

Firenze 2016



SARA

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

Relazione redatta in conformità alle linee guida ISPRA

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE	3
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	4
3	IL SISTEMA DI MONITORAGGIO	4
3.1	Caratteristiche della strumentazione	5
3.2	Acquisizione dati	5
3.3	Meteo	6
3.4	C.E.D.	6
3.5	SARA	6
3.6	Algoritmo di elaborazione	8
4	GESTIONE DEL SISTEMA	13
4.1	Calibrazioni	13
4.2	Guasti e malfunzionamenti	14
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	24
7.1	Scelta del periodo di riferimento	24
7.2	Calcolo del L_{VA} annuale	24
8	STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA	26
9	OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA	26
10	CONCLUSIONI	27

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di riportare il livello L_{VA} annuale a seguito dell'analisi dei livelli di rumorosità, di origine aeronautica, generati dall'aeroporto civile di Firenze nei quadrimestri, 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	$L_{VA} > 75$	<i>"esclusivamente le attività funzionalmente connesse con l'uso ed i servizi delle infrastrutture aeroportuali"</i>
B	$65 < L_{VA} \leq 75$	<i>"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"</i>
A	$60 < L_{VA} \leq 65$	<i>"Non sono previste limitazioni"</i>
Aree esterne ad A, B e C	$L_{VA} \leq 60$	<i>"Non sono previste limitazioni"</i>

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.

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	<i>"Legge quadro sull'inquinamento acustico"</i>
D.P.R. 11 dicembre 1997 n.496	<i>"Regolamento recante norme per la riduzione dell'inquinamento acustico prodotto dagli aeromobili civili"</i>
D.M. 31 ottobre 1997	<i>"Metodologia di misura del rumore aeroportuale"</i>
D.P.C.M. 14 novembre 1997	<i>"Determinazione dei valori limiti delle sorgenti sonore"</i>
D.M. 16 marzo 1998	<i>"Tecniche di rilevamento e di misurazione dell'inquinamento acustico"</i>
D.M. 20 maggio 1999	<i>"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"</i>
D.P.R. 17 dicembre 1999 n.295	<i>"Regolamento recante modificazioni al Decreto del Presidente della Repubblica 11 dicembre 1997 n.496, concernente il divieto dei voli notturni"</i>
D.M. 3 dicembre 1999	<i>"Procedure antirumore e zone di rispetto negli aeroporti"</i>
D.M. 29 novembre 2000	<i>"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"</i>
D.Lgs. 17 gennaio 2005 n.13	<i>"Attuazione della direttiva 2002/30/CE relativa all'introduzione di restrizioni operative ai fini del contenimento del rumore negli aeroporti comunitari"</i>
D.Lgs. 19 agosto 2005 n.194	<i>"Attuazione della direttiva 2002/49/CE relativa alla determinazione e alla gestione del rumore ambientale"</i>
D.Lgs. 19 agosto 2005 n.195	<i>"Attuazione della direttiva 2003/4/CE sull'accesso al pubblico all'informazione ambientale"</i>
Linee guida ISPRA	<i>"Linee guida per la progettazione e la gestione delle reti di monitoraggio acustico aeroportuale"</i>

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 meteorologiche, 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 meteorologica è in grado di rilevare in continuo direzione e velocità del vento, pioggia, temperatura, e pressione atmosferica.

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_{VAi} , 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

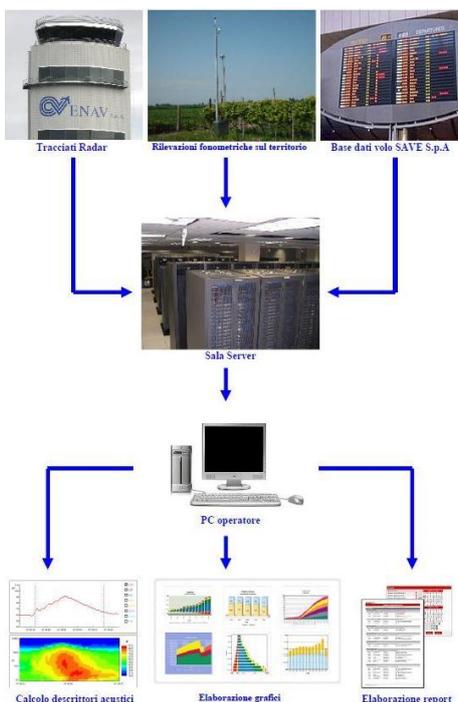


Figura 2: Schema di funzionamento del software SARA

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*.

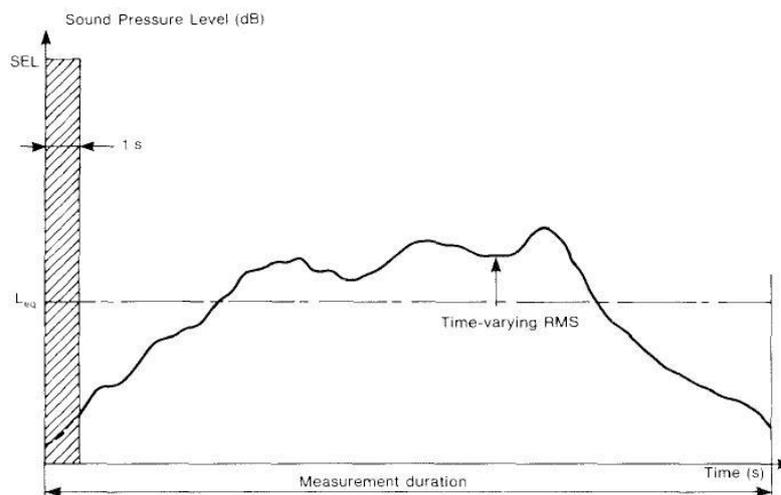


Figura 3: Determinazione del SEL

$$SEL_i = 10 \text{Log} \left[\frac{1}{T_0} \int_{t_1}^{t_2} \frac{p_{A_i}^2(t)}{p_0^2} dt \right] = L_{Aeq} + 10 \text{Log} \left(\frac{T_1}{T_0} \right)$$

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 $T_i = t_2 - t_1$ in cui il livello L_A risulta essere superiore alla soglia $L_{AFmax} - 10 \text{ dB}$ " (Figura 4: Determinazione dell'evento).

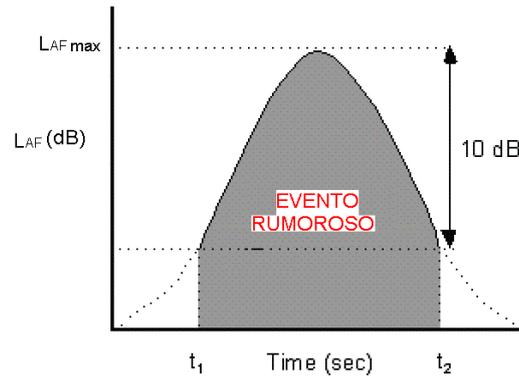


Figura 4: Determinazione dell'evento

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).

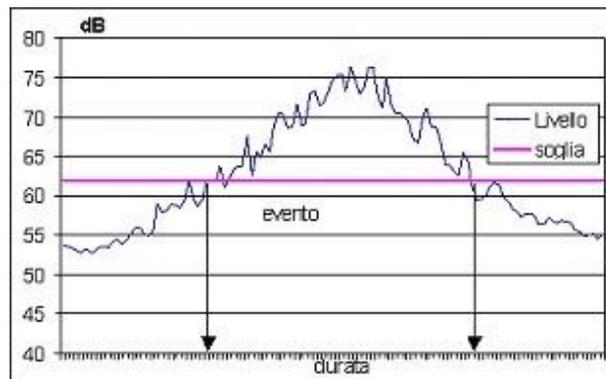


Figura 5: SARA e la discriminazione per superamento di soglia

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 r_1 e r_2 ed avente centro nella postazione stessa.

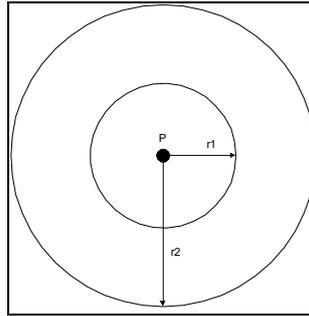


Figura 6: Geometria della postazione (pianta)

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 t_0 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 $t_0 + \delta t$ 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 $[-\delta t_a, +\delta t_b]$, 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 adottare 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 L_{VAj} . Il numero di eventi utilizzati nel calcolo dei L_{VAj} 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'LVAj	
LVAjd (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.
LVAjn (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 LVA, 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 microfonia. 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. I rapporti di calibrazione sono riportati nelle relazioni quadrimestrali.

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'aeroporto¹

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.

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 aeroportuale²

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 dichiarate³

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.

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 7: Ubicazione dell'aeroporto

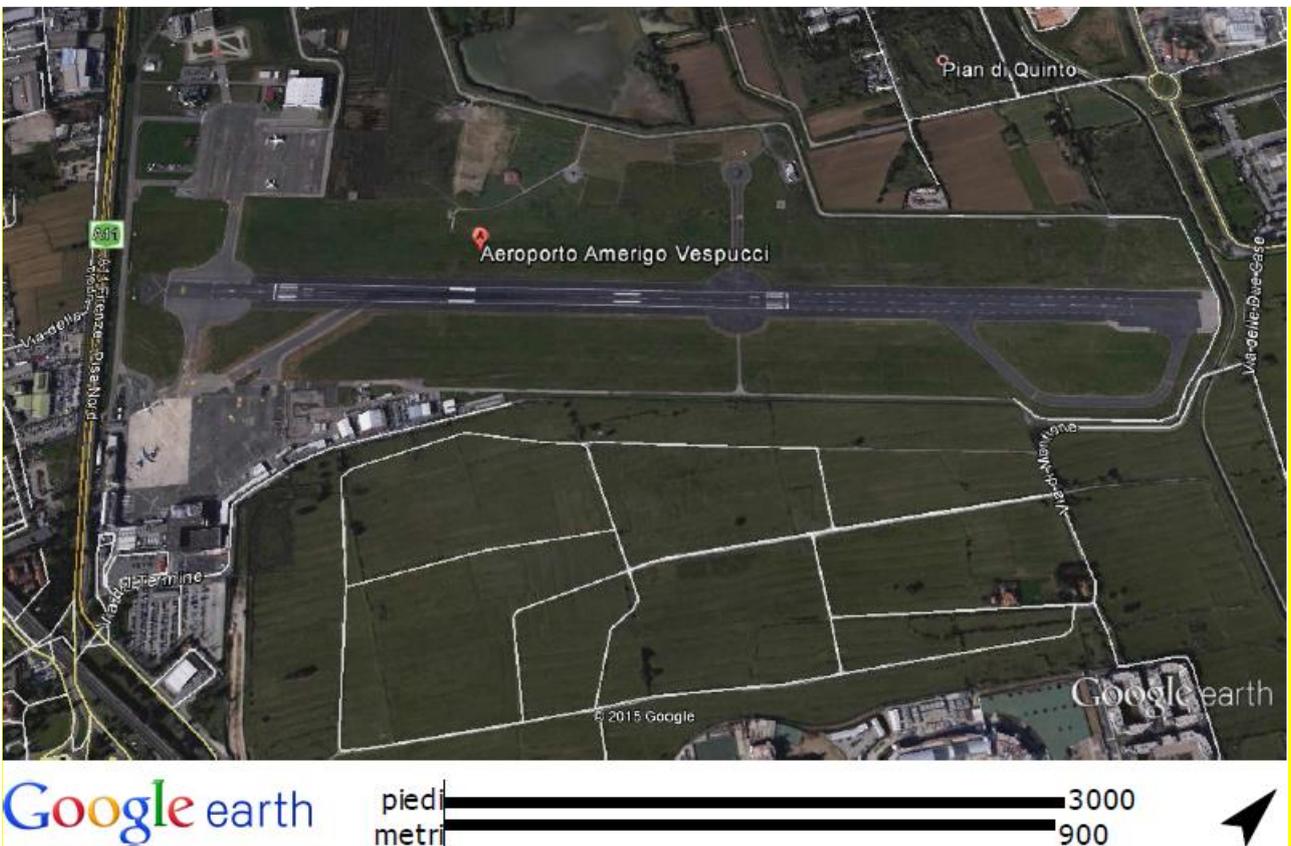


Figura 8: Sedime aeroportuale



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 Buoizzi	Sì, Zona A	43°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

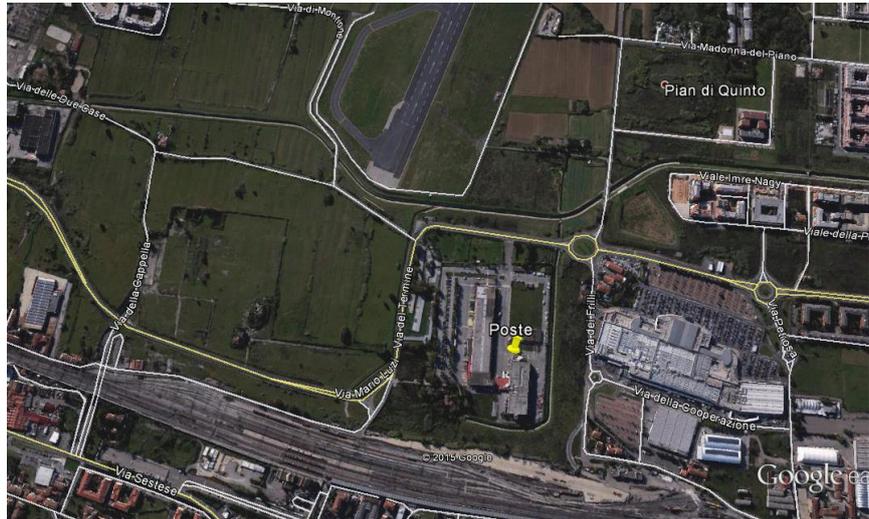


Figura 16: Ubicazione della centralina

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	Provista 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	Provvisa 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

I riferimenti ai certificati accredia per ogni centralina sono riportati nelle relazioni quadrimestrali così come i certificati di taratura e/o del costruttore.

6.8 Report guasti ed interventi di manutenzione

I report di manutenzione ordinaria e straordinaria sono allegati alle relazioni quadrimestrali.

7 ANALISI DEI DATI

I paragrafi successivi mostrano l'analisi dei dati necessari al calcolo del L_{VA} annuale, 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 alle settimane a maggiore traffico aereo individuate nei tre quadrimestri.

Nella tabella successiva si riportano le tre settimane di indagine ognuna relativa al quadrimestre di riferimento. Il livello L_{VA} annuale è calcolato sui dati di queste tre settimane. I risultati e l'analisi di dettaglio che hanno portato alla scelta delle settimane sono riportati nelle relazioni quadrimestrali (Tabella 18: Scelta delle settimane di riferimento).

Periodo di riferimento	
Settimana 1	Dal 25/05/2016 al 31/05/2016
Settimana 2	Dal 05/07/2016 al 11/07/2016
Settimana 3	Dal 03/10/2016 al 09/10/2016

Tabella 18: Scelta delle settimane di riferimento

7.2 Calcolo del L_{VA} annuale

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 L_{VA}).

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

Equazione 2: Il calcolo del L_{VA}

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 L_{VAj} , Equazione 4: Il calcolo del L_{VAd} , Equazione 5: Il calcolo del L_{VAn}).

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

Equazione 3: Il calcolo del L_{VAj}

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

Equazione 4: Il calcolo del L_{VAd}

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

Equazione 5: Il calcolo del L_{VAn}

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 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**

Nella presente relazione si seguono le medesime indicazioni.

<i>Caso</i>	<i>Dati mancanti</i>	<i>Azione correttiva</i>	<i>Metodologia di calcolo del dato surrogato</i>
<i>A</i>	Un solo valore giornaliero	Sostituire il dato giornaliero mancante	Media dei valori del periodo settimanale con dato mancante
<i>B</i>	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 21: Indicazioni delle linee guida ISPRA

Tutti gli eventi analizzati sono riportati in allegato alle relazioni quadrimestrali.

Si riporta in “Tabella 19: Calcolo del LVA annuale per le centraline” il livello Lva annuale per ognuna delle centraline fisse. Viene esclusa la centralina mobile carrello perché non ha continuità di acquisizione e durante le settimane in esame può non essere attiva.

P101 Gonio	P103 Poste	P104 Alcatel	P106 Silfi
L _V A [dBA]			
70,0	54,1	56,6	63,9

Tabella 19: Calcolo del LVA annuale per le centraline

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.

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).

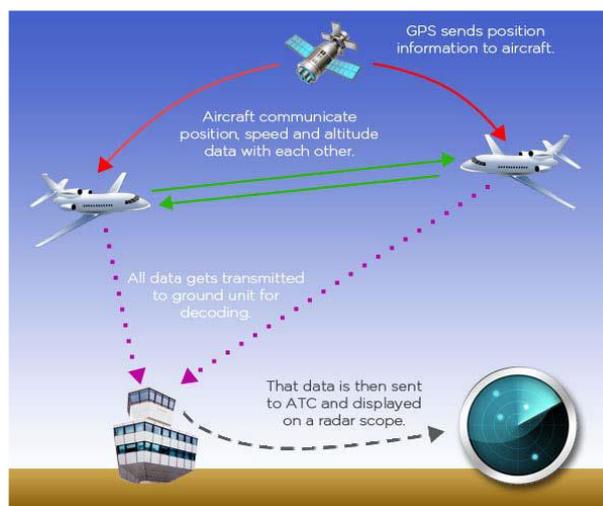


Figura 22: Il sistema ADS-B

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.

Data

27 marzo 2017

**Il Tecnico Competente in Acustica Ambientale
(Prot. n. 38190 del 22/07/2003 della Provincia
di Livorno)**

Dott.ssa Tiziana Agostini