

Duferco Italia Holding S.p.A.
Brescia, Italia
DP Consulting S.r.l.
Treviso, Italia

Venis Cruise 2.0
Nuovo Terminal Crociere
di Venezia, Bocca di Lido

Approfondimenti sulla
Componente Rumore

Duferco Italia Holding S.p.A.

Brescia, Italia

DP Consulting S.r.l.

Treviso, Italia

Venis Cruise 2.0
Nuovo Terminal Crociere
di Venezia, Bocca di Lido

Approfondimenti sulla
Componente Rumore

Rev.	Descrizione	Preparato da	Controllato da	Approvato da	Data
0	Prima Emissione	A. Giovanetti M. Pedullà	M. Compagnino	P. Rentocchini	Febbraio 2016

INDICE

	<u>Pagina</u>
LISTA DELLE TABELLE	II
LISTA DELLE FIGURE	II
1 INTRODUZIONE	1
2 RUMORE TERRESTRE - MISURE PRECAUZIONALI	3
2.1 MISURE PRECAUZIONALI PER LA FASE DI CANTIERE	3
2.2 MISURE PRECAUZIONALI PER LA FASE DI ESERCIZIO	7
3 RUMORE SUBACQUEO - MODELLAZIONE DELLA TRASMISSIONE SONORA	10
3.1 INTRODUZIONE	10
3.2 ASPETTI NORMATIVI	10
3.2.1 Direttiva Parlamento Europeo e Consiglio 2008/56/CE (Strategia per l'Ambiente Marino)	10
3.2.2 Recepimento della Direttiva in Italia	11
3.3 IL RUMORE SOTTOMARINO	13
3.3.1 Aspetti generali sulla Propagazione del Suono in Mare	13
3.3.2 Caratterizzazione delle Sorgenti di Rumore	14
3.4 MODELLIZZAZIONE DEL RUMORE MARINO	17
3.4.1 Geometric Spreading	17
3.4.2 Modelli per la Propagazione del Rumore Sottomarino	19
3.4.3 Criterio di Scelta del Modello	20
3.4.4 Grandezza Utilizzata	20
3.5 PARAMETRI DI INPUT	20
3.5.1 Caratteristiche della Sorgente	20
3.5.2 Batimetria	22
3.5.3 Caratteristiche Oceanografiche	24
3.5.4 Caratteristiche del Fondale	25
3.6 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE	25
3.6.1 Transetto AB	25
3.6.2 Transetto AC	28
3.7 CONCLUSIONI	30

RIFERIMENTI

LISTA DELLE TABELLE

<u>Tabella No.</u>	<u>Pagina</u>
Tabella 2.1: Emissioni Sonore dell'Infrastruttura Marittima e Limiti di Emissione di Zona	7
Tabella 2.2: Clima Acustico futuro con Infrastruttura in Esercizio e Limiti d'Immissione di Zona	7
Tabella 2.3: Emissioni Sonore Navi da Crociera Ormezziate e Limiti di Emissione di Fascia	8
Tabella 2.4: Clima Acustico Futuro con Navi da Crociera e Limiti di Immissione di Fascia	8
Tabella 2.5: Clima Acustico Futuro con l'Infrastruttura Marittima in Esercizio + 5 Navi da Crociera Ormezziate al Terminal	8
Tabella 3.1: Emissioni Sonore - Sorgenti di Tipo Continuo (Estratto da Simmonds M. et al., 2004)	15
Tabella 3.2: Sorgenti Antropogeniche di Rumore in Mare (UNEP-CBD, 2012)	15
Tabella 3.3: Impiego di Modelli di Propagazione del Rumore Sottomarino	19
Tabella 3.4: Caratteristiche Geoacustiche dei Sedimenti	25

LISTA DELLE FIGURE

<u>Figura No.</u>	<u>Pagina</u>
Figura 2.a: Emissioni Sonore in Fase di Cantiere [dBA] – Realizzazione dei Dragaggi	4
Figura 2.b: Emissioni Sonore in Fase di Cantiere [dBA] – Fasi di Posa e Installazione	5
Figura 3.a: Propagazione Geometrica del Rumore	18
Figura 3.c: Posizione della Sorgente e dei Transetti Modellati	23
Figura 3.d: Batimetria Modellata – Transetto AB	24
Figura 3.e: Batimetria Modellata – Transetto AC	24
Figura 3.f: Trasmission Loss (dB) @ 63 Hz - Transetto AB	26
Figura 3.g: Trasmission Loss (dB) @ 125 Hz - Transetto AB	26
Figura 3.h: Trasmission Loss (dB) @ 250 Hz - Transetto AB	27
Figura 3.i: Trasmission Loss (dB) @ 500 Hz - Transetto AB	27
Figura 3.j: Trasmission Loss (dB) @ 63 Hz - Transetto AC	28
Figura 3.k: Trasmission Loss (dB) @ 125 Hz - Transetto AC	29
Figura 3.l: Trasmission Loss (dB) @ 250 Hz - Transetto AC	29
Figura 3.m: Trasmission Loss (dB) @ 500 Hz - Transetto AC	30

RAPPORTO PROGETTO VENIS CRUISE 2.0 NUOVO TERMINAL CROCIERE DI VENEZIA, BOCCA DI LIDO APPROFONDIMENTI SULLA COMPONENTE RUMORE

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito della procedura di Valutazione di Impatto Ambientale (ex Legge Obiettivo) del *Progetto Venis Cruise 2.0 – Nuovo Terminal Crociere di Venezia alla Bocca di Lido*, la Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali, con lettera Prot. DVA–2015–0032270 del 23 Dicembre 2015, ha trasmesso ai Proponenti del progetto la nota Prot. CTVA–2015–004434 del 18 Dicembre 2015 della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS (nel seguito CTVA), nella quale si comunica la necessità di acquisire ulteriori integrazioni ai fini del corretto espletamento delle attività istruttorie.

Tra le diverse richieste di integrazione, nella sopracitata Nota 4434 della CTVA è riportato quanto segue:

Componente “Rumore terrestre, vibrazioni e rumore subacqueo”

Rumore terrestre e vibrazioni

- *Sia per la fase di cantiere sia per la fase di esercizio, non si ritiene sufficiente che il Proponente si limiti a rimandare l'individuazione delle opportune azioni mitigatrici alle successive fasi di progettazione. Ciò anche e soprattutto in relazione all'impatto che l'opera risulta avere sulla componente Avifauna (vedi relativo paragrafo). Tantomeno è giustificata la frase riportata dallo stesso nelle conclusioni dell'Appendice B, in cui si afferma che nell'ambito della Legge Obiettivo in cui l'opera ricade sarà possibile prevedere delle varianti agli attuali strumenti urbanistici. Per quanto sopra si richiede quindi che già nell'attuale fase valutativa vengano ben definite e descritte le azioni mitigatrici "attive" che si intende adottare.*

Rumore subacqueo

L'esame di tutta la documentazione ricevuta ha portato alla conclusione che gli effetti del rumore introdotto in acqua sia dalle fasi di costruzione che dalle fasi di esercizio (atterraggio, ormeggio, disormeggio) non sono stati considerati, pertanto:

- *Alla luce della normativa vigente, che si propone tra l'altro il raggiungimento del buono stato ambientale anche in merito al rumore sottomarino entro il 2020 (D.Lgs. 13/10/2010, n. 190 - Attuazione della direttiva 2008/56/EC - Marine Strategy Framework Directive, che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino, pubblicato nella Gazz. Uff. 18 novembre 2010, n. 270), nonché la protezione dei mammiferi marini (ad esempio il Tursiopo), si ritiene opportuno che vengano caratterizzati i diversi rumori sottomarini prodotti nelle fasi di cui sopra e che ne venga opportunamente modellizzata la trasmissione sonora in uscita dalle Bocche di Lido.*

- *Al fine di quanto sopra si segnala l'opportunità di tener conto anche di quanto riportato nella Decisione della Commissione Europea del 1 settembre 2010 in merito ai criteri e gli standard metodologici relativi al buono stato ecologico delle acque marine con particolare riferimento all' 11° descrittore e relativi sottoparagrafi 11.1 (Distribuzione spazio-temporale di suoni impulsivi di frequenza bassa e media ad alta intensità) ed 11.2 (Suono continuo a bassa frequenza).*

Il presente rapporto, allegato al “Documento di Risposta dei Proponenti alla Richiesta di Integrazioni”, è volto a rispondere a tale richiesta, e descrive:

- le misure precauzionali pianificate per contenere il rumore aerero, sia in fase di cantiere sia in fase di esercizio (Capitolo 2);
- la modellazione condotta circa la trasmissione del subacqueo (Capitolo 3).

2 RUMORE TERRESTRE - MISURE PRECAUZIONALI

2.1 MISURE PRECAUZIONALI PER LA FASE DI CANTIERE

Nello Studio di Impatto Ambientale (Capitolo 7 “Rumore e Vibrazioni”, Paragrafo 7.4 “Valutazione degli Impatti e Misure di Mitigazione”) sono state condotte simulazioni numeriche della rumorosità generata dalle attività di cantiere nelle fasi considerate più rumorose, e in particolare:

- dragaggi del fondale;
- posa e installazione delle strutture e degli impianti del terminal.

Per entrambi gli scenari sono stati presi in considerazione valori di rumorosità tipici dei macchinari impiegati e, cautelativamente, si è assunto il funzionamento contemporaneo e continuativo di tutti i mezzi suddetti alla massima potenza.

Per l’analisi della realizzazione dei dragaggi sono state considerate:

- 3 draghe idrorefluenti con potenza sonora pari a 108.5 dBA;
- 3 draghe a benna con potenza sonora pari a 106 dBA.

Per l’analisi delle successive fasi di posa e installazione, i seguenti mezzi sono stati ubicati nell’intorno del baricentro del Terminal:

- 2 rimorchiatori standard con potenza sonora pari a 110 dBA;
- 2 pilotine di supporto con potenza sonora pari a 105 dBA;
- 1 gru su pontone o barge, con potenza sonora pari a 91 dBA.

Quanto sopra, evidenzia che i risultati delle simulazioni numeriche condotte (si vedano le seguenti figure) sono già di per sé da ritenersi cautelativi.

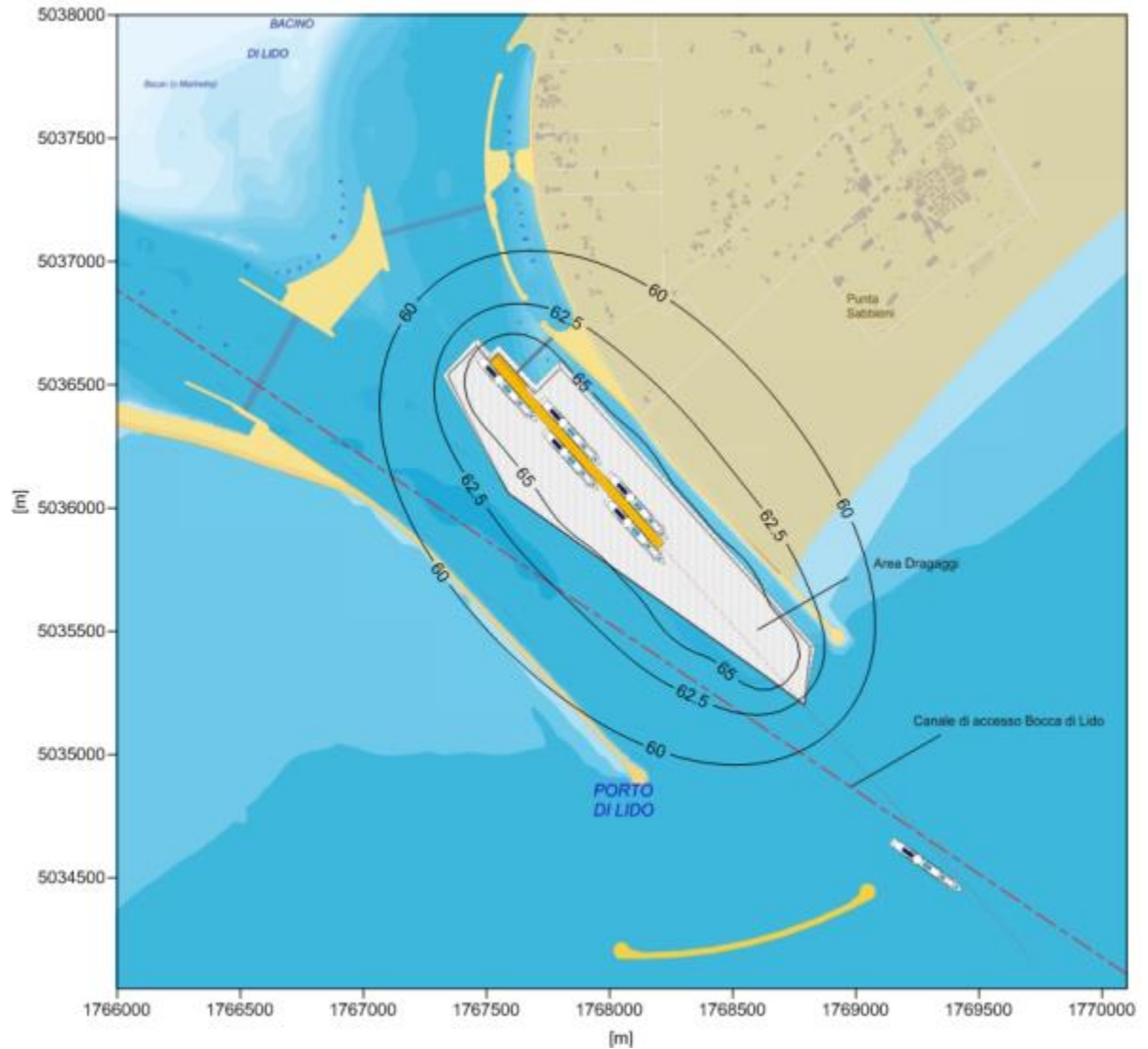


Figura 2.a: Emissioni Sonore in Fase di Cantiere [dBA] – Realizzazione dei Dragaggi

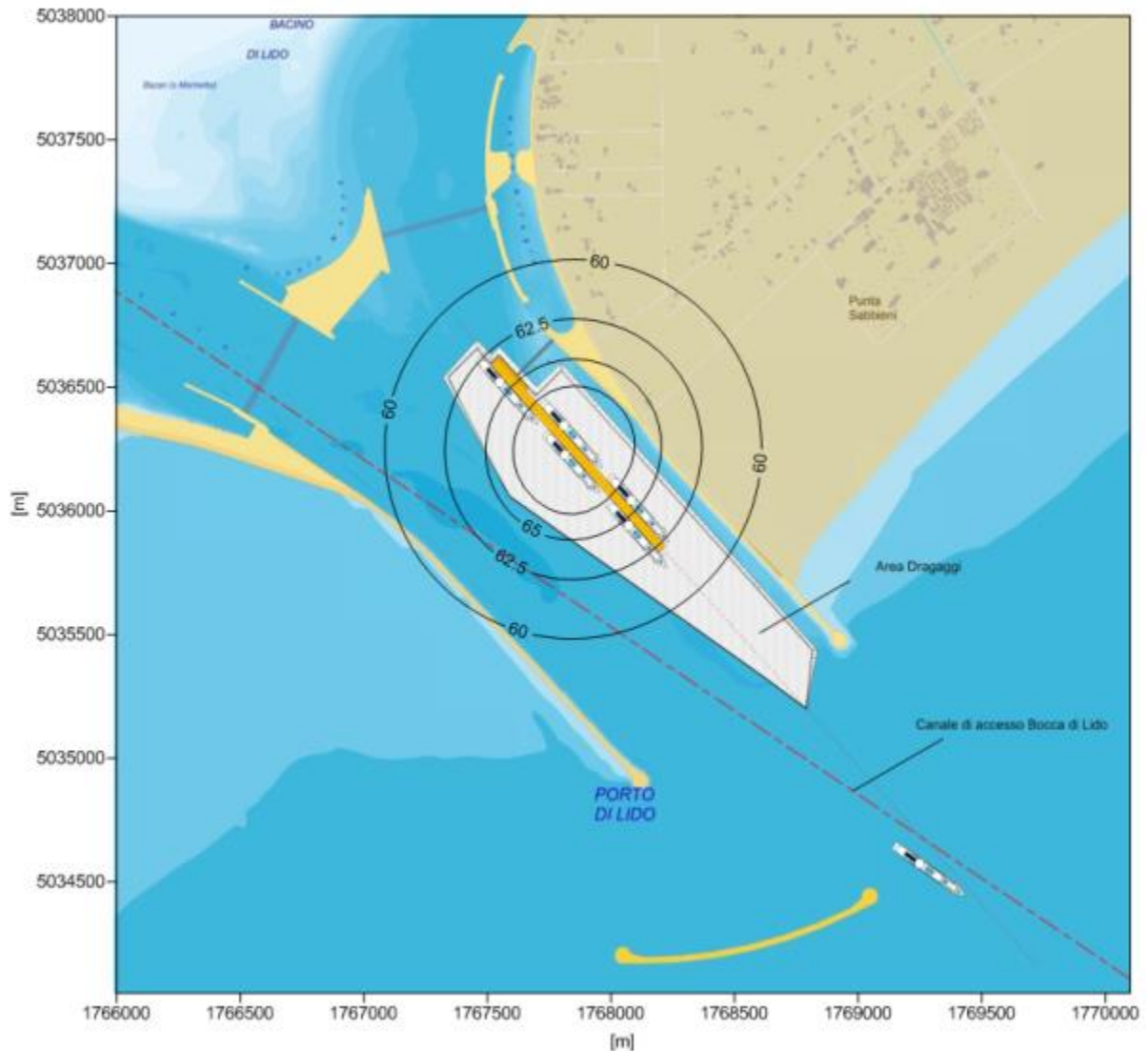


Figura 2.b: Emissioni Sonore in Fase di Cantiere [dB(A)] – Fasi di Posa e Installazione

L'analisi delle figure sopra riportate, evidenzia che le aree caratterizzate dalla presenza di agglomerati di abitazioni ricadono in zone in cui la rumorosità stimata mediante simulazione numerica è non superiore a 62.5 dB(A): tale valore, come già detto, è da considerarsi cautelativo per la stessa definizione dello scenario emissivo; in aggiunta a ciò occorre evidenziare che le simulazioni:

- non tengono conto dell'attenuazione dovuta all'assorbimento dell'aria e del terreno;
- non tengono conto della presenza dell'attenuazione dovuta alla vegetazione;
- non tengono conto della presenza di barriere artificiali, manufatti, strutture, etc.

In considerazione di quanto sopra la rumorosità presso i ricettori e da ritenersi comunque accettabile.

Come già evidenziato nello SIA, a maggior tutela dei ricettori, oltre ai normali accorgimenti di buona ingegneria, quali ad esempio:

- posizionamento delle sorgenti di rumore in una zona defilata rispetto ai ricettori, compatibilmente con le necessità di cantiere;
- mantenimento in buono stato dei macchinari potenzialmente rumorosi;
- sviluppo nelle ore diurne delle attività di costruzione;
- controllo della potenza dei mezzi;
- evitare di tenere i mezzi inutilmente accesi,

il proponente si rende disponibile ad installare barriere fonoassorbenti in prossimità dell'area di cantiere lungo la linea di costa della Penisola del Cavallino.

L'esatto dimensionamento delle barriere potrà essere condotto solamente in fase esecutiva, in maniera tale da individuare correttamente il posizionamento delle barriere, le loro dimensioni geometriche e il potenziale fonoassorbente per banda di ottava.

Tuttavia in questa fase si può già ipotizzare l'installazione di barriere fonoassorbenti (sul lato esterno del Lungomare Dante Alighieri) con le seguenti caratteristiche di massima:

- potere fonoisolante di circa a 25 dB;
- parete silente uniforme, priva di discontinuità e di elementi non fonoisolanti che possano determinare ponti acustici;
- lati lunghi del pannello con profili a tenuta acustica per evitare perdite di isolamento.

L'efficacia di tale barriera in termini di abbattimento presso i ricettori non è definibile a priori, perché è legata alle dimensioni della barriera stessa e alla posizione reciproca di sorgente, barriera e ricettore; tuttavia si può ritenere che l'installazione delle barriere possa portare i livelli di rumorosità percepita presso i ricettori al di sotto dei 60 dB(A).

Si prevede cautelativamente di mantenere in posizione le barriere per tutta la durata del cantiere, tuttavia, al fine di contenere di contenere l'impatto visivo connesso alla loro presenza, in fase esecutiva potrà essere valutata la possibilità di:

- modularne il posizionamento e le dimensioni in funzione dall'avanzamento delle operazioni di cantiere;
- installarle solamente in corrispondenza delle fasi più rumorose.

Prima dell'avvio del cantiere verrà comunque condotta una simulazione dell'impatto acustico di dettaglio, al fine di definire i particolari esecutivi delle misure precauzionali e di richiedere le eventuali deroghe al Comune ai sensi della vigente normativa in materia.

Per quanto riguarda gli effetti sulla fauna e, in particolare, sull'avifauna si rimanda a quanto riportato nel "Documento di Risposta dei Proponenti alla Richiesta di Integrazioni", con particolare riferimento all'individuazione delle ore potenzialmente più "critiche" per le quali si propone un fermo cantiere:

- nel periodo dal 15 Aprile al 30 Aprile dalle 5:00 alle 9:00;
- nel periodo dal 1 Maggio al 31 Maggio dalle 4:30 alle 8:30;
- nel periodo dal 1 Giugno al 30 Giugno dalle 4:00 alle 8:00.

La necessità di attuare ulteriori periodi di fermo cantiere potrà essere valutata in seguito ai risultati dei monitoraggi previsti dal PMA e condivisa con gli enti preposti.

2.2 MISURE PRECAUZIONALI PER LA FASE DI ESERCIZIO

Nello Studio di Impatto Ambientale (Appendice B al Quadro di Riferimento Ambientale), è riportata un dettagliato studio di impatto acustico che, attraverso simulazioni modellistiche con software Sound Plan ha condotto una stima della rumorosità futura generata nell'area di interesse e presso alcuni ricettori rappresentativi dall'esercizio del terminale in due configurazioni:

- infrastruttura marittima (terminal);
- 5 navi all'ormeggio,

ai quali sono associati limiti acustici diversi, come specificato nella suddetta appendice.

In entrambi gli scenari sono riscontrati superi dei limiti di normativa come evidenziato nelle seguenti tabelle:

Tabella 2.1: Emissioni Sonore dell'Infrastruttura Marittima e Limiti di Emissione di Zona

Ricettori	CLASSE	EMISSIONI nuova infrastruttura marittima dB(A)	LIMITI DI EMISSIONE	RISPETTO DEI LIMITI DI EMISSIONE
PERIODO DIURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	47.3	50	SI
2 Ristorante Oasi	I	49.6	45	NO
3 Area SIC/ZPS	I	48.2	45	NO
PERIODO NOTTURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	47.3	40	NO
2 Ristorante Oasi	I	49.6	35	NO
3 Area SIC/ZPS	I	48.2	35	NO

Tabella 2.2: Clima Acustico futuro con Infrastruttura in Esercizio e Limiti d'Immissione di Zona

Ricettori	CLASSE	CLIMA ACUSTICO FUTURO con nuova infrastruttura marittima dB(A)	LIMITI DI IMMISSIONE	RISPETTO DEI LIMITI DI IMMISSIONE
PERIODO DIURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	50.8	55	SI
2 Ristorante Oasi	I	51.9	50	NO
3 Area SIC/ZPS	I	50.4	50	NO
PERIODO NOTTURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	47.5	45	NO
2 Ristorante Oasi	I	49.7	40	NO
3 Area SIC/ZPS	I	48.3	40	NO

Tabella 2.3: Emissioni Sonore Navi da Crociera Ormezziate e Limiti di Emissione di Fascia

Ricettori	CLASSE	EMISSIONI 5 navi da crociera ormeggiate dB(A)	LIMITI DI EMISSIONE	RISPETTO DEI LIMITI DI EMISSIONE
PERIODO DIURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	57	50	NO
2 Ristorante Oasi	III	60.2	55	NO
3 Area SIC/ZPS	III	58.5	55	NO
PERIODO NOTTURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	57	40	NO
2 Ristorante Oasi	III	60.2	45	NO
3 Area SIC/ZPS	III	58.5	45	NO

Tabella 2.4: Clima Acustico Futuro con Navi da Crociera e Limiti di Immissione di Fascia

Ricettori	CLASSE	CLIMA ACUSTICO FUTURO con 5 navi da crociera ormeggiate dB(A)	LIMITI DI IMMISSIONE	RISPETTO DEI LIMITI DI IMMISSIONE
PERIODO DIURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	57.5	55	NO
2 Ristorante Oasi	III	60.5	60	NO
3 Area SIC/ZPS	III	58.8	60	SI
PERIODO NOTTURNO				
1 Abitazione di via Novalis 44	II	57.0	45	NO
2 Ristorante Oasi	III	60.2	50	NO
3 Area SIC/ZPS	III	58.5	50	NO

Nel suddetto studio di impatto acustico è stato inoltre valutata la rumorosità generata dall'infrastruttura + navi da crociera al fine di stimare il clima acustico futuro con le nuove opere di progetto in funzione (si veda la tabella seguente).

Tabella 2.5: Clima Acustico Futuro con l'Infrastruttura Marittima in Esercizio + 5 Navi da Crociera Ormezziate al Terminal

RICETTORI	CLIMA ACUSTICO ANTE OPERAM L_{Aeq}	EMISSIONI OPERE DI PROGETTO (INFRASTRUTTURA MARITTIMA + NAVI CROCIERA) dB(A)	CLIMA ACUSTICO FUTURO dB(A)
PERIODO DIURNO (06.00 – 22.00)			
1 Abitazione di via Novalis 44	48.3	57.4	57.9
2 Ristorante Oasi	48.1	60.6	60.8
3 Area SIC/ZPS	46.3	58.9	59.1
PERIODO NOTTURNO (22.00 – 06.00)			

RICETTORI	CLIMA ACUSTICO ANTE OPERAM L_{Aeq}	EMISSIONI OPERE DI PROGETTO (INFRASTRUTTURA MARITTIMA + NAVI CROCIERA) dB(A)	CLIMA ACUSTICO FUTURO dB(A)
1 Abitazione di via Novalis 44	33.3	57.4	57.4
2 Ristorante Oasi	32.9	60.6	60.6
3 Area SIC/ZPS	31.3	58.9	58.9

A valle delle valutazioni sopra condotte è stata eseguita una ulteriore analisi volta all'individuazione del contributo delle singole sorgenti dell'infrastruttura marittima alla rumorosità complessiva. Da tale analisi è emerso che gli equipment che nella configurazione progettuale originale determinano il superamento dei limiti vigenti sono:

- impianti di climatizzazione UTA;
- griglie di areazione impianti climatizzazione Terminal;
- impianto energia rinnovabile da fonte eolica;
- movimentazione bagagli e attività di banchina.

Sulla base di quanto sopra sono stati quindi calcolati gli abbattimenti necessari sugli equipment sopra citati al fine di poter garantire il rispetto dei limiti di emissione notturna (maggiormente cautelativi) di zona ai ricettori:

- UAT – climatizzazione: 10 dB(A), mediante interventi diretti/di capottatura sulla sorgente;
- generatori eolici: 10 dB(A), mediante interventi diretti/di capottatura sulla sorgente;
- muletti e autocarri: 15 dB(A), mediante ottimizzazione nella scelta dei mezzi operanti sul terminale e/o mediante installazione di una barriera lato Cavallino ;
- locale climatizzazione PAX-2: 15 dB(A), mediante interventi diretti/di capottatura sulla sorgente;
- locale climatizzazione PAX-1: 15 dB(A), mediante interventi diretti/di capottatura sulla sorgente.

Gli interventi sopra descritti, volti a garantire il rispetto dei limiti di emissione notturna, garantiranno anche il rispetto dei limiti di emissione diurna e dei limiti di immissione (notturna e diurna).

Sulle navi ormeggiate non è possibile intervenire per mitigarne le emissioni acustiche, in operativa qualora se ne ravvisasse la necessità (a valle di campagne di misura dedicate¹), saranno valutati interventi di mitigazione sugli edifici dei ricettori con le modalità previste dall'art 5 del D.M. 29 Novembre 2000 “Criteri per la predisposizione, da parte delle società e degli enti gestori dei servizi pubblici di trasporto o delle relative infrastrutture, dei piani degli interventi di contenimento e abbattimento del rumore”.

¹ Gli interventi direttamente sul ricettore sono adottati qualora quelli sulla sorgente rumorosa e quelli lungo la via di propagazione del rumore dalla sorgente al ricettore, tecnicamente non consentano il raggiungimento dei valori limite d'immissione, oppure qualora lo impongano valutazioni tecniche, economiche o di carattere ambientale.

3 RUMORE SUBACQUEO - MODELLAZIONE DELLA TRASMISSIONE SONORA

3.1 INTRODUZIONE

La valutazione dei potenziali disturbi alla fauna marina connessi alla generazione di rumore sottomarino nelle fasi di costruzione ed esercizio dell'opera, effettuata nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale del progetto, è riportata nel Paragrafo 8.4.10 del Quadro di Riferimento Ambientale dello Studio di Impatto ambientale (D'Appolonia, 2015)

In aggiunta a tali informazioni, alla luce del Quadro Normativo vigente in materia di protezione dell'ambiente marino (in particolare del D.Lgs. 190/2010 – Attuazione della Direttiva 2008/56/EC, che si propone tra l'altro il raggiungimento del buon stato ambientale, nonché la protezione dei mammiferi marini), il presente Capitolo riporta la caratterizzazione dei rumori sottomarini prevedibili in fase di costruzione e di esercizio dell'opera e la modellizzazione della trasmissione sonora in uscita dalla Bocca di Lido.

Come già evidenziato nello Studio di Incidenza (Doc. D'Appolonia No. 14-1316-H5 Rev. 1 del Febbraio 2016, allegato al “Documento di Risposta dei Proponenti alla Richiesta di Integrazioni”), il progetto consentirà una diminuzione degli impatti nelle aree lagunari interne dove comunque, in considerazione anche dell'attuale utilizzo delle stesse, la presenza di fauna marina particolarmente sensibile alla rumorosità sottomarina è da considerarsi non rilevante.

3.2 ASPETTI NORMATIVI

3.2.1 Direttiva Parlamento Europeo e Consiglio 2008/56/CE (Strategia per l'Ambiente Marino)

La Direttiva 2008/56/CE istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. Essa contiene gli indirizzi affinché tutti gli Stati membri possano adottare le misure necessarie per conseguire o mantenere un buono stato ecologico dell'ambiente marino entro il 2020, ossia “uno stato delle acque marine tale per cui queste preservano la diversità ecologica e la vitalità di mari ed oceani che siano puliti, sani e produttivi nelle proprie condizioni intrinseche e l'utilizzo dell'ambiente marino resta ad un livello sostenibile, salvaguardando in tal modo il potenziale per gli usi e le attività delle generazioni presenti e future”.

Al fine di tener conto delle specificità delle singole aree marine, l'ambiente marino europeo è suddiviso, all'Articolo 4 della Direttiva, in regioni e sub regioni. In particolare, la regione del Mar Mediterraneo è suddivisa nelle seguenti 4 sub regioni:

- Mar Mediterraneo occidentale;
- Mare Adriatico;
- Mar Ionio e Mar Mediterraneo centrale;
- Mar Egeo orientale.

Per la singola regione o sub regione, lo Stato membro interessato deve elaborare una strategia per la tutela dell'ambiente marino in base al piano d'azione introdotto nell'Articolo 5 che prevede:

- una fase di preparazione, ossia di valutazione e definizione dello stato attuale delle acque con individuazione dei traguardi da raggiungere e del programma di monitoraggio da attuare;
- una fase di programmazione, ossia di elaborazione di un programma di misure finalizzate al conseguimento o al mantenimento del buono stato ecologico delle acque.

Nel caso in cui più Stati membri abbiano in comune una regione o una sub regione, essi devono cooperare secondo quanto indicato nell'Articolo 6. All'Articolo 7 sono, invece, stabilite le tempistiche entro le quali ciascuno Stato membro deve designare le Autorità Competenti per l'attuazione della Direttiva e fornire alla Commissione le indicazioni incluse nell'Allegato II.

Il Capo II della Direttiva definisce i criteri della fase iniziale di preparazione. La valutazione dello stato delle acque (Articolo 8) deve essere eseguita sulla base delle analisi delle caratteristiche delle acque, delle pressioni antropiche e degli impatti principali, considerando gli elenchi indicativi di caratteristiche, pressioni e impatti inseriti nell'Allegato III. A seguito della valutazione iniziale, il buono stato ecologico è attribuito tenendo in considerazione i descrittori qualitativi indicati nell'Allegato I (Articolo 9). In particolare, l'Allegato I, al punto 11 riporta che il buono stato ecologico è attribuito quanto: *“L'introduzione di energia, comprese le fonti sonore sottomarine, è a livelli che non hanno effetti negativi sull'ambiente marino”*.

Al fine di conseguire o mantenere un buono stato ecologico, nell'Articolo 10 della Direttiva sono definiti i criteri per fissare i traguardi ambientali considerando l'elenco dell'Allegato IV. Nell'Articolo 11 sono disciplinati i programmi di monitoraggio che gli Stati membri devono elaborare ed attuare sulla scorta di quanto riportato nell'Allegato V.

Il Capo III della norma definisce i criteri relativi alla fase di programmazione ed, in particolare, all'Articolo 13 sono definiti gli indirizzi per l'identificazione delle misure necessarie al fine di conseguire o mantenere il buono stato ecologico delle acque. Nell'Allegato VI sono elencate alcune tipologie di misure da considerare.

Con la Decisione 477/2010/EU sono stati stabiliti i criteri e gli standard metodologici per la valutazione del grado di conseguimento del buono stato ecologico delle acque.

In Allegato alla Decisione sono riportate le condizioni generali di applicazione dei criteri (Parte A) e la definizione dei criteri stessi (Parte B). In particolare, il punto 11 della Parte B individua come descrittori dei suoni di origine antropica:

- Indicatore 11.1: la proporzione e distribuzione annua dei giorni in cui le sorgenti di suoni intermittenti di frequenza elevata, media e bassa (es: suoni intermittenti causati da indagini sismiche e dall'installazione di pali) superano livelli che potrebbero avere un impatto significativo sulla fauna marina, misurati come livello di esposizione al suono o pressione acustica di picco nella banda di frequenza 10Hz-10kHz;
- Indicatore 11.2: le tendenze nei livelli di rumorosità ambiente per i suoni continui a bassa frequenza (es: operazioni di dragaggio e passaggio di navi), nelle bande 63Hz e 125Hz, di 1/3 di ottava frequenza centrale (re 1μPa RMS) misurate tramite misurazioni e/o utilizzando modelli.

3.2.2 Recepimento della Direttiva in Italia

La Direttiva 2008/56/CE è stata integralmente recepita in Italia tramite il Decreto Legislativo No. 190 del 13 Ottobre 2010 e s.m.i., recante “Ambiente marino – Quadro per l'azione

comunitaria”. Il testo normativo riprende, punto per punto, quanto stabilito nella Direttiva europea con la differenza che il campo di applicazione si restringe alla regione del Mar Mediterraneo ed, in particolare, alle sub regioni che interessano la fascia costiera italiana (Mare Mediterraneo occidentale, Mare Adriatico, Mar Ionio e Mare Mediterraneo centrale).

Il Decreto individua nel Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) l’Autorità Competente ed introduce le funzioni di un Comitato Tecnico, di cui si avvale il MATTM, per il coordinamento delle attività nazionali previste. Per il supporto scientifico-tecnico alle attività di coordinamento, il MATTM si avvale dell’Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), con il quale ha sottoscritto un’apposita Convenzione.

Le attività, così come stabilito nel Decreto, consistono in:

- valutazione iniziale dello stato ambientale delle acque marine (Articolo 8);
- determinazione dei requisiti del buono stato ambientale (Articolo 9);
- definizione dei traguardi ambientali (Articolo 10);
- elaborazione dei programmi di monitoraggio (Articolo 11);
- elaborazione dei programmi di misure per il conseguimento del buono stato ambientale (Articolo 12).

In particolare, la determinazione del buono stato ambientale dell’ambiente marino tiene conto dei descrittori qualitativi, inclusi nell’Allegato I del Decreto.

Allo stato attuale è stata effettuata da parte di ISPRA l’analisi iniziale dello stato dell’ambiente marino e sono state elaborate alcune proposte per la determinazione del buono stato ambientale e la definizione dei target ambientali da monitorare in vista dell’elaborazione di un programma di monitoraggio per la valutazione continua e l’aggiornamento periodico dei traguardi. Con particolare riferimento all’Indicatore 11.2, sulla base della documentazione disponibile (ISPRA, 2013):

- non risulta definito da un punto di vista quantitativo;
- non sono definite unità di misura e valore soglia;
- l’utilizzo della modellizzazione è ritenuto funzionale alla valutazione del rumore nella misura in cui è a complemento dello svolgimento di campagne di misura.

Il DM Ambiente del 17 Ottobre 2014 ha successivamente determinato i requisiti del buono stato ambientale ed i traguardi ambientali al fine di conseguire il buono stato ambientale. Con particolare riferimento al descrittore 11.2:

- requisito del buono stato ambientale di cui all’Art. 9 D.Lgs.190/2010: i livelli dei suoni continui a bassa frequenza introdotti in ambiente marino attraverso attività antropiche sono tali da non comportare effetti negativi a lungo termine sugli ecosistemi marini e sono tali da non comportare il rischio di eventuali impatti comportamentali o percettivi sulle specie marine a livello di popolazione;
- traguardo ambientale di cui all’Art. 11 D.Lgs. 190/2010: definizione di un “baseline level” per i suoni continui a bassa frequenza (“ambient noise”) nelle tre Sottoregioni marine.

Il DM Ambiente 11 Febbraio 2015, ha infine stabilito gli indicatori associati ai Traguardi Ambientali ed i programmi di monitoraggio. Con particolare riferimento al descrittore 11.2 sono individuati come indicatori:

- definizione del “baseline level” per i suoni continui a bassa frequenza (“ambient noise”) nelle tre Sottoregioni marine;
- livelli sonori espressi in dB re 1μPa RMS rilevati nelle stazioni di monitoraggio e le mappe di rumore elaborate per le Sottoregioni.

Per il monitoraggio dei suoni continui a bassa frequenza, il DM prevede:

- piattaforme d’ascolto del rumore ambientale dovuto a traffico (per colmare la mancanza di baseline);
- la generazione di mappe e statistiche dei livelli misurati e del rischio sui cetacei (per la valutazione della correlazione tra rumore continuo e stato dell’ecosistema);
- l’istituzione di un registro delle emissioni di rumore da parte delle navi;
- altre attività opzionali (inclusa la sperimentazione di modelli interattivi per la simulazione della diffusione del rumore e dei metodi di analisi di impatto e di valori soglia di riferimento).

3.3 IL RUMORE SOTTOMARINO

3.3.1 Aspetti generali sulla Propagazione del Suono in Mare

Il suono² è una perturbazione meccanica che viaggia attraverso un mezzo elastico, quale l’aria o l’acqua.

Le particelle del mezzo iniziano a oscillare intorno alla loro posizione iniziale man mano che la perturbazione viaggia attraverso il mezzo. L’oscillazione può essere lenta (producendo quello che viene definito un suono basso) o veloce (suono acuto). La frequenza di oscillazioni in un secondo viene misurata in Hertz (Hz) (UNEP-CBD, 2012).

Il livello sonoro, o Livello di Pressione Sonora (SPL) è espresso in decibel (dB) che costituiscono una misura relativa di pressione sonora riferita al limite inferiore di udibilità (corrispondente in aria a 0 dB). I livelli sottomarini in dB sono riferiti al valore di 1 μPa.

$$SPL = 20 \log_{10} \left(\frac{p}{p_{ref}} \right)$$

Le sorgenti di rumore sottomarino possono essere suddivise, in base alle modalità di emissione:

- rumori di tipo intermittente (es: battipalo, airgun), caratterizzati da una pluralità di singoli eventi di breve durata (componenti di tipo impulsivo);
- rumori di tipo continuo (es: traffico navale, dragaggio, perforazione), eventualmente distribuiti su determinate bande di frequenza (componenti tonali del rumore).

I rumori continui es: rumore dei macchinari di bordo impiegati in fase di dragaggio (pompe etc), del rumore del motore e del sistema di propulsione, etc. sono caratterizzati da variazioni graduali di livelli di pressione sonora nel tempo.

² In generale si utilizza il termine rumore per indicare un suono non desiderato.

Per un segnale continuo, il livello di pressione sonora in un dato intervallo di frequenza riferito a una pressione di riferimento, tipicamente espresso in dB re 1μPa, può essere definito in termini della pressione RMS (“*Root Mean Square*”) come:

$$SPL = 10 \log_{10} \frac{P_{RMS}^2}{p_{ref}^2}$$

Nel caso di una sorgente per cui sono noti i valori medi di livello pressione acustica per le N bande di 1/3 di ottava, il livello di pressione sonora SPL sull'intera banda (“*broadband*”) espresso in dB riferiti a 1μPa può essere definito:

$$SPL_{Broadband} = 10 \log_{10} \left(\sum_{i=1}^N 10^{\frac{SPL_i}{10}} \right)$$

La propagazione del suono attraverso l'acqua è soggetta a perdite dovute a diffusione (in relazione alla distanza dalla sorgente) ed attenuazione (assorbimento), per cui l'energia decresce al crescere della distanza.

Il decadimento del suono è strettamente correlato alla morfologia del fondale e alle caratteristiche chimico-fisiche della massa d'acqua, nonché alle caratteristiche della sorgente. In generale i suoni ad altra frequenza hanno una propagazione limitata, mentre i suoni a bassa frequenza tendono ad avere minori perdite di propagazione.

Nel caso di una sorgente in mare, la propagazione e l'attenuazione del rumore sono condizionate da molti fattori, tra i quali le variazioni o le condizioni di disomogeneità della temperatura, della salinità dell'acqua e della profondità.

Il suono proveniente da una sorgente può propagarsi attraverso l'acqua sia direttamente, sia attraverso rimbalzi multipli tra la superficie ed il fondale.

Rifrazione ed assorbimento favoriscono la deformazione delle onde sonore, determinando una variazione estremamente complessa della forma d'onda durante la propagazione.

3.3.2 Caratterizzazione delle Sorgenti di Rumore

Nel presente Paragrafo si riporta uno stralcio delle informazioni relative alla caratterizzazione delle sorgenti di rumore nelle fasi di cantiere e di esercizio dell'opera, riportate nel Quadro di Riferimento Ambientale dello Studio di Impatto Ambientale presentato per il progetto (D'Appolonia, 2015).

3.3.2.1 Fase di Cantiere

La realizzazione dell'opera in progetto comporterà la generazione di emissioni sonore sottomarine dalle seguenti attività:

- dragaggi e preparazione imbasamenti (durata prevista dei dragaggi: circa 7 mesi);
- trasporto e posa manufatti di sostegno, costituiti da: platea, corpi cilindrici e pulvino (durata prevista: circa 4 mesi);
- trasporto/posa degli impalcati (durata prevista: circa 4 mesi);
- trasporto/posa delle sovrastrutture e impianti (durata prevista: circa 10 mesi).

Dragaggi

Le attività di dragaggio del fondale saranno caratterizzate da un rumore sottomarino di tipo continuo durante le attività, ma discontinuo nell'arco delle 24 ore e soprattutto di tipo non impulsivo.

Le attività dureranno 7 mesi impiegando le seguenti attrezzature:

- 3 draghe idrorefluenti da 2,500 m³/turno con 2 turni/giorno;
- 3 draghe a benna mordente ecologica da 40 m³ con 2 turni/giorno.

Si è considerata una possibile sovrapposizione di 1 mese tra le due fasi.

Durante il dragaggio, il rumore, di tipo continuo, sarà generato principalmente dai propulsori dei mezzi di supporto (rimorchiatore di supporto e mezzi per il trasporto del personale, di materiali e rifornimento), dalle pompe e dalla testa di scavo delle draghe idrorefluenti, dai motori della gru e dalla stessa benna durante l'infissione nel fondale sabbioso.

Per il livello di rumore della sorgente, da dati di letteratura si possono assumere i valori riportati nelle seguenti tabelle.

**Tabella 3.1: Emissioni Sonore - Sorgenti di Tipo Continuo
(Estratto da Simmonds M. et al., 2004)**

Sorgenti Continue	Livelli Sorgente, dB re 1µPa-m
	Broad-band (0.045-7.07 kHz)
MEZZI NAVALI IN NAVIGAZIONE / VESSELS UNDERWAY	
Rimorchiatori e Chiatte/Tug & Barge(18 km/h)	171
5-m Zodiac	156
Supply ship (Kigoriak)	181
Large tanker	186
DRAGAGGIO/DREDGING	
Aquarius (45- 890 Hz) ⁽¹⁾	185
Beaver Mackenzie (45-890 Hz) ⁽²⁾	172

Nota

(1) Acquarius è una draga idrorefluente (CSD - cutter suction hopper dredger) lunga circa 110 m

(2) Beaver Mackenzie era una draga idrorefluente (TSHD- trailing suction hopper dredger) lunga circa 85 m

Si riportano di seguito ulteriori valori di rumore antropogenico relativi alle attività di dragaggio, indicati nella pubblicazione dell'UNEP-CBD (Convention on Biological Diversity) "Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats" (UNEP-CBD, 2012).

Tabella 3.2: Sorgenti Antropogeniche di Rumore in Mare (UNEP-CBD, 2012)

Sound Source	Source Level (dB re 1 µPa-m)	Bandwidth (Hz)	Major amplitude (Hz)	Duration (ms)	Directionality
Large vessels	180 – 190 rms	6 - > 30,000	> 200	Continuous Wave	Omnidirectional
Small boats and ships	160 – 180 rms	20 - > 1,000	> 1,000	Continuous Wave	Omnidirectional
Dredging	168 – 186 rms	30 - > 20,000	100 - 500	Continuous Wave	Omnidirectional
Tidal and wave energy	165 – 175 rms	10 – 50,000	-	CW	Omnidirectional

Posa Inerti e Massi

Le operazioni di posa degli inerti e dei massi per lo scanno di imbasamento delle fondazioni del pontile e relativa scogliera saranno caratterizzate da un rumore sottomarino di tipo continuo durante le attività, ma discontinuo nell'arco delle 24 ore e soprattutto di tipo non impulsivo.

L'attività è inclusa nella fase di dragaggio e preparazione degli imbasamenti della durata complessiva di 7 mesi.

Come sorgenti di rumore sarà ipotizzata una situazione simile a quella proposta in precedenza per la fase di dragaggio, con l'eccezione de rumore di scavo che sarà sostituito dal rumore degli inerti e dei massi al momento del loro posizionamento.

Per il livello di rumore della sorgente, nel caso della tipologia di imbarcazioni di previsto impiego, possono essere assunti i valori caratteristici riportati al paragrafo precedente.

Traffico Marittimo

Oltre ai mezzi impiegati nelle suddette attività, è prevista la presenza di ulteriori mezzi di supporto alle attività di cantiere e in particolare per il trasporto in galleggiamento dei moduli prefabbricati che costituiranno l'opera in progetto. Il tempo totale dei lavori è stimato in 22 mesi.

Riguardo al traffico da mezzi navali, il rumore sottomarino generato è principalmente associato alla cavitazione delle eliche, ai motori ed alle vibrazioni della struttura che ne conseguono ed al dislocamento dell'acqua da parte dello scafo. Il rumore emesso è di tipo continuo, non impulsivo e legato al transito dei mezzi.

Per il livello di rumore della sorgente possono essere assunti i valori caratteristici riportati al paragrafo precedente.

3.3.2.2 Fase di Esercizio

In fase di esercizio le principali emissioni sonore sottomarine sono riconducibili a:

- le navi da crociera in manovra durante la fase di ormeggio e durante la permanenza all'ormeggio;
- traffico di mezzi nautici per il trasporto di passeggeri/bagagli/merci/altro.

Le navi ormeggiate genereranno emissioni sonore in ambiente marino tramite il funzionamento dei motori/generatori di bordo.

Si noti che, con riferimento all'anno 2014, il numero di giorni l'anno con 5 navi in banchina è dell'ordine di 20.

I livelli di rumore sottomarino saranno, analogamente alla fase di cantiere, legati alla presenza e transito di mezzi marittimi, di tipo continuo, non impulsivo.

Per il livello di rumore della sorgente, nel caso della tipologia di mezzi di previsto impiego, possono essere assunti i valori caratteristici riportati in precedenza.

3.4 MODELLIZZAZIONE DEL RUMORE MARINO

3.4.1 Geometric Spreading

La propagazione del rumore in prossimità di una sorgente (ed in particolare per quanto riguarda le sorgenti non puntuali) avviene in maniera caotica e non è facilmente prevedibile.

Una volta superato il “*near-field*”, la propagazione segue una legge di diffusione di tipo geometrico.

Il rumore percepito da un bersaglio nel “*far-field*” può essere descritto come una funzione del Source Level (SL) e della perdita per propagazione (“*Transmission Loss*” - TL)³ tramite la seguente equazione (adattata da TNO, 2011):

$$SPL = SL - TL^4$$

Le seguenti equazioni possono essere impiegate per stimare in via approssimativa, la propagazione del rumore in funzione della distanza R dalla sorgente, con riferimento ad una distanza di 1 m dalla sorgente:

- Propagazione sferica: in prossimità della sorgente, dove il suono può propagarsi uniformemente in tutte le direzioni:

$$TL = 20 \text{ Log}_{10} \left(\frac{R}{1 \text{ m}} \right)$$

- Propagazione cilindrica: in acque poco profonde, a causa della presenza del fondale, il suono si propaga attraverso superfici cilindriche:

$$TL = 10 \text{ Log}_{10} \left(\frac{R}{1 \text{ m}} \right)$$

- Propagazione semicilindrica o “Practical Spreading Loss”: la Perdita dovuta alla propagazione è stimata come intermedia tra la propagazione sferica e cilindrica:

$$TL = 15 \text{ Log}_{10} \left(\frac{R}{1 \text{ m}} \right)$$

- Propagazione combinata: il suono si propaga con onde sferiche in prossimità della sorgente fino ad una certa distanza H, in corrispondenza del quale le onde sferiche raggiungono il fondale e a partire dalla quale il suono si propaga con onde cilindriche:

$$TL = 20 \text{ Log}_{10} \left(\frac{H}{1 \text{ m}} \right) + 10 \text{ Log}_{10} \left(\frac{R}{H} \right)$$

Occorre notare che le perdite di propagazione così definite non dipendono dalla frequenza del suono.

³ Talora viene preferito il termine “Propagation Loss” – PL, rispetto a “Transmission Loss” (TNO, 2011).

⁴ La relazione e le seguenti sono state sviluppate da Ulrick (1983) con riferimento alla potenza sonora (intensità, proporzionale al quadrato dell’ampiezza della pressione) irradiata da una sorgente sottomarina (SL) e della funzione di trasferimento (TL) dalla sorgente ad un ricevitore. Entrambe sono espresse in dB e permettono una descrizione quantitativa del campo sonoro ad un ricevitore posizionato nel far-field ad una distanza r da una sorgente puntuale. Per il presente studio si assume la validità di tale relazione e, in particolare, il valore SL di una sorgente è assunto pari alla SPL ad una distanza di riferimento di 1 m da una sorgente puntuale (monopole) ideale equivalente (TNO, 2011).

Il grafico riportato nella seguente Figura 3.a mostra il Transmission Loss dovuto alla propagazione geometrica del rumore in funzione della distanza (range). Nell'esempio, per la sorgente è ipotizzato un valore SL pari a 185 dB re 1 μ Pa ad 1 m e una distanza a cui le onde sonore raggiungono il fondale di 100 m (per la propagazione combinata).

Nel grafico sono inoltre riportati i valori soglia per i rumori in grado di causare perdita di sensibilità permanente (PTS, SPL_p 230 dB re 1 μ Pa) e temporanea (TTS, SPL_p 224 dB re 1 μ Pa) ed il livello di rumore capace di causare le prime significative risposte comportamentali (SPL_{RMS} 110-120 dB re 1 μ Pa) per mammiferi sensibili alle medie frequenze, quale il tursiope (*Tursiops truncatus*) specie considerata più probabile tra quelle potenzialmente frequentanti l'area di intervento (D'Appolonia, 2015).

Si nota in particolare che:

- il valore alla sorgente risulta inferiore dei valori soglia PTS e TTS, assumendo che i livelli di un segnale continuo espressi in RMS o picco differiscono per 10-12 dB;
- la minore perdita si ha per la propagazione cilindrica. I livelli risultano diminuiti di 30 dB (155 dB) ad una distanza di 1,000 m e 40 dB (145 dB) a 10,000 m;
- la maggiore perdita si ha per la propagazione sferica. I livelli risultano diminuiti di 60 dB (125 dB) già ad una distanza di 1,000 m e 80 dB (105 dB) a 10,000 m, con valori compresi nella soglia di rumore in grado di causare le prime risposte significative (110-120 dB re 1 μ Pa RMS) a partire da una distanza di circa 1,800 m);
- per la propagazione semicilindrica (practical spreading) si osservano valori intermedi, con livelli diminuiti di 45 dB (140 dB) ad una distanza di 1,000 m e 60 dB (125 dB) a 10,000 m.



Figura 3.a: Propagazione Geometrica del Rumore

Il rumore in ambiente marino è soggetto tuttavia a perdite per assorbimento ed ulteriori perdite dovute alla trasmissione attraverso gli strati geologici sottostanti, alla riflessione all'interfaccia della colonna d'acqua (fondale e superficie del mare) e per effetto delle particelle presenti, della presenza di bolle, etc. Inoltre, la variazione della velocità di

propagazione del suono in acqua con la profondità può scostare la propagazione dalle forme sferica/cilindrica.

Nel complesso, la propagazione del rumore sottomarino richiede l'utilizzo di un modello più complesso.

3.4.2 Modelli per la Propagazione del Rumore Sottomarino

In generale, i modelli di propagazione acustica sono basati sull'equazione d'onda, che viene risolta sotto determinate condizioni al contorno, in particolare assumendo la validità dell'equazione di Helmholtz:

$$\nabla^2 \varphi + k^2 \varphi = 0$$

dove φ è l'ampiezza e $k = \omega/c = 2\pi/\lambda$ è il cosiddetto numero d'onda ("wavenumber").

Le principali categorie dei modelli di propagazione acustica in relazione all'approccio teorico utilizzato per la soluzione sono:

- equazioni paraboliche (PE);
- normal mode;
- integrazione del numero d'onda;
- teoria dei raggi;
- energy flux.

Tra queste categorie, una ulteriore suddivisione può essere effettuata in due classi:

- modelli "range-independant": ipotizzano la colonna d'acqua suddivisa di strati orizzontali, le cui proprietà variano solo con la profondità;
- modelli "range-dependant": le caratteristiche del mezzo variano con la profondità, la distanza dalla sorgente e l'angolo di incidenza delle onde sonore.

Le diverse tipologie di modello propongono un differente approccio semplificando l'equazione d'onda, la descrizione dell'ambiente in cui si propaga od entrambi.

La seguente fornisce un esempio dei range di frequenza e profondità caratteristiche in cui i modelli di propagazione più comuni risultano maggiormente efficaci (Farcas et al., 2016).

Tabella 3.3: Impiego di Modelli di Propagazione del Rumore Sottomarino

Approccio Teorico	Shallow Water				Deepwater			
	Low frequencies		High frequencies		Low frequencies		High frequencies	
	RI	RD	RI	RD	RI	RD	RI	RD
Parabolic equation (es: RAM, RAMGeo)								
Normal mode (es KRAKEN)								
Ray theory (es: BELLHOP)								

Note:

RI: range-independent; RD: range dependent

Le caselle verdi indicano i casi in cui l'approccio risulta idoneo ed efficiente in termini di calcolo. Le caselle in giallo indicano limitazioni nell'accuratezza o nel calcolo. Le caselle bianche indicano casi in cui l'approccio non è applicabile o utilizzato.

Occorre sottolineare che la precisione della stima dipende dalla frequenza del rumore da modellizzare e dalle caratteristiche dell'ambiente. In generale il metodo PE è utilizzato per ambienti range-dependent a frequenze inferiori a 1,000 Hz. L'approccio Normal Mode può essere efficiente per modellizzazioni per frequenze sotto 1,000 Hz ma risulta limitato in ambienti fortemente range-dependent, quali ad esempio la piattaforma e la scarpata continentale. I codici basati sulla ray theory sono accurati ed efficienti per la maggior parte degli ambienti ma generalmente a frequenze superiori a 1,000 Hz.

3.4.3 Criterio di Scelta del Modello

Per la modellizzazione del rumore nel caso in esame si è impiegata la suite modellistica AcTUP v.2.2, liberamente distribuita dal Center for Marine Science and Technology - Curtin University of Technology, Australia (Sito Web: cmst.curtin.edu.au), che permette l'impiego di numerosi modelli, incluse diverse versioni del modello Range dependent Acoustic Model (RAM), scritto da Mike Collins.

La suite modellistica viene eseguita in ambiente Matlab ed include le funzioni di postprocessing per la visualizzazione dei risultati.

L'uso di un software sviluppato da un soggetto riconosciuto e disponibile pubblicamente permette di assicurare trasparenza e ripetibilità dei risultati (NPL, 2014).

In particolare, la scelta del modello è ricaduta sul RAMsGeo, una versione del RAM adatta a modellare la propagazione di rumore a frequenza bassa, in ambiente interamente range-dependent che tiene conto delle caratteristiche di densità o fluidità del fondale, particolarmente adatto alle stime di propagazione nei fondali compresi entro la scarpata continentale (ISPRA, 2012).

Il modello è stato quindi implementato considerando le caratteristiche delle sorgenti di rumore (frequenze caratteristiche e profondità), dei percorsi di propagazione (profondità del fondale in funzione della distanza, velocità nella colonna d'acqua (si veda il successivo Paragrafo 3.5) sulla base della caratterizzazione delle sorgenti in fase di costruzione ed esercizio dell'opera e delle informazioni riportate nel Quadro di Riferimento Ambientale dello Studio di Impatto Ambientale presentato per il progetto.

3.4.4 Grandezza Utilizzata

Date le caratteristiche delle sorgenti di rumore previste, la grandezza acustica considerata è il livello di pressione acustica SPL_{RMS} , in linea con le considerazioni del "Technical Subgroup on Underwater Noise and other Forms of Energy" (TSG-Noise, 2012; ISPRA, 2013).

3.5 PARAMETRI DI INPUT

3.5.1 Caratteristiche della Sorgente

La modellizzazione è stata condotta ipotizzando uno scenario di emissione sulla base dei mezzi navali previsti e delle caratteristiche del rumore emesso.

Occorre preliminarmente considerare che:

- attività di dragaggio:
 - le attività di dragaggio generano un rumore di tipo continuo su banda larga, a bassa frequenza (Thomsen et al., 2009),

- i dati di letteratura mostrano frequenze di picco generalmente inferiori ai 500 Hz, comprese tra 120 e 320 Hz (Reine et al., 2012),
- i dati di letteratura sono spesso riferibili a mezzi navali di grandi dimensioni, con potenze installate nel range 2,700-4,920 kW (es: Robinson et al., 2011), mentre dati relativi a imbarcazioni di piccole dimensioni che operano la rimozione di sedimenti di canale, con potenza 745 kW, mostrano livelli nell'ordine dei 153 dB re 1 μ Pa ad 1 m (Reine et al, 2014),
- i livelli di rumore misurati in specifiche attività di dragaggio (estrazione di inerti) sono in linea con quelli ipotizzabili per navi commerciali che viaggiano a bassa velocità (8-16 nodi) nella banda inferiore a 500 Hz e nella banda superiore a 1 kHz mostrano rumore broadband dovuto all'estrazione degli inerti, con valori più significativi nel caso di ghiaie (Robinson et al., 2011),
- il livello di rumore di draghe con escavatore a benna (“Grab Dredger” – GD) risulta basso rispetto a draghe idrorefluenti es. draga semovente autocaricante e refluyente tipo “Trailing Suction Hopper Dredger” – TSHD e draghe aspiranti-refluenti con disgregatore tipo “Cutter Suction Dredger” – CSD (CEDA, 2011);
- traffico navale:
 - le imbarcazioni di grandi dimensioni (lunghezza oltre i 100 m, es: container/cargo ship, supertankere cruise liners) generano rumore prevalentemente a bassa frequenza. Le caratteristiche di rumorosità dipendono dal tipo di imbarcazione e condizioni operative. Il maggior quantitativo di energia tende a concentrarsi sotto alcune centinaia di Hz (OSPAR, 2009);
 - il traffico navale è la principale sorgente di rumore di fondo a bassa frequenza in ambito marino (10-500 Hz). I sistemi propulsivi costituiscono una sorgente dominante del rumore irradiato in mare alle frequenze inferiori a 200 Hz (Hildebrand, 2009),
 - le componenti del rumore irradiato sono attribuibili a (Wittekind, 2014):
 - rumore dell'elica, con componenti tonali a partire da 10 Hz, rumore broadband a bassa frequenza, generalmente 40-50Hz, e rumore broadband ad alta frequenza quando si eccede la velocità di cavitazione,
 - rumore di macchina, dovuto a generatori diesel, con componenti totali multiple della metà della velocità di rotazione, a partire da 5 Hz, e propulsori (generalmente diesel a bassa velocità nel caso di grosse navi), generalmente poco caratterizzato in frequenza, spesso installati con accoppiamenti elastici;
 - la maggior parte del rumore generato dalle grandi imbarcazioni è dovuto a fenomeni di cavitazione, che comporta, alla velocità di servizio, componenti tonali alle basse frequenze, caratteristiche per ogni imbarcazione, con componenti spettrali fino alle alte frequenze. Livelli più bassi di rumore possono provenire dai macchinari di bordo (UNEP-CBD, 2012);
 - il livello di rumore risulta in genere maggiore al crescere della velocità; tuttavia, in condizioni di manovra i sistemi di propulsione possono operare in condizioni ben diverse da quelle di normale funzionamento, con significativi fenomeni di cavitazione (Renilson, 2009).

Si è pertanto ipotizzata la presenza di una sorgente puntuale assumendo in entrambe le fasi di costruzione ed esercizio dell'opera un livello di rumore alla sorgente ("Source Level" – SL) SPL_{RMS} pari a 190 dB re 1 μPa a 1m, considerando:

- Fase di cantiere: No. 3 draghe con SL 185 dB re 1 μPa a 1m⁵
- Fase di esercizio: una grande imbarcazione commerciale con SL 190 dB re 1 μPa a 1m⁶.

La sorgente è stata posizionata in corrispondenza dell'asse della Bocca di Lido allo sbocco in mare, in maniera da minimizzare il possibile effetto schermante da parte dei moli e minimizzare la distanza da un ipotetico recettore posizionato in mare.

Per la profondità della sorgente si è ipotizzato il valore tipico di 6 m (Richardson, 2011).

In considerazione dei valori di frequenza previsti per il Descrittore 11.2 dalla Strategia Marina (63 Hz e 125Hz), del range di capacità uditive funzionali per i cetacei sensibili alle medie frequenze (> 150 Hz) nonché delle suddette considerazioni, per la modellizzazione sono state considerate le frequenze 63 Hz, 125 Hz, 250 e 500Hz.

La propagazione del rumore, in termini di "Transmission Loss" (TL) è stata implementata con la seguente discretizzazione del dominio di calcolo:

- profondità con maglia (dz): 0.05 λ ;
- distanza dalla sorgente con maglia (dr): 5 m.

3.5.2 Batimetria

La modellizzazione è stata effettuata con riferimento a due transetti, di lunghezza 5.5 km (pari a circa 3 miglia marine), posizionati a partire dalla sorgente verso il largo, lungo una delle direttrici di traffico navale in uscita dalla Bocca (Transetto AB) e lungo una direzione Ovest-Est (Transetto AC), come mostrato nella seguente Figura 3.b.

⁵ Si assume la presenza contemporanea di tre draghe tipo CSD/TSHD come caratterizzante il clima acustico sottomarino durante la fase di dragaggio. La somma logaritmica di due sorgenti di identica SL equivale ad aumentare il valore di 3dB, una ulteriore sorgente comporta un incremento all'incirca di 1.8 dB.

⁶ In fase di esercizio si prevede possano essere presenti in banchina fino a No. 5 navi da crociera e i mezzi nautici per il trasporto di persone/merci. Si assume che la manovra di una grande imbarcazione sia caratterizzante il clima acustico sottomarino durante tale fase.

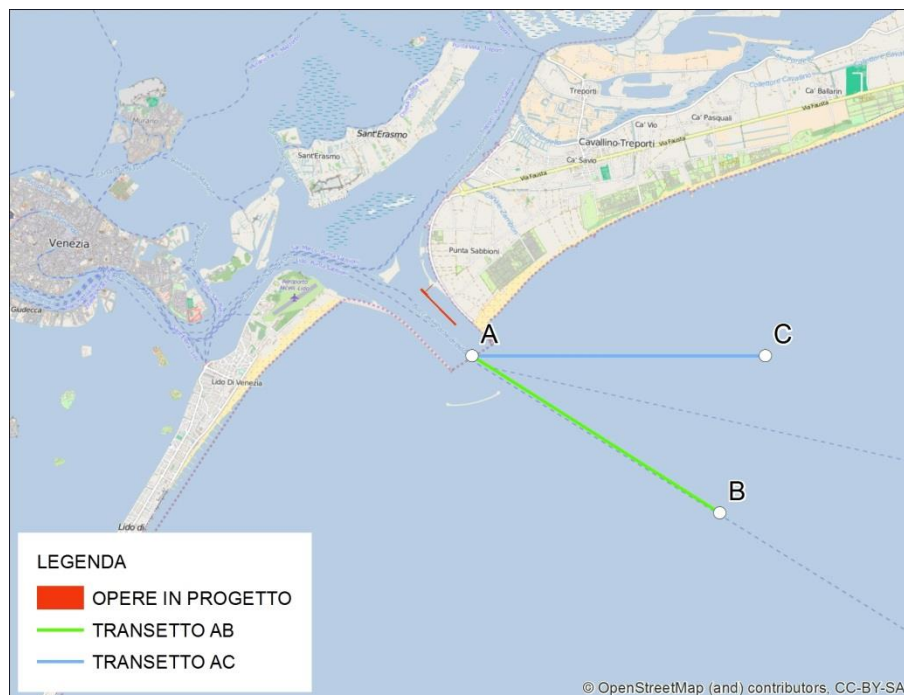


Figura 3.b: Posizione della Sorgente e dei Transetti Modellati

La batimetria modellata è stata sviluppata con riferimento alla documentazione di progetto ed alle informazioni desunte dal modello Global Multi-Resolution Topography – GMRT (Ryan et al., 2009), in versione 3.0 (Sito Web: www.marine-geo.org).

I dati del modello GMRT sono definiti sottoforma di Digital Elevation Model (DEM) ed includono dati di campagne di rilievo batimetrico multibeam disponibili pubblicamente (National Geophysical Data Center NGDC) e dati batimetrici GEBCO (General Bathymetric Chart of the Oceans).

La risoluzione nell'area di studio è di circa 350 m.

Di seguito, si riporta una descrizione delle batimetrie modellate.

Il profilo batimetrico di riferimento per il transetto AB mostra un andamento suborizzontale a partire dalla profondità iniziale 12.25 m fino a circa 2.6 km dalla sorgente, in corrispondenza del quale si ha la profondità minima 11.3 m. Il fondale decresce quindi con una pendenza media del 0.1%, fino ad una profondità di circa 16.3 m a 5.5 km dalla sorgente.

Il transetto AB modellato è mostrato nella seguente Figura 3.c.

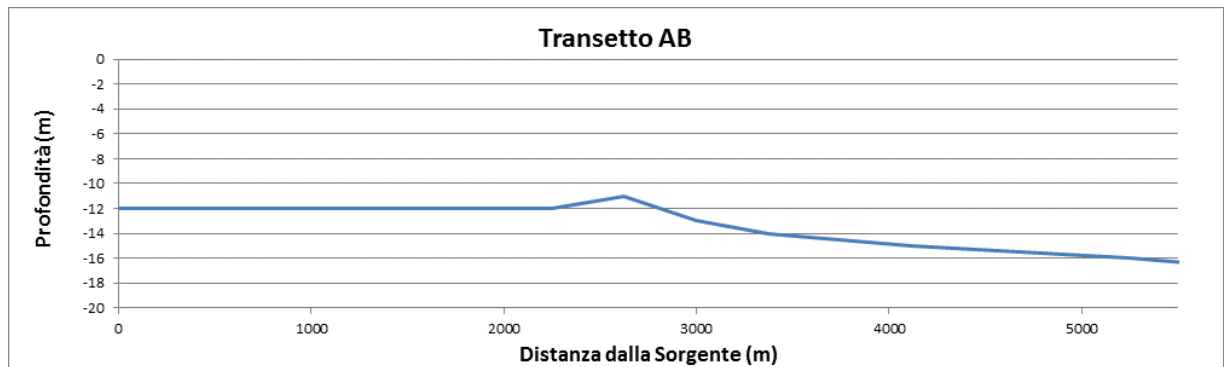


Figura 3.c: Batimetria Modellata – Transetto AB

Il profilo batimetrico di riferimento del transetto AC mostra un iniziale innalzamento a partire dalla profondità iniziale 12.25 m fino a circa 1.1 km dalla sorgente, in corrispondenza del quale si ha la profondità minima 7.6 m. Il fondale decresce quindi con una pendenza media del 0.1%, fino ad una profondità di circa 14 m a 5.5 km dalla sorgente.

Il transetto AB modellato è mostrato nella seguente Figura 3.d.

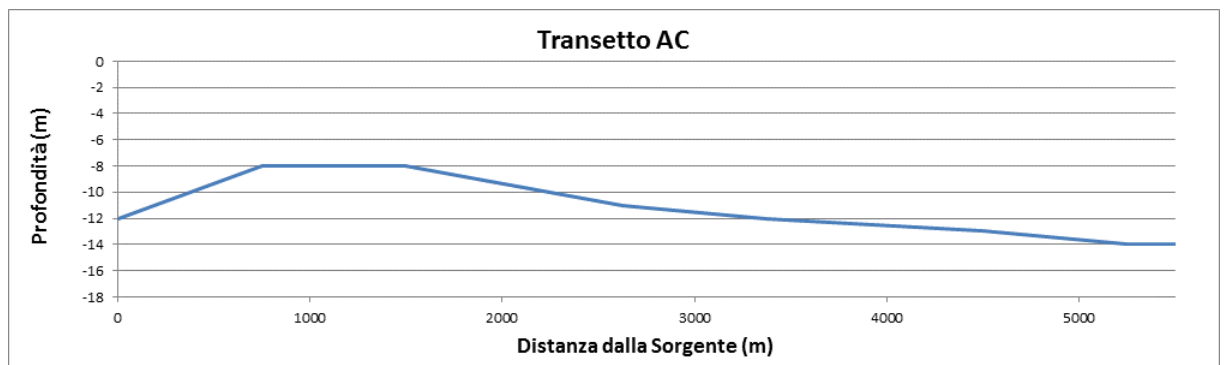


Figura 3.d: Batimetria Modellata – Transetto AC

3.5.3 Caratteristiche Oceanografiche

La velocità del suono in mare può essere calcolata tramite la formula di MacKenzie (1981), come funzione della temperatura, salinità e profondità:

$$c(D,S,T) = 1448.96 + 4.591 T - 5.304 \times 10^{-2} T^2 + 2.374 \times 10^{-4} T^3 + 1.340 (S-35) + 1.630 \times 10^{-2} D + 1.675 \times 10^{-7} D^2 - 1.025 \times 10^{-2} T(S - 35) - 7.139 \times 10^{-13} T D^3$$

Stante la limitata profondità lungo i transetti considerati si è assunto un unico valore di velocità del suono per l'intera colonna d'acqua, calcolato in via conservativa pari a circa 1,470 m/s, considerando i valori minimi invernali di temperatura e salinità misurati nelle stazioni al largo del tratto di costa in esame (ARPAV, 2014) ed una profondità media di 14 m:

- T = 7 °C;
- S = 27 parti per mille;
- D = 14 m.

Si evidenzia che, in generale, un aumento della temperatura dell'acqua riduce l'efficienza della riflessione all'interfaccia acqua/sedimento, per cui una maggiore quantità di energia verrebbe assorbita dal fondale. Inoltre, nella modellizzazione delle caratteristiche della colonna d'acqua si è assunta una superficie liscia, con ruvidità ("roughness") nulla, per cui risulta massimizzata l'energia riflessa (Farcas et al., 2016).

3.5.4 Caratteristiche del Fondale

Per i fondali antistanti la Bocca di Lido si assume la seguente schematizzazione (D'Appolonia, 2015):

- Livello 1: strato superficiale, costituito da sabbia fine;
- Livello 2: complesso argilloso limoso;
- Livello 3: sabbie limose e limi sabbiosi;
- Livello 4: complesso argilloso ed argillo-limoso, con lenti e livelli torbosi;
- Livello 5: alternanze di limi sabbiosi e limi argillosi.

Le caratteristiche di densità e velocità del suono nel fondale (onde longitudinali) sono state assunte in via conservativa considerando come riferimento per i sedimenti la tipologia "sabbia", come riportato nella seguente Tabella 3.4 (MacGillivray et al, 2014).

Tabella 3.4: Caratteristiche Geoacustiche dei Sedimenti

Caratteristiche Geoacustiche	UdM	Limo	Sabbia Limosa	Sabbia
Velocità longitudinale c_p	km/s	1.5	1.6	1.7
Shear speed c_s	km/s	0.125	0.4	0.425
P-wave attenuation	dB/ λ	0.9	1.1	1.2
S-wave attenuation	dB/ λ	2	5.3	5.8
Densità	g/cm ³	1.5	1.7	1.9

Si evidenzia che, in generale, quanto maggiore è la differenza tra le caratteristiche acustiche dei due mezzi, tanto maggiore è l'energia che tende ad essere riflessa all'interfaccia acqua/sedimento (Farcas et al., 2016).

Inoltre, per maggiore conservatività, nella modellizzazione delle caratteristiche del fondale si sono assunti valori nulli di attenuazione delle onde longitudinali e trasversali e ruvidità ("roughness").

3.6 RISULTATI DELLA MODELLAZIONE

3.6.1 Transetto AB

I risultati della modellizzazione per le frequenze considerate sono riportati da Figura 3.e a Figura 3.h, con indicazione del profilo batimetrico del transetto AB.

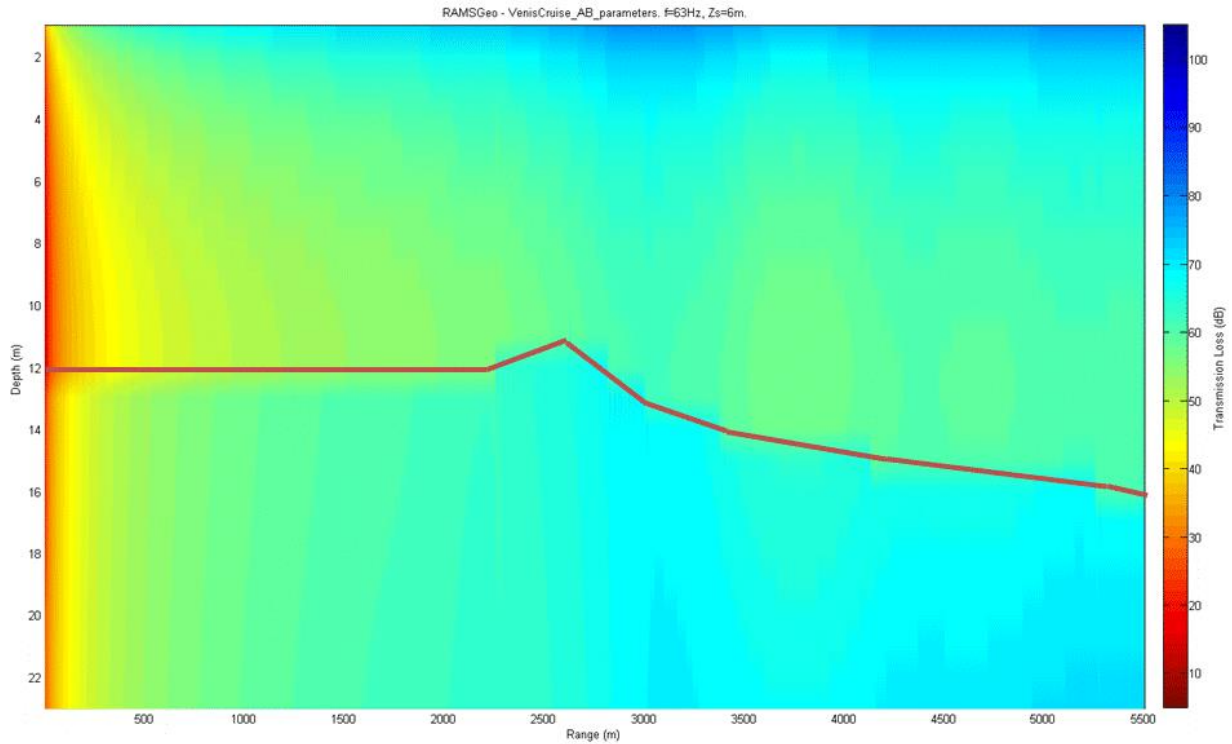


Figura 3.e: Trasmission Loss (dB) @ 63 Hz - Transetto AB

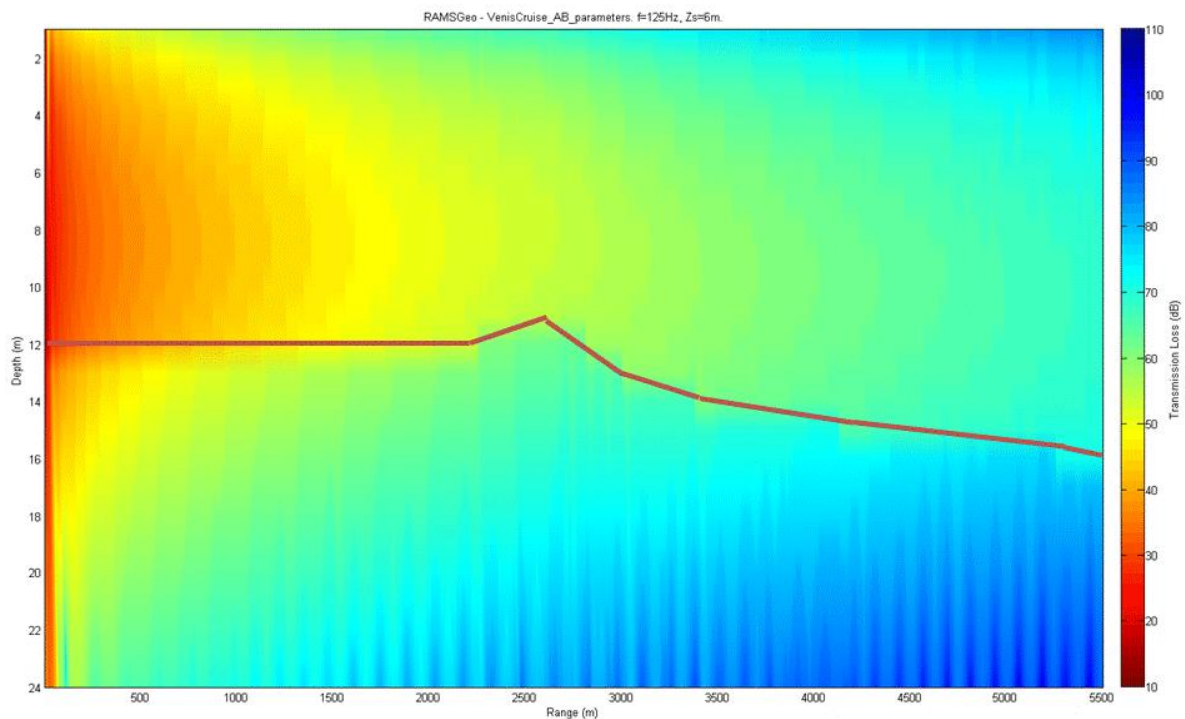


Figura 3.f: Trasmission Loss (dB) @ 125 Hz - Transetto AB

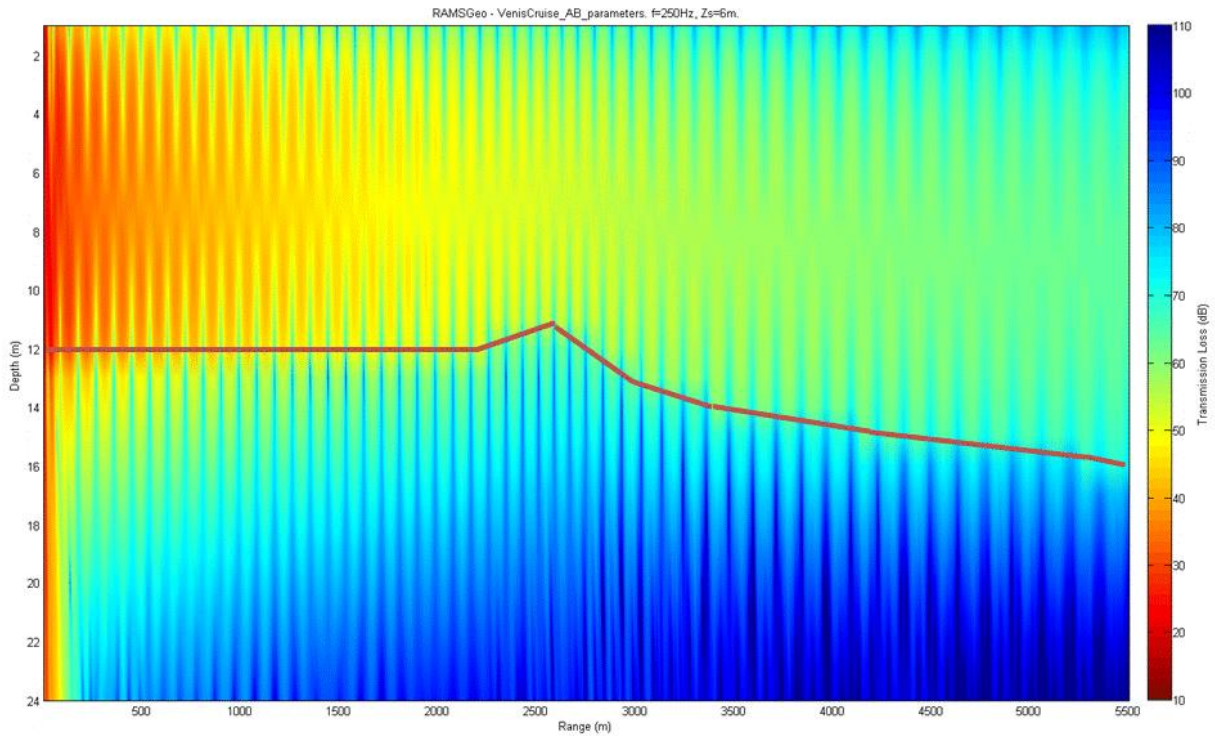


Figura 3.g: Trasmission Loss (dB) @ 250 Hz - Transetto AB

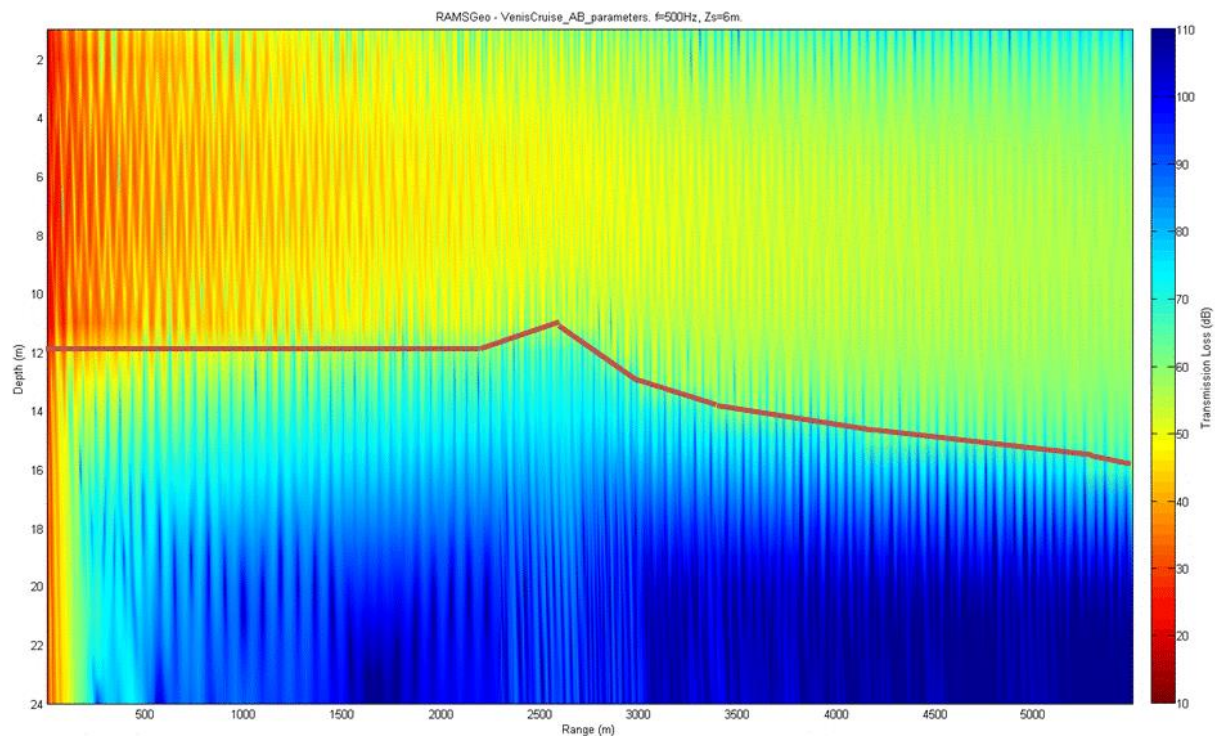


Figura 3.h: Trasmission Loss (dB) @ 500 Hz - Transetto AB

L'analisi dei risultati, effettuata considerando un ricevitore posto ad una profondità di 10 m (1 m superiore a quella minima del profilo), evidenzia quanto segue:

- alla frequenza 63 Hz i valori di Trasmission Loss (TL) crescono rapidamente raggiungendo 50 dB a circa 1 km dalla sorgente e quindi più lentamente con valori di circa 60 dB a 5 km;
- alla frequenza 125 Hz i valori di Trasmission Loss (TL) crescono più regolarmente, con valori prossimi ai 70 dB a 5.5 km dalla sorgente;
- alla frequenza 250 Hz e 500 Hz i valori di Trasmission Loss (TL) mostrano un andamento meno regolare, con fluttuazioni possibilmente dovute all'instaurarsi di fenomeni di interferenza (NPL, 2014). I valori a 5.5 km dalla sorgente risultano rispettivamente prossimi a 65 dB e 60 dB rispettivamente.

3.6.2 Transetto AC

I risultati della modellizzazione per le frequenze considerate sono riportati da Figura 3.e a Figura 3.h, con indicazione del profilo batimetrico del transetto AC.

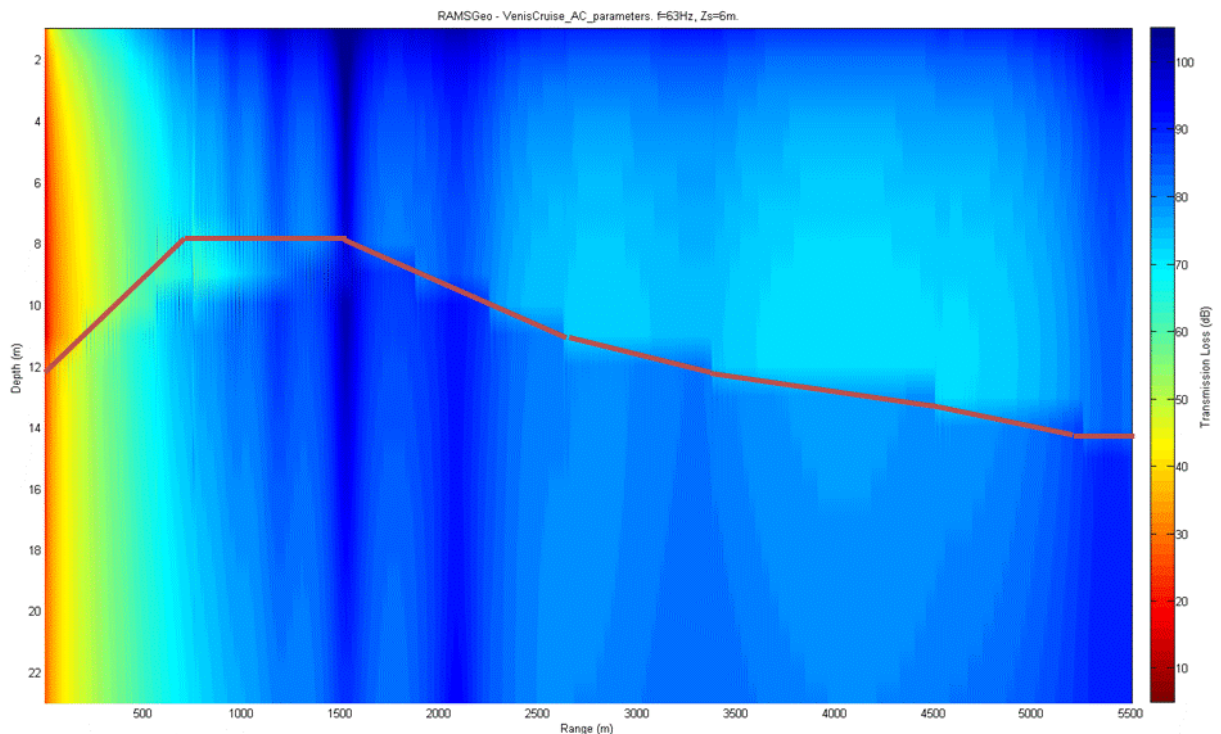


Figura 3.i: Trasmission Loss (dB) @ 63 Hz - Transetto AC

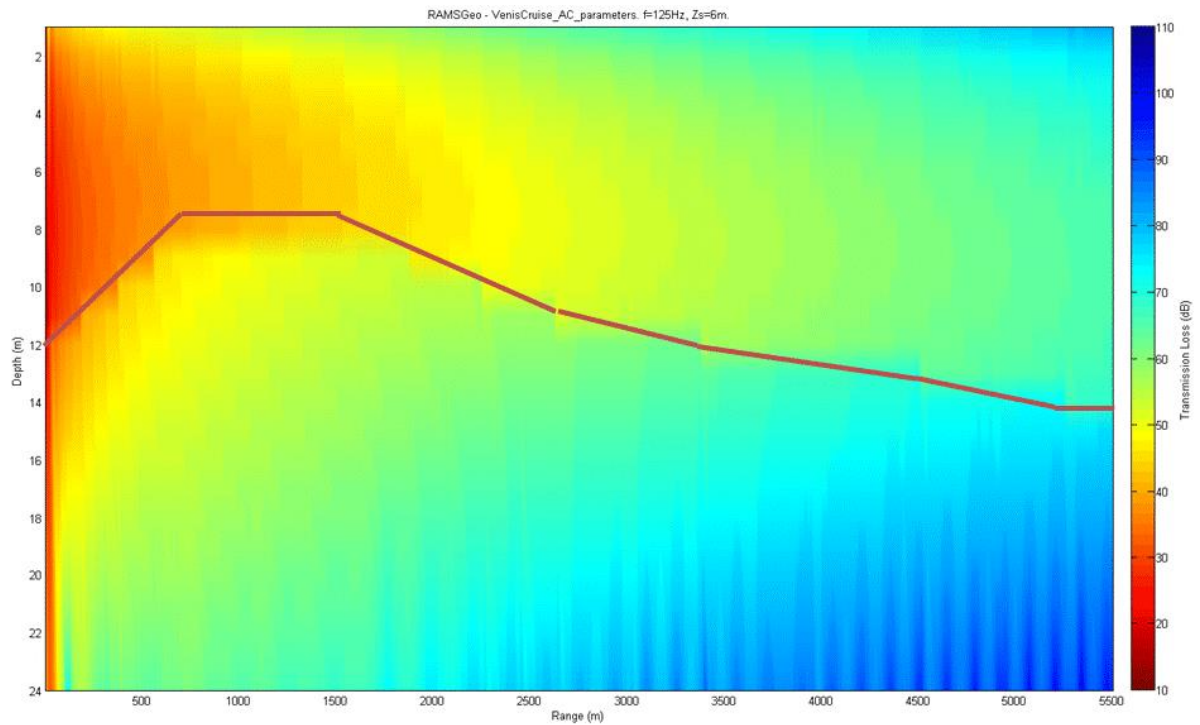


Figura 3.j: Trasmission Loss (dB) @ 125 Hz - Transetto AC

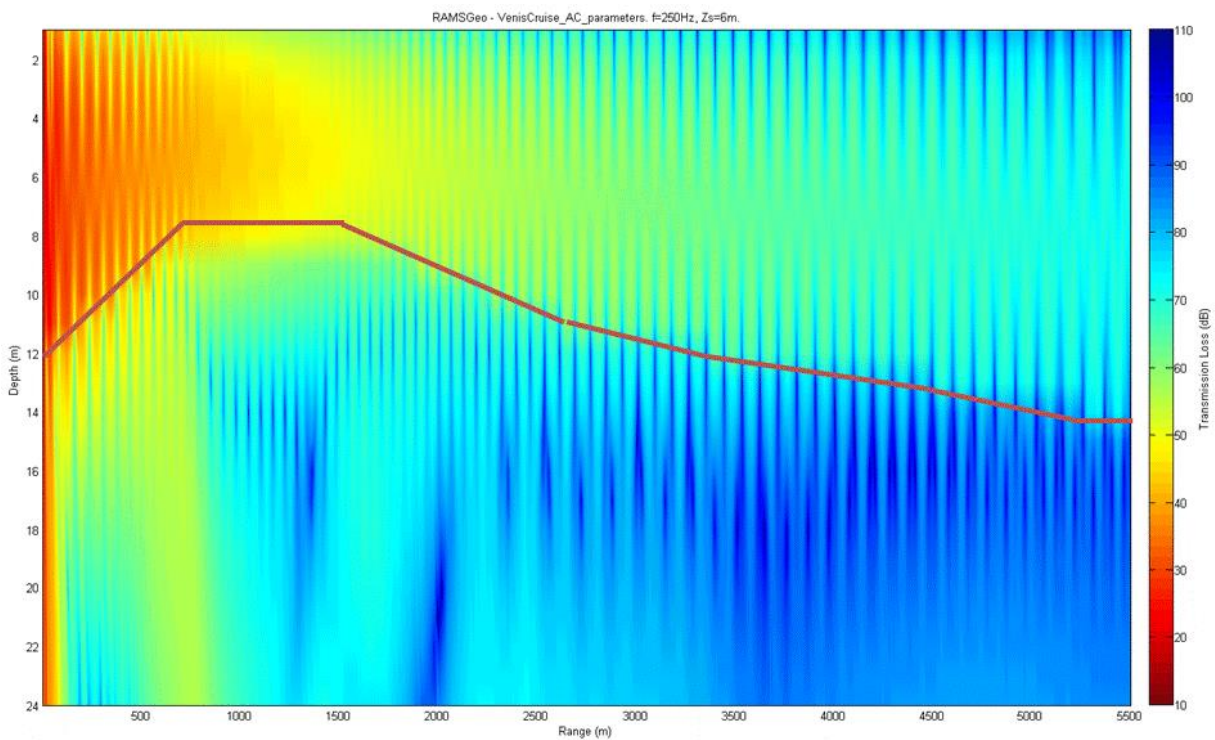


Figura 3.k: Trasmission Loss (dB) @ 250 Hz - Transetto AC

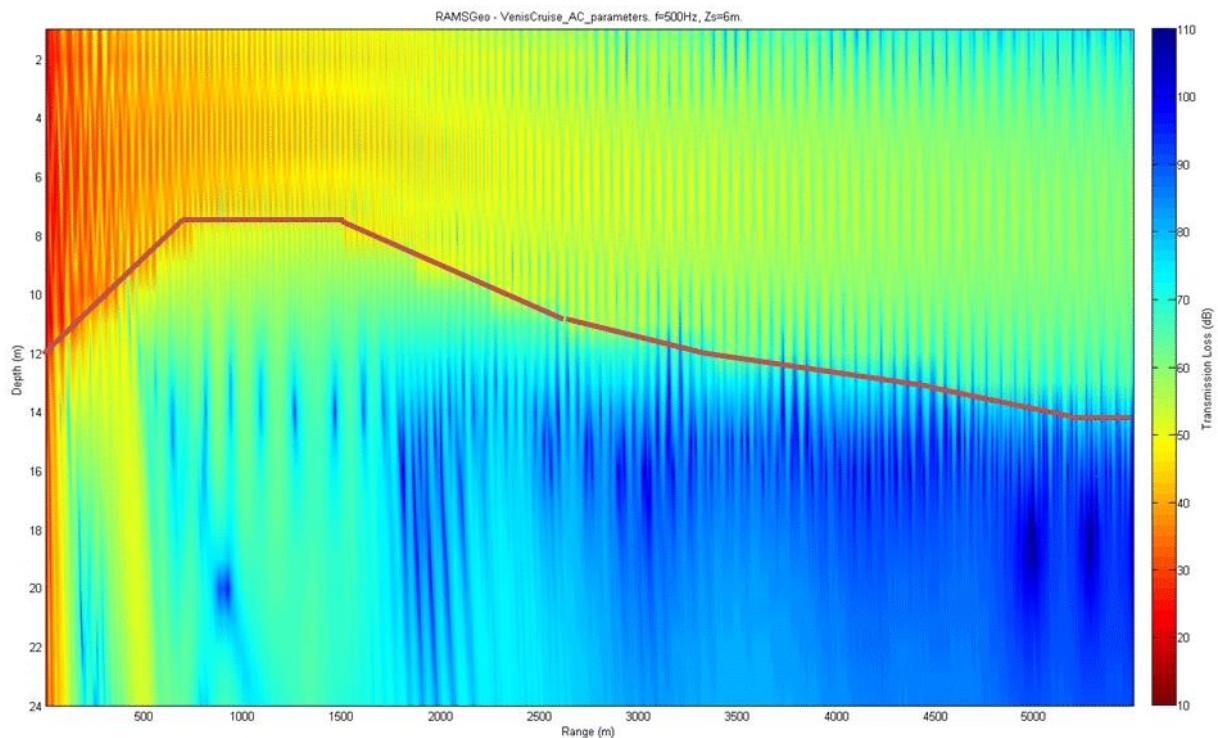


Figura 3.1: Trasmissione Loss (dB) @ 500 Hz - Transetto AC

L'analisi dei risultati, effettuata considerando un ricevitore posto ad una profondità di 7 m (1 m superiore a quella minima del profilo), evidenzia quanto segue:

- alla frequenza 63 Hz i valori di Trasmissione Loss (TL) mostrano un andamento incoerente, possibilmente legato al fenomeno del cutoff, ovvero all'impedimento alla propagazione delle onde al di sotto una certa frequenza, dovuto dalla limitata profondità del fondale (Robinson, 2011). I valori risultano compresi tra 70 e 80 dB;
- alla frequenza 125 Hz i valori di Trasmissione Loss (TL) crescono regolarmente, con valori di circa 65 dB a 5.5 km dalla sorgente;
- alla frequenza 250 Hz e 500 Hz i valori di Trasmissione Loss (TL) mostrano anche in questo caso un andamento meno regolare, con fluttuazioni possibilmente dovute a interferenza. I valori a 5.5 km dalla sorgente risultano rispettivamente prossimi a 70 dB e 60 dB rispettivamente.

3.7 CONCLUSIONI

La valutazione dei potenziali disturbi alla fauna marina connessi alla generazione di rumore sottomarino nelle fasi di costruzione ed esercizio dell'opera, effettuata nell'ambito dello Studio di Impatto Ambientale del progetto, è riportata nel Paragrafo 8.4.10 del Quadro di Riferimento Ambientale (D'Appolonia, 2015)

In aggiunta a tali informazioni, come richiesto dalla CTVA, alla luce del Quadro Normativo vigente in materia di protezione dell'ambiente marino (in particolare del D.Lgs. 190/2010 – Attuazione della Direttiva 2008/56/EC, che si propone tra l'altro il raggiungimento del buon stato ambientale, nonché la protezione dei mammiferi marini), si è provveduto ad effettuare

una caratterizzazione dei rumori sottomarini prevedibili in fase di costruzione e di esercizio dell'opera e la modellizzazione della trasmissione sonora in uscita dalle Bocche di Lido.

Sulla base dei dati riportati nel Quadro di Riferimento Ambientale dello SIA, si ritiene che le maggiori emissioni di rumore nella fase di costruzione possano essere dovute alle attività di dragaggio, mentre in fase di esercizio possano essere legate alle operazioni di accosto (atterraggio, ormeggio e disormeggio) di navi da crociera presso il pontile del terminale⁷.

Sulla base dei dati disponibili in letteratura, si ritiene che entrambi le fasi saranno caratterizzate da rumore di tipo continuo, a bassa frequenza (10-500Hz) broadband con possibili componenti tonali in relazione alle specifiche imbarcazioni.

Al fine di valutare la trasmissione del rumore verso il mare aperto, si è ipotizzata una sorgente di rumore posizionata in corrispondenza dell'asse delle Bocche di Lido allo sbocco in mare, in maniera da minimizzare il possibile effetto schermante da parte dei moli e minimizzare la distanza da un ipotetico recettore posizionato in mare.

Per la sorgente è stato assunto in entrambe le fasi un livello di rumore SPL_{RMS} pari a 190 dB re 1 μPa a 1 m, considerando la presenza di No. 3 draghe idrorefluenti (SPL_{RMS} 185 dB re 1 μPa a 1 m) o la manovra di una nave di linea di grandi dimensioni (SPL_{RMS} 190 dB re 1 μPa a 1 m).

La modellizzazione è stata condotta lungo due transetti, uno in asse alle Bocche, lungo una delle direttrici di traffico in uscita dalla Laguna, ed uno in direzione Ovest-Est, valutando in via conservativa la propagazione del suono (in termini di perdita di pressione sonora) alle frequenze 63 Hz, 125Hz, 250Hz e 500Hz.

La modellizzazione è stata effettuata con il software RAMsGEO contenuto nella suite modellistica AcTUP 2.21, liberamente distribuita dal Center for Marine Science and Technology - Curtin University of Technology, Australia (Sito Web: cmst.curtin.edu.au).

Occorre evidenziare, in via preliminare, che i valori assunti alla sorgente risultano inferiori alla soglia per i rumori in grado di causare perdita di sensibilità permanente (PTS, SPL_p 230 dB re 1 μPa) e temporanea (TTS, SPL_p 224 dB re 1 μPa) per mammiferi sensibili alle medie frequenze, quale il tursiope (*Tursiops truncatus*), specie considerata più probabile tra quelle potenzialmente frequentanti l'area di intervento.

I risultati della modellizzazione, per lo scenario ipotizzato, mostrano tuttavia livelli di rumore superiori alle soglie capaci di causare le prime significative risposte comportamentali (SPL_{RMS} 110-120 dB re 1 μPa), per cui si ritiene possono aversi fenomeni di risposta comportamentale a livello di gruppi/individui presenti nell'area vasta dell'opera.

Si sottolinea tuttavia che:

- le attività di dragaggio saranno di carattere temporaneo;
- le attività di dragaggio avverranno all'interno del canale, in corrispondenza di una batimetria inferiore ai 10 m. Rispetto ad ambienti caratterizzati da profondità maggiori, è stato notato come operazioni paragonabili di dragaggio in ambienti poco profondi producono suoni percepibili a distanze molto inferiori (WODA, 2013)

⁷ In fase di esercizio si prevede possano essere presenti in banchina fino a No. 5 navi da crociera e i mezzi nautici per il trasporto di persone/merci. Si assume che la manovra di una grande imbarcazione sia caratterizzante il clima acustico sottomarino durante tale fase.

- i canali della Laguna sono oggetto di periodici interventi di dragaggio per il mantenimento delle batimetrie. Nell'area prossima al cantiere è inoltre presente il cantiere del MoS.E., che ha previsto attività del tutto simili a quelle previste dal presente progetto;
- data la presenza dei mezzi in fase di lavoro (dragaggi, posa inerti e massi, traffico navale) si ritiene probabile che individui/gruppi di mammiferi marini (in particolare il Tursiope) possano mettere in atto meccanismi di avoidance nell'area vasta del cantiere nel periodo in cui sono previste le attività di costruzione;
- l'ubicazione dell'opera è prevista presso l'ingresso Nord della Laguna (Bocca di Lido) che risulta caratterizzata da una significativa presenza di imbarcazioni che generano un intenso livello di traffico lagunare (D'Appolonia, 2015), per cui si ritiene probabile che siano già in atto meccanismi di avoidance dell'area vasta dell'opera;
- lo specchio acque del terminale è già oggi interessato da un significativo traffico marittimo e la Bocca di Lido, già allo stato attuale, è interessata dal traffico delle navi da crociera dirette alla Marittima.

In conclusione, si ritiene che durante l'esercizio del terminale non comporterà variazioni del clima acustico subacqueo tali da arrecare disturbi significativi ai mammiferi marini né conseguenti modifiche alla loro popolazione. Analoga valutazione può essere condotta per la fase di cantiere che, in aggiunta si presenta come temporanea.

AGV/MRP/MCO/PAR:ip

RIFERIMENTI

Agreement on the Conservation of cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic area (ACCOBAMS), 2013, “Methodological Guide: Guidance on Underwater Noise Mitigation Measures”, 2013, a cura di Alessio Maglio

ARPAV, 2014, “Monitoraggio dell’Ambiente Marino Costiero della Regione Veneto” – Analisi dei dati osservati nell’anno 2013.

Bradley e Stern, 2008, Sound and the Marine Mammal Acoustic Environment, a Guide to Fundamental Principles, Prepared for the U. S. Marine Mammal Commission by David L. Bradley, Ph.D. Richard Stern, Ph.D. July 2008 (Sito Web: www.mmc.gov)

Central Dredging Association (CEDA), 2001, “Underwater Sound in Relation to Dredging”, Position Paper, 7 Novembre 2011

CIBRA - Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali, 2010, “Gli effetti del rumore subacqueo sui mammiferi marini”, Università degli Studi di Pavia, Dipartimento di Biologia Animale, CIBRA (Sito Web: http://www-1.unipv.it/cibra/edu_noise_uk.html)

Commissione Tecnica di Verifica dell’Impatto Ambientale VIA e VAS, “IDVIP 3001 – VIA Speciale ex artt. 165, 167 comma 3 e 183 del Dlgs 163/2006: VENIS CRUISE 2.0 - Nuovo Terminal Crociere di Venezia - Bocca di Lido. Richiesta integrazioni”, Prot. CTVA-2015-004434 del 18 Dicembre 2015

D’Appolonia S.p.A., Progetto “Venis Cruise 2.0, Nuovo Terminal Crociere di Venezia, Bocca di Lido”, “Studio di Impatto Ambientale”, Doc. No. 14-1316-H1, 14-1316-H2, 14-1316-H3, Aprile 2015

DECC-UK, 2011, Review and Assessment of Underwater Sound produced from Oil and Gas Sound Activities and Potential Reporting Requirements under the Marine Strategy Framework Directive – Final Report, Luglio 2011

Duferco Engineering S.p.A., Materiale e informazioni di progetto trasmessi a D’Appolonia S.p.A.

Duferco Italia Holding S.p.A. - DP Consulting S.r.l., “Documento di Risposta dei Proponenti alla richiesta di integrazioni”, Febbraio 2016

Farcas A, Thompson P.M. Merchant N.D., 2016, “Underwater Noise Modelling for Environmental Impact Assessment”, Environmental Impact Assessment Review 57 (2016) 114-122

Hildebrand J.A., 2009, “Anthropogenic and Natural Sources of Ambient Noise in the Ocean”, Marine Ecology Progress Series, Vol. 395: 5-20, 2009

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), 2012, “Valutazione e mitigazione dell’impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche nei mari italiani”, ISPRA, a cura di Silvia Bertolini, Junio Fabrizio Borsani, Salvatore Curcuruto, Luca De Rinaldis, Cristina Farchi

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), 2013, “Proposte per la Definizione del Buono Stato Ambientale e dei Traguardi Ambientali – Descrittore 11 – Rumore”, 30 Aprile 2013 (Sito Web www.strategiamarina.isprambiente.it)

MacGillivray A., McPherson C., McPherson G., Izett J., Gosselin J., Li Z., Hannay D., 2014, “Modelling Underwater Shipping Noise in the Great Barrier Reef Marine Park using AIS Vessel Track Data”, Inter Noise 2014.

National Physical Laboratory (NPL), 2014, “Good Practice Guide No. 133 – Underwater Noise measurement”

- OSPAR Commission, 2009, "Overview of the Impacts of Anthropogenic Underwater Sound in the Marine Environment", a cura di Hatch L.T., Raustein O., Southall B.L., Tasker M., Thomsen F
- Reine K.J., Clarke D., Dickerson D., 2012, "Characterization of Underwater Sounds Produced by a Hydraulic Cutterhead Dredge Fracturing Limestone Rock", September 2012
- Reine K.J., Dickerson D., 2014, "Characterization of Underwater Sounds Produced by a Hydraulic Cutterhead Dredge during Maintenance Dredging in the Stockton Deepwater Shipping Channel, California", March 2014
- Renilson Marine Consulting Pty Ltd, 2009, "Reducing Underwater Noise Pollution from Large Commercial Vessels", commissionato da The International Fund for Aniaml Welfare, Marzo 2009
- Robinson S.P., Theobald P.D., Hayman G, Wang L.S., Lepper P.A., Humphrey V., Mumford S., 2011, "Measurement of Underwater Noise Arising From Marine Aggregate Dredging Operations - Final Report", preparato per Marine Aggregate Levy Sustainability Fund – MALSF", February 2011
- Roussel E., 2002, "Disturbance to Mediterranean Cetaceans Caused by Noise. Cetaceans of Mediterranean and Black Seas: State of Knowledge and Conservation Strategies" (Section 13)
- Ryan, W.B.F., S.M. Carbotte, J.O. Coplan, S. O'Hara, A. Melkonian, R. Arko, R.A. Weissel, V. Ferrini, A. Goodwillie, F. Nitsche, J. Bonczkowski, and R. Zemsky (2009), Global Multi-Resolution Topography synthesis, *Geochem. Geophys. Geosyst.*, 10, Q03014, doi: 10.1029/2008GC002332
- Simmonds M., Dolman S., Weilgart L., 2004, "Oceans of Noise". WDCS Science Report.
- Southall B.L., A.E. Bowles, W.T. Ellison, J.J. Finneran, R.L. Gentry, C.R. Greene Jr., D. Kastak, D.R. Ketten, J.H. Miller, P.E. Nachtigall, W.J. Richardson, J.A. Thomas, & P.L. Tyack, 2007, "Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations", *Aquatic Mammals*, Volume 33, Number 4, 2007 ISSN 0167-5427
- Technical Subgroup on Underwater Noise and other Forms of Energy (TGS-Noise), 2012, "European Marine Strategy Framework Directive – Good Environmental Status (MSFD-GES) – Report of the Technical Subgroup on Underwater Noise and other Forms of Energy – Final Report", 27 Febbraio 2012 (Sito Web www.cc.europa.eu)
- The Netherlands Organisation for Applied Scientific Research (TNO), 2011, "Standard for Measurement and Monitoring of Underwater Noise, Part I: Physical Quantities and their Units, Settembre 2011, a cura di M. Ainslie.
- Thomsen F., McCully Sophy, Wood D., Pace F., White P., 2009, 2011, "A Generic Investigation into Noise profiles of Marine Dredging in Relation to the Acoustic Sensitivity of the Marine Fauna in UK Waters with Particular Emphasis on Aggregate Dredging – Phase 1 Scoping and Review of Key issues", preparato per Marine Aggregate Levy Sustainability Fund – MALSF", February 2009
- United Nations Environment Programme-Convention on Biological Diversity (UNEP-CBD), 2012, "Scientific Synthesis on the Impacts of Underwater Noise on Marine and Coastal Biodiversity and Habitats" (UNEP/CBD/SBSTTA/16/INF/12 12 March 2012)
- Wenz, G. A, 1962, "Acoustic Ambient Noise in the Ocean: Spectra and Sources", *J. Acoust. Soc.* 34 (12) December 1962: 1936-1956
- Wittekind D.K., 2014, "A Simple Model for the Underwater Noise Source Level of Ships", *Journal of Ship Production and Design*, Vol. 30, No. 1, 1-8, Febbraio 2014.
- World Organisation of Dredging Associations (WODA), 2013, "Technical Guidance on: Underwater Sound in Relation to Dredging". June 2013.