

RUMORE INDUSTRIALE E PORTUALE: CASI A CONFRONTO

Alessandro Conte, Elisabetta Barbieri, Franca Stragapede

Provincia di Genova – Ufficio Energia e Rumore, ufficio.rumore@provincia.genova.it

SOMMARIO

Oggetto del presente articolo sono i risultati dell'indagine fonometrica in tre distinte aree antropizzate esposte alle emissioni acustiche da sorgenti industriali o da infrastrutture portuali. Le tre campagne di monitoraggio hanno contemplato sia rilievi continui plurisettimanali sia misure "spot" su tempo breve (inferiore o pari a 1 ora). A seconda dei casi sono stati effettuati rilievi di Leq e Ln a banda larga ponderati A oppure misure in banda di frequenza di 1/3 di ottava e ponderazione lineare. La successiva elaborazione dei dati e l'analisi critica dei risultati hanno consentito di individuare dei metodi pratici utili a discriminare i contributi delle sorgenti acustiche monitorate dal complesso delle altre immissioni acustiche dovute al contesto urbano in cui sono state effettuate le indagini fonometriche.

PREMESSA

Il monitoraggio acustico di un complesso di sorgenti fisse di rumore, quale ad esempio un impianto industriale, inserito in contesto abitato pone il non semplice problema di discriminare il fenomeno di interesse dalle immissioni delle altre fonti di rumore. La norma UNI 10855 "Acustica - Misura e valutazione del contributo acustico di singole sorgenti" a volte è di difficile applicabilità ed è necessario elaborare ed attivare una strategia di monitoraggio che può comportare la realizzazione di più misure differenziate per sito, tempi, tipo di grandezze rilevate e che, nel loro insieme, forniscano le corrette chiavi di lettura per la successiva analisi ed elaborazione dei dati.

La strategia di monitoraggio qui adottata prevede la realizzazione di un monitoraggio in continuo di durata plurisettimanale affiancato da alcuni rilievi spot su tempo breve. Questo semplice metodo, però, nei tre casi di studio di seguito presentati si è concretizzato in modi differenti (parametri misurati, tempi di misura, etc.) in considerazione del clima sonoro complessivo da cui si voleva estrarre il contributo specifico della sorgente in esame.

L'obiettivo principale del presente lavoro, che si basa su precedenti studi a carattere più ampio realizzati dalla Provincia negli anni 2008 ÷ 2010, è di ordine metodologico, finalizzato a verificare l'applicabilità nel concreto dei metodi proposti in funzione dei risultati ottenuti, ovvero della capacità di caratterizzare il fenomeno sonoro in esame discriminandolo dal contesto acustico complessivo.

CASI DI STUDIO MONITORATI

In quanto segue si analizzano tre casi di studio:

- A) un impianto industriale (con diversi tipi di lavorazioni che comportano differenti emissioni acustiche) in prossimità di una linea ferroviaria,
- B) navi all'ormeggio (con motori ed altri impianti attivi) in una infrastruttura portuale in adiacenza ad un quartiere abitato attraversato dalla principale viabilità urbana e da una linea ferroviaria,

C) un impianto industriale (con emissioni acustiche di fatto stazionarie) immerso in un tessuto urbano complesso e vicino a un tratto autostradale.

I due casi A e B sono per certi aspetti complementari: nel caso A si tratta di una sorgente di rumore stazionaria su un arco di tempo a “macroscala” (plurisettimanale: sempre le stesse lavorazioni) e variabile a “microscala” (cicli di lavoro all'interno dell'ora e del giorno); nel caso B le sorgenti di rumore sono invece variabili a macroscala (differenti tipi e numero di navi all'ormeggio) e stazionari a microscala.

CONSIDERAZIONI SULLE CAMPAGNE DI MISURA

Nei casi di studio A e B il monitoraggio in continuo ha l'obiettivo principale di monitorare per un congruo periodo di tempo un fenomeno sonoro che può avere caratteristiche di variabilità o per la presenza di fenomeni che si sovrappongono all'oggetto principale di monitoraggio (caso A) o per la natura variabile, a macroscala temporale, del fenomeno studiato (caso B).

Nel caso C, dove sia la sorgente industriale sia la sorgente concorrente (autostrada) presentavano spiccate caratteristiche di stazionarietà e/o periodicità, il monitoraggio plurigiornaliero è stato finalizzato in primo luogo alla caratterizzazione temporale della rumorosità complessiva dell'area.

In tutti i casi le misure spot sono state utilizzate per costruire una legenda utile a decodificare i risultati del monitoraggio plurigiornaliero discriminando, quando possibile, il contributo sonoro della sorgente in esame.

Per le misure plurisettemanali in continuo sono stati utilizzati gli strumenti Bruel & Kjaer mod. 2238 (casi di studio A e C) oppure Larson & Davis mod. 2900 (caso B). Per le misure spot sono stati utilizzati gli strumenti BK 2238 (caso A) e Soundbook (casi B e C).

LE CAMPAGNE DI MISURA

Caso di studio A

Le principali misure effettuate sono:

- misura in continuo plurisettemanale dei livelli Leq e Ln (orario oppure su 1 min) a banda larga ponderati A: scopi principali sono la stima del livello continuo equivalente a lungo termine (misure orarie) e l'individuazione dei fenomeni sonori non riconducibili allo stabilimento (1 min);
- misure spot (nello stesso sito del rilievo plurisettemanale) di short Leq a banda larga ponderato A su 1 min e 1 s (su tempi complessivi di qualche minuto): i risultati forniscono informazioni complementari utili a meglio individuare i diversi fenomeni sonori da discriminare.

L'analisi dei dati fonometrici così rilevati ha consentito di:

1. determinare i livelli $LeqD$ e $LeqN$ plurisettemanali (giorni tipo feriale, sabato e domenica) dovuti alla rumorosità complessivamente monitorata;
2. caratterizzare acusticamente i diversi cicli di lavorazione;
3. individuare un valore “soglia” di Leq 1 min utile a discriminare con una procedura di elaborazione automatica, fra i dati di Leq 1 min acquisiti con il monitoraggio plurigiornaliero, il contributo sonoro dovuto al passaggio dei treni rispetto alla rumorosità derivante dalle altre sorgenti sonore presenti (più precisamente, l'analisi dell'evoluzione temporale degli short Leq su 1 s durante il passaggio di vari treni ha consentito di determinare un valore di “soglia” minimo oltre il quale il valore di short Leq su 1 min è associabile al transito di un treno);
4. calcolare i livelli $LeqD$ e $LeqN$ plurisettemanali eliminando il contributo acustico dovuto al transito dei treni.

In Figura 1 si riportano, per confronto, i tracciati di Leq su 1 min e di Leq orario (calcolato a partire dai dati su 1 min) per un giorno di esempio fra quelli del periodo di monitoraggio in continuo. E' evidente la ricchezza di informazioni contenuta nell'insieme dei dati di Leq 1 min, che consentono anche visivamente di individuare i contributi sonori dovuti al passaggio dei treni (in genere i picchi di maggiore intensità).

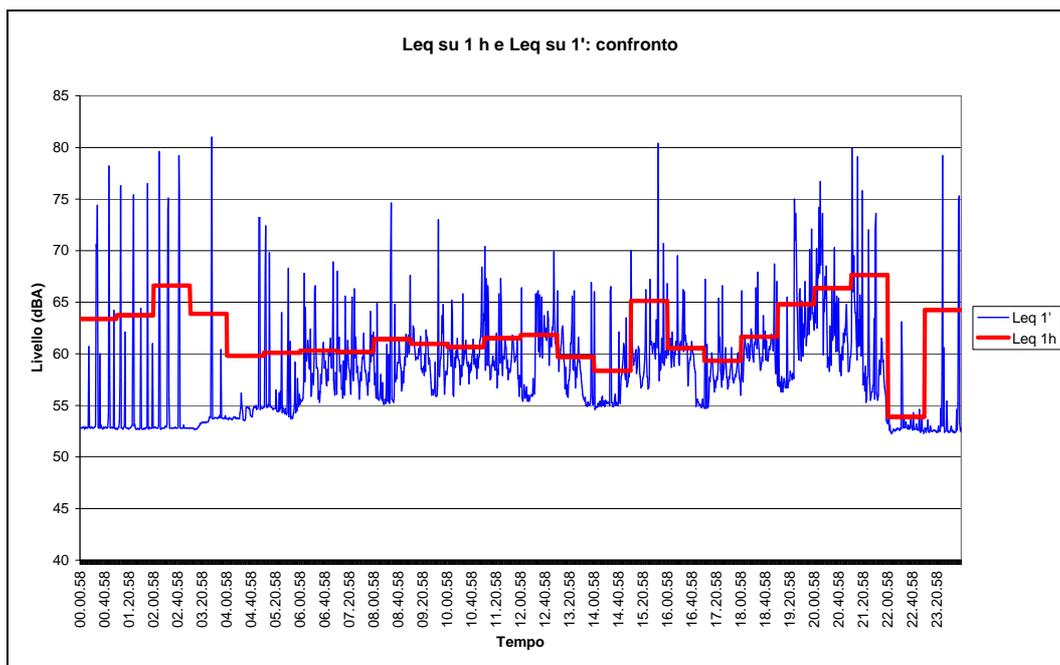


Figura 1: Confronto fra valori di Leq su 1 min (blu) e orario (rosso) per un giorno di esempio

Dalla percezione uditiva, in occasione dei rilievi spot, delle sorgenti sonore coinvolte nel processo produttivo, si sono individuate quattro lavorazioni acusticamente distinte: tre si ritrovano nel periodo diurno ed una in quello notturno (quest'ultima non è propriamente una lavorazione, si tratta infatti di macchinari comunque accesi). In Figura 2 si riporta, per una misura di esempio, l'andamento temporale dei livelli evidenziando alcuni contributi specifici (lavorazioni e treni).

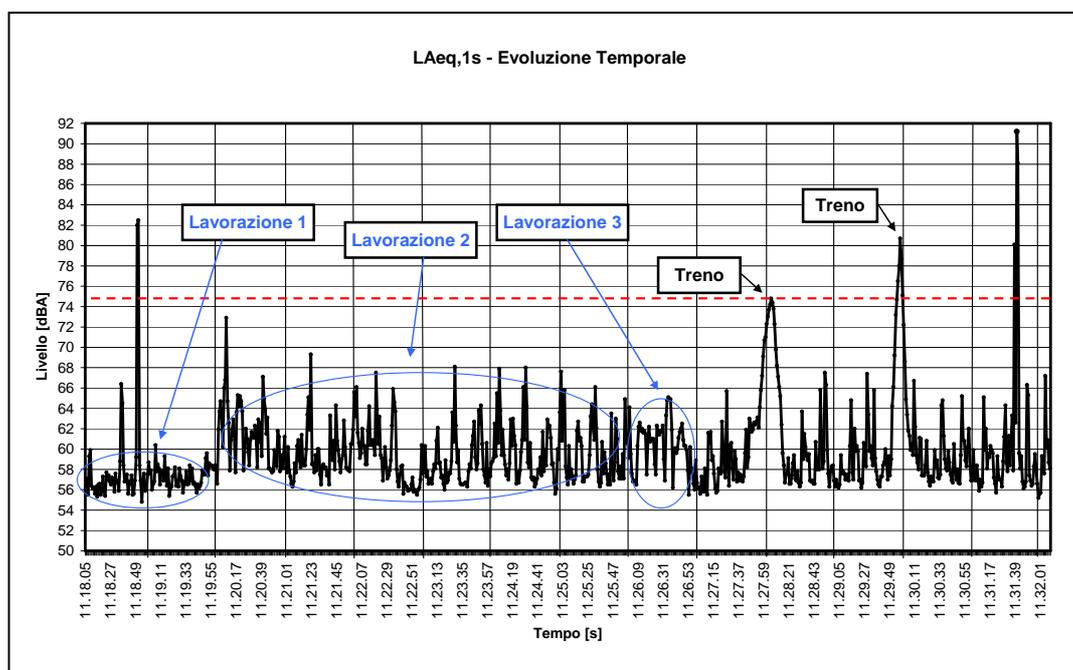


Figura 2: Tracciato temporale di short Leq 1 s: livelli sonori dovuti a lavorazioni e a transiti ferroviari

Da un punto di vista quantitativo, le misure spot hanno consentito di individuare le statistiche dei valori di short Leq su 1s associati ai diversi tipi di lavorazione e, quindi, di determinare i livelli medi associati ai diversi cicli di lavorazione.

Le misure spot sono state utilizzate anche per caratterizzare i livelli acustici dovuti ai transiti ferroviari: in Figura 3 si riporta il profilo temporale di short Leq su 1 s in corrispondenza di un transito: si può vedere chiaramente l'innalzamento del livello sonoro rispetto al valore di fondo sino al raggiungimento del picco massimo e, quindi, la discesa sino al valore di fondo iniziale.

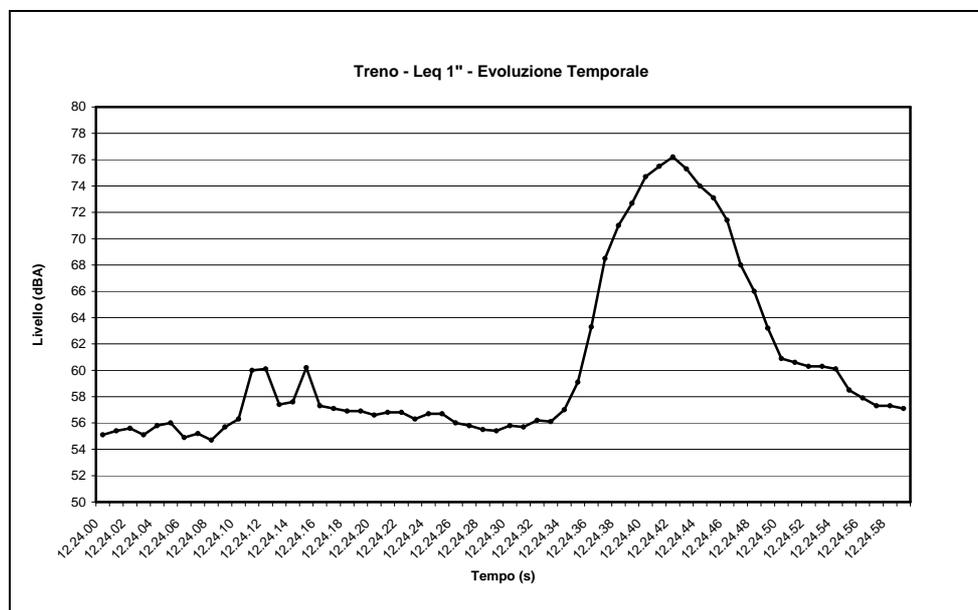


Figura 3: Evoluzione temporale di short Leq 1 s in presenza di un transito ferroviario

Isolando i livelli di short Leq dovuti al passaggio del treno, per diverse misure spot corrispondenti ad altrettanti transiti di treni differenti, si è proceduto a determinare le seguenti quantità:

- durata del transito T misurata in secondi;
- livello di picco degli short Leq su 1 s (Max Leq, 1s);
- livello Leq,T associato al transito e calcolato sulla durata T del passaggio.

In Figura 4 si illustrano graficamente, per una delle misure elaborate, le quantità di cui sopra.

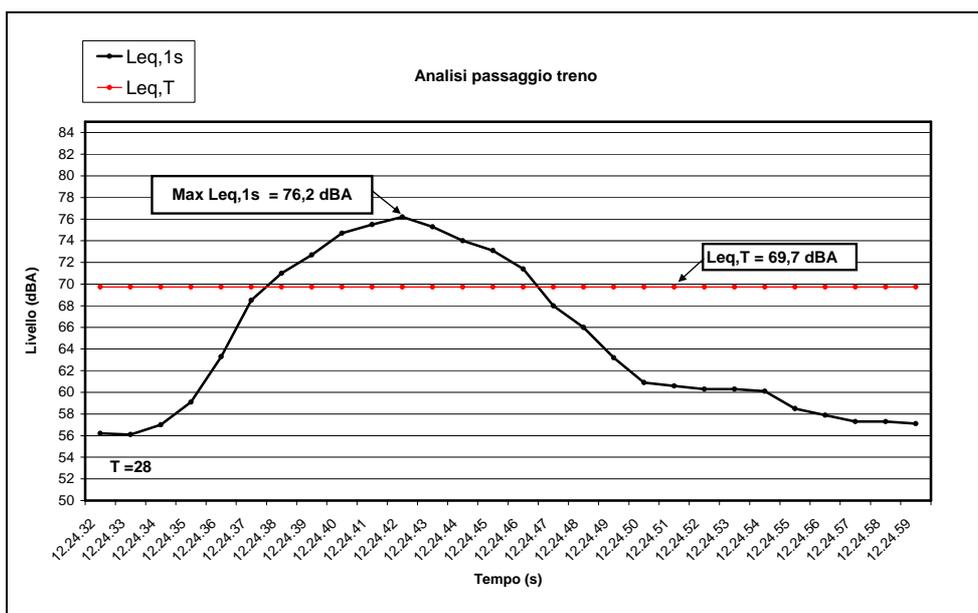


Figura 4: Dettaglio della Time History dei livelli short Leq su 1s durante il transito di un treno

Dall'esame delle quantità di cui sopra, si è determinato un valore minimo di soglia per la quantità ricalcolata come Leq su 1 min, che consente di discriminare in modo automatico e con buona approssimazione i valori di Leq 1 min influenzati essenzialmente dai transiti ferroviari.

Utilizzando questo valore soglia è stato possibile procedere automaticamente sulla grande massa di dati dei livelli di acquisiti in continuo, ottenendo come risultati finali la time history di Leq 1 min (e quindi di Leq orario, $LeqD$ e $LeqN$ calcolati) senza il contributo acustico dovuto ai treni e determinati dalla rumorosità di stabilimento, dal fondo e da eventi estemporanei.

Nelle Figure 5 e 6 si riportano, rispettivamente, i profili temporali di Leq 1 min (ed il corrispondente livello sul periodo di riferimento), per una notte fra quelle monitorate, "con" e "senza" treni.

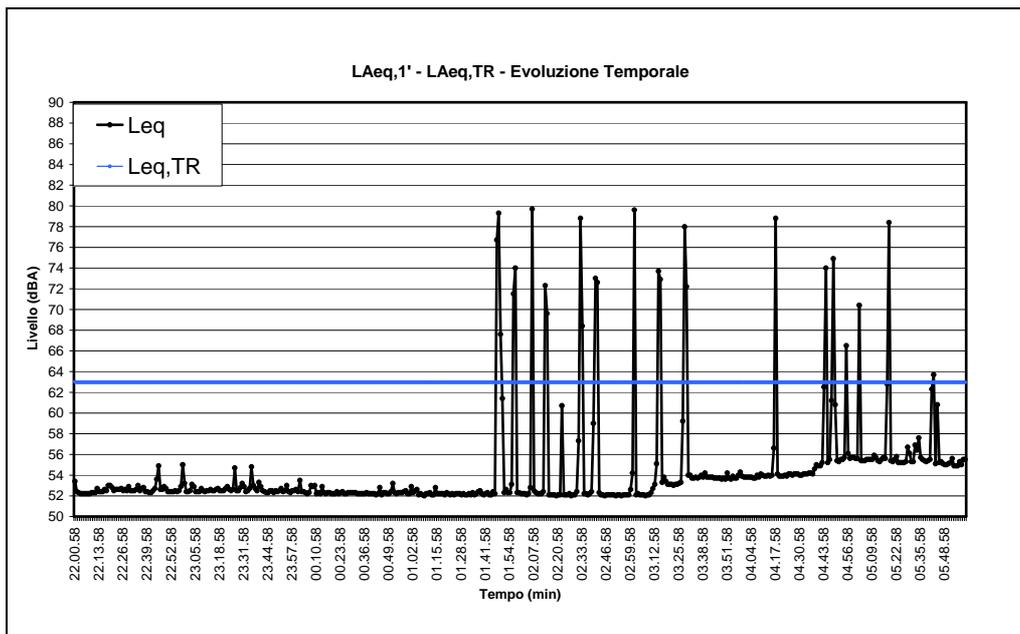


Figura 5: Livelli di Leq su 1 min e $LeqN$ per una notte di esempio – fenomeno "treno" incluso

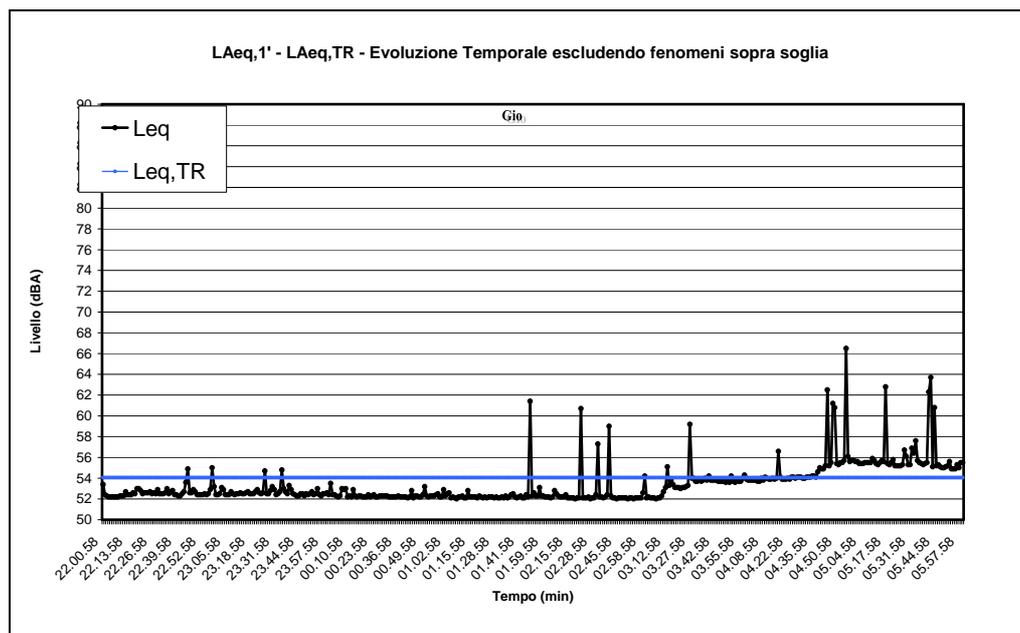


Figura 6: Livelli di Leq su 1 min e $LeqN$ per una notte di esempio – fenomeno "treno" escluso

Caso di studio B

Preliminarmente, si osserva che una sintesi di questo studio, cui si rimanda per eventuali approfondimenti, è già stata presentata in altro contesto [1]. Le principali misure effettuate sono:

- misura in continuo plurisettimanale di Leq e Ln orari sia a banda larga ponderati A sia in banda 1/3 di ottava non ponderati (multispettri orari);
- misure spot in quattro siti (uno dei quali coincide con quello del rilievo plurisettimanale) di Leq su 0,125 s a banda larga ponderato A e multispettro di Leq su 1 s in bande 1/3 di ottava non ponderato.

Le misure di multispettro consentono di meglio indagare la rumorosità ambientale rispetto ai monitoraggi tradizionali di Leq a banda larga ponderato A [2]: nel presente caso il clima sonoro ha una natura complessa, per la compresenza di diverse sorgenti con ampi periodi di contemporaneità (traffico, eventi antropici, porto, rumorosità di fondo proveniente dal complesso urbano circostante il sito di misura). In Figura 7 si riporta un confronto, per alcuni giorni monitorati, fra i risultati del monitoraggio di Leq a banda larga ed in banda 1/3 di ottava, che illustra la maggiore efficacia analitica del monitoraggio di multispettri rispetto al monitoraggio a banda larga.

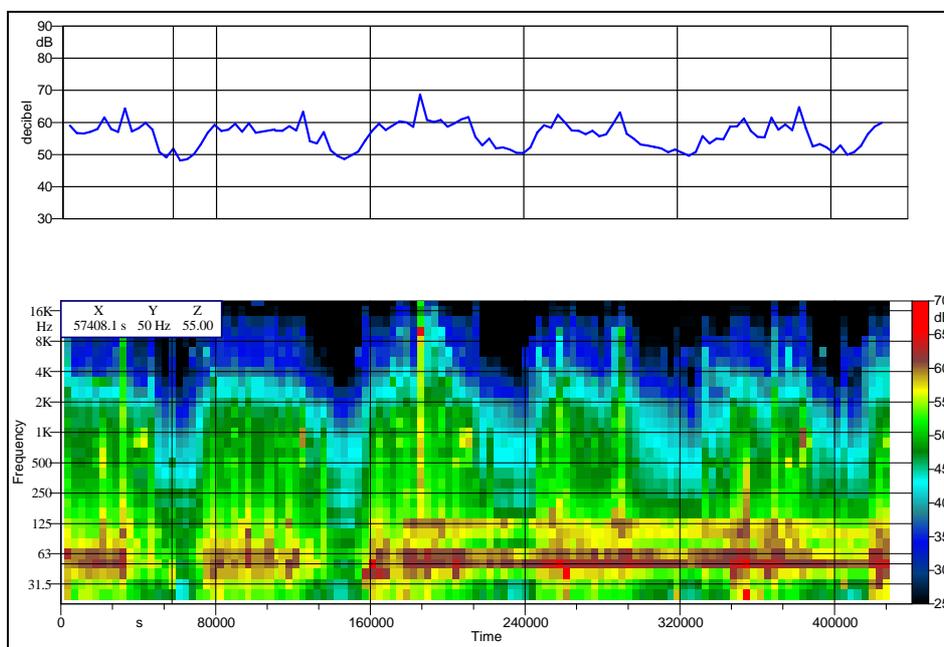


Figura 7: Evoluzione temporale del Leq orario a banda larga ponderato (dBA, in alto) e sonogramma del multispettro del Leq orario non ponderato in banda di 1/3 di ottava (dB, in basso)

L'analisi preliminare dei dati, sia plurisettimanali sia spot, ha evidenziato che l'effetto principale delle immissioni portuali è avvertibile come alterazione della rumorosità di fondo e che, in questi termini, alcune bande di frequenza risultano statisticamente più significative di altre. Si è quindi proceduto all'analisi dei dati del monitoraggio in continuo concentrando l'attenzione sui livelli percentili L99 (indicatore della rumorosità di fondo): sono stati separati i livelli corrispondenti a periodi con una o più navi ormeggiate e quelli riferiti a periodi senza navi, per le sole ore notturne (nella fascia 0 ÷ 6, più ristretta del periodo notturno da normativa, per escludere fenomeni sonori rilevanti non portuali ricorrenti fra le 22 e le 24). In Figura 8 si riportano graficamente i valori di spettro medio aritmetico (e deviazione standard) per la serie di dati di L99 orario di banda in presenza ed assenza di navi all'ormeggio (ponderazione lineare, dB). 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) ed in modo sensibile per alcune bande nella parte media dello spettro.

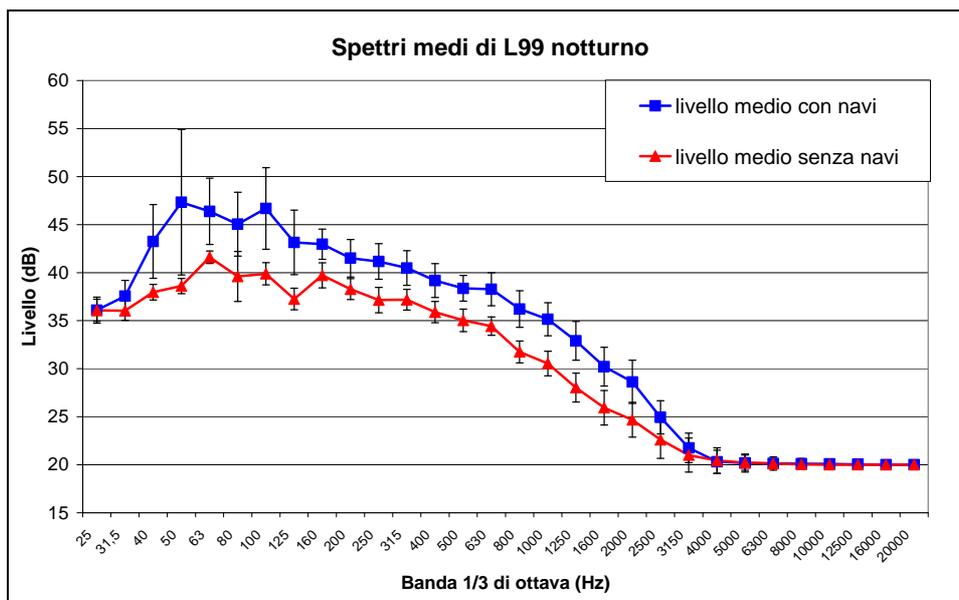


Figura 8: Spettri medi e deviazioni standard per L99 di banda notturno (dB).

Per individuare le bande di frequenza statisticamente più significative, sono state 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 metodo seguente:

1. si è individuato il valore del livello per cui una delle due curve cumulate raggiunge per prima il 100% (nei casi esaminati è sempre la curva del campione senza navi);
2. si è calcolata la percentuale di dati relativi al campione con navi che eccedono tale livello;
3. si è classificata la banda come abbastanza significativa se la percentuale così calcolata è superiore a 50% e significativa se è superiore a 70%.

L'applicazione di questa procedura ha individuato le bande 1/3 ottava di 40 Hz, 50 Hz, 63 Hz, 100 Hz, 125 Hz e 1000 Hz come significative (con differenze fra livello medio con e senza navi di L99 dell'ordine di 5 ÷ 9 dB a seconda dei casi); abbastanza significative sono risultate le bande di frequenza a 80 Hz, 630 Hz, 800 Hz e 1250 Hz (differenze dell'ordine di 4 ÷ 5 dB).

Per le bande di frequenza significative, inoltre, in assenza di navi la deviazione standard risulta nettamente inferiore (0,7 ÷ 1,3 dB) rispetto al caso con navi (1,7 ÷ 7,6 dB), a testimonianza della variabilità delle immissioni sonore di origine portuale dovuta sia alle caratteristiche emissive disomogenee delle singole navi, sia alla variabilità del numero di navi presenti.

Caso di studio C

Questo caso è stato meno approfondito a livello quantitativo, allo stato attuale, rispetto ai precedenti; in base a quanto già acquisito ed elaborato, comunque, il caso C si configura come "intermedio", rispetto ai precedenti, dal punto di vista della messa a punto della strategia di monitoraggio. Le principali misure sono:

- misura in continuo plurisettimanale dei livelli Leq e Ln orario a banda larga ponderati A;
- misure spot (nello stesso sito del rilievo plurisettimanale) di Leq su 0,125 s a banda larga ponderato A e multispettro di Leq su 1 s in bande 1/3 di ottava non ponderato.

In Figura 9 si riporta l'evoluzione temporale di Leq e L99 orari (banda larga, ponderazione A) per alcuni dei giorni monitorati: l'andamento riscontrato è quello tipico delle situazioni acusticamente dominate dal rumore da traffico (nel caso specifico di tipo autostradale). In Figura 10 si riporta un multispettro di short Leq 1 s (bande 1/3 di ottava, ponderazione lineare) rilevato con una misura spot (stesso sito del monitoraggio in continuo): la misura in banda evidenzia, anche in periodo

diurno, la presenza di una componente stazionaria, forse riconducibile alla sorgente industriale, e suggerisce perciò l'utilità, anche per questo caso, di un monitoraggio in frequenza.

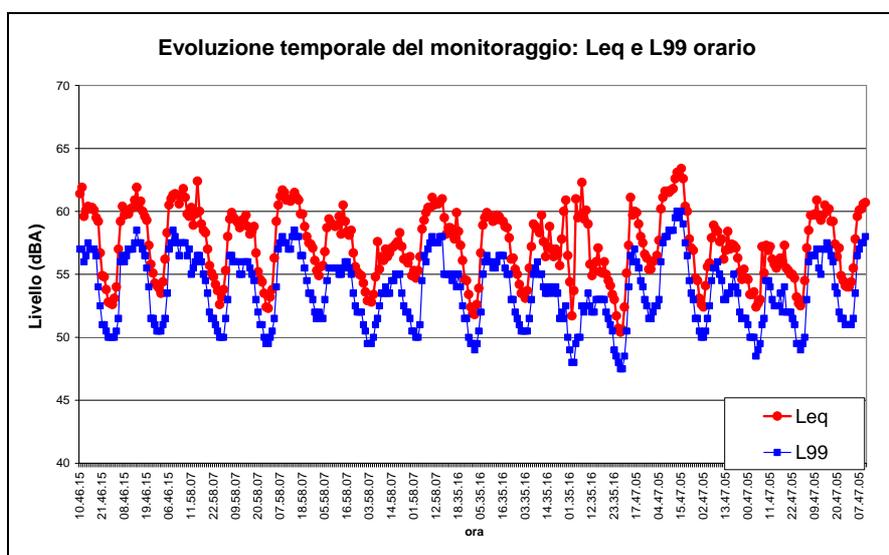


Figura 9: Leq e L99 orari (dBA)

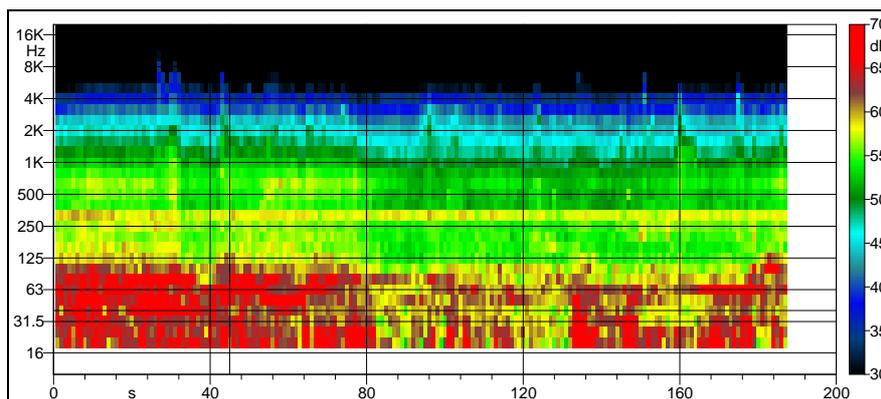


Figura 10: Multispettro dello short Leq su 1 s (dB)

CONCLUSIONI

I metodi proposti ed utilizzati si sono rivelati efficaci sia per fornire indicazioni quali-quantitative sull'evoluzione del clima sonoro, sia per elaborare le quantità utili per discriminare i contributi da specifica sorgente, anche nella prospettiva di una successiva applicazione della norma UNI 10855.

In particolare, si è verificato che per i casi di maggiore complessità risulta in genere molto utile affiancare al monitoraggio in continuo un'indagine a "microscala" temporale e che in diversi casi è opportuno ricorrere a rilievi in banda di frequenza, anche tramite monitoraggio in continuo, pena ottenere informazioni di modesta utilità.

BIBLIOGRAFIA

1. Conte A., Indagine sul rumore portuale a Genova, Atti 10° Convegno Nazionale CIRIAF – Centro Interuniversitario di Ricerca sull'Inquinamento da Agenti Fisici, Perugia, 9-10 aprile 2010, pagg. 145-150, 2010
2. Cerniglia A., Individuazione di sorgenti di rumore in un clima acustico complesso: un caso reale, *Antinquinamento*, Anno V N.1, pagg. 46-49, 1998.