

# MONITORING AND NOISE EVALUATION OF SOUND SOURCES RELATED TO PORT ACTIVITIES - GENOA PRÀ

Gaggero, Tomaso; Waffo, Emile; Schenone, Corrado; Borelli, Davide; Yousseu, Adelphe; Sara Arri\*  
*Università degli Studi di Genova, Genoa, Italy*

*\*Autorità di Sistema Portuale del Mar Ligure Occidentale, Genova (Italia)*

## Abstract

The subject of port noise is increasingly gaining attention since the always higher number of complaints from people living in the nearby urban areas. Moreover, unlike other kinds of transport noise, such as the one due to railways, airports or roads, the current normative framework in this sector is lacking a proper structure and is in general inadequate. The study in question concerns the analysis of port noise, specifically the analysis of noise emitted by ships moored at the quay so different types of configurations have been taken into account (absence of ship, with one or more ships). Ship-generated noise, being fixed sources emitting in stationary mode (background noise), can be evaluated with percentile levels L95 and L99, while the value of the equivalent Level Leq that expresses the average energy level of the sound pressure does not allow to obtain useful information on the nature of the sound sources responsible for the acoustic climate.

## 1. Introduction

Le persone che vivono vicino alle zone portuali sono spesso vittime dell'inquinamento acustico derivante dalle attività portuali [1]. Tale rumore può causare problemi di salute, come i disturbi del sonno [2], il fastidio [3-5], difficoltà di apprendimento [6-8], le malattie cardiovascolari e respiratorie [9-13], e l'ipertensione [14,15]. Nonostante siano stati affrontati diversi studi relativi al rumore proveniente dai porti [16-19], le norme e i regolamenti non sono espliciti come in altri settori (stradale, ferroviario e industriale). Alcuni porti hanno già approvato misure per gestire l'inquinamento acustico in diverse località [20], però questi tipi di studi dipendono strettamente dall'ambiente specifico.

A causa della presenza di una vasta gamma di fonti di rumore come treni, veicoli pesanti, navi, operazioni di carico e scarico merci, operazioni di imbarco e sbarco di persone, cantieri navali e macchine industriali che operano simultaneamente l'area portuale è più complessa da studiare rispetto ad altre fonti di rumore. Le sorgenti di rumore tipiche dei porti sono le navi, che producono diversi livelli di rumore e hanno una diversa direttività a seconda del tipo. Le principali fonti di rumore di una nave sono le macchine di propulsione, i motori ad elica, l'unità di propulsione trasversale e il sistema di riscaldamento, ventilazione e condizionamento dell'aria [21, 22].

Questo lavoro presenta i risultati di un'indagine sul rumore nei porti sviluppata nell'ambito del progetto INTERREG Maritime projects RUMBLE [23]. In breve, è stata predisposta una metodologia di acquisizione dei dati fornendo indicazioni specifiche sulla strumentazione dal punto di vista della qualità (classe, requisiti), sulle caratteristiche tecniche della campagna di monitoraggio (posizionamento delle strumentazioni, durata delle misure) nonché sui parametri acustici da rilevare, al fine di valutare l'impatto acustico ex ante piccole infrastrutture.

Questo articolo è organizzato come segue. La sezione 2 descrive in dettaglio le informazioni sulla campagna di misurazione e la metodologia di valutazione adottata, nella sezione 3 vengono riportati i risultati delle analisi e la sezione 4 sintetizza le conclusioni.

## 2. Measurement methods

Per determinare i livelli di rumore emessi dalle navi all'ormeggio nel porto container, sono stati collocati dei fonometri per il monitoraggio ante - post operam del progetto delle dune realizzatosi presso la sponda Sud del Canale di calma di Genova Prà e sono stati eseguiti dei rilievi plurigiornalieri in continuo. Il monitoraggio in oggetto è costituito da tre punti di misura distinti (Figura 1), con l'obiettivo di indagare la rumorosità in un arco di tempo molto lungo (settimane /mese).

Tali rilevamenti sono stati eseguiti in conformità a quanto disposto dal D.M. 16/03/1998, al punto 7 [24], che prevede che le misurazioni acustiche debbano essere effettuate nel rispetto delle seguenti condizioni:

- assenza di precipitazioni atmosferiche;
- assenza di nebbia e/o neve;
- velocità del vento < 5 m/s;
- microfono munito di cuffia antivento (per le misure in esterno);
- compatibilità tra le condizioni meteo durante i rilevamenti e le specifiche del sistema di misura di cui alla classe 1 della norma IEC 61672-1

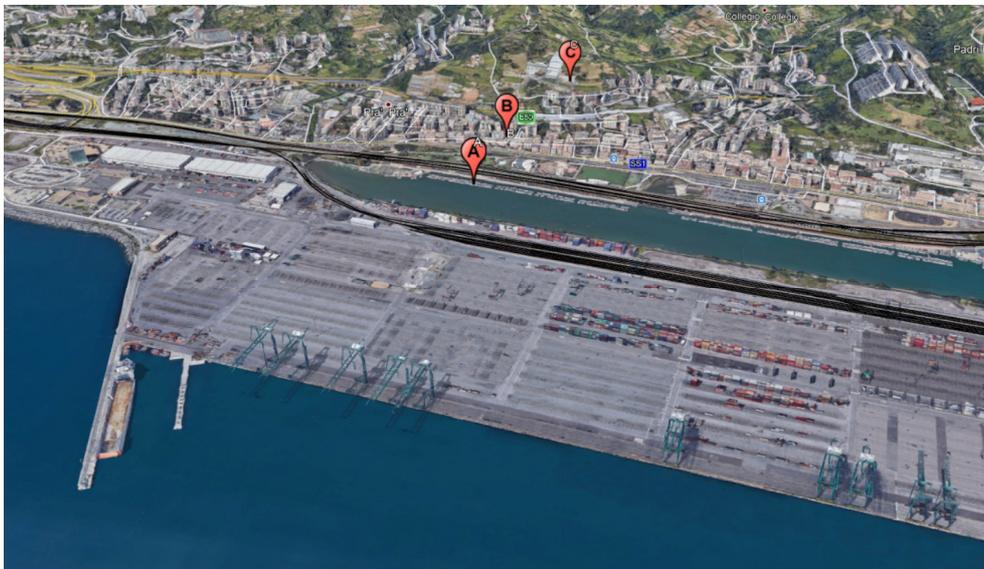


Figure 1: Planimetrie di dettaglio indicanti i punti di misura

Occorre notare che la zona portuale più critica, quella in corrispondenza del sito A, è però protetta da strutture schermanti, composte da insediamenti e infrastrutture varie (intenso traffico veicolare, infrastrutture ferroviarie e industriali), che costituiscono un ostacolo alla propagazione sonora. Per tale ragione accade che le sorgenti specifiche più disturbanti possano non essere ben percepite dalla postazione. Mentre il sito B, la zona da cui sono partite le segnalazioni legate alla problematica del rumore sul territorio di Prà, è situato in posizione intermedia fra il sito A (zona portuale) e il sito C (zona collinare) ed è quello che è stato oggetto dello studio. Le misure riportate nella Tabella 1 indicano la distanza fra la posizione media della nave all'ormeggio e i differenti punti di misurazione.

point of measurement	distance (m)	uncertainty about the distance (m)
<b>A</b>	750	10
<b>B</b>	1000	50
<b>C</b>	1300	30

Table 1

Per verificare le caratteristiche del fenomeno sonoro "navi ormeggiate", sono stati presi in esame tre giorni con diverse configurazioni di navi in banchina "giornata senza nave, con una sola nave e con due navi ormeggiate in banchina". Per quanto riguarda il tempo di riferimento si consideri una giornata intera (24 ore) in cui il tempo di osservazione va dalle 22:00 alle 22:00 del giorno successivo, ma più nello specifico l'analisi si concentrerà nelle ore notturne, dalle 22:00 alle 06:00.

Il valore del Livello equivalente Leq che esprime il livello energetico medio della pressione sonora (richiesta dalla normativa sui limiti) non permette di ottenere utili indicazioni sulla natura delle sorgenti sonore responsabili del clima acustico. I valori del livello percentile L95 e L99 (rumore di fondo) invece consentono di valutare il livello delle sorgenti fisse che emettono con modalità stazionarie. Per rendere confrontabili i risultati ottenuti delle analisi, sarà necessario estrapolare il contributo di rumore sotto indagine in modo da distinguerlo da quello delle altre sorgenti influenti. A tal fine si potrà procedere applicando la norma UNI 10855 [25] che consente la misura e la valutazione del contributo acustico di singole sorgenti "Metodo C: valutazione in base all'analisi in frequenza". Tale norma prevede i seguenti passi:

- determinare lo spettro per 1/3 ottava del rumore con la presenza di una o più navi (Lax);
- identificare le bande di frequenza in cui i livelli Lax sono maggiori di almeno 3 dB dei relativi livelli di rumore in assenza di nave (Lrx);
- Per tali bande di frequenza, calcolare il livello del rumore portuale (Lsx) con la seguente relazione,  
$$L_{sx} = 10 \log[10^{L_{ax}/10} - 10^{L_{rx}/10}]$$
- Per le restanti bande di frequenza, stimare il livello Lsx compreso fra:
  - ✓ Valore massimo = Lax - 3 dB
  - ✓ Valore minimo = trascurabile

### 3. Results

Data la distanza che separa il sito di misura e la sorgente, la nave ormeggiata in banchina può essere considerata come una sorgente puntiforme. In Figure 2, viene riportato il grafico dell'evoluzione temporale dei livelli di Leq su 0.125s (dBA) per i tre giorni corrispondenti alle tipologie di configurazione scelte:

- a) l'evoluzione temporale di Leq condizione senza nave ormeggiata (Figure 2a);
- b) l'evoluzione temporale di Leq condizione con una nave ormeggiata (Figure 2b);
- c) l'evoluzione temporale di Leq condizione con tre navi ormeggiate (Figure 3i2c).

Alla luce di ciò che emerge, il contributo acustico connesso alla presenza delle navi non influisce in maniera importante sul clima acustico prodotto durante tutto il periodo di riferimento. A completamento dei grafici dell'evoluzione temporale del livello equivalente, la Tabella 2 riporta i dati caratterizzanti il clima acustico ottenuti dalle configurazioni presenti (livelli sonori equivalenti, livelli massimo/minimo e livelli percentili).

Le misure del fenomeno in esame a seconda delle tipologie di configurazioni di navi all'ormeggio hanno fornito valori di Leq non significativamente diversi, tali valori sono pari a 56.7 dBA, 57.6 dBA, 54.4 dBA rispettivamente per il caso senza nave, con una nave e tre navi. Anche i valori dei livelli percentili L95 sono pari a 50.8dBA, 49.2 dBA, 50.5 dBA e L99 sono pari a 50 dBA, 48.2 dBA, 49.8 dBA. Si osservi dunque che il valore dei livelli Leq e Ln è molto più basso in presenza di più navi piuttosto che in assenza di nave. Dal punto di vista quantitativo quindi questi livelli lascerebbero credere che i giorni più silenziosi siano quelli con più navi ormeggiate in banchina, cosa assolutamente errata se si considerano le segnalazioni fatte dal Comitato Cittadino di Prà.

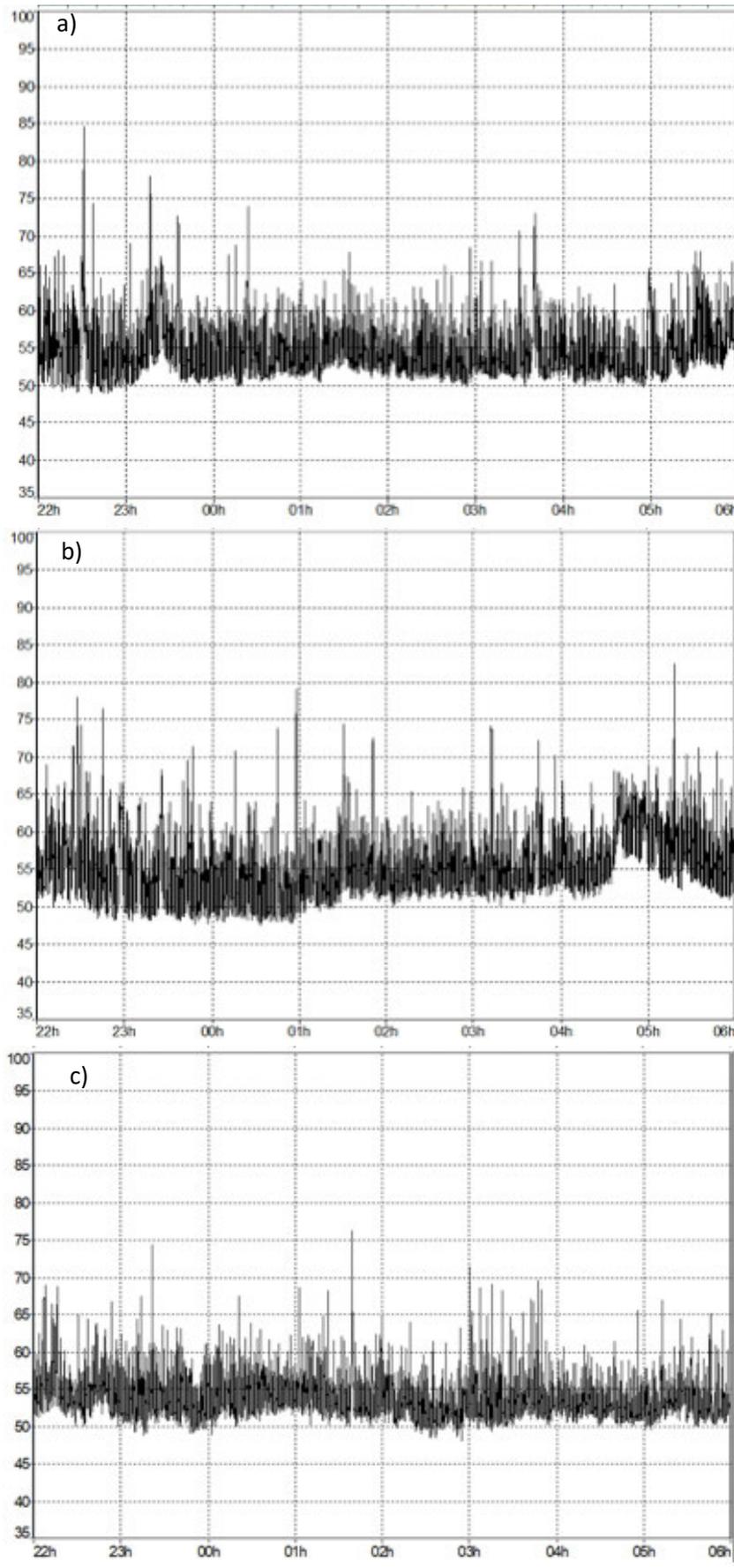


Figure 2

dB(A)	Leq	Lmin	Lmax	L1	L5	L10	L50	L90	L95	L99
0 nave	56,7	48,8	84,6	65	59,6	57,6	53,4	51,2	50,8	50
1 nave	57,6	47,4	82,4	66,9	62,3	59,7	53,8	50,2	49,2	48,4
3 navi	54,4	47,9	76,2	60,9	56,8	55,7	52,8	51	50,5	49,8

Table 2: Sintesi dei dati di rilevazione inquinamento acustico periodo orario 22 ÷ 06

Le misure di multispettro rispetto a quelle precedentemente citate consentono anche visivamente di individuare i contributi sonori dovuti alla presenza delle navi soprattutto quando il clima acustico è di natura complessa come quello delle zone portuali in cui si registra la compresenza di diverse fonti di rumorosità proveniente dall'attività industriale, degli aeromobili, del traffico veicolare e ferroviario. Il multispettro ha permesso di evidenziare l'effetto principale del rumore generato dalle navi che è un'alterazione della rumorosità di fondo in alcune bande di frequenza.

Si sono poi riportati nella Figure 3 i grafici dei sonogrammi del L99 (indicatore del rumore di fondo) su 1s ponderazione lineare (dB): com'era prevedibile, nel loro insieme i fenomeni emessi sono caratterizzati con livelli praticamente costanti in determinate bande di frequenza. Se si effettua una comparazione fra i grafici del sonogramma, si può osservare che nella configurazione con tre navi all'ormeggio (Figure 3c) il rumore prodotto è più significativo rispetto al caso con una sola nave (Figure 3b), si nota ugualmente che in assenza di navi ormeggiate ((Figure 3a) permane una gamma considerevole del rumore alle basse frequenze (31.5Hz ÷ 200 Hz), secondo chi scrive potrebbe essere dovuta alla centrale elettrica di Prà, ad un sistema di condizionamento o ad una centralina d'aria in prossimità alla zona circostante.

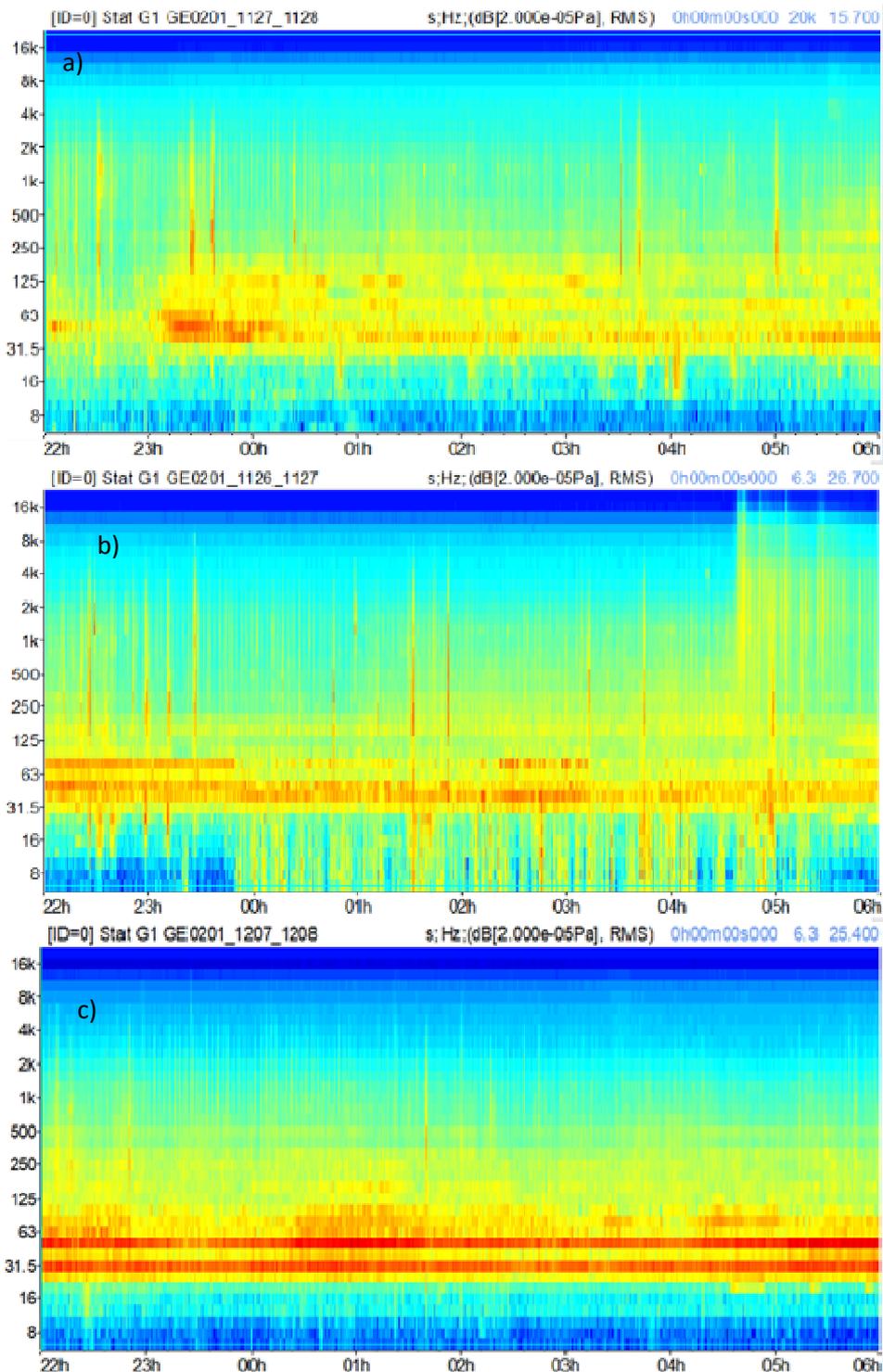


Figure 3

Come verificato dal sonogramma, è opportuno proseguire le analisi in ponderazione Lineare, che risulta più conveniente per valutare i livelli di rumore. Rispetto alle misure effettuate su tutto il tempo di riferimento, le misure di breve termine consentono una maggior precisione perché si riducono le incertezze associate a possibili variazioni dei fenomeni che influenzano la principale sorgente. I rilevamenti spot qui considerati sono stati ricavati in un intervallo temporale di 5 minuti nei periodi dei giorni del caso in esame. I risultati ottenuti per via delle valutazioni spot sono riportati nella Tabella 3, ciò contiene: i valori di  $Leq$ ,  $L95$  e  $L99$  in ponderazione Lineare; contrariamente alla ponderazione A, si nota che il rumore rilevato è molto più elevato in presenza di 3 navi e decresce man mano che il numero diminuisce o si azzerà.

dB	Leq	L95	L99
0 nave	63,2	58,4	57,1
1 nave	66,9	60,5	58,4
3 navi	68,9	65,2	63,2

Table 3

Sulla base dei dati riportati nella Tabella 3 e dell'applicazione della norma UNI 10855 sopraesposta sono state ottenute le stime del livello della sorgente specifica distribuita in frequenza 1/3 ottava riferite al rumore delle navi all'ormeggio. Dai dati ottenuti si osserva che il rumore prodotto da una nave, ha delle bande di frequenza di 40 Hz e 50 Hz. Nella configurazione con più navi le bande di frequenza sono da 25 Hz, 31,5 Hz, 50 Hz, 63 Hz, 80 Hz, 100 Hz e 125 Hz. Di conseguenza, è evidente che tutte queste navi producano rumore alle basse frequenze ma non necessariamente alle stesse bande di frequenza. Da questi dati si evince che tra la configurazione con una nave e quella con più navi la differenza di rumore percepito è compresa fra 7 e 9dB. Si riporta qui di seguito in Figure 4 il confronto di distribuzione fra i rispettivi di L95 e L99 (ponderazione Lineare) in breve durata in banda 1/3 ottava per le configurazioni una nave e con più navi.

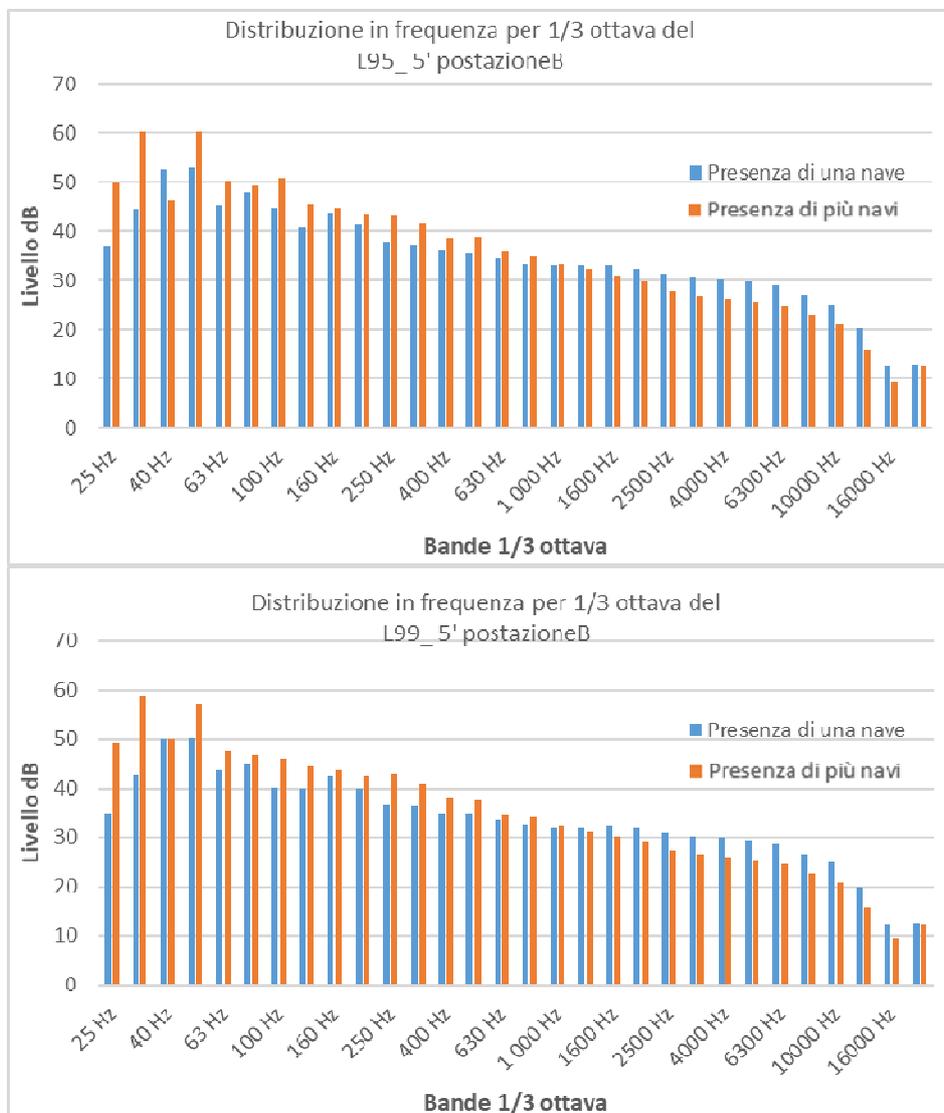


Figure 4

#### 4. Conclusions

Lo studio è stato svolto considerando le emissioni rumorose connesse alle zone portuali, in particolare alle navi all'ormeggio, e ha avuto una funzione principalmente di comparazione tra le diverse configurazioni di navi ormeggiate in banchina.

Le valutazioni, effettuate sulla base di rilevazioni fonometriche, sono riferite allo scenario che tiene conto dell'evoluzione del clima acustico della zona. Le indagini hanno interessato unicamente il periodo di riferimento (22:00-06:00) in quanto durante in periodo notturno il rumore proveniente dalle zone portuali è più percepito. Per questa operazione è stata applicata la norma UNI 10855 che consente la misura del contributo acustico di singole sorgenti "Metodo C: valutazione in base all'analisi in frequenza".

I dati ottenuti hanno evidenziato che tutte le navi prese in esame emettono rumore alle basse frequenze di  $1/3$  di ottava  $\leq 160$  Hz, ma non necessariamente alle stesse bande di frequenza. Confrontando la configurazione con una nave e quella con più navi la differenza di rumore percepito è compresa fra 7 e 9dB. Inoltre, il confronto dei dati acustici ha evidenziato che anche in assenza di navi ormeggiate (rumore residuo) permane in una gamma considerevole del rumore alle basse frequenze (31.5Hz ÷ 200 Hz): tale rumore potrebbe essere dovuto ad un sistema di condizionamento o ad una centralina d'aria in prossimità alla zona circostante.

Sulla base delle stime del livello del rumore ottenuto si può dunque affermare che l'immissione rumorosa percepita dai ricevitori deriva dalla presenza delle navi nel porto.

#### Acknowledgements

#### References

- [1] C Trozzi and R Vaccaro. Environmental impact of port activities. WIT Transactions on The Built Environment, 51, 2000.
- [2] Lercher, P.; Evans, G.W.; Meis, M. Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. Environ. Behav. 2003, 35, 725-735
- [3] Basner, M.; Babisch, W.; Davis, A.; Brink, M.; Clark, C.; Janssen, S.; Stansfeld, S. Auditory and non-auditory effects of noise on health. Lancet 2014, 383, 1325-1332.
- [4] Guski, R.; Schreckenber, D.; Schuemer, R. WHO environmental noise guidelines for the European region: A systematic review on environmental noise and annoyance. Int. J. Environ. Res. Public Health 2017, 14, 1539.
- [5] Minichilli, F.; Gorini, F.; Ascari, E.; Bianchi, F.; Coi, A.; Fredianelli, L.; Licitra, G.; Manzoli, F.; Mezzasalma, L.; Cori, L. Annoyance judgment and measurements of environmental noise: A focus on Italian secondary schools. Int. J. Environ. Res. Public Health 2018, 15, 208.
- [6] Hygge, S.; Evans, G.W.; Bullinger, M. A prospective study of some effects of aircraft noise on cognitive performance in schoolchildren. Psychol. Sci. 2002, 13, 469-474.
- [7] Lercher, P.; Evans, G.W.; Meis, M. Ambient noise and cognitive processes among primary schoolchildren. Environ. Behav. 2003, 35, 725-735
- [8] Klatte, M.; Bergström, K.; Lachmann, T. Does noise affect learning? A short review on noise effects on cognitive performance in children. Front. Psychol. 2013, 4, 578.
- [9] Recio, A.; Linares, C.; Banegas, J.R.; Díaz, J. Road traffic noise effects on cardiovascular, respiratory, and metabolic health: An integrative model of biological mechanisms. Environ. Res. 2016, 146, 359-370.
- [10] Dratva, J.; Phuleria, H.C.; Foraster, M.; Gaspoz, J.M.; Keidel, D.; Künzli, N.; Liu, L.J.; Pons, M.; Zemp, E.; Gerbase, M.W.; et al. Transportation noise and blood pressure in a population-based sample of adults. Environ. Health Perspect. 2011, 120, 50-55.
- [11] Babisch, W.; Beule, B.; Schust, M.; Kersten, N.; Ising, H. Traffic noise and risk of myocardial infarction. Epidemiology 2005, 16, 33-40.

- [12] Babisch, W.; Swart, W.; Houthuijs, D.; Selander, J.; Bluhm, G.; Pershagen, G.; Dimakopoulou, K.; Haralabidis, A.S.; Katsouyanni, K.; Davou, E.; et al. Exposure modifiers of the relationships of transportation noise with high blood pressure and noise annoyance. *J. Acoust. Soc. Am.* 2012, 132, 3788–3808.
- [13] Vienneau, D.; Schindler, C.; Perez, L.; Probst-Hensch, N.; Röösli, M. The relationship between transportation noise exposure and ischemic heart disease: A meta-analysis. *Environ. Res.* 2015, 138, 372–380.
- [14] Van Kempen, E.; Babisch, W. The quantitative relationship between road traffic noise and hypertension: A meta-analysis. *J. Hypertens.* 2012, 30, 1075–1086.
- [15] Jarup, L.; Babisch, W.; Houthuijs, D.; Pershagen, G.; Katsouyanni, K.; Cadum, E.; Dudley, M.L.; Savigny, P.; Seiffert, I.; Swart, W.; et al. Hypertension and exposure to noise near airports: The HYENA study. *Environ. Health Perspect.* 2007, 116, 329–333.
- [16] A. Badino, D. Borelli, T. Gaggero, E. Rizzuto, C. Schenone, Source Airborne noise emissions from ships: Experimental characterization of the source and propagation over land, *Applied Acoustics*, v 104, p 158-171, 2016.
- [17] M. Puig, C. Wooldridge, R.M. Darbra, Identification and selection of Environmental Performance Indicators for sustainable port development, Source: *Marine Pollution Bulletin*, v 81, n 1, p 124-130, 2014
- [18] W. Kamali, Management of environmental sustainability of ports -Focus on noise mitigation, 24th International Congress on Sound and Vibration, ICSV 2017, 2017.
- [19] Aglaia Badino, Davide Borelli, Tomaso Gaggero, Enrico Rizzuto, and Corrado Schenone. Normative framework for ship noise: Present and situation and future trends. *Noise Control Engineering Journal*, 60(6):740–762, 2012.
- [20] C. Schenone, I. Pittaluga, S. Repetto, D. Borelli, Noise pollution management in ports: A brief review and the eu MESP project experience, 21<sup>st</sup> International Congress on Sound and Vibration 2014, ICSV 2014, v 2, p 1364-1371, 2014
- [21] Holland C.G., Wong S.F., Noise prediction and correlation with full scale measurement in ships *Trans. ImarE*, Vol. 107, pp. 195-207.
- [22] Yakamini R., Chang S.C., Smith K.S. Noise generation in marine motors *Trans. ImarE*, Vol. 107, pp. 195-207.
- [23] RUMBLE. Available online: <http://interreg-maritime.eu/it/web/rumble/> (accessed on 28 October 2019).
- [24] UNI 10855 misura e la valutazione del contributo acustico di singole sorgenti “Metodo C: valutazione in base all’analisi in frequenza”
- [25] D.M. 16 Marzo 1998 “Tecniche di rilevamento e di misurazione dell’inquinamento acustico”.