

Pisa 2018



SARA

Relazione tecnica di valutazione della rumorosità prodotta dall'aeroporto di Pisa Quadrimestre Ottobre 2018 Gennaio 2019

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	15
6	IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AEROPORTO DI PISA	20
	6.1 Asilo Via Monte Bianco - 1402	22
	6.2 Asilo Via Settembrini - 1403	23
	6.3 Via della Ferrovia - 1404	24
	6.4 Zona Militare Sedime - 1405	25
	6.5 San Giuliano - 1407	26
	6.6 Caratteristiche intrinseche del sistema aeroporto - rete di monitoraggio	27
	6.7 Certificati ACCREDIA	27
	6.8 Report guasti ed interventi di manutenzione	28
7	ANALISI DEI DATI	28
	7.1 Scelta del periodo di riferimento	28
	7.2 Calcolo del L_{VA}	32
	7.3 Validazione dei dati	39
8	STATO DI CONSERVAZIONE E MANUTENZIONE DEL SISTEMA	39
9	OTTIMIZZAZIONE DEL SISTEMA	39
10	CONCLUSIONI	39
11	ALLEGATI	40

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di analizzare i livelli di rumorosità, di origine aeronautica, generati dall'aeroporto civile di Pisa nel quadrimestre ottobre 2018 – gennaio 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 è stato installato sul campo da Softech nel 2006 a seguito di gara bandita dall'allora gestore SAT. Le postazioni e le loro posizioni erano state già stabilite nel bando di gara e prevedevano le attuali centraline in campo (P1407 San Giuliano esclusa) oltre alla centralina P1401 allora denominata Scuola di Musica, attualmente inattiva e in attesa di nuova collocazione. La centralina P1407 San Giuliano è stata installata nel 2018 su richiesta del Comune di San Giuliano Terme in sede di

Commissione Aeroportuale a seguito di esposti dei cittadini. 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 4 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 P2 Asilo Via Montebianco PC FX5408, per P3 Asilo Via Settembrini PC MCBOX-CARPC, per P4 Via della Ferrovia PC FX5408, per P5 Zona Militare PC MCBOX-CARPC, per P7 San Giuliano FX5311A.

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.);
- 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 Pisa 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

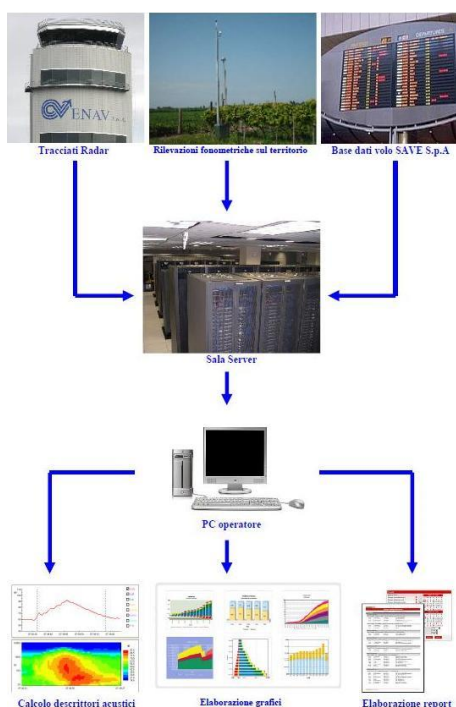


Figura 2: Schema di funzionamento del software SARA

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*.

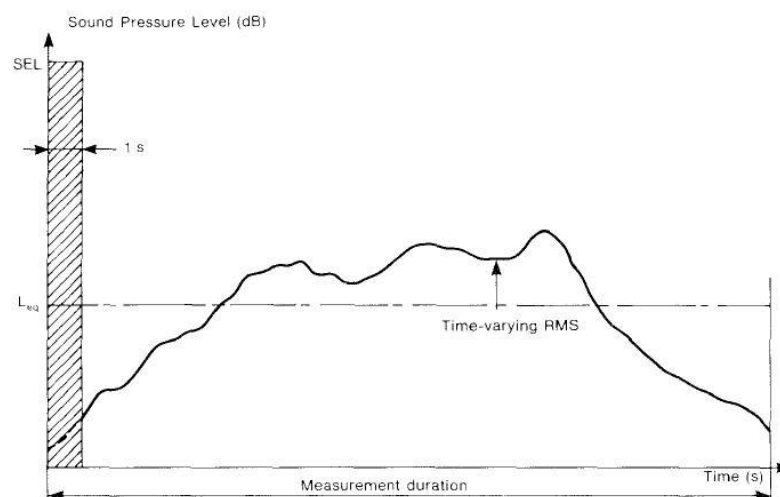


Figura 3: Determinazione del SEL

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

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).

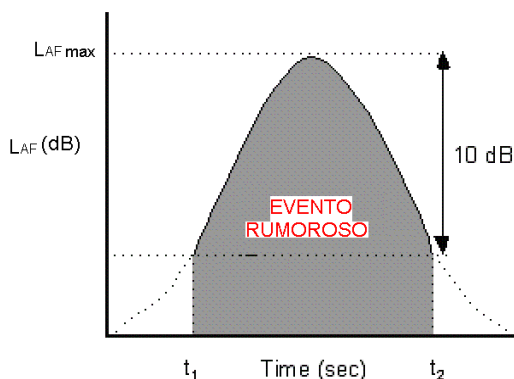


Figura 4: Determinazione dell'evento

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).

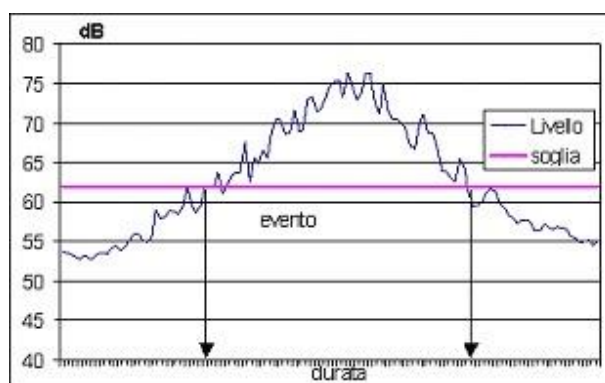


Figura 5: SARA e la discriminazione per superamento di soglia

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 T_i (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.

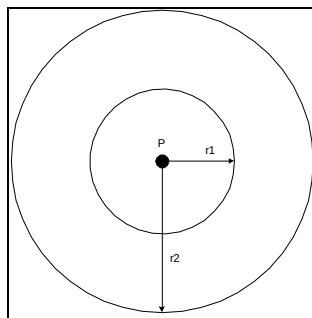


Figura 6: Geometria della postazione (pianta)

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, laddove possibile e laddove non intervengano altri fattori più importanti, 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 Pisa è situato a ridosso del centro abitato (Figura 7: Ubicazione dell'aeroporto), in direzione nord-est sud-ovest, ed è stato realizzato nel 1911. E' aeroporto militare aperto al traffico civile. Nella tabella sottostante si riportano alcuni dati caratteristici dell'infrastruttura aeroportuale e del traffico aeronautico che l'ha vista interessata nel periodo 2000 - 2017.

Caratteristiche	
Nome aeroporto	Galileo Galilei
Codice ICAO	LIRP
Codice IATA	PSA
Coordinate geografiche	43°40'58"N 10°23'44"E
Altitudine	2 m
Numero di piste	2
Superficie pavimentata complessiva (parte civile)	200000 mq
Tipo di gestione	diretta
Società di gestione	Toscana Aeroporti spa

Tabella 8: Caratteristiche principali dell'aeroporto¹

Anno	Passeggeri	Aeromobili
2000	1.246.807	24.116
2001	1.378.322	26.717
2002	1.654.570	26.757
2003	1.982.897	31.598
2004	2.031.890	31.551
2005	2.334.843	32.709
2006	3.014.656	37.509
2007	3.725.770	42.691
2008	3.963.717	42.034
2009	4.018.662	39.461
2010	4.067.012	39.337
2011	4.526.723	41.676
2012	4.494.915	41.194
2013	4.479.690	38.961
2014	4.683.811	38.868
2015	4.804.812	39.515
2016	4.989.496	40.601
2017	5.233.118	41.861
2018	5.463.090	43109

Tabella 9: Traffico aeroportuale²

In assenza di dati ufficiali della società di gestione dell'aeroporto tutte le informazioni sono state ricavate dal sito di Assoaeroporti, e dal fogli ADPR1-1, 2-1, 3-1 e dalla Relazione di Masterplan degli aeroporti disponibile in rete.

La struttura aeroportuale (Figura 8: Sedime aeroportuale) è dotata di due piste, con orientamento 04R/22L e 04L/22R. Le caratteristiche della pista dichiarate sono:

Distanza dichiarata	Lunghezza RW 04L [m]	Lunghezza RW 22R [m]
TORA	2992	2992
TODA	3291	3148
ASDA	2992	2992
LDA	2849	2735
Distanza dichiarata	Lunghezza RW 04R [m]	Lunghezza RW 22L [m]
TORA	2736	2736
TODA	3011	2853
ASDA	2736	2736
LDA	2495	2736

Tabella 10: Distanze dichiarate³

La larghezza delle *runway* è di 45 m. Le piste sono realizzate in materiale bituminoso con capacità di portanza PCN90/F/A/W/T ASPH per la 04L-22R e PCN1120/F/D/W/T ASPH.

Presso l'aeroporto di Pisa è vigente la caratterizzazione dell'intorno aeroportuale e il Piano di Classificazione Acustica Aeroportuale approvato dalla Commissione Antirumore dell'Aeroporto di Pisa il 9 maggio 2012; 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 dal fogli ADPR1-1, 2-1, 3-1 e dalla Relazione di Masterplan degli aeroporti disponibile in rete.

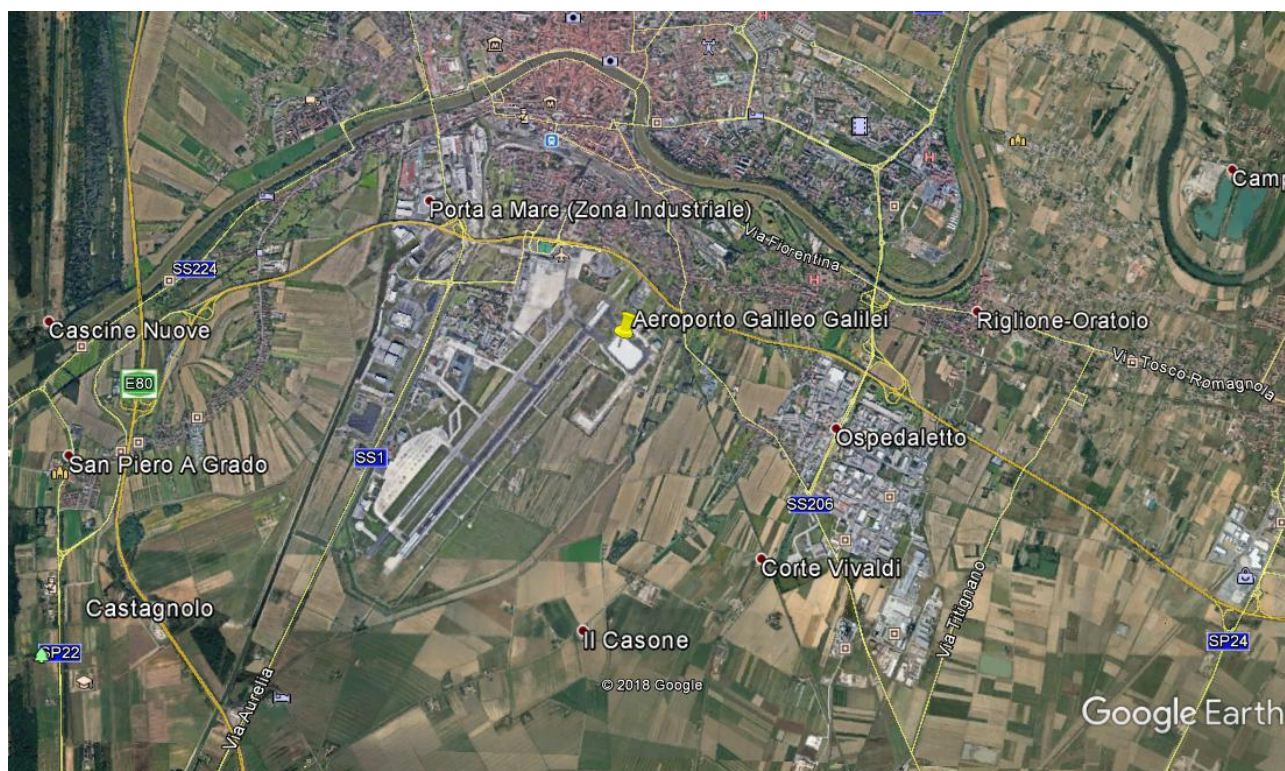


Figura 7: Ubicazione dell'aeroporto



Figura 8: Sedime aeroportuale

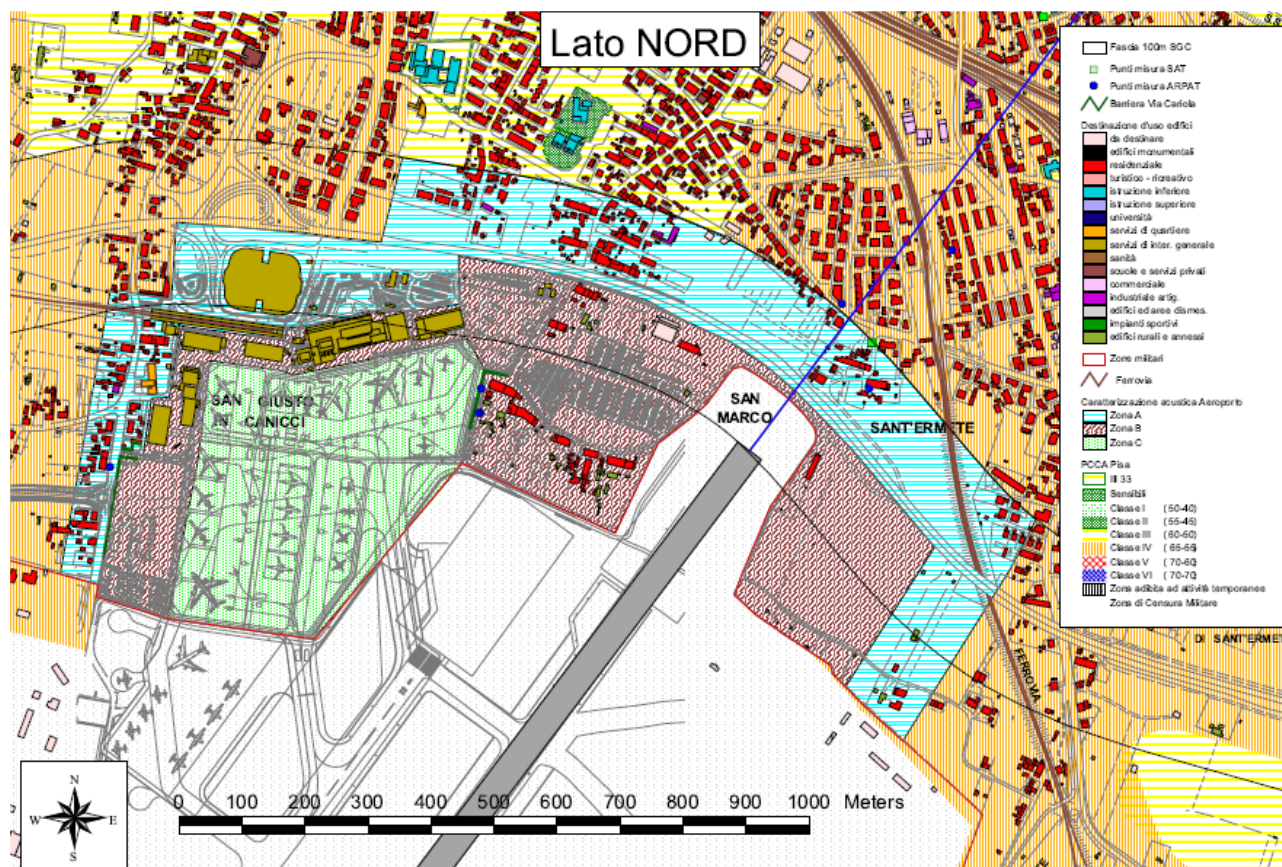


Figura 9: Zonizzazione aeroportuale lato Nord.

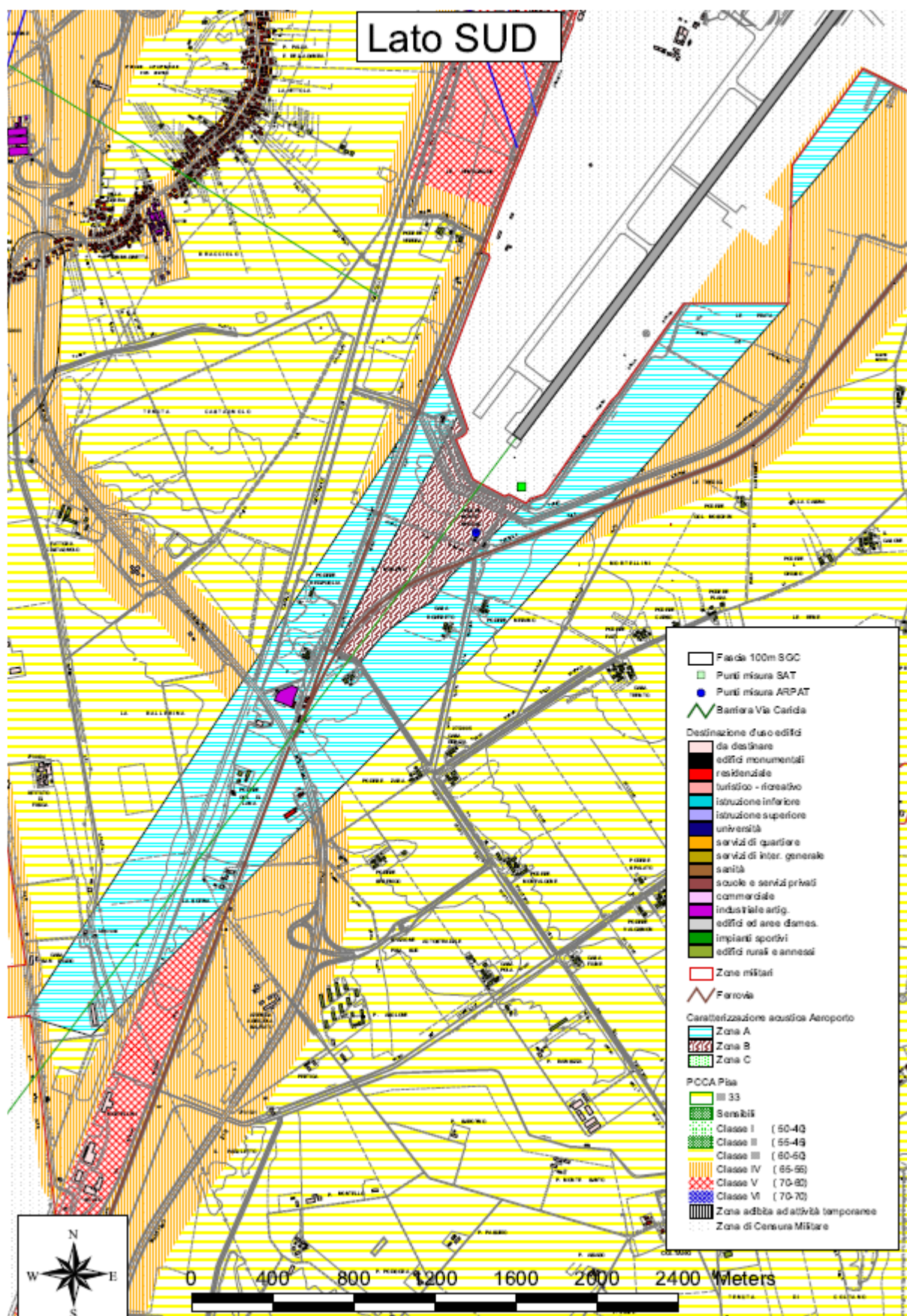


Figura 10a: Zonizzazione aeroportuale lato Sud.

6 IL SISTEMA DI MONITORAGGIO DELL'AEROPORTO DI PISA

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

Codice identificativo	Nome postazione	Ubicazione all'interno dell'intorno aeroportuale	Coordinate geografiche	Presenza stazione meteorologica
1402	Asilo Via Monte Bianco	No	43°42'10.29"N 10°24'49.31"E	no
1403	Asilo Via Settembrini	No	43°43'17.41"N 10°24'50.03"E	Sì Vaisala WXT520
1404	Via della Ferrovia	Sì, al limite di Zona A	43°41'53.82"N 10°24'36.85"E	no
1405	Zona Militare Sedime	Sì, Zona B	43°40'14.63"N 11°11'6.78"E	no
1407	San Giuliano	No	43°43'10.53"N 10°22'58.54"E	no

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



Figura 11: Ubicazione delle centraline

Centralina	Soglia [dB]	Durata [s]
1402 Asilo Via Monte Bianco	59	9
1403 Asilo Via Settembrini	59	9
1404 Via della Ferrovia	67	8
1405 Zona Militare Sedime	61	10
1407 San Giuliano	59	9

Tabella 12: Impostazioni delle soglie

6.1 Asilo Via Monte Bianco - 1402

La centralina 1402 (Figura 12: La centralina, Figura 13: Ubicazione della centralina, Tabella 13: Caratteristiche della centralina 2101 - Gonio Via Monte Bianco) si trova fuori dall'intorno aeroportuale, all'interno della pertinenza di una scuola materna. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto dal lato della testata pista 22. La centralina è posizionata sulla parete del muro di confine e il microfono è a circa 4 metri da terra; si trova lungo lo stesso asse della pista a circa 1100 metri dal principio della pista medesima (Figura 12: La centralina).



Figura 12: La centralina



Figura 13: Ubicazione della centralina

1402 – Asilo Via Monte Bianco		
Ubicazione	Posizione della centralina	Pertinenza scuola materna – lato pista testata 22 43°42'10.29"N 10°24'49.31"E Postazione fissa posizionata sul muro di confine con il microfono a circa 6 m da terra.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	Parzialmente
Caratteristiche	Caratteristiche del microfono	Modello GRAS 41AS (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	Thor sn 07857
	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 Asilo Via Settembrini - 1403

La centralina 1403 (Figura 14: La centralina, Figura 15: Ubicazione della centralina, Tabella 14: Caratteristiche della centralina 1403 – Via Settembrini) si trova fuori dall'intorno aeroportuale. Quest'ultima è spostata a sinistra dell'asse della pista testata 22, in cima alla copertura dell'asilo. Il microfono è a circa 4 metri dal piano di calpestio; si trova a circa 3400 metri dal principio della pista medesima (Figura 14: La centralina).



Figura 14: La centralina



Figura 15: Ubicazione della centralina

1403 – Asilo Via Settembrini		
Ubicazione	Posizione della centralina	Copertura asilo – lato pista testata 22 43°43'17.41"N 10°24'50.03"E Microfono a circa 3 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	Symphonie Ch.1 sn 1775
	Alimentazione	Provvisa 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 1403 – Asilo Via Settembrini

6.3 Via della Ferrovia - 1404

La centralina 1404 (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**, Figura 17: Ubicazione della centralina, Tabella 15: Caratteristiche della centralina 1404 – della Ferrovia) si trova al limite di zona A, a lato della strada. Quest'ultima si trova lungo l'asse della pista dal lato della testata pista 22. La centralina è posizionata a lato della strada e il microfono è a circa 6 metri da terra; si trova a distanza di circa 750 m dal principio della pista, (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).



Figura 16: La centralina

Figura 17: Ubicazione della centralina

1404 – Via della Ferrovia		
Ubicazione	Posizione della centralina	Bordo strada – lato pista testata 22 43°41'53.82"N 10°24'36.85"E Postazione fissa posizionata sulla copertura dell'edificio 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	GRAS 41AS (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	Thor sn 07856
	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 1404 – Via della Ferrovia

6.4 Zona Militare Sedime - 1405

La centralina 2106 (Figura 18: La centralina, Figura 19: Ubicazione della centralina, Tabella 16: Caratteristiche della centralina 1405 – Militare Sedime) si trova in zona B, all'interno della parte militare dell'aeroporto. Quest'ultima è adiacente l'aeroporto, spostata alla destra dell'asse della pista, dal lato della testata pista 04. La centralina è posizionata a terra e il microfono si trova a circa 4 m da terra; si trova in pratica lungo l'asse della pista, a circa 350 dall'inizio della pista medesima (Figura 18: La centralina).



Figura 18: La centralina



Figura 19: Ubicazione della centralina

1405 – Zona Militare Sedime		
Ubicazione	Posizione della centralina	Sedime Aeroportuale – lato pista testata 04 43°40'14.63"N 11°11'6.78"E Postazione fissa posizionata a terra con il microfono a circa 4 m dal piano di calpestio.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	si
Caratteristiche	Caratteristiche del microfono	GRAS 41AS (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	01dB Simphonie Ch 1
	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 1405 – Zona Militare Sedime

6.5 San Giuliano - 1407

La centralina 2104 (Figura 20: La centralina, Figura 21: Ubicazione della centralina, Tabella 17: Caratteristiche della centralina 1407- Giuliano) si trova fuori dall'intorno aeroportuale, all'interno della pertinenza di edificio pubblico. Quest'ultima è lungo l'asse della pista dal lato della testata pista 22. La centralina è posizionata a terra e il microfono si trova a circa 4 m da terra; si trova a circa 960 m dall'asse della pista, sulla destra (Figura 20: La centralina).



Figura 20: La centralina



Figura 21: Ubicazione della centralina

1407 – San Giuliano		
Ubicazione	Posizione della centralina	Pertinenza edificio pubblico – lato pista testata 22 43°43'10.53"N 10°22'58.54"E Postazione fissa posizionata a terra con il microfono a circa 4 m dal piano di calpestio.
	Le superfici che contornano il microfono sono acusticamente riflettenti	si
Caratteristiche	Caratteristiche del microfono	GRAS 41AS (50 mV/Pa nominali)
	Modello fonometro	Thor sn 7708
	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 1407- San Giuliano

6.6 Caratteristiche intrinseche del sistema aeroporto - rete di monitoraggio

Il sistema di monitoraggio, come anticipato, è stato installato sul campo da Softech nel 2006 a seguito di gara bandita dall'allora gestore SAT. Le postazioni e le loro posizioni erano state già stabilite nel bando di gara e prevedevano le attuali centraline in campo (P1407 San Giuliano esclusa) oltre alla centralina P1401 allora denominata Scuola di Musica, attualmente inattiva e in attesa di nuova collocazione. La centralina P1407 San Giuliano è stata installata nel 2018 su richiesta del Comune di San Giuliano Terme alla Commissione Aeroportuale a seguito di esposti dei cittadini. La centralina principale che in qualche modo funge da sentinella per il passaggio degli aeromobili in direzione nord verso la città è Via della Ferrovia, seguita dalla centralina Asilo di Via Monte Bianco. Le centraline Asilo Via Settembrini e San Giuliano individuano per lo più i decolli lungo la direzione principale, a seguito degli eventi di Via della Ferrovia e Asilo Via Monte Bianco, più difficilmente individuano gli eventi di atterraggio lato nord. La centralina Zona Militare Sedime è l'unica dal lato pista 04 e registra atterraggi e decolli lato sud; registra altresì spesso eventi correlati ai decolli verso nord collegati al movimento dell'aereo in pista.

6.7 Certificati ACCREDIA

Nome centralina	Strumenti	Certificato
1402 – Asilo Via Monte Bianco	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato fornito dal Costruttore. Strumentazione nuova.
1403 – Asilo Via Settembrini	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 40595-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 08 febbraio 2018
1404 – Via della Ferrovia	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato fornito dal Costruttore. Strumentazione nuova.
1405 – Zona Militare Sedime	Fonometro Kit per esterni Calibration control box Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 40825-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 13 marzo 2018
1407 – San Giuliano	Fonometro Kit per esterni Carrello Cavo Microfono	Certificato Accredia n. 068 39601-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 7 dicembre 2017
Tutte le catene fonometriche	Calibratore	BK4231 sn 2343471 Certificato Accredia n. 068 41167-A rilasciato dal centro di taratura n. 068 in data 02-05-2018

Tabella 18: Certificati ACCREDIA delle catene fonometriche

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

6.8 Report guasti ed interventi di manutenzione

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

7 ANALISI DEI DATI

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

7.1 Scelta del periodo di riferimento

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

SARA ha determinato la settimana di maggiore traffico per il quadrimestre ottobre 2018 gennaio 2019. Quella riportata di seguito è la settimana di maggior traffico.

(Tabella 19: Scelta della settimana di riferimento).

Periodo di riferimento	
Settimana	Dal 17/10/2018 al 23/10/2018

Tabella 19: Scelta della settimana di riferimento

Sono stati registrati 640 atterraggi, 668 decolli, per un totale di 1308 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.

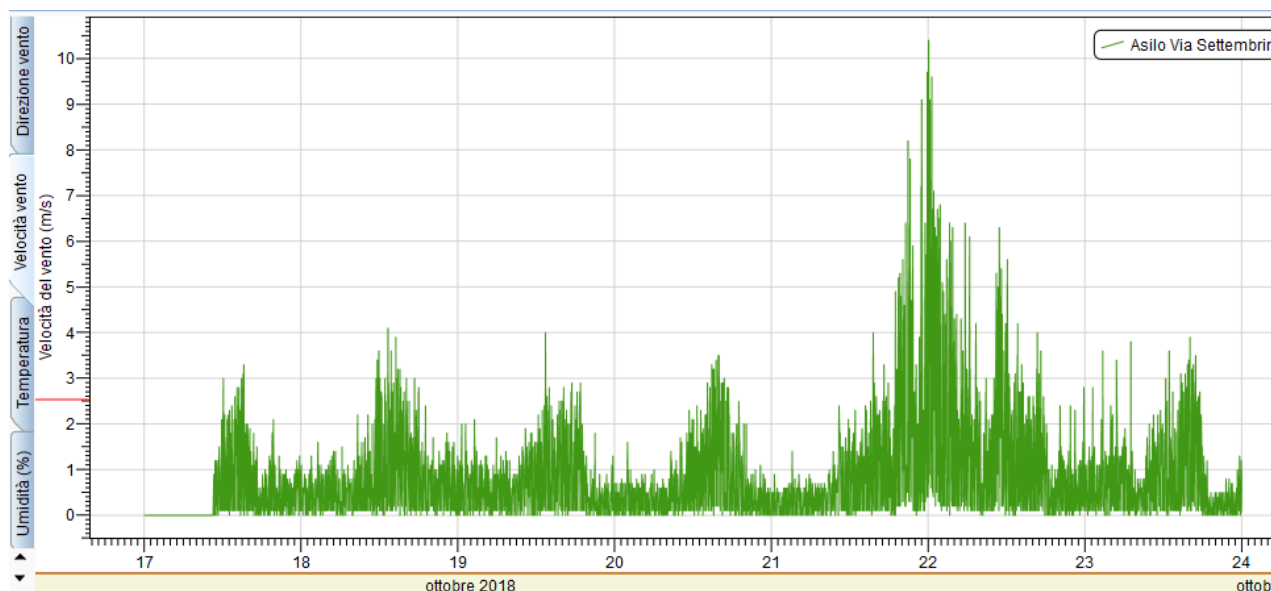


Figura 22: Grafico della velocità del vento acquisita dalla centralina Asilo Via Settembrini

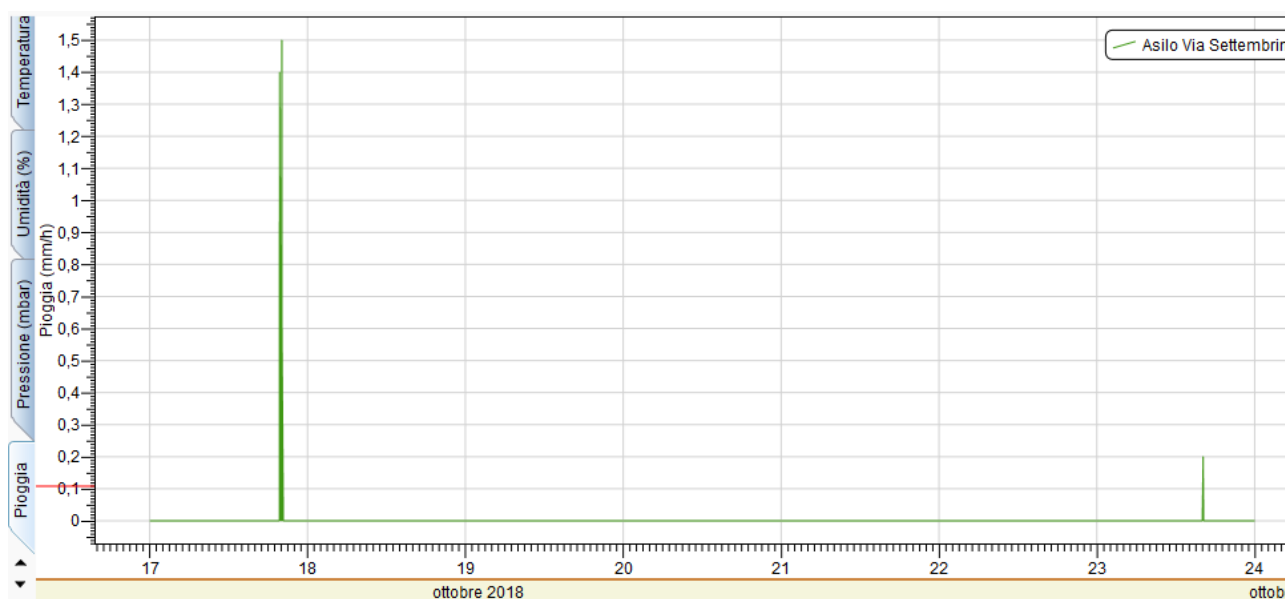


Figura 23: Grafico delle precipitazioni acquisito dalla centralina Via Settembrini

7.1.2 Up time

Il sistema per ciascuna centralina nella settimana di riferimento ha acquisito il 99.9% dei dati ad esclusione della centralina Asilo Via Monte Bianco che ha avuto un calo fino al 0.4% circa sul giornaliero e fino allo 4.9% per la centralina Asilo Via Settembrini. Visto il periodo ristretto e la distanza della centralina dalla pista si è deciso di non modificare la settimana.

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 di una centralina è stata interrotta ma le interruzioni non hanno avuto significatività in termini di eventi acquisiti e di registrazione di livello Lva. Si è quindi preferito non scegliere settimane diverse da questa per tutelare la valutazione corretta del Lva.



Figura 24: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Asilo Via Monte Bianco



Figura 25: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Asilo Via Settembrini

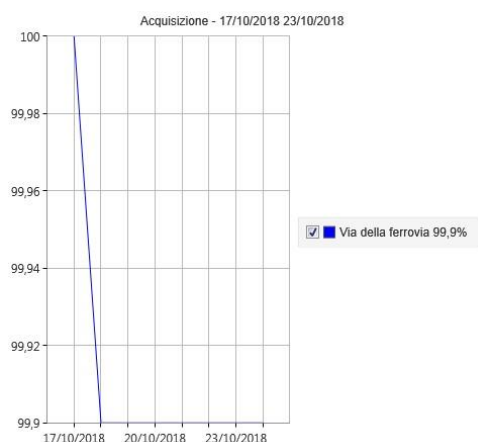


Figura 26: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Via della Ferrovia

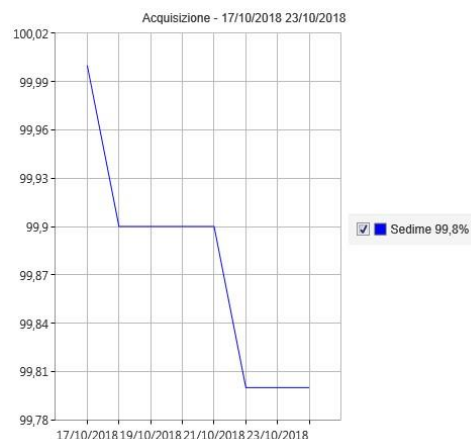


Figura 27: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione Zona Militare Sedime



Figura 28: Percentuale di acquisizione settimanale della postazione San Giuliano

7.1.3 Time history calibrazioni

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

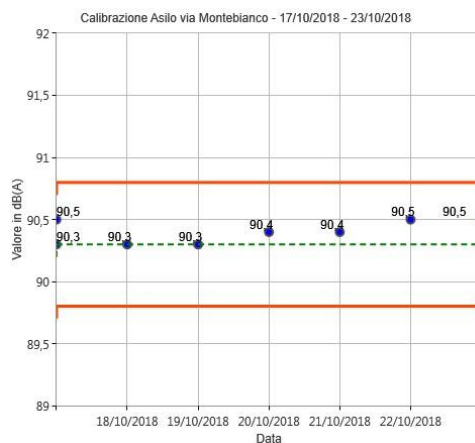


Figura 29: Calibrazioni check postazione Asilo Via Monte Bianco

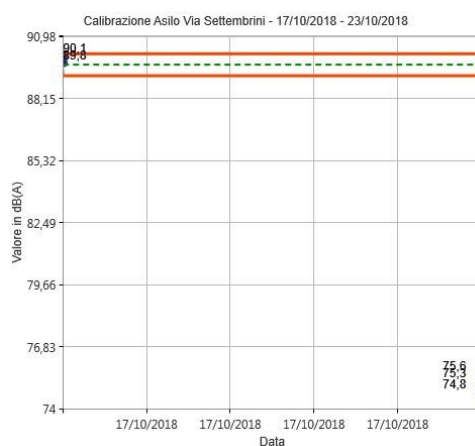


Figura 30: Calibrazioni check postazione Asilo Via Settembrini

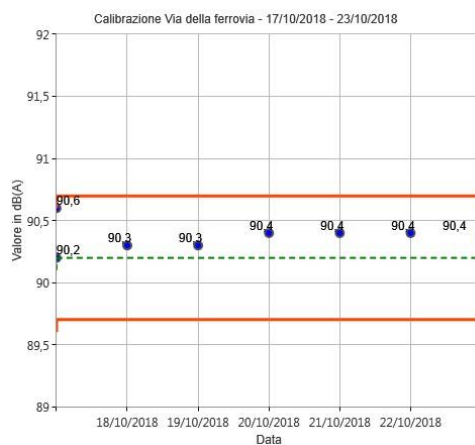


Figura 31: Calibrazioni check postazione Via della Ferrovia

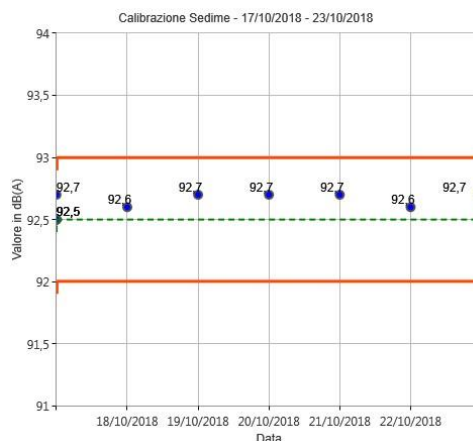


Figura 32: Calibrazioni check postazione Zona Militare Sedime

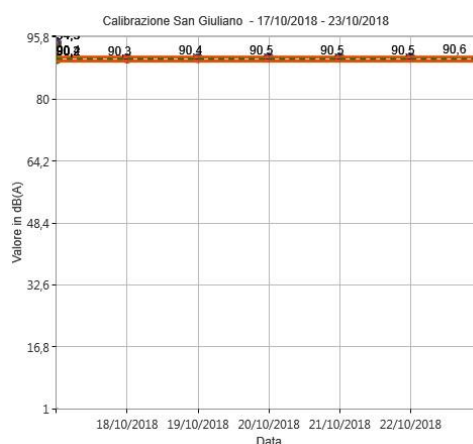


Figura 33: Calibrazioni check postazione San Giuliano

I valori delle calibrazioni *check* risultano nella norma per tutto il periodo di acquisizione tranne che per la centralina di Via Settembrini. Gli scostamenti sono stati lievi e rientrati nei giorni successivi. Le calibrazioni manuali sono risultate corrette. Si è scelto quindi, come già detto, di non modificare la settimana.

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_{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 LVAj

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

Equazione 4: Il calcolo del LVA d

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

Equazione 5: Il calcolo del LVA n

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 Pisa, 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 34: Indicazioni delle linee guida ISPRA.

Nella presente relazione si seguono le medesime indicazioni.

Caso	Dati mancanti	Azione correttiva	Metodologia di calcolo del dato surrogato
A	Un solo valore giornaliero	Sostituire il dato giornaliero mancante	Media dei valori del periodo settimanale con dato mancante
B	due valori giornalieri anche consecutivi	Sostituire i due dati giornalieri mancanti	Media dei valori una per ciascuno dei due giorni mancanti effettuata sul periodo settimanale interessato

Figura 34: 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 1004. Il numero dei voli correlati è pari a 980.

La percentuale di correlazione è pari al 98%.

La percentuale di correlazione è tale da garantire l'assoluta validità della misura.

La percentuale di correlazione è influenzata dalla presenza di alcuni elicotteri Pegaso che il sistema di rilevamento tracciati ha inserito nel sistema e che, nella maggior parte dei casi, hanno percorsi che non toccano l'aeroporto e le centraline. La percentuale di correlazione dichiarata è quindi inferiore a quella effettiva.

Il numero di voli correlati a nord è pari a 340, tutti decolli.

7.2.1 1402 Asilo Via Monte Bianco

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L _{vaj} dB(A)	L _{vad} dB(A)	L _{van} dB(A)	L _{den} dB(A)
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	17/10/2018	59	60,5	0	62,7
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	18/10/2018	57,8	59,3	0	60,7
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	19/10/2018	59,2	60,7	0	61,5
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	20/10/2018	58,1	59,6	0	59
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	21/10/2018	60,2	61,7	0	64
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	22/10/2018	58,8	59,4	56,8	59,8
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	23/10/2018	59,3	60,8	0	61,4
N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L _{eqRD} dB(A)	L _{eqRN} dB(A)	% Eventi Correlati	% Voli Correlati
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	17/10/2018	57,3	45,6	39,3	38
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	18/10/2018	54,8	44	54,7	30
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	19/10/2018	55,2	45,1	51,3	38
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	20/10/2018	51,8	43,8	75,0	28
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	21/10/2018	58,2	46,8	42,9	36
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	22/10/2018	53	51	46,0	31
73	1402	P1402 – Asilo Via Monte Bianco	23/10/2018	54,2	44,2	56,3	36

Tabella 20: Analisi dei dati della centralina 1402 Asilo Via Monte Bianco

L _{VA} [dBA]	L _{VA} [dBA] Annuale
59,0	58,9

Tabella 21: Calcolo del LVA per la postazione 1402 Asilo Via Monte Bianco

7.2.2 1403 Asilo Via Settembrini

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L _{vaj} dB(A)	L _{vad} dB(A)	L _{van} dB(A)	L _{den} dB(A)
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	17/10/2018	42,8	44,3	0	0
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	18/10/2018	46	47,5	0	49,3
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	19/10/2018	46,7	48,2	0	48,7
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	20/10/2018	44,6	46,1	0	45,5
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	21/10/2018	47,2	48,7	0	52,1
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	22/10/2018	48,8	46,4	51,8	49
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	23/10/2018	47	48,5	0	48,8
N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L _{eqRD} dB(A)	L _{eqRN} dB(A)	% Eventi Correlati	% Voli Correlati
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	17/10/2018	0	0	59,1	9
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	18/10/2018	53,8	43	76,3	21
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	19/10/2018	53,6	42,7	83,7	25
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	20/10/2018	51,3	44,1	83,3	21
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	21/10/2018	51,4	46,6	88,6	26
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	22/10/2018	52,3	48,8	85,3	20
74	1403	P1403 – Asilo Via Settembrini	23/10/2018	53,7	42,3	89,6	32

Tabella 22: Analisi dei dati della centralina 1403 Asilo Via Settembrini

L _{VA} [dBA]	L _{VA} [dBA] Annuale
46,9	46,8

Tabella 23: Calcolo del L_{VA} per la postazione 1403 Asilo Via Settembrini

7.2.3 1404 Via della Ferrovia

N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L _{vaj} dB(A)	L _{vad} dB(A)	L _{van} dB(A)	L _{den} dB(A)
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	17/10/2018	61,2	62,7	0	64,7
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	18/10/2018	60	61,5	0	62,7
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	19/10/2018	62	63,5	0	64,2
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	20/10/2018	60,2	61,7	0	61,1
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	21/10/2018	62,5	64	0	66,2
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	22/10/2018	61	61,9	57,8	62
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	23/10/2018	62	63,5	0	64
N° Postazione	Codice	Postazione	Data	L _{eqRD} dB(A)	L _{eqRN} dB(A)	Percentuale Eventi Correlati	Percentuale Voli Correlati
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	17/10/2018	60,6	47,5	49,1	38
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	18/10/2018	58,6	46,3	64,1	30
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	19/10/2018	60,9	48,1	54,1	37
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	20/10/2018	58,7	49,5	75,0	28
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	21/10/2018	58,7	50,4	73,6	36
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	22/10/2018	59,6	50,7	59,5	31
75	1404	P1404 – Via della Ferrovia	23/10/2018	59,7	48,7	58,1	36

Tabella 24: Analisi dei dati della centralina 1404 Via della Ferrovia

L _{VA} [dBA]	L _{VA} [dBA] Annuale
61,4	61,8

Tabella 25: Calcolo del L_{VA} per la postazione 1404 Via della Ferrovia

7.2.4 1405 Zona Militare Sedime

<i>N° Postazione</i>	<i>Codice</i>	<i>Postazione</i>	<i>Data</i>	<i>L_{vaj} dB(A)</i>	<i>L_{vad} dB(A)</i>	<i>L_{van} dB(A)</i>	<i>L_{den} dB(A)</i>
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	17/10/2018	61,8	62,5	59,4	63,7
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	18/10/2018	63,2	64,1	59,3	65,9
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	19/10/2018	64,6	64,2	65,3	66,4
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	20/10/2018	64,4	64,6	63,6	66,6
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	21/10/2018	65,3	65,4	65,3	67,1
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	22/10/2018	64,3	64,3	64,3	66,2
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	23/10/2018	63,9	64,3	62,6	66,6
<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>
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	17/10/2018	62,1	52,2	53,5	94
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	18/10/2018	57,9	51,5	63,2	96
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	19/10/2018	59,7	51,8	61,1	93
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	20/10/2018	54,9	51,7	76,6	91
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	21/10/2018	56,5	51,9	64,8	86
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	22/10/2018	56,7	57	57,8	86
76	1405	P1405 – Zona Militare Sedime	23/10/2018	59,5	53,6	60,3	89

Tabella 26: Analisi dei dati della centralina 1405 Zona Militare Sedime

L_{VA} [dBA]	L_{VA} [dBA] Annuale
64,0	64,7

Tabella 27: Calcolo del L_{VA} per la postazione 1405 Zona Militare Sedime

7.2.5 1407 San Giuliano

<i>N° Postazione</i>	<i>Codice</i>	<i>Postazione</i>	<i>Data</i>	<i>L_{vaj} dB(A)</i>	<i>L_{vad} dB(A)</i>	<i>L_{van} dB(A)</i>	<i>L_{den} dB(A)</i>
78	1407	P1407 – San Giuliano	17/10/2018	54,1	55,6	0	57,9
78	1407	P1407 – San Giuliano	18/10/2018	53,3	54,8	0	56,1
78	1407	P1407 – San Giuliano	19/10/2018	54,6	56	0	56,8
78	1407	P1407 – San Giuliano	20/10/2018	52,9	54,4	0	53,9
78	1407	P1407 – San Giuliano	21/10/2018	55,1	56,6	0	59
78	1407	P1407 – San Giuliano	22/10/2018	54,2	54,7	52,4	55,1
78	1407	P1407 – San Giuliano	23/10/2018	54,8	56,3	0	56,8
<i>N° Postazione</i>	<i>Codice</i>	<i>Postazione</i>	<i>Data</i>	<i>LeqRD dB(A)</i>	<i>LeqRN dB(A)</i>	<i>Percentuale Eventi Correlati</i>	<i>Percentuale Voli Correlati</i>
78	1407	P1407 – San Giuliano	17/10/2018	53,3	41,7	61,5	35
78	1407	P1407 – San Giuliano	18/10/2018	52,3	42,2	58,3	30
78	1407	P1407 – San Giuliano	19/10/2018	51,9	43,4	69,1	35
78	1407	P1407 – San Giuliano	20/10/2018	49,5	46	79,2	27
78	1407	P1407 – San Giuliano	21/10/2018	54,2	48,9	40,2	34
78	1407	P1407 – San Giuliano	22/10/2018	50,6	51,5	59,5	30
78	1407	P1407 – San Giuliano	23/10/2018	51,7	42,6	57,6	36

Tabella 28: Analisi dei dati della centralina 1407 San Giuliano

L_{VA} [dBA]	L_{VA} [dBA] Annuale
54,2	53,7

Tabella 29: Calcolo del L_{VA} per la postazione 1407 San Giuliano

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 paragrafo 7.1.2, 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 Asilo Via Monte Bianco e Asilo Via Settembrini. Per le centraline citate, come già rilevato, tale percentuale scende al 99.7%. Si è già spiegata la motivazione che porta a non modificare la scelta della settimana. La centralina carrello si considera indicativa compatibilmente con i giorni di presenza.

7.3.3 Significatività della misura

Per ciò che riguarda l'Aeroporto di Pisa, 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 Pisa 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

Va completato il rinnovamento della strumentazione interna alle centraline.

10 CONCLUSIONI

I livelli Lva registrati rientrano nei limiti di zona B per la centralina Zona Militare Sedime, nei limiti di zona A per la centralina Via della Ferrovia, e inferiore al Lva di 60 dB(A) alle altre centraline sul quadrimestre.

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

08 marzo 2019

Firma

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


Dott.ssa Tiziana Agostini