

ANALISI CON METODO BEAMFORMING DEL RUMORE E DELLE RISONANZE NELLE CABINE DELLE IMBARCAZIONI INDOTTE DAL SISTEMA DI PROPULSIONE

Michele Darò (1), Andrea Cerniglia (2)

- 1) Studio Mi.Da, Pinerolo
- 2) Euroacoustic, Avigliana

1. Introduzione

Le imbarcazioni, ed in particolare le soluzioni distributive e costruttive dei loro interni, sono frutto di un attento utilizzo del limitato spazio a disposizione. La razionalità delle scelte obbliga, o quantomeno suggerisce, di ottimizzare nella forma, nel peso e nelle dimensioni gli elementi di arredo e di finitura, sfruttando la maggior parte del volume disponibile in modo proficuo. Difficilmente risulta possibile prendere in considerazione l'aspetto del comfort acustico di bordo, inteso come isolamento dai rumori e come qualità acustica dei sistemi audio installati, se non a costo di compromessi. Al contempo le caratteristiche costruttive e strutturali delle imbarcazioni pregiudicano e condizionano in molti casi la qualità acustica a bordo, specie nelle cabine, in quanto lo scafo e le sovrastrutture sono oggetto di sollecitazioni di varia natura che richiedono la realizzazione delle varie componenti con elementi rigidi e resistenti, che spesso però diventano veicolo di propagazione di rumori e vibrazioni.

Le esigue dimensioni e la complessa articolazione degli spazi sottocoperta rendono spesso inattuabili valutazioni aprioristiche sulla propagazione del rumore dal sistema di propulsione o da altre sorgenti, sia diretto sia indotto. Risulta difficile anche risolvere a posteriori problematiche di rumorosità riscontrate nell'uso, come del resto, visti gli spazi angusti e le particolarità del caso, eseguire misurazioni rapide utili alla definizione delle cause all'origine dell'effetto.

Nel presente studio ci si è proposti di valutare l'applicabilità del metodo Beamforming all'analisi acustica delle imbarcazioni, verificando due differenti aspetti di interesse: l'individuazione degli elementi risonanti e dei punti critici per la trasmissione del rumore generato dal sistema di motopropulsione e le caratteristiche di diffusione del suono generato dall'impianto stereo di bordo in una cabina.

Le misurazioni sperimentali sono state condotte in banchina su un open di 32,5 piedi, dotato di due motori diesel common-rail sovralimentati con scambiatore intercooler da 190 Hp, cinque cilindri, 2,4 litri di cilindrata (Fig. 1).



Figura 1 – Vano macchine

2. Metodo di misura Beamforming

Il metodo beamforming prevede l'impiego di un array microfonico: i segnali captati dai singoli microfoni vengono registrati su hard disk, consentendo in fase di post elaborazione il riascolto degli stessi, oltre che di eseguire calcoli ed elaborare mappe, a frequenze precise, o in bande di frequenza a scelta.

Il sistema beamforming impiegato per le misure sperimentali compiute su un natante è estremamente compatto: può essere alimentato da rete a 220 V (AC) o a 12 V (DC). E' dotato di un array di 31 microfoni disposti sulla superficie di una sfera metallica avente circa 25 centimetri di diametro, corredata da 12 telecamere orientate in tutte le direzioni. I segnali captati dai singoli microfoni vengono gestiti da un banco di convertitori A/D dedicato e da un software di calcolo installato su computer portatile, in grado di eseguire un filtraggio spaziale atto a realizzare un *microfono virtuale*, direttivo ed analiticamente "orientabile" in tutte le direzioni. I singoli segnali dei microfoni vengono registrati su hard disk, consentendo in fase di post elaborazione, oltre al riascolto degli stessi, di eseguire calcoli e di elaborare mappe acustiche sovrapponibili alle immagini statiche riprese dalle telecamere, a frequenze precise, o in bande di frequenza a scelta, e di studiare l'evoluzione nel tempo dei fenomeni sonori indagati elaborando i "filmati" delle sorgenti virtuali presenti nello spazio intorno al sistema di acquisizione nel periodo di osservazione.

3. Misure su natante di tipo open I.f.t. 32,5 piedi

Alla luce delle lusinghiere applicazioni sperimentali del metodo Beamforming condotte fino ad oggi sull'acustica dei grandi ambienti, sui materiali edili, sulle mitigazioni acustiche e la loro posa in opera, conoscendo le difficoltà tecniche che si riscontrano nel settore nautico ogni qualvolta si ha a che fare con rumorosità indotta da sorgenti presenti a bordo e difficilmente isolabili dal contesto di operatività, si è voluta verificare la funzionalità applicativa del metodo Beamforming, vista la sua caratteristica di permettere la "visualizzazione" dei fenomeni sonori indagati con misurazioni rapide e

semplici, più facilmente gestibili sia in fase di esecuzione, sia in fase di editing, rispetto ad un'analisi di tipo intensimetrico tradizionale.

La tipologia di sistema di acquisizione sperimentata presenta funzionalità ottimale in un range di frequenza compreso fra la banda di ottava centrata sui 250 Hz e quella centrata sui 5000 Hz: Le misurazioni sono state eseguite su un natante di tipo open di nuova produzione, ormeggiato in banchina (Fig. 2).

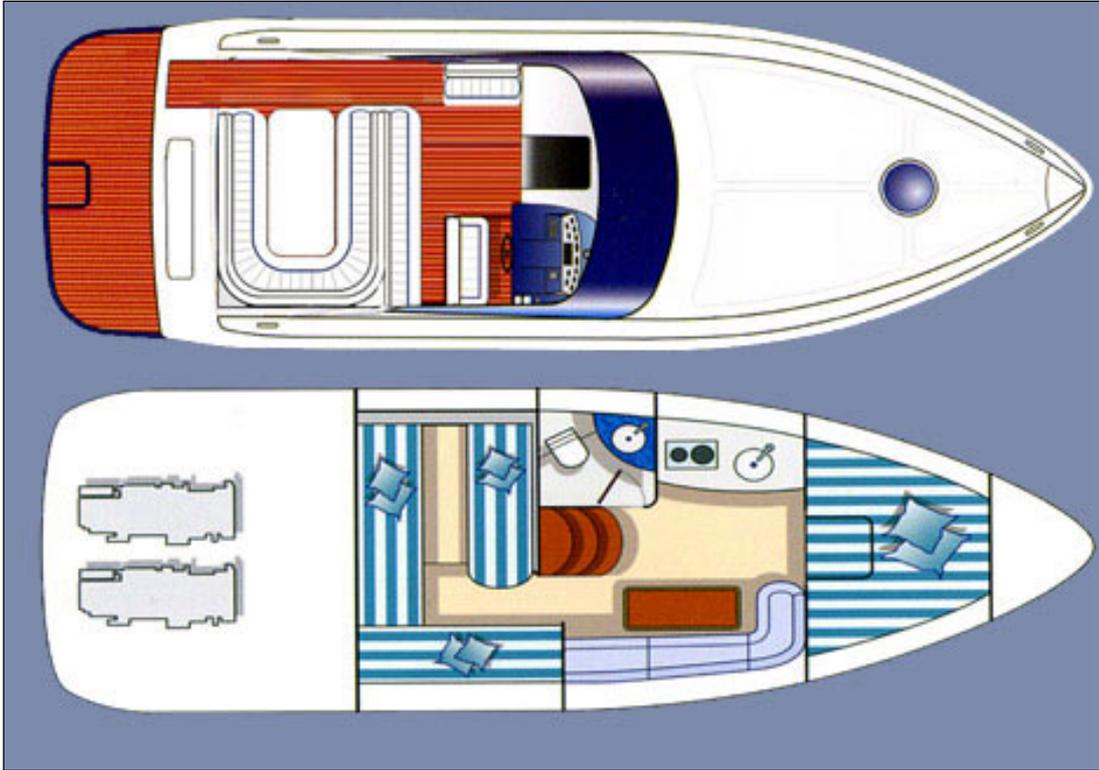


Figura 2 – Distribuzione degli spazi sull'Open 32,5 piedi

Vista la natura sperimentale delle prove, non risulta utile ed opportuno specificare il cantiere di costruzione del natante preso in analisi: è comunque rilevabile il fatto che non si sono riscontrati nell'uso e durante le prove effettuate difetti particolari, o seri problemi di risonanze di alcuni elementi di finitura, pertanto il caso specifico non presenta a priori criticità degne di analisi.

La prima misurazione è stata fatta posizionando il ricevitore al posto di pilotaggio, ed acquisendo i segnali utili in due differenti regimi stazionari dei motori, portati in temperatura, a 1.500 r.p.m. e 2.000 r.p.m. Vista la stagione invernale il natante, al momento delle misurazioni, risultava coperto completamente con il tendalino, determinando nella parte normalmente aperta un ambiente confinato a mezzo di un telo cerato e tesato.

La seconda misurazione è stata eseguita all'interno dell'imbarcazione, sottocoperta, posizionando il ricevitore sul tavolo del quadrato, ed eseguendo delle rampe di accelerazione dei due motori da 700 r.p.m. a 3.000 r.p.m.

La terza misurazione, di tipologia diversa, è stata eseguita sottocoperta, generando con l'impianto stereo di bordo un rumore a banda larga al fine di qualificare le caratteristiche di propagazione interna della zona del quadrato, dove è installato l'impianto audio-video.

I piccoli numeri di produzione dei singoli modelli di imbarcazioni e la difficoltà insita nell'ottimizzazione dell'impianto audio inserito in un ambiente piccolo e geometricamente complesso, fanno sì che normalmente la qualità complessiva delle dotazioni audio di bordo sia mediocre, ed affidata al caso. Si è voluto pertanto eseguire una prova di questo tipo al fine di “visualizzare” sulle mappe acustiche - elaborabili per mezzo del metodo Beamforming - le criticità di tali installazioni, a prescindere dalla qualità dei componenti elettronici costituenti la catena di riproduzione del suono.

Un'ultima misurazione è stata effettuata all'interno del vano motore, allo scopo di evidenziare le sorgenti sonore principali dello stesso alle diverse frequenze.

4. Fenomeni sonori evidenziati

La figura 3, con trasduttore posizionato al posto di guida, mostra le mappe nelle quattro direzioni, al regime cui corrisponde la massima rumorosità in dBA, nell'intervallo di frequenze compreso tra le bande di ottava di 250 Hz e 4000 Hz.. Dalle immagini è possibile identificare due risonanze, la prima in prossimità dei comandi, e la seconda – più marcata - sul montante lato destro del natante. Le scale sono state scelte in modo da massimizzare l'effetto visivo delle risonanze, che comunque non generano problemi acustici particolari.

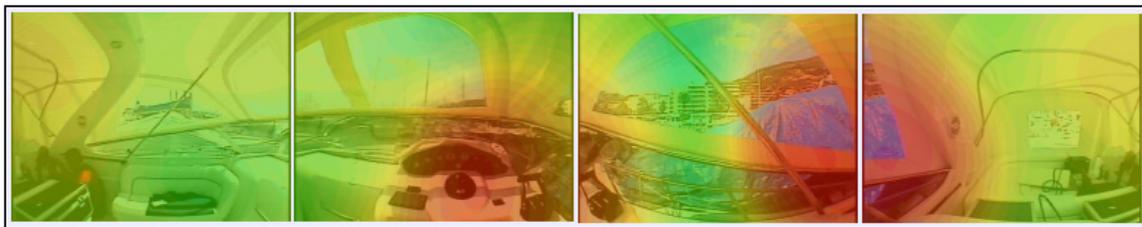


Figura 3, mappe che evidenziano due risonanze strutturali

La figura 4 è relativa alla valutazione dell'impianto di sonorizzazione del natante, ed evidenzia una leggera asimmetria di circa 1 dB tra l'emissione dei due altoparlanti. La mappa è stata calcolata in dBA, sempre nell'intervallo compreso tra la banda di ottava di 250 Hz e la banda di ottava di 4000 Hz su eccitazione dell'impianto con segnale a banda larga. La scala è di 20 decibel.

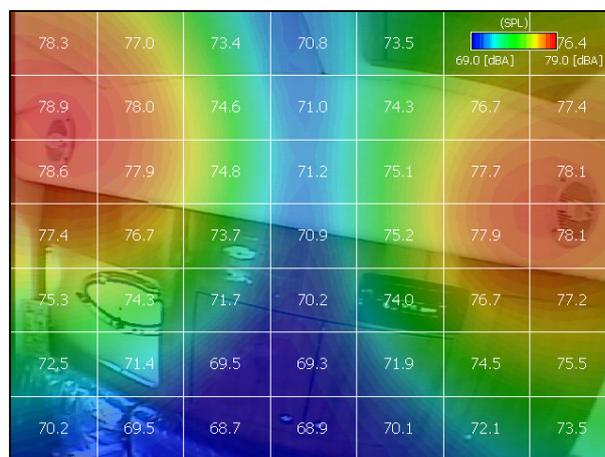


Figura 4, mappa relativa all'impianto di sonorizzazione

La figura 5 mostra una mappa all'interno del vano motore, calcolata tra le bande di ottava di 250 Hz e di 4000 Hz, estratta dalla misura di run-up effettuata da 700 rpm a 3.000 rpm . La scala rappresentata è pari a 20 dB.

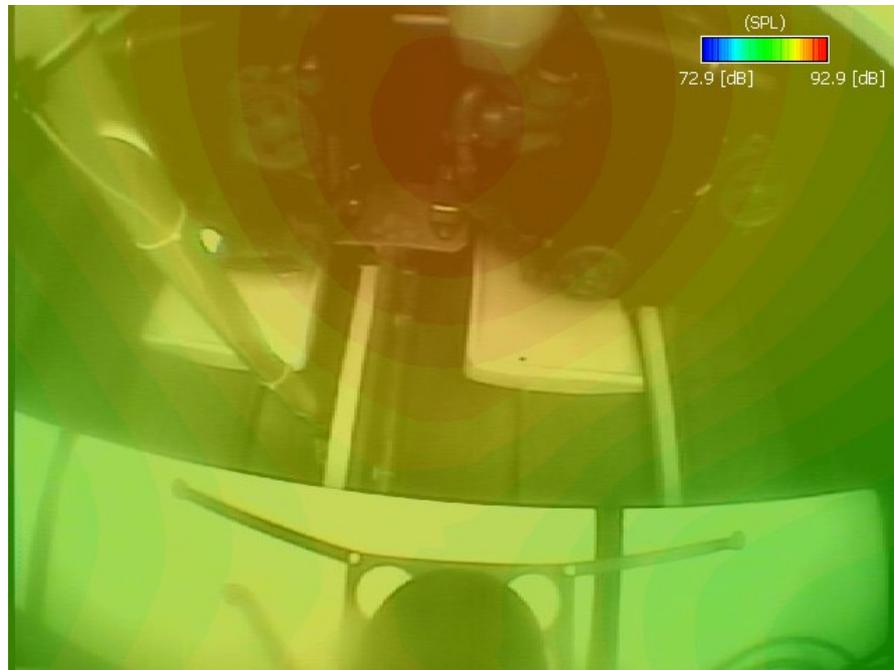


Figura 5, mappa vano motore

5. Sviluppi applicativi del metodo

In considerazione delle premesse e di quanto dimostrato, l'applicazione del metodo Beamforming per lo studio del rumore sulle imbarcazioni ha dato risultati ottimi, aprendo prospettive di applicazione molteplici e di indubbio interesse. Risultano infatti eseguibili, nel range di frequenza di funzionamento del sistema, analisi precise e mirate delle problematiche tipiche riscontrate nella fruizione non solo delle imbarcazioni da diporto, ma anche delle cabine o dei grandi saloni delle navi di maggiori dimensioni.

Il principale limite riscontrato è dato dal fatto che si ottiene una precisa individuazione spaziale delle sorgenti a partire da circa 300 Hz, non riuscendo pertanto a discriminare bene i punti di emissione del rumore in bassa frequenza: a questo proposito bisogna però considerare che, in bassa frequenza, la trasmissione del rumore per via strutturale è meglio valutabile e risolvibile attraverso l'esecuzione di misurazioni accelerometriche, rappresentando di fatto un potenziale problema critico per le strutture stesse dell'imbarcazione, viste le notevoli quantità di energia in gioco. L'esperienza maturata ha però permesso la proficua individuazione di punti critici di emissione in bassa frequenza attraverso il confronto fra le analisi fonometriche tradizionali e la successiva ricerca dei punti di trasmissione attraverso l'individuazione spaziale delle armoniche di ordine superiore, aventi sorgente comune con quella ricercata. Su questo tema sono in corso ulteriori approfondimenti sperimentali su altri casi reali.