



Autorità di Sistema Portuale
del Mar Ligure Orientale
Porti di La Spezia e
Marina di Carrara

Presidente: Dott. Mario Sommariva
Segretario Generale: Ing. Federica Montaresi

Responsabile Unico del Procedimento: Ing. Mirko Leonardi

PIANO REGOLATORE PORTUALE DI MARINA DI CARRARA

CIG: 949570145B

LIVELLO

PRP

ELABORATO
**PORTO DI MARINA DI CARRARA CARATTERIZZAZIONE DEL CLIMA ACUSTICO SOTTOMARINO
NEL PORTO DI MARINA DI CARRARA
PIANO DI CAMPIONAMENTO DELL'IMPATTO ACUSTICO SOTTOMARINO GENERATO DA
UNITÀ NAVALI IN MOVIMENTO- RELAZIONE FINALE**

Redazione del Piano Regolatore Portuale:



Modellistica numerica di supporto:



ELABORATO G.1.15	SCALA	NS. RIF. PRP-MDC_G.1.15_ lug2023.DOCX	COMMESSA – NN. A4 MDC2023 - 33	
DATA	REVISIONE	REDATTORE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
Luglio 2023		SN		

A TERMINI DI LEGGE CI RISERVIAMO LA PROPRIETÀ DI QUESTO ELABORATO, CON DIVIETO DI RIPRODURLO,
ANCHE IN PARTE, O DI RENDERLO NOTO A TERZI SENZA LE NECESSARIE AUTORIZZAZIONI



Porto di Marina di Carrara caratterizzazione del clima acustico sottomarino nel Porto di Marina di Carrara

*Piano di campionamento dell'impatto acustico sottomarino
generato da unità navali in movimento
Relazione finale*



INDICE

Capitoli 1 – Premessa	pg 3
Capitolo 2 – Linee Guida ISPRA	pg 3
Capitolo 3 – Effetti biologici del rumore su cetacei e cheloni	pg 4
Capitolo 4 – Valori di riferimento	pg 5
Capitolo 5 – Il campionamento	pg 5
Capitolo 6 – Strumentazione	pg 7
Capitolo 7 – Analisi del rumore	pg 8
Capitolo 8 – Calcolo dell’SL mediante modello	pg 8
Capitolo 9 – Risultati	pg 10
- Crociera	pg 11
- Traghetto	pg 15
- Mercantile	pg 19
- La TL	pg 23
Capitolo 10 – Conclusioni	pg 27
Appendice 1 –Strumentazione	pg 29

Capitolo 1 - PREMESSA

Per inquinamento acustico marino o rumore antropico sottomarino, si intende l'introduzione intenzionale o accidentale di energia acustica nella colonna d'acqua, da fonti puntuali o diffuse. L'introduzione di rumore aggiuntiva determina infatti un aumento di quello che viene definito "rumore ambientale naturale".

Due sono le componenti fisiche importanti di cui tener conto nella introduzione e nella propagazione del suono in mare: la frequenza (numero di oscillazioni delle particelle che costituiscono l'onda sonora – espressa in Hertz, Hz) e la pressione sonora (il flusso dell'energia meccanica trasmessa dall'onda sonora attraverso una superficie unitaria nell'unità di tempo – espressa nella unità logaritmica deciBel, dB). Ne deriva che la *source level* (SL) viene rappresentata dalla *sound pressure level* (SPL), su scala logaritmica (dB) riferita ad 1m di distanza dalla sorgente dB re 1uPa @1m che indica l'intensità di propagazione del rumore.

Capitolo 2 – LINEE GUIDA ISPRA

In ottemperanza alle Linee Guida ISPRA [2] sulla quantificazione del rumore sottomarino immesso nell'ambiente da attività antropiche quali: costruzione scogliere, escavi, dragaggi, piledriving, stazioni di estrazione, piattaforme, etc., ISPRA ha definito valori soglia per rumori di natura sia impulsiva che continua, in grado di provocare le prime risposte comportamentali, danni temporanei o permanenti ai cetacei.

Nella Tabella 1 sono riportate le bande uditive dei cetacei a cui sono maggiormente sensibili.

Tabella 1 Modificata (Borsani & Farchi, 2011).

Functional hearing group	Estimated auditory bandwidth	Genera represented (Number species/subspecies)	Frequency-weighting network
Low-frequency cetaceans	7 Hz to 22 kHz	<i>Balaena</i> , <i>Caperea</i> , <i>Eschrichtius</i> , <i>Megaptera</i> , <i>Balaenoptera</i> (13 species/subspecies)	M _S (lf: low-frequency cetaceans)
Mid-frequency cetaceans	150 Hz to 160 kHz	<i>Steno</i> , <i>Sousa</i> , <i>Sotalia</i> , <i>Tursiops</i> , <i>Stenella</i> , <i>Delphinus</i> , <i>Lagenodelphis</i> , <i>Lagenorhynchus</i> , <i>Lissodelphis</i> , <i>Grampus</i> , <i>Peponocephala</i> , <i>Feresa</i> , <i>Pseudorca</i> , <i>Orcinus</i> , <i>Globicephala</i> , <i>Orcaella</i> , <i>Physeter</i> , <i>Delphinapterus</i> , <i>Monodon</i> , <i>Ziphius</i> , <i>Berardius</i> , <i>Tasmacetus</i> , <i>Hyperoodon</i> , <i>Mesoplodon</i> (57 species/subspecies)	M _{MI} (mf: mid-frequency cetaceans)
High-frequency cetaceans	200 Hz to 180 kHz	<i>Phocena</i> , <i>Neophocena</i> , <i>Phocenoides</i> , <i>Platanista</i> , <i>Inia</i> , <i>Kogia</i> , <i>Lipotes</i> , <i>Pontoporia</i> , <i>Cephalorhynchus</i> (20 species/subspecies)	M _M (hf: high-frequency cetaceans)

Nella Tabella 2 sono riportati i valori soglia per diversi tipi di rumore (impulsi singoli, multipli e non impulsivi) capaci di originare le prime significative risposte comportamentali in diverse specie di mammiferi marini.

<i>Tabella 2 – Tabella Modificata tratta da Borsani & Farchi, 2011b.</i>	
Valori soglia per Impulsi singoli (tipo battipali, dragaggi, etc.): Sound exposure levels SEL: 183 dB re: 1 μ Pa ² -s	
Valori soglia per Impulsi multipli (tipo survey geosismici): Cetacei bassa frequenza: 120 dB re: 1 μ Pa RL (RMS/pulse duration) Cetacei media frequenza: 90-180 dB re: 1 μ Pa RL (RMS/pulse duration) Cetacei alta frequenza: non applicabile	
Valori soglia per rumori non impulsivi (tipo perforazione, navi etc): Cetacei bassa frequenza: 100-110 dB re: 1 μ Pa RMS SPL Cetacei media frequenza: 110-120 dB re: 1 μ Pa RMS SPL Cetacei alta frequenza: 140-150 dB re: 1 μ Pa RMS SPL	

I valori soglia riportati infine nella sottostante Tabella 3 sono riferiti ai livelli di danno che vanno dalla perdita temporanea (TTS), alla perdita permanente (PTS) della sensibilità uditiva indipendentemente dalla specie.

<i>Tabella 3 – Tabella modificata (Borsani & Farchi, 2011)</i>				
Marine mammal groups	Low, Mid, High -frequency cetaceans		Low, Mid, High -frequency cetaceans	
Sound Type	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses	Single pulses, Multiple pulses,	Non-pulses
Effetto	Perdita permanente (PTS) di sensibilità uditiva		Perdita temporanea (TTS) di sensibilità uditiva	
Sound pressure level SPL	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	230 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)	224 dB re: 1 μ Pa (peak) (flat)

Capitolo 3 – EFFETTI BIOLOGICI DEL RUMORE SUI CETACEI E CHELONI

Gli effetti dell'inquinamento acustico sulle diverse specie di cetacei e tartarughe marine possono essere distinti fondamentalmente in due categorie: effetti "fisici" (traumi, danni, etc.) ed effetti "etologici" (allontanamento, disturbo delle attività di predazione, riproduzione, attività "sociali", etc.).

In un ambiente non antropizzato i cetacei si abituano ad un rumore naturale, definito "rumore di fondo" e a comunicare in conseguenza di questo. Ma l'udito per delfini e balene, rappresenta la "vista" per l'uomo. Risulta quindi fondamentale per la loro sopravvivenza garantire la sussistenza di tale status ambientale per la loro conservazione.

Seppur ancora oggetto di numerosi studi, l'inquinamento acustico antropico del mare, ha definito quali siano i suoi principali effetti sui cetacei, in funzione delle frequenze e dei decibel (dB) dei rumori introdotti.

I Mysticeti, i cetacei di grandi dimensioni senza i denti quali le balene e le balenottere, sono specializzati nella emissione/ricezione alle basse frequenze (10Hz -5kHz) che riescono, per le caratteristiche fisiche del suono, a percorrere lunghissime distanze sott'acqua, anche molti km. La motivazione di questo è strettamente etologica in quanto non vivendo in gruppi hanno la necessità di mantenere il "contatto" a distanza. Diversamente avviene per gli Odontoceti, i cetacei con i denti, che si suddividono in medie

BIOLOGIA MARINA - CONSULENZE AMBIENTALI – ACUSTICA MARINA

dimensioni zifi, globicefali, grampi, tursiopi, stenelle, delfini comuni che utilizzano le medie frequenze (150Hz-150kHz) e piccole dimensioni focene, inia, kogia che utilizzano le alte frequenze (200Hz-180kHz). Risulta quindi evidente come da questa classificazione tutto lo spettro delle frequenze coinvolga le differenti specie di cetacei e l'immissione di nuovi "rumori" alle frequenze biologiche utilizzate provochi un effetto di "mascheramento" con la maggiore difficoltà o l'impossibilità di comunicare, cacciare le prede, svolgere attività sociali del branco, riprodursi, etc.

Mentre la frequenza del suono determina, tutto sommato, quanto il cetaceo percepisca il suono stesso, la SPL di un'onda sonora (in dB) che investe un cetaceo può essere tale da provocare modifica nei comportamenti o danni a seconda della distanza e della SPL alla sorgente. Questo significa che, ad esempio, un suono a bassa frequenza e elevati dB abbia un effetto diverso di uno stesso suono ma a dB inferiori. Anche per tale indicatore la precedente classificazione dei cetacei (bassa-media-alta frequenza) viene utilizzata per definire gli effetti quali:

- le "prime significative riposte comportamentali", come l'abbandono dell'area di residenza (da 100 -110 dB per i cetacei di bassa frequenza; da 110 -120 dB per i cetacei di media frequenza; da 140 -150 dB per i cetacei di alta frequenza);

- i "barotraumi", veri e propri danni fisici che si manifestano in temporanea perdita della capacità uditiva (la TTS intorno a 220 dB, per tutti i cetacei) per arrivare alla permanente perdita di questa capacità (PTS oltre i 230 dB, uguale per tutti i cetacei).

Da recenti studi l'aumento dell'inquinamento acustico marino, sin qui descritto per i cetacei, può produrre effetti anche su altri organismi marini quali: pesci, rettili, crostacei e molluschi come descritto da Borsani & Farchi, 2011 [1].

Capitolo 4 – VALORI DI RIFERIMENTO MS

In ottemperanza a quanto richiesto dalla Marine Strategy (MS) attraverso il descrittore 11 (Marine Strategy Framework Directive – Task Group 11, 2010. In particolare, il punto 11 della Parte B individua come descrittori dei suoni di origine antropogenica per l'Indicatore 11.2: le tendenze nei livelli di rumorosità ambiente per i suoni continui a bassa frequenza (es: passaggio di navi), nelle bande 63Hz e 125Hz, di 1/3 di ottava frequenza centrale misurate tramite misurazioni e/o utilizzando modelli.

La tabella 4 mostra esempi in letteratura di SL di alcune unità navali.

<i>Tabella 4- Esempi di emissione di navi espressi in kHz dB re 1 μ Pa alla sorgente</i>			
<i>Tipo di emissione per alcuni mezzi nautici a determinate frequenze. Dati tratti da Borsani & Farchi, 2011 [1]</i>			
Type of vessel	Frequency (kHz)	Source level (dB re 1 μ Pa)	Reference

BIOLOGIA MARINA - CONSULENZE AMBIENTALI – ACUSTICA MARINA

Rigid inflatable	6.3	152	Malme et al. 1989
Fishing boat	0.25 – 1.0	151	Greene 1985
Fishing trawle	0.1	158	Malme et al. 1989
34 m (twin diesel engine)	0.63	159	Malme et al. 1989
Rimorchiatori	1-5	160-180	Simmonds et al. 2004
Tanker (135m)	0.43	169	Buck and Chalfant 1972
Tanker (179m)	0.06	180	Ross 1976
Supertanker (266m)	0.008	187	Thilele and Odengaard 1983
Supertanker (340)	0.007	190	Thilele and Odengaard 1983
Containership (219m)	0.033	181	Buck and Chalfant 1972
Containership (274m)	0.008	181	Ross 1976
Freighter (135m)	0.041	172	Thilele and Odengaard 1983

Capitolo 5 – IL CAMPIONAMENTO

Per il campionamento delle sorgenti del rumore sono stati presi in considerazione le seguenti fasi.

Fase 1. Caratterizzazione delle tipologie della sorgente del rumore navale

In questa fase sono state individuate le sorgenti del rumore nell'area identificate in Foto 1:

- crociera
- traghetto
- mercantile

CROCIERA	TRAGHETTO	MERCANTILE
		
VALIANT LADY	ROSA DEI VENTI	STELLINA
L. 277m - pesc. 8m	L. 182m - pesc. 6,5m	L. 174m - pesc. 9m

Foto 1. Caratteristiche delle navi identificate come sorgenti del rumore

Fase 2. Registrazione delle navi

In questa fase sono state effettuate le registrazioni del rumore prodotto dalle navi in 2 stazioni:

Biologia Marina – Consulenze Ambientali

Dott. Silvio Nuti – Dott. Christian Rebecchi

Iscrizione ONB n°AA_049808- Viale Tobino 15 – 55049 Viareggio (Lu)

Tel +39.335.6564469 – mail nutisilvio@gmail.com – pec silvio.nuti@biologo.onb.it

CF: NTUSLV64R07L833A - P.iva 02428630467

- da stazione B su pilotina ancorata all'esterno del porto con registrazione a partire da una determinata distanza durante l'avvicinamento, alla minima distanza e alla massima distanza prima di entrare in porto,
- da stazione A su struttura fissa con registrazione a partire dall'ingresso nel porto e successive manovre per arrivare all'ormeggio (Figura 1 e Tabella 3).

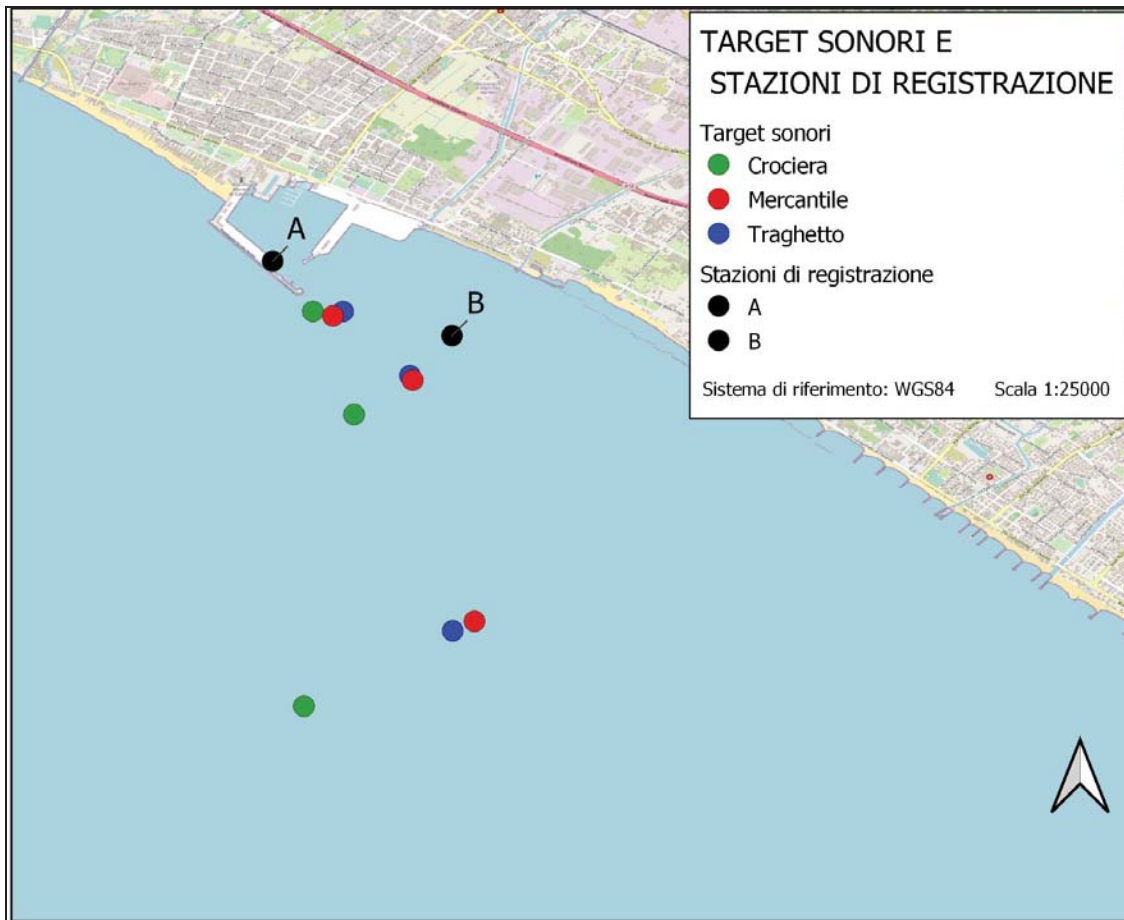


Figura 1. posizione delle stazioni di rilevazione e delle navi a diverse distanze

NAVI	Max dist in avvicinamento	Minima distanza	Max dist in allontanamento
Crociera	3,4km	700m	800m
Traghetto	2,6km	300m	760m
Mercantile	2,6km	300m	780m

Tabella 3. Distanze delle navi dalla stazione B.

Fase 3. Registrazione dati fisici

Durante le registrazioni del rumore i dati fisici sono stati registrati attraverso sonda multiparametrica CTD con 1 misurazione per giorno di attività nella stazione B.

Capitolo 6 – STRUMENTAZIONE

I dati acustici sono stati acquisiti attraverso:

Idrofoni Colmar GP 1280 con capacità di campionamento fino a 96kHz; una sensibilità di -163 dB re 1V/uPa @ 5kHz; con conversione analogico-digitale a 24bit.

I dati fisici sono stati acquisiti attraverso la Sonda CTD Ageotec IMSV per la misura di Temperatura, Profondità, Conducibilità e calcolo diretto della Velocità del Suono. Per la registrazione è stato utilizzato il software dedicato APWin, che permette anche la visualizzazione in tempo reale del profilo verticale di temperatura e di tutti i dati acquisiti.

Per le tracce GPS delle navi è stato utilizzato il Garmin 72 e visualizzazione con QGis software.

Capitolo 7 – ANALISI DEL RUMORE

I livelli di rumore delle sorgenti del rumore sono stati prodotti utilizzando la PSDf (*Power Spectral Density function*), che rappresenta il modo in cui l'energia contenuta nel rumore, sotto forma di pressione acustica, si distribuisce nel campo di frequenze considerato. Nel nostro caso sono state rappresentate le frequenze da 20Hz a 22kHz, nel quale ricadono la totalità delle sorgenti di rumore previste. La PSDf di una sequenza temporale di rumore è stata stimata attraverso la *Fourier Transform* (FT) del rumore stesso, calcolata mediante il metodo numerico detto *Fast Fourier Transform* (FFT) su una sequenza di campioni frequenziali spazati uniformemente (spaziatura lineare).

La PSDf nel presente lavoro è stata stimata con il metodo di Welch con segmenti di 250ms, sovrapposizione del 50% e finestra di Hann. La PSDf è stata calcolata e rappresentata anche in terze d'ottava. L'analisi in terze d'ottava è appropriata per privilegiare la rilevazione/analisi di dettagli alle basse frequenze e in particolare per monitorare il rumore ambiente a lungo-lunghissimo termine. L'analisi mediante FFT, con risoluzione frequenziale costante in tutta la banda, è invece utile per rilevare segnali particolari (specialmente linee spettrali molto strette) in qualunque intervallo della banda. Poiché durante le attività possono verificarsi fenomeni sia a banda larga che a banda stretta, sia la curva continua che in terze d'ottava sono indicate in questo tipo di monitoraggio e sono rappresentate entrambe. Ognuna delle due rappresentazioni riesce a mettere in evidenza caratteristiche diverse, quindi l'analisi spettrale è compiuta calcolando e rappresentando la *Power Spectral Density function* (PSDf) di un minuto di dati di rumore nella banda fino a 48 kHz sia mediante FFT sia in terze d'ottava.

Capitolo 8 – CALCOLO DELL'SL MEDIANTE MODELLO

Ricavare l'entità della sorgente di un rumore da misure remote richiede la conoscenza dell'effetto che il mezzo interposto fra sorgente e misura produce sul suono stesso, ossia il *modello di propagazione* del suono (la TL Transmission Loss). Quello che misuriamo come suono è la fluttuazione locale δp della pressione

p . Le fluttuazioni locali della pressione p ubbidiscono però a un'approssimazione in cui una propagazione sinusoidale è diretta e modulata dalla caratteristica locale del mezzo, detto *indice di rifrazione*. A sua volta, nel caso in cui le fluttuazioni sinusoidali abbiano una periodicità spaziale (la lunghezza d'onda) inferiore alla scala su cui l'indice di rifrazione varia, l'onda può essere approssimata da un *fascio di raggi*, ognuno dei quali si distende nel mezzo come la traiettoria di una particella fisica soggetta ad opportune equazioni meccaniche. Questa approssimazione trasforma l'equazione ondulatoria in un *ray tracing*, o *beam tracing*, che si può applicare alla propagazione dei suoni che ci interessano attraverso l'ambiente marino. È questo il contesto in cui matura il modello idroacustico detto *Modello BELLHOP*, utilizzato per ottenere la SL dal valore di SPL delle misure in remoto. Secondo il modello BELLHOP, la velocità del suono nell'acqua in un punto P dipende dalla distanza orizzontale di P dalla sorgente r_p , e dalla profondità del punto z_p , con l'ambiente acustico marino invariante per rotazione orizzontale. La propagazione quindi è rappresentata come un campo $c_s(r,z)$, dove il punto $(0,z_s)$ è la posizione della sorgente. L'input fondamentale che si deve dare al modello per predire l'attenuazione del suono in mare, e quindi legare il livello sonoro misurato lontano dalla sorgente con il *source level* (SL), è il profilo della velocità, che si ottiene direttamente dalla sonda CTD. L'analisi del Source level ad una data frequenza $SL(f)$ sarà utilizzata per effettuare un opportuno confronto con i valori limiti di disturbo comportamentale FBR (limiti soglia delle prime risposte comportamentali delle linee guida ISPRA [1]. Il calcolo, della $SL(f)$ è stato per una serie di frequenze dello spettro in terze d'ottava in modo da perseguire due risultati: da una parte, tentare una possibile identificazione della sorgente della specifica componente di Fourier, o della sua maggior parte, avvalendosi delle informazioni di letteratura delle frequenze di emissione delle singole sorgenti (Terminale, Rimorchiatori e nave di appoggio) dall'altra, considerando lo specifico gruppo funzionale di cetacei (LFC, MFC, HFC), nel cui spettro uditivo cade la frequenza in esame, confrontare la $SL(f)$ con le soglie FBR, ed eventualmente verificare a quale distanza dalla sorgente stessa il risultante $SPL(f)$ scende sotto la soglia di prima risposta comportamentale in esame. La relazione fra SL, TL ed SPL è:

$$SL(f) = PSD(f) + TL(f).$$

Il calcolo della TL è fatto mediante Bellhop inteso come una guida d'onda meccanica. Matematicamente i segnali monofrequenza sono facilmente trattabili, e se questa frequenza è opportunamente elevata (se cioè la lunghezza d'onda associata è molto minore delle scale di variabilità del mezzo stesso), come propagazioni *radiali*, perciò trattabili con codici che nominalmente integrano equazioni differenziali ordinarie anziché le equazioni alle derivate parziali che descriverebbero esattamente il fenomeno ondulatorio. Il modello di propagazione radiale *modello BELLHOP*, realizzato da M. Porter, e reso disponibile dalla "Heat, Light, and Sound Research, Inc." alla comunità scientifica, fa parte di una più ampia famiglia di modelli idroacustici, dovuti sempre al gruppo di ricerca di Porter, e riuniti nell'"Acoustic Toolbox" scaricabile alla pagina web

dedicata. Nel modello adottato il mare è una guida d'onda confinante superiormente con l'aria ed inferiormente con il fondale. Questi due "confini" potrebbero essere tutt'altro che piani e paralleli, tant'è che in BELLHOP, *la superficie del mare deve essere piatta, mentre il fondo del mare ha una batimetria semplificata, ma ispirata a quella reale* per legare $p(\mathbf{x})$ a $p(\mathbf{x}_s)$ determinando $TL(\mathbf{x})$. I raggi acustici con cui nel modello BELLHOP si descrivono le onde sonore sono punto per punto perpendicolari al fronte d'onda; essi si dipartono dalla sorgente raggiungono le posizioni \mathbf{x} , dove determinano il campo acustico $p(\mathbf{x})$. Si arriva alla rappresentazione radiale risolvendo l'equazione d'onda sonora mediante scomposizione in onde piane di Fourier del campo p stesso e a ogni fronte d'onda di frequenza assegnata si fa corrispondere un raggio la cui dinamica nel mezzo *dipende* dalla frequenza della componente che quel raggio approssima. Così, dalla sorgente il modello BELLHOP fa partire molti raggi sonori di geometria e frequenza diversa, che finiscono per interferire nel punto \mathbf{x} a cui si è interessati determinando $p(\mathbf{x})$. Nella schematizzazione adottata per l'utilizzo del modello BELLHOP si calcola la propagazione dell'onda in uno spazio "cilindrico", fatto di piani verticali passanti per la verticale di \mathbf{x}_s , ogni punto dei quali è rappresentato da una coppia di coordinate z , la profondità, ed r , la distanza dalla verticale della sorgente stessa. Il campo acustico potrà essere calcolato quindi su ogni piano verticale. Attorno al raggio calcolato dal BELLHOP, si immagina inoltre un profilo Gaussiano di distribuzione dell'energia sonora (*Gaussian beam approximation*), e questo evita che i calcoli producano artificiose quantità "infinite" nelle regioni cosiddette caustiche. Il modello BELLHOP quindi restituisce direttamente la $TL(r,z)$, una volta che siano assegnati: la profondità z_s a cui giace la sorgente (nel nostro caso 2m); la frequenza a cui riferiamo i raggi calcolati dal BELLHOP ($f = 12$ kHz come frequenza a cui l'emissione navale si discosta maggiormente dal rumore di fondo). Dopo che il modello BELLHOP ha calcolato $TL(f)$, per ogni osservazione SL sarà possibile determinare il source level come $SL(f) = SPL(f) + TL(f)$.

Capitolo 9 – RISULTATI

9.1 Stazioni di registrazione e tracciati GPS

Il presente lavoro rappresenta uno dei primi rilevamenti effettuati al fine di determinare gli eventuali impatti acustici all'esterno e all'interno di un porto commerciale determinati dall'ingresso di navi indicate come le sorgenti di rumore (target sonori). Le registrazioni sono state effettuate nelle medesime condizioni ambientali, seppur in giorni diversi, corrispondenti a mare calmo (scala Douglas = 0-0,1) e calma di vento (scala Beaufort = 1-2).

Mappa tracciati

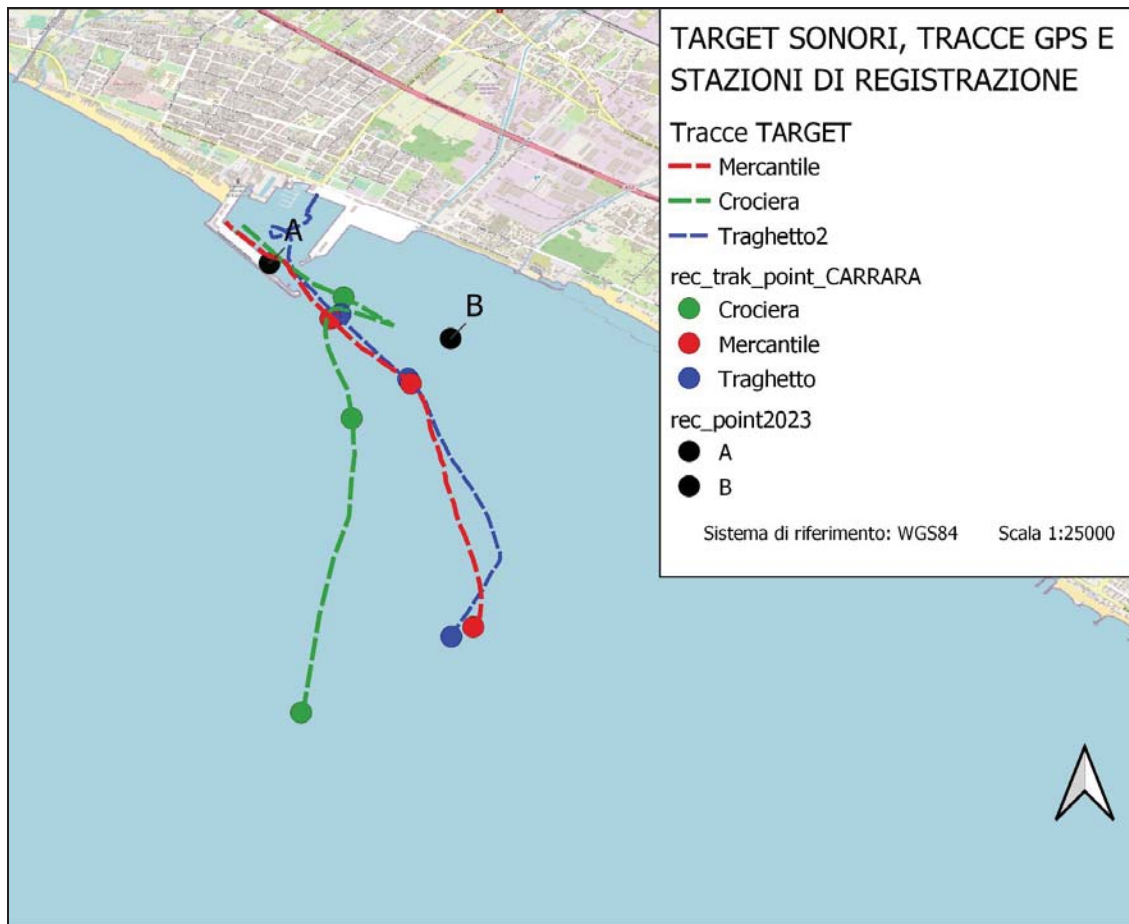


Figura 2. tracciati GPS delle sorgenti del rumore e posizione delle stazioni di registrazione.

9.2 - Analisi del rumore – PSDf e 1/3 di ottava

Le PSDf per ogni sorgente del rumore si riferiscono alle registrazioni in specifiche posizioni delle navi rispetto alle stazioni A e B. Per la registrazione dei files è stato utilizzato il software Audacity alla frequenza di 48kHz e 16bit, con analisi dei dati audio nella banda 20Hz – 22kHz.

Prima di ogni registrazione sono stati effettuati dei file di calibrazione attraverso Calibratore Colmar GP.

Di seguito sono rappresentate le PSDf e le terze d'ottava per le posizioni riportate in Tabella 3.

9.2.a. Crociera fuori porto

In figura 2 è rappresentata la traccia della nave da Crociera. Nell'avvicinamento al porto la crociera ha effettuato una rotta leggermente più esterna rispetto alle altre navi oggetto di studio, con una particolarità rappresentata dalla rotazione fuori dal porto per procedere all'ormeggio in retromarcia. Le registrazioni fuori porto mostrano i seguenti risultati:

- nella figura 3, alla distanza nave-stazione B di 3,4km, i valori di 1/3 d'ottava mostrano che solo a 630Hz vengono raggiunti 100dB e che oltre i 1000Hz scendono sotto gli 80dB. Come si può notare le alte frequenze presentano valori bassi di dB.

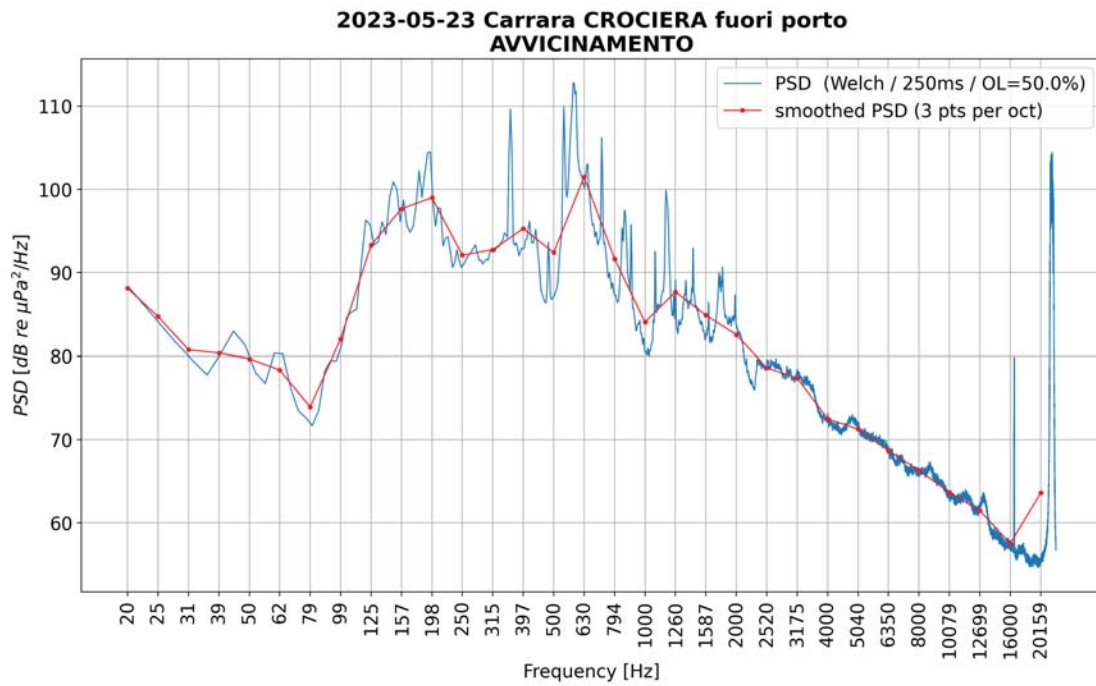


Figura 3. PSDf Crociera fuori porto – distanza maggiore in avvicinamento

- nella figura 4, che rappresenta la distanza minima nave-stazione B, lo spettro mostra valori che già da 150Hz fino a 800Hz sono sopra 100dB. Per frequenza oltre i 1000Hz si ripete la situazione del grafico precedente.

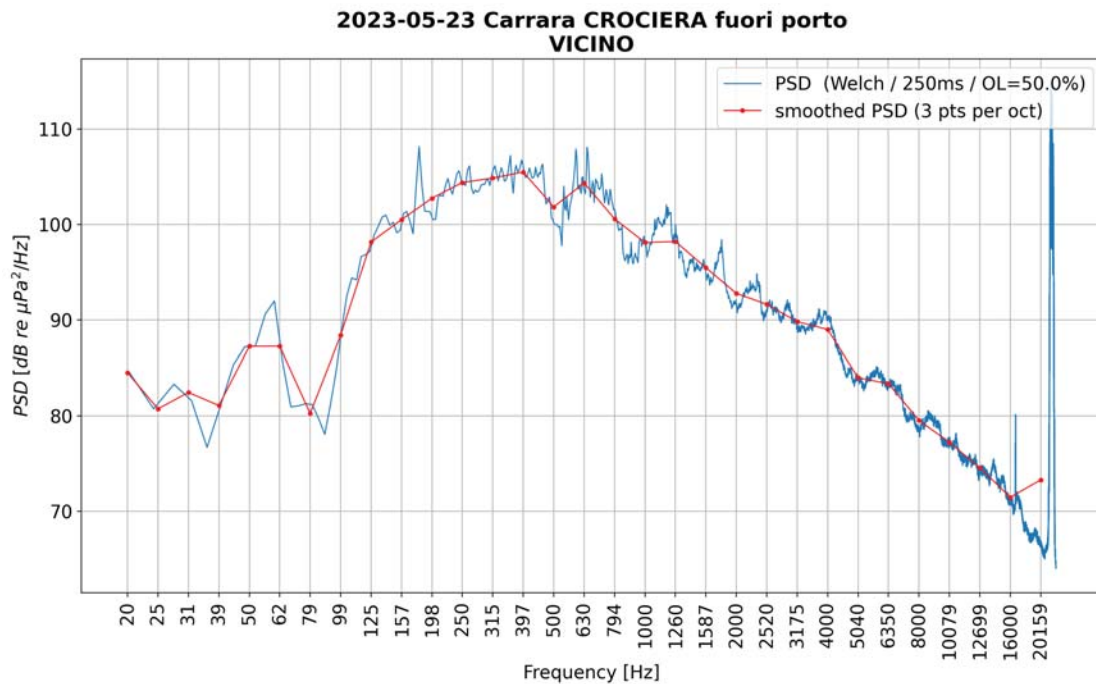


Figura 4. PSDf Crociera fuori porto - distanza minore

- nella figura 5, la massima distanza in allontanamento dalla stazione B, con nave in entrata nel porto, dai 200Hz fino a 630Hz si hanno valori superiori a 100dB con decadimento progressivo oltre i 1000Hz.

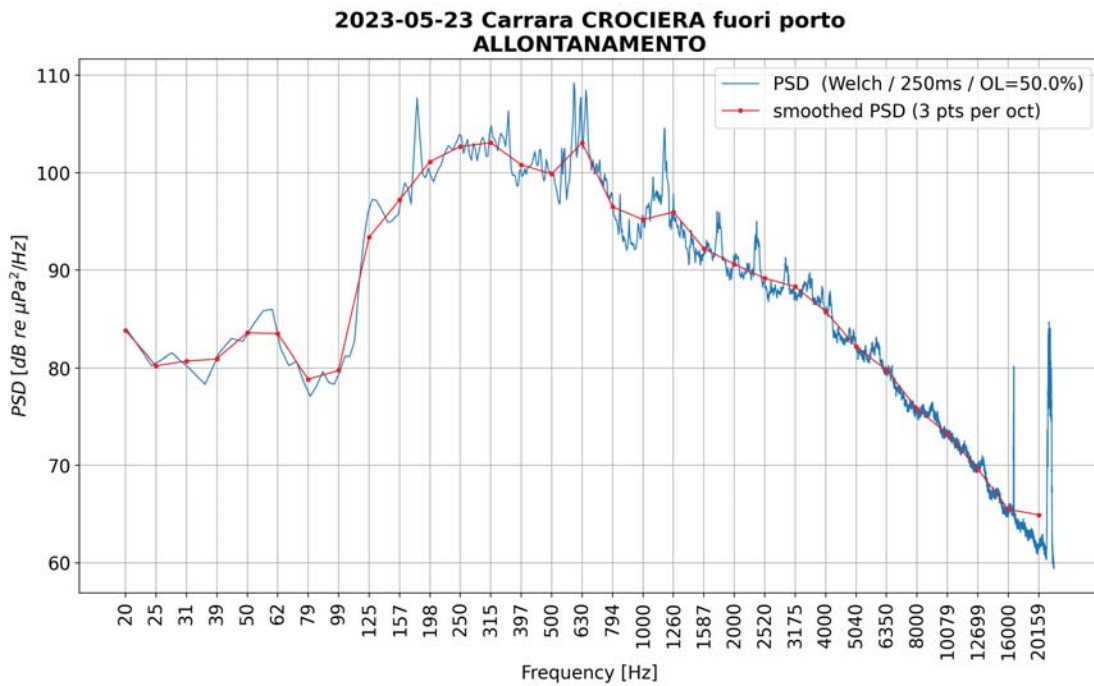


Figura 5. PSDf Crociera fuori porto - distanza maggiore in allontanamento

9.2.b. Crociera in porto

La crociera in porto indica tutte le manovre della nave dal momento in cui si trova all’imboccatura del porto fino alla fine dell’ormeggio. Durante questa fase come indicato nel paragrafo 2.1.a la nave ha proceduto in retromarcia fino all’ormeggio, in particolare:

- la figura 6 mostra per tutto lo spettro valori sotto i 100dB.

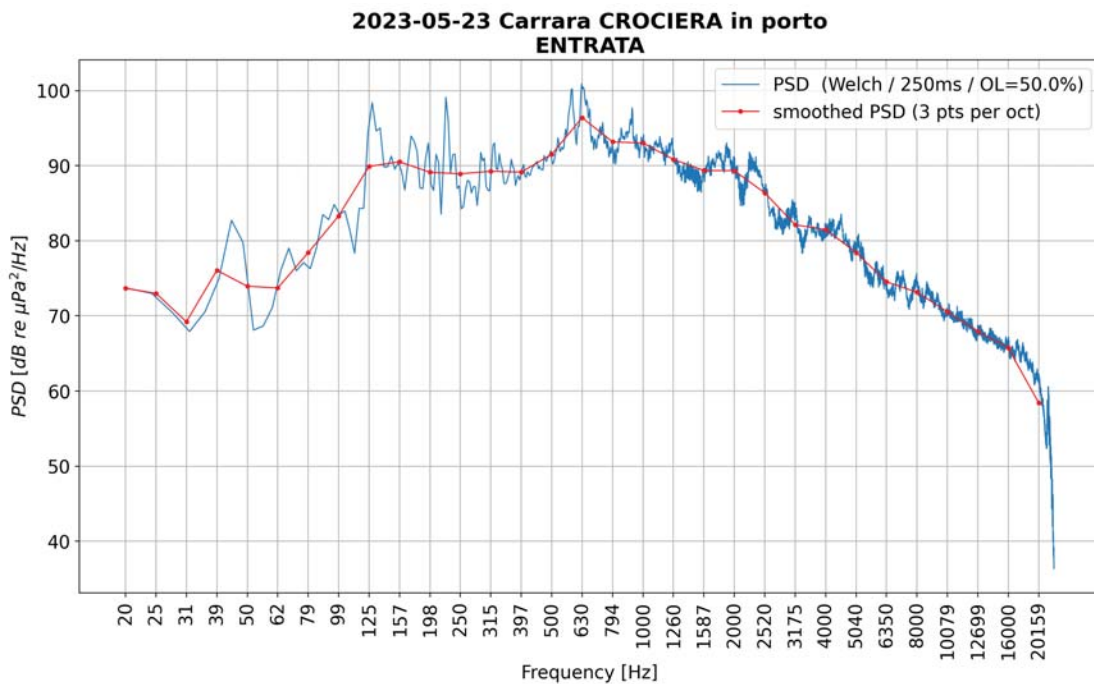


Figura 6. PSDf Crociera in porto – entrata

- nella figura 7 per tutto lo spettro delle frequenze da 20Hz a 6kHz i valori si mantengono sopra i 100dB, abbassandosi solo alle successive frequenze..

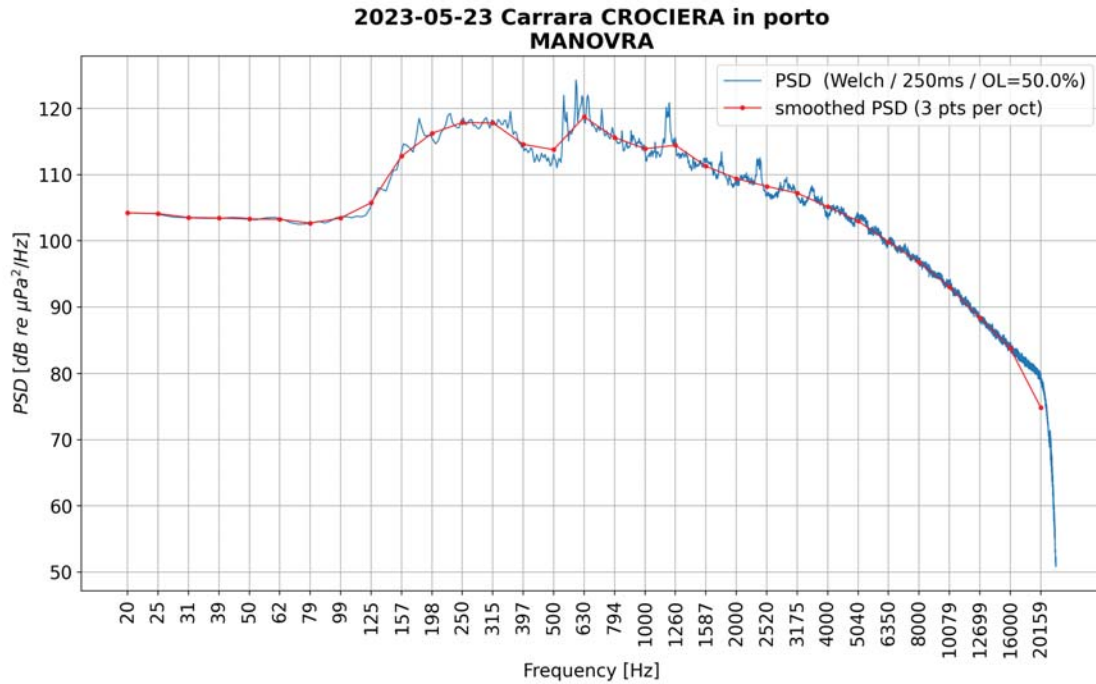


Figura 7. PSDf Crociera in porto – manovra

- la figura 8, la fase di ormeggio, ha un solo superamento di 100dB a 630Hz, nel resto dello spettro valori bassi in dB alla basse e alle altre frequenze.

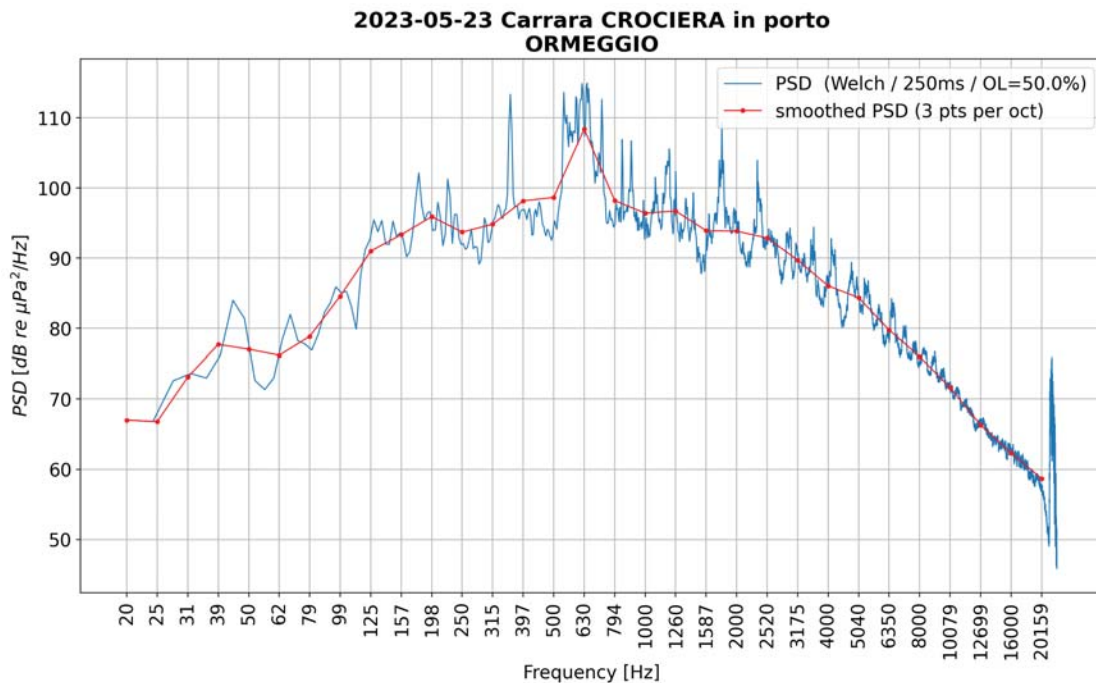


Figura 8. PSDf Crociera in porto – ormeggio

9.2.c. Traghetto fuori porto

Il traghetto è una nave Ro-ro cargo di linea sulla tratta Sardegna - Marina di Carrara costruita nel 2018. Le registrazioni fuori porto mostrano in particolare:

- nella figura 9, alla distanza nave-stazione B di 2,6km, valori superiori a 100dB già a partire da 20Hz fino a 800Hz, con una leggera caduta tra 25Hz e 31Hz. Sempre oltre i 1000Hz.

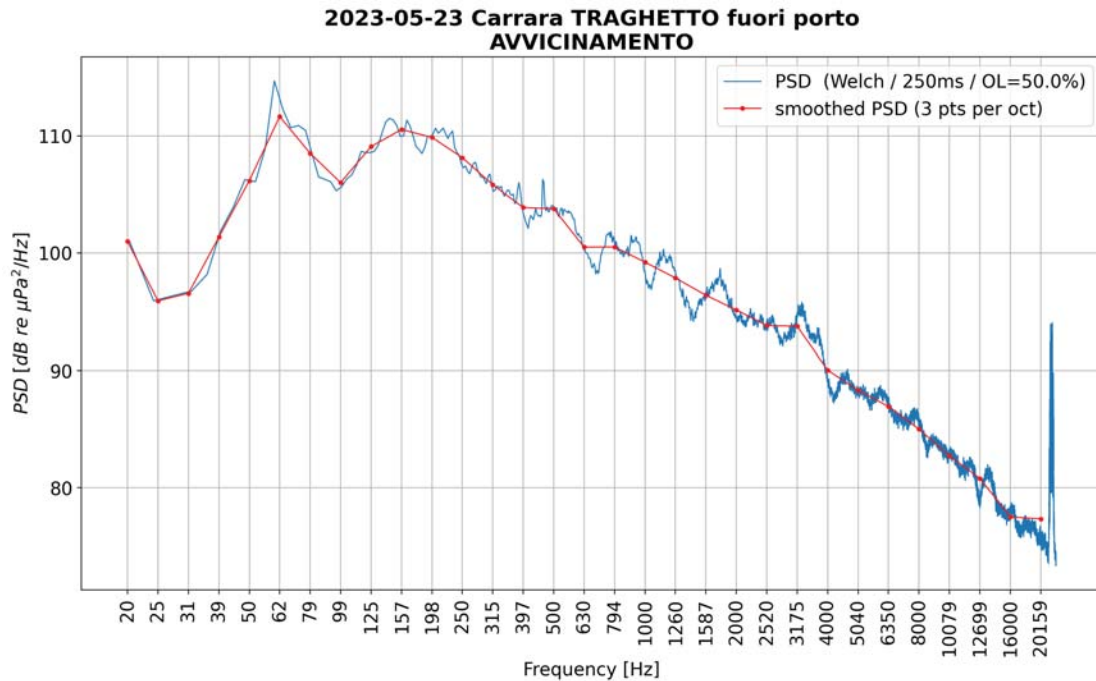


Figura 9. PSDf Traghetto fuori porto – distanza maggiore in avvicinamento

- nella figura 10, che rappresenta la distanza minima, notiamo sempre valori oltre i 100dB già alla basse frequenza da 20Hz fino a 4000Hz ed un picco di 127dB a 157Hz. Solo dopo tale frequenza i dB si attenuano.

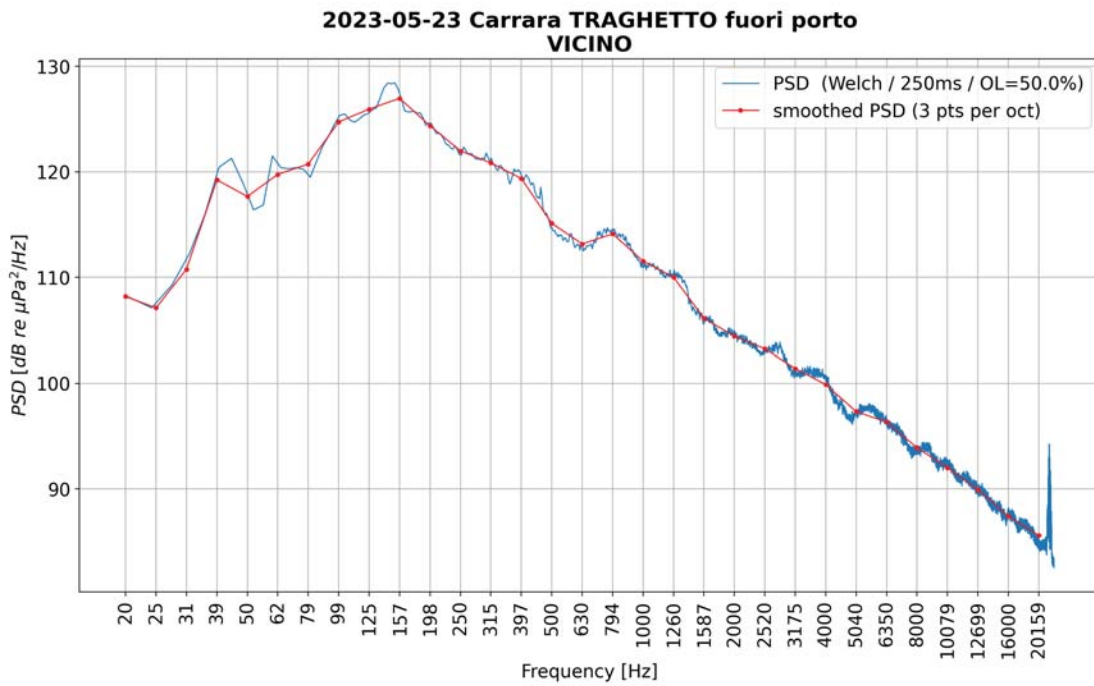


Figura 10. PSDf Traghetto fuori porto – distanza minore

- nella figura 11, a 400m di distanza prima di entrare in porto, ancora valori alti di dB già a partire da 20Hz fino a poco meno di 2000Hz, con un picco di 118dB a 125Hz.

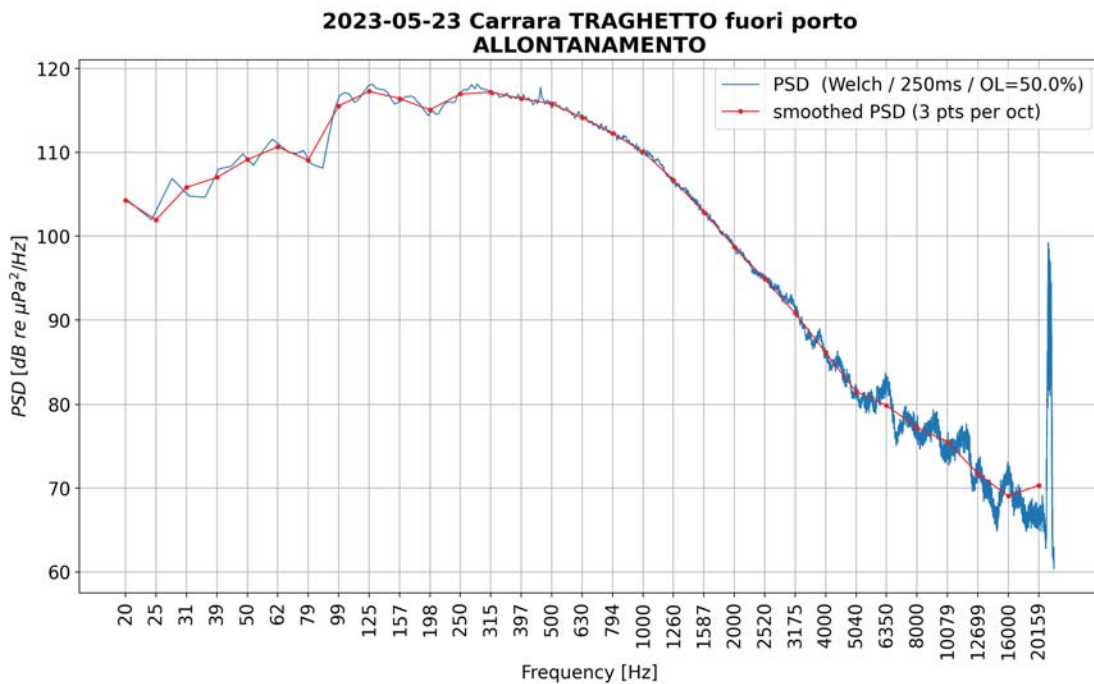


Figura 11. PSDf Traghetto fuori porto – distanza maggiore in allontanamento

9.2.d. Traghetto in porto

Con traghetto in porto si indicano tutte le manovre della nave dal momento in cui si trova all’imboccatura fino alla fine dell’ormeggio. A differenza della crociera il traghetto ha proceduto regolarmente con rotazione nello specchio acque all’interno e ormeggio di poppa alla banchina di destinazione. In particolare:
- nella figura 12, all’imboccatura del porto, solo a partire da 630Hz fino a circa 1600Hz i valori rimangono sopra i 100dB. Oltre tali frequenze i dB progressivamente diminuiscono.

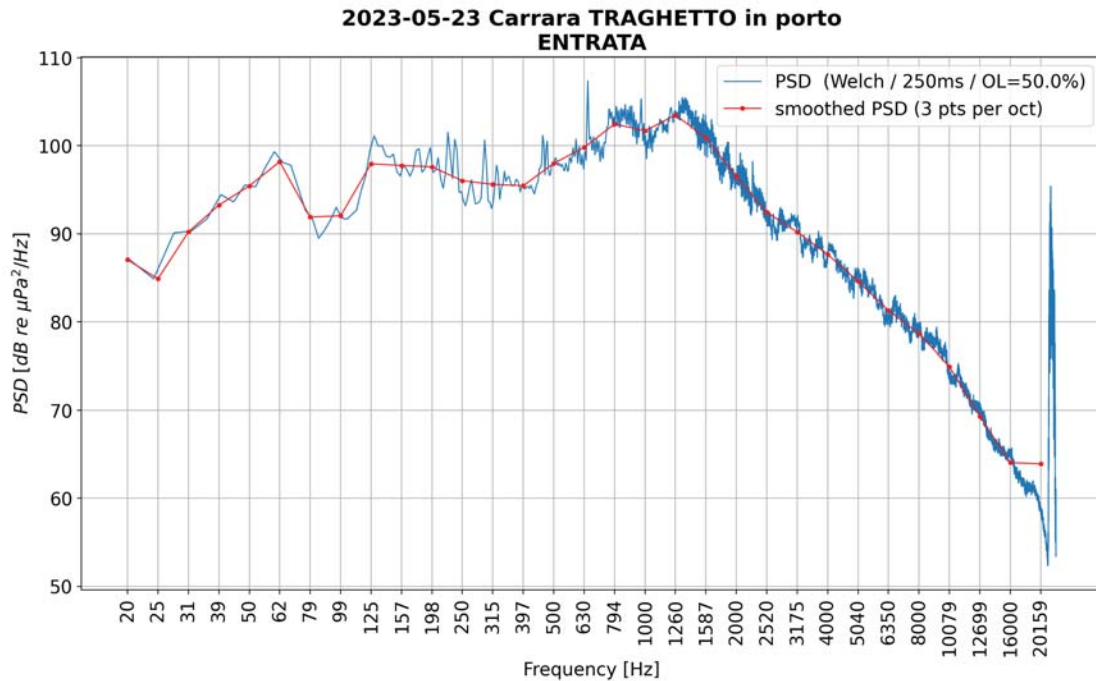


Figura 12. PSDf Traghetto in porto – entrata

- nella figura 13, la fase di rotazione, già alle basse frequenze superiamo i 100dB da 20Hz fino a 3175Hz, con un picco di 125dB a 157Hz, ma con già 111dB a 20Hz.

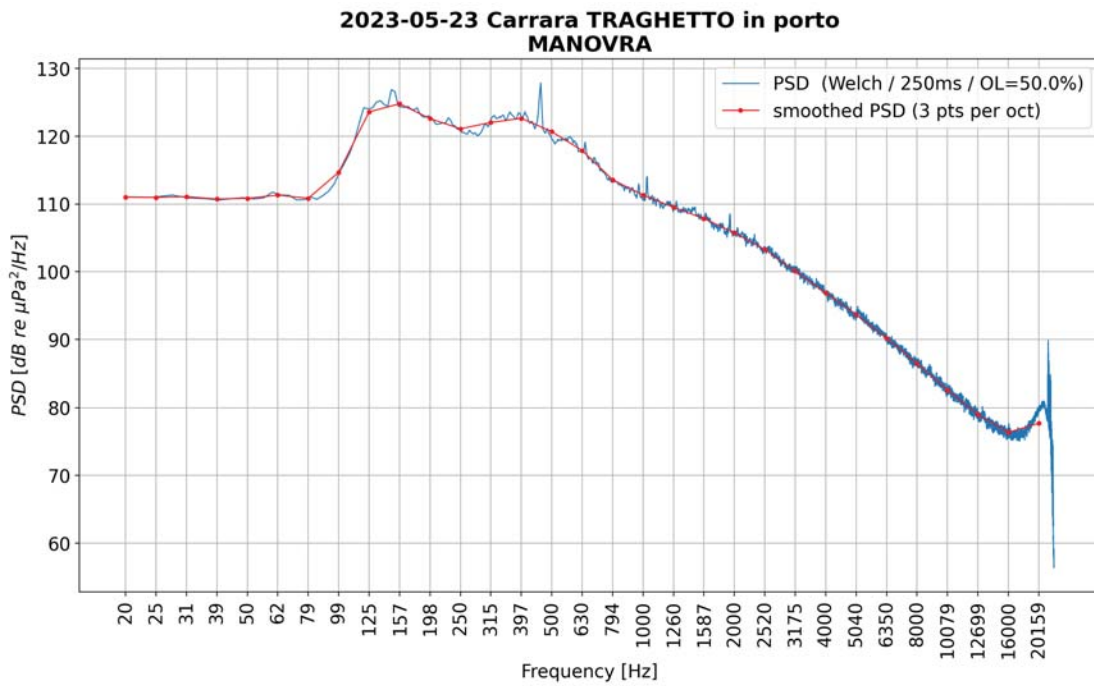


Figura 13. PSDf Traghetto in porto – manovra

- nella figura 14, con movimento del traghetto in retromarcia e maggiore distanza dall'idrofono rispetto alle precedenti 2 figure, fino a 100Hz i valori restano sotto i 100dB, per poi salire con un picco di 115dB a 157Hz e rimarvi al di sopra fino a 1587Hz. Oltre tale valore i dB diminuiscono.

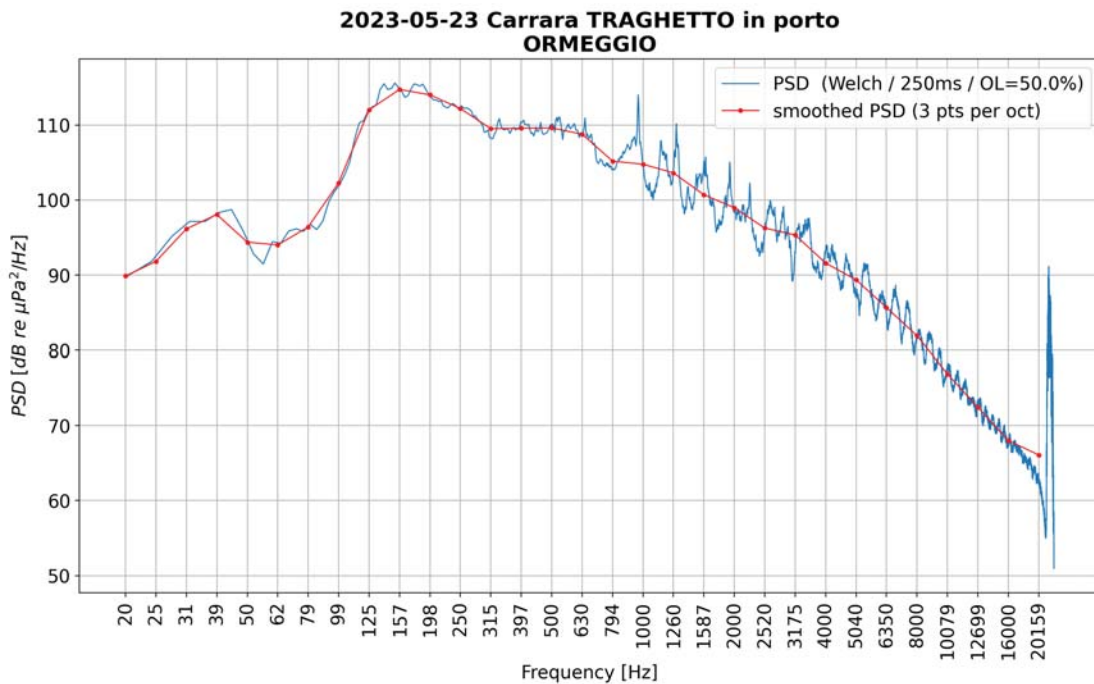


Figura 14. PSDf Traghetto in porto – ormeggio

9.2.e. Mercantile fuori porto

Il mercantile Stellina è un cargo costruito nel 2013. In figura 2 si nota come le tracce per entrare in porto sono simili per traghetto e mercantile. In particolare:

- nella figura 15, alla distanza nave-stazione B di 2,6km, a partire da 50Hz fino a 315Hz osserviamo valori sopra i 100dB, ma già da 315Hz ne restano al di sotto.

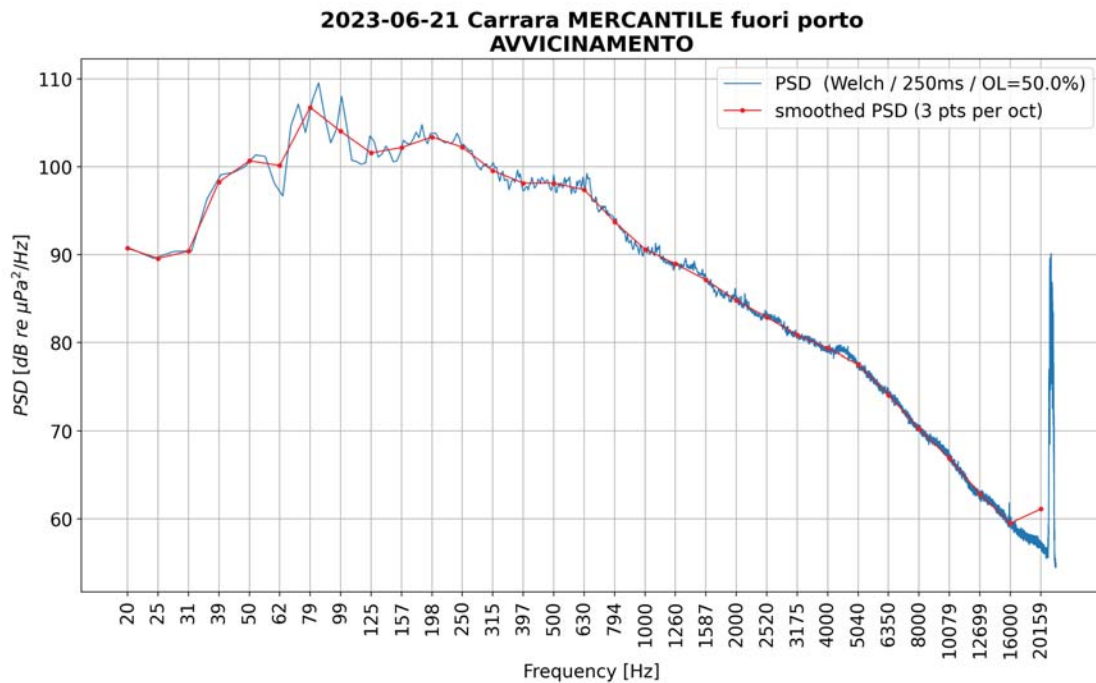


Figura 15. PSDf Mercantile fuori porto – distanza maggiore in avvicinamento

- nella figura 16, alla minima distanza, già da 20Hz fino a 630Hz i valori superano i 100dB, con un picco di 118dB a 79Hz.

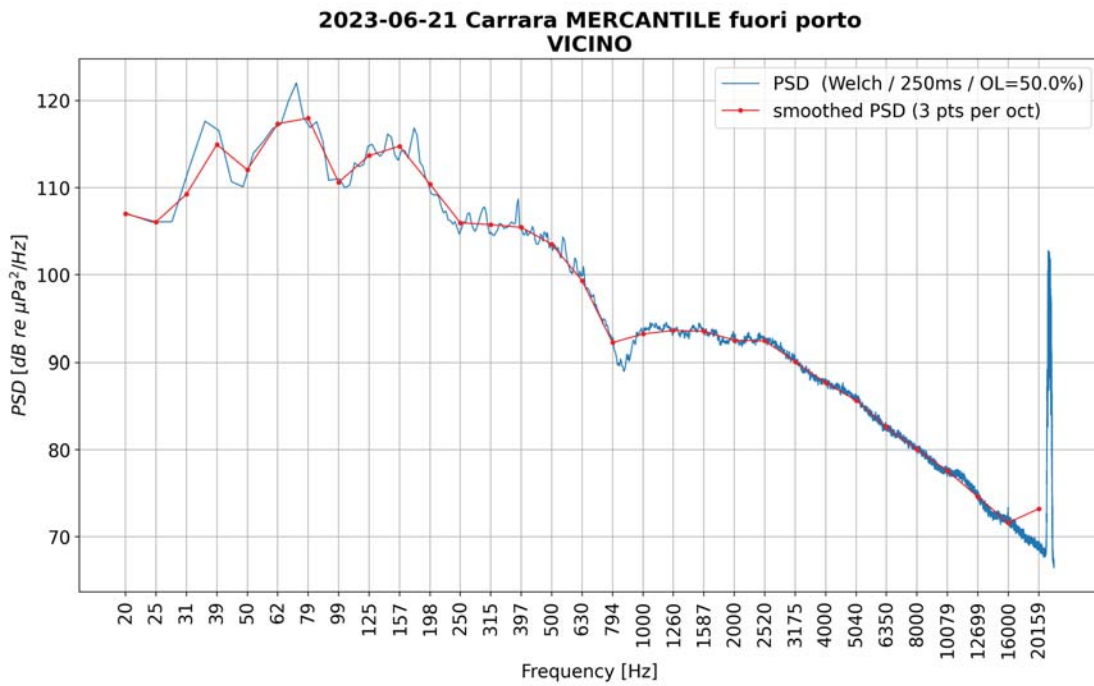


Figura 16. PSDf Mercantile fuori porto – distanza minore

- nella figura 17 infine, con il mercantile in allontanamento verso l'imboccatura del porto, si osservano ancora valori sopra i 100dB da 20Hz fino a 250Hz, con un picco di 118dB a 79Hz.

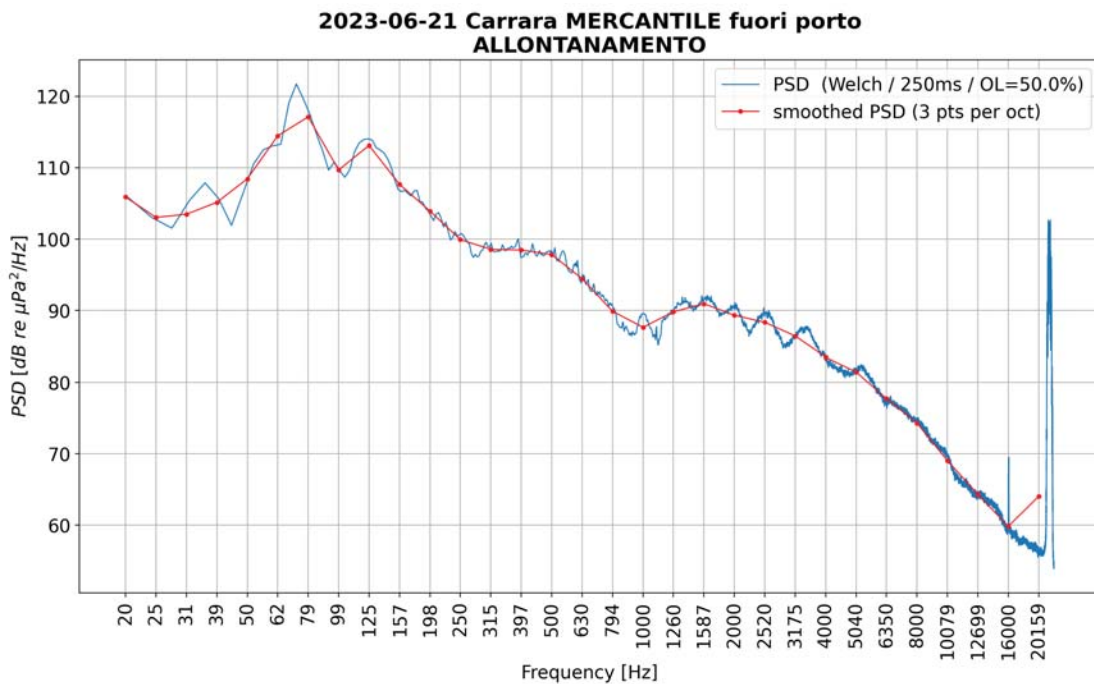


Figura 17. PSDf Mercantile fuori porto – distanza maggiore in allontanamento

9.2.f. Mercantile in porto

In questa fase, come per le altre imbarcazioni, si intendono tutte le manovre della nave dal momento in cui si trova all'imboccatura del porto fino alla fine dell'ormeggio. In particolare:

- nella figura 18, all'imboccatura del porto, abbiamo valori molto alti a 20Hz si osservano 118dB, per mantenersi con un plateau sopra i 100dB fino a circa 2000Hz.

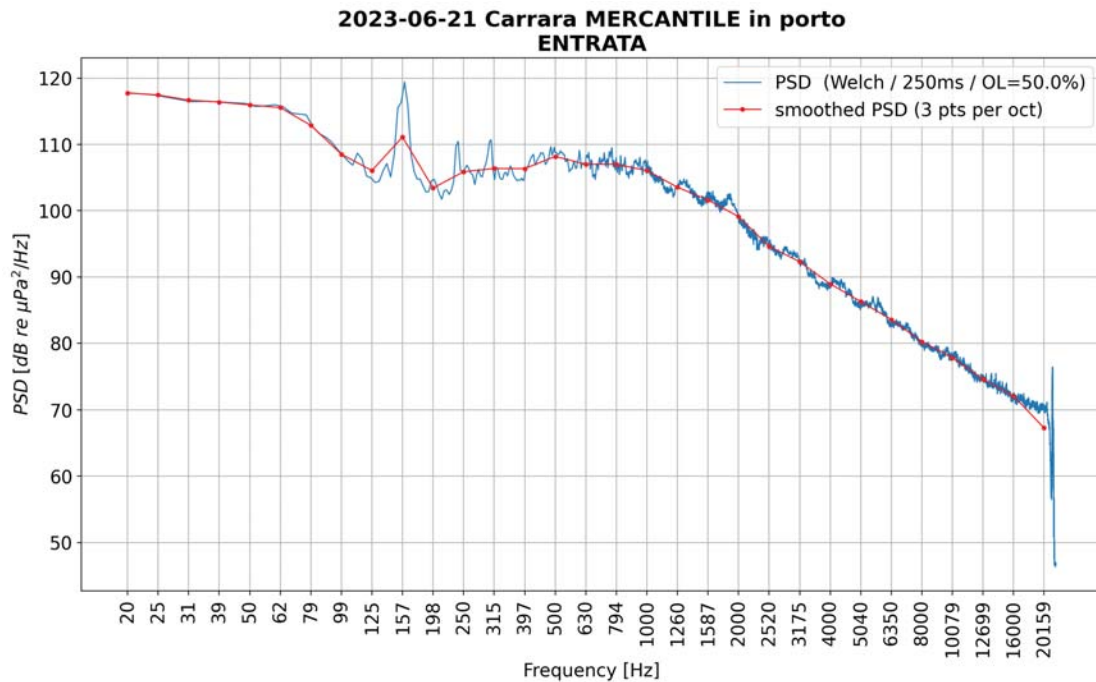


Figura 18. PSDf Mercantile in porto – entrata

- nella figura 19, durante la rotazione in porto prima dell'ormeggio, si mantengono alti dB da 20Hz fino a 5040Hz per poi decrescere al di sotto dei 100dB oltre tale frequenza, con un picco di 132dB a 157Hz (il più alto osservato).

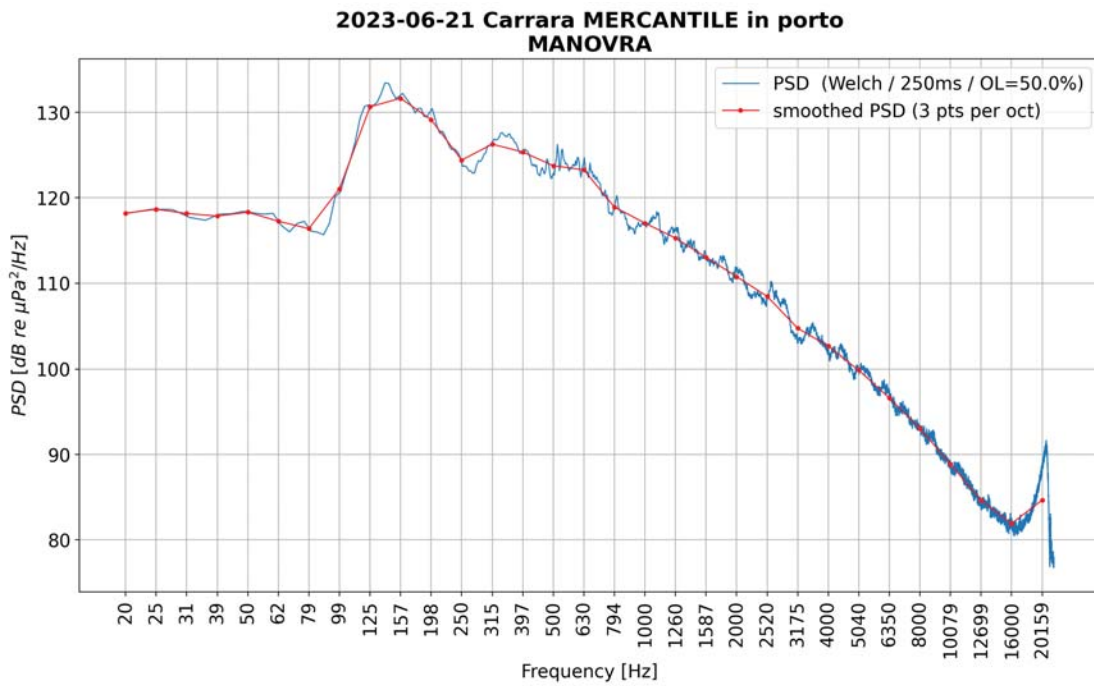


Figura 19. PSDf Mercantile in porto – manovra

- nella figura 20 infine, con il mercantile di poppa verso l'ormeggio, valori alti già a partire da 20Hz per mantenersi sopra i 100dB fino a 6350Hz (il valore più alto).

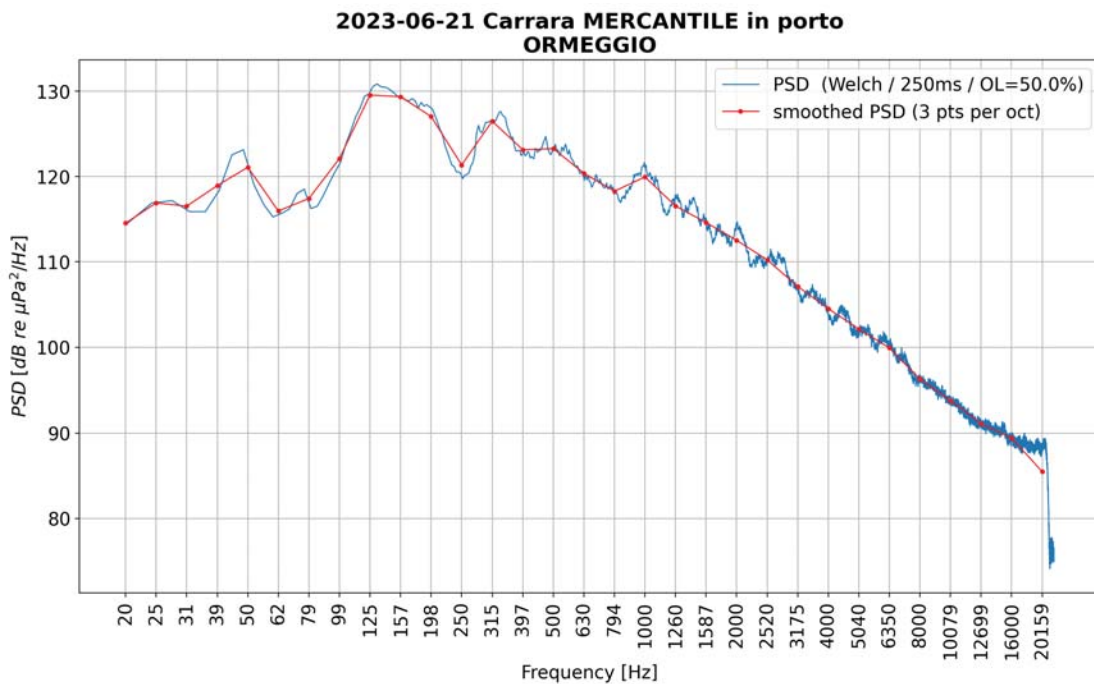


Figura 20. PSDf Mercantile in porto – ormeggio

9.6 - Analisi del rumore - TL

Di seguito sono riportati i grafici di: sound-speed-profile, Bellhop TL (plot 2D + colori), Transmission Loss @ 2m di profondità. Per produrre questi plot è stato utilizzato arlpy, con interfaccia Python al modello Bellhop dell'Acoustic Toolbox. Il plot Bellhop è prodotto usando il mode 'incoherent' e i Gaussian Beam Approximation, 5001 punti di range e 141 punti di depth, a 12kHz.

Giorno di registrazione del 25.05.2023

In figura 21 nel grafico Bellhop si nota la presenza di un canale di propagazione a -2m di profondità che si estende fino a 5km di distanza dove mantiene ancora -50dB di decadimento. Da -5m a -8m la caduta del segnale a 5km è di -65dB, per osservare poi che da -9m a -14m (la massima profondità) già dopo 1km il segnale decade di -80dB. La conferma della presenza del canale tra -2m e -5m viene evidenziata dalla figura 23 dove alla profondità del canale sonoro identificato la Soundspeed raggiunge circa i 1522m/s. La figura 22

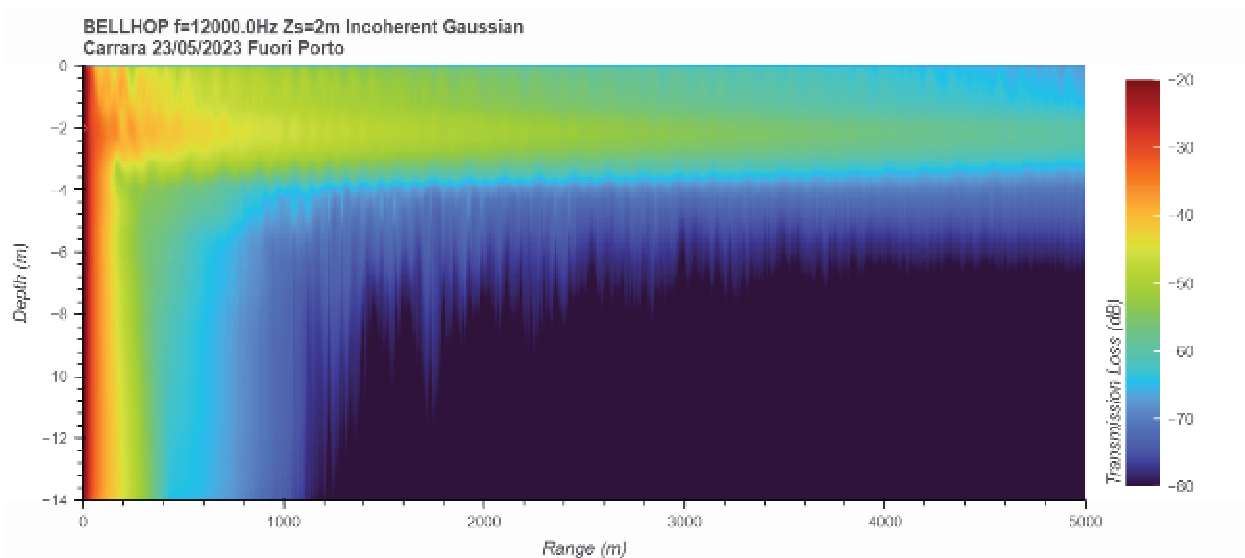


Figura 21. Simulazione della TL alla frequenza di 12kHz a 2m di profondità

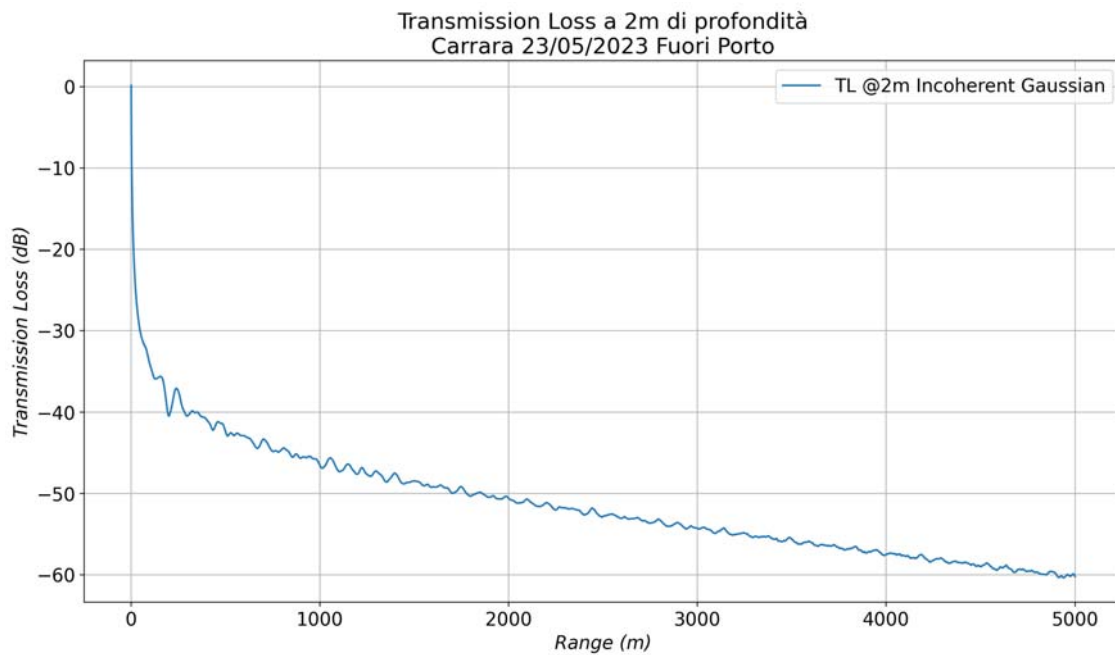


Figura 22. TL prevista dal modello in funzione della distanza a 2 m di profondità.

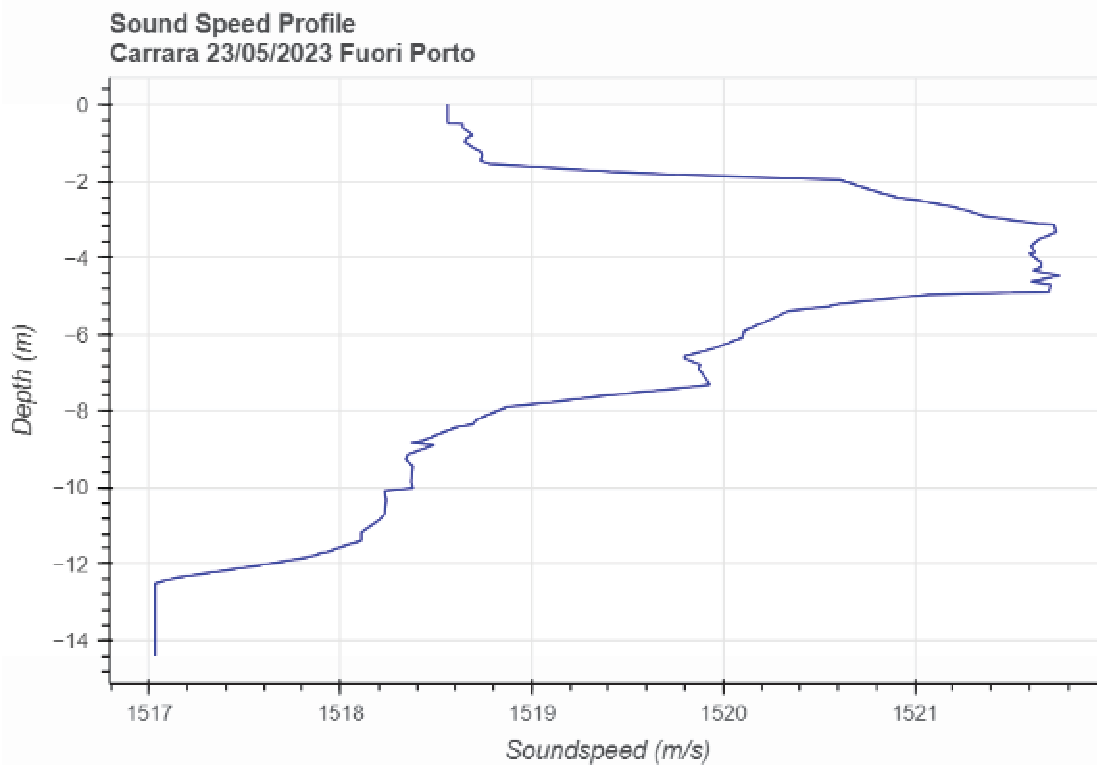


Figura 23. Profilo di velocità del suono nella stazione B.

Riguardo le due navi registrate il giorno 25.5:

- per la nave da Crociera, la TL alla profondità di 2m prevede un aumento del livello di circa 12dB @ 12kHz, evidenziata a questa stessa frequenza nelle PSDf corrispondenti. A 3,4km la TL è di -56dB @12kHz, la PSDf @12kHz vale 63dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare in 119 dB re 1uPa @1m; il

BIOLOGIA MARINA - CONSULENZE AMBIENTALI – ACUSTICA MARINA

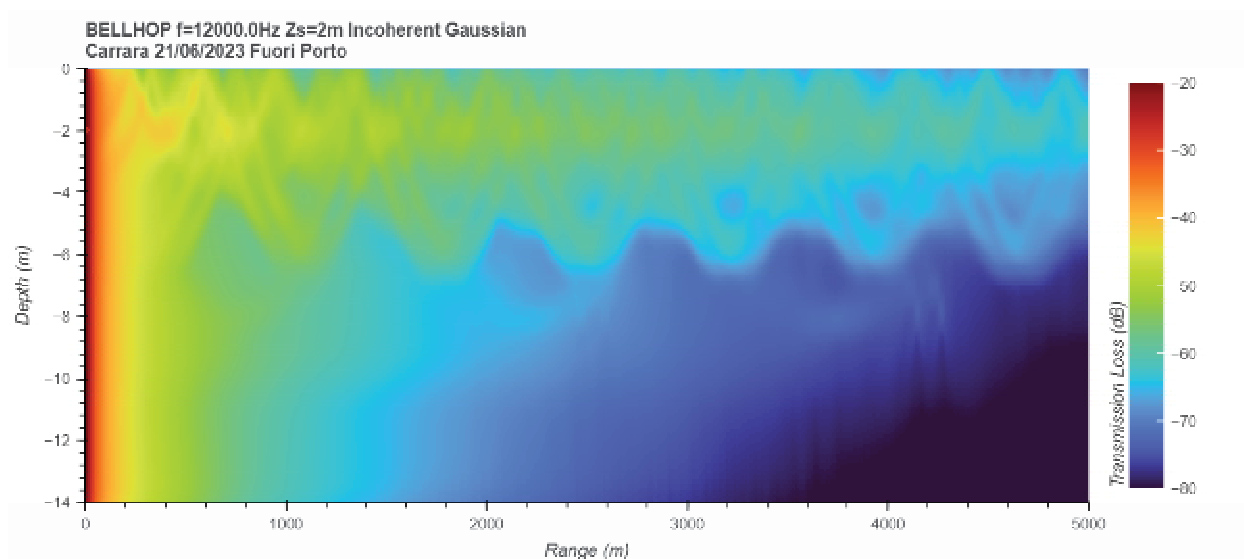
valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 86dB. A 700m la TL è -46dB@12kHz, la PSDf @12kHz vale 73 dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare in 119 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 92dB. A 800m la TL è di -47dB @12kHz, la PSDf @12kHz vale 70dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare in 117 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 89dB.

- per il Traghetto, la TL alla profondità di 2m prevede un aumento del livello di circa 8dB @ 12kHz, mentre a questa frequenza sulle PSDf corrispondenti si osserva un aumento di circa 10dB. A 2,6km la TL è di -53dB @12kHz, la PSDf @12kHz vale 82dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare a 135 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 110,5dB. A 300m la TL è di -41dB @12kHz, la PSDf @12kHz vale 90dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare a 131 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 123dB. A 760m la TL è di -45dB @12kHz, la PSDf @12kHz vale 72dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare a 117 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 114dB.

Giorno di registrazione del 21.06.2023

Dalla figura 24 alla figura 26 si osserva la situazione di propagazione del suono secondo il modello scelto nel secondo giorno di registrazione.

Si nota nel grafico Bellhop la presenza sempre di un canale di propagazione centrato sui 2m di profondità, ma più ampio, fino a 5km di distanza. Il canale mantiene un decadimento di circa -60dB fino a 5km, mentre da -6m a -14m la caduta del segnale a 5km passa da -65dB già dopo 2km a -80dB alla massima profondità ma solo dopo 3,5km (figure 24 e figura 25). In questo secondo caso la Soundspeed maggiore pari a 1537m/ si evidenzia tra -6 e -8m di profondità (figura 26).



Biologia Marina – Consulenze Ambientali

Dott. Silvio Nuti – Dott. Christian Rebecchi

Iscrizione ONB n°AA_049808- Viale Tobino 15 – 55049 Viareggio (Lu)

Tel +39.335.6564469 – mail nutisilvio@gmail.com – pec silvio.nuti@biologo.onb.it

CF: NTUSLV64R07L833A – P.iva 02428630467

Figura 24. Simulazione della TL alla frequenza di 12kHz a 2m di profondità

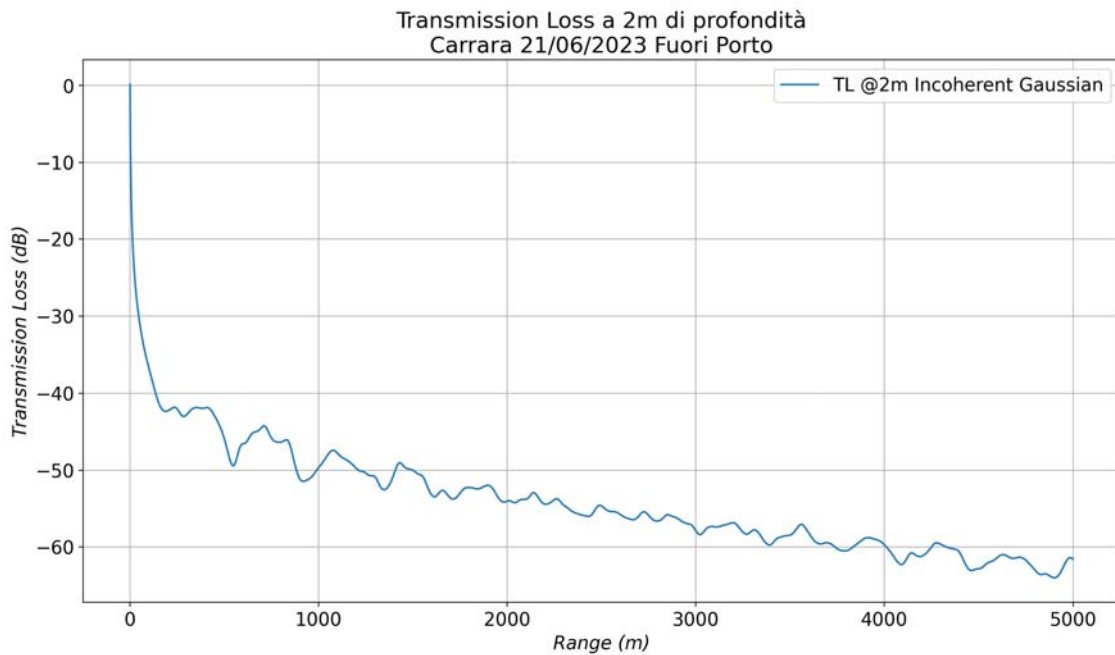


Figura 25. TL prevista dal modello in funzione della distanza a 2 m di profondità.

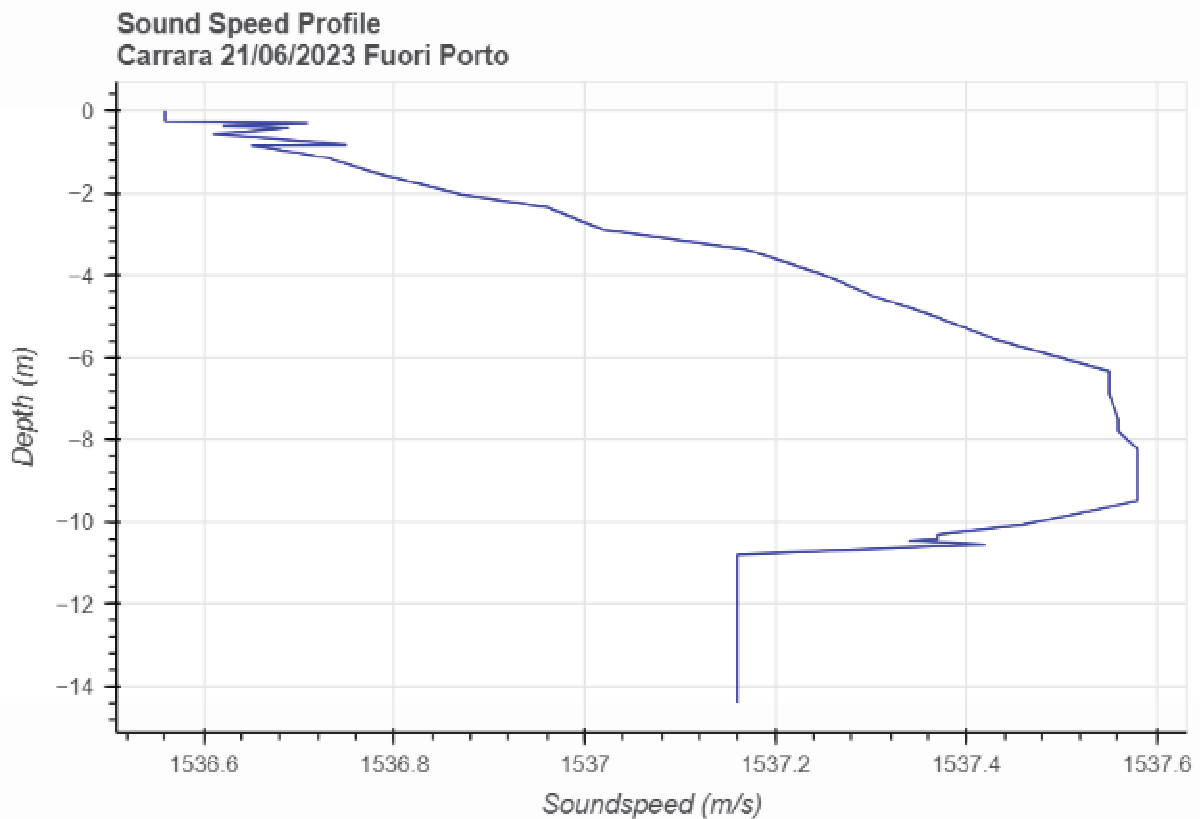


Figura 26. Profilo di velocità del suono nella stazione B.

Riguardo la nave registrata il giorno 21.6:

- per il Mercantile, la TL alla profondità di 2m prevede un aumento del livello di circa 12dB @ 12kHz, evidenziata a questa stessa frequenza nelle PSDf corrispondenti. A 2,6km la TL è di circa -56dB @12kHz, la PSD @12kHz vale circa 63dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare a 119 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 100,5dB. A 300m la TL è di circa -42dB @12kHz, la PSD @12kHz vale circa 75dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare a 117 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 111dB. A 780m la TL è di circa -48dB @12kHz, la PSD @12kHz vale circa 64dB re 1uPa²/Hz, quindi il source level si può stimare a 112 dB re 1uPa @1m; il valore medio centrato alla frequenze di 63Hz e di 125Hz è di 113,5dB.

Capitolo 10 – CONCLUSIONI

Il rumore in ambiente sottomarino esiste da sempre, ma mentre prima dell'era industriale tale "rumore naturale" era e ancora oggi è provocato dagli elementi naturali (vento, pioggia, onde, terremoti, etc.), con lo sviluppo e l'incremento delle attività a tale "rumore di fondo" si è sommato progressivamente il rumore prodotto dalle attività antropiche, tra queste il traffico navale, le esplorazioni sottomarine, le estrazioni minerali, le wind farm, etc. In generale il criterio di base prevede un controllo programmato del rumore immesso (aumento dell'energia) al fine di non superare le soglie dei livelli comportamentali indicati dalle Linee Guida di ISPRA e Marine Strategy. In particolare l'Italia ha recepito la normative UE sulla protezione ambientale considerando inammissibile disturbare i possibili recettori biologici (es. mammiferi marini, ma anche specie di interesse commerciale come pesci e crostacei). Ne deriva da quanto indicato che molte aree marine, sempre maggiormente interessate dal traffico marittimo ed in generale dalle attività antropiche, hanno e probabilmente avranno anche in futuro un aumento del rumore sottomarino rispetto a quanto presente in passato.

Va specificato che riguardo al presente caso di studio le sorgenti del rumore sono in movimento e le stazioni di registrazione si trovano alle distanze definite in tabella 3. Tale condizione è obbligatoria per le sorgenti di rumore in movimento e non stazionarie secondo quanto indicato dalle norme per la sicurezza della navigazione. Questo significa che l'ipotesi di base su cui si fonda l'applicazione del modello di propagazione è la *no absolute correct ship noise*, cioè non abbiamo la certezza assoluta che il rumore registrato corrisponda al 100% a quello del nostro target, altre fonti di rumore fisse o di passaggio potrebbero averlo influenzato. Va ricordato che mentre le PSDf rappresentano il valore reale registrato alle distanze indicate in tabella 3, il modello di propagazione utilizzato ipotizza l'intensità del rumore SPL con le registrazioni che nel nostro caso non sono state effettuate ad 1m dalla sorgente stessa. Questo perché è

tecnicamente impossibile effettuare una registrazione a tale di distanza essendo essa in movimento e per la ragioni sopra indicate. Tuttavia l'osservazione visiva per la durata del tempo di registrazione ci da un supporto sul fatto che la maggiore fonte di rumore presente al momento della registrazione appartenga ai nostri target.

Considerando le registrazioni all'esterno del porto si può concludere che: la nave da Crociera è la meno rumorosa di tutte. I valori medi centrati sulle frequenza 63Hz e 125Hz dettati dalla MS permangono sempre al di sotto della soglia dei 100dB, come pure i valori soglia FBR di ISPRA, sono risultati sempre al di sotto dei 120dB. Il Traghetto invece riguardo i valori medi centrati sulle frequenza 63Hz e 125Hz dettati dalla MS permangono sempre al di sopra della soglia dei 100dB, come gli stessi valori soglia di ISPRA ma solo nella stazione in allontanamento rimangono al di sotto dei 120dB. Il Mercantile infine ha presentato valori sempre superiori ai 100dB per le soglie di MS, mentre i valori soglia di ISPRA non sono stati mai oltrepassati, considerando che già all'esterno erano presenti i rimorchiatori.

Riguardo alle manovre effettuate dalle navi all'interno del porto i valori di registrazione ottenuti sono risultati mediamente più alti rispetto a quelli all'esterno già a partire dalle basse frequenze. Il Mercantile è risultata la più rumorosa in assoluto sia all'imboccatura del porto che durante la rotazione e l'ormeggio (figura 19, figura 20, figura 21) dove fino a 6kHz durante l'ormeggio i valori si sono mantenuti sopra i 100dB (con presenza di 2 riorchiatori). Il Traghetto ha presentato alti valori sopra i 100dB già alle basse frequenze ma solo nella fase i manovra nello specchio interno, permanendovi fino a 3175Hz. Infine la Crociera, pur essendo la più grande di tutte, è risultata invece la meno rumorosa che comunque durante la manovra all'interno azionando i trusther di prua e poppa ha mantenuto valori sopra i 100dB da 20Hz fino a 6320Hz.

In conclusione i valori in dB re 1uPa @1m per i tre tipi di navi oggetto del presente studio presentano valori in Linea o leggermente superiori ai valori stabiliti dalla Linee Guida di ISPRA riguardo le prime risposte comportamentali FBR, per i cetacei normalmente presenti nell'area e cioè delfini appartenenti alla specie *Tursiops truncatus*, definiti cetacei di media frequenza. Tali valori sono comunque molto lontani da quelli identificati come pericolosi e comportanti la TTS o PTS cioè la perdita temporanea o permanente dell'udito per barotrauma. Riguardo invece le prescrizioni indicate dalla Marine Strategy nelle stazioni di registrazione alle distanze indicate: il Traghetto ed i Mercantile sono rimasti sempre al di sopra di 100dB alle frequenza centrate a 63Hz e 125Hz, mentre la Crociera ha mantenuto valori sotto la soglia.

Bibliografia

- [1] BORSANI J.F., FARCHI C. (2011) "*Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne*", ISPRA, Parte prima/seconda, pp. 9-10
- [2] European Marine Strategy Framework Directive Good Environmental Status (MSFD-GES). *Report of the Technical Subgroup on Underwater Noise and other forms of energy*, pp. 31

APPENDICE 1 - STRUMENTAZIONE

Idrofono Colmar GP 1280

GP1280 Hydrophone



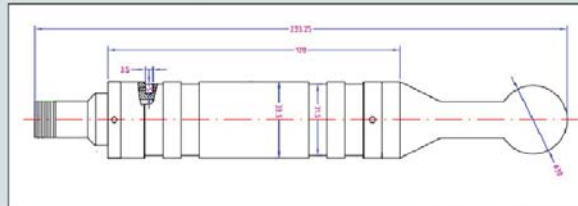
The GP1280 is a preamplified, omnidirectional hydrophone, a professional tool suitable for a wide range of applications. Its low self noise and high sensitivity makes it especially suited for ambient noise measurements and recording the acoustic signature of mammals.



- High sensitivity
- Low self noise (" below sea state zero")
- Wide frequency range
- Single or balanced output
- Calibration input
- Customizable in gain and filtering
- Long term deployment, corrosion proof

www.colmaritalia.it

Working band:	5-90.000 Hz
High pass filter on preamplifier :	Customizable (on demand)
Balanced output sensitivity:	-163 dB re 1V / uPa @ 5kHz (customizable)
Single output sensitivity:	-169 dB re 1V / uPa @ 5kHz (customizable)
Directivity :	Spherical - Omnidirectional
Max working depth :	1000 m
Gain @5kHz:	30 dB (single output), 36dB (balanced output)
Equivalent input acoustic noise @5kHz:	32 dB re 1uPa / sqrtHz
Input impedance:	100 MOhm
Supply voltage range:	11.5-30 Vdc
Current consumption:	9 mA @ 12 Vdc
Output voltage swing:	6Vpp (single output), 12 Vpp (balanced output)
Weight in air:	500 gr
Body construction:	Stainless steel AISI316 or POMC + internal steel core
Dimensions:	233,25 x 33,5 mm
Packaging:	Pelicas mod.1170



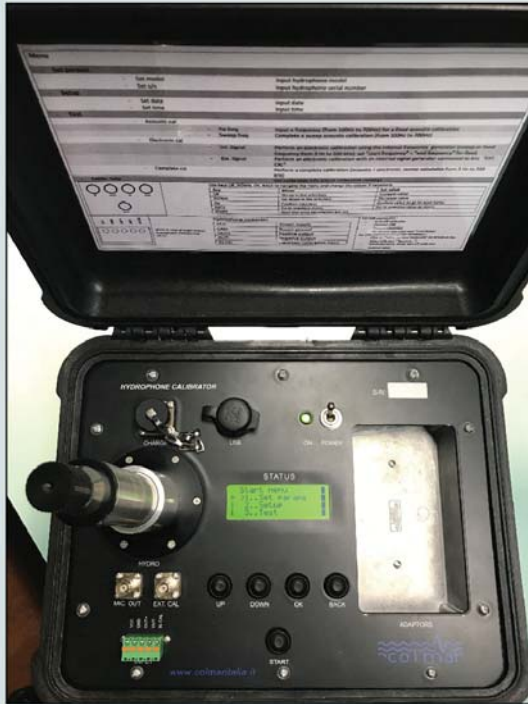
COL.MAR. S.r.l. via delle Pianazze, 74 - 19136 La Spezia (Italy)
 Tel +39 0187 982590 Fax 943461 P.I.00742150113
 e-mail colmar@colmaritalia.it www.colmaritalia.it



Calibratore Colmar GP

www.colmaritalia.it

GP Hydrophone Calibrator



Battery operated field calibrator for Colmar GP series hydrophones. Using custom adaptors it can be used even with different types of hydrophones.

Easy to use and configure, allows different types of calibrations:

- Acoustic (fixed or sweep frequency from 100Hz to 700Hz)
- Electronic (fixed or sweep frequency from 3Hz to 200 kHz)
- Complete (Acoustic + Electronic).

Acoustic calibration gives hydrophone sensitivity expressed in dB re to Vrms/uPa .

Bode plot diagram and data output as Acoustic (all hydrophones) and Electronic (only preamplified hydrophones) calibrations.

Easy to carry, ideal to perform field calibrations just before underwater noise measurements.

Performs Acoustic + Electronic calibration from 3 Hz to 200kHz - Sweep or fixed frequency - Graphs and data

- Internal precision calibrated microphone as reference
- Display visible even under direct sun light
- BNC input available for external calibration signal
- BNC output to monitor the reference microphone
- Battery status indicator
- Internal SD card for storing data and USB output for downloading data and graphs
- Dimension and weight: 13.68" x 11.61" x 5.75" peli 1400, 4kg



COL.MAR. S.r.l. via delle Pianazze, 74 - 19136 La Spezia (I)
 Tel +39 0187 982590 Fax 943461 P.I.00742150113
 e-mail colmar@colmaritalia.it www.colmaritalia.it



Sonda CTD Ageotec H2O IMSV



IMSV



Probe with CTD sensors for real time Sound Velocity calculation in water

Slim model for vessel mounting (IMSV)
Standard model for profiling (IMSVP)

APPLICATIONS

- Vessel mounting: ships, submarines, ROV, AUV
- Calibration of acoustic systems (MBE, SBE)
- Direct reading and self-recording profiling
- Sound Velocity calculated with Chen and Millero formula

PERFORMANCES

- High stability
- Simple interfacing with other devices
- Memory capacity up to 200.000 data sets
- Operating depth of 2000 metres
- More reliable and strength than the devices based on SV sensor

<p>AGEOTEC s.r.l.s. sodo unico direzione generale e commerciale: via prati 1/1 - loc. porte ronna 40069 zola predosa (bo) ita ly phone +39 051 6 133 382 fax: +39 051 613 615 9 e-mail: 02428324205</p>	<p>underwater technologies division: via della nett 1 34 22077 olgiate comasco (co) ita ly phone +39 031 990529 fax: +39 031 943964</p>	<p>oceanographic technologies division: via volturno, 23R 16129 genova (ge) ita ly phone +39 010 5 88194 fax: +39 010 588244</p>
<p>Sede legale: via calza vecchia, 23 - 40033 casalechio di ireno (bo) ita ly Numero di iscrizione al registro imprese di bologna 02428391205, r.e.s. bologna 498740, capitale sociale euro 1.0.500,00 i.v. soggetta al coordinamento e controllo della L'EGIT HOUSE GROUP srl a socio unico p.i. 024283771203</p>		



TECHNICAL SPECIFICATION

<p>Sound velocity Range: 1350±1600 m/sec Resolution: 0.001 m/sec Accuracy: ± 0.060 m/sec (P = 2000 dbar) ± 0.045 m/sec (P = 100 dbar)</p> <p>Temperature Range: -2÷38 °C Resolution: 0.001 °C Accuracy: ± 0.01 °C</p> <p>Conductivity: Range: 0÷70 mS/cm Resolution: 0.001 mS/cm Accuracy: ± 0.01 mS/cm</p> <p>Pressure: Range: 0÷2000 dbar 0÷100 dbar Resolution: 0.03 dbar 0.002 dbar Accuracy: ± 1 dbar ± 0.1 dbar</p> <p>Salinity: Range: 0÷40 ppt Resolution: 0.001 ppt Accuracy: ± 0.01 ppt</p>	<p>Internal memory: 4 Mbyte (200.000 data sets)</p> <p>I/O interface: Connector: MCBH6M Output: RS232 Baud Rate: 9600</p> <p>Electrical: Supply: 7÷30 VDC Current: 30mA Internal battery: 8 Ah lithium (IMSVP only)</p> <p>IMSV dimensions: Diameter: 50 mm Length: 250 mm (excluding connector) Weight: 980 gr (in air) Material: Titanium</p> <p>IMSVP dimensions: Diameter: 75 mm Length: 490 mm Weight: 4000 gr (in air) Material: AISI316L stainless steel</p> <p>Environmental: Pressure: 200 bar Temperature: -5÷55 °C</p>
---	--

COMMUNICATIONS

Pin	Function
1	RX RS232 - Programming Port
2	TX RS232 - Programming Port
3	GND
4	Power supply (from 5 to 30 VDC)
5	TX RS232 - Data Output (*)
6	n.c.

(*) Typical data output formats:

TTT.TTTT,CC.CCCCC,PPPPP.PPP,SSSS.SSSS,VVVVV.VVV<CR><LF>

or

<space>VVVV.VVV<CR><LF>

Field	Name	Unit
TTT.TTTT	Temperature	°C
CC.CCCCC	Conductivity	S/m
PPPPP.PPP	Pressure	dbar
SSSS.SSSS	Salinity	ppt
VVVVV.VVV	Sound Velocity	m/s

AGEOTEL s.r.l. s.d.o unico direzione generale e commerciale: via prati/1 - loc. ponte ronca 40063 zola predosa (bo) ita ly phone +39 051 5133582 fax +39 051 613615 9 d/p.i. 02428191205	underwater technologies division: via dei baletti, 34 22077 olgiate comasco (co) ita ly phone +39 031 9 90629 fax +39 031 949564	oceanographic technologies division: via volturmo, 22R 16129 genova (ge) ita ly phone +39 0105 98194 fax +39 010 588244
Sede legale: via calzavechco, 23 - 40039 casale d'irno (bo) ita ly Numero d'iscrizione al Registro imprese di Bologna 02428191205, r. e. a. Bologna 498740; capitale sociale euro 1.0.500,00 i.v. soggetta e coordinamento e controllo della LIGHTHOUSE GROUP s.r.l. a socio unico p.i. 02585771203		

Biologia Marina - Consulenze Ambientali

Dott. Silvio Nuti - Centro CE.TU.S.Ricerca sui cetacei-Acustica marina

Iscrizione ONB n°AA_049808

Via Tobino 15 - 55049 Viareggio (Lu)

Tel +39.335.6564469 - mail nutisilvio@gmail.com - pec silvio.nuti@biologo.onb.it-cetus2019@gmail.com

CF: NTUSLV64R07L833A - P.iva 02428630467