

NUOVA LINEA TORINO LIONE - NOUVELLE LIGNE LYON TURIN
PARTE COMUNE ITALO-FRANCESE - PARTIE COMMUNE FRANCO-ITALIENNE

LOTTO COSTRUTTIVO 1 / LOT DE CONSTRUCTION 1
CANTIERE OPERATIVO 02C/CHANTIER DE CONSTRUCTION 02C
RILOCALIZZAZIONE DELL'AUTOPORTO DI SUSÀ
DEPLACEMENT DE L'AUTOPORTO DE SUSE
PROGETTO ESECUTIVO - ETUDES D'EXECUTION
CUP C11J05000030001 - CIG 682325367F

FABBRICATI
PCC-POSTO DI CONTROLLO CENTRALIZZATO
PCC_Relazione di verifica dei requisiti acustici passivi degli edifici ai sensi del DPCM 5/12/97

Indice	Date/ Data	Modifications / Modifiche	Etabli par / Concepito da	Vérifié par / Controllato da	Autorisé par / Autorizzato da
0	30/04//2018	Prime emissione Première diffusion	C. DEVECCHI (-)	L. BARBERIS (MUSINET ENG.)	C. GIOVANNETTI (MUSINET ENG.)

1	0	2	C	C	1	6	1	6	7	F	A	A	2	O	G
Lot Cos. Lot.Con.	Cantiere operativo/ Chantier de construction		Contratto/Contrat				Opera/Oeuvre			Tratto Tronçon	Parte Partie				

E	S	T	R	E	1	5	1	7	0
Fase Phase	Tipo documento Type de document		Oggetto Object		Numero documento Numéro de document			Indice Index	


**INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE/
/INTÉGRATION SPÉCIALISTE**

Dott. Arch. Chiara DEVECCHI
Albo di Torino
N°9334

SCALA / ÉCHELLE

-

IL PROGETTISTA/LE DESIGNER



Dott. Arch. Corrado GIOVANNETTI
Albo di Torino
N° 2736

L'APPALTATORE/L'ENTREPRENEUR

IL DIRETTORE DEI LAVORI/LE MAÎTRE D'ŒUVRE

SOMMAIRE / INDICE

1. PREMESSA	5
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	7
2.1 Il D.P.C.M. del 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"	7
2.1.1 I parametri considerati per il progetto.....	8
3. VERIFICA ACUSTICA DELLE OPERE IN PROGETTO	10
3.1 Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione di ambienti di una unica unità immobiliare	11
3.1.1 Prestazione serramenti interni.....	20
3.1.2 Isolamento acustico delle scale	21
3.2 Isolamento acustico di facciata.....	21
3.3 Rumore degli impianti tecnologici	27
3.3.1 Impianti a funzionamento discontinuo idrico-sanitari	28
3.3.2 Impianti a funzionamento continuo: la valutazione acustica del rumore prodotto dagli impianti tecnologici	29
3.3.2.1 Impianti ascensori	29
3.3.2.2 Impianti di ventilazione	30
3.3.2.3 Impianto di climatizzazione	31
3.3.2.4 Impianti fluido-meccanici	34
3.3.2.5 Il tempo di riverberazione degli ambienti	35
4. VERIFICA RUMOROSITÀ DEGLI IMPIANTI TECNOLOGICI	36
4.1 Impianto di climatizzazione: rumore prodotto dai ventilconvettori	38
4.2 Impianto di ventilazione: rumore prodotto dalle Unità di Trattamento Aria e ventilatori estrazione dell'aria	41
4.3 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_98_SALA Video	47
4.4 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_97_Sala crisi OPERATIVA.....	49
4.5 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_83_disimpegno	51
4.6 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_64_ufficio ospiti.....	53
4.7 Prescrizioni sugli impianti tecnologici	54
4.7.1 Prescrizioni specifiche per il fabbricato PCC, DIREZIONE d'ESERCIZIO e OK-GOL	55
4.7.1.1 Prescrizioni generali.....	56
4.7.2 Prescrizioni generali.....	58
4.7.2.1 Dimensionamento e posizionamento degli elementi smorzanti/antivibranti	58
4.7.2.2 Climatizzazione.....	59
4.7.2.3 Indicazione di corretta posa degli impianti idrico sanitari.....	61
4.7.2.4 Prescrizioni di montaggio degli impianti	62
5. CONCLUSIONI.....	62

LISTE DES FIGURES / INDICE DELLE FIGURE

Figura 1: Vista planimetrica (piano terreno) del complesso immobiliare in progetto	5
Figura 2: Planimetrica (piano terreno) del complesso immobiliare in progetto	6
Figura 3: Pianta primo piano fuori terra.....	6
Figura 4: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto con rivestimento ligneo, $R_w=65$ dB	11
Figura 5: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 65$ dB	12
Figura 6: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 56$ dB	12
Figura 7: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 56$ dB	13
Figura 8: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 56$ dB	13
Figura 9: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 47$ dB	14
Figura 10: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 47$ dB	14
Figura 11: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 65$ dB	15
Figura 12: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 65$ dB	15
Figura 13: Tipologia della parete vetrata con inserita la porta di accesso, avente $R_w=42$ dB (la parete vetrata) e $R_w=31$ dB (la porta di accesso).....	16
Figura 14: Setto ad elevato potere isolante da inserire sopra i controsoffitti al di sopra delle pareti divisorie per non vanificare l'isolamento garantito dalla parete sottostante ($D_nT_w=41$ dB).....	16
Figura 15: Sezione schematica della tipologia di solaio di progetto, avente $R_w = 57$ dB.....	17
Figura 16: Piano terra_PCC	17
Figura 17: Piano terra_PCC	18
Figura 18: Piano primo_PCC	18
Figura 19: Solaio piano terra-piano primo_PCC.....	19
Figura 20: Sezione verticale: corretta realizzazione di giunto solaio-parete desolidarizzato ..	20
Figura 21: Elementi desolidarizzanti/antivibranti tra scala e muratura di separazione.....	21
Figura 22: Sezione schematica della tipologia di muratura esterna di progetto, avente $R_w = 60$ dB	22
Figura 23: Serramento con vetrocamera	22
Figura 24: Planimetria del PIANO TERRA con indicate le facciate sulle quali sono state eseguite le verifiche.....	25
Figura 25: Planimetria del PIANO TERRA con indicate le facciate sulle quali sono state eseguite le verifiche.....	25
Figura 26: Corretta battuta di raccordo tra il controtelaio ed il telaio del serramento	27
Figura 27: Tipologie di fissaggio delle tubazioni: a) fissaggio rigido (scorretto); b) c) d) fissaggi corretti con materiale disaccoppiamento.....	28
Figura 28: a) Trasmissione dei rumori attraverso l'impianto di scarico; b) confronto prestazionale fra i diversi materiali in commercio (tubazioni di scarico)	28
Figura 29: Area generale e inquadramento del fabbricato Posto di Comando e di Controllo .	37

Figura 30: PCC - Vista prospettica dei fabbricati Nord Ovest.....	37
Figura 31: PCC - Vista prospettica dei fabbricati da Nord Est	38
Figura 32: PCC Piano Terreno : impianto climatizzazione, posizione ventilconvettori e passaggio delle tubazioni	39
Figura 33: PCC Piano Primo : impianto climatizzazione, posizione ventilconvettori e passaggio delle tubazioni	40
Figura 34: Progetto impianto di climatizzazione; pianta piano terreno, canalizzazioni di mandata e di ripresa dell'aria.....	41
Figura 35: Progetto impianto di climatizzazione; pianta piano primo, canalizzazioni di mandata e di ripresa dell'aria	42
Figura 36: CD_PT_98_SALA VIDEO bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria.....	48
Figura 37: CD_PT_98_SALA VIDEO impianti di climatizzazione.....	48
Figura 38: CD_PT_97_SALA CRISI OPERATIVA bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria	50
Figura 39: CD_PT_97_SALA CRISI OPERATIVA impianti di climatizzazione	50
Figura 40: CD_PT_83_DISIMPEGNO bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria.....	52
Figura 41: CD_PT_64_UFFICIO OSPITI bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria.....	53
Figura 42: CD_PT_64_UFFICIO OSPITI impianti di climatizzazione.....	53
Figura 43: Canali di mandata e di estrazione dell'aria dei servizi igienici: attraversamento dei canali collocati nel cavedio tra solaio e controsoffitto negli ambienti	56
Figura 44: Canali di ripresa: attraversamento dei canali collocati nel cavedio tra solaio e controsoffitto negli ambienti	57
Figura 45: Serrande ST delle canalizzazioni di mandata, ripresa e di estrazione aria dei servizi igienici: elementi critici per la generazione di rumore nei canali	57
Figura 46: Base antivibrante per macchine	58
Figura 47: Piedinature antivibranti alla base del telaio dei ventilatori.....	58
Figura 48: Esempio di giunto flessibile commerciale	59
Figura 49: Schema di principio della tipologia di intervento da effettuare sul canale di espulsione per il ventilatore VE	60
Figura 50: Dettagli costruttivi per ridurre le perdite di isolamento acustico dovute al passaggio dei canali attraverso le partizioni	61

1. Premessa

La finalità del presente lavoro, redatto dagli scriventi Arch. Devecchi e ing. Onali, ai sensi della Legge Quadro sull'Inquinamento Acustico n°447/95, del DPCM 5/12/1997 e nel rispetto del DM 24 dicembre 2015 è quello di valutare la conformità delle opere in progetto alle prescrizioni della normativa vigente per quanto riguarda i requisiti acustici passivi degli edifici e definire gli interventi eventualmente necessari al fine dell'adeguamento normativo.

Nelle Figura 1, Figura 2 e Figura 3 sono riportate le planimetrie del piano terra e del piano primo del fabbricato Posto di Controllo Centralizzato (PCC) sito nel comune di San Didero, provincia di Torino.

Nel seguito, dopo un breve riferimento alle normative vigenti, verranno, invece, illustrati i risultati dello studio in relazione agli indici di valutazione considerati.

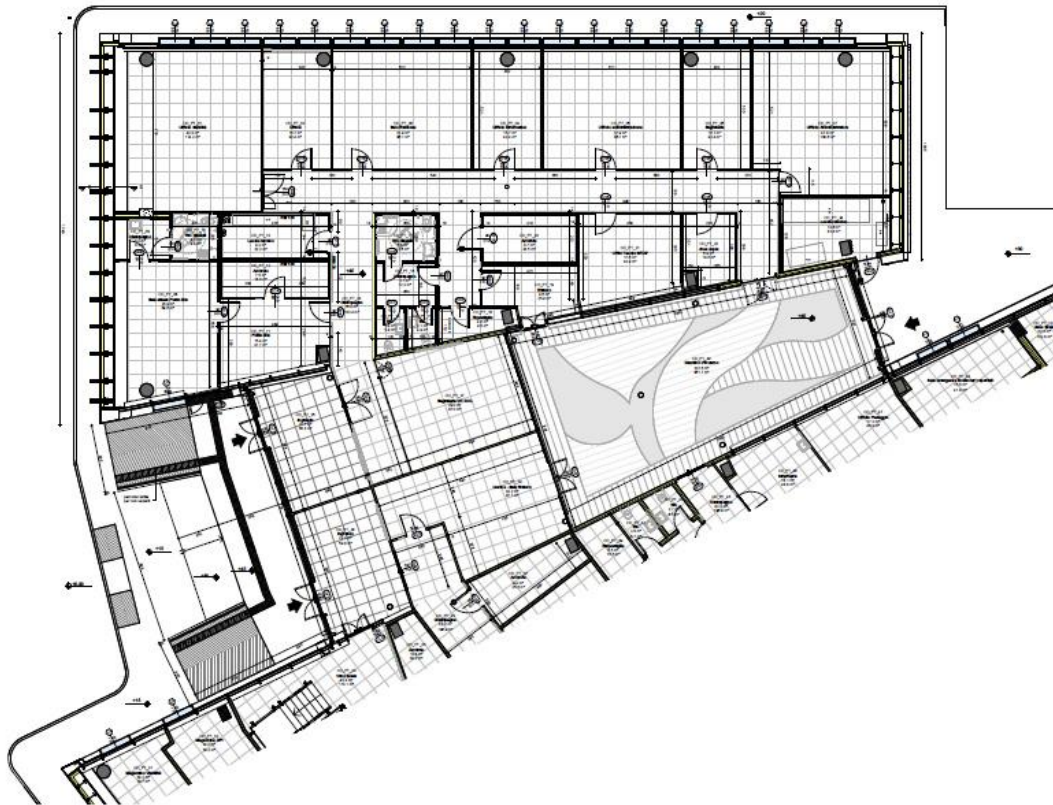


Figura 1: Vista planimetrica (piano terreno) del complesso immobiliare in progetto

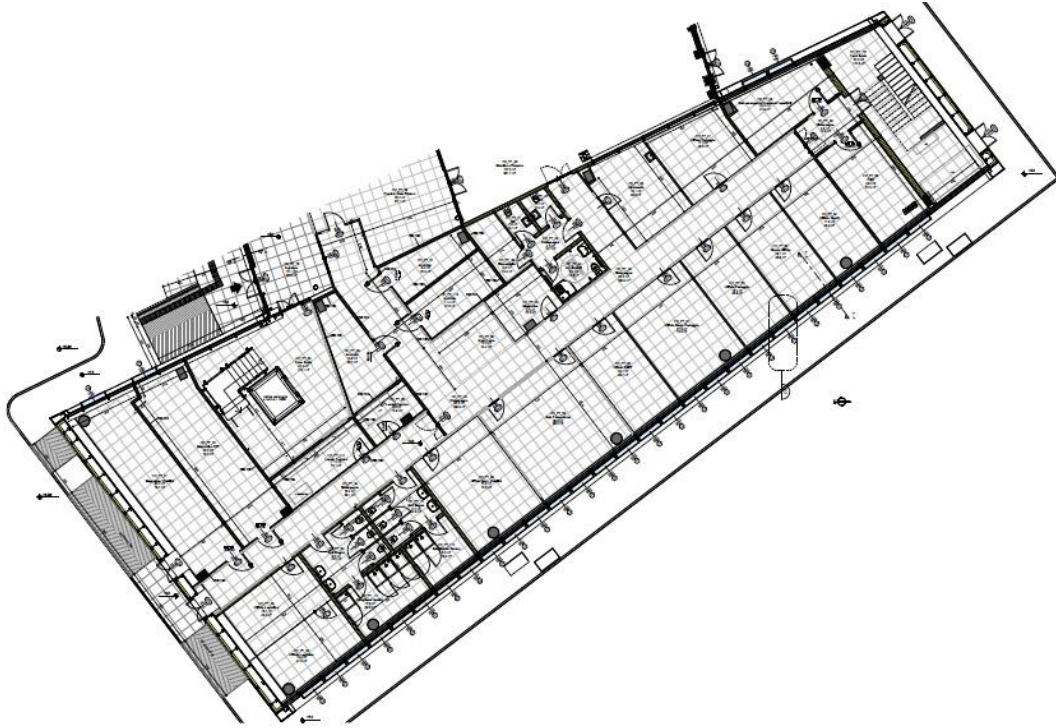


Figura 2: Planimetria (piano terreno) del complesso immobiliare in progetto

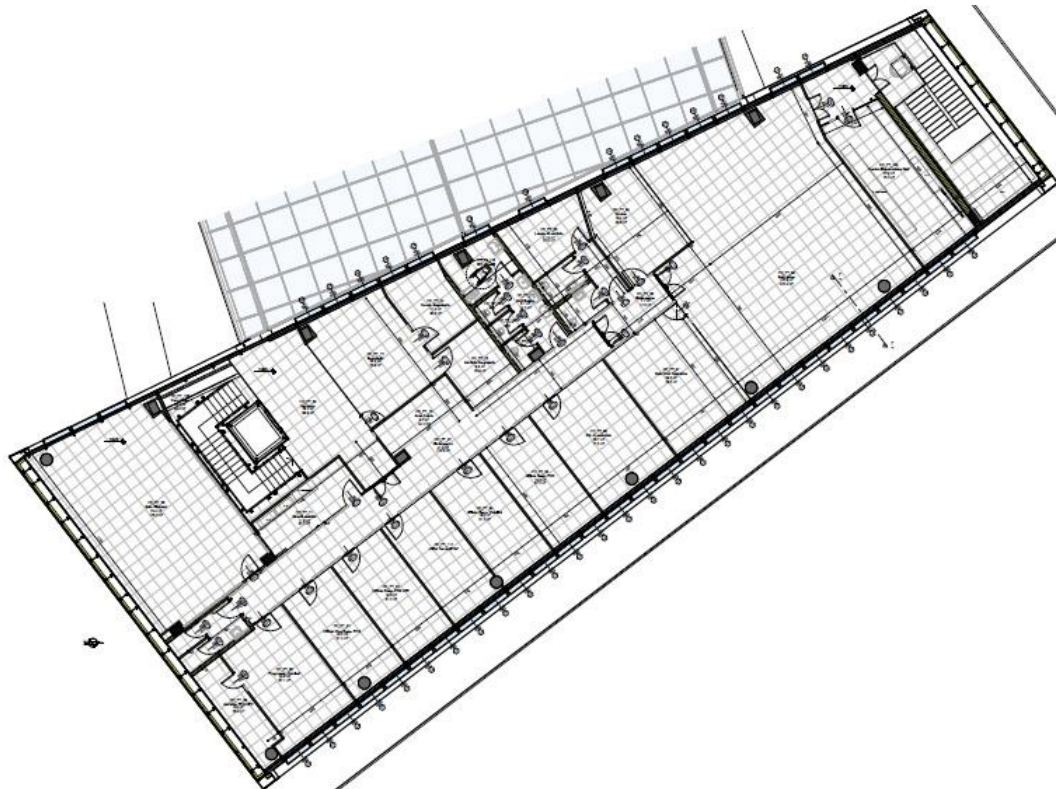


Figura 3: Pianta primo piano fuori terra

2. Riferimenti normativi

Fra i diversi decreti attuativi della Legge Quadro n. 447 del 1995 viene considerato in particolare quello che definisce i parametri inerenti le prestazioni acustiche passive degli edifici. Si premette che il DPCM 5/12/1997 stabilisce i limiti ammessi per i singoli requisiti acustici degli edifici.

2.1 Il D.P.C.M. del 5 dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"

Il decreto come citato nell'Art.1 (Campo di applicazione) "determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici ed i requisiti acustici passivi degli edifici e dei loro componenti in opera, al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore".

L'Art. 2 del decreto fornisce una serie di definizioni ai fini di una corretta applicazione del decreto stesso.

Nel comma 1 gli ambienti abitativi vengono distinti nelle categorie riportate nella seguente tabella (Tabella A in allegato al decreto).

Tabella A: Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

- categoria A: edifici adibiti a residenza o assimilabili;
- categoria B: edifici adibiti ad uffici o 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.

Per ambiente abitativo si intende (legge 26 ottobre 1995, n. 447) "ogni ambiente interno a un edificio destinato alla permanenza di persone o di comunità ed utilizzato per le diverse attività umane, fatta eccezione per gli ambienti destinati ad attività produttive".

Le componenti degli edifici vengono distinte in "partizioni orizzontali e verticali"(art.2, comma 2).

Il comma 3 definisce come "servizi a funzionamento discontinuo gli ascensori, gli scarichi idraulici, i bagni, i servizi igienici e la rubinetteria"

Il comma 4 definisce "servizi a funzionamento continuo gli impianti di riscaldamento, aerazione e condizionamento"

L'art.3 del decreto riguarda "i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne"; tali valori sono riportati nella tabella seguente (Tabella B dell'Allegato A al decreto).

Tabella B: Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R'_w (*)	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
D	55	45	58	35	25
A, C	50	40	63	35	35
E	50	48	58	35	25
B, F, G	50	42	55	35	35

dove:

R'_w è l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente, riferito a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari;

$D_{2m,nT,w}$ è l'indice di valutazione dell'isolamento acustico di facciata normalizzato al tempo di riverberazione;

L'_{nw} è l'indice di valutazione del livello di rumore da calpestio normalizzato al tempo di riverberazione.

Per quanto riguarda gli impianti tecnologici il testo del Decreto prescrive il rispetto dei seguenti limiti:

- a) 35 dB(A) L_{Amax} con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo;
- b) 25 dB(A) L_{Aeq} per i servizi a funzionamento continuo.

2.1.1 I parametri considerati per il progetto

Le opere in progetto sono di tipo destinati ad ufficio ed assimilabili (*Categoria G: edifici adibiti ad attività commerciali o assimilabili*) secondo la classificazione della *Tabella A* in allegato al già citato D.P.C.M.

I valori consentiti per i parametri principali che definiscono i requisiti acustici degli ambienti considerati sono riportati nella Tabella 1 seguente che è un estratto della *Tabella B* in allegato al decreto.

Tabella 1: Estratto della Tabella B: Requisiti acustici passivi degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categorie di cui alla Tab. A	Parametri				
	R'_w	$D_{2m,nT,w}$	L'_{nw}	L_{ASmax}	L_{Aeq}
G	50	42	55	35	35(*)

(*) Si assume come riferimento il limite di 35 dB(A), in contraddizione con quanto specificato nel testo del Decreto (25 dB(A)) secondo quanto specificato dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, sezioni riunite Prima e Quinta del Cons. Superiore dei LL.PP., con nota del 16/02/2004.

Si ricorda che il decreto specifica che i limiti riferiti alla rumorosità degli impianti tecnologici sono valori massimi consentiti e che il disturbo deve essere misurato in *ambienti diversi* da quello in cui il rumore viene generato.

DM 24 dicembre 2015 "Adozione dei criteri ambientali minimi per l'affidamento di servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici per la gestione dei cantieri della pubblica amministrazione e criteri ambientali minimi per le forniture di ausili per l'incontinenza" impone che: "...i valori dei requisiti acustici passivi dell'edificio devono corrispondere a quelli della Classe II ai sensi della norma UNI 11367 e UNI 11444..."

I criteri di base della classificazione acustica sono applicabili alle unità immobiliari aventi le seguenti destinazioni d'uso:

- Residenziale
- Direzionale ed ufficio
- Ricettiva (alberghi, pensioni e simili)

- Ricreativa
- Di culto
- Commerciale

Sono definite le classi acustiche rispetto ai seguenti requisiti:

1. Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $[D2m,nT,w]$;
2. Descrittore del potere fono isolante apparente di partizioni verticali ed orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari $[R'w]$;
3. Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari $[L'nw]$;
4. Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $[Lic]$;
5. Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo $[Lid]$.

La norma riporta i valori dei parametri descrittivi delle caratteristiche prestazionali degli elementi edilizi da utilizzare ai fini della classificazione acustica dell'unità immobiliare e nello specifico le prestazioni richieste per la Classe II sono le seguenti:

Classe	INDICI VALUTAZIONE				
	a) Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato di facciata $[D2m,nT,w]$ dB	b) Descrittore del potere fono isolante apparente di partizioni verticali ed orizzontali fra ambienti di differenti unità immobiliari $[R'w]$ dB	c) Descrittore del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato fra ambienti di differenti unità immobiliari $[L'nw]$ dB	d) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento continuo $[Lic]$ dB(A)	e) Livello sonoro corretto immesso da impianti a funzionamento discontinuo $[Lid]$ dB(A)
II	≥ 40	≥ 53	≤ 58	≤ 28	≤ 33

Nel considerare i requisiti precedenti si deve considerare:

- Il requisito a) è riferito alle facciate degli ambienti. La prescrizione è valida anche per le falde dei tetti nei sottotetti abitabili e verificabili acusticamente. Per le pareti finestrate con sistemi oscuranti, si fa riferimento alla situazione con sistemi oscuranti aperti. In caso di presenza di aperture di ingresso aria in facciata queste devono essere considerate nella normale condizione di utilizzo;
- Il requisito b) è riferito alle partizioni orizzontali e verticali che separano unità immobiliari distinte; si applica inoltre:
 - 1) Alle partizioni orizzontali e verticali che separano ambienti abitativi di una unità immobiliare da ambienti, individuali o collettivi, destinati ad autorimessa, box, garage;
 - 2) Alle partizioni (non dotate di accessi ed aperture) che separano ambienti abitativi di una unità immobiliare da parti comuni

L'isolamento acustico per via aerea di ambienti abitativi nei confronti di ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture, è determinato in termini di indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dell'ambiente D_n,T,w .

Requisiti per l'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo dell'edificio collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi sono quelli riportati nella tabella seguente:

Livello prestazionale	Descrittore dell'isolamento acustico normalizzato rispetto ad ambienti di uso comune o collettivo collegati mediante accessi o aperture ad ambienti abitativi D_n,T,w [dB]	
	Ospedali e scuole	Altre destinazioni d'uso
Prestazione ottima	≥ 34	≥ 40
Prestazione buona	≥ 30	≥ 36
Prestazione di base	≥ 27	≥ 32
Prestazione modesta	≥ 23	≥ 28

All'interno di ambienti dove il comfort acustico e, nello specifico l'intelligibilità del parlato, rivestono un'importanza fondamentale (aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza, mense, ecc.) e/o dove il controllo dell'assorbimento acustico risulta essere critico, la valutazione acustica richiede la determinazione di alcuni parametri specifici.

Il DM 24 dicembre 2015 stabilisce, quindi, che i valori dei requisiti acustici passivi degli edifici devono corrispondere a quelli della classe II ai sensi delle norme UNI 11367 e UNI 11444. Devono essere altresì rispettati i valori caratterizzati come "prestazione buona" nel prospetto B.1 dell'Allegato b alla norma UNI 11367 ed essere idonei al raggiungimento dei valori indicati per i descrittori acustici riportati nella norma UNI 11532:2014 (T minore o uguale a 0,7s per aule scolastiche, ambienti espositivi, sale da conferenza, mense, ospedali).

Il progettista deve dare evidenza del rispetto del criterio, sia in fase di progetto iniziale che in fase di verifica finale della conformità, consegnando rispettivamente un progetto acustico ed una relazione di conformità redatta tramite misure acustiche in opera, ai sensi delle norme UNI 11367, UNI 11444 e UNI 11532:2014 o norme equivalenti che attestino il raggiungimento della Classe acustica prevista dal criterio.

3. Verifica acustica delle opere in progetto

Le verifiche effettuate si basano su dati sperimentali ed algoritmi di calcolo definiti dalla norma EN 12354, attraverso cui è possibile prevedere il livello di protezione acustica offerto dalle strutture verticali ed orizzontali e valutare quando esso debba essere integrato con un opportuno isolamento per riportarlo entro i limiti fissati dal D.P.C.M. 5/12/97.

Nel presente studio, pur trattandosi di una unica unità sono state considerate le prescrizioni sull'isolamento acustico delle partizioni verticali ed orizzontali R'_{w} , sull'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ e sul rumore degli impianti tecnologici a funzionamento continuo e discontinuo.

Nel seguito verranno considerati di volta in volta due ambienti a campione, adiacenti e/o sovrapposti, rappresentativi ed analoghi per tipologia e costituzione.

Il dettaglio dei risultati delle verifiche è riportato nelle schede dell'Allegato B.

3.1 Isolamento acustico normalizzato rispetto al tempo di riverberazione di ambienti di una unica unità immobiliare

Per **edifici adibiti ad ufficio o assimilabili** le prescrizioni per l'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente delle partizioni orizzontali e verticali fra ambienti di differenti unità immobiliari è $R'_w \geq 50$ dB, che diviene pari a $R'_w \geq 53$ dB se l'edificio così come prestato dal DM 24 dicembre 2015 deve essere classificato in Classe II secondo quanto stabilito dalla norma UNI 11367.

Tale indice si riferisce a misurazioni effettuate in opera e tiene conto non solo del potere fonoisolante delle pareti ma anche dell'incidenza delle strutture laterali. La verifica dell'indice di valutazione del potere fonoisolante R'_w permette di ridurre il rumore trasmesso attraverso pareti e solai ad un ambiente diverso da quello in cui si è prodotto il suono.

Per gli ambienti appartenenti alla stessa unità immobiliare si deve, invece, rispettare il requisito dell'isolamento acustico normalizzato $D_{nT,w}$ maggiore o uguale a 40 dB per garantire all'interno degli ambienti una prestazione ottima.

L'isolamento acustico normalizzato ($D_{nT,w}$) rispetto al tempo di riverberazione di ambienti completamente o parzialmente affiancati o sovrapposti si stima attraverso la seguente formula:

$$D_{nT,w} = R'_w + X$$

Dove:

X è un termine di riferimento pari a 4 dB per ambienti riceventi con volume inferiore di 80m^3 . Per ambienti riceventi con volume compreso tra 80m^3 e 250m^3 , il termine X si ricava dalla seguente formula:

$$X = 10 \lg \frac{V_2}{31,25} \text{ [dB]}$$

Per le verifiche delle di partizioni verticali ed orizzontali sono state utilizzate, le stratigrafie di progetto fornite dai progettisti e descritte come segue:

PARETE TIPO 1a: CED e LOCALI TECNICI (con rivestimento fonoassorbente)

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo Silentboard (Knauf)
- Pannello in lana di roccia, sp. 40mm densità 70 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo Silentboard (Knauf)
- Pannello in fibra minerale sp.20mm densità 85 kg/mc
- Pannello in lamelle di MDF tipo 4Akustik 13/3 (Fantoni) percentuale foratura 12%

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 65 dB (escluso il contro placcaggio con il rivestimento in legno forato).

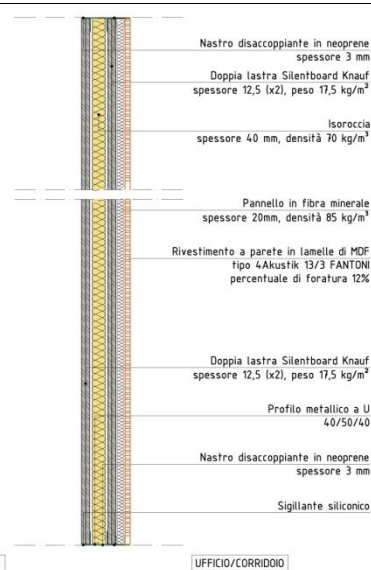


Figura 4: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto con rivestimento ligneo, $R_w=65$ dB

PARETE TIPO 1b: CED e LOCALI TECNICI (senza rivestimento fonoassorbente)

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo Silentboard (Knauf)
- Pannello in lana di roccia, sp. 40mm densità 70 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo Silentboard (Knauf)

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 65 dB.

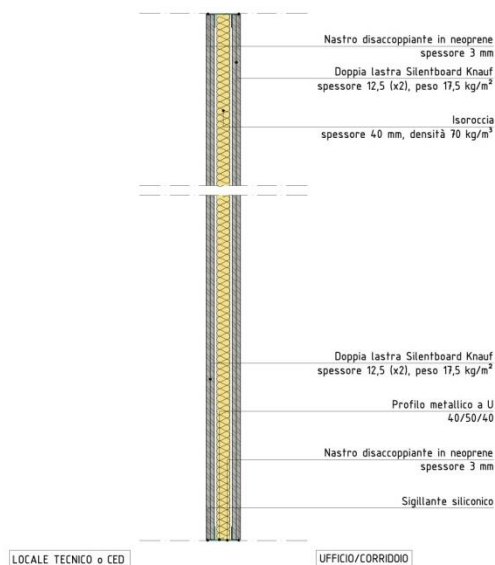


Figura 5: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 65$ dB

PARETE TIPO 2a: UFFICIO-UFFICIO (senza rivestimento fonoassorbente)

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra GKB+Silentboard (Knauf)
- Pannello in lana di roccia, sp. 80mm densità 17 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra GKB+Silentboard (Knauf)

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 56 dB.

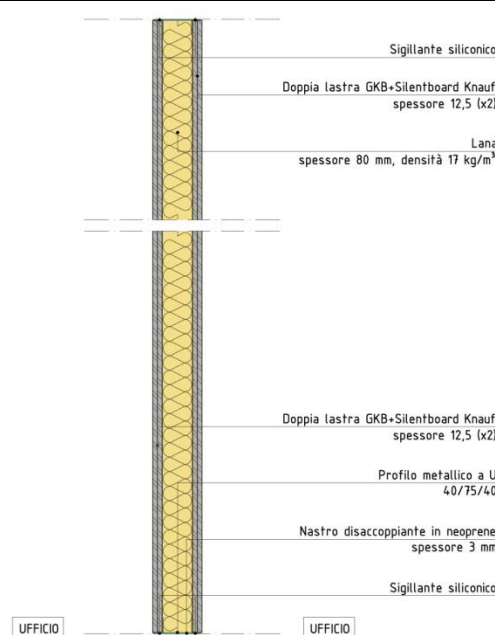


Figura 6: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 56$ dB

PARETE TIPO 2b: UFFICIO-UFFICIO ed UFFICIO/CORRIDOIO (con rivestimento fonoassorbente)

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra GKB+Silentboard (Knauf)
- Pannello in lana di roccia, sp. 80mm densità 17 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra GKB+Silentboard (Knauf)
- Pannello in fibra minerale sp.20mm densità 85 kg/mc
- Pannello in lamelle di MDF tipo 4Akustik 13/3 (Fantoni) percentuale foratura 12%

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 56 dB (escluso il contro placcaggio con il rivestimento in legno forato).

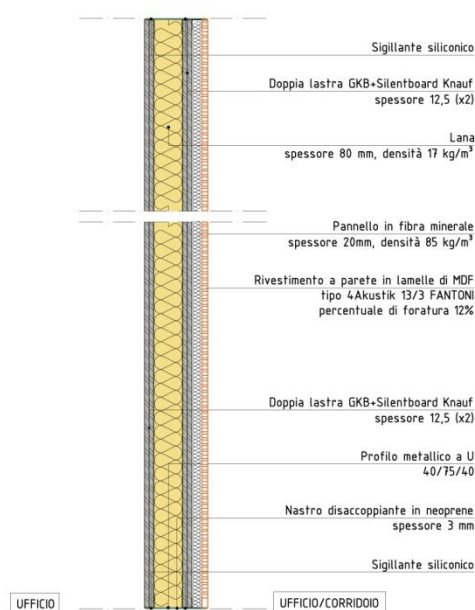


Figura 7: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 56$ dB

PARETE TIPO 2c: UFFICIO/CORRIDOIO (con doppio rivestimento fonoassorbente)

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- Pannello in lamelle di MDF tipo 4Akustik 13/3 (Fantoni) percentuale foratura 12%
- Pannello in fibra minerale sp.20mm densità 85 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra GKB+Silentboard (Knauf)
- Pannello in lana di roccia, sp. 80mm densità 17 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra GKB+Silentboard (Knauf)
- Pannello in fibra minerale sp.20mm densità 85 kg/mc
- Pannello in lamelle di MDF tipo 4Akustik 13/3 (Fantoni) percentuale foratura 12%

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 56 dB (escluso il contro placcaggio con il rivestimento in legno forato).

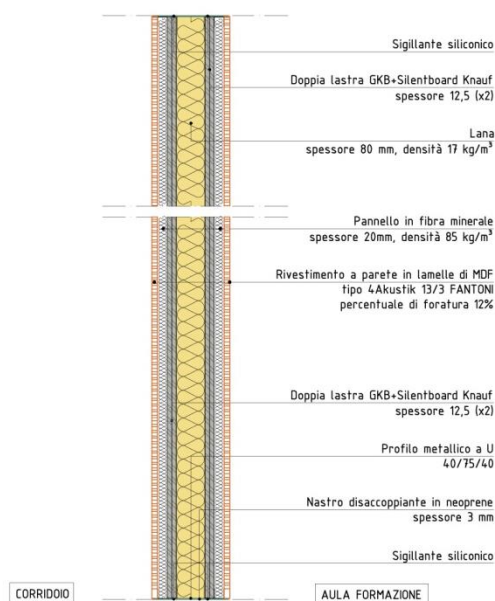


Figura 8: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 56$ dB

**PARETE TIPO 3a: ARCHIVIO/DEPOSITO
(senza rivestimento fonoassorbente)**

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm
- Pannello in lana di roccia, sp. 60mm densità 70 kg/mc
- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 47 dB.

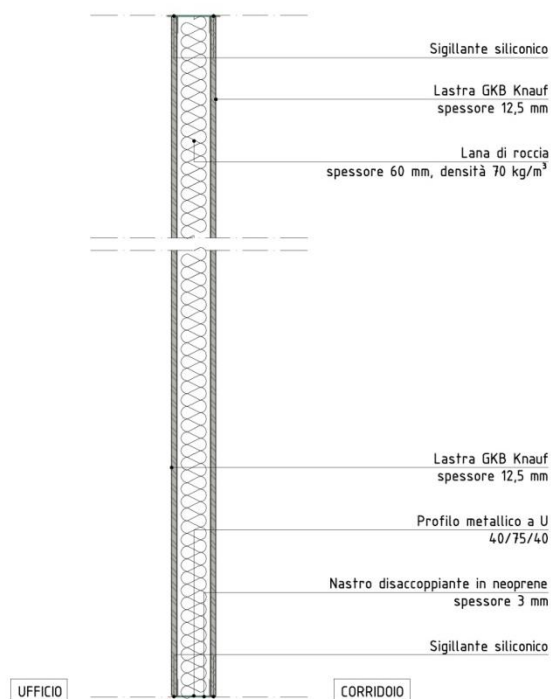


Figura 9: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 47$ dB

**PARETE TIPO 3b: ARCHIVIO/DEPOSITO
(con rivestimento fonoassorbente)**

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm
- Pannello in lana di roccia, sp. 60mm densità 70 kg/mc
- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm
- Pannello in fibra minerale sp.20mm densità 85 kg/mc
- Pannello in lamelle di MDF tipo 4Akustik 13/3 (Fantoni) percentuale foratura 12%

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 47 dB (escluso il contro placcaggio con il rivestimento in legno forato)

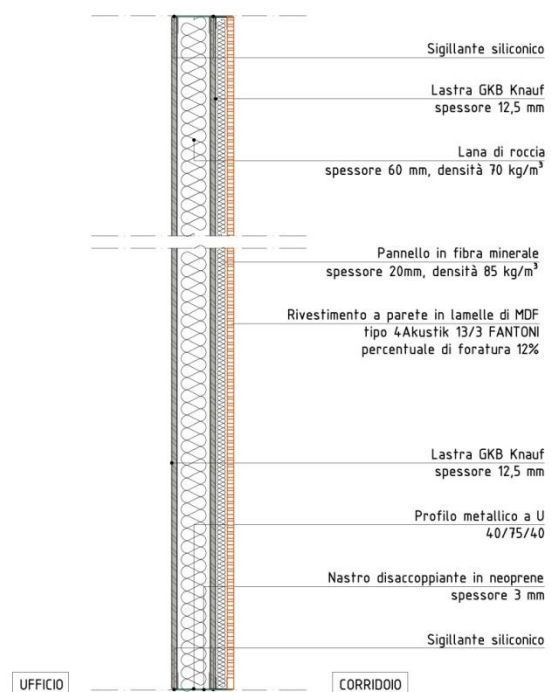


Figura 10: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 47$ dB

PARETE TIPO 4a: BAGNO/UFFICIO (senza rivestimento fonoassorbente)

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm
- Pannello in lana di roccia, sp. 40mm densità 70 kg/mc
- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm
- Pannello in lana di roccia, sp. 40mm densità 70 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra Silentboard (Knauf)

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 65 dB

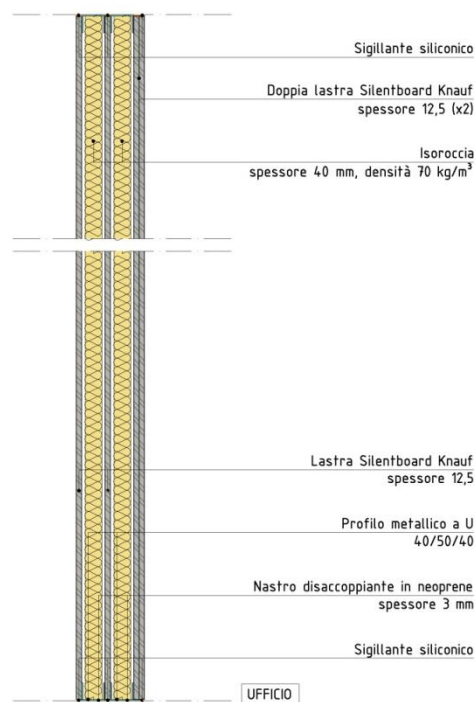


Figura 11: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 65$ dB

PARETE TIPO 4a: BAGNO/UFFICIO (con rivestimento fonoassorbente)

Stratigrafia di progetto:

Parete costituita da:

- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm
- Pannello in lana di roccia, sp. 40mm densità 70 kg/mc
- Lastra GKB (Knauf) sp. 12,5mm
- Pannello in lana di roccia, sp. 40mm densità 70 kg/mc
- 2 lastre 12,5+12,5mm tipo lastra Silentboard (Knauf)

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 65 dB (escluso il contro placcaggio con il rivestimento in legno forato)

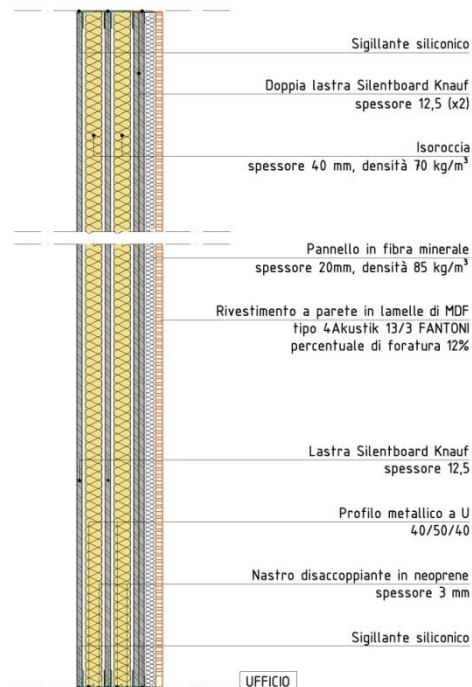


Figura 12: Sezione schematica della tipologia di parete divisoria di progetto, avente $R_w = 65$ dB

N.B. Tutte le partizioni verticali dovranno essere collocate dall'estradosso della soletta sottostante all'intradosso del solaio sovrastante per evitare che vi siano trasmissioni di rumore al di sopra ed al di sotto delle partizioni divisorie. Trasmissioni che costituirebbero dei ponti acustici e che vanificherebbero l'elevato potere fono isolante delle partizioni stesse.

PARETE DIVISORIA VETRATA: tipi I WALLSpace Fantoni

Stratigrafia di progetto:

- Vetro stratificato 5+5 con pellicola in PVB acustico

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata testata in laboratorio e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 42 dB.

I profili della struttura dovranno venire annegati nel pavimento e nel controsoffitto. Al di sopra della parete e al di sotto della stessa dovrà venir posizionato un setto acustico che garantisca prestazioni di abbattimento acustico almeno pari a 41 dB (D_n, T_w). Si dovrà anche per i setti fornire il certificato del setto fono isolante attestante la prestazione.

All'interno delle pareti saranno inserite porte di accesso anche esse costituite da:

- Vetro stratificato 5+5 con pellicola in PVB acustico

Il potere fono isolante della porta vetrata dovrà essere almeno pari a 31 dB.



Figura 13: Tipologia della parete vetrata con inserita la porta di accesso, avente $R_w=42$ dB (la parete vetrata) e $R_w=31$ dB (la porta di accesso)

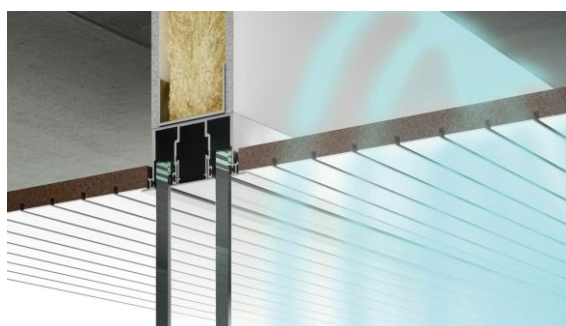


Figura 14: Setto ad elevato potere isolante da inserire sopra i controsoffitti al di sopra delle pareti divisorie per non vanificare l'isolamento garantito dalla parete sottostante ($D_n T_w=41$ dB)

Tutte le porte di ingresso ai differenti uffici dovranno garantire un potere fonoisolante minimo pari almeno a 33 dB, mentre le porte di accesso ai locali tecnici ed ai locali all'interno dei quali vi saranno possibili sorgenti di rumore più elevate dovranno garantire un potere fono isolante minimo almeno pari a 38 dB. Le porte di ingresso ai locali tecnici che comunica, invece, verso l'esterno dovranno avere un potere fono isolante minimo pari a 40 dB. Tutte le prestazioni acustiche dovranno essere certificate mediante prova di laboratorio eseguita su elementi di dimensioni pari a quelle che verranno posate in opera presso Laboratori accreditati.

SOLAIO INTERPIANO

Di seguito si riporta la stratigrafia del solaio interpiano costituito da:

- Calcestruzzo a struttura chiusa, struttura collaborante sp. 50mm
- Lastre alveolari autoportanti,
- Malta di cemento sp. 15mm
-

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata effettuata mediante l'utilizzo del software previsionale e ha determinato un potere fonoisolante della partizione orizzontale (solaio) R_w pari a 57 dB.

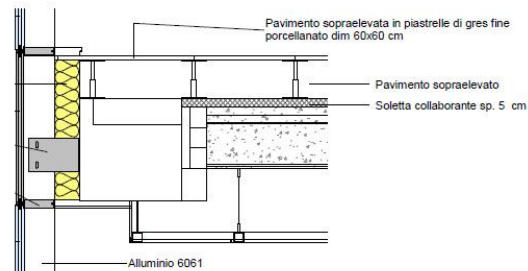


Figura 15: Sezione schematica della tipologia di solaio di progetto, avente $R_w = 57$ dB

Configurate come sopra le stratigrafie dei componenti edilizi, sono state eseguite le seguenti verifiche acustiche, rappresentative delle differenti tipologie costruttive di partizione e rappresentative degli altri ambienti:

- ISOLAMENTO DELLE PARTIZIONI VERTICALI

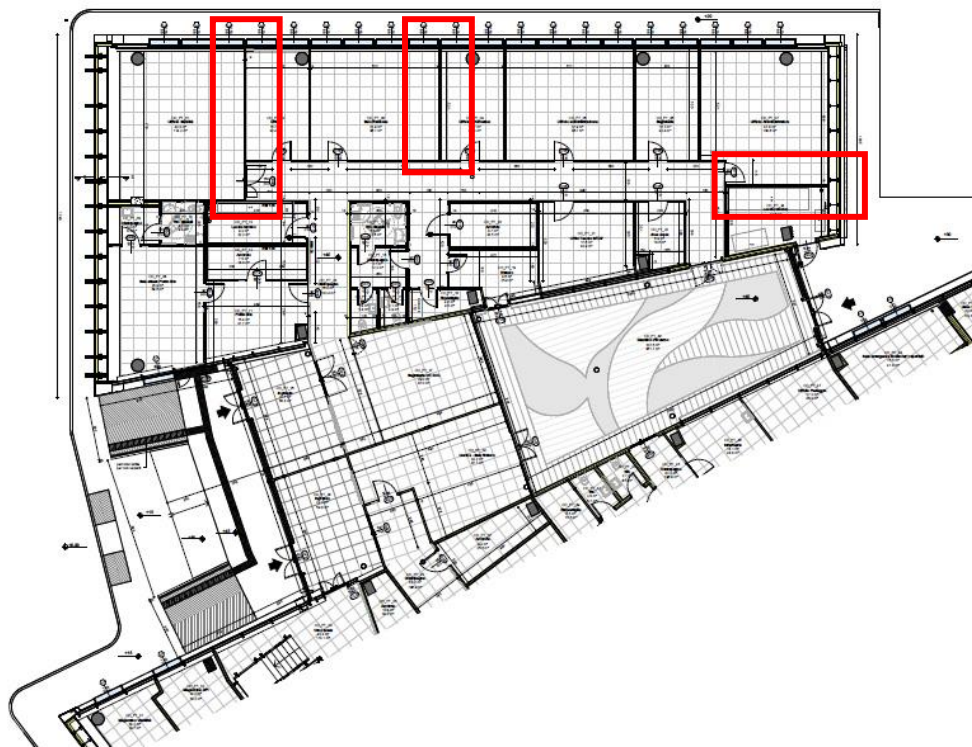


Figura 16: Piano terra_PCC

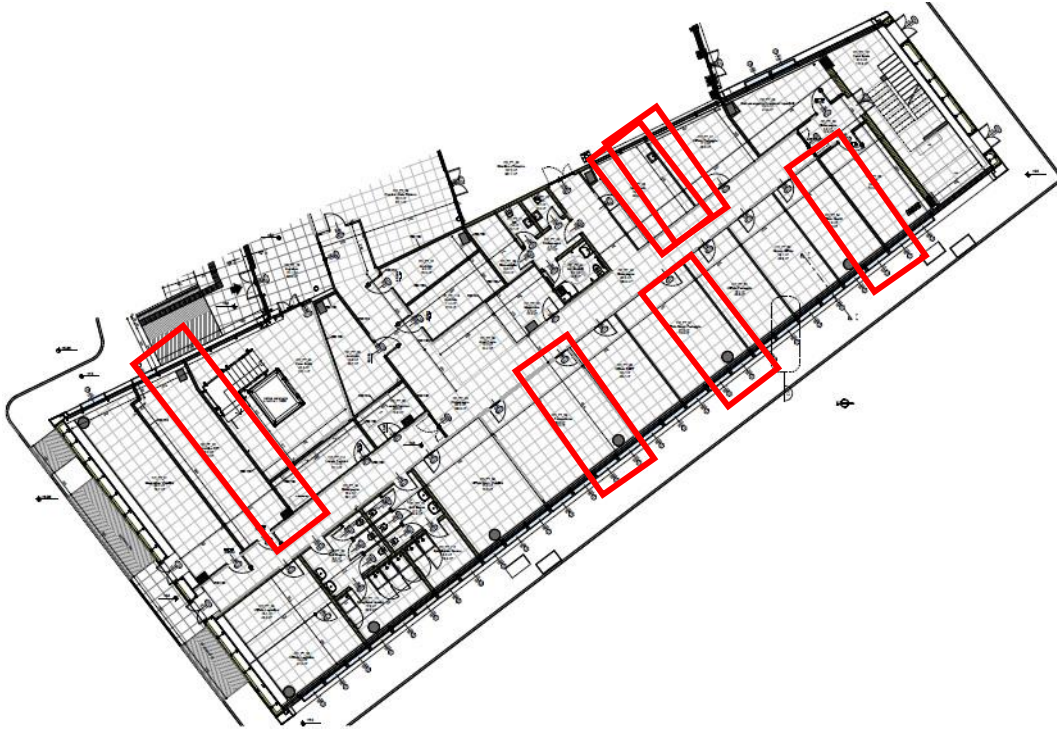


Figura 17: Piano terra_PCC

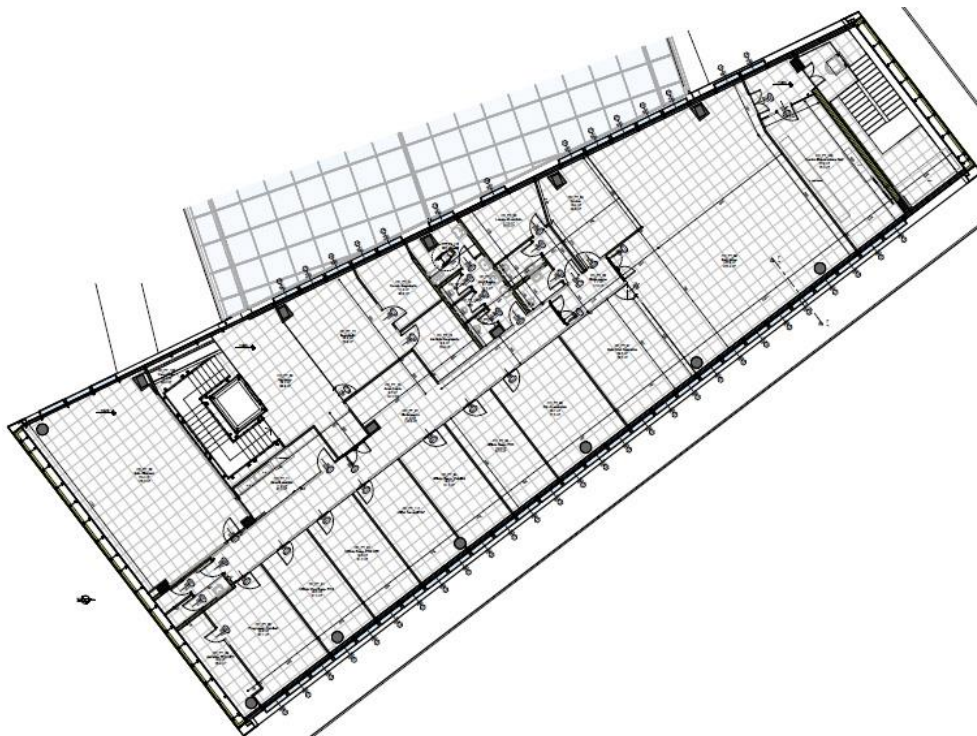


Figura 18: Piano primo_PCC

ISOLAMENTO DELLE PARTIZIONI ORIZZONTALI

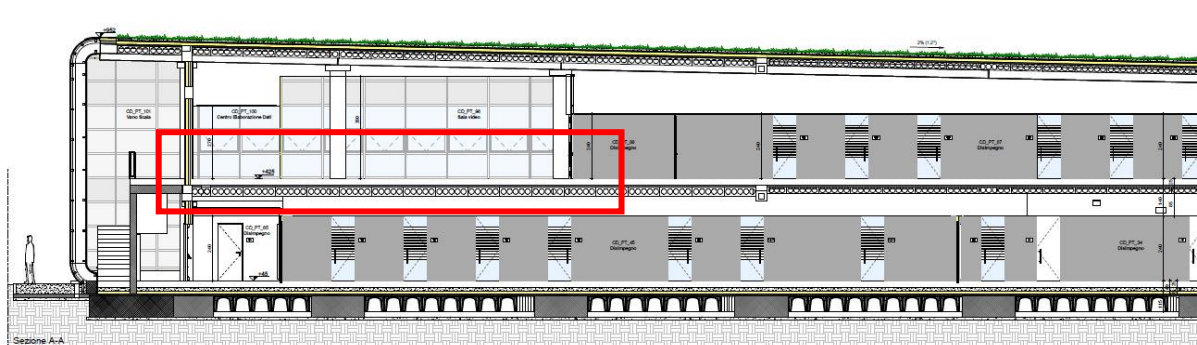


Figura 19: Solaio piano terra-piano primo_PCC

Nell'**Allegato B** si riportano i risultati delle verifiche acustiche effettuate presso gli ambienti considerati.

RISULTATI

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva degli ambienti analizzati ed i risultati del potere fonoisolante apparente R'_w calcolato:

Piano	Ambiente sorgente	Ambiente ricevente	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato DnT,w [dB]
Piano terra	Ufficio viabilità	Ufficio	55,0
Piano terra	Sala riunioni	Ufficio informatico	55,0
Piano terra	Ufficio amministratore	Locale tecnico	61,0
Piano terra	Infermeria	Ufficio pedaggio	56,0
Piano terra	Ufficio Responsabile pedaggio	Ufficio RSPP	55,0
Piano terra	CED	Ufficio ospiti	60,0
Piano primo	Sala video	Cucina	42,0
Piano primo	Sala video	Sala Crisi operativa	43,0
Piano primo	Sala riunioni	Vano scala	61,0
Solaio piano primo	Sala video	Ufficio	51,0

Come detto precedentemente, per gli ambienti appartenenti alla stessa unità immobiliare si deve rispettare il requisito dell'isolamento acustico normalizzato DnT,w maggiore o uguale a 40 dB per garantire all'interno degli ambienti una prestazione ottima.

I risultati riscontrati dalla verifica delle tipologie di partizioni verticali ed orizzontali sopra descritte rientrano nelle prescrizioni normative, con valori minimi stimati dell'indice di valutazione per le partizioni verticali ed orizzontali tra ambienti adiacenti e sovrapposti maggiori di 40 dB, così come richiesto per poter definire l'isolamento delle partizioni ottimo.

NB: PRESCRIZIONI

Al fine di ridurre il più possibile il contributo di trasmissione laterale del rumore per via solida dal solaio agli elementi strutturali perimetrali, si dovrà prevedere la stesura sull'estradosso del solaio, al di sotto del pavimento galleggiante, uno strato resiliente opportunamente disposto anche verticalmente sui muri perimetrali (per un'altezza pari alla quota del pavimento finito) in modo tale da annullare giunti rigidi tra pavimento e strutture in elevazione (Figura 20).

Si propone l'inserimento del seguente materassino anticalpestio, tipo Edilteco DB RED F10-6010, spessore 10mm densità 550 kg/mc, o similari.

- Spessore: 10mm
- Rigidità dinamica: 20 MN/m³
- $\Delta L_w = 24$ dB

Si dovrà realizzare lo scollegamento perimetrale tra parete verticale e massetto attraverso l'idonea fascia perimetrale a "L", che verrà posata lungo tutto il perimetro delle stanza senza tralasciare le soglie delle entrate e delle porte finestre. Tutta la superficie calpestabile deve essere ricoperta dal manto anticalpestio, senza lasciare alcun vuoto. I teli dovranno essere accostati e nastrati.

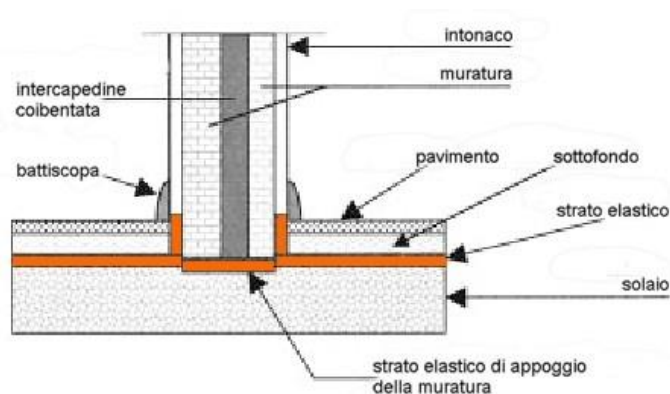


Figura 20: Sezione verticale: corretta realizzazione di giunto solaio-parete desolidarizzato

Al fine di conseguire in opera le massime prestazioni acustiche in pareti multistrato e rispettare il risultato di isolamento acustico stimato teoricamente, in termini di $R'w$, si sottolinea l'importanza di eliminare i ponti acustici. Dovranno, quindi, essere evitati alcuni errori comuni durante la posa e si dovrà realizzare:

1. Riempimento delle tracce e/o degli scassi con malta (sabbia e cemento);
2. Utilizzo di involucri in gesso fibrato per scatole elettriche (Es: Gusci per scatole elettriche Carraro) montati a scomparsa nelle pareti Carraro GF 25
3. Evitare l'utilizzo di schiume (leggere);
4. Sfalsamento sui due lati della medesima parete le scatolette elettriche.

3.1.1 Prestazione serramenti interni

Tutte le porte di ingresso ai differenti uffici dovranno garantire un potere fonoisolante minimo pari almeno a 33 dB, mentre le porte di accesso ai locali tecnici ed ai locali all'interno dei quali vi saranno possibili sorgenti di rumore più elevate dovranno garantire un potere fono isolante

minimo almeno pari a 38 dB. Le porte di ingresso ai locali tecnici che comunica, invece, verso l'esterno dovranno avere un potere fono isolante minimo pari a 40 dB. Tutte le prestazioni acustiche dovranno essere certificate mediante prova di laboratorio eseguita su elementi di dimensioni pari a quelle che verranno posate in opera presso Laboratori accreditati.

3.1.2 Isolamento acustico delle scale

Al fine di evitare la trasmissione del rumore per via strutturale tra il vano scala e gli ambienti lavorativi, occorrerà eliminare il contatto rigido tra le strutture della scala (rampa, gradini, pianerottolo) e la muratura di separazione (Figura 21), utilizzando sistemi desolidarizzanti e antivibranti del tipo:

- **STABE Z 10 (Isolgomma):** fornisce una innovativa gamma elementi (svincoli strutturali per appoggi e relativi accessori) specificatamente studiati per un alto isolamento delle scale degli edifici, e progettati per essere utilizzati sia nelle scale prefabbricate che in quelle costruite in sito. L'appoggio Stabe si presenta in strisce pre-sagomate, già pronte per la posa, a forma di "I", "L" e "Z".

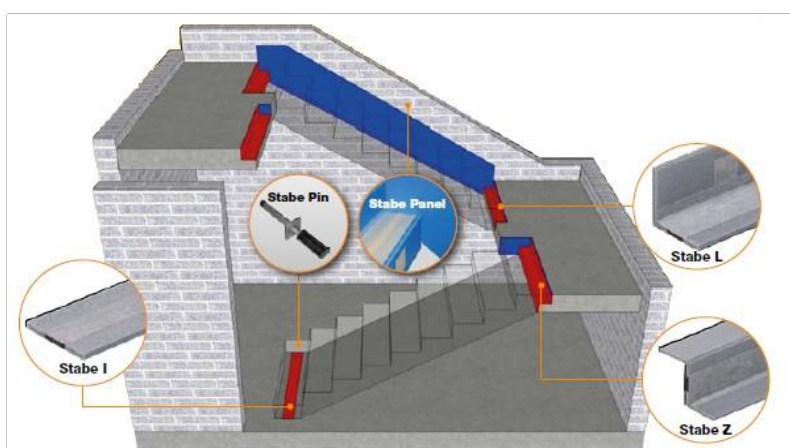


Figura 21: Elementi desolidarizzanti/antivibranti tra scala e muratura di separazione

3.2 Isolamento acustico di facciata

Il valore dell'indice dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ richiesto dal D.P.C.M. 5/12/97 è pari a 42 dB per le unità adibite ad ufficio o assimilabili. Anche in questo caso il parametro richiesto dalla UNI 11367 per attribuire la Classe II all'edificio è meno restrittivo, poiché richiede un valore dell'indice di isolamento acustico di facciata superiore a 40 dB.

Tale indice si riferisce a misurazioni effettuate in opera e tiene conto non solo del potere fonoisolante della parte opaca ma anche dell'incidenza delle vetrate e di eventuali altre discontinuità di facciata, come ad esempio le bocchette di ventilazione a parete.

Esso dipende inoltre da numerosi fattori tra i quali la forma della facciata e le relazioni geometriche tra la sorgente di rumore e la stanza ricevente.

Le verifiche acustiche sono state condotte individuando gli ambienti più critici, rappresentati dai locali caratterizzati da una maggiore superficie finestrata, che costituisce il punto debole della facciata e dagli ambienti uso ufficio, in quanto ambienti più critici dal punto di vista della necessità di comfort acustico.

Gli elementi edilizi considerati sono i seguenti:

PARETE ESTERNA OPACA DI TAMPONAMENTO DELLA STRUTTURA

Stratigrafia di progetto: (fornita dai progettisti– Fig. 18)

Muratura costituita da:

- Rasatura, sp. 7mm;
- Lastra di cemento fibrorinforzato, sp. 15mm;
- Membrana per tetto EPDM;
- Lana di roccia, sp. 60mm densità 120 kg/mc;
- Lana di roccia, sp. 100mm densità 120 kg/mc;
- Aria, sp. 380mm;
- Barriera al vapore;
- Cartongesso sp. 12,5mm;
- Cartongesso sp. 12,5mm;
- Rasatura, sp. 7mm;

La composizione stratigrafica, in oggetto, è stata effettuata mediante l'utilizzo del software previsionale e ha determinato un potere fonoisolante della partizione R_w pari a 60 dB

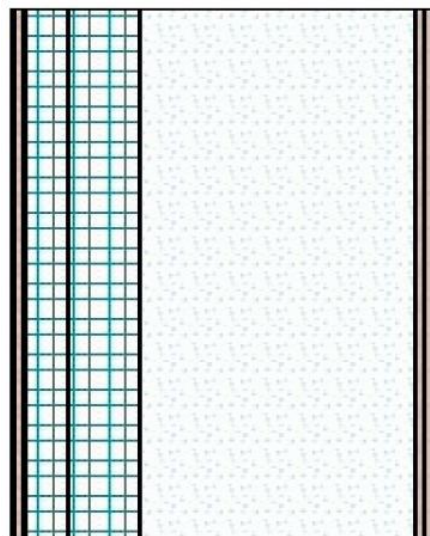


Figura 22: Sezione schematica della tipologia di muratura esterna di progetto, avente $R_w = 60$ dB

SERRAMENTO ESTERNO VETRATO

Tutti i serramenti vetrati, utilizzati per le partizioni verticali ed orizzontali dovranno essere realizzate con serramenti vetrati, (realizzati con vetrocamera stratificati) che dovranno garantire per il complesso (telaio+vetro) un potere fono isolante almeno pari a $R_w \geq 45$ dB (-1,-5).

I serramenti (comprensivi di telaio+vetro) dovranno garantire un potere fonoisolante R_w , attestato mediante prova di isolamento acustico eseguita in un laboratorio accreditato, non inferiore a 45 dB.

N.B. Le prestazioni dei serramenti che verranno installati dovranno essere certificate presso laboratori accreditati ed i test dovranno essere effettuati su serramenti di dimensioni rappresentative di quelle che verranno montate in opera.

Nota bene:

la natura del materiale che compone il telaio non ha un'incidenza di rilievo sulla qualità acustica del serramento

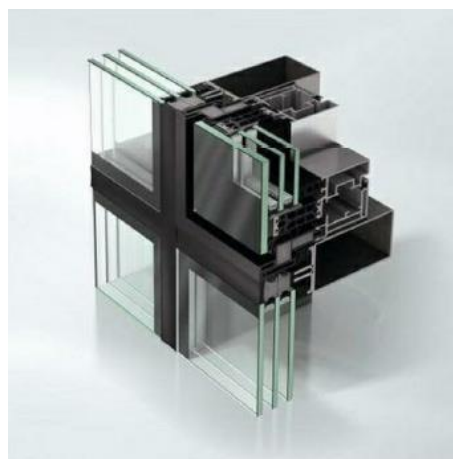


Figura 23: Serramento con vetrocamera

È stato verificato l'isolamento acustico delle pareti di facciata dei differenti ambienti collocati al piano terra ed al piano primo, eseguendo nello specifico le seguenti verifiche:

- piano primo (Sala Video) facciata Nord-Est
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano primo (Sala Video) facciata Sud-Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano primo (Sala Riunioni) facciata Sud-Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano primo (Sala Video) facciata cieca Sud
verificato con:
 - parete esterna opaca Rw=60 dB
- piano terra (Magazzino Viabilità) facciata cieca Sud
verificato con:
 - parete esterna opaca Rw=60 dB
- piano terra (Ufficio Viabilità) facciata Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Ufficio Informatico) facciata Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Sala riunioni) facciata Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Infermeria) facciata Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
 - parete esterna opaca Rw=60 dB
- piano terra (Ufficio Amministratore) facciata Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Sala Crisi operativa) facciata Nord-Est
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Sala riunioni) facciata Ovest
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Responsabile Pedaggio) facciata Nord
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Ufficio RSPP) facciata Nord
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Pedaggio) facciata Nord
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Ufficio Logistica) facciata Nord
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Ufficio formazione) facciata Nord
verificato con:
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- piano terra (Ufficio Tecnico SITAF) facciata Est
verificato con:

- piano terra (Sala attesa punto Blu) facciata Nord
 - serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
- verificato con:
- serramento (vetro+telaio)
Rw=45 dB
 - porta accesso
Rw=40 dB

Di seguito si riportano le differenti planimetrie con riportate le facciate sulle quali sono state eseguite le verifiche di rispetto dei limiti normativi (Figura 24 e Figura 25).

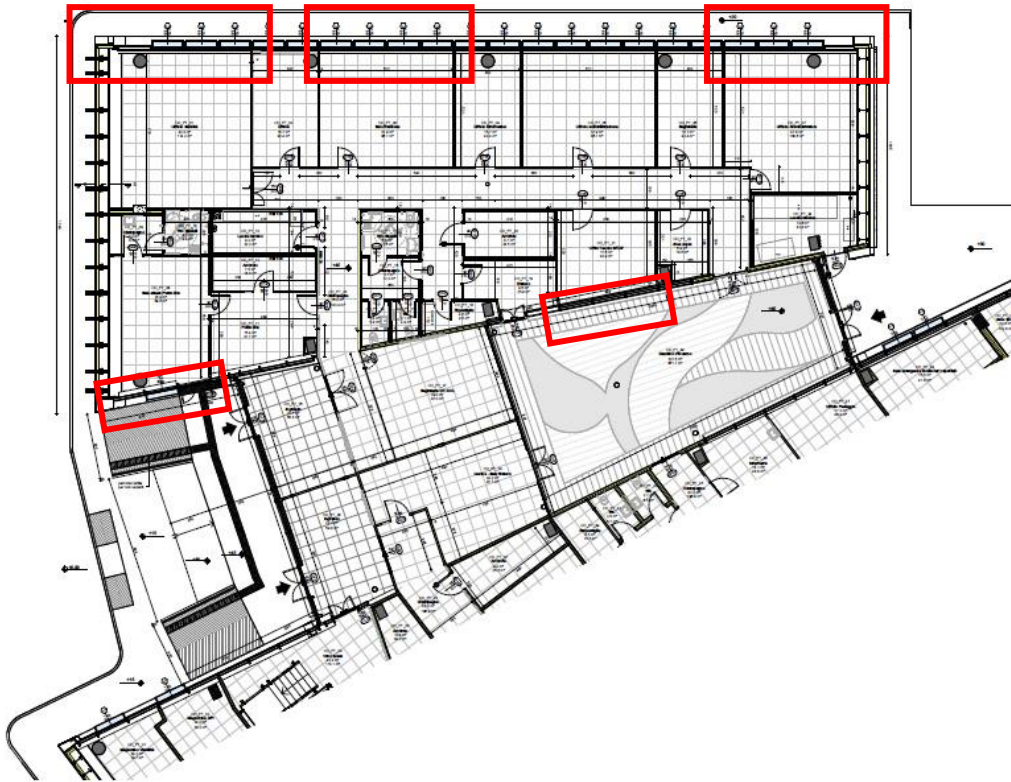


Figura 24: Planimetria del PIANO TERRA con indicate le facciate sulle quali sono state eseguite le verifiche

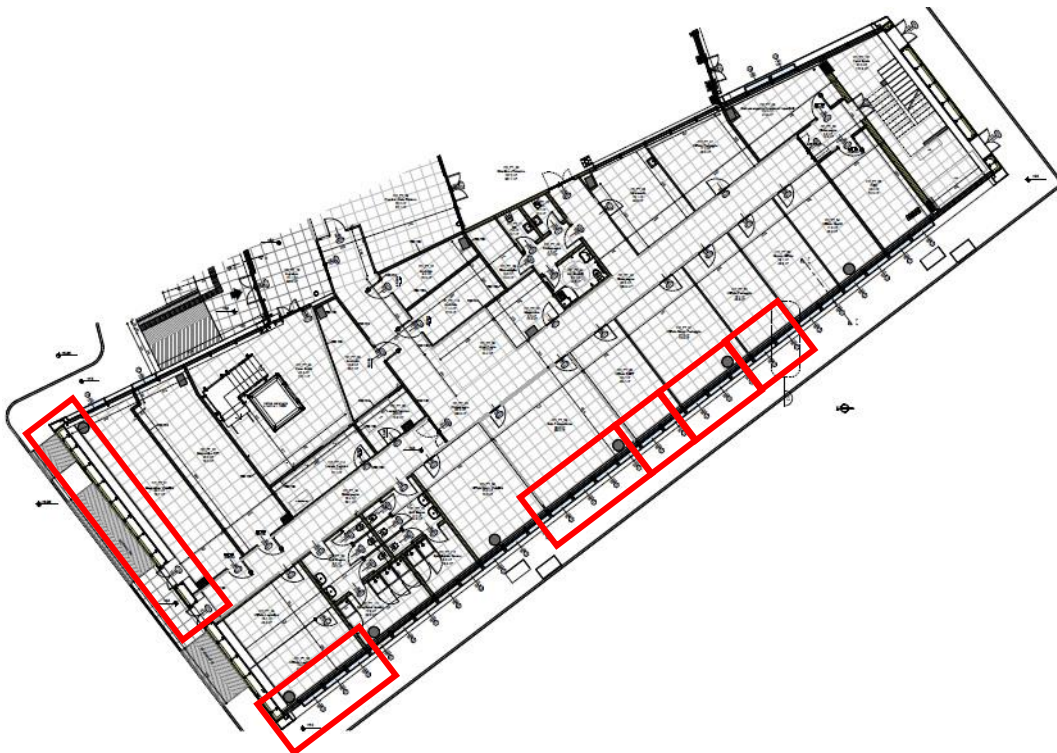


Figura 25: Planimetria del PIANO TERRA con indicate le facciate sulle quali sono state eseguite le verifiche

RISULTATI

Di seguito si riporta la tabella riassuntiva degli ambienti analizzati ed i risultati dell'isolamento acustico standardizzato di facciata ($D_{2m,nT,w}$) calcolato:

Piano	Ambiente ricevente	Isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ [dB]
Terra	Sala emergenze funzionari reperibili	43 (-1,-4)
Terra	Magazzino viabilità	45 (0,-2)
Terra	Ufficio viabilità	46 (-1,-4)
Terra	Ufficio informatico	45 (-1,-5)
Terra	Sala riunioni	42 (-2,-5)
Terra	Infermeria	46 (-2,-5)
Terra	Ufficio amministratore	45 (-1,-5)
Terra	Sala crisi operativa	46 (-1,-5)
Terra	Ufficio Responsabile pedaggio	45 (-1,-4)
Terra	Ufficio RSPP	46 (-1,-5)
Terra	Ufficio pedaggio	46 (-1,-5)
Terra	Ufficio logistico	42 (-1,-5)
Terra	Sala formazione	45 (-1,-5)
Terra	Ufficio tecnico SITAF	43 (-1,-4)
Terra	Sala attesa punto blu	43 (-1,-3)
Primo	Sala video_Sud Ovest	45 (-1,-5)
Primo	Sala video_Nord	44 (-1,-4)
Primo	Sala riunioni_Sud Ovest	46 (-1,-5)
Primo	Sala riunioni_Sud (cieca)	60 (-1,-5)

In tutti i casi considerati si ottengono valori dell'indice di isolamento acustico di facciata conformi alle prescrizioni del D.P.C.M. prevedendo dei serramenti aventi un potere fonoisolante complessivo (telaio+vetro) certificato pari a $R_w \geq 45$ dB, e Classe 3 di tenuta all'aria, ottenendo **valori minimi stimati dell'isolamento acustico di facciata $D_{2m,nT,w}$ [dB]=42dB \geq 42 dB per gli ambienti verificati.**

Il criterio è meno restrittivo rispetto a quanto prescritto dal DPCM 5/12/1997, il requisito per essere definito edificio appartenente alla Classe II secondo quanto previsto dalla normativa UNI 11367 stabilisce che il livello minimo dell'isolamento di facciata sia maggiore di 40 dB.

Se si rispetta il limite imposto dalla normativa (DPCM 5/12/1997) automaticamente anche il limite imposto dalla UNI 11367 sarà rispettato.

Nell'**Allegato B** si riportano i dettagli dei risultati delle verifiche acustiche effettuate presso gli ambienti considerati.

NB: PRESCRIZIONI

Al fine di raggiungere i livelli necessari a rispettare i valori minimi richiesti per l'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ rispettivamente pari a 42dB, tenendo conto dell'approssimazione legata al metodo di calcolo previsionale utilizzato e della perdita di prestazione che solitamente si ha con la messa in opera, si prescrive pertanto l'utilizzo di serramenti (telaio + vetro) con caratteristiche fonoisolanti minime certificate in un laboratorio accreditato, pari a **$R_w = 45$ dB**.

Relativamente alle classi di **tenuta all'aria**, in accordo con la norma UNI EN 12207:2000, si prescrive l'utilizzo di serramenti vetrati esterni almeno di **Classe 3**. Per ottenere suddette

prestazioni di tenuta all'aria, le finestre dovranno essere opportunamente sigillate sul perimetro tra muratura e controtelaio (evitando il montaggio "in luce":) e sulle battute.

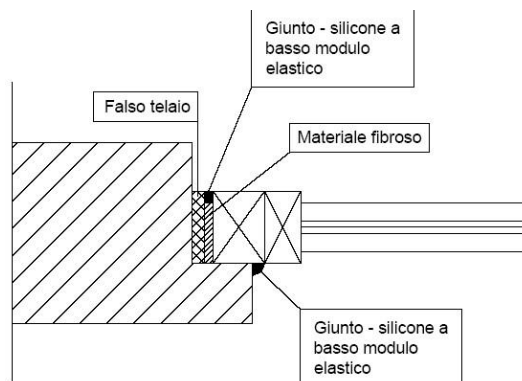


Figura 26: Corretta battuta di raccordo tra il controtelaio ed il telaio del serramento

3.3 Rumore degli impianti tecnologici

Tutti gli impianti tecnologici a funzionamento continuo e discontinuo dovranno essere realizzati in conformità alle prescrizioni del D.P.C.M. sopra citato, nel rispetto dei requisiti minimi quali:

- $L_{ASmax} \leq 35$ dB
- $L_{Aeq} \leq 35$ dB

Ciò significa che gli impianti a funzionamento continuo e discontinuo potranno generare, negli ambienti diversi da quelli in cui si trovano, un livello di rumore pari al massimo a 35 dB(A) secondo il DPCM 5/12/1997. Secondo il DM 24 dicembre 2015, invece, per gli edifici pubblici si devono rispettare i limiti imposti dalla UNI 11367 per gli edifici di Classe II ovvero:

- $L_{ASmax} \leq 33$ dB
- $L_{Aeq} \leq 28$ dB

In questa sede, quindi, sono stati valutati i limiti e li sono confrontati con i limiti maggiormente restrittivi, ovvero, quelli imposti dal DM 24 dicembre 2015.

Per impianti a funzionamento discontinuo si intendono:

- ascensori
- scarichi idraulici
- bagni e servizi igienici
- rubinetterie

Per impianti a funzionamento continuo si intendono:

- impianti di riscaldamento
- impianti di aerazione
- impianti di condizionamento

3.3.1 Impianti a funzionamento discontinuo idrico-sanitari

I rumori causati all'interno di una tubazione di scarico, sia per caduta o scorrimento, sia per urto dell'acqua sulle pareti della tubazione stessa, possono trasmettersi sia per via indiretta che per via diretta tramite il fissaggio della tubazione (Figura 27).

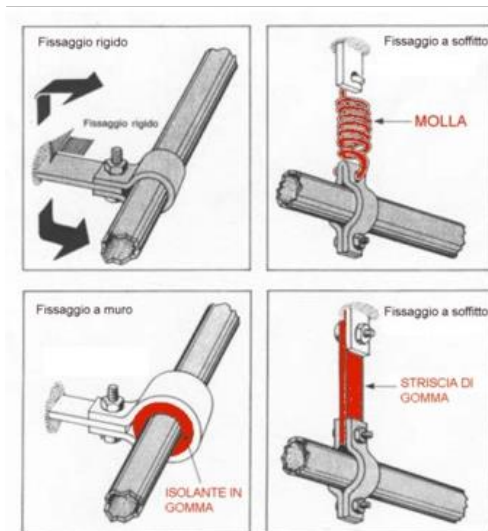


Figura 27: Tipologie di fissaggio delle tubazioni: a) fissaggio rigido (scorretto); b) c) d) fissaggi corretti con materiale disaccoppiamento

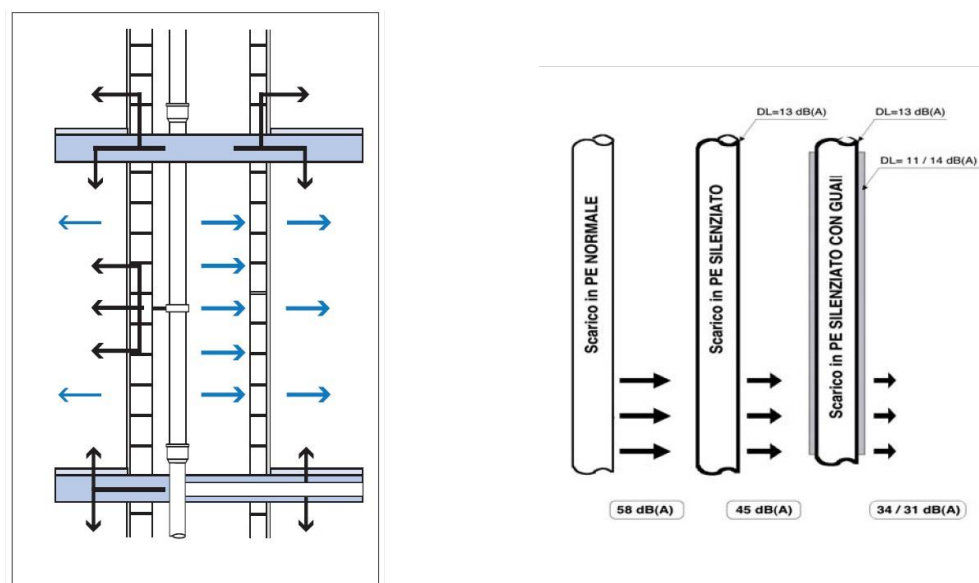


Figura 28: a) Trasmissione dei rumori attraverso l'impianto di scarico; b) confronto prestazionale fra i diversi materiali in commercio (tubazioni di scarico)

NB: PRESCRIZIONI

Dovranno pertanto essere isolate acusticamente tutte le tubazioni impiantistiche, sia per via aerea che per via strutturale, mediante l'utilizzo di specifici accorgimenti e materiali, ed interponendo degli elementi resilienti ad elevato fattore di smorzamento.

Si prescrive inoltre l'utilizzo di tubi e raccordi insonorizzati tipo Geberit Silent, Blu Phon (Faraplan) o Raupiano Plus (Rehau).

Al fine di limitare il disturbo presso gli ambienti adiacenti della stessa unità immobiliare, determinato dal funzionamento degli apparecchi sanitari, occorrerà dimensionare lo spessore delle pareti, in considerazione del fatto di dover integrare i passaggi impiantistici nelle murature (impianti idraulici, scatole di derivazione etc.).

L'isolamento acustico effettivo dei tramezzi interni sarà maggiormente garantito mediante la realizzazione di murature ad elevato potere fono isolante caratterizzate dalla presenza di una orditura costituita da 2 differenti profili affiancati.

Occorrerà inoltre prevedere, in fase di montaggio dei sanitari, la messa in opera di elementi antivibranti in gomma o materiali equivalenti. Le eventuali cassette di scarico per WC incassate nei muri dei bagni, andranno invece isolate mediante il posizionamento di feltro in lana di vetro ISOVER PAR 45 tra la cassetta ed il paramento murario retrostante.

3.3.2 Impianti a funzionamento continuo: la valutazione acustica del rumore prodotto dagli impianti tecnologici

Le informazioni estratte dalla documentazione fornita evidenziano le tipologie di macchine che possono provocare emissioni sonore significative; tali sorgenti di rumore sono:

- impianto ascensore
- impianto di ventilazione, presente negli ambienti di vita e costituito da diffusori di mandata e di ripresa dell'aria primaria che fa capo alle centrali tecnologiche di trattamento dell'aria (Unità di Trattamenti dell'Aria UTA e Ventilatori VE)
- impianto di climatizzazione, costituito da ventilconvettori verticali a pavimento e orizzontali a soffitto
- impianti fluido-meccanici, le tubazioni e gli scarichi degli impianti igienico-sanitari e dei ventilconvettori

Premessa alla valutazione del rumore presente negli ambienti consiste nella definizione del tempo di riverberazione dei locali, come riportato nel prossimo capitolo.

Si riportano di seguito le indicazioni presenti a capitolato (documento *I_02C_C16167_OOA0_OG_E_GN_RE_0010_A_cap nt capitolato norme tecniche*) rilevanti ai fini della riduzione delle emissioni sonore prodotte dalle singole macchine. **Alle indicazioni generali di capitolato saranno integrate particolari prescrizioni ed eventuali componenti integrativi relativi agli impianti, laddove si rendessero necessari interventi atti a ridurre il disturbo verso gli ambienti serviti.**

3.3.2.1 Impianti ascensori

Gli ascensori in taluni casi possono divenire motivo di disturbo a causa del rumore prodotto dai meccanismi di guida della cabina, dall'apertura-chiusura delle porte, dagli apparecchi di sollevamento ecc..

In commercio, esistono due tipi di ascensori: idraulici o oleodinamici e a fune. Dal punto di vista del minor impatto dal punto di vista acustico, quelli idraulici sono da preferire, poiché

l'unica componente del rumore rilevante è costituita dal motore idraulico di sollevamento. Tuttavia, questi impianti, a causa della ridotta lunghezza di corsa, non possono essere impiegati in edifici con molti piani.

Per entrambe le soluzioni, il rumore generato si propaga per via strutturale ed è quindi necessario intervenire con alcuni accorgimenti basilari:

- la muratura del vano in cui scorre l'ascensore dovrà essere realizzata con una parete pesante;
- dovranno essere applicati elementi elastici desolidarizzanti a ridosso dei pannelli che supportano i relais e i teleruttori;
- i motori di sollevamento dovranno essere montati su appositi supporti antivibranti.

3.3.2.2 Impianti di ventilazione

Unità di estrazione e trattamento aria

L'Unità di Trattamento dell'Aria (UTA) a elementi componibili, idonea all'installazione diretta all'esterno, ha componenti e dimensioni di ingombro riportate nei disegni e ha le seguenti caratteristiche generali:

- INVOLUCRO: La struttura sarà completata esternamente da pannellature di spessore minimo pari a 40 mm, ricavate da due lamiere pressopiegate a scatola e iniettate a caldo con poliuretano di densità 40-50 kg/m³;
- SEZIONE VENTILANTE: Ventilatore centrifugo a singola aspirazione direttamente accoppiato. Girante centrifuga realizzata in alluminio con 7 pale curve indietro saldate, energeticamente ottimizzate per funzionare senza coclea, grazie allo speciale design della pala con diffusore rotante, per il recupero dell'energia statica, per una più elevata efficienza e un ottimale comportamento acustico.
- CRITERI DI INSTALLAZIONE: Il collegamento tra l'UTA e le condotte di distribuzione dell'aria dovrà avvenire mediante l'inserimento di giunti antivibranti in tela e profilati. Al di sotto dei piedi di appoggio dovranno essere inseriti elementi antivibranti di tipo monoblocco in gomma.

Unità di ventilazione a doppio flusso con recuperatore di calore statico ad alta efficienza

L'Unità di Trattamento dell'Aria (UTA) a elementi componibili, idonea all'installazione diretta all'esterno, ha componenti e dimensioni di ingombro riportate nei disegni e ha le seguenti caratteristiche generali:

- INVOLUCRO: La struttura sarà completata esternamente da pannellature di spessore minimo pari a 40 mm, ricavate da due lamiere pressopiegate a scatola e iniettate a caldo con poliuretano di densità 40-50 kg/m³;
- SEZIONE VENTILANTE: Ventilatore centrifugo a singola aspirazione direttamente accoppiato. Girante centrifuga realizzata in alluminio con 7 pale curve indietro saldate, energeticamente ottimizzate per funzionare senza coclea, grazie allo speciale design della pala con diffusore rotante, per il recupero dell'energia statica, per una più elevata efficienza e un ottimale comportamento acustico.

- **CRITERI DI INSTALLAZIONE:** Il collegamento tra l'UTA e le condotte di distribuzione dell'aria dovrà avvenire mediante l'inserimento di giunti antivibranti in tela e profilati. Al di sotto dei piedi di appoggio dovranno essere inseriti elementi antivibranti di tipo monoblocco in gomma.

3.3.2.3 Impianto di climatizzazione

Ventilconvettori verticali con motore elettronico

I ventilconvettori da installare dovranno appartenere a una stessa serie di modelli di una unica casa costruttrice, in modo da soddisfare le caratteristiche di potenzialità richieste dall'impianto di condizionamento.

I ventilconvettori dovranno garantire un livello di potenza sonora a 40 dB(A) alla velocità nominale di funzionamento (carico nominale di progetto).

- **MONTAGGIO A INCASSO:** nel caso di eventuale montaggio a incasso, l'apparecchio dovrà essere fornito senza mobile di copertura e completo di tutti gli accessori e dei componenti necessari per il corretto funzionamento, quali bocchette di mandata e ripresa, condotti di mandata e ripresa fonoassorbenti, staffe di supporto, etc. Le principali caratteristiche dell'apparecchio, dovranno essere le seguenti:

TIPOLOGIA	POTENZA SONORA L_{w} dB(A)	PORTATA ARIA m ³ /h	PORTATA ACQUA CALDA l/h	PORTATA ACQUA REFRIGERATA l/h	POTENZA TERMICA Watt	POTENZA FRIGORIFERA		Δ P ACQUA CALDA kPa max	Δ P ACQUA REFRIGERATA kPa max
						Sensibile	Totale		
						Watt	Watt		
A	44	220	80	180	920	820	1.000	1,6	13,0
B	42	350	140	330	1.600	1.450	1.880	5,4	12,7
C	48	610	230	550	2.690	2.550	3.150	3,1	14,5

Ventilconvettori da incasso in controsoffitto con motore elettronico

I ventilconvettori da installare dovranno appartenere a una stessa serie di modelli di una unica casa costruttrice, in modo da soddisfare le caratteristiche di potenzialità richieste dall'impianto di condizionamento.

Nei disegni sono riportati i dati tecnici relativi alle grandezze da impiegare.

I ventilconvettori dovranno garantire un livello di potenza sonora a 40 dB(A) alla velocità nominale di funzionamento (carico nominale di progetto).

Le principali caratteristiche dell'apparecchio, dovranno essere le seguenti:

TIPOLOGIA	POTENZA SONORA L_{w} dB(A)	PORTATA ARIA m ³ /h	PORTATA ACQUA CALDA l/h	PORTATA ACQUA REFRIGERATA l/h	POTENZA TERMICA Watt	POTENZA FRIGORIFERA		Δ P ACQUA CALDA kPa max	Δ P ACQUA REFRIGERATA kPa max
						Sensibile	Totale		
						Watt	Watt		
D	39	380	140	330	1.553	1.424	1.866	2,6	4,6
E	43	445	110	410	1.267	1.800	2.380	1,5	4,0
F	50	610	130	520	1.505	2.327	2.983	2,1	6,1

Bocchette e diffusori di immissione e estrazione aria

I componenti di interesse sono riportati di seguito.

- **SERRANDE DI REGOLAZIONE:** Tutte le bocchette di immissione ed estrazione aria dovranno garantire un livello di potenza sonora a 30 dB(A) alla velocità nominale di funzionamento (carico nominale di progetto). Tale livello massimo ammissibile deve essere garantito tenendo conto anche del rumore indotto dalla relativa unità di trattamento aria di alimentazione e dal rumore generato dalle serrande e dispositivi installati lungo il condotto.
- **MANDATA ARIA: DIFFUSORE A PARETE.** Diffusore a microugelli orientabili su piastra microforata per montaggio a parete, corredato di camera di raccordo con attacco posteriore circolare completa di serranda di regolazione.
- **MANDATA ARIA: DIFFUSORE A SOFFITTO.** Diffusore ad alta induzione per montaggio a filo soffitto costituito da schermo frontale forato e cupola posteriore priva di elementi o deflettori interni. Direzione di scarico orizzontale con flusso di scarico turbolento. Altezza di installazione da 2,5 a 4 m con portata da 60 a 800 m³/h.
- **MANDATA ARIA: UGELLO.** Ugello orientabile emisferico per lanci profondi e ingresso aria arrotondato per garantire prestazioni aerauliche ottimali. Altezza di installazione da 2,8 a 10 m con lancio da 3 a 50 m e portata da 40 a 2120 m³/h.
- **RIPRESA ARIA: DIFFUSORE A PARETE.** Diffusore di ripresa con piastra microforata analoga alla mandata, per montaggio a parete, corredato di camera di raccordo con attacco posteriore circolare completa di serranda di regolazione.
- **RIPRESA ARIA: DIFFUSORE A SOFFITTO.** Diffusore di ripresa per montaggio a filo soffitto costituito da schermo frontale forato, analogo alla mandata. Installazione con cassetta di raccordo o collegamento diretto al tubo flessibile. Versione speciale con altezza del plenum ridotta e imbocco arrotondato del diffusore, completo di serranda di regolazione.
- **RIPRESA ARIA: VALVOLA DI VENTILAZIONE.** Valvola di ventilazione in acciaio verniciato, con disco centrale ellittico, regolabile a vite, completa di collare per il collegamento al flessibile.
- **RIPRESA ARIA: GRIGLIA STANDARD.** Griglia di ripresa in alluminio anodizzato, a semplice fila di alette orizzontali fisse, inclinate, parallele al lato orizzontale, completa di controtelaio e serranda di taratura ad alette con rotazione contraria.

Silenziatori

Generalità:

Silenziatore rettangolare con cassa in acciaio zincato e setti fonoassorbenti in lana minerale ad alta densità con rivestimento antierosione. Le caratteristiche riportate nella presente scheda fanno riferimento ai valori di prestazione minimi accettabili. In sede di cantierizzazione del progetto dovranno essere verificati e selezionati, senza alcun onere aggiuntivo per l'E.A., silenziatori idonei alle caratteristiche dichiarate dai produttori dei componenti impiantistici (UTA, serrande, bocchette) al fine di verificare e rispettare i livelli massimi ammissibili di rumorosità in ambiente.

Caratteristiche costruttive:

Carcassa metallica per il contenimento dei setti, realizzata in lamiera zincata di spessore minimo pari a 1 mm, completa di flange forate alle due estremità. I setti sono costituiti da telaio in lamiera zincata contenente lana minerale ad alta densità e ad alto coefficiente di assorbimento acustico con rivestimento in fibra di vetro per impedirne lo sfaldamento con velocità dell'aria fino a 20 m/s.

Dimensioni:

Spessore dei setti: 200 mm.

Larghezza dei passaggi dell'aria: 100 mm.

Area frontale libera: 33%.

Attenuazione acustica in dB (secondo la ISO 7235)

Lungh. mm	Bande d'ottava - Hz							
	63	125	250	500	1K	2K	4K	8K
600	4	4	14	18	25	27	22	15
900	4	5	19	24	34	38	30	19
1.200	4	7	20	30	41	40	37	23
1.500	7	8	22	36	42	40	39	25
1.800	7	10	26	40	44	42	44	28
2.100	9	12	28	41	44	42	46	31

Condotte aria

Tutti i condotti, quando verranno posati, dovranno essere staffati al soffitto o alle pareti con i profilati metallici, opportunamente irrigiditi in modo da evitare alcuna flessione o vibrazione delle lamiere.

Coibentazione acustica interna per le condotte dell'aria

Rivestimento interno eseguito con materassino fonoassorbente, realizzato in fibra di poliestere termolegata, ignifuga, "Classe 1", con superficie piana, spessore 30 mm, incollato per mezzo di collante a dispersione acquosa.

Coibentazione acustica esterna per le condotte dell'aria

Rivestimento esterno eseguito con materassino fonoisolante costituito da due strati di resina di poliuretano con interposta guaina elastometrica carica ad alta densità, "Classe 1", con superficie piana, spessore 20 mm, incollato per mezzo di collante a dispersione acquosa.

Schiuma isolante per sigillature termoacustiche

Schiuma isolante autoestinguenta per sigillature, in bombole da 500 ml, con ottima capacità adesiva ed elevato isolamento termoacustico.

3.3.2.4 Impianti fluido-meccanici

Con riferimento a quanto contenuto nel "Capitolato speciale d'appalto norme tecniche - impianti" si rileva la presenza dei seguenti componenti.

Umidificatore a vapore elettrico a resistenza

Produttore di vapore elettrico a resistenze immerse, modulante a funzionamento automatico.

Scambiatore di calore a piastre

Scambiatore di calore a piastre saldobrasate, per impianti di riscaldamento, raffreddamento, produzione di acqua calda igienico-sanitaria.

Impianto di trattamento acqua a doppia colonna

L'addolcitore per il trattamento dell'acqua dovrà essere di tipo completamente automatico, a doppia colonna, con rigenerazione automatica volumetrica alternata.

Collettore solare piano

Collettore solare piano per sistemi a circolazione forzata, montaggio orizzontale o inclinato.

Bollitore per acqua calda sanitaria

Il bollitore dovrà essere di tipo cilindrico verticale, costruito in lamiera di acciaio zincato a caldo, completo di piedini di appoggio, con doppio scambiatore di calore a fascio tubero estraibile in acciaio inox. Il serbatoio dovrà essere protetto internamente mediante un trattamento anticorrosivo adatto per uso alimentare, e corredato di anodi al magnesio cortocircuitati, gruppo di scarico e di sfiato automatico, attacchi per sonde ed accessori. La coibentazione dovrà essere eseguita mediante materassini in fibra di vetro ad alta densità dello spessore di 100 mm, rifinita con lamierino d'alluminio lucido sagomato spessore 10/10.

Elettropompe

Le elettropompe, centrifughe, dovranno essere in-line, monostadio, idonee per acqua calda refrigerata.

Collettori di distribuzione di zona

Radiatori tubolari in acciaio

Radiatori ad elementi tubolari in acciaio preverniciati, completi di mensole a parete ed accessori.

Valvolame

Giunti antivibranti:

- corpo elastico di forma sferica, in gomma, con rete di supporto in nylon e filo d'acciaio;
- pressione massima ammissibile pari a 16 bar;
- temperatura di esercizio pari a 120°C;
- flange dimensionate secondo UNI PN 16 con gradino di tenuta.

Le reti dovranno essere montate a regola d'arte con l'impiego di:

- staffaggi per guida, sostegno e fissaggio;
- sfoghi aria nei punti più alti con funzione di separatori e accumulatori di aria con rubinetti o valvole di scarico automatiche;
- giunti elastici per evitare la trasmissione delle vibrazioni alle strutture;
- compensatori di dilatazione assiali ove necessario e relativi punti fissi;
- rubinetti di scarico nei punti bassi.

Tubazioni e coibentazioni

La classe comprende tubazioni in acciaio nero, tubazioni in acciaio zincato, tubazioni preisolate idonee per interrimento diretto, tubazioni in rame per circuiti di acqua calda, tubazioni in polietilene per condotte di acqua in pressione, tubazioni multistrato, tubazioni di scarico in Pehd, tubazioni in polietilene per gas e le relative coibentazioni termico-acustiche indicate in capitolato.

Gruppo di pressurizzazione UNI 12845 con motopompa

Gruppo di pressurizzazione antincendio secondo UNI 12845/10779 preassemblato e pronto per la messa in servizio, costituito da pompa principale elettrica, motopompa principale diesel e pompa pilota in configurazione sottobattente.

Dal punto di vista acustico le sorgenti descritte nell'elenco, con riferimento alle pompe ed alle parti dell'impianto, non costituiscono sorgenti di rumore e vibrazione significative, sia per la tipologia delle sorgenti, sia per la collocazione. Tuttavia è doveroso sottolineare che, per quanto possibile, devono essere seguite le prescrizioni di cui al capitolo "Prescrizioni generali".

3.3.2.5 Il tempo di riverberazione degli ambienti

In base alla tipologia degli ambienti si definisce un tempo di riverberazione ottimale che determina gli indici di assorbimento per un generico trattamento a soffitto, necessario per ridurre il rumore tipico presente nei locali. I requisiti relativi agli ambienti indicati in planimetria sono i seguenti:

- Tempo di riverberazione medio per le segreterie, uffici $T < 0,7$ s
- Tempo di riverberazione medio per le sale riunione $T < 0,6$ s

-Tempo di riverberazione medio per i locali tecnici (CED) $T < 0,4$ s

-Tempo di riverberazione medio per le sale destinate alla riproduzione di contenuti multimediali o teleconferenze (CED, Video, Formazione, Corsi) $T < 0,4$ s

-Tempo di riverberazione medio per sale ristoro, aree bar $T < 0,8$ s.

I valori indicati determinano un trattamento acustico da realizzare: questo consiste generalmente in un controsoffitto fonoassorbente il cui indice di assorbimento acustico α_w varia in base alla destinazione d'uso dello spazio e alla presenza di rumore (numero di persone presenti e sorgenti di rumore, ventilconvettori, bocchette di presa d'aria etc).

La tabella di seguito indica gli indici di assorbimento acustico α_w minimo necessari per ottenere i tempi di riverberazione indicati precedentemente.

Ambiente	α_w, minimo
Tipo	[-]
Uffici	0,60
Segreterie	0,60
Sala riunioni	0,80
Locali tecnici, CED	0,90
Sale video, formazione	0,90
Altre (corridoi, ristoro, Hall, etc)	0,90

Il calcolo del rumore presente negli ambienti si basa sul trattamento acustico già realizzato.

4. Verifica rumorosità degli impianti tecnologici

I documenti di riferimento analizzati per effettuare la verifica del rispetto della rumorosità degli impianti tecnologici sono i seguenti:

- 1_02C_C16167_OOA0_OG_E_GN_PL_0006_A_AREA GEN
- 1_02C_C16167_OOA0_O_G_E_GN_RE_0002_A_Relazione generale
- 1_02C_C16167_OCA0_O_G_E_GC_RE_0003_A_Tecnico descrittiva

Il posto di controllo centralizzato (PCC) è un complesso di fabbricati destinati all'alloggiamento di uffici di pertinenza di OK GOL, DIREZIONE DELL'ESERCIZIO, PUNTO BLU e PCC; nello specifico i fabbricati verranno collocati nell'area indicata dal riquadro di Figura 29.

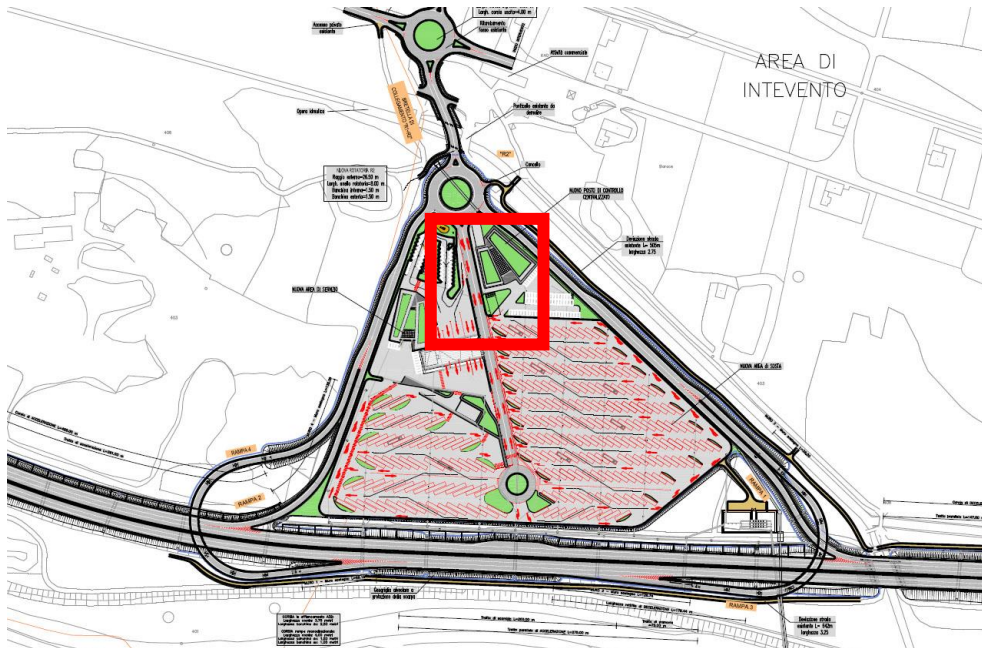


Figura 29: Area generale e inquadramento del fabbricato Posto di Comando e di Controllo

Questo edificio è stato dimensionato per accogliere attività di pertinenza SITAF S.p.A.: l'edificio più grande con due piani fuori terra sarà la sede (al piano terreno la Direzione d'Esercizio e al primo piano la sede del Posto di Controllo Centralizzato), mentre nei due corpi più bassi prenderanno posto sia la Società "OK-GOL" sia il Punto Blu oggi di sede a Susa Figura 30 e Figura 31.

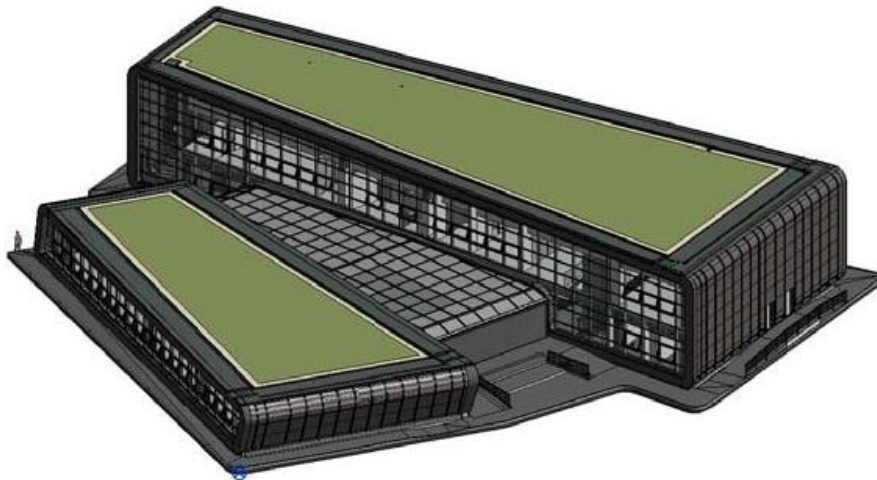


Figura 30: PCC - Vista prospettica dei fabbricati Nord Ovest

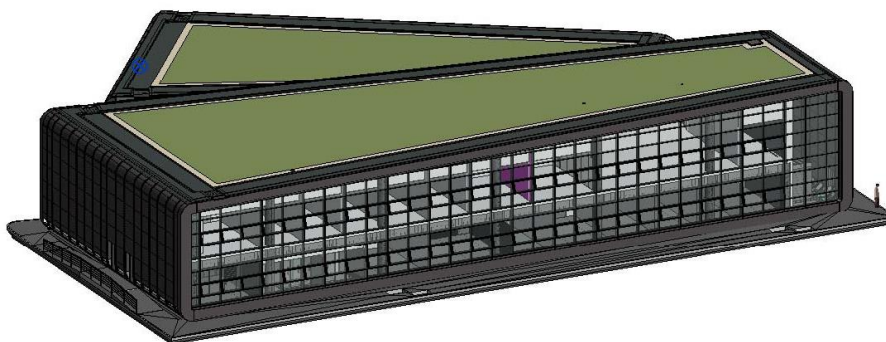


Figura 31: PCC - Vista prospettica dei fabbricati da Nord Est

4.1 Impianto di climatizzazione: rumore prodotto dai ventilconvettori

In relazione al rumore prodotto dalle unità in funzione, si specifica che i ventilconvettori presenti nel complesso sono del tipo verticale per installazione a pavimento e orizzontale per installazione a soffitto .

Le informazioni necessarie alla valutazione del rumore sono estratte dalle tavole di progetto.

IMPIANTI MECCANICI Impianti di climatizzazione

IMA1_O_6_E_IM_PL_2406_A	impianti climatizzazione piano terreno
IMA1_O_6_E_IM_PL_2407_A	impianti climatizzazione piano primo
IMA1_O_7_E_IM_PL_2400_A	Schema funzionale centrale tecnologica
IMA1_O_7_E_IM_PL_2410_A	Particolari e dettagli

Le caratteristiche di emissione sonora delle unità presenti nel fabbricato, espresse come livello di potenza sonora L_w sono riportate nella tabella seguente.

GRANDEZZA	Posizione	PORTATA ARIA	Livello di potenza sonora L_w
		m^3/h	dB(A)
A	verticale	220	44
B	verticale	350	42
C	verticale	610	48
D	orizzontale	380	39
E	orizzontale	445	43
F	orizzontale	610	50

Nella planimetria seguente () si riporta l'insieme degli ambienti e l'indicazione della posizione delle unità previste. Si precisa che le planimetrie sono relative al piano terreno nel quale sono riportate le collocazioni delle unità per il fabbricato OK-GOL (a sinistra) e per il fabbricato PCC, DIREZIONE D'ESERCIZIO (a destra).

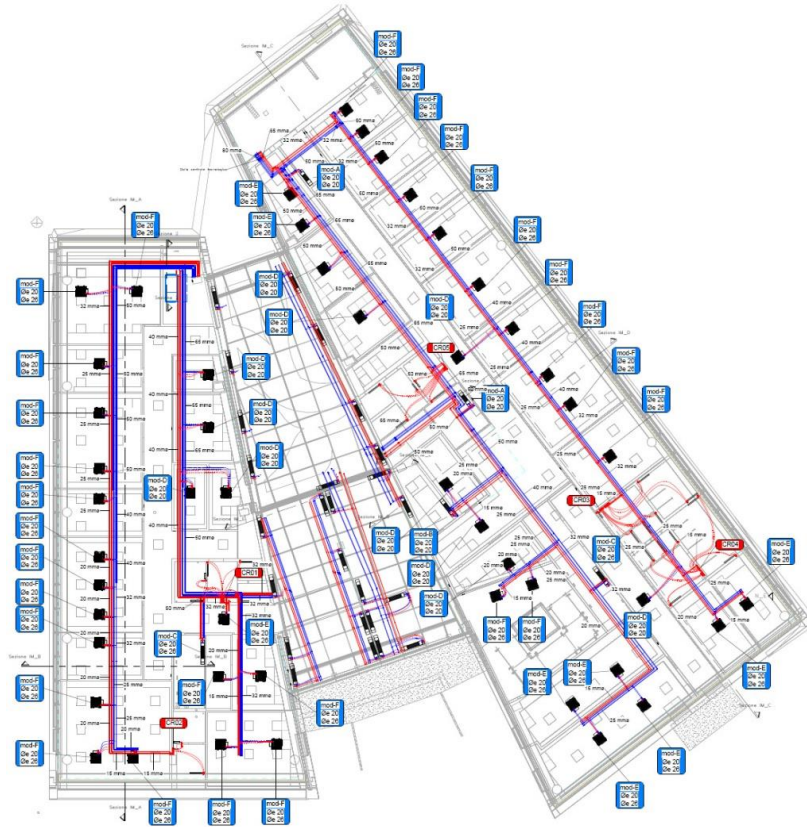


Figura 32: PCC Piano Terreno : impianto climatizzazione, posizione ventilconvettori e passaggio delle

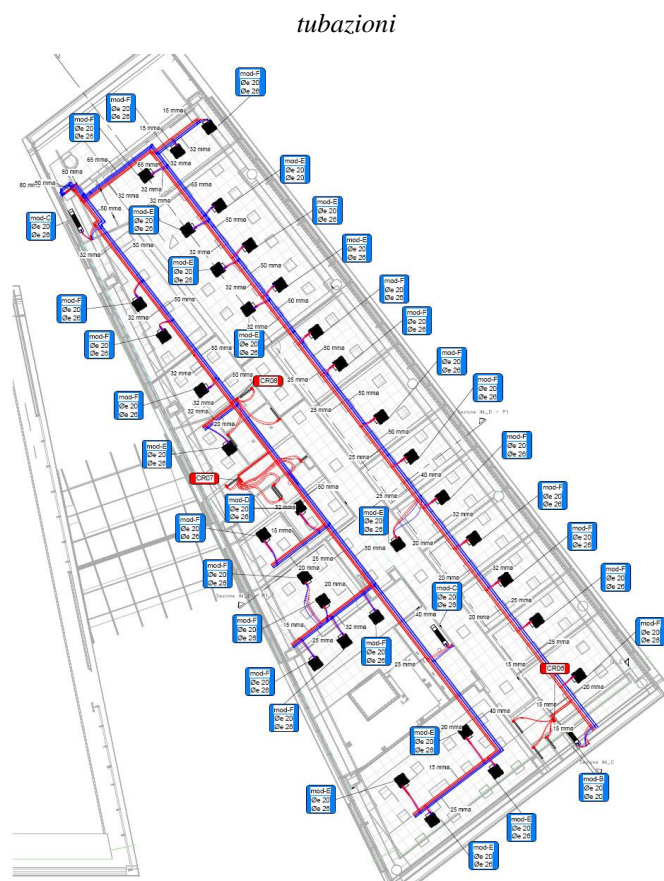


Figura 33: PCC Piano Primo : impianto climatizzazione, posizione ventilconvettori e passaggio delle tubazioni

Le planimetrie evidenziano due tipologie definite di ambienti, che si possono aggregare nelle classi seguenti:

Tipologia	Superficie in pianta S in m ²	Numero unità
1	15 < Superficie < 25	1
2	30 < Superficie < 50	2/3

La valutazione del rumore nei locali sarà effettuata unicamente negli ambienti più sfavorevoli, rappresentativi dell'intero complesso e caratterizzati dalla possibile presenza di criticità, si considerano le seguenti grandezze di influenza:

- 1) la potenza sonora (correlata alla potenza termica e quindi alle dimensioni dell'ambiente)
- 2) il numero di unità presenti.

A parità di numero e potenza delle unità presenti le priorità assegnate alle valutazioni sono maggiori laddove potrebbero esserci i livelli sonori più elevati ovvero laddove si rileva la presenza contemporanea di bocchette di mandata e ripresa o altre sorgenti.

4.2 Impianto di ventilazione: rumore prodotto dalle Unità di Trattamento Aria e ventilatori estrazione dell'aria

La previsione del rumore prodottodali impianti di ventilazione a servizio degli ambienti è effettuata sulla base delle informazioni desunte dalla documentazione progettuale riportata in elenco.

IMPIANTI MECCANICI Impianti di ventilazione

IMA1_O_5_E_IM_PL_2408_A	impianti ventilazione piano terreno
IMA1_O_5_E_IM_PL_2409_A	impianti ventilazione piano primo
IMA1_O_7_E_IM_PL_2401_A	Schema funzionale centrale di ventilazione
IMA1_O_7_E_IM_PL_2410_A	Particolari e dettagli

Le planimetrie dei fabbricati PCC,DIREZIONE ESERCIZIO e OK-GOL, che riportano integralmente il circuito aeraulico per i paini terreno e primo, sono riportate in Figura 34 e Figura 35.

Le figure evidenziano la distribuzione delle canalizzazioni che afferiscono alle centrali tecnologiche in cui sono presenti le macchine.



Figura 34: Progetto impianto di climatizzazione; pianta piano terreno, canalizzazioni di mandata e di ripresa

dell'aria



Figura 35: Progetto impianto di climatizzazione; pianta piano primo, canalizzazioni di mandata e di ripresa dell'aria

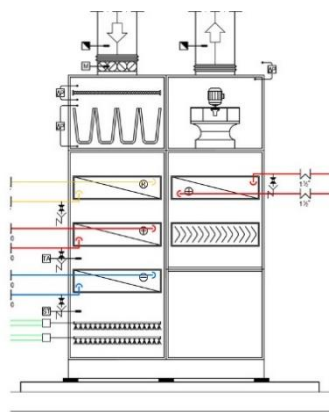
I canali di mandata e ripresa della CTA verso gli uffici sono codificate dai colori seguenti:

	condotta di mandata dell'aria
	condotta di ripresa dell'aria
	condotta di estrazione dell'aria

Le macchine previste a progetto sono costituite da unità di trattamento dell'aria di tipo componibile, codificate come UTA relativamente ai canali di mandata e come VE (estrattori di aria) in relazione ai canali di ripresa ed all'estrazione. Gli schemi seguenti riportano le caratteristiche principali aerauliche e termiche delle unità citate, sia per il fabbricato PCC, DIREZIONE d'ESERCIZIO sia per il fabbricato OK-GOL.

Macchine a servizio del piano terreno del fabbricato AREA TERZIARIO-COMMERCIALE

UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA	UTA 02
---------------------------	--------

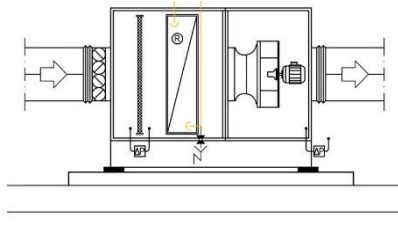


UTA 02

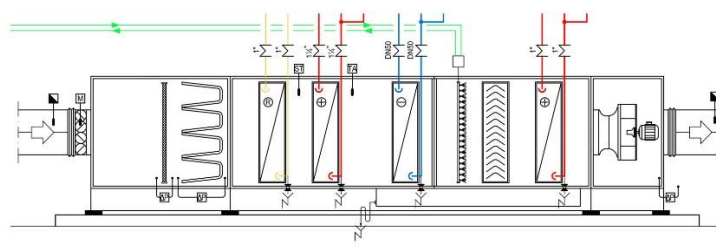
UTA 02	UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA COMPONIBILE PER CLIMATIZZAZIONE PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO; CARATTERISTICHE:	
	-PORTATA MANDATA	10.000,0m ³ /h
	-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	54,3 kW
	-POTENZA BATTERIA DI RISCALDAMENTO	102,0 kW
	-POTENZA BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO	117,9 kW
	-POTENZA BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO	44,2 kW

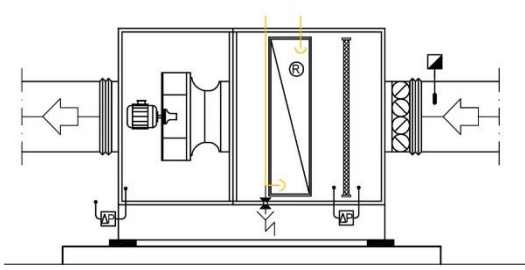
ESTRATTORE ARIA	VE 03	
VE 03		
VE 03	ESTRATTORE ARIA UFFICI ZONA PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO; CARATTERISTICHE:	
	-PORTATA	5.400,0 m ³ /h
	-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	35,5 kW

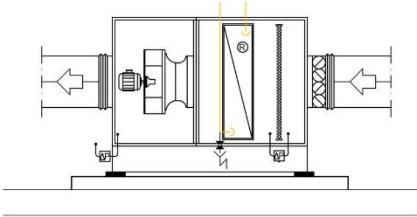
ESTRATTORE ARIA	VE 04
-----------------	-------

 <p style="text-align: center;">VE 04</p>					
VE 04	<p>ESTRATTORE ARIA UFFICI ZONA PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO; CARATTERISTICHE:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-PORTATA</td> <td style="text-align: right;">2.900,0 m³/h</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO</td> <td style="text-align: right;">18,8 kW</td> </tr> </table>	-PORTATA	2.900,0 m ³ /h	-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	18,8 kW
-PORTATA	2.900,0 m ³ /h				
-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	18,8 kW				

Macchine a servizio del piano terreno e primo del fabbricato OK-GOL

UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA	UTA 01										
											
UTA 01	<p>UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA COMPONIBILE PER CLIMATIZZAZIONE PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO; CARATTERISTICHE:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-PORTATA MANDATA</td> <td style="text-align: right;">3.100,0 m³/h</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO</td> <td style="text-align: right;">20,5 kW</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-POTENZA BATTERIA DI RISCALDAMENTO</td> <td style="text-align: right;">31,7 kW</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-POTENZA BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO</td> <td style="text-align: right;">36,8 kW</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-POTENZA BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO</td> <td style="text-align: right;">13,8 kW</td> </tr> </table>	-PORTATA MANDATA	3.100,0 m ³ /h	-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	20,5 kW	-POTENZA BATTERIA DI RISCALDAMENTO	31,7 kW	-POTENZA BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO	36,8 kW	-POTENZA BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO	13,8 kW
-PORTATA MANDATA	3.100,0 m ³ /h										
-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	20,5 kW										
-POTENZA BATTERIA DI RISCALDAMENTO	31,7 kW										
-POTENZA BATTERIA DI RAFFREDDAMENTO	36,8 kW										
-POTENZA BATTERIA DI POST-RISCALDAMENTO	13,8 kW										

ESTRATTORE ARIA	VE 01				
 <p style="text-align: center;">VE 01</p>					
VE 01	<p>ESTRATTORE ARIA UFFICI ZONA OK-GOL; CARATTERISTICHE:</p> <table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-PORTATA</td> <td style="text-align: right;">2.000,0 m³/h</td> </tr> <tr> <td style="padding-left: 20px;">-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO</td> <td style="text-align: right;">15,0 kW</td> </tr> </table>	-PORTATA	2.000,0 m ³ /h	-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	15,0 kW
-PORTATA	2.000,0 m ³ /h				
-POTENZA BATTERIA DI RECUPERO	15,0 kW				

ESTRATTORE ARIA	VE 02
 <p style="text-align: center;">VE 02</p>	
VE 02	ESTRATTORE ARIA UFFICI ZONA OK-GOL; CARATTERISTICHE: -PORTATA 700,0 m³/h

Si integrano le informazioni delle unità UTA/VE con le potenze estratte dai dati tecnici desunti dalla documentazione fornita riportata nelle seguente.

Tabella 2: Sorgenti di rumore delle Unità di Trattamento Aria (PCC, Direzione d'esercizio)

Sorgente	Potenza sonora nei canali Lw dB(A)
UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA: UTA02	88
ESTRATTORE ARIA: VE03	83
ESTRATTORE ARIA: VE04	77

Tabella 3: Sorgenti di rumore delle Unità di Trattamento Aria (OK-GOL)

Sorgente	Potenza sonora nei canali Lw dB(A)
UNITÀ DI TRATTAMENTO ARIA: UTA01	87
ESTRATTORE ARIA: VE01	79
ESTRATTORE ARIA: VE02	68

Premesso che i livelli di potenza sonora qui attribuiti alle unità indicate sono desunti dalle informazioni tecniche fornite dai produttori, si prescrive che per garantire la compatibilità con i requisiti acustici e con le condizioni minime di comfort in tutti gli ambienti valutati la condizione necessaria consiste nella scelta delle macchine nelle versioni silenziate che

commercialmente equivale alle versioni per le quali il modello è denominato esplicitamente **"low-noise" "super-silenced"** per le quali l'emissione sonora attraverso l'involucro e sui canali di ripresa e di mandata dell'aria, bocche di presa d'aria esterna, bocche di espulsione adottano soluzioni atte a minimizzare il livello del rumore prodotto dai ventilatori presenti nell'unità.

In pratica la versione "silenziata" della macchina è in generale chiusa in involucro ad elevato potere fonoisolante costituito da un sandwich realizzato da due lamiere metalliche cieche con interposta lana minerale ad elevata densità in modo tale da garantire un isolamento adeguato.

Per minimizzare il rumore generato dai ventilatori sono inoltre previsti i componenti integrativi seguenti:

Per l'unità UTA 01 a servizio del fabbricato OK-GOL

- Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 2 lunghezza minima 1.500 mm su bocca di MANDATA DELL'ARIA.

Per l'unità UTA 02 a servizio del fabbricato PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO

- Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 1 lunghezza minima 1.800 mm su bocca di MANDATA DELL'ARIA.

Per l'unità VE 01 estrazione aria fabbricato OK-GOL

- Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 2 lunghezza minima 1.500 mm su bocca di RIPRESA DELL'ARIA.

Per l'unità VE 03 estrazione aria servizi igienici fabbricato PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO

- Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 2 lunghezza minima 1.500 mm su bocca di RIPRESA DELL'ARIA.

Per l'unità VE 04 estrazione aria servizi igienici fabbricato PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO

- Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 3 lunghezza minima 900 mm su bocca di RIPRESA DELL'ARIA.

I silenziatori a setti saranno del tipo rettilineo, flangiato, a sezione rettangolare con setti fonoassorbenti. Saranno inseriti sulle mandate delle U.T.A. e sulle aspirazioni dei ventilatori di estrazione, avranno carcassa in lamiera zincata con spessore minimo pari a 0,8 mm e i setti saranno in lana minerale con rivestimento in fibra di vetro. I setti saranno dotati di lamierino forato su tutta la superficie.

Caratteristiche tecniche:

Lunghezza: come indicato nei punti precedenti

Spessore dei setti: 200mm

Interasse tra i setti: 100mm

Le attenuazioni minime che i silenziatori indicati devono garantire devono essere le seguenti:

Attenuazione minima silenziatore TIPO 1 (L_{min} = 1.800 mm)

Frequenza	Hz	63	125	250	500	1'000	2'000	4'000	8'000
Attenuazione	dB	7	10	26	40	44	42	44	28

Attenuazione minima silenziatore TIPO 2 (L_{min} = 1.500 mm)

Frequenza	Hz	63	125	250	500	1'000	2'000	4'000	8'000
Attenuazione	dB	7	8	22	36	42	40	39	25

Attenuazione minima silenziatore TIPO 3 (L_{min} = 900 mm)

Frequenza	Hz	63	125	250	500	1'000	2'000	4'000	8'000
Attenuazione	dB	4	5	19	24	34	38	30	19

L'analisi del rumore prodotto dall'impianto di climatizzazione è effettuata sulle informazioni relative alle caratteristiche di emissione sonora delle macchine e delle parti che compongono il circuito aeraulico per i canali di mandata e di ripresa dell'aria (griglie, serrande, diramazioni, etc).

I paragrafi successivi valutano e prescrivono tutti gli accorgimenti che possono essere adottati per ridurre il disturbo negli ambienti limitrofi ed in generale dove sono presenti elementi suscettibili di produrre emissioni sonore significative (locali più critici, prossimi alle macchine).

I punti valutati sono relativi agli aspetti seguenti:

1. rumore che può essere generato in funzione della velocità dell'aria nel circuito aeraulico (cfr. capitolo "prescrizioni generali")
2. rumore prodotto negli ambienti dalle bocchette di mandata e ripresa
3. rumore che fuoriesce dai canali che transitano negli ambienti (rumore di breakout)
4. rumore che fuoriesce dall'involucro della Centrale di Trattamento dell'Aria
5. trasmissione delle vibrazioni indotte dal funzionamento della Centrale di Trattamento dell'Aria

Si osserva che le valutazioni della rumorosità sono effettuate per alcuni ambienti campione particolarmente rappresentativi in quanto più vicini alle sorgenti di rumore e quindi maggiormente vincolanti rispetto alle caratteristiche acustiche di attenuazione degli eventuali componenti da inserire per ridurre i livelli di rumore. **Come detto si considerano attuate tutte le prescrizioni relative alla rumorosità delle macchine ed alla presenza dei silenziatori sui canali di mandata e ripresa, laddove sono stati indicati.**

4.3 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_98_SALA Video

La stima del rumore è effettuata nell'ambiente più rappresentativo dal punto di vista della possibile criticità rispetto ai requisiti acustici richiesti ed alle condizioni minime di comfort. La riporta le planimetria in cui sono presenti gli elementi costituenti gli impianti oggetto di analisi.

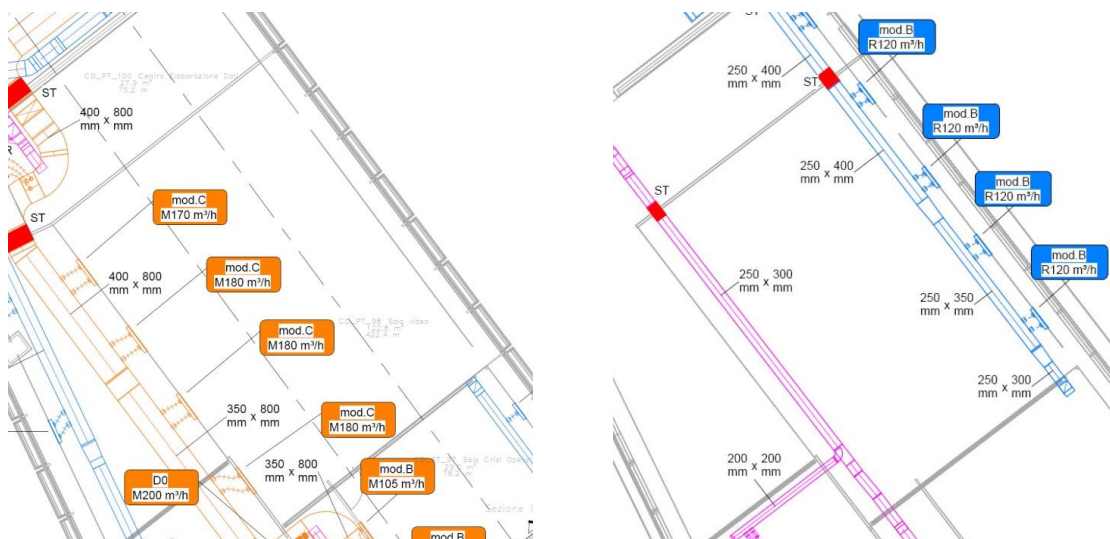


Figura 36: CD_PT_98_SALA VIDEO bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria

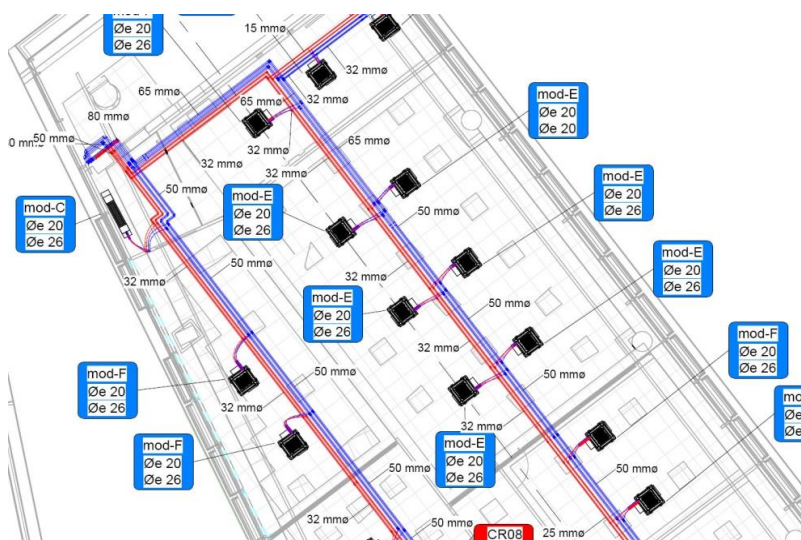


Figura 37: CD_PT_98_SALA VIDEO impianti di climatizzazione

Le sorgenti di rumore che producono il rumore che si propaga attraverso i canali aeraulici sono le seguenti:

Sorgenti afferenti al locale

Unità climatizzazione	Circuito aeraulico
UTA02	Canale Mandata
VE03	Ripresa aria uffici
VE04	Ripresa aria servizi igienici

La stima del rumore nell'ambiente è basata sull'adozione delle misure di riduzione di rumore descritte al paragrafo precedente e delle prescrizioni generali, date queste premesse il livello di rumore complessivo calcolato al centro dell'ambiente è il seguente:

1. Rumore circuito aeraulico di mandata dal diffusore mod. C 180 m³/h

$$L_{p, \text{mandata}} = 31,0 \text{ dB(A)}$$

2. Rumore circuito aeraulico di ripresa dal diffusore mod. B 120 m³/h

$$L_{p, \text{ripresa}} = 28,4 \text{ dB(A)}$$

3. Rumore di breakout circuito aeraulico di ripresa estrazione aria servizi igienici

$$L_{p, \text{breakout}} = 26,0 \text{ dB(A)}$$

4. Rumore prodotto dai ventilconvettori

$$L_{p, \text{ventilconvettori}} = 32,2 \text{ dB(A)}$$

Il rumore complessivo di tutte le macchine in funzione, valutato al centro dello stesso ambiente in cui viene generato, è pari a $L_{p, \text{globale}} = 36,0 \text{ dB(A)}$.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. In questo caso, determinato un potere fonoisolante R_w delle pareti di separazione di 65 dB e un potere fonoisolante R_w delle porte di accesso pari a 33 dB e dato il tempo di riverberazione definito per la sala crisi operativa CD_PT_97 pari a $T=0,4 \text{ s}$, si stabilisce che il livello sonoro pari a 33,7 dB(A) calcolato all'interno dello stesso ambiente si ridurrà all'interno dell'ambiente adiacente al di sotto del livello massimo pari a 28 dB(A) stabiliti dal DM 24 dicembre 2015, date le prestazioni di isolamento delle partizioni sopra riportate.

Si conclude che il livello del rumore è conforme al livello limite di legge.

4.4 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_97_Sala crisi OPERATIVA

La stima del rumore è effettuata nell'ambiente adiacente, a valle della sala video, per verificare l'efficacia delle soluzioni adottate per la riduzione dei livelli di rumore e valutarne il rispetto ai requisiti acustici. La Figura 38 riporta le planimetria in cui sono presenti gli elementi costituenti gli impianti oggetto di analisi.

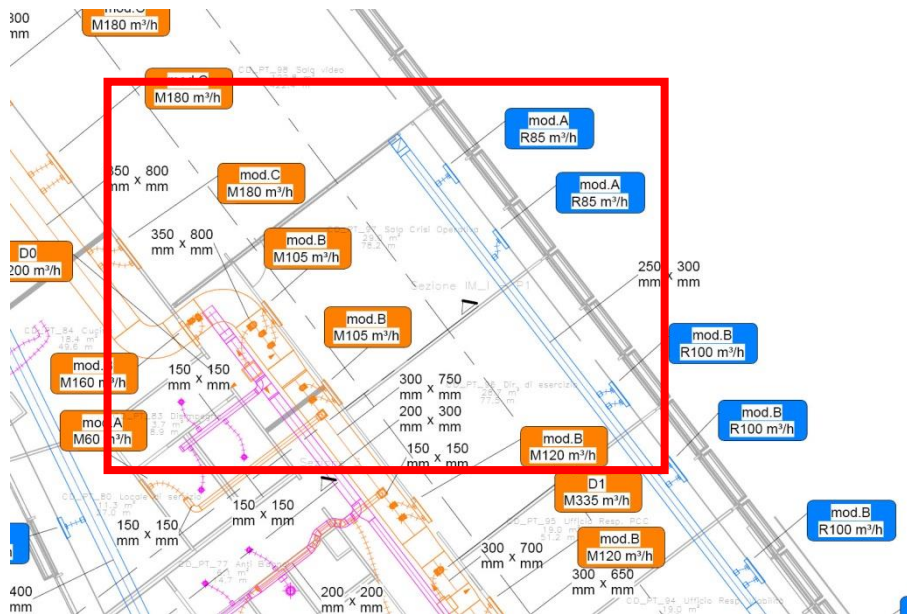


Figura 38: CD_PT_97_SALA CRISI OPERATIVA bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria

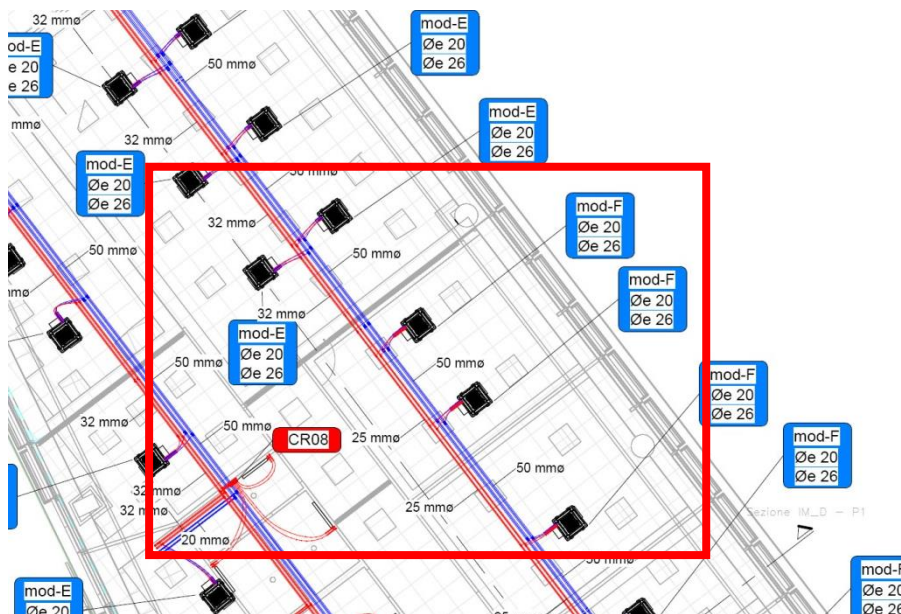


Figura 39: CD_PT_97_SALA CRISI OPERATIVA impianti di climatizzazione

Le sorgenti di rumore che producono il rumore che si propaga attraverso i canali aeraulici sono le seguenti:

Sorgenti afferenti al locale

Unità climatizzazione	Circuito aeraulico
UTA02	Canale Mandata
VE03	Ripresa aria uffici

La stima del rumore nell'ambiente è basata sull'adozione delle misure di riduzione di rumore descritte al paragrafo precedente e delle prescrizioni generali, date queste premesse il livello di rumore complessivo calcolato al centro dell'ambiente è il seguente:

Rumore circuito aeraulico di mandata dal diffusore mod. B 105 m³/h

$$L_{p, \text{mandata}} = 20,6 \text{ dB(A)}$$

Rumore circuito aeraulico di ripresa dal diffusore mod. B 105 m³/h

$$L_{p, \text{ripresa}} = 26,2 \text{ dB(A)}$$

Rumore di breakout circuito aeraulico di ripresa estrazione aria servizi igienici

$$L_{p, \text{breakout}} = - \text{dB(A)}$$

Rumore prodotto dai ventilconvettori

$$L_{p, \text{ventilconvettori}} = 34,5 \text{ dB(A)}$$

Il rumore complessivo di tutte le macchine in funzione, valutato al centro dello stesso ambiente in cui viene generato, è pari a $L_{p, \text{globale}} = 35,3 \text{ dB(A)}$.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. In questo caso, determinato un potere fonoisolante R_w delle pareti di separazione di 56 dB e un potere fonoisolante R_w delle porte di accesso pari a 33 dB e dato il tempo di riverberazione definito per la Direzione d'esercizio CD_PT_96 pari a $T=0,6 \text{ s}$, si stabilisce che il livello sonoro pari a 35,3 dB(A) calcolato all'interno dello stesso ambiente si ridurrà all'interno dell'ambiente adiacente al di sotto del livello massimo pari a 28 dB(A) richiesti dalla normativa, date le prestazioni di isolamento delle partizioni sopra riportate.

Si conclude che il livello del rumore è conforme al livello limite di legge.

4.5 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_83_disimpegno

La stima del rumore è effettuata in un ambiente senza presenza continuativa di persone, in quanto il disimpegno costituisce un ambiente di separazione tra la cucina CD_PT_84 ed i servizi. Si valuta tuttavia la rumorosità nell'ambiente servito dalla bocchetta più vicina all'unità di estrazione aria dei servizi igienici VE04 per determinare eventuali misure atte a ridurre i livelli immessi.

La Figura 40 riporta le planimetria in cui sono presenti gli elementi costituenti gli impianti oggetto di analisi.

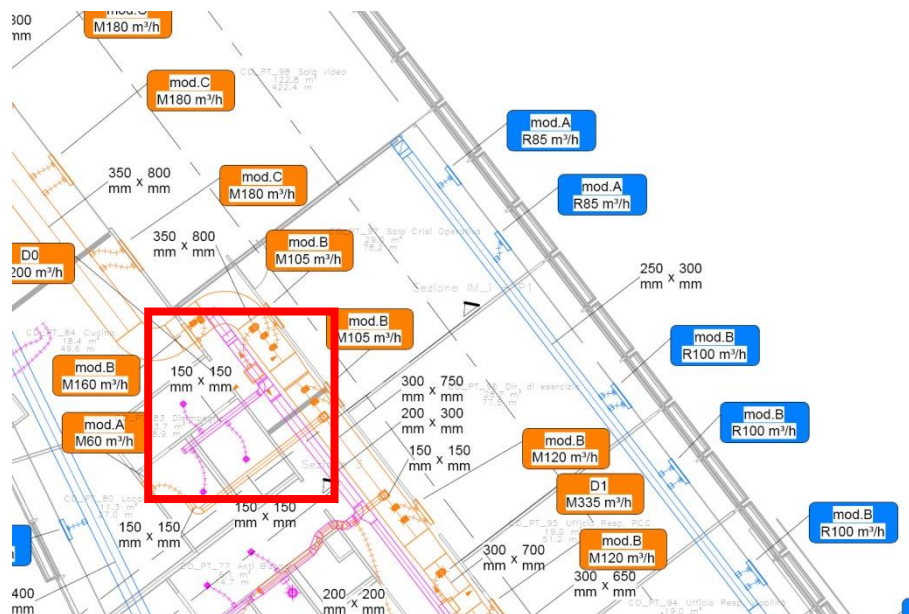


Figura 40: CD_PT_83_DISIMPEGNO bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria

Le sorgenti di rumore che producono il rumore che si propaga attraverso i canali aeraulici sono le seguenti:

Sorgenti afferenti al locale

Unità climatizzazione	Circuito aeraulico
VE04	Ripresa aria servizi igienici

La stima del rumore nell'ambiente è basata sull'adozione delle misure di riduzione di rumore descritte al paragrafo precedente e delle prescrizioni generali, il livello di rumore complessivo calcolato al centro dell'ambiente è il seguente:

Rumore circuito aeraulico di mandata dal diffusore

$$L_{p, \text{mandata}} = - \text{dB(A)}$$

Rumore circuito aeraulico di ripresa dal diffusore mod.

$$L_{p, \text{ripresa}} = 30,3 \text{ dB(A)}$$

Rumore di breakout circuito aeraulico di ripresa estrazione aria servizi igienici

$$L_{p, \text{breakout}} = - \text{dB(A)}$$

Rumore prodotto dai ventilconvettori

$$L_{p, \text{ventilconvettori}} = - \text{dB(A)}$$

Il rumore complessivo di tutte le macchine in funzione, valutato al centro dello stesso ambiente in cui viene generato, è pari a $L_{p, \text{globale}} = 30,3 \text{ dB(A)}$.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. In questo caso, determinato un potere fonoisolante R_w delle pareti di separazione

di 47 dB e un potere fonoisolante R_w delle porte di accesso pari a 33 dB e dato il tempo di riverberazione definito per la cucina CD_PT_84 pari a $T=0,4$ s, si stabilisce che il livello sonoro pari a 30,3 dB(A) calcolato all'interno dello stesso ambiente si ridurrà all'interno dell'ambiente adiacente al di sotto del livello massimo pari a 28 dB(A) stabiliti, date le prestazioni di isolamento delle partizioni sopra riportate.

Si conclude che il livello del rumore è conforme al livello limite di legge.

4.6 Calcolo del rumore complessivo: CD_PT_64_ufficio ospiti

La stima del rumore è effettuata nell'ambiente più rappresentativo al piano terreno dal punto di vista della possibile criticità rispetto ai requisiti acustici passivi prodotti dagli impianti tecnologici ed alle condizioni minime di comfort. La Figura 41 riporta le planimetria in cui sono presenti gli elementi costituenti gli impianti oggetto di analisi.

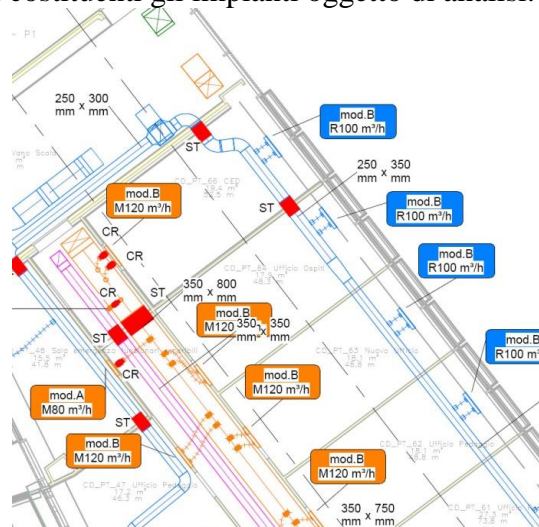


Figura 41: CD_PT_64_UFFICIO OSPITI bocchette di mandata e ripresa dell'aria e passaggi del canale di estrazione dell'aria

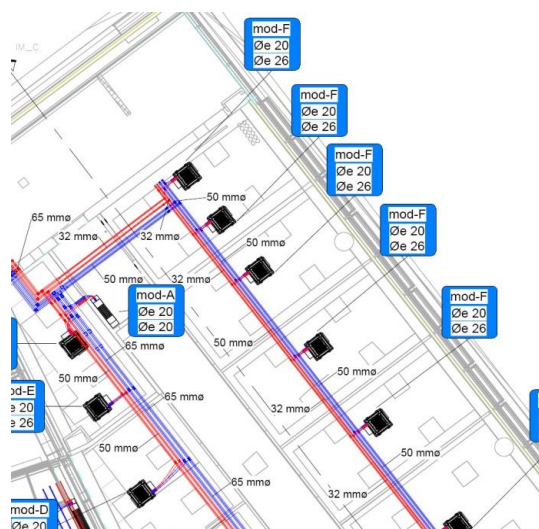


Figura 42: CD_PT_64_UFFICIO OSPITI impianti di climatizzazione

Le sorgenti di rumore che producono il rumore che si propaga attraverso i canali aeraulici sono le seguenti:

Sorgenti afferenti al locale

Unità climatizzazione	Circuito aeraulico
UTA02	Canale Mandata
VE03	Ripresa aria uffici

La stima del rumore nell'ambiente è basata sull'adozione delle misure di riduzione di rumore descritte al paragrafo precedente e delle prescrizioni generali, date le premesse, il livello di rumore complessivo calcolato al centro dell'ambiente è il seguente:

1. Rumore circuito aeraulico di mandata dal diffusore mod. B 120 m³/h
 $L_{p, \text{mandata}} = 35,2 \text{ dB(A)}$
2. Rumore circuito aeraulico di ripresa dal diffusore mod. B 100 m³/h
 $L_{p, \text{ripresa}} = 31,7 \text{ dB(A)}$
3. Rumore di breakout circuito aeraulico di ripresa estrazione aria servizi igienici
 $L_{p, \text{breakout}} = - \text{dB(A)}$
4. Rumore prodotto dai ventilconvettori Mod F (610 m³/h)
 $L_{p, \text{ventilconvettori}} = 33,0 \text{ dB(A)}$

Il rumore complessivo di tutte le macchine in funzione, valutato al centro dello stesso ambiente in cui viene generato, è pari a $L_{p, \text{globale}} = 38,3 \text{ dB(A)}$.

Le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato e tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina. In questo caso, determinato un potere fonoisolante R_w delle pareti di separazione di 56 dB e un potere fonoisolante R_w delle porte di accesso pari a 33 dB e dato il tempo di riverberazione definito per la cucina CD_PT_64 pari a $T=0,6 \text{ s}$, si stabilisce che il livello sonoro pari a 38,3 dB(A) calcolato all'interno dello stesso ambiente si ridurrà all'interno dell'ambiente adiacente al di sotto del livello massimo pari a 28 dB(A) stabiliti da normativa, date le prestazioni di isolamento delle partizioni sopra riportate.

Si conclude che il livello del rumore è conforme al livello limite di legge.

4.7 Prescrizioni sugli impianti tecnologici

La valutazione del rumore prodotto dagli impianti di climatizzazione e ventilazione ha fornito le indicazioni necessarie per definire le soluzioni specifiche per gli impianti definiti a progetto, secondo i dati desunti dai documenti forniti.

Ulteriori accorgimenti devono essere seguiti, per quanto possibile, al fine di massimizzare gli aspetti connessi alla vivibilità degli ambienti, utilizzati per lunghi periodi dagli impiegati ed in generale dagli utenti.

Tali indicazioni, di tipo generale, sono specificati nel dettaglio nell'apposito paragrafo "prescrizioni generali". Il paragrafo seguente chiarisce nello specifico gli elementi posti alla base delle scelte progettuali che hanno permesso di definire le necessarie opere di mitigazione.

4.7.1 Prescrizioni specifiche per il fabbricato PCC, DIREZIONE d'ESERCIZIO e OK-GOL

Come già detto precedentemente, per garantire la compatibilità con i requisiti acustici passivi e con le condizioni minime di comfort in tutti gli ambienti valutati, la condizione necessaria consiste nella scelta delle macchine nelle versioni silenziate, che commercialmente equivale alle versioni per le quali il modello è denominato esplicitamente "**low-noise**" "**super-silenced**" **per le quali l'emissione sonora attraverso l'involucro e sui canali di ripresa e di mandata dell'aria, bocche di presa d'aria esterna, bocche di espulsione adottano soluzioni atte a minimizzare il livello del rumore prodotto dai ventilatori presenti nell'unità.**

In pratica la versione "silenziate" della macchina è in generale chiusa in involucro ad elevato potere fonoisolante costituito da un sandwich realizzato da due lamiere metalliche cieche con interposta lana minerale ad elevata densità in modo tale da garantire un isolamento adeguato.

Per la minimizzazione del rumore generato dai ventilatori sono inoltre previsti i componenti integrativi seguenti:

Per l'unità UTA 01 a servizio del fabbricato OK-GOL

- **Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 2 lunghezza minima 1.500 mm su bocca di MANDATA DELL'ARIA.**

Per l'unità UTA 02 a servizio del fabbricato PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO

- **Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 1 lunghezza minima 1.800 mm su bocca di MANDATA DELL'ARIA.**

Per l'unità VE 01 estrazione aria fabbricato OK-GOL

- **Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 2 lunghezza minima 1.500 mm su bocca di RIPRESA DELL'ARIA.**

Per l'unità VE 03 estrazione aria servizi igienici fabbricato PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO

- **Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 2 lunghezza minima 1.500 mm su bocca di RIPRESA DELL'ARIA.**

Per l'unità VE 04 estrazione aria servizi igienici fabbricato PCC E DIREZIONE D'ESERCIZIO

- **Silenziatore a setti fonoassorbenti TIPO 3 lunghezza minima 900 mm su bocca di RIPRESA DELL'ARIA.**

I silenziatori a setti saranno del tipo rettilineo, flangiato, a sezione rettangolare con setti fonoassorbenti. Saranno inseriti sulle mandate delle U.T.A. e sulle aspirazioni dei ventilatori di estrazione, avranno carcassa in lamiera zincata con spessore minimo pari a 0,8 mm e i setti

saranno in lana minerale con rivestimento in fibra di vetro. I setti saranno dotati di lamierino forato su tutta la superficie.

Caratteristiche tecniche:

- Lunghezza: come indicato nei punti precedenti
- Spessore dei setti: 200mm
- Interasse tra i setti: 100mm

Le attenuazioni minime che i silenziatori indicati devono garantire devono essere le seguenti

Attenuazione minima silenziatore TIPO 1 (L_{min} = 1.800 mm)

Frequenza	Hz	63	125	250	500	1'000	2'000	4'000	8'000
Attenuazione	dB	7	10	26	40	44	42	44	28

Attenuazione minima silenziatore TIPO 2 (L_{min} = 1.500 mm)

Frequenza	Hz	63	125	250	500	1'000	2'000	4'000	8'000
Attenuazione	dB	7	8	22	36	42	40	39	25

Attenuazione minima silenziatore TIPO 3 (L_{min} = 900 mm)

Frequenza	Hz	63	125	250	500	1'000	2'000	4'000	8'000
Attenuazione	dB	4	5	19	24	34	38	30	19

4.7.1.1 Prescrizioni generali

L'analisi della documentazione ha evidenziato, come detto, diversi elementi che meritano maggior cura durante le fasi di realizzazione delle opere.

Le figure seguenti illustrano con maggior chiarezza i problemi che possono nascere a seguito delle particolari soluzioni progettuali dell'impianto di ventilazione e climatizzazione e relative al passaggio di canali tra i diversi ambienti e alla vicinanza di componenti suscettibili di generare rumore negli ambienti di lavoro.

Le sezioni riportate nelle Figura 43 e Figura 44, infatti, indicano gli attraversamenti dei canali di mandata, di ripresa e di estrazione dell'aria dei servizi igienici che costituiscono di fatto un indebolimento del potere fonoisolante delle partizioni verticali e orizzontali. Inoltre le tubazioni che passano tra ambienti costituiscono una riduzione di privacy anche per il fenomeno del breakin, ossia della possibilità che un dialogo tra persone presenti in un ambiente possa passare attraverso i canali metallici senza ostacoli ad un altro quindi la prestazione di isolamento deve essere degradata il meno possibile.

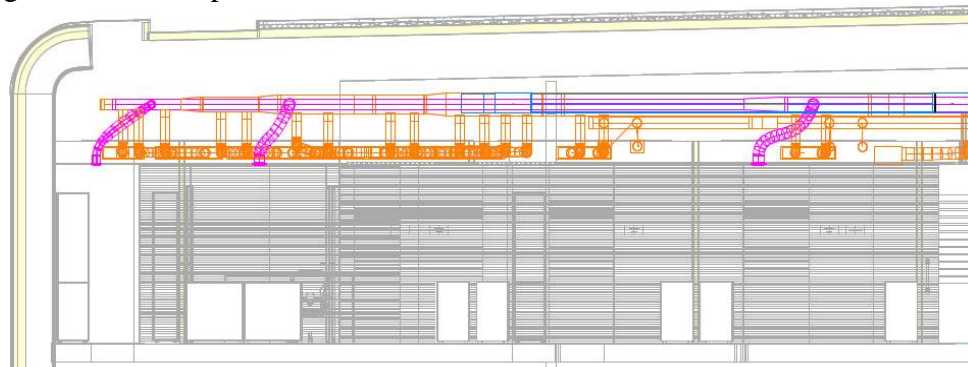


Figura 43: Canali di mandata e di estrazione dell'aria dei servizi igienici: attraversamento dei canali collocati nel cavedio tra solaio e controsoffitto negli ambienti

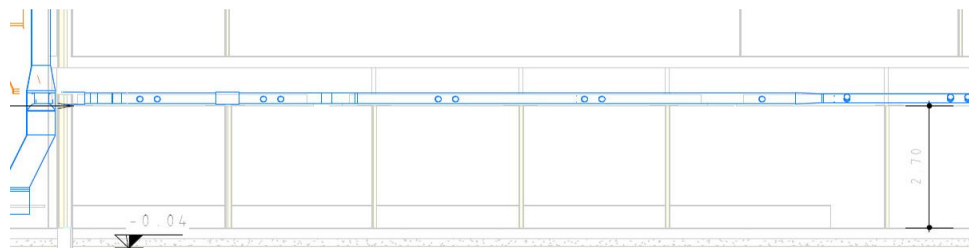


Figura 44: Canali di ripresa: attraversamento dei canali collocati nel cavedio tra solaio e controsoffitto negli ambienti

Per ridurre e possibilmente minimizzare il fenomeno del breakin/breakout devono essere adottate le misure descritte nei paragrafi specifici (paragrafo **Climatizzazione - Prescrizioni da adottare per ridurre il rumore di breakin/breakout dei canali**).

La Figura 45 evidenzia un secondo elemento di potenziale criticità che può rendere meno efficaci le soluzioni di riduzione del rumore, infatti le diverse serrande ST presenti in prossimità (nel caso specifico) nella sala video possono facilmente produrre turbolenze e generare rumore che si propaga attraverso i canali verso gli ambienti. Le indicazioni fornite nel capitolo paragrafo **Climatizzazione - Velocità dell'aria** relative alle velocità di progetto per i canali dell'aria indicano quali sono i valori che minimizzano tale fenomeno e garantiscono la massima riduzione del fenomeno descritto.

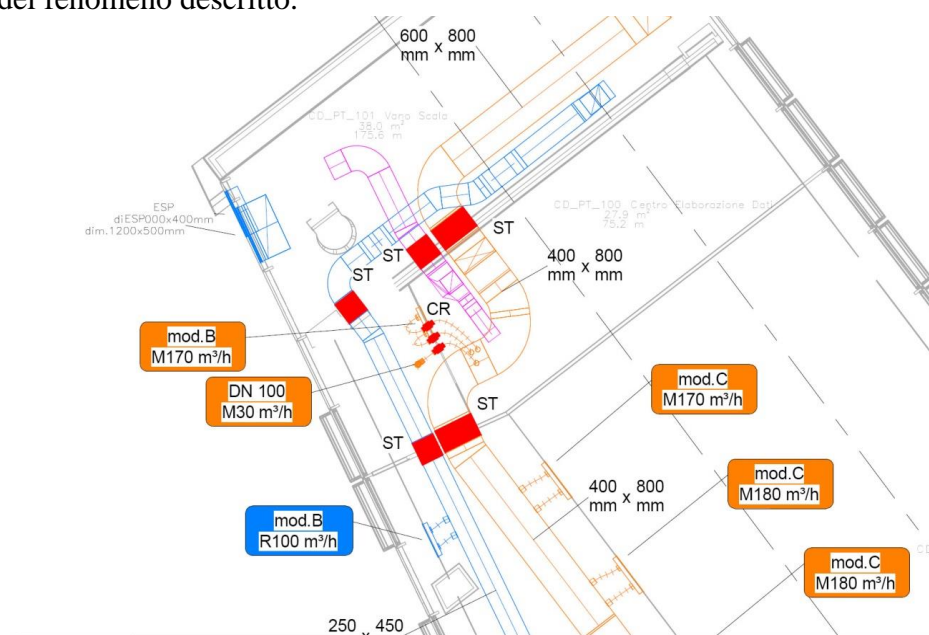


Figura 45: Serrande ST delle canalizzazioni di mandata, ripresa e di estrazione aria dei servizi igienici: elementi critici per la generazione di rumore nei canali

Infine, le unità UTA e VE sono costituite da ventilatori in funzione che poggiano su terreno oppure agganciati alle strutture, esse durante il funzionamento producono vibrazioni che si trasmettono integralmente alle partizioni dei fabbricati e quindi rumore negli ambienti. Le vibrazioni che si trasmettono tra gli elementi rigidi devono essere attenuate mediante l'interposizione tra gli elementi rigidi di elementi smorzanti/antivibranti e le soluzioni più comuni da adottare sono riportate nel paragrafo **Climatizzazione - Dimensionamento e posizionamento degli elementi smorzanti/antivibranti**.

4.7.2 Prescrizioni generali

4.7.2.1 Dimensionamento e posizionamento degli elementi smorzanti/antivibranti

I ventilatori delle unità di trattamento aria UTA e di estrazione aria VE producono, durante il funzionamento, vibrazioni e quindi del rumore trasmesso per via solida, che possono raggiungere livelli significativi quando le macchine sono alla massima potenzialità: si descrivono gli accorgimenti integrativi che devono essere attuati per garantire la riduzione dei livelli indotti negli ambienti di vita prossimi.

Come riportato dal capitolato, è indicata la presenza di un antivibrante (generalmente in elastomero di neoprene sugli appoggi della macchina): si evidenzia l'**importanza della presenza di una base antivibrante per eliminare le vibrazioni** che dal telaio della macchina si trasmettono al pavimento. Tale dispositivo è generalmente fornito dal produttore dell'impianto e costituito da profilati a C adattati alle dimensioni della macchina e fissati a pavimento mediante strati di materiali gommosi correttamente dimensionati in funzione del peso della macchina e in funzione dello spettro di emissione della stessa. (Figura 46).

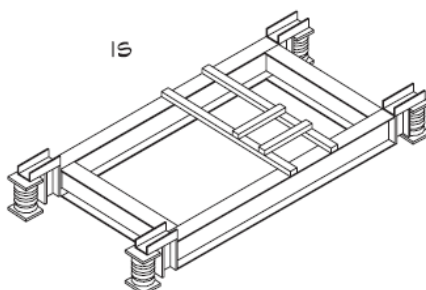


Figura 46: Base antivibrante per macchine

La riduzione delle vibrazioni può altrimenti essere ridotta posizionando piedinature o strisce elastiche alla base della macchina, anch'esse opportunamente dimensionate in funzione delle caratteristiche dell'impianto (Figura 47). Si applicano, quindi, i giunti antivibranti alla base delle guide di supporto del ventilatore.

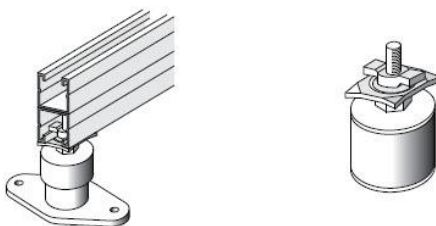


Figura 47: Piedinature antivibranti alla base del telaio dei ventilatori

Per evitare la propagazione delle vibrazioni e dei colpi provocati dai ventilatori in accensione nel normale funzionamento, **i canali della macchina devono essere fissati mediante giunti formati da flange di connessione disaccoppiate rispetto ai canali e al corpo della macchina.** Il disaccoppiamento deve essere realizzato mediante materiale elastico antivibrante (esempio di giunto flessibile commerciale è raffigurato in Figura 48)



Figura 48: Esempio di giunto flessibile commerciale

Infine, i canali dell'aria, qualora dovessero essere appesi al solaio o fissati alle pareti, devono essere fissati per mezzo di supporti e giunti antivibranti.

4.7.2.2 Climatizzazione

Per ridurre i livelli di rumorosità presenti all'interno dei singoli ambienti attribuibili al funzionamento degli impianti tecnologici, si propone la realizzazione di alcuni accorgimenti al fine di minimizzare i livelli sonori prodotti negli ambienti. Sarà pertanto necessario trattare acusticamente gli impianti in maniera tale da diminuire i livelli sonori e aumentare il comfort per gli utilizzatori degli uffici.

4.7.2.2.1. La velocità dell'aria

La velocità dell'aria è parametro fondamentale nei circuiti aeraulici (canalizzazioni) che costituiscono l'impianto di ventilazione; in particolare, i componenti che possono produrre turbolenze e quindi rumore verso i diffusori (rumore "autogenerato" dai componenti) sono le serrande, gli adattatori che riducono la sezione, i gomiti e le stesse griglie/diffusori.

Si riportano i vincoli relativi alle massime velocità dell'aria nei condotti e ai diffusori in ambiente per garantire il rispetto dei requisiti acustici.

La compatibilità secondo il criterio RC (Room Criteria) orientato agli ambienti nei quali sono presenti impianti di ventilazione è infatti assicurata mediante la limitazione della velocità dell'aria nei componenti dell'impianto in modo tale da garantire le prestazioni termiche e, nel contempo, minimizzare le turbolenze dell'aria (causa del rumore che fuoriesce dai condotti).

In relazione ai condotti dell'aria valgono i seguenti limiti, riportati per le condotte circolari e rettangolari.

Massima velocità dell'aria nei condotti per il rispetto del criterio RC in m/s

Posizione del condotto	RC(N) di progetto	Condotto rettangolare	Condotto circolare
Dietro cavedio o muri a secco	30	10,0	15,0
Sopra controsoffitti	30	7,5	13,0
In spazi occupati (a vista)	30	6,0	11,0

La velocità nei seguenti elementi dovrebbe essere ridotta in ragione di:

- riduzione dell'80%: velocità indicata per le diramazioni
- riduzione del 50%: velocità indicata per i tratti finali verso i diffusori

In particolare la velocità massima in prossimità dei diffusori e delle griglie deve essere la seguente:

Massima velocità dell'aria nei diffusori /griglie per il rispetto del criterio RC in m/s

Tipo apertura	RC(N) di progetto	Velocità del flusso d'aria apertura "libera"
Mandata	30	2,2
Ripresa	30	2,5

4.7.2.2..2. Prescrizioni da adottare per ridurre il rumore di braeck-in e braeck-out dei canali

In generale i canali in lamiera che transitano nei locali se non opportunamente isolati (ovvero coibentati con materiali fonoisolanti) non costituiscono ostacolo sufficiente al rumore che può così fuoriuscire dal canale verso gli ambienti (break-out prodotto dalle macchine) e dagli ambienti verso altri ambienti (break-in, ovvero persone che parlano in un locale "possono" venire percepite in ambienti molto silenziosi).

Per ridurre il contributo al rumore complessivo dovuto al fenomeno del break-out, si adottano le seguenti misure :

ISOLAMENTO ACUSTICO DELLE PARTIZIONI: se il condotto passa in locali tecnici o cavedi è **necessario incrementare il potere fonoisolante delle partizioni verticali e orizzontali a valori adeguati**

COIBENTAZIONE CANALI: se il condotto passa in un controsoffitto "leggero" (ad esempio controsoffitto a quadrotti forati con retrostante materiale poroso con funzione fonoassorbente) oppure a vista è necessario coibentare il condotto con strati di materiale tipo foam o lana minerale con spessore minimo 25 mm e carta Kraft. In Figura 49 si riporta un esempio:

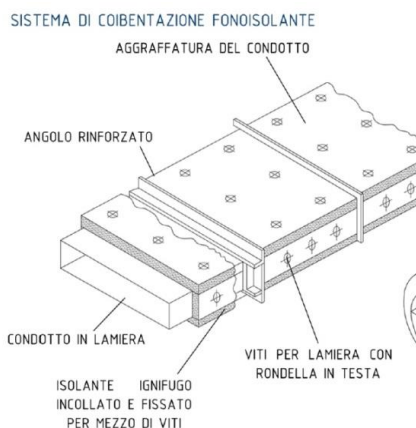


Figura 49: Schema di principio della tipologia di intervento da effettuare sul canale di espulsione per il ventilatore VE

PENETRAZIONI E ATTRAVERSAMENTI DEI CANALI Negli attraversamenti dei condotti è necessario adottare le indicazioni riportate nella Figura 50. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** seguente:

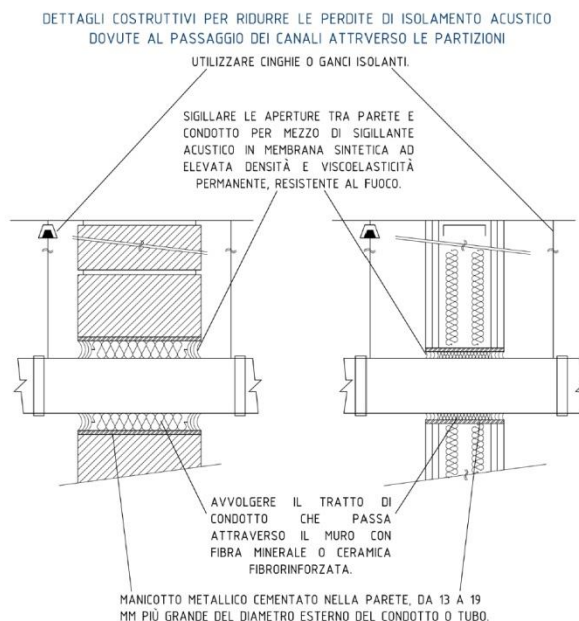


Figura 50: Dettagli costruttivi per ridurre le perdite di isolamento acustico dovute al passaggio dei canali attraverso le partizioni

4.7.2.3 Indicazione di corretta posa degli impinti idrico sanitari

Le **elettropompe EP** non costituiscono di fatto una significativa fonte di rumore, in quanto il livello di pressione sonora nominale è trascurabile; tuttavia le vibrazioni che la macchina può indurre sulle strutture può determinare emissioni sonore critiche.

Di seguito si indicano, quindi, gli accorgimenti che devono essere attuati per garantire la riduzione delle vibrazioni e quindi del rumore trasmesso per via solida che le pompe potrebbero produrre durante il funzionamento:

- deve essere posizionata una base antivibrante per eliminare le vibrazioni che dalla macchina si trasmettono al pavimento. Tale dispositivo è abitualmente fornito dal produttore ed è generalmente costituito da strati di materiali gommosi correttamente dimensionati in funzione del peso della macchina, e in funzione dello spettro di emissione della stessa.
- se la pompa viene fissata a parete è necessaria la desolidarizzazione da parete e la flangia metallica di collegamento deve essere desolidarizzata mediante appositi smorzatori (tipo gomme, elastomeri).
- giunti elastici: i tubi non devono essere rigidamente collegati alle pompe: deve essere interposto materiale smorzante tra le flange di attacco metalliche.
- supporti smorzanti: se i tubi devono essere sospesi al soffitto del locale è consigliabile utilizzare apposite sospensioni che prevedono elementi smorzanti (pendini con smorzatori oppure con anelli smorzanti).

4.7.2.4 Prescrizioni di montaggio degli impianti

Alla luce di quanto indicato nelle prescrizioni a capitolato dovranno essere isolate acusticamente tutte le tubazioni impiantistiche, sia per via aerea sia per via strutturale, mediante l'utilizzo di specifici accorgimenti e materiali, e interponendo degli elementi resilienti ad elevato fattore di smorzamento.

Si prescrive inoltre l'utilizzo di tubi e raccordi insonorizzati tipo Geberit Silent, Blu Phon (Faraplan) o Raupiano Plus (Rehau).

Al fine di limitare il disturbo presso gli ambienti adiacenti, determinato dal funzionamento degli apparecchi sanitari, occorrerà dimensionare lo spessore delle pareti, in considerazione del fatto di dover integrare i passaggi impiantistici nelle murature (impianti idraulici, scatole di derivazione etc.).

Occorrerà inoltre prevedere, in fase di montaggio dei sanitari, la messa in opera di elementi antivibranti in gomma o materiali equivalenti. Le eventuali cassette di scarico per WC incassate nei muri dei bagni, andranno invece isolate mediante il posizionamento di feltro in lana di vetro tipo ISOVER PAR 45 tra la cassetta ed il paramento murario retrostante.

5. Conclusioni

I sottoscritti Arch. Chiara Devecchi Ing. Paolo Onali, tecnici competenti in acustica ambientale hanno analizzato le tavole progettuali dell'edificio PCC – Posto di Controllo Centralizzato ed hanno condotto uno studio tramite calcoli analitici previsionali con l'ausilio del calcolatore.

Lo studio è stato effettuato sugli ritenuti più significativi, individuati all'interno di ciascun piano, considerando differenti tipologie costruttive con gli spessori definiti nelle tavole del progetto architettonico.

Nella Tabella 4 seguente si riassumono i requisiti acustici minimi richiesti (indice di valutazione R_w) per le partizioni verticali ed orizzontali e per i serramenti in esame, ai fini del rispetto delle prescrizioni del D.P.C.M del 5/12/97.

Tabella 4: Requisiti acustici minimi degli elementi costruttivi in progetto

Tipo di struttura	Requisito minimo R_w [dB]
Parete Esterna opaca	60,0
Parete opaca di tamponamento della bussola di ingresso	56,0
Parete divisoria interna fra diversi ambienti	56,0
Parete interna vetrata	42,0
Porta inserita nella parete vetrata	31,0
Porta interna di ingresso ai differenti ambienti	33,0
Porta interna locali tecnici	38,0
Porta esterna di ingresso	40,0
Serramenti (telai+vetro) vetrata	45,0

La Tabella 5 seguente riporta il dettaglio delle verifiche effettuate (vedi Schede Allegato B) con indicazione dei valori minimi riscontrati nel rispetto dei requisiti imposti dal Decreto DPCM 5/12/1997.

Tabella 5: Risultati delle verifiche effettuate sugli elementi costruttivi verticali e orizzontali

Piano	Ambiente ricevente	Isolamento acustico standardizzato di facciata $D_{2m,nT,w}$ [dB]	Limite prescritto dal DPCM 5/12/1997 $D_{2m,nT,w}$ [dB]
Terra	Sala emergenze funzionari reperibili	43 (-1,-4)	≥ 42
Terra	Magazzino viabilità	45 (0,-2)	≥ 42
Terra	Ufficio viabilità	46 (-1,-4)	≥ 42
Terra	Ufficio informatico	45 (-1,-5)	≥ 42
Terra	Sala riunioni	42 (-2,-5)	≥ 42
Terra	Infermeria	46 (-2,-5)	≥ 42
Terra	Ufficio amministratore	45 (-1,-5)	≥ 42
Terra	Sala crisi operativa	46 (-1,-5)	≥ 42
Terra	Ufficio Responsabile pedaggio	45 (-1,-4)	≥ 42
Terra	Ufficio RSPP	46 (-1,-5)	≥ 42
Terra	Ufficio pedaggio	46 (-1,-5)	≥ 42
Terra	Ufficio logistico	42 (-1,-5)	≥ 42
Terra	Sala formazione	45 (-1,-5)	≥ 42
Terra	Ufficio tecnico SITAF	43 (-1,-4)	≥ 42
Terra	Sala attesa punto blu	43 (-1,-3)	≥ 42
Primo	Sala video_Sud Ovest	45 (-1,-5)	≥ 42
Primo	Sala video_Nord	44 (-1,-4)	≥ 42
Primo	Sala riunioni_Sud Ovest	46 (-1,-5)	≥ 42
Primo	Sala riunioni_Sud (cieca)	60 (-1,-5)	≥ 42

Piano	Ambiente sorgente	Ambiente ricevente	Indice di valutazione dell'isolamento acustico normalizzato DnT,w [dB]	Valore UNI 11367 DnT,w [dB]
Piano terra	Ufficio viabilità	Ufficio	55,0	≥ 40
Piano terra	Sala riunioni	Ufficio informatico	55,0	≥ 40
Piano terra	Ufficio amministratore	Locale tecnico	61,0	≥ 40
Piano terra	Infermeria	Ufficio pedaggio	56,0	≥ 40
Piano terra	Ufficio Responsabile pedaggio	Ufficio RSPP	55,0	≥ 40
Piano terra	CED	Ufficio ospiti	60,0	≥ 40
Piano primo	Sala video	Cucina	42,0	≥ 40
Piano primo	Sala video	Sala Crisi operativa	43,0	≥ 40
Piano primo	Sala riunioni	Vano scala	61,0	≥ 40
Solaio piano primo	Sala video	Ufficio	51,0	≥ 40

(*) secondo le stratigrafie considerate

A seguito della valutazione acustica del progetto in epigrafe si dichiara che le opere, se realizzate a regola d'arte nel rispetto delle indicazioni fornite e delle prescrizioni dei produttori, SONO CONFORMI ALLA NORMATIVA VIGENTE IN TERMINI DI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI EDIFICI. Le verifiche hanno anche evidenziato che, tutte le prestazioni rispettano anche i limiti imposti dalla UNI 11367 e UNI 11444 permettendo di classificare l'edificio come edificio con un buon isolamento acustico ed attribuirgli la Classe II.

La presente relazione ha riportato anche la valutazione previsionale delle immissioni sonore prodotte dagli impianti tecnologici di climatizzazione a servizio del Posto Controllo Centralizzato verso gli ambienti interni.

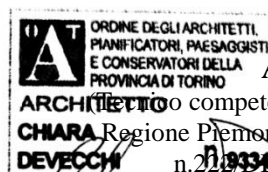
È stata valutata la rumorosità verso i differenti ambienti prodotta dagli impianti a funzionamento continuo (impianti di condizionamento) e sulla base dei risultati sono state determinate le soluzioni progettuali necessarie alla riduzione delle immissioni sonore all'interno degli ambienti.

Se si attueranno tutte le prescrizioni in merito all'isolamento e all'assorbimento acustico previste sulle differenti partizioni e all'interno degli ambienti, si garantirà il rispetto dei limiti imposti dalla normativa.

In virtù del tipo di attività e della conformazione degli spazi, si sono riportate le prescrizioni determinate al fine di ridurre i livelli di rumorosità all'interno dell'ambiente e quindi GARANTIRE SIA IL RISPETTO DEI LIMITI NORMATIVI (DPCM 5/12/1997) SIA UN ADEGUATO LIVELLO DI COMFORT INTERNO (LIMITI IMPOSTI DALLA UNI 8199).

All'interno della relazione così come richiesto dal DM 24 dicembre 2015, si sono valutati anche i valori dei tempi di riverberazione all'interno dei differenti ambienti, ottenuti mediante il posizionamento delle differenti unità assorbenti collocate a parete e a soffitto. In tutti gli ambienti analizzati, a seguito della realizzazione dei trattamenti proposti, si raggiungono dei valori dei tempi di riverberazione che garantiscono un buon comfort acustico interno e che rispettano i parametri imposti dalla norma UNI 11532-2014.

Torino, 9 maggio 2018



Arch. Chiara Devecchi

ARCHITETTO competente in acustica ambientale
CHIARA Regione Piemonte Determina Dirigenziale
DEVECCHI n. 22338 10.04 del 14 luglio 2011)

Collaboratore:

Ing. Paolo Onali

(Tecnico competente in acustica ambientale
Regione Piemonte Determina Dirigenziale
n. 143/DB 10.13 del 15 aprile 2014)