

ARPA Lombardia – Settore Monitoraggi Ambientali

Rapporto tecnico

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

Sistema di Bergamo - Orio al Serio

BGY-2-2018

Relazione redatta da:

Emanuele Galbusera e Roberta Pollini

Verificata da:

**Responsabile U.O. Monitoraggio e valutazione
acustica delle infrastrutture di trasporto**

Silvana Angius

SOMMARIO

1. INTRODUZIONE	4
2. IL MONITORAGGIO DEL RUMORE	4
2.1. Componenti del sistema di monitoraggio	4
2.2. Determinazione della tipologia delle stazioni di misura	5
2.3. Identificazione delle tre settimane di massimo traffico per il 2018	6
2.4. Modalità di identificazione degli eventi sonori	6
2.5. Sensibilità ai movimenti aerei	7
3. VERIFICA DELLE STAZIONI DI MISURA	9
3.1. Compatibilità delle caratteristiche	9
3.2. Calibrazione e certificazione SIT	17
3.3. Eventi correlati rispetto al numero di movimenti.....	18
3.4. Statistica degli eventi sonori	21
3.5. Continuità delle rilevazioni.....	22
3.6. Valutazione delle correlazioni	25
3.7. Validazione del dato di LVA 2018.....	30
4. CONCLUSIONI.....	36

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto riguarda la verifica di conformità per il sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale di Bergamo - Orio al Serio riferita all'anno 2018. Le verifiche sono state effettuate seguendo le indicazioni contenute nelle linee guida regionali di cui alla DGR 808/2005.

2. IL MONITORAGGIO DEL RUMORE

2.1. Componenti del sistema di monitoraggio

Nel 2018 il sistema di monitoraggio del rumore dell'aeroporto di Orio al Serio era costituito complessivamente da 7 stazioni di misura posizionate in corrispondenza delle traiettorie di decollo e di atterraggio. La centralina di Bergamo-Via Colognola ai Colli, installata in sostituzione della centralina di Bergamo-Via Canovine è entrata a far parte definitivamente della rete fissa di monitoraggio a partire dal 9 marzo 2018. Tutte le analisi relative a questa centralina partiranno dalla data indicata.

La Figura 1 costituisce una panoramica generale del sistema di monitoraggio, riportando la posizione delle stazioni di misura.

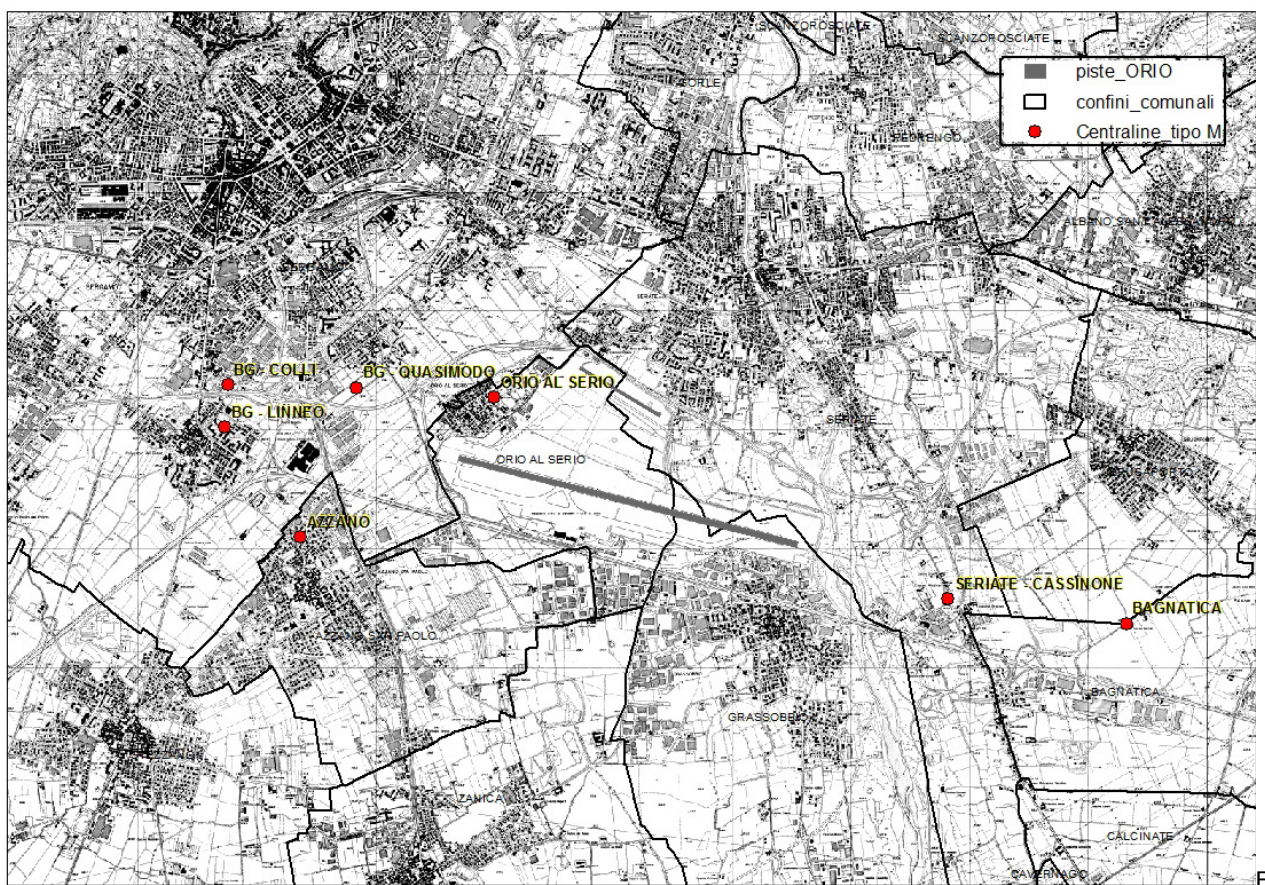


Figura 1: stazioni di monitoraggio (Tipo M).

2.2. Determinazione della tipologia delle stazioni di misura

Nel paragrafo 2.2 delle linee guida (DGR 808/2005) vengono introdotte le definizioni delle tre tipologie di stazioni di monitoraggio che, in base agli scopi specifici e ai criteri di collocazione, si distinguono in:

- Stazioni di tipo M per il monitoraggio del rumore aeroportuale: sono stazioni in corrispondenza delle quali si deve misurare e distinguere il rumore di origine aeronautica da quello provocato da altre sorgenti, in modo da poter calcolare l'indice L_{VA} ;
- Stazioni di tipo V per la verifica delle violazioni delle procedure antirumore: le stazioni che rientrano in questa categoria devono essere situate dove sia necessario attribuire i parametri caratteristici di un evento aeroportuale, in maniera univoca, all'aereo responsabile;
- Stazioni di tipo A per il monitoraggio del rumore ambientale: queste stazioni permettono di misurare il rumore dovuto all'insieme delle sorgenti presenti nell'area circostante e non sono pertanto dedicate alla determinazione dei parametri e degli indici descrittivi del rumore di origine aeroportuale.

Preliminarmente, a ciascuna stazione è stata attribuita una delle tipologie sopra menzionate, come riportato nella Tabella 1. Nei paragrafi successivi verrà quindi attuata una valutazione della rispondenza di ciascuna stazione alla tipologia individuata.

Stazione di monitoraggio	Tipologia
Azzano S. Paolo – Via XXIV Maggio	M
Bagnatica - Via delle Groane	M
Orio al Serio - Largo XXV Aprile	M
Bergamo – Via Colognola ai Colli	M
Bergamo - Via Linneo	M
Bergamo - Via Quasimodo	M
Seriate (Cassinone) – via Basse	M

Tabella 1: Tipologia delle centraline di misura.

Poiché nel caso dell'aeroporto di Orio al Serio non sono stati definiti limiti di rumorosità specifici per differenti categorie di velivoli, non sono state individuate stazioni di tipo V.

2.3. Identificazione delle tre settimane di massimo traffico per il 2018

Per la corretta valutazione dell'indice L_{VA} è necessario determinare (ai sensi del DM 31/10/97) le tre settimane di maggior traffico, ricavate dall'analisi dei dati forniti dalla Società di gestione aeroportuale (SACBO). La modalità di identificazione delle settimane si è articolata in tre fasi: nella prima fase sono stati acquisiti i movimenti aerei registrati dal sistema radar di ENAV e sono stati validati attraverso delle procedure specifiche di controllo per essere inseriti nel SIDAC (Sistema Informativo Dati Aeroportuali del CRISTAL); nella seconda fase sono stati conteggiati i movimenti totali per ciascuna settimana e sono state confrontate le settimane risultanti con quelle identificate da SACBO. L'identificazione delle settimane di maggior traffico da parte di SACBO si basa sui movimenti totali e non su quelli validati come da procedura ARPA. In ogni caso, le tre settimane individuate dal gestore coincidono con quelle di ARPA.

Settimana	ARPA		SACBO
	Movimenti validi	Movimenti totali	Movimenti totali
23 - 29 maggio 2018	1780	1804	1783
28 luglio - 03 agosto 2018	1988	1993	1988
01 - 07 ottobre 2018	1796	1807	1804

Tabella 2: Elenco delle tre settimane di maggior traffico calcolate da ARPA

2.4. Modalità di identificazione degli eventi sonori

Un evento viene individuato e registrato dalla stazione di misura se il livello di pressione sonora ponderato A supera continuamente una certa soglia per una determinata durata minima. Le impostazioni di soglia (in dBA) e di durata dell'evento sono scelte opportunamente per ciascuna postazione, come riportato nella Tabella 3.

Stazione di Monitoraggio	Soglia (dBA)	Durata Minima (s)
Azzano S.Paolo - Via XXIV Maggio	62	10
Bagnatica - Via delle Groane	70	7
Orio al Serio - Largo XXV Aprile	66	8
Bergamo - Via Colognola ai Colli	68	9
Bergamo - Via Linneo	68	9
Bergamo - Via Quasimodo	66	8
Seriata (Cassinone) - Via Basse	63	10

Tabella 3: impostazioni per la determinazione degli eventi del sistema di monitoraggio.

Queste impostazioni, benché ottimizzate per la postazione, possono comunque dare luogo all'identificazione di eventi che non sono di natura aeroportuale (falsi positivi). Per questo motivo i dati connessi agli "eventi sonori" individuati dal sistema di misura devono essere correlati alle operazioni aeree, utilizzando le informazioni ottenute dai tracciati radar, oppure, in assenza di questi ultimi, dai tabulati della base dati volo (BDV) fornita dall'ente gestore.

2.5. Sensibilità ai movimenti aerei

Il DM 20/05/99 specifica che le centraline di misura devono essere poste in corrispondenza delle traiettorie di decollo/atterraggio. Questa caratteristica impone, prima della collocazione delle centraline, un'accurata analisi del territorio circostante l'aeroporto e delle procedure di volo.

La corretta ubicazione delle stazioni di misura è una condizione necessaria per un'adeguata funzionalità del sistema. Il posizionamento delle centraline di tipo M in corrispondenza delle traiettorie dell'aeroporto di Bergamo - Orio al Serio è riportato nella Tabella 4, nella quale sono indicate con la lettera D le piste di decollo (D28, D10) e con la lettera A le piste di atterraggio (A10, A28).

Stazione di monitoraggio	D28			A10	A28	D10
	220	267	TZO 044/RNAV			150
Azzano S. Paolo - Via XXIV Maggio	✓	✓	✓	✓		
Bagnatica - Via delle Groane					✓	✓
Orio al Serio - Largo XXV Aprile	✓	✓	✓	✓	✓	✓
Bergamo - Via Colognola ai Colli	✓	✓	✓	✓		
Bergamo - Via Linneo	✓	✓	✓	✓		
Bergamo - Via Quasimodo	✓	✓	✓	✓		
Seriate (Cassinone) - Via Basse					✓	✓

Tabella 4: collocazione delle stazioni di misura in corrispondenza delle traiettorie

La stazione di Orio al Serio risulta essere sensibile, sebbene in percentuale ridotta, anche ad alcune operazioni su D10 e A28.

Nella tabella 5 viene invece effettuata una descrizione del sito delle stazioni M.

Stazione di monitoraggio	Descrizione
<p>Azzano S. Paolo – Via XXIV Maggio</p>	<p>La strumentazione è stata posta sul ciglio di una strada a traffico locale, in un contesto urbano misto residenziale/artigianale a bassa densità. Lo strumento è stato installato sulla cancellata di una proprietà privata ad un'altezza di circa 4 metri dal livello del suolo. Il traffico stradale di scarsa entità e la ridotta velocità dei veicoli non costituiscono un disturbo significativo alle correlazioni.</p>
<p>Bagnatica - Via delle Groane</p>	<p>Lo strumento è stato posto in un'area rurale nei pressi di una strada a traffico locale. Più precisamente il fonometro è stato installato sulla cancellata di un edificio ad un'altezza di circa 6 metri dal livello del suolo.</p>
<p>Orio al Serio – Largo XXV Aprile</p>	<p>Lo strumento è stato posto all'ultimo piano di un edificio residenziale. Il fonometro è stato installato sul balcone della mansarda (il tetto è spiovente) ad un'altezza di circa 4 metri dal livello del balcone.</p>
<p>Bergamo - Via Linneo</p>	<p>Lo strumento è posizionato all'interno del giardino di una scuola materna. Il microfono è posto ad un'altezza di circa 6 metri. Possibili disturbi potrebbero essere dati dalla presenza di un campanile nelle vicinanze e di un campo da calcio (non riscontrati durante il periodo di misura).</p>
<p>Bergamo - Via Quasimodo</p>	<p>Lo strumento è posizionato all'interno del giardino di un asilo nido. Il microfono è posto ad un'altezza di circa 6 metri. Da segnalare la presenza della circonvallazione posta ad una distanza di circa 300 metri, che influisce in modo non trascurabile sulla situazione acustica.</p>
<p>Bergamo - Via Colognola ai Colli</p>	<p>Lo strumento è posizionato nell'area di parcheggio adiacente alla casa di riposo "Anni Azzurri". Il microfono è posto ad un'altezza di circa 4 metri. Da segnalare la presenza della circonvallazione posta ad una distanza di circa 100 metri, che però non influisce in modo significativo sulla situazione acustica, in quanto si trova in trincea.</p>
<p>Seriate (Cassinone) - Via Basse</p>	<p>La strumentazione è stata posizionata sul tetto della rimessa autoveicoli dell'abitazione privata in esame, su superficie piana, omogenea e riflettente, ad un'altezza di circa tre metri dalla superficie del tetto stesso, in campo libero. La posizione è stata scelta altresì per minimizzare i contributi acustici dovuti, alle attività commerciali/industriali presenti in zona e al traffico veicolare delle vie limitrofe.</p>

Tabella 5: descrizione della posizione delle stazioni di misura di tipo M.

3. VERIFICA DELLE STAZIONI DI MISURA

Nel presente paragrafo viene esaminata, per ciascuna postazione di misura di tipo M, la rispondenza alle caratteristiche indicate nella Tabella 2 delle linee guida (DGR 808/2005). In alcuni casi le informazioni sono contenute in paragrafi successivi, ai quali si rimanda per l'esame di dettaglio.

3.1. Compatibilità delle caratteristiche

Nelle pagine seguenti è presentata la rispondenza alle caratteristiche previste dalla normativa vigente, in particolare la già citata DGR 808/2005 della Regione Lombardia, per ciascuna stazione di misura di tipo "M". Tale analisi è stata eseguita per le centraline funzionanti nelle 3 settimane a maggior traffico riportate nella Tabella 2.

AZZANO -VIA XXIV MAGGIO

Tematica	Sottotematica	Tipologia di stazione
		M
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e <u>tutte</u> 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
UBICAZIONE	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); (70,9 dB(A)- NO)
	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); (74,6 dB(A) – SI)
	Caratteristiche del microfono:	>30 mV/Pa
	Caratteristiche del fonometro secondo la norma CEI_UNI 61672	Classe 1
CARATTERISTICHE	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
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
	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
CALIBRAZIONI	Specificare quali parametri sono producibili per le calibrazioni	Data e ora, 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	24 h – 03:38
	Specificare la durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	18"
	Specificare la cadenza delle verifiche manuali	Vedi Tabella 9

BAGNATICA -VIA DELLE GROANE		
Tematica	Sottotematica	Tipologia di stazione
		M
	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e <u>tutte</u> 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
UBICAZIONE	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); (78,0 dB(A)- NO)
	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); (83,1 dB(A) – SI)
CARATTERISTICHE	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
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
CALIBRAZIONI	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 e ora, 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	24 h – 03:17
	Specificare la durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	18"
	Specificare la cadenza delle verifiche manuali	Vedi Tabella 9

ORIO AL SERIO - LARGO XXV APRILE		
Tematica	Sottotematica	Tipologia di stazione
		M
UBICAZIONE	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e <u>tutte</u> le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Indicare la distanza e l'altezza dell'edificio più alto	Il microfono è su un palo che si trova sul balcone del terzo piano di un edificio (a livello del tetto)
	la superficie su cui è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	Parzialmente
	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); (75,3 dB(A)- NO)
	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); (78,7 dB(A)- Si)
CARATTERISTICHE	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
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
CALIBRAZIONI	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 e ora, 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	24 h – 03:20
	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

BERGAMO – VIA COLOGNOLA AI COLLI		
Tematica	Sottotematica	Tipologia di stazione
		M
UBICAZIONE	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e <u>tutte</u> le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Indicare la distanza e l'altezza dell'edificio più alto	A distanza di circa 15 m dal microfono c'è un edificio a tre piani fuori terra
	la superficie su cui è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	Parzialmente
	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); (77,4 dB(A)- NO)
	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); (81,8 dB(A)- Si)
CARATTERISTICHE	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
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
CALIBRAZIONI	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 e ora, 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	24 h – 03:10
	Specificare la durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	18"
	Specificare la cadenza delle verifiche manuali	Vedi Tabella 9

BERGAMO – VIA LINNEO

Tematica	Sottotematica	Tipologia di stazione
		M
UBICAZIONE	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e <u>tutte</u> le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Indicare la distanza e l'altezza dell'edificio più alto	A distanza di circa 30 m dal microfono a Sud e ad Est edifici a quattro piani fuori terra
	la superficie su cui è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	Parzialmente
	Statistica del $L_{AF,Max}$ degli eventi sonori non correlati con operazioni aeree	La mediana dei valori di $L_{AF,Max}$ 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); (76,5 dB(A)- NO)
	Statistica del $L_{AF,Max}$ degli eventi sonori correlati con operazioni aeree	La mediana dei valori di $L_{AF,Max}$ 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); (82,2 dB(A)- Sì)
CARATTERISTICHE	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
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
CALIBRAZIONI	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 e ora, 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	24 h – 03:10
	Specificare la durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	18"
	Specificare la cadenza delle verifiche manuali	Vedi Tabella 9

BERGAMO – VIA QUASIMODO

Tematica	Sottotematica	Tipologia di stazione
		M
UBICAZIONE	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e <u>tutte</u> le traiettorie effettive percorse dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Indicare la distanza e l'altezza dell'edificio più alto	A distanza di circa 15 m dal microfono c'è un edificio a quattro piani fuori terra
	la superficie su cui è posizionato il microfono è acusticamente riflettente	Parzialmente
	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); (73,4 dB(A)- NO)
	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); (84,3 dB(A)- Si)
CARATTERISTICHE	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
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
CALIBRAZIONI	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 e ora, 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	24 h – 03:11
	Specificare la durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	18"
	Specificare la cadenza delle verifiche manuali	Vedi Tabella 9

SERIATE – VIA BASSE (Cassinone)

Tematica	Sottotematica	Tipologia di stazione
		M
UBICAZIONE	Tra il microfono e la traiettoria nominale percorsa dagli aerei ci sono ostacoli	No
	Tra il microfono e <u>tutte</u> 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	Parzialmente
	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); (68,6 dB(A)- NO)
	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); (84,8 dB(A)- Sì)
CARATTERISTICHE	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
COMUNICAZIONE	Le unità periferiche hanno autonomia di	Non valutabile
INDIVIDUAZIONE DEGLI EVENTI	Descrizione della procedura di riconoscimento dell'evento sonoro	Almeno soglia e durata
CALIBRAZIONI	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 e ora, 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	24 h – 03:11/ 03:22
	Specificare la durata media della mancanza di acquisizione dei dati acustici per ciclo di verifica	16"
Specificare la cadenza delle verifiche manuali	Vedi Tabella 9	

3.2. Calibrazione e certificazione SIT

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

Nome centralina	Strumenti	Certificato
Azzano S.Paolo Via XXIV Maggio	Fonometro Thor 7792 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.130619	Certificato di taratura n. 39776-A del centro LAT n.68 del 07/09/17
Bagnatica Via delle Groane	Fonometro Thor 7785 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.73776	Certificato di taratura n. 39015-A del centro LAT n.68 del 07/04/17
Orio al Serio Largo XXV Aprile	Fonometro Thor 7786 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.37286	Certificato di taratura n. 39245-A del centro LAT n.68 del 16/05/17
Bergamo Via Colognola ai Colli	Fonometro Thor 7789 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.50227	Certificato di taratura n. 40168-A del centro LAT n.68 del 13/11/17
Bergamo Via Quasimodo	Fonometro Symphonie CH.1,01dB, n.5411 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.50278	Certificato di taratura n.37381-A del centro LAT n.68 del 22/04/16
	Fonometro Thor 7788	Certificato del costruttore del 07/05/16
	Fonometro Thor 7788 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.50278	Certificato di taratura n.40888-A del centro LAT n.68 del 22/03/18
	Fonometro 824, L&D, n.4190 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.130577	Certificato di taratura n.39244-A del centro LAT 068 del 16/05/17.
Bergamo Via Linneo	Fonometro Symphonie CH.1, 01dB, n.5372 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.50219	Certificato di taratura n.37382-A del centro LAT n.68 del 22/04/16
	Fonometro Thor 7787	Certificato del costruttore del 07/05/16

	Fonometro Thor 7787 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.50278	Certificato di taratura n.41041-A del centro LAT n.68 del 13/04/18
	Fonometro 824, L&D, n.4190 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.130577	Certificato di taratura n.39244-A del centro LAT 068 del 16/05/17.
Seriata (Cassinone) Via Basse	Fonometro Symphonie CH.1, 01dB, n.5360 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.50254	Certificato di taratura n.37815-A del centro LAT 068 del 14/07/16.
	Fonometro Thor 7790	Certificato del costruttore del 07/05/16
	Fonometro Thor 7790 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.50254	Certificato di taratura n.41757-A del centro LAT n.68 del 17/07/18
	Fonometro 824, L&D, n.4238 Microfono 41AS, G.R.A.S., n.73690	Certificato di taratura n.38310-A del centro LAT 068 del 12/11/16.

Tabella 6: Certificazioni per le stazioni di tipo M.

Nel caso in cui in tabella vengano elencate diverse catene di misura per una stessa centralina, ciò significa che la taratura del sistema di misura installato scade nel corso dell'anno analizzato. In tal caso si riportano anche i certificati di taratura degli strumenti sostitutivi installati in seguito all'invio del sistema alla taratura. Nella maggior parte dei casi, viene poi reinstallata la medesima catena microfonica, di cui viene quindi riportata in tabella la data della nuova taratura. In alcuni casi la catena può essere sostituita con una diversa, cosa di cui è data comunque evidenza nella tabella.

Pertanto, tutti i sistemi di misura utilizzati nel 2018 presso le centraline della rete di monitoraggio del rumore aeroportuale dell'aeroporto di Bergamo - Orio al Serio disponevano di un certificato di taratura conforme alla vigente normativa.

3.3. Eventi correlati rispetto al numero di movimenti

Nel paragrafo 4.4 delle linee guida (DGR 808/2005) vengono riportati i criteri di determinazione del numero delle stazioni di misura di tipo M da installare in modo da consentire un'efficiente correlazione tra eventi rumorosi e tutte le traiettorie che interessano lo scalo aeroportuale.

Come verifica della localizzazione e delle operazioni di correlazione viene suggerita l'applicazione delle seguenti disuguaglianze, rispettivamente per decolli e 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* 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.

Questa procedura consente di verificare che il numero di correlazioni effettuate (a sinistra della disuguaglianza) non sia superiore al numero costituito dalla combinazione di tutti i sorvoli su tutte le stazioni di misura (a destra della disuguaglianza).

In condizioni ideali, a ciascun movimento aereo che avviene lungo una determinata traiettoria (SIDi o RWYj) corrisponde una serie di eventi acustici rilevati dalle stazioni di misura che sono sensibili a quella traiettoria. Conseguentemente, tutti – e soli – questi eventi potranno essere correlati alle operazioni aeree.

Nel caso reale, tuttavia, possono verificarsi condizioni tali per cui un aereo non provochi eventi rumorosi su una (o più) stazioni sensibili; di conseguenza non sarà possibile ottenere un numero di eventi rumorosi correlati (N_{EC}) pari al numero di eventi ideali né tanto meno superiore al numero di tutti i sorvoli su tutte le stazioni di misura.

Le disuguaglianze potrebbero non essere più verificate qualora la procedura di correlazione dovesse correlare uno stesso evento a più operazioni aeree, determinando quindi un'inconsistenza tra operazioni aeree ed eventi correlati. Inoltre, se in una o più stazioni di

* Per stazione sensibile si intende una stazione la cui localizzazione e configurazione è tale da consentire la rilevazione del movimento aereo come evento rumoroso.

misura vengono rilevati eventi rumorosi dovuti ad altre sorgenti, la violazione della disuguaglianza implica che eventi non aeronautici sono stati correlati con operazioni aeree. Come si può osservare dall'esame della Tabella 7, il numero di eventi correlati è complessivamente inferiore al numero delle correlazioni possibili, il che indica che le operazioni di correlazione sono efficaci. Per quanto riguarda gli atterraggi, si noti che il numero di eventi correlati è più basso rispetto a quello dei decolli, ma in crescita rispetto agli anni precedenti; ciò è dovuto al fatto che il numero di atterraggi su pista 10 è aumentato e le centraline sensibili a queste operazioni sono cinque, cioè tutte quelle ad ovest dell'aeroporto, più la stazione di Orio al Serio.

Settimana	Decolli		Atterraggi	
	$N_{EC}(D)$	$N_D \Sigma$ $N_{OP}(D, SID_i)$	$N_{EC}(A)$	$N_A \Sigma$ $N_{OP}(A, RWY_j)$
23 - 29 maggio 2018	3213	11340	2413	6072
28 luglio - 03 agosto 2018	3535	12615	2658	6624
01 - 07 ottobre 2018	3341	11625	2468	6256
Totale settimane	10089	35580	7539	18952

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

3.4. Statistica degli eventi sonori

La statistica dei livelli $L_{AF,Max}$ degli eventi sonori consente di identificare se le distribuzioni dei due macro-gruppi di eventi, correlati e non correlati, siano in qualche modo confondibili.

Nella Tabella 8 viene mostrato il confronto tra il 95° percentile della distribuzione degli eventi che non sono stati correlati con un'operazione aerea e il 5° percentile della distribuzione degli eventi correlati, per le settimane a maggior traffico individuate.

Stazione	$L_{AF, Max, NC, 95} = 95^{\circ}$ non correlati (dBA)	$L_{AF, Max, C, 5} = 5^{\circ}$ correlati (dBA)	$N_{NC, 95}$ per cui $L_{AF, Max} > L_{AF, Max, NC, 95}$	$N_{C, 5}$ per cui $L_{AF, Max} > L_{AF, Max, C, 5}$	Percentuale di confondimento
Azzano - Via XXIV Maggio	78,8	69,0	4	1441	0,0028
Bagnatica - Via delle Groane	86,8	78,5	2	1904	0,0011
Orio al Serio - Largo XXV Aprile	82,1	73,1	4	1546	0,0026
Bergamo - Via Colognola ai Colli	86,7	76,5	4	1415	0,0028
Bergamo - Via Linneo	82,6	77,4	3	1342	0,0022
Bergamo - Via Quasimodo	84,9	73,6	2	1453	0,0014
Seriate (Cassinone) - Via Basse	88,0	80,5	4	2072	0,0019

Tabella 8: confronto delle distribuzioni di $L_{AF,Max}$ degli eventi correlati e degli eventi "falsi positivi"

La percentuale di confondimento, ottenuta dal rapporto tra il numero di falsi positivi tali per cui il valore di $L_{AF,Max}$ è superiore al 95° percentile e il numero di eventi correlati il cui valore di $L_{AF,Max}$ è superiore al 5° percentile dà un'indicazione sulla validità dell'associazione o meno degli eventi alle operazioni aeroportuali. Dall'analisi dei livelli massimi misurati (Tabella 8) si può valutare la possibilità di confondere i falsi positivi, ottenendo una correlazione con eventi non aeronautici. La frequenza assoluta degli eventi non correlati superiori al 95° percentile, soprattutto se rapportata alla frequenza degli eventi correlati superiori al 5° percentile, rende tale possibilità piuttosto remota.

3.5. 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 dell'effettivo funzionamento delle stazioni nell'anno 2018. Si osserva che viene raggiunto il valore minimo accettabile delle ore di funzionamento previsto dalle linee guida (98% del totale annuo) per tutte le stazioni di monitoraggio. Si osserva altresì che la frequenza minima delle calibrazioni manuali, indicata dalle linee guida (almeno ogni 90 giorni) viene sempre rispettata, in quanto le calibrazioni vengono effettuate con cadenza mensile. Come già indicato, per quanto riguarda la centralina di Bergamo-Via Colognola ai Colli, le percentuali di funzionamento sono calcolate a partire dal 9 marzo 2018.

Stazione	Calibrazione	Funzionamento (ore)	Funzionamento %
Azzano – Via XXIV Maggio	30/01/2018	8735,8	99,7
	28/02/2018		
	28/03/2018		
	24/04/2018		
	29/05/2018		
	28/06/2018		
	31/07/2018		
	30/08/2018		
	25/09/2018		
	30/10/2018		
	29/11/2018		
	18/12/2018		
Bagnatica - Via delle Groane	30/01/2018	8697,6	99,3
	28/02/2018		
	28/03/2018		
	24/04/2018		
	29/05/2018		
	28/06/2018		
	31/07/2018		
	30/08/2018		
	25/09/2018		
	30/10/2018		
	29/11/2018		
	18/12/2018		
Orio al Serio - Largo XXV Aprile	30/01/2018	8655,8	98,8
	28/02/2018		
	28/03/2018		
	24/04/2018		
	29/05/2018		
	28/06/2018		
	31/07/2018		
	30/08/2018		
	25/09/2018		
	30/10/2018		
	29/11/2018		
	18/12/2018		

Stazione	Calibrazione	Funzionamento (ore)	Funzionamento %
Bergamo - Via Colognola ai Colli	28/03/2018	7152,0	100,0
	24/04/2018		
	29/05/2018		
	28/06/2018		
	31/07/2018		
	30/08/2018		
	25/09/2018		
	30/10/2018		
	29/11/2018		
	18/12/2018		
Bergamo - Via Linneo	30/01/2018	8755,4	99,9
	28/02/2018		
	28/03/2018		
	24/04/2018		
	29/05/2018		
	28/06/2018		
	31/07/2018		
	30/08/2018		
	25/09/2018		
	30/10/2018		
	29/11/2018		
	18/12/2018		
Bergamo - Via Quasimodo	30/01/2018	8754,3	99,9
	28/02/2018		
	28/03/2018		
	24/04/2018		
	29/05/2018		
	28/06/2018		
	31/07/2018		
	30/08/2018		
	25/09/2018		
	30/10/2018		
	29/11/2018		
	18/12/2018		
Seriate (Cassinone) - Via Basse	30/01/2018	8699,0	99,3
	28/02/2018		
	28/03/2018		
	24/04/2018		
	29/05/2018		
	28/06/2018		
	31/07/2018		
	30/08/2018		
	25/09/2018		
	30/10/2018		
	29/11/2018		
	18/12/2018		

Tabella 9: Calibrazioni manuali e funzionamento in ore per le stazioni di tipo M.

Tra gli interventi straordinari eseguiti presso i punti di misura, la società di gestione ha segnalato:

Stazione di misura	Data		Intervento straordinario (descrizione SACBO)
Azzano – Via XXIV Maggio	10/01/2018	11/01/2018	PWR Down
Bagnatica – Via Groane	15/05/2018	17/05/2018	PC Burn
Orio al Serio - Largo XXV Aprile	17/05/2018	18/05/2018	Thunderstorm - PWR Down
	21/07/2018	24/07/2018	PWR Down
Seriata (Cassinone) – Via Basse	09/05/2018	11/05/2018	Thunderstorm – PC Burn

Tabella 10: Interruzioni delle rilevazioni presso i punti di misura.

Come si evidenzia in tabella, nessuna di queste interruzioni ricade all'interno delle tre settimane di maggior traffico.

3.6. Valutazione delle correlazioni

Oltre alla percentuale di correlazione espressa in termini di eventi, è necessario considerare la percentuale di operazioni aeree che risultano correlate (N_c) rispetto al totale delle operazioni aeree (N).

Secondo quanto ottenuto dalle analisi di correlazione effettuate da ARPA a partire dai dati grezzi dei rilievi fonometrici della rete SACBO, si ha una percentuale N_c/N pari a 99,5%.

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}). In questo modo è possibile valutare l'eventuale influenza di falsi positivi sui dati di LVA_j che concorrono alla determinazione del parametro LVA. Nelle Tabelle seguenti sono riportati i valori ottenuti dalle analisi di correlazione ARPA a partire dai dati grezzi e dai movimenti desunti dalle tracce radar.

Le differenze tra i due valori di LVA_j sono molto contenute e in genere non superano gli 0,4 dBA. Nel caso della centralina di Bagnatica - Via delle Groane, i dati non sono disponibili per due giorni a causa di disturbi acustici locali, presumibilmente legati a lavori nei campi circostanti, che non hanno permesso di individuare i sorvoli. Tali giornate sono state indicate con il simbolo (**✖**) nelle tabelle seguenti.

Azzano - Via XXIV Maggio			
Data	LVAj,c	LVAj,nc	ΔL
23/05/2018	57,6	57,6	0,0
24/05/2018	56,8	56,8	0,0
25/05/2018	57,6	57,6	0,0
26/05/2018	56,4	56,4	0,0
27/05/2018	56,0	56,4	0,4
28/05/2018	58,9	59,0	0,1
29/05/2018	60,3	60,4	0,1
28/07/2018	58,7	58,8	0,1
29/07/2018	56,1	56,1	0,0
30/07/2018	58,1	58,1	0,0
31/07/2018	57,2	57,4	0,2
01/08/2018	58,8	58,9	0,1
02/08/2018	57,9	57,9	0,0
03/08/2018	58,5	58,6	0,1
01/10/2018	58,5	58,5	0,0
02/10/2018	58,2	58,2	0,0
03/10/2018	58,0	58,1	0,1
04/10/2018	56,4	56,4	0,0
05/10/2018	58,2	58,2	0,0
06/10/2018	58,1	58,5	0,4
07/10/2018	57,4	57,4	0,0

Bagnatica - Via delle Groane			
Data	LVAj,c	LVAj,nc	ΔL
23/05/2018	68,9	68,9	0,0
24/05/2018	68,6	68,9	0,3
25/05/2018	68,1	68,2	0,1
26/05/2018	66,1	66,1	0,0
27/05/2018	66,2	66,3	0,1
28/05/2018	67,0	67,1	0,1
29/05/2018	67,5	67,9	0,4
28/07/2018	67,5	67,5	0,0
29/07/2018	67,8	67,8	0,0
30/07/2018	x	x	x
31/07/2018	x	x	x
01/08/2018	68,0	68,1	0,1
02/08/2018	68,7	68,7	0,0
03/08/2018	69,5	69,6	0,1
01/10/2018	67,4	67,6	0,2
02/10/2018	68,3	68,3	0,0
03/10/2018	68,3	68,3	0,1
04/10/2018	68,5	68,5	0,0
05/10/2018	68,2	68,5	0,3
06/10/2018	66,9	66,9	0,0
07/10/2018	66,1	66,2	0,1

Orio al Serio - Largo XXV Aprile			
Data	LVAj,c	LVAj,nc	ΔL
23/05/2018	60,6	60,7	0,1
24/05/2018	59,5	59,8	0,3
25/05/2018	60,9	61,1	0,2
26/05/2018	59,8	59,9	0,1
27/05/2018	58,8	58,9	0,1
28/05/2018	62,6	62,6	0,0
29/05/2018	63,8	64,0	0,2
28/07/2018	60,1	60,2	0,1
29/07/2018	59,4	59,5	0,1
30/07/2018	60,5	60,6	0,1
31/07/2018	59,2	59,2	0,0
01/08/2018	61,2	61,5	0,3
02/08/2018	61,3	61,3	0,0
03/08/2018	61,8	61,8	0,0
01/10/2018	60,9	61,1	0,2
02/10/2018	61,8	61,9	0,1
03/10/2018	61,4	61,4	0,0
04/10/2018	60,2	60,3	0,1
05/10/2018	61,4	61,5	0,1
06/10/2018	61,5	61,6	0,1
07/10/2018	60,1	60,2	0,1

Bergamo - Via Colognola ai Colli			
Data	LVAj,c	LVAj,nc	ΔL
23/05/2018	62,3	62,3	0,0
24/05/2018	61,8	61,9	0,1
25/05/2018	62,6	62,8	0,2
26/05/2018	61,7	62,0	0,3
27/05/2018	61,6	61,7	0,1
28/05/2018	64,2	64,2	0,0
29/05/2018	64,4	64,6	0,2
28/07/2018	62,8	62,8	0,0
29/07/2018	62,7	62,7	0,0
30/07/2018	64,0	64,0	0,0
31/07/2018	62,6	62,6	0,0
01/08/2018	64,4	64,4	0,0
02/08/2018	64,9	65,1	0,2
03/08/2018	64,5	64,5	0,0
01/10/2018	63,8	63,9	0,1
02/10/2018	64,5	64,5	0,0
03/10/2018	63,2	63,2	0,0
04/10/2018	62,2	62,4	0,2
05/10/2018	63,2	63,3	0,1
06/10/2018	62,3	62,3	0,0
07/10/2018	62,8	62,9	0,1

Bergamo - Via Linneo			
Data	LVAj,c	LVAj,nc	ΔL
23/05/2018	62,4	62,6	0,2
24/05/2018	61,9	62,0	0,1
25/05/2018	62,5	62,6	0,1
26/05/2018	61,4	61,6	0,2
27/05/2018	62,0	62,3	0,3
28/05/2018	64,4	64,5	0,1
29/05/2018	64,4	64,7	0,3
28/07/2018	62,7	62,7	0,0
29/07/2018	62,3	62,4	0,1
30/07/2018	63,8	63,8	0,0
31/07/2018	62,2	62,3	0,1
01/08/2018	64,8	64,8	0,0
02/08/2018	65,2	65,2	0,0
03/08/2018	64,6	64,6	0,0
01/10/2018	63,7	63,7	0,0
02/10/2018	64,2	64,2	0,0
03/10/2018	63,1	63,2	0,1
04/10/2018	62,1	62,2	0,1
05/10/2018	63,1	63,2	0,1
06/10/2018	62,2	62,3	0,1
07/10/2018	62,8	63,0	0,2

Bergamo - Via Quasimodo			
Data	LVAj,c	LVAj,nc	ΔL
23/05/2018	64,2	64,3	0,1
24/05/2018	63,8	63,9	0,1
25/05/2018	64,7	64,8	0,1
26/05/2018	63,3	63,3	0,0
27/05/2018	63,0	63,0	0,0
28/05/2018	65,9	66,0	0,1
29/05/2018	66,3	66,5	0,2
28/07/2018	64,7	64,7	0,0
29/07/2018	64,0	64,0	0,0
30/07/2018	65,6	65,6	0,0
31/07/2018	63,9	63,9	0,0
01/08/2018	65,9	66,0	0,1
02/08/2018	65,9	65,9	0,0
03/08/2018	65,9	65,9	0,0
01/10/2018	65,1	65,1	0,0
02/10/2018	65,5	65,9	0,4
03/10/2018	64,6	64,6	0,0
04/10/2018	63,2	63,2	0,0
05/10/2018	64,5	64,5	0,0
06/10/2018	63,7	63,7	0,0
07/10/2018	64,3	64,3	0,0

Seriate (Cassinone) - Via Basse			
Data	LVAj,c	LVAj,nc	ΔL
23/05/2018	70,5	70,5	0,0
24/05/2018	70,2	70,5	0,3
25/05/2018	69,8	69,8	0,0
26/05/2018	68,0	68,0	0,0
27/05/2018	68,1	68,1	0,0
28/05/2018	69,0	69,0	0,0
29/05/2018	68,8	69,0	0,2
28/07/2018	69,4	69,4	0,0
29/07/2018	68,7	68,7	0,0
30/07/2018	70,3	70,3	0,0
31/07/2018	69,9	70,1	0,2
01/08/2018	69,6	69,8	0,2
02/08/2018	69,8	69,8	0,0
03/08/2018	70,1	70,3	0,2
01/10/2018	69,2	69,3	0,1
02/10/2018	69,5	69,5	0,0
03/10/2018	69,4	69,4	0,0
04/10/2018	69,9	69,9	0,0
05/10/2018	69,6	69,7	0,1
06/10/2018	67,9	68,0	0,1
07/10/2018	66,4	66,4	0,0

3.7. Validazione del dato di LVA 2018

I dati grezzi delle misure fonometriche delle centraline della rete di monitoraggio del rumore aeroportuale sono stati rielaborati con due diversi programmi al fine di ottenere il riconoscimento degli eventi (SARA per SACBO e NOISEWORK per ARPA).

In seguito al riconoscimento degli eventi sono state fatte le correlazioni con gli eventi aeronautici documentati dalle tracce radar.

Nelle Tabelle successive sono riportati i valori di L_{VAj} per ogni giorno delle tre settimane di maggior traffico individuate, calcolati attraverso le correlazioni eseguite indipendentemente dalla società di gestione SACBO e da ARPA. La differenza ΔL si riferisce al dato calcolato da SACBO a cui viene sottratto quello di ARPA.

Sono stati indicati con il simbolo (**✖**) i giorni in cui i dati sono stati persi a causa di disturbi che non hanno permesso di individuare i sorvoli.

In generale si riscontra un'ottima concordanza dei valori calcolati, con differenze tipicamente comprese entro $\pm 0,2$ dB e con valori massimi pari a $\pm 0,4$ dB, e pertanto ampiamente entro l'incertezza strumentale prevista dalla norma tecnica UNI/TR 11326 del 2009, che associa agli strumenti di classe 1 un valore di incertezza che può arrivare fino a 0,45 dB; sia la strumentazione di ARPA che quella di SACBO sono quindi soggette a tale valore di incertezza, ne consegue che può essere tollerata una differenza fino a 0,9 dB tra le centraline.

Azzano – Via XXIV Maggio			
Data	LVAj (ARPA)	LVAj (SACBO)	ΔL
23/05/2018	57,6	57,6	0,0
24/05/2018	56,8	56,8	0,0
25/05/2018	57,6	57,7	0,1
26/05/2018	56,4	56,4	0,0
27/05/2018	56,0	55,6	-0,4
28/05/2018	58,9	58,9	0,0
29/05/2018	60,3	60,3	0,0
28/07/2018	58,7	58,8	0,1
29/07/2018	56,1	56,2	0,1
30/07/2018	58,1	58,2	0,1
31/07/2018	57,2	57,2	0,0
01/08/2018	58,8	59,0	0,2
02/08/2018	57,9	57,9	0,0
03/08/2018	58,5	58,5	0,0
01/10/2018	58,5	58,6	0,1
02/10/2018	58,2	58,2	0,0
03/10/2018	58,0	58,0	0,0
04/10/2018	56,4	56,4	0,0
05/10/2018	58,2	58,2	0,0
06/10/2018	58,1	57,9	-0,2
07/10/2018	57,4	57,4	0,0

Bagnatica - Via delle Groane			
Data	LVAj (ARPA)	LVAj (SACBO)	ΔL
23/05/2018	68,9	68,9	0,0
24/05/2018	68,6	68,9	0,3
25/05/2018	68,1	68,1	0,0
26/05/2018	66,1	66,1	0,0
27/05/2018	66,2	66,2	0,0
28/05/2018	67,0	67,0	0,0
29/05/2018	67,5	67,9	0,4
28/07/2018	67,5	67,5	0,0
29/07/2018	67,8	67,8	0,0
30/07/2018	✘	✘	✘
31/07/2018	✘	✘	✘
01/08/2018	68,0	68,0	0,0
02/08/2018	68,7	68,7	0,0
03/08/2018	69,5	69,6	0,1
01/10/2018	67,4	67,6	0,2
02/10/2018	68,3	68,3	0,0
03/10/2018	68,3	68,4	0,1
04/10/2018	68,5	68,5	0,0
05/10/2018	68,2	68,5	0,3
06/10/2018	66,9	66,9	0,0
07/10/2018	66,1	66,1	0,0

Orio al Serio - Largo XXV Aprile			
Data	LVAj (ARPA)	LVAj (SACBO)	ΔL
23/05/2018	60,6	60,6	0,0
24/05/2018	59,5	59,5	0,0
25/05/2018	60,9	61,0	0,2
26/05/2018	59,8	59,8	0,0
27/05/2018	58,8	58,7	-0,1
28/05/2018	62,6	62,5	-0,1
29/05/2018	63,8	63,8	0,0
28/07/2018	60,1	60,2	0,1
29/07/2018	59,4	59,4	0,0
30/07/2018	60,5	60,6	0,1
31/07/2018	59,2	59,2	0,0
01/08/2018	61,2	61,0	-0,2
02/08/2018	61,3	61,4	0,1
03/08/2018	61,8	61,8	0,0
01/10/2018	60,9	61,1	0,2
02/10/2018	61,8	61,9	0,1
03/10/2018	61,4	61,5	0,1
04/10/2018	60,2	60,2	0,0
05/10/2018	61,4	61,5	0,1
06/10/2018	61,5	61,5	0,0
07/10/2018	60,1	60,2	0,1

Bergamo - Via Colognola ai Colli			
Data	LVAj (ARPA)	LVAj (SACBO)	ΔL
23/05/2018	62,3	62,3	0,0
24/05/2018	61,8	61,9	0,1
25/05/2018	62,6	62,7	0,1
26/05/2018	61,7	61,5	-0,2
27/05/2018	61,6	61,6	0,0
28/05/2018	64,2	64,2	0,0
29/05/2018	64,4	64,4	0,0
28/07/2018	62,8	62,8	0,0
29/07/2018	62,7	62,7	0,0
30/07/2018	64,0	64,0	0,1
31/07/2018	62,6	62,2	-0,4
01/08/2018	64,4	64,4	0,0
02/08/2018	64,9	64,8	-0,1
03/08/2018	64,5	64,5	0,0
01/10/2018	63,8	63,8	0,0
02/10/2018	64,5	64,5	0,0
03/10/2018	63,2	63,2	0,0
04/10/2018	62,2	62,3	0,1
05/10/2018	63,2	63,2	0,0
06/10/2018	62,3	62,3	0,0
07/10/2018	62,8	62,8	0,0

Bergamo - Via Linneo			
Data	L_{VAj} (ARPA)	L_{VAj} (SACBO)	ΔL
23/05/2018	62,4	62,4	0,0
24/05/2018	61,9	61,9	0,0
25/05/2018	62,5	62,6	0,1
26/05/2018	61,4	61,4	0,0
27/05/2018	62,0	62,0	0,0
28/05/2018	64,4	64,5	0,1
29/05/2018	64,4	64,4	0,0
28/07/2018	62,7	62,8	0,1
29/07/2018	62,3	62,4	0,1
30/07/2018	63,8	63,8	0,0
31/07/2018	62,2	62,2	0,0
01/08/2018	64,8	64,8	0,0
02/08/2018	65,2	65,2	0,0
03/08/2018	64,6	64,6	0,0
01/10/2018	63,7	63,7	0,0
02/10/2018	64,2	64,2	0,0
03/10/2018	63,1	63,2	0,1
04/10/2018	62,1	62,1	0,0
05/10/2018	63,1	63,0	-0,1
06/10/2018	62,2	62,1	-0,1
07/10/2018	62,8	62,8	0,0

Bergamo - Via Quasimodo			
Data	L_{VAj} (ARPA)	L_{VAj} (SACBO)	ΔL
23/05/2018	64,2	64,2	0,0
24/05/2018	63,8	63,9	0,1
25/05/2018	64,7	64,8	0,1
26/05/2018	63,3	63,4	0,1
27/05/2018	63,0	63,0	0,0
28/05/2018	65,9	65,9	0,0
29/05/2018	66,3	66,4	0,1
28/07/2018	64,7	64,7	0,0
29/07/2018	64,0	64,0	0,0
30/07/2018	65,6	65,6	0,0
31/07/2018	63,9	63,9	0,0
01/08/2018	65,9	66,0	0,1
02/08/2018	65,9	65,9	0,0
03/08/2018	65,9	65,9	0,0
01/10/2018	65,1	65,1	0,0
02/10/2018	65,5	65,5	0,0
03/10/2018	64,6	64,6	0,0
04/10/2018	63,2	63,2	0,0
05/10/2018	64,5	64,5	0,0
06/10/2018	63,7	63,7	0,0
07/10/2018	64,3	64,3	0,0

Seriato (Cassinone) - Via Basse			
Data	L_{vaj} (ARPA)	L_{vaj} (SACBO)	ΔL
23/05/2018	70,5	70,5	0,0
24/05/2018	70,2	70,5	0,3
25/05/2018	69,8	69,8	0,0
26/05/2018	68,0	68,0	0,0
27/05/2018	68,1	68,1	0,0
28/05/2018	69,0	69,0	0,0
29/05/2018	68,8	69,0	0,2
28/07/2018	69,4	69,4	0,0
29/07/2018	68,7	68,7	0,0
30/07/2018	70,3	70,3	0,0
31/07/2018	69,9	70,1	0,2
01/08/2018	69,6	69,8	0,2
02/08/2018	69,8	69,8	0,0
03/08/2018	70,1	70,3	0,2
01/10/2018	69,2	69,3	0,1
02/10/2018	69,5	69,5	0,0
03/10/2018	69,4	69,4	0,0
04/10/2018	69,9	70,0	0,1
05/10/2018	69,6	69,9	0,3
06/10/2018	67,9	67,9	0,0
07/10/2018	66,4	66,4	0,0

Nella seguente tabella vengono riportati i valori di LVA per tutte le centraline della rete di monitoraggio. Il valore del Livello di Valutazione Aeroportuale per la centralina di Bagnatica – Via delle Groane è affetto da una maggiore incertezza, a causa del fatto che per due giorni consecutivi si sono verificati dei disturbi che non rendono utilizzabili i dati. Secondo le linee Guida D.G.R. 808/2005, infatti, possono essere integrati nel calcolo dell'LVA solo due giorni assenti non consecutivi, all'interno della stessa settimana. Il valore dell'indicatore è stato ugualmente calcolato, in quanto rappresentativo del rumore di origine aeroportuale presso quel sito di misura.

Settimane a maggior traffico	Stazione di misura	(ARPA)		(SACBO)	
		LVA (dBA)	N	LVA (dBA)	N
23-29/05/2018 28/07-03/08/2018 01-07/10/2018	Azzano – Via XXIV Maggio	58,0	21	58,0	21
	Bagnatica - Via delle Groane	68,0^(*)	19	68,0^(*)	19
	Orio al Serio - Largo XXV Aprile	61,0	21	61,0	21
	Bergamo – Via Colognola ai Colli	63,5	21	63,5	21
	Bergamo - Via Linneo	63,5	21	63,5	21
	Bergamo - Via Quasimodo	65,0	21	65,0	21
	Seriate (Cassinone) - Via Basse	69,5	21	69,5	21

Tabella 11: calcolo dell'indice LVA per l'anno 2018 (dati approssimati a 0,5 dBA).

Dall'analisi dei risultati si rileva un'ottima concordanza tra i valori di LVA calcolati da ARPA e dalla Società di Gestione dell'aeroporto.

^(*) LVA calcolato sostituendo due giorni consecutivi

4. CONCLUSIONI

La verifica eseguita permette di affermare che il sistema di monitoraggio dell'aeroporto di Orio al Serio è in grado di rilevare la rumorosità dovuta alla movimentazione dello scalo, sia per le fasi di decollo che per quelle di atterraggio.

Nella seguente tabella vengono riassunte le principali caratteristiche delle centraline M, ritenute idonee alla misura del rumore di origine aeronautico per l'aeroporto di Orio al Serio.

STAZIONE DI MONITORAGGIO	Tipologia proposta	Possibilità di calcolo L_{VA}	Caratteristiche funzionamento	Caratteristiche posizione
Azzano – Via XXIV Maggio	M	SÌ	SÌ	SÌ
Bagnatica - Via delle Groane	M	NO	Sì	SÌ
Orio al Serio - Largo XXV Aprile	M	SÌ	Sì	SÌ
Bergamo – Via Colognola ai Colli	M	SÌ	Sì	SÌ
Bergamo - Via Linneo	M	SÌ	Sì	SÌ
Bergamo - Via Quasimodo	M	SÌ	Sì	SÌ
Seriata (Cassinone) - Via Basse	M	SÌ	Sì	SÌ

Per tutte le 7 centraline di tipo M le caratteristiche di ubicazione delle stazioni di monitoraggio risultano idonee ai fini delle correlazioni e quindi conformi alle Linee Guida DGR 808/2005.

Per quanto riguarda il calcolo dell'indice LVA sei centraline su sette presentano dati validi per tutti i 21 giorni delle settimane a maggior traffico. La centralina Bagnatica-Via delle Groane non presenta dati validi per i giorni 30 e 31 luglio. Per questa centralina, secondo quanto riportato nelle linee guida D.G.R. 808/2005, il calcolo dell'LVA non è possibile, in quanto può essere tollerata la mancanza dei dati relativi a due giorni, ma non consecutivi. Il calcolo dell'indice LVA è stato comunque effettuato sostituendo ai due giorni mancanti la media logaritmica degli LVA_j dei cinque giorni validi. Va comunque detto, che questo inconveniente è di natura casuale, in quanto generalmente la centralina non è soggetta a disturbi e la sua posizione è da considerarsi adeguata a identificare il rumore aeroportuale.

Formalmente il calcolo non può essere considerato valido, ma si può comunque affermare che il valore fornito in Tabella 11 sia ugualmente rappresentativo del rumore aeroportuale in quella posizione. In generale comunque si conferma un elevato grado di efficienza del sistema di monitoraggio dell'Aeroporto di Bergamo - Orio al Serio per l'anno 2018.