



COMUNE DI FANO

Provincia di Pesaro e Urbino

SETTORE 5° - LL.PP. - URBANISTICA

U.O. NUOVE OPERE

**COSTRUZIONE DI POLO SCOLASTICO IN
LOCALITA' CUCCURANO CARRARA -
LOTTO 1 - SCUOLA ELEMENTARE CON
PALESTRA.**

PROGETTO DEFINITIVO

ACUSTICA IN EDILIZIA

**L. 447/1995 - D.P.C.M. 5/12/1997 - L.R. 28/2001
CERTIFICATO ACUSTICO DI PROGETTO**

PROGETTO ARCHITETTONICO:	Dott. Arch. Pamela Lisotta Dott. Arch. Rodolfo Romagnoli
PROGETTO STRUTTURALE:	Dott. Ing. Federico Fabbri
IMPIANTI TECNOLOGICI:	Dott. Ing. Guglielmo Cetrone P.I. Fabrizio Battistelli P.I. Gianluca Cantiani
IMPIANTO ELETTRICO:	P.I. Tedizio Zacchilli
RETI IDRICA E GAS:	P.I. Fabrizio Battistelli
COLLETTORE ACQUE BIANCHE:	Dott. Ing. Giacomo Furlani
ACUSTICA IN EDILIZIA:	Dott. Ing. Guglielmo Cetrone
COLLABORATORI:	Dott. Arch. Elena De Vita P.I. Maurizio Polverari Geom. Mario Silvestrini Geom. Paolo Morelli
RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Dott. Arch. Luigina Mischiatti	

DATA: LUGLIO 2015

TAVOLA

CAP - RT

PREMESSA

Il Certificato Acustico di progetto costituisce la documentazione necessaria a verificare che la progettazione di nuove opere edilizie sia effettuata tenendo conto dei requisiti acustici passivi degli edifici determinati ai sensi dell'art. 3 - comma 1 - lettera e) della Legge 447/1995.

In applicazione della Legge 447/1995 è stato emanato il D.P.C.M. 5/12/1997 che riporta i limiti prestazionali relativi alle caratteristiche acustiche dei prodotti edilizi al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore; l'ambito di applicazione del decreto comprende i requisiti acustici passivi degli edifici ed i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne; intesi come requisiti da verificare in opera.

La corretta progettazione costituisce il fondamento per potere ottenere in opera le prestazioni acustiche idonee in funzione dell'utilizzo e della collocazione della struttura edilizia.

Le prestazioni acustiche in opera, tipiche della struttura edilizia, in fase progettuale possono essere valutate a livello previsionale utilizzando opportune metodologie di calcolo che possano tenere in considerazione la molteplicità di fattori che hanno influenza sul risultato finale.

La verifica delle valutazioni previsionali di progetto relative al rispetto delle prestazioni acustiche dell'edificio può essere ottenuta a lavori ultimati mediante collaudo in opera.

La progettazione delle soluzioni di isolamento acustico e la valutazione previsionale delle prestazioni acustiche in opera prendono in considerazione, per quanto pertinente allo specifico intervento, i seguenti elementi: isolamento acustico di facciata, isolamento acustico dei divisori orizzontali e verticali, isolamento al rumore di calpestio, rumore generato dagli impianti tecnologici di servizio a funzionamento continuo e discontinuo.

DESCRIZIONE GENERALE

L'amministrazione responsabile del progetto per l'intervento in esame è il Comune di Fano - Settore 5° - LL.PP. - Urbanistica - U.O. Nuove Opere.

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo polo scolastico in località Cuccurano - Carrara nel comune di Fano (PU).

Complessivamente il progetto del nuovo polo scolastico prevede la realizzazione di una scuola elementare, di una palestra e di una scuola materna con servizio cucina e refezione.

Il progetto verrà attuato in due fasi successive; nella prima fase (lotto 1) è prevista la realizzazione della scuola elementare e della palestra; nella seconda fase (lotto 2) è prevista la realizzazione della scuola materna con servizio cucina e refezione.

La presente Relazione di Valutazione Previsionale del Clima Acustico si riferisce nello specifico alla prima fase di attuazione del progetto (lotto 1).

RELAZIONE DI VALUTAZIONE PREVISIONALE DEL CLIMA ACUSTICO

Per quanto riguarda la valutazione previsionale del clima acustico dell'area oggetto di intervento si fa riferimento allo specifico documento redatto, come previsto dalla D.G.R. Marche 896/2003 - punto 5.4, relativamente al progetto del nuovo polo scolastico.

In considerazione delle verifiche previsionali riportate nel documento di valutazione del clima acustico dell'area interessata dalla realizzazione del nuovo polo scolastico, è possibile ritenere che siano verificate le condizioni di compatibilità per la realizzazione dell'opera nel rispetto dei requisiti di protezione acustica previsti nell'ambito della classificazione acustica.

STUDIO DELLA COLLOCAZIONE E DELL'ORIENTAMENTO DEI FABBRICATI IN RELAZIONE ALLE PRINCIPALI SORGENTI DI RUMORE PRESENTI NELL'AREA

Come riportato nel documento di valutazione previsionale del clima acustico, l'area interessata dall'intervento per la realizzazione del nuovo polo scolastico ha come principali sorgenti di rumore le infrastrutture stradali costituite dalla SP3 Flaminia e dalla strada prevista dal P.R.G. per garantire la viabilità interna al comparto e l'innesto funzionale con la SP3 Flaminia.

La SP3 Flaminia è situata sul lato Nord dell'area in esame ed in base alle previsioni del P.R.G. dovrà sorgere un nuovo insediamento abitativo nella fascia compresa tra l'infrastruttura stradale ed il polo scolastico.

Cautelativamente in sede di verifica del clima acustico dell'area non si è tenuto conto dell'effetto schermante realizzato dal nuovo insediamento nei confronti della sorgente di rumore costituita dalla SP3 Flaminia.

La strada prevista dal P.R.G. è situata sui lati Sud ed Ovest dell'area in esame ed il confine stradale è a ridosso del confine delle aree esterne di pertinenza degli edifici che costituiscono il polo scolastico.

STUDIO DELLA DISTRIBUZIONE DEI LOCALI IN RELAZIONE ALLA DESTINAZIONE D'USO PER MINIMIZZARE L'ESPOSIZIONE AL RUMORE DERIVANTE DA SORGENTI ESTERNE O INTERNE

Per quanto riguarda l'edificio destinato a scuola elementare le aule ed i laboratori destinati all'attività didattica risultano ubicati sul perimetro del fabbricato mentre al centro è presente un corridoio distributivo.

La dislocazione dei locali per l'attività didattica è studiata in modo da consentire a tutti gli ambienti di ricevere illuminazione ed aerazione direttamente dall'esterno e di usufruire di un collegamento diretto con le aree esterne di pertinenza per lo svolgimento di alcune attività all'aperto.

I locali che si affacciano sui lati Nord, Sud e Ovest sono quelli maggiormente esposti agli effetti della presenza delle sorgenti di rumore costituite dalle infrastrutture stradali; i locali che si affacciano sul lato Est sia allo stato attuale che in futuro, al completamento del polo scolastico,

risultano meno esposti agli effetti delle sorgenti di rumore anche per l'effetto schermante degli edifici che circonda la "corte interna" del polo scolastico.

Per quanto riguarda l'edificio destinato a palestra e servizi annessi il locale per attività sportiva si affaccia sui lati Nord, Sud ed Est; i locali del blocco spogliatoi si affacciano sui lati Nord, Sud ed Ovest.

I locali che si affacciano sul lato Nord sono quelli maggiormente esposti agli effetti della presenza della sorgente di rumore costituita dall'infrastruttura stradale SP3; gli altri locali risultano meno esposti agli effetti delle sorgenti di rumore anche per l'effetto schermante degli edifici che circonda la "corte interna" del polo scolastico.

CONTENUTI DEL D.P.C.M. 5/12/1997:

Classificazione degli edifici (art. 2 - tab. A)

- CATEGORIA E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli o assimilabili

Grandezze di riferimento (art. 2 e Allegato A):

- Indice di valutazione del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE di elementi di separazione fra ambienti (R'_w)
- Indice di valutazione dell'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA ($D_{2m,nT,w}$)
- Indice di valutazione del LIVELLO DI RUMORE DI CALPESTIO NORMALIZZATO ($L'_{n,w}$)
- LIVELLO MASSIMO DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A CON COSTANTE DI TEMPO SLOW ($L_{A_{Smax}}$) per impianti tecnologici a ciclo discontinuo (ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria)
- LIVELLO CONTINUO EQUIVALENTE DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A (L_{Aeq}) per impianti tecnologici a ciclo continuo (impianti di riscaldamento, di aerazione e di condizionamento)

Valori limite dei parametri (tab. B):

CATEGORIA E: edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli o assimilabili

- R'_w : 50 dB
- $D_{2m,nT,w}$: 48 dB
- $L'_{n,w}$: 58 dB
- $L_{A_{Smax}}$: 35 dB(A)
- L_{Aeq} : 25 dB(A)

Nel caso specifico del progetto per la nuova costruzione del polo scolastico i parametri oggetto di valutazione risultano:

- Indice di valutazione dell'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA ($D_{2m,nT,W}$);
- Indice di valutazione del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE di elementi di separazione fra ambienti (R'_w)
- LIVELLO MASSIMO DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A CON COSTANTE DI TEMPO SLOW (L_{ASmax}) per impianti tecnologici a ciclo discontinuo (ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria)
- LIVELLO CONTINUO EQUIVALENTE DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A (L_{Aeq}) per impianti tecnologici a ciclo continuo (impianti di riscaldamento, di aerazione e di condizionamento)

In particolare per l'edificio destinato alla scuola elementare viene effettuata la valutazione dell'indice di valutazione del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE di elementi di separazione fra ambienti (R'_w) in quanto, pur all'interno di una struttura di carattere unitario, nella scomposizione in singole unità a cui dare protezione reciproca dal rumore intrusivo generato presso unità contigue, i singoli locali all'interno dei quali si svolge l'attività didattica vengono ritenuti meritevoli di specifiche attenzioni in considerazione della destinazione d'uso e dell'importanza della quiete.

STUDIO DELL'ISOLAMENTO IN FACCIATA DELL'EDIFICIO IN RELAZIONE ALLA DESTINAZIONE D'USO

CARATTERISTICHE TECNICHE DEGLI ELEMENTI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO E VALUTAZIONI PREVISIONALI DEI PARAMETRI ACUSTICI

ELEMENTO OPACO DI FACCIATA

L'elemento opaco di facciata viene realizzato secondo la tipologia della parete in blocchi di laterizio con applicazione di isolamento termico a cappotto.

La parete è realizzata in blocchi di laterizio, idonei per muratura portante in zona sismica, aventi dimensioni 30x25x19 cm ($F/A=62\%$) posati con fori verticali sullo spessore di 30 cm con giunti verticali ed orizzontali continui in malta cementizia.

La parete in muratura viene intonacata sul lato interno, mentre sul lato esterno viene applicato il materiale isolante termico/acustico con realizzazione di una finitura in lastre di fibrocemento fissate su una struttura metallica del tipo guide e montanti.

Il materiale isolante termico/acustico è costituito da pannelli in lana di roccia aventi spessore 100 mm e densità 70 kg/m³.

L'applicazione dell'isolante termico/acustico costituito da pannelli in lana di roccia e l'applicazione della finitura esterna in lastre di gesso fibra si configura come un sistema di placcaggio per la parete in muratura con funzionamento analogo a quello di un sistema risonante.

Il miglioramento del potere fonoisolante complessivo di una parete con sistema di placcaggio dipende dal potere fonoisolante della struttura muraria di base, dalla frequenza di risonanza del sistema e dalle caratteristiche del supporto elastico posto nell'intercapedine.

Struttura dell'elemento di facciata:

Descrizione componente		Spessore (mm)
1	Intonaco interno	15
2	Blocco in laterizio (F/A=62%)	300
3	Pannello in lana di roccia ($\rho=70 \text{ kg/m}^3$)	100
4	Lastra in fibrocemento per esterno tipo Aquapanel	15
		430

Il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante della parete in muratura, intonacata soltanto sul lato interno, avente spessore $s=300 \text{ mm}$ viene assunto pari a **48 dB**.

Il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante è stato dedotto in base a prove di laboratorio e verifiche mediante formule empiriche di calcolo a cui sono state sottoposte pareti in blocchi di laterizio di spessore pari a $s=250 \text{ mm}$ ed $s=300 \text{ mm}$ con intonaco realizzato alternativamente sulle due facce oppure su una sola delle due facce.

L'applicazione del sistema di placcaggio sul lato esterno della parete in muratura consente di migliorare la carenza di isolamento in corrispondenza della frequenza critica e di migliorare nel complesso il potere fonoisolante della struttura muraria di partenza.

L'entità del miglioramento del potere fonoisolante viene valutata sotto forma di incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w della struttura muraria di base in funzione della frequenza di risonanza f_0 .

La frequenza di risonanza del sistema placcante può essere calcolata in base alle seguente relazione:

$$f_0 = 160 \cdot (0,1/d(1/m_1 + 1/m_2))^{1/2} = 50 \cdot (1/d(1/m_1 + 1/m_2))^{1/2}$$

dove:

d: Spessore del sistema di placcaggio (m)

m_1 : Massa superficiale della struttura muraria di base (kg/m²)

m_2 : Massa superficiale del sistema di placcaggio (kg/m²)

Nel caso specifico:

$s': 0,115 \text{ m}$

$m_1: 320 \text{ kg/m}^2$

$m_2: 35 \text{ kg/m}^2$

Per cui:

$f_0 = 30 \text{ Hz}$

In base alla documentazione ISO/CEN ed in base all'elaborazione di materiale sperimentale è stata dedotta la seguente relazione per la valutazione dell'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di una parete con applicazione di un sistema di placcaggio:

$$\Delta R_w = 73 - (R_{w,m1} / 2) - 20 * \log_{10} f_0 = 73 - 24 - 30 = 19 \text{ dB}$$

Considerando un termine correttivo negativo pari a 3 dB per tenere conto di eventuali sovrastime del metodo previsionale di tipo teorico si ottiene:

$$\Delta R_w = 19 - 3 = 16 \text{ dB}$$

Di conseguenza l'indice di valutazione del potere fonoisolante complessivo della parete in muratura con sistema di placcaggio risulta pari a:

$$R_w = R_{w,m1} + \Delta R_w = 48 + 16 = 64 \text{ dB}$$

Considerando un termine correttivo negativo pari a 6 dB per tenere conto dei difetti di posa della parete in muratura, dei difetti di posa del sistema di placcaggio e delle trasmissioni laterali si ottiene la stima previsionale dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (in opera) della parete perimetrale esterna dell'edificio:

$$R'_w = 64 - 6 = 58 \text{ dB.}$$

Indice del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE (R'_w): 58 dB.

ELEMENTO OPACO DI COPERTURA

L'elemento opaco di copertura viene realizzato secondo la tipologia del solaio in latero-cemento con applicazione di isolamento termico all'estradosso realizzato con pannello sandwich.

Il solaio è realizzato con pignatte e travetti per uno spessore di 24 cm con sovrapposizione di una caldana in calcestruzzo con rete di ripartizione per uno spessore di 5 cm.

Il solaio viene intonacato all'intradosso mentre all'estradosso viene applicata la guaina impermeabilizzante e viene realizzato un ulteriore massetto ripartitore di protezione della guaina per uno spessore di 5 cm.

Al di sopra viene effettuata la posa dei pannelli sandwich con isolamento in lana minerale avente densità $80\text{-}100 \text{ kg/m}^3$, supporti in acciaio zincato / alluminio e giunti a taglio termico.

Il montaggio dei pannelli sandwich è realizzato con tasselli a fissaggio meccanico sul supporto costituito dal massetto ripartitore.

L'applicazione dell'isolante termico/acustico costituito da pannelli sandwich con isolante in lana minerale si configura come un sistema di placcaggio per il solaio in latero-cemento di copertura.

Il miglioramento del potere fonoisolante complessivo di una struttura con sistema di placcaggio dipende dal potere fonoisolante della struttura di base, dalla frequenza di risonanza del sistema e dalle caratteristiche del supporto elastico posto nell'intercapedine.

Struttura dell'elemento di facciata:

Descrizione componente		Spessore (mm)
1	Intonaco interno	15
2	Solaio in latero-cemento (240+50)	290
3	Guaina impermeabilizzante	4
4	Massetto ripartitore	50
5	Pannello sandwich con isolante in lana minerale ($\rho=80-100 \text{ kg/m}^3$)	150
		509

Il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante della struttura di base costituita da solaio in latero-cemento intonacato all'intradosso e con applicazione di guaina impermeabilizzante e massetto ripartitore all'estradosso viene assunto pari a **50 dB**.

Il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante del solaio è stato calcolato sulla base di una relazione empirica basata sull'elaborazione di dati sperimentali:

$$R_w = 22,4 * \log m' - 6,5$$

dove:

$$m' = 365 \text{ kg/m}^2 \text{ massa superficiale del solaio.}$$

La posa in opera del pannello sandwich per l'isolamento termico/acustico del solaio di copertura corrisponde all'applicazione di un sistema di placcaggio sul lato esterno del solaio in latero-cemento che consente di migliorare la carenza di isolamento in corrispondenza della frequenza critica e di migliorare nel complesso il potere fonoisolante della struttura di partenza del solaio.

L'entità del miglioramento del potere fonoisolante viene valutata sotto forma di incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R_w della struttura del solaio di base in funzione della frequenza di risonanza f_0 .

La frequenza di risonanza del sistema può essere calcolata in base alla seguente relazione:

$$f_0 = 160 * (0,1/d(1/m_1+1/m_2))^{1/2} = 50 * (1/d(1/m_1+1/m_2))^{1/2}$$

dove:

d: Spessore del sistema di placcaggio (m)

m_1 : Massa superficiale della struttura muraria di base (kg/m^2)

m_2 : Massa superficiale del sistema di placcaggio (kg/m^2)

Nel caso specifico:

s' : 0,15 m

m_1 : 365 kg/m²

m_2 : 15 kg/m²

Per cui:

$f_0 = 34$ Hz

In base alla documentazione ISO/CEN ed in base all'elaborazione di materiale sperimentale è stata dedotta la seguente relazione per la valutazione dell'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di un solaio in latero-cemento con applicazione di un sistema di placcaggio:

$$\Delta R_w = 73 - (R_{w,m1} / 2) - 20 * \log_{10} f_0 = 73 - 25 - 30 = 18 \text{ dB}$$

Considerando un termine correttivo negativo pari a 3 dB per tenere conto di eventuali sovrastime del metodo previsionale di tipo teorico si ottiene:

$$\Delta R_w = 18 - 3 = 15 \text{ dB}$$

Di conseguenza l'indice di valutazione del potere fonoisolante complessivo del solaio in latero-cemento con sistema di placcaggio risulta pari a:

$$R_w = R_{w,m1} + \Delta R_w = 50 + 15 = 65 \text{ dB}$$

Considerando un termine correttivo negativo pari a 6 dB per tenere conto dei difetti di posa del solaio in latero-cemento, dei difetti di posa del sistema di placcaggio e delle trasmissioni laterali si ottiene la stima previsionale dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (in opera) del solaio di copertura dell'edificio:

$$R'_w = 65 - 6 = 59 \text{ dB.}$$

Indice del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE (R'_w): 58 dB.

ELEMENTO TRASPARENTE DI FACCIATA (INFISSO + VETRATA)

Gli elementi finestrati di facciata vengono realizzati secondo la tipologia dell'infisso in acciaio zincato con profili Mogs Ferro Finestra con tecnologia a taglio termico; le vetrate vengono realizzate con vetri stratificati ed interposizione di camera d'aria.

A livello di valutazione previsionale viene indicato il valore del potere fonoisolante che le vetrate e gli elementi finestrati nel loro complesso devono presentare nella situazione più sfavorevole in termini di rapporto superficie trasparente e superficie opaca di facciata (aule didattiche e laboratori) per contribuire a garantire idonei valori di isolamento acustico standardizzato di facciata.

Il potere fonoisolante degli elementi finestrati devono essere attestati mediante rapporti di prova di laboratorio relativi alla stessa tipologia ed alla stessa dimensione di elementi finestrati tenendo in opportuna considerazione il fattore correttivo legato all'utilizzo di una sorgente con spettro di frequenza analogo al rumore da traffico.

Il traffico veicolare costituisce infatti la principale sorgente di rumore della zona dell'area in esame.

Indice di valutazione del POTERE FONOISOLANTE apparente (in opera) (R'_w) dell'elemento finestrato: **45 dB**.

Il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente dell'elemento finestrato si ottiene partendo dal valore pari a 48 dB dell'indice di valutazione del potere fonoisolante di una vetrata stratificata con camera d'aria nella configurazione **44.2A-20-66.2A** ed applicando un termine correttivo pari a 3 dB per tenere conto della perdita di isolamento della vetrata nel montaggio sull'infisso metallico.

Non si considerano ulteriori termini correttivi per tenere conto della posa in opera in quanto con opportune tecniche di montaggio è possibile garantire in opera il valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento finestrato.

ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA

L'isolamento acustico standardizzato di facciata è un parametro che deriva dalla composizione dei valori degli indici di valutazione del potere fonoisolante apparente degli elementi presenti in facciata, proporzionalmente alla superficie degli elementi stessi.

La relazione utilizzata per la determinazione dell'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata è la seguente:

$$D_{2m,nT,w} = R' + \Delta L_{fs} + 10 * \log (V/(6*T_0*S)) \text{ (dB)}$$

dove:

R' : indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata (dB)

ΔL_{fs} : differenza di livello sonoro per forma della facciata (dB)

V : volume ambiente ricevente (m^3)

S : superficie della facciata come vista dall'interno (m^2)

T_0 : tempo di riverberazione di riferimento 0,5 s

La relazione utilizzata per la determinazione dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente di facciata è la seguente:

dove:

$$R' = -10 \log ((S_1/S * 10^{-R_{w1}/10}) + (S_2/S * 10^{-R_{w2}/10})) - K$$

dove:

R_{wi} = indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento normale di facciata i-esimo

S_i = superficie dell'elemento normale di facciata

S = superficie complessiva della facciata vista dall'interno

K = correzione relativa al contributo globale della trasmissione laterale: 2 dB

Nel caso specifico, considerando la situazione largamente più sfavorevole degli elementi di facciata delle aule didattiche e dei laboratori, con prevalenza di elementi trasparenti di facciata rispetto agli elementi opachi:

$R'_{w1} = 58$ dB (Elemento opaco di facciata)

$R'_{w2} = 45$ dB (Elemento trasparente di facciata)

$R' = 44$ dB

Il termine ΔL_{fs} dovuto agli effetti schermanti di balconi e aggetti ed alle riflessioni multiple tra superficie riflettenti di facciata non è rilevante nel caso specifico e viene pertanto trascurato.

Il termine legato al rapporto $\log (V/(6*T_0*S))$ non risulta trascurabile ed inoltre i valori dei parametri presenti nella relazione non possono essere oggetto di modifiche nel tempo; pertanto si ritiene di tenere conto dei suoi effetti correttivi:

$$10 * \log (V/(6*T_0*S)) = 4 \text{ dB}$$

$$D_{2m,nT,w} = R' + 10 * \log (V/(6*T_0*S)) = 44 + 4 = 48 \text{ dB}$$

Dalle verifiche effettuate risulta che il valore dell'indice di valutazione dell'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIATA nelle condizioni indicate risulta uguale al valore limite $D_{2m,nT,w} = 48$ dB riportato dalla tab. B del D.P.C.M. 5/12/1997 per edifici di CATEGORIA E (edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli ed assimilabili) per cui la verifica del requisito risulta positiva.

SCOMPOSIZIONE DELL'EDIFICIO IN UNITA' SINGOLE A CUI DARE DIFESA RECIPROCA DAL RUMORE INTRUSIVO GENERATO PRESSO LE UNITA' CONTIGUE

CALCOLO DELL'ISOLAMENTO DELLE PARTIZIONI VERTICALI

L'elemento divisorio verticale viene ad essere realizzato secondo la tipologia della doppia parete in blocchi forati con inserimento nell'intercapedine di un materiale con caratteristiche fonoassorbenti e fonoimpedenti.

La prima parete viene ad essere realizzata con blocchi forati 12x25x25 (F/A=66%) posati con fori orizzontali sullo spessore di 12 cm con giunti verticali ed orizzontali continui in malta cementizia.

La seconda parete viene ad essere realizzata con blocchi forati da tramezza 8x25x25 (F/A=64%) posati con fori orizzontali sullo spessore di 8 cm con giunti verticali ed orizzontali continui in malta cementizia.

Le pareti vengono intonacate sulle due facce e viene realizzato un rinzaffo sulla faccia interna della parete di spessore 12 cm sulla quale viene applicato il materiale con caratteristiche fonoassorbenti e fonoimpedenti.

Le pareti in blocchi forati vengono desolidarizzate rispetto ai solai e rispetto alle pareti perimetrali esterne mediante interposizione di una fascia in conglomerato di granuli di gomma dello spessore di 5 mm.

Il materiale fonoassorbente e fonoimpedente risulta costituito da pannelli autoportanti battentati formati dall'accoppiamento di n. 2 strati di lana minerale dello spessore di 20 mm con interposizione di una massa plastomerica (7,5 kg/m²); spessore complessivo dei pannelli pari a 47 mm.

Deve essere posta particolare attenzione ad evitare di creare punti di contatto (sbavature di malta) tra materiale fonoassorbente poroso e seconda parete in forati.

Struttura dell'elemento divisorio verticale:

Descrizione componente		Spessore (mm)
1	Intonaco	15
2	Blocco forato da tramezza	80
3	Lana minerale + massa plastomerica (intercapedine s=50mm)	47
4	Rinzaffo	10
5	Blocco forato	120
6	Intonaco	15
		290

Indice di valutazione del POTERE FONOISOLANTE (R_w): 54 dB.

Il valore di cui sopra è relativo ad una prova di laboratorio (N. 170 del 05/11/2004 presso dipartimento di fisica tecnica della facoltà di ingegneria dell'Università di Padova) condotta su un componente analogo a quello in esame dall'azienda produttrice del materiale isolante fonoassorbente/fonoimpedente.

Utilizzando invece leggi empiriche, ricavate sulla base di dati sperimentali ottenuti in laboratorio, basate sulla massa superficiale (m'), e che tengono conto dell'effetto della dimensione della cavità interposta tra le due pareti, ma non del tipo di isolante utilizzato, si nota come l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente risulta pari a 51 dB; si ritiene il risultato coerente con quello ottenuto in laboratorio considerando l'effetto della presenza del materiale isolante pari a 3 dB di incremento del valore calcolato.

Inserendo cautelativamente un coefficiente di riduzione pari a 3 dB per tenere conto delle trasmissioni laterali e delle imperfezioni di posa in opera della muratura e dell'isolante; si ottiene un valore dell'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente (in opera) rappresentativo a livello previsionale delle prestazioni acustiche dell'elemento divisorio in esame.

Indice del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE ($R'w$): 51 dB.

Il valore dell'indice di valutazione del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE è pari al valore limite $R'w = 50$ dB riportato dalla tab. B del D.P.C.M. 5/12/1997 per edifici di CATEGORIA A (edifici adibiti a residenza o assimilabili) per cui la verifica del requisito risulta positiva.

LIMITAZIONE DEL RUMORE IDRAULICO ED IMPIANTISTICO

Le tipologie di impianti tecnologici presenti all'interno degli edifici del polo scolastico sono le seguenti:

- Impianto di climatizzazione invernale ed estiva completo di componenti per la termoregolazione, rete di distribuzione del fluido termovettore, rete di distribuzione dell'aria, terminali di erogazione;
- Impianto di ventilazione meccanica controllata completo di componenti per la termoregolazione, rete di distribuzione del fluido termovettore, rete di distribuzione dell'aria, terminali di erogazione;
- Impianto termico completo di componenti per la termoregolazione, rete di distribuzione e terminali di erogazione;
- Impianto adduzione gas a servizio del generatore di calore;
- Impianto idrico-sanitario completo di rete di distribuzione, allacci degli apparecchi sanitari e apparecchi sanitari;
- Impianto di scarico delle acque reflue;
- Impianto di sollevamento tipo montacarichi.

Nella progettazione degli impianti tecnologici due aspetti hanno particolare rilevanza ai fini della riduzione del disturbo provocato dagli impianti tecnologici a carico degli ambienti in cui si svolge l'attività didattica:

- 1) Installazione delle apparecchiature per la produzione dell'energia termica, frigorifera ed elettrica a livello del piano copertura all'interno di appositi locali destinati agli impianti tecnologici;
- 2) Installazione delle reti di distribuzione e dei terminali di erogazione dell'impianto di climatizzazione e di ventilazione a servizio dei locali destinati all'attività didattica in corrispondenza del corridoio distributivo centrale all'interno del controsoffitto.

In questo modo vengono risolti buona parte dei problemi connessi alla rumorosità degli impianti tecnologici.

E' infatti possibile localizzare gli interventi di isolamento acustico relativi alla parte di generazione dell'energia nei locali tecnici ubicati al piano copertura.

E' inoltre possibile localizzare gli interventi di isolamento acustico relativi alla parte di distribuzione ed erogazione dell'energia nel corridoio distributivo centrale anziché all'interno delle aule didattiche e dei laboratori.

Nella progettazione degli impianti tecnologici interni agli ambienti viene prestata attenzione alla scelta delle posizioni ed alle caratteristiche delle apparecchiature per la distribuzione dell'aria valutandone le prestazioni acustiche in funzione della geometria e del tempo di riverberazione degli ambienti di installazione ed inoltre vengono presi i seguenti provvedimenti:

1. La dislocazione delle apparecchiature è studiata in modo tale da ridurre al minimo l'interferenza tra potenziali sorgenti di rumore e locali disturbati;
2. I percorsi delle tubazioni e delle canalizzazioni sono studiati in sede di progetto in modo da creare, per quanto possibile, cavedi e spazi tecnici evitando la dispersione delle tubazioni e delle canalizzazioni nelle strutture, la creazione di ponti acustici e la trasmissione di rumore per via strutturale;
3. Le tubazioni e le canalizzazioni sono dimensionate in modo da mantenere la velocità del fluido convogliato ampiamente al di sotto dei valori critici ai quali possono corrispondere fenomeni di generazione di rumori e vibrazioni;
4. Le tubazioni e le canalizzazioni sono installate su appositi supporti e protette da idoneo materiale isolante al fine di ridurre il passaggio di vibrazioni alla struttura di alloggiamento;
5. Le tubazioni sono desolidarizzate rispetto alle elettropompe mediante elementi antivibranti;
6. Gli impianti di scarico sono dimensionati in funzione delle effettive unità di scarico;
7. Il dimensionamento del sistema di ventilazione viene effettuato con gli stessi criteri dell'impianto di scarico;
8. Vengono utilizzate tubazioni con caratteristiche di fonoassorbimento idonee al tipo di utilizzo;
9. L'installazione delle cassette di scarico da incasso viene effettuata su pareti interne ai servizi igienici e non adiacenti ad altri ambienti destinati allo svolgimento dell'attività didattica;

10. L'installazione delle cassette di scarico da incasso viene effettuata prevedendo che le stesse siano incassate in una struttura muraria riportata all'esterno degli elementi divisorii ai quali sono state attribuite specifiche caratteristiche di isolamento acustico;
11. Gli elementi divisorii verticali tra ambienti destinati ad attività didattica vengono preservati per quanto possibile dalla realizzazione di tracce per il passaggio di tubazioni e dall'installazione di scatole di derivazione e portafrutti; nel caso in cui questa misura non sia attuabile integralmente si deve tenere conto di ridurre al minimo il danneggiamento degli elementi in laterizio e si deve evitare di fare coincidere scatole da incasso sulle due facce dell'elemento divisorio;
12. Le guide di scorrimento dell'impianto di sollevamento (montacarichi) vengono posizionate prevedendo, per quanto compatibile con le esigenze di carattere strutturale, elementi di desolidarizzazione aventi funzione di limitazione della trasmissione per via strutturale dei rumori generati dall'impianto di sollevamento stesso.

In considerazione degli accorgimenti progettuali e realizzativi adottati a livello impiantistico si ritiene di conseguire un sensibile miglioramento delle prestazioni acustiche dei componenti impiantistici a servizio degli edifici del polo scolastico.

A livello di valutazione previsionale:

- **per gli impianti a funzionamento discontinuo il LIVELLO MASSIMO DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A CON COSTANTE DI TEMPO SLOW (L_{ASmax}) risulta inferiore al limite di 35 dB(A) nell'ambiente in cui il livello di rumore è più elevato.**
- **per gli impianti a funzionamento continuo il LIVELLO CONTINUO EQUIVALENTE DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A (LA_{eq}) risulta inferiore al limite di 25 dB(A) nell'ambiente in cui il livello di rumore è più elevato.**

La verifica dei requisiti acustici risulta pertanto positiva.

In considerazione delle sorgenti di rumore costituite dal traffico veicolare delle infrastrutture stradali poste in prossimità dell'area del polo scolastico ed in considerazione degli accorgimenti adottati per la riduzione della rumorosità degli impianti tecnologici di servizio si ritiene che gli impianti stessi non alterino i livelli di rumorosità tipici dell'area e quindi che non costituiscano potenziale elemento di disturbo per i ricettori costituiti dagli edifici presenti nelle aree circostanti.

Inoltre gli orari di svolgimento dell'attività del polo scolastico sono concentrati nel periodo diurno e quindi non si ha nessun tipo di interferenza con il periodo notturno di riposo che costituisce l'elemento più critico per gli insediamenti di carattere abitativo.

CONFRONTO DEI DATI PROGETTUALI CON I LIMITI PREVISTI DAL D.P.C.M. 5/12/1997

In base alle valutazioni di tipo previsionale condotte ai fini delle verifiche delle diverse categorie di parametri che identificano i requisiti acustici degli edifici di cui al D.P.C.M. 5/12/1997 risulta che i valori limite sono verificati.

In particolare, nel caso specifico del progetto per la nuova costruzione del polo scolastico i parametri oggetto di valutazione sono stati:

- Indice di valutazione dell'ISOLAMENTO ACUSTICO STANDARDIZZATO DI FACCIAIA ($D_{2m,nT,W}$);
- Indice di valutazione del POTERE FONOISOLANTE APPARENTE di elementi di separazione fra ambienti (R'_W);
- LIVELLO MASSIMO DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A CON COSTANTE DI TEMPO SLOW (L_{ASmax}) per impianti tecnologici a ciclo discontinuo (ascensori, scarichi idraulici, bagni, servizi igienici e rubinetteria);
- LIVELLO CONTINUO EQUIVALENTE DI PRESSIONE SONORA PONDERATA A (L_{Aeq}) per impianti tecnologici a ciclo continuo (impianti di riscaldamento, di aerazione e di condizionamento).

Si riportano di seguito i valori dei parametri sottoposti a verifica e derivanti dalle valutazioni di tipo previsionale ponendoli a confronto con i valori limite prescritti dal D.P.C.M. 5/12/1997:

Valori previsionali:

$D_{2m,nT,W} = 48$ dB (uguale al valore limite - verifica positiva);

$R'_W = 51$ dB (superiore al valore limite - verifica positiva);

$L_{ASmax} \leq 35$ dB (inferiore al valore limite - verifica positiva);

$L_{Aeq} \leq 25$ dB (inferiore al valore limite - verifica positiva);

Valori limite:

$D_{2m,nT,W} = 48$ dB;

$R'_W = 50$ dB;

$L_{ASmax} \leq 35$ dB;

$L_{Aeq} \leq 25$ dB;

STIMA DEL GRADO DI CONFIDENZA DELLA PREVISIONE IN RELAZIONE ALLA TIPOLOGIA DI CALCOLO SCELTA

Le valutazioni previsionali dei parametri che descrivono i requisiti acustici degli edifici sono effettuate attingendo ad elementi disponibili attraverso fonti diverse quali:

- prove di laboratorio sui materiali effettuate dalle aziende produttrici;
- formule di calcolo empiriche basate sui risultati di prove di laboratorio;
- formule di calcolo di tipo teorico applicate agli specifici parametri da sottoporre a verifica.

Nel caso del ricorso a risultati di prove di laboratorio viene effettuato un riscontro attraverso formule di calcolo empiriche a loro volta basate sui risultati di precedenti prove di laboratorio in modo da riscontrare l'affidabilità del dato disponibile.

Nel corso delle procedure di calcolo si considerano a vari livelli fattori correttivi per tenere conto di eventuali errori di stima intrinseci nel procedimento e di tutti i fattori connessi alla posa in opera che in qualche modo possono incidere sull'ottenimento in opera del valore previsto a livello di calcolo teorico.

Per tutti i motivi di cui sopra si ritiene che il metodo di calcolo previsionale adottato consenta di ottenere una valutazione attendibile dei parametri che identificano i requisiti acustici degli edifici di cui al D.P.C.M. 5/12/1997.

DICHIARAZIONE DI RISPONDEZZA

Il sottoscritto **Guglielmo Cetrone**, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Pesaro-Urbino al N° 904, riconosciuto tecnico competente in acustica ambientale con Decreto N° 165/TRA_8 del 3/10/2006 del Dirigente della Posizione di Funzione Tutela delle Risorse Ambientali ed Attività Estrattive ed inserito nell'elenco regionale dei tecnici competenti in acustica, dichiara sotto la propria personale responsabilità che il contenuto del presente documento è rispondente, per quanto indicato, alle prescrizioni contenute nella legge 447/1995, nel D.P.C.M. 5/12/1997, nella legge regione Marche 28/2001, nella D.G.R. Marche 896/2003 e nella D.G.R. Marche 809/2006.

Il tecnico competente in acustica ambientale

ing. Guglielmo Cetrone