

FIUMICINO
WATERFRONT

SOGGETTO ESECUTORE E FINANZIATORE



INTERVENTO N. 146



CITTÀ DI
FIUMICINO

SOGGETTO PROPONENTE ED ATTUATORE



RINA CONSULTING S.P.A.

Via Antonio Cecchi 6, 16129 Genova

tel +39 010 31961

www.rina.org

Registro imprese di Genova: 03476550102

Partita IVA: 03476550102



Atelier(s) Alfonso Femia s.r.l.

Via Interiano 3/11, 16124 Genoa

tel. +39 010.540095 fax 010.5702094

Via Cadolini 32/38, 20137 Milan

tel. +39 02.54019701 fax 010.54115512

55 rue des petites écuries, 75010 Paris

tel +331.42462894

genova@atelierfemia.com - www.atelierfemia.com

Registro imprese di Genova: 01601780990

Partita IVA: 01601780990



RESPONSABILE COORDINAMENTO
DELLE DISCIPLINE SPECIALISTICHE

Ing. **ALESSANDRO ODASSO**

Direttore Tecnico - Rina Consulting S.p.A.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Arch. Alfonso FEMIA - Architettura e Landscape

Ing. Marco COMPAGNINO - Studio di impatto ambientale

Dott. Sandro LORENZATTI - Archeologia

Ing. Michele DI LAZZARO - Studio Idraulico e idrologico

Arch. Riccardo COCCIA - Prevenzione incendi

Ing. Alessandro VITA - Studio Geotecnico

Dott. Geol. Roberto SALUCCI - Geologia

Ing. Federico BARABINO - Sicurezza

Dott. Geol. Paolo RAVASCHIO - Rilievi e indagini

Ing. Flavio MARANGON - Studio trasportistico

Ing. Bruno RAMPINELLI ROTA - Compatibilità vincoli aeronautici

COORDINAMENTO DELLA PROGETTAZIONE

Ing. Marino BALZARINI - Project Management Consultancy

Arch. Paola DEL BIANCO - Project Manager Deputy

Ing. Alessandro PIAZZA - Coordinamento Opere Civili

Ing. Damiano SCARCELLA - Coordinamento Opere Marittime

Arch. Sara GOTTARDO - Coordinamento Architettura e Landscape

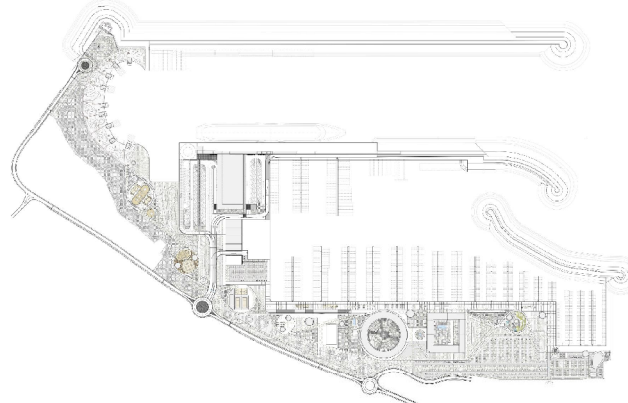
UNITÀ DI PROGETTO

Ing. Massimo GUIDI - Dirigente Comune di Fiumicino

PORTO TURISTICO-CROCIERISTICO DI FIUMICINO ISOLA SACRA

CUP:F1122000320007

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA



00_INQUADRAMENTO GENERALE
AMBIENTE E PAESAGGIO

STUDIO DI PROPAGAZIONE DEL RUMORE SOTTOMARINO

COMMESSA	SERVIZIO LOTTO	OPERA	DISCIPLINA	TIPO	PROG.	REV.	SCALA
P0031150	D0	MP00	AM	REL	22	00	-

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
00	Emissione per approvazione	RINA Consulting S.p.A.	M. FLORIO	M. COMPAGNINO	Luglio 2023
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-
-	-	-	-	-	-

NOME FILE: P0031150-D-0-MP00-AM-REL-22_00

INDICE

	Pag.
LISTA DELLE TABELLE	3
LISTA DELLE FIGURE	3
ABBREVIAZIONI E ACRONIMI	4
1 PRESENTAZIONE DELL'INIZATIVA	5
1.1 BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE	5
1.2 CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO	7
1.3 SCOPO DEL LAVORO	8
2 ANALISI DI DISPERSIONE DI RUMORE SOTTOMARINO	9
2.1 MODELLO ACUSTICO SOTTOMARINO	9
2.2 TERMINOLOGIA	9
2.3 RANGE DI SENSIBILITÀ CARATTERISTICI PER CETACEI E RELATIVE SOGLIE	10
2.4 DATI DI BASE E ASSUNZIONI MODELLISTICHE	10
2.4.1 Termini sorgente	10
2.4.2 Range di frequenza	12
2.4.3 Posizione della sorgente e batimetria	12
2.4.4 Dominio di calcolo	14
2.5 CARATTERISTICHE LOCALI	15
2.5.1 Caratteristiche dell'acqua	15
2.5.2 Caratteristiche del fondale	16
2.5.3 Quadro di riferimento ambientale	16
2.6 RISULTATI	18
3 CONCLUSIONI	19
REFERENZE	20
SITI WEB CONSULTATI	20

LISTA DELLE TABELLE

Tabella 2.1:	Range e soglie di sensibilità uditiva.	10
Tabella 2.2:	Modellazione fondale marino	16
Tabella 2.3:	Stima di abbondanza delle varie specie di cetacei presenti nel Mar Tirreno Centrale	17
Tabella 2.4:	Distanza di superamento della soglia di disturbo comportamentale (in km)	18

LISTA DELLE FIGURE

Figura 1.1:	Inquadramento area di Progetto	6
Figura 2.1:	Spettro adottato per le simulazioni della draga	11
Figura 2.2:	Spettro adottato per le simulazioni della nave da crociera e del superyacht	12
Figura 2.3:	Posizione della sorgente e transetto di modellazione	13
Figura 2.4:	Profilo batimetrico e posizione della sorgente (draga)	14
Figura 2.5:	Profilo batimetrico e posizione della sorgente (superyacht e nave da crociera)	14
Figura 2.6:	Profilo di temperatura (sinistra) e salinità (destra) per la stagione estiva (curva arancio) ed invernale (curva blu)	15
Figura 2.7:	Velocità del suono (m/s) per la stagione estiva (curva arancio) ed invernale (curva blu)	16

ABBREVIAZIONI E ACRONIMI

Comune	Comune di Fiumicino
FW	Fiumicino Waterfront
HF	High frequency
iCON	iCON Infrastructure LLP
IP	Iniziative Portuali S.r.l.
ISPRA	Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale
LF	Low frequency
LOA	Length over all
MF	Medium frequency
PTS	Permanent Threshold Shift
RCG	Royal Caribbean Group srl
SEL	Sound exposure level
SEL_{cum}	Cumulative sound exposure level
SL	Source level
SPL	Sound pressure level
TL	Transmission loss
TSHD	Trailer Suction Hopper Dredger
TTS	Temporary Threshold Shift
UAS	Underwater Acoustic Simulator
UE	Unione Europea
USD	Dollaro statunitense

1 PRESENTAZIONE DELL'INIZIATIVA

Lo sviluppo del **Porto turistico di Fiumicino Isola Sacra**, atto a ottimizzare e potenziare il Sistema Portuale Laziale, è un'iniziativa concepita nell'ultimo decennio degli anni Novanta e i cui lavori sono stati avviati nel 2010 e successivamente interrotti a causa del fallimento del Concessionario, la società Iniziative Portuali S.p.a. (IP). Ad oggi risulta realizzata solo una parte della diga foranea, senza che siano state realizzate né la marina, né le opere necessarie all'urbanizzazione dell'area in concessione, con un mancato raggiungimento degli standard urbanistici e senza la realizzazione dalle richieste previste a servizio di Isola Sacra, lasciando anzi le aree di progetto in un generale stato di degrado.

Il progetto come originariamente concepito, risulta ormai presso modo incompatibile con gli attuali sviluppi del mercato, politiche di sostenibilità e funzioni territoriali. Conseguentemente, tramite una sistematica rivisitazione dei profili di sostenibilità ambientale e di integrazione nel contesto, anche a seguito di approfondite interazioni con le Amministrazioni competenti, la presente iniziativa, ha lo scopo di rinnovare ed aggiornare il Progetto e in particolare di:

- ✓ stimolare uno sviluppo sostenibile dell'area portuale;
- ✓ allineare la capacità dell'iniziativa alle odierne e previste condizioni del mercato nautico e di quello immobiliare;
- ✓ ripristinare le aree degradate tramite la realizzazione di aree verdi e di interventi di rinaturalizzazione, con conseguente miglioramento della qualità ambientale e paesistica;
- ✓ riqualificare le funzioni sociali dell'area inserendo un elemento di attrattività e di qualità sia per gli utenti, che per gli abitanti dell'area.

L'iniziativa si basa quindi sull'opportunità individuata dal Royal Caribbean Group s.r.l. (RCG) di introdurre una funzione crocieristica all'interno del Porto di Fiumicino Isola Sacra come variante al progetto del già approvato (Progetto IP2009), mantenendo prevalente la funzione di porto turistico, riducendo contemporaneamente la superficie edilizia a vantaggio di una più estesa fruibilità pubblica dell'area concessa.

Considerate le evidenti potenzialità dell'iniziativa presentata, il fondo *iCON Infrastructure LLP* (iCON, specializzato in investimenti azionari a lungo termine in attività infrastrutturali private in Europa e Nord America con una raccolta di 3,6 miliardi di USD) e *Royal Caribbean Group* (RCG, secondo gruppo crocieristico mondiale con base a Miami, US) hanno costituito la *Fiumicino Waterfront s.r.l. (FW)* ed attraverso di essa, in qualità di nuovo concessionario subentrato ad IP, si sono impegnati alla realizzazione dell'opera e al suo aggiornamento in termini di fruibilità e sostenibilità in un quadro di rinnovata compatibilità finanziaria.

Nel seguito, si riporta una breve descrizione dell'iniziativa, la presentazione del Proponente, le motivazioni dell'opera e il contesto normativo di riferimento.

1.1 BREVE DESCRIZIONE DELLE OPERE

L'area è ubicata al margine Sud-occidentale dell'Isola Sacra, un'isola di circa 12 km² sorta presso la foce del Tevere, che si è andata formandosi artificialmente per l'allungamento della Fossa Traiana (oggi Canale di Fiumicino), di collegamento tra il fiume e l'antico porto Imperiale di Traiano.



Figura 1.1: Inquadramento area di Progetto

Il nuovo terminal crociere andrà ad integrare la capacità complessiva del Sistema Portuale Laziale, che ad oggi è ancor di più in considerazione dell'attesa evoluzione del volume-passeggeri, sconta un ritardo quali-quantitativo di offerta rispetto ai concorrenti del Mediterraneo occidentale; analogamente, l'ampia offerta di approdi per Mega Yachts risponde ad una domanda che mostra segni di grande vitalità e presenta un alto grado di sinergia e compatibilità con la nuova funzione crocieristica; la marina infine conferma la sua capacità per circa mille imbarcazioni da diporto a fronte di una drastica riduzione delle cubature per residenza e servizi, sostituite da un'infrastruttura verde estesa su 150,000 mq.

La realizzazione dell'intervento, prima con le opere funzionali al Giubileo 2025 e poi con i suoi stralci successivi fino al completamento nel 2035 che ne suggellerà la vocazione a destinazione di prestigio, permetteranno di recuperare e di restituire all'uso pubblico un'area attualmente degradata, sulla quale si estenderà un grande parco urbano lineare di circa 150,000 mq, al tempo stesso spina dorsale del progetto e confine denso, naturale e permeabile, che agisce da filtro nel passaggio dalla città al mare.

- ✓ Il parco, punteggiato di servizi che ne supportano la fruibilità, accompagnerà e metterà in connessione senza soluzione di continuità la rinnovata area sud, ricca di identità culturale (il Vecchio Faro, i Bilancioni), e l'area nord, più legata al tessuto urbano contemporaneo della città di Fiumicino, passando per il centro infrastrutturale del porto, dedicato alla crocieristica e ai cantieri nautici, e per quello turistico-ricreativo, caratterizzato da spazi per eventi all'aperto, dall'edificio circolare dove sono stati concentrati i servizi alla marina, e l'hotel/aparthotel, per terminare con un'area parcheggio inserita nel verde e con gli spazi vocati alla nautica sociale e alla scuola velica.

Il **porto turistico**, improntato a principi di ecosostenibilità e integrazione con il territorio, concorre a qualificare la rete del diportismo nazionale. La struttura offrirà un ormeggio stanziale e stagionale, servizi di cantieristica, di sorveglianza, di connessione in rete, di banchine attrezzate per l'accoglienza e l'assistenza al cliente tutto l'anno. La struttura amplia la sua offerta ad utenti di una tipologia di imbarcazione medio-alta. Infatti, dei 1200 posti barca previsti almeno il 10% saranno rivolti a imbarcazioni superiori ai 40 m e con lunghezza fino a 110 m (super, mega e giga yacht). Il **cantiere navale** costituirà uno dei tratti essenziali dell'identità del porto, in grado di garantire tanto assistenza "a secco" (per imbarcazioni fino a 40m), quanto "a bordo".

L'esistente porticciolo in subconcessione verrà spostato nell'area nord del porto, dove sorgerà anche la scuola velica. Il **vecchio faro** sarà ristrutturato e messo a disposizione del Comune di Fiumicino come area espositiva, i **bilancioni** verranno rivisitati mantenendone la peculiare tipologia architettonica e convertiti in spazi ricreativi, associativi e di ristorazione.

I volumi edilizi sono ora costituiti da un **hotel** da 250 stanze con aparthotel per soggiorni di maggiore durata e dagli edifici di servizio alla marina e alla crocieristica, ai quali si aggiungono una grande piazza pubblica coperta, luogo di ritrovo, spazio per eventi o mercato cittadino ed un'area a verde destinata a **parco pubblico** pari a 150,000 mq, disseminata di aree e edifici minori attrezzati per lo sport e attività ricreative intergenerazionali, ristoro e vita associativa (community hubs). E' stata invece del tutto rimossa dal progetto la funzione residenziale, riducendo in modo sostanziale i volumi e la pressione urbanistica rispetto a quanto autorizzato per il progetto originale.

Via del Faro viene interamente adeguata e dotata di **parcheggi** pubblici nel tratto tra il faro e la Rotatoria Falcone, mentre ampie aree parcheggio sono previste nell'area in concessione, applicando un concetto *green* caratterizzato da superfici permeabili e alberature per ombreggiamento. Il drenaggio dell'area in concessione è improntato strettamente ai criteri dell'invarianza idraulica e del riuso. In generale, la progettazione è orientata alla conservazione delle risorse naturali attraverso strategie *net-carbon* e di **autosufficienza energetica** ed alla minimizzazione degli impatti residui. Oltre 12 milioni di euro sono previsti quale contributo speciale per interventi nell'area di Isola Sacra prevalentemente dedicati alla **viabilità**, da concordare con il Comune di Fiumicino in sede di *Convenzione Urbanistica*.

Per quanto riguarda il **settore crocieristico**, il progetto è altamente compatibile con il contesto attuale: il nuovo porto, insieme al porto commerciale di Fiumicino Nord e a quello di Civitavecchia, può rappresentare un nuovo sistema di porti con offerta crocieristica complementari e non in competizione. Il fenomeno non è nuovo: in Liguria coesistono tre porti che offrono servizi crocieristici nell'arco di 150 km e con utenti che nelle previsioni per il 2024 si stanno riallineando al dato pre-covid del 2019. L'investimento prevede inoltre la realizzazione di un impianto di *shore-power* (o *cold ironing*) di ultima generazione che consente di spegnere i motori della nave ormeggiata, azzerandone le emissioni, contribuendo ad alimentare il traino vero la transizione ecologica del settore.

Le lavorazioni di realizzazione, saranno divise in lotti funzionali: il primo lotto di opere comprenderà la diga foranea (Molo Traiano), le parti funzionali del molo sottoflutto (Molo Adriano) e del molo di spina e di approdo crocieristico (Molo Claudio), le opere di dragaggio, colmata a terra e ripascimento (previsto a Fregene Nord, a completo carico del progetto e in aggiunta agli oneri di urbanizzazione), il risanamento del Vecchio Faro di Fiumicino e la realizzazione della parte meridionale del parco pubblico per circa un terzo del totale e delle principali opere di urbanizzazione.

La marina e la restante parte del parco e delle opere al servizio della cittadinanza, community hubs, servizi culturali, sportivi e ricreativi, verranno realizzati per stralci nei successivi 2 anni e 6 mesi, per essere completati con l'edificio servizi (Circular building) con il cantiere nautico entro ulteriori i dodici mesi. Hotel e Banchina Megayacht verranno realizzati nel 2035, quando le attività portuali saranno adeguatamente avviate per offrire questo tipo di servizi, propri di un porto con adeguato standing internazionale.

1.2 CONTESTO NORMATIVO DI RIFERIMENTO

Il progetto in studio ricade nella categoria dei progetti di competenza statale di cui **al punto 11 dell'Allegato II alla Parte Seconda del D.lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii.** - ... porti con funzione turistica e da diporto quando lo specchio d'acqua è superiore a 10 ettari o le aree esterne interessate superano i 5 ettari oppure i moli sono di lunghezza superiore ai 500 metri. Terminali marittimi, da intendersi quali moli, pontili, boe galleggianti, isole a mare per il carico e lo scarico dei prodotti, collegati con la terraferma e l'esterno dei porti (esclusi gli attracchi per navi traghetto), che possono accogliere navi di stazza superiore a 1350 tonnellate, comprese le attrezzature e le opere funzionalmente connesse.

A conferma dell'importanza e della rilevanza strategica del progetto, a Giugno 2023, l'opera è stata ascritta dal Governo Italiano come strategica per il Giubileo 2025 nell'ambito di intervento "Accoglienza per i pellegrini e i visitatori" in ragione della sua funzione di ulteriore via di pellegrinaggio e "porta" di accesso a Roma, ed inserita con la denominazione Porto turistico-crocieristico di Fiumicino Isola Sacra nella relativa lista del Dpcm 8 giugno 2023 come scheda n.146. Dunque, il Progetto di Fattibilità Tecnico Economica (PFTE) e Studio di Impatto Ambientale (SIA) del Porto Turistico-Crocieristico di Fiumicino Isola Sacra, relativi al nuovo assetto proposto per l'area in concessione verranno sottoposti a processo di approvazione secondo le procedure previste dal Dpcm 8 giugno 2023.

L'iter approvativo dell'opera sarà quindi svolto nell'alveo delle procedure speciali stabilite dal decreto, che risultano in un sostanziale contingentamento dei tempi per le procedure VIA-VAS e Conferenza dei Servizi per garantire l'esecuzione della stessa nei tempi necessari.

La Conferenza dei Servizi si svolgerà parallelamente alla procedura VIA e si chiuderà una volta recepito il parere VIA/VAS, determinando le condizioni per la stipula con il Comune di Fiumicino e con la Regione Lazio degli

aggiornamenti di Accordo di Programma (con contestuale approvazione della relativa Variante al PRG del Comune di Fiumicino), Convenzione Urbanistica (per l'aggiornamento degli impegni del concessionario riguardo agli oneri urbanistici ed alle opere necessarie sul territorio) e Concessione Demaniale Marittima.

All'interno della procedura, il Comune di Fiumicino svolge il ruolo di soggetto "proponente" ed "attuatore", mentre Fiumicino Waterfront quello di soggetto "esecutore" e "finanziatore".

1.3 SCOPO DEL LAVORO

Il presente studio di propagazione è finalizzato alla valutazione del rumore sottomarino durante la fase di cantiere e quella di esercizio del progetto. Sono presentati i risultati in termini di disturbo dei mammiferi marini tramite la simulazione del rumore prodotto da tre tipologie di imbarcazione: una draga, una nave da crociera e un superyacht. I risultati ottenuti sono confrontati con soglie di disturbo comportamentale, secondo le Linee Guida proposte dall'ISPRA [10]

2 ANALISI DI DISPERSIONE DI RUMORE SOTTOMARINO

Al fine di valutare l'impatto acustico sui mammiferi marini sono state effettuate simulazioni utilizzando il modello acustico sottomarino "Underwater Acoustic Simulator" (UAS) implementato nel software idrodinamico MIKE. Le simulazioni sono state condotte facendo riferimento sia alla fase di cantiere (dragaggio) sia a quella di esercizio (navi da crociera e superyacht).

Per quanto concerne la fase di cantiere, nel presente documento si è considerato unicamente il contributo acustico in mare dato dall'attività di cantiere in fase di dragaggio, poiché, per la realizzazione dei moli la scelta progettuale è in fase di approfondimento, in particolare, si sta valutando come soluzione costruttiva l'utilizzo di palancole al posto dei cassoni. Seguirà simulazione di dettaglio del rumore sottomarino generato dalla realizzazione dei moli con la migliore scelta progettuale individuata.

I risultati di tali simulazioni sono stati poi confrontati con alcune soglie di impatto sonoro, disponibili in letteratura, al fine di stabilire in che modo ottimizzare sia la fase di cantiere che quella di normale esercizio limitando al minimo possibile il disturbo per i cetacei. Nei paragrafi che seguono sono descritti il modello, i dati di base e i risultati delle simulazioni.

2.1 MODELLO ACUSTICO SOTTOMARINO

Il modulo acustico sottomarino "Underwater Acoustic Simulator" (UAS), del pacchetto MIKEbyDHI, sviluppato da DHI (Danish Hydraulic Institute), è "Range dependent Acoustic Model (RAM)", cioè basato su modelli di propagazione del suono presenti in letteratura e dipendenti dall'intervallo di frequenze considerate. Esso è in grado di tenere in considerazione i principali parametri rilevanti nel calcolo di rumore sottomarino, e in particolare i gradienti di velocità del suono, l'attenuazione volumetrica nella colonna d'acqua e gli effetti di salinità, temperatura e pH. Tale modello è stato usato in studi di Valutazioni di Impatto Ambientale relativi a operazioni di trivellazione svolte su impianti offshore [1] nonché in pubblicazioni su riviste internazionali [2].

Per un trattamento realistico degli effetti di fondale sulla propagazione delle onde sonore nel mare, è necessario includere le proprietà assorbenti del fondale marino; perciò, il modulo UAS modella la propagazione delle onde di compressione all'interno del fondale. Ciò viene fatto includendo le variazioni di densità e proprietà assorbenti tra i vari strati che compongono il fondale, attraverso una modellazione semplificata che prevede un certo numero di strati solidi a densità e spessore costante. La condizione di limite (boundary) inferiore del dominio è rappresentata da uno strato fittizio a completo assorbimento allo scopo di assicurare che non ci sia energia riflessa dal limite inferiore del dominio.

Il termine sorgente è modellato come una sorgente puntuale omnidirezionale.

Il modulo UAS ha lo scopo di studiare la propagazione del suono, per esempio, in progetti di ricerca o in valutazioni di impatto ambientale (VIA) dove viene investigato l'impatto acustico sulle forme di vita acquatica. Il modello è in grado di considerare sia basse che alte profondità in un ampio spettro di frequenze.

2.2 TERMINOLOGIA

Per comprendere l'impatto dovuto ai rumori sottomarini è necessario innanzitutto definire alcune misure acustiche, atte ad essere confrontate con diverse soglie.

- ✓ Livello di pressione sonora – Sound Pressure Level (SPL): è la misura in dB (riferito alla pressione di riferimento in ambito sottomarino di 1 μ Pa, pertanto con unità di misura dB re 1 μ Pa) della pressione sonora misurata a 1 m dalla sorgente Source Level (SL) o al livello del ricevitore Received Level (RL); Il Root-Mean-Square (RMS) Sound Pressure Level (SPL) viene tipicamente usato per quantificare i rumori di natura continua e rappresenta la pressione media su un certo intervallo di tempo.

$$RMS\ SPL = 20 \cdot \log_{10}(P_{RMS}/P_{ref})$$

- ✓ Livello di esposizione sonora – Sound Exposure Level (SEL): è una misura di energia riferita ad un certo intervallo di tempo e può risultare molto utile nel valutare l'esposizione complessiva a diversi rumori in quanto permette di paragonare suoni di diversa durata in termini di energia totale. Si misura in dB re 1 μ Pa²s e viene valutato come l'integrale su un tempo T del quadrato della pressione sonora rispetto alla pressione di riferimento.

$$SEL = 10 \log_{10} \int_0^T \frac{p^2(t) dt}{P_{ref}^2}$$

Per tempi pari a 1 secondo il SEL e l'SPL coincidono, mentre per tempi superiori a 1 secondo il SEL sarà superiore all'RMS SPL secondo la seguente equazione

$$SEL = SPL + 10\log_{10}(T)$$

- ✓ Livello di esposizione sonora cumulato – Cumulative Sound Exposure Level (SELcum): quando si verificano transienti con differenti eventi di pressione sonora (per esempio durante pile driving o operazioni sismiche) il SEL cumulativo può essere calcolato sommando i SEL dei diversi eventi.
- ✓ Livello sorgente – Source Level (SL): è la forza apparente di una sorgente sonora ad una distanza di riferimento, tipicamente 1 m, dalla sorgente (per esempio, una sorgente può essere definita come avente SPL di 140 dB re 1 μ Pa @ 1 m). All'atto pratico raramente si misura a tali brevi distanze, e pertanto il SL viene valutato con una propagazione "all'indietro" delle misurazioni effettuate.
- ✓ Livello ricevuto – Received Level (RL): è la forza di un segnale acustico ad una certa profondità e distanza in relazione alla sorgente. Poiché il suono varia con la distanza, è importante segnalarela quando si riportano misure di RL.
- ✓ Perdita dovuta alla trasmissione – Transmission Loss (TL): rappresenta la perdita di intensità o pressione del segnale acustico man mano che si propaga nel fluido. Per definizione pertanto si ha che

$$RL = SL - TL$$

2.3 RANGE DI SENSIBILITÀ CARATTERISTICI PER CETACEI E RELATIVE SOGLIE

Al fine di quantificare gli impatti sonori sulla popolazione marina è stata definita una classificazione della sensibilità uditiva dei mammiferi marini, che potenzialmente potrebbero essere presenti nella zona marittima di interesse. Tali informazioni sono state dedotte sulla base di Southall et al. (2007) [9] e Borsani e Farchi (2011) [10]. La Tabella 2.1 riporta per tre categorie di cetacei a differenti capacità acustiche i tipici range di frequenze sensibili e tre soglie di interesse per la stima dell'impatto sonoro sulla fauna marina. La suddivisione proposta per i cetacei si basa sulla su quella proposta Borsani e Farchi (2011) [8], a sua volta tratta da Southall et al. (2007) [7].

In particolare, si definiscono come:

- ✓ **Soglia comportamentale:** valore soglia di rumore capace di originare le prime significative risposte comportamentali (quali ad esempio allontanamento dall'area e antagonismo verso altri animali); Tali soglie sono quelle relative ai rumori di tipo non impulsivo [8], data la natura dei rumori analizzati in questo studio.

Tabella 2.1: Range e soglie di sensibilità uditiva.

Gruppo funzionale	Larghezza di banda uditiva stimata [Hz]	Soglia comportamentale [dB re: 1 μ Pa RMS SPL]
Cetacei a bassa frequenza (LF)	7 – 35000	100
Cetacei a media frequenza (MF)	150 – 160000	110
Cetacei ad alta frequenza (HF)	275 – 160000	140

2.4 DATI DI BASE E ASSUNZIONI MODELLISTICHE

In questo paragrafo sono analizzati nel dettaglio tutti i dati di base e le assunzioni necessari per le modellazioni successive.

2.4.1 Termini sorgente

Le sorgenti del rumore sottomarino, al fine della modellazione per la valutazione dell'impatto, sono caratterizzate da:

- ✓ Spettro sonoro
- ✓ Tempo di presenza
- ✓ Posizione della sorgente

Lo spettro dipende dal tipo di mezzo; durante le attività saranno coinvolti diversi natanti: al fine di modellare entrambe le fasi, si è deciso di considerare un mezzo di tipo draga per la fase di cantiere e un mezzo di tipo superyacht e nave da crociera per la fase di esercizio.

Per quanto la presenza dei mezzi in entrambe le fasi sia di carattere intrinsecamente temporaneo, la durata di stazionamento può essere ragionevolmente assunta superiore a 1 giorno, per cui è verosimile considerare le sorgenti come costanti nel tempo, in grado di produrre un tipo di rumore continuo.

Poiché il rumore per i mezzi navali è generato tipicamente dalla cavitazione delle eliche e dalla vibrazione dei motori e delle strutture ad essi connesse, il termine sorgente viene usualmente posizionato ad una profondità pari al pescaggio della nave.

Nei paragrafi successivi sono definite in dettaglio le sorgenti per le due fasi analizzate.

2.4.1.1 Fase di cantiere

Durante la fase di cantiere, come suddetto, sono analizzati mezzi tipo draga. All'attuale stato di avanzamento del progetto, non essendo ancora stato appaltato il lavoro, non è ancora stato individuato un modello di riferimento preciso. Una possibile alternativa è l'impiego di un mezzo della tipologia Trailer Suction Hopper Dredger (TSHD), con dimensioni simili a quelle riportate nel sito Rohde Nielsen [Rif. Sito web Rohde Nielsen]. In assenza di dati precisi, si è deciso di considerare in maniera conservativa uno spettro di letteratura [1], relativo al rumore massimo di un mezzo durante l'attività di *dredging* (Figura 2.1), a cui corrisponde una intensità overall (cioè sommata su tutte le frequenze) pari a 190.64 dB re 1 μ Pa. Come si può facilmente evincere, nonostante ci sia un picco in corrispondenza della frequenza 40 Hz, il rumore si può considerare quasi uniforme su tutto il range di frequenze. Tale spettro è molto cautelativo, perché considera il rumore massimo emesso dai mezzi TSHD considerati nello studio [1].

La sorgente di rumore viene posta ad una profondità di 4.5 m dal pelo libero, valore ottenuto mediando i pescaggi dei TSHD proposti sul sito Rohde Nielsen [Rif. Sito web Rohde Nielsen].

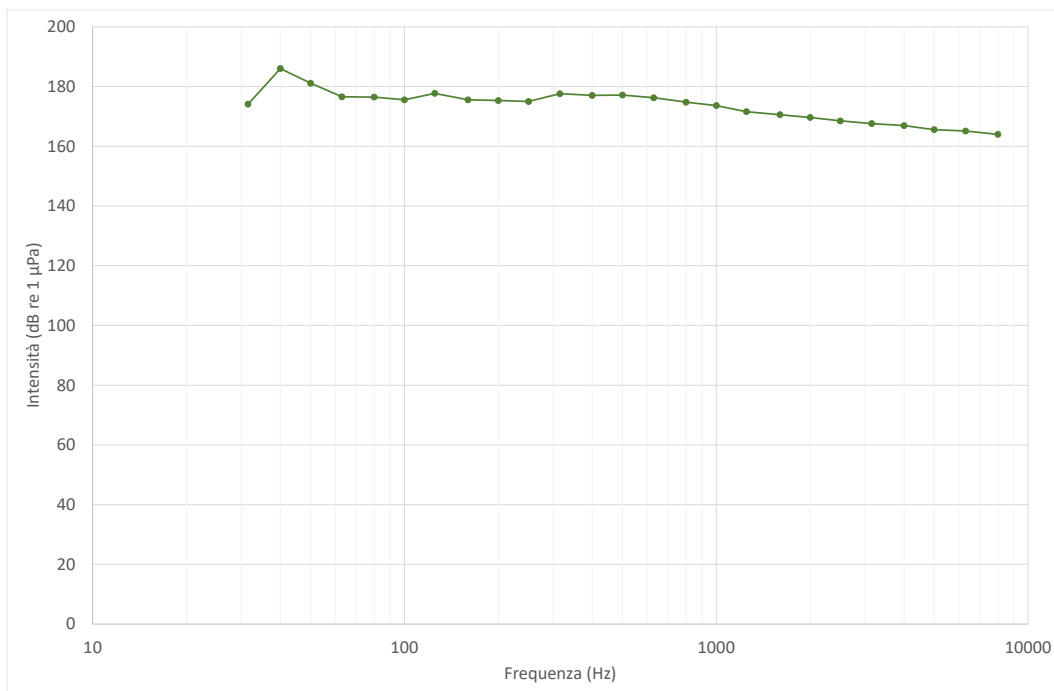


Figura 2.1: Spettro adottato per le simulazioni della draga

2.4.1.2 Fase di esercizio

In merito alla fase di esercizio, è stato simulato il rumore emesso da due mezzi tipici:

- ✓ un superyacht
- ✓ una nave da crociera.

Per quanto riguarda la categoria superyacht, si è fatto riferimento a quanto riportato sul Masterplan di progetto [Fiumicino Isola Sacra Project – Relazione generale], nel quale si afferma che la lunghezza massima prevista per tale tipo di imbarcazioni è pari a 110 m, mentre per la nave da crociera si è considerato come mezzo tipico la nave *Oasis of the seas*, nave passeggeri con LOA pari a 317 m.

Per quanto riguarda la nave da crociera si è posta la sorgente di rumore alla profondità di 8.6 m, ovvero il pescaggio della nave *Oasis of the seas*, mentre per i superyacht si è utilizzato il valore 4.5 m, ottenuto da una correlazione pescaggio-lunghezza fornita dallo studio di letteratura [5].

Gli spettri (Figura 2.2) sono stati ottenuti dalle Linee Guida ISPRA [8]: in particolare, per la categoria superyacht si è utilizzato lo spettro relativo alla categoria "large vessel", mentre per la nave da crociera lo spettro di una nave passeggeri alla velocità di 10 nodi. Tali spettri sono stati adattati in maniera tale da ottenere un valore di intensità overall rispettivamente pari a 169 dB e 181 dB, ovvero l'intensità relativa alla categoria di navi più simili come dimensioni ottenute da letteratura, cioè Tanker 135 m per il superyacht e Containership 274 m per la nave da crociera [4].

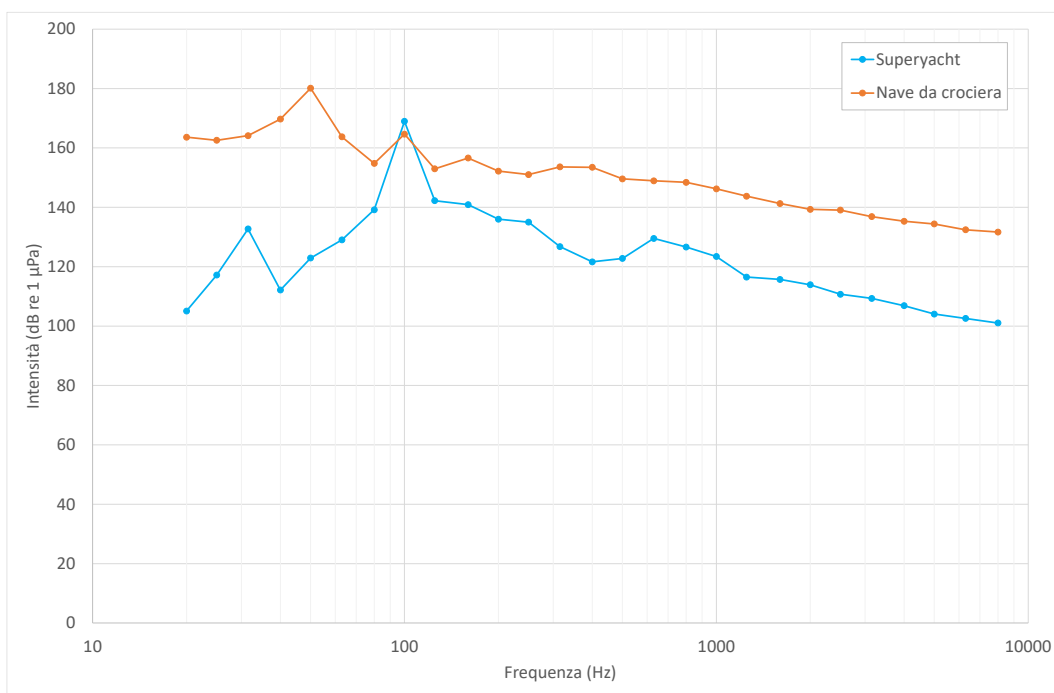


Figura 2.2: Spettro adottato per le simulazioni della nave da crociera e del superyacht

2.4.2 Range di frequenza

Il range di frequenza analizzato va da 20 Hz a 8,000 Hz. Tale intervallo risulta più ampio di quello in cui risiede la maggior parte dell'energia degli spettri sonori dati in input (50 – 1,000 Hz), e comprende al suo interno le due frequenze di maggior interesse per i rumori di tipo continuo come quelli qui analizzati, cioè 65 Hz e 125 Hz, come indicato nella Marine Strategy Framework Directive, Descrittore 11 [11].

Il range di frequenza definito è diviso in bande di terze di ottava, ottenendo 27 frequenze caratteristiche che sono state utilizzate nelle simulazioni.

2.4.3 Posizione della sorgente e batimetria

Il punto di emissione sonora è stato scelto all'interno dell'area che verrà dragata, come indicato in Figura 2.3, a distanza di circa 660 metri dalla costa.

I dati batimetrici relativi al primo chilometro e mezzo dalla costa sono stati ottenuti da un rilievo batimetrico di progetto e presentano una risoluzione molto fine (0.5 m x 0.5 m), mentre quelli al largo sono stati ottenuti dal portale europeo EMODnet [EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2022)], e presentano una risoluzione pari a 1/16° x 1/16° (circa 115 m x 115 m).

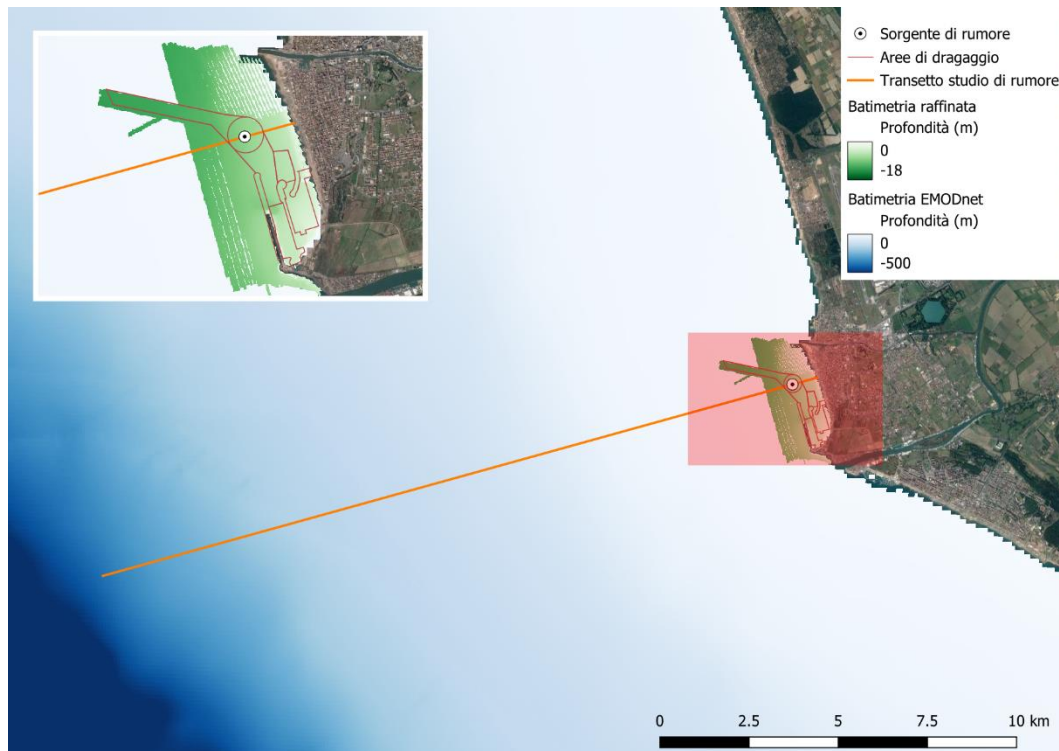


Figura 2.3: Posizione della sorgente e transetto di modellazione

Le Figura 2.4 e Figura 2.5 mostrano l'andamento della batimetria lungo un transetto perpendicolare alla costa e le posizioni delle sorgenti di rumore nel caso di draga, superyacht e nave da crociera. Nel caso di rumore emesso dalla draga si considera la batimetria indisturbata (Figura 2.4), mentre nel caso di superyacht e nave da crociera si considera quella modificata dalla draga con il canale scavato alla profondità di 12.5 m (Figura 2.5) come previsto dal Masterplan.

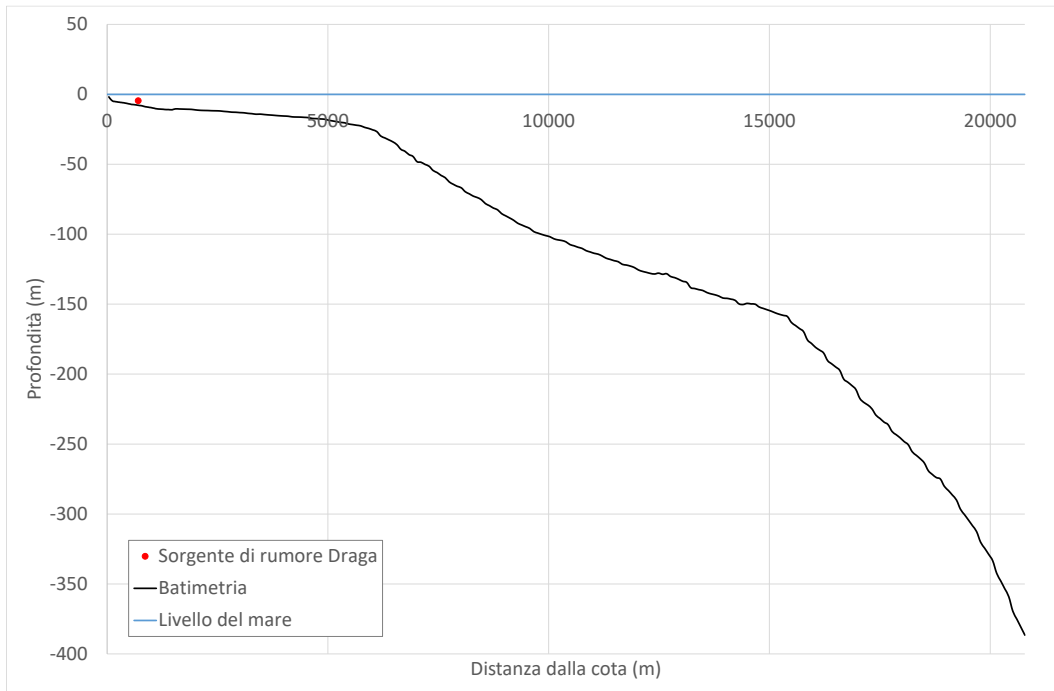


Figura 2.4: Profilo batimetrico e posizione della sorgente (draga)

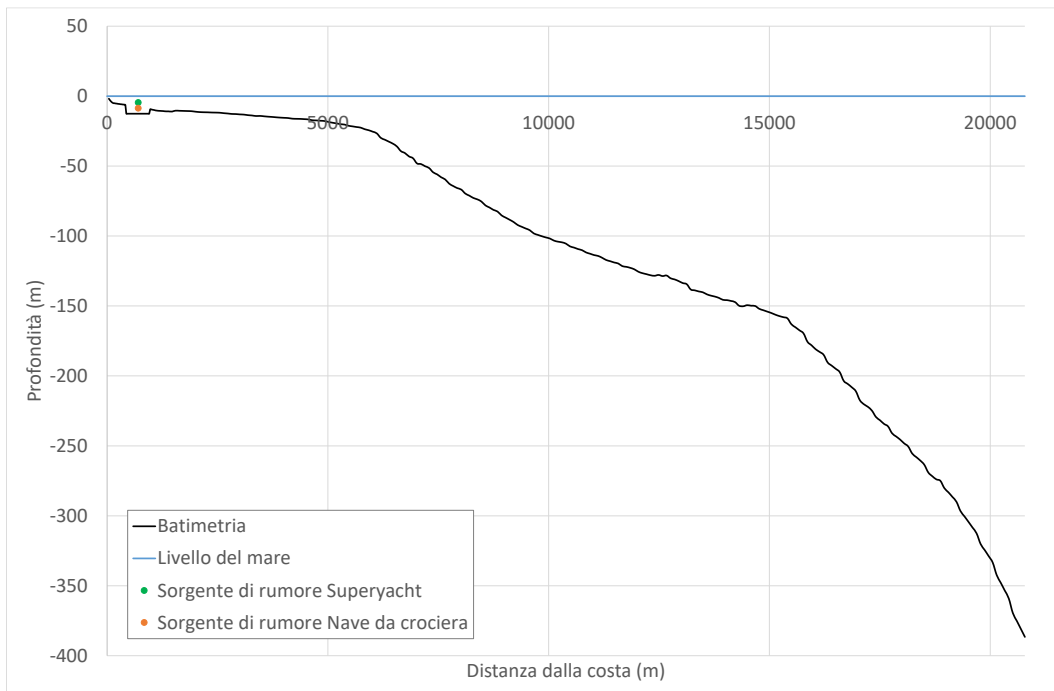


Figura 2.5: Profilo batimetrico e posizione della sorgente (superyacht e nave da crociera)

2.4.4 Dominio di calcolo

Il codice utilizzato è di tipo assialsimmetrico (la posizione orizzontale della sorgente è sempre a coordinata orizzontale nulla, $r = 0$). Ai fini delle valutazioni di impatto sonoro questo aspetto ha reso necessario considerare,

per ciascuna simulazione, due domini di calcolo, in termini batimetrici: “Verso costa” e “Verso largo”. Combinando i risultati delle simulazioni nei due domini si ottiene la situazione acustica complessiva.

Il dominio di calcolo dello scenario “Verso costa” ha una lunghezza orizzontale pari a 660m e una profondità che è funzione della configurazione analizzata:

- ✓ circa 8 m nel caso di batimetria indisturbata (fase cantiere)
- ✓ 12.5 m nel caso di batimetria dragata (fase esercizio)

Il dominio di calcolo dello scenario “Verso largo” ha invece una profondità massima di 385 m ed una lunghezza di 20 km.

La griglia di calcolo è calcolata in maniera automatica dal software UAS in base ai valori di profondità e lunghezza analizzati; i risultati della simulazione sono invece forniti su una griglia di output definita come segue:

- ✓ 20 m x 0.2 m nel caso Verso costa
- ✓ 50 m x 2 m in quello Verso largo.

2.5 CARATTERISTICHE LOCALI

2.5.1 Caratteristiche dell'acqua

La propagazione del suono nell'acqua è definita tramite due proprietà:

1. la velocità del suono: dipendente dall'andamento della temperatura dell'acqua e della salinità con l'aumentare della profondità (e quindi della pressione)
2. l'attenuazione del suono nel mezzo, funzione della temperatura, della salinità e del pH.

In assenza di dati più precisi, per il pH è stato assunto un valore pari a 8.2 lungo tutta la colonna d'acqua. Temperatura e salinità, sono stati ottenuti valori medi relativi alla zona in analisi per le stagioni invernale ed estiva grazie al database Marine Copernicus Mediterranean Sea Physics Reanalysis [Marine Copernicus]. La Figura 2.6 mostra il profilo di temperatura e quello di salinità ottenuti. Come mostrato, la stagione estiva presenta una fascia di termoclino intorno ai 50 m di profondità, mentre quella invernale è fondamentalmente costante. Per quanto riguarda la salinità, durante l'inverno si ha in incremento con la profondità, mentre durante la stagione estiva tale incremento si presenta dopo una iniziale diminuzione fino a circa 40 metri di profondità. I dati arrivano fino alla profondità di -400 m in virtù della massima profondità raggiunta dal fondale nel dominio di calcolo.

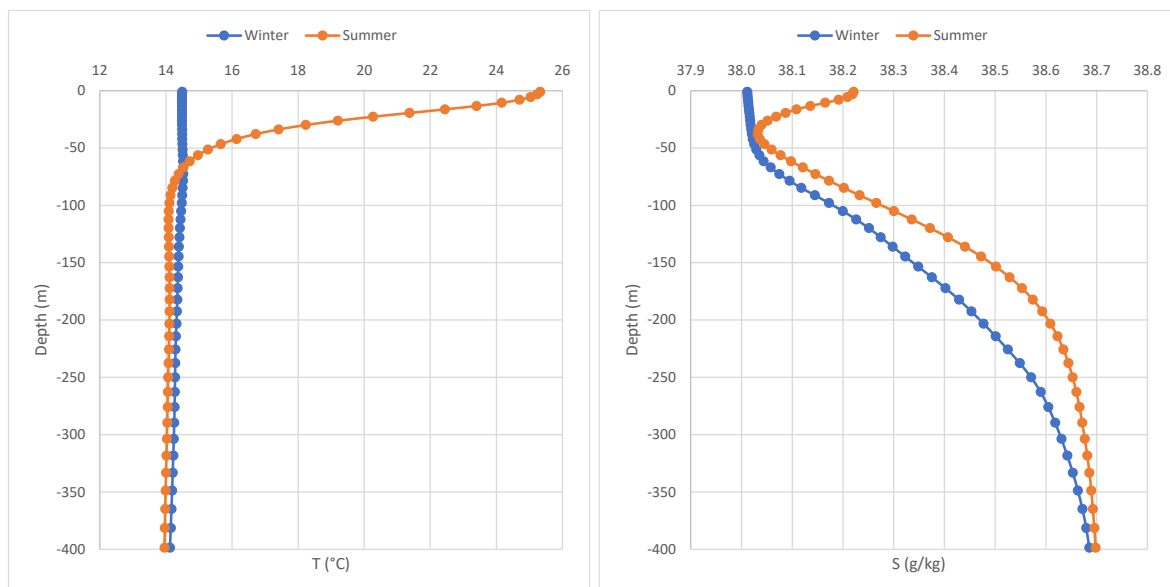


Figura 2.6: Profilo di temperatura (sinistra) e salinità (destra) per la stagione estiva (curva arancio) ed invernale (curva blu)

Utilizzando i valori di temperatura e salinità mostrati in Figura 2.6, sono stati ottenuti due profili di velocità del suono, uno per la stagione estiva e uno per quella invernale, mostrati in Figura 2.7.

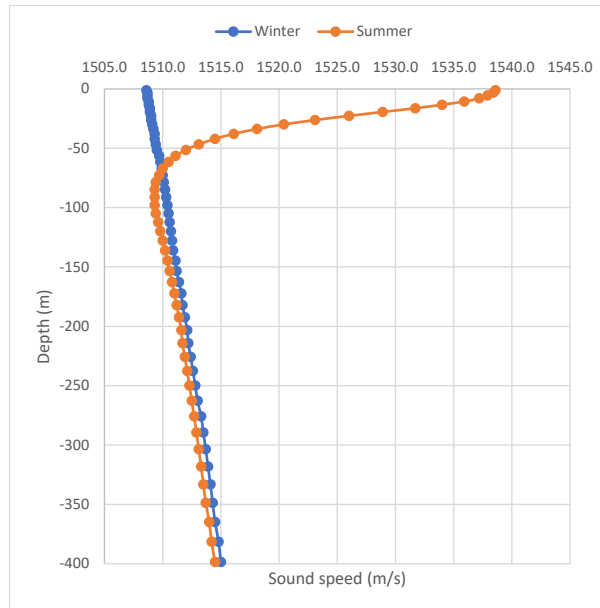


Figura 2.7: Velocità del suono (m/s) per la stagione estiva (curva arancio) ed invernale (curva blu)

La superficie del mare è descritta nel modello numerico UAS come perfettamente riflettente.

2.5.2 Caratteristiche del fondale

Sulla base di dati geologici relativi ad una zona prossima a quella in analisi [6] [Foglio geologico 386 “Fiumicino” ISPRA], il fondale è stato modellato con due strati, come riportato in Tabella 2.2.

Tabella 2.2: Modellazione fondale marino

	Strato 1 - Sabbia	Strato 2 - Argilla
Spessore (m)	3	1000
Densità (kg/m ³)	1900	1500
Velocità dell’onda compressa (m/s)	1650	1500
Attenuazione (dB/lambda)	0.8	0.2

L’assunzione di uno spessore molto ampio (circa 1 km) è conservativa, in quanto allontana la sorgente dallo strato ad assorbimento infinito posta alla base del fondale nel modello di calcolo.

2.5.3 Quadro di riferimento ambientale

Sulla base dello Studio di incidenza ambientale (Screening) [12], le specie di mammiferi marini che si possono riscontrare nel Mar Tirreno Centrale, la cui presenza è verificata e vengono indicate come “regolari”, sono quelle riportate in Tabella 2.3.

Tabella 2.3: Stima di abbondanza delle varie specie di cetacei presenti nel Mar Tirreno Centrale

Nome comune	Nome scientifico	Stima di abbondanza
Stenella striata	<i>Stenella coreuleoalba</i>	regolare
Tursiope	<i>Tursiops truncatus</i>	regolare
Grampo	<i>Grampus griseus</i>	regolare
Capodoglio	<i>Physeter macrocephalus</i>	presente
Balenottera comune	<i>Balaenoptera physalus</i>	presente
Zifio	<i>Ziphius cavirostris</i>	presente
Delfino comune	<i>Delphinus delphis</i>	presente
Globicefalo	<i>Globicephala melas</i>	rara o assente

Dal momento che l'area interessata dal progetto si estende su batimetrie basse e che l'unica specie che frequenta questa fascia di profondità risulta essere il Tursiope (*Tursiops truncatus*), che appartiene ai cetacei a media frequenza [8], tale categoria risulta potenzialmente soggetta all'impatto acustico nell'area considerata.

2.6 RISULTATI

In questo paragrafo vengono riportati e brevemente analizzati i risultati delle simulazioni svolte per i tre scenari analizzati nelle due fasi di progetto: draga, per la fase di cantiere, e nave da crociera e superyacht, per la fase di esercizio.

Il codice utilizzato (UAS) calcola il valore in tutto il dominio del Sound Exposure Level (SEL), che è il parametro tipico per la descrizione del clima acustico. Tale risultato viene dato sia per ogni valore di frequenza analizzato, sia come overall, cioè un valore somma di tutte le frequenze utilizzate. Si sottolinea che il SEL_{overall} fornito dal software, per rumori continui come quelli in esame, coincide con il valore SPL ed è stato confrontato con le soglie di disturbo comportamentale.

In Tabella 2.4 sono riassunti i principali risultati ottenuti in termini di distanza di superamento dei valori di soglia. Tali distanze, espresse in km, rappresentano il raggio di impatto nelle due direzioni di propagazione del rumore che sono state modellate, ovvero verso costa e verso largo.

Dall'analisi dei risultati si possono fare le seguenti osservazioni:

- ✓ Fase di cantiere: il raggio di disturbo durante il periodo estivo è dell'ordine di 12 km verso il largo, mentre verso costa si ha che tutti i 660 m di transetto risultano disturbati. Nel periodo invernale, che risulta in tutti i casi analizzati peggiore di quello estivo, si verifica che invece verso il largo il disturbo superi i 20 km di distanza modellati e, conseguentemente, anche i 660 m verso costa.
- ✓ Fase esercizio: Tali distanze di disturbo si riducono notevolmente per lo scenario nave da crociera, dove il raggio di disturbo risulta essere di 1 km in periodo estivo e 1.2 km durante la stagione invernale. Il transetto verso costa, anche in questo caso, data la sua lunghezza di soli 660 m, risulta essere all'atto pratico sempre disturbato. In ultimo, per i superyacht, il raggio di influenza per il disturbo comportamentale risulta essere di circa 250 m durante la stagione estiva e 300 m durante quella invernale.

Tabella 2.4: Distanza di superamento della soglia di disturbo comportamentale (in km)

Scenario	Stagione	Distanza superamento soglia di disturbo comportamentale	
		VERSO COSTA	VERSO LARGO
Draga	Estate	0.66	11.90
	Inverno	0.66	> 20
Nave da crociera	Estate	0.62	1.00
	Inverno	0.64	1.20
Superyacht	Estate	0.24	0.25
	Inverno	0.26	0.30

3 CONCLUSIONI

Sulla base dei risultati ottenuti con le modellazioni proposte si possono portare alcune conclusioni generali.

La fase di cantiere risulta essere la più disturbante per i mammiferi marini, poiché si verifica disturbo comportamentale nel raggio di svariati chilometri intorno alla sorgente.

Tale tipo di impatto comporta fundamentalmente il cambiamento del comportamento degli animali, che, infastiditi, tendono ad allontanarsi dall'area rumorosa (a breve o a lungo termine) e può sfociare in eventi quali interruzione di comportamenti abituali quali alimentazione e riproduzione, perdita di efficienza nell'accoppiamento e nell'alimentazione, e antagonismo.

Va considerato che, vista la natura temporanea del rumore in analisi (fase di cantiere), tale tipo di impatti sarà ridotto ad una finestra temporale contenuta, ovvero quella dell'uso delle draghe per la realizzazione del canale di avvicinamento e relativo bacino di evoluzione in grado di consentire la manovra di navi da crociera. Ciononostante, vista l'entità dei raggi di disturbo, è consigliabile valutare l'opportunità di avviare i motori per le operazioni in maniera graduale, in modo tale da permettere ai cetacei di allontanarsi dalla sorgente in sicurezza.

Per quanto concerne la fase di esercizio, gli impatti si riducono di un ordine di grandezza rispetto a quella di cantiere, con raggi di disturbo comportamentale dell'ordine del chilometro per la nave da crociera e poche centinaia di metri per il superyacht, risultando quindi molto più contenuti spazialmente.

REFERENZE

- [1] Modellazione numerica del rumore sottomarino associato a operazioni di trivellazione offshore nel Mare Adriatico - ALLEGATO 1-SICS-219-INTEGRAZIONI – Valutazione Impatto Ambientale Perforazione pozzo "Calipso 5 Dir" nell'ambito della concessione di coltivazione di idrocarburi liquidi e gassosi B.C14.AS – Documento pubblico: <https://va.mite.gov.it/it-IT/Oggetti/Documentazione/6880/9623?pagina=3>
- [2] Uwe Stöber, Frank Thomsen; Effect of impact pile driving noise on marine mammals: A comparison of different noise exposure criteria. *J Acoust Soc Am* 1 May 2019; 145 (5): 3252–3259. <https://doi.org/10.1121/1.5109387>
- [3] TNO Report (2010) – *Underwater noise of Trailing Suction Hopper Dredgers at Maasvlakte 2: Analysis of source levels and background noise*
- [4] Fiumicino Isola Sacra Project (2022) – Relazione generale, Doc. No. Doc. No. P0031150-D-0-MP00-GE-REL-01_00
- [5] Borsani e Farchi (2011) - “Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne”, J.F.Borsani, C.Farchi, ISPRA
- [6] Simmonds M., Dolman S., e L. Weilgart (2003). Oceans of Noise. A WDCS (Whale and Dolphin Conservation Society) Science Report.
- [7] PIANC Report n° 134 (2013) - “Design and operational guidelines for superyacht facilities”
- [8] Geotechnical survey (2023) – “Geotechnical log BH10”, RINA
- [9] Southall et al. (2007) - Southall, B.L., Bowles, A.E., Ellison, W.T., Finneran, J.J., Gentry, R.L., Greene Jr., C.R., Kastak, D., Ketten, D.R., Miller, J.H., Nachtigall, P.E., Richardson, W. J., Thomas, J.A. & P.L. Tyack (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. *Aquatic Mammals*, Vol 33(4) 121pp.
- [10] Borsani e Farchi (2011) - Junio Fabrizio Borsani e Cristina Farchi, “Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne”, ISPRA
- [11] Marine Strategy Framework Directive [MSFD] Common Implementation Strategy (2022)
- [12] P0031150-D-0-MP00-AM-REL-19_00 – VALUTAZIONE DI INCIDENZA AMBIENTALE (SCREENING)

SITI WEB CONSULTATI

Rohde Nielsen – <https://rohde-nielsen.com/fleet/hopper-and-grab-dredgers>

EMODnet Digital Bathymetry (DTM 2022) -

<https://emodnet.ec.europa.eu/geonetwork/srv/eng/catalog.search#/metadata/ff3aff8a-cff1-44a3-a2c8-1910bf109f85>

Marine Copernicus -

https://data.marine.copernicus.eu/product/MEDSEA_MULTIYEAR_PHY_006_004/description

Foglio geologico 386 “Fiumicino” ISPRA -

https://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/386_FIUMICINO/Foglio.html