

# Firenze 2019



## SARA

### Relazione tecnica di valutazione della rumorosità prodotta dall'aeroporto di Firenze Quadrimestre Febbraio Maggio 2019

*Relazione redatta in conformità alle linee guida ISPRA*

## SOMMARIO

<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2 RIFERIMENTI NORMATIVI</b>	<b>2</b>
<b>3 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO</b>	<b>3</b>
3.1 Caratteristiche della strumentazione	3
3.2 Acquisizione dati	4
3.3 Meteo	4
3.4 C.E.D.	4
3.5 SARA	5
3.6 Algoritmo di elaborazione	6
<b>4 GESTIONE DEL SISTEMA</b>	<b>11</b>
4.1 Calibrazioni	12
4.2 Guasti e malfunzionamenti	12
<b>5 L'AEROPORTO</b>	<b>13</b>
<b>6 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AEROPORTO DI FIRENZE</b>	<b>16</b>
6.1 Gonio - 2101	18
6.2 Carrello 2018 - Via della Pace - 2115	19
6.3 Carrello Via Funaioli - 2114	20
6.4 Poste - 2103	21
6.5 Silfi - 2106	22
6.6 Alcatel - 2104	23
6.7 Caratteristiche intrinseche del sistema aeroporto - rete di monitoraggio	24
6.8 Certificati ACCREDIA	24
6.9 Report guasti ed interventi di manutenzione	25
<b>7 ANALISI DEI DATI</b>	<b>25</b>
7.1 Scelta del periodo di riferimento	25
7.2 Calcolo del $L_{VA}$	31
7.3 Validazione dei dati	38
<b>8 STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA</b>	<b>39</b>
<b>9 OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA</b>	<b>39</b>
<b>10 CONCLUSIONI</b>	<b>40</b>
<b>11 ALLEGATI</b>	<b>40</b>

## 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 2019, 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;
- 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	<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.

<b>Normative per microfoni e filtri</b>
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 Via Funaioli FX5202 e per Carrello Via della Pace FX5498.

### 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. 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.);



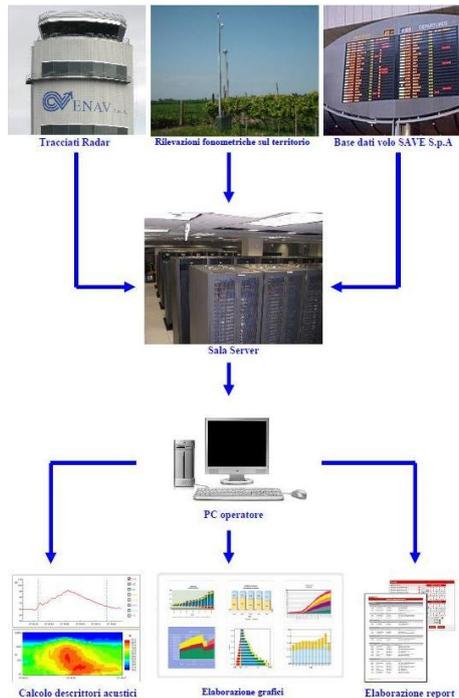


Figura 2: Schema di funzionamento del software SARA

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*.

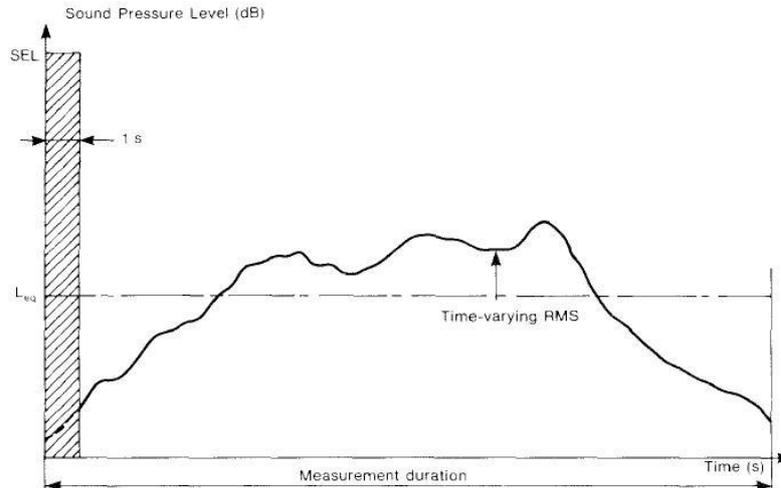


Figura 3: Determinazione del SEL

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

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).

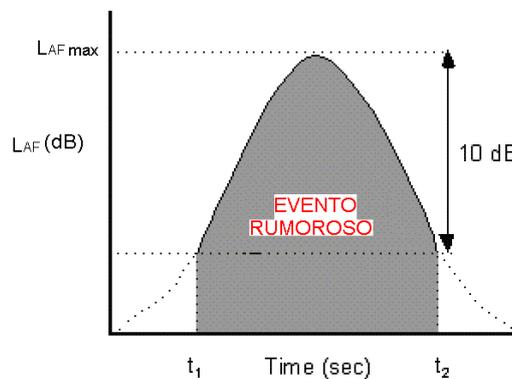


Figura 4: Determinazione dell'evento

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).

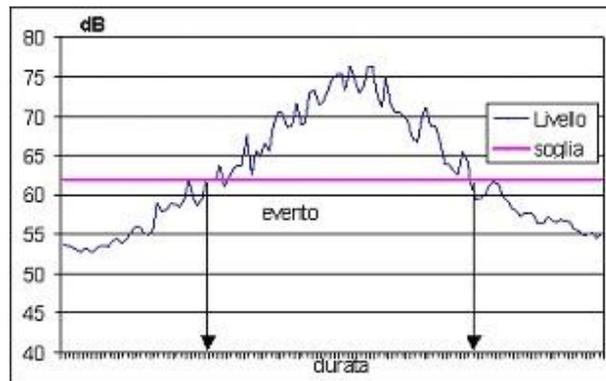


Figura 5: SARA e la discriminazione per superamento di soglia

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.

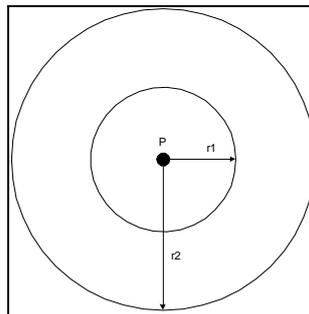


Figura 6: Geometria della postazione (pianta)

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  $\delta t$ . 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  $\delta t$  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  $L_{VAj}$ ).

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  $L_{VAj}$ 

## 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 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 (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 periodo 2000 - 2018.

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

Tabella 8: Caratteristiche principali dell'aeroporto<sup>1</sup>

Anno	Passeggeri	Aeromobili
2000	1.521.272	35.699
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
2017	2.658.049	35.490
2018	2.719.081	34.226

Tabella 9: Traffico aeroportuale<sup>2</sup>

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<sup>3</sup>

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.

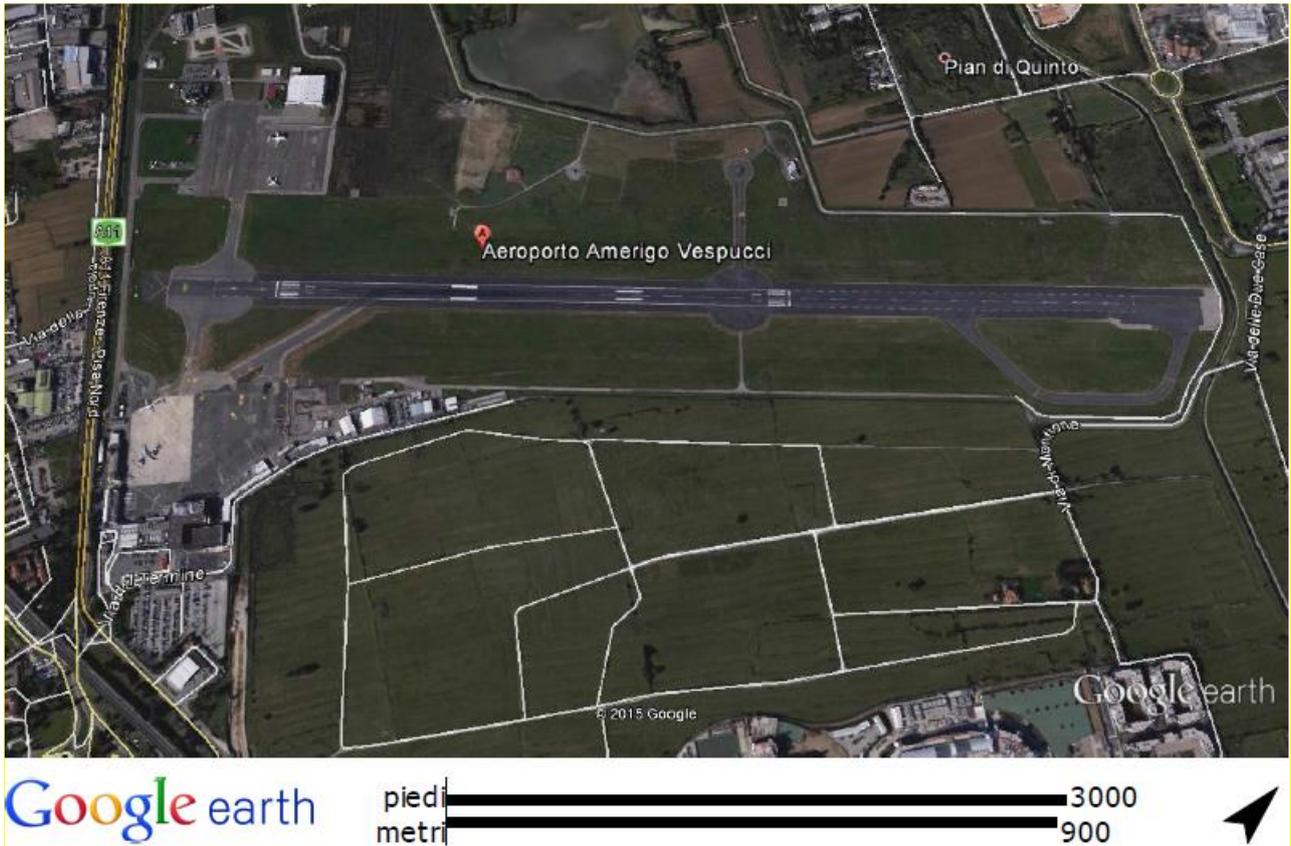


Figura 8: Sedime aeroportuale

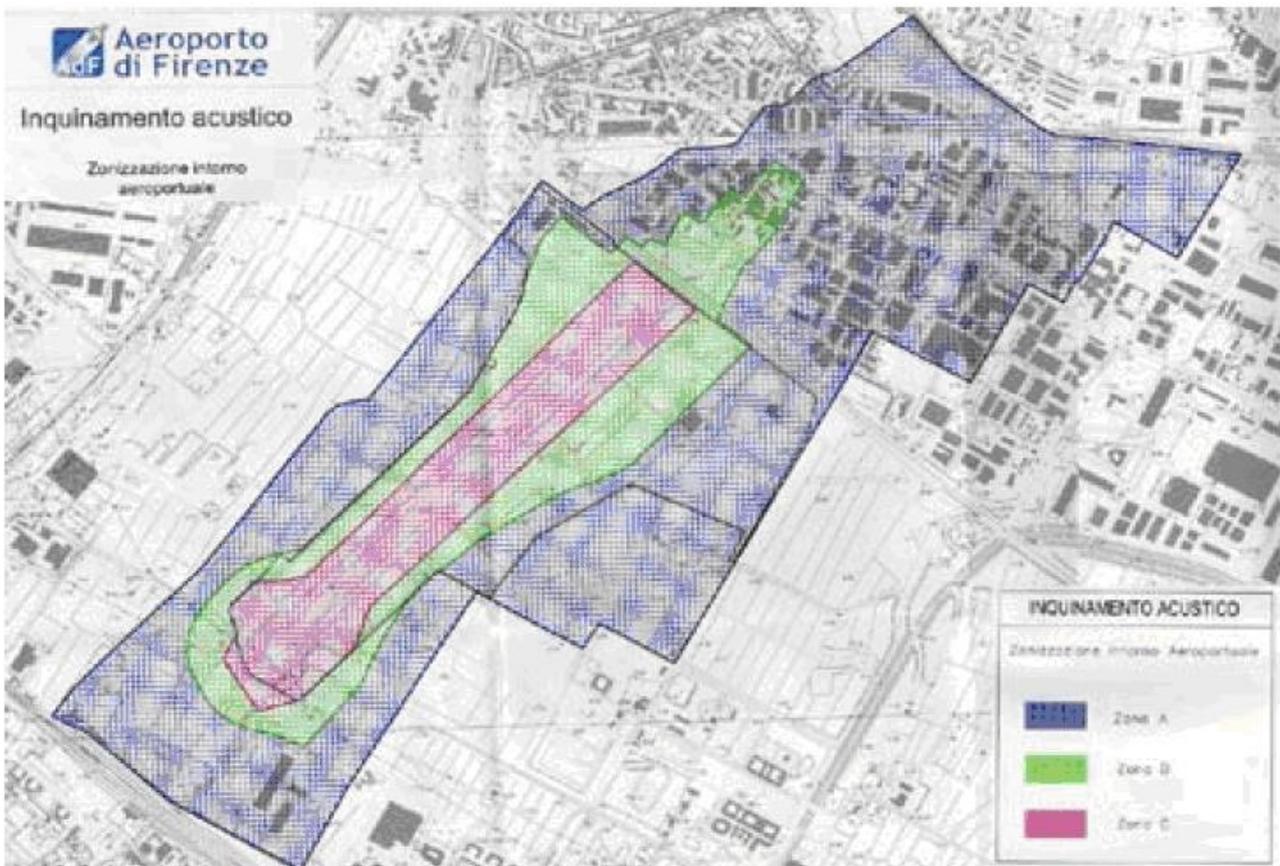


Figura 9: Zonizzazione aeroportuale.

## 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). Le nuove postazioni dei carrelli sono state definite su richiesta di Arpat.

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
2114	Carrello Via Funaioli	No	43°47'54.71"N 11°11'17.68"E	no
2115	Carrello 2018-Via della Pace	Sì, Zona A	43°48'04.43"N 11°11'32.05"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
2114 Carrello Via Funaioli	65	9
2115 Carrello 2018-Via della Pace	69	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 2018 - Via della Pace - 2115

La centralina 2115 (Figura 13: La centralina, Figura 14: Ubicazione della centralina, Tabella 14: Caratteristiche della centralina 2114 – Carrello 2018 – Via Buozzi) si trova in zona A, su strada. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto dal lato della testata pista 23. Il carrello mobile ha il microfono a circa 3 metri da terra; si trova a sinistra dell'asse della pista a circa 850 metri dal medesimo (Figura 13: La centralina).



Figura 13: La centralina



Figura 14: Ubicazione della centralina

2115 – Carrello 2018-Via della Pace		
Ubicazione	Posizione della centralina	Strada – lato pista testata 23 43°49'12.33"N 11°12'14.88"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	Thor
	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 2114 – Carrello 2018-Via della Pace

### 6.3 Carrello Via Funaioli - 2114

La centralina 2114 (Figura 13: La centralina, Figura 14: Ubicazione della centralina, Tabella 14: Caratteristiche della centralina 2114 – Carrello Via Funaioli) si trova fuori zona A, su strada. Quest'ultima è alla sinistra dell'asse della pista a circa 1250 m di distanza dal medesimo. Il carrello mobile ha il microfono a circa 3 metri da terra (Figura 13: La centralina).



Figura 15: La centralina



Figura 16: Ubicazione della centralina

2114 – Carrello Via Funaioli		
Ubicazione	Posizione della centralina	Strada – lato pista tra testata 05 e 23 43°49'6.27"N 11°11'36.77"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 15: Caratteristiche della centralina 2114 – Carrello Via Funaioli



## 6.5 Silfi - 2106

La centralina 2106 (Figura 19: La centralina, Figura 20: Ubicazione della centralina, Tabella 17: 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 19: La centralina).



Figura 19: La centralina



Figura 20: 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 Ch1
	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 2106 - Silfi

## 6.6 Alcatel - 2104

La centralina 2104 (Figura 21: La centralina **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Figura 22: Ubicazione della centralina, Tabella 18: 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 21: La centralina).



Figura 21: La centralina

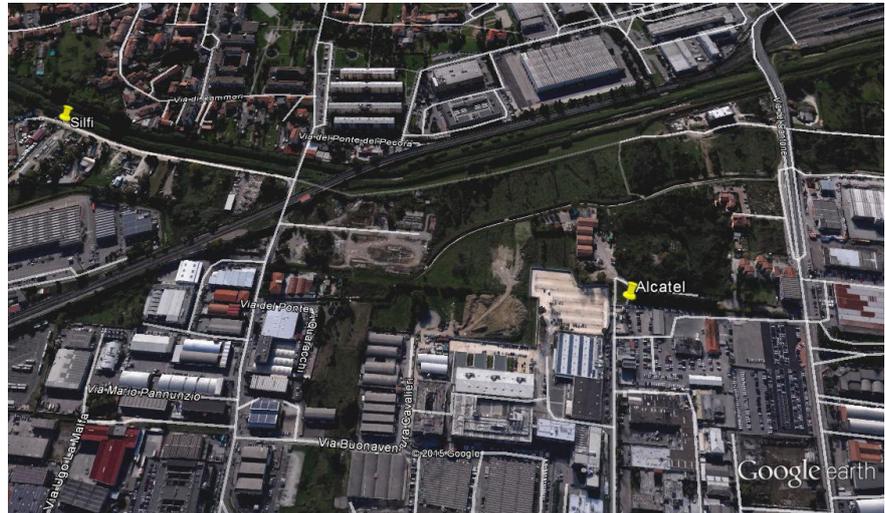


Figura 22: Ubicazione della centralina

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 18: Caratteristiche della centralina 2104- Alcatel

## 6.7 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 dalla centralina Silfi. La centralina Alcatel individua per lo più i decolli lungo la direzione principale, a seguito degli eventi di Gonio, 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. Le due centraline su carrello nella nuova posizione sono state richieste da Arpat in prospettiva della realizzazione della nuova pista.

## 6.8 Certificati ACCREDIA

Nome centralina	Strumenti	Certificato
2101 - Gonio	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 163 18412-A rilasciato dal centro di taratura n. 163 in data 06 luglio 2018
2103 - Poste	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 163 18410-A rilasciato dal centro di taratura n. 163 in data 06 luglio 2018
2104 - Alcatel	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 163 18067-A rilasciato dal centro di taratura n. 163 in data 22 maggio 2018
2106 - Silfi	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 41175-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 03 maggio 2018
2114 – Carrello Via Funaioli	Fonometro Kit per esterni Carrello Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 163 18411-A rilasciato dal centro di taratura n. 163 in data 06 luglio 2018
2115 – Carrello 2018-Via della Pace	Fonometro Kit per esterni Carrello Cavo Microfono	Certificato fornito dal Costruttore. Strumentazione nuova
Tutte le catene fonometriche	Calibratore	BK4231 Certificato Accredia n. 068 41167-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 03-05-2018

Tabella 19: Certificati ACCREDIA delle catene fonometriche

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

## 6.9 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 2019. Quella scelta riportata di seguito è la settimana di maggior traffico con la contemporanea presenza dei dati idonei su tutte le centraline (Tabella 20: Scelta della settimana di riferimento). Non coincide con quella determinata dal sistema e si è perso meno del 5 per cento dei voli.

Periodo di riferimento	
Settimana	Dal 14/05/2019 al 20/05/2019

Tabella 20: Scelta della settimana di riferimento

Sono stati registrati 399 atterraggi, 392 decolli, 0 sorvolo per un totale di 791 voli.

#### 7.1.1 Le condizioni meteorologiche

I dati meteo giornalieri sono presenti nell'allegato n°4. Qui di seguito si riportano gli andamenti grafici della velocità del vento e della pioggia.

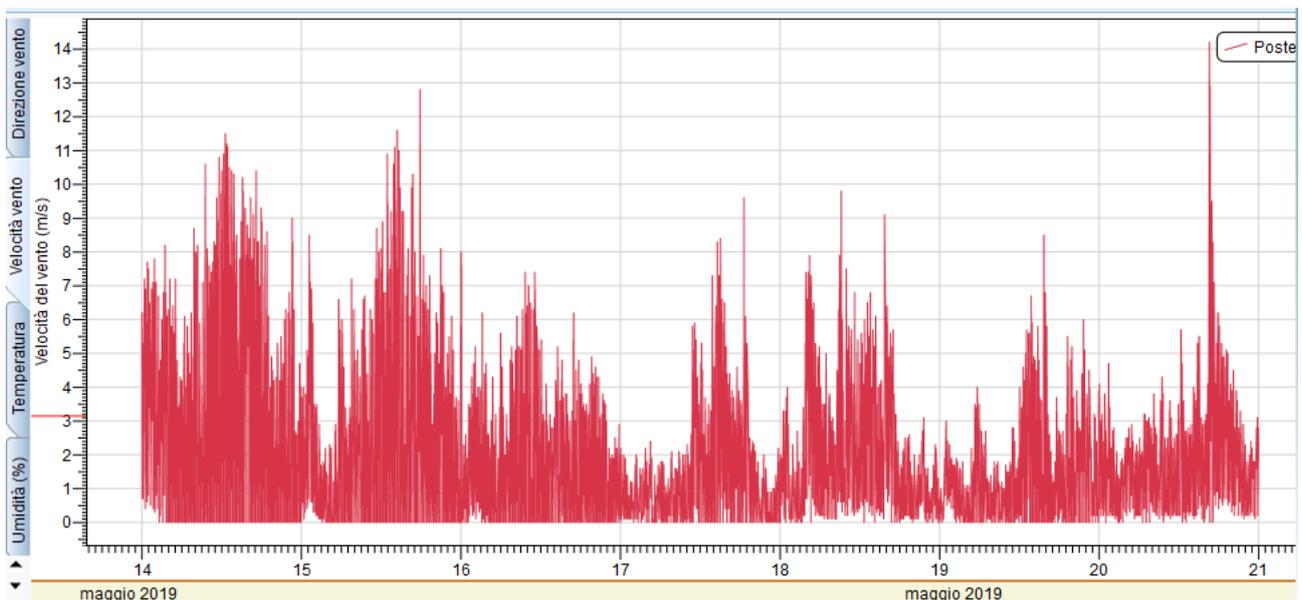


Figura 23: Grafico della velocità del vento acquisita dalla centralina POSTE

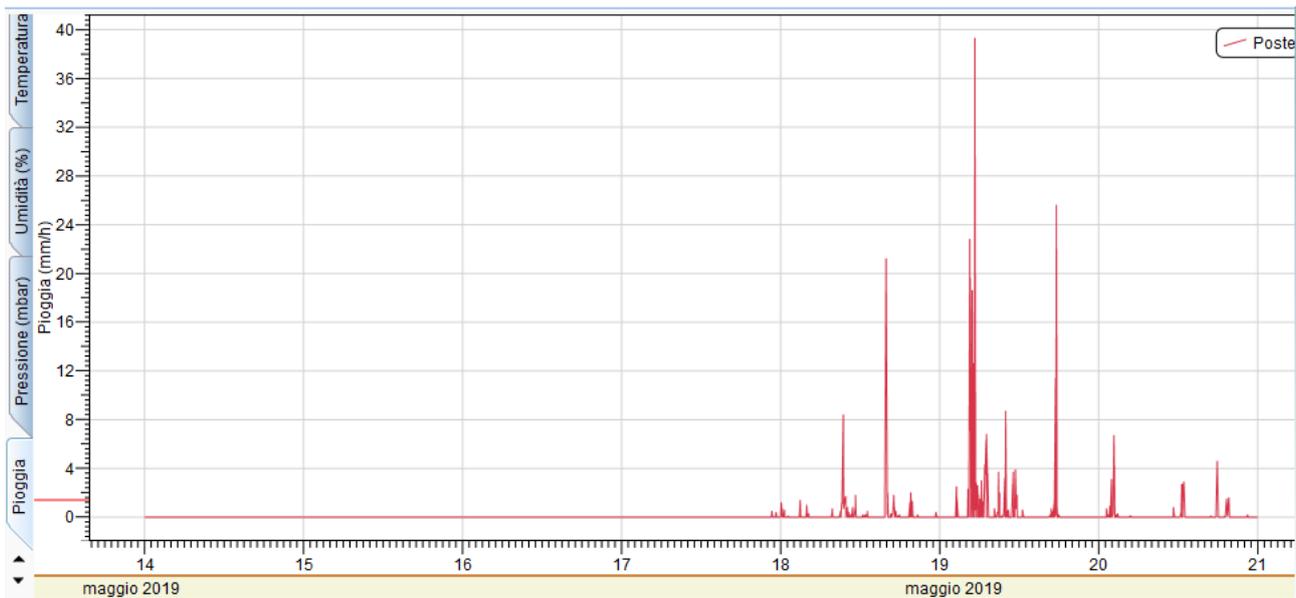


Figura 24: Grafico delle precipitazioni acquisito dalla centralina Poste

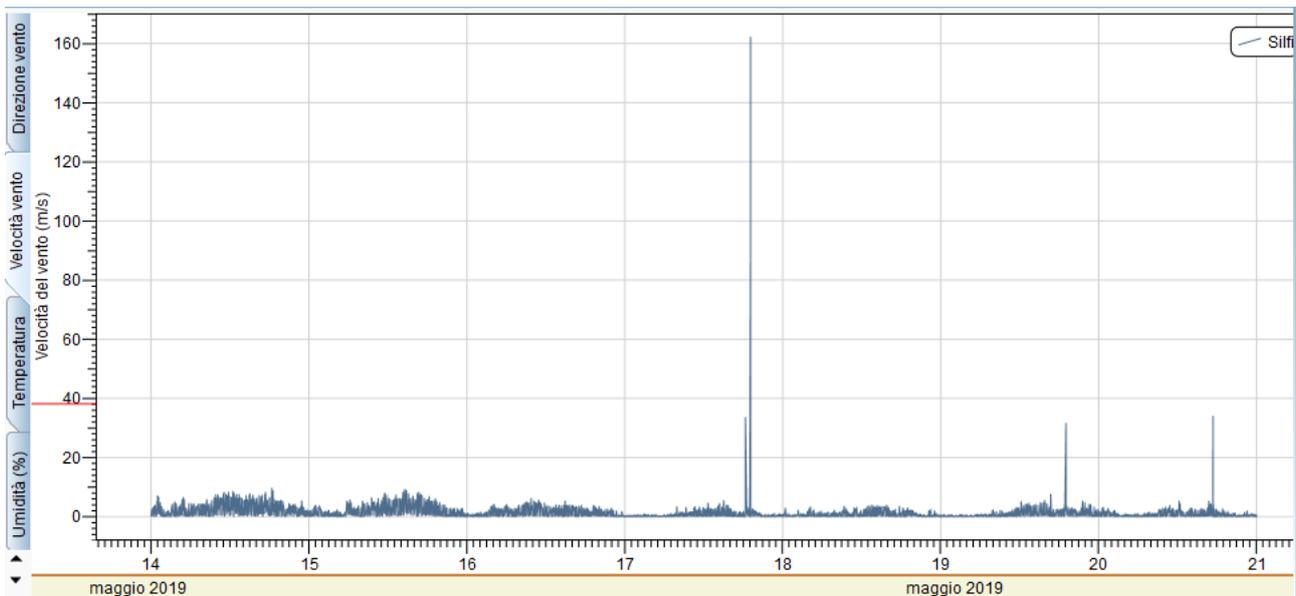


Figura 25: Grafico della velocità del vento acquisita dalla centralina Silfi

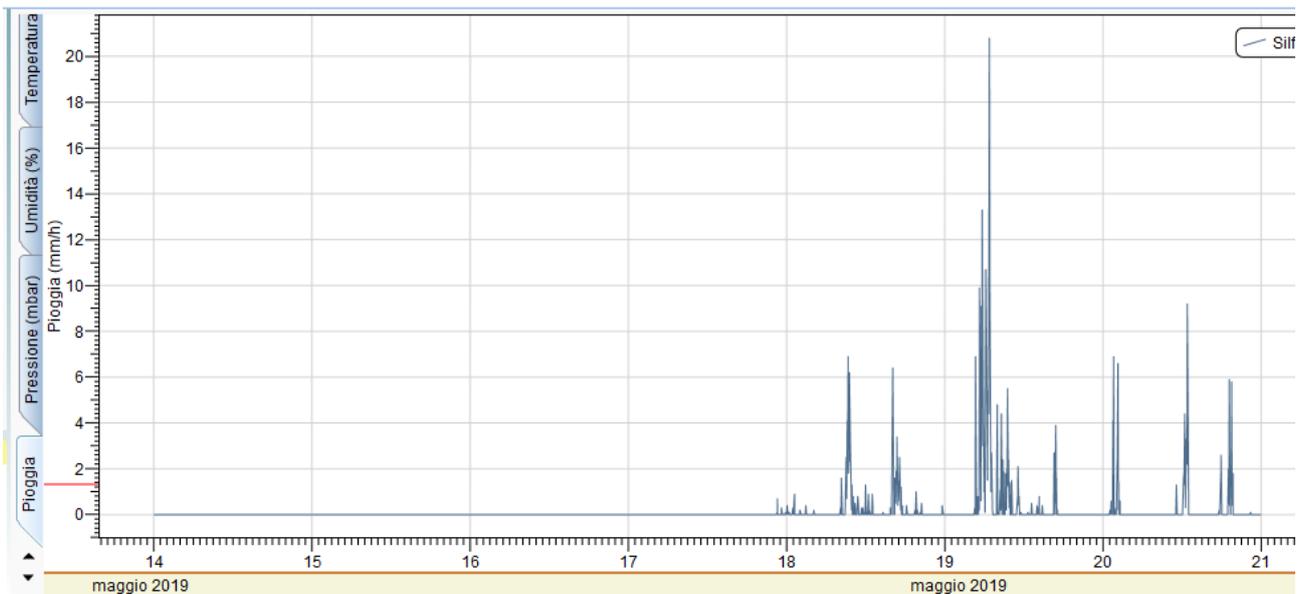


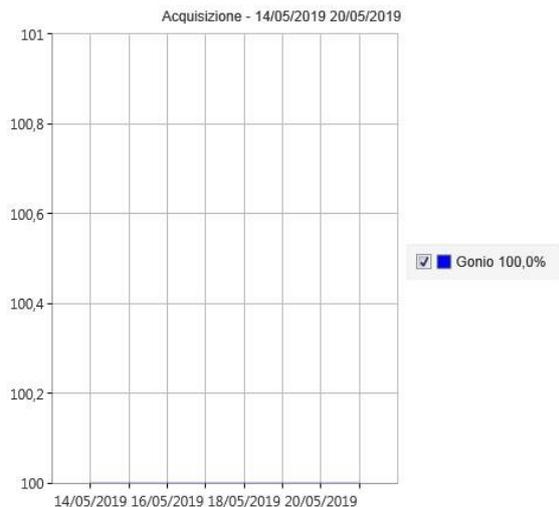
Figura 26: Grafico delle precipitazioni acquisito dalla centralina Silfi

### 7.1.2 Up time

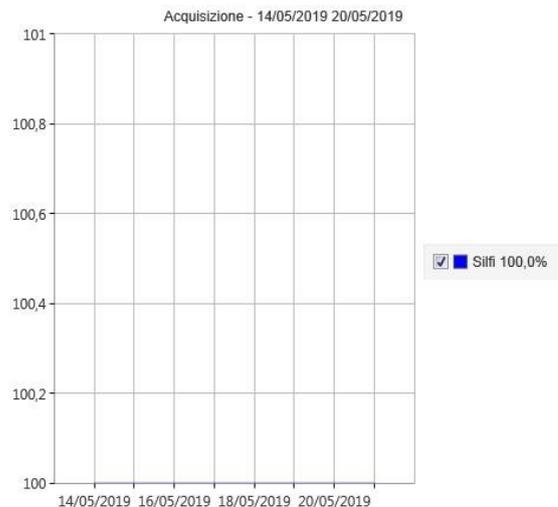
Il sistema per ciascuna centralina nella settimana di riferimento ha acquisito il 100% dei dati ad esclusione della centralina Poste che ha avuto un calo fino al 0.9% circa sul giornaliero.

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

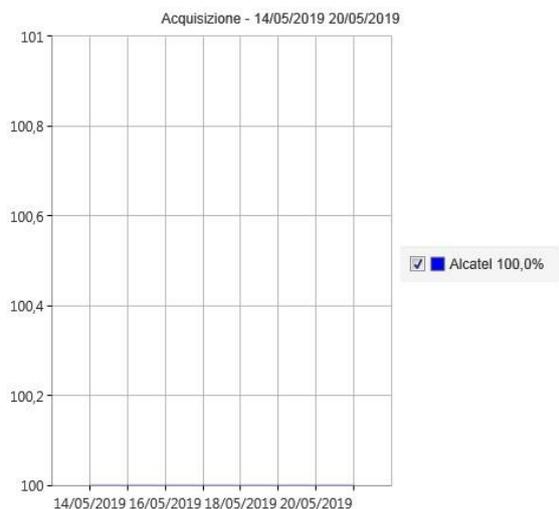
I grafici evidenziano un ottimo funzionamento del sistema senza alcuna interruzione significativa nell'acquisizione dei dati, garantendo in tal modo continuità al monitoraggio e la validazione dei dati sotto il profilo della continuità di rilievo. L'acquisizione delle centraline è stata interrotta ma le interruzioni non hanno avuto significatività in termini di eventi acquisiti e di registrazione di livello Lva.



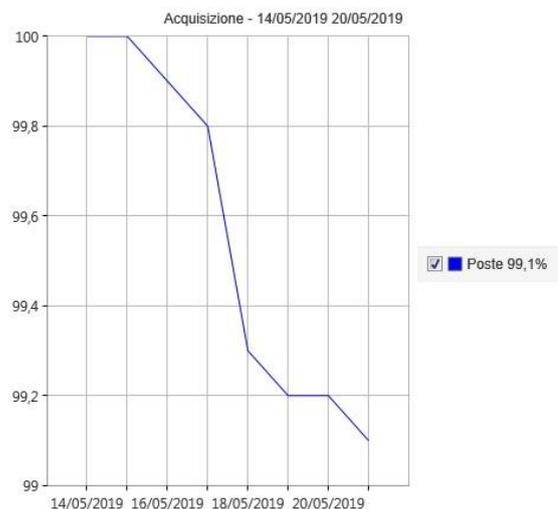
**Figura 27: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Gonio**



**Figura 28: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Silfi**



**Figura 29: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Alcatel**



**Figura 31: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Poste**

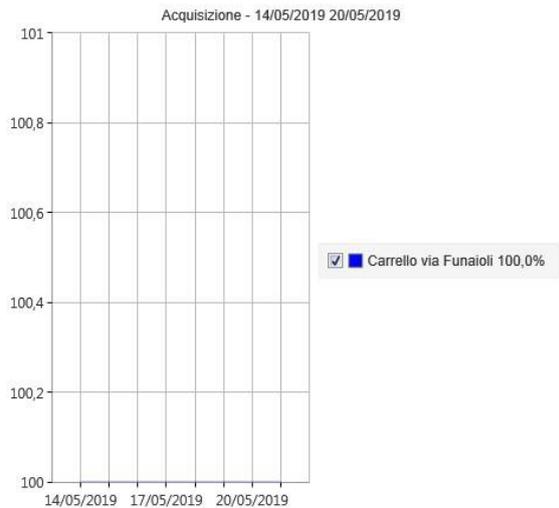


Figura 30: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione carrello Via Funaioli

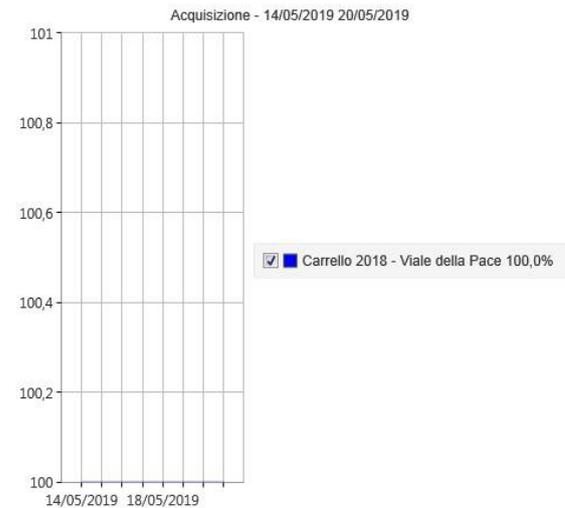


Figura 32: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione carrello 2018 Via della Pace

### 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. La centralina poste per un periodo di acquisizione non ha registrato i dati meteo completi e, pur acquisendo dati, non ha espletato al completo le proprie funzioni. Per la calibratura fa quindi testo sia il risultato della calibratura manuale che gli esiti positivi delle calibrazioni dei periodi successivi.

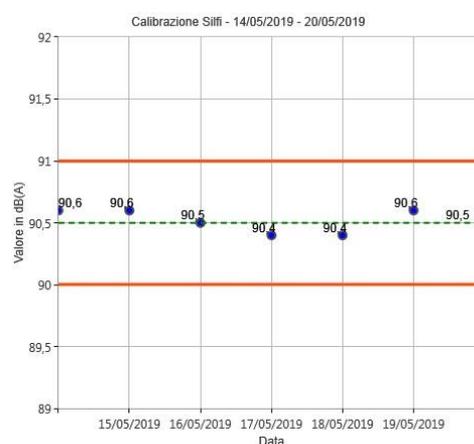


Figura 33: Calibrazioni check postazione Silfi

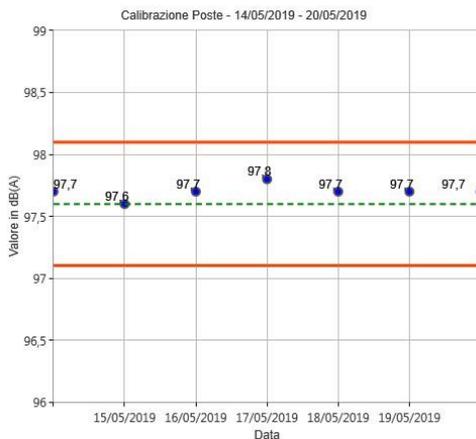


Figura 34: Calibrazioni check postazione Poste



Figura 35: Calibrazioni check postazione Gonio

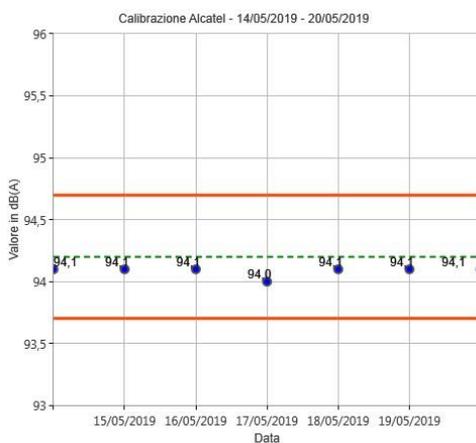


Figura 36: Calibrazioni check postazione Alcatel

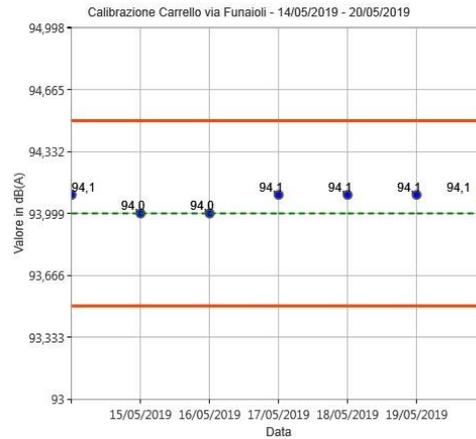


Figura 37: Calibrazioni check postazione Carrello Via Funaioli

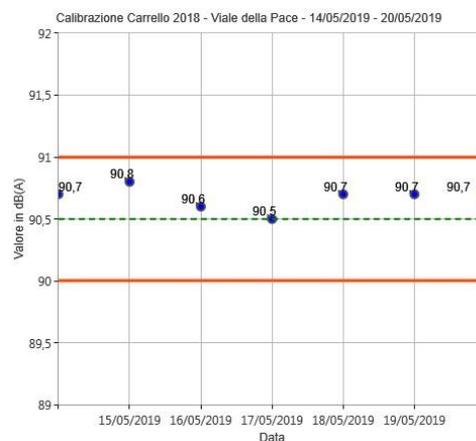


Figura 38: Calibrazioni check postazione Carrello Via della Pace

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

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

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 LVAd

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

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 39: Indicazioni delle linee guida ISPRA.

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 39: Indicazioni delle linee guida ISPRA

Tutti gli eventi analizzati sono riportati in allegato.

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

**Il numero dei voli registrati totale della settimana è pari a 791. Il numero dei voli correlati è pari a 769. La percentuale di correlazione è pari al 97%.**

**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.**

## 7.2.1 2101 Gonio

<i>N° Postazione</i>	<i>Codice</i>	<i>Postazione</i>	<i>Data</i>	<i>Lvaj dB(A)</i>	<i>Lvad dB(A)</i>	<i>Lvan dB(A)</i>	<i>Lden dB(A)</i>
54	2101	P2101 - Gonio	14/05/2019	70,1	69,8	70,6	71,3
54	2101	P2101 - Gonio	15/05/2019	70	70,7	67,8	72
54	2101	P2101 - Gonio	16/05/2019	69,4	70,4	65,1	70,8
54	2101	P2101 - Gonio	17/05/2019	70,3	70,9	68,2	71,8
54	2101	P2101 - Gonio	18/05/2019	71,7	72,1	70,8	73,1
54	2101	P2101 - Gonio	19/05/2019	70,9	71,6	68,2	72
54	2101	P2101 - Gonio	20/05/2019	70,4	71,1	68	71,8
<i>N° Postazione</i>	<i>Codice</i>	<i>Postazione</i>	<i>Data</i>	<i>LeqRD dB(A)</i>	<i>LeqRN dB(A)</i>	<i>% Eventi Correlati</i>	<i>% Voli Correlati</i>
54	2101	P2101 - Gonio	14/05/2019	59	51,7	96,4	75,0
54	2101	P2101 - Gonio	15/05/2019	59,9	50,9	93,0	84,0
54	2101	P2101 - Gonio	16/05/2019	56	49,9	94,3	92,0
54	2101	P2101 - Gonio	17/05/2019	55,3	50	98,2	93,0
54	2101	P2101 - Gonio	18/05/2019	57,2	48,9	95,2	93,0
54	2101	P2101 - Gonio	19/05/2019	54,9	56,3	96,7	100
54	2101	P2101 - Gonio	20/05/2019	58,7	49,5	95,5	96,0

Tabella 21: Analisi dei dati della centralina 2101 Gonio

<i>L<sub>VA</sub> [dBA]</i>	<i>L<sub>VA</sub> [dBA] Annuale</i>
70,5	70,7

Tabella 22: Calcolo del LVA per la postazione 2101 Gonio

## 7.2.2 2103 Poste

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L <sub>vaj</sub> dB(A)	L <sub>vad</sub> dB(A)	L <sub>van</sub> dB(A)	L <sub>den</sub> dB(A)
55	2103	P2103 - Poste	14/05/2019	58,8	60,2	50,5	58,8
55	2103	P2103 - Poste	15/05/2019	56,6	57,8	49,5	57
55	2103	P2103 - Poste	16/05/2019	54,8	53,5	56,8	56,1
55	2103	P2103 - Poste	17/05/2019	55	55,1	54,8	56,3
55	2103	P2103 - Poste	18/05/2019	54,7	55	53,7	56,4
55	2103	P2103 - Poste	19/05/2019	56,4	57	54,5	58,1
55	2103	P2103 - Poste	20/05/2019	54,8	56,1	47,2	56,8
N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L <sub>eqRD</sub> dB(A)	L <sub>eqRN</sub> dB(A)	% Eventi Correlati	% Voli Correlati
55	2103	P2103 - Poste	14/05/2019	57,5	53,7	88,6	29,0
55	2103	P2103 - Poste	15/05/2019	58,3	52,8	77,1	33,0
55	2103	P2103 - Poste	16/05/2019	56,8	52,4	84,4	25,0
55	2103	P2103 - Poste	17/05/2019	57,5	52,7	93,5	50,0
55	2103	P2103 - Poste	18/05/2019	57,1	52,8	87,5	44,0
55	2103	P2103 - Poste	19/05/2019	56,3	51,3	91,9	58,0
55	2103	P2103 - Poste	20/05/2019	61,4	52,5	73,0	47,0

Tabella 23: Analisi dei dati della centralina 2103 Poste

L <sub>VA</sub> [dBA]	L <sub>VA</sub> [dBA] Annuale
56,1	55,1

Tabella 24: Calcolo del L<sub>VA</sub> per la postazione 2103 Poste

### 7.2.3 2104 Alcatel

<b>N° Postazione</b>	<b>Codice</b>	<b>Postazione</b>	<b>Data</b>	<b>Lvaj dB(A)</b>	<b>Lvad dB(A)</b>	<b>Lvan dB(A)</b>	<b>Lden dB(A)</b>
56	2104	P2104 - Alcatel	14/05/2019	52	53,5	0	52,5
56	2104	P2104 - Alcatel	15/05/2019	54,8	56,3	0	55,2
56	2104	P2104 - Alcatel	16/05/2019	55,8	57,3	0	56,3
56	2104	P2104 - Alcatel	17/05/2019	57,1	58,6	0	57,7
56	2104	P2104 - Alcatel	18/05/2019	57,3	58,6	48,8	58
56	2104	P2104 - Alcatel	19/05/2019	58,5	60	0	59,5
56	2104	P2104 - Alcatel	20/05/2019	56,9	58,4	0	57,7
<b>N° Postazione</b>	<b>Codice</b>	<b>Postazione</b>	<b>Data</b>	<b>LeqRD dB(A)</b>	<b>LeqRN dB(A)</b>	<b>Percentuale Eventi Correlati</b>	<b>Percentuale Voli Correlati</b>
56	2104	P2104 - Alcatel	14/05/2019	55,6	47,6	74,3	25
56	2104	P2104 - Alcatel	15/05/2019	56,1	48	73,5	33
56	2104	P2104 - Alcatel	16/05/2019	55,1	47,4	91,7	40
56	2104	P2104 - Alcatel	17/05/2019	55,1	45,6	85,2	45
56	2104	P2104 - Alcatel	18/05/2019	51,5	47	100,0	45
56	2104	P2104 - Alcatel	19/05/2019	51,8	47,3	98,2	48
56	2104	P2104 - Alcatel	20/05/2019	55,3	46,8	82,8	44

Tabella 25: Analisi dei dati della centralina 2104 Alcatel

<b>L<sub>VA</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>VA</sub> [dBA] Annuale</b>
56,4	56,3

Tabella 26: Calcolo del L<sub>VA</sub> per la postazione 2104 Alcatel

## 7.2.4 Silfi

<b>N° Postazione</b>	<b>Codice</b>	<b>Postazione</b>	<b>Data</b>	<b>Lvaj dB(A)</b>	<b>Lvad dB(A)</b>	<b>Lvan dB(A)</b>	<b>Lden dB(A)</b>
58	2106	P2106 - Silfi	14/05/2019	64,2	63,9	64,8	65,6
58	2106	P2106 - Silfi	15/05/2019	64	64,7	61,7	65,7
58	2106	P2106 - Silfi	16/05/2019	63	64	58,3	64,6
58	2106	P2106 - Silfi	17/05/2019	63,7	64,3	61,7	65,2
58	2106	P2106 - Silfi	18/05/2019	65,5	65,8	64,8	67
58	2106	P2106 - Silfi	19/05/2019	64,6	65,2	62,6	65,7
58	2106	P2106 - Silfi	20/05/2019	63,9	64,7	61,3	65,3
<b>N° Postazione</b>	<b>Codice</b>	<b>Postazione</b>	<b>Data</b>	<b>LeqRD dB(A)</b>	<b>LeqRN dB(A)</b>	<b>Percentuale Eventi Correlati</b>	<b>Percentuale Voli Correlati</b>
58	2106	P2106 - Silfi	14/05/2019	54,1	49	96,3	75
58	2106	P2106 - Silfi	15/05/2019	53,9	49,9	91,0	83
58	2106	P2106 - Silfi	16/05/2019	54	49,9	97,1	90
58	2106	P2106 - Silfi	17/05/2019	56,6	51,1	91,4	92
58	2106	P2106 - Silfi	18/05/2019	55,3	53	96,6	90
58	2106	P2106 - Silfi	19/05/2019	54,9	53,9	95,9	100
58	2106	P2106 - Silfi	20/05/2019	54,8	51,6	94,4	91

Tabella 27: Analisi dei dati della centralina 2106 Silfi

<b>L<sub>VA</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>VA</sub> [dBA] Annuale</b>
64,2	64,5

Tabella 28: Calcolo del L<sub>VA</sub> per la postazione 2106 Silfi

## 7.2.5 Carrello Via Funaioli

<i>N° Postazione</i>	<i>Codice</i>	<i>Postazione</i>	<i>Data</i>	<i>Lvaj dB(A)</i>	<i>Lvad dB(A)</i>	<i>Lvan dB(A)</i>	<i>Lden dB(A)</i>
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	14/05/2019	47,6	49,1	0	47,6
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	15/05/2019	38,4	39,9	0	38,4
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	16/05/2019	30	31,5	0	30
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	17/05/2019	27,8	29,3	0	27,8
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	18/05/2019	37,4	38,9	0	37,4
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	19/05/2019	37	38,5	0	37,9
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	20/05/2019	45,3	43,9	47,4	45,7
<i>N° Postazione</i>	<i>Codice</i>	<i>Postazione</i>	<i>Data</i>	<i>LeqRD dB(A)</i>	<i>LeqRN dB(A)</i>	<i>Percentuale Eventi Correlati</i>	<i>Percentuale Voli Correlati</i>
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	14/05/2019	58,7	47,5	25,8	8
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	15/05/2019	53,6	45,4	83,3	5
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	16/05/2019	52,7	45,2	50,0	1
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	17/05/2019	52,2	45,8	33,3	1
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	18/05/2019	51,9	45,5	100,0	5
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	19/05/2019	51,6	47,1	100,0	4
79	2114	P2114– Carrello Via Funaioli	20/05/2019	54,1	46,8	72,2	12

Tabella 29: Analisi dei dati della centralina 2115 Carrello Via Funaioli

<b>L<sub>VA</sub> [dBA]</b>	<b>L<sub>VA</sub> [dBA] Annuale</b>
42,0	--

Figura 40: Calcolo del LVA per la postazione 2114 Carrello Via Funaioli

## 7.2.6 Carrello 2018 Via della Pace

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	Lvaj dB(A)	Lvad dB(A)	Lvan dB(A)	Lden dB(A)
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	14/05/2019	45,7	47,2	0	45,7
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	15/05/2019	39,8	41,3	0	39,8
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	16/05/2019	39	40,5	0	39
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	17/05/2019	37,5	39	0	37,5
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	18/05/2019	41,5	43	0	41,5
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	19/05/2019	44	45,5	0	44,8
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	20/05/2019	36,6	38,1	0	36,6
N° Postazione	Codice	Postazione	Data	LeqRD dB(A)	LeqRN dB(A)	Percentuale Eventi Correlati	Percentuale Voli Correlati
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	14/05/2019	59,9	51,3	63,6	6
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	15/05/2019	87,3	82,4	66,7	2
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	16/05/2019	57	88,1	28,6	2
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	17/05/2019	56,4	49,1	100,0	1
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	18/05/2019	57,2	49,5	100,0	1
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	19/05/2019	58,7	51,1	36,4	3
80	2115	P2115 – Carrello 2018 Via della Pace	20/05/2019	58,4	49,1	33,3	1

Figura 41: Analisi dei dati della centralina 2115 Carrello 2018-Via della Pace

LVA [dBA]	LVA [dBA] Annuale
41,7	--

Figura 42: Calcolo del LVA per la postazione 2115 Carrello 2018-Via della Pace

## 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 Poste. Per le centraline citate, come già rilevato, tale percentuale scende al 99.5% per Poste e a 99.1% per Gonio. Si è già spiegata la motivazione che porta a non modificare la scelta della settimana.

### 7.3.3 Significatività della misura

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).

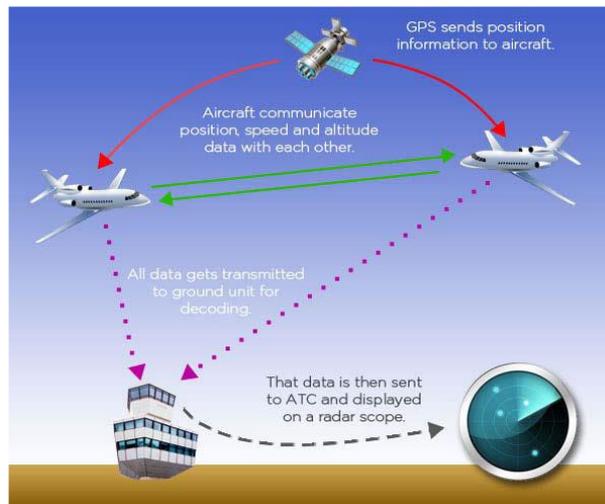


Figura 43: Il sistema ADS-B

## 10 CONCLUSIONI

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

## 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

16 luglio 2019

### Firma

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

*Dott.ssa Tiziana Agostini*