

COMUNE DI FORLÌ
Area Pianificazione e Sviluppo del Territorio
Servizio Pianificazione e Programmazione del Territorio

Unità Pianificazione Ambientale
Unità Pianificazione Mobilità

TITOLO DELL'OPERA:

**PIANO GENERALE DI RISANAMENTO ACUSTICO
II° FASE**

OGGETTO:

**PIANO PARTICOLAREGGIATO SUGLI INTERVENTI DI RISANAMENTO
DELLE STRUTTURE SCOLASTICHE MAGGIORMENTE CRITICHE
A CAUSA DEL TRAFFICO URBANO (I° FASE ATTUATIVA)**

COMPONENTE:

INTERVENTI DI RISANAMENTO-PRIMA FASE ATTUATIVA

PROGETTISTI:

Dott.ssa Francesca Bacchiocchi

Funzionario Responsabile

Unità Pianificazione Ambientale

Ing. Claudio Maltoni

Funzionario Responsabile

Unità Pianificazione Mobilità

Geom. Elena Balzani

Collaboratrice

Unità Pianificazione Ambientale

Geom. Spazzoli Stefano

Collaboratore

Unità Pianificazione Mobilità

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

Dott.ssa Francesca Bacchiocchi

Funzionario Responsabile

Unità Pianificazione Ambientale

IL DIRETTORE D'AREA:

Arch. Massimo Valdinoci

DIRIGENTE DI SERVIZIO:

Dott. Ercole Canestrini

DATA: maggio 2009

FILE RILIEVO:

FILE TAVOLA:

PIANI PARTICOLAREGGIATI – PRIMA FASE ATTUATIVA

1. INTRODUZIONE METODOLOGICA

Lo studio per la progettazione dei piani particolareggiati relativamente agli edifici scolastici sotto elencati:

- Scuola media ZANGHERI
- Scuola materna RONCO
- Scuola materna FOLLETO

è stato condotto sulla base delle misure di rumore (svolte da ARPA) ed utilizzando un modello di simulazione acustica.

L'analisi del clima acustico attuale è stata realizzata tramite una serie di rilievi acustici strumentali integrati traffico-rumore, eseguiti ad hoc da ARPA sezione provinciale di Forlì-Cesena su una serie di postazioni definite in collaborazione con AIRIS volti a caratterizzare il clima acustico presente nell'intorno del ricettore oggetto di studio ed utili alla taratura del modello di simulazione acustica.

Per tali le scuole, sono dunque stati elaborati degli approfondimenti costituiti da uno specifico studio acustico, che ha visto una serie di simulazioni mediante modello matematico dei livelli acustici attesi in corrispondenza del ricettore, in maniera tale da consentire un'analisi di maggior dettaglio finalizzata alla verifica di compatibilità acustica.

Per le verifiche acustiche conseguite tramite modello matematico è stato utilizzato il modello previsionale di calcolo LIMA. Il programma consente di costruire gli scenari acustici di riferimento rendendo così confrontabili i livelli sonori calcolati con i limiti di zona relativi ai periodi di riferimento diurno e notturno.

Il programma, sviluppato in Germania da Stapelfeldt Ingenieurgesellschaft di Dortmund, consente di costruire gli scenari acustici di riferimento rendendo così confrontabili i livelli sonori rilevati sul campo con i limiti di zona relativi ai periodi di riferimento diurno e notturno.

LIMA è un programma per il calcolo della propagazione del rumore in ambiente esterno adatto a valutare la distribuzione sonora su aree a larga scala. Il modello utilizza i metodi di calcolo suggeriti dalla normativa tedesca in materia acustica, per quanto riguarda il calcolo dell'emissione sonora proveniente da diversi tipi di sorgenti. Le sorgenti considerate sono di tipo puntiforme, lineare ed areale, il modello è quindi in grado di valutare la propagazione sonora dovuta a traffico veicolare e ferroviario, sorgenti industriali, aree sportive, nonché rumore aeroportuale.

Il modello si basa su una descrizione geometrica del sito secondo coordinate cartesiane ed una descrizione dei dati relativi alle informazioni sull'intensità acustica delle sorgenti (come ad esempio volumi di traffico, velocità di marcia ecc. nel caso di traffico veicolare).

L'algoritmo di calcolo utilizzato per la descrizione della propagazione del rumore si basa sul metodo delle proiezioni, secondo il quale le sorgenti vengono automaticamente suddivise in modo tale che un nuovo segmento inizi quando un ostacolo inizia o finisce di penetrare il piano contenente la sorgente e il ricettore.

Le sorgenti areali sono rappresentate come un insieme di sorgenti lineari, il che permette a LIMA di utilizzare ancora una volta il metodo delle proiezioni.

Il calcolo della diffrazione laterale viene affrontato ricercando il percorso più breve su una serie di piani di sezione. Il modello considera anche l'effetto combinato di più ostacoli.

Gli ostacoli possono essere di vario tipo: oltre ad edifici, muri, terrapieni, il modello considera l'attenuazione sonora dovuta a fasce boschive e prevede inoltre il dimensionamento automatico di barriere acustiche.

Il modello tridimensionale del territorio nello stato di fatto per le aree critiche, nonché i flussi di traffico da utilizzare nelle simulazioni acustiche sono stati forniti dal Comune di Forlì in collaborazione con Arpa sezione di Forlì.

Occorre comunque osservare che le opere di mitigazione proposte per tutte le aree critiche, costituiscono una delle ipotesi di intervento finalizzate alla riduzione dei livelli acustici presenti nell'area oggetto di studio. Tuttavia per tutte le scuole appare opportuno in primo luogo verificare l'effettiva esposizione delle aule alle sorgenti acustiche principali ed eventualmente valutare opportuni accorgimenti a livello di distribuzione delle aule all'interno degli edifici, al fine di ottimizzare gli spazi e in modo da evitare l'esposizione degli alunni alle porzioni di edificio che maggiormente risentono degli effetti delle sorgenti di inquinamento acustico.

SCUOLA MATERNA “FOLLETTO”

IDENTIFICAZIONE

Nome:

**Scuola materna Folletto
Scuola primaria Focaccia**

Indirizzo:

**V.le dell'Appenino
Località S. Martino in Strada**

n.civ.

496

note

Scuola



SITUAZIONE ACUSTICA

Fonte di rumore:

Rumore stradale

Limite di zona

Diurno 50 – notturno 40

Livello misurato dB(A):

63.1

Topologia

Una sorgente di rumore ed edificio prospiciente ad essa

STUDIO ACUSTICO

I rilievi effettuati da ARPA sulle facciate dell'edificio esposte sulla via Olivieri e viale dell'Appennino, mostrano che, limitatamente al periodo di osservazione presso la postazione, è stato superato il valore limite della classe I per il periodo diurno (50 dBA).

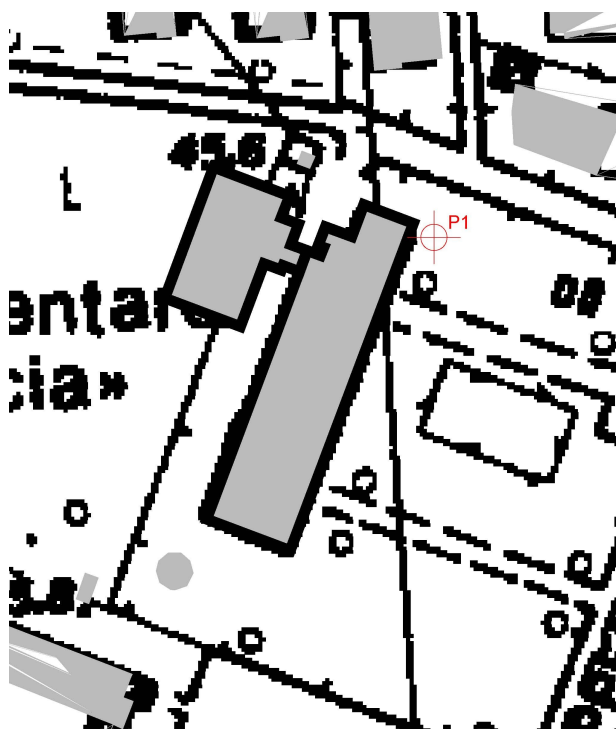
Pertanto, è stato realizzato uno studio acustico al fine di determinare in modo specifico il clima acustico nell'area oggetto di studio.

Per la definizione dello scenario di riferimento, si è inizialmente proceduto ad una caratterizzazione acustica dell'ambito di analisi mediante l'indagine acustica strumentale svolta da ARPA. In seguito, tramite modello matematico, sono stati simulati i livelli sonori.

Il software utilizzato per le verifiche previsionali è il modello di calcolo LIMA¹.

Le analisi acustiche strumentali sono state eseguite da ARPA sezione provinciale di Forlì – Cesena, nella giornata di mercoledì 18 marzo 2009. Le misure sono state effettuate in un giorno ferialo, in modo da poter considerare i dati medi nell'ambito della settimana. La localizzazione della postazione di rilievo fonometrico è stata effettuata con la finalità di conseguire una dettagliata caratterizzazione del clima acustico attuale dell'ambito territoriale oggetto di studio. In Figura 1 sono riportate le postazioni di rilievo.

Fig. 1 - Posizioni planimetriche delle postazioni di rilievo



Nella Tabella seguente sono state riassunte le informazioni generali relative alla campagna di rilievo fonometrico.

¹ Il modello attualmente è utilizzato a livello europeo presso numerosi dipartimenti regionali per la difesa dell'Ambiente (Baviera, del Baden-Württemberg, del Brandeburgo, dell'Assia, ecc..) e municipalità per la previsione ed il controllo dell'inquinamento acustico (Berlino, Bonn, Francoforte, Amburgo, Colonia, Birmingham, Linz, ecc...).

Tab. 1 - Risultati campagna di rilievo fonometrico eseguita da ARPA

Post. Mis.	Tipologia dato	h fono. sul p.c	Ora di inizio	Tempo trascorso	LAFMax dB(A)	LAFMin dB(A)	LAF10 dB(A)	LAF50 dB(A)	LAF95 dB(A)	LAeq dB(A)
Misura breve 2238	Folletto (contemporaneo a conteggio veicolare)	4 m	18/03/2009 9.00	0.15.00	83.8	50.2	63.8	58.5	53.9	63.1

E' stato inoltre effettuato il conteggio dei transiti veicolari lungo una sezione di viale dell'Appennino, nella giornata di martedì 10 febbraio, durante un intervallo assimilabile a quello del rilievo fonometrico. In questo modo è stato possibile determinare la specifica correlazione traffico - rumore, i flussi veicolari a questo scopo sono stati suddivisi nelle due tipologie: leggeri e pesanti. I dati così ottenuti sono stati utilizzati, insieme ai dati acustici rilevati, come valori di input per la taratura del modello di calcolo previsionale del rumore LIMA.

Si riporta di seguito la tabella con i valori di taratura del modello dell'area.

Tab. 2 - Taratura del modello di simulazione

Postazione	Misura	Livelli rilevati	Livelli calcolati	differenza
Postazione 1	Breve	63.1	62.7	-0.5

La tabella precedente mostra, in generale, una buona approssimazione dei rilievi da parte del modello di simulazione: il dato calcolato si discosta da quello misurato di soli 0,5 dBA.

La quantificazione del rumore presente nell'area di intervento è stata condotta assumendo quali sorgenti i flussi di traffico stradale circolanti sulla viabilità dell'area (via Olivieri e viale dell'Appennino).

L'obiettivo finale del presente studio è stato pertanto la valutazione del disturbo sonoro di origine stradale sul comparto in esame.

I risultati delle simulazioni effettuate sono poi stati confrontati con i valori limite previsti dalla normativa in materia (classe I).

In una prima fase dello studio acustico è stata effettuata un'analisi puntuale, attraverso il modello di simulazione acustica appositamente predisposto, tesa ad evidenziare i livelli acustici prevedibili in corrispondenza dei ricettori disposti planimetricamente ed altimetricamente in funzione della verifica acustica delle facciate dell'edificio più esposte alle ricadute acustiche indotte dalle sorgenti presenti nell'area ed in particolare in corrispondenza delle finestre delle aule. L'analisi puntuale consente di valutare con sufficiente precisione le condizioni acustiche prevedibili nei ricettori maggiormente significativi, ai fini delle verifiche di compatibilità con i limiti di norma, e successivamente consente un confronto diretto con i risultati ottenuti nell'ipotesi di prevedere misure di mitigazione.

Nella Figura seguente sono state evidenziate le posizioni planimetriche di suddetti ricettori.

Fig. 2 - Posizioni planimetriche dei ricettori

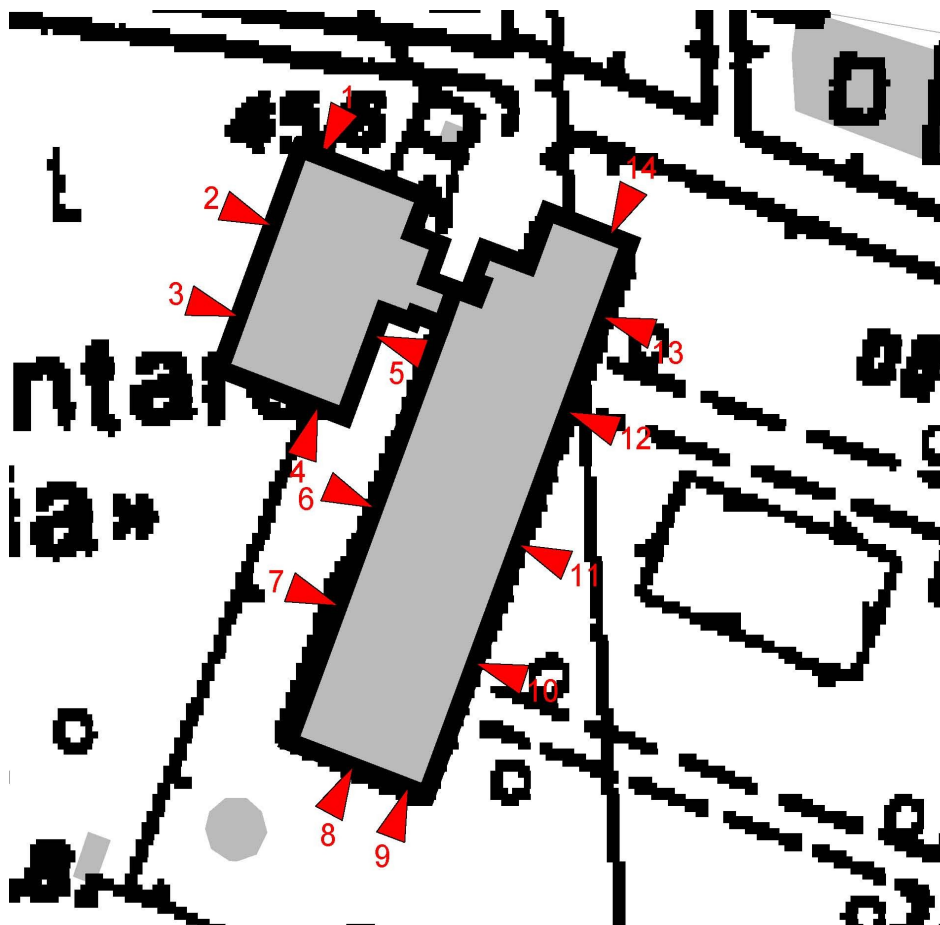
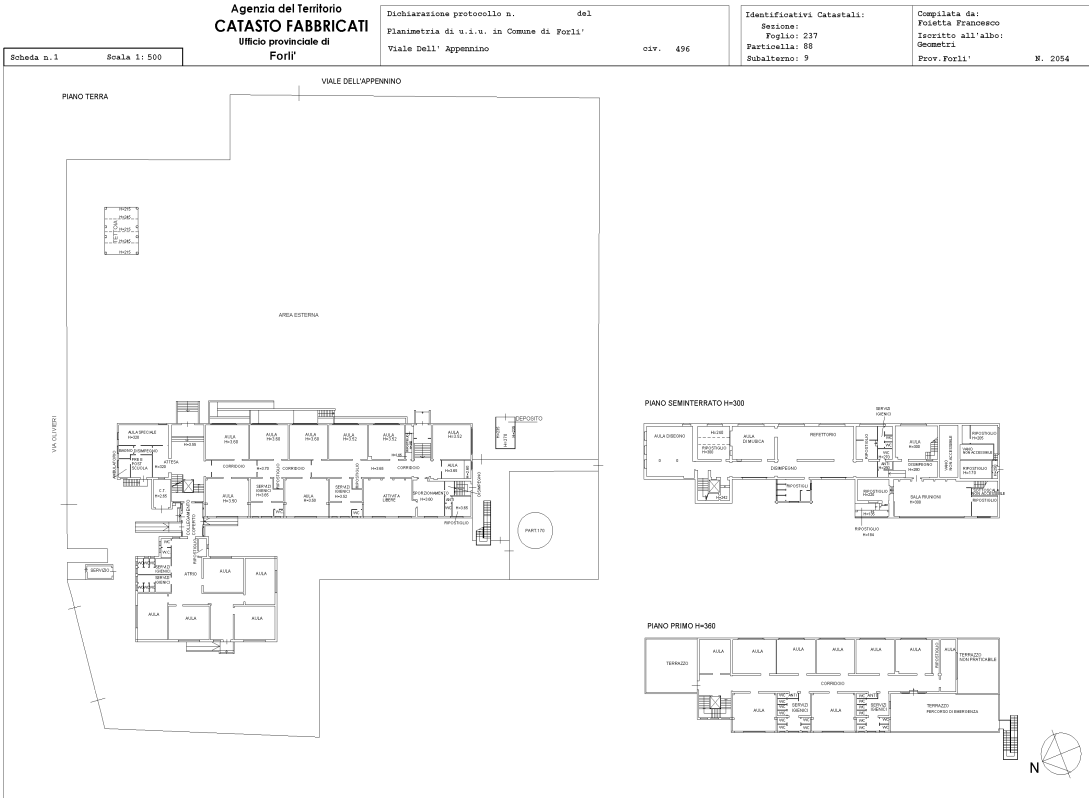


Fig. 3 - Planimetria con individuazione aule



Per le simulazioni, la velocità di percorrenza nel tratto di pertinenza di viale dell’Appennino è stata considerata pari a 65 Km/h (veicoli leggeri) e 55 Km/h (veicoli pesanti), mentre per la via Olivieri, sono state considerate velocità pari a 50 Km/h (veicoli leggeri) e 40 Km/h (veicoli pesanti).

Nella tabella seguente vengono riportati i risultati delle valutazioni puntuali sui ricettori considerati per quanto riguarda il rumore stradale.

Tab. 3 - Livelli acustici calcolati sui ricettori

Ricettore	Piani	Limiti I classe	Livelli calcolati
		LeqD	LeqD
1	P.T.	50	54.9
2	P.T.	50	47.5
3	P.T.	50	47.5
4	P.T.	50	45.7
5	P.T.	50	46.4
6	P.T.	50	44.1
6	P.1	50	48.0
7	P.T.	50	45.7
7	P.1	50	48.4
8	P.T.	50	57.2
8	P.1	50	57.9
9	P.T.	50	57.6
9	P.1	50	58.5
10	P.T.	50	60.8
10	P.1	50	61.6
11	P.T.	50	60.8

Ricettore	Piani	Limiti I classe	Livelli calcolati
		LeqD	LeqD
11	P.1	50	61.6
12	P.T.	50	60.6
12	P.1	50	61.4
13	P.T.	50	60.7
13	P.1	50	61.5
14	P.T.	50	58.5
14	P.1	50	59.2

*le celle evidenziate in grigio identificano valori superiori al limite

Dalla tabella appare evidente il mancato rispetto dei limiti di I classe, pari a 50 dBA per il periodo diurno, soprattutto in corrispondenza dei ricettori che si affacciano su viale dell'Appennino, caratterizzato da elevati volumi di traffico.

Al fine di ottenere un abbassamento dei livelli acustici tale da rientrare nei limiti normativi, è stato ipotizzato l'utilizzo di **asfalto fonoassorbente e la realizzazione di un sistema di difesa passivo.**

E' stata quindi prevista la costruzione di una **duna** antistante viale dell'Appennino, di lunghezza pari a circa 75 m. e altezza 3.5 m con pendenza maggiore dal lato strada in maniera da aumentarne l'efficacia.

I risultati delle valutazioni puntuali in presenza delle mitigazioni ora descritte (asfalto fonoassorbente e duna), sono stati riportati in Tabella 4.

Tab. 4 - *Livelli acustici in presenza di duna e asfalto fonoassorbente*

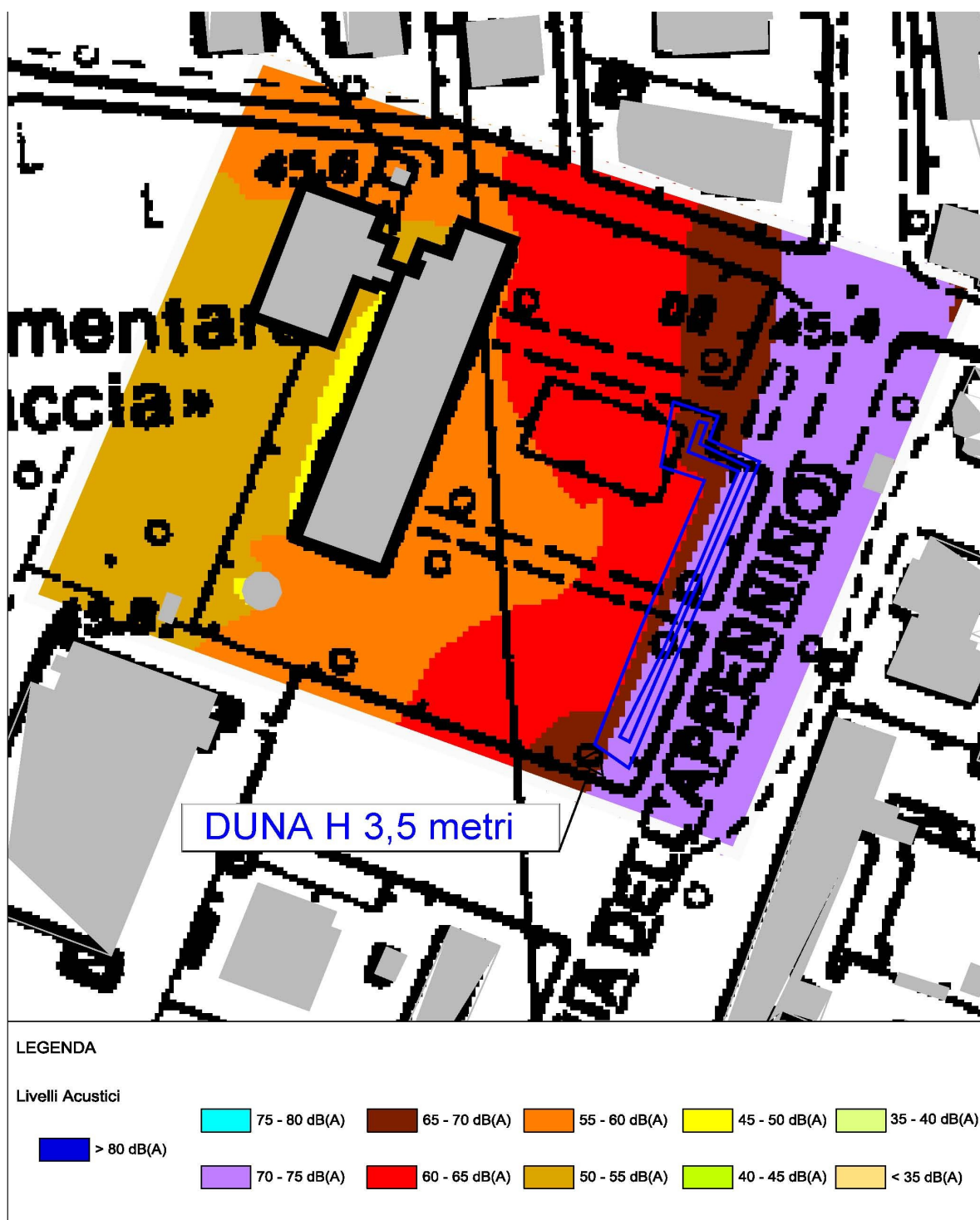
Ricettore	Piani	Limiti I classe	Livelli calcolati	Livelli calcolati	Livelli calcolati
		LeqD	LeqD con duna	LeqD con asfalto	LeqD con entrambi
1	P.T.	50	54.7	54.3	54.1
2	P.T.	50	47.4	47.1	47.1
3	P.T.	50	47.4	47.1	47.1
4	P.T.	50	45.6	44.6	44.5
5	P.T.	50	46.4	45.5	45.5
6	P.T.	50	44.1	43.7	43.7
6	P.1	50	48.0	47.4	47.4
7	P.T.	50	45.7	45.2	45.2
7	P.1	50	48.4	47.8	47.8
8	P.T.	50	55.3	55.7	53.9
8	P.1	50	56.4	56.5	55.0
9	P.T.	50	55.9	56.2	54.5
9	P.1	50	57.1	57.0	55.7
10	P.T.	50	57.7	59.4	56.3
10	P.1	50	59.0	60.1	57.6
11	P.T.	50	57.8	59.4	56.4
11	P.1	50	59.2	60.2	57.8
12	P.T.	50	58.2	59.2	56.8
12	P.1	50	59.5	60.0	58.1
13	P.T.	50	58.6	59.3	57.3
13	P.1	50	59.9	60.1	58.6
14	P.T.	50	58.0	57.5	57.1
14	P.1	50	58.9	58.2	57.9

I valori evidenziano un superamento dei limiti normativi anche nel caso vengano utilizzati entrambi i sistemi di mitigazione, in particolare in corrispondenza dei piani più elevati dei ricettori che si affacciano su viale dell'Appennino.

Per una migliore comprensione della situazione acustica, oltre ai livelli acustici sui ricettori puntuali, è stata effettuata tramite il modello previsionale una simulazione che ha prodotto una mappa acustica orizzontale, rappresentativa dei livelli sonori su ipotetici piani paralleli all'andamento del terreno relativamente al periodo diurno. Tale mappa è stata calcolata ad una altezza pari a 4 metri, considerando tutte le sorgenti sonore, in presenza della duna e della posa di asfalto fonoassorbente.

La mappa prodotta (Figura 3), consente inoltre un'immediata verifica del livello di pressione sonora su tutta l'area interessata dall'edificio e mostra bene l'influenza specifica delle diverse sorgenti e l'effetto della mitigazione prevista, come anche i fenomeni di riflessione dovuti alla presenza degli edifici che comportano un innalzamento dei valori proprio nella zona antistante gli edifici stessi.

Fig. 4 - Mappa acustica 4 m. sul p.c in presenza di duna e asfalto fonoassorbente



INTERVENTO DI RISANAMENTO

Il rilievo effettuato mostra che, limitatamente al periodo di osservazione presso la postazione, è stato superato il valore limite della classe I per il periodo diurno (50 dBA). Pertanto, il risanamento acustico della scuola deve produrre sulla facciata maggiormente esposta dell'edificio una riduzione del rumore di circa 13 dB(A). Il risanamento specifico della scuola dovrà essere demandato in via prioritaria alla **realizzazione di un sistema di difesa passivo sul fronte antistante viale dell'Appennino**. Il sistema potrà consistere in uno schermo (terrapieno) le cui dimensioni si estenderanno per tutto il fronte del lotto, mentre l'altezza dovrà essere dimensionata in funzione della collocazione dei ricettori (finestre delle aule) che si vogliono proteggere ai piani più alti dell'edificio. In particolare, è stata ipotizzata una duna di altezza pari a 3.5 m e lunghezza di circa 75 m. I valori ottenuti tramite il modello di simulazione (Tab. 4), tuttavia evidenziano come tale tipologia di mitigazione non risulti sufficiente affinché vengano rispettati i limiti di una classe I acustica, corrispondenti a 50 dB(A) nel periodo diurno. E' stato quindi ipotizzato **l'utilizzo congiunto di asfalto fonoassorbente** nel tratto di viale dell'Appennino prospiciente la scuola Folletto. Dai risultati ottenuti è evidente un calo significativo dei livelli acustici calcolati in corrispondenza dei recettori.

Tali sistemi non sono però sufficienti a riportare i livelli acustici entro i limiti di norma. In aggiunta, si rende quindi necessario l'uso di infissi sulla facciata lungo viale dell'Appennino e delle facciate laterali, in presenza di aule dove si svolge attività scolastica che necessita di quiete, al fine di garantire 45 dB(A) Leq diurno (valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri sul pavimento). Si dovrà inoltre prevedere la climatizzazione degli ambienti corrispondenti.

SCUOLA MATERNA “RONCO”**IDENTIFICAZIONE**

Nome:

Scuola materna Ronco

Indirizzo:

Viale Roma

n.civ.

223

note

Scuola

Fonte di rumore:

Rumore stradale

Limite di zona in dB(A):

Diurno 50 – notturno 40

Livello misurato dB(A):

64.1 64.5

Livello calcolato dB(A):

65 – 70

Livello di criticità:

Alto

Topologia:

Due sorgenti di rumore ed edificio prospiciente ad esse

STUDIO ACUSTICO

I rilievi effettuati da ARPA sulla facciata dell'edificio esposta su viale Roma mostrano che, limitatamente al periodo di osservazione presso la postazione, è stato superato il valore limite della classe I per il periodo diurno (50 dBA).

Pertanto, è stato realizzato uno studio acustico al fine di determinare in modo specifico il clima acustico nell'area oggetto di studio.

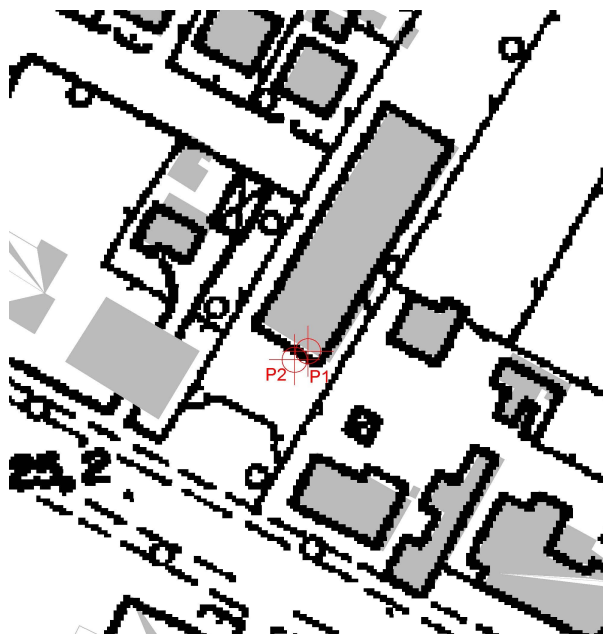
Per la definizione dello scenario di riferimento, si è inizialmente proceduto ad una caratterizzazione acustica dell'ambito di analisi mediante l'indagine acustica strumentale svolta da ARPA. In seguito, tramite modello matematico, sono stati simulati i livelli sonori.

Il software utilizzato per le verifiche previsionali è il **modello di calcolo LIMA**².

Le analisi acustiche strumentali sono state eseguite da ARPA sezione provinciale di Forlì – Cesena, tra le giornate di giovedì 29 e venerdì 30 gennaio 2009. Le misure sono state effettuate in giorni feriali, in modo da poter considerare i dati medi nell'ambito della settimana. La localizzazione delle postazioni di rilievo fonometrico è stata effettuata con la finalità di conseguire una dettagliata caratterizzazione del clima acustico attuale dell'ambito territoriale oggetto di studio.

In Figura 1 sono riportate le postazioni di rilievo.

Fig. 1 - Posizioni planimetriche delle postazioni di rilievo



² Il modello attualmente è utilizzato a livello europeo presso numerosi dipartimenti regionali per la difesa dell'Ambiente (Baviera, del Baden-Württemberg, del Brandeburgo, dell'Assia, ecc..) e municipalità per la previsione ed il controllo dell'inquinamento acustico (Berlino, Bonn, Francoforte, Amburgo, Colonia, Birmingham, Linz, ecc...).

Nella Tabella seguente sono state riassunte le informazioni generali relative alla campagna di rilievo fonometrico.

Tab. 1 - Risultati campagna di rilievo fonometrico eseguita da ARPA

Post. Mis.	Tipologia dato	h fono. sul p.c	Ora di inizio	Tempo trascorso	LAFMax dB(A)	LAFMin dB(A)	LAF10 dB(A)	LAF50 dB(A)	LAF95 dB(A)	LAeq dB(A)
Misura lunga 2238	TRD Ronco	5,8 m	29/01/2009 06:00:00	16:00:00	94,2	39,5	65,5	64,4	62,1	64.5
Misura lunga 2238	TRD Ronco	4 m	30/01/2009 06:00:00	16:00:00	92,3	38,8	65,3	64,2	61,8	64,1
Misura breve 2260	Ronco	4 m	29/01/2009 12.30	4.15.00	89.6	41.3	66.2	62.0	51.8	63.3
Misura breve 2238	Ronco (contemporaneo a conteggio veicolare)	5,8 m	30/01/2009 12.00	0.15.00	77.2	44.9	64.9	64.5	64.1	64.0

Simultaneamente ai rilievi fonometrici è stato effettuato il conteggio dei transiti veicolari lungo una sezione di viale Roma. In questo modo è stato possibile determinare la specifica correlazione traffico - rumore, i flussi veicolari a questo scopo sono stati suddivisi nelle due tipologie: leggeri e pesanti. I dati così ottenuti sono stati utilizzati come valori di input per la taratura del modello di calcolo previsionale del rumore.

Si riporta di seguito la tabella con i valori di taratura del modello dell'area. Si specifica che, per la postazione 1, sono stati utilizzati i livelli acustici estrapolati dal Profilo Temporale, relativi ai periodi contemporanei ai rilievi di traffico veicolare su viale Roma.

Tab. 2 - Taratura del modello di simulazione

Postazione	Misura	Livelli rilevati	Livelli calcolati	differenza
Postazione 1	Breve	64.0	63.6	-0.4
Postazione 2	Breve	63.3	62.8	-0.5

La tabella precedente mostra, in generale, una buona approssimazione dei rilievi da parte del modello di simulazione: i dati calcolati non si discostano mai da quelli misurati di valori superiori a 0,5 dBA.

Si sottolinea che durante la campagna di rilievi fonometrici è stata rilevata, su viale Roma, la presenza di manto stradale sconnesso che potrebbe aver provocato un rilevante aumento dei livelli acustici: ai fini di una corretta taratura del modello sono perciò state introdotte delle correzioni che tengono conto di tale innalzamento.

La quantificazione del rumore presente nell'area di intervento è stata condotta assumendo quali sorgenti i flussi di traffico stradale circolanti sulla viabilità dell'area (viale Roma).

L'obiettivo finale del presente studio è stato pertanto la valutazione del disturbo sonoro di origine stradale sul comparto in esame.

I risultati delle simulazioni effettuate sono poi stati confrontati con i valori limite previsti dalla normativa in materia (classe I).

In una prima fase dello studio acustico è stata effettuata un'analisi puntuale, attraverso il modello di simulazione acustica appositamente predisposto, tesa ad evidenziare i livelli acustici prevedibili in corrispondenza dei ricettori disposti planimetricamente ed altimetricamente in funzione della verifica acustica delle facciate dell'edificio più esposte alle ricadute acustiche indotte dalle sorgenti presenti nell'area ed in particolare in corrispondenza delle finestre delle aule.

L'analisi puntuale consente di valutare con sufficiente precisione le condizioni acustiche prevedibili nei ricettori maggiormente significativi, ai fini delle verifiche di compatibilità con i limiti di norma, e successivamente

consente un confronto diretto con i risultati ottenuti nell'ipotesi di prevedere misure di mitigazione.

Nella figura seguente sono state evidenziate le posizioni planimetriche di suddetti ricettori.

Fig. 2 - Individuazione dei ricettori sensibili

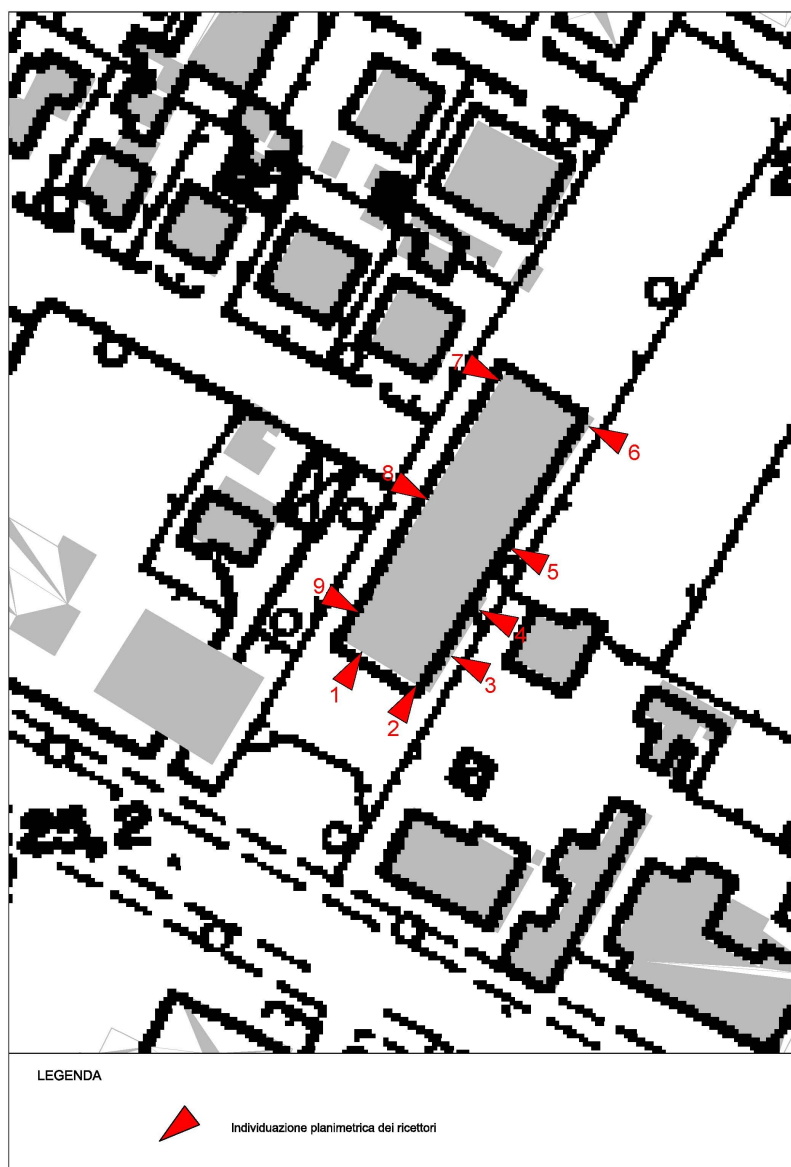
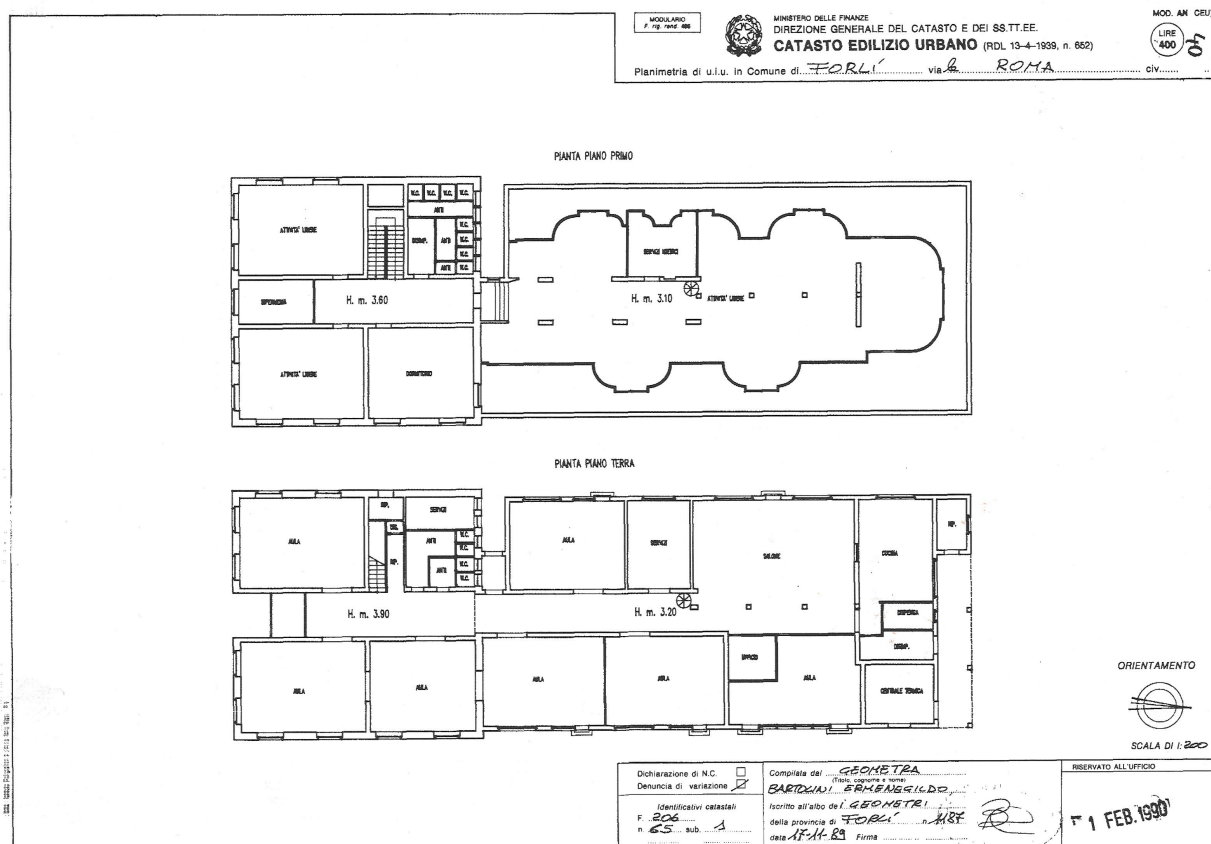


Fig. 3 - Planimetria con individuazione aule



Nella tabella seguente vengono riportati i risultati delle valutazioni puntuali sui ricettori considerati.

Tab. 3 - Livelli acustici calcolati sui ricettori

Ricettore	Piani	Limiti I classe	Livelli calcolati
		LeqD	LeqD
1	P.T.	50	62.9
2	P.T.	50	62.8
3	P.T.	50	58.3
4	P.T.	50	56.2
4	P.1	50	58.3
5	P.T.	50	49.6
6	P.T.	50	53.4
7	P.T.	50	50.9
8	P.T.	50	47.2
9	P.T.	50	56.43

*le celle evidenziate in grigio identificano valori superiori al limite

Dalla tabella appare evidente il superamento dei limiti di I classe, pari a 50 dBA per il periodo diurno.

Come già riportato, si evidenzia che durante la campagna di rilievi fonometrici è stata rilevata, su viale Roma, la presenza di manto stradale sconnesso che potrebbe aver provocato un rilevante aumento dei livelli acustici. Al fine di ottenere un abbassamento dei livelli tale da rientrare nei limiti normativi, è stata quindi ipotizzata la

sistemazione del manto stradale nonché la realizzazione di un sistema di difesa passivo. In particolare, è stata prevista la collocazione di una barriera acustica sul fronte di viale Roma, della lunghezza di 28 m., con altezza pari a 2 m, posta dietro al monumento antistante la scuola. Tale mitigazione ha un effetto schermante soprattutto nei confronti dell'area di fruizione esterna retrostante la barriera, spesso utilizzata dai bambini; un innalzamento di tale barriera non avrebbe comunque un effetto significativo di protezione nei confronti dell'edificio scolastico, a causa della distanza dalla strada e dalla lunghezza limitata del fronte del lotto della scuola su cui è possibile porre la barriera. I risultati delle valutazioni puntuali in seguito alla sistemazione del manto stradale e dell'inserimento della barriera, sono stati riportati in Tabella 4.

Tab. 4 - *Livelli acustici in presenza di barriera acustica e sistemazione manto stradale*

Ricettore	Piani	Limiti I classe	Livelli calcolati	Livelli calcolati	Livelli calcolati
		LeqD	LeqD (barriera e sistemazione manto)	LeqD (sistemazione manto)	LeqD (barriera)
1	P.T.	50	61.0	61.0	61.0
2	P.T.	50	61.0	61.0	61.0
3	P.T.	50	56.8	56.8	56.8
4	P.T.	50	54.7	54.7	54.7
4	P.1	50	56.8	56.8	56.8
5	P.T.	50	49.2	49.2	49.2
6	P.T.	50	52.3	52.5	52.3
7	P.T.	50	49.8	50.1	49.8
8	P.T.	50	46.4	46.4	46.4
9	P.T.	50	54.9	54.9	54.9

*Le celle evidenziate in grigio identificano valori superiori al limite

I valori riportati in tabella evidenziano tuttavia un superamento dei limiti normativi anche nel caso vengano utilizzati entrambi i sistemi di mitigazione, in particolare in corrispondenza dei ricettori più vicini a viale Roma.

Per una migliore comprensione della situazione acustica, oltre ai livelli acustici sui ricettori puntuali, è stata effettuata tramite il modello previsionale una simulazione che ha prodotto una mappa acustica orizzontale, rappresentativa dei livelli sonori su ipotetici piani paralleli all'andamento del terreno relativamente al periodo diurno. Tale mappa è stata calcolata ad una altezza pari a 4 metri, considerando tutte le sorgenti sonore, in presenza della barriera acustica e della sistemazione del manto stradale.

La mappa prodotta (Figura 3), consente inoltre un'immediata verifica del livello di pressione sonora su tutta l'area interessata dall'edificio e mostra bene l'influenza specifica delle diverse sorgenti e l'effetto delle mitigazioni previste, come anche i fenomeni di riflessione dovuti alla presenza degli edifici che comportano un innalzamento dei valori proprio nella zona antistante gli edifici stessi.

Fig. 4 - Mappa acustica 4 m. sul p.c. in presenza di barriera acustica e sistemazione manto stradale



INTERVENTI DI RISANAMENTO

I rilievi effettuati mostrano che, limitatamente al periodo di osservazione presso la postazione, è stato superato il valore limite della classe I per il periodo diurno (50 dBA). Pertanto, il risanamento acustico della scuola materna deve produrre sulla facciata maggiormente esposta una riduzione del rumore di circa 14 dB(A).

Poiché è stata rilevata su viale Roma la presenza di manto stradale sconnesso che potrebbe provocare un rilevante aumento dei livelli acustici, un primo intervento di risanamento specifico della scuola potrà consistere nella sistemazione del manto stradale nel tratto di viale Roma prospiciente la scuola. È stata inoltre prevista realizzazione di un sistema di difesa passivo sul fronte antistante viale Roma, consistente in uno schermo (barriera acustica) retrostante il monumento presente, le cui dimensioni si estenderanno per tutto il fronte del lotto (28 m circa) per un'altezza di 2 m. Tale mitigazione ha un effetto schermante soprattutto nei confronti dell'area di fruizione esterna retrostante la barriera, spesso utilizzata dai bambini; un innalzamento di tale barriera non avrebbe comunque un effetto significativo di protezione nei confronti dell'edificio scolastico, a causa della distanza dalla strada e dalla lunghezza limitata del fronte del lotto della scuola su cui è possibile porre la barriera. La tipologia di barriera più opportuna appare essere a pannello trasparente.

I valori ottenuti tramite il modello di simulazione sopra riportati (tab. 4), tuttavia, evidenziano come tali mitigazioni non risultino sufficienti affinché vengano rispettati i limiti di una I classe acustica, corrispondenti a 50 dB(A) nel periodo diurno. La soluzione ottimale per la scuola Ronco sarebbe la delocalizzazione delle aule prospicienti viale Roma sul fronte retrostante; qualora ciò non fosse facilmente realizzabile, si rende necessario l'uso di infissi sulla facciata lungo Viale Roma e delle facciate laterali, in presenza di aule dove si svolge attività scolastica che necessita di quiete, al fine di garantire 45 dB(A) Leq diurno (valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento). Si dovrà inoltre prevedere la climatizzazione degli ambienti corrispondenti.

Dimensionamento di massima della barriera acustica

La tabella che segue riporta un computo metrico elementare finalizzato ad una stima di massima del costo di realizzazione della barriera acustica ipotizzata.

Tipologia	Lunghezza	Altezza	Quantità	U.m.	Costo unitario	Costo totale
Pannello fonoassorbente	28 m	2 m	56	mq	€ 300	€ 16.800

SCUOLA MEDIA “ZANGHERI”**IDENTIFICAZIONE**

Nome:

Scuola media Zangheri

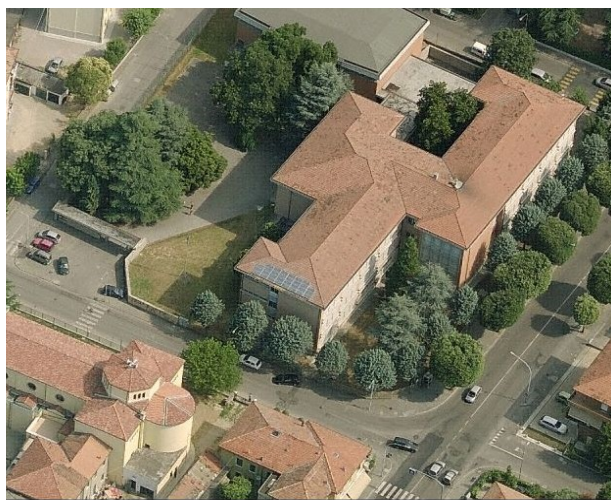
Indirizzo:

Via Ribolle

n.civ.

47

note

Scuola**SITUAZIONE ACUSTICA**

Fonte di rumore:

Rumore stradale

Limite di zona in dB(A):

Diurno 50 – notturno 40

Livello misurato dB(A):

67.0 (lato viale Risorgimento)**62.5 (lato via Ribolle)**

Livello calcolato dB(A):

70 – 75 (lato viale Risorgimento)**65 – 70 (lato via Ribolle)**

Livello di criticità:

Alto

Topologia:

Due sorgenti di rumore ed edificio prospiciente ad esse

STUDIO ACUSTICO

I rilievi effettuati da ARPA sulle facciate dell'edificio esposte sulla via Risorgimento e sulla via Ribolle mostrano che, limitatamente al periodo di osservazione presso la postazione, è stato superato il valore limite della classe I per il periodo diurno (50 dBA).

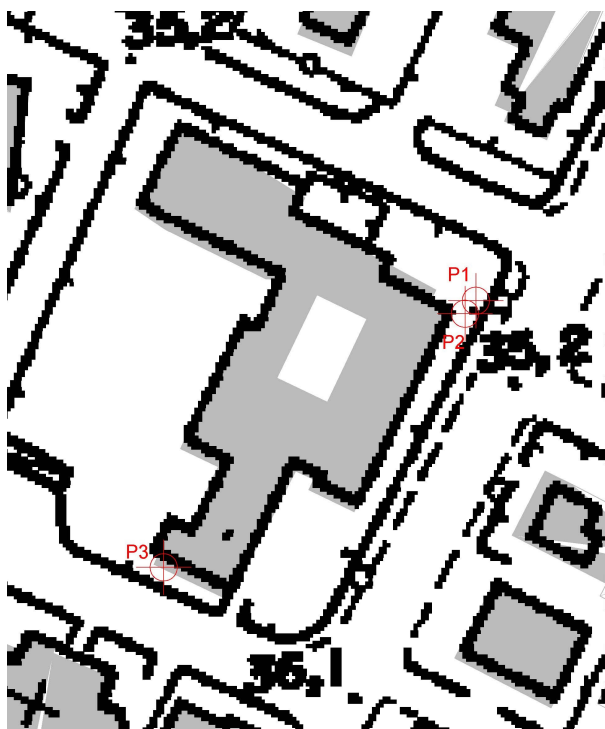
Pertanto, è stato realizzato uno studio acustico al fine di determinare in modo specifico il clima acustico nell'area oggetto di studio.

Per la definizione dello scenario di riferimento, si è inizialmente proceduto ad una caratterizzazione acustica dell'ambito di analisi mediante l'indagine acustica strumentale svolta da ARPA. In seguito, tramite modello matematico, sono stati simulati i livelli sonori.

Il software utilizzato per le verifiche previsionali è il **modello di calcolo LIMA**³.

Le analisi acustiche strumentali sono state eseguite da ARPA sezione provinciale di Forlì – Cesena, tra le giornate di giovedì 29 e venerdì 30 gennaio 2009. Le misure sono state effettuate in giorni feriali, in modo da poter considerare i dati medi nell'ambito della settimana. La localizzazione delle postazioni di rilievo fonometrico è stata effettuata con la finalità di conseguire una dettagliata caratterizzazione del clima acustico attuale dell'ambito territoriale oggetto di studio.

In Fig. 1 sono riportate le postazioni di rilievo.



Nella Tabella seguente sono state riassunte le informazioni generali relative alla campagna di rilievo fonometrico.

³ Il modello attualmente è utilizzato a livello europeo presso numerosi dipartimenti regionali per la difesa dell'Ambiente (Baviera, del Baden-Württemberg, del Brandeburgo, dell'Assia, ecc..) e municipalità per la previsione ed il controllo dell'inquinamento acustico (Berlino, Bonn, Francoforte, Amburgo, Colonia, Birmingham, Linz, ecc...).

Tab. 1 - Risultati campagna di rilievo fonometrico eseguita da ARPA

Post. Mis.	Tipologia dato	h fono. sul p.c.	Ora di inizio	Tempo trascorso	LAFMax dB(A)	LAFMin dB(A)	LAF10 dB(A)	LAF50 dB(A)	LAF95 dB(A)	L _{Aeq} dB(A)
Misur a lunga 2238	Zangheri lato via risorgimento	4 m	28/01/2009 14:45:01	30.15.00	91,7	37,2	68	67,1	64,7	67
Misur a breve 2238	Zangheri lato via risorgimento (contemporaneo a conteggio veicolare)	4 m	30/01/2009 12.45	0.15.00	83.8	56.6	67.9	67.5	67.1	67.1
Misur a breve 2260	Zangheri lato via risorgimento (contemporaneo a conteggio veicolare)	4 m	30/01/2009 12.45	0.15.00	85.4	57.3	70.1	66.8	61.7	67.6
Misur a breve 2260	Zangheri lato via ribolle	4 m	29/01/2009 11.00	0.45.00	80.6	45.5	65.9	59.2	51.9	62.5

Simultaneamente ai rilievi fonometrici è stato effettuato il conteggio dei transiti veicolari lungo una sezione di viale Risorgimento. In questo modo è stato possibile determinare la specifica correlazione traffico - rumore, i flussi veicolari a questo scopo sono stati suddivisi nelle due tipologie: leggeri e pesanti. I dati così ottenuti sono stati utilizzati come valori di input per la taratura del modello di calcolo previsionale del rumore.

Si riporta di seguito la tabella con i valori di taratura del modello dell'area. Si specifica che, per le postazioni 1 e 2, sono stati utilizzati i livelli acustici estrapolati dal profilo temporale, relativi ai periodi contemporanei ai rilievi di traffico veicolare su viale Risorgimento.

Tab. 2 - Taratura del modello di simulazione

Postazione	Misura	Livelli rilevati	Livelli calcolati	differenza
Postazione 1 (Viale Risorgimento)	Breve	67.1	67.3	0.2
Postazione 2 (Viale Risorgimento)	Breve	67.6	68.0	0.4
Postazione 3 (Via Ribolle)	Breve	62.5	63.4	0.9

La tabella precedente mostra, in generale, una buona approssimazione dei rilievi da parte del modello di simulazione: i dati calcolati non si discostano mai da quelli misurati di valori superiori a 0,9 dBA.

La quantificazione del rumore presente nell'area di intervento è stata condotta assumendo quali sorgenti i flussi di traffico stradale circolanti sulla viabilità dell'area (via Ribolle e viale Risorgimento).

L'obiettivo finale del presente studio è stato pertanto la valutazione del disturbo sonoro di origine stradale sul comparto in esame.

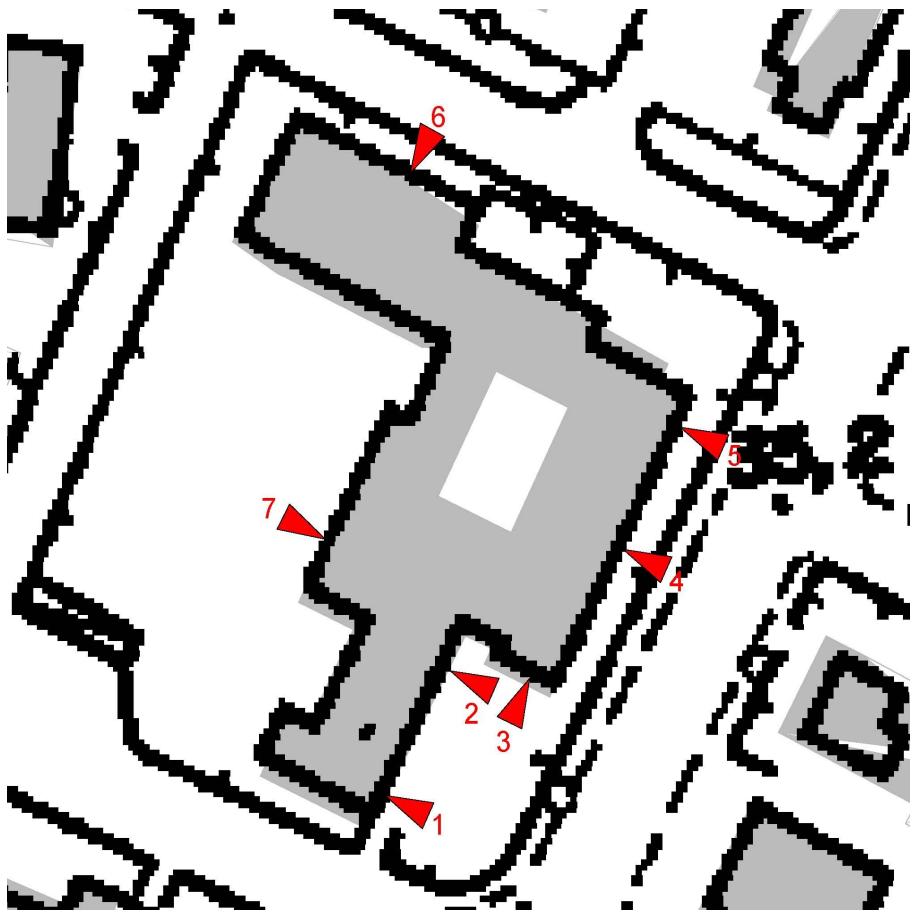
I risultati delle simulazioni effettuate sono poi stati confrontati con i valori limite previsti dalla normativa in materia (classe I).

In una prima fase dello studio acustico è stata effettuata un'analisi puntuale, attraverso il modello di simulazione acustica appositamente predisposto, tesa ad evidenziare i livelli acustici prevedibili in corrispondenza dei ricettori disposti planimetricamente ed altimetricamente in funzione della verifica acustica delle facciate dell'edificio più esposte alle ricadute acustiche indotte dalle sorgenti presenti nell'area ed in particolare in corrispondenza delle

finestre delle aule.

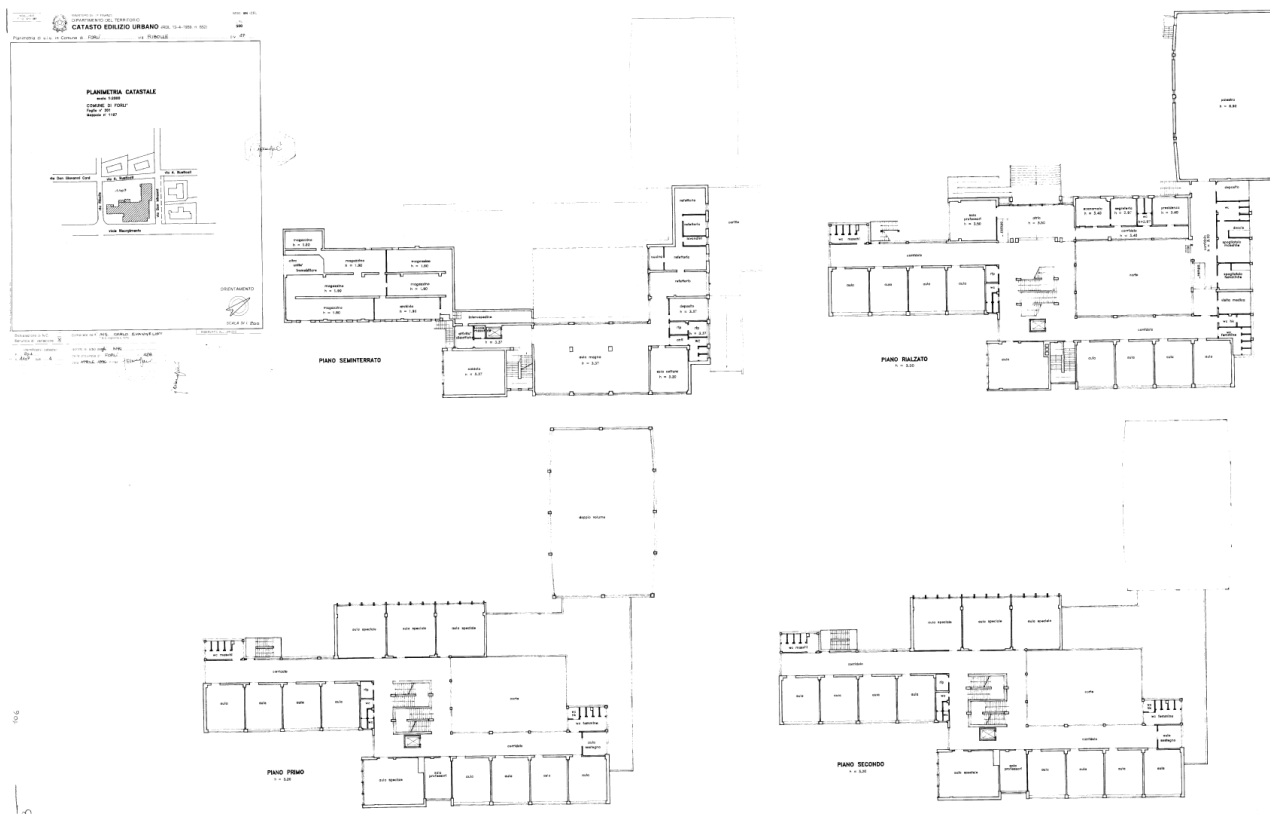
L'analisi puntuale consente di valutare con sufficiente precisione le condizioni acustiche prevedibili nei ricettori maggiormente significativi, ai fini delle verifiche di compatibilità con i limiti di norma, e successivamente consente un confronto diretto con i risultati ottenuti nell'ipotesi di prevedere misure di mitigazione.

Fig. 2 posizioni planimetriche dei ricettori.



Per le simulazioni la velocità di percorrenza nel tratto di pertinenza di viale Risorgimento è stata considerata pari a 50 Km/h (veicoli leggeri) e 40 Km/h (veicoli pesanti), secondo quanto emerso nell'ambito della taratura. Per la via Ribolle, invece, sono state considerate velocità pari a 30 Km/h (veicoli leggeri) e 30 Km/h (veicoli pesanti).

Fig. 3 - Planimetria con individuazione aule



Nella tabella seguente vengono riportati i risultati delle valutazioni puntuali sui ricettori considerati per quanto riguarda il rumore stradale.

Tab. 3 - Livelli acustici calcolati sui ricettori

Ricettore	Piani	Limiti I classe	Livelli calcolati
		LeqD	LeqD
1	P.T.	50	63.0
1	P.1	50	64.8
1	P.2	50	65.3
2	P.T.	50	60.8
2	P.1	50	62.8
2	P.2	50	63.4
3	P.T.	50	62.1
3	P.1	50	63.7
3	P.2	50	64.0
4	P.T.	50	67.0
4	P.1	50	67.7
4	P.2	50	67.7
5	P.T.	50	66.6
5	P.1	50	67.4
5	P.2	50	67.4
6	P.T.	50	54.7
7	P.T.	50	48.9
7	P.1	50	50.5
7	P.2	50	52.0

*le celle evidenziate in grigio identificano valori superiori al limite

Dalla tabella appare evidente il superamento dei limiti di I classe, pari a 50 dBA per il periodo diurno.

Dalla tabella appare evidente il superamento dei limiti di I classe, pari a 50 dBA per il periodo diurno.

Al fine di ottenere un abbassamento dei livelli acustici tale da rientrare nei limiti normativi, è stato ipotizzato l'utilizzo di asfalto fonoassorbente e la realizzazione di un sistema di difesa passivo.

E' stata quindi ipotizzata la costruzione di due barriere acustiche antistanti viale Risorgimento e via Ribolle, della lunghezza rispettivamente di 80 m. e 50 m., entrambe con altezza 3.5 m.

I risultati delle valutazioni puntuali in presenza delle mitigazioni ora descritte (asfalto fonoassorbente e barriere) sono stati riportati in Tabella 4.

Tab. 4 - *Livelli acustici in presenza di barriere acustiche e asfalto fonoassorbente*

Ricettore	Piani	Limiti I classe	Livelli calcolati	Livelli calcolati
		LeqD	LeqD con barriere	LeqD con barriera e asfalto
1	P.T.	50	51.9	49.9
1	P.1	50	60.9	58.9
1	P.2	50	65.3	63.3
2	P.T.	50	51.2	49.2
2	P.1	50	56.9	54.9
2	P.2	50	63.2	61.2
3	P.T.	50	50.8	48.8
3	P.1	50	59.3	57.3
3	P.2	50	63.9	61.9
4	P.T.	50	53.2	51.2
4	P.1	50	67.7	65.7
4	P.2	50	67.7	65.7
5	P.T.	50	54.0	52.0
5	P.1	50	67.4	65.4
5	P.2	50	67.4	65.4
6	P.T.	50	53.8	51.8
6	P.1	50	54.6	52.6
6	P.2	50	55.3	53.3
7	P.T.	50	47.4	45.4
7	P.1	50	49.0	47.0
7	P.2	50	50.8	48.8

*le celle evidenziate in grigio identificano valori superiori al limite

I valori evidenziano un superamento dei limiti normativi anche nel caso vengano utilizzati entrambi i sistemi di mitigazione, in particolare in corrispondenza dei piani più elevati.

In ogni caso la realizzazione delle barriere acustiche risulterebbe particolarmente problematica a causa della vicinanza dell'edificio scolastico al bordo strada. Tale struttura, infatti, andrebbe a essere collocata a circa 2 m. dalla facciata dell'edificio (nel punto più stretto), che peraltro risulta difficilmente compatibile con gli alberi presenti. Per una migliore comprensione della situazione acustica, oltre ai livelli acustici sui ricettori puntuali, è stata effettuata tramite il modello previsionale una simulazione che ha prodotto una mappa acustica orizzontale, rappresentativa dei livelli sonori su ipotetici piani paralleli all'andamento del terreno relativamente al periodo diurno. Tale mappa è stata calcolata ad una altezza pari a 4 metri, considerando tutte le sorgenti sonore, in presenza di asfalto fonoassorbente ma in assenza delle barriere ipotizzate in quanto ritenute non realizzabili.

La mappa prodotta (Fig. 3), consente inoltre un'immediata verifica del livello di pressione sonora su tutta l'area interessata dall'edificio e mostra bene l'influenza specifica delle diverse sorgenti e come anche i fenomeni di riflessione dovuti alla presenza degli edifici che comportano un innalzamento dei valori proprio nella zona antistante gli edifici stessi.

Fig. 4 - Mappa acustica 4 m. sul p.c. in presenza di asfalto fonoassorbente



INTERVENTI DI RISANAMENTO

In base ai dati sopra esposti, il risanamento acustico della scuola deve produrre sulla facciata maggiormente esposta una riduzione di circa 17 dBA del rumore dovuto alla sorgente stradale.

L'intervento di posa dell'asfalto fonoassorbente contribuisce a ridurre il rumore stradale sull'edificio scolastico. La conformazione strada – edificio, tuttavia, è tale per cui una mitigazione quale una barriera verticale, anche in aggiunta all'asfalto fonoassorbente, ha un effetto non risolutivo. La carreggiata stradale, infatti, è molto larga (circa 15 metri) e il confine dell'area scolastica, ove sarebbe possibile posizionare la barriera, è a 2 m dall'edificio. Sarebbe quindi necessaria una barriera acustica con altezza paragonabile a quella del ricettore (finestra) posizionato in corrispondenza del piano alto dell'edificio (secondo piano, h 7.5 m circa) e comunque, affinché il ricettore di tale piano non “veda” la sorgente, non inferiore ai 4 m di altezza, che peraltro è difficilmente compatibile con gli alberi presenti.

L'intervento proposto, quindi, vista la poca efficacia e il difficile inserimento nel contesto delle barriere, si basa, oltre all'asfalto fonoassorbente, sugli infissi della facciata lungo Viale Risorgimento e via Ribolle e delle facciate laterali, in presenza di aule dove si svolge attività scolastica che necessitano di quiete, al fine di garantire 45 dB(A) Leq diurno (valutati al centro della stanza, a finestre chiuse, all'altezza di 1,5 metri dal pavimento). Si dovrà inoltre prevedere la climatizzazione degli ambienti corrispondenti.

2. INTERVENTI DI RISANAMENTO ACUSTICO COMPUTO

1- <u>Posa di barriera autostabile</u> con rivestimento fonoassorbente in leca colorata, comprendente scavo e sottofondazione Rck 250 armata, fornitura dei pannelli, trasporto, montaggio e reinterro dei manufatti. Importo a mq. €. 300,00 lunghezza mt. 28,00 x altezza mt. 2,00=mq.56,00	€.16.800,00
<u>2- Opere di mitigazione passiva (infissi, doppi vetri, etc.),</u> Importo	€. 24.866,66
3- Intervento su viale Roma, rifacimento con <u>asfalto fonoassorbente</u> , per uno spessore di cm.3, previa scarifica di cm.3 per il mantenimento della quota stradale attuale (Global Service). Importo scarifica per uno spes. di cm.3/mq. €.1,00 per mq.1.000,00= €. 1.000,00	
4- Importo posa di conglomerato bituminoso fonoassorbente, spessore cm.3/mq. (Global Service) €.7,50 per mq.1.000,00= €. 7.500,00	
5- Incarichi, Spese Tecniche, imprevisti e varie,	€. 50.000,00
IVA 20% sulle voci 1 e 2	€. 8.333,33
Totale importo interventi	€. 100.000,00

3. INFORMATIVA E PARTECIPAZIONE

Gli interventi di risanamento proposti per i tre edifici scolastici selezionati, sono stati scelti in base al livello di criticità acustica scaturita dai rilievi e dalle simulazioni modellistiche effettuate e dalle caratteristiche tecniche – strutturali degli edifici (ampiezza dell'area cortilizia, altezza dell'edificio, disposizioni delle classi). Si ritiene però che la validità degli interventi di risanamento acustici di questo tipo non possano prescindere da una condivisione e attiva partecipazione dei fruitori a vario titolo delle strutture scolastiche. Ogni intervento sarà perciò concordato tra l'Amministrazione comunale e i portatori di interesse per i tre edifici individuati. Ciò avverrà tramite degli incontri pubblici che avranno lo scopo di illustrare le soluzioni individuate dagli Uffici competenti ma anche di accogliere eventuali suggerimenti e/o modifiche. I calendari degli incontri saranno organizzati a partire dall'anno scolastico 2009/2010.