



# REGIONE CALABRIA - A.S.P. COSENZA



## REALIZZAZIONE E GESTIONE NUOVO OSPEDALE DELLA SIBARITIDE

CONCESSIONARIA:

**Ospedale della Sibaritide Società Consortile per Azioni**

Prof. Saverio Ruperto



Mandataria

**TECNIS SpA  
in AG**



Mandante

**COGIATECH srl**



RUP

**Il Dirigente Generale**

Ing. Domenico Pallaria

**Dott. Ing. Domenico Pallaria**

Dirigente Regionale

Ing. Pasquale Gidaro

**IL DIRIGENTE  
Dott. Ing. Pasquale GIDARO**

### PROGETTO DEFINITIVO

GENERALE

### PROGETTISTI

**Coordinamento e Responsabile integrazioni prestazioni specialistiche**

Mandataria  
**Studio Valle Progettazioni**

**STUDIO VALLE PROGETTAZIONI**  
Circosvalazione C/da, 76/A  
00195 ROMA

**Progettazione Architettonica e Strutturale**

Arch. Maria Camilla Valle

**Arch. Emanuela Valle**

Mandante  
**Concise Consorzio Stabile S.C.P.A.**

**CONCISE**  
CONSORZIO STABILE S.p.A.  
Via del Maglio, 4/C - 33100 PORDENONE  
Tel. 0434 247775 - Fax 0434 240552  
P. IVA 01636920934

**Progettazione Impianti**

Ing. Franco Brescacin

Ing. Domenico D'Andrea

**ENG Team & Partners S.p.A.**

**ENG TEAM & PARTNERS S.p.a.**  
Via del Maglio, 4 - Tel. 0434.247738  
33100 PORDENONE  
Part. IVA 01443750938

**Opere Esterne e Infrastrutture**

Ing. Francesco Tohinato

**Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione**

Arch. Silvano Valle

**Geologo**

Dott. Franco Miragliotta

**Acustico**

Ing. Daniele Bisignani

### RELAZIONE ACUSTICA

Scala:	Numero:	Data	File di riferimento	Revisione:	Descrizione:
	OSB_D_GEN_RAC_00_00	10/09/2016			

Rev n.	Data	Descrizione

# **OSPEDALE DELLA SIBARITIDE - CORIGLIANO CALABRO (CS)**

## **RELAZIONE ACUSTICA**

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI RIFERIMENTO</b>	<b>4</b>
2.1	Criterio del valore limite assoluto	4
2.2	Criterio del valore limite differenziale	6
<b>3</b>	<b>VALUTAZIONI IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DAL PUNTO DI VISTA ACUSTICO</b>	<b>7</b>
3.1	Metodologia	7
3.2	Rilievo fonometrico	7
3.3	Modello di simulazione acustica	9
3.3.1	Dati utilizzati per la modellizzazione	9
3.3.2	Risultati e considerazioni	12
3.3.3	Ipotesi di interventi di mitigazione	16
<b>4</b>	<b>NORME PER LA VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI</b>	<b>17</b>
4.1	D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 “Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici	17
4.2	Norma UNI 8199:1998 riguardante il collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione	19
4.3	NORMA UNI EN 12354: metodo di calcolo per la valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti	19
4.4	Metodologia di calcolo	24
<b>5</b>	<b>VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI AMBIENTI</b>	<b>25</b>
5.1	Verifica del potere fonoisolante delle partizioni interne	25
5.1.1	Divisore verticali	25
5.1.2	Il caso delle camere di degenza	26
5.1.3	Divisori orizzontali	29
5.2	Verifica del livello di rumore da calpestio	31
5.3	Verifica dell’isolamento acustico di facciata	34
5.4	Verifica della rumorosità degli impianti negli ambienti interni	40
5.4.1	Impianti funzionamento continuo: ventilazione (aria primaria)	40
5.4.2	Canali-Silenziatori	41
5.4.3	Diffusori, griglie di mandata e ripresa	41
5.4.4	Impianti a funzionamento discontinuo	42
5.5	Controllo della riverberazione nei locali affollati	42
	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>45</b>

## **1 PREMESSA**

Oggetto della presente relazione è la valutazione, in sede di progettazione definitiva, della compatibilità ambientale, dal punto di vista acustico, dell'area destinata alla realizzazione dell'Ospedale della Sibaritide a Corigliano Calabro (CS).

L'analisi dello stato acustico dell'area in esame, in fase di progettazione preliminare, è stata svolta tramite l'esecuzione di rilievi fonometrici e con l'ausilio di un modello di simulazione acustica. L'utilizzo di un modello di simulazione ha consentito la stima dei livelli di rumore sull'intera area relativamente allo scenario rappresentativo dello stato di fatto e allo scenario di progetto, considerando la nuova organizzazione della viabilità, i flussi di traffico indotti dalla struttura in progetto e l'installazione degli impianti tecnologici.

La valutazione di compatibilità ambientale, in fase di progettazione preliminare, si è basata sulla valutazione previsionale di clima acustico come richiesto dall'articolo 8, comma 3 della Legge Quadro 447 del 26.10.1995.

Lo studio inoltre ha preso in considerazione le prestazioni acustiche degli elementi architettonici verificandone la compatibilità con i requisiti acustici previsti dalla normativa nazionale (in particolare D.P.C.M. 5 dicembre 1997).

Relativamente alla descrizione generale del progetto e all'inquadramento territoriale dell'opera si rimanda rispettivamente alla "Relazione illustrativa generale" e alla "Relazione di prefattibilità ambientale".

## 2 INQUADRAMENTO NORMATIVO E LIMITI DI RIFERIMENTO

La Legge quadro sull'inquinamento acustico, legge n. 447 del 26 ottobre 1995, articolo 8, comma 3, richiede la valutazione di clima acustico per categorie di insediamenti particolarmente sensibili al rumore quali gli ospedali.

La valutazione di clima acustico viene intesa come un'analisi dello stato dei livelli di rumore presenti sul territorio, prima che venga realizzata l'opera, al fine di verificare l'ottemperanza di detti livelli con quelli stabiliti nel D.P.C.M. del 14 novembre 1997 relativamente alla classe d'uso del territorio.

### 2.1 Criterio del valore limite assoluto

#### **a) Sorgenti fisse o mobili (escluse le infrastrutture di trasporto)**

Questo tipo di valutazione consiste nel verificare che i livelli di rumore (prodotto da tutte le sorgenti fisse o mobili, escluse le infrastrutture di trasporto) potenzialmente presenti a livello dei recettori prossimi alle aree in oggetto siano inferiori ai limiti stabiliti nel Piano di Classificazione Acustica Comunale.

I valori limite di emissione ed immissione dipendono dalla Classe acustica dell'area in studio e sono indicati per i due periodi di riferimento diurno e notturno (TABELLA B e C del D.P.C.M. 14 Novembre 1997); questi limiti vanno verificati in ambiente esterno in prossimità degli spazi utilizzati da persone e comunità e presso i recettori sensibili maggiormente esposti.

Il *valore limite di emissione* è riferito al livello equivalente ponderato A -  $L_{eq}(A)$  - del rumore prodotto dalla singola sorgente.

Il *valore massimo di immissione* è riferito al livello equivalente ponderato A -  $L_{eq}(A)$  - del rumore effettivamente prodotto da tutte le sorgenti sonore presenti sommato al rumore di fondo (o rumore residuo); il valore risultante è denominato rumore ambientale.

Dalla documentazione attualmente in possesso relativa al Piano di Classificazione Acustica del Comune di Corigliano Calabro non è possibile individuare la classe acustica in cui ricade l'area destinata alla realizzazione dell'opera in progetto. Nonostante ciò si è ritenuto opportuno considerare l'area oggetto di studio come appartenente a una Classe I (aree particolarmente protette). Ciò in considerazione del fatto che per il D.P.C.M. del 14.11.97 è previsto che le aree ospedaliere siano classificate come particolarmente protette (Classe I).

I limiti massimi di esposizione al rumore previsti dal citato D.P.C.M. per la Classe I sono pari ad un livello equivalente ponderato A ( $L_{eq}(A)$ ) di **50 dB(A)** per il periodo diurno (dalle 06:00 alle 22:00) e di **40 dB(A)** per il periodo notturno (dalle 22:00 alle 06:00).

#### **b) Infrastrutture di trasporto**

Per quanto riguarda il rumore prodotto esclusivamente dalle infrastrutture di trasporto questi limiti non vengono applicati all'interno delle rispettive fasce di pertinenza acustica individuate, per le strade, col D.P.R. n. 142/04 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'art. 11, della Legge 26 Ottobre 1995, n. 447" e, per le ferrovie, col D.P.R. n. 459/98 "Regolamento recante norme di

*esecuzione dell'articolo 11 della Legge 26 Ottobre 1995, n. 447, in materia di inquinamento acustico derivante da traffico ferroviario".*

Come rappresentato in figura 2.1-1 il territorio in cui verrà inserito l'edificio in progetto è caratterizzato dalla presenza della SS 106 - Jonica (distanza minima dalla struttura ospedaliera circa 600 m in direzione nord) e della linea ferroviaria Reggio Calabria - Metaponto (distanza minima dalla struttura ospedaliera circa 390 m in direzione sud). Per la SS 106 (strada di categoria D) si ha un'unica fascia di pertinenza acustica ampia 100 m all'interno della quale valgono limiti pari a 65 dB(A) per il periodo diurno e 55 dB(A) per il periodo notturno. Per la linea ferroviaria si considerano 2 fasce di pertinenza acustica: la fascia A (tra 0 e 100m di distanza) all'interno della quale valgono limiti pari a 70 dB(A) per il periodo diurno e 60 dB(A) per il periodo notturno e la fascia B (tra 100 e 250 m) che prevede limiti di 65 dB(A) e 55 dB(A) nei due rispettivi periodi di riferimento. La strada attraverso la quale si accederà all'ospedale è la SP 197 che dista circa 100 m dalla facciata ovest dell'edificio in progetto; tale infrastruttura è da considerarsi di tipo locale (E o F) per la quale viene definita una fascia di pertinenza di 30 m di ampiezza e i cui limiti sono conformi a quelli previsti dalla zonizzazione acustica.

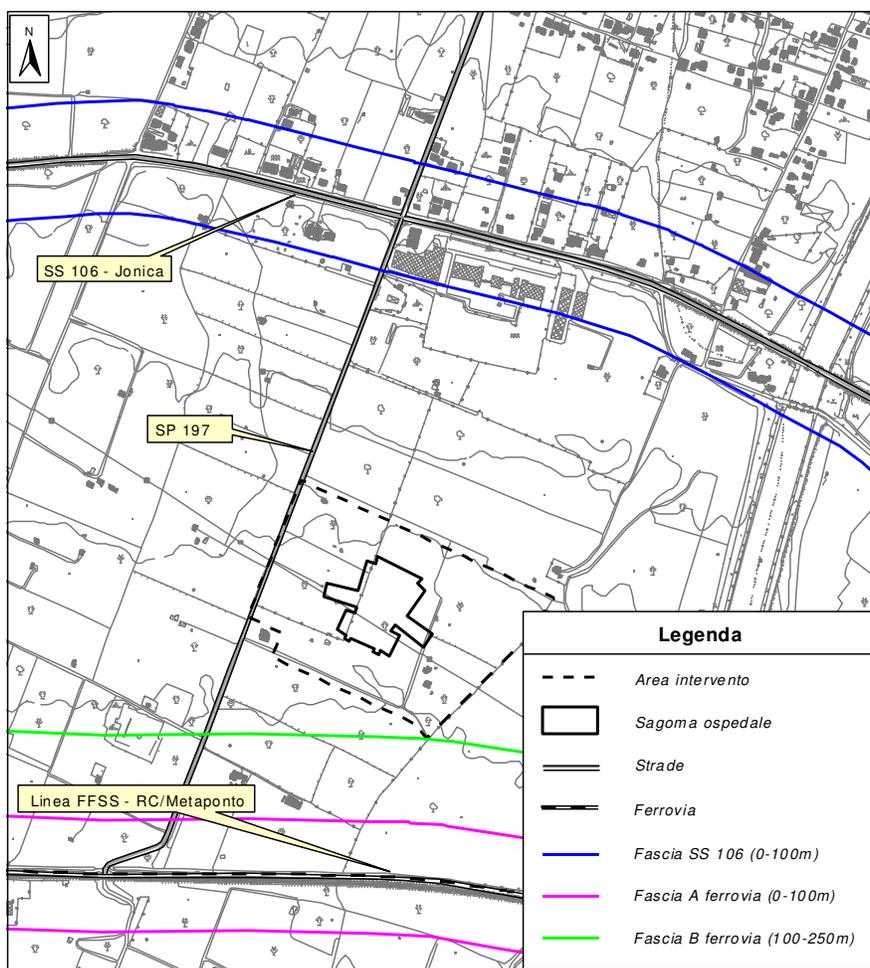


Figura 2.1-1: infrastrutture di trasporto e rispettive fasce di pertinenza acustica

## 2.2 Criterio del valore limite differenziale

Questo tipo di valutazione consiste nel verificare che, indipendentemente dalla Classe acustica di appartenenza, in ambiente abitativo (compreso quello lavorativo) a finestre aperte e chiuse, la differenza tra il *rumore ambientale* (rumore disturbante in aggiunta al rumore di fondo) e il *rumore residuo* (o rumore di fondo) non superi il valore di **5 dB** durante il periodo di riferimento diurno (06:00-22:00) e il valore di **3 dB** durante il periodo di riferimento notturno (22:00-06:00).

Come chiarito nella Circolare del Ministero dell'Ambiente e del Territorio del 6 Settembre 2004 "*Interpretazione in materia di inquinamento acustico: criterio differenziale e applicabilità dei valori limite differenziali*" tale criterio si applica anche in assenza di Zonizzazione Acustica.

È opportuno indicare alcuni rilievi importanti a riguardo dell'applicabilità del criterio differenziale:

- tale criterio non si applica nei seguenti casi: all'interno delle aree classificate nella Classe acustica VI (*aree esclusivamente industriali*); alla rumorosità prodotta dalle infrastrutture di trasporto (stradali, ferroviarie, aeroportuali e marittime), da attività e comportamenti non connessi con esigenze produttive, commerciali e professionali, da servizi e impianti fissi dell'edificio adibiti ad uso comune, limitatamente al disturbo provocato all'interno dello stesso; se l'effetto del rumore è da ritenersi trascurabile<sup>1</sup>.
- per gli impianti a ciclo produttivo continuo<sup>2</sup> il D.M.A. 11 Dicembre 1996 "*Applicazione del criterio differenziale per gli impianti a ciclo produttivo continuo*" stabilisce che:
  1. gli impianti esistenti (all'entrata in vigore del presente decreto) sono soggetti all'obbligo del limite differenziale quando non siano rispettati i limiti assoluti di immissione;
  2. per gli impianti esistenti, gli eventuali piani di risanamento, devono essere finalizzati anche al rispetto dei valori limite differenziali;
  3. per gli impianti, realizzati dopo l'entrata in vigore del presente decreto, il rispetto del criterio differenziale è condizione necessaria per il rilascio della relativa concessione.

---

1 Due casi: (a) rumore ambientale misurato a finestre aperte inferiore a 50 dB(A) in periodo diurno e a 40 dB(A) in periodo notturno; b) rumore ambientale misurato a finestre chiuse inferiore a 35 dB(A) in periodo diurno e a 25 dB(A) in periodo notturno).

2 Come definito nel D.M.A. 11 Dicembre 1996 per impianto a ciclo produttivo continuo si intende:

a) quello di cui non è possibile interrompere l'attività senza provocare danni all'impianto stesso, pericolo di incidenti o alterazioni del prodotto o per necessità di continuità finalizzata a garantire l'erogazione di un servizio pubblico essenziale;

b) quello il cui esercizio è regolato da contratti collettivi nazionali di lavoro o da norme di legge, sulle ventiquattro ore per cicli settimanali, fatte salve le esigenze di manutenzione.

### **3 VALUTAZIONI IN MERITO ALLA COMPATIBILITÀ AMBIENTALE DAL PUNTO DI VISTA ACUSTICO**

#### **3.1 Metodologia**

Le valutazioni sono state svolte riferendosi a 2 differenti orizzonti temporali (Scenario 0 – Stato di fatto e Scenario 1 – Stato di progetto) con lo scopo di considerare l'evoluzione del territorio e in particolare del sistema della mobilità e dei trasporti e dei carichi insediativi.

Di seguito si descrive nel dettaglio la metodologia adottata e gli scenari contemplati per le valutazioni.

- 1) Acquisizione dati territoriali e di progetto.
- 2) Esecuzione di un rilievo fonometrico finalizzato a:
  - a. Acquisizione di dati sperimentali rappresentativi dei livelli di rumore attualmente esistenti nell'area oggetto di studio;
  - b. Verifica dell'attendibilità dei risultati forniti dal modello di simulazione acustica (calibrazione).
- 3) Definizione nel modello acustico degli elementi relativi alle sorgenti (infrastrutture di trasporto e impianti) e all'ambiente di propagazione rappresentativi dei seguenti 2 scenari:
  - a. Scenario 0 che corrisponde allo stato di fatto del territorio e dell'ambiente;
  - b. Scenario 1 che oltre a quanto previsto dallo scenario base, considera la situazione prevedibile in seguito alla realizzazione del progetto (traffico indotto dalla struttura ospedaliera, nuova viabilità di pertinenza e impianti tecnologici fissi).
- 4) Calcolo dei livelli di rumore a 4 m dal suolo (mappe orizzontali) per i periodi di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00) per i 2 scenari di valutazione.
- 5) Confronto dei livelli di rumore con i limiti di legge e individuazione delle eventuali criticità per ogni scenario.
- 6) Eventuali proposte e ipotesi di interventi di mitigazione.

Occorre precisare che le valutazioni circa la compatibilità acustica dell'Ospedale della Sibaritide devono essere svolte sotto due aspetti: da una parte la verifica della conformità del clima acustico, dall'altra la previsione dell'impatto acustico che la realizzazione del progetto comporterà in corrispondenza dei recettori attualmente presenti (in particolare l'edificio residenziale a sud-ovest dell'area di intervento e gli edifici lungo la SS 106).

#### **3.2 Rilievo fonometrico**

Al fine di calibrare il modello di calcolo e di acquisire dati sperimentali rappresentativi dei livelli di rumore attualmente presenti nell'area di studio, in fase di progettazione preliminare, è stato svolto un rilievo fonometrico della durata complessiva di 8 ore (dalle 18:30 del 10 febbraio 2011 alle 02:30 dell'11 febbraio 2011).

La misura è stata effettuata a 2 metri di altezza in corrispondenza della facciata rivolta verso la SS 106 (facciata nord) dell'ospedale. In figura 3.2-1 è riportata la posizione del punto di misura.

La misura è stata eseguita in assenza di eventi atmosferici significativi.

Per le valutazioni è stato acquisito il livello equivalente di pressione sonora ponderato A,  $L_{eq}(A)$ .

Nell'allegato 1 sono riportati gli andamenti temporali del  $L_{eq}(A)$ , i livelli statistici e la composizione spettrale relativi ai periodi di riferimento diurno (06:00-22:00) e notturno (22:00-06:00).

I valori del  $L_{eq}(A)$  e del  $L_{95}$  rilevati sono riportati sinteticamente in tabella 3.2-1:

Tabella 3.2-1: risultati rilievo fonometrico

Intervallo misura	$L_{eq}(A)$ [dB(A)]	$L_{95}$ [dB(A)]
18:30 – 22:00 (diurno)	43,4	34,1
22:00 – 02:35 (notturno)	36,9	29,1



Figura 3.2-1: localizzazione del rilievo fonometrico

Il livelli di rumore rilevati nei due periodi di riferimento sono dovuti essenzialmente al traffico veicolare della SP 197 e della SS 106.

I risultati forniti dal rilievo fonometrico riportati in tabella evidenziano, allo stato attuale, una situazione di conformità per rispetto ai limiti di classe I (50 dB(A) per il periodo diurno e 40 dB(A) per il periodo notturno) in entrambi i periodi di riferimento.

**In questa fase di progettazione definitiva vengono confermati i suddetti rilievi rimandando alla fase di progettazione esecutiva eventuali maggiori approfondimenti con rilievi integrativi.**

### **3.3 Modello di simulazione acustica**

#### **3.3.1 Dati utilizzati per la modellizzazione**

La valutazione dei livelli di rumore presenti nell'area in esame è stata effettuata con l'ausilio di un modello di simulazione acustica. L'utilizzo di tale strumento permette la stima dei livelli di rumore in una determinata area mediante la riproduzione delle sorgenti (infrastrutture di trasporto e impianti fissi) e dell'ambiente di propagazione.

La caratterizzazione della sorgente stradale all'interno del software di calcolo richiede l'inserimento di dati relativamente a due aspetti: le caratteristiche strutturali dell'infrastruttura stradale e le caratteristiche legate al flusso di traffico. L'algoritmo di calcolo adottato per la stima dei livelli di rumore è il modello francese NMPB Routes 96, modello raccomandato dalla Commissione Europea per lo studio del rumore da traffico veicolare.

I tracciati delle infrastrutture stradali sono stati digitalizzati nel modello di simulazione riproducendone le caratteristiche dimensionali.

Il livello di potenza sonora della sorgente è determinato da parametri relativi al traffico veicolare e al tipo di copertura della sede stradale. Le informazioni introdotte riguardano i flussi veicolari (numero veicoli/ora), la percentuale di veicoli pesanti, la velocità media di percorrenza e il tipo di flusso (scorrevole, interrotto o accelerato) dei periodi di riferimento diurno e notturno.

I dati di traffico utilizzati per caratterizzare gli archi stradali che hanno influenza sul clima acustico dell'area in cui sorgerà l'ospedale sono stati ricavati dalla "Relazione sul traffico e accessibilità", redatta da MIC - mobility in chain. In particolare, dai dati contenuti nello studio del traffico, sono state ricavate le medie orarie dei transiti veicolari per i periodi di riferimento diurno e notturno nei due scenari.

La modellizzazione del rumore prodotto dal traffico veicolare ha compreso anche la sorgente rappresentata dai parcheggi a raso a servizio della struttura ospedaliera. In particolare i due parcheggi previsti (parcheggio visitatori da circa 440 posti e parcheggio dipendenti da circa 550 posti) sono stati simulati utilizzando il metodo proposto dalla Regione Federale Bavarese (*Bayerische Landesamt für Umwelt – Parking Area Noise – ed.6*). Il metodo di calcolo utilizzato prevede l'inserimento nel modello dell'area occupata dal parcheggio, il numero di posti auto e il numero medio di manovre/ora per posto auto, che, nel caso in esame, sono stati fissati pari a 0.5 movimenti/ora per il parcheggio visitatori e 0.2 movimenti/ora per il parcheggio dei dipendenti sulla base delle stime di traffico indotto ricavate dalla "Relazione sul traffico e accessibilità".

Oltre alle infrastrutture stradali è stato modellizzato il tratto ferroviario della line Reggio Calabria - Metaponto di Ferrovie dello Stato che corre in direzione est-ovest, a sud dell'area dell'ospedale in progetto. Il numero di transiti di treni passeggeri è stato ricavato dal prospetto orari di RFI (29 transiti per il periodo diurno, 0 transiti nel periodo notturno); per quanto

riguarda i treni merci, sulla base delle caratteristiche della linea ferroviaria, è stato ipotizzato un totale di 10 transiti, 5 nel periodo diurno e 5 nel periodo notturno. I parametri utilizzati per caratterizzare il traffico ferroviario sono stati mantenuti invariati nei due scenari analizzati (stato di fatto e stato di progetto).

La caratterizzazione delle sorgenti fisse all'interno del modello di calcolo (nel quale è implementato lo standard di calcolo ISO 9613 per la propagazione del rumore delle sorgenti di tipo industriale) avviene assegnando a punti adeguatamente posizionati nello spazio tridimensionale il valore del livello di potenza sonora ( $L_w$ , dB(A)).

La determinazione dei livelli di potenza sonora delle sorgenti fisse è stata svolta sulla base dei dati di livello sonoro forniti dalle case produttrici degli impianti. In tabella 3.3.1-1 vengono elencate le tipologie di impianti riprodotte nel modello, con indicazione del valore del livello di potenza sonora assegnato ( $L_w$ , dB(A)) e la quantità. Le simulazioni sono state effettuate ipotizzando il funzionamento simultaneo e a regime massimo di tutti gli impianti con lo scopo di valutare la peggiore condizione possibile dal punto di vista dell'emissione sonora. Non sono stati considerati gli impianti per i quali è previsto il funzionamento solo in situazioni di emergenza. In figura 3.3.1-1 viene riportata la localizzazione degli impianti modellizzati. La parete perimetrale del polo tecnologico alta 5,5 metri svolge la funzione di ostacolo alla propagazione del rumore degli impianti tecnici installati in esterno (gruppi frigoriferi e torri evaporative). La faccia interna della parete perimetrale è stata modellizzata con un coefficiente di assorbimento pari a 0,8 (materiale fonoassorbente come ad esempio lamierino forato con lana di roccia).

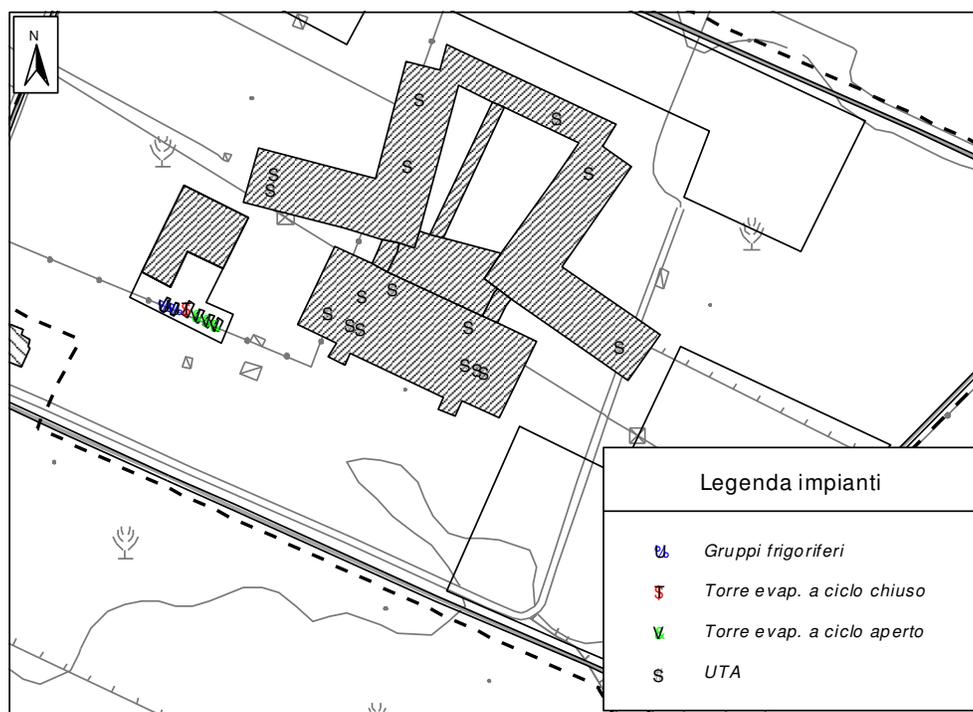


Figura 3.3.1-1: localizzazione degli impianti fissi modellizzati

Tabella 3.3.1-1: impianti fissi in esterno e livelli di potenza sonora assegnati

Tipologia impianto	$L_w$ [dB(A)]	Quantità
Gruppi frigoriferi	85,0	2
Torre evaporativa a ciclo chiuso	83,0	1
Torri evaporative a ciclo aperto	85,0	3
UTA in copertura	76,0	16

La caratterizzazione dell'ambiente di propagazione è avvenuta tramite l'inserimento dei dati relativi a: topografia del sito, presenza di ostacoli (edifici) e tipologia di copertura del suolo. Nelle figure 3.3.1-2 e 3.3.1-3 si riportano le immagini relative alla riproduzione tridimensionale dell'area modellizzata nel software di calcolo riferite rispettivamente allo Scenario 0 – Stato di fatto allo Scenario 1 –Stato di progetto.

Con lo scopo di verificare la corretta riproduzione delle sorgenti stradali e dell'ambiente di propagazione nel modello di calcolo e l'attendibilità delle stime fornite (calibrazione) si sono confrontati i livelli di rumore rilevati con quelli stimati. In tabella 3.3.1-2 è riportato il confronto tra i valori di  $L_{eq}(A)$  misurati e quelli stimati nei due periodi di riferimento. Dall'analisi degli scostamenti si può ragionevolmente affermare che l'area in esame è stata modellizzata in modo corretto.

Tabella 3.3.1-2: confronto tra livelli misurati e livelli stimati

Intervallo misura	$L_{eq}(A)$ stimato [dB(A)]	$L_{eq}(A)$ misurato [dB(A)]	Differenza
18:30 – 22:00 (diurno)	44,2	43,4	0,8
22:00 – 02:35 (notturno)	37,9	36,9	1,0



Figura 3.3.1-2: riproduzione 3D dell'area in esame, Scenario 0 – Stato di fatto

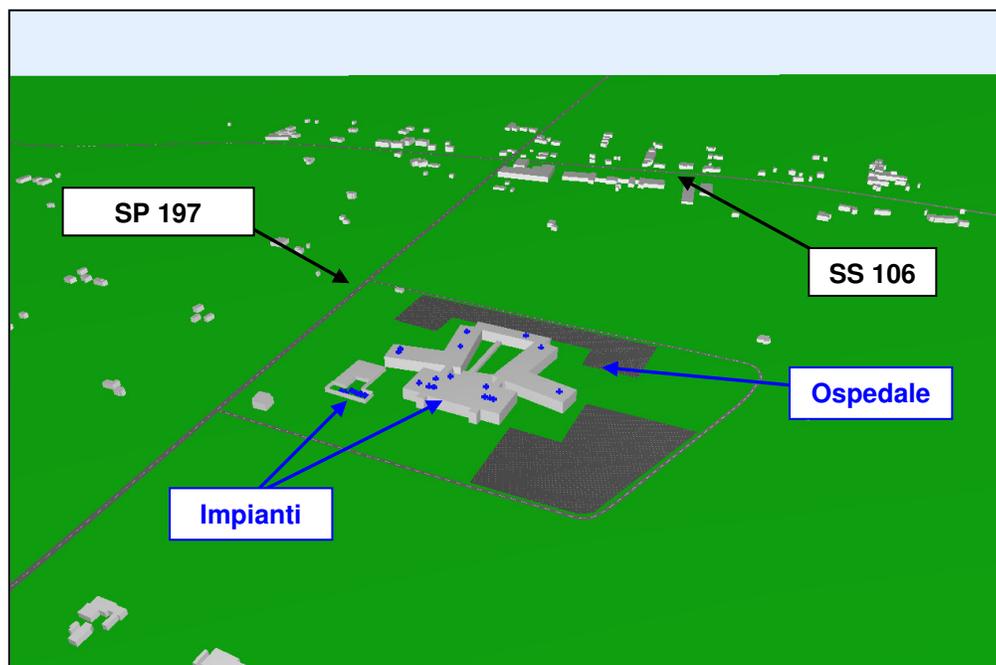


Figura 3.3.1-3: riproduzione 3D dell'area in esame, Scenario 1 – Stato di progetto

### 3.3.2 Risultati e considerazioni

La stima dei livelli di rumore è stata effettuata per il periodo diurno (06:00-22:00) e per il periodo notturno (22:00-06:00) in entrambi gli scenari considerati. Con l'ausilio del modello di simulazione sono stati stimati i livelli di rumore mediante due differenti modalità di calcolo: la mappa orizzontale e il calcolo in corrispondenza di recettori puntuali.

Nella prima modalità di calcolo i livelli di rumore vengono stimati in punti posti in corrispondenza delle intersezioni di un reticolo a maglia quadrata con passo pari a 5 metri e alla quota di 4 metri. Nell'allegato 2 sono riportate le mappe dei livelli di rumore relative allo Scenario 0 – Stato di fatto (Tavole I e II) e allo Scenario 1 – Stato di progetto (Tavole III e IV) rappresentative dei periodi di riferimento diurno e notturno. Nello Scenario 1 sono considerate tutte le sorgenti (infrastrutture di trasporto e impianti fissi). Tramite le mappe acustiche l'analisi delle criticità è stata svolta considerando i valori limite assoluti di immissione

Con riferimento ai risultati riportati nelle tavole III e IV dell'allegato 2 si evidenzia, dal punto di vista dell'impatto prodotto dal nuovo ospedale, una criticità presso il recettore residenziale presente a sud-ovest dell'area di intervento (a tale proposito si osserva che per tale recettore è stata ipotizzata la classe II, per cui valgono valori limite di immissione pari a 55 dB(A) per il periodo diurno e 45 dB(A) per il periodo notturno). Tale criticità, per quanto riguarda il periodo diurno, è da attribuirsi essenzialmente al traffico indotto dall'ospedale circolante lungo la SP 197 e lungo la via d'accesso all'ospedale. La criticità stimata nel periodo notturno, infatti, è già riscontrabile nella situazione attuale e i livelli di rumore rimangono invariati nello scenario futuro.

Per quanto riguarda la valutazione previsionale del clima acustico dell'edificio ospedaliero si stima un superamento dei limiti di legge nel periodo diurno (tavola III) in corrispondenza delle facciate esposte a nord e a ovest dovuto al traffico veicolare circolante sulla SP 197 e sulla futura via d'accesso all'ospedale (ingresso visitatori). Nel periodo notturno si stima una criticità presso le facciate dell'edificio rivolte verso il polo tecnologico.

Nella seconda modalità (recettori puntuali) la stima dei livelli di rumore è stata svolta in corrispondenza di punti posti a 4 metri di altezza dal suolo e a un metro di distanza dalla facciata. I recettori considerati sono gli edifici residenziali potenzialmente disturbati dal nuovo insediamento (verifica di impatto acustico) e l'ospedale in progetto (verifica del clima acustico). In figura 3.3.2-1 viene indicata la localizzazione dei punti recettore. Il calcolo dei livelli presso i recettori puntuali è stato utilizzato per la verifica del rispetto del criterio del valore limite assoluto (immissione ed emissione) e del criterio differenziale.

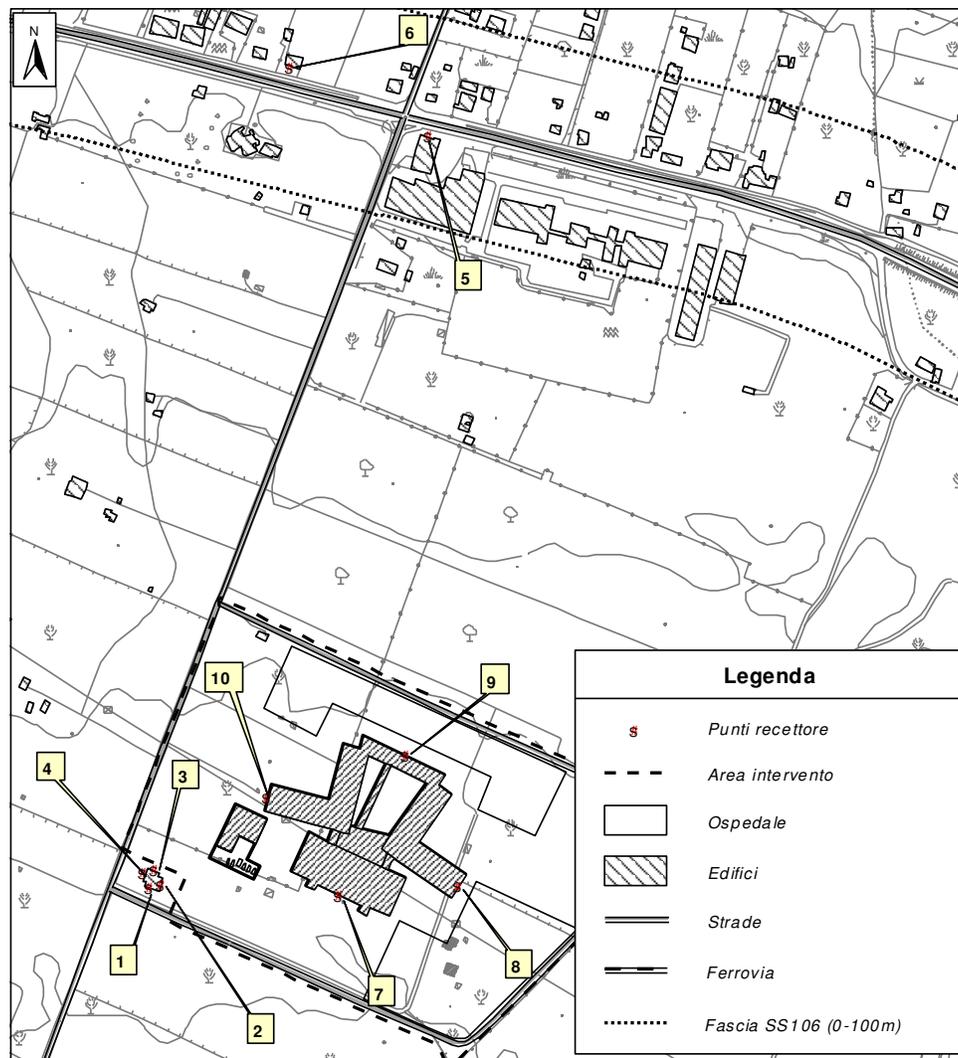


figura 3.3.2-1: localizzazione dei recettori puntuali

### **Criterio del limite assoluto di immissione**

La verifica del rispetto dei limiti assoluti di immissione deve essere svolta considerando la presenza di tutte le tipologie di sorgenti connesse alla realizzazione del nuovo insediamento (infrastrutture di trasporto e impianti fissi). In tabella 3.3.2-1 sono riportati i valori stimati con indicazione delle situazioni in cui si verifica il superamento dei limiti di legge. Il calcolo presso i recettori puntuali conferma, in linea generale, quanto emerso in precedenza dall'analisi delle mappe di rumore. In particolare osservando i risultati di tabella 3.3.2-1 possono essere fatte le seguenti considerazioni:

- presso il recettore residenziale presente a sud-ovest dell'area di intervento (recettori da 1 a 4) si stima il superamento del limite diurno in corrispondenza dei recettori 1 e 4, dovuto essenzialmente al traffico indotto dall'ospedale e il superamento del limite notturno (0,3 dB) in corrispondenza del recettore 3, dovuto al rumore generato dagli impianti del polo tecnologico (il rumore generato dalle UTA in copertura è trascurabile);
- presso gli edifici residenziali affacciati sulla SS 106 (punti recettore 5 e 6 di tabella 3.3.2-1) non si registra un significativo incremento dei livelli di rumore nello scenario di progetto rispetto allo stato di fatto e in particolare non si passa da situazioni di conformità a situazioni di non conformità;
  - presso l'edificio ospedaliero (valutazione previsionale di clima acustico) si stima un superamento dei limiti di legge in corrispondenza delle facciate esposte a nord e a ovest (recettori 9 e 10) dovuto al traffico veicolare circolante sulla SP 197 e sulla futura via d'accesso all'ospedale (ingresso visitatori) e agli impianti del polo tecnologico.

Tabella 3.3.2-1: livelli stimati e superamento dei limiti assoluti di immissione (valori in grassetto)

ID rec.	Valori limite dB(A)		Scenario 0		Scenario 1	
	diurno	notturno	diurno	notturno	diurno	notturno
1	55	45	49,6	43,5	<b>56,6</b>	43,3
2			40,0	33,9	51,5	40,0
3			50,2	44,1	54,2	<b>45,3</b>
4			54,2	<b>48,1</b>	<b>58,1</b>	<b>48,1</b>
5	65	55	<b>70,2</b>	63,8	<b>70,8</b>	63,8
6			<b>70,6</b>	64,2	<b>71,2</b>	64,2
7	50	40			44,1	33,5
8					44,8	33,4
9					<b>54,1</b>	38,8
10					<b>51,3</b>	<b>43,1</b>

### **Criterio del limite assoluto di emissione**

La verifica del rispetto dei limiti di emissione è stata effettuata considerando i livelli di rumore generati esclusivamente dagli impianti tecnici situati presso il polo tecnologico e in copertura. In tabella 3.3.2-2 sono riportati i livelli stimati con il modello di calcolo e i risultati del confronto con i limiti di legge: i valori limite di emissione vengono rispettati in corrispondenza di tutti i recettori. Occorre notare che tale verifica non deve esser svolta presso l'insediamento che prevede l'installazione delle sorgenti fisse (l'ospedale).

Tabella 3.3.2-2: livelli stimati per la verifica dei limiti assoluti di emissione

ID rec.	Valori limite dB(A)		Scenario 1 solo impianti	
	diur.	nott.	diur.	nott.
1	50	40	21,2	21,2
2			38,9	38,9
3			38,9	38,9
4			20,3	20,3

### **Criterio differenziale**

La verifica del criterio differenziale consiste nel valutare la differenza tra il *rumore ambientale* (rumore della sorgente disturbante + rumore in sua assenza) e il *rumore residuo* (rumore in assenza della sorgente disturbante); tale differenza non deve essere superiore a 5 dB, per il periodo di riferimento diurno, e a 3 dB, per il periodo di riferimento notturno. Nel caso in esame occorre considerare come rumore ambientale quello dovuto alle sorgenti attualmente presenti (infrastrutture di trasporto) sommato al rumore prodotto dai soli impianti tecnici dell'ospedale e come rumore residuo quello stimato per la situazione attuale (Scenario 0). In tabella 3.3.2-3 sono riportati i risultati della verifica del rispetto del criterio differenziale: tale criterio non viene rispettato solo presso il recettore 2 durante il periodo notturno. Anche in questo caso la verifica non deve esser svolta presso l'insediamento che prevede l'installazione delle sorgenti fisse (l'ospedale).

Tabella 3.3.2-3: verifica del criterio differenziale (superamento in grassetto)

ID rec.	Scenario 0		Scenario 0 + impianti		Differenziale	
	diur.	nott.	diur.	nott.	diur.	nott.
1	49,6	43,5	49,6	43,5	0,0	0,0
2	40,0	33,9	42,3	40,0	2,3	<b>6,1</b>
3	50,2	44,1	50,6	45,3	0,4	1,2
4	54,2	48,1	54,2	48,1	0,0	0,0

### 3.3.3 Ipotesi di interventi di mitigazione

Per garantire la compatibilità dal punto di vista acustico dell'opera in progetto, sia dal punto di vista del clima acustico, sia da quello dell'impatto acustico, sarà necessario prevedere interventi che consentano il rispetto dei valori limite del rumore prodotto dal traffico veicolare.

Come indicato all'Articolo 6 "*Interventi per il rispetto dei limiti*" comma 4 del D.P.R. n. 142/04: "*per i recettori inclusi nella fascia di pertinenza acustica [...], devono essere individuate ed adottate opere di mitigazione sulla sorgente, lungo la via di propagazione del rumore e direttamente sul ricettore, per ridurre l'inquinamento acustico prodotto dall'esercizio dell'infrastruttura, con l'adozione delle migliori tecnologie disponibili, tenuto conto delle implicazioni di carattere tecnico-economico*".

Nelle criticità riscontrate si ritiene che il rispetto dei limiti tramite interventi sulla sorgente e lungo la via di propagazione non sia tecnicamente conseguibile o economicamente ragionevole.

Relativamente alla valutazione previsionale di clima acustico, al fine di rendere compatibile il nuovo edificio ospedaliero, sarà necessario prevedere interventi di mitigazione direttamente sul recettore. A tale proposito si ricorda che ai sensi del D.P.R. n. 142/04 (all'art. 6 comma 2) i valori limite all'interno degli edifici da garantire per il traffico veicolare stradale per gli ospedali, sono pari a 35 dB(A) notturni. Considerando che i livelli stimati nel periodo notturno in corrispondenza delle facciate più esposte sono pari al massimo a 40 dB(A), valori interni di 35 dB(A) sono ampiamente soddisfatti utilizzando serramenti con buone prestazioni di isolamento acustico. In particolare i progetti esecutivi dovranno prevedere un'accurata progettazione dei requisiti acustici passivi (intervento diretto sul recettore) secondo il D.P.C.M. 5/12/1997 "*Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici*", che potrà anche rispondere all'esigenza della mitigazione.

Inoltre si ritiene che un maggiore comfort acustico sia raggiungibile, disponendo, laddove possibile, in fase di progettazione, i locali maggiormente sensibili sui lati interni "quieti" degli edifici.

Per quanto riguarda la criticità riscontrata presso il recettore residenziale presente a sud-ovest dell'area di intervento (impatto acustico) sarà necessario prevedere un intervento diretto sull'edificio (ad esempio la sostituzione dei serramenti) nel caso in cui, in seguito a misure effettuate all'interno delle abitazioni a finestre chiuse (con l'insediamento di progetto in esercizio) si verifichi il superamento dei valori limite interni (pari a 40 dB(A) notturni), ai sensi del D.P.R. n. 142/04 (all'art. 6 comma 2).

Per quanto riguarda la criticità legata all'emissione degli impianti è stato stimato un superamento di circa 3 dB rispetto al limite previsto dal criterio differenziale per il periodo notturno (3 dB, da valutarsi in ambiente abitativo interno). Poiché la stima è stata effettuata in ambiente esterno e considerando la peggiore condizione di funzionamento degli impianti (tutti attivi a regime massimo), non si ritiene opportuno, in questa fase, indicare specifici interventi di mitigazione. Si ritiene invece utile prevedere una verifica dei livelli in ambiente abitativo interno attraverso misure fonometriche dopo la realizzazione del progetto.

## **NORME PER LA VALUTAZIONE DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI**

Le strutture ospedaliere sono caratterizzate dalla compresenza di funzioni molteplici e diversificate. Ambienti che richiedono un'elevata tutela dal rumore (camere di degenza, studi medici, ambulatori, sale operatorie), di fatto, coesistono con altri in cui la quiete non è una caratteristica essenziale (uffici, corridoi, sale d'attesa, zone per l'accettazione, magazzini, locali tecnici). Nel caso di ospedali di nuova realizzazione il problema della compresenza di funzioni miste (e la conseguente interferenza nell'utilizzo), può essere brillantemente risolto già in fase progettuale, attraverso una chiara separazione rispetto alle zone in cui le diverse attività vengono insediate. Per esempio individuando aree distinte dedicate rispettivamente all'accoglienza e accettazione, agli ambulatori, alla ristorazione, alle sale conferenza e separatamente alla degenza.

Per quanto riguarda la progettazione e la realizzazione degli edifici ospedalieri, vi sono inoltre esigenze architettoniche e modalità costruttive specifiche. Ne sono un esempio: la presenza di corridoi e ambienti di grandi dimensioni, la realizzazione di grandi facciate vetrate, la flessibilità degli ambienti (ad esempio ambienti destinati inizialmente alla cura dei pazienti che in tempi successivi possono essere utilizzati per la ricerca e la formazione), presenza di pareti "leggere" o "mobili" integrate con i numerosi impianti tecnici delle stanze, la realizzazione di solai continui, la necessità di installare impianti tecnologici centralizzati.

A fronte di tali peculiarità risulta fondamentale che il livello ottimale di protezione dal rumore delle strutture ospedaliere sia correlato al grado di comfort necessario per ciascuna tipologia o destinazione funzionale degli ambienti interni, tenendo conto dell'adiacenza o della sovrapposizione di spazi destinati a funzioni spesso molto differenti tra loro, delle interferenze fra le diverse attività e della contemporaneità d'uso degli ambienti e dei servizi. Deve quindi essere attentamente considerato il controllo della rumorosità generata dall'attività e dall'afflusso delle persone, di quella generata dal funzionamento degli impianti di servizio, sia attraverso un adeguato isolamento delle strutture edilizie (verticali e orizzontali) sia ottimizzando l'assorbimento acustico delle finiture interne degli ambienti.

A questo scopo concorrono l'attenta "progettazione acustica" delle strutture e degli elementi edilizi, la scelta di materiali certificati per assicurare prestazioni acustiche elevate e una posa in opera a "regola d'arte".

### **3.4 D.P.C.M. 5 Dicembre 1997 "Determinazione dei requisiti acustici passivi degli edifici"**

Il presente Decreto, in attuazione dell'art. 3, comma 1, lettera e), della legge 26 ottobre 1995, n. 447, determina i requisiti acustici delle sorgenti sonore interne agli edifici al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore.

Ai fini dell'applicazione del presente decreto, gli ambienti abitativi - così definiti dal decreto - sono distinti nelle categorie indicate nella Tabella 4.1-1.

Tabella 4.1-1 Classificazione degli ambienti abitativi (art. 2)

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

Al fine di ridurre l'esposizione umana al rumore, sono riportati i valori limite delle grandezze che determinano i requisiti acustici passivi dei componenti degli edifici e delle sorgenti sonore interne (Tabella 4.1-2).

Tabella 4.1-2 Requisiti acustici degli edifici, dei loro componenti e degli impianti tecnologici

Categorie	Parametri				
	R'w(*)	D2m,nT,w	L'n,w	LASmax	LAeq
<b>D</b>	<b>55</b>	<b>45</b>	<b>58</b>	<b>35</b>	<b>25</b>
<b>A,C</b>	50	40	63	35	35
<b>E</b>	50	48	58	35	25
<b>B,F,G</b>	50	42	55	35	35

(\*) Valori di R'w riferiti a elementi di separazione tra due distinte unità immobiliari (definizione difficilmente applicabile per gli edifici ricettivi e ospedalieri)

Dove:

- $R'w$  è l'indice del potere fonoisolante apparente di partizioni fra ambienti da calcolare secondo la norma UNI EN 12354-1:2002;
- $D2m,nT,w$  è l'indice dell'isolamento acustico standardizzato di facciata da calcolare secondo la norma UNI EN 12354-3:2002;
- $L'n,w$  è l'indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato da calcolare secondo la procedura descritta dalla norma UNI EN 12354-2:2002.

Gli altri due parametri riguardano la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici che, per le strutture ospedaliere, non deve superare i seguenti limiti:

- 35 dB(A) LAmax con costante di tempo slow per i servizi a funzionamento discontinuo
- 25 dB(A) LAeq per i servizi a funzionamento continuo.

In accordo alle indicazioni del D.P.C.M. le misure di livello sonoro devono essere eseguite nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato. Tale ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

### 3.5 Norma UNI 8199:1998 riguardante il collaudo acustico degli impianti di climatizzazione e ventilazione

Tale norma definisce la metodologia da seguire per il collaudo acustico degli impianti negli ambienti serviti al fine di valutare la rumorosità da essi immessa all'interno degli ambienti dell'edificio nell'ottica della salvaguardia delle condizioni di benessere acustico. La norma consente di effettuare il collaudo nei casi in cui i limiti di accettabilità del rumore di impianto, assunti come livello di riferimento, siano indicati nel contratto (Capitolato, documenti base di gara, etc.), ma può essere utilizzata anche in assenza di tali limiti, in quanto ne suggerisce i valori.

La norma definisce inoltre dei valori di riferimento a seconda delle diverse destinazione d'uso di edifici e ambienti interni.

Nel caso di ospedali e cliniche vengono indicati i livelli di riferimento riportati in Tabella 4.2-1.

Tabella 4.2-1 Livelli di riferimento: valori indicativi

Destinazione d'uso	dB(A)
camera di degenza	30
corsie	40
sale operatorie	35
corridoi	40
aree aperte al pubblico	40
servizi	40

La norma specifica che valori del livello di riferimento maggiori di 5 dB(A) rispetto a quelli indicati sono sconsigliati in quanto non offrono garanzie di benessere sufficiente. Valori inferiori, quando necessari, vanno attentamente valutati a fronte degli aggravati economici che ne derivano.

### 3.6 NORMA UNI EN 12354: metodo di calcolo per la valutazione delle prestazioni acustiche di edifici a partire dalle prestazioni di prodotti

*La parte 1 della UNI EN 12354 riguarda l'isolamento acustico da rumore aereo delle partizioni interne.*

La versione semplificata del modello di calcolo prevede il calcolo dell'**indice di valutazione del potere fonoisolante apparente** a partire dall'indice di valutazione del potere fonoisolante degli elementi in esame, determinati in conformità con il procedimento definito nella EN ISO 717-1.

L'applicazione del modello semplificato è limitata alla trasmissione diretta e laterale con elementi essenzialmente omogenei. L'influenza dello smorzamento strutturale degli elementi è presa in considerazione in modo mediato.

Ogni elemento laterale dovrebbe essere essenzialmente identico sul lato emittente e sul lato ricevente.

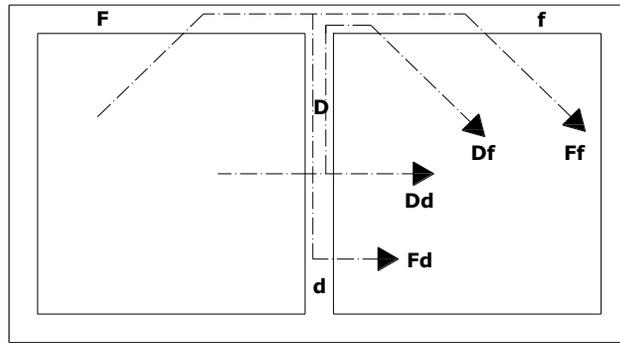


Figura 4.2-1: Definizione dei percorsi di trasmissione sonora tra due ambienti

L'indice di valutazione del potere fonoisolante apparente tra due ambienti vale:

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

dove:

- $R_{Dd,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta, in dB;
- $R_{Ff,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione  $F_f$ , in dB;
- $R_{Df,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione  $D_f$ , in dB;
- $R_{Fd,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante laterale per il percorso di trasmissione  $F_d$ , in dB;
- $n$  è il numero di elementi laterali in un ambiente; di solito  $n=4$ , ma può essere maggiore o minore a seconda del progetto.

Per ogni percorso di trasmissione, l'indice di valutazione del potere fonoisolante è previsto in base ai dati di ingresso relativi agli elementi ed ai giunti.

L'indice di valutazione del potere fonoisolante per la trasmissione diretta è determinato dal valore di ingresso per l'elemento di separazione secondo l'equazione:

$$R_{Dd,w} = R_{s,w} + \Delta R_{Dd,w} \text{ [dB]}$$

dove:

- $R_{s,w}$  è l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento di separazione, in dB;
- $\Delta R_{Dd,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti addizionali sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento di separazione, in dB.

Gli indici di valutazione del potere fonoisolante laterale sono determinati in base ai valori d'ingresso mediante l'equazione:

$$R_{Ff,w} = \frac{R_{F,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Ff,w} + K_{Ff} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dB}]$$

$$R_{Fd,w} = \frac{R_{F,w} + R_{S,w}}{2} + \Delta R_{Fd,w} + K_{Ff} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dB}]$$

$$R_{Df,w} = \frac{R_{S,w} + R_{f,w}}{2} + \Delta R_{Df,w} + K_{Ff} + 10 \log \frac{S_s}{l_0 l_f} \quad [\text{dB}]$$

dove:

- $R_{F,w}$  l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento laterale F nell'ambiente emittente, in dB;
- $R_{f,w}$  l'indice di valutazione del potere fonoisolante dell'elemento laterale f nell'ambiente ricevente, in dB;
- $\Delta R_{Ff,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sul lato emittente e/o ricevente dell'elemento laterale, in dB;
- $\Delta R_{Fd,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sull'elemento laterale lato emittente e/o dell'elemento di separazione al lato ricevente, in dB;
- $\Delta R_{Df,w}$  è l'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante mediante rivestimenti aggiuntivi sull'elemento di separazione lato emittente e/o sull'elemento laterale al lato ricevente, in dB;
- $K_{Ff}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione  $F_f$ , in dB;
- $K_{Fd}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione  $F_d$ , in dB;
- $K_{Df}$  è l'indice di riduzione delle vibrazioni per il percorso di trasmissione  $D_f$ , in dB;
- $S_s$  è l'area dell'elemento di separazione, in metri quadri;
- $l_f$  è la lunghezza di accoppiamento del giunto tra l'elemento di separazione e gli elementi laterali F e t, in metri;
- $l_0$  è la lunghezza di riferimento pari ad 1 metro.

I dati di ingresso relativi agli indici di riduzione delle vibrazioni  $K_{Ff}$ ,  $K_{Fd}$ ,  $K_{Df}$ , per i diversi tipi di giunto in comune sono deducibili dall'appendice E allegata alla norma.

Nell'appendice D allegata alla norma viene indicato come calcolare la frequenza di risonanza  $f_0$  per la valutazione dell'incremento dell'indice di valutazione del potere fonoisolante  $\Delta R_w$  dovuto alla presenza di strati aggiuntivi costituiti da montanti o traversi metallici e non direttamente connessi alla struttura di base, dove l'intercapedine è riempita di materiale poroso di isolamento (con resistività all'aria  $r \geq 5 \text{ kPa s/m}^2$ ) in conformità con la EN 29053.

Il miglioramento del potere fonoisolante globale in seguito all'applicazione di uno strato addizionale per il tramite di un supporto elastico può essere calcolato con la seguente formula empirica:

La frequenza di risonanza  $f_0$  si calcola come segue:

$$\Delta R_w = 72 - \left( \frac{R_w^{m1}}{2} + 20 \log f_0 \right) \quad [\text{dB}]$$

$$f_0 = 160 \sqrt{\frac{0.111}{d} \left( \frac{1}{m_1} + \frac{1}{m_2} \right)} \quad [\text{Hz}]$$

dove  $d$  è la profondità dell'intercapedine in metri e  $m_1$  e  $m_2$  sono le masse superficiali rispettivamente di struttura portante e strato addizionale.

Per le strutture di base con un indice di valutazione del potere fonoisolante in opera compreso tra  $20 < R_w < 60$  dB, l'incremento risultante dell'indice di valutazione del potere fonoisolante in seguito all'applicazione di uno strato addizionale, può essere quindi valutato a partire dalla frequenza di risonanza  $f_0$  in conformità con il prospetto D.3 fornito dalla norma.

Tabella 4.3-1

Frequenza di risonanza del rivestimento (Hz)	$\Delta R_w$ (dB)
$\leq 80$	$35 - R_w/2$
100	$32 - R_w/2$
125	$30 - R_w/2$
160	$28 - R_w/2$
200	-1
250	-3
315	-5
400	-7
500	-9
630-1600	-10
$>1600$	-5

**La parte 2 della UNI EN 12354 riguarda il rumore dal calpestio dei solai.**

La versione semplificata del modello di calcolo prevede inoltre l'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato sulla base degli indici di valutazione degli elementi considerati, determinati in conformità con il procedimento definito nella EN ISO 717-2. La sua applicazione è limitata agli ambienti sovrapposti e ai pavimenti di uso comune. L'influenza dello smorzamento strutturale degli elementi è presa in considerazione in modo mediato. La trasmissione laterale è considerata in modo globale.

L'indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato rispetto all'assorbimento acustico,  $L'_{n,w}$ , è ottenuto mediante:

$$L'_{n,w} = L_{n,w,eq} - \Delta L_w + K \quad [\text{dB}]$$

dove:

- $K$  è la correzione per la trasmissione dei rumori di calpestio attraverso le costruzioni laterali omogenee, in dB;
- $L_{n,w,eq}$  è l'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato, del solaio senza considerare l'eventuale pavimento galleggiante;
- $\Delta L_w$  è l'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio del rivestimento o dell'eventuale pavimento galleggiante.

Stima teorica dell'indice di valutazione del livello equivalente di pressione sonora di calpestio normalizzato del sistema solaio senza strati di rivestimento:

$$L_{n,w,eq} = 164 - 35 \log m' \quad [\text{dB}]$$

In cui:

$m'$  è la massa superficiale, compresa tra 100 kg/mq e 600 kg/mq, del solaio omogeneo così come definito dalla norma.

Stima teorica dell'indice di valutazione dell'attenuazione del livello di pressione sonora di calpestio, del pavimento galleggiante:

$$\Delta L_{n,w} = 15 \log \frac{m'}{s'} + 18 \quad [\text{dB}]$$

In cui:

- $m'$  è la massa superficiale del pavimento galleggiante (Kg/mq)
- $s'$  è la rigidità dinamica per unità di superficie dello strato resiliente (MN/mc)

Il termine di correzione  $K$  per la trasmissione laterale media si calcola in funzione della massa delle strutture laterali che insistono sulla partizione in esame e si ricava dal PROSPETTO 1 allegato alla norma.

***La parte 3 della UNI EN 12354 riguarda l'isolamento di facciata dal rumore proveniente dall'esterno per via aerea.***

L'isolamento acustico di facciata normalizzato rispetto al tempo di riverberazione dipende dal potere fonoisolante della facciata vista dall'interno, dall'influenza della forma della facciata e dalle dimensioni degli ambienti. Ne consegue che:

$$D_{2m,nT,w} = R_w + \Delta L_{fs} + 10 \log \frac{V}{6T_0 S} \quad [\text{dB}]$$

In cui:

- $\Delta L_{fs}$  è la differenza di livello di pressione sonora dovuta alla forma della facciata, in dB; Tale indice si ricava dall'APPENDICE C allegata alla norma (nei nostri calcoli è stata trascurata);

- $V$  è il volume dell'ambiente ricevente, in metri cubi;
- $S$  è l'area totale della facciata vista dall'interno, in metri quadrati;
- $T_0$  è il tempo di riverberazione di riferimento, in secondi, per abitazioni 0,5 sec;

Il fattore di trasmissione della potenza sonora relativo alla trasmissione laterale di un elemento si ottiene a partire dalla somma dei fattori della trasmissione laterale in rapporto a tutte le vie di trasmissione laterale verso questo elemento. Tale procedimento dettagliato è riportato nella norma EN12354-1.

Solitamente il contributo della trasmissione laterale è trascurabile. Tuttavia, se gli elementi rigidi (quali calcestruzzo o mattoni) sono collegati ad altri elementi rigidi entro l'ambiente ricevente (come pareti divisorie o pavimenti) la trasmissione laterale può contribuire alla trasmissione sonora totale.

Per lasciare dunque un margine di sicurezza, nei casi di presenza di elementi rigidi connessi, si deve diminuire il potere fonoisolante di 3-5 dB. Questa situazione è comunque evitabile già in fase progettuale, prevedendo l'interposizione di materiale resiliente nei giunti tra le strutture (contatti divisorii verticali - solaio, contatti divisorii verticali - tamponamenti di facciata, contatti divisorii verticali - divisorii verticali, appoggio su pilastri).

### **3.7 Metodologia di calcolo**

Lo studio si è avvalso delle procedure di calcolo basate sulla norma UNI EN 12354, illustrate precedentemente, e a nozioni tecniche estrapolate dai maggiori testi di letteratura tecnica specifica.

In generale i dati elaborati si riferiscono quindi a stime teoriche eseguite mediante l'ausilio di algoritmi di calcolo (anche implementati in software specifici per l'acustica edilizia) ed analizzano, pertanto, le prestazioni delle soluzioni proposte in ideali condizioni di posa in opera.

Tuttavia per ottenere informazioni significative e quanto più possibile "vicine" ai dati riscontrabili *in situ*, si è anche fatto riferimento a:

- certificazioni acustiche di laboratorio degli elementi edilizi considerati fornite dalla ditte produttrici;
- misurazioni in opera pregresse eseguite su tipologie edilizie di altri ospedali lombardi di nuova realizzazione, conformi alle soluzioni adottate per le strutture oggetto di studio (ad esempio per quanto riguarda la valutazione del potere fonoisolante, il rumore da calpestio dei solai e la rumorosità degli impianti tecnici interni);

pertanto in taluni casi non è stato necessario effettuare stime teoriche che, come noto, possono essere affette da errori intrinseci non trascurabili.

## **VERIFICA DEI REQUISITI ACUSTICI PASSIVI DEGLI AMBIENTI**

Come citato precedentemente, il D.P.C.M. del 5 Dicembre 1997 prevede che per gli Ospedali debba essere garantito un valore di isolamento da rumore aereo (verticale e orizzontale) pari a **55 dB**, precisando che tale valore deve essere valutato tra elementi di separazioni tra due distinte unità immobiliari.

### **Tuttavia, nel caso di ospedali, la legge non specifica cosa si debba intendere per unità immobiliare.**

Il Decreto Ministro Lavori Pubblici n. 236 del 14/06/89 "*Prescrizioni tecniche necessarie a garantire l'accessibilità, l'adattabilità e la visitabilità degli edifici privati e di edilizia residenziale pubblica sovvenzionata e agevolata, ai fini del superamento e dell'eliminazione delle barriere architettoniche*", definisce:

- unità immobiliare: un'unità ambientale suscettibile di autonomo godimento ovvero un insieme di unità ambientali funzionalmente connesse;
- unità ambientale: uno spazio elementare e definito, idoneo a consentire lo svolgimento di attività compatibili tra loro;
- edificio: una unità immobiliare dotata di autonomia funzionale, ovvero un insieme autonomo di unità immobiliari funzionalmente e/o fisicamente connesse tra loro.

Nel caso degli ospedali esistono interpretazioni normative secondo le quali l'unità immobiliare corrisponde a:

- l'intero ospedale stesso;
- il singolo reparto;
- la singola camera di degenza.

**Considerando sia la necessità di garantire un adeguato livello di confort acustico nell'ambiente ospedaliero sia gli oneri economici che comporta la scelta di partizioni che garantiscano elevati valori dell'indice di fonoisolamento di elementi di separazione in opera (55 dB nel caso degli ospedali), si ritiene opportuno definire come distinta "unità immobiliare" i vari compartimenti (adiacenti e sovrapposti) che coincidono in linea generale con i reparti, purché siano dotati di autonomia funzionale.**

## **3.8 Verifica del potere fonoisolante delle partizioni interne**

### **3.8.1 Divisori verticali**

In generale, per quanto riguarda l'indice del potere fonoisolante dei divisori verticali di separazione tra ambienti saranno garantiti i valori minimi riportati in precedenza, tenendo conto di quanto già detto per le pareti di separazione tra i vari reparti. Nella Tabella 5.1.1-1 per ciascuno dei valori di isolamento richiesti è indicata la tipologia di parete proposta nel progetto.

Tabella 5.1.1-1 R'w [dB] minimo adottato per tipologia di ambiente

Tipologia di ambiente	R'w min [dB]	Tipologia parete
Ambienti adibiti ad uffici, laboratori, ambulatori, sale operatorie, sala culto, etc.	50	parete 4 lastre in cartongesso, con interposto 1 strato di isolante
Camere di degenza	50	divisorio testa letto parete 5 lastre in cartongesso, con interposti 2 strati di isolante
		divisorio normale (opposto ai letti) parete 4 lastre in cartongesso, con interposto 1 strato di isolante
Reparti adiacenti (dotati di autonomia funzionale)	55	parete 5 lastre in cartongesso, con interposti 2 strati di isolante
Sala convegni/polifunzionale	55	parete 5 lastre in cartongesso, con interposti 2 strati di isolante

### 3.8.2 Il caso delle camere di degenza

Di seguito verrà approfondito il caso delle camere di degenza; all'interno di un ospedale infatti rappresentano uno degli ambienti sensibili maggiormente critici, poichè devono assicurare al contempo la possibilità di riposo dei degenti (alto grado di protezione dal rumore) e la possibilità di intervento di medici e infermieri (strutture "leggere" di veloce e semplice accessibilità).

In Tabella 5.1.2-1 sono riportate in dettaglio le strutture interne alle camere di degenza corredate dal grado di isolamento acustico assicurato.

I valori del potere fonoisolante  $R_w$  delle strutture analizzate, sono stati estrapolati dalle certificazioni acustiche di laboratorio.

Tabella 5.1.2-1 Strutture delle camere di degenza e indicazione del potere fonoisolante assicurato

Strutture	Descrizione	Rw da certificati di laboratorio [dB]	R'w min in opera [dB]
divisorio testa letto (ad elevata forometria per la presenza dei gas medicali)	parete 5 lastre in cartongesso, con interposti 2 strati di isolante	63	50
divisorio normale (opposto ai letti)	parete 4 lastre in cartongesso, con interposto 1 strato di isolante	54-55	50
Pareti di separazione con i servizi igienici	struttura prefabbricata in cls accoppiata a due lastre esterne in cartongesso	52	50(*)
	parete 4 lastre in cartongesso, con interposto 1 strato di isolante	54-55	50
corridoi-porte di accesso	parete 5 lastre in cartongesso, con interposti 2 strati di isolante, porta con $R_w$ 30 dB	31	ca 27

(\*) Valori di R'w da verificare tra il bagno e 1) la camera di degenza confinante, 2) il bagno adiacente, 3) il corridoio

In Figura 5.1.2-1 è riportata la “pianta tipo” delle camere di degenza del progetto, in cui sono indicate le strutture descritte in Tabella 5.1.2-1.

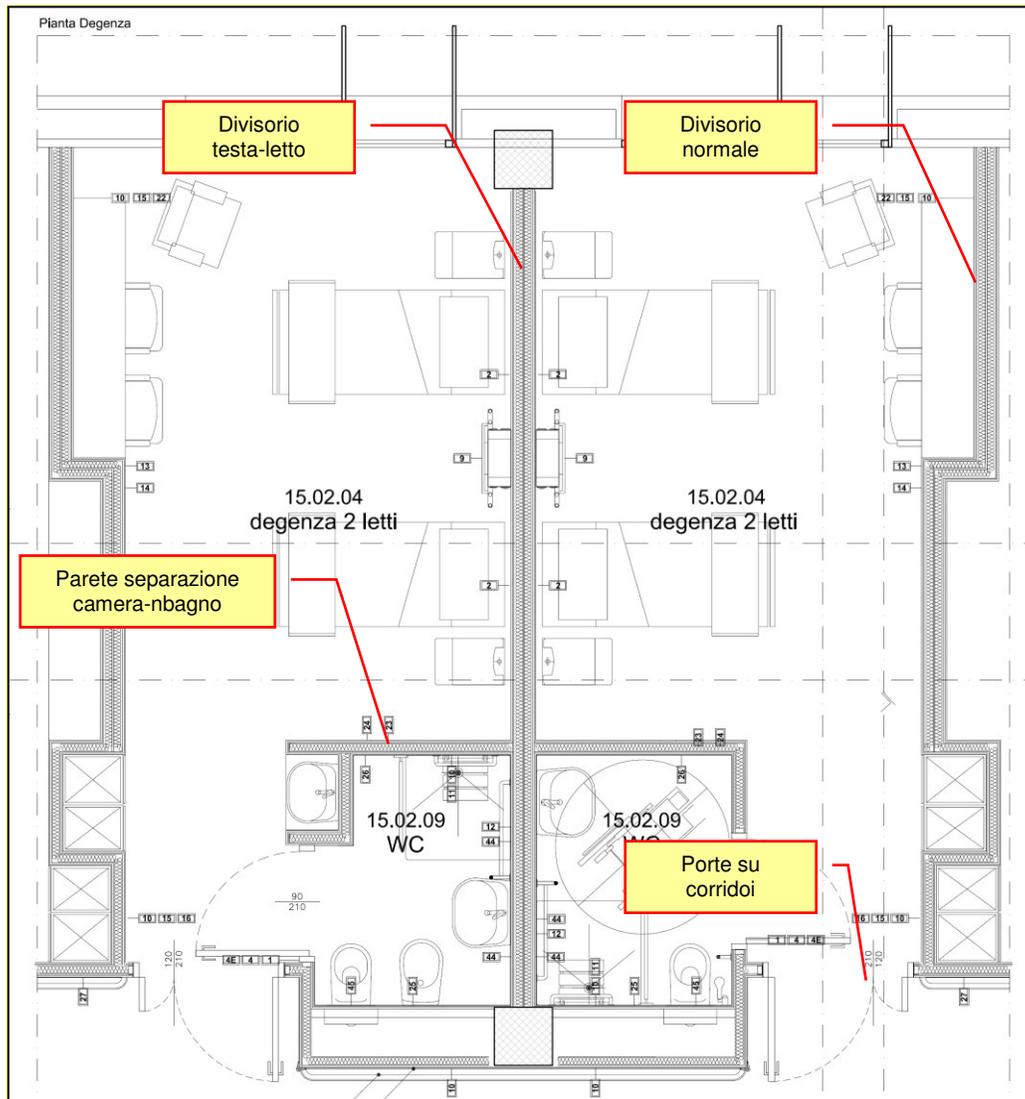


Figura 5.1.2-1 Camera di degenza: “pianta tipo”

Di seguito verranno approfondite le caratteristiche di ciascuna struttura.

### **Partizioni interne verticali in cartongesso**

Le pareti interne verticali saranno costituite da 5 lastre del tipo KNAUF 115-I (o equivalente), caratterizzata dalla seguente stratigrafia:

- 2 lastre in cartongesso di spessore 1,25 cm;
- pannello isolante in lana minerale di spessore 6 cm e densità  $\geq 70 \text{ Kg/m}^3$ ;
- lastra singola in cartongesso di spessore 1,25 cm;
- pannello isolante in lana minerale di spessore 6 cm e densità  $\geq 70 \text{ Kg/m}^3$ ;
- altre 2 lastre in cartongesso di spessore 1,25 cm.

Questa parete è in grado di “soportare” una forometria elevata (come ad esempio il caso dei testa-letto dotati di gas medicali).ed è prevista oltre che per i **divisori testa- letto delle camere di degenza**, anche per le pareti di separazione tra **reparti adiacenti**, (vedi Tabella 5.1.1-1).

Questa tipologia di parete garantisce valori del potere fonoisolante certificati in laboratorio  $R_w$ , pari a **63 dB**, valore superiore di circa 10 dB rispetto a quella a 4 lastre (vedi Tabella 5.1.2-1). Da innumerevoli misure condotte in opera (potere fonoisolante apparente  $R'_w$ ) su ospedali lombardi di nuova realizzazione, che contemplavano soluzioni identiche a questa, si è riscontrato che:

- la parete 4 lastre garantisce i **50 dB** nei casi di pareti a forometria limitata (come ad esempio uffici, laboratori, ambulatori, sale operatorie, e divisori normali delle degenze);
- la parete 5 lastre: garantisce i **50 dB** con pareti in cui la forometria è estesa (divisori testa-letto delle degenze) e i **55 dB** nei casi in cui la forometria sia limitata.

### **Pareti di separazione con i servizi igienici**

Il potere fonoisolante delle strutture di separazione tra le camere di degenza e i servizi igienici ad essa associata dovrà rispettare il limite di **50 dB**.

Tale valore potrà essere garantito o attraverso l'utilizzo di strutture verticali costituite da 4 lastre in cartongesso con interposto uno strato di isolante acustico o attraverso l'utilizzo di cellule prefabbricate.

Le pareti di un bagno prefabbricato possono essere composte da pannelli sandwich con anima in acciaio accoppiata a pannello isolante (in schiuma poliuretana o lana di roccia); la struttura di contenimento (contro placcatura esterna) è costituita da una doppia lastra in cartongesso.

La struttura finale assicura un potere fonoisolante certificato in laboratorio  $R_w$  pari a **52 dB**; tale valore rispetta quindi il limite di **50 dB** tra il bagno e la camera di degenza confinante, il bagno adiacente e il corridoio.

### **Corridoi-porte di accesso**

Negli ospedali, dal punto di vista dell'isolamento acustico dei locali interni, un punto critico è normalmente rappresentato dal sistema “porta-parete” rivolto sui corridoi, dove il punto più “debole” è evidentemente rappresentato dalla porta. I serramenti interni dei locali ospedalieri devono infatti assicurare al contempo il silenzio e/o la privacy all'interno degli ambienti e, normalmente, anche la facile e rapida accessibilità agli stessi.

Per le camere di degenza dovranno essere installate porte acustiche certificate.

Un esempio di stratigrafia di questa tipologia di porte è la seguente:

- pannello interno in ISOLBAC (o similare) di spessore 27 mm con densità 100 Kg/m<sup>3</sup>, contornato sui due lati da massello di legno di sez. 50x50;

- rivestimento esterno in pannelli fibrolegnosi ad alta densità di spessore 8 mm;
- rifinitura di laminato plastico di spessore 1 mm.
- 

La porta è dotata di 2 guarnizioni perimetrali semirigide posizionate all'esterno delle cornici, 1 guarnizione di battuta con funzione di sigillatura tra telaio e pannello, 1 guarnizione posizionata perimetralmente tra telaio portante e controtelaio, 1 guarnizione a scatto montata nella parte inferiore dell'anta a sigillatura di fughe tra pannello e pavimento e 3 cerniere. Nella fase di posa, le fessurazioni tra telaio - controtelaio - muro vengono inoltre riempite con schiuma insonorizzante.

La porta di accesso alle camere di degenza sopra descritta garantisce valori del potere fonoisolante certificati in laboratorio  $R_w$ , pari a **30 dB**.

I valori del potere fonoisolante apparente,  $R'_w$ , misurabili in opera del sistema "porta-parete" così strutturato è superiore ai **27 dB**.

### 3.8.3 Divisori orizzontali

Per quanto riguarda i divisori orizzontali, le strutture previste (vedi abaco delle chiusure orizzontali), garantiscono un indice del potere fonoisolante superiore al valore di **55 dB** richiesto dal D.P.C.M. 15.12.1997.

In Tabella 5.1.3-1 sono riportati in sintesi i risultati per le varie tipologie di solai previsti dal progetto.

Tabella 5.1.3-1 Valori calcolati del potere fonoisolante dei solai

Pacchetti orizzontali	Collocazione	Descrizione	Potere fonoisolante $R_w$ [dB]
2	Locali umidi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strato impermeabilizzante</li> <li>- Massetto Sabbia cemento (&gt; 4cm)</li> <li>- Massetto alleggerito (&gt; 5cm)</li> <li>- Isolante acustico</li> <li>- Solaio strutturale</li> </ul>	>65
3	Generale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Massetto Sabbia cemento (&gt; 4cm)</li> <li>- Massetto alleggerito (&gt; 5cm)</li> <li>- Isolante acustico</li> <li>- Solaio strutturale</li> </ul>	>65
5	Locali umidi	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Strato impermeabilizzante</li> <li>- Massetto Sabbia cemento (&gt; 4cm)</li> <li>- Massetto alleggerito (&gt; 5cm)</li> <li>- Isolante termico</li> <li>- Solaio strutturale</li> </ul>	>65
6	Generale	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Massetto Sabbia cemento (&gt; 4cm)</li> <li>- Massetto alleggerito (&gt; 5cm)</li> <li>- Isolante termico</li> <li>- Solaio strutturale</li> </ul>	>65

OSPEDALE DELLA SIBARITIDE - CORIGLIANO CALABRO (CS)  
 RELAZIONE ACUSTICA

8	Solaio di copertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Terreno di copertura (&gt; 35cm)</li> <li>- Strato drenante (&gt;10 cm)</li> <li>- Cappa di protezione (&gt;5 cm)</li> <li>- Impermeabilizzazione</li> <li>- Isolamento termico</li> <li>- Schermo al vapore</li> <li>- Strato per formazione pendenza (&gt; 5cm)</li> <li>- Solaio strutturale</li> </ul>	<b>&gt;50</b>
9	Solaio di copertura	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Pavimento</li> <li>- Starto di allettamento</li> <li>- Impermeabilizzazione</li> <li>- Isolamento termico</li> <li>- Schermo al vapore</li> <li>- Primer</li> <li>- Strato per formazione pendenza (&gt; 5cm)</li> <li>- Solaio strutturale</li> </ul>	<b>&gt;53</b>

A tal riguardo considerando, ad esempio, il solaio generale, che presenta seguente la stratigrafia:

- *rivestimento il linoleum (spessore 3 mm)*
- *massetto in sabbia-cemento (spessore minimo 4 cm)*
- *massetto alleggerito (spessore minimo 5 cm)*
- *tappetino anticalpestio*
- *solaio strutturale (spessore 40 cm)*

Attraverso stime teoriche previsionali effettuate con l'ausilio di un software per l'acustica edilizia si ricava che una struttura di questo tipo fornisce, i valori del potere fonoisolante in funzione della frequenza riportati in Figura 5.1.3-1 (curva dei dati calcolati in blu).

L'indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$ , applicando il metodo indicato dalla UNI EN ISO 717-1, è pari a **65 dB** (l' $R_w$  corrispondente si evince dal valore che la curva dei valori di riferimento in viola, assume a 500 Hz). Quindi anche considerando le eventuali perdite dovute alla messa in opera, la struttura proposta garantisce valori ampiamente superiori ai **55 dB** di isolamento richiesti.

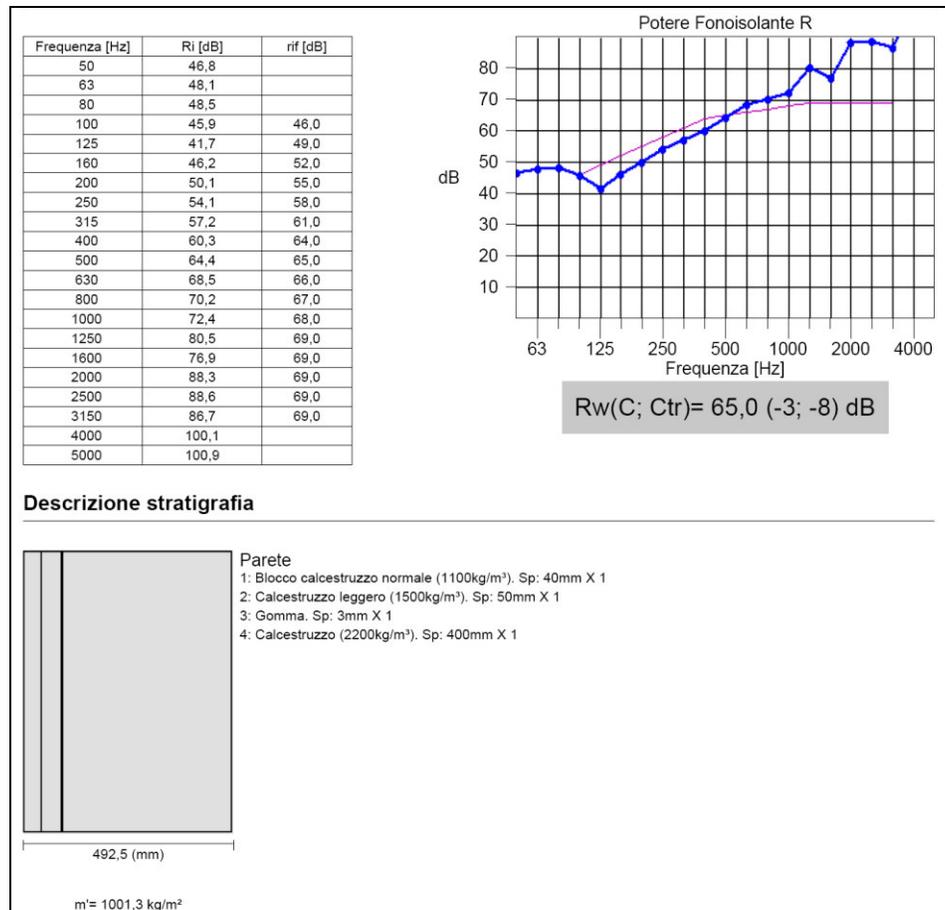


Figura 5.1.3-1 Stima del potere fonoisolante del solaio generale

### 3.9 Verifica del livello di rumore da calpestio

I rumori generati dagli urti diretti sulla struttura dell'edificio oltre che propagarsi per via aerea, si trasmettono sottoforma di vibrazioni che sollecitano le strutture stesse. Aumentare la massa dei solai non è una buona scelta, ammesso che il progetto statico lo permetta; si deve intervenire piuttosto come segue:

- riducendo l'energia dell'urto al momento dell'impatto interponendo tra corpo contundente e struttura del solaio uno strato resiliente;
- interrompendo la continuità della struttura solaio/pavimento con un materiale morbido ed elastico in grado di non trasmettere la vibrazione.

I pacchetti orizzontali previsti nel progetto assicurano prestazioni acustiche molto elevate. La finitura ad esempio realizzata in linoleum garantisce un valore certificato di  $\Delta L_w$  pari a **6 dB**.

Per quanto riguarda invece il tappetino anticalepestio inserito tra il solaio strutturale e il massetto sovrastante a formare il cosiddetto pavimento galleggiante, si propone per esempio l'*Isolmant Biplus*, un materiale di spessore pari a circa 1 cm, dotato di elevate prestazioni certificate:

- grande attenuazione del rumore da calpestio  $\Delta L_w$  pari a **34 dB**;
- contenuta rigidità dinamica  $s'$ , pari a 11,14 MN/m<sup>3</sup>;

- grande resistenza allo schiacciamento sotto carichi prolungati nel tempo (indeformabilità e elasticità mantenuta nel tempo).

Infine la presenza di un “doppio massetto” garantisce prestazioni elevate sia per quanto riguarda il rumore da calpestio verticale (tra locali sovrapposti) sia per quello orizzontale (tra locali adiacenti), quest’ultimo particolarmente difficile da contenere nel caso di solai con massetti continui tipici di strutture ospedaliere.

Per tale tipologia edilizia e più in generale per le strutture previste (vedi abaco delle chiusure orizzontali), l’indice del livello di rumore di calpestio di solai normalizzato risulta inferiore a **58 dB** previsto come limite massimo dal DPCM 05.12.1997.

In Tabella 5.2-1 sono riportati i risultati sintetici per le varie tipologie di solai previsti dal progetto.

Tabella 5.2-1 Valori calcolati del potere fonoisolante dei solai

Pacchetti orizzontali	Collocazione	Descrizione	Calpestio Ln,w [dB]
2	Locali umidi	- Strato impermeabilizzante - Massetto Sabbia cemento (> 4cm) - Massetto alleggerito (> 5cm) - Isolante acustico - Solaio strutturale	36
3	Generale	- Massetto Sabbia cemento (> 4cm) - Massetto alleggerito (> 5cm) - Isolante acustico - Solaio strutturale	36
5	Locali umidi	- Strato impermeabilizzante - Massetto Sabbia cemento (> 4cm) - Massetto alleggerito (> 5cm) - Isolante termico - Solaio strutturale	34
6	Generale	- Massetto Sabbia cemento (> 4cm) - Massetto alleggerito (> 5cm) - Isolante termico - Solaio strutturale	34
9	Solaio di copertura	- Pavimento - Starto di allettamento - Impermeabilizzazione - Isolamento termico - Schermo al vapore - Primer - Strato per formazione pendenza (> 5cm) - Solaio strutturale	47

A titolo esemplificativo riportiamo la verifica dell’isolamento del rumore da calpestio per il solaio generale considerato nel paragrafo precedente.

Attraverso stime teoriche previsionali effettuate con l'ausilio di un software per l'acustica edilizia si ricava che una struttura di questo tipo fornisce, i valori del livello di calpestio in funzione della frequenza riportati in Figura 5.2-1 (curva dei dati calcolati in blu). L'indice di valutazione del livello da rumore calpestio  $L_{n,w}$  applicando il metodo indicato dalla UNI EN ISO 717-2, è minore di **36 dB** (l' $L_{n,w}$  corrispondente si evince dal valore che la curva dei valori di riferimento in viola, assume a 500 Hz).

Quindi anche considerando le eventuali perdite dovute alla messa in opera e alle eventuali trasmissioni laterali, la struttura proposta garantisce valori ampiamente inferiori ai **58 dB** richiesti dalla normativa vigente.

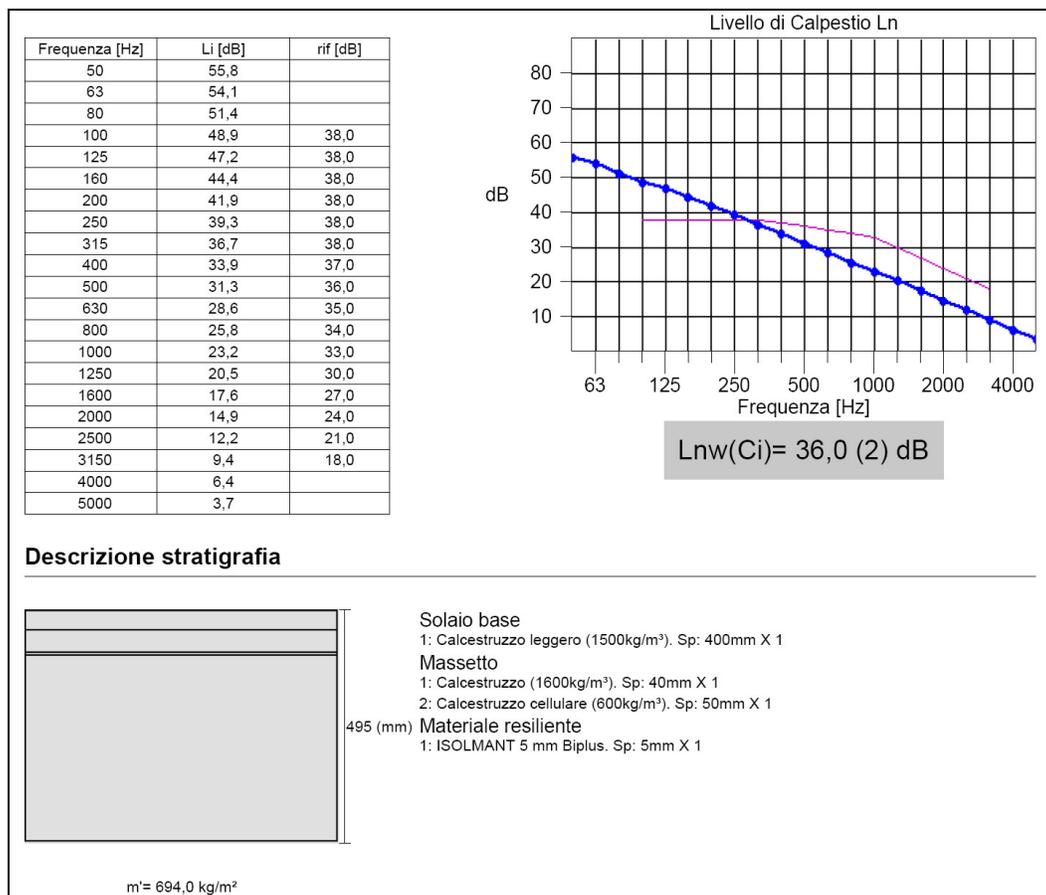


Figura 5.2-1 Stima del livello di rumore da calpestio del solaio generale

### Calpestio delle scale

Un problema che solo recentemente è emerso nel panorama dell'acustica in edilizia, riguarda l'isolamento al calpestio dei vani scala comuni.

In questi casi il rumore si trasmette attraverso le strutture laterali (pareti divisorie) alle stanze adiacenti e sopra/sottostanti.

Esistono alcuni possibili interventi per risolvere, già in fase progettuale, questo tipo di problema; in dettaglio:

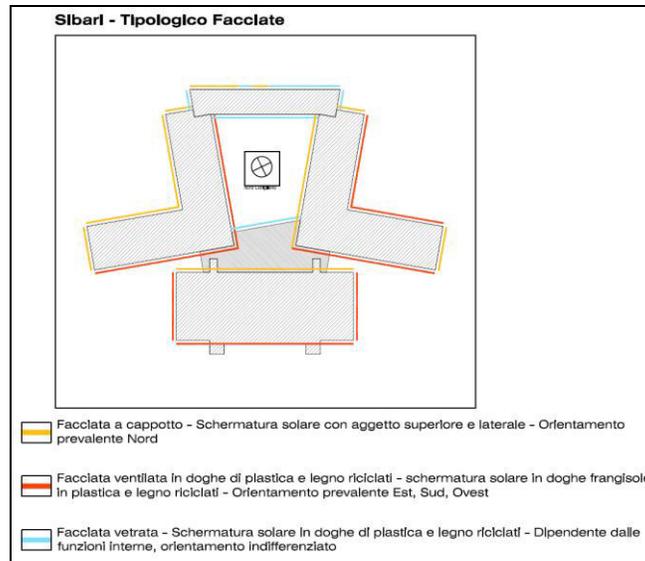
- posa di tappetini anticalpestio adatti per questa applicazione;
- utilizzo di fonocalcestruzzi per sottofondi e massetti.

### 3.10 Verifica dell'isolamento acustico di facciata

Per la facciata del nuovo Ospedale il progetto prevede tre differenti tipologia di struttura:

- a) a cappotto per le facciate rivolte prevalentemente verso Nord;
- b) ventilata per le facciate rivolte prevalentemente verso Est, Sud e Ovest;
- c) vetrata per facciate con orientamento indifferenziato;

In Figura 5.3-1 è riportata l'ubicazione delle differenti tipologia di facciata per l'ospedale in oggetto.



*Figura 5.3-1 Tipologia di facciate previste da progetto*

### **Facciata a Cappotto**

La facciata a cappotto (dello spessore complessivo di 45 cm) prevede una struttura in Gasbeton accoppiata ad un cappotto esterno intonacato

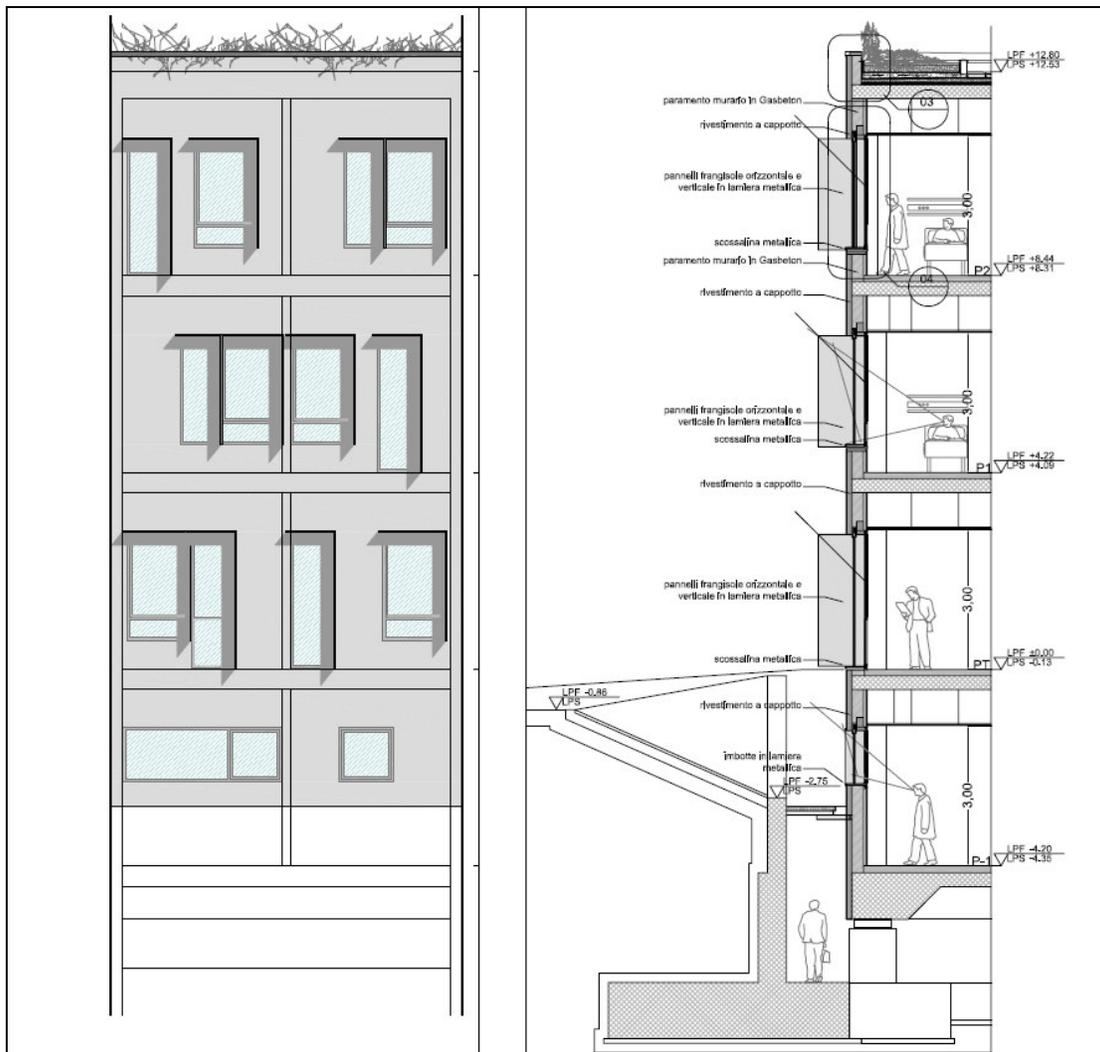


Figura 5.3-2 Sezione facciata a cappotto (tavola AR-27)

La stratigrafia della parete perimetrale (porzione opaca) in particolare presenta i seguenti materiali (dall'esterno all'interno):

- rivestimento a cappotto intonacato (12 cm)
  - intonaco plastico per cappotto (1 cm);
  - polistirene estruso con pelle (11 cm)
- struttura muraria in Gasbeton Evolution 500 (24 cm);
- intercapedine d'aria (5 cm);
- controparte in cartongesso (2,5 cm).

Attraverso stime teoriche previsionali effettuate con l'ausilio di un software per l'acustica edilizia si ricava che una struttura di questo tipo fornisce, i valori del potere fonoisolante in funzione della frequenza riportati in Figura 5.3-3 (curva dei dati calcolati in blu).

L'indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$ , applicando il metodo indicato dalla UNI EN ISO 717-1, è pari ad almeno **49 dB** ( $R_w$  corrispondente si evince dal valore che la curva dei valori di riferimento in viola, assume a 500 Hz).

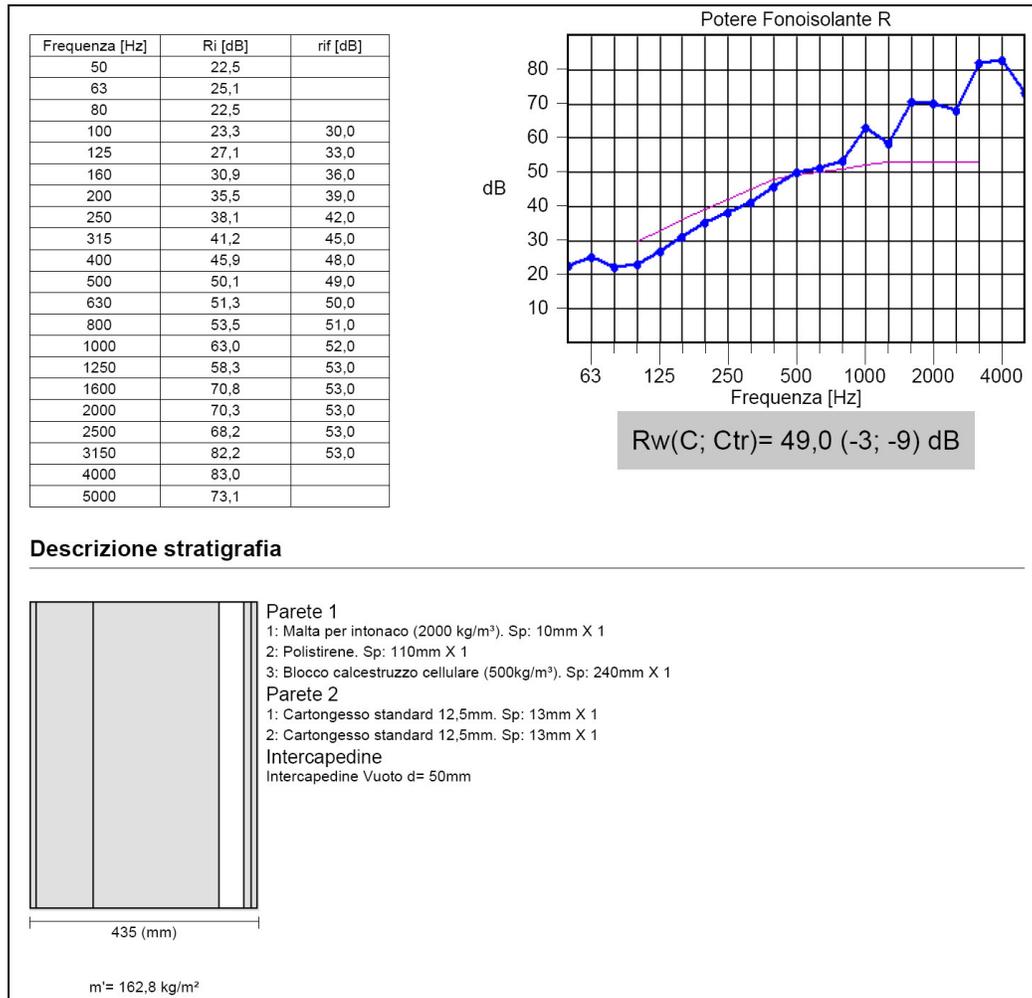


Figura 5.3-3 Stima dell'isolamento acustico della porzione opaca di facciata

Di seguito si riportano le verifiche effettuate sui locali più critici in relazione alla facciata a cappotto; in particolare le valutazioni sono state effettuate per i locali adibiti alla degenza, agli ambulatori medici e agli uffici.

Le valutazioni sono state effettuate considerando l'installazione di diverse tipologie di vetri; i valori di isolamento standardizzato di facciata ( $D_{2mn,t,w}$ ) ottenuti con l'ausilio di un modello di simulazione sono riportati in Tabella 5.3-1.

Tabella 5.3-1 Valori calcolati de isolamento standardizzato di facciata

Locale	Tipologia vetro	Isolamento standardizzato di facciata $D_{2m,t,w}$ [dB]	Limite di riferimento normativo $D_{2m,t,w}$ [dB]
Degenza	6-(6-16)-10+ mm ( $R_w=37$ dB)	43,0	
Ipotizzando la situazione più sfavorevole	vetrocamera 6/16/4 con telaio in alluminio ( $R_w=39$ dB) Vetro stratificato 4+4.1a-16 argon-6 ( $R_w=41$ )	44,8 <b>46,5</b>	<b>45,0</b>
Ambulatori	6-(6-16)-10+ mm ( $R_w=37$ )	42,9	
Ipotizzando 50% di sup. vetrata	vetrocamera 6/16/4 con telaio in alluminio ( $R_w=39$ ) Vetro stratificato 4+4.1a-16 argon-6 ( $R_w=41$ )	44,8 <b>46,6</b>	<b>45,0</b>
Uffici	6-(6-16)-10+ mm ( $R_w=37$ )	40,4	
Ipotizzando 50% di sup. vetrata	vetrocamera 6/16/4 con telaio in alluminio ( $R_w=39$ ) Vetro stratificato 4+4.1a-16 argon-6 ( $R_w=41$ )	<b>42,2</b> <b>44,1</b>	<b>42,0</b>

I risultati ottenuti e riportati nella Tabella 5.3-1 dimostrano che affinché i livelli previsti dalla normativa vigente siano rispettati è necessario prevedere l'installazione, nelle camere di degenza e negli ambulatori, di serramenti con un vetro stratificato (4+4.1a-16 argon-6), in grado di garantire un valore di  $R_w$  pari a 41 dB.

Per quanto riguarda gli uffici invece è possibile prevedere un serramento meno prestante, caratterizzato da un valore di isolamento  $R_w$  uguale a 39 dB (per esempio vetrocamera 6/16/4 con telaio in alluminio).

È importante segnalare che nella scelta dei serramenti va assicurata una classe di permeabilità all'aria che minimizzi le perdite di potere fonoisolante del sistema "vetro-serramento"; di particolare importanza è inoltre la modalità con cui i serramenti verranno installati, a tale riguardo si indica di sigillare correttamente i giunti (sia internamente che esternamente) tra telaio e controtelaio, controtelaio e muro. Mediante accurata posa di silicone o schiume poliuretatiche (eventualmente certificate dal punto di vista acustico).

### **Facciata ventilata**

La struttura è costituita da una facciata di tipo ventilato con rivestimenti in pietra naturale per le parti opache e serramenti apribili, ad anta-ribalta, vetrati di diverse altezze per le parti visive (Figura 5.3-4)

La stratigrafia della parete perimetrale (porzione opaca) presenta i seguenti materiali (dall'esterno all'interno):

- facciata ventilata in tavole di plastica e legno riciclato
- pannello isolante (8 cm)
- struttura muraria in Gasbeton Evolution 500 (25 cm);

- intercapedine d'aria (5 cm);
- controparte in cartongesso (2,5 cm).

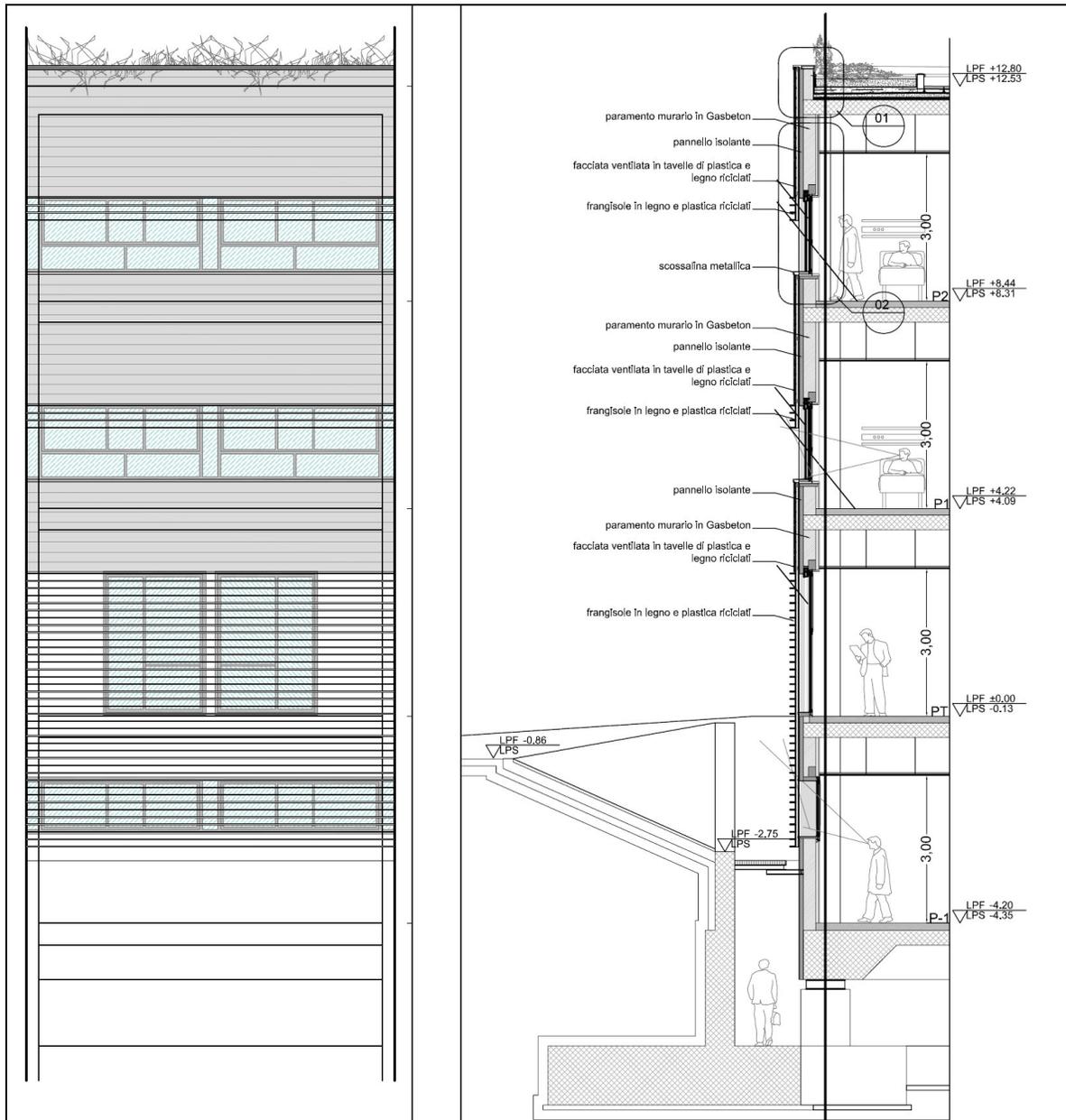


Figura 5.3-4 Sezione facciata ventilata

Attraverso stime teoriche previsionali effettuate con l'ausilio di un software per l'acustica edilizia si ricava che una struttura di questo tipo fornisce un indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$ , applicando il metodo indicato dalla UNI EN ISO 717-1, pari ad almeno **48 dB**, molto simile al valore corrispondente a quello della facciata a cappotto.

Di seguito si riportano le verifiche effettuate sui locali più critici in relazione alla facciata a cappotto; in particolare le valutazioni sono state effettuate per i locali adibiti alla degenza e agli ambulatori medici.

Le valutazioni sono state effettuate considerando l'installazione di diverse tipologie di vetri; i valori di isolamento standardizzato di facciata ( $D_{2m,t,w}$ ) ottenuti con l'ausilio di un modello di simulazione sono riportati in Tabella 5.3-2.

Tabella 5.3-2 Valori calcolati de isolamento standardizzato di facciata

Locale	Tipologia vetro	Isolamento standardizzato di facciata $D_{2m,t,w}$ [dB]	Limite di riferimento normativo $D_{2m,t,w}$ [dB]
Degenza	6-(6-16)-10+ mm ( $R_w=37$ dB)	42,9	
Ipotizzando la situazione più sfavorevole	vetrocamera 6/16/4 con telaio in alluminio ( $R_w=39$ dB) Vetro stratificato 4+4.1a-16 argon-6 ( $R_w=41$ )	44,7 <b>46,3</b>	<b>45,0</b>
Ambulatori	6-(6-16)-10+ mm ( $R_w=37$ )	42,8	
Ipotizzando 50% di sup. vetrata	vetrocamera 6/16/4 con telaio in alluminio ( $R_w=39$ ) Vetro stratificato 4+4.1a-16 argon-6 ( $R_w=41$ )	44,7 <b>46,5</b>	<b>45,0</b>

Anche in questo caso, affinché siano rispettati i livelli previsti dalla normativa vigente, è necessario prevedere l'installazione nei locali adibiti a degenze e negli ambulatori di serramenti con un vetro stratificato (4+4.1a-16 argon-6), in grado di garantire un valore di  $R_w$  pari a 41 dB.

Nella scelta dei serramenti va assicurata una classe di permeabilità all'aria che minimizzi le perdite di potere fonoisolante del sistema "vetro-serramento";

Di particolare importanza è inoltre la modalità con cui i serramenti verranno installati, a tale riguardo si indica di sigillare correttamente i giunti (sia internamente che esternamente) tra telaio e controtelaio, controtelaio e muro mediante accurata posa di silicone o schiume poliuretaniche (eventualmente certificate dal punto di vista acustico).

### **Facciata vetrata**

Alcune facciate della struttura sono esclusivamente vetrate; tale tipologia di facciata caratterizza gli spazi con destinazione d'uso non direttamente collegata alle funzioni ospedaliere. Infatti sono previsti spazi commerciali e ad uso ufficio ed è quindi possibile individuare una struttura capace di garantire un valore di isolamento differente dai 45 dB previsti per le altre tipologie di facciata.

Una soluzione adeguata potrebbe essere quella che prevede una lastra esterna temperata HST dello spessore di 8 con una camera d'aria da 16 mm e una lastra interna stratificata 5mm + 1.5 mm PVB + 5 mm.

Questa tipologia di vetrocamera è caratterizzata da un indice di valutazione del potere fonoisolante  $R_w$  pari a **44 dB**; ipotizzando i contributi della trasmissione laterale pari a -2.0 db

(come indicato nella norma UNI EN 12354-3:2002) il valore  $D_{2m,nt}$  sarà maggiore o uguale a **42,0 dB**

In ogni caso è necessario considerare i seguenti aspetti:

- ai serramenti installati dovrà corrispondere una classe di permeabilità all'aria che minimizza le perdite del potere fonoisolante
- particolare importanza è ricoperta dalla modalità di installazione; a tale riguardo si indica di sigillare correttamente i giunti (sia internamente che esternamente) tra telaio e controtelaio, controtelaio e muro mediante accurata posa di silicone o schiume poliuretatiche (eventualmente certificate dal punto di vista acustico). Inoltre dovranno essere adottati i seguenti accorgimenti: perfetta tenuta all'aria lungo l'intero telaio (adeguate cerniere e guarnizioni per la chiusura), sigillatura delle battute mediante l'uso di profilati in gomma o neoprene compressi nella battuta tra porta e telaio e, a pavimento, realizzazione di una soglia orizzontale o introduzione di feltri o profili in gomma.

### 3.11 Verifica della rumorosità degli impianti negli ambienti interni

Come già citato precedentemente il D.P.C.M. 5 dicembre 1997 prescrive che la rumorosità prodotta dagli impianti tecnologici non superi i seguenti limiti: **35 dB(A) LASmax** per i servizi a funzionamento discontinuo (come ad esempio scarichi, adduzione idrica, ascensori, etc.), **25 dB(A) LAeq** per i servizi a funzionamento continuo (come ad esempio impianti di ventilazione, riscaldamento, condizionamento, etc.). Il livello sonoro deve essere misurato nell'ambiente nel quale il livello di rumore è più elevato e tal ambiente deve essere diverso da quello in cui il rumore si origina.

#### 3.11.1 Impianti funzionamento continuo: ventilazione (aria primaria)

Esclusivamente nel caso in cui tali limiti non siano tecnicamente conseguibili, verranno considerati come limiti di riferimento per la verifica della rumorosità degli impianti di climatizzazione nei confronti degli ambienti serviti dagli stessi, i valori indicati in Tabella 5.4.1-1.

Tabella 5.4.1-1 Livelli di riferimento della UNI 8199 da garantire per tipo di ambiente

Destinazione d'uso	dB(A)
camera di degenza	30
corsie	40
sale operatorie	35
corridoi	40
aree aperte al pubblico	40
servizi	40

In seguito alla conoscenza della tipologia di impianti che verranno utilizzati e dei locali in cui saranno collocati verranno svolti i calcoli necessari per la valutazione dei livelli di emissione presenti nei diversi ambienti e saranno indicati gli eventuali interventi di mitigazione.

La procedura di calcolo previsionale della rumorosità generata dalle UTA e dalle differenti

tipologie di diffusori di mandata e presa d'aria presenti negli ambienti si baserà sui livelli indicati dalla norma UNI 8199:1998 per ogni sorgente di rumore dei sistemi tecnologici.

### 3.11.2 Canali-Silenziatori

L'indagine viene condotta per il lato mandata e ripresa delle UTA più critiche (in base alla potenza e alla distanza dall'ambiente ricevente) con la procedura indicata di seguito, che viene ripetuta per ciascuna frequenza centrale d'ottava compresa tra 63 e 8000 Hz.

A partire dalla potenza sonora del ventilatore si determina la potenza sonora in corrispondenza del diffusore tenendo conto delle attenuazioni dovute a:

- lunghezza dei canali di forma rettangolare o circolare;
- gomiti;
- stacchi o diramazioni;
- riflessione finale.

La potenza sonora del ventilatore in corrispondenza del diffusore viene immessa nell'ambiente chiuso, dando luogo a un campo acustico riverberante e a un campo diretto che, composti secondo le consuete regole, determinano il livello di pressione sonora in corrispondenza dell'utente.

Per garantire il rispetto dei livelli previsti dalla norma UNI 8199 si prevede l'installazione di silenziatori di opportuna lunghezza nei canali principali di ogni singola UTA sia in mandata che in ripresa. La verifica delle prestazioni dei silenziatori verrà svolta in seguito alla conoscenza della tipologia di UTA installati.

### 3.11.3 Diffusori, griglie di mandata e ripresa

Per calcolare il livello di pressione sonora all'interno della stanza in considerazione si parte dalla potenza sonora del diffusore, il cui valore è fornito dalla casa costruttrice.

Il rumore prodotto dal diffusore può raggiungere un ricevitore all'interno di uno spazio chiuso, secondo due modalità di propagazione. La prima è diretta, senza riflessioni, e il livello di pressione sonora dipende dalla distanza sorgente di rumore – ricevitore. L'altro modo di propagazione è indiretto, tramite le superfici della stanza. In questo caso, il livello di pressione sonora dipende dal volume della stanza, dal tempo di riverbero e dal numero di diffusori presenti.

Il livello di pressione sonora diretto e riverberante sono calcolati indipendentemente, mentre il livello di pressione sonora totale è dato da:

$$10 \cdot \log(10^{L1/10} + 10^{L2/10})$$

dove  $L1$  è il livello diretto e  $L2$  è il livello riverberante.

### 3.11.4 Impianti a funzionamento discontinuo

Il progetto edilizio prevede l'installazione di un sistema di **impianti elevatori**, suddiviso in tre tipologie in funzione del loro utilizzo:

- per i visitatori, i pazienti ed il personale;
- per il sistema logistico di trasporto interno al presidio (montacarichi pulito e sporco);
- per le barelle (montalettighe antincendio).

Gli impianti dovranno essere collocati in zone specifiche non a diretto contatto con ambienti sensibili (degenze, uffici e sale operatorie) e posizionati all'interno di vani in cemento armato che garantiscono un elevato isolamento acustico ( $R_w$  pari a circa **60 dB**).

Per quanto riguarda gli **scarichi dei wc** e l'**adduzione idrica**, in particolare in corrispondenza delle camere di degenza, si ritiene che le soluzioni proposte siano idonee a contenere la rumorosità verso gli ambienti sensibili adiacenti. Misure condotte su altri ospedali lombardi di nuova realizzazione, che contemplavano soluzioni identiche a queste, hanno prodotto risultati ampiamente al di sotto del limite normativo.

A fronte di queste osservazioni si può affermare che il livello limite  $L_{Asmax}$  pari a **35 dB(A)**, previsto per gli ambienti in prossimità degli impianti tecnici di servizio a funzionamento discontinuo nei quali il livello di rumore è più elevato, sarà ampiamente rispettato.

- tra il massetto, la base dei profili metallici di sostegno delle lastre in cartongesso e al di sotto delle lastre stesse devono essere inserite fasce di materiale resiliente desolarizzante con lo scopo di ridurre la trasmissione di rumore (in particolare basse frequenze) e vibrazioni, attraverso strutture solide connesse;
- nei giunti verticali tra lastre - murature - pilastri andrà inserito del materiale resiliente.
- dovranno essere studiati opportuni interventi di fonoisolamento dei cavedi al fine di evitare la trasmissione all'interno dei vari ambienti sia del rumore prodotto dal passaggio dei fluidi nelle condutture, sia del rumore antropico tra locali sovrapposti.

### 3.12 Controllo della riverberazione nei locali affollati

I materiali con cui vengono realizzate le strutture di un qualunque ambiente ne determinano in particolare il tempo di riverberazione (T). Questo parametro indica la permanenza del suono nell'ambiente dopo la sua interruzione. Al valore del tempo di riverberazione è legata la possibilità, per gli ampi spazi comuni, di un buon comfort acustico (livelli contenuti del rumore di fondo anche in presenza di numerosi avventori) e, ad esempio per alcuni ambienti più piccoli, di una buona intelligibilità del parlato (ottima comprensione dei dialoghi tra le persone).

Nel primo caso (ampi spazi comuni) rientrano tutte le aree ospedaliere in cui è prevista la permanenza di un numero elevato di utenti contemporaneamente come le zone d'attesa e di accettazione, i centri di prenotazione visite, etc. Nel secondo caso (ambienti più piccoli con destinazione d'uso particolari) quei locali particolarmente sensibili in cui deve essere assicurata la quiete.

Per l'ottimizzazione della qualità acustica all'interno dei diversi ambienti ospedalieri, ricopre dunque particolare importanza la scelta del controsoffitto.

Per la scelta del materiale più adatto per realizzare un controsoffitto fonoassorbente concorrono diversi fattori, quali:

- le caratteristiche geometriche dell'ambiente (forma e volume);
- le caratteristiche di assorbimento acustico degli elementi costruttivi (vetrate, pareti, pavimenti, arredi, etc.);
- le destinazione funzionale degli ambienti (accettazioni, sale d'attesa, etc.).

In particolare per l'opera edilizia in oggetto si è scelto di introdurre per alcune zone molto affollate dei controsoffitti; le tipologie previste sono riportate nella Tabella 5.5-1.

Tabella 5.5-1 Tipologia di controsoffitti previsti per il progetto

Pacchetto	Tipologia di controsoffitto	Caratteristiche generali	Principale ubicazione
S1	Pannelli di gesso con fasce perimetrali in cartongesso sigillato e tinteggiato	Controsoffitto in pannelli modulari, costituiti da supporto in gesso con superficie a vista perfettamente lisce e rivestite da vernice a base di resine acriliche, con fascia di compensazione perimetrale in lastre di cartongesso.	C.U.P. (centro prenotazione e ritiro esami), spazio commerciale, ingresso reparto, ambulatori vari, area operativa e di coordinamento 118, camere di degenza
S2	Lastre di cartongesso sigillato e tinteggiato	Controsoffitto costituito dall'assemblaggio di lastre di gesso rivestito fissata su profili in lamiera zincata	Front office, zone d'attesa, locale culto, sale riunioni
S3	Doghe autoportanti di lamiera di acciaio preverniciato con fascia perimetrale di compensazione in lastre di cartongesso.	Controsoffitto costituito da doghe in lamiera di acciaio preverniciato di spessore non inferiore a 0,6 mm.	Servizi igienici, sbarco ascensori
S4	Lastre di cartongesso idrorepellente sigillato e tinteggiato		Ambienti umidi
S5	Lastre di cartongesso calcio silicato sigillato, rasato e tinteggiato	Controsoffitto costituito dall'assemblaggio di lastra di calciosilicato costituita da silicati e solfati di calcio, esenti da amianto prodotte per laminazione con controllo dell'essiccazione in stabilimento fissata su profili in lamiera zincata	
S6	Lastre di lamiera sigillato e preverniciato	Controsoffitto in pannelli di metallo fissati in direzione longitudinale tramite guide in acciaio zincato stabili ed autoportanti che assicurano la chiusura ermetica tra di es	

OSPEDALE DELLA SIBARITIDE - CORIGLIANO CALABRO (CS)  
RELAZIONE ACUSTICA

---

S7	Modulare a tenuta	Controsoffitto con pannelli a quadrotti in acciaio verniciato	Sala Operatoria
S8	Fibre minerali rivestite	Controsoffitto in conglomerato di fibre minerali con composti organici a debole bio-persistenza Il pannello sarà rivestito da una speciale verniciatura antimicrobica	Area osservazione temporanea gestione emergenze, preparazione pazienti
S9	Quadrotte in acciaio microperforato	Controsoffitto un quadrotte in acciaio micro perforato (con frazione riciclata), per funzioni d'assorbimento acustico	Sala conferenze, e suoi locali di supporto, sale d'attesa ambulatori,
S10	Soffitto verniciato		

---

## CONCLUSIONI

Oggetto della presente relazione è stata la valutazione della compatibilità ambientale, dal punto di vista acustico, dell'area destinata alla realizzazione dell'Ospedale della Sibaritide a Corigliano Calabro (CS).

Analogamente alla fase di progettazione preliminare, si è confermata, in questa sede di progettazione definitiva, la valutazione di compatibilità ambientale sulla base della valutazione previsionale di clima acustico come richiesto dall'articolo 8, comma 3 della Legge Quadro 447 del 26.10.1995.

Per la verifica della compatibilità ambientale, dal punto di vista acustico, delle funzioni che si insedieranno nell'area dell'Ospedale della Sibaritide sono state considerate le emissioni rumorose connesse alle infrastrutture stradali e ferroviarie che interessano il territorio oggetto di studio. Le valutazioni, effettuate con l'ausilio di un modello di simulazione acustica, sono riferite a 2 scenari che tengono conto dello stato di fatto (*Scenario 0*), dello stato di progetto (*Scenario 1*).

I valori di rumore stimati cui saranno sottoposte le aree di interesse sono stati confrontati con quelli richiesti dalle normative vigenti per il periodo di riferimento diurno (06:00 - 22:00) e per quello notturno (22:00 - 06:00). Dall'analisi dei risultati sono emerse delle criticità, limitatamente al periodo di riferimento diurno, connesse principalmente al traffico veicolare circolante lungo la SP 197 e lungo la via d'accesso all'ospedale. Le criticità riguardano sia il clima acustico previsto in corrispondenza dell'area ospedaliera, sia l'impatto acustico prodotto nei confronti di un recettore residenziale limitrofo all'area di intervento.

Per risolvere le criticità previste, non essendo tecnicamente possibile ed economicamente ragionevole intervenire direttamente sulla sorgente e lungo la via di propagazione, è stata contemplata la possibilità di intervenire sui requisiti acustici passivi degli edifici (secondo il D.P.R. n. 142/04).

Lo studio, inoltre, ha preso in considerazione le prestazioni acustiche degli elementi architettonici verificandone la compatibilità con i requisiti acustici passivi previsti dalla normativa nazionale (in particolare dal D.P.C.M. 5 dicembre 1997).

Oltre agli aspetti legati alla rumorosità degli impianti (idrico-sanitario, di ventilazione, ascensori, etc.), sono stati presi in esame quelli relativi all'isolamento delle strutture edilizie e alla rumorosità interna degli ambienti. A questo scopo, sono stati introdotti sistemi performanti:

- tamponamenti di facciata e serramenti;
- pacchetti orizzontali intermedi;
- partizioni interne verticali (tra camere di degenza, reparti, etc.);
- serramenti interni (porte di accesso alle camere di degenza e a soggiorni/sale comuni delle degenze, di ingresso ai reparti, degli studi medici e degli ambulatori);
- controsoffitti fonoassorbenti per i locali affollati (attese, sale riunioni, mensa, etc.).

Per la realizzazione della struttura si è dunque provveduto a considerare i materiali che possano garantire il massimo comfort e isolamento acustico per gli ambienti interni.

La scelta e la disposizione dei locali tecnici e dei singoli impianti, l'adozione dei sistemi di mitigazione indicati e le scelte tecnologiche previste consentono di ottemperare alle prescrizioni della normativa di riferimento

Si rimanda alla corretta posa in opera, al controllo dei lavori ed alla rispondenza rispetto ai sistemi costruttivi prescritti, per il conseguimento dei valori prestazionali previsti in fase progettuale. I risultati ottenuti fanno riferimento esclusivamente alle specifiche condizioni dichiarate e certificano la qualità dell'isolamento acustico esclusivamente a livello progettuale, mediante calcoli e stime previsionali effettuati con l'ausilio di software previsionali per l'acustica edilizia.

**Si confermano e si richiamano gli allegati prodotti in sede di progettazione preliminare, rimandando eventuali maggiori approfondimenti alla fase della progettazione esecutiva.**

IL TECNICO  
Ing. Daniele Bisignani