



CITTÀ METROPOLITANA DI GENOVA

DIREZIONE AMBIENTE – Servizio Energia, Aria e Rumore

Prot. n. 30621 – 05.06.2017

OGGETTO: Sintesi e confronto dei risultati ottenuti con campagne di monitoraggio fonometrico in continuo nelle postazioni “Ungaretti” e “Villa Chiesa”, in Comune di Genova.

Premessa

La Città Metropolitana di Genova (già Provincia di Genova) dal 2008 al 2015 ha effettuato in modo sistematico alcune campagne di monitoraggio del rumore portuale: nel 2008 – 2011 e poi nel 2015 è stata monitorata una zona prospiciente il Porto Petroli, nel biennio 2010 - 2011 e poi nell'anno 2015 è stata realizzata una campagna di misura nell'area affacciata sul Terminal container ubicato nel ponente cittadino.

Le aree monitorate oggetto del presente studio sono le seguenti (identificate con i nomi dei quartieri abitati oggetto di misure), presentate in ordine geografico da ponente verso levante:

- A) Area Pegli – Prà: fascia costiera nel ponente cittadino, prospiciente il Terminal container e facente capo a due quartieri (Pegli e Prà); la zona collinare risente anche di un rumore diffuso d'area ed eventi episodici locali, nella fascia costiera è rilevante il rumore del traffico; è inoltre avvertibile il sorvolo degli aerei.
- B) Area Multedo: ubicata nel ponente cittadino, è contigua alla infrastruttura del Porto Petroli; l'abitato, inoltre, è interessato dalle immissioni acustiche stradali, ferroviarie e aeroportuali.

Dei diversi monitoraggi eseguiti nella presente relazione vengono considerati quelli relativi al 2008 nel sito “Villa Chiesa” (Area Multedo) e nel 2015 nel sito “Ungaretti” (Area Pegli – Prà), in quanto hanno fornito dati che, per metodo di misura, caratteristiche del sito e rappresentatività temporale del monitoraggio in continuo, risultano confrontabili fra loro.

Entrambe le campagne di misura si sono articolate in un monitoraggio in continuo plurisettimanale di Leq e Ln in banda 1/3 di ottava (con strumentazione automatica) e in più misure assistite su tempo breve (cioè di durata inferiore o al più pari a 1 ora), effettuate in alcuni siti distribuiti nel territorio circostante il punto di monitoraggio in continuo, allo scopo di ottenere indicazioni circa la distribuzione spaziale della rumorosità.

Dal sito di misura in continuo “Ungaretti”, sito in Via Ungaretti (Pegli) in posizione collinare, si ha una vista completa e libera da ostacoli sull'intera banchina portuale del Terminal container, il traffico dalla strada Aurelia è efficacemente schermato dall'orografia e dagli edifici sottostanti; è invece presente un traffico locale percorrente via Ungaretti e i parcheggi condominiali adiacenti la postazione di misura.

Il sito di misura in continuo “Villa Chiesa”, sito in Viale Villa Chiesa (Multedo), è in posizione collinare e da esso è in vista libera il Porto Petroli, mentre risulta parzialmente schermata l'Aurelia; il sito è interessato dal traffico locale lungo il viale e dal rumore ferroviario proveniente dalla linea Genova - Ventimiglia.

Dal punto di vista del monitoraggio delle immissioni acustiche di origine portuale, i siti Villa Chiesa e Ungaretti presentano dunque caratteristiche simili (principalmente: posizione collinare e affaccio diretto sulle infrastrutture portuali, parziale schermatura del rumore da traffico sulle strade principali, residenzialità dell'area in cui sono ubicati i siti, traffico presente solo di natura locale).

Postazioni di misura

Postazioni di misura in continuo

Postazione Ungaretti (Zona Pegli / Prà)

Nel periodo 14.10.2015 ÷ 15.12.2015 è stato eseguito un monitoraggio fonometrico automatico e in continuo alloggiando la strumentazione nella cabina denominata “Ungaretti”, sita a Genova Pegli (postazione individuata dalle coordinate Gauss Boaga 1483900 m e 4919468 m), della rete provinciale per il monitoraggio della qualità dell’aria (COP).

In quanto segue il sito del monitoraggio in continuo è identificato, oltre che dal toponimo “Ungaretti”, anche dalla sigla MU.

Postazione Villa Chiesa (Zona Multedo)

Nel sito Villa Chiesa è stata eseguita una prima campagna di misura in continuo nel periodo 20.02.2008 ÷ 14.05.2008, seguita da una successiva campagna più limitata nel tempo, a fini di aggiornamento/confronto, nei giorni 23.06.2015 ÷ 03.07.2015.

La postazione di misura è costituita da una cabina fissa in dotazione al Centro Operativo Provinciale (COP), primariamente finalizzata al monitoraggio della qualità dell’aria, sita in Viale Villa Chiesa (coordinate Gauss Boaga¹, m, 1486580 e 4919412).

In quanto segue il sito del monitoraggio in continuo è identificato, oltre che dal toponimo “Villa Chiesa”, anche dalla sigla VC2.

Postazioni di misura su tempo breve

Siti in Zona Pegli / Prà

A corredo del monitoraggio in continuo, sono state eseguite alcune misure assistite su tempo breve nei seguenti cinque siti:

- sito “Torre Cambiaso” (sigla: ST): in posizione collinare e di campagna, sovrastante il sito MU di monitoraggio in continuo;
- sito “Vetta” (sigla: SV): in posizione collinare e di campagna, a quota inferiore rispetto al sito ST e a levante del sito MU;
- sito “Lavatrici” (sigla: SL): in posizione collinare, a quota inferiore rispetto al sito ST e a ponente del sito di misura in continuo MU;
- Sito “Ratto” (sigla SR): ubicato in via Gerolamo Ratto, in posizione sottostante il sito MU, è interposto fra via Ungaretti, a monte, e l’Aurelia a mare (da quest’ultima strada è separato da edifici e da un tratto ferroviario sopraelevato e chiuso da barriere antirumore);
- Sito “Fascia” (sigla SF): ubicato lungo la passeggiata, lato monte, nella zona di ormeggio delle barche di associazioni sportive e di pescatori, nella parte orientale del canale della Fascia di Rispetto.

Siti in Zona Multedo

Oltre al monitoraggio in continuo, nel biennio 2008÷2009 erano state eseguite misure assistite su tempo breve e in diverse occasioni. Dei siti in questione nel presente studio sono considerati i seguenti tre:

- sito “Scriba” (sigla: S1): a quota inferiore rispetto al sito del monitoraggio in continuo VC2, è un terrazzo privato direttamente affacciato sull’Aurelia, sulla ferrovia e sul porto;

¹ L’incertezza estesa (fattore 2) su ciascuna delle due coordinate è stimata in ~3 m.

- sito “Monte Oliveto” (sigla: S2): piazzale antistante la chiesa di Multedo, direttamente affacciato sul porto, è a una quota paragonabile a quella del sito VC2, a ponente di quest’ultimo e direttamente a monte del sito S1;
- sito “Cabina” (sigla S3): in prossimità della cabina di monitoraggio “Villa Chiesa”.

Metodologia: misure

Monitoraggio in continuo

È stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sito Ungaretti: fonometro Bruel & Kjaer mod. 2250 (classe 1, regolarmente tarato);
- sito Villa Chiesa: fonometro Larson Davis mod. 2900 (classe 1, regolarmente tarato).

Durante i rilievi fonometrici nella postazione Ungaretti (14.10.2015 ÷ 15.12.2015) la strumentazione per il monitoraggio della qualità dell’aria era spenta.

Nel caso della postazione Villa Chiesa, invece, durante i rilievi (20.02.2008 ÷ 14.05.2008 e poi 23.06.2015 ÷ 03.07.2015) la strumentazione per la misura della qualità dell’aria era attiva.

L’analisi dei dati rilevati nella postazione Villa Chiesa ha mostrato che nel periodo aprile / maggio 2008 dovevano essere attive sorgenti acustiche, differenti dalle navi all’ormeggio, che fornivano un contributo acustico determinante per molte bande di frequenza: pertanto, si è proceduto all’elaborazione, in relazione al fenomeno sonoro “nave all’ormeggio”, solo per i dati del periodo febbraio – marzo 2008.

In entrambi i casi (MU e VC2) il monitoraggio in continuo ha acquisito in parallelo sia i livelli Leq e Ln in banda larga e ponderazione A (dBA) sia i multispettri di Leq e livelli percentili di banda 1/3 di ottava e ponderazione lineare (dB).

Il tempo di ogni singola acquisizione è stato di 1 ora, (con l’eccezione di alcuni giorni, in entrambi i siti, nei quali sono stati acquisiti dati su una base temporale più fine, a scopo di approfondimento e confronto).

Le grandezze monitorate e nel seguito considerate sono quindi:

- a) evoluzione temporale di Leq e livelli percentili Ln ($L1$, $L5$, $L10$, $L50$, $L90$ e $L99$) su 1 ora in ponderazione A (dBA),
- b) multispettro in bande 1/3 d’ottava e ponderazione lineare di Leq e Ln ($L1$, $L5$, $L10$, $L50$, $L90$ e $L99$) su 1 ora (dB).

Misure su tempo breve

Per le misure su tempo breve assistite, a corredo dei monitoraggi in continuo, è stato utilizzato il fonometro Sinus mod. Soundbook (classe 1, regolarmente tarato).

Sono state misurate le seguenti grandezze:

- a) livello equivalente continuo ponderato A, Leq (dBA);
- b) livelli percentili Ln ($L1$, $L5$, $L10$, $L50$, $L90$, $L99$) ponderati A (dBA);
- c) evoluzione temporale di Leq su 0,125 s ponderato A (dBA);
- d) spettro sonoro in banda di 1/3 d’ottava del Leq in ponderazione lineare sull’intero periodo di misura (dB);
- e) multispettro in bande 1/3 d’ottava e ponderazione lineare di Leq su 1 s (dB).

Quasi tutte le misure in zona Pegli / Prà considerate nel seguito sono state effettuate nella mattina e nel primo pomeriggio del giorno 03.11.2015; nel sito SV è stata eseguita una misura anche in data 19.08.2015 (tarda mattinata).

Le misure in zona Multedo sono state effettuate a più riprese e, nella maggior parte, nel 2008 e nel 2009, in entrambe le fasce orarie diurna e notturna.

Metodologia: elaborazioni

Dati misurati in continuo: calcolo di LeqD e LeqN

A partire dai valori di Leq orario dBA misurati in continuo sono stati calcolati i valori di Leq diurno (LeqD, ore 6-22) e notturno (LeqN, ore 22-6) medi logaritmici sull'intero periodo di monitoraggio, ottenendo una approssimazione dei livelli di "lungo termine".

Per il calcolo delle grandezze suddette si è proceduto come di seguito descritto.

Preliminarmente è stato eseguito il calcolo dei valori di LeqD e LeqN medi logaritmici per ogni k-esimo giorno, applicando le formule seguenti²:

$$\text{LeqD}_k = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{16} (10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{D_6}} + \dots + 10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{D_{21}}}) \right]$$

$$\text{LeqN}_k = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{8} (10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{D_{22}}} + \dots + 10^{0,1 \cdot \text{Leq}_{D_5}}) \right]$$

Quindi sono stati calcolati i valori di <LeqD> e <LeqN> medi logaritmici sull'intero periodo di monitoraggio (N = numero di giorni):

$$\langle \text{LeqD} \rangle = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1 \cdot \text{LeqD}_k} \right]$$

$$\langle \text{LeqN} \rangle = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N 10^{0,1 \cdot \text{LeqN}_k} \right]$$

Individuazione di bande di frequenza statisticamente significative per il rumore di fondo

Per valutare la rumorosità di fondo notturna è stata elaborata la statistica dei livelli L99 orari misurati nella fascia oraria 00 ÷ 06, più ristretta del periodo notturno stabilito dalla normativa allo scopo di minimizzare la rumorosità di origine veicolare locale, la rumorosità d'area urbana e fenomeni sonori episodici (in genere più frequenti prima delle 24).

Le elaborazioni hanno riguardato i valori di L99 orario sia in banda larga e ponderazione A (dBA) sia di singola banda 1/3 di ottava e ponderazione lineare (dB).

Per individuare bande di frequenza 1/3 di ottava statisticamente significative, in relazione alle immissioni portuali, è stato applicato un metodo appositamente sviluppato per il caso di sorgenti di tipo continuo e quasi stazionario, quali gli impianti delle navi all'ormeggio durante il periodo di permanenza in banchina.

Si è proceduto analizzando i valori di L99 orario (indicatore della rumorosità di fondo) come di seguito descritto.

La prima fase, propedeutica alla seconda nella preparazione dei campioni di dati da analizzare, si è composta dei seguenti passi:

1. si sono separati i livelli corrispondenti a periodi con una o più navi ormeggiate e quelli riferiti a periodi senza navi³, per le sole ore notturne nella fascia 00 ÷ 06;

² Il valore di LeqN_k è calcolato secondo il criterio della continuità del periodo notturno (cioè sulla notte a cavallo di due giornate consecutive).

³ I dati relativi alla presenza di navi nelle infrastrutture portuali sono stati cortesemente forniti, a seconda delle aree studiate, da Porto Petroli S.p.A. (Multedo) o Capitaneria di Porto di Genova (Pegli - Prà).

2. si sono calcolati i valori medi (aritmetici) e la deviazione standard per la serie di dati di L99 orario di banda in presenza ed assenza di navi all'ormeggio (ponderazione lineare, dB).

Per individuare in modo quantitativo le bande di frequenza statisticamente più significative, si sono successivamente calcolate le distribuzioni statistica e cumulata di L99 di banda (nei due casi di presenza ed assenza di navi).

Le bande a maggiore significatività sono state identificate applicando il criterio seguente:

1. si è individuato il valore del livello per il quale la curva cumulata del campione con assenza di navi raggiunge la "saturazione", cioè il valore 100%;
2. si è calcolata la percentuale di dati relativi al campione in presenza di navi che eccedono tale livello;
3. si è classificata la banda come significativa se la percentuale così calcolata è superiore a 70% e abbastanza significativa se è superiore a 50% ma inferiore a 70%.

Stima dell'incertezza dei valori di Leq misurati in continuo

Per valutare l'incertezza di misura sono state utilizzate le procedure definite dalle norme UNI/TR 11326:2009 e UNI CEI ENV 13005:2000. Per l'incertezza estesa è stato adottato un fattore di copertura pari a 2 corrispondente, nell'ipotesi senz'altro approssimata di distribuzione quasi normale, a un livello di fiducia intorno al 95%.

L'incertezza è stata valutata esclusivamente per i dati di Leq a banda larga e ponderati A.

Alla formazione dell'incertezza composta si è valutato che concorrano primariamente i contributi dovuti alle componenti strumentali; per il calcolo sono stati quindi applicati i metodi riportati nella norma UNI/TR 11326:2009 al complesso fonometro + calibratore, facendo riferimento ai dati riportati nei certificati di taratura e nelle specifiche tecniche della strumentazione.

Si è in tal modo ottenuto il valore per l'incertezza u associata sia ai valori di Leq orario sia ai valori di LeqD e LeqN giornalieri (essendo trascurabile il contributo all'incertezza dovuto alla somma logaritmica rispetto ai contributi di origine strumentale).

Per valutare l'incertezza sui valori di LeqD e LeqN medi logaritmici (sia settimanali sia sull'intero periodo di misura) si è proceduto applicando direttamente l'equazione di propagazione dell'incertezza, nell'ipotesi di livelli non correlati⁴, in considerazione che il livello medio logaritmico L è definito dall'equazione (N è il numero di dati giornalieri L_i):

$$L = 10 \cdot \text{Log} \left[\frac{1}{N} \sum_i 10^{0,1L_i} \right]$$

Poiché tutti i livelli L_i hanno la stessa incertezza u , derivando la funzione L rispetto alle variabili L_i e applicando la legge di propagazione dell'incertezza si ottiene che l'incertezza u_L sul livello medio logaritmico è data da:

$$u_L^2 = \frac{\sum_i (10^{0,1L_i})^2}{\left[\sum_i 10^{0,1L_i} \right]^2} u^2$$

⁴ Nel caso di correlazione non nulla, una stima molto semplificata indica che in caso di correlazioni fra i livelli Leq orari l'incertezza potrebbe aumentare: v. Appendice 3.

Risultati della campagna di misura in zona Pegli – Prà

Monitoraggio in continuo

In Appendice 1 si riportano i risultati della campagna di misura in continuo in termini di grafici relativi ai multispettri in banda 1/3 d'ottava, in forma di sonogramma⁵, per il livello L99 orario in ponderazione lineare (dB).

I sonogrammi relativi al Leq orario, non riportati nella presente relazione, presentano sia la periodicità associata ai cicli giornalieri, sia la presenza di segnali sonori persistenti e presenti anche per più giornate, soprattutto alle basse frequenze con alcune bande di 1/3 di ottava frequentemente “occupate” da eventi sonori prolungati nel tempo: fra queste spicca in particolare la banda a 40 Hz (insieme ad altre della parte bassa e media dello spettro). Sono anche evidenti alcuni eventi presumibilmente di origine meteorologica e legati a forte vento e/o precipitazioni piovose (tracce che interessano lo spettro di frequenza a partire dalle bande a frequenza più bassa, cioè da 20 Hz).

L'analisi quali-quantitativa dei multispettri di L99 orario (Appendice 1, Figure A1-1÷A1-9), più interessanti per individuare la presenza di sorgenti continue e stazionarie o quasi stazionarie, ha portato a individuare alcuni eventi prolungati (in pratica di almeno un giorno circa) caratterizzati da tracce sostanzialmente stazionarie in bande di bassa frequenza (segnatamente a 40 Hz) e livelli più elevati di quelli riscontrabili in altri periodi.

Determinazione della rumorosità ambientale presso il sito Ungaretti

I livelli di LeqD e LeqN giornalieri sono rispettivamente compresi fra i valori 53,2 ÷ 61,7 dBA (LeqD) e 46,5 ÷ 59,0 dBA (LeqN); le medie aritmetiche dei livelli LeqD e LeqN giornalieri sono rispettivamente pari a: 56,3 dBA (LeqD) e a 49,5 dBA (LeqN).

L'elaborazione dei valori monitorati su tutto il periodo di monitoraggio ha fornito per i Leq medi logaritmici sui periodi di riferimento i seguenti risultati (calcolo su 61 valori giornalieri distinti sia per LeqD sia per LeqN):

- LeqD_{LT} pari a 56,5 ± 0,1 dBA;
- LeqN_{LT} pari a 50,3 ± 0,2 dBA.

Il valore dell'incertezza è molto contenuto per via dell'elevato numero di dati del campione e per l'ipotesi di livelli giornalieri indipendenti e non correlati fra loro. Nell'ipotesi differente che vi sia correlazione, l'incertezza potrebbe aumentare di alcuni decimali, con entità in funzione del grado di correlazione (v. Appendice 3).

Con restrizione alle ore 00 ÷ 06, i valori più elevati assunti da L99 si sono sostanzialmente attestati su valori compresi nell'intervallo 44 ÷ 50 dBA, che può essere considerata la rumorosità di fondo massima misurata.

Il valore medio aritmetico di L99, per le fasce orarie in questione, risulta pari a 39,7 dBA (deviazione standard 3,7 dBA).

Individuazione di bande di frequenza statisticamente significative

Per quanto riguarda l'individuazione delle bande di frequenza statisticamente più “occupate” da eventi sonori riconducibili alle navi ormeggiate, l'analisi sui valori dei percentili di banda di frequenza (1/3 di ottava e in ponderazione lineare, dB) di L99 in orario notturno (dalle 0 alle 6), esaminando separatamente gli insiemi di dati estratti con la procedura descritta nel paragrafo metodologico, ha fornito le indicazioni di seguito concisamente riportate.

In Figura 1 si riportano graficamente i valori di spettro medio aritmetico (e deviazione standard) per la serie di dati di L99 di banda nelle ore notturne (ponderazione lineare, dB) per i due campioni

⁵ La maggior parte dei grafici presentati nel seguito di questa relazione relativi a time history e sonogrammi sono stati realizzati con il software Noise & Vibration Works.

in presenza e in assenza di navi. A livello quali-quantitativo, si verifica che in presenza di navi lo spettro medio risulta tendenzialmente maggiore, con l'effetto più vistoso alle basse frequenze.

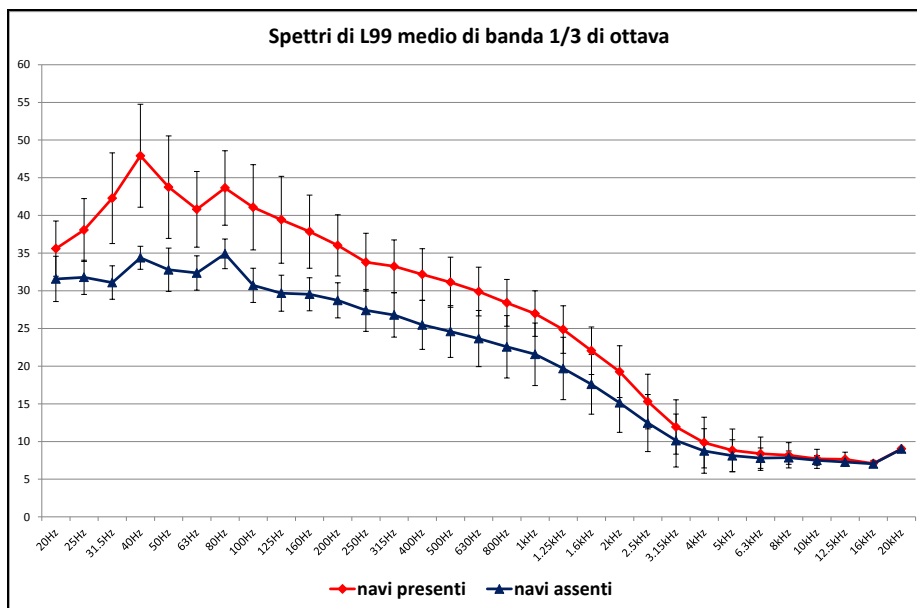


Figura 1: Sito di monitoraggio Ungaretti - Spettri di L99 di banda medio (dB)

L'applicazione del criterio, descritto nella sezione metodologica della presente relazione, per l'individuazione delle bande di frequenza statisticamente significative per le immissioni di rumore "stazionario" di origine portuale, ha individuato le seguenti bande 1/3 di ottava:

- bande statisticamente significative: 31,5 Hz, 40 Hz, 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz, 125 Hz, 160 Hz e 200 Hz con differenze fra i livelli medi del rumore di fondo nei due campioni in presenza ed assenza di navi dell'ordine di 7 ÷ 13 dB a seconda della banda considerata;
- bande statisticamente abbastanza significative: 250 Hz, 315 Hz e 400 Hz dB (differenze fra L99 nei due campioni in presenza ed assenza di navi dell'ordine di 6 ÷ 7 dB).

La banda di frequenza 1/3 di ottava statisticamente più significativa è risultata quella a 40 Hz (percentuale di significatività: 92%), che contemporaneamente presenta anche la maggiore differenza fra i livelli medi nei due campioni (13,5 dB).

Si osserva, infine, che l'individuazione delle bande di frequenza significative risente inevitabilmente della modesta entità dei dati rilevati in assenza di navi: è possibile che, disponendo di un maggior numero di dati in assenza di navi, si possano ottenere valutazioni differenti circa la significatività o meno di alcune bande di frequenza già individuate.

Misure su tempo breve

In Tabella 1 si riportano i valori (dBA) dei livelli Leq e Ln (banda larga, ponderazione A) rilevati su tempo breve in 5 siti distinti. I valori misurati sono stati riportati in tabella secondo un ordine di tipo "geografico", dal sito più prossimo alla infrastruttura portuale (Fascia di Rispetto) verso monte.

L'incertezza estesa (solo componenti strumentali, fattore di copertura 2) associata ai valori di Leq è pari a $\pm 0,9$ dBA.

Data	Sito	Leq	L1	L5	L10	L50	L90	L95	L99
03.11.2015	SF	56,4	69,1	62,6	58,4	48,6	46,5	46,0	45,3
03.11.2015	SR	59,0	70,1	65,0	62,1	53,9	49,8	48,6	47,0
03.11.2015	SL	58,9	69,7	60,9	58,1	50,9	49,1	48,8	48,3
03.11.2015	ST	47,3	53,7	49,3	47,9	45,5	43,7	43,1	42,1
03.11.2015	SV	54,7	68,6	59,2	51,8	47,0	45,2	44,9	44,3
19.08.2015	SV	47,0	51,5	49,3	48,5	46,4	44,9	44,5	43,8

Tabella 1: Valori di Leq e L_n (banda larga, pond. A, dBA) rilevati su tempo breve.

In Appendice 2 si riportano, per ogni sito di misura su tempo breve, i grafici relativi a:

- evoluzione temporale dei livelli Leq su 0,125 s e Leq progressivo (ponderazione A, dBA);
- spettro in banda 1/3 d'ottava di Leq su 1 s in ponderazione lineare (dB), in forma di sonogramma.

I grafici riportati in Appendice 2, nel loro insieme, evidenziano che:

- il fenomeno sonoro “nave all’ormeggio” si caratterizza primariamente con livelli sonori approssimativamente costanti (cioè Leq quasi stazionari) in determinate bande di frequenza 1/3 di ottava a bassa frequenza e principalmente, nei casi esaminati, a 40 Hz e 50 Hz;
- tali componenti stazionarie sono evidenti nei siti collinari e meno esposti ad altre sorgenti di rumore prevalenti sia in intensità sia in persistenza temporale;
- il sito che appare meno influenzato dal rumore originato dalle navi, o per lo meno nel quale il contributo stazionario alle basse frequenze è meno riconoscibile, è quello SR (“via Ratto”), dove prevale nettamente la rumorosità dovuta al traffico veicolare.

Di seguito si riportano alcune considerazioni di dettaglio, incluse alcune curiosità, relative ai multispettri rilevati nelle postazioni di misura collinari (sonogrammi riportati in Appendice 2):

- ✓ Sito SL (Lavatrici): le bande di frequenza 1/3 di ottava a 50 Hz e, sebbene in misura meno marcata, a 40 Hz e 63 Hz sono interessate da immissioni poco variabili e quasi continue. Si rilevano inoltre due passaggi di autobus a inizio e fine misura, di breve durata e che interessano un’ampia gamma di frequenze.
- ✓ Sito ST (Torre Cambiaso): le bande di frequenza 1/3 di ottava interessate da immissioni poco variabili e quasi continue sono in primo luogo quelle a 40 Hz, 50 Hz e 31,5 Hz (in modo meno evidente), quindi, anche se con livelli meno intensi, anche a 63 Hz e, con meno persistenza, 100 Hz. Sono presenti numerosi eventi sonori connessi alla fauna nelle bande 1/3 di ottava a 2000 Hz, 5000 Hz e 8000 Hz (alcuni di questi eventi coprono una gamma di frequenze fra 6000 e 10.000 Hz con picco a 8000 Hz); come curiosità si aggiunge che sono stati osservati numerosi pappagalli che hanno fornito eventi intensi fra 1600 Hz e 16.000 Hz (con picco fra 3150 e 4000 Hz).
- ✓ Sito SV (Vetta), misura novembre 2015: le bande di frequenza 1/3 di ottava a 40 Hz e 50 Hz, e in misura meno evidente a 31,5 Hz e 63 Hz, sono interessate da immissioni poco variabili e quasi continue. Si rilevano eventi sonori connessi alla fauna nelle bande di frequenza a 2500 Hz e 8000 Hz. Va segnalata la presenza di un singolo evento locale molto rumoroso verso fine misura.
- ✓ Sito SV (Vetta), misura agosto 2015: le bande di frequenza 1/3 di ottava interessate da immissioni poco variabili e quasi continue sono quelle a 50 Hz, in misura più evidente, e a 40 Hz e 63 Hz. Sono stati rilevati eventi sonori connessi alla fauna nelle bande di frequenza a 2000 Hz, 3150 Hz, 4000 Hz e 5000 Hz.

Risultati della campagna di misura in zona Multedo

Monitoraggio in continuo

In Appendice 1 si riportano i risultati della campagna di misura in continuo in termini di grafici relativi ai multispettri in banda 1/3 d'ottava, in forma di sonogramma, per il livello L99 orario in ponderazione lineare (dB).

L'analisi quali-quantitativa dei multispettri di L99 orario (Figure A1-10÷A1-16) porta a verificare che l'effetto dei fenomeni sonori, ragionevolmente attribuibili alle attività portuali, sulla rumorosità di fondo notturna riguardava una parte dello spettro dalle frequenze basse (con l'effetto maggiore nelle bande 1/3 di ottava a 40 ÷ 160 Hz) a quelle medie e medio – alte.

Anche i sonogrammi relativi al Leq orario, non riportati nella presente relazione, mostrano la presenza di tali fenomeni sonori, insieme alla periodicità associata ai cicli giornalieri tipicamente riscontrabile nelle zone abitate.

Il complesso delle misure ha infine mostrato come i livelli acustici dovuti ai motori in esercizio delle navi all'ormeggio e alle operazioni di carico e scarico (pompe) erano variabili (sia in intensità sia, parzialmente, dal punto di vista delle componenti in frequenza più significative) in relazione alle navi presenti.

Determinazione della rumorosità ambientale presso il sito Villa Chiesa

In Tabella 2 si riportano i valori di LeqD e LeqN medi logaritmici (dBA), sull'intero periodo di misura, rilevati nella postazione "Villa Chiesa", distinguendo fra le due campagne del 2008 e del 2015.

Leq medio logaritmico di "lungo termine" (dBA)		
Sito	Villa Chiesa ⁶	Villa Chiesa
anno	2008	2015
LeqD	58,5 ± 0,1	57,9 ± 0,4
LeqN	55,1 ± 0,1	53,8 ± 0,4

Tabella 2: Confronto di valori di Leq medi logaritmici (banda larga ponderato A - dBA) da monitoraggio in continuo nel sito Villa Chiesa. Incertezza estesa con fattore di copertura 2

Nel caso dei valori riferiti all'anno 2008 il valore dell'incertezza è molto contenuto per via dell'elevato numero di dati del campione e per l'ipotesi di livelli giornalieri indipendenti e non correlati fra loro.

Dei due monitoraggi eseguiti presso il sito Villa Chiesa, ai fini del confronto con le quantità rilevate presso il sito Ungaretti, si ritiene che sia più rappresentativo quello effettuato nel 2008, in quanto di durata temporale maggiore.

Per quanto riguarda la stima della rumorosità di fondo, in termini di livello L99 a banda larga e ponderazione A, in presenza di navi all'ormeggio il valore medio aritmetico di L99 è pari a 46,4 dBA (deviazione standard 1,7 dBA), mentre in assenza di navi vale 42,1 dBA (deviazione standard 1,1 dBA).

Individuazione di bande di frequenza statisticamente significative

In Figura 2 si riportano graficamente i valori di spettro medio aritmetico (e deviazione standard) per la serie di dati di L99 di banda (ore notturne ristrette all'intervallo 00÷06) in presenza e assenza di navi all'ormeggio (ponderazione lineare, dB), elaborati a partire dai dati monitorati nel 2008 (periodo febbraio / marzo).

⁶ Il valore è stato mediato sul periodo febbraio – marzo, v. quanto riportato nella sezione metodologica.

A livello quali-quantitativo, si verifica che nel caso di presenza di navi all'ormeggio lo spettro medio risulta tendenzialmente maggiore, con l'effetto più vistoso alle basse frequenze (40 ÷ 160 Hz) e in modo sensibile per alcune bande di frequenza nella parte media dello spettro.

Rispetto a quanto elaborato per il caso della postazione Ungaretti, si verifica agevolmente che nel caso di Villa Chiesa sono interessate dal rumore di origine portuale anche bande a frequenze superiori: questo fenomeno è presumibilmente dovuto ai sistemi di “pompaggio” presenti nel Porto Petroli – ma assenti nel Terminal container – che possono dare luogo a rumorosità quasi stazionaria a frequenze maggiori di quelle interessate dalle emissioni sonore da motori e/o gruppi elettrogeni.

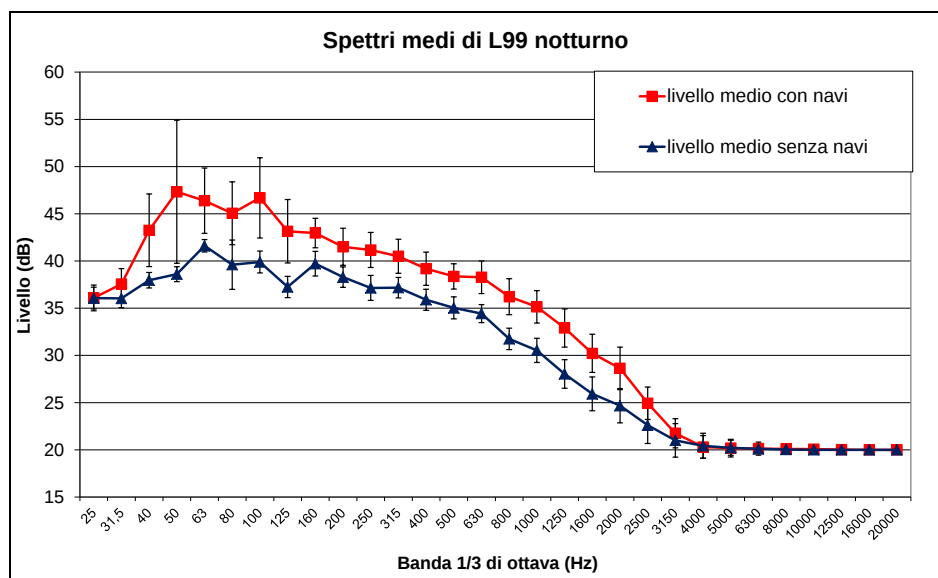


Figura 2: Sito di monitoraggio Villa Chiesa - Spettro di L99 di banda medio

L'applicazione del criterio, descritto nella sezione metodologica della presente relazione, per l'individuazione delle bande di frequenza statisticamente significative per le immissioni di rumore “continuo” di origine portuale, individuano le seguenti bande 1/3 di ottava:

- bande statisticamente significative: 40 Hz, 50 Hz, 63 Hz, 100 Hz, 125 Hz e 1000 Hz, con differenze fra i livelli medi del rumore di fondo con e senza navi dell'ordine di 5 ÷ 9 dB a seconda della banda considerata;
- bande statisticamente abbastanza significative: 80 Hz, 630 Hz, 800 Hz e 1250 Hz (differenze fra i livelli medi del rumore di fondo con e senza navi dell'ordine di 3 ÷ 5 dB).

La campagna di aggiornamento, eseguita nell'anno 2015, ha fornito valori sostanzialmente in linea con quanto risultato dal precedente monitoraggio: la rumorosità di fondo, infatti, si è attestata su valori compresi nell'intervallo 44 ÷ 49 dBA, con presenza di tracce sostanzialmente stazionarie nelle bande di frequenza: 25 Hz (con livelli dell'ordine di 64 ÷ 66 dB), 50 Hz e 125 Hz (47 ÷ 55 dB); 200 Hz (43 ÷ 45 dB) e 250 Hz (40 ÷ 44 dB). Assumendo i risultati 2008 sull'individuazione di bande significative, per le immissioni sonore di origine portuale, come indicativi anche nella situazione 2015, si possono riconoscere come potenzialmente derivanti dalla presenza di navi all'ormeggio gli eventi sonori, rilevati nel periodo 23.06.2015 ÷ 03.07.2015, che hanno dato luogo a livelli persistenti nelle bande di frequenza 1/3 di ottava a 40 Hz, 50 Hz, 80 Hz, 125 Hz, 630 Hz e 800 Hz.

Come già sottolineato in relazione al monitoraggio presso la postazione “Ungaretti”, va osservato che disponendo di un maggior numero di dati fonometrici in assenza di navi si potrebbero ottenere valutazioni differenti circa la significatività o meno di alcune bande di frequenza già individuate.

Misure su tempo breve

Dai valori rilevati nei siti di misura su tempo breve si evince una sostanziale similarità fra i livelli monitorati nei siti S2 e S3, entrambi in posizione collinare, a distanze non eccessivamente diverse dalle infrastrutture portuali e parzialmente schermati rispetto alla viabilità principale: la differenza fra i valori di Leq e di tutti i livelli percentili (con l'eccezione di L1⁷) fra i due siti, infatti, è contenuta in 1 dBA.

I valori di Leq e Ln rilevati nella postazione S1, più esposta rispetto alle precedenti alle immissioni sonore dall'Aurelia (misure effettuate comunque in orario notturno), risultano tutti superiori agli omologhi valori misurati in S2 e S3 per circa 3 ÷ 4 dBA (con l'eccezione di L1).

Si osserva, infine, che il confronto fra i livelli rilevati in orario diurno e notturno nelle varie sessioni di misura spot effettuate in S1, S2 e S3 non fornisce indicazioni univoche, a conferma della variabilità dei livelli sonori dovuta sia a motivi intrinseci alle misure di tipo spot sia alla variabilità delle caratteristiche emissive delle diverse configurazioni di navi all'ormeggio (già constatate con il monitoraggio in continuo) che si verificavano nelle varie sessioni di misura.

In Tabella 3 si riportano, quale esempio, i valori (banda larga, ponderazione A) relativi a tre misure notturne eseguite in tre siti distinti nella stessa notte e a breve distanza di tempo fra loro.

Giorno/Orario	Sito	Leq	L1	L5	L10	L50	L90	L95	L99
08.07.2009 misure in orario notturno	S1	58,7	63,6	61,2	60,4	58	56,6	56,3	55,7
	S2	55,3	59,2	57,2	56,6	55	53,5	53,2	52,4
	S3	55,4	62,1	58,2	56,8	54,4	52,8	52,5	51,5

Tabella 3: Valori di Leq e Ln rilevati in S1, S2, S3 il giorno 08.07.2009 (ponderazione A, dBA)

⁷ Peraltro per sua natura particolarmente influenzabile da eventi singolari ad alto contenuto energetico.

Confronto fra i rilievi eseguiti nelle postazioni Ungaretti e Villa Chiesa

Il confronto fra i risultati delle campagne fonometriche nel sito Ungaretti e nel sito Villa Chiesa (con riferimento all'anno 2008), evidenzia le seguenti analogie:

- presenza di livelli sonori persistenti e stazionari nelle componenti spettrali a bassa frequenza;
- incidenza delle immissioni di origine presumibilmente portuale soprattutto per quanto riguarda la rumorosità notturna;
- rumore attribuibile alle attività portuali più avvertibile e discriminabile nei siti collinari rispetto a quelli a quota minore.

A fronte delle precedenti analogie, si osservano le seguenti differenze:

- le immissioni sonore di origine portuale incidono in modo differente sulle componenti spettrali della rumorosità: rispetto al caso Ungaretti, infatti, nel caso di Villa Chiesa sono interessate anche bande a frequenze superiori;
- i livelli $LeqD$ e $LeqN$ a lungo termine e i valori di $L99$ medio aritmetico notturno sono tendenzialmente maggiori per la postazione Villa Chiesa.

In Tabella 4 si riporta il confronto fra i valori di $LeqD_{LT}$ e $LeqN_{LT}$ (media logaritmica sul periodo di monitoraggio) rilevati nelle postazioni Ungaretti e Villa Chiesa.

Sito	Ungaretti	Villa Chiesa	Villa Chiesa
anno di monitoraggio	2015	2008	2015
LeqD	56,5 ± 0,1	58,5 ± 0,1	57,9 ± 0,4
LeqN	50,3 ± 0,2	55,1 ± 0,1	53,8 ± 0,4

Tabella 4: Confronto di valori di Leq medi logaritmici (banda larga ponderato A - dBA) da monitoraggio in continuo nei siti Ungaretti e Villa Chiesa. Incertezza estesa con fattore di copertura 2.

Appendice 1: Multispettri di L99 orario

Postazione Ungaretti

Nella Figure A1-1 ÷ A1-9 si riportano, in forma di sonogramma, i multispettri di L99 orario in ponderazione lineare (dB) monitorati in continuo nella postazione Ungaretti.

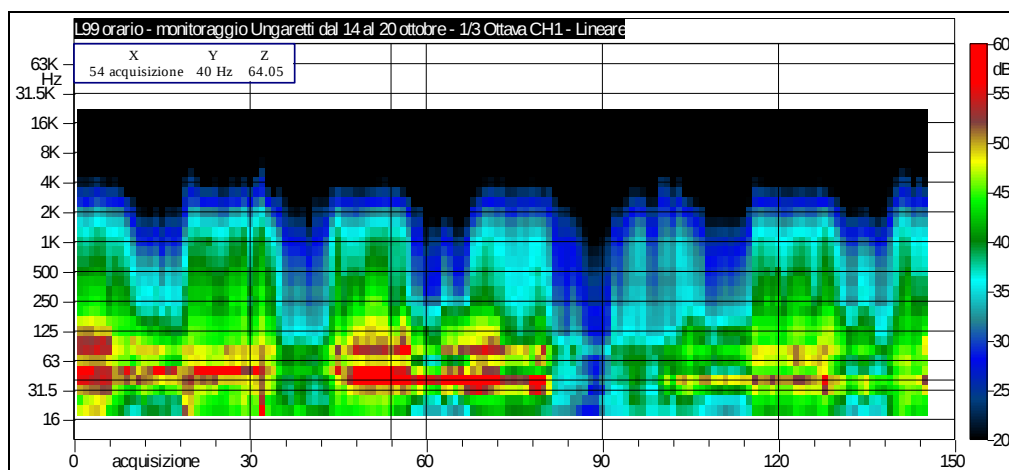


Figura A1-1: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 14.10.2015 ÷ 20.10.2015

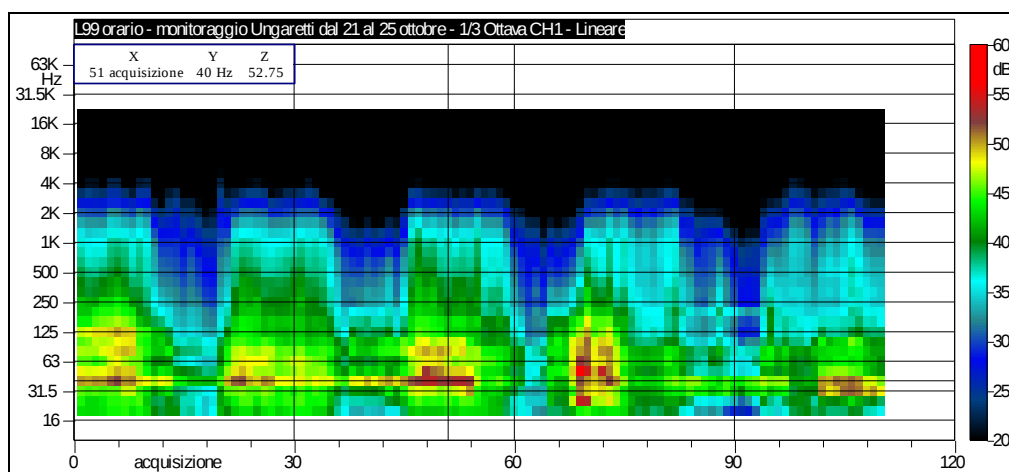


Figura A1-2: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 21.10.2015 ÷ 25.10.2015

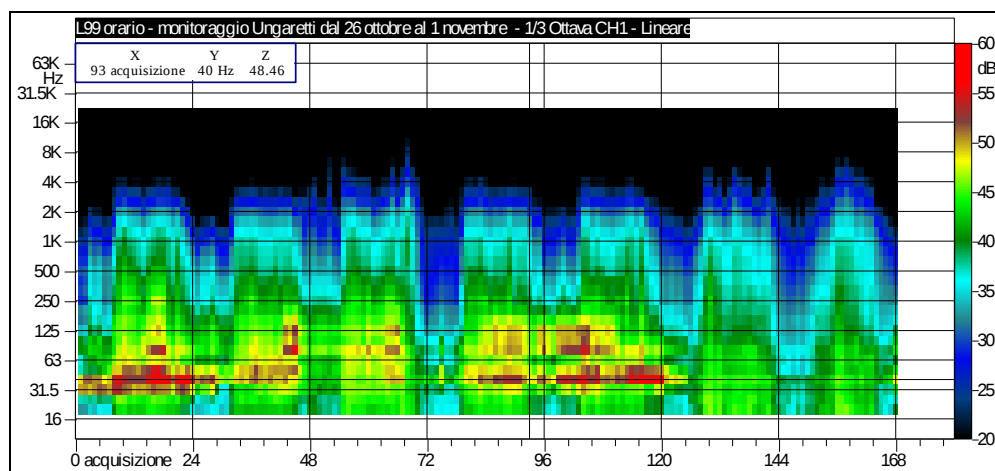


Figura A1-3: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 26.10.2015 ÷ 01.11.2015

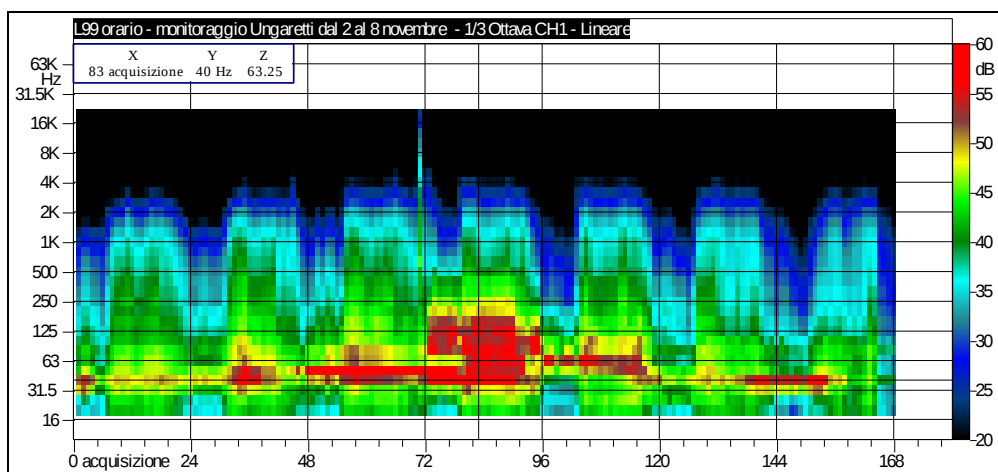


Figura A1-4: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 02.11.2015 ÷ 08.11.2015

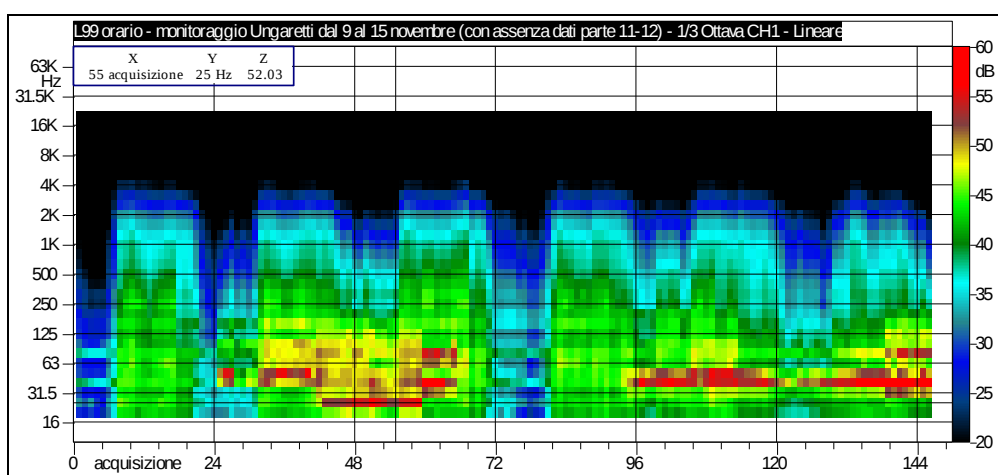


Figura A1-5: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 09.11.2015 ÷ 15.11.2015

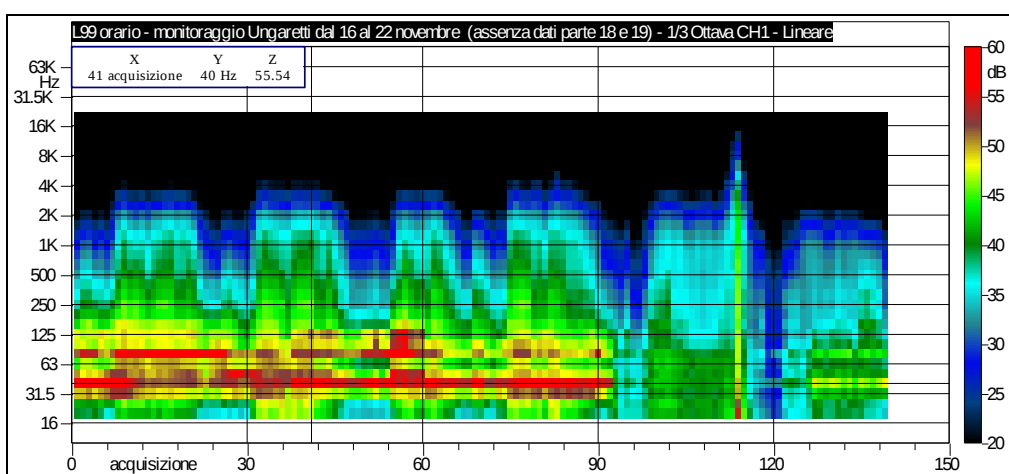


Figura A1-6: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 16.11.2015 ÷ 22.11.2015

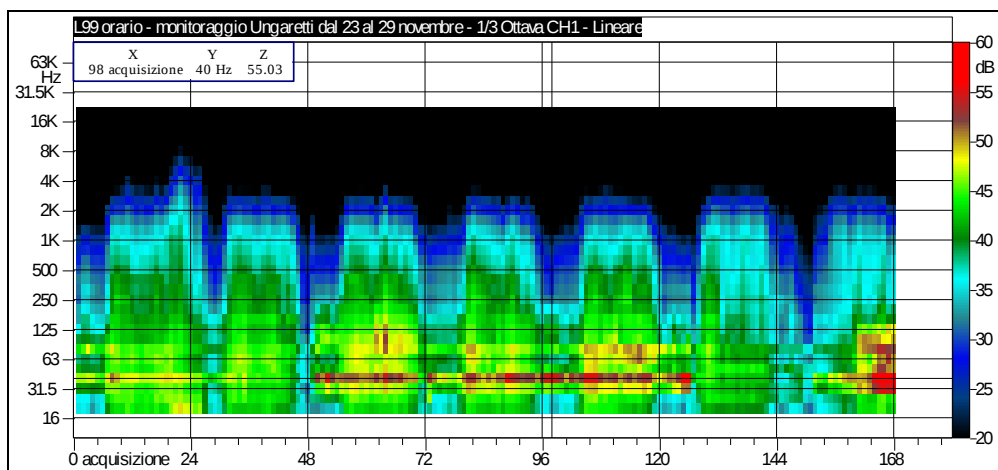


Figura A1-7: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 23.11.2015 ÷ 29.11.2015

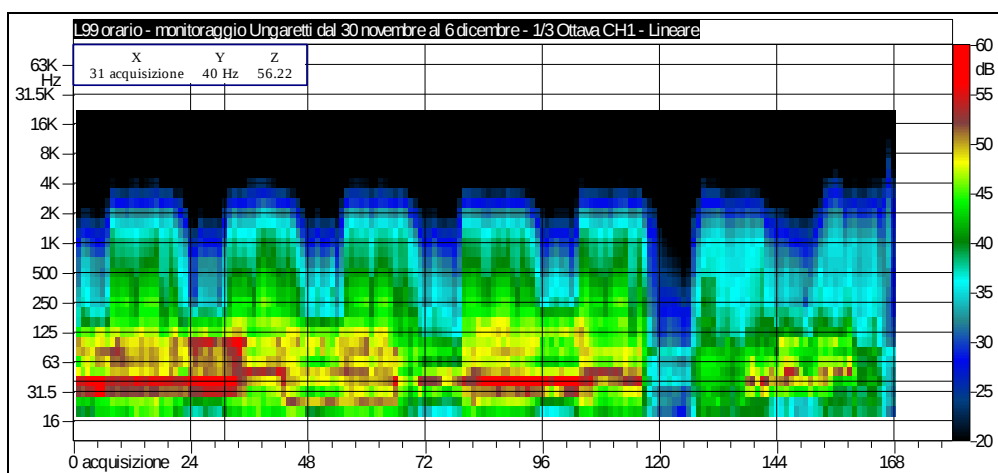


Figura A1-8: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 30.11.2015 ÷ 06.12.2015

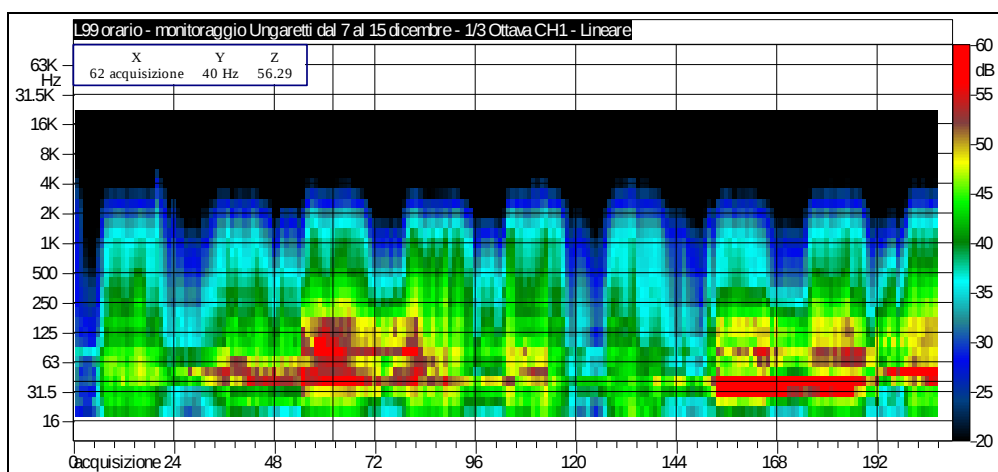


Figura A1-9: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB) – periodo: 07.12.2015 ÷ 15.12.2015

Postazione Villa Chiesa

Nella Figure A1-10 ÷ A1-16 si riportano, in forma di sonogramma, i multispettri di L99 orario in ponderazione lineare (dB) monitorati in continuo nella postazione Villa Chiesa.

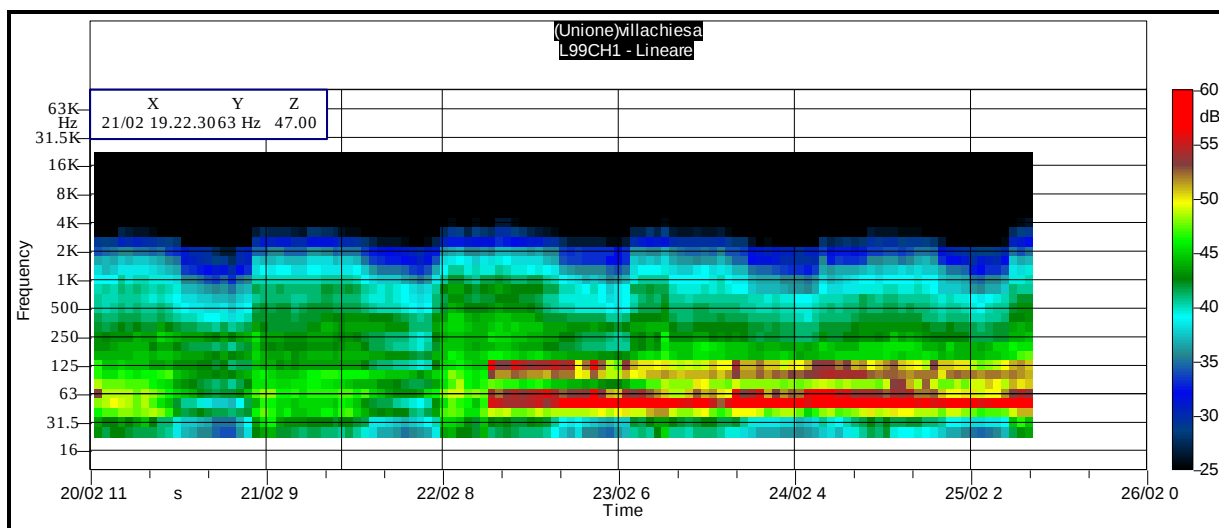


Figura A1-10: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB). Periodo 20.02.2008 ÷ 25.02.2008

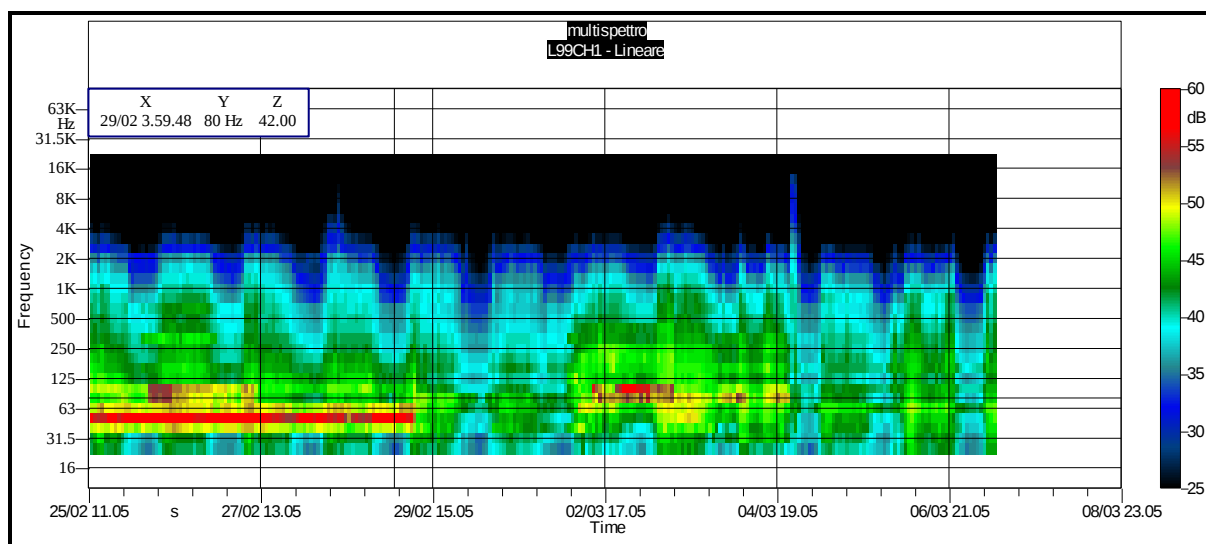


Figura A1-11: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB). Periodo 25.02.2008 ÷ 06.03.2008

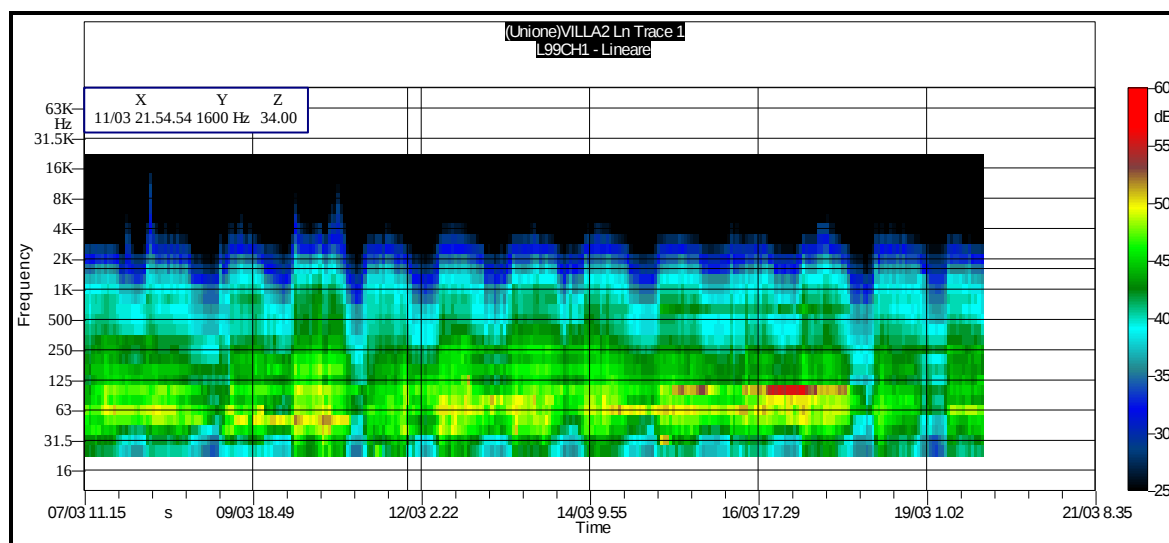


Figura A1-12: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB). Periodo 07.03.2008 ÷ 19.03.2008

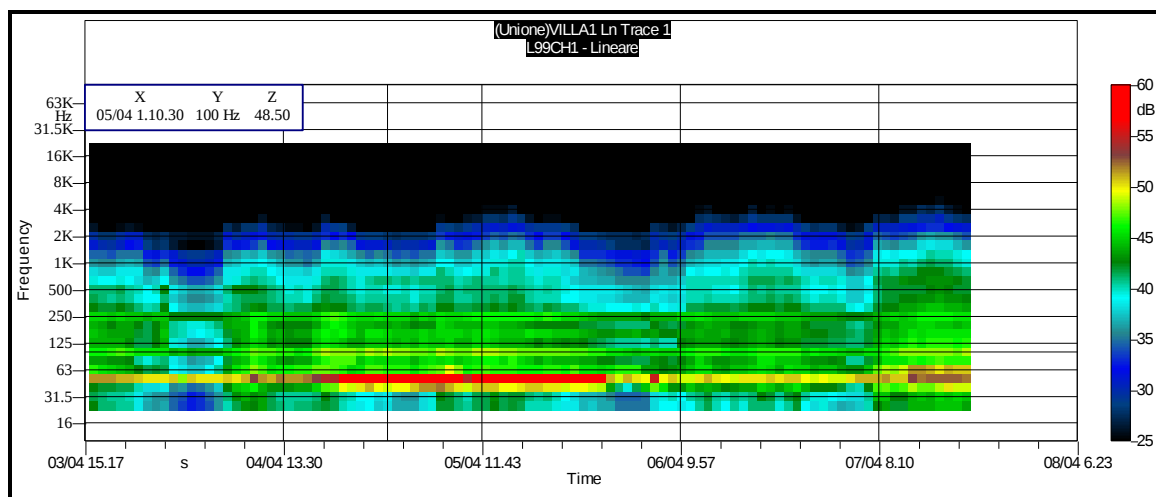


Figura A1-13: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB). Periodo 03.04.2008÷08.04.2008

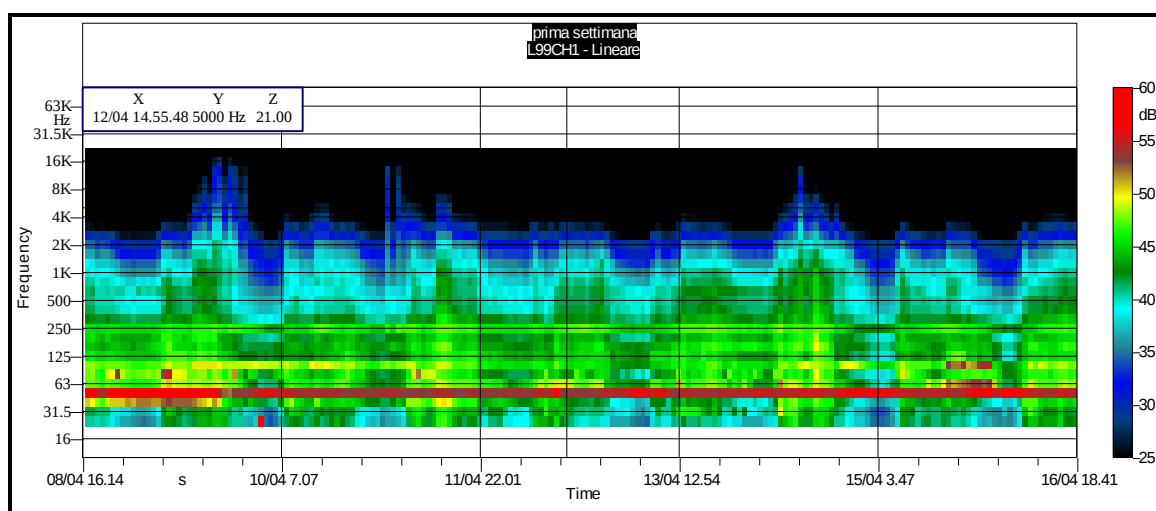


Figura A1-14: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB). Periodo 08.04.2008÷16.04.2008

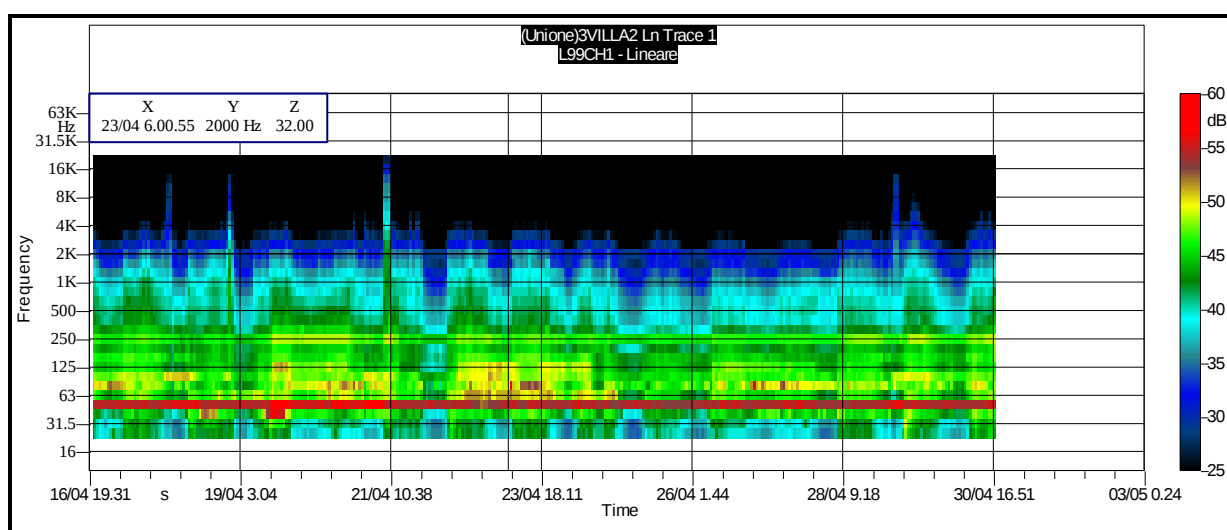


Figura A1-15: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB). Periodo 16.04.2008÷30.04.2008

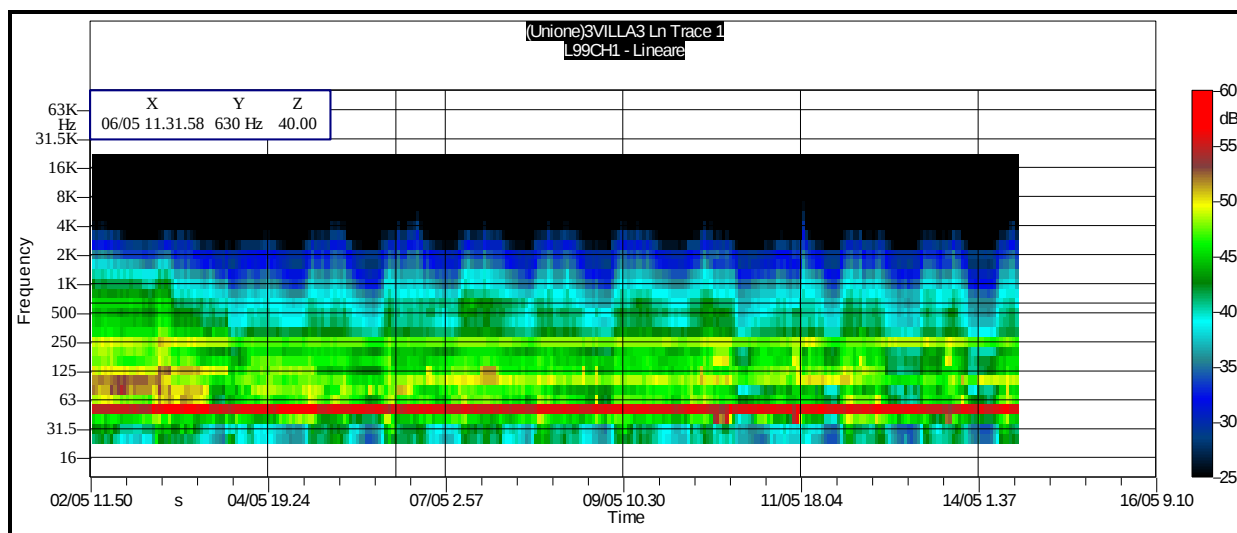


Figura A1-16: Multispettro di L99 orario di banda (pond. Lineare, dB). Periodo 02.05.2008÷14.05.2008

Appendice 2: Tracciati delle misure su tempo breve

Siti di misura in zona Pegli/Prà

Nella Figure A2-1 ÷ A2-6 si riportano le evoluzioni temporali di $Leq\ 0,125\ s$ e Leq progressivo (banda larga, ponderazione A, dBA) monitorati su tempo breve nelle postazioni ST, SL, SV, SR e SF.

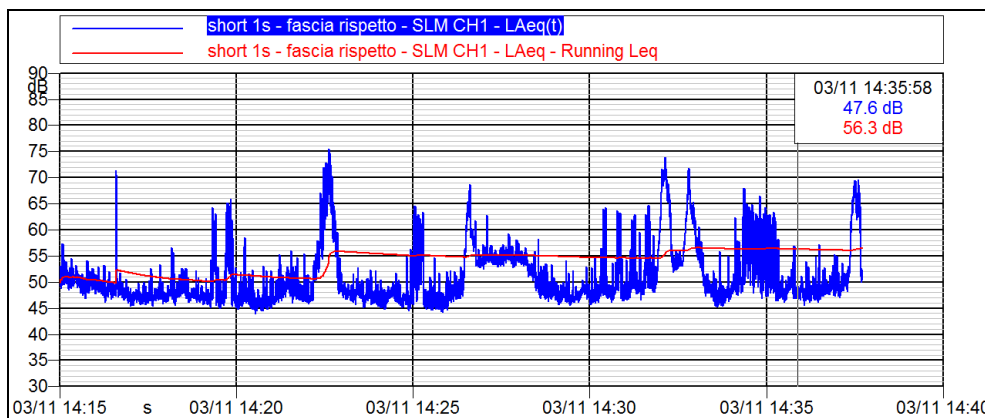


Figura A2-1: Sito di misura SF "Fascia" - Evoluzione temporale di $Leq\ 0,125s$ e Leq (dBA)

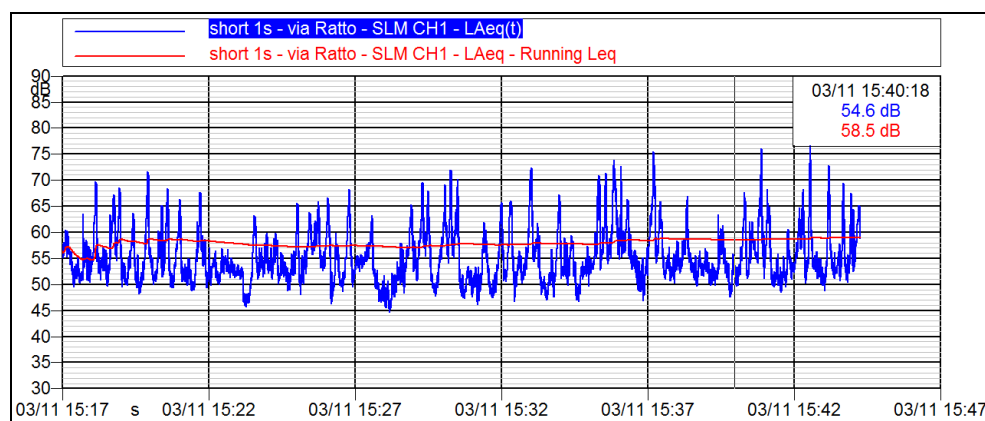


Figura A2-2: Sito di misura SR "Ratto" - Evoluzione temporale di $Leq\ 0,125s$ e Leq (dBA)

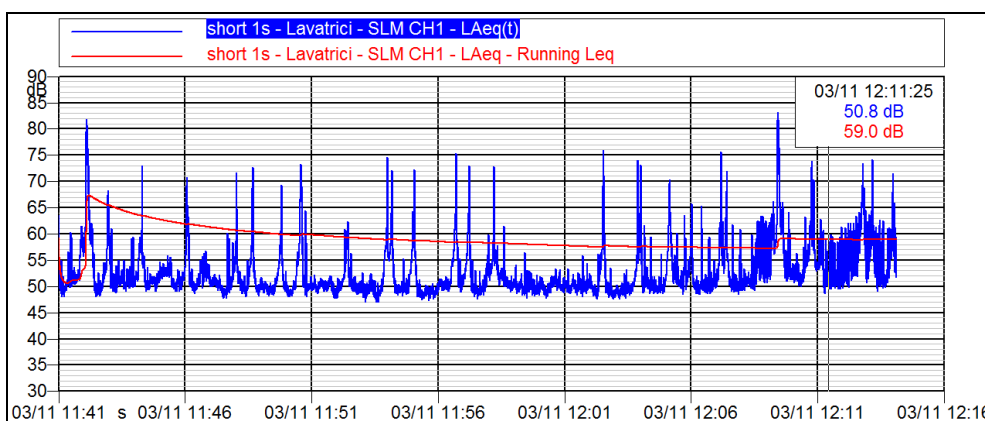


Figura A2-3: Sito di misura SL "Lavatrici" - Evoluzione temporale di $Leq\ 0,125s$ e Leq (dBA)

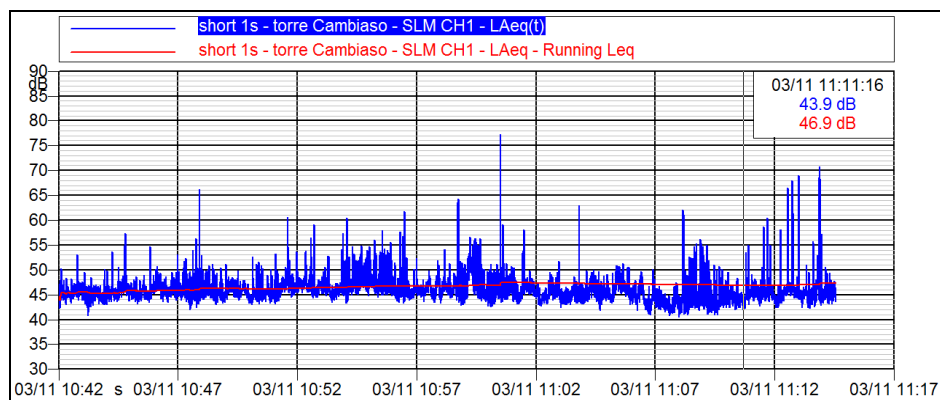


Figura A2-4: Sito di misura ST “Torre Cambiaso” - Evoluzione temporale di Leq 0,125s e Leq (dBA)

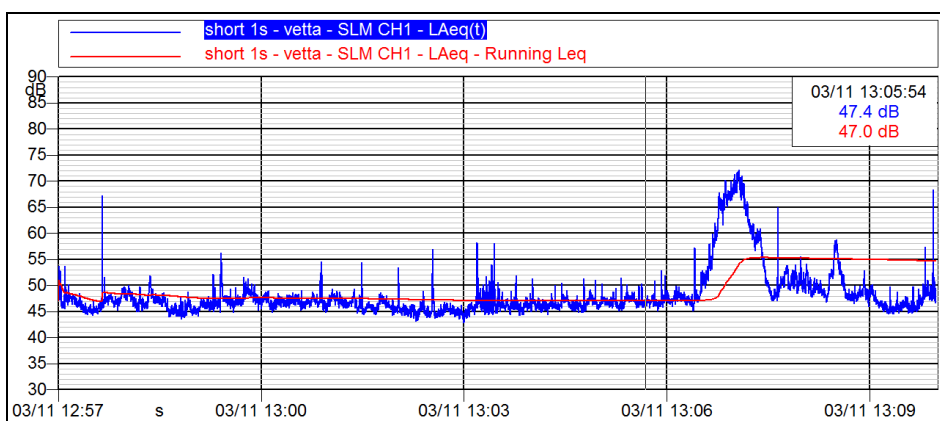


Figura A2-5: Sito di misura SV “Vetta” - Evoluzione temporale di Leq 0,125s e Leq (dBA)

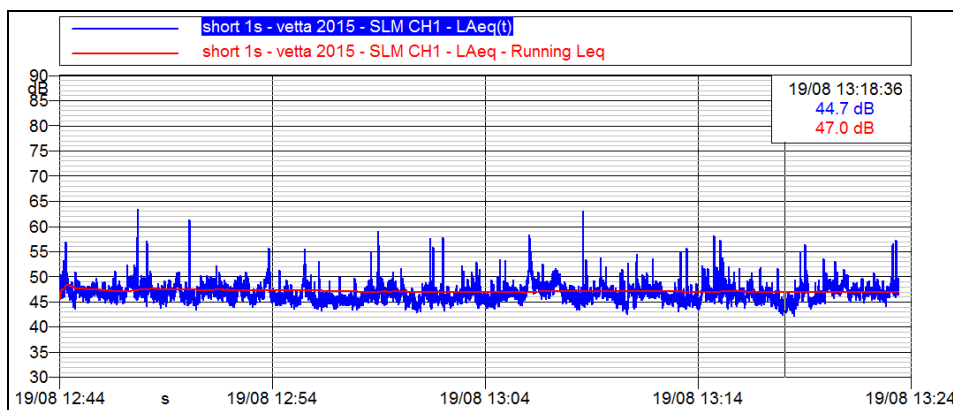


Figura A2-6: Sito di misura SV “Vetta” - Evoluzione temporale di Leq 0,125s e Leq (dBA)

Nella Figure A2-7 ÷ A2-12 si riportano, in forma di sonogramma, i multispettri di Leq 1 s in ponderazione lineare (dB), monitorati su tempo breve nelle postazioni ST, SL, SV, SR e SF.

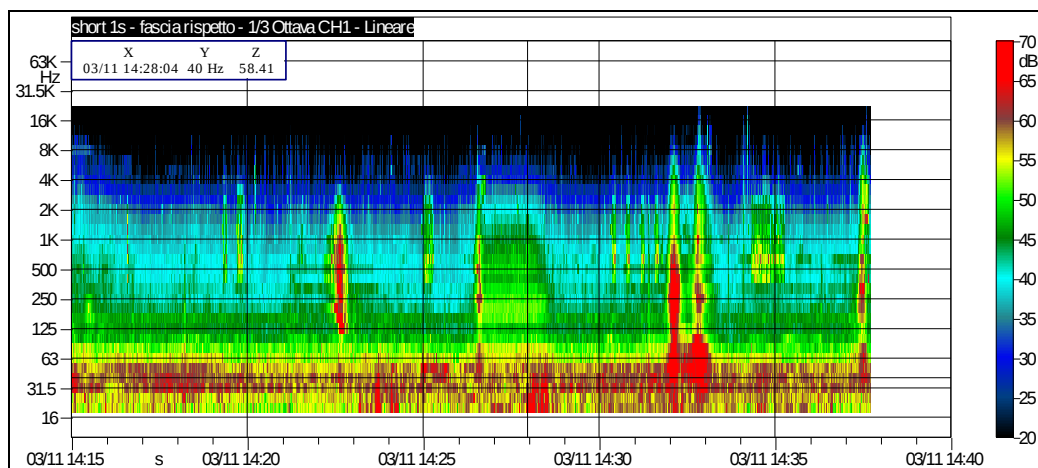


Figura A2-7: Sito di misura SF "Fascia" - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s

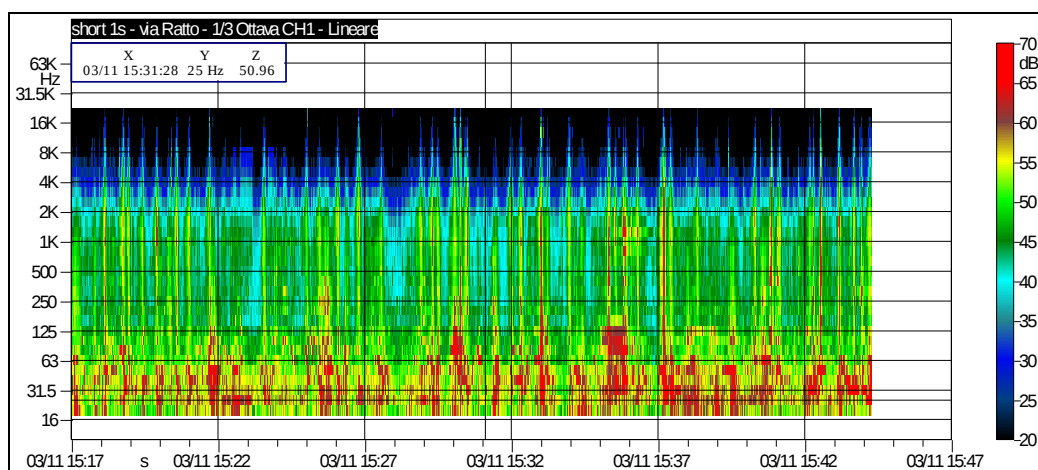


Figura A2-8: Sito di misura SR "Ratto" - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s

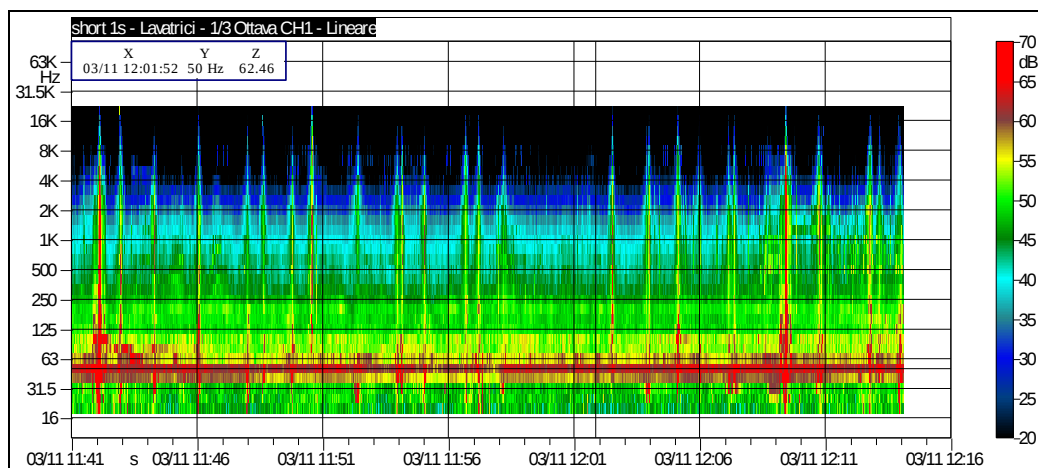


Figura A2-9: Sito di misura SL "Lavatrici" - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s

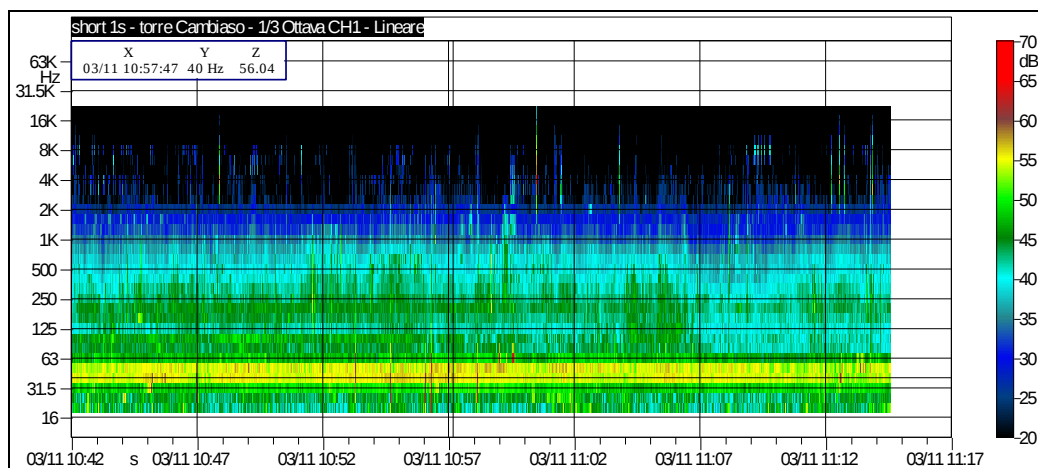


Figura A2-10: Sito di misura ST "Torre Cambiaso" - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s

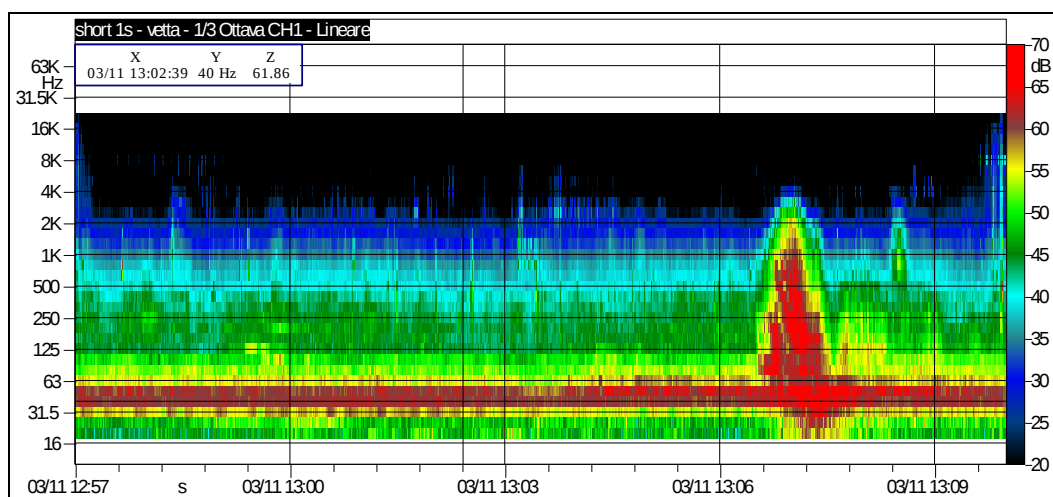


Figura A2-11: Sito di misura SV "Vetta" - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s

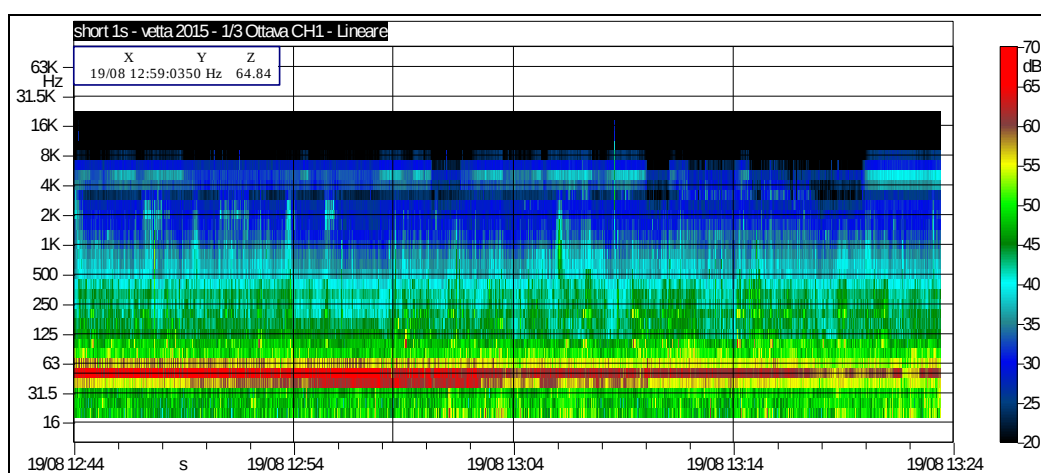


Figura A2-12: Sito di misura SV "Vetta" - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s

Siti di misura in zona Muledo

Nella Figure A2-13 ÷ A2-20 si riportano le evoluzioni temporali di $Leq_{0,125s}$ e Leq progressivo (banda larga, ponderazione A, dBA) monitorati su tempo breve nelle postazioni S1, S2 e S3.

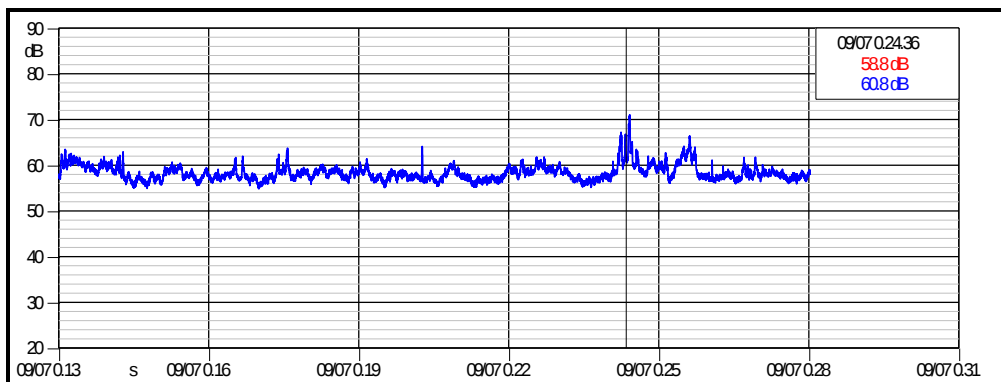


Figura A2-13: Sito di misura S1 - Evoluzione temporale di $Leq_{0,125s}$ e Leq (dBA) - misura 08.07.2009

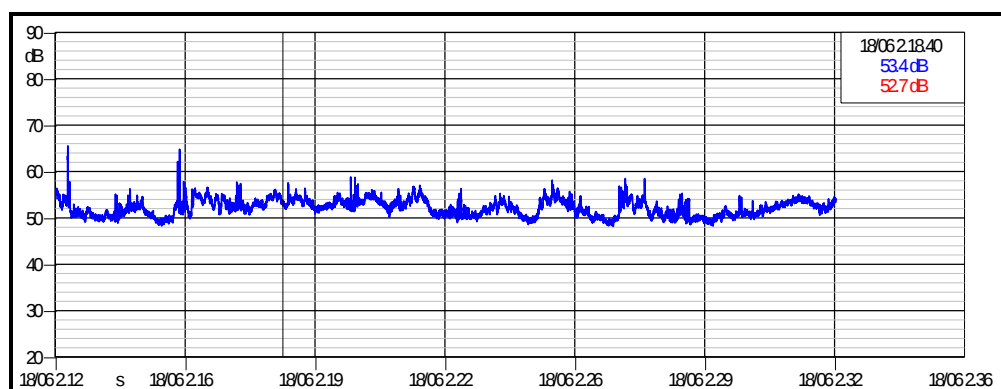


Figura A2-14: Sito di misura S1 - Evoluzione temporale di $Leq_{0,125s}$ e Leq (dBA) - misura 18.06.2009

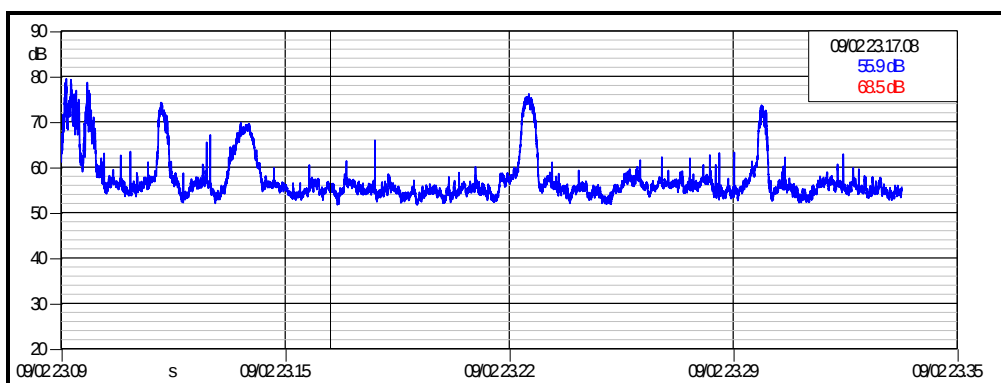


Figura A2-15: Sito di misura S1 - Evoluzione temporale di $Leq_{0,125s}$ e Leq (dBA) - misura 09.02.2009

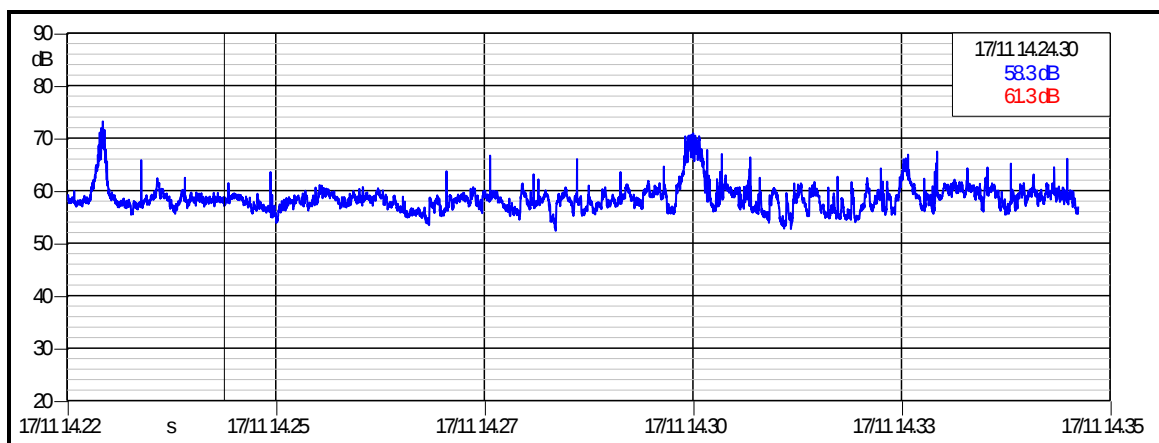


Figura A2-16: Sito di misura S1 - Evoluzione temporale di $Leq,0,125s$ e Leq (dBA) - misura 17.11.2008

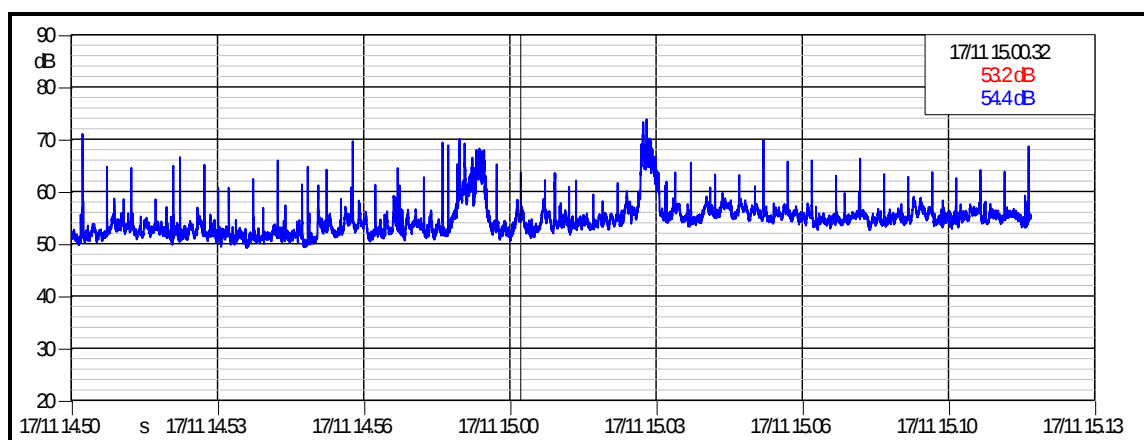


Figura A2-17: Sito di misura S2 - Evoluzione temporale di $Leq,0,125s$ e Leq (dBA) - misura 17.11.2008

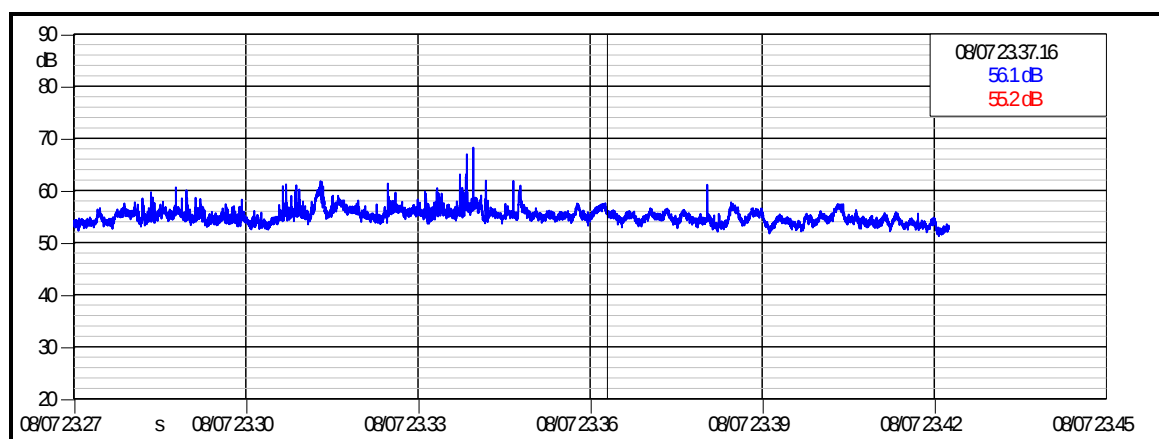


Figura A2-18: Sito di misura S2 - Evoluzione temporale di $Leq,0,125s$ e Leq (dBA) - misura 08.07.2009

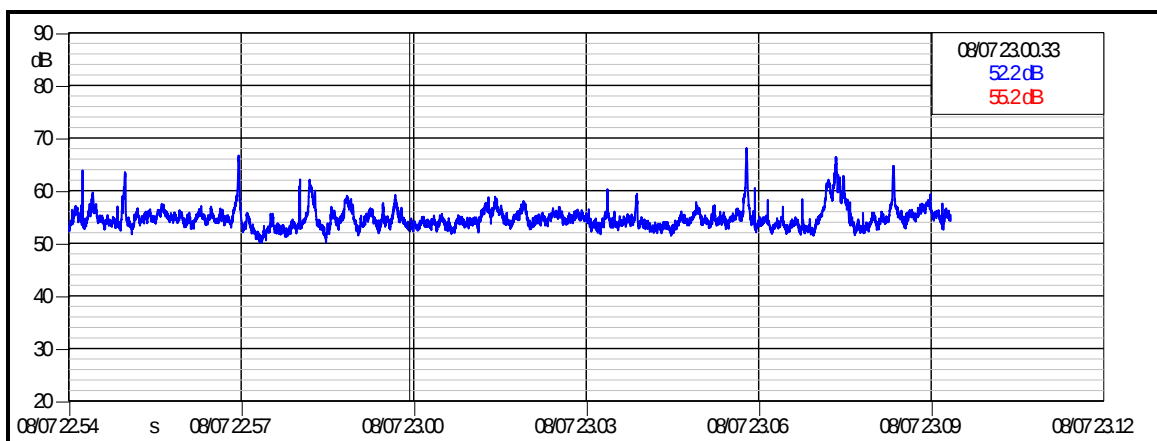


Figura A2-19: Sito di misura S3 - Evoluzione temporale di $Leq,0,125s$ e Leq (dBA) - misura 08.07.2009

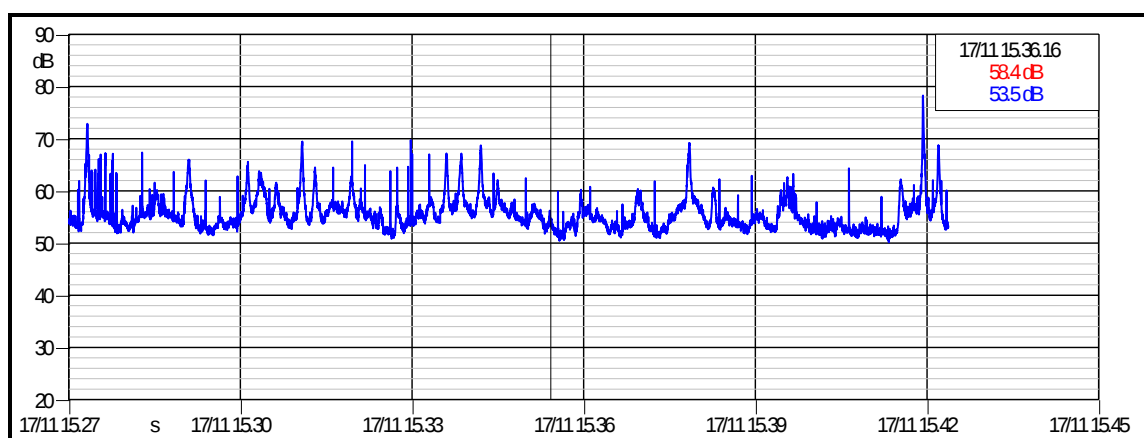


Figura A2-20: Sito di misura S3 - Evoluzione temporale di $Leq,0,125s$ e Leq (dBA) - misura 17.11.2008

Nella Figure A2-21 ÷ A2-28 si riportano, in forma di sonogramma, i multispettri di Leq 1 s in ponderazione lineare (dB), monitorati su tempo breve nelle postazioni S1, S2 e S3.

La scala cromatica dei livelli può variare da figura a figura per esigenze di rappresentazione più fine dei valori misurati.

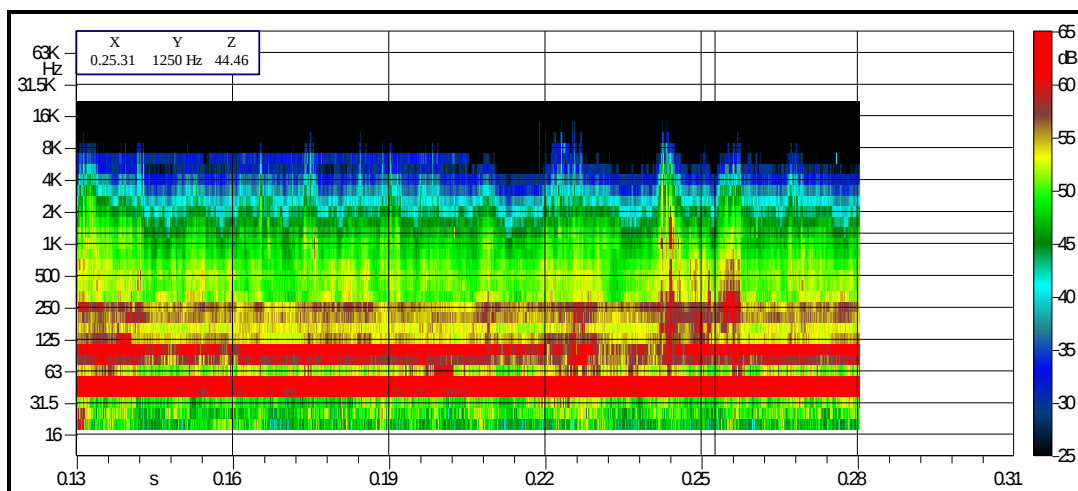


Figura A2-21: Sito di misura S1 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 08.07.2009

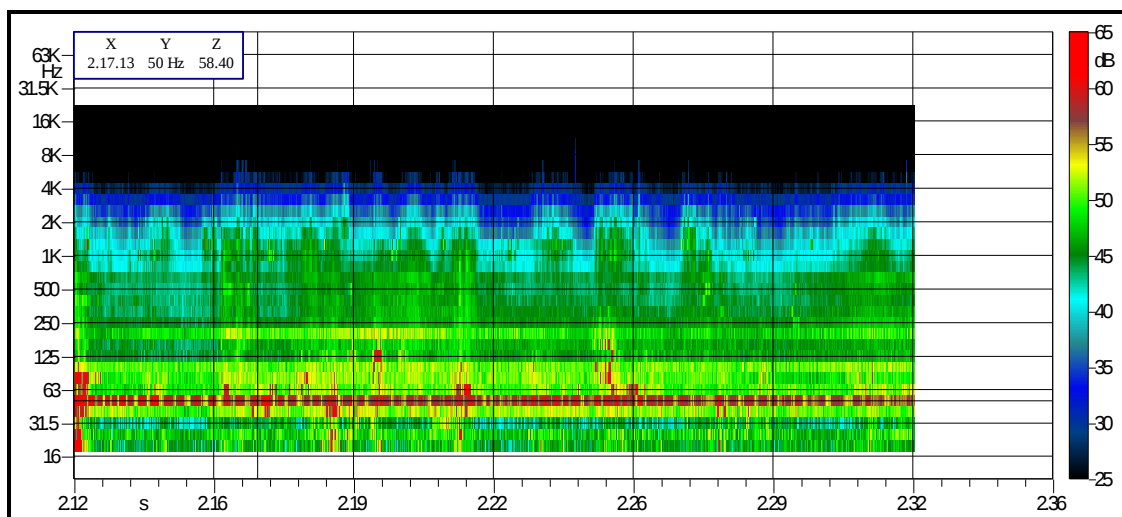


Figura A2-22: Sito di misura S1 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 18.06.2009

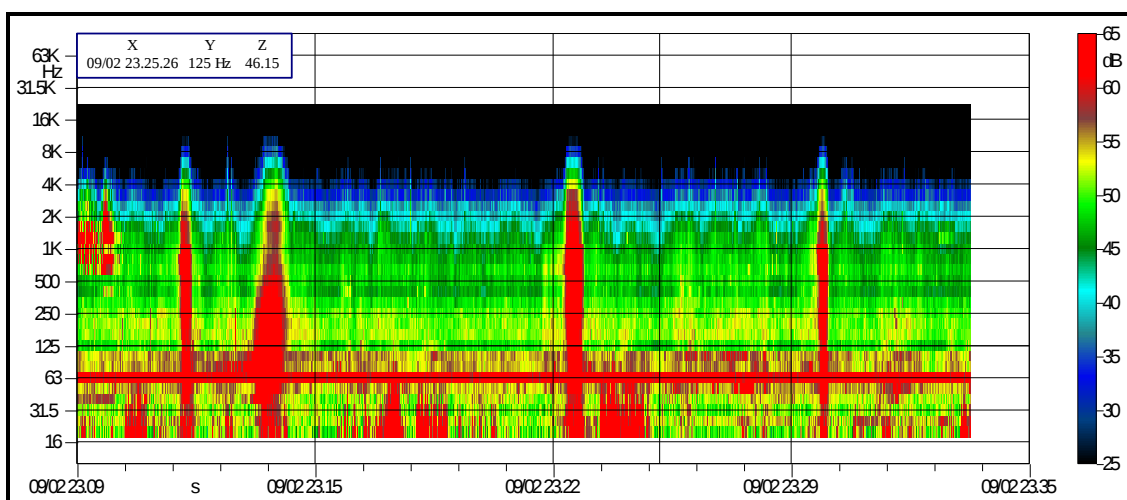


Figura A2-23: Sito di misura S1 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 09.02.2009

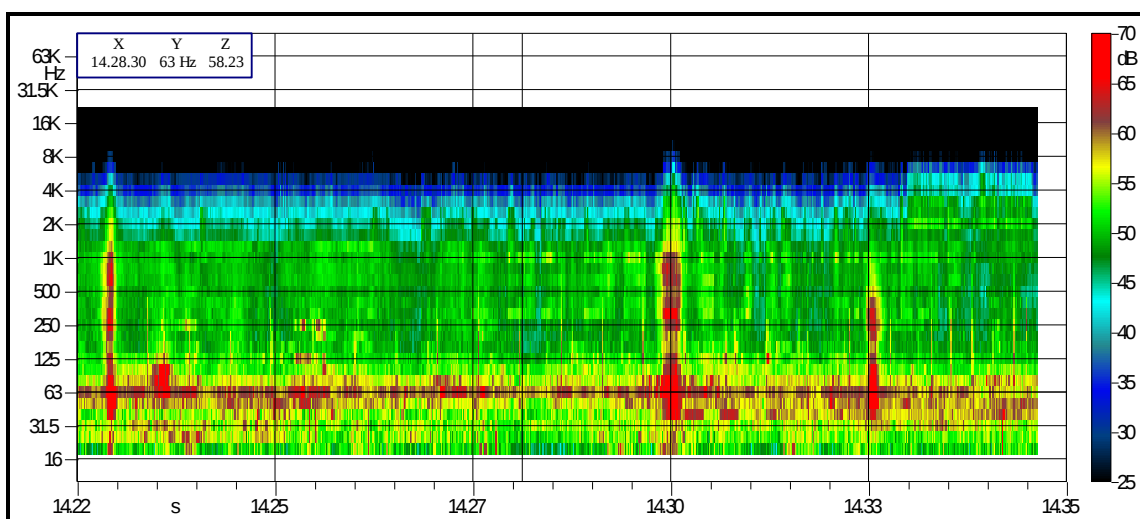


Figura A2-24: Sito di misura S1 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 17.11.2009

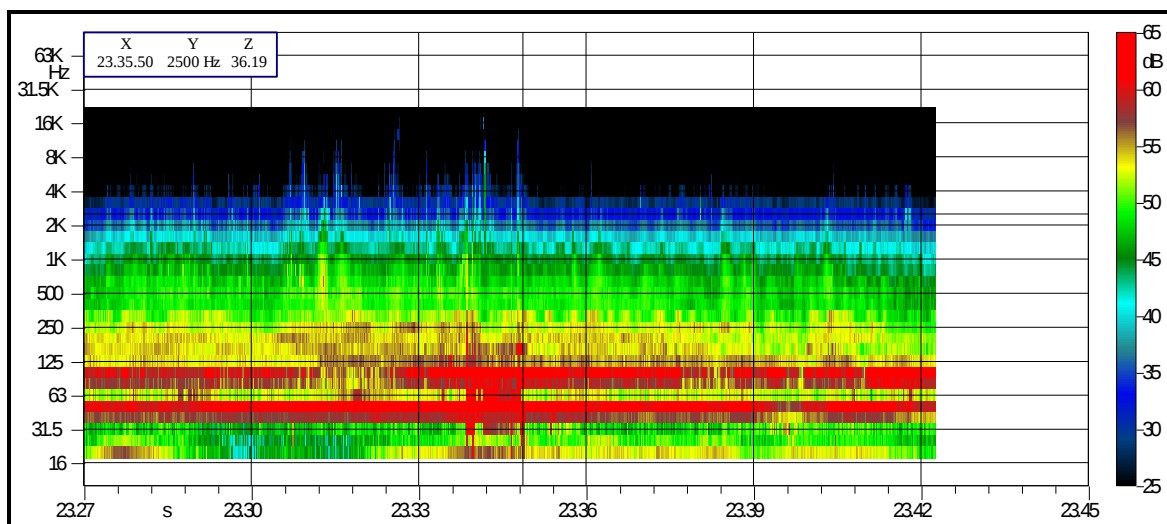


Figura A2-25: Sito di misura S2 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 08.07.2009

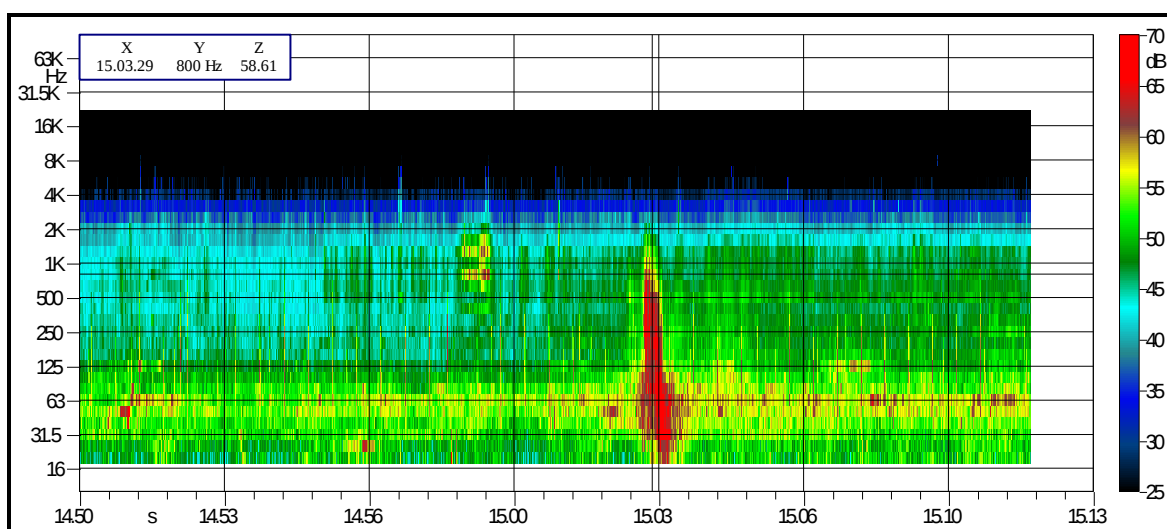


Figura A2-26: Sito di misura S2 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 17.11.2009

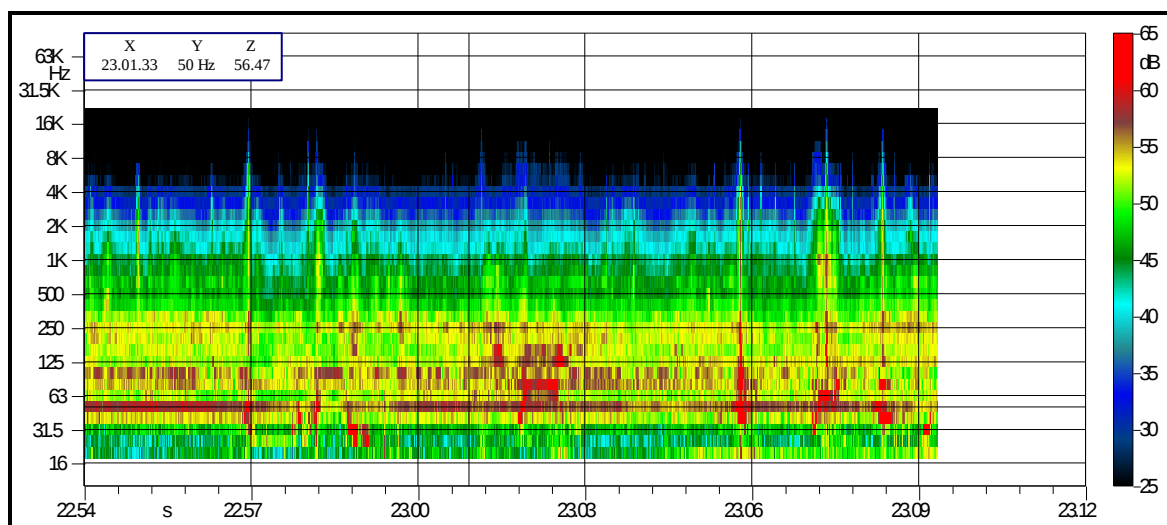


Figura A2-27: Sito di misura S3 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 08.07.2009

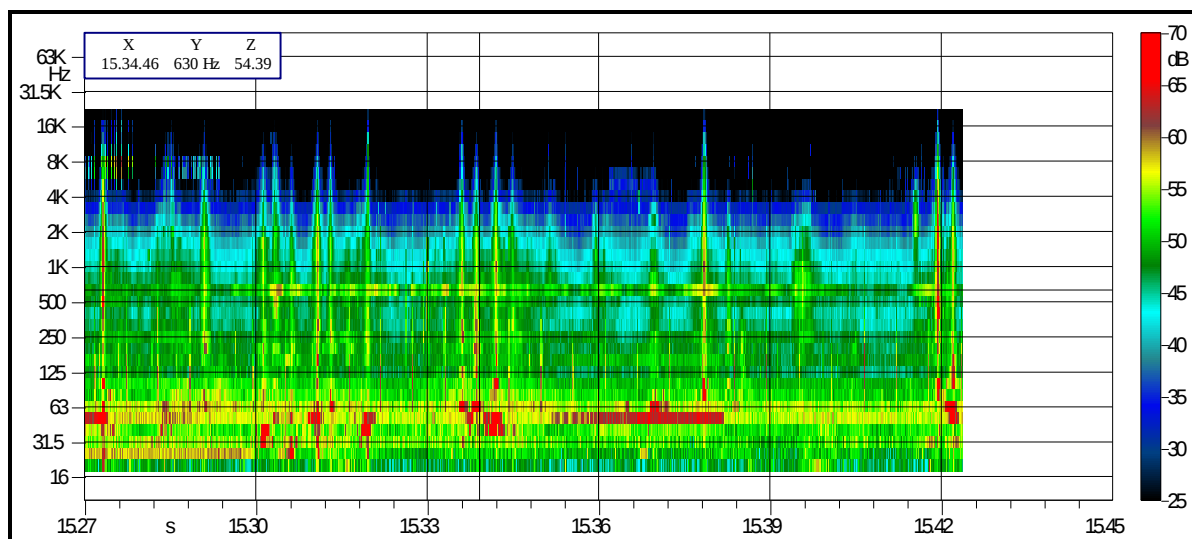


Figura A2-28: Sito di misura S3 - Multispettro (pond. Lineare, dB) di Leq 1 s – misura 17.11.2009

Appendice 3: Stima dell'effetto sull'incertezza dovuto a correlazione fra i livelli misurati

L'ipotesi di livelli $LeqD_k$ e $LeqN_k$ giornalieri non correlati non sempre può essere ritenuta corretta: una possibile causa di correlazione, con riferimento alla norma UNI CEI ENV 13005:2009 (punto 5.2.4), potrebbe essere il fatto che in un monitoraggio in continuo tutti i dati ottenuti sono stati rilevati con lo stesso fonometro (a meno, ovviamente, di sostituzioni dello strumento).

Una stima molto approssimata dell'effetto di possibili correlazioni fra i livelli sul valore finale dell'incertezza può essere ottenuta (nell'ipotesi che i singoli livelli giornalieri non differiscano troppo fra di loro) calcolando la quantità u_c^* , definita come:

$$u_c^* = \sqrt{\frac{N+1}{2N}} u$$

dove N è il numero di livelli.

La valutazione del possibile effetto di eventuali correlazioni, eseguita con l'equazione precedente, porta a ritenere plausibile un sensibile incremento dell'incertezza sui valori medi logaritmici.

Su queste basi, infatti, l'incertezza dei dati di $LeqD$ e $LeqN$ settimanali a banda larga e ponderati A può essere stimata, per entrambi i monitoraggi in continuo nelle postazioni Ungaretti e Villa Chiesa, dell'ordine di 0,3 dBA, conseguentemente l'incertezza estesa (fattore di copertura 2) risulterebbe stimata in ~ 0,6 dBA.

Comunque, data l'approssimazione grossolana e non verificabile delle stime di cui sopra, nel testo principale della presente relazione si sono riportati i valori di incertezza calcolati nell'ipotesi di dati non correlati, utilizzando le formule descritte nella sezione metodologica.

Riferimenti bibliografici

- D.M. 16.03.1998 *Tecniche di rilevamento e misurazione dell'inquinamento acustico*.
- UNI CEI ENV 13005:2000 *Guida all'espressione dell'incertezza di misura*.
- UNI/TR 11326:2009 *Valutazione dell'incertezza nelle misurazioni e nei calcoli di acustica. Parte 1: Concetti generali*.
- Badino A., Borelli D., Gaggero T., Rizzuto E. e Schenone C., *Impatto acustico di unità navali*, Atti 6^a Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Provincia di Genova – Fondazione MUVITA, Genova, 25 ottobre 2013, 2013.
- Cerniglia A., *Individuazione di sorgenti di rumore in un clima acustico complesso: un caso reale*, *Antinquinamento*, Anno V N.1, pagg. 46-49, 1998.
- Conte A., *Indagine sul rumore portuale a Genova*, Atti 10^o Convegno Nazionale CIRIAF – Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici, Perugia, 9-10 aprile 2010, pagg. 145-150, 2010.
- Conte A., Balzano M., Barbieri E. e Stragapede F., *Studio sulla rumorosità di origine portuale sull'abitato di Genova*, Atti 4^a Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Provincia di Genova – Fondazione MUVITA, Arenzano, 14 ottobre 2011, 2011.
- Conte A., Balzano M., Barbieri E. e Stragapede F., *Indagine acustica della rumorosità portuale su alcune zone abitate di Genova*, Atti 5^o Convegno Nazionale "Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita, Novara, 6-8 giugno 2012, 2012.
- Conte A., Balzano M., Barbieri E. e Stragapede F., *Applicazione della norma UNI/TR 11326:2009 in alcuni casi di monitoraggio del rumore ambientale*, Atti 5^o Convegno Nazionale "Il controllo degli agenti fisici: ambiente, salute e qualità della vita, Novara, 6-8 giugno 2012, 2012.
- Di Bella A., Tombolato A., Cordeddu S., Barbieri M., Citron M., Torricella N. e Zanotto E., *Caratterizzazione in situ e mappatura acustica di navi all'ormeggio nel porto di Venezia*, Atti 35^o Convegno Nazionale AIA, 2008.
- Moro Giacomo, Drago Andrea, Carcassi R., Piromalli Walter, Conte Alessandro, Stragapede Franca, Morelli Marco, Peiretti Gianfranco e Canepa Giuseppe, *Avvisatori acustici di gru in area operativa portuale: problematiche di applicazione della normativa*, 1999, Atti 27^o Convegno Nazionale AIA – Associazione Italiana di Acustica.