

Verifica del sistema di Linate – LIN-1-2021

Misure in parallelo

Verifica di conformità delle caratteristiche dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale degli aeroporti della Lombardia

ARPA Lombardia

Maggio 2022

Settore Attività Produttive e Controlli

Direttore

Sergio Padovani

UO Agenti Fisici

Dirigente

Daniela de Bartolo

Documento redatto da:

Emanuele Galbusera

tecnico competente in acustica ambientale – n° ENTECA 1771

Roberta Pollini

tecnico competente in acustica ambientale – n° ENTECA 2071

ARPA Lombardia

Via I. Rosellini, 17 20124 – Milano

Tel. 02.69666.1

PEC: arpa@pec.regione.lombardia.it

WEB: www.arpalombardia.it

Maggio 2022

1 Sommario

1	INTRODUZIONE	4
2	COMPONENTI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO.....	4
2.1	CERTIFICATI DI TARATURA.....	6
3	MISURE IN PARALLELO.....	6
4	CONFRONTO TRA LE MISURE DI ARPA E DEGLI STRUMENTI DELLA RETE	7
4.1	CONFRONTO DEI PROFILI TEMPORALI E DEI PARAMETRI RELATIVI AGLI EVENTI	7
4.2	CONFRONTO TRA LE SERIE DI DATI	12
4.3	ANALISI IN CORRISPONDENZA DEGLI EVENTI	17
5	CONCLUSIONI	19
6	APPENDICE	20

1 INTRODUZIONE

Il presente rapporto riguarda la verifica di conformità per il sistema di monitoraggio del rumore aeroportuale di Linate riferita all'anno 2021, attraverso misure eseguite da ARPA Lombardia con strumentazione propria installata in parallelo a ciascuna delle centraline di tipo M ("monitoraggio") della rete di monitoraggio. Le verifiche si sono svolte il 12 ottobre 2021 e sono state effettuate seguendo le indicazioni contenute nelle linee guida regionali di cui alla DGR 808/2005.

Oltre al confronto semiquantitativo tra gli indicatori acustici relativi agli eventi aeronautici (Leq, SEL, Lmax), al fine di verificare il funzionamento generale della strumentazione della rete si è anche proceduto a confrontare, utilizzando semplici metodi e indicatori statistici, le serie di dati complete del Gestore e di ARPA, comprendenti quindi anche il rumore ambientale in assenza di rumore aereo.

2 COMPONENTI DEL SISTEMA DI MONITORAGGIO

Nel 2021 il sistema di monitoraggio del rumore dell'aeroporto di Linate era costituito da quattro stazioni di misura di tipo M posizionate in corrispondenza delle traiettorie di decollo e di atterraggio, ai sensi della DGR 808/2005. La Figura 1 mostra la posizione delle stazioni di misura di "tipo M".

Le caratteristiche principali delle stazioni di rilevamento e della strumentazione installata saranno riportate nell'apposita relazione "Verifica di conformità delle caratteristiche dei sistemi di monitoraggio del rumore aeroportuale – Sistema di Linate - Anno 2021 - LIN-2-2021". Di seguito si riassumono le informazioni rilevanti all'analisi delle misure in parallelo e i risultati delle relative elaborazioni eseguite da ARPA Lombardia.

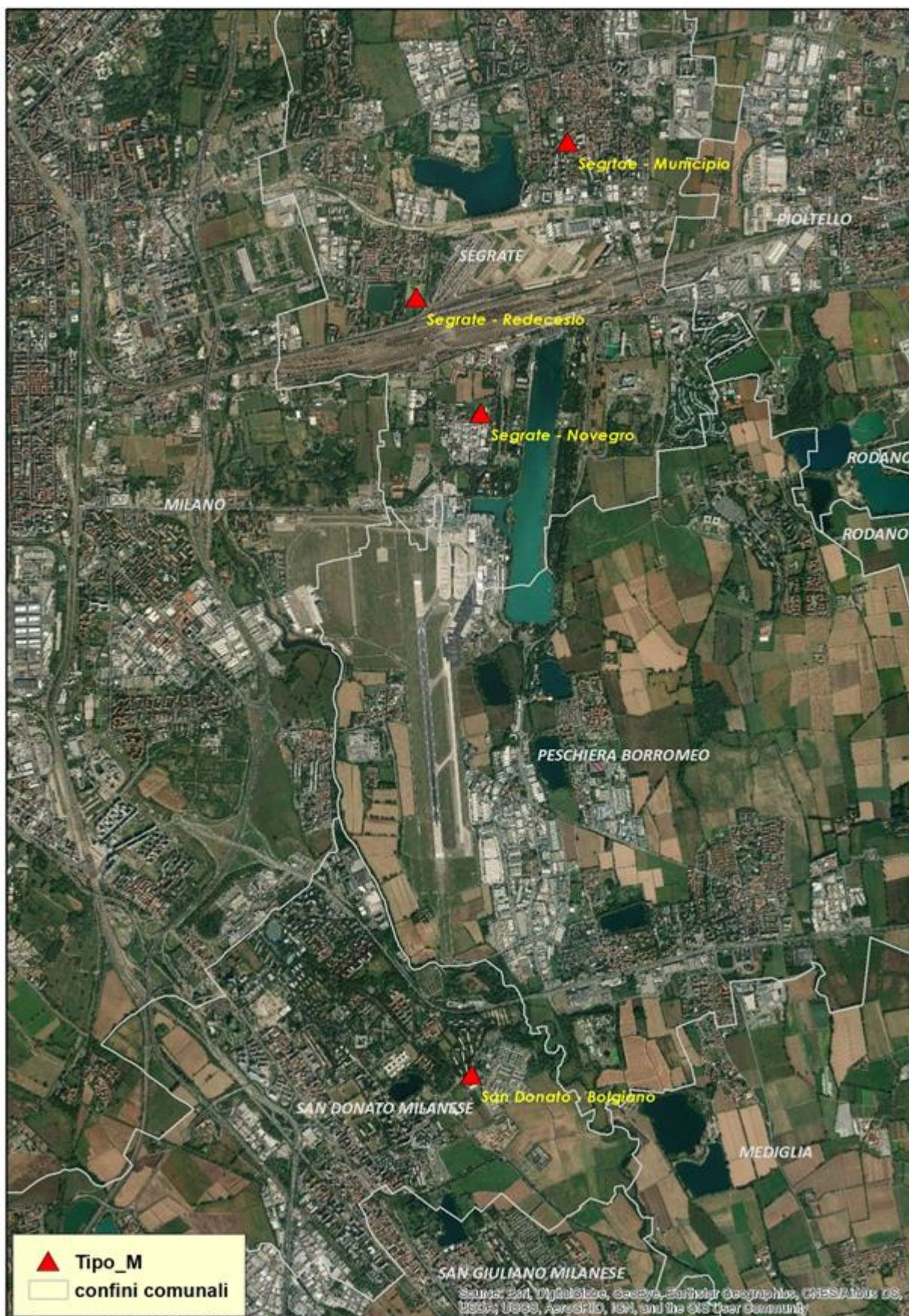


Figura 1 – Posizione delle centraline di monitoraggio di “tipo M”

2.1 CERTIFICATI DI TARATURA

Nella Tabella 1 sono riportati i dati essenziali dei certificati di taratura della strumentazione installata presso le stazioni di tipo M.

Nome centralina	Strumenti	Certificato
San Donato Milanese - Bolgiano	Microfono PCB 377B02 n. 144523 Preamplificatore PCB 426A12 n. 25536 Fonometro L&D 831 n. 3675	Certificato n. 23592-A del centro LAT n. 163 del 23/09/2020
Segrate - Nuovo Municipio	Microfono L&D 2541 n. 8627 Preamplificatore WME 940 n.142 Fonometro L&D 824 n.1248	Certificato n. 25209-A del centro LAT n. 163 del 26/05/2021
Segrate - Novegro	Microfono L&D 2541 n. 6233 Preamplificatore 2100K n. 700 Fonometro L&D 870B n. 1320	Certificato n. 22371-A del centro LAT n. 163 del 27/02/2020
Segrate - Redecesio	Microfono L&D 2541 n. 8702 Preamplificatore MG WME940 n. 144 Fonometro L&D 824 n. 1365	Certificato N. 22369-A del centro LAT n. 163 del 27/02/2020

Tabella 1 – Certificazioni per le stazioni di tipo M

Dalla Tabella risulta evidente che le catene di misura per tutte le centraline M della rete di monitoraggio nel corso delle misure analizzate disponevano di un certificato di taratura conforme alla vigente normativa.

3 MISURE IN PARALLELO

Il giorno 12 ottobre 2021 sono state eseguite, da parte di ARPA, misure in parallelo presso le postazioni di misura di tipo M della rete di rilevamento del rumore aeroportuale.

La strumentazione utilizzata da ARPA e gli estremi delle relative certificazioni di taratura sono riportati in Tabella 2.

Strumenti	Certificato
SoundBook (SINUS GmbH) n.06235 Microfono BSWA-MP201 s.n. 460219 Preamplificatore G.R.A.S.-26AJ s.n. 13904	Certificato di taratura N.45240-A rilasciato dal Centro di taratura LAT n.068. Data di emissione 08/06/2020.
Fonometro L&D 831 s.n.4011 Microfono PCB-377B02 s.n. 156358 Preamplificatore PCB-DE60K5A s.n. 36866	Certificato di taratura N.44165-A rilasciato dal Centro di taratura LAT n.068. Data di emissione 28/10/2019.
Fonometro L&D 831 s.n.4552 Microfono PCB-377B02 s.n. 304330 Preamplificatore PCB-PRM831 s.n. 51289	Certificato di taratura N.45238-A rilasciato dal Centro di taratura LAT n.068. Data di emissione 05/06/2020.

Tabella 2 – Certificazioni per la strumentazione ARPA

Nei vari siti, il microfono di ARPA è stato posizionato alla minima distanza possibile da quello della stazione della rete, in modo tale che le condizioni di misura dei due strumenti fossero il più

possibile uguali, e a 4 metri dal piano campagna nel rispetto delle indicazioni del All. B del DM 31/10/97. Dato che i microfoni di alcune centraline della rete di monitoraggio sono posizionati ad altezze maggiori, le quote di installazione dei microfoni del gestore sono riportate in Tabella 3, dove sono riportate anche le impostazioni di soglia (dB(A)) e di durata (secondi) per l'individuazione dell'evento che sono opportunamente stabilite per ciascuna postazione della rete di monitoraggio.

Per l'individuazione degli eventi di origine aeronautica, infatti, un evento acustico viene individuato e registrato dalla stazione di misura come potenzialmente collegato ad un sorvolo se il livello di pressione sonora ponderato A supera continuamente una certa soglia per una determinata durata minima. Tali impostazioni vengono utilizzate anche da ARPA per l'individuazione degli eventi a partire dai dati fonometrici rilevati.

Nome centralina	QUOTA DEL MICROFONO (m)	Soglia (dB(A))	Durata Minima (s)
San Donato Milanese - Bolgiano	4	65	8
Segrate - Nuovo Municipio	4,5	62	20
Segrate - Novegro	4	64	10
Segrate - Redecesio	4	62	15

Tabella 3 : quota dei microfoni del gestore e impostazioni per la determinazione degli eventi del sistema di monitoraggio

4 CONFRONTO TRA LE MISURE DI ARPA E DEGLI STRUMENTI DELLA RETE

4.1 CONFRONTO DEI PROFILI TEMPORALI E DEI PARAMETRI RELATIVI AGLI EVENTI

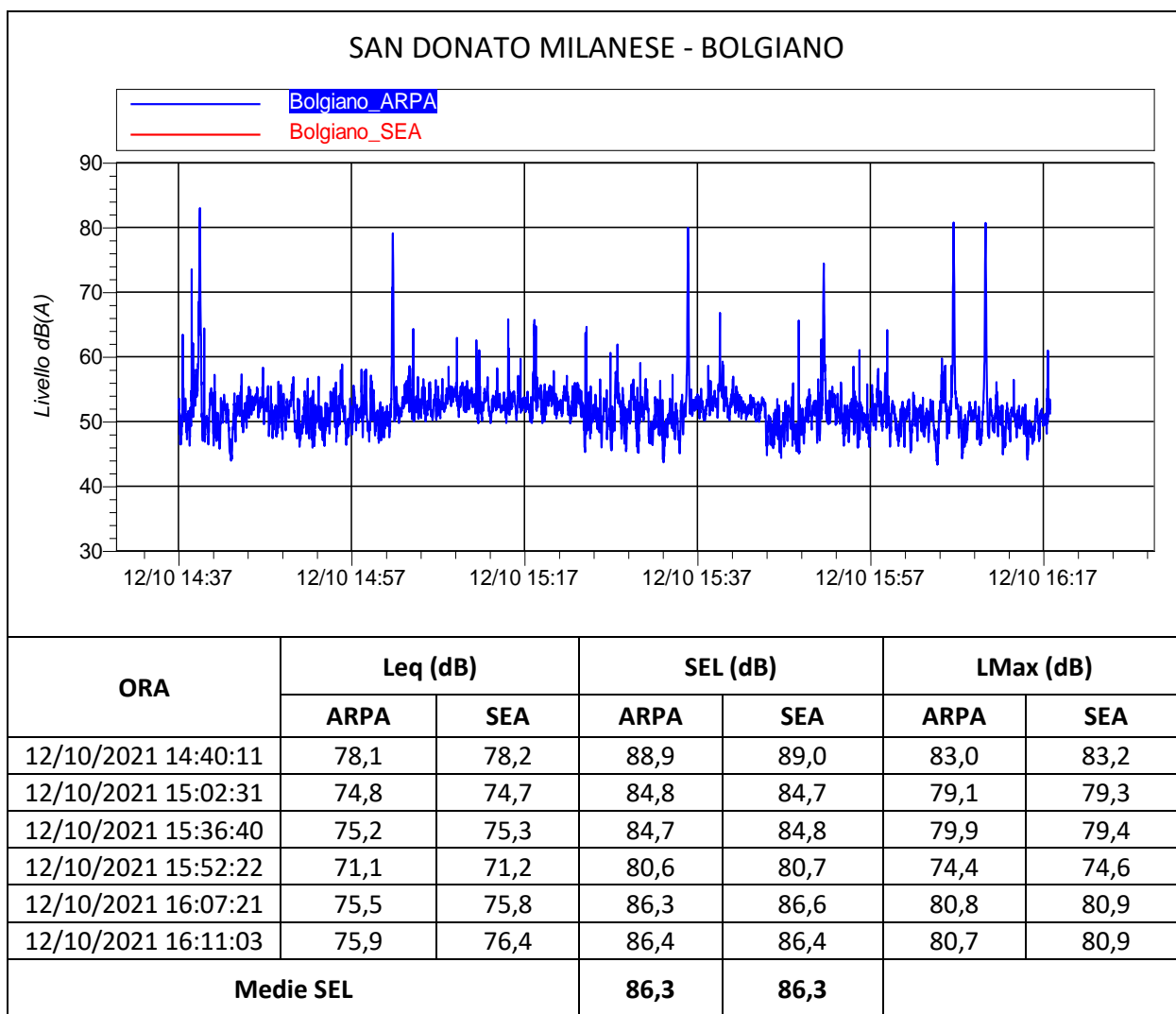
Una prima analisi che è stata condotta pone a confronto il profilo temporale (time history) della misura eseguita da ARPA con quello desunto dal sistema di monitoraggio per ciascuna centralina in corrispondenza del periodo indagato. Inoltre, gli eventi riconosciuti dalla strumentazione di ARPA e da quella della rete di monitoraggio sono stati poi confrontati esaminando i principali parametri che li caratterizzano:

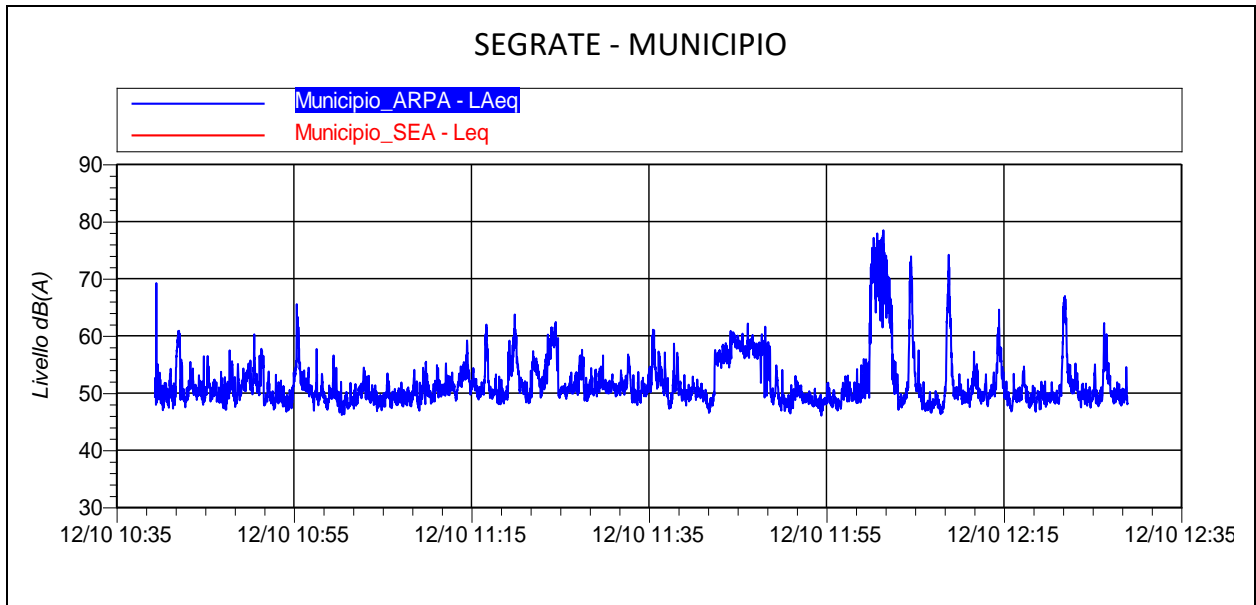
- Ora: inizio dell'evento, in corrispondenza del primo valore che supera la soglia minima prefissata;
- Durata [s]: durata totale dell'evento, cioè per quanti secondi si supera la soglia minima;
- LAeq [dB(A)]: livello equivalente ponderato A del singolo evento;
- SEL [dB(A)]: livello sonoro del singolo evento;
- LAFMax [dB(A)]: livello massimo dell'evento con costante Fast e ponderazione A.

Dal confronto tra i grafici delle Time History di seguito riportati per ogni postazione è possibile rilevare una buona correlazione qualitativa tra quanto è stato misurato dai due microfoni.

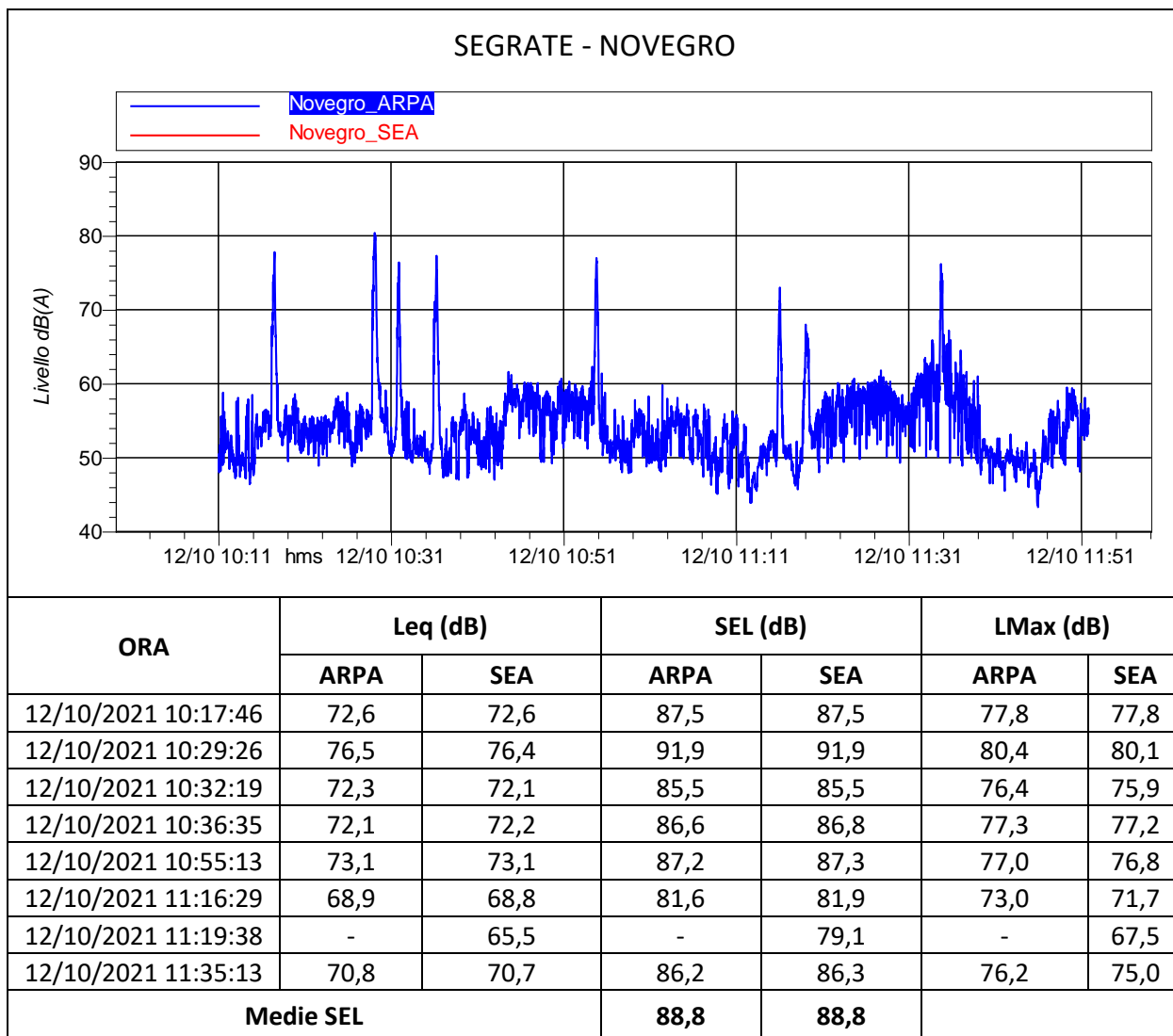
Dal confronto tra gli eventi individuati dalle misure delle centraline della rete di monitoraggio e da quelle di ARPA si riscontra in generale un'ottima corrispondenza tra i livelli di SEL misurati. In considerazione del fatto che la norma tecnica UNI/TR 11326 del 2009 associa agli strumenti di classe 1 un valore di incertezza che può arrivare fino a 0,45 dB, incertezza cui sono soggette sia la strumentazione di ARPA che quella di SEA, una differenza fino a 0,9 dB tra le due misure rientra nell'ambito della normale incertezza strumentale. La differenza osservata tra i valori medi di SEL misurati da ARPA e quelli ottenuti dai fonometri fissi delle centraline risulta sempre ampiamente all'interno di tale intervallo.

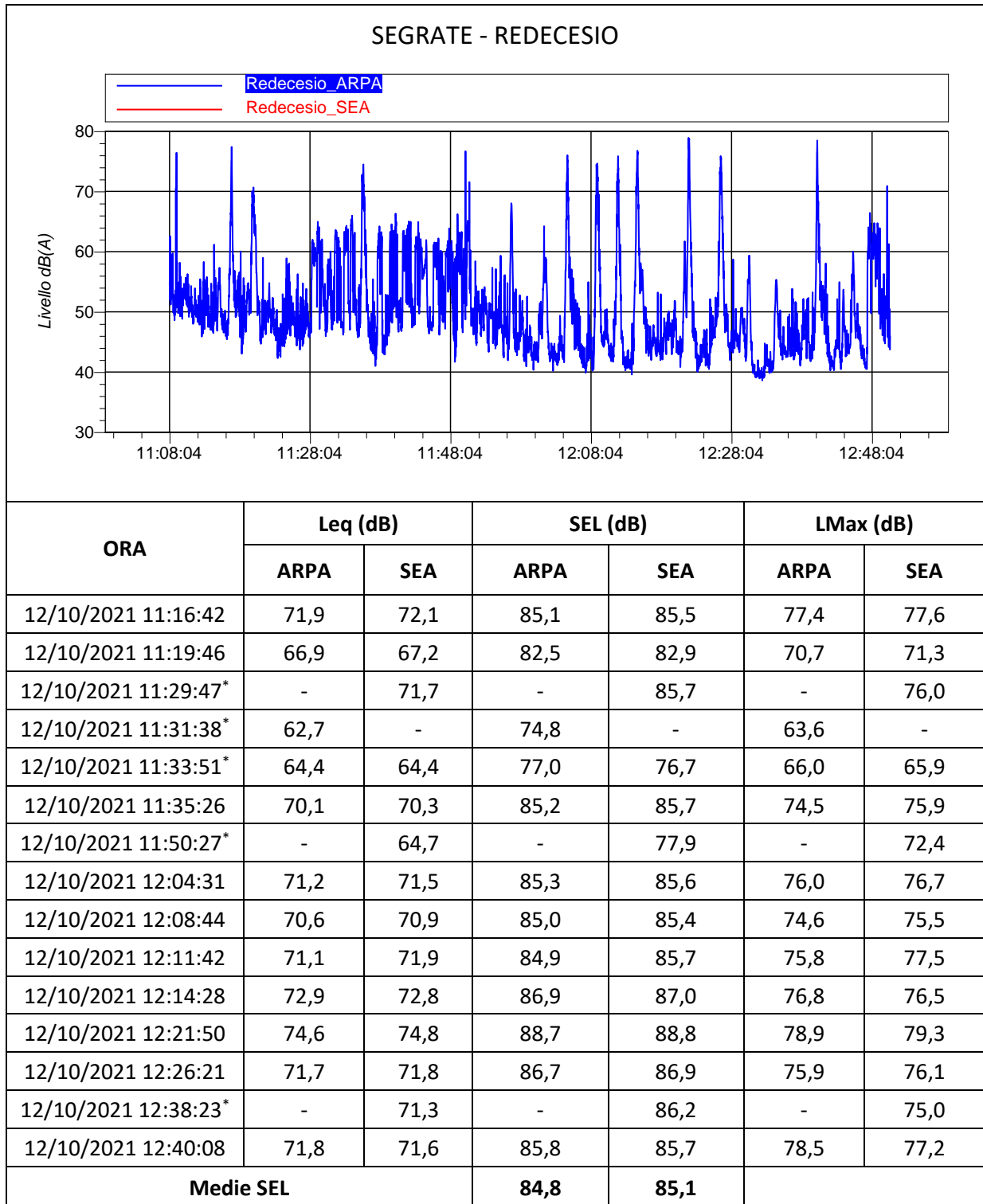
I risultati delle misure in parallelo sono riportati nei grafici che seguono.





ORA	Leq (dB)		SEL (dB)		LMax (dB)	
	ARPA	SEA	ARPA	SEA	ARPA	SEA
12/10/2021 12:04:54	70,0	70,3	83,4	84,1	73,9	74,7
12/10/2021 12:09:06	67,8	68,1	82,4	82,4	74,2	73,6
12/10/2021 12:22:12	64,6	65,0	78,3	78,7	67,0	67,1
Medie SEL			81,9	82,3		





* Evento falso positivo (non corrispondente ad un sorvolo aereo)

4.2 CONFRONTO TRA LE SERIE DI DATI

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

Sono stati utilizzati i seguenti metodi statistici:

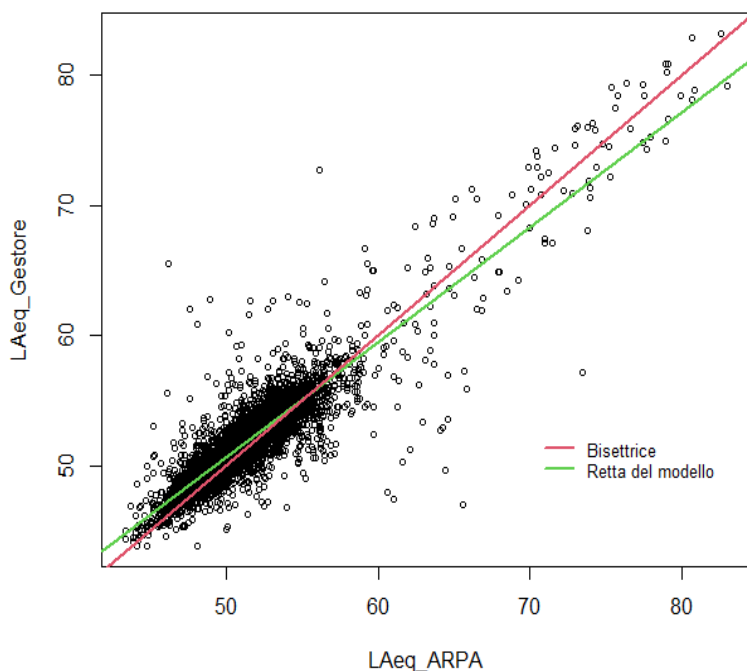
- 1) grafici a dispersione, box plot e principali statistiche univariate sulle serie complete per un'analisi qualitativa generale;
- 2) coefficienti di correlazione lineare di Pearson^[1];
- 3) rette di regressione lineare^[2] tra le serie di valori istantanei misurati dalla centralina del gestore e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

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

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

S. DONATO MILANESE – BOLGIANO

La misura eseguita da ARPA presso la centralina di Bolgiano ha fornito 6047 dati di Leq istantaneo (da una misura della durata di circa 1 ora e 40 min), che sono stati confrontati con i valori di Leq misurati contemporaneamente dallo strumento del Gestore.



Coefficienti	Stima	p-value
intercetta	6,632	<0,0001
β_1	0,881	<0,0001
$R^2=0,807$		

Figura 2 – Scatter plot confronto Leq per S. Donato Milanese-Bolgiano

Si evidenzia una buona confrontabilità delle due serie di misure, anche se i parametri statistici risultano meno performanti degli anni precedenti. L'indice di correlazione risulta pari a circa 0,9 e il valore dell'intercetta è significativo, pari a 6,632 dBA. Il modello di regressione lineare restituisce una retta con pendenza pari a 0,881, con un indice di determinazione che è inferiore al 90%, pari a 80,7%.

Dal box plot di Figura 3 si denota una buona concordanza dei dati tra le due serie, con una differenza massima tra i rispettivi parametri di 0,5 dBA.

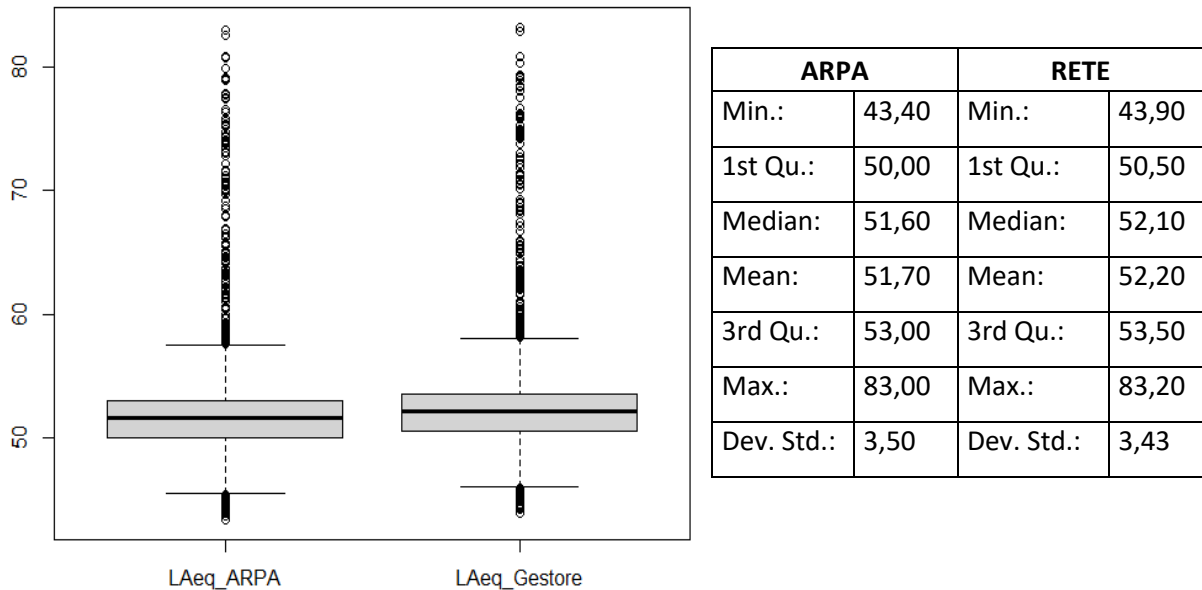


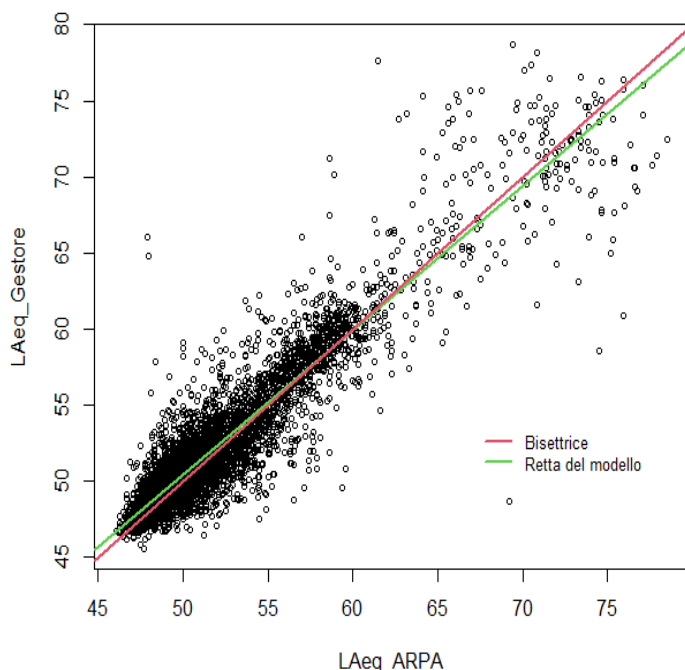
Figura 3 – Box plot serie istantanee per S. Donato

Milanese-Bolgiano

Per questa centralina si procederà ad un'analisi più approfondita, riportata nel capitolo successivo, in corrispondenza degli eventi sonori aeronautici individuati.

SEGRATE - MUNICIPIO

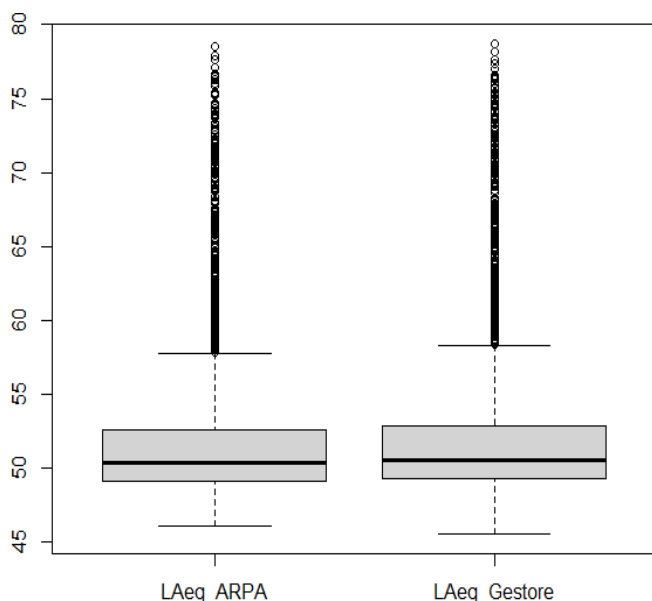
Il dataset relativo alle misure eseguite presso la centralina di Segrate - Municipio conta 6578 coppie di dati di LAeq istantaneo relative ad una misura della durata di circa 1 ora e 50 minuti.



Coefficienti	Stima	p-value
intercetta	2,965	<0,0001
β_1	0,949	<0,0001
$R^2=0,858$		

Figura 4 – Scatter plot confronto Leq per Segrate-Municipio

Lo scatter plot evidenzia una buona correlazione tra le due serie di osservazioni (indice di correlazione lineare pari a 0,93). La retta di regressione è contraddistinta da una pendenza prossima all'unità, pari a 0,949, e una quota di varianza spiegata pari a 85,8%. Il valore dell'intercetta, pari 2,965 dBA, è contenuto. I box plot e i valori delle medie e dei quartili riassunti in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** confermano la buona corrispondenza tra le due serie di dati con valori molto prossimi tra loro.



ARPA		RETE	
Min.:	46,10	Min.:	45,60
1st Qu.:	49,10	1st Qu.:	49,30
Median:	50,40	Median:	50,60
Mean:	51,70	Mean:	52,00
3rd Qu.:	52,60	3rd Qu.:	52,90
Max.:	78,50	Max.:	78,70
Dev. Std.:	4,48	Dev. Std.:	4,59

Figura 5 – Box plot serie istantanee per Segrate-Municipio

SEGRATE – NOVEGRO

La misura in parallelo presso la centralina di Novegro ha avuto la durata di circa 1 ora e 40 minuti e ha restituito 6052 coppie di dati di Leq istantaneo sui quali sono state condotte le analisi statistiche di seguito riportate.

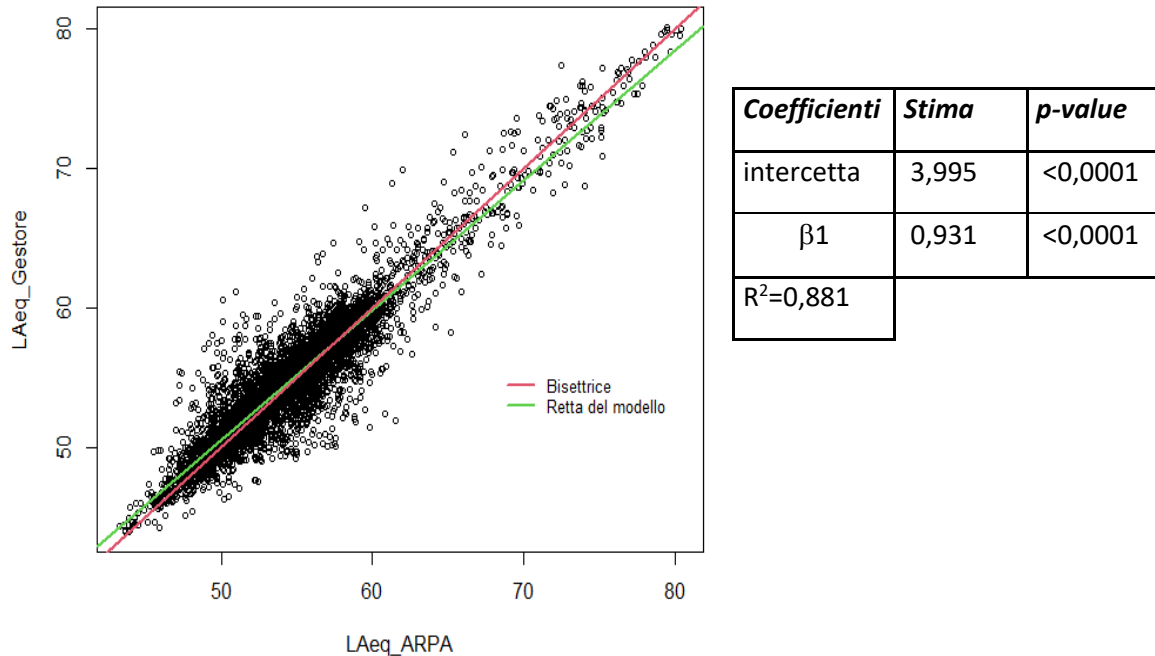


Figura 6 – Scatter plot confronto Leq per Segrate-Novegro

Lo scatter plot di **Errore**. **L'origine riferimento non è stata trovata**. evidenzia una buona correlazione lineare tra le due serie di dati, con un coefficiente di correlazione pari a 0,94. Il coefficiente angolare β_1 della retta è significativo (p-value minore di 0,0001 associato al test $H_0:\beta_1=0$) e pari a 0,931, pertanto prossimo a 1; la quota di varianza spiegata dalla retta è pari al 88,1% della varianza totale e l'intercetta è pari a 3,995 e pertanto abbastanza ridotta.

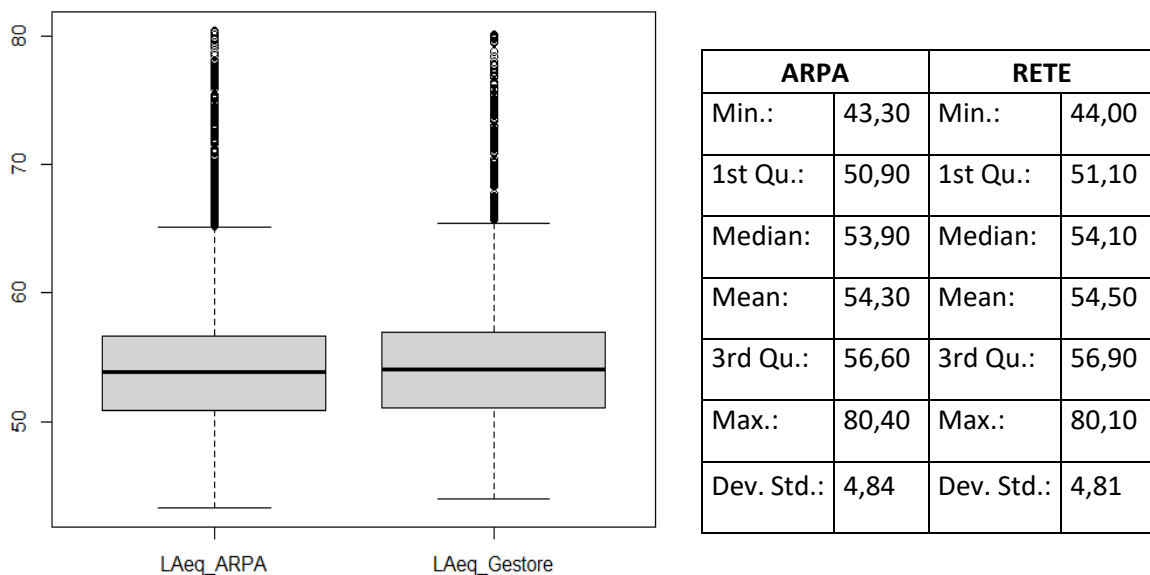


Figura 7 – Box plot serie istantanee per Segrate-Novegro

I box plot delle due serie sono molto simili, come mostra il confronto tra i principali parametri riportati nella relativa tabella (

Figura 7 **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**). In entrambi i casi la maggior parte dei dati è concentrata nell'intervallo di valori tra 51 e 57 dB(A), con picchi intorno a 80 dB(A).

SEGRATE – REDECESIO

Le misure in parallelo presso la centralina di Redec시오 si sono protratte per circa 1 ora e 37 minuti e le coppie di dati di Leq istantaneo analizzate ammontano a 5863.

Dall'analisi della time history del Gestore, si evidenzia la presenza di una perdita di dati che si aggira intorno ai 50 secondi ripetuta per n. 6 volte nell'arco del periodo di misura. Al fine di effettuare il confronto tra i livelli registrati dai due microfoni si è proceduto ad analizzare i livelli delle due misure ad esclusione di tali periodi.

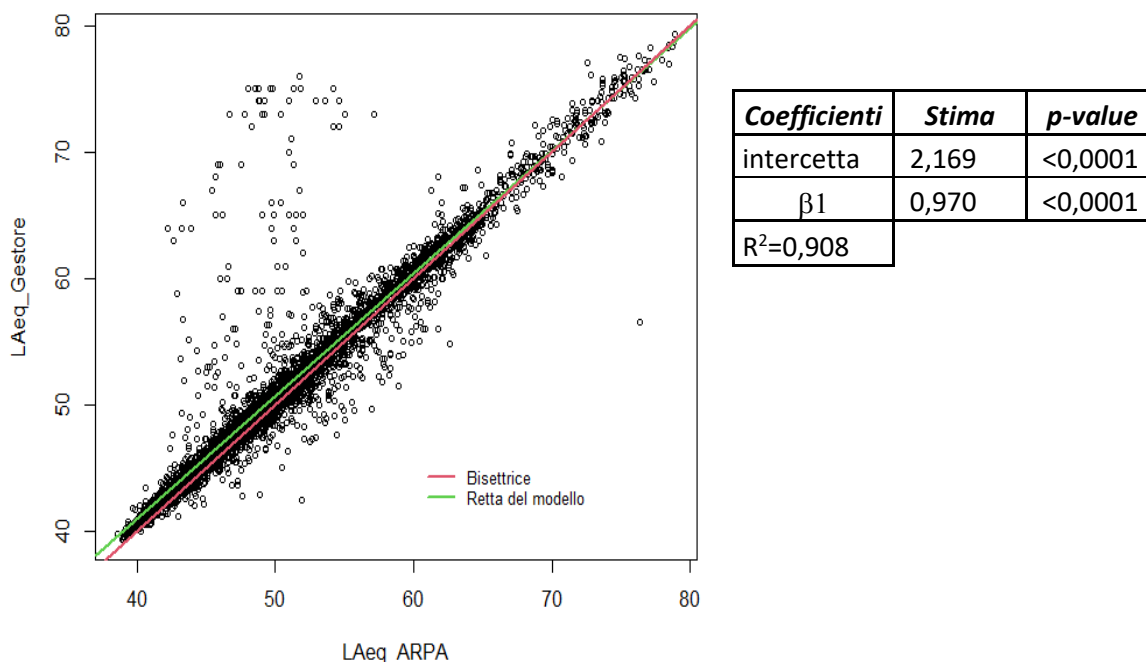
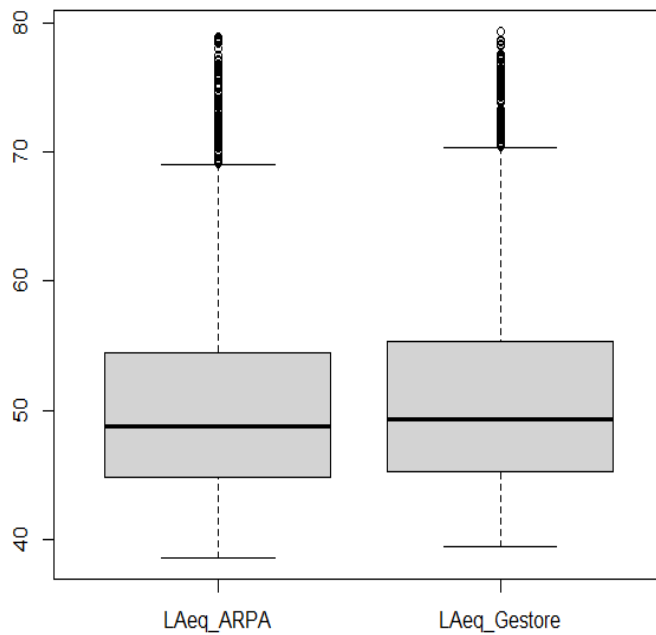


Figura 8 – Scatter plot confronto Leq per Segrate – Redec시오

Lo scatter plot, riportato in Figura 8, evidenzia una buona concentrazione di valori attorno alla bisettrice del grafico.

In generale, la correlazione risulta molto forte, con un coefficiente pari a 0,95.

Il modello di regressione lineare restituisce dei buoni risultati: una pendenza vicina all'unità ed un indice di determinazione pari a 90,8% ed un offset abbastanza contenuto (2,169). Tutti gli indici di posizione riassunti dal box plot (**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**) evidenziano valori molto simili tra le due distribuzioni con valori leggermente più alti da parte del microfono della rete, con differenze che raggiungono 0,6 dB.



ARPA		RETE	
Min.:	38,60	Min.:	39,40
1st Qu.:	44,80	1st Qu.:	45,30
Median:	48,70	Median:	49,30
Mean:	50,50	Mean:	51,10
3rd Qu.:	54,50	3rd Qu.:	55,30
Max.:	78,90	Max.:	79,30
Dev. Std.:	7,51	Dev. Std.:	7,64

Figura 9 – Box plot serie istantanee per Segrate – Redecesio

4.3 ANALISI IN CORRISPONDENZA DEGLI EVENTI

Di seguito si riportano i risultati dei confronti statistici tra i dati rilevati da entrambi gli strumenti di misura in corrispondenza degli eventi sonori associati ai sorvoli per la stazione di San Donato - Bolgiano.

Dovendo necessariamente confrontare campioni di dati con lo stesso numero di dati ed essendo gli eventi individuati da ARPA e dallo strumento della rete spesso caratterizzati da durate ed istanti iniziali leggermente differenti, per evitare che le analisi siano condizionate dalle scelte dell'operatore, si è definita una regola da applicare per la selezione dei dati da confrontare. Si è scelto pertanto di considerare tra le coppie di dati (ARPA-rete) quelle che le elaborazioni di entrambe le serie attribuiscono all'evento sonoro dovuto ad un sorvolo.

Di seguito vengono riportati i risultati dei confronti così ottenuti per la centralina sopra individuata.

S. DONATO MILANESE – BOLGIANO

Sono stati estratti i valori di LAeq istantaneo relativi ai soli eventi aeronautici individuati sia per la misura di ARPA che del Gestore disponendo così di due serie con 56 dati. Lo scatter plot di Figura 10 evidenzia un indice di correlazione lineare pari al 0,99 (per la serie completa era pari al 0,90) e il valore dell'intercetta risulta pari a 0,15, nettamente più basso rispetto alla serie completa che risultava essere pari 6,63 dB(A).

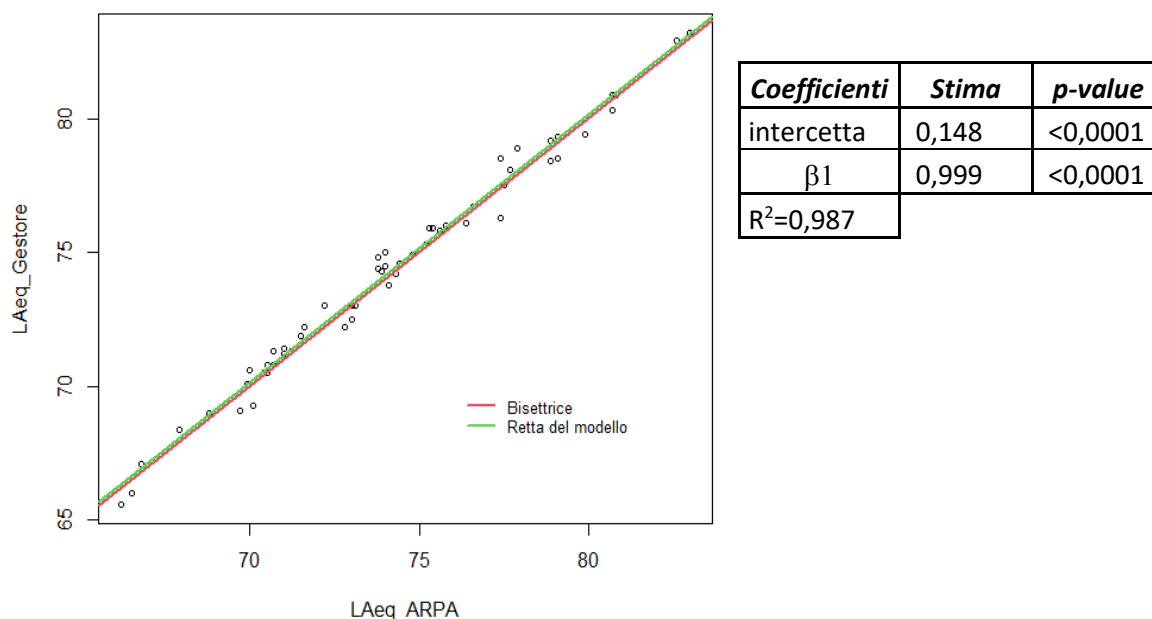


Figura 10 – Scatter plot confronto Leq per S. Donato - Bolgiano

L'analisi della retta di correlazione mostra un'ottima corrispondenza tra le serie degli eventi sonori correlati ai sorvoli. I boxplot migliorano ulteriormente rispetto a quelli della serie completa e si osserva una perfetta corrispondenza tra le due misure come mostra il confronto tra i principali parametri riportati nella relativa tabella (Figura 11) con differenze che raggiungono 0,4 dB(A) per primo quartile e mediana e solo 0,2 dB(A) per la media e terzo quartile.

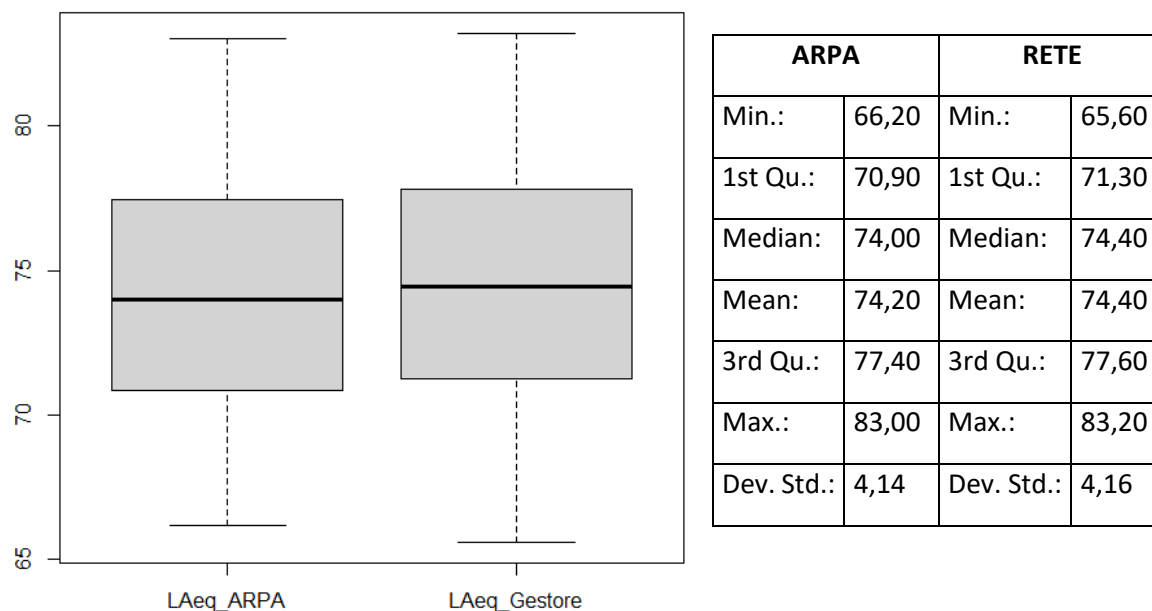


Figura 11 – Box plot serie istantanee per S. Donato – Bolgiano

5 CONCLUSIONI

Si riscontra una buona concordanza nell'andamento generale delle Time History e nel riconoscimento degli eventi tra le misure effettuate da ARPA e le rilevazioni contemporanee delle centraline fisse della rete di rilevamento del rumore aeroportuale.

Per quanto riguarda il confronto tra i valori medi dei SEL corrispondenti agli eventi misurati dalla strumentazione di ARPA e dalle centraline della rete si osserva che essi sono sempre comparabili. In particolare, si riscontra una differenza pari a 0,3 e 0,4 dB(A) tra le medie dei SEL rilevati dai microfoni di ARPA e quelli registrati rispettivamente dalle stazioni di Segrate – Redecesio e Municipio, mentre tale differenza risulta nulla per le centraline di S. Donato – Bolgiano e Segrate - Novegro.

Dalle analisi statistiche condotte per tutte le centraline i parametri ottenuti per le rette di regressione indicano una buona correlazione tra le misure. Per tutti i confronti tra le serie, l'indice di correlazione lineare risulta compreso tra 0,90 e 0,95, il coefficiente angolare risulta sempre prossimo all'unità (valori compresi tra 0,88 e 0,97), e l'indice di determinazione è compreso tra 0,807 e 0,908

I valori dell'intercetta variano da 2 dB(A) per la centralina di Segrate – Redecesio e raggiungono 6,6 dB(A) per la centralina di S. Donato Bolgiano.

Per quest'ultima sono state condotte ulteriori analisi statistiche limitate ai dati relativi agli eventi sonori corrispondenti a sorvoli aerei rilevati da entrambe le strumentazioni. Ai fini della determinazione dell'indice LVA, che descrive il rumore della sola sorgente aeroportuale, sono infatti questi ultimi i dati significativi. I parametri statistici ottenuti da tale approfondimento rivelano un'ottima aderenza tra i valori misurati dai due strumenti.

In generale è stato riscontrato che i valori medi più alti corrispondono a quelli misurati dalla strumentazione della rete, che garantisce, quindi, una stima cautelativa del rumore di origine aeronautica.

Si segnala, infine, che per la centralina di Segrate – Redecesio, per cui sono state riscontrate ripetute interruzioni del segnale registrato da parte del Gestore che raggiungono mediamente i 50 secondi, risulta necessario che il Gestore conduca le opportune verifiche.

Le verifiche condotte da ARPA relative all'efficienza del sistema di monitoraggio, che saranno riportate nella relazione LIN-2-2021, potranno verificare l'eventuale presenza di tale anomalia nei dati utilizzati per il calcolo dell'indice LVA dell'anno 2021.

6 APPENDICE

Definizioni parametri e metodi statistici.

[1] Il **coefficiente di correlazione lineare di Pearson** è un indice compreso nell'intervallo $[-1;+1]$ che misura il grado della eventuale relazione di linearità tra due variabili quantitative. Quando il coefficiente vale 1 indica la perfetta correlazione lineare diretta tra le due variabili; il valore -1 è invece caratteristico di una perfetta correlazione lineare inversa. L'ipotesi in cui l'indice assuma valore nullo può descrivere due differenti situazioni. Infatti, ci si può trovare nel caso in cui al variare di una variabile l'altra rimanga perfettamente costante, oppure nel caso in cui la dispersione dei punti sullo scatter plot sia tale da non ricondurre ad una correlazione lineare tra le due variabili. Il primo caso è graficamente riassunto da una retta parallela all'asse delle ascisse, mentre il secondo caso è identificato da una macchia di punti riportata per il caso 0,0.

[2], [3] La **retta di regressione lineare dei minimi quadrati**: il metodo dei minimi quadrati viene utilizzato per determinare una funzione lineare che meglio approssimi la relazione tra i dati che si stanno considerando. I parametri caratteristici della funzione lineare (il coefficiente angolare e l'intercetta) devono essere tali da rendere minime le somme dei quadrati delle distanze tra i dati osservati e quelli che si trovano sulla curva che rappresenta la funzione. A seguito di questo procedimento ne conseguirà che i residui, cioè la differenza tra i valori previsti dalla retta e quelli osservati, avranno media zero. Successivamente, sui parametri stimati, verrà applicato un test per valutare la significatività del modello. Infatti, assumendo che la distribuzione dei parametri segua un andamento gaussiano, cioè che i valori stimati siano estratti da una variabile casuale normale, si conduce un test T in cui l'ipotesi nulla oggetto della verifica è $H_0: \beta_1=0$, cioè pendenza della retta nulla, ovvero il caso in cui il modello non risulta statisticamente significativo. La probabilità che esista l'ipotesi "pendenza uguale a zero" viene chiamata p-value e viene riportata in ogni tabella a fianco al valore del coefficiente. Se il p-value ha valore superiore a 0,05 l'ipotesi nulla, con un grado di confidenza del 95%, può non essere esclusa (ossia può esistere il caso "pendenza uguale a zero"). Lo stesso procedimento, anche se tendenzialmente meno importante, vale per l'intercetta, la cui ipotesi messa a verifica è $H_0: \text{int}=0$.

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