passivi dell'edificio destinato a centro ricerche biomediche CIRP, in riferimento al DPCM 5/12/97 e alla norma UNI1136700-2010. Deve essere cura della Direzione Lavori assicurare la conformità dei materiali e delle strutture alle richieste progettuali e verificarne la corretta messa in posa. Si sottolinea in tale ambito l'importanza della scelta dei serramenti e la corretta messa in posa degli stessi, onde evitare ponti acustici. Si rileva infatti nella corretta scelta e posa dei serramenti il punto critico per il rispetto del limite relativo all'Isolamento Acustico normalizzato di facciata.

Per quanto concerne l'isolamento acustico interno tra i vari ambienti che costituiscono il centro ricerche biomediche CIRP si ribadisce ancora che tale edificio risulta progettualmente come un'unica unità immobiliare, e pertanto per il DPCM 5/12/97 non sarebbero passibili di verifica tali partizioni. Si rileva inoltre che le diverse stanze non sono completamente isolate le une dalle altre, ma vi è sempre un locale comune di disimpegno con ovvia trasmissione di rumorosità attraverso le porte di accesso. Per completezza di analisi si sono analizzate e verificate tali partizioni secondo quanto disposto dalla recente norma UNI1136700-2010.

Anche il rumore di calpestio garantito dalle partizioni orizzontali rispetta ampiamente i limiti normativi.

Si evidenzia infine che, in considerazione della vicinanza dell'edificio in progetto con l'area del tronco ferroviario verso Porta Nuova, e quindi in considerazione della rumorosità intrinseca della infrastruttura ferroviaria, si sono scelti infissi con vetrocamere con elevate prestazioni di fono isolamento ottenendo pertanto elevati indici di fono isolamento di facciata, molto superiori ai limiti del DPCM 5/12/97 in modo da garantire comunque un clima acustico interno adeguato e confortevole.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

## 6. ALLEGATO 01: METODI DI CALCOLO

### Metodo di calcolo $D_{2m,Tw}$

#### CALCOLO DELL'INDICE DI VALUTAZIONE DELL'ISOLAMENTO ACUSTICO NORMALIZZATO DI FACCIATA $D_{2m,nTw}$

##### Premessa

L'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione, a 2 metri di distanza della facciata ( $D_{2m,Tw}$ ), caratterizza la capacità della facciata, di una specifica stanza, di abbattere il rumore proveniente dall'esterno.

Tale indice dipende dal potere fonoisolante apparente della facciata, dalla forma esterna della facciata e dalle dimensioni della stanza in esame.

Le procedure utilizzate per calcolare  $D_{2m,Tw}$  di seguito esposte sono tratte direttamente dal rapporto tecnico, in elaborazione da parte dell'UNI, sviluppato per applicare alla tipologia costruttiva nazionale le norme serie EN 12354.

### Metodo di calcolo

#### Calcolo di $D_{2m,Tw}$

L'indice  $D_{2m,Tw}$  viene calcolato con la seguente formula

$$D_{2m,nTw} = R'_w + \Delta L_{f,e} + 10 \log \left( \frac{V}{6T_0 S_{tot}} \right)$$

dove:

$R'_w$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente della facciata [dB]

$\Delta L_{f,e}$  è il termine correttivo che quantifica l'influenza delle caratteristiche della facciata [dB]

$V$  è il volume interno del locale considerato [ $m^3$ ]

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

$S_{tot}$  è la superficie di facciata vista dall'interno [ $m^2$ ]

#### Calcolo di $R'_w$

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente ( $R'_w$ ) della facciata è calcolato sulla base dei valori dell'indice di valutazione del potere fonoisolante ( $R_w$ ) dei singoli elementi che la costituiscono (elementi opachi e serramenti) e sulla base degli indici di isolamento acustico ( $D_{newi}$ ) dei piccoli elementi presenti su di essa.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

Per piccoli elementi si intendono gli elementi di edificio, con l'eccezione di porte e finestre, con area minore di 1 m<sup>2</sup>. Ad esempio vengono considerati piccoli elementi le bocchette di ventilazione, gli ingressi d'aria e i cassonetti delle tapparelle.

$$R_w = -10 \log \left( \sum_{i=1}^n \frac{S_i}{S_{tot}} 10^{\frac{-R_{n,i}}{10}} + \frac{A_0}{S_{tot}} \sum_{i=1}^p 10^{\frac{-D_{n,e,i}}{10}} \right) - K$$

dove:

$R_{w,i}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento i-esimo costituente la

facciata [dB]

$S_i$  è la superficie dell'elemento i-esimo di facciata visto dall'interno del locale [m<sup>2</sup>]

$A_0$  sono le unità di assorbimento di riferimento, pari a 10 m<sup>2</sup>

$D_{n,e,i}$  è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato del

piccolo elemento i-esimo [dB]

$K$  è la correzione relativa al contributo della trasmissione laterale

#### Calcolo di $R_{w,i}$

La capacità di abbattere i rumori di una singola struttura può essere definita con un unico numero denominato: indice di valutazione del potere fonoisolante ( $R_w$ ).

La determinazione di tale indice può essere effettuata basandosi su (in ordine di attendibilità):

- dati di laboratorio
- correlazioni specifiche
- relazioni generali

#### Dati di laboratorio

Come dati di laboratorio devono essere utilizzate informazioni riportate in rapporti di prova ottenuti mediante misurazioni conformi alla normativa europea di più recente approvazione.

Per tali informazioni occorre puntualizzare alcuni aspetti.

Il campione di laboratorio:

- sarà sicuramente diverso, in particolar modo per la cura durante la posa, dalla struttura realmente realizzata in cantiere;
- non presenta normalmente le disomogeneità dovute a componenti strutturali, impianti, ecc.
- non è soggetto agli stessi periodi di stagionatura del cantiere;

Infine i rapporti di miscela delle malte utilizzate per realizzare il campione di prova normalmente non sono uguali a quelli utilizzati per realizzare la struttura in opera. Per cui quando si utilizzano dati di laboratorio occorre sempre applicare un fattore cautelativo che tenga conto di queste difformità; l'entità di tale fattore deve essere valutata dal progettista in base alla propria esperienza.



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

### *Correlazioni specifiche*

Per correlazioni specifiche invece si intende l'utilizzo di prove di laboratorio effettuate su elementi costituiti dallo stesso materiale di quello in esame, aventi caratteristiche morfologiche analoghe ad esso.

### *Relazioni generali*

Infine per relazioni generali si intendono opportuni algoritmi matematici.

In funzione della massa frontale della struttura ( $m'$ ) (Kg/mq) (definita come il prodotto tra la densità e lo spessore dell'elemento), ed eventualmente di altri parametri, si ricava il valore di  $R_w$  dell'elemento divisorio mediante una apposita equazione.

### *Calcolo di $D_{neiW}$*

L'indice di isolamento acustico proprio dei piccoli elementi può essere ricavato da certificati di prove di laboratorio.

Nel caso invece si disponga del valore di potere fonoisolante del piccolo elemento ( $R_w$ ), il valore dell'isolamento acustico può essere ricavato mediante la formula:

$$D_{neiW} = R_w - 10 \log \frac{S}{A_0}$$

dove:

$R_w$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante del piccolo elemento [dB]

$S$  è la superficie del piccolo elemento [ $m^2$ ]

$A_0$  sono le unità di assorbimento di riferimento, pari a  $10 m^2$

### *Calcolo di $K$*

Il contributo della trasmissione laterale è solitamente trascurabile. Se però elementi di facciata rigidi e pesanti (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati rigidamente ad altri elementi rigidi all'interno dell'ambiente ricevente, come pavimenti o pareti divisorie, la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale. Ciò potrebbe diventare rilevante se sono richiesti elevati requisiti di isolamento dal rumore. Di conseguenza, a favore di sicurezza, nei casi che comportano la presenza di elementi rigidi si può considerare la trasmissione laterale in maniera "globale" diminuendo il potere fonoisolante di 2 dB. ( $K = 2$  dB). Altrimenti  $K = 0$

### *Calcolo di $\Delta L_{fs}$*

Il termine correttivo che quantifica l'influenza delle caratteristiche della facciata dipende dalla forma della facciata, dall'assorbimento acustico delle eventuali superfici di sottobalcone e dal modo di incidenza delle onde sonore.





A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

### Calcolo di $L'_{nw}$

L'indice  $L'_{nw}$  viene calcolato con la seguente formula

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

dove:

$L_{nw,eq}$  è il livello di rumore da calpestio equivalente riferito al solaio "nudo", privo dellostrato di pavimento galleggiante [dB]

$\Delta L_w$  è l'indice di valutazione relativo alla riduzione dei rumori di calpestio dovuto allapresenza di pavimento galleggiante o rivestimento resiliente [dB]

K è la correzione da apportare per la presenza di trasmissione laterale di rumore. Il suo valore dipende dalla massa superficiale del solaio "nudo" e dalla massa superficiale delle strutture laterali [dB]

### Calcolo di $L_{mweq}$

Il valore di  $L_{mweq}$ , relativo alla struttura priva di pavimento galleggiante, può essere ricavata da prove di laboratorio oppure calcolata con la seguente formula.

$$L_{mweq} = 164 - 35 \log \frac{m'}{m'_0}$$

dove:

$m'$  è la massa superficiale del solaio "nudo" ( $\text{kg}/\text{m}^2$ )

$m'_0$  è la massa di riferimento pari a  $1 \text{ kg}/\text{m}^2$

Secondo quanto prescritto dalla normativa UNI EN 12354-2; 2002, tale formula è utilizzabile per solai di tipo "omogeneo" aventi massa per unità di area ( $m'$ ) compresa tra 100 e  $600 \text{ kg}/\text{m}^2$ .

### Calcolo di $\Delta L_w$

L'indice  $\Delta L_w$  può essere ricavato da certificati di laboratorio conformi alle seguenti normative:

UNI EN ISO 140-6 nel caso di strati resilienti utilizzati sotto il massetto (pavimenti galleggianti). Si fa presente che per i "pavimenti galleggianti" si richiede che la prova venga effettuata su un campione di almeno  $10 \text{ m}^2$  di massetto.

UNI EN ISO 140-8 nel caso di strati resilienti utilizzati come rivestimento (ad esempio rivestimenti in linoleum).



A.T.P.: Ai Engineering S.r.l. (capogruppo mandataria); Ai Studio (mandante); DUO' dott. geol. (mandante)

L'indice può anche essere ricavato analiticamente, per quanto riguarda i pavimenti galleggianti, mediante le seguenti formule.

$$\Delta L_w = 30 \log \frac{f}{f_0} + 3 \quad (\text{per pavimenti galleggianti realizzati con massetto in calcestruzzo})$$

$$\Delta L_w = 40 \log \frac{f}{f_0} - 3 \quad (\text{per pavimenti galleggianti realizzati con massetto a secco})$$

dove:

f è la frequenza di riferimento pari a 500 Hz

f<sub>0</sub> è la frequenza di risonanza del sistema massetto+strato resiliente, calcolata in base alla seguente relazione:

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{s'}{m'}}$$

dove:

s' è la rigidità dinamica dello strato resiliente interposto ottenuta secondo prove di laboratorio conformi alla UNI EN 29052-1; 1993 [MN/m<sup>3</sup>]

m' è la massa superficiale del massetto soprastante lo strato resiliente [kg/m<sup>2</sup>]

#### Calcolo di K

Il valore dell'indice K è ricavabile da una tabella riportata nella normativa. Esso dipende dalla massa superficiale del solaio "nudo", privo di pavimento galleggiante e dalla massa superficiale media della pareti laterali. La massa superficiale media delle pareti laterali si calcola facendo la media ponderata secondo la dimensione delle varie strutture, senza considerare le masse proprie di eventuali strati di rivestimento.