

# Linee Guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale

Delibera del Consiglio Federale  
Seduta del 20 ottobre 2012 - DOC. N. 27/12





# **Linee Guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale**

---

**Delibera del Consiglio Federale  
Seduta del 20 ottobre 2012 - DOC. N. 27/12**

---

## **Informazioni legali**

L'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), le Agenzie Regionali per la Protezione dell'Ambiente (ARPA), le Agenzie Provinciali per la Protezione dell'Ambiente (APPA) e le persone che agiscono per loro conto non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in questo rapporto.

**ISPRA** - Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale  
Via Vitaliano Brancati, 48 – 00144 Roma  
[www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

ISPRA, Rapporti 102/2013  
ISBN 978-88-448-0635-4

Riproduzione autorizzata citando la fonte

## **Elaborazione grafica**

ISPRA

*Grafica di copertina:* Franco Iozzoli

*Foto di copertina:* Franco Iozzoli

## **Coordinamento editoriale:**

Daria Mazzella

**ISPRA** – Settore Editoria

Novembre 2013

---

---

## ***AUTORI***

Salvatore Curcuruto	(ISPRA)
Maurizio Bassanino	(ARPA Lombardia)
Mauro Mussin	(ARPA Lombardia)
Alessandra Balestreri	(ARPA Lombardia)
Delio Atzori	(ISPRA)
Enrico Lanciotti	(ISPRA)
Giuseppe Marsico	(ISPRA)
Francesca Sacchetti	(ISPRA)
Rosalba Silvaggio	(ISPRA)

Con la collaborazione di:

Tina Fabozzi	(ARPA Lazio)
Paolo De Forza	(SACBO S.p.A.– Aeroporto Bergamo Orio al Serio)



## SOMMARIO

<b>CAPITOLO 1 - GENERALITÀ</b> .....	<b>5</b>
1.1 Premessa .....	5
1.2 Componenti del sistema di monitoraggio .....	8
1.3 Gestione del sistema .....	10
1.4 Verifica e audit.....	13
1.5 Flusso informativo .....	14
<b>CAPITOLO 2 - PROGETTAZIONE</b> .....	<b>17</b>
2.1 Le stazioni di misura .....	17
2.1.1 Numero e ubicazione delle postazioni .....	17
2.1.2 Strumenti e loro caratteristiche .....	22
2.1.3 Operatività .....	23
2.2 Stazioni per l'acquisizione dei dati meteo climatici.....	27
2.3 Il Centro di Elaborazione Dati (CED) .....	29
2.3.1 Trasmissione .....	29
2.3.2 Requisiti del CED .....	30
<b>CAPITOLO 3 - GESTIONE DEL SISTEMA</b> .....	<b>32</b>
3.1 Manutenzione.....	32
3.1.1 Stazione .....	32
3.1.2 Centro di Elaborazione Dati .....	38
3.2 Elaborazione dati.....	43
3.2.1 Identificazione degli eventi acustici .....	43
3.2.2 Acquisizione dei dati relativi ai voli .....	45
3.2.3 Correlazione degli eventi ai voli .....	46
3.2.4 Determinazione dell'indice $L_{VA}$ e validazione.....	50
3.2.5 Determinazione del rumore non aeronautico .....	53
<b>CAPITOLO 4 - VERIFICA DELL'EFFICIENZA DEL SISTEMA</b> .....	<b>54</b>
4.1 Verifica dei requisiti di sistema .....	54
4.2 Verifica dell'efficienza della gestione.....	55
4.2.1 Manutenzione .....	55
4.2.2 Elaborazione .....	56
4.3 Validazione dei dati.....	57
<b>CAPITOLO 5 - INFORMAZIONE E REPORTING</b> .....	<b>59</b>
5.1 Rapporti periodici .....	59
5.1.1 Rapporti redatti dal gestore del sistema .....	59
5.1.2 Rapporti redatti da ARPA.....	61
5.2 Informazione al pubblico .....	62

5.3	Gestione delle lamentele.....	63
5.4	Procedure antirumore e contestazione delle eventuali violazioni.....	65
<b>APPENDICE A - INCERTEZZA NELLA MISURA DEL RUMORE PRESSO LA SINGOLA STAZIONE.....</b>		<b>68</b>
A.1	Introduzione.....	68
A.2	Incertezze nel livello di pressione sonora misurato .....	69
A.3	Incertezza del livello di esposizione sonora al momento di rilevazione dell'evento .....	69
A.4	Incertezza nel post-processing.....	70
A.5	Esempio di calcolo dell'incertezza.....	70
A.6	Altri fattori.....	71
<b>APPENDICE B - I INDAGINE PRELIMINARE ALLA COLLOCAZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA .....</b>		<b>72</b>
<b>APPENDICE C - GLOSSARIO .....</b>		<b>74</b>
C.1	Indice delle voci di glossario .....	77

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 1-1: Schema di attribuzione degli eventi.	11
Figura 1-2: Schema del processo di audit e di verifica dell'efficienza del sistema.	14
Figura 1-3: Schema del passaggio di informazioni tra i diversi Enti coinvolti.	15

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1-1: Normativa di riferimento per il rumore aeroportuale e il relativo monitoraggio.	5
Tabella 2-1: Determinazione del numero di stazioni di misura.	19
Tabella 2-2: Criteri di localizzazione delle stazioni di misura.	21
Tabella 2-3: Modalità di funzionamento per tipologia di stazione di misura.	23
Tabella 2-4: Parametri da acquisire in funzione della tipologia di stazione di misura.	26
Tabella 2-5: Tipologie di parametri meteorologici acquisiti e dati da considerare.	27
Tabella 2-6: Modalità di comunicazione tra la stazione di misura e il centro elaborazione dati.	30
Tabella 3-1: Azioni correttive in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica nella stazione di misura.	37
Tabella 3-2: Azioni correttive in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica per il sistema centrale (CED).	39
Tabella 3-3: Problematiche della fase di trasmissione e azioni correttive.	40
Tabella 3-4: Possibilità di interruzione della trasmissione e soluzioni.	41
Tabella 3-5: Azioni correttive dirette per il ripristino della trasmissione dei dati.	42
Tabella 3-6: Valutazione degli eventi non correlati in funzione della loro origine.	48
Tabella 3-7: Azioni correttive per il calcolo dell' $L_{VA}$ , per ciascuna settimana.	52
Tabella 3-8: Criteri di validazione dei dati per il calcolo dell'indice $L_{VAj}$ .	52
Tabella 4-1: Parametri di verifica dei requisiti di sistema.	54
Tabella 4-2: Verifica dello stato di manutenzione del sistema.	55
Tabella 4-3: Parametri per la verifica dell'elaborazione.	56
Tabella 4-4: Sintesi del processo di validazione dei dati.	58
Tabella 5-1: Contenuto del report degli eventi.	59
Tabella 5-2: Elenco dei parametri da pubblicare nei rapporti periodici.	60
Tabella 5-3: Dati contenuti nel rapporto periodico di ARPA.	61
Tabella 5-4: Tipologie delle lamentele generiche e azioni conseguenti.	64
Tabella 5-5: Esempio di calcolo dell'errore per il livello $L_{AFMax}$	69



# Capitolo 1 - Generalità

## 1.1 Premessa

La normativa in materia di rumore aeroportuale e dei relativi sistemi di monitoraggio, riportata nella Tabella 1-1, costituisce un corpus particolarmente complesso; la successione dei provvedimenti e la loro specificità, nonché gli interventi giurisprudenziali, non consentono una lettura lineare delle norme. Occorre quindi provvedere all'emanazione di una serie di indicazioni tecnico/pratiche che, nell'osservanza delle singole disposizioni, garantiscano lo svolgimento in maniera efficace ed efficiente delle funzioni di monitoraggio e controllo del rumore generato dagli aerei. A tal proposito, il presente documento costituisce la linea guida di riferimento per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale degli aeroporti italiani.

**Tabella 1-1: Normativa di riferimento per il rumore aeroportuale e il relativo monitoraggio.**

<i>Tipo</i>	<i>Data</i>	<i>Rif.</i>	<i>Nome</i>	<i>Argomento</i>
<b><i>Normativa europea</i></b>				
Direttiva UE	28/05/2002	2002/30/CE	Norme e procedure per l'introduzione di restrizioni operative al fine del contenimento del rumore negli aeroporti della Comunità.	Recepimento del concetto di "Approccio equilibrato" e procedure per limitare il rumore aeroportuale.
Direttiva UE	25/06/2002	2002/49/CE	Determinazione e gestione del rumore ambientale.	Modalità di misura e descrizione dei dati di inquinamento acustico.
Raccom. Comm. Europea	06/08/2003	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.	Descrizione dei metodi provvisori di calcolo dei descrittori acustici.
<b><i>Normativa nazionale</i></b>				
Legge	26/10/1995	447/95	Legge quadro sull'inquinamento acustico.	Disposizioni generali sull'inquinamento acustico.
D.M.	31/10/1997		Metodologia di misura del rumore aeroportuale.	Indici di riferimento ( $L_{VA}$ ) e classificazione delle aree limitrofe agli scali aeroportuali.
D.P.R.	11/12/1997	496	Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili.	Sanzioni amministrative per violazione delle procedure antirumore. Compiti di ARPA per la verifica dell'efficienza dei sistemi di monitoraggio.
D.M.	20/05/1999		Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti.	Criteri di composizione e funzionalità del sistema di monitoraggio.

<i>Tipo</i>	<i>Data</i>	<i>Rif.</i>	<i>Nome</i>	<i>Argomento</i>
D.P.R.	9/11/1999	476	Regolamento recante modificazioni al decreto del Presidente della Repubblica 11 dicembre 1997, n. 496, concernente il divieto dei voli notturni.	Limitazioni al traffico aereo in periodo notturno.
D.M.	03/12/1999		Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti.	Criteri generali per la definizione di procedure antirumore specifiche di ciascun aeroporto.
D.P.C.M.	13/12/1999		Conferma del trasferimento programmato dei voli da Linate a Malpensa.	Interventi di mitigazione e controllo su Malpensa.
D.M.	29/11/2000		Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore.	Individuazione delle aree di superamento dei limiti e realizzazione dei piani di risanamento.
D. Lgs.	17/01/2005	13	Attuazione della direttiva 2002/30/CE relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari.	Condizioni e modalità per l'adozione negli aeroporti delle restrizioni operative volte a ridurre o vietare l'accesso di velivoli in un determinato aeroporto nonché delle altre misure ritenute utili a favorire il raggiungimento di obiettivi definiti di riduzione dell'inquinamento acustico a livello di singoli aeroporti tenuto conto della popolazione esposta.
D. Lgs.	19/08/2005	194	Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale.	Competenze e procedure in merito all'elaborazione della mappatura acustica e per l'adozione dei relativi piani d'azione. Disposizioni per assicurare l'informazione al pubblico.
D. Lgs.	19/08/2005	195	Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso del pubblico all'informazione ambientale	Principi generali per garantire il diritto all'informazione delle autorità pubbliche. Procedure per mettere a disposizione del pubblico l'informazione ambientale.
<b><i>Norme regionali</i></b>				
Legge Regionale (Regione Lombardia)	10/08/2001	13	Norme in materia di inquinamento acustico.	Adempimenti previsti dalla Legge Quadro di competenza regionale: in particolare disciplina sulle aviosuperfici e competenza di ARPA sull'aggiornamento annuale delle curve di isolivello.
D.G.R. (Regione Lombardia)	11/10/2005	8/808	Linee guida per il conseguimento del massimo grado di efficienza dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale in Lombardia	Norme tecnico/pratiche circa i sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale e la loro verifica.
<b><i>Norme tecniche</i></b>				
Norma tecnica	1978	ISO 3891	Acoustics - Procedure for describing aircraft noise heard on the ground.	Procedura di calcolo del parametro EPNL.

<b>Tipo</b>	<b>Data</b>	<b>Rif.</b>	<b>Nome</b>	<b>Argomento</b>
Norma Tecnica	2003	ISO 1996-1	Acoustics – Description and measurement of environmental noise - Part 1: Basic quantities and procedures.	Definizioni dei principali parametri acustici, $L_{Aeq}$ e $L_{AE}$ <sup>1</sup> .
Norma Tecnica	2006	ISO/DIS 20906	Acoustics – Unattended Monitoring of aircraft sound in the vicinity of airports	Requisiti per il monitoraggio del rumore aeroportuale nell'intorno degli aeroporti.
Norma Tecnica	11/2003	CEI EN 61672-1	Elettroacustica – Misuratori del livello sonoro. Parte 1: specifiche.	Caratteristiche dei fonometri.
Norma Tecnica	03/2004	CEI EN 60942 (CEI 29-14)	Elettroacustica - Calibratori acustici.	La norma internazionale fornisce le prescrizioni sulle prestazioni per tre classi di calibratori acustici.
Norma Tecnica	1979	IEC 60651:1979 (EN 60651:1994) e succ. em.	Sound level meters.	Caratteristiche dei fonometri per la classificazione in quattro categorie a seconda della precisione (confluita nella <i>CEI EN 61672</i> ).
Norma tecnica	2000	IEC 60804:2000 (EN 60804:2000)	Integrating-averaging sound level meters.	Caratteristiche dei fonometri integratori (confluita nella <i>CEI EN 61672</i> ).
Norma Tecnica	2005	ECAC Doc. 29 Terza edizione		Metodo di riferimento per il calcolo delle curve di isolivello per il rumore di origine aeroportuale valido per i paesi europei.
Norma Tecnica	1986	ICAO Circular 205 AN/1/25		Metodo di riferimento per il calcolo delle curve di isolivello per il rumore di origine aeroportuale valido per i paesi aderenti all'ICAO.
Norma tecnica	1993	ICAO Annesso 16/1		Procedure di certificazione acustica degli aeromobili e indicazioni sul monitoraggio del rumore ambientale.

Il D.M. 20/05/1999 individua due obiettivi fondamentali delle azioni di monitoraggio del rumore aeroportuale:

- (a) la verifica delle fasce di pertinenza;
- (b) l'individuazione di violazioni alle procedure antirumore.

Il monitoraggio di cui alla lettera (a) ha come scopo la determinazione, in uno o più punti rappresentativi di una data zona, del valore di diversi descrittori acustici del rumore aeroportuale. La determinazione comprende i livelli sonori causati dal singolo evento, quelli relativi ai periodi di una giornata oppure quelli che, con le opportune elaborazioni, permettono di ricavare i valori di specifici descrittori per periodi di riferimento più estesi per verificare la corretta localizzazione spaziale delle curve di isolivello del relativo descrittore acustico (attualmente l'indice  $L_{VA}$ , determinato su base annua).

<sup>1</sup> Nel presente documento si è mantenuta l'espressione SEL ad indicare il parametro  $L_{AE}$ .

L'individuazione di violazioni alle procedure antirumore (lettera (b)) consiste nell'accertare il mancato rispetto delle disposizioni della Commissione Aeroportuale (art. 5 D.M. 31/10/1997), oppure di altre disposizioni normative in tema di procedure antirumore (D.M. 13/12/1999). La violazione può essere determinata attraverso la misura dei livelli sonori attribuiti a uno specifico evento aeronautico, quali EPNL,  $PNLT_{Max}$ , SEL,  $L_{AMax}$ , in un preciso momento e in una data posizione, oppure sulla base di deviazioni (tenendo conto di tolleranze definite) dalle traiettorie attese, utilizzando anche informazioni relative al volo (tracciato radar, orario, tipologia di aereo, ecc.) rese disponibili dai fornitori dei servizi di traffico aereo.

Presupposto di base delle attività sopra descritte è la precisa e accurata determinazione, o stima se derivata da calcoli, del solo rumore connesso alle attività aeroportuali senza il contributo del rumore proveniente da altre sorgenti.

Oltre a tali obiettivi, può risultare di interesse rilevare il livello di inquinamento acustico prodotto dall'insieme di tutte le sorgenti sonore (quindi non soltanto dal traffico aereo) in aree esterne all'intorno aeroportuale. In quest'ultimo caso la modalità di organizzazione ed esecuzione del monitoraggio e la scelta dei parametri considerati è differente. Il rumore in una stazione di monitoraggio, sia essa all'interno o all'esterno dell'intorno aeroportuale, può essere descritto infatti tramite misure di livello equivalente ( $L_{Aeq}$ ) che non richiedono di per sé la correlazione con gli eventi aeronautici, sebbene la collocazione delle stazioni di misura sia determinata dalla presenza dello scalo. In tale contesto, la rilevazione di un parametro che descrive il rumore derivante da tutte le sorgenti, e non solo da quello prodotto da aeromobili, costituisce il cosiddetto "rumore ambientale". È evidente che una misura di rumore ambientale non può essere considerata una misura di rumore aeroportuale, per il quale è necessario discriminare in maniera corretta, affidabile e comprovata, il contributo dovuto agli aerei rispetto al rumore che proviene da altre sorgenti.

## ***1.2 Componenti del sistema di monitoraggio***

Ai sensi del D.M. 20/05/1999 si devono distinguere tre componenti del sistema di monitoraggio:

- (a) Le stazioni di rilevamento dei livelli sonori;
- (b) Le stazioni meteo per la determinazione dei parametri di interesse (temperatura, pressione, umidità, velocità del vento);
- (c) Il centro elaborazione dati.

Le caratteristiche specifiche di ciascun componente sono stabilite dalla legislazione attualmente in vigore. Nel seguito saranno illustrati i requisiti generali delle stazioni di misura e del centro di elaborazione dati.

Le **stazioni di rilevamento dei livelli sonori** si possono distinguere in tre categorie, in funzione degli scopi specifici:

- A. Stazioni di monitoraggio ambientale, sono stazioni dove è incerto il contributo relativo delle diverse sorgenti e per le quali non è necessario attribuire a ogni evento rumoroso la specifica causa.
- M. Stazioni di monitoraggio del rumore aeroportuale, dove è necessario distinguere gli eventi di origine aeronautica da quelli dovuti ad altre sorgenti; deve, quindi, essere determinato in modo preciso e accurato il contributo del rumore di origine aeronautica ai fini della valutazione dell'indice  $L_{VA}$  e/o dell'estensione delle zone A, B, C.

- V. Stazioni per la determinazione delle violazioni delle procedure antirumore, dove è necessario rilevare, in modo preciso e accurato, i diversi parametri che caratterizzano il singolo evento rumoroso e attribuirlo correttamente, in maniera univoca, all'aeromobile responsabile.

Una stazione di misura può appartenere a più di una delle tipologie sopra elencate, in funzione delle proprie caratteristiche. Sono ritenute non compatibili, e quindi mutuamente esclusive, le tipologie A e M.

L'ubicazione della stazione di misura deve essere consistente con lo scopo che ci si prefigge con la sua installazione. Ad esempio, le stazioni di tipo "V" devono individuare con precisione tutte le violazioni delle procedure antirumore, quantificando con la minima incertezza possibile il parametro acustico da controllare, pertanto è necessario evitare sorgenti interferenti. Tale requisito può essere considerato accessorio per la valutazione del rumore ambientale (nelle stazioni di tipo "A"), dove invece è sufficiente la misura complessiva del suono che arriva al microfono, cioè il rumore totale, prodotto da tutte le sorgenti presenti nell'area.

Va osservato che, nella logica del legislatore, la determinazione su base previsionale dell'intorno aeroportuale precede l'installazione del sistema di monitoraggio. La scelta dei siti di misura dovrebbe quindi essere successiva sia alla definizione delle zone A, B, C nell'intorno aeroportuale, sia alla definizione delle procedure antirumore, di competenza della Commissione Aeroportuale.

Allo scopo di monitorare l'estensione dell'intorno aeroportuale e rilevare valori puntuali dei descrittori acustici del rumore dovuto ai sorvoli degli aeromobili, alcune postazioni di misura possono essere posizionate anche all'esterno di esso: tali postazioni, se discriminano correttamente il rumore aeroportuale dalle altre sorgenti, garantiscono la verifica del rispetto dei limiti dell'infrastruttura al di fuori della fascia di pertinenza.

Il monitoraggio nella fase precedente alla determinazione dell'intorno aeroportuale assume il significato di una valutazione della situazione esistente, a salvaguardia dell'esposizione della popolazione al rumore ambientale, di cui il rumore aeroportuale è spesso la parte predominante, e va quindi condotto prevalentemente presso le aree abitative in prossimità dell'aeroporto. I risultati di tale monitoraggio possono essere tenuti in considerazione nella determinazione dell'intorno aeroportuale, insieme a una necessaria e opportuna valutazione delle destinazioni urbanistiche previste e i piani di sviluppo dell'aeroporto.

L'individuazione o la modifica delle curve di isolivello  $L_{VA}$  e/o delle procedure antirumore di un aeroporto comporta necessariamente un'attenta valutazione ed, eventualmente, una riconsiderazione della localizzazione di ciascuna stazione di monitoraggio o, quantomeno, di quelle interessate dalle modifiche.

La normativa vigente non stabilisce alcun criterio specifico per individuare il numero di postazioni necessarie a monitorare il rumore aeroportuale. Nel paragrafo 2.1.1 del presente documento è fornito un metodo per individuare il numero opportuno di postazioni.

Le caratteristiche specifiche della strumentazione e degli apparati dedicati al suo funzionamento devono essere tali da garantire che la misura avvenga in condizioni ottimali: questo implica, oltre alle richieste di aderenza agli standard come fissato dal legislatore, l'utilizzo di tutti quegli accorgimenti che garantiscano al meglio la continuità delle rilevazioni e il funzionamento completamente automatico della misura.

La continuità temporale dei rilevamenti costituisce un elemento determinante per l'efficienza dei sistemi di monitoraggio. Relativamente alle stazioni di tipo "M", possono essere tollerate interruzioni

di servizio che non compromettano la possibilità di ricavare in maniera corretta il livello  $L_{VA}$ . Le stazioni di tipo "V" devono garantire la capacità di monitorare ogni sorvolo: il gestore del sistema deve quindi tenere costantemente sotto controllo l'efficacia del funzionamento di ognuna di tali stazioni e provvedere a immediati interventi di manutenzione o sostituzione della centralina in qualsiasi giorno dell'anno.

La struttura del sistema di monitoraggio è tale per cui il **centro di elaborazione dati** deve essere in costante collegamento con i singoli componenti (stazioni periferiche di misura, terminali di acquisizione dati voli, ecc.). Non è necessario che vi sia un'acquisizione in tempo reale dai suddetti terminali ed è più che accettabile che la trasmissione avvenga una volta ogni 24 ore. In ogni caso, tale acquisizione deve essere garantita per tutti i 365 giorni dell'anno; in caso di manutenzioni programmate dei componenti il sistema di monitoraggio dovrà essere definita idonea procedura alternativa. Il gestore del sistema deve effettuare almeno una volta al giorno le operazioni di controllo e verifica dell'effettiva trasmissione dei dati, provvedendo, ove necessario, a un nuovo invio.

L'efficienza è garantita nel momento in cui la trasmissione avviene in modo rapido, diretto e controllabile. Questo implica la disponibilità di linee di comunicazione dimensionate opportunamente rispetto ai flussi di traffico che devono sopportare, sia nei momenti di funzionamento regolare, sia in casi eccezionali. Vanno privilegiati i trasferimenti dei dati che consentano il controllo dei singoli pacchetti e l'eventuale recupero della trasmissione, sia in modalità automatica che da operatore. In caso di mancata trasmissione del dato il sistema deve tentare automaticamente il recupero della comunicazione, avvertendo l'operatore della necessità di un intervento manuale. Tutte le operazioni di comunicazione devono avvenire con sufficienti standard di sicurezza, in modo da impedire l'accesso non autorizzato al sistema.

Per garantire una completa riferibilità dei dati, è condizione necessaria che tutte le periferiche siano sincronizzate all'orario ufficiale entro una tolleranza di 2 secondi. Deviazioni in eccesso o in difetto devono essere prontamente corrette.

### **1.3 Gestione del sistema**

Il gestore del sistema è il soggetto cui è affidata l'ordinaria attività di raccolta ed elaborazione dei dati del monitoraggio. Esso può essere individuato all'interno dell'organizzazione della società concessionaria dell'aeroporto oppure essere terzo rispetto ad essa. In ogni caso, la responsabilità delle azioni inerenti il monitoraggio del rumore aeroportuale è sempre della società esercente i servizi aeroportuali, come stabilito dall'articolo 2 comma 2 del D.P.R. 496/97.

Il gestore del sistema di monitoraggio deve correttamente operare nell'ambito delle diverse fasi di rilevazione, trasmissione, verifiche e trattamento dati dell'intero sistema di monitoraggio e deve assumersi la responsabilità di quanto eseguito, per garantire l'adeguatezza dei dati rilevati e delle elaborazioni prodotte. In questo senso è necessaria l'adozione di un sistema di qualità attraverso l'identificazione di specifiche procedure e l'impiego di personale qualificato. In particolare è indispensabile che le misure di rumore e la produzione di elaborati e rapporti tecnici in materia di acustica ambientale siano effettuate sotto la responsabilità di un **Tecnico Competente in Acustica Ambientale** ai sensi dell'art.2 della Legge 447/1995.

L'**identificazione degli eventi acustici** dovuti agli aeromobili deve avvenire mediante le tecniche previste dal D.M. 31/10/1997. Può essere utilizzata, in alternativa, qualunque metodologia che sia fondata sull'evoluzione temporale del rumore e dello spettro in frequenza e che, soprattutto, sia in grado di identificare l'inizio e la fine dell'evento rumoroso. L'origine aeronautica del rumore misu-

rato viene quindi confermata dalla correlazione tra l'evento sonoro e i dati di volo (non acustici), ai soli fini del calcolo del  $L_{VAj}$ , secondo lo schema illustrato in Figura 1-1.

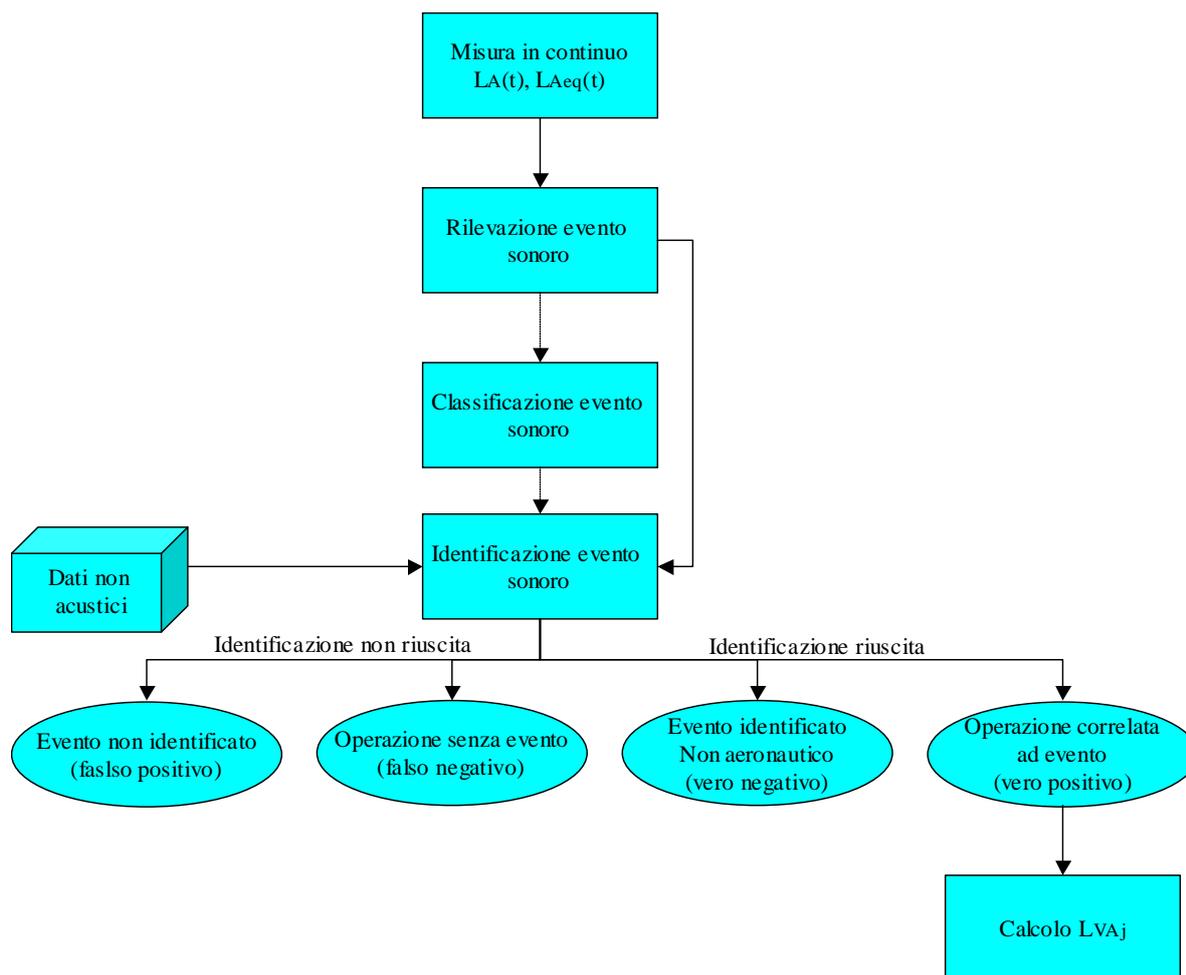


Figura 1-1: Schema di attribuzione degli eventi.

Il livello equivalente del rumore deve essere calcolato per integrazione continua, ovvero nell'intero periodo di corretto funzionamento della stazione di misura. Il livello equivalente aeronautico deve essere calcolato per integrazione dell'energia sonora degli eventi che sono stati riconosciuti come sorvoli di aerei (a seguito di correlazione con i tracciati radar o con i dati tabulati dei movimenti) e deve essere riferito al periodo diurno o notturno secondo le definizioni del D.M. 31/10/1997.

I livelli di rumore non aeronautico sono ottenuti per differenza logaritmica tra il rumore complessivo e quello aeronautico. Eventuali sorvoli, ancorché non correlati (es.: sorvolo di un aeromobile militare o di soccorso) ma riconosciuti come tali da procedure specifiche, oppure eventi sonori singolarmente identificabili di natura eccezionale (es.: il rumore di un tuono), devono essere esclusi dal calcolo del rumore non aeronautico.

In una determinata stazione di misura, per una migliore informazione di quali siano i contributi acustici che hanno determinato il rumore non aeronautico, possono essere utilizzati i livelli percentili orari e/o di periodo, in particolare  $L_1$ ,  $L_{90}$  e  $L_{99}$ . L'uso dei livelli percentili è necessario per verificare che la stazione di misura sia stata correttamente localizzata e sia rispettato quanto richiesto dal D.M. 20/05/1999, articolo 5, comma 3.

Ai dati delle rilevazioni acustiche vanno associate le **variabili meteorologiche**. Ciò risulta necessario in quanto occorre appurare se le condizioni meteorologiche possano avere influito in maniera

determinante sulla propagazione del suono; inoltre deve essere possibile analizzare a posteriori le rilevazioni sul lungo periodo, onde valutare la tipicità delle condizioni meteorologiche del periodo trascorso (tipicamente un anno) rispetto ai periodi precedenti. Giova osservare, in questo senso, l'indicazione della raccomandazione della Commissione europea 2003/613/CE, che richiede una valutazione sul decennio precedente. Gli scopi individuati per la rilevazione del rumore aeroportuale sono differenti da quelli indicati dal D.M. 16/03/1998, che non deve essere ritenuto determinante ai fini della valutazione della significatività dei dati monitorati per quantificare il rumore dovuto agli aeromobili.

Un'importanza fondamentale per la gestione del sistema è assunta dai **dati relativi ai voli**, dal momento che essi costituiscono un insieme unico di informazioni che deve consentire l'identificazione dei voli e in particolare la correlazione di questi con gli eventi rumorosi; deve inoltre permettere l'accertamento di eventuali violazioni alle procedure antirumore definite dalla Commissione Aeroportuale e adottate dal Direttore Aeroportuale che, avvalendosi proprio di tali informazioni, istruisce la pratica di sanzione delle violazioni.

Per questo motivo devono essere acquisiti i dati sulle operazioni di volo, rilevati dalla società di gestione, e i dati relativi ai tracciati radar, che dovrebbero essere forniti dalla società fornitrice dei servizi di traffico aereo (es.: ENAV), come stabilito dal D.M. 31/10/1997, articolo 6, comma 5.

L'efficacia di tale procedura è garantita dalla continuità del flusso informativo e dalla precisione dei dati a disposizione, in particolare l'identificazione dei vettori, gli orari di effettuazione dei movimenti aerei e le coordinate spazio-temporali dei tracciati radar. L'interruzione del flusso informativo, la mancanza o incompletezza dei dati e l'impossibilità di identificazione dei vettori non consentono al Direttore Aeroportuale l'accertamento delle violazioni alle procedure antirumore e la conseguente irrogazione delle sanzioni.

La **correlazione tra voli ed eventi rumorosi** è una funzionalità fondamentale del sistema, e deve essere sempre al massimo dell'efficienza. In questo senso, è determinante il ruolo del gestore del sistema.

Come chiaramente indicato dal legislatore, le correlazioni vanno eseguite con i dati riferiti ai voli a disposizione, siano essi costituiti dai tracciati radar (che offrono la possibilità di una valutazione spaziale), siano semplicemente i dati di movimentazione forniti dalla società di gestione; non vi è differenza logica di importanza tra tali dati. Quando entrambi i dati sono disponibili, questi devono essere complementari; viceversa, quando risulta presente una sola tipologia, questa deve essere necessariamente usata per la correlazione. Ciò implica che, qualora si disponga per una certa giornata di un periodo di sole tracce e di un altro di soli dati voli, la correlazione dovrà comunque essere completata per l'intera giornata, utilizzando i dati necessari, indipendentemente dalla loro origine. I risultati delle procedure automatiche di correlazione giornaliere vanno costantemente verificate dal gestore del sistema.

Le procedure di correlazione con le sole operazioni di volo possono dimostrarsi più difficoltose, o a volte praticamente impossibili, in particolare per aeroporti con un numero elevato di movimenti o con più piste; le difficoltà di correlazione si manifestano anche in caso di localizzazione della stazione di monitoraggio non idonea oppure se posta a notevole distanza dalla sorgente sonora (aeromobile). È indispensabile utilizzare l'insieme delle informazioni disponibili nel sistema, tra cui quelle sull'evoluzione temporale degli eventi rumorosi o sulla loro sequenza in diverse postazioni di misura, effettuando tutte quelle elaborazioni che assicurino un'ottimale correlazione.

Ogni dato non derivato direttamente dalla misura (dato non acustico) può essere utilizzato allo scopo di attribuire correttamente l'associazione tra evento rumoroso e movimento aereo.

Infine, la **validazione del dato**, sia esso relativo al singolo sorvolo ovvero alla determinazione di un indice giornaliero o di periodo, è un processo che stabilisce la significatività del dato stesso in funzione delle condizioni di rilevamento. Risulta quindi necessario che le procedure che regolano il processo di validazione siano definite in forma scritta e siano omogenee nei differenti scali aeroportuali. In particolare, vanno utilizzati alcuni criteri generali che permettano la determinazione dell'indice  $L_{VA}$  anche in presenza di funzionamento parziale delle stazioni di misura o di lacune nella determinazione dei dati dei voli.

L'attività di validazione dei dati richiede l'attenzione giornaliera di un gestore del sistema di elevata professionalità. L'obiettivo di arrivare a un numero elevato di dati validi comporta una serie di verifiche che il gestore deve effettuare sui parametri acquisiti e sulle funzionalità del sistema. Questo porta inoltre ad attuare con tempestività sia la selezione dei dati da ritenersi validi sia il rapido intervento di correzione o manutenzione in una qualsiasi delle fasi di misurazione, acquisizione, trasmissione, elaborazione dei dati.

Relativamente ai parametri collegati al singolo evento sonoro, essi vanno attribuiti alla sorgente specifica, in particolare quando si dia la possibilità di valutare le diverse fonti di rumore. Se la sorgente risulta essere di tipo aeronautico il rumore deve essere attribuito correttamente, anche in assenza di correlazione con il tracciato radar o l'informazione dei voli. Tuttavia, dal momento che l'indice  $L_{VA}$  si calcola esclusivamente utilizzando eventi sonori correlati oggettivamente con movimenti aerei, solo questa tipologia di eventi (e il relativo SEL) deve essere presa in considerazione per il calcolo di  $L_{VAj}$  e  $L_{VA}$ .

Per quanto riguarda il trattamento dell'incertezza del dato si veda l'Appendice A.

#### ***1.4 Verifica e audit***

Il compito della verifica dell'efficienza del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale è affidato ad ARPA dal D.P.R. 496/97, insieme alla verifica del rispetto delle disposizioni in merito alle procedure antirumore.

Il controllo dell'efficienza della rete di monitoraggio viene condotto sulla base di un preciso schema di riferimento (Capitolo 4). Innanzitutto, deve essere prevista una verifica dei requisiti del sistema rispetto alle disposizioni di legge, da effettuarsi allo start-up e ogni qualvolta si renda necessaria una modifica strutturale della rete. In seguito, si procederà periodicamente a una verifica della gestione del sistema, cioè dello stato della manutenzione, del programma di manutenzione periodica sia delle singole stazioni che del centro di elaborazione dati, nonché del processo elaborativo dei dati.

Il sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale deve consentire di rispondere agli adempimenti normativi: l'accertamento delle violazioni delle procedure antirumore, la determinazione degli indici aeroportuali, la gestione di eventuali lamentele (D.M. 20/05/1999). Per poter correttamente svolgere queste funzioni è necessario che i dati messi a disposizione dal gestore siano validati.

Il D.Lgs. 195/2005 stabilisce che l'accesso al pubblico alle informazioni ambientali debba essere garantito da parte dell'autorità pubblica, che nel caso del rumore aeroportuale comprende sia le pubbliche amministrazioni sia l' esercente dello scalo. Anche in questo caso è necessario avere a disposizione dati affidabili.

Il ruolo di verifica di ARPA diviene un'attività di supporto alla gestione del sistema (audit), consentendo di disporre di dati affidabili, che possano essere utilizzati sia ai fini degli adempimenti norma-

tivi a carico del gestore sia per l'informazione al pubblico. La verifica (da parte di ARPA) della corretta esecuzione delle attività di monitoraggio (posta in carico all'esercente) e della gestione dei relativi risultati è quindi un'attività di particolare rilevanza. Le informazioni (validate) sullo stato acustico dei territori circostanti lo scalo sono messe a disposizione direttamente dal sistema pubblico attraverso un adeguato supporto informativo (sito web), oltre che dal gestore dello scalo.

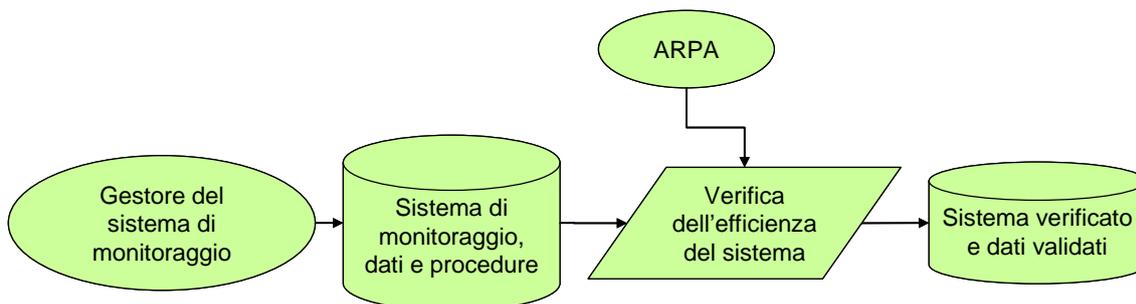


Figura 1-2: Schema del processo di audit e di verifica dell'efficienza del sistema.

### 1.5 Flusso informativo

La funzione del monitoraggio consiste anche nel poter rendere pubblici e divulgare i dati acquisiti, in maniera che essi risultino patrimonio comune di tutti gli enti e i soggetti coinvolti a vario titolo nella problematica del rumore aeroportuale, come previsto nel D.Lgs. 195/2005. Devono quindi essere incoraggiati tutti gli accorgimenti che permettano una rapida ed efficace comunicazione, quali ad esempio quelli messi a disposizione da internet.

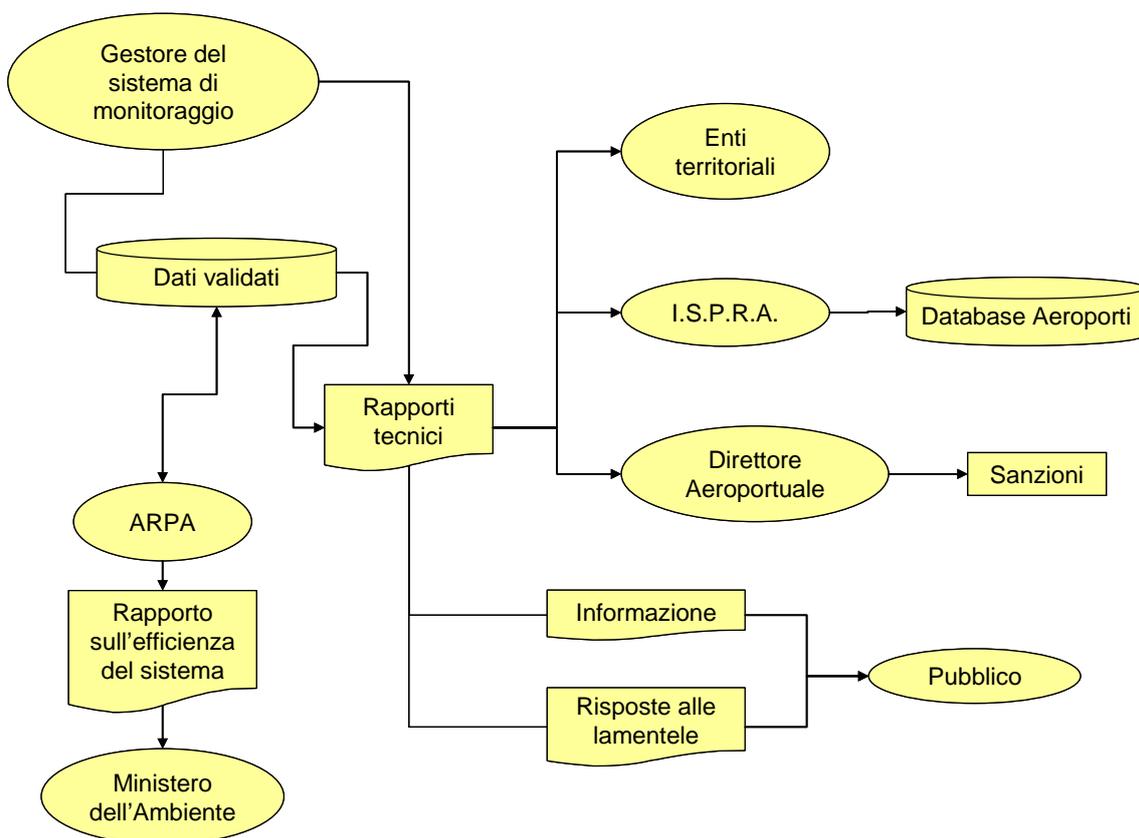
Nella Figura 1-3 è illustrato lo schema che il flusso informativo deve seguire per ottenere una divulgazione efficace dei dati estrapolati dal sistema di monitoraggio e validati da ARPA, mediante il processo di verifica illustrato in precedenza. La società di gestione dell'aeroporto può decidere di divulgare al pubblico i dati ottenuti dalla rete di monitoraggio precedentemente alla procedura di audit di ARPA, assumendosi la responsabilità della validità di tali dati.

Compito delle Agenzie Regionali è quello di inviare un proprio rapporto sull'efficienza del sistema di monitoraggio al Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e all'ENAC, a partire dai dati convalidati.

E' necessario che vi sia una dettagliata e periodica relazione tecnica di carattere specialistico, a cura del gestore del sistema, che fornisca i dati e la descrizione delle attività o anomalie verificatesi anche a soggetti istituzionali specializzati sull'argomento. Questi ultimi sono sicuramente da individuare nelle ARPA, nell'Istituto di Protezione Ambientale (ISPRA) e nei funzionari tecnici degli uffici della Regione, della Provincia, dei Comuni dell'intorno aeroportuale. Tali rapporti tecnici specialistici devono essere resi disponibili tramite apposite comunicazioni, sia in forma elettronica che in forma cartacea.

Per quanto concerne l'informazione al pubblico, il gestore della rete di monitoraggio deve predisporre una relazione, di carattere divulgativo, che consenta di interpretare nel modo tecnicamente corretto i dati e la loro evoluzione temporale; la diffusione del dato di inquinamento acustico, infatti, non può avvenire senza riferimenti al contesto della sua acquisizione e del processo elaborativo. La divulgazione al pubblico può avvenire anche attraverso internet, ad esempio con la pubblicazione sul sito dell'aeroporto, sfruttando la velocità e la possibilità di raggiungere un grande numero di persone, offerta dalla rete.

Anche l'attività necessaria per la divulgazione dei dati e per la redazione delle relazioni tecniche deve essere supervisionata da un tecnico competente in acustica ambientale, secondo quanto prescritto dall'art. 2 comma 6 della Legge 447/1995.



**Figura 1-3: Schema del passaggio di informazioni tra i diversi Enti coinvolti.**

Il sistema di monitoraggio deve essere predisposto ad accogliere le **lamentele** dei cittadini; deve quindi facilitare la comunicazione diretta tra abitanti e gestore del sistema, in modo da mantenere aperto un canale di confronto. Il sistema di gestione delle lamentele consente anche di verificare quante e quali operazioni rechino fastidio o disturbo alla popolazione, a patto che sia data a tutti la possibilità di segnalare con immediatezza l'evento lamentato.

Nel caso in cui la lamentela sia sufficientemente circostanziata deve essere possibile correlare la stessa sia con il rumore in corrispondenza dei siti di misura più vicini, sia con l'operazione aerea. Le procedure di correlazione devono essere ottimizzate in modo da tenere in considerazione eventuali altri parametri (tipologia dell'aereo, numero dei motori, ecc.) e l'inevitabile incertezza dell'orario dichiarato dal reclamante.

Vanno considerate, inoltre, le lamentele caratterizzate da una generica indicazione del fenomeno disturbante senza riferimenti spaziali o temporali precisi: anche a tale categoria di lamentele deve essere fornita una risposta adeguata.

Di norma, la replica alla lamentela, a cura della società che gestisce lo scalo, deve essere in forma scritta e inviata per conoscenza al comune territorialmente competente. Almeno ogni sei mesi deve essere presentato al Direttore Aeroportuale e alla Regione, un rapporto scritto riassuntivo delle lamentele ricevute e delle risposte inviate.

Per quanto riguarda le **procedure antirumore**, la Commissione Aeroportuale, nell'ambito delle proprie funzioni istituzionali, e in maniera coerente con la determinazione delle aree di rispetto, può definire dei valori per i livelli di un particolare indice acustico, eventualmente specifici per le differenti tipologie di velivoli, che permettano di riconoscere e caratterizzare il sorvolo, al fine di verificare che l'aeromobile in questione abbia effettivamente eseguito una corretta procedura (con il corretto assetto).

Per la verifica del rispetto di tali procedure occorre organizzare, per un determinato aeroporto, un sistema di monitoraggio con caratteristiche peculiari, in modo che sia possibile procedere con modalità semiautomatiche (comunque sempre con la supervisione e il controllo del gestore del sistema) all'identificazione dell'eventuale violazione, segnalando i dati essenziali per la valutazione del caso in specie, e le informazioni accessorie, tra cui le condizioni meteorologiche.

Il gestore del sistema invia i dati così raccolti al Direttore aeroportuale per i provvedimenti del caso. Nel rispetto della normativa vigente sulla privacy, l'eventuale divulgazione di tali dati è assicurata dalla Direzione Aeroportuale.

## Capitolo 2 - Progettazione

### 2.1 Le stazioni di misura

#### 2.1.1 Numero e ubicazione delle postazioni

Come descritto nel paragrafo 1.2, si devono distinguere tre tipologie di stazioni di misura:

- (a) monitoraggio ambientale (di tipo “A”);
- (b) monitoraggio del rumore aeroportuale (di tipo “M”);
- (c) verifica delle violazioni (di tipo “V”).

Come ricordato nel capitolo precedente, la normativa vigente non stabilisce alcun criterio per l'individuazione del numero di postazioni necessarie a monitorare il rumore aeroportuale. L'indicazione del D.M. 20/05/1999 a riguardo è infatti riassunta nell'espressione: “un numero idoneo a monitorare l'intorno aeroportuale”; viene però indicato che le stazioni di misura si devono trovare al di sotto delle traiettorie di decollo/atterraggio. Risulta opportuno, perché di ausilio nelle operazioni di correlazione senza le informazioni dei tracciati radar, che le stazioni sensibili al singolo movimento di decollo siano almeno due per ogni traiettoria utilizzata, almeno in condizioni di normale operatività dello scalo. Nel paragrafo A.1 dell'Appendice A sono contenute delle indicazioni ai fini di un'indagine preliminare l'ubicazione della stazione di misura.

Un metodo efficace per stabilire il numero di stazioni è illustrato nella Tabella 2-1, dove compaiono le quantità così definite:

- $N_T$  il numero delle traiettorie di decollo e atterraggio acusticamente distinte: saranno considerate come traiettorie acusticamente distinte solo quelle che presentano un tracciato differente, entro un percorso di 6 nmi (11,1 km) dall'inizio della pista corrispondente alla traiettoria;
- $N_{T,i}$  il numero delle traiettorie di decollo e atterraggio acusticamente distinte per l'insediamento  $i$ -esimo: saranno considerate come traiettorie acusticamente distinte solo quelle che presentano un tracciato differente, entro un percorso di 6 nmi (11,1 km) dall'inizio della pista corrispondente alla traiettoria;
- $N_{TV}$  il numero delle traiettorie per le quali sono state definite delle procedure antirumore ( $N_T \geq N_{TV}$ );
- $N_V$  il numero di stazioni di misura per la verifica della rumorosità della procedura antirumore;
- $N_A$  il numero di aree abitate, che abbiano caratteristiche di insediamento urbanizzato (frazioni, nuclei abitati, ecc.) composto da almeno 25 unità abitative distinte, presenti all'interno dell'area compresa tra 60 e 65 dB(A)<sup>2</sup> dell'indice  $L_{VA}$ . Saranno considerati tutti gli insediamenti anche marginalmente presenti nella fascia 60-65 dB(A);

---

<sup>2</sup> Laddove, come in questo caso, possa generare confusione, nel presente documento è stata utilizzata l'unità di misura dB(A) ad indicare la pesatura di tipo “A” invece della corretta dicitura dB.

- $N_B$  il numero di aree abitate, che abbiano caratteristiche di insediamento urbanizzato (frazioni, nuclei abitati, ecc.) composto da almeno 25 unità abitative distinte, presenti all'interno dell'area compresa tra 65 e 75 dB(A) dell'indice  $L_{VA}$ . Saranno considerati tutti gli insediamenti anche marginalmente presenti nella fascia 65-75 dB(A);
- $N_C$  il numero di aree abitate, che abbiano caratteristiche di insediamento urbanizzato (frazioni, nuclei abitati, ecc.) composto da almeno 25 unità abitative distinte, presenti all'interno dell'area oltre il valore di 75 dB(A) dell'indice  $L_{VA}$ . Saranno considerati tutti gli insediamenti anche marginalmente presenti nella fascia  $> 75$  dB(A). Si presume che  $N_C$  sia normalmente pari a 0.

Poiché una stazione di misura può appartenere a più tipologie ed essere sensibile a più di una traiettoria acusticamente distinguibile, il numero di stazioni può essere inferiore (ed è auspicabile che lo sia) a quanto indicato come totale nella Tabella 2-1.

Tabella 2-1: Determinazione del numero di stazioni di misura.

	<i>Perimetrazione delle aree A, B e C Effettuata dalla Commissione</i>				<i>Perimetrazione delle aree A, B e C Non Effettuata</i>			
	Zone A,B,C: Determinate dalla Commissione				Zone A,B,C: Stima sulla base di valutazione modellistica considerando le traiettorie pubblicate in AIP, la dispersione ECAC e lo scenario di traffico corrispondente al giorno più trafficato dell'ultimo anno solare. Verranno tracciate le curve degli isolivelli 60, 65 e 75 dB(A) per l'indice L <sub>VA</sub> e verranno identificati le aree abitative			
	<i>Tipo A</i>	<i>Tipo M</i>	<i>Tipo V</i>	<i>TOTALE</i>	<i>Tipo A</i>	<i>Tipo M</i>	<i>Tipo V</i>	<i>TOTALE</i>
<i>All'esterno dell'intorno aeroportuale</i>	$N \geq 0$	0	0	$N \geq 0$	$N \geq 0$	0	0	$N \geq 0$
<i>All'interno della zona A</i>	$N \geq 0$	$\sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i}$	$N_{VA} \geq N_{TV}$	$N + \sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i} + N_{VA}$	$\sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i}$	0	0	$\sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i}$
<i>All'interno della zona B</i>	$N \geq 0$	$\sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i}$	$N_{VB} \geq N_{TV}$	$N + \sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i} + N_{VB}$	$\sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i}$	0	0	$\sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i}$
<i>All'interno della zona C</i>	0	$N_C$	0	$N_C$	$N_C$	0	0	$N_C$
<i>Numero totale di stazioni di misura</i>	$N \geq 0$	$\sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i} + \sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i} + N_C$	$N_V \geq N_{TV}$	$N + \sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i} + N_{VA} + \sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i} + N_{VB} + N_C$	$N + \sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i} + \sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i} + N_C$	0	0	$N + \sum_{i=1}^{N_A} N_{T,i} + \sum_{i=1}^{N_B} N_{T,i} + N_C$



Le stazioni di misura dovranno essere ubicate secondo i criteri e le priorità riportate in Tabella 2-2.

Tabella 2-2: Criteri di localizzazione delle stazioni di misura.

	<i>Importanza</i>	<i>Priorità</i>								
	<i>Tipo A</i>		<i>Tipo M</i>		<i>Tipo V</i>		<i>Tipo A e V</i>		<i>Tipo M e V</i>	
Sorvolo degli aerei										
Zona esterna				n.c.						n.c.
Zona A										
Zona B										
Zona C										
In corrispondenza di aree abitate e/o recettori sensibili										

<i>Importanza</i>	<i>Codice</i>	<i>Priorità</i>	<i>Codice</i>
Nessuna		Bassa	
-		-	
-		-	
Molta		Alta	

Per quanto la stazione di misura possa essere posizionata secondo i criteri di cui all'Annesso 16 Vol.1 ICAO, non è consigliabile localizzare le stazioni di misura nelle posizioni ivi indicate. L'ubicazione prevista dal documento, infatti, è rivolta alla certificazione del rumore prodotto dagli aeromobili, piuttosto che al monitoraggio dell'inquinamento acustico del sistema aeroportuale.

Ogni stazione è caratterizzata da:

- coordinate geografiche espresse secondo il sistema EPSG (preferibilmente EPSG 32632/32633);
- altezza rispetto al suolo;
- codice identificativo univoco;
- nome breve di indicazione;

- caratterizzazione tipologica secondo il paragrafo 1.2.

La superficie su cui è posizionata la stazione di misura deve essere una superficie solida, continua, il cui assorbimento acustico  $\alpha$  sia inferiore a 0,3. Nel caso in cui tale circostanza non si verifichi, dev'essere prevista la posa di adeguati materiali riflettenti. Tale condizione può essere ignorata per stazioni di tipo A.

Al fine di consentire una pronta manutenzione, in particolare per le stazioni di tipo "V" ed "M", le stazioni devono essere facilmente accessibili dal personale autorizzato, preferibilmente senza l'ausilio di mezzi speciali.

Per stazioni di tipo "M" o "V", tra la traiettoria ipotetica, caratterizzata nel piano (x,y) dalla procedura pubblicata in AIP, di un qualsiasi aereo in movimento durante il sorvolo e la stazione di misura non devono essere presenti ostacoli tali da creare fenomeni di diffrazione che modifichino il percorso diretto dei raggi acustici, né possono sussistere condizioni di riverberazione tali da alterare il livello di pressione sonora dell'onda direttamente incidente sul microfono. Tale condizione deve valere anche per le traiettorie realmente seguite dagli aerei.

La distanza della stazione di misura dall'edificio più vicino dev'essere almeno pari al doppio dell'altezza dell'edificio. Nel caso in cui questa condizione non si verifichi, se la stazione è situata a quota del suolo, può essere posizionata sul tetto di un edificio in modo tale da rendere la condizione effettiva. Anche in questo caso, deve essere garantita l'accessibilità da parte del personale dedicato alla manutenzione ordinaria e straordinaria ogni qualvolta se ne presenti la necessità; il preavviso eventuale per consentire l'accesso del personale dev'essere limitato a meno di 45 minuti. Contemporaneamente, dev'essere altresì prevista un'adeguata protezione dagli accessi non autorizzati.

Di norma, l'altezza del microfono deve essere pari ad almeno 3 metri dal piano di campagna, preferibilmente compresa tra i 6 e i 10 metri. Nel caso in cui le condizioni locali suggeriscano una differente collocazione, possono essere valutate soluzioni che comprendano anche l'installazione del microfono su tetti o terrazzi. In tal caso è necessario valutare il livello di incertezza associato a tale collocazione.

I pali su cui è posizionata la strumentazione microfonica devono essere tali da consentire le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria senza l'ausilio di mezzi speciali; è preferito l'utilizzo di pali abbattibili che consentano l'attività di un solo operatore.

### **2.1.2 Strumenti e loro caratteristiche**

Il microfono utilizzato per le misure dev'essere di tipo a campo libero, con una sensibilità superiore a 30 mV/Pa.

Possono essere utilizzati microfoni con polarizzazione 0,20 o 200V. Nel caso di utilizzo di microfoni a elettrete (polarizzazione 0V), essi devono garantire la stabilità della misurazione anche in condizioni di elevata umidità e devono mantenere inalterate nel tempo le caratteristiche di sensibilità. Nel caso di microfoni polarizzati, dev'essere previsto un sistema di deumidificazione dell'aria e di riscaldamento della struttura, in modo da prevenire scariche nel dielettrico dovute alla presenza di umidità. Nel caso in cui ciò si verifichi per un periodo superiore alle 24 ore, il microfono dev'essere sostituito e ricondizionato per alcuni giorni, dopo di che, se correttamente funzionante, potrà essere reinstallato nel sito di misura.

Nel caso in cui il microfono perda le caratteristiche di sensibilità in tutto o in parte, ovvero risulti danneggiato in qualunque modo (corrosione, danneggiamento della membrana, eccesso di polvere, ecc.), esso dev'essere immediatamente sostituito.

Il microfono dev'essere dotato di schermo antivento, protezione volatili, dispositivo anti-gocciolamento, per evitare che le gocce di pioggia cadano direttamente sulla membrana microfonica. L'orientamento del microfono dev'essere allo zenit.

Non possono essere utilizzati sistemi di correzione per l'incidenza casuale.

Il fonometro dev'essere conforme alle norme EN-IEC 60651 Classe 1, EN-IEC 60804 Classe 1 e EN-IEC 61672 Tipo 1.

Deve possedere adeguata capacità di memorizzazione in modo da poter memorizzare una sufficiente quantità di dati rispetto agli scopi del monitoraggio.

I fonometri delle stazioni di tipo V devono essere dotati degli apparati di analisi spettrale e devono permettere il calcolo dei parametri "noise perceived", quali l'EPNL.

Le stazioni possono essere equipaggiate con sistemi audio e/o video per la ripresa degli eventuali sorvoli. In questo caso, particolare attenzione dovrà essere posta alla configurazione geometrica ottimale per ottenere un'informazione significativa.

### 2.1.3 Operatività

Nella Tabella 2-3 sono riportati i requisiti di funzionamento automatico distinti per tipologia di stazione di misura.

Tabella 2-3: Modalità di funzionamento per tipologia di stazione di misura.

<i>Tipo</i>	<i>Registraz. in continuo livello sonoro</i>	<i>Acquisizione eventi</i>	<i>Verifiche della calibrazione</i>	<i>Trasm. allarmi</i>	<i>Trasm. dati (upload)</i>
A – monitoraggio ambientale	☑	⊕	☑	≈	⊕
M – monitoraggio del rumore aeroportuale	☑	☑	☑	⊕	☑
V – violazioni	☑	☑	☑	☑	☑
A e V	☑	☑	☑	☑	☑
M e V	☑	☑	☑	☑	☑

Legenda: ☑ Necessario      ⊕ Opportuno      ≈ Indifferente

L'acquisizione dei dati acustici si riferisce a:

- (a) integrazione, effettuata dalla stazione di misura, dei valori di pressione sonora al fine della determinazione del livello SEL, relativamente al singolo evento rumoroso;
- (b) memorizzazione del valore  $L_{AFMax}$  del singolo evento rumoroso;

- (c) memorizzazione dei valori  $L_{AF}$  con campionamento di 1 secondo (in alternativa è possibile memorizzare i campioni short  $L_{Aeq}$  1s, se e solo se lo strumento è in grado di determinare il valore  $L_{AFMax}$  dell'evento). La memorizzazione deve essere eseguita almeno per il tempo corrispondente al calcolo del SEL, includendo un periodo di pre-trigger e post-trigger pari ad almeno 10 s ciascuno. In alternativa, è possibile memorizzare l'intera *Time-history* del parametro  $L_{Aeq}$  con risoluzione 1 secondo;
- (d) determinazione del livello  $L_{Aeq}$  orario e dei livelli percentili (se lo strumento è anche analizzatore statistico);
- (e) dati relativi alla calibrazione ogni 24h, tipicamente in orario notturno quando non sono previsti eventi rumorosi significativi.

Il periodo minimo di acquisizione dei dati sopradescritti dev'essere almeno di 72 ore; in questo periodo i dati devono essere conservati anche in assenza di alimentazione elettrica dalla rete di distribuzione. Il periodo minimo corrisponde all'eventualità che si verifichi un malfunzionamento a ridosso di un periodo di indisponibilità del personale addetto alla manutenzione delle stazioni. Nel caso di attivazione di un servizio di pronta reperibilità e di controllo del corretto funzionamento delle stazioni di misura con frequenza sempre inferiore alle 72 ore, è possibile ridurre il periodo minimo di acquisizione.

Poiché la strumentazione di misura può essere dotata di limitate risorse di memoria, che viene in genere utilizzata in maniera circolare, deve essere impedito che lo strumento di misura giunga in una situazione di esaurimento della memoria stessa (*out of memory*); a questo scopo dev'essere sempre verificata la condizione di una sufficiente memoria libera per l'archiviazione delle misure tra un controllo, operato dal personale che gestisce il sistema, e il successivo.

Il sistema centrale di acquisizione deve funzionare in automatico per non meno di 24 ore, eseguendo automaticamente le seguenti operazioni:

- (a) acquisizione dei dati acustici rilevati dalle postazioni di misura;
- (b) verifica del buon esito della trasmissione dei dati prima della cancellazione della memoria locale delle stazioni di misura;
- (c) verifica e correzione eventuale dell'orologio di ciascuna stazione: correzioni di oltre 15 secondi devono essere opportunamente loggate;
- (d) identificazione di ogni anomalia nella comunicazione con notifica al personale di gestione per gli interventi correttivi.

Una stazione di misura correttamente funzionante non può essere operativa per meno di 24h, eseguendo automaticamente le seguenti attività:

- (a) acquisizione dei dati acustici;
- (b) controllo della calibrazione;
- (c) comunicazione con il centro per scarico dei dati;
- (d) comunicazione al centro di eventuali anomalie di funzionamento.

Risulta opportuno che il sistema provveda a memorizzare in un file di log tutte le operazioni principali effettuate, in particolare quelle che riguardano la comunicazione con le postazioni periferiche.

I parametri acquisiti in funzione della tipologia di stazione di misura sono riportati in Tabella 2-4.

Tabella 2-4: Parametri da acquisire in funzione della tipologia di stazione di misura.

<i>Parametro</i>		<i>Tipo di stazione</i>				
		<i>A – monitoraggio ambientale</i>	<i>M – monitoraggio del rumore aeroportuale</i>	<i>V – violazioni</i>	<i>M e V</i>	<i>A e V</i>
<i>Dati identificativi dell'evento</i>	Data e ora di inizio dell'evento	⊕	☑	☑	☑	☑
	Data e ora del massimo $L_{AF}$ dell'evento	⊕	☑	☑	☑	☑
	Durata in secondi	⊕	☑	☑	☑	☑
<i>Parametri acustici del fonometro</i>	SEL	≈	☑	☑	☑	☑
	SEL - 10	≈	⊕	☑	☑	☑
	$L_{AFMax}$	☑	☑	☑	☑	☑
	$L_{Aeq}$	☑	☑	☑	☑	☑
	Time History $L_{AF}$	≈	⊕	☑	☑	⊕
	Time History short $L_{Aeq}$	☑	☑	☑	☑	☑
	Time History short $L_{eq}^{1/3}$ ottava	≈	⊕	☑	☑	☑
<i>Parametri acustici derivati</i>	EPNL	≈	≈	☑	⊕	⊕
	$PNLT_{Max}$	≈	≈	☑	⊕	⊕
	Durata "Efficace"	≈	≈	☑	⊕	⊕
<i>Altri parametri</i>	Durata minima	☑	☑	☑	☑	☑
	Soglia RMS/SPL	☑	☑	☑	☑	☑
	Simmetria	≈	≈	☑	☑	☑
	Curtosi	≈	≈	☑	☑	☑
	Tipologia	≈	≈	⊕	⊕	⊕

Legenda: ☑ Necessario      ⊕ Opportuno      ≈ Indifferente

## 2.2 Stazioni per l'acquisizione dei dati meteo climatici

Il D.M. 31/10/1997 stabilisce che nei rapporti di misura devono essere specificate le condizioni meteorologiche osservate ed è quindi buona norma, accanto al dato di rumore, poter disporre di note e/o commenti sulla situazione meteorologica giornaliera o del periodo cui il rapporto si riferisce, proprio per offrire una chiave di lettura dei fenomeni meteorologici e della loro influenza rispetto agli indici acustici giornalieri o di periodo, come discusso nel paragrafo 1.3.

Le precipitazioni, in particolare, possono avere interesse qualora generino una particolare interferenza, attraverso i tuoni durante i temporali, oppure mediante l'innalzamento del rumore di fondo dovuto all'impatto della pioggia o grandine sulle superfici circostanti il sito di misura. Richiamano poi una specifica attenzione tutti i fenomeni di focalizzazione dell'energia sonora, che avvengono in condizioni di inversione termica dei primi strati dell'atmosfera, oppure in conseguenza a una particolare situazione anemologica; questi fenomeni vanno raffrontati con le rilevazioni dei singoli eventi rumorosi e possono avere una significativa influenza durante le attività di verifica del rispetto delle procedure antirumore.

Le stazioni devono essere del tipo previsto dal WMO per le rilevazioni dei parametri meteorologici relativi agli aeroporti. Il numero di stazioni meteo è legato alla possibilità di evidenti fenomeni atmosferici su microscala. Laddove tali fenomeni siano presenti in misura significativa, è opportuno avere un numero di stazioni che possa ragionevolmente descrivere il fenomeno.

La stazione di misura deve essere posizionata in maniera baricentrica rispetto a tutte le stazioni fonometriche che vi fanno riferimento, in modo che i dati rilevati siano sufficientemente rappresentativi di tutta l'area. Il sito di misura dovrà essere scelto in conformità alle linee guida WMO sul rilevamento dei parametri meteorologici per i servizi di navigazione aerea. Se la posizione della stazione meteorologica è selezionata accuratamente, il dato risultante sarà considerato correlabile a ciascuna stazione di misura, indipendentemente dalla tipologia. Il dato istantaneo risulta di interesse per le sole stazioni di misura di tipo V. In questo caso la correlabilità è garantita dalla presenza della strumentazione meteorologica direttamente presso la stazione di misura fonometrica.

**Tabella 2-5: Tipologie di parametri meteorologici acquisiti e dati da considerare.**

<i>Parametro</i>	<i>Dato istantaneo</i>	<i>Dato orario</i>	<i>Dato giornaliero</i>
<i>Stazione meteorologica</i>			
Velocità del vento (VV)	Acquisito ma non memorizzato	Vento filato / media delle intensità del vento	Distribuzione per quadranti della velocità del vento per classi (Calme<0.5)
Direzione del vento (DV)	Acquisito ma non memorizzato	Direzione media	Distribuzione per quadranti della velocità del vento per classi (Calme<0.5)
T	Acquisito ma non memorizzato	Media	Media, minima e massima
RH%	Acquisito ma non memorizzato	Media	Media
P	Non acquisito	Media	Non calcolata
Pioggia	Non acquisito	Non acquisito	mm precipitazione

(quantitativo)			
<i>Stazione meteorologica per stazioni di tipo V</i>			
Velocità del vento (VV)	Velocità del vento istantanea durante il raggiungimento del massimo $L_{AFMax}$ dell'evento o nell'istante di inizio dell'evento	Non calcolato	Non calcolato
Direzione del vento (DV)	Direzione del vento istantanea durante il raggiungimento del massimo $L_{AFMax}$ dell'evento o nell'istante di inizio dell'evento	Non calcolato	Non calcolato
T	Temperatura istantanea durante il raggiungimento del massimo $L_{AFMax}$ dell'evento o nell'istante di inizio dell'evento	Non calcolato	Non calcolato
RH%	Umidità relativa istantanea durante il raggiungimento del massimo $L_{AFMax}$ dell'evento o nell'istante di inizio dell'evento	Non calcolato	Non calcolato
P	Pressione istantanea durante il raggiungimento del massimo $L_{AFMax}$ dell'evento o nell'istante di inizio dell'evento	Non calcolato	Non calcolato
Pioggia (qualitativo)	Precipitazioni istantanee durante il raggiungimento del massimo $L_{AFMax}$ dell'evento o nell'istante di inizio dell'evento	Non calcolato	Non calcolato

I dati indicati nella Tabella 2-5 devono essere, in generale, mediati su base oraria e devono essere disponibili per ulteriori elaborazioni di carattere statistico, allo scopo di determinare le diverse condizioni meteorologiche che si presentano nell'area di interesse, anche per valutare la loro influenza sulle operazioni aeree (es. uso invertito delle piste) e sulle rilevazioni acustiche (es. situazioni di sottovento, ecc.).

## 2.3 Il Centro di Elaborazione Dati (CED)

### 2.3.1 Trasmissione

La trasmissione dei dati dalle stazioni periferiche al centro può avvenire secondo diversi tipi di collegamenti e può essere sia continua che limitata a determinati periodi di tempo. L'*hardware* e il *software* di trasmissione devono prevedere una risoluzione di almeno 0,1 dB per tutti i livelli di pressione sonora e un controllo di validità per tutti i dati trasmessi. Devono essere messe in atto delle azioni per avere un'indicazione dello stato di calibrazione e dei periodi di perdita di dati per *overflow*, interruzioni dell'alimentazione o malfunzionamenti della strumentazione. I livelli di pressione sonora non validi dovuti al raggiungimento del fondo scala devono essere segnalati. La trasmissione dei dati non deve aumentare l'incertezza della misura.

La trasmissione dei dati dalla periferia al centro avviene usualmente in modalità *download*, ovvero è il centro che inizia l'operazione di trasferimento. In realtà, questa procedura non garantisce il funzionamento ottimale delle stazioni periferiche: può infatti accadere che la stazione si trovi in uno stato di esaurimento della memoria disponibile prima che il CED preveda un'operazione di *download*. Almeno per le stazioni di misura di tipo V ed M, quindi, deve essere previsto che l'inizializzazione del processo di trasmissione dei dati avvenga dietro richiesta periferica (*upload*). Questa modalità può risolversi anche tramite la gestione di un allarme, di tipo esaurimento memoria, che fa scattare automaticamente l'operazione di *download*.

L'infrastruttura di trasmissione del dato deve essere commisurata al traffico dati previsto, ottimizzando il tempo di connessione durante la fase di trasferimento dei dati, soprattutto per quelle stazioni in cui non sia possibile acquisire e trasmettere i dati in contemporanea. In generale, l'intervallo di durata totale della trasmissione dei dati dalla periferia non può superare, in condizioni normali, i 60 minuti per stazione (dev'essere di durata inferiore nel caso in cui l'acquisizione e la trasmissione non siano contemporanee). Poiché nell'arco delle 24 ore il CED deve provvedere alla memorizzazione dei dati ottenuti e alla loro elaborazione, anche il tempo di ricezione dei dati complessivo, cioè per l'insieme delle stazioni, deve avere una durata massima: è auspicabile che tale durata non superi le 6 ore, prevedendo eventualmente la ricezione contemporanea da più stazioni.

Il momento della trasmissione periodica deve essere scelto in modo da non interferire con il funzionamento delle stazioni di misura: in caso di attività notturna, dev'essere scelto un orario in cui non siano normalmente previste operazioni aeree. In caso di acquisizioni plurime giornaliere, devono essere selezionati orari di scarsa attività aeroportuale.

I protocolli di comunicazione devono essere di tipo a correzione d'errore e deve comunque essere evitata la corruzione dei file; nel caso in cui ciò si verifichi, devono essere sviluppate apposite procedure di correzione, tra cui la ritrasmissione dei dati dalla periferia al centro.

In nessun caso deve prevedersi la cancellazione, la modifica totale o parziale dei file scaricati direttamente dalla strumentazione, che costituiscono il dato rilevato nel suo formato grezzo.

L'autonomia delle unità periferiche deve essere estesa agli apparati di trasmissione per le sole stazioni di tipo V: in questo caso la stazione di misura deve trasmettere i dati al centro anche in assenza di alimentazione elettrica di rete.

La comunicazione tra la periferia e il centro può avvenire per:

- (a) trasmissione dei dati acquisiti;

(b) trasmissione dello stato della stazione di misura;

(c) trasmissione degli allarmi.

Per ciascuna delle modalità dovranno essere selezionate soluzioni tecnologiche consistenti, che possono essere differenziate.

**Tabella 2-6: Modalità di comunicazione tra la stazione di misura e il centro elaborazione dati.**

<i>Tipo</i>	<i>Dati</i>	<i>Stato</i>	<i>Allarmi</i>
A – monitoraggio ambientale	 	 	 
M – monitoraggio del rumore aeroportuale	 	 	 
V – violazioni	 	 	 
A e V	 	 	 
M e V	 	 	 

<i>NECESSITÀ</i>	<i>CODICE</i>	<i>AFFIDABILITÀ</i>	<i>CODICE</i>
Facoltativo		Bassa	
.		.	
.		.	
Necessario		Alta	

In ogni caso è opportuno che la trasmissione dei dati acquisiti avvenga con garanzie di buon esito maggiori rispetto alla trasmissione dello stato della stazione di misura.

La trasmissione di un allarme o la mancata trasmissione di uno stato devono portare a una verifica del funzionamento della stazione.

### 2.3.2 Requisiti del CED

Il centro di elaborazione dati deve essere in grado di ricevere i dati dalle singole stazioni ed elaborarli nel modo più efficiente possibile.

Il sistema deve quindi provvedere alla memorizzazione di tutti i dati che arrivano dalle stazioni e alla loro archiviazione, insieme ai risultati dell'elaborazione, su supporti non deperibili e facilmente consultabili, in modo da consentire in qualunque momento la consultazione dei dati storici. In particolare, devono essere opportunamente conservati:

- File originali scaricati dalle stazioni di misure, nel formato originale e con la data originale di creazione;
- File originali, a monte di ogni percorso elaborativo, relativamente alle tracce radar;
- File originali, a monte di ogni percorso elaborativo, relativamente ai movimenti aerei (Base Dati Voli);

- Dati giornalieri (es.  $L_{VAj}$ , Fondo/Ambientale, ecc.), a valle di ogni elaborazione;
- Dati orari (Livelli equivalenti, percentili, ecc.);
- Dati eventi, con indicazione definitiva della correlazione;
- Dati calibrazioni;
- Rapporti periodici in formato cartaceo ed elettronico.

Devono inoltre essere conservate le seguenti informazioni:

- Configurazione stazioni di misura e data dell'eventuale cambiamento;
- Certificati del costruttore per la strumentazione acustica;
- Certificati SIT;
- Ogni altra informazione a corredo dei dati (anche relativa a procedure) utilizzata per la validazione dei dati, la determinazione dei valori di calibrazione, la caratterizzazione acustica dei siti di misura.

I dati sopra elencati devono essere conservati per un periodo minimo di 5 anni. Solo i file originali e i dati giornalieri devono essere conservati indefinitamente.

Il gestore del sistema deve dotare il centro di opportuni *software* che servano all'elaborazione dei dati. Deve essere possibile in qualunque momento un intervento dell'operatore per apporre correzioni al processo di elaborazione o per riparare eventuali malfunzionamenti.

## Capitolo 3 - Gestione del sistema

La gestione del sistema di monitoraggio comprende tutte quelle operazioni necessarie sia per la manutenzione dell'intera rete, che per l'elaborazione dei dati.

### 3.1 Manutenzione

Il sistema di monitoraggio, in modo particolare le stazioni di tipo "M" o "V", deve tendere alla continuità delle rilevazioni, garantendo che le misure siano corrette entro l'incertezza specifica della strumentazione, 24 ore su 24 e 365 giorni all'anno; le eventuali interruzioni di servizio devono essere, quanto più possibile, limitate nel tempo. Per quanto riguarda le stazioni di tipo "A", esse devono essere in grado di monitorare al meglio i livelli di rumore ambientale dovuto a tutte le sorgenti presenti, comprese quelle aeronautiche. La continuità del funzionamento è quindi meno vincolante, soprattutto laddove i livelli di rumore non si discostano molto dalla media, ma rimane comunque un limite a cui tendere nell'ottica di migliorare il sistema di monitoraggio.

Il gestore del sistema deve quindi essere in grado di programmare una manutenzione periodica della rete, in modo da minimizzare i possibili guasti e contemporaneamente deve poter intervenire tempestivamente in caso di malfunzionamento che pregiudichi il monitoraggio del rumore aeroportuale.

#### 3.1.1 Stazione

Per garantire la continuità dei rilevamenti devono essere previsti degli interventi di manutenzione periodica volti alla verifica del corretto funzionamento di tutti gli apparati della stazione periferica di misura, da effettuarsi almeno ogni 90 giorni. Nello specifico devono essere controllati:

##### **apparati di alimentazione**

- verifica della presenza rete
- verifica dello stato della batteria
- prova di funzionamento della batteria in assenza di rete

##### **apparati di acquisizione dei parametri acustici**

- verifica dello stato di funzionamento
- verifica del livello di calibrazione (tramite pistonofo)
- verifica dell'apparato automatico di calibrazione
- verifica della disponibilità di memoria
- verifica delle impostazioni per il rilevamento
- eventuale smontaggio degli apparati per invio alla certificazione SIT e loro sostituzione con strumenti già certificati

##### **apparati di trasmissione**

- verifica del funzionamento della linea telefonica
- verifica delle impostazioni del modem, se presente
- prova di collegamento con il centro e di scaricamento dati

L'esito dell'intervento di manutenzione periodica deve essere debitamente memorizzato, compilando un rapporto di intervento, e deve essere a disposizione del personale ARPA per le operazioni di verifica. Nel rapporto, ogni apparato di acquisizione deve essere univocamente identificato.

Tra gli interventi di manutenzione periodica, particolare attenzione deve essere dedicata alla perfetta calibrazione della strumentazione di misura, sia essa in modalità assistita che non assistita. Si conviene di identificare due modalità di verifica della calibrazione:

- **Check**, quando viene utilizzato un qualunque sistema che generi in prossimità del microfono un livello noto di pressione sonora a una certa frequenza e il fonometro riporti soltanto la lettura di tale valore, senza effettuare alcuna correzione;
- **Change**, quando viene adoperato un sistema di calibrazione secondo la norma CEI 29-14 (con pistonofono o sorgente sonora nota) e il fonometro sia impostato in modo da correggere la lettura al fine di fornire lo stesso valore che il sistema di calibrazione genera.

L'operazione di tipo check può a sua volta essere eseguita in modo automatico o manuale, come segue:

- (a) calibrazioni di verifica automatiche o comandate con attuatore elettrostatico o sistema equivalente;
- (b) calibrazioni di verifica manuali con pistonofono o sorgente sonora nota<sup>3</sup>.

Il sistema deve consentire all'operatore di completare l'operazione in qualsiasi momento e in qualsiasi postazione di misura. Le calibrazioni di tipo (a) vanno effettuate almeno ogni 24 ore, mentre quelle di tipo (b) vanno effettuate con cadenza almeno trimestrale, in modo particolare per le stazioni di tipo M o V.

Le verifiche automatiche devono essere effettuate nel periodo notturno, preferibilmente in corrispondenza di orari che minimizzino la probabilità di occorrenza di una qualsiasi operazione aerea. Possono essere effettuate calibrazioni automatiche in periodo diurno solo per fini di test e per periodi limitati di tempo. La durata media della verifica di calibrazione per ciascun ciclo, che comprende attivazione, stabilizzazione, lettura e disattivazione, deve essere inferiore a 60 secondi. Le verifiche manuali devono essere attuate almeno trimestralmente e per almeno 1/3 devono essere compiute con calibratore conforme alla norma CEI 29-14.

La modalità *change* può essere eseguita solo posizionando il pistonofono a contatto con la strumentazione di misura. Questa modalità di calibrazione va effettuata nei casi in cui lo strumento sia installato ex novo, ovvero in seguito a riparazione/sostituzione. Nel caso in cui, dopo una calibrazione *check* di tipo manuale, si rilevi una deviazione pari o superiore a 0,3 dB e inferiore a 0,5 dB rispetto al valore di riferimento, considerate le correzioni di lettura dovute alle condizioni di pressione atmosferica, può essere effettuata una calibrazione di tipo *change*. La correzione è obbligatoria per deviazioni superiori a 0,5 dB. Immediatamente dopo l'operazione va effettuata una calibrazione comandata di tipo *check*.

Per ciascuna calibrazione dovranno essere disponibili almeno i seguenti valori:

- Identificativo della stazione;

---

<sup>3</sup> Per convenzione, i valori 114,0 dB e 94,0 dB sono i valori con cui si intende l'uso di calibratore acustico manuale.

- Data e ora dell'operazione;
- Tipo di calibrazione (automatica, manuale);
- Modalità di calibrazione (change, check);
- Valore atteso;
- Valore misurato.

Ogni calibrazione, sia di tipo *check* che *change*, deve essere presente nell'archivio dei dati: vanno quindi evitati reset della memoria dello strumento quando non vi sia la certezza che il dato di calibrazione sia stato correttamente memorizzato e archiviato. Risulta inoltre opportuno che per ciascuna calibrazione manuale con calibratore acustico ex norma CEI 29-14 venga redatto un rapporto in forma scritta che riporti le modalità di calibrazione e l'esito riscontrato.

Nel caso di microfoni a condensatore, le operazioni di verifica del funzionamento del sistema di riscaldamento e di deumidificazione devono essere fatte con cadenza di almeno 90 giorni e devono prevedere la sostituzione/integrazione del materiale di consumo.

Entro i primi due anni dalla data di certificazione da parte del costruttore l'intera catena di misura dovrà essere sottoposta a verifica SIT da uno dei centri autorizzati. In seguito, entro ogni periodo di due anni dalla data di esecuzione dell'ultima verifica, dovrà essere effettuata una nuova certificazione SIT dell'intera catena.

In caso di guasto che comporti la riparazione di un componente elettronico di interesse per la misurazione del rumore, dovrà essere effettuata una certificazione SIT dello strumento: l'intera catena sarà ritenuta certificata<sup>4</sup>, ma la data di riferimento per la certificazione successiva sarà rappresentata comunque dall'elemento che ha avuto certificazione anteriore. Analogamente, in caso di sostituzione di un elemento della catena di misura con uno nuovo, sarà sufficiente disporre del certificato rilasciato dal costruttore e la data di riferimento per la certificazione successiva sarà rappresentata dall'elemento che ha avuto certificazione anteriore. Copia di ogni certificato dev'essere tenuta a disposizione di ARPA per un'eventuale verifica.

Gli interventi di manutenzione periodica hanno lo scopo di ridurre al minimo eventuali malfunzionamenti, cioè una qualsiasi interruzione della continuità delle rilevazioni. Qualora accadessero delle interruzioni, deve essere pianificato un efficace intervento.

Prima di tutto la strumentazione deve essere alimentata da un sistema di batterie tampone, in modo da garantire la continuità della misura, per almeno 24 ore in caso di mancanza di alimentazione da rete: le azioni da intraprendere in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica sono illustrate nella Tabella 3-1. Risulta opportuno che anche gli apparati di trasmissione possano funzionare in modalità *off grid*, in modo da poter trasmettere al centro un allarme e consentire il funzionamento della trasmissione senza intervento in campo dell'operatore. Nel caso in cui sia stimato l'esaurimento della memoria del sistema di archiviazione periferico dei dati, ovvero una caduta di tensione della batteria di backup, dev'essere previsto un intervento in campo in modo da evitare l'interruzione della continuità della misura. A questo scopo è bene estendere la durata della batteria tampone ad almeno 72 ore. Nel caso di alimentazioni completamente *off grid* dev'essere garantita la

---

<sup>4</sup> Per le certificazioni SIT non è necessario effettuare le operazioni con il cavo microfonico originale della catena.

continuità della misura in ogni condizione meteorologica, dimensionando opportunamente gli impianti.

A fronte invece di un malfunzionamento dovuto a un guasto, si devono porre in essere le seguenti azioni correttive.

### **1. Valutazione del guasto**

Identificazione dell'elemento guasto nella stazione di misura distinguendo tre aree principali:

- (a) apparati di alimentazione;
- (b) apparati di acquisizione dei parametri acustici;
- (c) apparati di trasmissione.

L'identificazione del guasto può avvenire anche attraverso la telediagnosi della stazione, relativamente ai casi (a) e (c). L'identificazione del guasto nel caso (b) avviene per esclusione dei casi (a) e (c): l'identificazione dell'elemento guasto, e i relativi interventi correttivi, devono avvenire direttamente in situ ad opera di personale qualificato. Preliminarmente all'intervento di manutenzione correttiva devono essere raccolte informazioni riguardanti la coerenza delle rilevazioni acustiche, valutando in particolare i livelli di calibrazione e i livelli di pressione sonora acquisiti negli ultimi giorni, prima del manifestarsi del malfunzionamento.

La valutazione del guasto deve avvenire entro 24 ore (solari) dalla sua manifestazione.

### **2. Tempistica di intervento**

L'intervento in situ deve avvenire entro 24 ore (solari) dalla valutazione del guasto agli apparati di acquisizione dei parametri acustici. In caso di condizioni meteo avverse, rappresentate da precipitazioni, presenza di nebbia densa o di forte vento, l'intervento può essere procrastinato. In caso di persistenza delle avversità per più di 72 ore, la postazione di misura può essere affiancata da una postazione di tipo mobile per misure non assistite che garantisca la rilevazione del rumore in modo analogo alla postazione oggetto dell'intervento.

Gli interventi sugli apparati di alimentazione e trasmissione possono avvenire entro il tempo limite caratterizzato dalla capacità di memorizzazione della stazione di misura e dall'autonomia nell'alimentazione elettrica.

### **3. Riparazione del guasto e ripristino del normale funzionamento (manutenzione correttiva)**

#### **(a) apparati di alimentazione:**

Nel caso di guasto alla rete di distribuzione, e nell'impossibilità di un ripristino immediato, dev'essere verificata la capacità residua di alimentazione fornita dagli apparati tampone. In caso di stima di non sufficienza, deve essere prevista una loro sostituzione che garantisca almeno 72 h continuative. Nel caso in cui si protragga nel tempo la situazione, gli apparati tampone devono essere monitorati periodicamente onde garantire in ogni caso l'alimentazione della strumentazione di misura e degli apparati connessi.

Nel caso in cui gli apparati di trasmissione non siano alimentati dal tampone, dev'essere prevista un'acquisizione manuale dei dati direttamente in situ, o un'operazione equivalente, eseguita per un numero di volte sufficiente a impedire che la strumentazione di misura giunga in uno stato di saturazione della memoria, con conseguente interruzione della continuità dei rilevamenti.

(b) apparati di acquisizione dei dati acustici

Nel caso in cui non sia possibile una riparazione sul posto, l'elemento guasto dev'essere sostituito con uno analogo. La catena microfonica ripristinata dev'essere calibrata manualmente tramite pistonofono; a calibrazione positivamente eseguita deve essere effettuata una calibrazione con il sistema automatico di verifica, avendo cura di annotare il valore misurato. Del guasto e dell'avvenuta riparazione deve essere tenuta traccia documentale comprendendo i numeri seriali degli strumenti eventualmente sostituiti, quelli sostitutivi e i valori di calibrazione con il sistema automatico di verifica più recente, prima e dopo la sostituzione.

(c) apparati di trasmissione

L'elemento guasto deve essere rimosso, nel caso in cui non sia possibile una riparazione sul posto. Il ripristino della funzionalità deve avvenire entro il limite di capacità di memorizzazione dei dati dello strumento. In caso ciò non sia possibile, dev'essere prevista l'acquisizione manuale dei dati direttamente in situ, o un'operazione equivalente, eseguita per un numero di volte sufficiente a impedire che la strumentazione di misura giunga in uno stato di saturazione della memoria, con conseguente interruzione della continuità dei rilevamenti.

Nel corso delle operazioni di manutenzione correttiva non possono essere memorizzati dati acustici presso il sistema, seguendo la normale procedura di archiviazione dei dati, a eccezione dei valori di calibrazione.

**Tabella 3-1: Azioni correttive in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica nella stazione di misura.**

<i>Stazioni periferiche di misura</i>						
Qualunque sistema	scarico dei dati acustici per permettere la continuità dell'acquisizione	verifica dello stato della batteria (eventuale sostituzione con una perfettamente carica)	controllo della calibrazione, tramite attuatore elettrostatico o sistema equivalente	per i sistemi dotati di riscaldatore del microfono (quali, ad esempio i sistemi polarizzati), deve essere verificato anche il funzionamento ottimale di tale apparato prima del ripristino dell'acquisizione	ripristino della continuità della misura	verifica che la stazione sia in uno stato di funzionamento normale

### 3.1.2 Centro di Elaborazione Dati

La trasmissione dei dati dalle stazioni di misura (periferia) deve avvenire in base a un'operazione automatica dal server del CED. Tale operazione prevede:

- (a) la connessione (via rete telefonica o TCP/IP);
- (b) l'invio della richiesta di acquisizione dati (operata dal centro);
- (c) la fase di trasmissione;
- (d) la cancellazione della memoria periferica (dopo verifica della corretta memorizzazione al centro);
- (e) la disconnessione.

La fase di trasmissione dei dati è quindi ritenuta positiva quando tutte le fasi descritte sono completate positivamente e i dati sono archiviati nella memoria di massa del CED. Qualunque anomalia che accada in una delle fasi menzionate deve dare luogo a un allarme e a un opportuno intervento di correzione, che potrà essere automatico (ad esempio retry della trasmissione) o manuale. Lo scopo fondamentale di ogni intervento consiste nel garantire la massima continuità delle rilevazioni.

Al fine di minimizzare le possibilità di mancanza di comunicazione deve essere previsto che:

- (e) il modem si configuri in maniera automatica, dopo un reset, con un profilo standard perfettamente adeguato alla trasmissione;
- (f) lo strumento invii al modem un'apposita stringa di configurazione che forzi l'acquisizione di un profilo standard perfettamente adeguato alla trasmissione.

L'eventuale interruzione dell'alimentazione elettrica non deve provocare danni irreparabili all'*hardware* utilizzato per le comunicazioni con le stazioni periferiche e la memorizzazione dei dati. A questo scopo possono essere utilizzati gli accorgimenti riportati in Tabella 3-2. Nel caso in cui l'ingegnerizzazione del sistema non preveda un'alimentazione fuori rete (*off grid*) degli apparati e dell'infrastruttura di trasmissione, il sistema deve garantire che, in caso di interruzione della trasmissione, si generi un apposito report di allarme e vengano attuate le azioni correttive sopra elencate.

I problemi relativi alla trasmissione dei dati si possono trattare mettendo in pratica le azioni correttive riportate in Tabella 3-3. Nel caso si verifichi un'interruzione della trasmissione, è opportuno mettere in atto le soluzioni illustrate nella Tabella 3-4, dove sono riassunte le possibili situazioni di trasmissione, per evitare perdite di dati conseguenti all'interruzione. Nel caso si verificasse un guasto, invece, si riportano in Tabella 3-5 le operazioni correttive dirette alla risoluzione dei problemi di trasmissione.

In tutti i casi in cui non sia possibile un rapido ripristino della continuità e dell'efficienza della comunicazione, deve essere previsto un intervento diretto sulla stazione prima che si verifichi uno stato di *out of memory* presso la stazione di misura.

Al fine di impedire accessi non autorizzati, tutte le stazioni di misura devono essere dotate di un sistema di autenticazione del chiamante costituito almeno da *login* con *user-id* e *password*.

Tabella 3-2: Azioni correttive in caso di interruzione dell'alimentazione elettrica per il sistema centrale (CED).

<i>Tipo di alimentazione</i>	<i>Verifica</i>	<i>Prima operazione</i>	<i>Seconda Operazione</i>	<i>Verifica</i>	<i>Operazione dopo 60 minuti</i>	<i>Verifica</i>
Alimentazione in continuità garantita strutturalmente	Verificare che la continuità sia entrata in servizio regolarmente	Operare un backup dei dati su disco fisso	Disattivare le comunicazioni automatiche con le stazioni periferiche di misura	Verificare la ripresa del servizio di alimentazione da rete	Riattivare le comunicazioni automatiche con le stazioni periferiche di misura. Il sistema deve provvedere automaticamente alla verifica delle operazioni rimaste in attesa di esecuzione e alla loro eventuale riattivazione.	
Singola unità UPS con soft shutdown dei computer	Verificare che l'UPS sia entrato in funzione regolarmente	Effettuare lo shutdown del sistema		Verificare la ripresa del servizio di alimentazione da rete	Effettuare lo startup del sistema. Il sistema deve provvedere automaticamente alla verifica delle operazioni rimaste in attesa di esecuzione e alla loro eventuale riattivazione	
Sistema fault-tolerant con mirroring dei dischi	Attendere la riattivazione della fornitura elettrica				Effettuate lo startup del sistema. Il sistema deve provvedere automaticamente alla verifica delle operazioni rimaste in attesa di esecuzione e alla loro eventuale riattivazione	Verificare che il sistema sia integro e le operazioni di comunicazione con le stazioni periferiche siano regolari.

**Tabella 3-3: Problematiche della fase di trasmissione e azioni correttive.**

<i>Numero d'ordine</i>	<i>Fase di trasmissione</i>	<i>PROBLEMA</i>	<i>ALLARME</i>	<i>Azione correttiva</i>	<i>Azione successiva</i>	<i>Numero d'ordine azione successiva</i>
1	Connessione	Mancanza di connessione	<i>No carrier</i>	Verifica degli apparati di trasmissione del CED e della funzionalità della linea	<i>Retry</i> della connessione	1
		Mancata risposta dalla periferia	<i>No answer</i>	Verifica assenza allarmi mancanza alimentazione dalla stazione. Verifica diretta di connessione con lo strumento		
2	Invio richiesta acquisizione ( <i>download</i> )	Mancata notifica di ricezione della richiesta	Errore dallo strumento	Verifica diretta di connessione con lo strumento	Eventuale ripristino della configurazione (senza reset della memoria). Se è richiesto il <i>reset</i> , occorre scaricare i dati manualmente presso la stazione di misura. <i>Retry</i> della richiesta <i>download</i>	2 OPPURE 1
3	Trasmissione	Comunicazione troppo lunga senza scambio dati	<i>Timeout</i>	<i>Retry</i> della connessione		1
		Integrità del file trasmesso	Errore file	<i>Retry</i> della connessione		
4	Cancellazione memoria ( <i>reset</i> )	Mancata notifica di ricezione della richiesta oppure <i>reset</i> non possibile	Mancato <i>reset</i>	<i>Retry</i> della connessione		1
5	Disconnessione	Mancata notifica di ricezione dello stato di “Acquisizione” dello strumento	Mancato ripristino acquisizione	<i>Retry</i> del comando di “Acquisizione”		5
		<i>Timeout</i>	<i>Timeout</i>	<i>Retry</i> della connessione		1

**Tabella 3-4: Possibilità di interruzione della trasmissione e soluzioni.**

<i>Infrastruttura di trasmissione</i>	<i>Apparati di rete</i>	<i>Rischio di interruzione</i>	<i>Soluzione</i>	<i>Note</i>
Rete telefonica PSTN	Infrastruttura	Disservizio		La funzionalità dell'infrastruttura è garantita dal provider del servizio, con il quale occorre stipulare contratti di fornitura che non prevedano l'interruzione dello stesso.
	Modem	Alimentazione elettrica	Alimentazione autonoma da batteria	
Sovratensione		Adeguate protezione		
Rete telefonica ISDN	Infrastruttura	Disservizio		La funzionalità dell'infrastruttura è garantita dal provider del servizio, con il quale occorre stipulare contratti di fornitura che non prevedano l'interruzione dello stesso.
	Borchia telefonica	Guasto	Adeguate protezione sovratensioni	
	Modem	Alimentazione elettrica	Alimentazione autonoma da batteria	
Sovratensione		Adeguate protezione		
Rete GSM	Modem	Alimentazione elettrica	Alimentazione autonoma da batteria	
		Sovratensione	Adeguate protezione	
	Infrastruttura	Disservizio		La funzionalità dell'infrastruttura è garantita dal provider del servizio, con il quale occorre stipulare contratti di fornitura che non prevedano l'interruzione dello stesso.
		Scarsa copertura	Utilizzare altra infrastruttura	
Rete GPRS	Modem	Alimentazione elettrica	Alimentazione autonoma da batteria	
		Sovratensione	Adeguate protezione	
	Infrastruttura	Disservizio		La funzionalità dell'infrastruttura è garantita dal provider del servizio, con il quale occorre stipulare contratti di fornitura che non prevedano l'interruzione dello stesso
		Scarsa copertura	Utilizzare altra infrastruttura	
		Caduta e ripristino dell'autenticazione nella rete TCP/IP	Utilizzare adeguati protocolli che garantiscano la continuità di acquisizione dei pacchetti	
ALTRO				Per l'utilizzo di altre infrastrutture non menzionate si dovranno esaminare, prima della scelta definitiva, i possibili guasti che si possono verificare e le soluzioni che si intendono adottare

**Tabella 3-5: Azioni correttive dirette per il ripristino della trasmissione dei dati.**

<i>Apparati di rete</i>	<i>Tipo di guasto</i>	<i>Verifica funzionalità</i>	<i>Azione correttiva</i>	<i>Note</i>
Infrastruttura	Disservizio	Richiesta di intervento del provider per test della linea	Intervento di ripristino del provider	L'azione è operata caso per caso dal gestore
	Scarsa copertura	Stato della connessione	Retry della trasmissione	Se il guasto è frequente cambiare tipologia di infrastruttura
	Caduta e ripristino dell'autenticazione nella rete TCP/IP	Ping dell'indirizzo IP della stazione	Adeguamento a nuovi indirizzi / reinstradamento dei pacchetti	
Borchia telefonica	Guasto	Richiesta di intervento del provider per test della linea	Intervento di ripristino del provider	Il gestore deve garantire la trasmissione dei dati con soluzioni provvisorie
Modem	Alimentazione Elettrica	Risposta del modem a richiesta comunicazione	Ripristino alimentazione	Il gestore deve garantire la trasmissione dei dati con soluzioni provvisorie
	Sovratensione/ Guasto	Risposta del modem a richiesta comunicazione	Sostituzione del modem / riparazione	Il gestore deve garantire la trasmissione dei dati con soluzioni provvisorie

## 3.2 Elaborazione dati

Il processo di elaborazione dati è di importanza fondamentale per la buona riuscita del monitoraggio del rumore aeroportuale. Partendo dai dati acquisiti dalle stazioni di misura e dai dati sui voli ottenuti dall'Ente competente, il gestore del sistema deve procedere con la correlazione tra eventi rumorosi e voli e quindi calcolare gli indici di valutazione aeroportuale, come previsto dalla normativa elencata nel paragrafo 1.1.

Il sistema deve tenere traccia delle operazioni effettuate, in particolare quando queste possono direttamente o indirettamente influire sul valore di  $L_{VAj}$  misurato o sulla determinazione di una violazione a una procedura antirumore.

### 3.2.1 Identificazione degli eventi acustici

Convenzionalmente, si definisce evento rumoroso qualsiasi variazione apprezzabile del livello di pressione sonora, che si protragga per un certo tempo (durata dell'evento). Poiché le misure sono condotte in ambiente esterno, possono coesistere numerose sorgenti, non solo antropiche, in grado di generare eventi sonori.

La caratterizzazione di un evento sonoro può essere fatta utilizzando molteplici parametri, tra i quali devono essere registrati quelli indicati al paragrafo 2.1: tali parametri possono essere calcolati direttamente dal fonometro, oppure da *software* che si basano sui dati integrati calcolati dallo strumento. Risulta quindi indispensabile che il fonometro utilizzato sia di tipo integratore conformemente alle norme IEC 60804 oppure CEI EN 61672.

Presso la stazione di misura può avvenire la discriminazione dell'evento sonoro in funzione della sorgente. Qualora le condizioni di memorizzazione lo consentano, la procedura di identificazione dell'evento e, conseguentemente, quella di calcolo dei parametri collegati al singolo sorvolo, possono essere rimandate a una successiva elaborazione, a patto che la strumentazione fonometrica abbia registrato in continuo tutti i dati utili. Deve essere dimostrato che la stazione di misura, in particolare se essa è di tipo "M" o "V", è in grado di identificare e discriminare tutti e soli gli eventi di origine aeronautica.

Per determinare gli eventi acustici di probabile origine aeronautica possono essere utilizzati molti metodi. Il metodo più semplice consiste nel definire una soglia di rumorosità (S), a partire dal livello SPL, una durata temporale minima (D) che devono essere superate per poter registrare l'evento, secondo le indicazioni del D.M. 31/10/1997 All.B p.to 3. Può essere necessario, in particolari situazioni, utilizzare diversi set di soglie per isolare eventi differenti: ciò può rivelarsi utile per gli eventi notturni, quando il livello di rumorosità ambientale decresce rendendo più facilmente identificabili i sorvoli di aerei. Nel caso in cui il Comune nel quale è situata la stazione di misura abbia provveduto alla zonizzazione acustica, le impostazioni della soglia S dovranno essere superiori al limite di immissione corrispondente (L). La condizione per cui S sia minore di L può essere accettata solo nei casi in cui valga la condizione  $L_{AFmax} > S+10$  per tutti gli eventi acquisiti.

Un'altra modalità ammissibile consiste nel disporre dell'intera *Time-history* delle 24 ore, con un campionamento molto breve (1 secondo, o inferiore) del  $L_{Aeq}$ . Questa modalità ha il pregio di non utilizzare un'identificazione rigida degli eventi, garantendo la massima flessibilità nell'impostazione dei parametri di discriminazione ed evidenziando differenti categorie (*cluster*) degli stessi.

Inoltre, è possibile affiancare alle modalità precedenti anche l'acquisizione della *Time-history* degli spettri 1/3 di ottava; questa soluzione è particolarmente apprezzabile per la distinzione delle caratteristiche spettrali degli eventi, che possono quindi essere più facilmente attribuiti in maniera corretta alla sorgente originante.

Le modalità di identificazione degli eventi devono tuttavia essere commisurate alla effettiva capacità di memorizzazione della strumentazione: maggiore è il numero di parametri richiesti, maggiore sarà la memoria di massa che deve essere riservata per la loro registrazione, tenendo conto anche degli eventuali periodi di mancanza di comunicazione con il CED. Deve essere evitata qualunque perdita di dati a causa della saturazione della capacità di memorizzazione, sia presso le stazioni di misura sia presso il CED stesso.

Qualunque altra metodologia, anche più complessa, può essere utilizzata previa dimostrazione, tramite adeguato rapporto tecnico, della sua efficacia. Nel caso in cui si utilizzi una combinazione di valori di soglia e durata minima per registrare gli eventi, dovranno essere registrati anche questi valori; invece, se si utilizza un sistema di identificazione degli eventi più complesso, è necessario che il gestore fornisca un rapporto tecnico in cui si descriva la metodologia utilizzata.

La metodologia di riconoscimento degli eventi aeroportuali può essere integrata dall'acquisizione di altre informazioni, di carattere qualitativo, costituite dalle registrazioni digitali audio e/o video effettuate nella posizione di un ipotetico osservatore coincidente con la stazione di misura. Va considerato altresì che una maggiore quantità di informazioni comporta la necessità di capacità di memorizzazione e trasmissione dalla periferia al centro di tutti i dati.

Gli elementi che caratterizzano acusticamente il transito di un aereo sono costituiti dai parametri SEL,  $L_{AFmax}$  e dai corrispondenti EPNL,  $PNLT_{Max}$ . Il sorvolo viene caratterizzato anche dall'evoluzione temporale del rumore, che può essere registrata attraverso l'andamento del livello di pressione sonora  $L_{AF}$ , con campionamento pari o inferiore a 1 secondo, ovvero tramite il livello equivalente  $L_{Aeq}$  "short", con tempo di integrazione pari a 1 secondo. Questa seconda modalità è da preferirsi rispetto alla semplice memorizzazione del livello  $L_{AF}$  in quanto consente il calcolo del SEL utilizzando direttamente gli stessi dati acquisiti e rende più facile l'identificazione dell'intero sorvolo. Rimane comunque necessaria l'acquisizione del parametro  $L_{AFmax}$  rappresentativo dell'evento.

Se lo strumento di misura è un fonometro integratore, che viene utilizzato anche per la determinazione della rumorosità residua tramite differenza logaritmica tra il livello totale e quello attribuito agli aerei, è opportuno che il SEL venga calcolato sulla base dell'intera evoluzione del sorvolo, e non solo della parte che supera il livello  $L_{AFmax} - 10$ ; solo in questo modo è possibile evitare che la parte di energia sonora emessa dall'aereo, ma la cui differenza con il valore  $L_{AFmax}$  è maggiore di 10 dB, venga attribuita alle sorgenti locali di origine non aeronautica.

Il livello EPNL deve essere calcolato secondo la norma ISO 3891.

Per la determinazione della rumorosità residua, intesa come il rumore non originato dal sorvolo di aerei, devono essere utilizzati i valori di livello equivalente, sia dei periodi di riferimento 6-22 e 22-6 (per poter effettuare il confronto con i limiti di zona), sia quelli calcolati sulla base degli intervalli 6-23, per il periodo diurno e 0-6 e 23-24 della stessa giornata, per il periodo notturno, in modo da poter confrontare i livelli di rumore non aeronautico calcolati con i livelli  $L_{VAd}$  e  $L_{VAn}$ , rispettando la riferibilità al giorno civile.

### 3.2.2 Acquisizione dei dati relativi ai voli

Le informazioni ufficiali concernenti i voli possono essere di due tipi:

- (a) Base dati voli (BDV)
- (b) Tracce radar (TR)

Queste ultime sono trasmesse dal fornitore dei servizi di traffico aereo (es.: ENAV) al Gestore dell'Aeroporto.

I dati devono essere trasmessi garantendo la sicurezza informatica delle comunicazioni e la continuità della fornitura. Qualunque deviazione dai formati standard dei file che contengono i dati deve essere tempestivamente comunicata, in modo da adeguare la modalità di interpretazione e di archiviazione degli stessi.

Le informazioni devono essere trasmesse con cadenza quotidiana, dopo un periodo necessario alle operazioni di riscontro effettuate dal fornitore dei servizi di traffico aereo (es.: ENAV), che non superi le 48 h. Nel caso in cui il dato BDV venga ritenuto consolidato dopo un periodo maggiore di tempo, il gestore del sistema dovrà fare in modo di aggiornare i dati in suo possesso in modo da allinearli ai dati consolidati.

Tutte le operazioni devono avvenire automaticamente: in caso di problemi legati alla mancata fornitura del dato, essi devono essere immediatamente segnalati al gestore del sistema di monitoraggio mediante apposita reportistica e si deve provvedere con la massima celerità e speditezza al ripristino della situazione di normale funzionamento.

Al fine dell'identificazione dell'aeromobile devono essere acquisiti, dall'insieme dei dati che si riferiscono ai movimenti, le seguenti informazioni:

- data e ora (con precisione al secondo) dell'operazione (o eventuale link alla tabella dei dati di volo);
- modello dell'aereo;
- marche dell'aereo;
- peso massimo al decollo;
- esercente dell'aereo;
- proprietario (se diverso dall'esercente);
- ulteriori informazioni di identificazione (numero di serie, configurazione, certificazione acustica, ecc.).

I dati che devono essere acquisiti riguardo al volo sono:

- data e ora (con precisione al secondo) dell'operazione;
- marche dell'aereo (o eventuale link alla tabella anagrafica dei velivoli);
- codice del volo (codifica ICAO e IATA);
- aeroporto di provenienza/destinazione;
- tipologia di operazione (atterraggio, decollo, tgo, sorvolo in quota compagnia (in caso di Code Sharing la compagnia che ha registrato il piano di volo);
- altre informazioni sul peso al decollo (merci, passeggeri, bagagli, ecc.);
- tracciato radar (ID\_VOLO, x, y, z, t).

Le informazioni sulle marche<sup>5</sup> dell'aereo (codifica ICAO) possono essere particolarmente utili poiché consentono di risalire alla compagnia esercente: questo risulta indispensabile per esercitare le operazioni di analisi dei voli e di eventuale violazione delle procedure antirumore.

---

<sup>5</sup> Per marche si intende il codice di cinque lettere con il quale l'aereo viene registrato nel Registro Aeronautico nazionale. Attraverso apposite banche dati, che devono essere opportunamente aggiornate con periodicità annuale, è

Il dato originale fornito da dal fornitore dei servizi di traffico aereo (es.: ENAV) può essere soggetto alle seguenti elaborazioni:

- unione dei file BDV con quelli TR;
- rielaborazione dell'orario del movimento utilizzando le battute radar;
- rielaborazione del tracciato radar al fine di invalidare le battute non coerenti (le battute eliminate dovrebbero essere conservate per eventuali ulteriori analisi);
- eliminazione dei tracciati che non hanno come origine/destinazione l'aeroporto di interesse;
- rielaborazione delle operazioni di tipo *Touch-and-go* con la creazione di uno specifico tipo di operazione.

Tutte le attività elaborative devono essere documentate da apposite procedure, che devono essere messe a disposizione delle autorità che ne facessero richiesta.

Qualora il tracciato radar non fosse disponibile, le operazioni di correlazione con gli eventi acustici dovranno essere portate a termine con le informazioni sopra menzionate sulla base dell'orario dell'operazione e di tutte le altre caratteristiche che possono essere ritenute utili.

I dati radar, in qualità di dati del sistema di monitoraggio, devono essere messi a disposizione delle ARPA per i controlli di cui al D.P.R. 496 dell'11/12/1997.

### 3.2.3 Correlazione degli eventi ai voli

L'evento rumoroso, secondo le indicazioni contenute nel D.M. 20/5/1999, viene correlato con le operazioni di volo ovvero con le tracce radar. Dagli eventi di origine aeronautica devono essere scartati quelli riferiti alle seguenti tipologie di attività aeree:

- (a) di emergenza;
- (b) pubblica sicurezza;
- (c) soccorso;
- (d) protezione civile;
- (e) militare;
- (f) di Stato.

Le restanti tipologie di operazioni aeree vanno invece incluse.

La determinazione della tipologia di attività aerea è fondamentale per poterne giudicare l'esclusione. Può accadere, tuttavia, che una serie di informazioni (in particolare quelle legate alle tipologie (b) ed (e)) non siano comprese tra quelle trasmesse dal fornitore dei servizi di traffico aereo (es.: ENAV) nei tracciati radar o a disposizione del gestore aeroportuale per la quantificazione del traffico. In questo caso l'unica possibilità di giudizio sulla natura dell'operazione aerea può essere fatta soltanto attraverso l'analisi delle informazioni acustiche disponibili.

L'operazione di correlazione deve avvenire in modo automatico, secondo alcune impostazioni generali della procedura che sono fissate dal gestore del sistema per ciascuna stazione di misura. Tali impostazioni devono necessariamente riferirsi ai seguenti criteri:

- distanza spaziale tra la stazione di rilevamento e posizione istantanea dell'aereo;
- intervallo temporale tra il momento del rilevamento e l'istante di passaggio dell'aereo.

---

possibile disporre di una serie di importanti informazioni.

L'algoritmo di correlazione deve tenere conto della precisione della misura temporale degli eventi e spazio-temporale delle operazioni di volo, mantenendo la più costante sincronizzazione degli apparati di misura in modo da minimizzare gli errori riferiti a tali grandezze.

L'algoritmo di correlazione può essere qualunque, purché garantisca:

- il maggior numero di operazioni aeree correlate con gli eventi sonori rilevati da tutte le stazioni di misura;
- il minor numero di eventi di origine non aeronautica che vengono erroneamente attribuiti a operazioni aeree;
- il minor numero di eventi di origine aeronautica che non vengono attribuiti a operazioni aeree.

Queste ultime situazioni possono verificarsi anche in seguito a una non corretta identificazione degli eventi di origine aeronautica rispetto al rumore rilevato presso la singola postazione di misura; risulta quindi opportuno che il gestore provveda a un'accurata analisi di tutti i parametri che influenzano sull'esito della correlazione e che provveda a identificare la combinazione migliore, secondo i criteri sopra riportati.

Gli **eventi sonori non correlati** devono essere distinti in due categorie:

1. eventi sonori di chiara origine aeronautica ma privi di riferimenti per la correlazione
2. eventi sonori di non chiara origine aeronautica

Le azioni da intraprendere sono riportate nella Tabella 3-6.

Tabella 3-6: Valutazione degli eventi non correlati in funzione della loro origine.

Tipo di stazione	Tipo di evento	Parametri dell'evento				Indici di periodo <sup>2</sup>							Indici aeroportuali		Violazioni	Note operative
		SEL	L <sub>AFmax</sub>	Altri indici sorvolo <sup>1</sup>	Profilo	L <sub>Aeq</sub> orario T	L <sub>Aeq</sub> orario A	L <sub>Aeq</sub> orario R	Livelli statistici	L <sub>Aeq</sub> periodo T	L <sub>Aeq</sub> periodo A	L <sub>Aeq</sub> periodo R	L <sub>VVaj</sub> L <sub>VVAd</sub> L <sub>VVAn</sub>	L <sub>den</sub> L <sub>n</sub>		
A – monitoraggio ambientale	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≈	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N.A.								
	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≈	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N.A.	Inclusi nel calcolo degli indici di “fondo” a meno di eventi fortemente atipici							
M – monitoraggio del rumore aeroportuale	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N.A.									
	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	N.A.	Inclusi nel calcolo degli indici di “fondo” a meno di eventi fortemente atipici								
V – violazioni	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Inclusi nel calcolo degli indici di “fondo” a meno di eventi fortemente atipici								
A e V	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Inclusi nel calcolo degli indici di “fondo” a meno di eventi fortemente atipici								
M e V	1	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>												
	2	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	Inclusi nel calcolo degli indici di “fondo” a meno di eventi fortemente atipici								

<sup>1</sup> nel caso siano previsti altri indici quali EPNL, PNLT<sub>Max</sub>, ecc.

<sup>2</sup> T= totale, A=aeronautico, R=rumore non aeronautico

Legenda:  escludere dal calcolo       includere nel calcolo      ≈ indifferente      N.A. non applicabile

La modalità automatica della correlazione non deve impedire agli operatori di effettuare correzioni, in particolare:

- includendo eventi non correlati automaticamente;
- escludendo eventi correlati automaticamente;
- eliminando una correlazione automatica tra l'operazione aerea e gli eventi corrispondenti;
- creando una correlazione manuale tra l'operazione aerea e almeno un evento.

Tali operazioni devono essere supervisionate da un tecnico competente in acustica per garantire la significatività dei dati misurati.

Il valore  $L_{AFmax}$  degli eventi correlati deve sempre essere superiore al valore  $S+10$ , dove  $S$  è il valore di soglia per l'identificazione dell'evento, a meno che l'evoluzione temporale del rumore non consenta il calcolo utilizzando i dati acquisiti immediatamente prima (pre-triggering) e dopo (post-triggering) dell'effettiva condizione di acquisizione dell'evento.

Al fine di valutare l'efficienza della correlazione devono essere considerate le seguenti grandezze:

1. **Rapporto tra operazioni aeree:**

$$N_c/N$$

dove:

$N_c$  è il numero di operazioni aeree che hanno almeno un evento correlato,

$N$  è il numero di operazioni aeree totali della giornata.

Il rapporto deve essere prossimo a 1 (valore ideale) e deve rimanere costante in condizioni di normale funzionamento del sistema e di utilizzo dell'aeroporto. Deviazioni dal valore ottimale sono indicatori di fenomeni non usuali che meritano particolare attenzione e analisi.

2. **Differenza tra livelli correlati e non correlati**

Seguendo la formulazione del livello di valutazione aeroportuale giornaliero riportata nel D.M. 31/10/1997, si può introdurre il valore di  $L_{VAj}$  "non correlato", ovvero ottenuto computando tutti i SEL degli eventi registrati dalla stazione di misura in esame. Tale parametro può essere direttamente confrontato con l' $L_{VAj}$  ottenuto secondo la procedura standard, ottenendo la differenza:

$$\Delta_{L_{VAj}} = L_{VAj}^{noncorr} - L_{VAj}$$

Tale grandezza (sempre positiva) tiene conto dell'energia sonora che non viene spiegata dal transito degli aerei, dopo le operazioni di correlazione, ma che è stata identificata dalle procedure di estrazione degli eventi sonori di probabile origine aeronautica.

Una differenza prossima a zero indica un basso numero di eventi non correlati, mentre valori superiori a 1 dB mostrano una consistente presenza di falsi positivi, il che deve essere accuratamente valutato. Si tenga conto, tuttavia, che valori costantemente pari a zero sono indicatori della possibilità che la stazione di misura non registri dei sorvoli aerei, ovvero che esistano dei falsi negativi, il che comporta la necessità di una rivalutazione delle condizioni di misura della stessa e/o del criterio di riconoscimento degli eventi.

La grandezza in parola può essere riferita anche ai valori orari del livello equivalente, fornendo la medesima analisi con un livello di dettaglio orario particolarmente apprezzabile in condizioni di analisi fine della situazione riscontrata.

3. **Percentuale di correlazione**

Accanto alla grandezza definita al precedente punto, si può valutare anche il rapporto, in percentuale, tra numero di eventi correlati ( $E_c$ ) e il numero degli eventi rilevati ( $E_r$ ) per ciascuna delle stazioni di misura:

$$E_c/E_r * 100$$

Una percentuale prossima a 100 è indice di buon funzionamento delle attività di correlazione. Tuttavia un numero di eventi rilevati basso rispetto al numero dei sorvoli insieme a valori costantemente uguali a 100 della percentuale di correlazione possono essere indicatori della possibilità che la stazione di misura non registri dei sorvoli aerei, il che comporta la necessità di una rivalutazione delle condizioni di misura della stessa.

#### 4. Verifica delle disuguaglianze.

Utilizzando le seguenti definizioni:

- $N_{OP}(D, SID_i)$ : numero di stazioni sensibili<sup>6</sup> alla singola operazione di decollo lungo la SID i-esima;
- $N_C(D)$ : numero di operazioni correlate di decollo;
- $N_D$ : numero di operazioni di decollo;
- $N_{EC}(D)$ : numero di eventi correlati alle operazioni di decollo;

si ha che deve valere la relazione

$$N_{EC}(D) \leq N_C(D) \cdot \sum_i N_{OP}(D, SID_i) < N_D \cdot \sum_i N_{OP}(D, SID_i)$$

Si noti che a destra della relazione vale il minore stretto in quanto non è probabile che sia  $N_C(D) \square = N_D$

Eventuali violazioni della disuguaglianza implicano una revisione delle operazioni di correlazione ed eventualmente la necessità di una revisione delle impostazioni di identificazione degli eventi presso le stazioni di misura.

Un'espressione analoga deve valere anche per gli atterraggi:

$$N_{EC}(A) \leq N_C(A) \cdot \sum_i N_{OP}(A, RWY_i) < N_A \cdot \sum_i N_{OP}(A, RWY_i)$$

Dove:

- $N_{OP}(A, RWY_i)$ : numero di stazioni sensibili alla singola operazione di atterraggio per la pista RWY i-esima
- $N_C(A)$ : numero di operazioni correlate di atterraggio
- $N_A$ : numero di operazioni di atterraggio
- $N_{EC}(A)$ : numero di eventi correlati alle operazioni di atterraggio

Anche in questo caso a destra della relazione vale il minore stretto in quanto non è probabile che sia  $N_C(A) \square = N_A$

### 3.2.4 Determinazione dell'indice $L_{VA}$ e validazione

Il parametro giornaliero  $L_{VAj}$  può essere costruito secondo la seguente formulazione:

$$L_{VA,j} = 10 \cdot \text{Log} \left[ \frac{1}{86400} \sum_{i=1}^N 10^{(SEL_i + Wp)/10} \right]$$

$$Wp = 0 \quad \text{fascia} \quad \text{diurna}$$

$$Wp = 10 \quad \text{fascia} \quad \text{notturna}$$

Il periodo diurno è quello definito dall'intervallo tra le ore 06 e le 23, mentre quello notturno è distinto in due sottoperiodi che si riferiscono allo stesso giorno civile, definito dagli intervalli 00-06 e

<sup>6</sup> Per stazione sensibile si intende una stazione la cui configurazione è tale da consentire la rilevazione del movimento aereo come evento rumoroso.

23-00. Gli intervalli sono sempre espressi in ora locale, ovvero UTC+1 nel periodo invernale e UTC+2 in quello estivo.

Poiché l'indice  $L_{VAj}$  (e i suoi componenti) sono determinati dai SEL degli eventi rumorosi, la penalizzazione degli eventi notturni andrà fatta per quelli che vi ricadono anche parzialmente. Come criterio semplificativo può essere utilizzato l'orario di raggiungimento del valore  $L_{AFMax}$  dell'evento.

L'indice di valutazione aeroportuale  $L_{VA}$  viene calcolato, come indicato nel D.M. 31/10/1997, a partire dai dati giornalieri di  $L_{VAj}$ :

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

dove N indica il numero di giorni del periodo di riferimento. Per analogia con quanto indicato nel D.M. 16/03/1998 per la misura del livello continuo equivalente di pressione  $L_{Aeq}$ , il dato di  $L_{VA}$  si arrotonda a 0,5 dB.

Per mantenere la riferibilità dei parametri acustici, anche al fine di un confronto con gli indici previsti dalla normativa europea, i periodi di riferimento per il calcolo dell'indice  $L_{VA}$  sono i seguenti:

- 1° gennaio – 31 gennaio e 1° ottobre – 31 dicembre;
- 1° febbraio – 31 maggio;
- 1° giugno – 30 settembre.

Il periodo 1° ottobre – 31 gennaio è quindi separato in due sottoperiodi che si riferiscono al medesimo anno civile.

Nel caso di calcolo del livello di valutazione aeroportuale ( $L_{VA}$ ) per un periodo pregresso, la settimana a maggior numero di movimenti deve essere ottenuta computando la somma dei movimenti in un qualunque intervallo di sette giorni consecutivi (somma trascinata) ed esaminando le operazioni di volo registrate dai seguenti enti (in ordine di priorità):

- (a) fornitore dei servizi di traffico aereo (es.: ENAV) (tracce radar o archivio voli);
- (b) Società di gestione (archivio voli).

In caso di discordanza oppure di incompletezza di uno dei due gruppi di dati, devono essere considerati entrambi, avendo cura di utilizzare sempre il valore massimo tra i due. Per l'identificazione della settimana a maggior traffico dovranno essere privilegiati i periodi in cui vi sia la completezza dei dati radar. Nel caso non siano disponibili i dati di  $L_{VAj}$  per tali periodi, potranno essere scelte delle settimane sostitutive di quelle a maggior numero assoluto di movimenti, seguendo i criteri elencati, ordinati per priorità:

- (a) minimizzazione della differenza dalla settimana a maggior numero assoluto di movimenti;
- (b) minimizzazione della differenza nel numero di operazioni notturne;
- (c) minimizzazione della differenza delle operazioni aeree più rumorose;
- (d) analogia delle condizioni meteorologiche.

Al solo fine di confrontare il dato di  $L_{VA}$  previsto dalla zonizzazione acustica aeroportuale e quello misurato nelle stazioni di misura, vanno considerati tutti i 21 valori delle 3 settimane identificate. È opportuno che il periodo utilizzato per il confronto sia lo stesso per tutte le stazioni di misura.

Ai fini del calcolo dell'indice annuale  $L_{VA}$  è auspicabile l'esistenza dei livelli  $L_{VAj}$  per tutti i 21 giorni identificati, altrimenti devono essere eseguite, per ciascuna settimana scelta, le azioni riportate in Tabella 3-7.

**Tabella 3-7: Azioni correttive per il calcolo dell' $L_{VA}$ , per ciascuna settimana.**

<i>Caso</i>	<i>Dati mancanti</i>	<i>Azione correttiva</i>	<i>Metodologia di calcolo del dato surrogato</i>
<b>A</b>	Un solo valore giornaliero	Sostituire il dato giornaliero mancante	Media dei valori del periodo settimanale con dato mancante
<b>B</b>	due valori giornalieri anche consecutivi	Sostituire i due dati giornalieri mancanti	Media dei valori una per ciascuno dei due giorni mancanti effettuata sul periodo settimanale interessato

Nei casi A e B è ancora possibile quindi eseguire il calcolo dell'indice  $L_{VA}$  sulla base di 21 giorni.

La **validazione del singolo dato di  $L_{VAj}$**  rilevato in una determinata stazione di misura deve procedere secondo i principi riportati in Tabella 3-8. Lo stato di funzionamento della strumentazione di misura richiede che la strumentazione sia in perfetta efficienza, altrimenti i dati misurati non possono essere ritenuti validi.

**Tabella 3-8: Criteri di validazione dei dati per il calcolo dell'indice  $L_{VAj}$ .**

<i>Parametro</i>	<i>Criterio</i>	<i>Validità</i>
Tutti	Coerenza del valore di calibrazione automatica	Tutti i dati non sono validi se il valore di calibrazione automatica differisce per più di 0,5 dB dal valore di riferimento. Tale stato perdura fino alla verifica e all'eventuale ripristino della calibrazione della catena.
Dati voli	Presenza dei dati riferiti ai voli (tracce radar e/o archivio voli)	In caso di assenza dei dati non è possibile effettuare il calcolo dell' $L_{VAj}$
	Completezza dei dati	In caso di dati incompleti non è possibile effettuare il calcolo dell' $L_{VAj}$
SEL	Separabilità dell'evento dal restante rumore	Non è possibile calcolare il SEL se la dinamica dell'evento non è sufficiente a separarlo dal rumore delle altre sorgenti
	Correlabilità dell'evento alle tracce radar	Per poter utilizzare l'evento nel calcolo dell' $L_{VAj}$ , è necessario che l'evento sia correlato procedendo secondo quanto definito al paragrafo 3.2.3
	Correlabilità dell'evento all'archivio dei voli	
	Assenza, durante l'evento, di altre sorgenti interferenti	Se è possibile eliminare l'interferenza il dato può essere corretto, altrimenti non può entrare nel calcolo dell' $L_{VAj}$
$L_{VAj}$	Continuità della misura	Il dato è valido, ogni giorno, se l'acquisizione è protratta per almeno 86340 s.
	Significatività della misura (periodo diurno)	Il dato è valido se il numero di eventi di probabile origine aeronautica è pari o superiore al 90% del valore medio annuo di tali eventi

<i>Parametro</i>	<i>Criterio</i>	<i>Validità</i>
	Significatività della misura (periodo notturno)	Il dato è valido se nel periodo notturno sono stati registrati tutti gli eventi sonori relativi ai movimenti aerei che hanno interessato la stazione di misura

Le operazioni di validazione devono essere condotte con regolarità su ciascun giorno di acquisizione e per ciascuna stazione di misura. Risulta opportuno che il gestore mantenga un archivio informatizzato ove registrare le operazioni di validazione effettuate.

Tale archivio costituisce la fonte delle informazioni di cui si deve avvalere il tecnico competente che redige i rapporti di misura.

### 3.2.5 Determinazione del rumore non aeronautico

Il rumore non aeronautico è definito, per convenzione, come il rumore attribuibile a sorgenti identificate come non di origine aeronautica. Il rumore prodotto dalle sorgenti non aeroportuali deve essere ben distinguibile da quello prodotto dalle sorgenti aeroportuali. A tale scopo qualunque livello sonoro orario  $L_1$ , ricalcolato escludendo gli eventi sicuramente aeroportuali (identificati tramite misura assistita), deve essere sempre inferiore di almeno 10 dB al più piccolo dei valori modali identificati nella statistica. Tale condizione può essere violata per le sole stazioni di tipo A all'esterno dell'intorno aeroportuale. La sussistenza di tale condizione deve essere verificata almeno annualmente per un periodo di osservazione di almeno il 50% del numero medio di eventi rumore correlati.

Il rumore non aeronautico viene calcolato mediante la relazione:

$$L_{na} = 10 \cdot \log(10^{0,1 \cdot L_T} - 10^{0,1 \cdot L_A})$$

dove  $L_T$  è il livello totale e  $L_A$  è il livello attribuito agli eventi di riconosciuta origine aeroportuale in seguito a correlazione con le tracce radar/operazioni aeree.

Tale tipo di definizione impone che il livello  $L_T$  e il livello  $L_A$  siano calcolati sullo stesso periodo temporale. Questo è particolarmente importante nel caso in cui la formula sia applicata al livello equivalente in un certo intervallo di tempo utilizzato come riferimento (un'ora, un periodo diurno/notturno, ecc.). Si tenga presente che il valore  $L_{na}$  ha significato solo se la differenza tra  $L_T$  e  $L_A$  è almeno 0,4 dB; nel caso in cui ciò non si verifichi l'errore associato al parametro è superiore a 2 dB e va quindi considerato il valore convenzionale di  $L_F = L_A - 10$  dB. Sarebbe opportuno che questo caso sia debitamente segnalato nella reportistica che riguarda il rumore non aeronautico.

Altri metodi di calcolo del rumore non aeronautico devono essere equivalenti a quello sopraindicato.

## Capitolo 4 - Verifica dell'efficienza del sistema

### 4.1 Verifica dei requisiti di sistema

La prima valutazione dell'efficienza del sistema, consiste nel verificare che la rete di monitoraggio rispetti i criteri di progettazione descritti nel Capitolo 2. Pertanto, questa verifica deve essere svolta allo start-up e ogni qualvolta intervenga una variazione strutturale o una modifica dell'attività aeroportuale che potrebbe richiedere un adeguamento della progettazione iniziale (ad esempio, la ricollocazione delle stazioni di misura in seguito a una variazione delle rotte seguite dagli aerei).

La verifica della rispondenza del sistema di monitoraggio ai requisiti sopra illustrati, dev'essere effettuata da una commissione costituita da un rappresentante individuato dall'ISPRA con funzioni di Presidente, uno dall'ARPA e uno dalla Società di Gestione.

Nella Tabella 4-1 sono illustrati i requisiti della verifica di sistema, le cui caratteristiche sono riportate nel Capitolo 2.

**Tabella 4-1: Parametri di verifica dei requisiti di sistema.**

<i>Stazioni di misura</i>	Numero delle postazioni
	Ubicazione e identificazione delle postazioni
	Numero postazioni interessate al singolo decollo
	Numero postazioni interessate singolo atterraggio
	Presenza di ostacoli tra il microfono e le traiettorie percorse dagli aerei
	Distanza e altezza dell'edificio più alto
	Riflettività della superficie su cui è posizionato il microfono
	Classificazione acustica dell'area in cui è inserita la postazione di misura.
	Caratteristiche del microfono e del fonometro
	Elenco dei parametri acquisiti
	Registrazione dei dati del singolo evento
	Modalità di funzionamento automatico
	Durata minima di funzionamento automatico
	Copia del documento di determinazione sperimentale per le impostazioni ottimali della postazione (se esistente)
<i>Stazioni meteo</i>	Numero e ubicazione delle stazioni meteo
	Elenco dei parametri acquisiti
<i>Apparati di trasmissione</i>	Modalità comunicazione Periferia-centro
	Possibilità di trasmissione dei dati al centro ( <i>upload</i> ) su richiesta
<i>Centro di elaborazione dati</i>	Specifiche della configurazione soglia+durata minima e/o descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro

Il collaudo del sistema, cioè la verifica dell'aderenza della fornitura ai requisiti di progetto, è un'operazione che compete alla Società di Gestione e dev'essere stata effettuata prima della messa in esercizio del sistema stesso.

La verifica dell'efficienza del sistema da parte di ARPA deve avvenire necessariamente solo dopo la messa in esercizio del sistema.

## 4.2 Verifica dell'efficienza della gestione

In ottemperanza del D.P.R. 11/12/1997, ARPA deve svolgere un'attività periodica di controllo della rete di monitoraggio per verificare l'effettiva continuità e significatività dei rilevamenti. Oggetto di questi controlli è la gestione del sistema, dagli interventi di manutenzione all'elaborazione dei dati rilevati. A questo, si aggiunge l'attività, sempre a cura di ARPA, di convalidare i dati ottenuti dal gestore del sistema di monitoraggio, cioè un'attività di audit, trattata successivamente.

### 4.2.1 Manutenzione

ARPA procede a una verifica dello stato di manutenzione del sistema. In particolare, bisogna accertare l'effettiva continuità dei rilevamenti e, nel caso si siano verificati dei malfunzionamenti, che gli interventi di manutenzione siano stati efficaci e tempestivi.

Facendo riferimento al paragrafo *Manutenzione* del Capitolo 3, nella Tabella 4-2 sono illustrati tutti i parametri di cui ARPA deve tenere conto in questa fase di verifica, sia per quanto riguarda la stazione di misura che per il centro di elaborazione dei dati e per la loro trasmissione.

**Tabella 4-2: Verifica dello stato di manutenzione del sistema.**

<i>Stazione di misura</i>	Copia di tutti i certificati SIT
	Copia del certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutti gli elementi della catena microfonica
	Verifiche automatiche e manuali effettuate negli ultimi 12 mesi
	Modalità di verifica della calibrazione
	Parametri producibili per le calibrazioni
	Interruzioni e malfunzionamenti delle centraline
	Numero di ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi
	Durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica
<i>CED</i>	Interventi previsti in caso di mancanza di acquisizione dei dati dalla periferia
	Verifica del buon esito della trasmissione automatica periferia-centro
	Modalità di utilizzo del sistema automatico di verifica
	Possibilità di verifiche della calibrazione tramite operatore
	Periodicità delle operazioni di trasmissione
Eventuali interruzioni nella fase di trasferimento dei dati	

Il costruttore dovrà certificare ciascun apparato acustico (microfono, fonometro, analizzatore statico, analizzatore spettrale, calibratore, ecc.) rispetto alla norma tecnica di riferimento. Copia della certificazione rilasciata dal costruttore e delle successive certificazioni periodiche SIT devono essere messe a disposizione di ARPA, che ne verifica l'adeguatezza e la validità.

Per permettere ad ARPA di valutare la corretta manutenzione del sistema, è necessario predisporre un rapporto di tutti gli interventi, sia di manutenzione periodica che straordinaria, e di tutte le calibrazioni manuali presso le stazioni di misura, relative al periodo oggetto di verifica. Inoltre, devono

essere rese disponibili tutte le informazioni relative agli interventi sugli apparati di trasmissione presso il CED.

L'efficienza delle singole stazioni viene valutata in base al periodo di funzionamento. Le stazioni di monitoraggio di tipo A dovrebbero garantire, in generale, di poter determinare il livello di rumore ambientale dovuto al contributo di tutte le sorgenti comprese quelle di origine aeroportuale. In tal caso è necessario che il livello di efficienza della centralina sia tale da garantire la possibilità di valutare con scarto contenuto (inferiore a 1 dB) il valore medio aritmetico, calcolato su base annua, del livello equivalente diurno e notturno; in alternativa, dovranno essere determinati i livelli  $L_{den}$  e  $L_{night}$ , commettendo un errore inferiore a 1 dB utilizzando i dati a disposizione anziché tutti i 365 valori previsti. Qualora si ravvisasse la necessità di disporre dei dati giornalieri, ad esempio per verificare con un  $L_{eq}$  di lungo termine il rispetto dei limiti della zonizzazione acustica, diventerebbe necessario il funzionamento pressoché continuo di tali postazioni, quantomeno per il periodo di tempo utile alla suddetta verifica.

Le stazioni di tipo "M", invece, devono garantire la possibilità di calcolare, nelle modalità indicate nel paragrafo 3.2.4, il livello di valutazione del rumore aeroportuale  $L_{VA}$ . Quindi la percentuale di funzionamento richiesta per questa tipologia di stazione corrisponde ad almeno il 97% in ciascuno dei tre quadrimestri entro i quali vengono individuate le tre settimane di massimo traffico<sup>7</sup>.

Infine, le stazioni di tipo V devono tendere alla massima percentuale di continuità, quindi il funzionamento deve essere garantito con la massima percentuale possibile.

#### 4.2.2 Elaborazione

Anche il processo di elaborazione dei dati deve essere controllato e validato da ARPA. Come indicato nella Tabella 4-3, è necessario verificare ogni fase del processo: in questo modo è possibile confermare la bontà dei dati finali.

**Tabella 4-3: Parametri per la verifica dell'elaborazione.**

<b>Identificazione eventi acustici</b>	Numero postazioni interessate alle diverse rotte
	Modalità di determinazione degli eventi acustici
	Correlabilità e disponibilità dei dati meteorologici
<b>Acquisizione dati voli</b>	Modalità operativa di trasmissione dei dati ENAV → Gestore
	Elaborazioni compiute sui dati ENAV
	Elenco dei dati relativi al velivolo
	Elenco dei dati relativi al movimento aereo
	Determinazione delle settimane di maggior traffico
	Soggetti ai quali vengono eventualmente forniti tali dati
	Modalità di analisi dei voli
<b>Correlazione degli eventi ai voli</b>	Modalità di correlazione tra evento acustico e velivoli
	Criterio per la "validazione" del dato $L_{VA}$ all'interno della settimana (ovvero se il rilievo è continuo o possono essere considerati periodi di interruzione)
	Criteri di validazione del parametro $L_{VAj}$
	Valori dell'indice $L_{VA}$ disponibili

<sup>7</sup> Questa percentuale corrisponde alla possibilità di mancato rilevamento dei valori di  $L_{VAj}$  per quattro giorni consecutivi, che comporta il 5% circa di probabilità che la settimana di maggior traffico ricada proprio durante tale interruzione.

<b>Altre elaborazioni</b>	Modalità di calcolo del rumore non aeronautico, cioè del rumore ambientale escludendo le operazioni aeree
	Possibilità di impostazione di valori di non superamento per i parametri acustici

Per verificare la buona identificazione degli eventi acustici, è opportuno analizzare la distribuzione del livello  $L_{AFMax}$  degli eventi sonori; tale popolazione dovrebbe mostrare una o due tipologie di eventi, caratterizzati da *cluster* con scarsa sovrapposizione statistica. Eventuali eventi misurati cui non corrisponde alcun movimento aeronautico devono essere facilmente individuabili e devono avere una frequenza inferiore al 25%.

Una volta effettuata la correlazione tra i voli e gli eventi, è opportuno analizzare anche la popolazione degli eventi correlati: in questo caso quegli eventi di origine non aeronautica che sono stati erroneamente correlati con un movimento aereo, devono essere facilmente individuabili e devono avere una percentuale inferiore al 5%; come principio, essi non devono influire sul valore di  $L_{VAj}$  per più di 0,3 dB(A).

Per la singola stazione, il numero di eventi correlati deve essere consistente (congruente nel migliore dei casi) al numero di sorvoli: tale condizione è accertata tramite un'analisi di prossimità dei sorvoli sulla stazione di misura e del numero di eventi correlati.

La validazione finale dei dati ottenuti mediante il monitoraggio segue il processo descritto nel paragrafo successivo.

### 4.3 Validazione dei dati

L'attività di controllo di ARPA comprende la validazione dei risultati ottenuti mediante il sistema di monitoraggio. In particolare, ARPA convalida i dati ottenuti dalle singole stazioni e conferma il calcolo dell'indice di valutazione aeroportuale  $L_{VA}$ .

In merito al primo punto, ARPA provvede a effettuare periodicamente delle campagne di misura in affiancamento alle centraline della rete di monitoraggio. Questa procedura permette di accertare che la centralina sia posizionata in modo corretto e che rilevi in maniera efficace i sorvoli aerei. La campagna di misura viene in generale eseguita ponendo la strumentazione (mezzo mobile attrezzato, cabinet, ecc.) nelle immediate vicinanze della centralina stessa, in modo che anche la strumentazione di controllo si trovi in condizioni analoghe (effetti della riflessione del terreno e sorgenti sonore di origine non aeronautica). Il periodo di misura per ogni singola stazione deve essere indicativamente di almeno 24 ore, e comunque un tempo sufficiente a verificare il corretto funzionamento della postazione di rete. I parametri acquisiti devono essere gli stessi rilevati dalla centralina. A seguito della rilevazione, ARPA procede con l'identificazione degli eventi in maniera indipendente e verifica la consistenza dei propri risultati con quelli ottenuti dal sistema di monitoraggio.

Per quanto riguarda l'indice di valutazione aeroportuale, il processo di elaborazione e di validazione da parte di ARPA segue i criteri indicati nel paragrafo *Determinazione dell'indice  $L_{VA}$  e validazione* del Capitolo 3 per la Società di gestione; i dati devono essere trattati in maniera indipendente al fine di ottenere come risultato un valore dell'indice acustico da confrontare con il valore calcolato dall' esercente. Le diverse azioni che portano alla convalida dei dati ottenuti attraverso la rete di monitoraggio sono schematizzate nella Tabella 4-4.

Condizione necessaria perché questo processo sia realizzabile è che i dati misurati nelle singole stazioni di monitoraggio e i dati necessari per l'identificazione dei voli (BDV e tracce radar) vengano messi a disposizione di ARPA. Lo sviluppo del processo di elaborazione richiede che ARPA sia dotata di un opportuno sistema informativo, anche di tipo territoriale.

Il sistema deve essere in grado di analizzare le tracce radar, così come vengono inviate, e ricavare le informazioni sui voli e sulle battute radar. Ottenute tali informazioni ARPA procede alla correlazione tra voli ed eventi, in maniera indipendente rispetto al gestore del sistema. I risultati della correlazione devono essere verificati attraverso i parametri indicati al paragrafo 3.2, per poi procedere al calcolo degli indici di valutazione aeroportuale giornalieri e di periodo.

**Tabella 4-4: Sintesi del processo di validazione dei dati.**

<b><i>Processo di validazione dei dati</i></b>	Acquisizione dei dati relativi ai voli e loro elaborazione
	Determinazione delle tre settimane di maggior traffico
	Identificazione degli eventi dai dati ottenuti mediante misure in parallelo e/o dalla rete di monitoraggio
	Correlazione eventi voli
	Validazione del processo di correlazione attraverso l'analisi statistica delle due popolazioni
	Validazione del parametro $L_{VAj}$
	Validazione del dato $L_{VA}$ all'interno della settimana
	Confronto con i dati del gestore

## Capitolo 5 - Informazione e reporting

### 5.1 Rapporti periodici

I soggetti coinvolti nell'attività di monitoraggio del rumore aeroportuale devono preparare una relazione tecnica sull'attività da loro svolta. Questi soggetti sono da individuarsi sia nel gestore sia nell'ARPA.

#### 5.1.1 Rapporti redatti dal gestore del sistema

La società di gestione deve inviare un rapporto dettagliato sull'attività svolta e sui risultati ottenuti dal sistema di monitoraggio ai soggetti istituzionali coinvolti. I rapporti vanno inviati con periodicità mensile. Per piccoli aeroporti con bassi volumi di traffico aereo è accettabile un invio con cadenza trimestrale.

In particolare, il gestore della rete di monitoraggio deve redigere un report degli eventi i cui contenuti sono mostrati in Tabella 5-1.

L'elenco minimale dei parametri da considerare nei rapporti periodici è riportato in Tabella 5-2.

Tabella 5-1: Contenuto del report degli eventi.

<i>Tipo di stazione</i>		<i>A – monitoraggio ambientale</i>	<i>M – monitoraggio del rumore aeroportuale</i>	<i>V – violazioni</i>	<i>M e V</i>	<i>A e V</i>
<i>Parametro</i>						
<i>Dati identificativi dell'evento</i>	Data e ora di inizio dell'evento	⊕	☑	☑	☑	☑
	Data e ora del massimo $L_{AF}$ dell'evento	⊕	☑	☑	☑	☑
	Durata in secondi	⊕	☑	☑	☑	☑
<i>Parametri acustici del fonometro</i>	SEL	≈	☑	☑	☑	☑
	$L_{AFMax}$	☑	☑	☑	☑	☑
	Time History $L_{AF}$ oppure, in alternativa Time History short $L_{Aeq}$	☑	⊕	☑	☑	☑
	EPNL (o altro parametro per violazioni)	≈	≈	☑	☑	☑

Legenda: ☑ necessario    ⊕ opportuno    ≈ Indifferente

Tabella 5-2: Elenco dei parametri da pubblicare nei rapporti periodici.

<i>Tipo di stazione</i>	<i>A – monitoraggio ambientale</i>	<i>M – monitoraggio del rumore aeroportuale</i>	<i>V – violazioni</i>	<i>MeV</i>	<i>AeV</i>
<b>Argomento</b>					
<i>Sezione costante</i>					
<b>Ubicazione</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Funzionamento</b>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Periodicità giornaliera</i>					
<b><math>L_{VAj}</math></b>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕
<b>Fondo/Ambientale<sup>1</sup></b>	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	≈	⊕	⊕
<b><math>L_{VAd}</math></b>	≈	⊕	≈	⊕	≈
<b><math>L_{VAh}</math></b>	≈	⊕	≈	⊕	≈
<b>% correl.</b>	≈	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Eventi meteorologici particolari</b>	≈	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Periodicità settimanale</i>					
<b><math>L_{VAj}</math></b>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕
<b>Fondo/Ambientale</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	≈	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Andamenti grafici</b>	≈	⊕	≈	⊕	≈
<b>% correl.</b>	≈	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Violazioni</b>	n.a.	n.a.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Eventi meteorologici particolari</b>	≈	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Commento Tec. Comp.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Periodicità mensile</i>					
<b><math>L_{VAj}</math> medio<sup>2</sup></b>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕
<b>Fondo/Ambientale medio</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Andamenti grafici</b>	⊕	⊕	⊕	⊕	⊕
<b>Violazioni</b>	n.a.	n.a.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Situazione meteorologica</b>	≈	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Commento Tec. Comp.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<i>Periodicità annuale</i>					
<b><math>L_{VA}</math></b>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕
<b><math>L_{den}, L_n</math></b>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕
<b>Fondo/Ambientale medio</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Andamenti grafici</b>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Violazioni</b>	n.a.	n.a.	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Situazione meteorologica</b>	≈	⊕	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
<b>Commento Tec. Comp.</b>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

<sup>1</sup> per rumore Ambientale si intende il rumore rilevato dallo strumento senza differenziazione delle sorgenti, per rumore non aeronautico si intende la differenza tra rumore ambientale e rumore attribuito alla sorgente aeronautica

<sup>2</sup> Il valore medio dei parametri acustici può essere calcolato indifferentemente sia utilizzando la media aritmetica che quella logaritmica, purché la scelta sia effettuata per tutte le stazioni e sia indicata nel commento ai dati.

Legenda:     necessario            ⊕ opportuno            ≈ Indifferente

Deve sempre essere riportato:

- Il giorno di inizio di ciascuna settimana considerata per la selezione dei dati  $L_{VAj}$ ;
- Il numero di dati su cui è stato calcolato  $L_{VA}$ ;
- Eventuali scelte operate per la selezione dei periodi e/o dei dati, compreso l'eventuale utilizzo di periodi/dati sostitutivi.

### 5.1.2 Rapporti redatti da ARPA

Come previsto dal D.P.R. 496/97, ARPA deve inviare un rapporto al Ministero dell'Ambiente con cadenza semestrale sulla propria attività di controllo dei sistemi di monitoraggio degli aeroporti di propria competenza e sulle sanzioni applicate alle violazioni delle procedure antirumore (stabilite dalla Commissione Aeroportuale).

In riferimento all'attività di controllo, i dati che devono essere contenuti nel rapporto sono riassunti nella Tabella 5-3. Un rapporto tipo è inserito nell'Allegato 1 del presente documento.

**Tabella 5-3: Dati contenuti nel rapporto periodico di ARPA.**

<b>Attività di verifica</b>	Verifica della progettazione	vedi Tabella 4-1
	Verifica dell'efficienza della manutenzione	vedi Tabella 4-2
	Verifica dell'efficienza della gestione	vedi Tabella 4-3
<b>Attività di validazione</b>	Misure in parallelo presso le diverse centraline	vedi paragrafo 4.20
	Confronto e validazione dei dati del gestore aeroportuale	vedi Tabella 4-4

Per riassumere i risultati della procedura di valutazione, è efficace predisporre una tabella del tipo checklist, che riporti i parametri di valutazione rispetto ai principali aspetti, strutturata come nell'esempio seguente:

STAZIONE DI MONITORAGGIO	Tipologia proposta	Possibilità di calcolo LVA	Caratteristiche funzionamento	Caratteristiche posizione
<i>Nome stazione</i>	<b>A/M/V</b>	<b>SÌ/NO</b>	<b>SÌ/NO</b>	<b>SÌ/NO</b>

In merito al rapporto circa le infrazioni rilevate alle procedure antirumore, esso dovrà contenere le informazioni seguenti:

- Numero totale di infrazioni;
- Data e ora di ogni singola infrazione;
- SEL,  $L_{AFMax}$ ;
- Stazione di rilevamento;
- Dati identificativi del volo.

Nel momento in cui ARPA certifica l'efficienza del sistema di rilevamento, cioè il rispetto dei requisiti di legge delle centraline di tipo V, il loro corretto funzionamento e un'efficace elaborazione dei dati, i dati di tali centraline sono da considerarsi validi ai fini dell'irrogazione delle eventuali sanzioni da parte della Commissione Aeroportuale.

## 5.2 *Informazione al pubblico*

I dati ambientali ottenuti attraverso il sistema di monitoraggio devono essere resi accessibili al pubblico. Il compito di divulgare i dati inerenti al sistema di monitoraggio compete, come previsto dal D.Lgs. 195/2005, all'autorità pubblica, cioè al Gestore della rete stessa, alle Agenzie Regionali e al Ministero dell'Ambiente.

L'informazione al pubblico deve prevedere diversi gradi di complessità poiché i dati devono essere fruibili dal maggior numero possibile di persone. E' quindi opportuno prevedere dei rapporti divulgativi, destinati a una larga fascia di pubblico, e, parallelamente, un sistema che permetta di dare dei dati più dettagliati a chiunque ne faccia richiesta nel minor tempo possibile, come prevede il D.Lgs. sopra citato. Inoltre, perché i dati siano maggiormente fruibili, essi devono essere completati dalla descrizione del processo che ha portato all'elaborazione degli stessi.

Il gestore dell'aeroporto, in qualità di concessionario di pubblico servizio e in quanto detentore dei dati, può renderli pubblici. La verifica da parte di ARPA della qualità di tali dati è una garanzia ulteriore per il pubblico.

Nel caso in cui esistano stazioni di tipo V dovrà essere disponibile per il pubblico anche l'informazione relativa alla accertata violazione del limite riguardante l'esercente e, eventualmente, l'episodio riscontrato.

Eccetto i casi di esclusione del diritto di accesso all'informazione ambientale previsti dalla legge, il gestore dell'aeroporto fornisce i dati relativi al monitoraggio del rumore delle operazioni di volo ai soggetti che ne facciano richiesta. Su qualunque documento che tratti tali dati dovranno essere riportate le informazioni relative alla fonte dei dati e al soggetto che li ha elaborati, in modo da distinguere le responsabilità nelle varie fasi del processo di pubblicazione del dato.

Tutti i rapporti che riportano l'esito di misure e/o valutazioni acustiche devono essere confermati da un Tecnico Competente in Acustica, ai sensi della L. 447/95 e successive modifiche e integrazioni.

Per favorire la condivisione dei dati tra i soggetti interessati possono essere sfruttati i modelli dei dati previsti dall'OGC, in particolare SensorML e Observation and Measurement. I dati possono quindi essere scambiati in formato XML, oppure inviati attraverso dei servizi SOS.

Tale modalità di scambio dati è preferibile a quelle basate su formati proprietari o sviluppati ad hoc perché consentono una migliore interoperabilità tra i diversi soggetti che producono od utilizzano i dati.

L'insieme minimo dei dati da trasmettere deve comprendere:

- Posizione centraline sul territorio;
- Descrizione singole centraline;
- Tipologia della stazione;
- $L_{VA}$ ;
- $L_{VAj}$ ;
- Numero movimenti.

### 5.3 Gestione delle lamentele

Le lamentele presentate dai cittadini si distinguono in due categorie, che è opportuno trattare separatamente:

- (a) lamentele **circostanziate**, cioè quando sia possibile desumere, dalle informazioni che il reclamante trasmette, una possibile corrispondenza tra lamentela e operazione aerea;
- (b) lamentele **generiche**, quando non sia possibile identificare un particolare evento o un'operazione che abbia arrecato disturbo.

Le lamentele circostanziate devono contenere almeno le seguenti informazioni:

- Indicazione del reclamante (nome e cognome, oppure reclamo anonimo);
- Indirizzo del reclamante (oppure coordinate geografiche Gauss-Boaga dell'edificio);
- Data del reclamo;
- Data dell'episodio oggetto di reclamo;
- Intervallo orario dell'episodio oggetto di reclamo (ovvero tra le ore \_\_\_ e le ore \_\_\_): se il reclamante è sufficientemente certo dell'orario indicare sempre un intervallo minimo di 10 minuti intorno all'orario segnalato;
- Caratteristiche dell'episodio (es. rumore intenso, sorvolo a bassa quota, ecc.);
- Tipologia di edificio utilizzato dal reclamante al momento dell'episodio (casa, ufficio, scuola, ecc.);
- Altre note del reclamante;
- Nome dell'operatore che ha accolto il reclamo;
- Codice identificativo del reclamo;
- Note dell'operatore.

A ogni lamentela deve seguire, da parte della Società di gestione dell'aeroporto, una procedura che porti alla correlazione della lamentela con il sorvolo che l'ha causata. Tale algoritmo deve consentire:

- (a) l'associazione tra reclamo e operazioni aeree;
- (b) l'associazione tra reclamo ed eventi rumorosi;
- (c) l'associazione tra reclamo ed eventi rumorosi correlati a operazioni aeree.

I dati fondamentali per compiere le operazioni in maniera corretta consistono nell'orario dell'evento segnalato dal reclamante e nella sua posizione geografica. Dal momento che l'orario segnalato può non essere sufficientemente preciso, conviene utilizzare un intervallo temporale della durata di almeno dieci minuti, in modo da consentire una migliore correlabilità agli eventi e alle operazioni aeree. Questo può implicare la scelta dell'evento da correlare al reclamo tra un certo numero di eventi: il criterio in base al quale operare la scelta è la maggiore energia sonora o il maggior livello  $L_{AFMax}$  raggiunto.

Relativamente alla posizione geografica, va considerato che l'utilizzo di sistemi di georeferenziazione degli indirizzi può portare a errori considerevoli, in funzione del fatto che difficilmente viene georeferenziato ciascun numero civico; infatti, di norma essi vengono associati come metadato alla descrizione geometrica dell'arco stradale. Va quindi preferito un sistema che abbia la possibilità di georeferenziare ciascun numero civico in maniera puntuale, in modo da localizzare in maniera univoca l'edificio di interesse, con un errore inferiore a 10m. In alternativa, l'edificio del reclamante può essere localizzato grazie alle indicazioni integrative riportate nel reclamo, come la prossimità a un incrocio, a un edificio importante, ecc., oppure tramite visione dell'ortofotomappa o del disegno aerofotogrammetrico in scala 1:2000 o 1:5000. L'utilizzo di strumenti informatici evoluti e della rete Internet consentirebbe al reclamante di effettuare direttamente sul proprio computer la localizzazione dell'edificio.

A seguito delle verifiche volte a identificare con esattezza l'episodio lamentato, attraverso la correlazione del reclamo con i dati del sistema di monitoraggio, dovrà essere fornita al reclamante, e per conoscenza al Sindaco del Comune competente nonché al Direttore della Circostrizione Aeroportuale, una risposta contenente almeno le seguenti informazioni:

- Indicazione del reclamante;
- Data di ricevimento del reclamo;
- Data e ora dell'episodio lamentato;
- in caso di correlazione positiva:
  - Stazione di misura che ha rilevato l'evento correlato;
  - Data e ora dell'evento;
  - Parametri acustici dell'evento (almeno SEL e  $L_{AFM_{max}}$ );
  - Operazione aerea collegata all'evento, con indicazione del tipo di aeromobile e del tipo di operazione (eventualmente anche della compagnia aerea);
  - Eventuale violazione di procedura antirumore, se accertata dal Direttore della Circostrizione Aeroportuale, ovvero esistenza di procedura di accertamento di violazione, se in corso;
- in caso di correlazione negativa:
  - Data e ora degli episodi rumorosi immediatamente prima e dopo l'episodio segnalato nella stazione di misura più vicina geograficamente all'indirizzo del reclamante.
  - Data e ora, tipologia del movimento immediatamente anteriore e successivo all'episodio segnalato.

Per le segnalazioni anonime la risposta va indirizzata al Sindaco del comune interessato.

Le segnalazioni generiche, invece, possono richiedere alcuni approfondimenti specifici, in funzione del contenuto. Per semplificare si suggerisce un insieme di categorie che devono essere considerate, illustrate nella Tabella 5-4.

**Tabella 5-4: Tipologie delle lamentele generiche e azioni conseguenti.**

<i>Oggetto della lamentela</i>	<i>Analisi</i>	<i>Risposta</i>	<i>Esempio</i>
Una serie di operazioni specifiche	Evidenziare il numero delle operazioni e il relativo contributo al valore degli indici di periodo	Conferma o smentita della rilevanza della serie di operazioni lamentate	I decolli notturni
Aspetti metodologici sulla rilevazione dei dati	Evidenziare il funzionamento del sistema e la capacità di discriminazione degli eventi legati a operazioni aeree	Conferma del funzionamento corretto oppure motivazioni del funzionamento non corretto del sistema	La stazione di XXX misura valori più bassi
Utilizzo dell'aeroporto	Evidenziare le condizioni di utilizzo dell'aeroporto in base ai dati ufficiali presenti nel sistema	Conferma della normalità di utilizzo dell'aeroporto, oppure motivazioni del funzionamento differente	Viene utilizzata la SID XXX di più di quanto previsto
Sorvolo di una certa zona abitata	Evidenziare la quota media di sorvolo nella zona di interesse, magari per tipologia di aeromobile	Informazioni in merito alle condizioni di sorvolo della zona di interesse	Gli aerei che sorvolano XXX sono troppo bassi

Le categorie sopracitate possono essere ampliate, in maniera razionale, in modo da considerare tutte le tipologie possibili delle lamentele generiche pervenute.

In questa tipologia di lamentele vanno indicati:

- Indicazione del reclamante (nome e cognome, reclamo anonimo, reclamo di comitato/associazione);
- Indirizzo del reclamante (oppure coordinate geografiche Gauss-Boaga dell'edificio, oppure indicazione della zona di interesse);
- Data del reclamo;
- Periodo di riferimento del reclamo (dalla data \_\_\_\_\_ alla data \_\_\_\_\_);
- La categoria del reclamo;
- Altre note del reclamante;
- Nome dell'operatore che ha accolto il reclamo;
- Codice identificativo del reclamo;
- Note dell'operatore;

A questo tipo di lamentele va data risposta al soggetto e, per conoscenza, al Sindaco del Comune. Le lamentele anonime vanno indirizzate solo al Sindaco.

Almeno con cadenza semestrale va redatto un rapporto riguardante i reclami pervenuti, distinti per tipologia, che deve essere reso pubblico e deve riportare i seguenti dati:

- Il numero dei reclami pervenuti;
- Il numero di soggetti reclamanti;
- Il numero di risposte prodotte;
- Eventuali azioni in seguito a reclamo, con particolare riferimento alla violazione di procedure antirumore.

Allo scopo di favorire il recepimento delle lamentele, deve essere effettuata periodicamente un'azione di informazione, rivolta al pubblico, che consenta di precisare le modalità di accesso alla possibilità di reclamo; in quest'ottica, vanno favorite le modalità connesse con l'utilizzo di Internet e della posta elettronica. Per facilitare l'accoglimento delle lamentele è necessario l'utilizzo di apposita modulistica, la cui copia cartacea va inviata a tutti i Sindaci dei Comuni interessati per presa visione.

#### ***5.4 Procedure antirumore e contestazione delle eventuali violazioni.***

Il D.M. 03/12/1999 prevede che le Commissioni Aeroportuali, definite all'art. 5 del DM 31/10/1997, stabiliscano, insieme alle curve isofoniche, anche delle opportune procedure volte a limitare l'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili in volo.

A tale proposito giova ricordare la risoluzione A33/7 dell'ICAO che ha adottato il concetto di "approccio equilibrato" [1], che costituisce un metodo d'azione per affrontare il problema delle emissioni acustiche dei velivoli, in cui sono indicate quattro priorità:

- (a) Definizione geometrica al suolo (bidimensionale);
- (b) Definizione di un profilo di atterraggio e decollo;
- (c) Eventuali valori di riferimento legati al singolo sorvolo in posizioni specifiche;
- (d) Restrizioni operative.

Facendo riferimento all'elenco precedente, in particolare, il sistema di monitoraggio deve consentire di stabilire se:

- (a) Ciascun aeromobile sia rimasto strettamente contenuto entro un corridoio che è definito in funzione della proiezione al suolo di ciascuna traiettoria ottimale di decollo e atterraggio;
- (b) Ciascun aeromobile abbia seguito il profilo di atterraggio e decollo stabilito dalla commissione aeroportuale;
- (c) Siano stati superati eventuali valori limite relativi al singolo movimento in ciascuna delle stazioni di misura di tipo V;
- (d) Siano avvenute violazioni di restrizioni operative legate al tipo di velivolo impiegato, all'orario del movimento, ecc.

La verifica di questi punti deve avvenire tramite l'integrazione dei dati rilevati di rumore e/o l'analisi delle traiettorie percorse dall'aereo, come descritto in dettaglio nel seguito.

### **Definizione geometrica al suolo (bidimensionale)**

L'analisi del volo deve essere effettuata in modalità automatica, analizzando l'intero percorso dell'aereo ed evidenziando qualunque fuoriuscita dal corridoio assegnato. Può essere anche utilizzata un'analisi di penetrazione entro area non consentita, qualora la Commissione Aeroportuale abbia definito delle aree di non sorvolabilità ai fini della procedura antirumore.

Il sistema deve quindi generare un report automatico che contenga l'elenco dei movimenti che sono fuoriusciti dal corridoio previsto, ovvero entrati in area non prevista. Questo report deve essere trasmesso al direttore Aeroportuale per i provvedimenti conseguenti.

### **Definizione di un profilo di atterraggio e decollo**

La valutazione del profilo di decollo, inteso come NAP, richiederebbe informazioni relative alla configurazione del velivolo, che non sono direttamente deducibili dalla traiettoria tridimensionale. L'unica informazione, contenuta nel tracciato radar, consiste nella determinazione della quota di sorvolo di un certo punto. Risulta possibile effettuare un'analisi attraverso *gate*, ovvero un rettangolo nel piano (y,z), per evidenziare la quota di sorvolo in corrispondenza di un segmento al suolo (talvolta denominato "transetto") dei velivoli.

### **Eventuali valori di riferimento limite legati al singolo sorvolo in posizioni specifiche**

Tali valori devono essere stabiliti dalla Commissione, come stabilito dal D.M. 03/12/1999, con il fine di riconoscere l'eventuale sorvolo e/o l'eventuale violazione della procedura stessa.

### **Restrizioni operative.**

La verifica delle restrizioni operative è effettuabile anche in assenza delle tracce radar, qualora esse riguardino aspetti che sono riscontrabili tra i dati presenti nella BDV, secondo la disponibilità del gestore aeroportuale.

Va osservato che in tema di restrizioni operative vige la direttiva 2002/30/CE e la relativa normativa di recepimento (D.Lgs. 13/2005).

La verifica delle procedure antirumore per ciascun aeroporto, per quanto stabilito dalla normativa vigente, si fonda essenzialmente sulla possibilità di verificare la traiettoria tridimensionale

dell'aereo. Appare inattuabile una verifica diretta dell'aderenza della procedura di volo alle prescrizioni di tipo NAP, pubblicate in ICAO o in AIP, laddove si tratti di verificare parametri tipicamente aeronautici (quali, ad esempio, il mantenimento di un certo assetto di volo).

La verifica delle violazioni delle procedure antirumore può comprendere, secondo le disposizioni della Commissione Aeroportuale, anche specifici limiti acustici, espressi da un determinato parametro legato al singolo sorvolo, quali SEL o EPNL. Dal momento che tale funzionalità, ancorché prevista nell'ordinamento legislativo italiano, e in particolare per lo scalo di Malpensa, non risulta ancora implementata operativamente, è opportuno che il sistema di monitoraggio si presti a tutte le azioni, ovvero:

- Calcolo di qualunque parametro acustico relativo al sorvolo (scala "A" o "perceived");
- Correlazione tra evento rumoroso e operazione aerea;
- Determinazione di un limite specifico per stazione di misura;
- Determinazione di un limite specifico per tipologia di velivolo;
- Segnalazione automatica del superamento;
- Condizioni meteorologiche in cui è avvenuto il superamento (vv, dv, T, RH, p, presenza pioggia).

Tutte le funzionalità sopra menzionate devono essere disponibili: l'eventuale riscontro è a carico del Direttore della Circostrizione Aeroportuale, che utilizzerà i dati del sistema di monitoraggio per istituire la pratica e definire l'eventuale sanzione.

## Appendice A - Incertezza nella misura del rumore presso la singola stazione.

### A.1 Introduzione

Il presente paragrafo, che tratta l'incertezza del dato misurato, fa riferimento all'appendice B dello standard ISO/DIS 20906, in accordo con la norma ISO/IEC Guide 98:1995<sup>8</sup>.

In generale, quando si effettua una qualsiasi misura si ottiene solo una stima del valore della grandezza in questione. Utilizzando il concetto di incertezza è possibile indicare un intervallo all'interno del quale cada, con una determinata probabilità, il valore vero. Gli errori legati alla singola misura possono essere di due tipi:

- (a) **Errori casuali:** dato un numero di misure con una deviazione standard  $s$ , l'incertezza standard  $u_m$  della media è data da:

$$u_m = s_m = \frac{s}{\sqrt{n}}$$

- (b) **Errori sistematici:** tali effetti non possono essere ridotti mediando, l'incertezza andrà stimata con ulteriori approfondimenti. Nel caso ci sia la possibilità di stimare questo effetto sistematico, allora il risultato deve essere corretto in accordo e l'incertezza è ridotta.

In prima approssimazione, si assume che ciascun fattore sia indipendente dagli altri. Note le singole incertezze  $u_i$ , stimate opportunamente per ciascun fattore, l'incertezza complessiva  $u_c$  è data da:

$$u_c = \sqrt{\sum_i u_i^2}$$

Assumendo una distribuzione Gaussiana, si conviene di riportare come barra d'errore della misura il doppio dell'incertezza, con una probabilità del 95% che il valore vero sia contenuto nell'intervallo dato dall'errore:

$$U = 2 \cdot u_c$$

Nel caso del monitoraggio acustico aeroportuale, possiamo distinguere tre fasi, ciascuna delle quali ha un proprio grado di incertezza, in cui avviene l'acquisizione dei dati:

- (a) L'apparato di misura fornisce il livello continuo di pressione sonora  $L_{AF}$ . E' necessario studiare l'incertezza legata alla misura stessa, come la linearità del livello, la direzione del microfono, la tolleranza del filtro di pesatura A e la calibrazione. La stima di questi effetti si può calcolare facendo riferimento alla norma IEC 61672-1;
- (b) Una volta riconosciuto il singolo evento, viene calcolato il SEL, integrando il livello  $L_{AF}$  su un preciso intervallo di tempo. In questo caso, bisogna considerare le incertezze dovute al rumore di fondo e alla scelta dei limiti di integrazione;
- (c) La fase di elaborazione dei dati include l'identificazione dell'aereo, mediante la procedura di correlazione, e il calcolo degli indici. L'incertezza associata a questa fase è dovuta a diversi fattori, tra i quali l'identificazione sbagliata di un aereo, la gestione di eventi mancati e le influenze di un possibile malfunzionamento del sistema.

---

<sup>8</sup> Guide to the expression of uncertainty in Measurement (GUM)

## A.2 Incertezze nel livello di pressione sonora misurato

Il livello di pressione sonora misurato dipende da diversi fattori, a ognuno dei quali va associato un determinato valore di incertezza.

I fattori collegati al fonometro possono essere stimati usando le tolleranze indicate in IEC 61672-1 e i fattori legati alla calibrazione possono essere stimati usando le tolleranze indicate in IEC 60942. Questi standard richiedono che l'output rimanga all'interno della tolleranza indicata per le condizioni di operatività. Se non c'è una conoscenza specifica nella distribuzione di valori di tolleranza, si può assumere una distribuzione rettangolare e cioè che i valori misurati siano uniformemente distribuiti all'interno dell'intervallo di tolleranza. Un esempio di calcolo di errore per il livello  $L_{AFMax}$  è riportato in Tabella 5-5.

- **Tolleranza del calibratore in condizioni di riferimento e di utilizzo.** I valori di tolleranza sono indicati dallo standard IEC 60942.
- **Direzionalità del microfono.** Nel caso generale di un microfono diretto lungo la verticale e posizionato su un terreno piatto, l'angolo di incidenza rimane minore di  $90^\circ$ . Per il calcolo del valore  $L_{AFMax}$  si considera soltanto l'angolo sotto il quale si trova l'aereo nel momento in cui è maggiormente vicino al microfono. Per il SEL, che è invece integrato su tutta la durata dell'evento, ci sono diverse posizioni dell'aereo, ma poiché il SEL è influenzato dal livello massimo, possiamo considerare ancora lo stesso angolo.
- **Tolleranza nella linearità del livello.** I valori sono indicati dallo standard IEC 61672-1:2002.
- **Tolleranza nella pesatura A.** I valori sono indicati dallo standard IEC 61672-1.
- **Influenza di temperatura e umidità e pressione atmosferica:** I valori sono indicati dallo standard IEC 61672-1, considerando variazioni di temperatura tra  $-10^\circ\text{C}$  e  $50^\circ\text{C}$ , un'umidità compresa tra 25% e 90% e una variazione di pressione tra 850hPa e 1080hPa.

Tabella 5-5: Esempio di calcolo dell'errore per il livello  $L_{AFMax}$

Tolleranza del calibratore	0,2 dB in condizioni di riferimento 0,2 dB in condizioni di utilizzo.
Direzionalità del microfono	0,4 dB per $\theta \leq 30^\circ$ 0,5 dB per $\theta \leq 90^\circ$
Tolleranza nella linearità del livello	0,6 dB
Tolleranza nella pesatura A.	0,9 dB
Influenza di temperatura e umidità.	0,4 dB
Influenza della pressione atmosferica	0,5 dB
<b>Incertezza <math>u_c</math></b>	1,4 dB per $\theta \leq 30^\circ$ 1,5 dB per $\theta \leq 90^\circ$
<b>Errore complessivo <math>U</math></b>	2,8 dB per $\theta \leq 30^\circ$ 3,0 dB per $\theta \leq 90^\circ$

## A.3 Incertezza del livello di esposizione sonora al momento di rilevazione dell'evento

Nella misura di un evento sonoro è comunque presente un rumore di fondo che produce un aumento del livello misurato rispetto al livello di rumore del solo evento, di una quantità  $\Delta L$ :

$$\Delta L = 10 \log \left( 1 + 10^{-0.1(L_{AF,meas} - L_{AF,fondo})} \right) \text{dB} .$$

L'errore da prendere in considerazione aumenta quanto più è basso il livello  $L_{AFmax}$  rispetto al rumore di fondo. Per il calcolo del SEL la differenza è di poco più grande, perché il SEL è integrato su tutta la durata dell'evento. Per ridurre questo tipo di contaminazioni può essere d'aiuto utilizzare strumenti in grado di eliminare il rumore di fondo analizzandone alcune caratteristiche.

L'incertezza associata alla pesatura A del livello di pressione sonora, invece, incide maggiormente sul livello  $L_{AFmax}$  che sul SEL.

Un metodo comunemente usato è quello di integrare solo i livelli al di sopra di  $L_{AFMax} - 10$  dB. Quando si usa questa regola è bene ricordare che le turbolenze in atmosfera possono generare fluttuazioni a corto raggio nel livello istantaneo di pressione sonora, portando a un'incertezza nella determinazione del livello massimo e quindi nella selezione dell'intervallo di integrazione.

Un altro metodo per definire l'intervallo di integrazione è quello di considerare tutto l'evento, cioè tutti i livelli sopra soglia. In questo caso il SEL è maggiore per quegli eventi che superano la soglia di più di 10 dB ed è invece minore per quelli che la superano per meno di 10 dB. La differenza massima nel livello SEL integrato nei due modi precedenti è di circa 0,5 dB, quindi si considera un'incertezza di 1dB.

Per tenere sotto controllo l'incertezza nel processo di identificazione di un evento è quindi opportuno installare stazioni solo in siti tali per cui l'evento aeronautico produca un livello massimo superiore di almeno 15 dB rispetto al rumore di fondo.

#### ***A.4 Incertezza nel post-processing***

E' necessario che tutti i dati sbagliati, incompleti o mancanti, siano esclusi dal processo e che le medie siano fatte solo su periodi di tempo in cui il sistema sia stato operativo.

In alcune elaborazioni, è possibile che i valori accumulati per un certo periodo del giorno siano mediati su una serie di giorni, un mese o anche un anno. Poiché la media è effettuata sull'esposizione sonora e non sui livelli, la statistica degli ultimi dovrebbe essere limitata a intervalli di pochi dB e quindi a gruppi di campioni con un range di livelli ben definito.

#### ***A.5 Esempio di calcolo dell'incertezza***

Un esempio di calcolo dell'incertezza di un dato misurato è riportato nella seguente tabella:

<i>Misura</i>	<i>Errore <math>U_i</math></i>	<i>Incetezza standard <math>u_i</math></i>	<i>Commenti</i>
Stazione di misura: $L_{AFMax}$	3 dB	1,5 dB	Dalla Tabella 5-5
Stima del singolo evento: SEL	1,0 dB	0,5 dB	$L_{AFMax}$ supera di 10dB il rumore di fondo
Contaminazione dal rumore residuo	0,4 dB	0,2 dB	$L_{AFMax}$ supera di 10dB il rumore di fondo
<i>Post-processing</i>	-	-	Dipende dall'elaborazione dei dati

<i>Incertezza standard complessiva <math>u_c</math></i>	$\geq 1,6$ dB
<i>Errore complessivo <math>U</math></i>	$\geq 3,2$ dB

## A.6 Altri fattori

Per ogni singola stazione, ci sono dei fattori che devono essere presi in considerazione quando si esegue una misura di rumore, ma che non contribuiscono al calcolo dell'incertezza. In particolare, tutti gli effetti di generazione, propagazione e riflessioni locali del suono sono tipici della stazione di monitoraggio sotto osservazione; tali effetti non vanno considerati nel calcolo dell'errore sperimentale, ma vanno ridotti al minimo con opportuni accorgimenti, come illustrato nel seguito.

La **propagazione del rumore in aria**, dalla sorgente alla stazione di monitoraggio, è influenzata dalla situazione meteo (variazione di vento e temperatura con l'altezza, pressione atmosferica, ecc.) e da eventuali turbolenze che producono variazioni di pressione a corto raggio.

Le condizioni meteo variano molto lentamente, rispetto ai tempi di un sorvolo aereo, e possono essere tenute in conto rilevando i dati medi (V. paragrafo 2.2). Per una stazione in cui l'aeromobile viene visto con un angolo di elevazione maggiore di  $30^\circ$  e in assenza di ostacoli, l'errore nella misura può essere di circa 3 dB per una *slant distance* di 300 m, mentre per 1000 m è di circa 5 dB.

È necessario invece tenere in considerazione le fluttuazioni a corto raggio.

In quei casi per cui l'aeromobile si trova molto vicino al suolo, i livelli misurati possono essere estremamente influenzati dalla propagazione vicina al suolo. La variazione dei livelli dipende dalla distanza e dalla morfologia del terreno e dalla statistica della temperatura tipica della zona e i profili di vento nell'atmosfera. L'aumento (o la riduzione dei livelli nel caso di inversione termica) può arrivare fino a 10 dB. Per evitare tali variazioni sopra descritte, sarebbe opportuno che nessuna delle stazioni di misura sia in grado di identificare il movimento degli aerei sulla pista.

Anche il **posizionamento della stazione** può dar luogo a influenze sul rumore misurato. I livelli misurati al microfono sono, infatti, composti dal suono diretto e da una o più onde riflesse dal suolo o da altre superfici. Questi effetti possono essere calcolati in modo piuttosto accurato, utilizzando delle funzioni di trasferimento dipendenti dalla frequenza, e considerando l'altezza del microfono, l'angolo di incidenza e le proprietà di riflessione del suolo. Questi effetti sono comunque molto contenuti se il microfono viene posizionato a un'altezza di 4 m e per angoli di vista maggiori di  $30^\circ$ , come indicato nel presente documento al paragrafo 2.2

## **Appendice B - I Indagine preliminare alla collocazione della stazione di misura**

La localizzazione territoriale delle stazioni, compresa l'individuazione della posizione spaziale del microfono della postazione fonometrica, è un aspetto di fondamentale importanza per il funzionamento del sistema di monitoraggio e per la possibilità di avere dati utilizzabili per determinare i parametri acustici che descrivono, come prescritto dalla legislazione e dalle norme di buona tecnica, l'impatto da rumore dovuto ai sorvoli degli aeromobili.

Quando viene programmata l'installazione e la messa in esercizio di una nuova postazione di misura di tipo M o V, sia che si voglia mantenere tale postazione in modo permanente sia, e a maggior ragione, che si vogliano effettuare campagne di monitoraggio per periodi limitati inferiori all'anno o addirittura al mese, si deve preliminarmente effettuare l'indagine di seguito indicata.

L'indagine, basata su misurazioni preliminari in campo, è il solo modo che si ha per verificare l'idoneità della localizzazione ipotizzata per la nuova postazione e per avere, quindi, la garanzia che i dati potranno essere utilizzati. I medesimi requisiti sono richiesti per una stazione che fosse già in esercizio: qualora dalla verifica su queste stazioni già attivate dovesse risultare che non vengono soddisfatti tali requisiti deve ritenersi che la stazione non sia di tipo "M" o "V" e pertanto non sia adatta al monitoraggio del rumore aeroportuale: non può quindi essere considerata come parte della struttura del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale.

La prima indagine da eseguire è di tipo cartografico e si deve tener conto delle rotte e traiettorie pubblicate in AIP che interessano il territorio per il quale si ipotizza la collocazione della stazione. Si effettuano sopralluoghi e verifiche nei luoghi eleggibili per la localizzazione. Dopo aver visionato i luoghi si programmano le verifiche sperimentali che devono comprendere misure fonometriche, nel medesimo punto nel quale si vuole collocare il microfono del fonometro, per almeno una settimana in continuo e preferibilmente in modo assistito.

Le caratteristiche oggettive del sito, indicate nel dettaglio nel Capitolo 2, sono di seguito riportate:

- (a) assenza di ostacoli tra il microfono e la traiettoria nominale di decollo o atterraggio;
- (b) assenza di ostacoli con tutte le traiettorie possibili;
- (c) superficie piana sotto la postazione microfonica (suolo) acusticamente riflettente;
- (d) possibilità di collocare il microfono ad un'altezza non inferiore a 3 m, preferibilmente compresa tra i 6 m e i 10 m;
- (e) in caso di collocazione su un tetto: la superficie di appoggio deve essere piana, omogenea, riflettente;
- (f) deve comunque esserci una facile e agevole accessibilità per effettuare le manutenzioni in condizioni di sicurezza (D.Lgs. 81/2008 e il D.Lgs. 106/2009 e s.m.i.);
- (g) protetta da accessi non autorizzati.

L'indagine preliminare deve comprendere:

- (a) acquisizione documentale dal Comune sullo stato attuale e sui progetti esistenti: rilievi aerofotogrammetrici, analisi impatto acustico/clima acustico presentate, piano regolatore, infrastrutture stradali/ferroviarie. I dati servono per individuare le sorgenti sonore e le relative caratteristiche di funzionamento, compreso l'andamento temporale, in vicinanza del microfono;
- (b) sopralluogo per la verifica dello stato di fatto, per verificare le problematiche relative alla connessione con il sistema (opere di urbanizzazione, alimentazione elettrica, telecomunicazioni);

- (c) va stabilito a quali traiettorie è sensibile la stazione di misura (ovvero si devono fare verifiche per valutare se la stazione rileva tutti e solo quegli eventi legati ai sorvoli).

Dopo aver stabilito in via preliminare che il sito è idoneo, si eseguono indagini fonometriche secondo i seguenti criteri:

- (a) le misure devono essere in continuo e avere una durata di almeno una settimana;
- (b) vi deve comunque essere una parte di misurazione “assistita” di almeno 5 ore al giorno, sia in periodo diurno che notturno (almeno 3 ore diurne +2 notturne);
- (c) acquisizione spettri RTA sia nelle misure presidiate che quelle non presidiate;
- (d) perfetta sincronizzazione oraria tra l’orologio della stazione e quello della parte rimanente del sistema informativo usato per la gestione del traffico aeroportuale;

Terminate le misure si eseguono le seguenti analisi:

- (a) si acquisiscono le tracce radar del periodo di misura;
- (b) si identificano gli eventi sonori corrispondenti ai sorvoli/movimenti aerei (eventi correlati)  $E_C$ ;
- (c) si stabiliscono le soglie di durata e livello di pressione sonora che permettono di individuare tutti gli aerei riconosciuti/identificati;
- (d) si verifica se per tutti gli eventi, anche per quelli eventualmente non riconosciuti con il sistema soglia/durata, si ha la possibilità di calcolare il SEL con la tecnica  $L_{Amax}-10$ ;
- (e) si calcola il numero dei falsi positivi<sup>9</sup>  $E_{FP}$  e il  $SEL_{FP}$  corrispondente:

$$SEL_{FP} = 10 \cdot \text{Log} \sum_{i=1}^{E_{FP}} 10^{0,1 \cdot SEL_i}$$

- (f) si calcola il numero di falsi negativi  $E_{FN}$  e il  $SEL_{FN}$  corrispondente:

$$SEL_{FN} = 10 \cdot \text{Log} \sum_{i=1}^{E_{FN}} 10^{0,1 \cdot SEL_i}$$

- (g) si calcola automaticamente il SEL di tutti gli eventi correlati  $SEL_C$ :

$$SEL_C = 10 \cdot \text{Log} \sum_{i=1}^{E_C} 10^{0,1 \cdot SEL_i}$$

- (h) se valgono contemporaneamente le due relazioni:

$$SEL_C > SEL_{FP} \text{ e } SEL_C - SEL_{FN} \geq 9 \text{ dB}$$

si può ritenere che la collocazione della postazione è idonea per le misure.

Il procedimento sopra descritto permette inoltre di individuare quali sono i valori da attribuire alle soglie per avere un buon funzionamento automatico del riconoscimento degli eventi aeroportuali.

<sup>9</sup> Oltre che alle voci corrispondenti riportate nel glossario, per definire i concetti di falso positivo e falso negativo si può fare riferimento alla seguente tabella di contingenza:

	Eventi di origine aeronautica	Eventi di origine non aeronautica
Riconoscimento avvenuto	Vero positivo	Falso positivo
Riconoscimento non avvenuto	Falso negativo	Vero negativo

## Appendice C - Glossario

- [1]. **Approccio equilibrato:** Metodo indicato dalla risoluzione A33/7 dell'ICAO per la risoluzione delle problematiche connesse al rumore aeroportuale.
- [2]. **Assorbimento acustico (coefficiente di):** rapporto tra l'energia sonora assorbita e l'energia riflessa da un certo materiale.
- [3]. **Base dati voli (BDV):** elenco delle operazioni e dei movimenti aerei in un aeroporto secondo i dati del gestore dello scalo.
- [4]. **Batterie tampone:** sistema di batterie che garantisce l'alimentazione elettrica in caso di mancanza di alimentazione da rete.
- [5]. **Calibrazione:** operazione di verifica del livello sonoro della strumentazione fonometrica.
- [6]. **Catena microfona:** l'insieme degli apparati di misura acustica, costituita da microfono, pre-amplificatore fonometro e relativi cavi di connessione.
- [7]. **CED:** Centro Elaborazione Dati del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale.
- [8]. **CEI EN:** insieme degli organismi CEI (Comitato Elettrotecnico Italiano) e EN.
- [9]. **Certificato SIT:** certificato rilasciato da un centro SIT (Sistema Italiano di Taratura) che provvede alla verifica di alcune caratteristiche tecnologiche degli apparati di misura.
- [10]. **Cluster:** raggruppamento per elementi comuni.
- [11]. **Correlazione:** operazione di associazione tra operazione aerea ed evento rilevato.
- [12]. **Curva di isolivello:** linea che congiunge punti nel piano che hanno lo stesso livello di rumore, ad esempio  $L_{VA}$ . Si preferisce alla dizione "curva isofonica" in quanto quest'ultima si riferisce alla scala dei phon piuttosto che dei decibel.
- [13]. **Download:** trasmissione dei dati dalla periferia al centro su richiesta del centro.
- [14]. **Durata dell'evento:** intervallo di tempo in cui si verifica il continuo superamento di un livello sonoro.
- [15]. **ECAC:** European Civil Aviation Conference, ente di regolamentazione per l'aviazione civile dell'Europa.
- [16]. **ENAV:** Ente Nazionale per l'Assistenza al Volo.
- [17]. **EPSG:** European Petroleum Survey Group (EPSG), assorbito dall'OGP (vd. voce specifica) ha sviluppato un sistema di codifica dei data set geografici attribuendo a ciascuno un codice univoco. Ad esempio, il sistema Gauss-Boaga Ovest è identificato dal codice EPSG::3003 , mentre il sistema UTM WGS84 Fuso 32 è EPSG 32632. Il data set completo è disponibile sul sito <http://www.epsg-registry.org/>
- [18]. **Evento rumoroso:** serie di dati che contengono almeno il livello di esposizione al rumore, il livello massimo di pressione sonora ponderata-A, la durata dell'evento e l'indicazione dell'orario (momento del  $L_{AFmax}$ ), estratti dalla misura in continuo sulla base di criteri acustici.
- [19]. **Falso negativo:** evento rumoroso di origine aeronautica che non viene riconosciuto, in base al criterio soglia/durata o al criterio scelto per il riconoscimento, dalla stazione di misura.
- [20]. **Falso positivo:** evento rumoroso di origine non aeronautica rilevato dal sistema di monitoraggio; possono rientrare tra i falsi positivi anche gli eventi rumorosi generati dai voli per i quali non si applica il D.M. 31/10/1997.
- [21]. **File di log:** archivio in cui il sistema di monitoraggio registra le operazioni che effettua e il loro esito: è particolarmente utile per identificare episodi di non corretto funzionamento.
- [22]. **Fonometro:** strumento di misura del livello di pressione sonora. Se è in grado di calcolare anche parametri che richiedono una misura prolungata nel tempo si dice fonometro integratore.
- [23]. **Gate:** lett. cancello, ossia regione di spazio che un aereo deve attraversare in maniera perpendicolare alla sua estensione.
- [24]. **Gauss-Boaga:** sistema di coordinate piane secondo la proiezione di Mercatore in uso in Regione Lombardia.
- [25]. **Gestore dell'Aeroporto:** la società concessionaria per i servizi aeroportuali.

- [26]. **Hardware**: insieme della strumentazione per le operazioni di la trasmissione dei dati, la loro elaborazione e l'archiviazione permanente.
- [27]. **ICAO**: International Civil Aviation Organization, organizzazione mondiale per l'Aviazione Civile collegata all'ONU.
- [28]. **IEC**: International Electrotechnical Committee.
- [29]. **Insedimento urbanizzato**: insieme di edifici ad uso residenziale costituito da almeno 25 unità e geograficamente ben distinto da quelli limitrofi. Può essere un intero centro abitato, una sua frazione o qualunque altro agglomerato.
- [30]. **L<sub>Aeq</sub>**: livello equivalente in decibel "A" rappresentativo di un certo periodo di tempo. Nel caso in cui il tempo di integrazione sia pari a 1 sec. viene denominato short L<sub>Aeq</sub>.
- [31]. **Livello percentile**: livello che viene superato per un certo periodo di tempo. La sua rappresentatività dipende anche dall'intervallo di tempo cui si riferisce.
- [32]. **Loggare**: italianismo per registrare in un file di log (vedi).
- [33]. **Login**: operazione di autenticazione durante la connessione a un apparato *hardware*.
- [34]. **L<sub>VA</sub>**: livello di valutazione del rumore aeroportuale calcolato su base annuale.
- [35]. **L<sub>VAj</sub>**: livello di valutazione del rumore aeroportuale calcolato su base giornaliera.
- [36]. **Malfunzionamento**: qualsiasi attività non correttamente eseguita dal sistema di monitoraggio.
- [37]. **Manutenzione correttiva**: l'insieme delle operazioni che vengono condotte a seguito della manifestazione di un malfunzionamento.
- [38]. **Manutenzione periodica**: l'insieme delle operazioni che vengono periodicamente eseguite onde garantire l'assenza di malfunzionamenti del sistema.
- [39]. **Modem**: apparato di modulazione/demodulazione per la trasmissione di dati sulla linea telefonica.
- [40]. **NAP**: Noise Abatement Procedure, procedura di abbattimento del rumore, costituita da una precisa modalità di utilizzo dell'aereo allo scopo di diminuire il rumore al suolo.
- [41]. **Observation and Measurment (O&M)**, OpenGIS® Observations and Measurements – Part 1 - Observation schema / Part 2 – Sampling features, Open Geospatial Consortium Inc. 12-08-2007.
- [42]. **Off grid**: situazione di alimentazione elettrica nonostante l'indisponibilità della rete elettrica principale.
- [43]. **OGC**: Open Geospatial Consortium ([www.opengeospatial.org](http://www.opengeospatial.org)), consorzio internazionale non-profit per lo sviluppo di standard per i servizi basati su informazioni geografiche e spaziali.
- [44]. **OGP**: The International Association of Oil & Gas producers OGP.
- [45]. **Operazioni aeree**: insieme delle informazioni relative alla movimentazione degli aerei in un dato aeroporto.
- [46]. **Origine aeronautica**: accertamento della natura di un evento rumoroso tramite operazioni di correlazione.
- [47]. **Out of memory**: stato di impossibilità per la stazione di misura di provvedere ad un'ulteriore memorizzazione dei dati; tutti i dati che potrebbero essere registrati verranno persi.
- [48]. **Overflow**: flusso di dati che supera la capacità massima della linea di trasmissione.
- [49]. **Password**: insieme di caratteri segreti che danno la possibilità di effettuare un login.
- [50]. **Periferia**: l'insieme delle stazioni di misura.
- [51]. **Pistonofono**: apparato per la verifica della calibrazione.
- [52]. **Post-trigger**: periodo di tempo di memorizzazione dei dati anche dopo l'esaurirsi dell'evento sonoro.
- [53]. **Pre-trigger**: periodo di tempo di memorizzazione dei dati anche prima del verificarsi dell'evento sonoro.
- [54]. **Procedura antirumore**: l'insieme delle azioni volte a minimizzare il rumore al suolo. Comprende sia la definizione geometrica del percorso ottimale dell'aereo, sia il tipo di NAP (vedi) da utilizzarsi, sia l'eventuale definizione di limiti puntuali.

- [55]. **Rapporto di intervento**: rapporto scritto dall'operatore che esegue un intervento di manutenzione periodica o correttiva sulla stazione di misura.
- [56]. **Reset**: operazione di ripristino della stazione di un apparato *hardware*. Comporta in genere la perdita dei dati.
- [57]. **Retry**: operazione automatica di rinnovo della richiesta di trasmissione di dati dal centro (vedi) alla periferia (vedi).
- [58]. **Rumore non aeronautico**: rumore non generato da operazioni aeroportuali o aeronautiche.
- [59]. **RWY**: abbreviazione per runway, pista aeronautica.
- [60]. **SEL**: Sound Exposure Level, livello di esposizione sonora (o di singolo evento) definito nella norma ISO 1996-1 come LAE.
- [61]. **SensorML**: OpenGIS® Sensor Model Language (SensorML) Implementation Specification, Open Geospatial Consortium Inc. (17-07-2007).
- [62]. **Sensor Observation Service (SOS)**, OpenGIS® Sensor Observation Service, Open Geospatial Consortium Inc. (26-10-2007).
- [63]. **Server**: apparato di elaborazione che guida tutte le operazioni di trasmissione e memorizzazione dei dati.
- [64]. **SID**: abbreviazione per *Standard Instrument Departure*, che indica le rotte seguite dagli aeromobili durante il decollo.
- [65]. **Slant distance**: minima distanza tridimensionale tra aereo e recettore.
- [66]. **Software**: l'insieme delle istruzioni che definiscono le operazioni di elaborazioni del sistema di monitoraggio.
- [67]. **Spettro 1/3 di ottava**: insieme dei livelli distinti per bande di frequenza la cui ampiezza è univocamente definita.
- [68]. **Stazione di misura**: l'insieme degli apparati necessari a rilevare il rumore e trasmetterne i dati al centro (vedi).
- [69]. **Telediagnosi**: attività di verifica del funzionamento effettuata a distanza.
- [70]. **Time-history**: evoluzione nel tempo del livello di pressione sonora o dello short  $L_{Aeq}$ .
- [71]. **Touch-and-go**: operazione aerea in cui l'aereo in atterraggio riprende quota allontanandosi dall'aeroporto.
- [72]. **Traccia radar**: l'insieme degli elementi identificativi di un movimento aereo nello spazio e nel tempo in vicinanza dell'aeroporto.
- [73]. **Upload**: operazione di trasmissione dei dati dalla periferia (vedi) al centro (vedi) attivata dalla periferia.
- [74]. **User-id**: identificazione convenzionale di un utente che può operare sul sistema.
- [75]. **Vero negativo**: evento rumoroso di origine non aeronautica che non viene riconosciuto dalla stazione di misura.
- [76]. **Vero positivo**: evento rumoroso di origine aeronautica correttamente riconosciuto dalla stazione di misura.
- [77]. **UTC**: Universal Time Central, orario di riferimento per le operazioni aeree, equivalente all'ora di Greenwich senza spostamento nel periodo in cui vige l'ora legale.
- [78]. **XML**: acronimo di eXtended Markup Language.

## ***C.1 Indice delle voci di glossario***

**Approccio equilibrato;** 5; 74  
Assorbimento acustico; 22; 74  
Base Dati Voli; 45; 46; 58; 66; 74  
Batterie tampone; 34; 35; 74  
Calibrazione; 23; 24; 29; 31; 32; 33; 34; 35; 36; 37; 52; 55; 68; 69; 74; 75  
Catena microfonica; 36; 55; 74  
**CEID;** 29; 30; 38; 39; 40; 44; 55; 56; 74  
CEI EN; 7; 33; 34; 43; 74  
Certificato SIT; 31; 32; 34; 55; 74  
Cluster; 43; 57; 74  
Correlazione; 8; 11; 12; 13; 15; 17; 31; 43; 46; 47; 49; 50; 53; 56; 57; 58; 63; 64; 67; 68; 74; 75  
Curva di isolivello; 6; 7; 9; 74  
Download; 29; 40; 74  
Durata dell'evento; 26; 43; 54; 55; 59; 69; 70; 74  
ECAC; 7; 19; 74  
ENAV; 12; 45; 46; 51; 56; 74  
EPSG; 21; 74  
Evento rumoroso; 8; 9; 10; 23; 43; 46; 50; 67; 74; 75; 76  
Falso negativo; 49; 73; 74  
Falso positivo; 49; 73; 74  
File di log; 25; 74; 75  
Fonometro; 23; 26; 33; 43; 44; 54; 55; 59; 69; 72; 74  
Gate; 66; 74  
Gauss-Boaga; 63; 65; 74  
Gestore dell'Aeroporto; 45; 75  
Hardware; 29; 38; 75; 76  
ICAO; 7; 21; 45; 65; 67; 74; 75  
IEC; 7; 23; 43; 68; 69; 75  
Insediamento urbanizzato; 17; 18; 75  
L'Aeq; 7; 8; 24; 26; 43; 44; 48; 59; 75; 76  
Livello percentile; 24; 75  
Loggare; 24; 75  
Login; 38; 75  
LVA; 5; 7; 8; 10; 13; 17; 18; 19; 50; 51; 52; 56; 57; 58; 60; 61; 62; 74; 75  
LVAj; 13; 31; 43; 48; 49; 50; 51; 52; 56; 57; 58; 60; 61; 62; 75; 76  
Malfunzionamento; 24; 32; 35; 68; 75  
Manutenzione correttiva; 35; 75  
Manutenzione periodica; 13; 32; 33; 34; 55; 75; 76  
Modem; 32; 38; 41; 42; 75  
**NAP;** 66; 67; 75; 76  
Observation and Measurment; 62; 75  
Off grid; 34; 35; 38; 75  
OGC; 62; 75  
OGP; 74; 75  
Operazioni aeree; 28; 29; 46; 47; 49; 51; 53; 57; 63; 64; 75; 76  
Origine aeronautica; 8; 10; 11; 43; 46; 47; 49; 52; 53; 74; 75  
Out of memory; 24; 38; 75  
Overflow; 29; 75  
Password; 38; 75  
Periferia; 29; 38; 40; 44; 54; 55; 74; 75; 76  
Pistonofono; 32; 33; 36; 75  
Post-trigger; 24; 75  
Pre-trigger; 24; 75  
Procedura antirumore; 17; 76  
Rapporto di intervento; 33; 76  
Reset; 34; 38; 40; 76  
Retry; 38; 40; 42; 76  
Rumore di fondo; 11; 27; 48; 53; 57; 60; 68; 69; 70; 76  
RWY; 50; 76  
SEL; 8; 13; 23; 24; 26; 44; 48; 49; 51; 52; 59; 61; 64; 67; 68; 69; 70; 73; 76  
Sensor Observation Service; 62; 76  
SensorML; 62; 76  
Server; 38; 76  
SID; 50; 64; 76  
Slant distance; 71; 76  
Software; 29; 31; 43  
Spettro 1/3 di ottava; 44; 76  
Stazione di misura; 18; 55; 64; 70; 76  
Telediagnosi; 35; 76  
Time-history; 24; 43; 44; 76  
Touch-and-go; 46; 76  
Tracce radar; 30; 46; 51; 52; 53; 58; 66; 73  
Traccia radar; 8; 11; 12; 13; 17; 45; 46; 51; 58; 66; 76  
Upload; 23; 29; 54; 76  
User-id; 38; 76  
UTC; 51; 76  
Vero negativo; 11; 76  
Vero positivo; 11; 76  
XML; 62; 76

**ARPA \_\_\_\_\_ – Settore \_\_\_\_\_**

## **Rapporto tecnico**

**“Verifica di conformità delle caratteristiche dei sistemi di  
monitoraggio del rumore aeroportuale”**

**Sistema dell'aeroporto \_\_\_\_\_**

**Anno 20XX**

**Il Dirigente**

**Redazione del Rapporto**

---

**Esecuzione delle Misure**

---

---

## **Indice**

<b>1.</b>	<b>IL MONITORAGGIO DEL RUMORE</b>	<b>4</b>
1.1.	Componenti del sistema di monitoraggio	4
1.2.	Determinazione della tipologia delle stazioni di misura	4
1.3.	Modalità di identificazione degli eventi sonori	4
1.4.	Sensibilità ai movimenti aerei	5
1.5.	Identificazione delle tre settimane di massimo traffico per l'anno 20XX	5
<b>2.</b>	<b>VERIFICA DELLE STAZIONI DI MISURA</b>	<b>5</b>
2.1.	Compatibilità delle caratteristiche	6
2.2.	Calibrazione e certificazione SIT	7
2.3.	Eventi correlati rispetto al numero di movimenti	7
2.4.	Continuità delle rilevazioni	8
2.5.	Valutazione delle correlazioni	8
2.6.	Validazione del dato di LVA 20XX	10
<b>3.</b>	<b>VERIFICA DELLE STAZIONI DI MISURA</b>	<b>ERRORE. IL SEGNALIBRO NON È</b>
	<b>DEFINITO.</b>	
<b>4.</b>	<b>CONCLUSIONI</b>	<b>13</b>

## **Introduzione**

Il presente rapporto riguarda la verifica di conformità del sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale per l'aeroporto di \_\_\_\_\_ dell'anno 20XX.

Le verifiche sono state effettuate seguendo le indicazioni contenute nella normativa vigente in materia.

### **1. IL MONITORAGGIO DEL RUMORE**

#### **1.1. Componenti del sistema di monitoraggio**

---

Nel 20XX il sistema di monitoraggio del rumore dell'aeroporto di \_\_\_\_\_ è costituito complessivamente da X stazioni di misura posizionate in corrispondenza delle traiettorie di decollo e di atterraggio.

**Figura 1: Panoramica delle centraline di monitoraggio**

#### **1.2. Determinazione della tipologia delle stazioni di misura**

---

Preliminarmente, a ciascuna stazione, è stata attribuita una delle tipologie A, V, M, come riportato nella Tabella 1 seguente.

<b>Stazione di monitoraggio</b>	<b>Tipologia</b>

**Tabella 1: Tipologia delle centraline di misura**

#### **1.3. Modalità di identificazione degli eventi sonori**

---

Le impostazioni di soglia (dBA) e di durata dell'evento sono scelte opportunamente per ciascuna postazione M come riportato nella Tabella 3.

<b>Stazione di Monitoraggio</b>	<b>Soglia (dBA)</b>	<b>Durata Minima (s)</b>

**Tabella 2: impostazioni per la determinazione degli eventi del sistema di monitoraggio**

I dati di rumore degli eventi rilevati devono essere correlati alla movimentazione degli aeromobili, utilizzando le informazioni ottenute dai tracciati radar e/o dai tabulati della base dati volo (BDV) fornita dall'ente gestore.

#### **1.4. Sensibilità ai movimenti aerei**

---

Il posizionamento delle centraline di tipo M in corrispondenza delle traiettorie dell'aeroporto è riportato nella **Tabella 4**.

Stazione di monitoraggio	SID	RWY
		✓
	✓	

**Tabella 3: collocazione delle stazioni di misura in corrispondenza delle traiettorie**

Stazione di monitoraggio	Descrizione

**Tabella 4: descrizione della posizione delle stazioni di misura di tipo M**

#### **1.5. Identificazione delle tre settimane di massimo traffico per l'anno 20XX**

---

Settimana	Movimenti (ARPA)	Movimenti (Soc. Gestione)

**Tabella 5: elenco delle tre settimane di maggior traffico<sup>1</sup>.**

## **2. VERIFICA DELLE STAZIONI DI MISURA**

Nel presente paragrafo viene esaminata, per ciascuna posizione di misura di tipo M, la rispondenza alle caratteristiche indicate nella Tabella 2 delle Linee guida.

---

<sup>1</sup> Poiché il numero di movimenti viene calcolato in modo indipendente da ARPA e dalla Società di gestione, incrociando i dati di traffico ottenuti a partire dalle tracce radar e/o dalla BDV è possibile che si rilevino delle differenze, auspicabilmente minime, in tale dato. Risulta quindi opportuno riportare entrambi i valori, così come calcolati dai due enti.

## 2.1. Compatibilità delle caratteristiche

<b>NOME STAZIONE</b>		
<b>Tematica</b>	<b>Sottotematica</b>	<b>Tipologia di stazione</b>
		<b>M</b>
<b>UBICAZIONE</b>	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e tutte le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Indicare la distanza e l'altezza dell'edificio più alto	A distanza di circa 10 metri dal microfono c'è un edificio a due piani fuori terra
	La superficie su cui è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	No
	Statistica del $L_{AF,Max}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree	La mediana dei valori di $L_{AFmax}$ degli eventi sonori non correlati ad operazioni aeree, ottenuta da misure in continuo protratte per una qualsiasi delle tre settimane a maggior traffico, deve essere inferiore a 54 dB(A):
	Statistica del $L_{AF,Max}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree	La mediana dei valori di $L_{AFmax}$ degli eventi aeronautici ottenuta da misure in continuo protratte per una qualsiasi delle tre settimane a maggior traffico, deve essere superiore a 64 dB(A):
<b>CARATTERISTICHE</b>	Caratteristiche del microfono:	>30 mV/Pa
	Caratteristiche del fonometro secondo la norma CEI UNI 61672	Classe 1
	In caso di mancanza di alimentazione elettrica:	La strumentazione di rilevamento funziona con batteria tampone con autonomia di almeno 72h
	La stazione funziona in modo automatico per:	Rilevamento eventi
	Indicare il numero di ore di funzionamento negli ultimi 12 mesi	Vedi Tabella 9
<b>COMUNICAZIONE</b>	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
<b>INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI</b>	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
<b>CALIBRAZIONI</b>	La verifica della calibrazione viene fatta tramite	Pistonofono e attuatore elettrostatico
	L'operatore può eseguire verifiche della calibrazione su richiesta	Sì
	Certificato di calibrazione fornito dal costruttore per tutti gli elementi della catena microfonica	Vedi Tabella 6
	Certificati SIT	Vedi Tabella 6
	Specificare quali parametri sono producibili per le calibrazioni	Data , stazione, modalità, Livello misurato, offset
	Il sistema automatico di verifica viene utilizzato anche per impostare variazioni del livello di riferimento	No
	Specificare la cadenza delle verifiche automatiche e gli orari	Ogni 6 ore; 00:00 - 06:00 – 12:00 – 18:00
	Specificare la durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	20"
Specificare la cadenza delle verifiche manuali	Vedi Tabella 9	

## 2.2. Calibrazione e certificazione SIT

Nella Tabella 6 sono riportati i dati essenziali dei certificati SIT della strumentazione installata presso le stazioni di tipo M.

Stazione di monitoraggio	Strumento	Certificazioni

**Tabella 6: Certificazioni SIT per le stazioni di tipo M**

## 2.3. Eventi correlati rispetto al numero di movimenti

Come verifica della localizzazione e delle operazioni di correlazione viene suggerito l'utilizzo delle seguenti disuguaglianze, rispettivamente per decolli ed atterraggi:

$$N_{EC}(D) < N_D \cdot \sum_i N_{OP}(D, SID_i);$$

$$N_{EC}(A) < N_A \cdot \sum_j N_{OP}(A, RWY_j).$$

Dove:

- $N_{EC}(D)$ : numero di eventi correlati alle operazioni di decollo;
- $N_{OP}(D, SID_i)$ : numero di stazioni sensibili<sup>2</sup> alle operazioni di decollo lungo la SID i-esima;
- $N_D$ : numero di operazioni di decollo;
- $N_{EC}(A)$ : numero di eventi correlati alle operazioni di atterraggio;
- $N_{OP}(A, RWY_j)$ : numero di stazioni sensibili alla singola operazione di atterraggio per la pista RWY j-esima;
- $N_A$ : numero di operazioni di atterraggio.

Settimana	Decolli		Atterraggi	
	$N_{EC}(D)$	$N_D \Sigma N_{OP}(D, SID_i)$	$N_{EC}(A)$	$N_A \Sigma N_{OP}(A, RWY_j)$

**Tabella 7: analisi del numero di eventi correlati rispetto alle operazioni aeree.**

<sup>2</sup> Per stazione sensibile si intende una stazione la cui localizzazione e configurazione è tale da consentire la rilevazione del movimento aereo come evento rumoroso.

#### **2.4. Continuità delle rilevazioni**

Per le stazioni di tipo M in Tabella 9 sono riportati i giorni in cui sono state effettuate le calibrazioni manuali e il numero delle ore, riportato in termini percentuali, dell'effettivo funzionamento delle stazioni relativi all'anno 20XX.

La percentuale prevista dalle Linee guida (98%) viene raggiunta dalle postazioni di Bagnatica, Bergamo – Via Linneo e Seriate. Per le altre si osservano percentuali comunque elevate, ma inferiori al limite di eccellenza richiesto.

Stazione	Calibrazione	Funzionamento %

**Tabella 8: Funzionamento in ore per le stazioni di tipo M**

Nella Tabella 10 sono riportati gli interventi straordinari eseguiti presso i punti di misura, per i quali viene specificato il motivo dell'intervento.

Stazione di misura	Data	Intervento straordinario

**Tabella 9: interventi straordinari.**

#### **2.5. Valutazione delle correlazioni**

Secondo quanto riportato dalle analisi di correlazione effettuate da ARPA a partire dai dati grezzi dei rilievi fonometrici della rete si ha una percentuale  $N_c/N$  pari a XX%.

Un'altra valutazione possibile riguarda la differenza tra  $LVA_j$  ottenuto a monte delle operazioni di correlazione ( $LVA_{j_{nc}}$ ) e quello ottenuto dopo le operazioni di correlazione ( $LVA_{j_c}$ ). Nelle Tabelle seguenti sono riportati i valori ottenuti dalle analisi di correlazione ARPA.





### 3. MISURE SIMULTANEE

Sono state eseguite da ARPA misure in modalità assistita presso le postazioni di misura M:

- 1.
- 2.
- ...
- N.

La strumentazione utilizzata da ARPA è riportata nella Tabella 18.

Strumento	Certificazione

**Tabella 11: strumentazione utilizzata da ARPA**

Per quanto riguarda l'individuazione degli eventi di origine aeronautica a partire dai dati fonometrici rilevati da ARPA, sono stati utilizzati i seguenti valori di soglia e durata.

Centralina	Soglia (dBA)	Durata minima (s)

**Tabella 12: impostazioni per la determinazione degli eventi del sistema di monitoraggio**

Gli eventi aeronautici sono stati poi confrontati esaminando i principali parametri che li caratterizzano:

- Ora: inizio dell'evento, in corrispondenza del primo valore che supera la soglia minima prefissata;
- Modello: tipologia di aeromobile che ha prodotto l'evento;
- Operazione: D (decollo), A (atterraggio), S (sorvolo), T (taxing) ;
- Durata [s]: durata totale dell'evento, cioè per quanti secondi si supera la soglia minima;
- LAeq [dBA]: livello equivalente ponderato A del singolo evento;
- SEL [dBA]: livello sonoro del singolo evento;
- LAFMax [dBA]: livello massimo dell'evento con costante Fast e ponderazione A.



#### 4. CONCLUSIONI

<b>Stazione di monitoraggio</b>	<b>Tipologia proposta</b>	<b>Possibilità di calcolo LVA</b>	<b>Caratteristiche funzionamento</b>	<b>Caratteristiche posizione</b>
	M	SI/NO	SI/NO	SI/NO