

## ALLEGATO 3

# MODELLAZIONE ACUSTICA

## AREA ISTITUTO ALDINI-VALERIANI E VILLA ERBOSA BOLOGNA

### Simulazione impatto sorgente aeroportuale

Rev.	Data	Motivo revisione	Redatto da
2	10/06/2021	Richiesta di integrazioni Enti di controllo (Riunione del 9 aprile 2021).	Tecnico competente in acustica ambientale (N. 5313 ENTECA) <b>Ing. Flavio Pinardi</b> <i>Flavio Pinardi</i>
1	25/09/2020	Osservazioni AdB	<b>Ing. Flavio Pinardi</b>
0	31/08/2020	Prima emissione	<b>Ing. Flavio Pinardi</b>

\*\*\*\*\* **INDICE** \*\*\*\*\*

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>RIFERIMENTI NORMATIVI</b> .....	<b>3</b>
	Legislazione comunitaria .....	3
	Legislazione nazionale .....	4
	Legislazione regionale e comunale .....	4
	Normativa tecnica.....	5
<b>3</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE</b> .....	<b>5</b>
<b>4</b>	<b>RILEVAMENTI ACUSTICI</b> .....	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>INCERTEZZA DI MISURA E ACCURATEZZA DEI RISULTATI</b> .....	<b>15</b>
	Indagini fonometriche .....	15
	Modello di simulazione.....	16
<b>6</b>	<b>IL MODELLO DI SIMULAZIONE</b> .....	<b>17</b>
	Taratura del modello di calcolo .....	19
<b>7</b>	<b>MAPPE DI SIMULAZIONE</b> .....	<b>21</b>
<b>8</b>	<b>CONCLUSIONI</b> .....	<b>27</b>

## 1 PREMESSA

La presente relazione espone i risultati della modellazione acustica svolta in attuazione del Piano di Monitoraggio Acustico (PMA), a sua volta redatto ai sensi delle prescrizioni del decreto VIA n° 29 del 25/02/2013 relativo al Masterplan 2009-2023 e del Provvedimento Direttoriale n°434 del 26/11/2018 relativo all'Aggiornamento Masterplan 2016-2030.

In considerazione della esposizione dei ricettori n. 62 "Istituto Aldini Valeriani" e n. 74 "Villa Erbosa" a sorgenti sonore lineari (via dell'Arcoveggio, via Corticella e cintura ferroviaria), è stata sviluppata una modellazione acustica dell'area, tarata sugli esiti delle misure di traffico stradale, ferroviario e aereo eseguite in sito, al fine di avere una lettura più precisa delle immissioni sonore indotte dai sorvoli rispetto alla ferrovia e alle strade.

Si precisa che l'obiettivo del lavoro è la creazione di un modello di simulazione in grado di fotografare la situazione acustica attuale, che potrà consentire in futuro, sulla base di modifiche ai dati di input delle sorgenti sonore, di poter svolgere opportune valutazioni in merito all'impatto acustico nell'area.

I dati di input utilizzati nel modello sono attinti dalle misure fonometriche svolte nel luglio 2019 presso i ricettori "Istituto Aldini Valeriani" e "Villa Erbosa", i cui esiti sono contenuti nella relazione "Comm. n° 4638 - N. elab. 01 – Rev. 1 - Monitoraggio acustico di ricettori nell'intorno aeroportuale - Aeroporto Marconi, via del triumvirato, 84 – Bologna" a firma dei tecnici competenti in acustica di AUSILIO SpA, D.ssa Diletta Venturoli ENTECA 5484 e Ing. Flavio Pinardi ENTECA 5313.

## 2 RIFERIMENTI NORMATIVI

### ***Legislazione comunitaria***

- Raccomandazione EU 2003/613/CE "linee guida relative ai metodi di calcolo aggiornati per il rumore dell'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario e i relativi dati di rumorosità."

### ***Legislazione nazionale***

- Decreto Legislativo 17 febbraio 2017, n. 42 "Disposizioni in materia di armonizzazione della normativa nazionale in materia di inquinamento acustico, a norma dell'articolo 19, comma 2, lettere a), b), c), d), e), f) e h) della legge 30 ottobre 2014, n. 161"
- DL 19 agosto 2005, n. 194 (attuazione direttiva 2002/49/CE) limitatamente agli articoli applicabili in attesa dell'emanazione dei decreti di cui al comma 2, Art.5;
- D.P.R. 30.03.2004, n. 142 "Disposizioni per il contenimento e la prevenzione dell'inquinamento acustico derivante dal traffico veicolare, a norma dell'articolo 11 della legge 26 ottobre 1995, n. 447".
- D.P.R. 18/11/1998 N° 459 Rumore ferroviario
- D.M. 16 marzo 1998 "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico";
- D.P.C.M. 14 novembre 1997 "Determinazione dei valori limite delle sorgenti sonore";
- L. 26 ottobre 1995, n.447 "Legge quadro sull'inquinamento acustico";
- D.P.C.M. 1 marzo 1991 "Limiti massimi di esposizione al rumore negli ambienti abitativi e nell'ambiente esterno";

### ***Legislazione regionale e comunale***

- DGR 673/04 "Criteri tecnici per la redazione della documentazione di previsione di impatto acustico e della valutazione del clima acustico ai sensi della l.r. 9 maggio 2001, n. 15 recante 'disposizioni in materia di inquinamento acustico';
- DGR 2001/2053 del 9 ottobre 2001 "Delibera di Giunta N.ro 2001/2053 - del 9/10/2001 criteri e condizioni per la classificazione acustica del territorio ai sensi del comma 3 dell'art. 2 della L.R. 9 MAGGIO 2001 N. 15";
- LR 9 maggio 2001, n.15 "Disposizioni in materia di inquinamento acustico";
- Deliberazione della Giunta regionale n. 2053 del 09.10.01 "Criteri e condizioni per la classificazione acustica del territorio ai sensi del comma 3 dell'art. 2 della l.r. 9 maggio 2001 n. 15 recante 'disposizione in materia di inquinamento acustico';

### **Normativa tecnica**

- UNI EN 9884 “Caratterizzazione acustica del territorio mediante descrizione del rumore ambientale”;
- UNI EN 11143-1/5/6 “Metodo per la stima dell’impatto e del clima acustico per tipologia di sorgenti”.

## **3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE**

Di seguito si riporta una ortofoto dell’area in esame.



Figura 1 - Area di inserimento dell’Istituto Aldini Valeriani e di Villa Erbosa

Al di fuori delle zone A, B, C il rumore aeroportuale contribuisce alla determinazione dei livelli da confrontare con i limiti di cui alla tabella b del DPCM 14 novembre 1997 determinati sulla base del Piano di Classificazione Acustica del Territorio approvato dal Comune di Bologna.



Figura 2 - Zonizzazione acustica dell'area



Figura 3 Legenda della zonizzazione acustica

## 4 RILEVAMENTI ACUSTICI

La campagna di monitoraggio ha avuto durata settimanale dalle 00:00 del 17 alle 23:59 del 23 luglio 2019, nel periodo estivo, in una settimana ad elevata operatività aeroportuale, come definito da PMA.

A supporto di ciò si riportano i dati mensili di sorvoli registrati nei mesi estivi presso l'aeroporto di Bologna.

Mese	Nr. eventi
Giugno 2019	6991
<b>Luglio 2019</b>	<b>7388</b>
Agosto 2019	6913
Settembre 2019	7306

Tabella 1 Sorvoli mensili periodo estivo



Figura 4 - Posizione dei punti di misura nei pressi dell'Istituto Aldini Valeriani e della clinica Villa Erbosa

Tutte le misure sono state elaborate per tale periodo e i dati registrati nei periodi diurni e notturni non sono affetti da condizioni meteorologiche avverse, come indicato all'All. B c.7 del D.M. del 16/03/1998, anzi da una costante condizione di sole ed elevate temperature con una conseguente presenza di cicale durante tutto il periodo diurno.

*Istituto di istruzione superiore Aldini Valeriani (rif. ricettore 72)*

Il punto di misura è stato ubicato presso un istituto scolastico costituito da diversi edifici. Le postazioni fonometriche sono state installate sui quattro lati costituenti il plesso, tali da identificare tutte le sorgenti acustiche che condizionano l'area.

L'area circostante è prevalentemente residenziale. La principale sorgente di rumore di tipo extra aeroportuale è costituita dalla linea ferroviaria prospiciente e dalle arterie stradali adiacenti (via Bassanelli, via dell'Arcoveggio, via Corticella).

Il punto di misura ricade all'esterno delle fasce della zonizzazione aeroportuale ai sensi del D.M. 31/10/97 ( $L_{VA}$  60 dB(A)) ed in classe I secondo la zonizzazione acustica del comune di Bologna (limite di immissione diurno 50 dB(A)).

Inoltre il ricettore ricade all'interno della fascia A (entro 100 m dalla mezzera dei binari esterni) di pertinenza ferroviaria definita dal D.P.R. 18/11/98 nr. 459, secondo cui deve rispettare il limite di immissione assoluto diurno pari a 50 dB(A).



Figura 5- Ricettore monitorato



Figura 6 - Posizionamento della strumentazione



Figura 7 - Posizionamento della telecamera e fonometro in adiacenza alla ferrovia



Figura 8 - Posizionamento della strumentazione (lato strada)

*Casa di cura Villa Erbosa (rif. ricettore 74)*

Il punto di misura è ubicato presso un edificio di sei piani fuori terra, adibito ad ospedale, clinica privata. La postazione fonometrica è stata installata all'ultimo piano su un terrazzo, rivolto verso la linea ferroviaria.

L'area circostante è prevalentemente residenziale. La principale sorgente di rumore di tipo extra aeroportuale è costituita dalla linea ferroviaria prospiciente e dalle arterie stradali adiacenti (via dell'Arcoveggio).

Il punto di misura ricade all'esterno delle fasce della zonizzazione aeroportuale ai sensi del D.M. 31/10/97 ( $L_{VA}$  60 dB(A)) ed in classe I secondo la zonizzazione acustica del comune di Bologna (limite di immissione diurno e notturno rispettivamente 50 - 40 dB(A)).

Inoltre il ricettore ricade all'interno della fascia A (entro 100 m dalla mezzera dei binari esterni) di pertinenza ferroviaria definita dal Dpr. 18/11/98 nr. 459, secondo cui deve rispettare i limiti di immissione assoluti diurno/notturno pari rispettivamente a 50/40 dB(A).



Figura 9 - Ricettore monitorato



Figura 10 - Posizionamento della strumentazione

La strumentazione utilizzata per l'esecuzione delle misure fonometriche è conforme agli standard prescritti dall'articolo 2 del D.M 16.03.98: "Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico".

Inoltre il sistema di misura soddisfa le specifiche di cui alla classe 1 delle le norme CEI EN 61672-1:2003, CEI EN 61672-2:2004, CEI EN 60942-1:2004. Il fonometro utilizzato per le misure di livello equivalente è conforme alla classe 1 delle norme CEI EN 61672-1:2003, CEI EN 61672-2:2004. La risposta in frequenza della catena di registrazione utilizzata è conforme a quella richiesta per la classe 1 della CEI EN 61672-1:2003e la dinamica è adeguata al fenomeno in esame.

La postazione di misura è costituita da:

- un microfono per esterni;
- un sistema di alimentazione di lunga autonomia;
- fonometro con elevata capacità di memorizzazione dei dati rilevati, ampia dinamica e possibilità di rilevare gli eventi che eccedono predeterminate soglie di livello e/o di durata; alcuni dispositivi sono stati impostati per effettuare la registrazione sonora al superamento di determinate soglie.
- box stagno di contenimento della strumentazione;
- un cavalletto o stativo telescopico sul quale fissare il supporto del microfono per esterni;
- un cavo di connessione tra il box che contiene la strumentazione e il microfono.

La caratterizzazione acustica dei ricettori monitorati è stata eseguita mediante l'analisi e l'elaborazione delle misure su software dedicato in ambiente Windows NVW (Noise & Vibration Works)

Gli strumenti sono provvisti del certificato di taratura in corso di validità; il controllo è stato eseguito presso laboratorio accreditato da un servizio di taratura nazionale ai sensi della Legge 11 agosto 1991, n. 273.

La calibrazione della catena di misura è stata svolta utilizzando il calibratore portatile Larson Davis Cal200 (tarato da un centro accreditato) per eseguire in campo il controllo periodico della calibrazione. Tale operazione consiste nell'impiego di una

sorgente di rumore, con un livello di uscita di 94 dB(A) ad una frequenza di 1kHz, calibrata e conforme alla normativa di settore. La calibrazione della strumentazione è stata effettuata prima e dopo il ciclo di misura. Il segnale del calibratore rilevato dallo strumento è risultato sempre conforme scostandosi meno di 0,5 dB tra ante e post dal segnale emesso dal calibratore.

Inoltre è stato effettuato un rilievo dei seguenti parametri meteorologici:

- Temperatura (°C);
- Umidità relativa dell'aria (%);
- Velocità e direzione del vento (m/s);
- Precipitazioni (mm);
- Pressione atmosferica (mbar).

La stazione meteo utilizzata è del tipo Davis Vantage Vue composta da:

- ISS (Integrated Sensor Suite), che racchiude in un unico blocco l'insieme dei sensori esterni che registrano i valori di umidità relativa, temperatura, velocità e direzione del vento e pioggia;
- console con display, che contiene i sensori da interno che registrano i valori di umidità, temperatura e pressione atmosferica.

Per un maggior dettaglio sui rilevamenti acustici si rimanda alla relazione "Comm. n° 4638 - N. elab. 01 – Rev. 1 - Monitoraggio acustico di ricettori nell'intorno aeroportuale - Aeroporto Marconi, via del triumvirato, 84 – Bologna" del dicembre 2019, a firma dei tecnici competenti in acustica di AUSILIO SpA, D.ssa Diletta Venturoli ENTECA 5484 e Ing. Flavio Pinardi ENTECA 5313.

Di seguito i risultati in sintesi dei rilevamenti acustici.

### Istituto Aldini Valeriani

Data	$L_{eq,D,amb}$ (06:00-22:00) [dB(A)]	$L_{eq,D,aerei}$ (06:00-22:00) [dB(A)]	$L_{eq,D,ferr}$ (06:00-22:00) [dB(A)]	$L_{eq,D,altre}$ sorgenti (06:00-22:00) [dB(A)]	$L_{eq,N,amb}$ (00:00-06:00 22:00-24:00) [dB(A)]	$L_{eq,N,aerei}$ (00:00-06:00 22:00-24:00) [dB(A)]	$L_{eq,N,ferr}$ (00:00-06:00 22:00-24:00) [dB(A)]	$L_{eq,N,altre}$ sorgenti (00:00-06:00 22:00-24:00) [dB(A)]
17-lug	59,8	54,8	52,1	56,9	55,7	40,3	47,1	54,9
18-lug	59,7	52,9	52,1	57,6	55,6	38,7	47,1	54,8
19-lug	60,2	56,2	52,1	56,7	55,4	40,6	47,1	54,5
20-lug	58,4	51,6	52,1	55,9	55,4	40,0	47,1	54,6
21-lug	60,0	55,2	52,1	57,0	55,0	43,5	47,1	53,8
22-lug	59,7	54,8	52,1	56,7	55,5	44,0	47,1	54,5
23-lug	59,3	54,0	52,1	56,4	55,7	42,4	47,1	54,8

Tabella 2 Livelli equivalenti diurni e notturni (ambientale, aerei, altre sorgenti)

Il contributo del rumore aeroportuale è variabile nel periodo diurno tra 51.6 dB(A) e 56.2 dB(A), sempre superiore al limite di immissione di 50 dB(A); nel periodo notturno si hanno livelli sonoro variabili tra 38,7 dB(A) e 44,0 dB(A). In tutti i giorni di misura il contributo della sorgente aerea è sensibilmente inferiore a quello delle altre sorgenti. Le sole altre sorgenti generano un superamento dei valori limite di immissione in misura maggiore rispetto alla sorgente aeroportuale.

### Villa Erbosa

Data	$L_{eq,D,amb}$ (06:00-22:00) [dB(A)]	$L_{eq,D,aerei}$ (06:00-22:00) [dB(A)]	$L_{eq,D,altre}$ sorgenti (06:00-22:00) [dB(A)]	$L_{eq,N,amb}$ (00:00-06:00 22:00- 24:00) [dB(A)]	$L_{eq,N,aerei}$ (00:00-06:00 22:00- 24:00) [dB(A)]	$L_{eq,N,altre}$ sorgenti (00:00-06:00 22:00- 24:00) [dB(A)]
17-lug	63,7	54,9	63,1	56,4	39,9	56,3
18-lug	63,1	53,9	62,5	56,5	38,7	56,4
19-lug	63,8	57,1	62,8	57,4	40,9	57,3
20-lug	63,2	53,0	62,8	57,3	39,9	57,2
21-lug	63,4	56,5	62,4	57,2	42,3	57,1
22-lug	63,6	53,6	63,1	57,6	46,1	57,3
23-lug	63,2	54,9	62,5	57,8	42,1	57,7

Tabella 3 Livelli equivalenti diurni e notturni (ambientale, aerei, altre sorgenti)

Il contributo del rumore aeroportuale è variabile nel periodo diurno tra 53.0 dB(A) e 57.1 dB(A), superiore al limite di immissione di 50 dB(A); nel periodo notturno il contributo aeroportuale varia tra 38.7 dB(A) e 46.1 dB(A), inferiore al limite di immissione (40 dB(A)) nelle notti del 17, 18 e 20 luglio 2019 e superiore il 19, 21, 22, 23 luglio 2019. In tutti i giorni di misura il contributo della sorgente aerea è sensibilmente inferiore a quello delle altre sorgenti. Le sole altre sorgenti generano un superamento dei valori limite di immissione in misura maggiore rispetto alla sorgente aeroportuale.

## 5 INCERTEZZA DI MISURA E ACCURATEZZA DEI RISULTATI

### Indagini fonometriche

Così come indicato nelle linee guida ISPRA 52/2009 “L’analisi di conformità con i valori di legge: il ruolo dell’incertezza associata ai risultati di misura”, la valutazione della conformità dei livelli sonori rilevati con i limiti di legge imposti dalla classificazione acustica del territorio deve tener conto dell’incertezza associata alle misure.

Dato l’utilizzo di strumentazioni di classe 1, si è considerata un’incertezza di tipo B (vedi Norma UNI/TR – Acustica. Valutazione dell’incertezza nelle misurazione e nei calcoli di acustica. Parte 1: Concetti generali).

Di seguito le incertezze di cui si è tenuto conto:

- $u_{cal}$ : incertezza dovuta al calibratore (scostamento rispetto al valore nominale, dispersioni dovute alla non perfetta linearità, non perfetto accoppiamento tra calibratore e microfono, condizioni meteorologiche) pari a 0,21 dB(A) (Norme UNI/TR 11326);
- $u_{slm}$  incertezza dovuta al misuratore di livello sonoro (scostamento rispetto al valore nominale e dispersioni dipendenti dalla non perfetta stabilità nel tempo, condizioni meteorologiche, non perfetta linearità, non perfetta aderenza alla curva di ponderazione A nominale, non perfetta isotropia della capsula microfonica, risoluzione del sistema di visualizzazione e calcolo del valore efficace) pari a 0,44 dB(A) (Norme UNI/TR 11326).

Di seguito l'incertezza composta ( $u_c$ ) associata alle misure dei livelli sonori:

$$u_c = \sqrt{(u_{cal}^2 + u_{sim}^2)} = 0,49 \text{ dB(A)}$$

Il limite del campo di valori, centrato sul valore misurato, entro cui si ritiene cada il vero valore del livello sonoro, con una probabilità del 95% rappresenta l'incertezza estesa ( $U$ ) associata al livello di confidenza del 95% e si ottiene moltiplicando l'incertezza composta con il fattore di copertura bilaterale  $k_{0.95}$ , che, per il livello di confidenza del 95%, e nell'ipotesi di distribuzione gaussiana dei dati, è pari a 1,960.

L'incertezza estesa che caratterizza le misure dei livelli sonori è pertanto:

$$U = k_{0.95} u_c = 0,96 \text{ dB(A)}$$

Essendo i risultati delle misure approssimati alla prima cifra decimale, il valore dell'incertezza (al livello di confidenza del 95%) assunto per caratterizzare i rilievi dei livelli sonori ( $U$ ) è riportato con lo stesso grado di approssimazione:

$$U = +1,0 \text{ dB(A)}$$

Seguendo le prescrizioni e le procedure delle citate linee guida ISPRA, la valutazione delle conformità dei livelli sonori ai valori assoluti di immissione è stata fatta tenendo conto delle incertezze delle misure ed assumendo un livello di confidenza del 95%.

Il corrispondente fattore di copertura, trattandosi in questo caso di copertura unilaterale, è pari a  $k'_{0.95} = 1,645$  e la "guard band" risulta:

$$g = k'_{0.95} u_c = 0,81$$

### **Modello di simulazione**

L'accuratezza dei risultati, e di converso l'incertezza di calcolo, di un modello acustico dipendono da numerosi fattori, tra i quali:

- L'effettiva corrispondenza dei dati di input, nella fattispecie quantità, potenza sonora e spettro di emissione delle sorgenti.
- Le differenti condizioni meteorologiche e la stagionalità.
- L'effettiva attenuazione del suolo sia in ambito cittadino che agricolo, variabile anche a seconda delle condizioni meteo e della stagione.
- L'incertezza standard di misura nelle misure di taratura del modello.
- L'incertezza nella descrizione geometrica del sito e degli edifici (a seconda della provenienza dei dati vi possono essere anche differenze nell'ordine di metri).

L'incertezza di calcolo intrinseca nei programmi di simulazione (Pompoli R., Farina A., Fausti P., Bassanino M., Invernizzi S., Menini L., "Intercomparison of traffic noise computer simulations", in: atti del XXIII Convegno Nazionale AIA - 18th International Congress for Noise Abatement AICB, Bologna, 12-14 settembre 1995, supplemento, p.523-559).

L'effettiva accuratezza complessiva dei risultati non è pertanto stimabile a priori ed è variabile in funzione delle condizioni che la influenzano.

## **6 IL MODELLO DI SIMULAZIONE**

Per la simulazione del rumore prodotto dallo stabilimento si è fatto ricorso al programma di previsione e propagazione acustica SoundPlan 7.4.

Soundplan è un programma di simulazione semiempirico ed è fornito degli standards nazionali deliberati per il calcolo delle sorgenti di rumore e, basandosi sul metodo di Ray Tracing, è in grado di definire la propagazione del rumore sia su grandi aree, fornendone la mappatura, sia per i singoli punti fornendo i livelli globali e la loro composizione direzionale.

Il programma richiede quindi una introduzione di dati che si articola in più fasi attraverso la digitalizzazione di coordinate topografiche e l'inserimento di informazioni supplementari di contorno; di seguito si riportano in dettaglio le fasi citate:

### Introduzione dei dati relativi alle superfici riflettenti

Le abitazioni, gli stabilimenti, le pareti e in generale ogni costruzione, rappresentano potenziali fonti di riflessione dell'onda sonora. In analogia al metodo illustrato precedentemente, si digitalizzano tutte le case con relative quote del piano di campagna, altezza e indice di riflessione delle superfici che le identificano.

### Introduzione dei punti di monitoraggio

Vengono introdotti tutti i punti in corrispondenza dei quali si ritiene utile acquisire dati relativi ai livelli sonori di previsione.

### Introduzione dei dati relativi alla sorgente sonora

Assieme ai dati topografici vengono introdotti i livelli sonori di riferimento di rumorosità.

### Sorgenti di tipo stradale

Le sorgenti di tipo stradale sono costituite da segmenti stradali, ciascuno che può avere caratteristiche di emissione diverse quali ad esempio il numero di auto e di camion, le velocità dei mezzi o un asfalto più o meno levigato.

#### Parcheggi

I parcheggi sono classificati per tipo di mezzo, ad esempio auto o camion, e per tipologia dell'infrastruttura, ad esempio parcheggio di un centro commerciale o parcheggio di un corriere.

#### Sorgenti di tipo ferroviario

Le sorgenti di tipo ferroviario sono caratterizzate dal tipo e dal numero di treni, dalla loro lunghezza e dalla loro velocità, dal tipo di sistema frenante adottato, dal tipo di binario e da altri correttivi, che dipendono dallo standard di propagazione scelto dall'utente.

Il software di simulazione Soundplan consente la scelta dei modelli di calcolo da utilizzare per le **emissioni stradali** e ferroviarie.

Nel presente progetto, sulla scorta delle "Linee guida per l'elaborazione delle mappe acustiche relative alle strade provinciali ed agli agglomerati della regione Emilia-Romagna" e delle indicazioni del gruppo di lavoro della Commissione europea WG - AEN, Assessment of Exposure to Noise, è stato adottato per il rumore stradale il modello "NMPB-Routes-96 (SETRA-CERTU-LCPC-CSTB)" e per quello ferroviario il metodo di calcolo nazionale olandese "RMR", pubblicato in "Reken- en Meetvoorschrift Railverkeerslawaaai '96, Ministerie Volkshuisvesting, Ruimtelijke Ordening en Milieubeheer, 20 November 1996".

Il modello 3D viene realizzato inserendo nel software di simulazione tutte le superfici acusticamente significative e dotandole di coefficienti di assorbimento e di potere fonoisolante.

Vengono poi posizionate delle opportune sorgenti aventi potenza sonora, spettro e direzionalità analoghe a quelle umane e infine viene realizzata una griglia pseudo-casuale di punti di ascolto che va a definire la mappatura di isolivello dei vari parametri.

Per tutti i calcoli di simulazione mediante Soundplan sono stati impiegati i seguenti parametri:

Ordine di riflessione	2	Ponderazione	dB(A)
Max raggio di ricerca [m]	5000	Imposta bonus ferrovia di 5 dB	<input type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Ric. [m]	200	Considera le superfici stradali come aree "hard" (G=0)	<input checked="" type="checkbox"/>
Max.distanza riflessioni da Srg. [m]	50		
Tolleranza consentita (dB)	0,1		
Tolleranza consentita valida per..	risultato complessivo		

Tabella 6.1: Parametri di calcolo Soundplan

### Taratura del modello di calcolo

Il modello Soundplan è stato realizzato è stato tarato mediante i rilevamenti fonometrici decritti in precedenza.

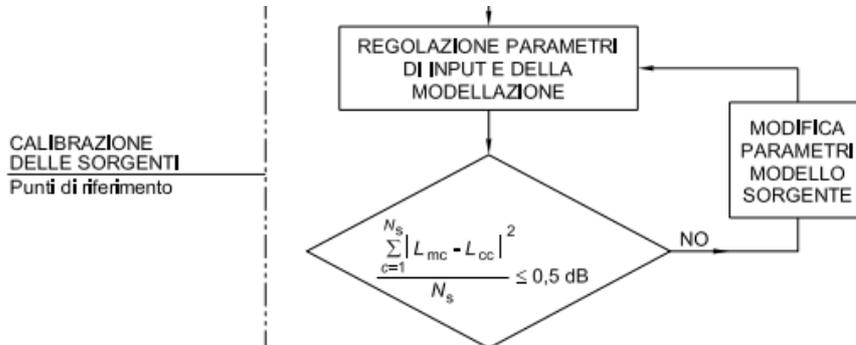
Di seguito si riportano i risultati della taratura.

### SIMULAZIONE ACUSTICA AEROPORTO DI BOLOGNA "G. MARCONI" - TARATURA DELLE SORGENTI SONORE

Punti di misura	Leq Ambientale			Leq altre sorgenti (strade, ferrovie, impianti)			Leq aerei		
	LeqD (6-22) da simulazione	LeqD (6-22) misurato	Δ	LeqD (6-22) da simulazione	LeqD (6-22) misurato	Δ	LeqD (6-22) da simulazione	LeqD (6-22) misurato	Δ
P1 - Ist. Aldini Valeriani (3° piano)	59,6	59,6	0,0	57,7	58,1	-0,4	55,1	54,3	0,8
P2 - Villa Erbosa (6° piano)	63,7	63,7	0,0	62,8	62,7	0,1	56,4	56,8	-0,4
P3 - presso via dell'Arcoveggio	67,2	66,4	0,8	66,7	-	-	57,6	-	-
P4 - presso via Corticella	65,1	64,7	0,4	64,8	-	-	53,3	-	-
P5 - presso ferrovia	60,0	60,3	-0,3	58,4	-	-	54,9	-	-

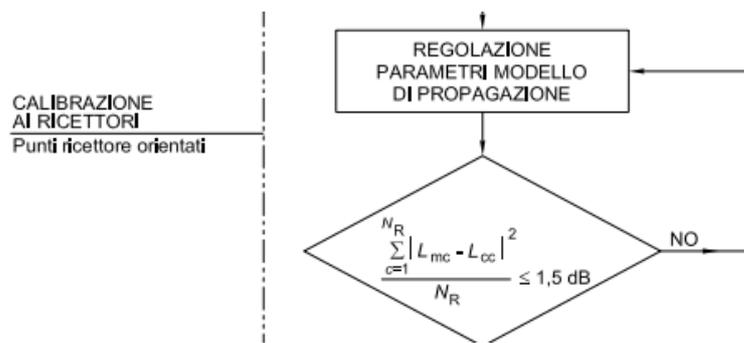
Figura 11 Dati di taratura

### Calibrazione sorgente



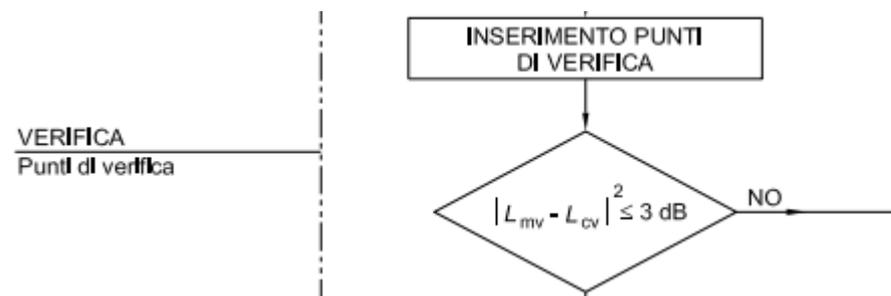
Risulta - VERIFICATA

### Calibrazione ricettore



Risulta VERIFICATA

### Calibrazione punti di verifica



Secondo quanto riportato nella norma uni 11143-1 al fine di calibrare il modello di simulazione se lo scarto  $|L_{cv} - L_{mv}|^2$  tra i livelli sonori calcolati,  $L_{cv}$ , e quelli misurati,  $L_{mv}$ , in tutti i punti di verifica è minore di 3 dB, ovvero  $|L_{cv} - L_{mv}| < 1,73 \text{ dB}$ , allora il modello di calcolo è da ritenersi calibrato.

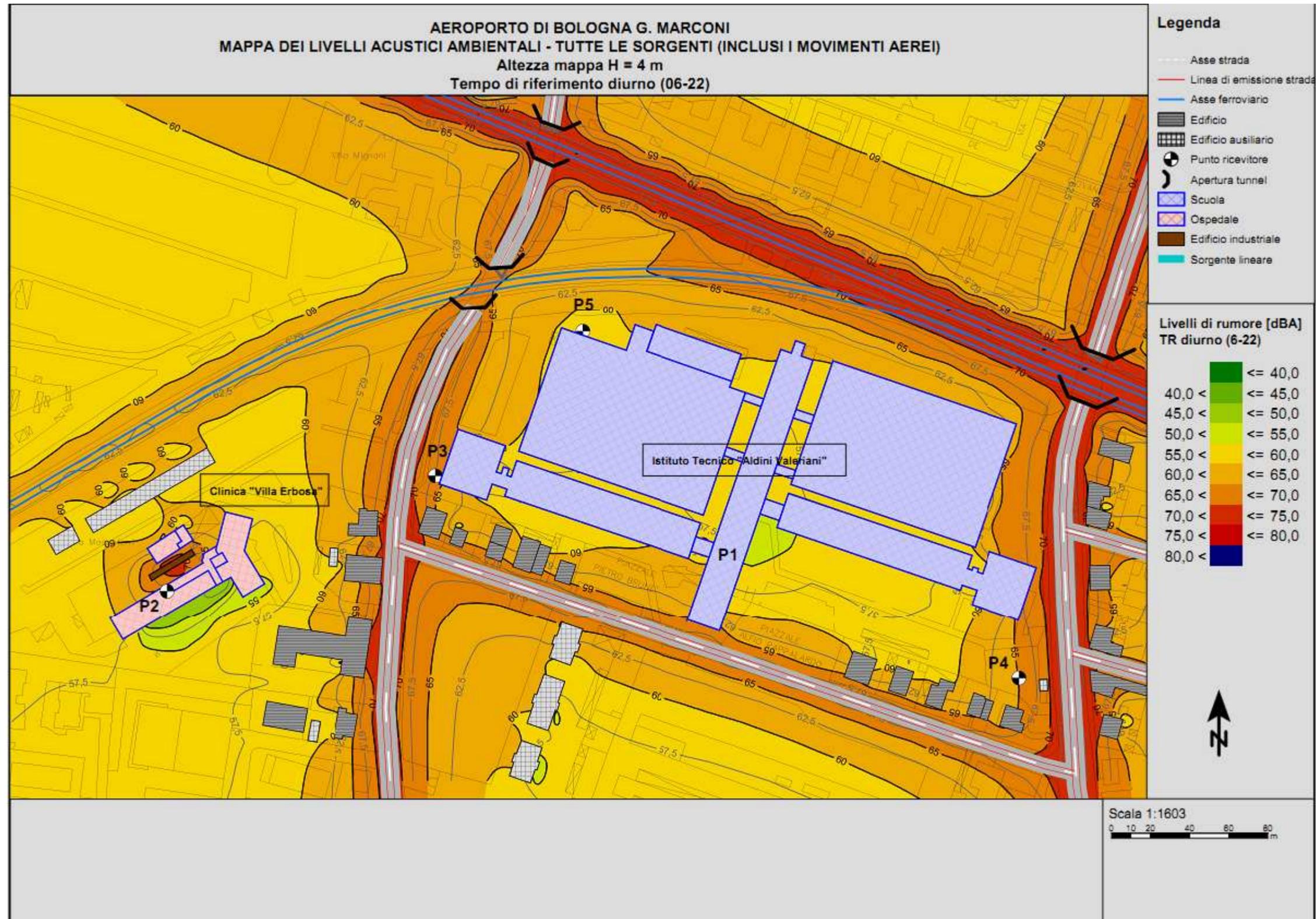
Sulla base dei risultati di verifica della calibrazione si può affermare che il modello di simulazione rappresenta in modo sufficientemente esatto la realtà acustica dell'area.

## **7 MAPPE DI SIMULAZIONE**

Nelle pagine seguenti si riportano le seguenti mappe isolivello calcolate a 4 m di altezza da terra in periodo di riferimento diurno (06-22):

- MAPPA DEI LIVELLI ACUSTICI AMBIENTALI - TUTTE LE SORGENTI (INCLUSI I MOVIMENTI AEREI);
- MAPPA DEI LIVELLI ACUSTICI AMBIENTALI - TUTTE LE SORGENTI (ESCLUSI I MOVIMENTI AEREI).

Inoltre si riportano la mappa di ricostruzione 3D dell'area (DTM ed edifici) con indicazione dei punti di misura (cerchi gialli) e di simulazione (cerchi verdi), e a seguire le tabelle con i valori numerici a varie quote dei livelli sonori simulati. Si precisa che la quota del piano terra è a 1,5 m dal p.c. e i piani hanno altezza pari a 3 m, perciò ad esempio il piano primo si considera a quota 4,5 m dal p.c. e così via.



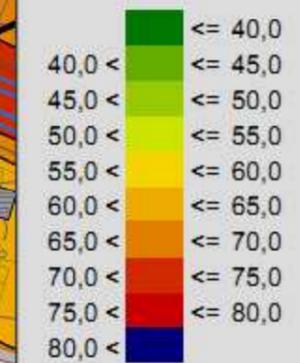
**AEROPORTO DI BOLOGNA G. MARCONI**  
**MAPPA DEI LIVELLI ACUSTICI AMBIENTALI - TUTTE LE SORGENTI (ESCLUSI I MOVIMENTI AEREI)**  
 Altezza mappa H = 4 m  
 Tempo di riferimento diurno (06-22)

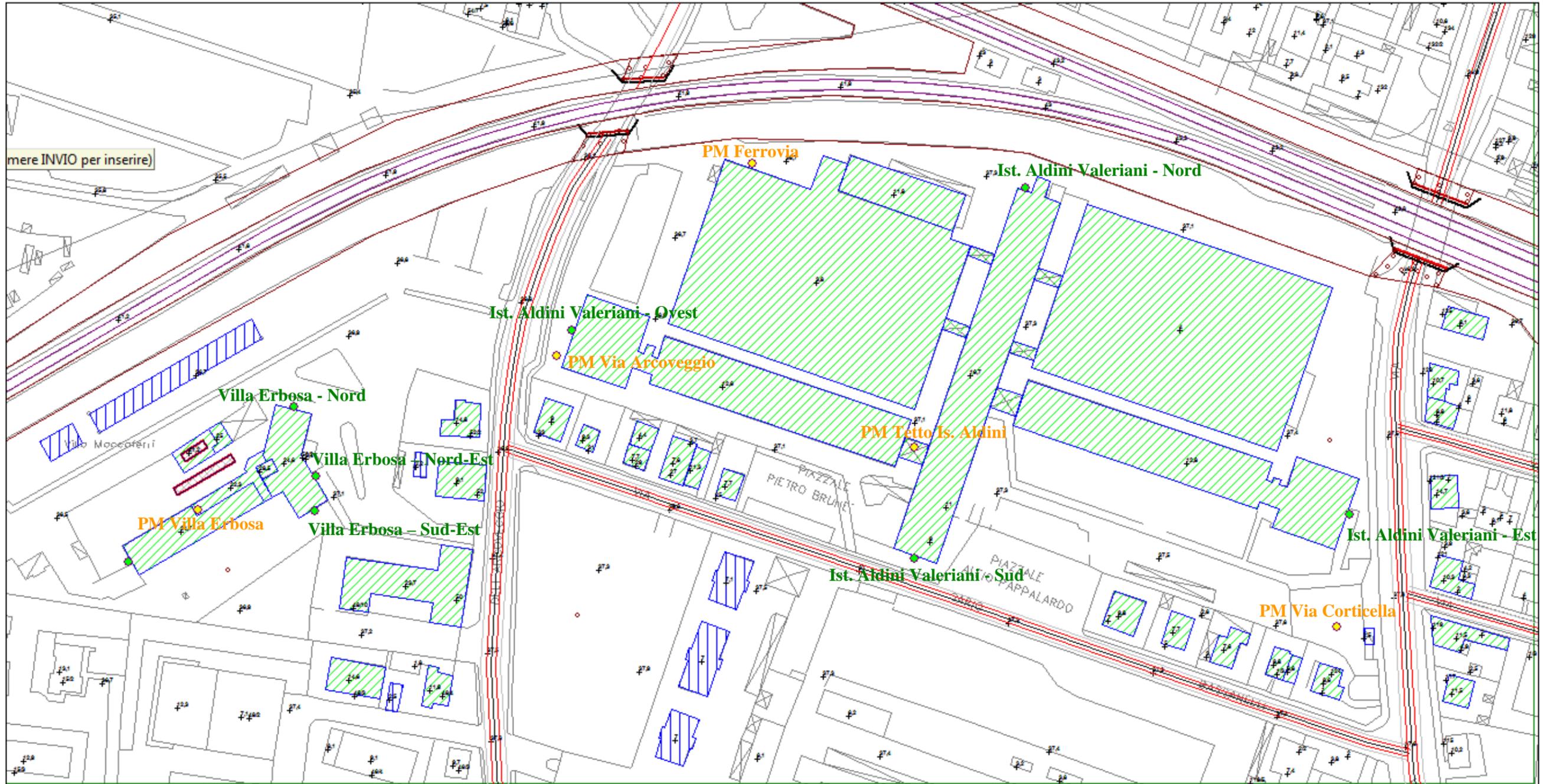


**Legenda**

- Asse strada
- Linea di emissione stradale
- Asse ferroviario
- Edificio
- Edificio ausiliario
- Punto ricevitore
- ⌋ Apertura tunnel
- Scuola
- Ospedale
- Edificio industriale
- Sorgente lineare

**Livelli di rumore [dBA]**  
**TR diurno (6-22)**





## Simulazione acustica Aeroporto BO Livelli ambientali ai ricettori (inclusi i movimenti aerei)

**2**

Ricevitore	Piano	Direzione	Lg dB(A)	
Ist. Aldini Valeriani - Est	piano terra	E	66,8	
	piano 1		69,1	
	piano 2		69,1	
Ist. Aldini Valeriani - Nord	piano terra	N	59,3	
	piano 1		61,9	
	piano 2		64,7	
	piano 3		65,6	
Ist. Aldini Valeriani - Ovest	piano terra	W	65,4	
	piano 1		67,1	
	piano 2		65,1	
Ist. Aldini Valeriani - Sud	piano terra	S	65,8	
	piano 1		66,3	
	piano 2		65,7	
	piano 3		65,1	
PM ferrovia	piano terra		60,0	
PM tetto Ist. Aldini	piano terra		59,6	
PM via Arcoveggio	piano terra		67,2	
PM via Corticella	piano terra		65,1	
PM Villa Erbosa	piano terra		63,7	
Villa Erbosa - Nord	piano terra	N	58,4	
	piano 1		59,3	
	piano 2		59,9	
	piano 3		60,1	
	piano 4		60,3	
	piano 5		60,6	
	piano 6		60,8	
Villa Erbosa - Nord-Est	piano terra	NE	54,1	
	piano 1		57,0	
	piano 2		58,6	
	piano 3		59,1	
	piano 4		59,5	
	piano 5		59,9	
	piano 6		60,4	
Villa Erbosa - Sud-Est	piano terra	SE	49,1	
	piano 1		53,4	
	piano 2		55,3	
	piano 3		55,8	
	piano 4		56,3	
	piano 5		56,7	
	piano 6		57,7	

## Simulazione acustica Aeroporto BO Livelli ambientali ai ricettori (esclusi i movimenti aerei)

**2**

Ricevitore	Piano	Direzione	Lg dB(A)	
Ist. Aldini Valeriani - Est	piano terra	E	66,8	
	piano 1		69,1	
	piano 2		69,1	
Ist. Aldini Valeriani - Nord	piano terra	N	57,8	
	piano 1		61,1	
	piano 2		64,3	
	piano 3	65,2		
Ist. Aldini Valeriani - Ovest	piano terra	W	64,6	
	piano 1		66,8	
	piano 2		64,6	
Ist. Aldini Valeriani - Sud	piano terra	S	65,5	
	piano 1		66,0	
	piano 2		65,3	
	piano 3	64,6		
PM ferrovia	piano terra		58,4	
PM tetto Ist. Aldini	piano terra		57,7	
PM via Arcoveggio	piano terra		66,7	
PM via Corticella	piano terra		64,8	
PM Villa Erbosa	piano terra		62,8	
Villa Erbosa - Nord	piano terra	N	55,1	
	piano 1		56,7	
	piano 2		57,7	
	piano 3		58,1	
	piano 4		58,3	
	piano 5		58,5	
	piano 6	59,0		
Villa Erbosa - Nord-Est	piano terra	NE	54,0	
	piano 1		56,9	
	piano 2		58,5	
	piano 3		59,1	
	piano 4		59,5	
	piano 5		59,8	
	piano 6	60,0		
Villa Erbosa - Sud-Est	piano terra	SE	48,7	
	piano 1		53,3	
	piano 2		55,2	
	piano 3		55,7	
	piano 4		56,0	
	piano 5		56,3	
	piano 6	56,7		

## Simulazione acustica Aeroporto BO 2

### Livelli ambientali ai ricettori (solo movimenti aerei)

Ricevitore	Piano	Direzione	Lg dB(A)	
Ist. Aldini Valeriani – Est	piano terra	E	0	
	piano 1		0	
	piano 2		0	
Ist. Aldini Valeriani – Nord	piano terra	N	54,0	
	piano 1		54,2	
	piano 2		54,1	
	piano 3		55,0	
Ist. Aldini Valeriani – Ovest	piano terra	W	57,7	
	piano 1		55,3	
	piano 2		55,5	
Ist. Aldini Valeriani – Sud	piano terra	S	54,0	
	piano 1		54,5	
	piano 2		55,1	
	piano 3		55,5	
PM Ferrovia	piano terra		54,9	
PM tetto Ist. Aldini	piano terra		55,1	
PM Via Arcoveggio	piano terra		57,6	
PM Corticella	piano terra		53,3	
PM Villa Erbosa	piano terra		56,4	
Villa Erbosa – Nord	piano terra	N	55,7	
	piano 1		55,8	
	piano 2		55,9	
	piano 3		55,8	
	piano 4		56,0	
	piano 5		56,4	
	piano 6		56,1	
Villa Erbosa – Nord-Est	piano terra	NE	37,7	
	piano 1		40,6	
	piano 2		42,2	
	piano 3		0	
	piano 4		0	
	piano 5		43,5	
	piano 6		49,8	
Villa Erbosa – Sud-Est	piano terra	SE	38,5	
	piano 1		37,0	
	piano 2		38,9	
	piano 3		39,4	
	piano 4		44,5	
	piano 5		46,1	
	piano 6		50,8	

## 8 CONCLUSIONI

La modellazione acustica svolta per i due ricettori “Istituto Aldini Valeriani” e “Villa Erbosa”, esposti a sorgenti sonore lineari significative (via dell’Arcoveggio, via Corticella e cintura ferroviaria), oltre che al rumore di origine aeroportuale, ha consentito una lettura più dettagliata delle immissioni sonore indotte dai sorvoli aerei rispetto alla ferrovia e alle strade.

La modellazione acustica è stata tarata sugli esiti di specifiche misure di traffico stradale, ferroviario e aereo eseguite in sito, e consente di fotografare la situazione acustica attuale mostrando graficamente in maniera rapida e semplice il contributo di ogni singola sorgente infrastrutturale.

In generale si osserva come l’impatto sonoro degli aeromobili condizioni i livelli acustici delle facciate ovest e nord sia dell’Istituto Aldini Valeriani che di Villa Erbosa, mentre per le facciate a sud e est non si rileva una differenza significativa in presenza e in assenza del traffico aereo. Il dato è da ricondurre al tracciato dei decolli che avvengono quasi esclusivamente a nord-ovest dell’area in esame, per cui si determina di conseguenza una schermatura dei sorvoli sulle facciate opposte, sulle quali sono attesi livelli di immissione inferiori da parte della sorgente aeroportuale.