Firenze 2017

SARA

Relazione tecnica di valutazione della rumorosità prodotta dall'aeroporto di Firenze

Quadrimestre

febbraio - maggio 2017

Relazione redatta in conformità alle linee guida ISPRA

SOFTECH SRL
Trib. Varese Reg. Soc. N. 18575
C.C.I.A.A. Varese N. 222620
Capitale Sociale Euro 10'400,00 int. Versato
C.F. / P.IVA 01989010127

Ufficio: 21013 GALLARATE (VA) – Via B. Ferni, 2
Tel. +39.0331.2682.1 – Fax. +39.0331.2682.26
Sede legale: 21010 BREZZO DI BEDERO (VA) - P.za del Municipio, 14
Tel. +39.0332.533860 – Fax. +39.0332.533860

SOMMARIO

1 INTRODUZIONE 2

2 RIFERIMENTI NORMATIVI 3

3 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO 3
- 3.1 Caratteristiche della strumentazione 4
- 3.2 Acquisizione dati 4
- 3.3 Meteo 4
- 3.4 C.E.D. 5
- 3.5 SARA 5
- 3.6 Algoritmo di elaborazione 7

4 GESTIONE DEL SISTEMA 12
- 4.1 Calibrazioni 12
- 4.2 Guasti e malfunzionamenti 13

5 L'AEROPORTO 14

6 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AEROPORTO DI FIRENZE 17
- 6.1 Gonio - 2101 19
- 6.2 Carrello Via Buozzi - 2111 20
- 6.3 Poste - 2103 21
- 6.4 Silfi - 2106 22
- 6.5 Alcatel - 2104 23
- 6.6 Caratteristiche intrinseche del sistema aeroporto - rete di monitoraggio 24
- 6.7 Certificati ACCREDIA 24
- 6.8 Report guasti ed interventi di manutenzione 24

7 ANALISI DEI DATI 25
- 7.1 Scelta del periodo di riferimento 25
- 7.2 Calcolo del L_{VA} 29
- 7.3 Validazione dei dati 37

8 STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA 37

9 OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA 37

10 CONCLUSIONI 38

11 ALLEGATI 38

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di analizzare i livelli di rumorosità, di origine aeronautica, generati dall'aeroporto civile di Firenze nel quadrimestre febbraio – maggio 2017, secondo quanto previsto dalla normativa nazionale. Nello specifico, il rapporto si prefigge il compito di:

- verificare indirettamente la caratterizzazione dell'intorno aeroportuale per quegli aeroporti che hanno adempito alle prescrizioni del D.M. 31/10/1997, in merito alla caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale, verificando che il L_{VA} calcolato, per ogni postazione, rientri all'interno dei limiti imposti dalle fasce di rispetto (Tabella 1: La caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale);

Area di rispetto	Valori limite [dBA]	Limitazioni urbanistiche
C	$L_{VA} > 75$	*"esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso ed i servizi delle infrastrutture aeroportuali"*
B	$65 < L_{VA} \leq 75$	*"attività agricole ed allevamenti di bestiame, attività industriali ed assimilate, attività commerciali, attività di ufficio, terziari e assimilate, previa adozione di adeguate misure di isolamento acustico"*
A	$60 < L_{VA} \leq 65$	*"Non sono previste limitazioni"*
Aree esterne ad A, B e C	$L_{VA} \leq 60$	*"Non sono previste limitazioni"*

Tabella 1: La caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale

- determinare la rumorosità prodotta dagli aeroporti, che non posseggono ancora la caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale, attraverso il calcolo del L_{VA}. In tale contesto l'indicazione puntuale potrebbe essere utile per una possibile stima qualitativa sull'ubicazione delle aree di rispetto;
- dare informazioni sulle caratteristiche e sullo stato di funzionamento e manutenzione del sistema di acquisizione del rumore aeroportuale.

2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Di seguito (Tabella 2: Riferimenti normativi) si riportano i riferimenti normativi della legislazione italiana che riguardano, principalmente, l'inquinamento acustico di origine aeronautica.

Riferimento normativo	Titolo
Legge 26 ottobre 1995 n.447	*"Legge quadro sull'inquinamento acustico"*
D.P.R. 11 dicembre 1997 n.496	*"Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili"*
D.M. 31 ottobre 1997	*"Metodologia di misura del rumore aeroportuale"*
D.P.C.M. 14 novembre 1997	*"Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore"*
D.M. 16 marzo 1998	*"Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"*
D.M. 20 maggio 1999	*"Criteri per la progettazione dei sistemi di monitoraggio per il controllo dei livelli di inquinamento acustico in prossimità degli aeroporti nonché criteri per la classificazione degli aeroporti in relazione al livello di inquinamento acustico"*
D.P.R. 17 dicembre 1999 n.295	*"Regolamento recante modificazioni al Decreto del Presidente della Repubblica 11 dicembre 1997 n.496, concernente il divieto dei voli notturni"*
D.M. 3 dicembre 1999	*"Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti"*
D.M. 29 novembre 2000	*"Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore"*
D.Lgs. 17 gennaio 2005 n.13	*"Attuazione della direttiva 2002/30/CE relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari"*
D.Lgs. 19 agosto 2005 n.194	*"Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa ala determinazione e alla gestione del rumore ambientale"*
D.Lgs. 19 agosto 2005 n.195	*"Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso al pubblico all'informazione ambientale"*
Linee guida ISPRA	*"Linee guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale"*

Tabella 2: Riferimenti normativi

Si precisa che le Linee Guida non dettano obblighi di carattere legislativo e che quindi le indicazioni, in esse riportate, verranno adeguate ed interpretate a secondo della struttura dell'aeroporto, del territorio circostante ed alle conseguenti caratteristiche della rete di monitoraggio.

3 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Il sistema di monitoraggio era stato approntato precedentemente all'arrivo di Softech e la distribuzione delle centraline sul territorio precedentemente decisa dal gestore dell'Aeroporto. Softech ha quindi preso in gestione un sistema di monitoraggio già approvato e funzionante.

Ogni centralina garantisce l'accesso del personale autorizzato, per garantire una pronta manutenzione. A tal proposito, le microfoniche sono state installate su pali in acciaio abbattibili, garantendo, in tal modo, un'adeguata distanza dal piano di calpestio (dai 3 ai 10 metri).

Ogni centralina ha come scopo il monitoraggio del rumore ambientale.

3.1 Caratteristiche della strumentazione

I componenti della strumentazione rispettano tutte le prescrizioni normative vigenti (Tabella 3: Norme indicate nel D.M. 16 marzo 1998, Tabella 4: Norme indicate nel D.M. 16 marzo 1998 e D.M. 31 ottobre 1997). I microfoni utilizzati sono di tipo a campo libero con orientamento allo zenit. Hanno sensibilità superiore a 30mV/Pa e sono provvisti di un sistema di deumidificazione dell'aria e di riscaldamento della struttura, in modo da prevenire scariche nel dielettrico dovute alla presenza di umidità. Il sistema microfonico è dotato di schermo antivento, protezione volatili e dispositivo anti gocciolamento.

Normative per microfoni e filtri
EN 61260/1995 (IEC 1260)
EN 61094-1/1994
EN 61094-2/1993
EN 61094-3/ 1995

Tabella 3: Norme indicate nel D.M. 16 marzo 1998

Il fonometro è un analizzatore integratore di alta precisione (classe 1), conforme a tutte le prescrizioni relative al rilievo del rumore ambientale, ed è in grado di analizzare lo spettro in bande di 1/3 di ottava.

Normative per fonometri
EN 60651/1994 (IEC 651 tipo 1)
EN 60804/1994 (IEC 804 tipo 1)
CEI 29-1
CEI 29-10

Tabella 4: Norme indicate nel D.M. 16 marzo 1998 e D.M. 31 ottobre 1997

I calibratori usati sono di classe 1.

L'adeguata capacità di memorizzazione, necessaria ai fini del monitoraggio in continuo, è garantita dai PC integrati nella centralina ossia per Gonio PC Bruel, per Poste FX5311, per Alcatel MPC21 per Silfi MCBOX CARPC, per Carrello FX5202.

3.2 Acquisizione dati

Le centraline del sistema di monitoraggio sono in grado di soddisfare le richieste delle linee guida ISPRA, essendo in grado di rilevare in continuo e con tempo di campionamento di 0,5 secondi i seguenti parametri, necessari, in parte, al calcolo del SEL:

1. L_{EQ}
2. L_{AF}
3. L_{AS}
4. L_{AI}
5. L_{Peak}
6. L_{AF_Min}
7. L_{AF_Max}
8. PNL
9. Spettro 1/3 ottava

3.3 Meteo

Le reti di monitoraggio sono equipaggiate da una o più stazioni meteoclimatiche, posizionate in punti rappresentativi e quindi generalmente associate a centraline fonometriche che sono ubicate in posizione baricentrica rispetto alla struttura della rete di monitoraggio. La stazione meteoclimatica è in grado di rilevare

in continuo direzione e velocità del vento, pioggia, temperatura, e pressione atmosferica. La scheda tecnica della stazione meteo è riportata negli allegati (allegato n° 3).

3.4 C.E.D.

Il Centro Elaborazione Dati (C.E.D.) riceve quest'ultimi dalle singole stazioni; li elabora, archivia e memorizza nel modo più efficiente possibile.

Il sistema archivia:

- file originali scaricati dalle stazioni;
- file originali relativi alle tracce radar;
- file originali relativi ai movimenti aerei (Base Dati Voli);
- dati giornalieri (es. L_{VAj}, Fondo/Ambientale, ecc.);
- dati orari (Livelli equivalenti, percentili, ecc.);
- dati eventi, con indicazione definitiva della correlazione;
- dati calibrazioni;
- rapporti periodici in formato cartaceo ed elettronico.

I dati acquisiti dalle centraline della rete di monitoraggio dell'aeroporto di Firenze sono automaticamente scaricati sul PC integrato all'interno della stazione e trasferiti, mediante un sistema di collegamento su rete telefonica (ADSL), al centro di raccolta generale, dove vengono elaborati dal software SARA che è in grado di eseguire tutte le procedure necessarie al fine del calcolo degli indicatori, compreso l'indice L_{VA}.

3.5 SARA

SARA (Sistema Analisi Rumore Aeroportuale) è un software completamente progettato e sviluppato dalla Softech s.r.l.

Il software realizzato a partire dalla fine degli anni '90 è stato più volte collaudato dal MATTM e dalle Commissioni di controllo di ARPA ed è ad oggi lo strumento di valutazione del rumore aeroportuale scelto dalla maggior parte degli aeroporti italiani dotati di un sistema di monitoraggio del rumore (Figura 1: SARA in Italia).

Figura 1: SARA in Italia

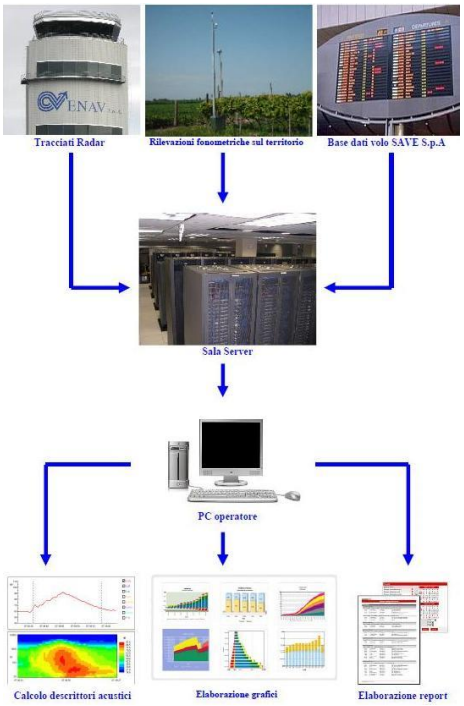

Figura 2: Schema di funzionamento del software SARA

SARA è in grado di discriminare gli eventi acustici di origine aeronautica (Figura 2: Schema di funzionamento del software SARA), correlandoli alle operazioni aeree e validando, infine, i dati ottenuti. Questo complicato processo, frutto di un accurato studio, si svolge attraverso l'impiego di diverse strategie (Algoritmo di elaborazione).

SARA è stato collaudato dal MATTM (Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare) e rispetta le linee guida emanate dall'ISPRA.

3.6 Algoritmo di elaborazione

SARA utilizza un articolato algoritmo di elaborazione che si esplica in diversi *step* procedurali. I paragrafi seguenti, mostrano in che modo SARA opera.

3.6.1 Identificazione eventi

La discriminazione dei possibili eventi acustici di origine aeronautica è il primo *step* dell'algoritmo di SARA. Il metodo di identificazione degli eventi utilizzato dal software SARA, di seguito descritto, rispetta le prescrizioni del D.M. 31 ottobre 1997 "*Metodologia di misura del rumore aeroportuale*". Il D.M., nell'allegato B "*Strumentazione e modalità di misura per la caratterizzazione acustica dell'intorno aeroportuale*" individua due tipologie di sistemi di misura:

- sistemi di misura assistiti;
- sistemi di misura non assistiti.

Nei primi, generalmente, la correlazione ed il calcolo del SEL (Figura 3: Determinazione del SEL, Equazione 1: Calcolo del SEL) vengono effettuati con un lavoro di *post-processing*.

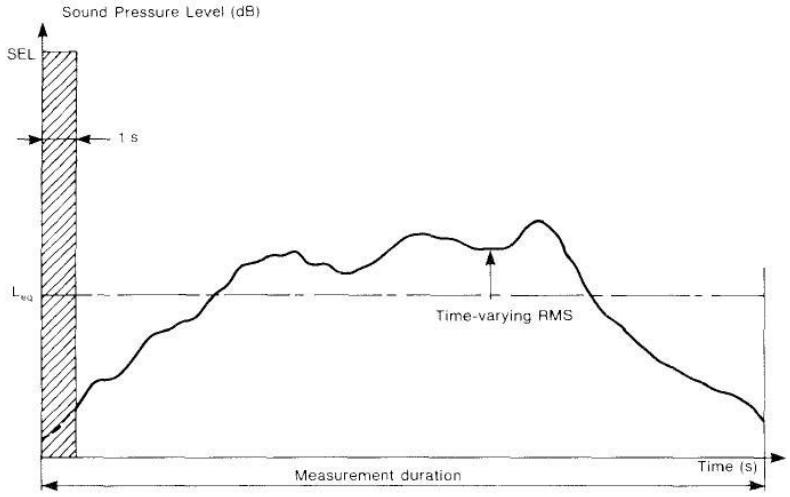

Figura 3: Determinazione del SEL

$$SEL_i = 10Log\left[\frac{1}{T_0}\int_{t1}^{t2}\frac{p_{A_i}{}^2(t)}{p_0{}^2}dt\right] = L_{Aeq} + 10Log(\frac{T_1}{T_0})$$

Equazione 1: Calcolo del SEL

In questo caso il SEL viene determinato come prescritto nel D.M. 31 ottobre "*t1 e t2 rappresentano gli istanti iniziale e finale della misura, ovvero la durata dell'evento T_i=t2-t1 in cui il livello L_A risulta essere superiore alla soglia L_{AFmax} - 10 dB*" (Figura 4: Determinazione dell'evento).

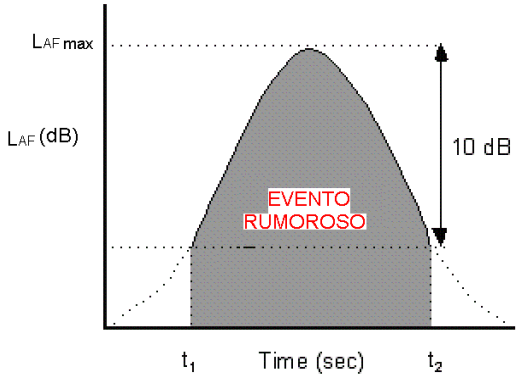

Figura 4: Determinazione dell'evento

Nei sistemi non assistiti, invece, si utilizza il metodo di discriminazione per superamento di soglia. Questo permette al sistema di discriminare, in prima approssimazione, un possibile evento acustico di origine aeronautica, quando il livello di pressione sonora supera un determinato valore di soglia per un valore minimo di tempo. I valori di soglia e di tempo minimo di superamento della stessa, sono determinati sperimentalmente per ogni postazione. SARA nell'applicazione di tale criterio si avvale, in accordo con le linee guida ISPRA, della *time history* dello *short* L_{Aeq} (Figura 5: SARA e la discriminazione per superamento di soglia).

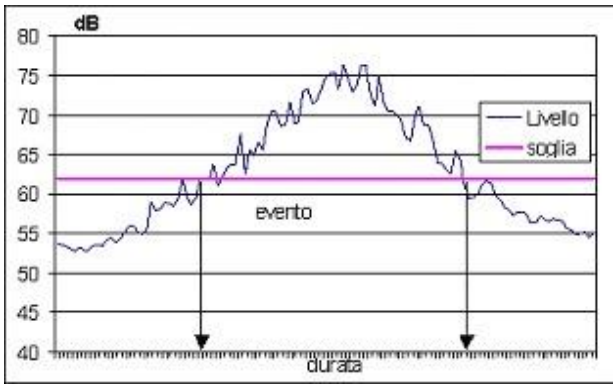

Figura 5: SARA e la discriminazione per superamento di soglia

Le due metodologie proposte dal D.M. si equivalgono, come evidenziato da numerosi confronti in cui si è constatata una differenza di circa 1dB nel calcolo del SEL che pertanto risulta essere all'interno dell'incertezza e dell'errore complessivo di misura.

In ogni caso è indubbio che il metodo per superamento di soglia risulta sicuramente essere più cautelativo poiché consente di prendere in considerazione un quantitativo di energia sonora, prodotta dall'aeromobile durante le fasi di decollo ed atterraggio, maggiore rispetto al metodo tradizionale di calcolo del SEL.

Questo metodo inoltre consente di inglobare nel SEL picchi acustici significativi che si verificano dopo il Ti (Equazione 1: Calcolo del SEL), riportando il livello al di sopra del valore $L_{AFmax-10}$ (Correlazione reverse), che nel calcolo tradizionale del SEL, essendo il SEL rappresentativo di una sola operazione aerea, verrebbero tralasciati. In questi casi, l'algoritmo di riconoscimento, adottato da SARA, utilizza una soglia di isteresi per gestire correttamente oscillazioni del livello nell'intorno del valore di soglia.

I parametri che regolano l'algoritmo, sono i seguenti:

- valore di soglia minimo differenziata tra diurno, serale e notturno;

- durata minima dell'evento differenziata tra diurna, serale e notturna;
- ampiezza dell'intervallo di isteresi differenziata tra diurna, serale e notturna.

Il processo di riconoscimento dell'evento viene integrato utilizzando anche le informazioni inerenti l'analisi spettrale in bande di 1/3 di ottava.

Lo spettro del rumore aeronautico è sufficientemente caratteristico per essere distinto da eventi rumorosi di altra natura. Il riconoscimento mediante l'analisi spettrale viene effettuato a partire dalla configurazione di uno spettro di riferimento, in cui viene impostata un'ampiezza minima per ogni banda di frequenza. Nel corso dell'evoluzione dell'evento, viene verificato che l'analisi spettrale in tempo reale fornisca dei valori costantemente al di sopra dei valori di soglia per il tempo minimo prefissato.

I parametri che regolano l'algoritmo sono i seguenti:

- ampiezza minima per ogni banda di frequenza;
- durata minima dell'evento differenziata tra diurna, serale e notturna.

I criteri che portano dall'analisi della *"time history"* all'attribuzione di un evento rumoroso sono dunque:

- il soddisfacimento di soglie di rumorosità minima e di durata minima configurabili e distinte tra periodo notturno, serale e diurno;
- il soddisfacimento delle impostazioni relative agli spettri 1/3 di ottava.

Allo stato attuale non sono impostate condizioni di soglia per frequenza, non vi sono le condizioni di necessità tali da dover utilizzare questa procedura a causa della posizione delle centraline più prossime alla pista. In futuro non si esclude di far ricorso a tale possibilità una volta che il nuovo scalo sia arrivato a condizione di regime e quindi sia possibile fare uno studio idoneo sulla base delle tipologie di aeromobili presenti.

3.6.2 Correlazione

La fase di correlazione degli eventi acustici con le operazioni aeronautiche è il secondo *step* nell'algoritmo utilizzato da SARA. Una volta trasmessi al centro di controllo, gli eventi riconosciuti dalla postazione di misura vengono messi in correlazione con l'archivio delle operazioni di volo e con i tracciati radar, quando disponibili, allo scopo di individuare una relazione di causa/effetto tra l'attività aeronautica ed il rilievo acustico. All'avvio della procedura di correlazione tutti gli eventi relativi al periodo considerato sono marcati come "non ancora correlati". Attualmente l'algoritmo di correlazione si sviluppa in tre passi in sequenza illustrati di seguito.

3.6.2.1 Correlazione diretta

La correlazione diretta ricerca le correlazioni tra eventi rumorosi e operazioni di volo utilizzando informazioni relative alla cronologia degli accadimenti (eventi e passaggio nei pressi della cabina di un tracciato) e informazioni relative alla geometria del sistema (collocazione dei tracciati radar e delle postazioni di rilevamento).

La ricerca della battuta del tracciato radar più vicina alla postazione avviene all'interno della corona sferica definita intorno alla postazione P dai raggi r1 e r2 ed avente centro nella postazione stessa.

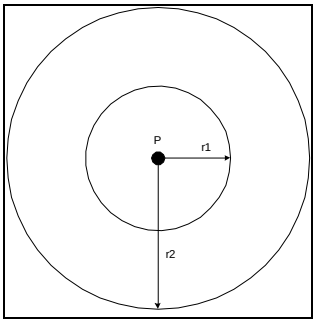

Figura 6: Geometria della postazione (pianta)

La proiezione al suolo di tale corona circolare è rappresentata nella Figura 6. Identificata la battuta del tracciato radar più vicina alla postazione di misura, si ricercano gli eventi il cui valore di picco è stato registrato in un istante interno all'intervallo di tempo centrato sull'istante relativo alla battuta ed avente ampiezza δt. Se vengono trovati eventi registrati dalla postazione di misura con queste caratteristiche, si aggiungono le informazioni relative a ciascun evento, operazione di volo e tracciato radar nella tabella delle correlazioni all'interno del database di SARA.

3.6.2.2 Correlazione reverse

La correlazione *"reverse"* ricerca tra tutti gli eventi non correlati al passo "correlazione diretta"; quelli che possono essere originati dalle azioni di "reverse" attuate nel corso delle operazioni di atterraggio. Attraverso la configurazione di una tabella dedicata nel database di SARA che elenca le postazioni, i tipi di operazioni ed i tempi degli eventi di "reverse", si ricercano gli eventi nel modo seguente: dato un evento E registrato dalla postazione P al tempo t0 e già correlato con una operazione di atterraggio, dato un tempo δt di reverse definito per la postazione P, si ricerca un evento non ancora correlato all'interno dell'intervallo di tempo t0 + δt registrato sempre da P. Se tale evento esiste allora lo si marca come correlazione di *reverse* e si aggiungono le informazioni relative ad evento, tracciato radar e operazione di volo alla tabella delle correlazioni.

3.6.2.3 Correlazione in base ai tempi

La correlazione in base ai tempi ricerca, tra tutti gli eventi non correlati ai passi precedenti, quelli che ricadono all'interno di un intervallo di tempo specifico per ogni postazione [-δta , +δtb], in cui è stata effettuata la singola operazione di volo.

3.6.2.4 Validazione della correlazione

In questa fase i possibili eventi acustici di origine aeronautica, discriminati dal sistema, vengono confrontati con gli eventi acustici che sono stati correlati automaticamente, ad operazioni aeree, dal software. In quest'ultima fase, quindi, viene effettuata una verifica manuale dal tecnico competente in acustica, avvalendosi del *tool* "validazione della correlazione", per correggere eventuali errori generati dalla correlazione automatica.

3.6.3 Informazioni sul traffico aereo

Le informazioni sul traffico aereo sono indispensabili ai fini della correlazione degli eventi acustici con le operazioni aeronautiche.

Questo tipo di informazioni sono racchiuse nella Base Dati Voli (BDV) della società di gestione, ma soprattutto nelle tracce radar fornite da ENAV (Ente Nazionale per l'Aviazione Civile). Questi dati vengono anche utilizzati per il calcolo delle settimane di maggior traffico (D.M. 31 ottobre 97).

Le informazioni contenute nelle tracce radar (ID_VOLO, x, y, z, t) riguardano il tipo di velivolo (ad es: codifica ICAO e IATA), la tipologia di operazione (decollo o atterraggio) e la pista, l'ora di partenza o di arrivo, il peso massimo al decollo e le traiettorie percorse dall'aereo (SID nominali).

Il dato originale fornito da 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.

Qualora il tracciato radar non fosse disponibile, le operazioni di correlazione con gli eventi acustici vengono portate a termine con le informazioni derivanti dalla BDV, sulla base dell'orario dell'operazione e di tutte le altre caratteristiche che possono essere ritenute utili. La correlazione che si serve della sola Base Dati Volo risulta sicuramente più soggetta ad errori. Gli errori che ne derivano sono da imputarsi prevalentemente ad una non accuratezza dell'orario associato alle operazioni aeree, presenti nei dati BDV. Infatti, l'orario indicato dalla società di gestione si riferisce all'ora in cui il velivolo sta per abbandonare il proprio *slot* e lasciare la piazzola di sosta, nell'APRON, per raggiungere la pista. Questo orario può differire dall'ora di decollo o atterraggio, in funzione del traffico a cui è soggetto l'aeroporto, anche di diversi minuti. La gestione del velivolo nelle fasi successive all'abbandono dello *slot* sono assegnate ad ENAV.

3.6.4 Validazione del dato acustico

Il processo di validazione del dato acustico è il terzo *step* nell'algoritmo di SARA. La validazione del dato acustico rilevato dipende dalla continuità del rilievo acustico.

3.6.4.1 L'influenza delle condizioni meteorologiche nella validazione del dato acustico

Le condizioni meteorologiche possono influenzare l'acquisizione del dato.

Le prescrizioni del D.M. 16 marzo 1998 *"tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"*, relativamente all'influenza delle condizioni meteorologiche nella validità del dato acustico sono:

Validità del dato acustico	
Precipitazioni meteorologiche	Assenti
Velocità del vento	< 5 m/s

Tabella 5: limiti per la validità del dato acustico

Questo accorgimento, seppur cautelativo, è troppo restrittivo. Difatti la possibilità che all'interno della settimana di riferimento intesa come quella di maggior traffico, in cui calcolare l'L_{VA}, ci siano eventi meteorologici che impediscano la validazione del dato è alquanto elevata. A meno di casi eccezionali, quindi, alleghiamo il dato meteo alle rilevazioni senza un condizionamento sulla settimana.

3.6.4.2 L'influenza della continuità del rilievo nella validazione del dato acustico

La Softech ha deciso di adottatore il criterio di validità consigliato nelle linee guida ISPRA (Tabella 6: validità e continuità di acquisizione).

Validità legata alla continuità del rilievo	
Tempo minimo che rende la misura continua	86.340 s (99,93%)

Tabella 6: validità e continuità di acquisizione

3.6.4.3 Significatività della misura

Nei confronti della validità degli indicatori calcolati, le linee guida ISPRA associano al concetto di validità il numero di eventi per cui si è calcolato il LVAj. Il numero di eventi utilizzati nel calcolo dei LVAj deve essere

rappresentativo e pertanto le linee guida suggeriscono i seguenti limiti (Tabella 7: Limiti suggeriti dalle linee guida ISPRA per la validità del LVAj).

Validità dell'L_{VAj}	
L_{VAjd} (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.
L_{VAjn} (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.

Tabella 7: Limiti suggeriti dalle linee guida ISPRA per la validità del LVAj

4 GESTIONE DEL SISTEMA

Il sistema di monitoraggio, affinché sia in grado di calcolare il L_{VA}, acquisisce i dati fonometrici con continuità. Qualunque tipo malfunzionamento viene tempestivamente segnalato, automaticamente, dal sistema. I sensori presenti all'interno delle centraline gestiscono numerosi allarmi, permettendo una veloce diagnostica da remoto. Tale caratteristica permette di intervenire velocemente ed in modo mirato, qualora il sistema abbia manifestato un malfunzionamento.

Per garantire un corretto funzionamento degli impianti, la Softech opera un programma di manutenzione ordinaria ogni 90 giorni.

Inoltre, per garantire un'acquisizione in continuo, le centraline con certificato di taratura in scadenza vengono sostituite, evitando perdite di dati.

4.1 Calibrazioni

Le due modalità di verifica della calibrazione sono così definite:

- *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 senza effettuare alcuna correzione. Può essere automatica o manuale;
- *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 *check* viene eseguita giornalmente (ogni 24 ore) per tutte le centraline della rete di monitoraggio per mezzo di un impulso elettrico, attraverso un sistema di calibrazione automatica integrato nella microfonica. L'esito di queste calibrazioni automatiche viene direttamente trasferito al centro elaborazioni. Il *check* è effettuato nel periodo notturno, in modo da minimizzare la probabilità di occorrenza di una qualsiasi operazione aerea.

La modalità *change* è eseguita posizionando il pistonofono a contatto con la strumentazione ed è effettuata con cadenza trimestrale.

Nel caso in cui, dopo una calibrazione *check* di tipo manuale si rilevi una deviazione pari o superiore a 0,3 dB ed inferiore a 0,5 dB, rispetto al valore di riferimento, viene effettuata una calibrazione *change*. Al termine dell'operazione *change,* la calibrazione viene verificata attraverso un *check*.

Ad ogni calibrazione *change* fa seguito un rapporto di calibrazione (allegato n°2).

4.2 Guasti e malfunzionamenti

Sono diverse le tipologie di guasto che possono presentarsi in un sistema così complesso, ma essenzialmente si possono catalogare in tre aree principali: guasti all'apparato di alimentazione; guasto all'apparato di acquisizione dei parametri acustici; guasto all'apparato di trasmissione.

La presenza delle batterie tampone assicura il funzionamento della centralina quando si verificano problemi all'apparato di alimentazione. L'autonomia delle batterie consente il funzionamento del sistema fino all'intervento di manutenzione straordinaria.

In caso di guasti che comporti la riparazione di un componente elettronico, di interesse per la misurazione del rumore, quest'ultimo è generalmente cambiato con un apparato sostitutivo, in attesa della riparazione e del rilascio della nuova certificazione ACCREDIA.

I guasti agli apparati di trasmissione non determinano una perdita di dati, i quali vengono salvati all'interno della memoria del PC presente all'interno della centralina.

5 L'AEROPORTO

L'aeroporto di Firenze è situato a ridosso del centro abitato (Figura 7: Ubicazione dell'aeroporto), in direzione nord-ovest sud-est, ed è stato realizzato nel 1931. Nella tabella sottostante si riportano alcuni dati caratteristici dell'infrastruttura aeroportuale e del traffico aeronautico che l'ha vista interessata nel decennio 2000 - 2016.

Caratteristiche	
Nome aeroporto	Amerigo Vespucci
Codice ICAO	LIRQ
Codice IATA	FLR
Coordinate geografiche	43° 48' 35" N 11° 12' 14" E
Altitudine	38-42 m
Numero di piste	1
Superficie pavimentata complessiva	152500 mq
Tipo di gestione	diretta
Società di gestione	Toscana Aeroporti spa

Tabella 8: Caratteristiche principali dell'aeroporto[1]

Anno	Passeggeri	Aeromobili
2000	1.521.272	35699
2001	1.487.326	35.370
2002	1.385.056	31.705
2003	1.388.707	30.860
2004	1.495.394	30.517
2005	1.703.303	32.718
2006	1.531.406	27.454
2007	1.918.751	35.288
2008	1.928.432	35.429
2009	1.687.687	31.488
2010	1.737.904	32.018
2011	1.906.102	33.232
2012	1.852.619	31.769
2013	1.983.268	31.459
2014	2.251.994	33.976
2015	2.419.818	34.269
2016	2.515.138	35.645

Tabella 9: Traffico aeroportuale[2]

In assenza di dati ufficiali della società di gestione dell'aeroporto tutte le informazioni sono state ricavate dal sito di Assoaeroporti e dalla Relazione di Masterplan 2014-2029 dell'Aeroporto di Firenze disponibile in rete.

.

La struttura aeroportuale (Figura 8: Sedime aeroportuale) è dotata di una pista, con orientamento 05/23.
Le caratteristiche della pista dichiarate sono:

Distanza dichiarata	Lunghezza RW 05[m]	Lunghezza RW 23[m]
TORA	1605	1674
TODA	1719	1779
ASDA	1605	1674
LDA	1455	977

Tabella 10: Distanze dichiarate[3]

La larghezza delle *runway* è di 30 m. La pista è realizzata in materiale bituminoso con capacità di portanza PCN90/F/A/W/T.

Presso l'aeroporto di Firenze è vigente la caratterizzazione dell'intorno aeroportuale e il Piano di Classificazione Acustica Aeroportuale approvato dalla Commissione Antirumore dell'Aeroporto di Firenze il 10 maggio 2005; sono quindi definite le zone A, B e C riportate nel D.M. 31 ottobre 97. La procedura anti rumore è in corso di perfezionamento così come la gestione dei dati da rendere pubblici.

Figura 7: Ubicazione dell'aeroporto

In assenza di dati ufficiali della società di gestione dell'aeroporto tutte le informazioni sono state ricavate dal sito di Assoaeroporti e dalla Relazione di Masterplan 2014-2029 dell'Aeroporto di Firenze disponibile in rete.

Figura 8: Sedime aeroportuale

Figura 9: Zonizzazione aeroportuale.

6 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AEROPORTO DI FIRENZE

La rete di monitoraggio dell'aeroporto di Firenze è costituita da quattro centraline fisse e una mobile (Tabella 11: Le centraline della rete di monitoraggio dell'aeroporto di Firenze, Figura 10: Ubicazione delle centraline).

Codice identificativo	Nome postazione	Ubicazione all'interno dell'intorno aeroportuale	Coordinate geografiche	Presenza stazione meteorologica
2101	Gonio	Sì, Zona B	43°48'10.43"N 11°11'38.85"E	no
2103	Poste	Sì, Zona A	43°49'10.63"N 11°12'45.78"E	Sì Vaisala WXT510
2104	Alcatel	No	43°48'10.89"N 11°10'41.06"E	no
2106	Silfi	Sì, Zona A	43°47'51.21"N 11°11'6.78"E	Sì Vaisala WXT510
2111	Carrello, Via Buozzi	Sì, Zona A	l43°48'4.76"N 11°11'32.32"E	no

Tabella 11: Le centraline della rete di monitoraggio dell'aeroporto di Firenze

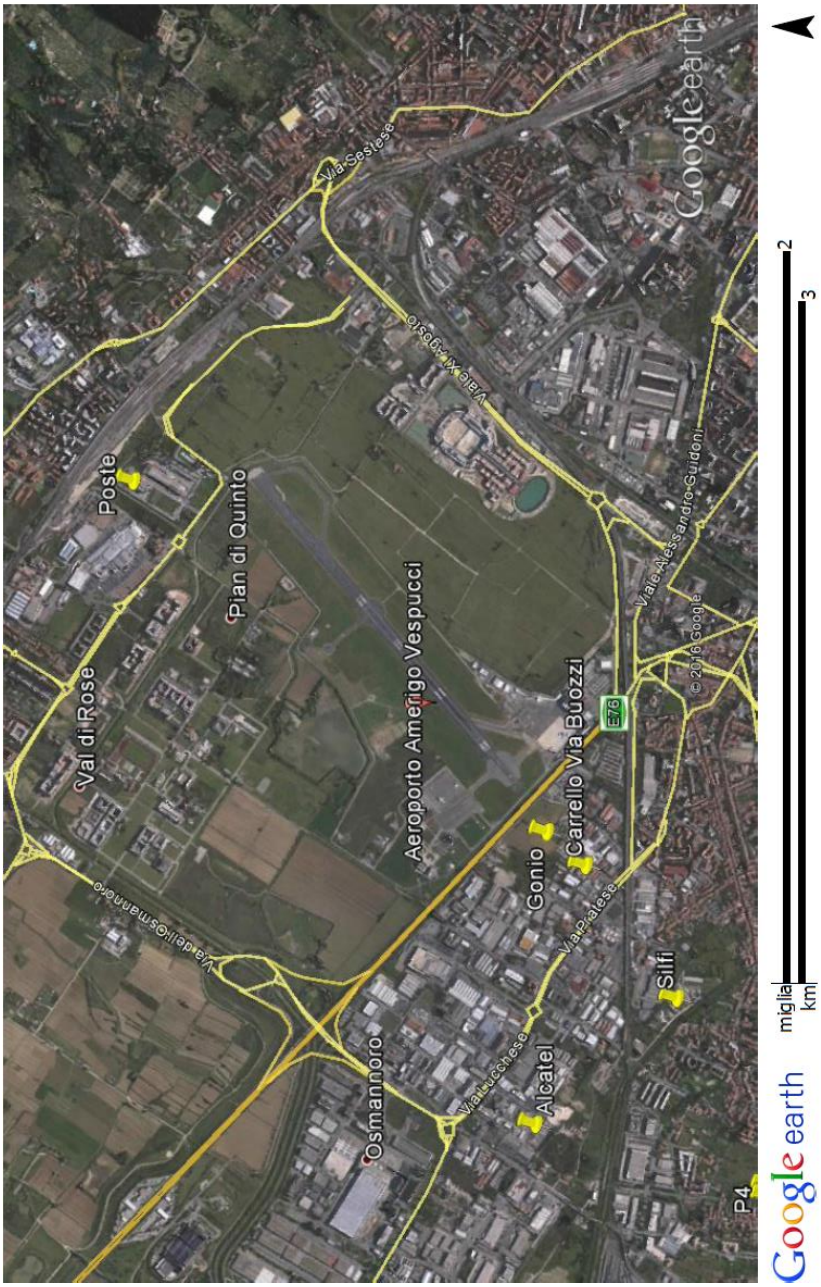

Figura 10: Ubicazione delle centraline

Centralina	Soglia [dB]	Durata [s]
2101 Gonio	70	5
2103 Poste	69	5
2104 Alcatel	67	5
2106 Silfi	65	9
2111 Carrello, Via Buozzi	65	9

Tabella 12: Impostazioni delle soglie

6.1 Gonio - 2101

La centralina 2101 (Figura 11: La centralina, Figura 12: Ubicazione della centralina, Tabella 13: Caratteristiche della centralina 2101 - Gonio) si trova in zona B, all'interno di un'area di proprietà Enav. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto dal lato della testata pista 05. La centralina è posizionata sulla parete di un edificio e il microfono è a circa 6 metri da terra; si trova lungo lo stesso asse della pista a circa 320 metri dal principio della pista medesima (Figura 11: La centralina).

Figura 11: La centralina

Figura 12: Ubicazione della centralina

2101 - Gonio		
Ubicazione	**Posizione della centralina**	Area di proprietà Enav – lato pista testata 05 43°48'10.43"N 11°11'38.85"E Postazione fissa posizionata sulla parete dell'edificio con il microfono a circa 6 m da terra.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	si
Caratteristiche	**Caratteristiche del microfono**	Modello PCB 377B02 (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	824 Larsson Davis
	Alimentazione	Provvista di collegamento alla rete 220 V e di una batteria tampone
Calibrazioni	**Calibrazione usata**	Pistonofono per quanto concerne le calibrazioni di tipo *"change"* e attuatore elettrostatico per quanto riguarda le calibrazioni di tipo *"check"*
	Verifiche della calibrazione	Le verifiche di tipo *"check"* vengono effettuate sia da remoto, manualmente o automaticamente (ogni 24 ore), che localmente. Le verifiche di tipo *change* vengono effettuate solo localmente.
	Parametri producibili con le calibrazioni	Data, stazione, modalità, Livello misurato, offset

Tabella 13: Caratteristiche della centralina 2101 - Gonio

6.2 Carrello Via Buozzi - 2111

La centralina 2111 (Figura 13: La centralina, Figura 14: Ubicazione della centralina, Tabella 14: Caratteristiche della centralina 2111 – Carrello) si trova in zona A, su strada. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto dal lato della testata pista 05. Il carrello mobile ha il microfono a circa 3 metri da terra; si trova praticamente lungo lo stesso asse della pista a circa 540 metri dal principio della pista medesima (Figura 13: La centralina).

Figura 13: La centralina

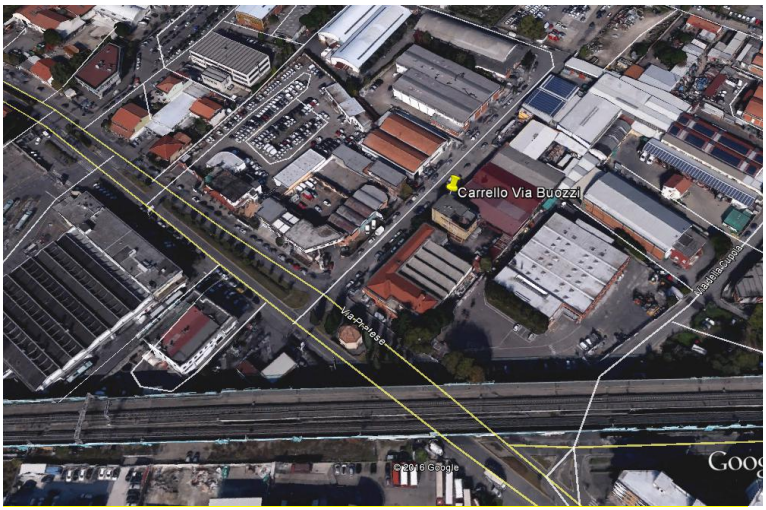

Figura 14: Ubicazione della centralina

2111 - Carrello		
Ubicazione	**Posizione della centralina**	Strada – lato pista testata 05 43°48'4.76"N 11°11'32.32"E Postazione mobile su carrello con il microfono a circa 3 m da terra.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	si
Caratteristiche	**Caratteristiche del microfono**	Modello 426A12 (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	831 Larsson Davis
	Alimentazione	Provvista di 6 batterie di alimentazione
Calibrazioni	**Calibrazione usata**	Pistonofono per quanto concerne le calibrazioni di tipo *"change"* e attuatore elettrostatico per quanto riguarda le calibrazioni di tipo *"check"*
	Verifiche della calibrazione	Le verifiche di tipo *"check"* vengono effettuate sia da remoto, manualmente o automaticamente (ogni 24 ore), che localmente. Le verifiche di tipo *change* vengono effettuate solo localmente.
	Parametri producibili con le calibrazioni	Data, stazione, modalità, Livello misurato, offset

Tabella 14: Caratteristiche della centralina 2111 – Carrello

6.3 Poste - 2103

La centralina 2103 (Figura 15: La centralina, Figura 16: Ubicazione della centralina, Tabella 15: Caratteristiche della centralina 2103 - Poste) si trova in zona A, sulla copertura piana di uno degli edifici del centro di smistamento delle Poste. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto dal lato della testata pista 23. La centralina è posizionata sulla copertura piana a terrazza di un edificio e il microfono è a circa 3 metri dal piano di calpestio; si trova a distanza di circa 370 m dall'asse della pista, sulla destra (Figura 15: La centralina).

Figura 15: La centralina

Figura 16: Ubicazione della centralina

2103 - Poste		
Ubicazione	**Posizione della centralina**	Centro smistamento Poste – lato pista testata 23 43°49'10.63"N 11°12'45.78"E Postazione fissa posizionata sulla copertura dell'edificio con il microfono a circa 3 m dal piano di calpestio.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	si
Caratteristiche	**Caratteristiche del microfono**	Modello 426A12 (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	831 Larsson Davis
	Alimentazione	Provvista di collegamento alla rete 220 V e di una batteria tampone
Calibrazioni	**Calibrazione usata**	Pistonofono per quanto concerne le calibrazioni di tipo *"change"* e attuatore elettrostatico per quanto riguarda le calibrazioni di tipo *"check"*
	Verifiche della calibrazione	Le verifiche di tipo *"check"* vengono effettuate sia da remoto, manualmente o automaticamente (ogni 24 ore), che localmente. Le verifiche di tipo *change* vengono effettuate solo localmente.
	Parametri producibili con le calibrazioni	Data, stazione, modalità, Livello misurato, offset

Tabella 15: Caratteristiche della centralina 2103 - Poste

6.4 Silfi - 2106

La centralina 2106 (Figura 17: La centralina, Figura 18: Ubicazione della centralina, Tabella 16: Caratteristiche della centralina 2106 - Silfi) si trova in zona A, all'interno della proprietà privata di un'attività in zona industriale. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto dal lato della testata pista 05. La centralina è posizionata a terra e il microfono si trova a circa 6 m da terra; si trova in pratica lungo l'asse della pista, a circa 1250 dall'inizio della pista medesima (Figura 17: La centralina).

Figura 17: La centralina

Figura 18: Ubicazione della centralina

2106 - Silfi		
Ubicazione	**Posizione della centralina**	Attività produttiva in zona industriale – lato pista testata 05 43°47'51.21"N 11°11'6.78"E Postazione fissa posizionata a terra con il microfono a circa 6 m dal piano di calpestio.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	si
Caratteristiche	**Caratteristiche del microfono**	Modello GRAS 41AS (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	01dB Simphonie
	Alimentazione	Provvista di collegamento alla rete 220 V e di una batteria tampone
Calibrazioni	**Calibrazione usata**	Pistonofono per quanto concerne le calibrazioni di tipo *"change"* e attuatore elettrostatico per quanto riguarda le calibrazioni di tipo *"check"*
	Verifiche della calibrazione	Le verifiche di tipo *"check"* vengono effettuate sia da remoto, manualmente o automaticamente (ogni 24 ore), che localmente. Le verifiche di tipo *change* vengono effettuate solo localmente.
	Parametri producibili con le calibrazioni	Data, stazione, modalità, Livello misurato, offset

Tabella 16: Caratteristiche della centralina 2106 - Silfi

6.5 Alcatel - 2104

La centralina 2104 (Figura 19: La centralina, Figura 20: Ubicazione della centralina, Tabella 17: Caratteristiche della centralina 2104- Alcatel) si trova fuori dall'intorno aeroportuale, all'interno della proprietà privata di un concessionario auto. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto dal lato della testata pista 05. La centralina è posizionata a terra e il microfono si trova a circa 6 m da terra; si trova a circa 960 m dall'asse della pista, sulla destra (Figura 19: La centralina).

Figura 19: La centralina

Figura 20: Ubicazione della centralina

2104 - Alcatel		
Ubicazione	**Posizione della centralina**	Concessionario auro – lato pista testata 05 43°48'10.89"N 11°10'41.06"E Postazione fissa posizionata a terra con il microfono a circa 6 m dal piano di calpestio.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	si
Caratteristiche	**Caratteristiche del microfono**	Modello PCB 377B02 (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	Larsson Davis 831
	Alimentazione	Provvista di collegamento alla rete 220 V e di una batteria tampone
Calibrazioni	**Calibrazione usata**	Pistonofono per quanto concerne le calibrazioni di tipo *"change"* e attuatore elettrostatico per quanto riguarda le calibrazioni di tipo *"check"*
	Verifiche della calibrazione	Le verifiche di tipo *"check"* vengono effettuate sia da remoto, manualmente o automaticamente (ogni 24 ore), che localmente. Le verifiche di tipo *change* vengono effettuate solo localmente.
	Parametri producibili con le calibrazioni	Data, stazione, modalità, Livello misurato, offset

Tabella 17: Caratteristiche della centralina 2104- Alcatel

6.6 Caratteristiche intrinseche del sistema aeroporto - rete di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio, come anticipato, è stato trovato sul campo da Softech. La centralina principale che in qualche modo funge da sentinella per il passaggio degli aeromobili è Gonio, seguita dalle centraline Carrello Via Buozzi e Silfi. La centralina Alcatel individua per lo più i decolli lungo la direzione principale, a seguito degli eventi di Gonio, Carrello e Silfi, più difficilmente individua gli eventi di atterraggio. La centralina Poste, oltre ai pochi decolli nella direzioni di volo verso nord (lato monti) testata 05, rileva la rumorosità dei motori al momento dell'inizio del decollo nella direzione principale verso sud testata 23 e alla fine dell'atterraggio, sempre lungo la stessa direttrice.

6.7 Certificati ACCREDIA

Nome centralina	Strumenti	Certificato
2101 - Gonio	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 37857-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 21 luglio 2016
2103 - Poste	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato fornito dal Costruttore. Strumentazione nuova.
2104 - Alcatel	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 37779-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 06 luglio 2016
2106 - Silfi	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 37318-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 14 aprile 2016
2111 - Carrello	Fonometro Kit per esterni Carrello Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 37665-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 4 luglio 2016
Tutte le catene fonometriche	Calibratore	BK4231 Certificato Accredia n. 068 37379-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 22-04-2016

Tabella 18: Certificati ACCREDIA delle catene fonometriche

I certificati del costruttore e di taratura sono allegati alla fine del documento (allegato n°1).

6.8 Report guasti ed interventi di manutenzione

I report di manutenzione ordinaria e straordinaria si riportano in allegato.

7 ANALISI DEI DATI

I paragrafi successivi mostrano l'analisi dei dati necessari al calcolo del L_{VA}, come prescritto dalla normativa vigente e seguendo gli *step* procedurali descritti nei capitoli precedenti.

7.1 Scelta del periodo di riferimento

Come prescritto dal D.M. 31 ottobre 1997, è necessario calcolare il L_{VA} come media dei L_{VAj} appartenenti alla settimana a maggiore traffico aereo.

SARA ha determinato la settimana di maggiore traffico per il quadrimestre febbraio maggio 2017 (Tabella 19: Scelta della settimana di riferimento).

Periodo di riferimento	
Settimana	Dal 25/05/2017 al 31/05/2017

Tabella 19: Scelta della settimana di riferimento

Sono stati registrati 440 atterraggi, 443 decolli, per un totale di 883 voli.

7.1.1 Le condizioni meteorologiche

I dati meteo giornalieri sono presenti nell'allegato n°4.

7.1.2 Up time

Il sistema per ciascuna centralina nella settimana di riferimento ha acquisito il 100% dei dati ad esclusione delle centraline Poste e Gonio che hanno avuto un calo fino al 0.5% circa sul giornaliero.

I grafici sottostanti mostrano la continuità del funzionamento del sistema per ciascuna centralina e per la settimana di riferimento.

I grafici evidenziano un ottimo funzionamento del sistema senza alcuna interruzione significativa nell'acquisizione dei dati, garantendo in tal modo continuità al monitoraggio e la validazione dei dati sotto il profilo della continuità di rilievo. L'acquisizione della centralina Poste e della centralina Gonio sono state interrotte ma le interruzioni non hanno avuto significatività in termini di eventi acquisiti e di registrazione di livello Lva. Si è quindi preferito non scegliere settimane diverse da quella di maggior traffico indicata dal sistema.

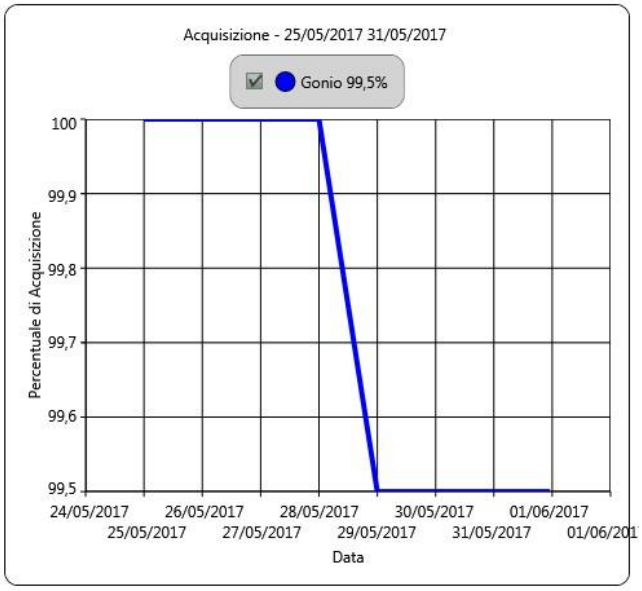

Figura 21: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Gonio

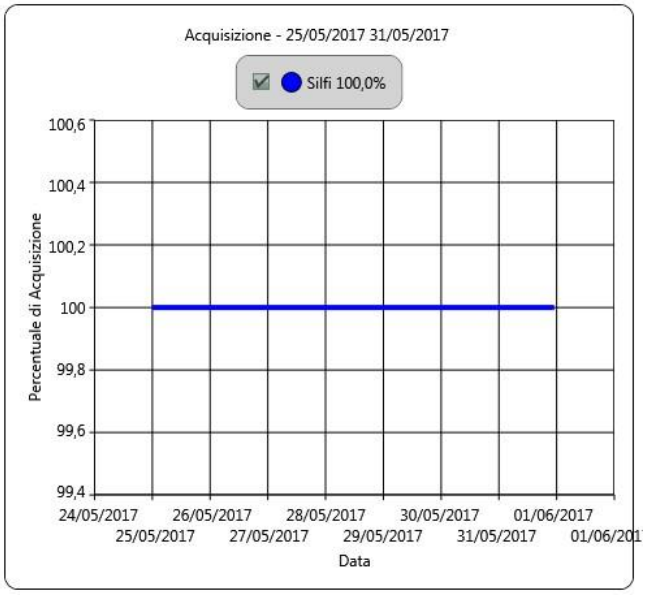

Figura 22: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Silfi

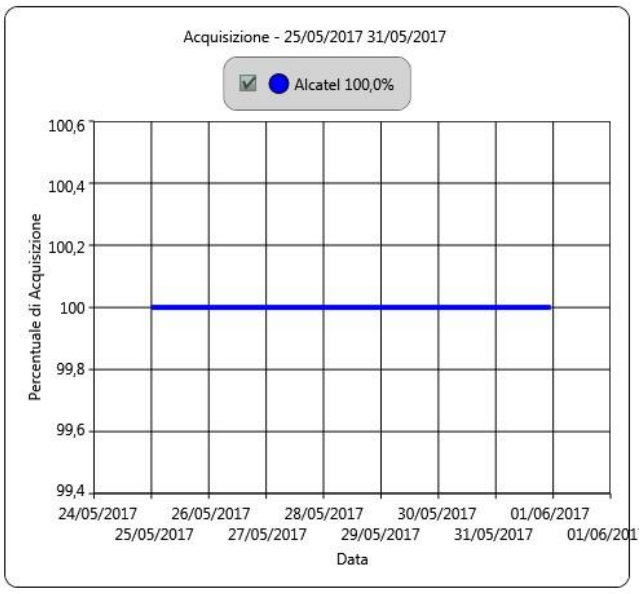

Figura 23: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Alcatel

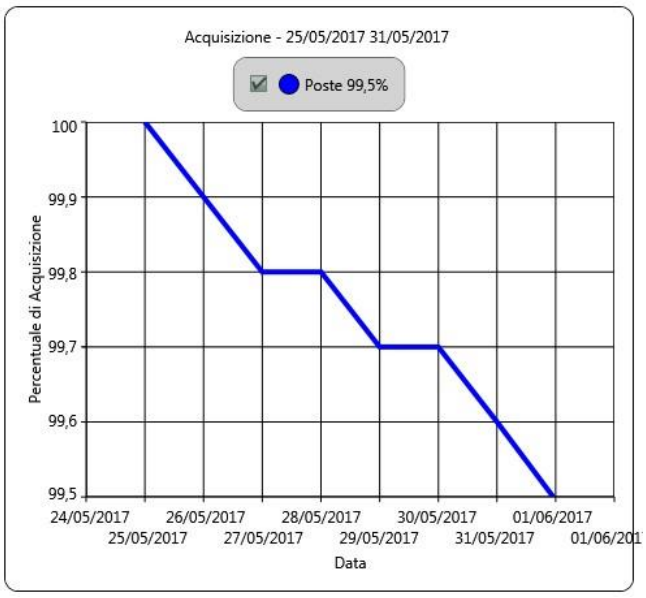

Figura 24: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Poste

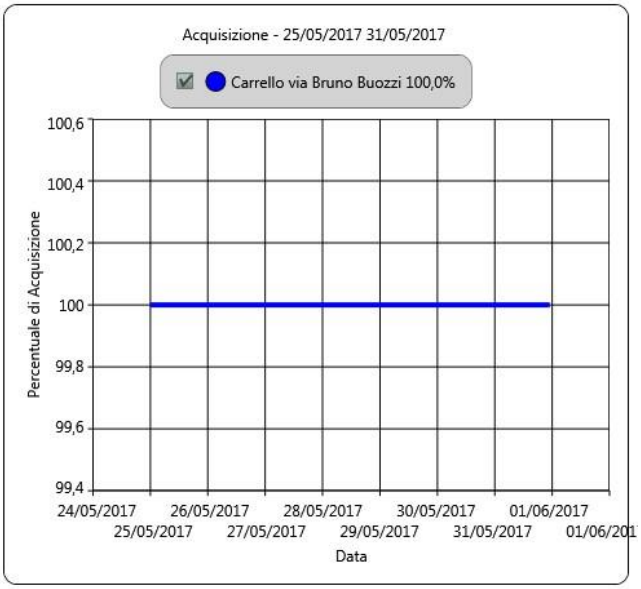

Figura 25: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione carrello Via Buozzi

7.1.3 *Time history* calibrazioni

Le immagini sottostanti mostrano le calibrazioni check giornaliere del sistema. Le centraline sono state calibrate manualmente come da report allegati.

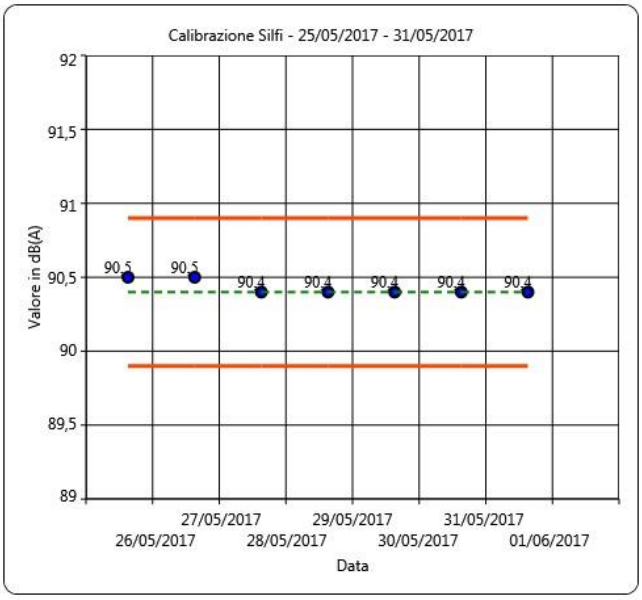

Figura 26: Calibrazioni check postazione Silfi

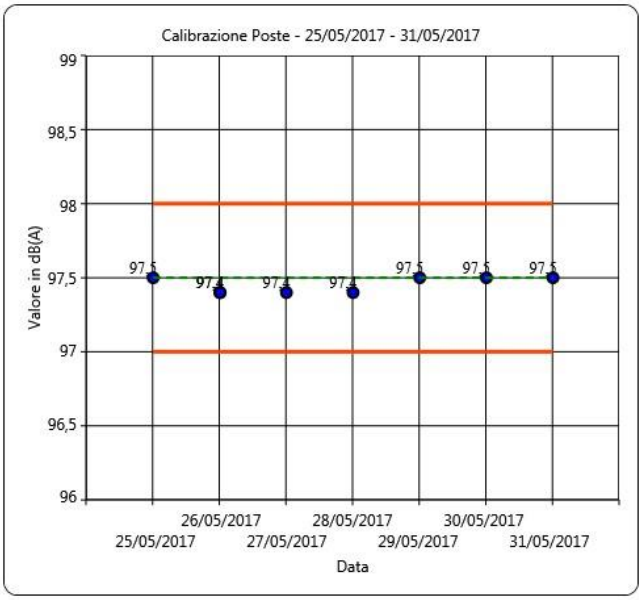

Figura 27: Calibrazioni check postazione Poste

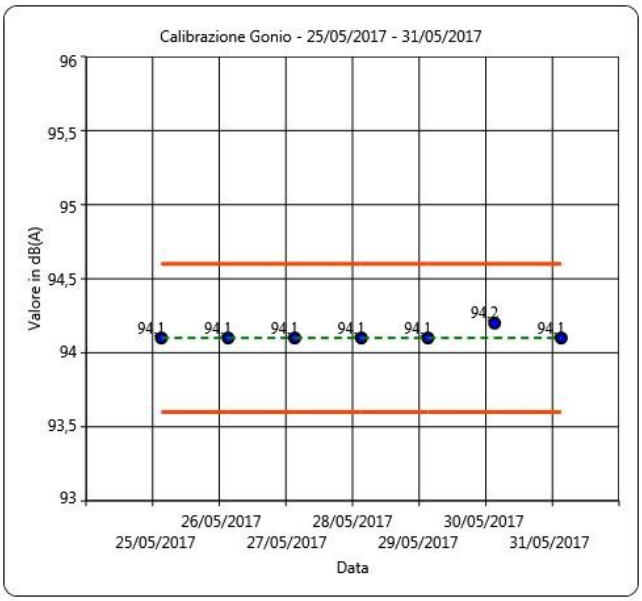

Figura 28: Calibrazioni check postazione Gonio

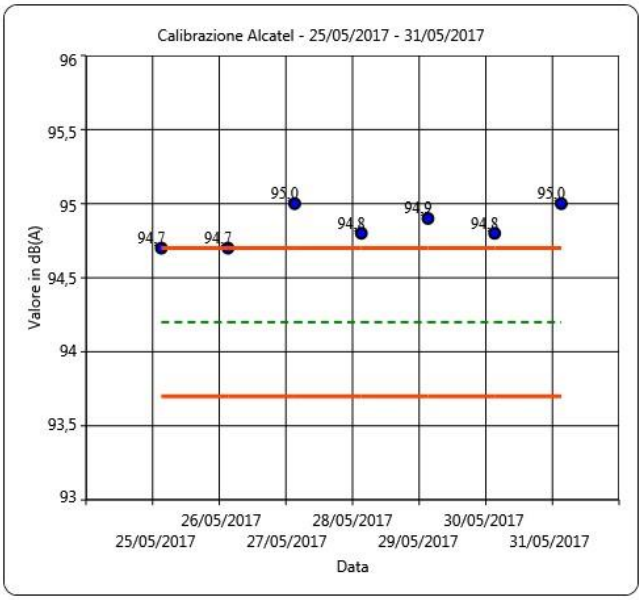

Figura 29: Calibrazioni check postazione Alcatel

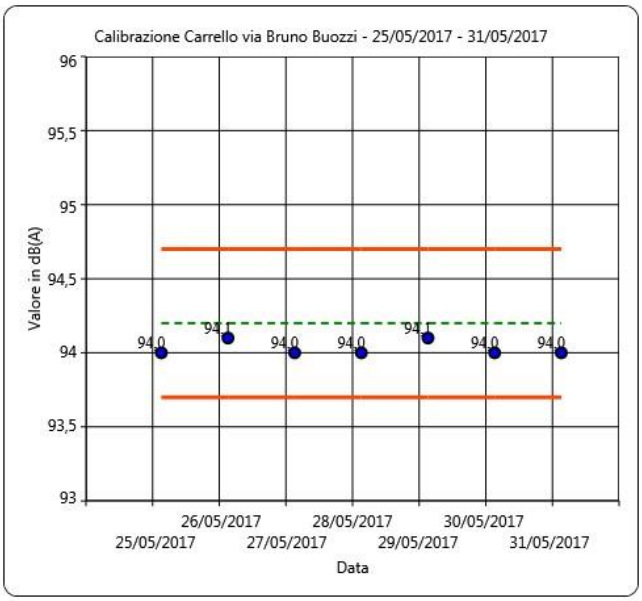

Figura 30: Calibrazioni check postazione Carrello Via Buozzi

I valori delle calibrazioni *check* risultano nella norma per tutto il periodo di acquisizione.

7.2 Calcolo del L_{VA}

Nel seguente capitolo vengono riportati i dati forniti dalle centraline della rete di monitoraggio durante le tre settimane di riferimento. Per ogni centralina SARA ha determinato i livelli giornalieri L_{VAj} ed infine calcolato il L_{VA} (Equazione 2: Il calcolo del LVA).

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

Equazione 2: Il calcolo del LVA

E' importante precisare che il livello L_{VAj} è l'indice di valutazione giornaliero. Le norme indicano di calcolare il suddetto livello nel seguente modo (Equazione 3: Il calcolo del LVAj, Equazione 4: Il calcolo del LVAd, Equazione 5: Il calcolo del LVAn).

$$L_{VAj} = 10\log(\frac{17}{24}10^{\frac{L_{VAd}}{10}} + \frac{7}{24}10^{\frac{L_{VAn}}{10}})$$

Equazione 3: Il calcolo del LVAj

$$L_{VAd} = 10\log(\frac{1}{T_d}\sum 10^{\frac{SEL_i}{10}})$$

Equazione 4: Il calcolo del LVAd

$$L_{VAn} = [10\log(\frac{1}{T_n}\sum 10^{\frac{SEL_i}{10}})] + 10$$

Equazione 5: Il calcolo del LVAn

Dove L_{VAd} ed L_{VAn} sono i contributi determinati rispettivamente durante il periodo diurno T_d e notturno T_n. Il legislatore definisce il periodo diurno l'intervallo 6:00-23:00 e quello notturno 23:00 - 6:00.

Si calcola il livello L_{VAj} sulle 24 ore che compongono il giorno solare.

Le linee guida ISPRA consigliano di calcolare due parametri utili a comprendere l'efficienza del sistema nella correlazione:

- Il rapporto tra gli eventi correlati ed il numero totale di operazioni dell'intera giornata (N_c/N);
- la percentuale di correlazione, cioè il rapporto tra numero di eventi correlati e il numero degli eventi rilevati.

L'aeroporto di Firenze, come già accennato in precedenza, dispone di tracce radar.

Inoltre, le linee guida affermano che ai fini del calcolo dell'indice annuale L_{VA} è auspicabile l'esistenza dei livelli L_{VAj} per tutti i 7 giorni identificati. Contrariamente devono essere eseguite, per ciascuna settimana scelta, le azioni riportate in Figura 31: Indicazioni delle linee guida ISPRA.

Nella presente relazione si seguono le medesime indicazioni.

Caso	*Dati mancanti*	*Azione correttiva*	*Metodologia di calcolo del dato surrogato*
A	Un solo valore giornaliero	Sostituire il dato giornaliero mancante	Media dei valori del periodo settimanale con dato mancante
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

Figura 31: Indicazioni delle linee guida ISPRA

Tutti gli eventi analizzati sono riportati in allegato. Vi sono una decina di eventi registrati presso Carrello e Alcatel più lunghi di 100 secondi che non è stato possibile correggere con il sistema NAT.

Nella presente relazione NON MANCANO GIORNI NE' DATI SIGNIFICATIVI per le centraline.

Il numero dei voli registrati totale della settimana è pari a 883. Il numero dei voli correlati è pari a 865. La percentuale di correlazione è pari al 98%.

Alcuni voli non correlati, come nel passato, sono associabili a voli doppi, cioè registrati due volte dal sistema. La percentuale di correlazione è tale da garantire l'assoluta validità della misura.

Si registra la mancanza di tre giornate complete di tracciati nel sistema. Ciò ha comportato grave pregiudizio alla correlazione in automatico e di fatto tutte le correlazioni di quei giorni sono effettuate manualmente. Il dato di pista dove manca il tracciato o è assente o non è spesso affidabile.

7.2.1 2101 Gonio

N° Postazione	*Codice*	*Postazione*	*Data*	*Lvaj dB(A)*	*Lvad dB(A)*	*Lvan dB(A)*	*Lden dB(A)*
54	2101	P2101 - Gonio	25/05/2017	70,1	71	67	71,6
54	2101	P2101 - Gonio	26/05/2017	70,6	70,7	70,3	71,9
54	2101	P2101 - Gonio	27/05/2017	69,6	70,6	64,4	71
54	2101	P2101 - Gonio	28/05/2017	70,4	70,9	68,8	72,3
54	2101	P2101 - Gonio	29/05/2017	70,1	70,6	68,6	71,5
54	2101	P2101 - Gonio	30/05/2017	69,4	70,2	66,9	70,5
54	2101	P2101 - Gonio	31/05/2017	70	69,8	70,4	70,7
N° Postazione	*Codice*	*Postazione*	*Data*	*LeqRD dB(A)*	*LeqRN dB(A)*	*% Eventi Correlati*	*% Voli Correlati*
54	2101	P2101 - Gonio	25/05/2017	59,6	49,5	87,0	89
54	2101	P2101 - Gonio	26/05/2017	58,5	52,7	86,5	91
54	2101	P2101 - Gonio	27/05/2017	56,6	52,3	95,9	96
54	2101	P2101 - Gonio	28/05/2017	55,7	52,4	95,3	96
54	2101	P2101 - Gonio	29/05/2017	55,3	52,4	100,0	96
54	2101	P2101 - Gonio	30/05/2017	58,4	49,8	93,6	97
54	2101	P2101 - Gonio	31/05/2017	55,6	51,1	94,0	97

Tabella 20: Analisi dei dati della centralina 2101 Gonio

L_{VA} [dBA]
70,1

Tabella 21: Calcolo del LVA per la postazione 2101 Gonio

7.2.2 2103 Poste

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	Lvaj dB(A)	Lvad dB(A)	Lvan dB(A)	Lden dB(A)
55	2103	P2103 - Poste	25/05/2017	50,7	51,1	49,7	50,7
55	2103	P2103 - Poste	26/05/2017	52	52,8	49,3	52,2
55	2103	P2103 - Poste	27/05/2017	50,3	51,8	0	50,5
55	2103	P2103 - Poste	28/05/2017	53,1	48,1	57,4	54,1
55	2103	P2103 - Poste	29/05/2017	54,7	55,9	48,1	55,2
55	2103	P2103 - Poste	30/05/2017	54,7	54,5	55,2	55,4
55	2103	P2103 - Poste	31/05/2017	49,9	51,4	0	50,5
N° Postazione	**Codice**	**Postazione**	**Data**	**LeqRD dB(A)**	**LeqRN dB(A)**	**% Eventi Correlati**	**% Voli Correlati**
55	2103	P2103 - Poste	25/05/2017	57,4	53,6	78,8	19
55	2103	P2103 - Poste	26/05/2017	57,6	53,2	68,0	25
55	2103	P2103 - Poste	27/05/2017	54,6	51,1	89,4	35
55	2103	P2103 - Poste	28/05/2017	54,3	50,8	78,9	23
55	2103	P2103 - Poste	29/05/2017	57,7	52,3	86,8	50
55	2103	P2103 - Poste	30/05/2017	57,6	53,7	87,0	50
55	2103	P2103 - Poste	31/05/2017	57,4	54,1	80,8	38

Tabella 22: Analisi dei dati della centralina 2103 Poste

L_{VA} [dBA]
52,6

Tabella 23: Calcolo del L_{VA} per la postazione 2103 Poste

7.2.3 2104 Alcatel

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	Lvaj dB(A)	Lvad dB(A)	Lvan dB(A)	Lden dB(A)
56	2104	P2104 - Alcatel	25/05/2017	56,5	58	0	56,5
56	2104	P2104 - Alcatel	26/05/2017	56,1	57,6	0	56,7
56	2104	P2104 - Alcatel	27/05/2017	56,5	58	0	56,6
56	2104	P2104 - Alcatel	28/05/2017	56	57,3	48	57,2
56	2104	P2104 - Alcatel	29/05/2017	58,8	59	58,2	59,3
56	2104	P2104 - Alcatel	30/05/2017	57,4	58,9	0	58,3
56	2104	P2104 - Alcatel	31/05/2017	57,8	59,3	0	58,1
N° Postazione	**Codice**	**Postazione**	**Data**	**LeqRD dB(A)**	**LeqRN dB(A)**	**Percentuale Eventi Correlati**	**Percentuale Voli Correlati**
56	2104	P2104 - Alcatel	25/05/2017	61	44	54,2	33
56	2104	P2104 - Alcatel	26/05/2017	60,1	45,3	54,7	31
56	2104	P2104 - Alcatel	27/05/2017	56,7	45,8	92,0	38
56	2104	P2104 - Alcatel	28/05/2017	54,4	44,2	95,7	34
56	2104	P2104 - Alcatel	29/05/2017	61,7	44,4	49,1	42
56	2104	P2104 - Alcatel	30/05/2017	63,3	45,5	40,4	38
56	2104	P2104 - Alcatel	31/05/2017	62	44,6	42,7	39

Tabella 24: Analisi dei dati della centralina 2104 Alcatel

L_{VA} [dBA]
57,1

Tabella 25: Calcolo del L_{VA} per la postazione 2104 Alcatel

7.2.4 Silfi

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	Lvaj dB(A)	Lvad dB(A)	Lvan dB(A)	Lden dB(A)
58	2106	P2106 - Silfi	25/05/2017	64,3	65,1	61,6	66,4
58	2106	P2106 - Silfi	26/05/2017	64,8	64,9	64,4	66,2
58	2106	P2106 - Silfi	27/05/2017	63,7	64,8	58,4	65,4
58	2106	P2106 - Silfi	28/05/2017	64,1	64,8	61,3	66,1
58	2106	P2106 - Silfi	29/05/2017	64,2	64,5	63,3	65,4
58	2106	P2106 - Silfi	30/05/2017	63,7	64,3	61,5	64,9
58	2106	P2106 - Silfi	31/05/2017	64,3	64	65	65,3
N° Postazione	**Codice**	**Postazione**	**Data**	**LeqRD dB(A)**	**LeqRN dB(A)**	**Percentuale Eventi Correlati**	**Percentuale Voli Correlati**
58	2106	P2106 - Silfi	25/05/2017	51,5	47,9	97,5	87
58	2106	P2106 - Silfi	26/05/2017	51,9	48,2	99,2	91
58	2106	P2106 - Silfi	27/05/2017	51,7	49	99,1	94
58	2106	P2106 - Silfi	28/05/2017	50,8	47,9	100,0	93
58	2106	P2106 - Silfi	29/05/2017	50,9	48,1	99,2	95
58	2106	P2106 - Silfi	30/05/2017	56,6	47,7	95,8	95
58	2106	P2106 - Silfi	31/05/2017	52,6	48,2	96,4	96

Tabella 26: Analisi dei dati della centralina 2106 Silfi

L_{VA} [dBA]
64,2

Tabella 27: Calcolo del L_{VA} per la postazione 2106 Silfi

7.2.5 Carrello Via Buozzi

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	Lvaj dB(A)	Lvad dB(A)	Lvan dB(A)	Lden dB(A)
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	25/05/2017	68,6	69,3	65,8	70,2
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	26/05/2017	68,9	69,1	68,2	70,1
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	27/05/2017	67,9	69	62,9	69,5
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	28/05/2017	68,5	69,2	65,6	70,3
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	29/05/2017	68,6	69	67,6	69,8
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	30/05/2017	67,9	68,6	65,3	69
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	31/05/2017	68,2	68,2	68,3	69,1
N° Postazione	Codice	Postazione	Data	LeqRD dB(A)	LeqRN dB(A)	Percentuale Eventi Correlati	Percentuale Voli Correlati
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	25/05/2017	65,8	57,2	37,3	86
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	26/05/2017	62,9	56,8	50,8	92
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	27/05/2017	61,3	57,5	67,3	95
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	28/05/2017	59,5	56,8	90,4	96
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	29/05/2017	63,3	55,6	49,0	96
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	30/05/2017	64,1	56,5	43,5	98
70	2111	P2111 – Carrello Via Buozzi	31/05/2017	63,4	57,3	40,4	97

Tabella 28: Analisi dei dati della centralina 2111 Carrello Via Buozzi

L_{VA} [dBA]
68,4

Tabella 29: Calcolo del L_{VA} per la postazione 2111 Carrello Via Buozzi

7.3 Validazione dei dati

Nei paragrafi precedenti (3.6.4 Validazione del dato acustico) sono stati discussi i criteri di validazione del dato acustico, in conformità alla normativa vigente ed alle linee guida ISPRA.

7.3.1 Validazione nei confronti delle condizioni meteorologiche

Nessun evento riconosciuto come di origine aeroportuale è stato escluso a causa delle condizioni meteo.

7.3.2 Validazione nei confronti della continuità di monitoraggio

Per quanto concerne la validità del dato dovuta alla continuità del monitoraggio, i dati risultano essere validi. Infatti, verificando l'*uptime* al 0, si evince che la percentuale di acquisizione è sempre maggiore del limite suggerito dalle linee guida ISPRA in quanto sempre al 100% per tutte le centraline tranne Gonio e Silfi. Per le centraline citate, come già rilevato, tale percentuale scende al 99.5%. Si è già spiegata la motivazione che porta a non modificare la scelta della settimana.

7.3.3 Significatività della misura

Nella relazione di Lva annuale sarà riportata la media degli eventi registrati nell'anno intero e quindi la significatività relativa di ogni settimana sull'indice generale. Per ciò che riguarda l'Aeroporto di Firenze, per caratteristiche, collaudo, percentuali di correlazione, non viene mai messa in dubbio la significatività delle misure.

8 STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA

Ad oggi il sistema di monitoraggio dell'aeroporto di Firenze è in buono stato di conservazione. Gli interventi di manutenzione ordinari previsti sono stati svolti regolarmente e con successo, assicurando al sistema un funzionamento regolare. Sono stati svolti anche interventi di manutenzione straordinaria alla centralina Poste.

Secondo gli oneri contrattuali, la Softech effettua la manutenzione ordinaria delle postazione ogni tre mesi.

9 OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA

Per gli aeroporti in cui il sistema di monitoraggio è integrato con i tracciati radar di ENAV, il sistema ADS-B costituisce una fonte di informazioni che si integra a quella di ENAV, andando a colmare le lacune strutturali di quest'ultimo sistema quali, a titolo di esempio, la mancanza di dati a causa della manutenzione del radar o la trasmissione parziale del volato reale.

Potrebbe essere utile, pertanto, provvedere all'*upgrade* del sistema attraverso l'installazione della tecnologia ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast), la quale permette una ricostruzione dei tracciati effettivi dei velivoli in tempo reale, attraverso gli apparati GPS installati a bordo. Il sistema ADS-B è una tecnica cooperativa utilizzata dall'ATC (Air Traffic Control).

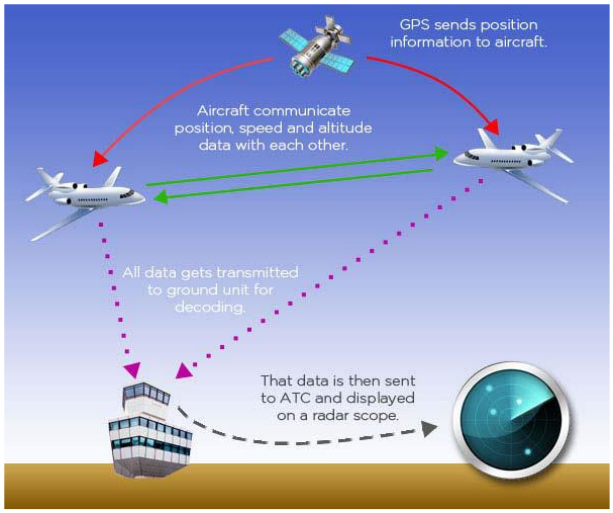

Figura 32: Il sistema ADS-B

10 CONCLUSIONI

I livelli Lva registrati rientrano nei limiti di zona B per la centralina Gonio, nei limiti di zona A per le centraline Silfi e Poste, e inferiore al Lva di 60 dB(A) alla centralina Alcatel.

11 ALLEGATI

1) Certificati ACCREDIA di taratura della strumentazione
2) Rapporti di calibrazione *change*
3) Dati meteo giornalieri
4) Elenco dati analizzati (foglio di calcolo excel)
5) Rapporti di manutenzione

Data	Firma
11 agosto 2018	Il Tecnico Competente in Acustica Ambientale (Prot. n. 38190 del 22/07/2003 della Provincia di Livorno) Dott.sa Tiziana Agostini