

**Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna**

**Sede legale** Via Po, 5 | 40139 Bologna | tel 051 6223811 | [dir@arpae.it](mailto:dir@arpae.it) | [www.arpae.it](http://www.arpae.it) | P.IVA e C.F. 04290860370

**Sezione di Bologna** | Via Francesco Rocchi, 19 | 40138 Bologna | tel 051 396211 | [urpbo@arpae.it](mailto:urpbo@arpae.it) | PEC [aoobo@cert.arpa.emr.it](mailto:aoobo@cert.arpa.emr.it)

**Distretto di Bologna** Via Francesco Rocchi, 19 | 40138 Bologna

# Rapporto tecnico di monitoraggio del rumore aeroportuale

Esecuzione dei rilievi, elaborazione e redazione:

Maurizio Gherardi\*

Chiara Agostini\*

Responsabile del Distretto Urbano:

Cristina Regazzi

\* Tecnico competente in acustica ambientale ai sensi della Legge 447/1995 – Legge quadro sull'inquinamento acustico

## Indice

1. Premessa e obiettivi del lavoro	2
2. Norme e imiti di riferimento	2
3. Il sistema SARA	4
4. Postazione 1 (Bargellino)	5
5. Postazione 4 (Lippo)	7
6. Risultati	9
Appendice 1. L'indice di valutazione del rumore aeroportuale	11
Appendice 2. Strumentazione utilizzata	12

## 1. Premessa

L'attività descritta nel presente rapporto tecnico ha riguardato l'esecuzione di monitoraggi in continuo in corrispondenza di due postazioni del Sistema di Acquisizione e analisi del Rumore Aeroportuale (SARA) gestito da SAB, al fine e ai sensi del DPR 11/12/1997 n. 496, art. 2, comma 5.

## 2. Norme e limiti di riferimento

Il principale riferimento normativo è costituito dal DM del 31/10/1997 "Metodologia di misura del rumore aeroportuale" che, oltre ai criteri e modalità di misura del rumore emesso dagli aeromobili nelle attività aeroportuali, disciplina le procedure per l'adozione di misure di riduzione del rumore aeroportuale, per la classificazione degli aeroporti e del loro intorno in relazione al livello di inquinamento acustico e per la determinazione delle caratteristiche dei sistemi di monitoraggio.

Per quanto concerne i criteri e le modalità di misura del rumore aeroportuale il DM 31/10/1997 introduce l'indice di valutazione LVA che esprime l'impronta al suolo delle emissioni sonore prodotte dal sorvolo degli aeromobili ed è quindi indipendente dal contesto della zona interessata e dalla rumorosità caratteristica della stessa.

Il decreto citato individua il periodo diurno nell'intervallo compreso fra le 6 e le 23 e il periodo notturno nell'intervallo di tempo compreso fra le 23 e le 6; l'indice LVA è calcolato su base settimanale.

Relativamente alla caratterizzazione acustica del territorio sono istituite delle aree di rispetto denominate Zona A, Zona B e Zona C.

Per quanto concerne la Zona A, caratterizzata dai valori di LVA pari o inferiori a 65 dBA non sono previste limitazioni all'uso del territorio. All'interno della Zona B (indice LVA compreso fra 65 dBA e 75 dBA) possono insediarsi attività agricole ed allevamenti di bestiame, attività industriali e assimilate, attività commerciali, attività di ufficio, terziario e assimilate previa adozione di adeguate misure di isolamento acustico. All'interno della Zona C (indice LVA superiori a 75 dBA) possono svolgersi esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso ed i servizi delle infrastrutture aeroportuali.

Il citato decreto stabilisce inoltre le caratteristiche della strumentazione e delle modalità di misura per la caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale (sistema di monitoraggio assistito e non assistito).

Il DM del 20/5/1999 "Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico" definisce nel dettaglio le specifiche di un sistema di monitoraggio per il rilievo del rumore di origine aeroportuale, con particolare riferimento alla composizione del sistema stesso, al numero e alle caratteristiche delle stazioni di misura, all'ubicazione di tali stazioni e alle informazioni necessarie al fine di caratterizzare acusticamente ogni singolo evento.

Tale decreto stabilisce inoltre la procedura da seguire in fase di classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico.

Ulteriori disposizioni e attribuzioni di competenze sono riportate nel DPR dell'11/12/1997, "Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili", decreto che prevede limitazioni al traffico aereo notturno (dalle 23 alle 6), nonché una verifica almeno biennale delle emissioni sonore degli aeromobili in esercizio, a cura dell'ente nazionale per l'aviazione civile.

Il DPR del 11/12/1997 stabilisce anche che la violazione delle procedure antirumore, rilevata dall'esame dei dati del sistema di monitoraggio di cui al DM 31/10/1997, sia contestata all'esercente dell'aeromobile dal direttore della circoscrizione aeroportuale che provvede alla riscossione delle sanzioni amministrative previste.

L'ente o la società aeroportuale provvede alla gestione e alla manutenzione del sistema di monitoraggio, mentre ARPAE esegue ispezioni periodiche per verificarne l'efficienza ed il rispetto al disposto del decreto;

Infine il DM del 3/12/1999 "Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti" definisce i criteri in base ai quali le commissioni locali previste dal DM 31/10/1997 provvedono alla definizione delle procedure antirumore e alla definizione della classificazione acustica dell'intorno aeroportuale stabilendo i confini delle tre aree di rispetto: Zona A, Zona B, Zona C.

Per determinare il rumore prodotto dal sorvolo degli aeromobili il DM 31/10/1997 ha introdotto l'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA la cui procedura di calcolo viene descritta in Allegato A del DM stesso. Come riportato in dettaglio in Appendice 1, l'indice LVA è costruito acquisendo il contenuto energetico dei singoli sorvoli: la normativa prescrive il rilievo in continuo del livello di pressione sonora ponderata con la curva "A" acquisita con costante di tempo *Fast* relativa ai movimenti aerei. Viene richiesto di restituire il valore  $L_{AFmax}$  collegato all'evento ovvero *"il livello massimo della pressione sonora in curva di ponderazione "A", con la costante di tempo Fast"*. L'acquisizione di  $L_{AFmax}$  è finalizzata al calcolo del SEL (Sound Exposure Level) che deve essere svolto per tutti gli eventi acquisiti e compresi tra il valore di  $L_{AFmax}$  e il valore di  $L_{AF}$  superiori a  $L_{AFmax} - 10dB$ . Il calcolo del SEL ottenuto nel modo indicato dal decreto, può comportare sia delle sottostime sia delle sovrastime del SEL; a titolo di esempio si veda quanto riportato in Appendice 2.

I livelli sonori riferiti a tali eventi vengono distribuiti sugli interi periodi di riferimento diurno (LVAd) e notturno (LVAn) al fine di ottenere un valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale (LVAj), ed infine costruire l'indice sulla base di 21 LVAj ricavati dalla settimana peggiore per ciascuno dei tre periodi 1 ottobre - 31 gennaio, 1 febbraio - 31 maggio; 1 giugno - 30 settembre.

### 3. Il sistema SARA

Il sistema denominato SARA (Sistema Acquisizione e Analisi Rumore Aeroportuale) è strutturato in modo da monitorare le operazioni di decollo ed atterraggio e registrare in continuo i dati degli eventi sonori per l'effettuazione del calcolo dell'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA, secondo quanto disposto dal DM 30/10/1997 e dal DM 20/5/1999.

Le stazioni sono programmate per rilevare in continuo il livello di pressione sonora ponderata "A" con costante di tempo *Fast*.

I dati rilevati dalle singole stazioni, corrispondenti agli eventi estratti sulla base delle soglie temporali e di livello, sono trasmessi, gestiti ed elaborati presso il centro di controllo dove avviene la correlazione automatica al traffico aereo sulla base delle tracce radar fornite dall'ente nazionale di assistenza al volo.

Le stazioni di monitoraggio sono costituite da un terminale di rilevamento (microfono per esterni di classe 1) collegato ad un box in cui trovano alloggio fonometro/analizzatore di frequenza in tempo reale di classe 1 e computer che acquisisce e memorizza i dati rilevati fino al trasferimento giornaliero su apposito server, mediante collegamento con rete UMTS.

Le stazioni di monitoraggio, per ogni singolo evento riconosciuto, restituiscono data, ora e durata dell'evento, correlazione con traccia radar (o eventuale correlazione manuale) unitamente a SEL,  $L_{Aeq}$  e  $L_{AFmax}$  dello stesso.

L'insieme degli eventi riconosciuti e considerati correlati costituisce la base per il calcolo dell'LVA.

Nel corso della presente verifica la strumentazione di Arpae è stata collocata in prossimità delle seguenti stazioni di monitoraggio, tutte ricadenti nella zona A dell'intorno aeroportuale:

- Postazione 1 (Bargellino)
- Postazione 4 (Lippo)

## 4. Postazione 1 (Bargellino)

Il punto di rilievo corrispondente alla Postazione 1 si trova a circa 1,2 km dalla pista, sulla rotta seguita dagli aeromobili, sia in fase d'atterraggio sia in fase di decollo.

La stazione è collocata in un'area ad uso artigianale.

Le sorgenti sonore che influiscono sul clima acustico dell'area sono costituite dal traffico su via Persicetana, a circa 130 metri di distanza, e dalla viabilità interna della zona artigianale; in particolare sul tratto interno di Via Bargellino in cui si trova la centralina transitano autocarri e TIR che, seppur a bassa velocità, per la vicinanza al microfono possono determinare acquisizioni di eventi non corrispondenti a movimenti aerei. Il clima acustico presso la postazione di misura è caratterizzato da un rumore di fondo pari a circa 55 dB(A) mantenuto a tale livello soprattutto dal funzionamento continuo di vicini impianti tecnologici.

La strumentazione Arpae per le misure in continuo è stata collocata in posizione molto prossima a quella del sistema SARA, con i microfoni a circa 2 m di distanza l'uno dall'altro.

Il box è stato posizionato il 30 novembre 2015 e ritirato il 3 dicembre.

I giorni di misura sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche buone, con assenza di precipitazioni e vento inferiore a 5 m/s.

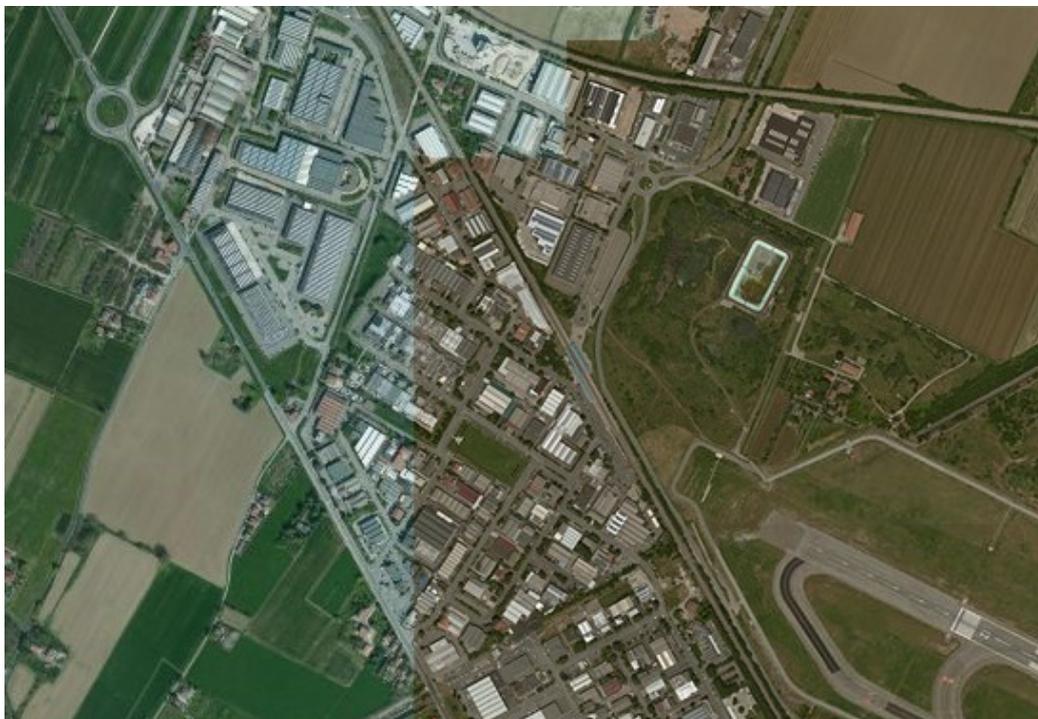


Figura 4.1. Localizzazione della Postazione 1 (Bargellino)



Figura 4.2. Strumentazione Arpae presso la Postazione 1 (Bargellino).

## 5. Postazione 4 (Lippo)

Il punto di rilievo corrispondente alla Postazione 4 si trova a circa 300 m dalla pista.

La stazione è collocata in un'area a destinazione residenziale.

Non vi sono sorgenti sonore di rilievo in quanto la stazione è posizionata in prossimità di un parcheggio su di una strada senza uscita.

Il clima acustico presso la postazione di misura è caratterizzato da un rumore di fondo pari a circa 50 dB(A) di giorno e 40 dB(A) di notte.

La strumentazione Arpae per le misure in continuo è stata collocata sullo stesso palo sistema SARA, con i microfoni a circa 2 m di distanza l'uno dall'altro.

Il box è stato posizionato il 3 dicembre 2015 e ritirato il 9 dicembre.

I giorni di misura sono stati caratterizzati da condizioni meteorologiche buone, con assenza di precipitazioni e vento inferiore a 5 m/s.

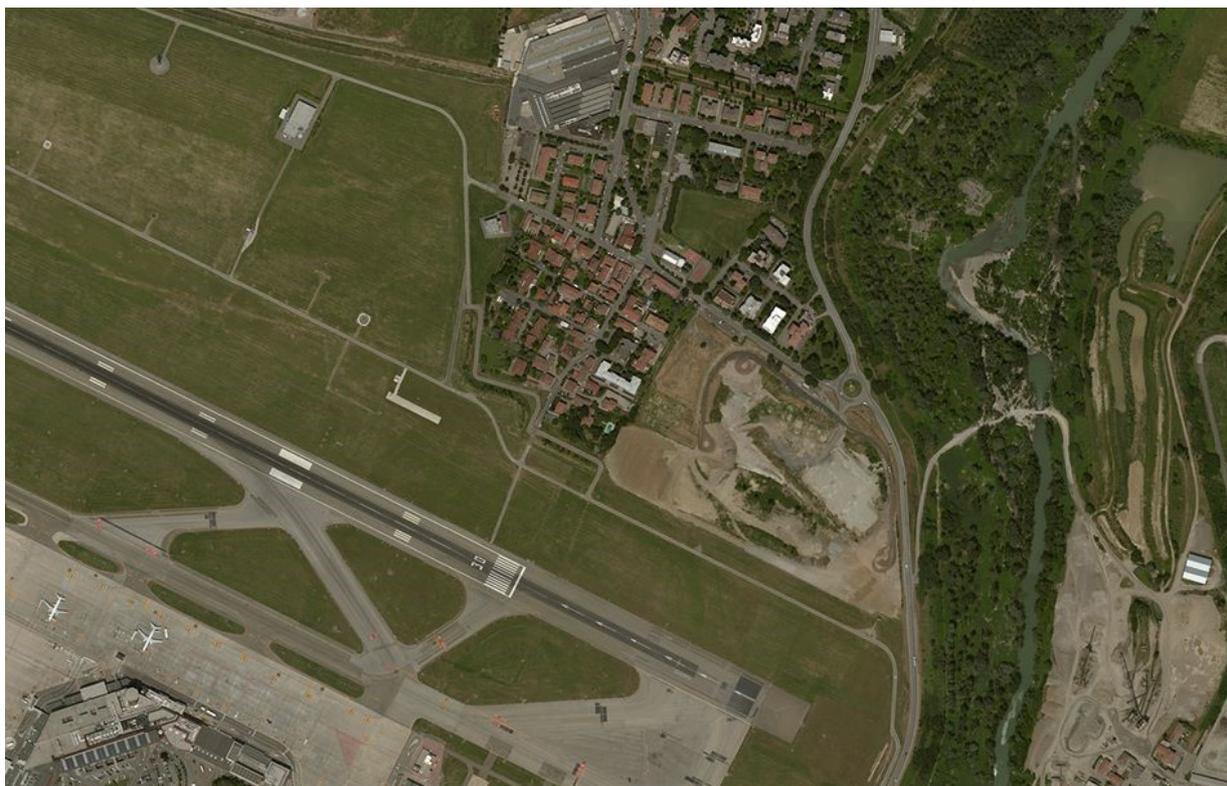


Figura 5.1. Localizzazione della Postazione 4 (Lippo).



Figura 5.2. Strumentazione Arpae presso la Postazione 4 (Lippo).

## 6. Risultati

In fase di post elaborazione sono stati estratti dalla storia temporale acquisita gli eventi corrispondenti ai transiti di aeromobili impostando una soglia per il livello pari a 62 dB(A) per una durata non inferiore a 6 s. Per ogni giorno sono stati calcolati i valori di LVA diurno e notturno.

Gli eventi così selezionati sono stati messi a confronto con i dati SARA in riferimento ai livelli diurni, notturni e giornalieri, e, a campione, è stata verificata l'equivalenza dei SEL.

I risultati dei monitoraggi sono riportati in Tabelle da 6.1. a 6.4..

Postazione 1	LVA dB(A) SAB	LVA dB(A) Arpae	differenza LVA dB(A)
1/12/2015	62,3	61,7	0,6
2/12/2015	61,9	61,4	0,5
<b>Totale</b>	<b>62,1</b>	<b>61,6</b>	<b>0,6</b>

Tabella 6.1. Postazione 1 (Bargellino) - LVA diurno dall'1 al 2/12/2015.

Postazione 1	LVA dB(A) SAB	LVA dB(A) Arpae	differenza LVA dB(A)
30/11/2015	67,4	66,8	0,6
1/12/2015	65,4	64,9	0,5
2/12/2015	63,8	63,6	0,2
<b>Totale</b>	<b>65,8</b>	<b>65,3</b>	<b>0,5</b>

Tabella 6.2. Postazione 1 (Bargellino) - LVA notturno dal 30/11 al 2/12/ 2015.

Postazione 4	LVA dB(A) SAB	LVA dB(A) Arpae	differenza LVA dB(A)
4/12/2015	63,0	63,0	0,0
5/12/2015	61,6	61,6	0,0
6/12/2015	61,4	61,2	0,2
7/12/2015	61,3	60,9	0,4
8/12/2015	61,0	60,6	0,4
<b>Totale</b>	<b>61,7</b>	<b>61,5</b>	<b>0,2</b>

Tabella 6.3. Postazione 4 (Lippo) - LVA diurno dal 4 all'8/12/2015.

Postazione 4	LVA dB(A) SAB	LVA dB(A) Arpae	differenza LVA dB(A)
3/12/2015	63,7	63,5	0,2
4/12/2015	66,7	67,0	-0,3
5/12/2015	55,6 / 57,9(*)	56,8	-1,3 / 1,2
6/12/2015	56,2	55,0	1,2
7/12/2015	63,7	62,7	1,1
<b>Totale</b>	<b>63,1</b>	<b>63,0</b>	<b>0,1</b>

Tabella 6.4. Postazione 4 (Lippo) - LVA diurno dal 3 al 8/12/2015.

(\*) dato corretto manualmente in base alla traccia radar

Le differenze di LVA riscontrate fra i rilievi ARPA e i dati SAB sono riconducibili, oltre che alla diversa risposta dei sistemi di acquisizione, alle diverse posizioni dei microfoni e al numero diverso di eventi acustici sui quali viene costruito il parametro LVA.

Fermo restando quanto sopra esposto, pur con le approssimazioni del caso, dall'esame dei dati riportati nelle precedenti tabelle si rileva un buon accordo fra i valori riscontrati dai due sistemi di monitoraggio.

Le differenze rilevate sono entro i margini di tolleranza per cui si ritiene che i dati utili a comporre il parametro di legge siano restituiti in modo adeguato.

## Appendice 1. L'indice di valutazione del rumore aeroportuale

Il DM 31/10/1997 (allegato A) per valutare il rumore prodotto dal sorvolo degli aeromobili introduce l'indice di valutazione del rumore aeroportuale LVA definito dalla seguente espressione

$$L_{VA} = 10 \log \left[ \frac{1}{N} \sum_{j=1}^N 10^{\frac{L_{VAj}}{10}} \right] dB(A)$$

in cui:

LVA rappresenta il livello di valutazione del rumore aeroportuale;

N è il numero dei giorni del periodo di osservazione del fenomeno pari a 21 ovvero tre settimane aventi il maggior numero di movimenti in relazione ai periodi 1 ottobre - 31 gennaio, 1 febbraio - 31 maggio, 1 giugno - 30;

LVAj è il valore giornaliero del livello di valutazione del rumore aeroportuale che si determina considerando tutte le operazioni a terra e di sorvolo che si manifestano nell'arco della giornata compreso tra le ore 0 e le 24, acquisendo, a partire da rilievi in continuo, il contenuto energetico dei singoli sorvoli.

L'espressione per il calcolo dell'indice LVAj è la seguente

$$L_{VAj} = 10 \log \left[ \frac{17}{24} 10^{\frac{L_{VAjd}}{10}} + \frac{7}{24} 10^{\frac{L_{VAjn}}{10}} \right] dB(A)$$

dove

$$L_{VAjd} = 10 \log \left[ \frac{1}{T_d} \sum_{i=1}^{N_d} 10^{\frac{SEL_{di}}{10}} \right] dB(A)$$

è il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo diurno (LVA<sub>d</sub>) in cui T<sub>d</sub> = 61200s (17 ore), N<sub>d</sub> è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in tale periodo e SEL<sub>i</sub> è il livello dell'iesimo evento sonoro associato al singolo movimento;

$$L_{VAjn} = \left[ 10 \log \left( \frac{1}{T_n} \sum_{k=1}^{N_n} 10^{\frac{SEL_{nk}}{10}} \right) + 10 \right] dB(A)$$

è il livello di valutazione del rumore aeroportuale nel periodo notturno (LVA<sub>n</sub>) in cui T<sub>n</sub> = 25200s (7 ore), N<sub>n</sub> è il numero totale dei movimenti degli aeromobili in tale periodo, SEL<sub>k</sub> è il livello sonoro del k-esimo evento associato al singolo movimento.

Il livello dell'evento sonoro associato al singolo movimento di aeromobili SEL è determinato dalla seguente relazione

$$SEL_i = 10 \log \left[ \frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{P_{A_i}^2(t)}{P_0^2} dt \right] = \left( L_{Aeq,T_i} + 10 \log \frac{T_i}{T_0} \right) dB(A)$$

in cui T<sub>0</sub> = 1 s è il tempo di riferimento; t<sub>1</sub> e t<sub>2</sub> rappresentano gli istanti iniziale e finale della misura, ovvero la durata dell'evento T<sub>i</sub> = (t<sub>2</sub> - t<sub>1</sub>) in cui il livello LA risulta superiore alla soglia LAF<sub>max</sub> - 10 dB(A); P<sub>Aj</sub>(t) è il valore istantaneo della pressione sonora dell'evento iesimo ponderata A e P<sub>0</sub>=20μPa rappresenta la pressione sonora di riferimento; LA<sub>eq,Ti</sub> è il livello continuo equivalente di pressione sonora ponderata A dell'i-esimo evento sonoro; LAF<sub>max</sub> è il livello massimo della pressione sonora in curva di ponderazione "A", con la costante di tempo "Fast" collegato all'evento.

## Appendice 2. Strumentazione utilizzata

Le misure sono state eseguite impiegando strumentazione di classe 1, così come prescritto dal DM 16/3/1998, decreto attuativo della LQ n. 447 del 26/10/1995, tutta in regolare corso di taratura biennale; l'elenco completo della strumentazione utilizzata è riportato in Tabella A2.1.

Le catene di misura sono state calibrate prima e dopo i cicli di misura, ottenendo differenze non superiori a 0,5 dB. Le unità microfoniche sono state accessoriate con protezione per esterni adeguata a garantire protezione per almeno una settimana.

La strumentazione è stata impostata per acquisire livelli di pressione sonora con costante di tempo *Fast* e restituire uno "short Leq" ponderato con curva "A" ogni secondo.

Strumentazione
Fonometro 01dB SOLO n. 65150, capsula microfonica 01 dB MCE n. 134812 e preamplificatore 01dB PRE21 n. 15583
Calibratore 01dB CAL 21 n. 50241558
Fonometro L&D 831 n. 2613, capsula microfonica L&D 377B02 n. 124951 e preamplificatore L&D PRM831 n. 19181
Calibratore L&D CAL 200 n. 8699
Cavi di collegamento lunghi 5/10 metri
Box per esterno a tenuta stagna
Software di post-elaborazione: dBTrait32 v. 4.021 e NWwin2 v.2.8.1

Tabella A2.1. Strumentazione utilizzata.