

ARPA Lombardia – Settore Aria e Agenti Fisici

Rapporto tecnico

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

Sistema di Montichiari 2018

VBS-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.	Modalità di identificazione degli eventi sonori	6
3.	VERIFICA DELLE STAZIONI DI MISURA.....	6
3.1.	Calibrazione e certificazione LAT	6
3.2.	Identificazione delle settimane a maggior traffico per il 2018	7
3.3.	Calcolo indice LVA	7
4.	MISURE SIMULTANEE.....	9
5.	CONCLUSIONI	12
6.	APPENDICE	12

1. INTRODUZIONE

Il presente rapporto riguarda la verifica di conformità per il sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale dell'aeroporto di Brescia-Montichiari per l'anno 2018.

Le verifiche sono state effettuate sulle centraline di "tipo M", seguendo le indicazioni contenute nelle linee guida regionali di cui alla DGR 808/2005.

Per l'aeroporto di Montichiari, nel 2018, non erano disponibili dati relativi ai tracciati radar. Per sopperire a tale mancanza, è stata richiesta al gestore la Base Dati Volo integrata con le informazioni relative alla pista e alla rotta utilizzata.

2. IL MONITORAGGIO DEL RUMORE

2.1. Componenti del sistema di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio relativo all'aeroporto di Montichiari per l'anno 2018 è costituito da due stazioni di misura posizionate in corrispondenza delle traiettorie di decollo e di atterraggio.

La Figura 1 costituisce una panoramica generale del sistema di monitoraggio.



Figura 1: stazioni della rete di monitoraggio – aeroporto di Montichiari

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: 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: stazioni 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: stazioni che permettono di misurare il rumore dovuto all'insieme delle sorgenti presenti nell'area circostante e che non sono pertanto utili 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. La stazione LIPO-01 è situata in prossimità

della testata pista 14, all'interno del sedime aeroportuale, pertanto non può essere qualificata come "tipo M". La centralina di "Contrada della nonna" invece si trova presso l'abitazione di un privato in via Contrada della Nonna nel comune di Montichiari, a circa 1000 m dalla testata della pista 32. Questa centralina è interessata dai decolli da pista 14 e dagli atterraggi su pista 32.

STAZIONE DI MONITORAGGIO	TIPOLOGIA
LIPO-01 Sedime Aeroportuale	A
LIPO-02 Contrada della Nonna	M

Tabella 1: Tipologia delle centraline di misura.

2.3. Modalità di identificazione degli eventi sonori

Un evento viene individuato e registrato dalla stazione di misura se il livello pressione sonora ponderato A supera continuamente una certa soglia per una determinata durata minima.

Le impostazioni di soglia (dBA) e di durata dell'evento per la centralina "tipo M" sono scelte come riportato nella Tabella 2.

STAZIONE DI MONITORAGGIO	TIPOLOGIA	SOGLIA (dBA)	DURATA MINIMA (s)
Contrada della Nonna	M	65	7

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

Queste impostazioni possono dare luogo all'identificazione di eventi che non sono di natura aeroportuale (falsi positivi). Per questo motivo i dati connessi agli "eventi sonori" devono essere correlati alle operazioni aeree, utilizzando le informazioni fornite dal Gestore dell'aeroporto.

3. VERIFICA DELLE STAZIONI DI MISURA

3.1. Calibrazione e certificazione LAT

Nella Tabella 3 sono riportati i dati essenziali dei certificati LAT della strumentazione installata presso la stazione di tipo M.

Nome centralina	Strumenti	Certificato
Contrada della Nonna	Fonometro Delta Ohm modello HD2010 s/n 15042733894, microfono MK223 s/n 152083, preamplificatore s/n 15015162	Certificato di taratura N.17001813 rilasciato dal Centro di taratura LAT n.124. Data di emissione 24/05/2017
	Fonometro Delta Ohm modello HD2010 s/n 08121141681, microfono MK223 s/n 35927, preamplificatore s/n 08036850	Certificato di taratura N.18000992 rilasciato dal Centro di taratura LAT n.124. Data di emissione 19/10/2017
	Fonometro Delta Ohm modello HD2010 s/n 08121141682, microfono MK223 s/n 35778, preamplificatore s/n 15005178	Certificato di taratura N.18000992 rilasciato dal Centro di taratura LAT n.124. Data di emissione 29/03/2018

Tabella 3: Certificazioni SIT per le stazioni di tipo M.

La catena di misura del rumore della centralina, nel corso del 2018, disponeva di certificati di taratura conformi alla vigente normativa.

3.2. Identificazione delle settimane a maggior 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. Di seguito vengono riportate le 3 settimane a maggior traffico individuate per ciascuno dei tre periodi indicati dal DM 31/10/97, che coincidono con quelle individuate dal gestore.

Settimana	Movimenti ARPA	Movimenti gestore
14 – 20 maggio 2018	264	260
05 – 11 giugno 2018	244	244
25 novembre – 01 dicembre 2018	222	222

Tabella 4: Elenco delle tre settimane di maggior traffico

3.3. Calcolo indice LVA

I dati grezzi delle misure fonometriche della centralina della rete di monitoraggio del rumore aeroportuale di tipo M sono stati rielaborati con il software NOISEWORK al fine di ottenere il riconoscimento degli eventi. In seguito, agli eventi acustici individuati sono stati correlati gli

eventi aeronautici documentati dalla BDV integrata con le informazioni della pista e della rotta percorsa. A partire dagli eventi correlati così individuati, sono stati calcolati i valori di L_{VAj} per ogni giorno delle tre settimane di maggior traffico.

Nelle Tabelle successive sono riportati i valori di L_{VAj} ottenuti ed il confronto con quelli calcolati indipendentemente dall'ente gestore. La differenza ΔL si riferisce al dato calcolato dal gestore a cui viene sottratto quello elaborato da ARPA.

In generale si riscontra una discreta corrispondenza tra i dati calcolati da ARPA e dal gestore, con una differenza superiore a 1 dB in corrispondenza di tre giornate su 21.

Montichiari – Contrada della nonna			
Data	$L_{VAj,c}$	$L_{VAj,nc}$	ΔL
14/05/2018	62,7	63,9	1,2
15/05/2018	64,8	65,6	0,8
16/05/2018	62,3	62,2	-0,1
17/05/2018	66,1	66,1	0,0
18/05/2018	60,8	61,0	0,2
19/05/2018	54,9	54,6	-0,3
20/05/2018	51,1	49,2	-1,9
05/06/2018	62,3	62,4	0,1
06/06/2018	65,2	65,2	0,0
07/06/2018	64,7	64,6	-0,1
08/06/2018	55,7	56,8	1,1
09/06/2018	50,2	49,6	-0,6
10/06/2018	43,2	43,2	0,0
11/06/2018	61,2	61,9	0,7
25/11/2018	50,6	50,5	-0,1
26/11/2018	61,0	62,0	1,0
27/11/2018	65,8	66,1	0,3
28/11/2018	64,0	65,0	1,0
29/11/2018	64,9	65,7	0,8
30/11/2018	60,4	59,8	-0,6
01/12/2018	52,0	52,0	0,0
LVA 2018	62,1	62,5	0,4
LVA (arrot.)	62,0	62,5	0,5

Tabella 5: L_{VAj} tre settimane e LVA per l'anno 2018

4. MISURE SIMULTANEE

Il 18 Dicembre 2018 sono state eseguite, da parte di ARPA, misure in modalità assistita presso la postazione di misura (M) di "Contrada della nonna", come verifica del buon funzionamento del sistema di misura della rete.

La strumentazione utilizzata da ARPA e gli estremi della relativa certificazione sono riportati in Tabella 6.

Strumento	Certificazione
SoundBook (SINUS GmbH) n.06235 Microfono M201 (BSWA) n.460219 Preamplificatore 26 AJ (G.R.A.S.) n. 13904	Certificato di taratura N.41485-A rilasciato dal Centro di taratura LAT n.068. Data di emissione 14/06/2018

Tabella 6: Certificazioni LAT per la strumentazione ARPA.

Il microfono di ARPA è stato posizionato, alla minima distanza possibile da quello del Gestore in modo tale che le condizioni di misura dei due strumenti fossero pressoché identiche.

Per quanto riguarda l'individuazione degli eventi di origine aeronautica a partire dai dati fonometrici rilevati da ARPA, sono stati utilizzati gli stessi valori di soglia e durata impostati per le centraline fisse della Valerio Catullo S.p.A. (Tabella 2). Nel periodo di misura non ci sono stati sorvoli e nessun evento è stato rilevato.

Nella figura seguente viene riportato il confronto tra le Time History di ARPA e del Gestore. Dall'analisi dei grafici è possibile riscontrare una buona correlazione qualitativa tra quanto misurato dai due microfoni.

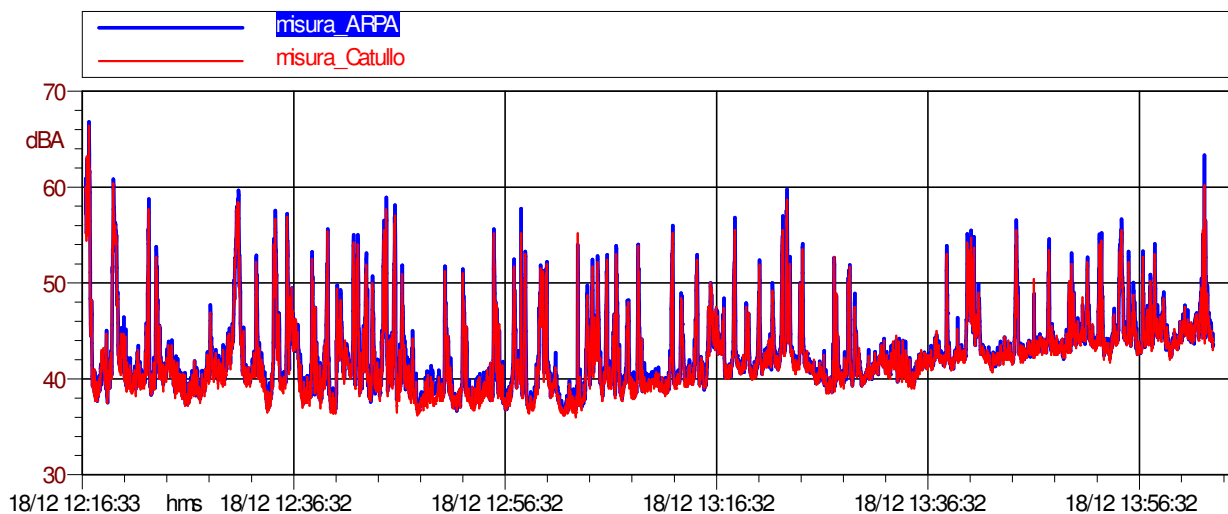


Figura 2: Time History ARPA – Gestore 18/12/2018

I risultati delle analisi delle misure simultanee sono rappresentati nei grafici riportati di seguito.

Le analisi statistiche per il confronto delle serie di dati descritte di seguito sono state applicate ai valori di Livello equivalente (Leq(A)) con tempo di integrazione di un secondo.

Sono stati utilizzati i seguenti metodi statistici:

- 1) Grafici a dispersione, boxplot e principali statistiche univariate sulle serie complete per un'analisi qualitativa generale;
- 2) Coefficienti di correlazione lineare di Pearson^[1];
- 3) Rette di regressione lineare^[2] tra le serie di valori istantanei misurati dalla centralina del gestore e da quella di ARPA, con stima dei relativi parametri^[3] e dell'indice di determinazione R^2 ^[4].

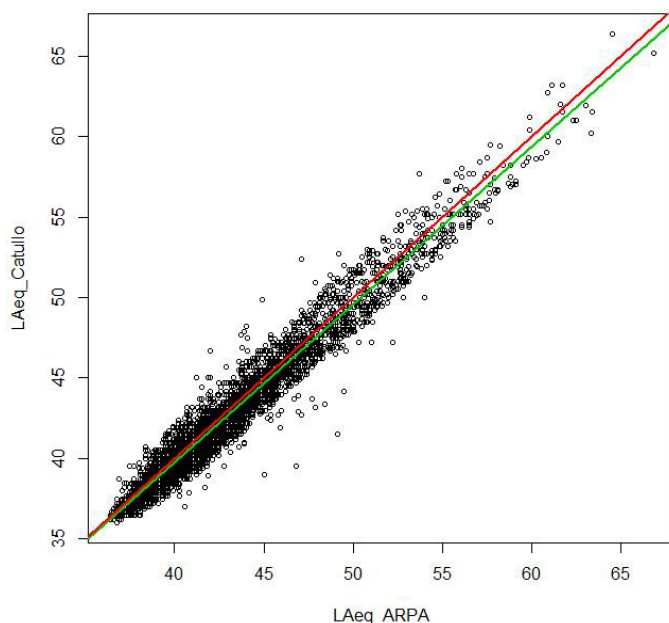
Una breve descrizione dei parametri statistici utilizzati è riportata in **Appendice**.

Per la stazione di misura si presentano di seguito i risultati ottenuti dalle analisi statistiche elencate in precedenza: intercetta, coefficiente angolare e indice di determinazione ricavati dagli scatter plot e i parametri principali della distribuzione ottenuti dai boxplot: media, mediana, I e III quartile, minimo, massimo e deviazione standard ed eventuali outlier.

MONTICHIARI – CONTRADA DELLA NONNA

Le misure in parallelo presso la centralina di "Contrada della nonna" hanno avuto la durata di circa 1 ora e 45 minuti pertanto le analisi statistiche sono state condotte su 6401 coppie di dati di Leq istantaneo.

Lo scatter plot, riportato nella figura seguente, evidenzia una forte correlazione lineare tra le due serie di dati, con un coefficiente pari a 0,977.



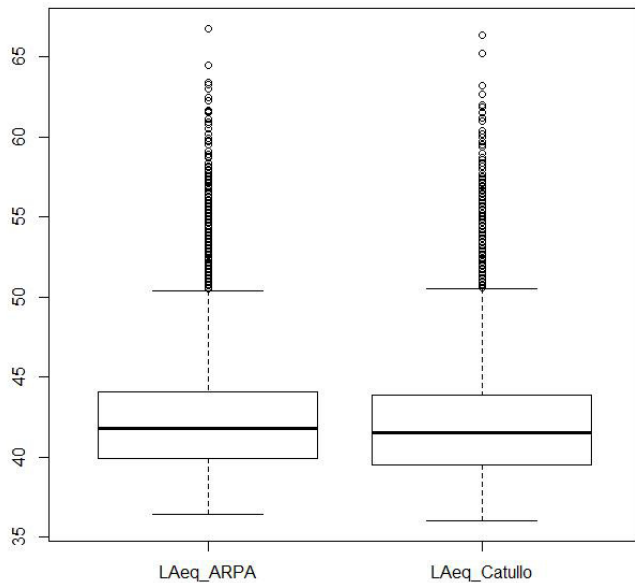
<i>Coefficienti</i>	<i>Stima</i>	<i>p-value</i>
intercetta	0,467	<0,0001
β_1	0,982	<0,0001
$R^2=0,955$		

Figura 3: scatterplot confronto Leq per Montichiari-Contrada della nonna

Si rileva un limitatissimo numero di misure in cui a bassi livelli di rumorosità rilevati dal gestore corrispondono alte intensità rilevate da ARPA e viceversa.

Il coefficiente angolare β_1 della retta è significativo (p-value minore di 0,0001 associato al test $H_0:\beta_1=0$) e pari a 0,982; la quota di varianza spiegata dalla retta è pari al 95,5% della varianza totale. Il valore di coefficiente angolare prossimo a 1 è indice di una buona correlazione delle variabili.

Il valore dell'intercetta, che rappresenta l'offset tra le due serie, è pari a 0,467 dB, e pertanto prossimo a zero.



Leq_Catullo		Leq_ARPA	
Min.:	36.00	Min.:	36.40
1st Qu.:	39.50	1st Qu.:	39.90
Median:	41.50	Median:	41.80
Mean:	42.31	Mean:	42.63
3rd Qu.:	43.90	3rd Qu.:	44.10
Max.:	66.40	Max.:	66.80
Dev. Std.:	3.979	Dev. Std.:	3.959

Figura 4: boxplot serie istantanee per Montichiari-Contrada della nonna

I boxplot delle due serie sono molto simili, come mostra il confronto tra i principali parametri riportati nella relativa tabella. In entrambi i casi la maggior parte dei dati è concentrata nell'intervallo di valori tra 39 e 44 dB(A), con picchi intorno a 67 dB(A).

5. CONCLUSIONI

Dal confronto del valore dell'indice L_{VA} calcolato da ARPA e quello riportato dal gestore per la centralina di "tipo M" di "Contrada della nonna" si osserva una differenza di 0,4 dB, e quindi molto modesta. Confrontando gli L_{VAj} delle singole giornate si trovano differenze maggiori, che possono arrivare fino a quasi 2 dB. Queste differenze sono in gran parte dovute alle incongruenze nelle correlazioni tra evento acustico e sorvolo, causate dall'assenza delle informazioni dei tracciati radar. Infatti, l'orario di partenza o arrivo dei velivoli contenuto nei tracciati radar corrisponde esattamente al momento dell'operazione, mentre l'orario contenuto nelle BDV può essere affetto da ritardi o anticipi di diversi minuti, rendendo meno accurata la correlazione. Essendo inoltre l'aeroporto di Montichiari molto vicino all'aeroporto militare di Ghedi, per il quale non si hanno informazioni, lo sfasamento di orario delle BDV può indurre all'errore di correlare un evento acustico con il passaggio di un aereo militare, o viceversa di perdere un sorvolo civile.

Per quanto riguarda le misure in parallelo, i profili delle Time History relative alle misure di ARPA e dell'ente gestore risultano ben sovrapponibili, pertanto qualitativamente si può ritenere che le centraline siano ben allineate.

La similarità delle time history viene confermata dalle analisi statistiche. Infatti, i parametri ottenuti per le rette di regressione indicano una buona correlazione tra le misure. L'indice di correlazione lineare risulta 0,977, prossimo all'unità, mentre il coefficiente angolare risulta 0,982 e anche l'intercetta è prossima allo zero (0,467).

Per quanto riguarda il calcolo delle curve di isolivello annuali dell'indice LVA, ai sensi dell'art. 14, comma 3, della LR 13/2001, la mancanza delle tracce radar e l'incompletezza delle informazioni fornite con le BDV, che riportano le piste utilizzate ma non le rotte percorse, non consente il calcolo di livelli di rumore affidabili. Eventuali elaborazioni, eseguite sulla base delle informazioni disponibili, sarebbero pertanto affette da un'incertezza molto elevata, rischiando di fornire una descrizione non realistica della situazione.

6. APPENDICE

Definizioni parametri e metodi statistici

[1] Il **coefficiente di correlazione lineare di Pearson** è un indice compreso nell'intervallo [-1;+1] che misura il grado della eventuale relazione di linearità tra due variabili quantitative. Quando il coefficiente vale 1 indica la perfetta correlazione lineare diretta tra le

due variabili; il valore -1 è invece caratteristico di una perfetta correlazione lineare inversa. L'ipotesi in cui l'indice assuma valore nullo può descrivere due differenti situazioni. Infatti, ci si può trovare nel caso in cui al variare di una variabile l'altra rimanga perfettamente costante, oppure nel caso in cui la dispersione dei punti sullo scatter plot sia tale da non ricondurre ad una correlazione lineare tra le due variabili. Il primo caso è graficamente riassunto da una retta parallela all'asse delle ascisse, mentre il secondo caso è identificato da una macchia di punti riportata per il caso 0,0.

[2][3] La **retta di regressione lineare dei minimi quadrati**: il metodo dei minimi quadrati viene utilizzato per determinare una funzione lineare che meglio approssimi la relazione tra i dati che si stanno considerando. I parametri caratteristici della funzione lineare (il coefficiente angolare e l'intercetta) devono essere tali da rendere minime le somme dei quadrati delle distanze tra i dati osservati e quelli che si trovano sulla curva che rappresenta la funzione. A seguito di questo procedimento ne conseguirà che i residui, cioè la differenza tra i valori previsti dalla retta e quelli osservati, avranno media zero.

Successivamente, sui parametri stimati, verrà applicato un test per valutare la significatività del modello. Infatti, assumendo che la distribuzione dei parametri segua un andamento gaussiano, cioè che i valori stimati siano estratti da una variabile casuale normale, si conduce un test T in cui l'ipotesi nulla oggetto della verifica è $H_0: \beta_1 = 0$, cioè pendenza della retta nulla, ovvero il caso in cui il modello non risulta statisticamente significativo. La probabilità che esista l'ipotesi "pendenza uguale a zero" viene chiamata p-value e viene riportata in ogni tabella a fianco al valore del coefficiente. Se il p-value ha valore superiore a 0,05 l'ipotesi nulla, con un grado di confidenza del 95%, può non essere esclusa (ossia può esistere il caso "pendenza uguale a zero"). Lo stesso procedimento, anche se tendenzialmente meno importante, vale per l'intercetta, la cui ipotesi messa a verifica è $H_0: \text{int} = 0$.

[4] L'**indice di determinazione R^2** rappresenta un parametro che, partendo dalla retta di regressione, indica di quanto le variabili analizzate abbiano una dipendenza lineare l'una dall'altra. L' R^2 può assumere valori compresi fra 0 e 1. Se è pari a 1 allora esiste una perfetta relazione lineare fra il fenomeno analizzato e la sua retta di regressione. Se pari a 0 non esiste alcuna relazione lineare fra le due variabili mentre i valori compresi fra 0 e 1 forniscono una indicazione sulla efficacia della retta di regressione di sintetizzare l'oggetto dell'analisi. Questo indice viene calcolato attraverso il rapporto tra la devianza spiegata (ossia la somma dei quadrati delle distanze tra i punti della retta e la loro media) e la devianza totale. La devianza totale viene ottenuta dalla somma della devianza spiegata con la devianza residua (la somma dei quadrati delle distanze tra i punti della retta ed i dati osservati).