

## **STUDIO SULLA RUMOROSITÀ DI ORIGINE PORTUALE SULL'ABITATO DI GENOVA**

**Alessandro Conte, Michele Balzano, Elisabetta Barbieri, Franca Stragapede**

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

### **SOMMARIO**

La Provincia di Genova nel periodo 2008 – 2011 ha realizzato campagne di misura sistematiche del rumore portuale con due obiettivi principali: la verifica dei livelli sonori presenti in alcune zone abitate prossime ad importanti infrastrutture portuali e l'individuazione di un metodo idoneo a caratterizzare la rumorosità di origine portuale all'interno di zone urbane densamente abitate ed attraversate da importanti infrastrutture quali strade e ferrovie. Nel presente articolo sono riassunti i principali risultati delle indagini fonometriche in tre aree urbane della città di Genova, esposte rispettivamente alle emissioni acustiche dalle infrastrutture portuali del Porto Petroli, di un Terminal Container e di un Terminal Traghetti. Le campagne di monitoraggio hanno contemplato sia rilievi plurigiornalieri in continuo sia misure assistite su tempo breve (inferiori o pari a 1 ora). Il fenomeno sonoro di origine portuale principalmente indagato, presente in tutte e tre i casi studiati, è quello connesso ai motori ed ai gruppi elettrogeni accesi delle navi all'ormeggio.

### **INTRODUZIONE**

#### **Il caso del porto di Genova**

Un'interessante indagine della fine degli anni '90 [1] sulle principali sorgenti di rumore nelle aree portuali classificava, dal punto di vista acustico, le attività connesse ai porti in categorie generali; molte di queste categorie si ritrovano presenti anche nel porto di Genova, ad esempio: impianti di servizio delle navi ormeggiate, traffico ferroviario (container), traffico veicolare dei mezzi pesanti, traffico navale, carico e scarico di materiali con gru e montacarichi, pompaggio di prodotti liquidi, attività industriali, riparazioni navali (ad esempio il distacco della vecchia vernice con operazioni di sabbatura e l'applicazione di successiva verniciatura) e le costruzioni navali.

Negli ultimi anni il tema della rumorosità sull'abitato provocata dall'esercizio dei motori delle navi all'ormeggio sta emergendo come un aspetto rilevante e trasversale in relazione alle immissioni acustiche portuali in diverse realtà italiane [2,3,4].

L'impatto acustico del porto di Genova sulla parte residenziale della città è limitato ad alcune porzioni di essa: ciò in primo luogo perché fra aree portuali e abitato è interposta per larghi tratti una sorta di frattura, costituita da insediamenti e infrastrutture viarie, edilizie e industriali che costituiscono un ostacolo alla propagazione sonora. Inoltre, le infrastrutture veicolari e ferroviarie, gli stabilimenti produttivi e l'Aeroporto, presenti lungo la linea costiera, sono a loro volta sorgenti sonore che, sebbene in grado differente, possono schermare il rumore di origine portuale.

Nel caso di Genova, perciò, i siti più critici corrispondono alle aree urbane prossime a zone portuali con attività rumorose, in assenza di strutture schermanti interposte e con impatto acustico limitato da altre sorgenti (in primo luogo il traffico). La rumorosità di origine portuale, inoltre, risulta nella maggior parte dei casi maggiormente avvertibile, come è ovvio, allorché il flusso veicolare sulle arterie stradali si riduce su valori più bassi (e quindi, ad esempio, nelle fasce orarie notturne).

Le zone oggetto di segnalazioni da parte di cittadini riguardano principalmente, da ponente a levante: il Terminal Container di Voltri (VTE), il Porto Petroli di Multedo, il Terminal Traghetti di Dinegro. A queste zone va aggiunta, più a levante, un'area adibita a riparazioni navali.

### La normativa

Dal punto di vista normativo vige la seguente situazione:

- il quadro non è definito essendo ancora in attesa di emanazione il decreto previsto dalla Legge Quadro n.447/1995 (art. 3 comma 1 lettera l) relativo alla determinazione *“dei criteri di misurazione del rumore emesso da imbarcazioni di qualsiasi natura e della relativa disciplina per il contenimento dell'inquinamento acustico”*;
- l'unico termine di riferimento è al momento costituito dai valori limite (per l'ambiente esterno) introdotti con la classificazione acustica comunale, peraltro di dubbia applicabilità permanendo l'indeterminatezza relativamente alla disciplina del rumore portuale;
- per quanto riguarda il disturbo all'interno degli ambienti abitativi, il d.P.C.M. 14.11.1997 (art. 4 comma 3) esclude le infrastrutture marittime dall'applicazione del criterio differenziale.

### LE ZONE MONITORATE

La Provincia di Genova ha affrontato in diverse occasioni il tema del rumore portuale sull'abitato [5,6,7] e dal 2008 sta portando avanti una azione sistematica di monitoraggio delle immissioni acustiche portuali: nel 2008 – 2009 è stata monitorata una zona prospiciente il Porto Petroli; dal 2010 è stata attivata una campagna di misura nell'area affacciata sul VTE; nel 2009 sono state effettuate rilevazioni preliminari in prossimità del Terminal Traghetti. Più in dettaglio, le aree monitorate oggetto del presente studio sono le seguenti:

A) Area Multedo: ubicata nel ponente cittadino, è contigua alla infrastruttura del Porto Petroli; fra le principali sorgenti di immissioni sonore sull'abitato, dovute alla presenza del porto, si sono rivelate le emissioni sonore relative al funzionamento di impianti di pompaggio e ai motori e/o gruppi elettrogeni delle navi all'ormeggio.

L'abitato di Multedo, inoltre, è interessato dalle immissioni acustiche determinate da importanti infrastrutture di trasporto: la strada Aurelia, l'autostrada A10 con relativo svincolo, la ferrovia Genova - Ventimiglia, l'aeroporto Colombo. Le principali sorgenti di rumore connesse alle attività del Porto Petroli sono essenzialmente di tipo continuo e stazionario. Sulla base delle segnalazioni da parte della cittadinanza, il disturbo provocato dalle navi risulta apprezzabile soprattutto durante il periodo notturno ed in zone dell'abitato che si trovano in collina.

B) Area Pegli – Prà: fascia costiera nel ponente cittadino, prospiciente il Terminal VTE, densamente abitata e facente capo a due quartieri (Pegli e Prà), con zone abitate anche in posizione collinare; fra le principali sorgenti di immissioni sonore sull'abitato, riconducibili alla presenza del porto, risultano i motori e i gruppi elettrogeni delle navi all'ormeggio (soprattutto per la zona collinare di Pegli verso ponente) e la movimentazione dei container (tonfi, camion, cicaline delle gru, treni; soprattutto per quanto riguarda la fascia costiera di Prà).

La rumorosità, inoltre, risente di altre immissioni di origine non portuale: la zona collinare di Pegli è interessata da una rumorosità diffusa d'area (in massima parte dipendente dalle auto circolanti lungo la viabilità, distante e/o parzialmente schermata, attività di movimentazione dei container) e eventi episodici locali di natura antropica e naturale; la fascia costiera abitata è interessata, in maniera rilevante, dalla rumorosità del traffico percorrente l'Aurelia.

C) Area Dinegro: prossima al centro città, è contigua al Terminal Traghetti; le principali immissioni sonore sull'abitato connesse al Terminal sono date dai motori delle navi all'ormeggio.

L'area Dinegro è interessata da ulteriori sorgenti sonore diverse dalle navi all'ormeggio nel Terminal Traghetti: oltre al traffico pesante, indotto dal complesso delle infrastrutture portuali in loco e alle numerose attività, anche di tipo industriale, svolte in ambito portuale, la zona abitata risente in modo fondamentale delle immissioni acustiche veicolari provenienti dall'Aurelia e da alcune strade secondarie, nonché della rumorosità dovuta alla ferrovia Genova – Ventimiglia.

La classificazione acustica comunale attualmente vigente per le aree abitate più prossime alle infrastrutture portuali considerate è la seguente:

- A) Multedo: classi IV (zone più vicine al porto) e III (prevalentemente zona collinare);
- B) Pegli – Prà: classi V e IV (zone più vicine al porto), III (parte collinare abitata) e II (parte sommitale della collina, scarsamente abitata);
- C) Dinegro: classi V, IV e III (nell'area collinare più distante dal porto).

## **METODOLOGIA**

### **Le misure**

Le campagne di misura nelle zone Pegli – Prà e Multedo si sono articolate secondo il consueto schema di un monitoraggio plurigiornaliero in continuo, in un sito significativo per le immissioni acustiche di origine portuale, corredato da rilievi su tempo breve, effettuati sia nello stesso sito del monitoraggio in continuo sia in altri siti nella zona studiata. Per alcuni siti di misura i rilievi su tempo breve sono stati effettuati in più giorni e in diverse fasce orarie, diurne e notturne.

L'applicazione di questo metodo fornisce informazioni utili per caratterizzare la rumorosità in senso spazio-temporale e, nel caso specifico, per individuare alcune caratteristiche peculiari del fenomeno sonoro "porto": l'effettivo conseguimento di questo secondo obiettivo dipende in modo fondamentale dalle grandezze e dai tempi scelti per le misure.

Il monitoraggio in continuo plurigiornaliero ha consentito di evidenziare sia discontinuità sia eventuali ripetitività e/o periodicità delle immissioni acustiche portuali sul lungo periodo; le misure su tempo breve hanno fornito indicazioni sulla rumorosità a livello microtemporale (registrazione delle time history di Leq su tempi pari o inferiori a 1 s) in diversi orari e con diverse configurazioni di navi all'ormeggio. Le misure su tempo breve, inoltre, sono state utilizzate per costruire una legenda utile a decodificare i risultati del monitoraggio plurigiornaliero.

Per le zone esaminate, dove le sorgenti preponderanti sono gli impianti delle navi ormeggiate o altri impianti ad esse connessi, il fenomeno sonoro è schematizzabile concettualmente per mezzo di sorgenti continue e stazionarie sul medio - breve periodo (i giorni durante i quali determinate navi sono ormeggiate) ed aleatorie e discontinue sul lungo periodo (le settimane in cui cambiano numero e tipo di navi presenti), comunque sempre ben caratterizzate in termini di bande di frequenza principalmente interessate dalle emissioni sonore.

Per verificare le caratteristiche spettrali del fenomeno sonoro "nave all'ormeggio", tutte le misure su tempo breve hanno compreso misure di multispettro in bande di 1/3 di ottava e ponderazione lineare. Nel caso di Multedo, inoltre, il monitoraggio plurigiornaliero ha acquisito il multispettro di Leq e Ln di banda 1/3 di ottava (su base oraria). Nel caso di Pegli – Prà, invece, per motivi organizzativi e logistici il monitoraggio plurigiornaliero ha riguardato solo i livelli Leq e Ln a banda larga ponderati A. Nel caso della zona Dinegro, infine, l'indagine è ancora ad un livello preliminare e ha finora visto esclusivamente la realizzazione di alcune misure su tempo breve.

Per le misure plurisettimanali in continuo sono stati utilizzati gli strumenti Bruel & Kjaer mod. 2238 (zona Pegli - Prà) oppure Larson & Davis mod. 2900 (Multedo). Per le misure su tempo breve sono stati utilizzati gli strumenti Bruel & Kjaer 2250 (Pegli - Prà) e Soundbook (in tutte e tre le zone studiate). Riepilogando, le principali grandezze misurate sono:

- monitoraggio in continuo plurigiornaliero:
  - a) Leq e Ln orari sia a banda larga ponderati A sia in banda 1/3 di ottava non ponderati (multispettri orari) in zona Multedo, nel periodo 20.02.2008 ÷ 14.05.2008;
  - b) Leq e Ln orari a banda larga ponderati A in zona Pegli – Prà, nel periodo 13.12.2010 ÷ 21.12.2010;
- misure su tempo breve (da circa 5 min a circa 60 min complessivi): 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 zona Multedo nel periodo 2008 ÷ 2011, in zona Pegli – Prà nel periodo 2010 ÷ 2011 e in zona Dinegro nel 2009)

Il vantaggio delle misure di multispettro rispetto ai monitoraggi tradizionali a banda larga, con la conseguente indagine più approfondita ma anche con il maggiore onere di elaborazione dei dati rilevati, diviene significativo soprattutto quando il clima sonoro ha una natura complessa [8]: è questo il caso delle aree oggetto del presente studio, che vedono 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).

### **L'elaborazione dei dati**

I singoli Leq orari monitorati in continuo, in banda larga e ponderazione A (dBA), sono stati elaborati per ottenere una stima quantitativa dei livelli equivalenti Leq di lungo periodo (individuati dal D.P.C.M. 14.11.1997 quali indicatori per l'inquinamento acustico) per il periodo diurno LeqD (6÷22) e notturno LeqN (22÷6); a tale fine sono stati calcolati i livelli "energeticamente medi" (media logaritmica) sia orari sia sui periodi Diurno e Notturno per i tre giorni feriali, sabato e domenica medi. Questi valori forniscono l'informazione sul rumore complessivamente rilevabile.

L'analisi dei dati misurati in banda 1/3 di ottava e ponderazione lineare (dB), sia plurisettimanali sia su tempo breve, 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.

Per il caso di Multedo, essendo disponibile il monitoraggio plurisettimanale di multispettri, si è proceduto all'analisi dei dati del monitoraggio in continuo concentrando l'attenzione sui livelli percentili L99 di banda (indicatore della rumorosità di fondo), separando 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). Per individuare le bande di frequenza statisticamente più significative sono state calcolate le distribuzioni statistiche di L99 di banda (nei due casi di presenza ed assenza di navi). Le bande a maggiore significatività sono state identificate applicando il metodo di seguito descritto:

1. si è individuato il valore del livello per cui una delle due curve statistiche 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%.

Per una più approfondita discussione sul metodo qui utilizzato, sia in relazione alle misure sia per l'elaborazione dei dati misurati, si rimanda a precedenti lavori [6,7].

## **RISULTATI DELLE CAMPAGNE DI MISURA**

### **Area Multedo**

La campagna di monitoraggio plurisettimanale è stata realizzata utilizzando come ricovero dello strumento una postazione della rete provinciale della qualità dell'aria, posta a lato di una strada locale che si snoda sulla collina di Multedo. I dati di seguito riportati sono riferiti al sottoperiodo di monitoraggio febbraio – marzo 2008, poiché nei mesi successivi sono state presenti altre sorgenti che hanno diminuito la significatività delle misure in relazione al fenomeno "porto".

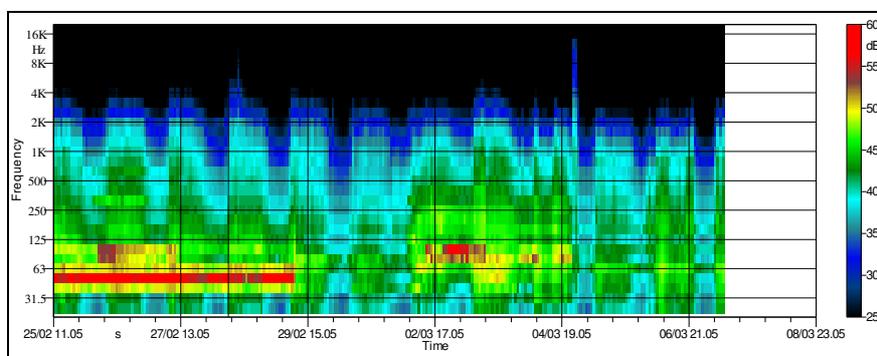
Le misure su tempo breve, articolate negli anni 2008 ÷ 2011, hanno interessato ulteriori 6 siti distinti, sia sulla collina, a diverse quote ed esposizioni rispetto al porto, sia nella parte bassa dell'abitato, ripetendo le misure in date ed orari diversi (diurni e notturni).

In termini di valori di LeqD e LeqN energeticamente medi nelle tipologie di giorno feriali, sabato e domenica, il monitoraggio in continuo ha fornito valori diurni pari a 58,8 dBA, 58,1 dBA e 57,5 dBA (rispettivamente nelle tre giornate medie feriali, sabato e domenica) e corrispondenti valori notturni pari a 55,2 dBA, 54,3 dBA e 55,2 dBA.

Sempre in termini di livelli globali ponderati A, il monitoraggio in continuo ha fornito valori di L99 orario medio aritmetico (ore notturne) con presenza ed assenza di navi ormeggiate rispettivamente pari a 46,4 dBA (deviazione standard 1,7 dBA) e 42,1 dBA (deviazione standard 1,1 dBA).

In tre siti di misura su tempo breve esposti alle emissioni portuali (due ubicati in due posizioni collinari distinte, uno a quota decisamente inferiore), sono state effettuate misure nella stessa notte (con piccolo scarto di tempo) e con presenza di navi in porto: tale sessione di misura ha fornito valori di Leq pari a 55,4 dBA, 55,3 dBA e 58,7 dBA. Il valore maggiore corrisponde al sito a quota meno elevata, più prossimo all'infrastruttura portuale ma anche meno schermato degli altri rispetto alla viabilità principale (che presentava comunque, anche se scarso, un certo traffico veicolare); gli altri due valori (~ 55 dBA) sono del tutto compatibili con il valore di LeqN logaritmicamente medio derivante dal monitoraggio plurigiornaliero (anch'esso effettuato a quota collinare).

Il monitoraggio in banda di frequenza consente di meglio caratterizzare il fenomeno acustico in esame: in Figura 1 si riporta, quale esempio, il sonogramma del multispettro<sup>1</sup> di L99 di banda 1/3 di ottava (ponderazione lineare, dB), per alcuni giorni di febbraio e marzo, che rende evidente, a livello qualitativo, la "occupazione" continua e persistente di alcune bande di bassa frequenza.



**Figura 1:** Multedo - Evoluzione temporale di L99 orario di banda di 1/3 di ottava non ponderato (dB)

In Figura 2 si riportano graficamente i valori di spettro medio aritmetico (e deviazione standard) per la serie di dati di L99 orario di banda (ponderazione lineare, dB) in presenza ed assenza di navi all'ormeggio (monitoraggio notturno, fascia 0 ÷ 6): nel caso di presenza di navi 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.

L'applicazione della procedura per individuare (a partire dai dati in continuo) le bande di frequenza statisticamente più rilevanti per le immissioni acustiche dall'infrastruttura portuale, 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.

In Figura 3 si riportano graficamente i valori medi di L99 per le bande con significatività superiore al 50%.

<sup>1</sup> Le misure di multispettro sono state rappresentate graficamente in forma di sonogramma (sull'ascissa e sull'ordinata sono riportati il tempo in ore e minuti e le frequenze di banda 1/3 d'ottava in Hz; la scala cromatica è associata al valore del livello, per una data banda di frequenza e ad un dato tempo, in dB). Tutti i sonogrammi sono stati realizzati con il software Noise & Vibration Works.

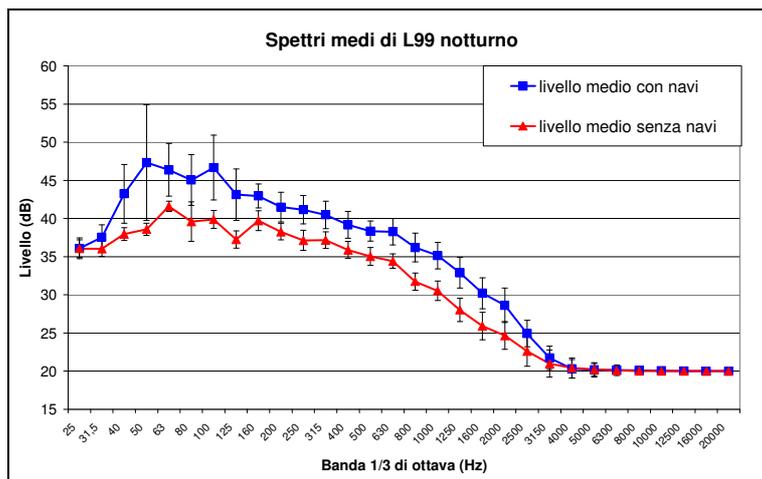


Figura 2: Multedo - Spettri medi e deviazioni standard per L99 di banda notturno (dB).

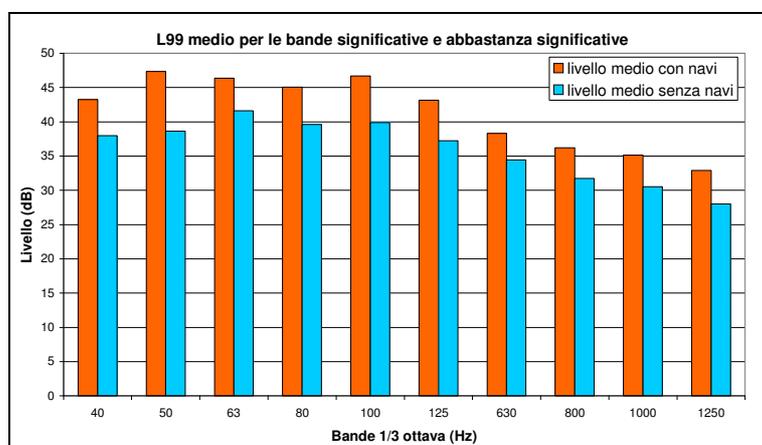


Figura 3: Multedo - valori medi di L99 per le bande (1/3 di ottava) con significatività superiore al 50% (dB)

Il confronto fra i livelli rilevati in orario diurno e notturno nelle varie sessioni di misura su tempo breve non fornisce indicazioni univoche, a conferma della variabilità dei livelli sonori dovuta sia a motivi intrinseci alle misure su tempo breve, sia alla variabilità delle caratteristiche emmissive delle diverse configurazioni di navi all'ormeggio che si verificavano nelle varie sessioni di misura. L'analisi complessiva di tutti i rilievi su tempo breve eseguiti, comunque, porta a concludere, anche in termini di microscala temporale, che in presenza di immissioni di origine portuale risultano particolarmente significative alcune bande alle basse frequenze (dove è evidenziata la sostanziale stazionarietà del fenomeno), sebbene vi siano ragionevolmente contribuiti anche in altre zone dello spettro, però più difficilmente discriminabili.

### Area Pegli - Prà

Sono stati considerati complessivamente quattro punti di misura distinti: in uno di essi è stato eseguito un rilievo plurigiornaliero, in tutti e quattro sono stati effettuati rilievi su tempo di misura breve. Il sito del monitoraggio in continuo risulta, rispetto alle immissioni sonore portuali, per molti aspetti analogo al sito del monitoraggio in continuo nell'area di Multedo: anche nel caso di Pegli – Prà, infatti, si tratta di un sito in posizione collinare, interessato da viabilità locale e sostanzialmente schermato rispetto alla viabilità principale, direttamente esposto alle emissioni sonore generate dalle navi all'ormeggio.

Il monitoraggio in continuo ha fornito valori di LeqD nei giorni medi (media logaritmica) feriali, sabato e domenica rispettivamente pari a 56,3 dBA, 55,4 dBA e 55,3 dBA; analogamente i valori di LeqN sono pari a 52,4 dBA, 51,3 dBA e 51,6 dBA rispettivamente nelle tre categorie di giorno.

Anche in questo caso il contributo acustico delle immissioni rumorose connesse alle navi ormeggiate (motori, gruppi elettrogeni) non è particolarmente evidente a livello di Leq, mentre è

meglio discriminabile in termini dei livelli percentili descrittivi della rumorosità di fondo, quali L99. Restringendo l'analisi, in analogia al caso di Miltedo, alla fascia oraria 0 ÷ 6, il valore medio aritmetico di L99 (su tutti i giorni monitorati) è pari a 45,6 dBA (con deviazione standard 1,5 dBA): in prima approssimazione, questo valore può essere considerato indicativo del contributo sonoro dovuto agli impianti in funzione delle navi all'ormeggio. In Tabella 1, per completezza, si riportano i valori medi aritmetici (e deviazioni standard) per il Leq e per tutti i livelli percentili Ln monitorati (dBA). Si osserva che in questo caso non si è potuta operare una distinzione netta fra giorni con navi all'ormeggio e giorni senza navi all'ormeggio.

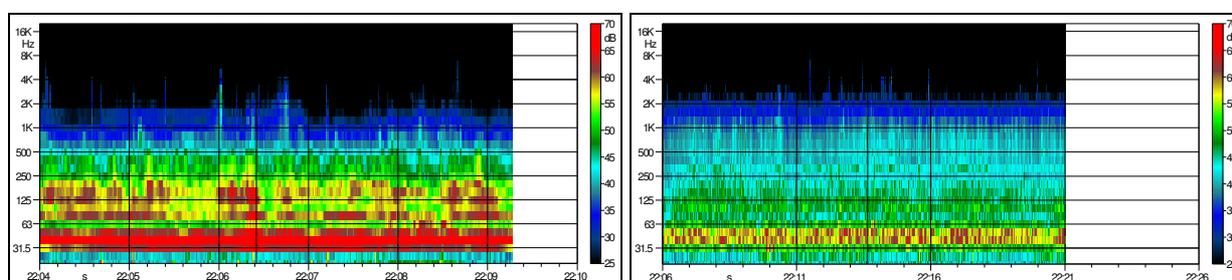
livello	Leq	Lmax	Lmin	L1	L5	L10	L50	L90	L95	L99
media	51,6	63,9	43,9	55,2	53,1	52,6	51,4	47,5	46,7	45,6
dev. st.	1,6	5,9	1,3	2,5	1,4	1,2	0,8	1,6	1,7	1,5

**Tabella 1:** Pegli – Prà - Valori medi aritmetici di Leq e Ln (dBA) monitorati in continuo nelle fasce orarie 0 ÷ 6

Le misure su tempo breve sono state effettuate in orari diurno e notturno, queste ultime in diversi giorni. In orario diurno sono state effettuate tre misure in altrettanti siti (uno è il sito del monitoraggio plurigiornaliero, gli altri due sono sulle sommità collinari sovrastanti) a breve distanza temporale una dall'altra, così da poter essere considerate in sostanziale contemporaneità: i tre rilievi hanno fornito valori di Leq compresi fra ~ 49 ÷ 52 dBA (il valore più alto è stato rilevato nel sito del monitoraggio in continuo) e, dal punto di vista spettrale, la presenza di livelli approssimativamente continui e stazionari per alcune bande a bassa frequenza.

I rilievi in periodo notturno, eseguiti nel sito del monitoraggio in continuo, hanno interessato 3 diverse giornate con diverse configurazioni di navi all'ormeggio: le misure hanno confermato la variabilità, in termini di macroscala temporale, del fenomeno in esame: a seconda dei giorni, infatti, sono stati rilevati Leq in due casi con valori non troppo dissimili (51,5 dBA e 52,9 dBA) e in un altro caso decisamente differente (48 dBA), in quest'ultima occasione anche il valore di L99 risulta inferiore a quanto rilevato nelle altre due sessioni (45,1 dBA contro 49,1 dBA e 48,3 dBA).

Premesso che differenze fra le diverse sessioni di misura si riscontrano anche per i dati in banda di frequenza (v. ad esempio i grafici riportati in Figura 4), va sottolineato che, nel loro insieme, le misure di evoluzione temporale dello short Leq su 1 s (banda 1/3 di ottava, dB) e 0,125 s (banda larga, dBA) hanno evidenziato che il fenomeno sonoro "nave all'ormeggio" si caratterizza primariamente per livelli sonori approssimativamente costanti (cioè short Leq quasi stazionari) in determinate bande di frequenza 1/3 di ottava e, dal punto di vista di livelli a banda larga, costituisce di fatto un contributo non trascurabile alla rumorosità stazionaria di fondo. Le principali componenti spettrali del Leq interessate da immissioni portuali sono quelle a bassa frequenza, principalmente, nei casi esaminati, a 40 Hz e 80 Hz. Il fenomeno, come è lecito attendersi, è maggiormente significativo durante le ore notturne.



**Figura 4:** Pegli – Prà - Sonogrammi del Leq su 1s (ponderazione lineare, dB) rilevati in orario notturno e in due diverse giornate con differenti configurazioni di navi all'ormeggio

## Area Dinegro

I rilievi sono stati effettuati posizionando la strumentazione in tre distinte postazioni di misura lungo la “passeggiata della Lanterna”. La prima postazione di misura, in posizione prossima ai moli del Terminal Traghetto, è ubicata poco dopo l’imbocco della passeggiata ed è conseguentemente la più significativa per le immissioni dai traghetti all’ormeggio; le altre due postazioni, più distanti dal Terminal, risentono anche, rispettivamente, delle immissioni sonore dovute al traffico pesante indotto dal porto e del rumore proveniente dal complesso in cui è inserita la centrale termoelettrica.

I rilievi su tempo breve effettuati nei tre siti hanno fornito, rispettivamente, valori di Leq pari a 66,5, 63,1 e 66,4 dBA e valori di L99 pari a 61,6, 57,9 e 57,5 dBA.

Le misure dell’evoluzione temporale del multispettro dello short Leq 1s (bande di 1/3 d’ottava, dB), con particolare riferimento al sito di misura più vicino al Terminal, ha evidenziato anche in questo caso la presenza di componenti stazionarie di rumore alle basse frequenze, riconducibili alle emissioni sonore da parte dei traghetti all’ormeggio con motori accesi (v. Figura 5).

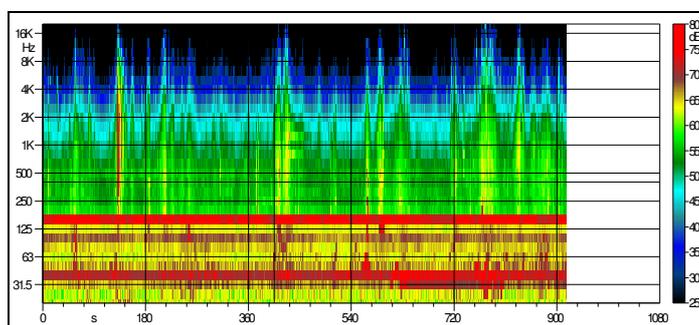


Figura 5: Dinegro - sonogramma del Leq su 1s (ponderazione lineare, dB)

## CONFRONTO FRA LE MISURE NELLE TRE AREE

L’insieme delle misure plurigiornaliere e su tempo breve effettuate nelle tre aree di studio ha evidenziato la trasversalità del tema costituito dalle immissioni acustiche dovute agli impianti delle navi all’ormeggio, che sono all’origine di effetti simili relativamente alla rumorosità sull’abitato: livelli discriminabili soprattutto nelle bande di bassa frequenza, immissioni sostanzialmente stazionarie alla scala temporale sovrapponibile ai tempi di ormeggio e variabili (come intensità e spettro) su scale temporali più ampie (plurigiornaliere e/o plurisettimanali).

In Figura 6 si riportano, come esempio, i risultati di due misure di multispettro del Leq su 1 s (banda 1/3 di ottava, dB) eseguite in orario notturno in area Multedo e in area Pegli - Prà: in entrambi i casi si osservano componenti di bassa frequenza persistenti e poco variabili, con tutta probabilità riconducibili alle emissioni sonore dalle navi all’ormeggio durante le sessioni di misura. Il sonogramma di Figura 5, relativo all’area Dinegro, presenta caratteristiche analoghe.

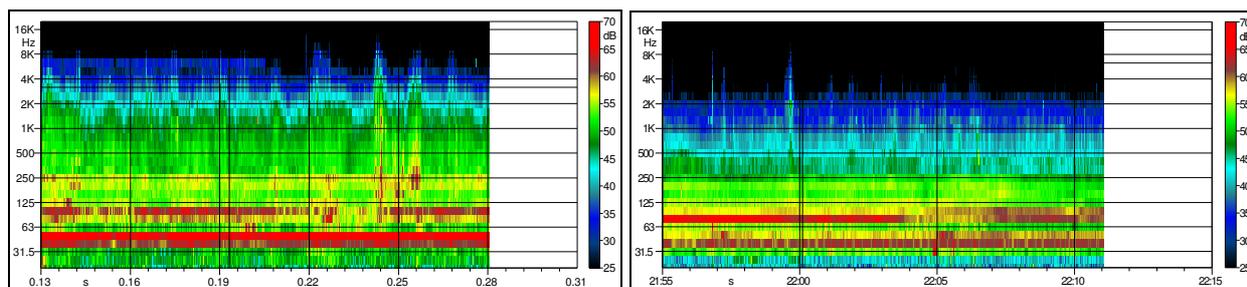
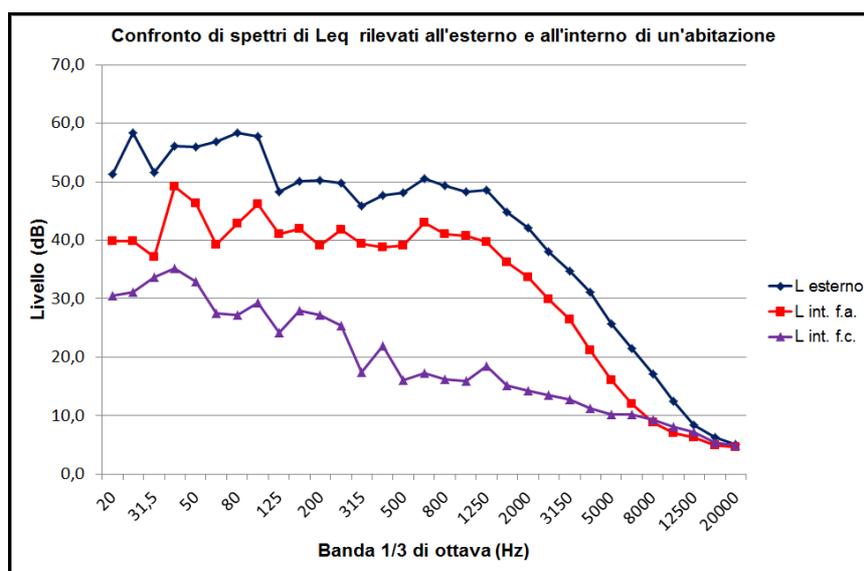


Figura 6: Sonogrammi del Leq su 1s (ponderazione lineare, dB) rilevati a Multedo (a sinistra) e a Pegli – Prà (a destra) in orario notturno

Le analogie sopra individuate comportano come conseguenza l'ulteriore tema, del tutto trasversale, della "pervasività" del rumore nell'ambiente abitativo, all'origine di alcune segnalazioni da parte della cittadinanza. Come è noto, infatti, le componenti di bassa frequenza sono quelle meno abbattute dai serramenti e possono risultare udibili, ancorché di intensità non elevata, anche all'interno di abitazioni con finestre chiuse. Un semplice test, effettuato in uno dei siti monitorati, evidenzia qualitativamente la possibilità di penetrazione di componenti sonore a bassa frequenza in una stanza, a finestre chiuse, esposta alla rumorosità di navi all'ormeggio: in Figura 7 si riporta il confronto fra tre spettri di Leq misurati, con brevissimo scarto temporale, in facciata (balcone), all'interno di una stanza a finestra aperta e successivamente chiusa. Naturalmente l'entità del fenomeno dipende, caso per caso, oltre che dall'emissione portuale anche da altri fattori (fra cui: tipo di serramenti, caratteristiche della stanza, altri rumori concorrenti interni ed esterni).



**Figura 7:** Confronto di tre spettri di Leq (ponderazione lineare, dB) rilevati in facciata ad un edificio e quindi all'interno di una stanza con finestra prima aperta e poi chiusa

D'altra parte, la differente natura delle tre infrastrutture portuali adiacenti alle zone abitate monitorate è il motivo di alcune differenze sostanziali che si accompagnano alle analogie sopra individuate. Fra questi elementi peculiari vi sono ad esempio: i fenomeni sonori connessi ai sistemi di pompaggio presenti nel caso del Porto Petroli (presumibilmente all'origine di immissioni sonore misurate, nell'abitato circostante, in bande di frequenza 1/3 di ottava medie e medio alte, ad esempio 630 Hz e 1250 Hz); le immissioni acustiche delle cicaline delle gru (riferibili alle bande di frequenza 2000 Hz, 2500 Hz, 3150 Hz e 4000 Hz [5]) e tonfi di container (soprattutto nella banda ampia ~ 125÷2000 Hz) tipicamente presenti per quanto riguarda l'abitato di Pegli – Prà affacciato sul Terminal Container.

## CONCLUSIONI

Dal 2008 la Provincia di Genova sta portando avanti una azione sistematica di monitoraggio della rumorosità nell'abitato genovese riconducibile all'infrastruttura portuale. Al momento attuale la campagna di misura, tutt'ora in corso, ha interessato soprattutto il ponente di Genova e i rilievi fonometrici e le elaborazioni già effettuate portano a concludere che:

- le immissioni acustiche dovute agli impianti attivi delle navi all'ormeggio (come motori e gruppi elettrogeni) e ai sistemi di pompaggio sono di tipo continuo e stazionario (per tutta la durata della permanenza delle navi) e sono potenzialmente in grado di alterare la rumorosità di fondo, soprattutto nel periodo notturno, almeno per quanto riguarda la zone urbane maggiormente esposte e/o meno impattate acusticamente da altre sorgenti sonore (in primo luogo, per i casi esaminati, il traffico veicolare);

- l'alterazione della rumorosità di fondo è risultata maggiormente significativa in alcune distinte bande di frequenza 1/3 di ottava nella parte bassa e medio – bassa dello spettro;
- quanto sopra osservato è verosimilmente all'origine del disturbo acustico percepito e segnalato da diversi abitanti delle zone studiate.

Dal punto di vista metodologico si è verificato che:

- le navi (sia singolarmente sia in relazione al numero di navi contemporaneamente presenti) possono dare luogo a immissioni acustiche differenti per entità e per caratteristiche (ad esempio interessando bande di frequenza differenti), perciò per caratterizzare in modo sufficientemente accurato la rumorosità portuale è necessario procedere a misure su archi temporali prolungati (in continuo o a campione).
- per il monitoraggio delle immissioni di origine portuale la misura del Leq complessivo di banda larga ponderato A non è in genere sufficiente e necessita di essere integrata da analisi statistiche con determinazione di livelli percentili (Ln) e da rilievi in banda di frequenza per l'analisi della composizione spettrale del rumore.

E' intenzione della Provincia di Genova approfondire lo studio già svolto estendendolo ad altre importanti infrastrutture portuali del porto di Genova ed anche, per confronto, ad infrastrutture minori presenti in altri comuni dell'arco costiero.

## BIBLIOGRAFIA

1. Masoero M., Ferrari A. e Ferraro L., Metodi di analisi teorica e sperimentale del rumore e delle vibrazioni delle infrastrutture di trasporto: ferrovie, porti ed interporti - Relazione finale. Progetto C.N.R. Finalizzato Trasporti 2. Politecnico di Torino / Dipartimento di Energetica. Dicembre 1997
2. 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° Convegno Nazionale AIA, 2008
3. Papa A., Rabuazzo D., Mariconte R. e Bignardi G., Rumore portuale: studio previsionale dell'inquinamento acustico ambientale prodotto da navi cisterna destinate al rifornimento idrico pubblico, Atti 35° Convegno Nazionale AIA, 2008
4. Sansone Santamaria A., Marchese A. e Zappia V., Sorgenti di rumore in acque territoriali: problematiche normative e tecniche. Il caso studio di Lipari, Atti 4° Convegno Nazionale "Controllo ambientale degli agenti fisici: nuove prospettive e problematiche emergenti", 2009
5. Moro G., Drago A., Carcassi R., Piromalli W., Conte A., Stragapede F., Morelli M., Peiretti G. e Canepa G., Avvisatori acustici di gru in area operativa portuale: problematiche di applicazione della normativa, Atti 27° Convegno Nazionale AIA – Associazione Italiana di Acustica, pagg. 307-311, 1999
6. 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
7. Conte A., Barbieri E. e Stragapede F., Rumore industriale e portuale: casi a confronto, Atti 3a Giornata di Studio sull'Acustica Ambientale, Provincia di Genova – Fondazione MUVITA, Arenzano, 29 ottobre 2010, pagg. 27-34, 2010
8. Cerniglia A., Individuazione di sorgenti di rumore in un clima acustico complesso: un caso reale, *Antinquinamento*, Anno V N.1, pagg. 46-49, 1998