

PONTE SULLO STRETTO DI MESSINA



PROGETTO DEFINITIVO

Documentazione Integrativa ai sensi della Legge n. 58 del 26.05.2023

EUROLINK S.C.p.A.

WEBUILD ITALIA S.p.A. (MANDATARIA)
SOCIETÀ ITALIANA PER CONDOTTE D'ACQUA S.p.A. (MANDANTE)
COOPERATIVA MURATORI E CEMENTISTI - C.M.C. DI RAVENNA SOC. COOP. A.R.L. (MANDANTE)
SACYR S.A.U. (MANDANTE)
ISHIKAWAJIMA - HARIMA HEAVY INDUSTRIES CO. LTD (MANDANTE)
A.C.I. S.C.P.A. - CONSORZIO STABILE (MANDANTE)

<p>IL PROGETTISTA</p>  <p>Dott. Ing. M. Orlandini Ordine Ingegneri Roma n° 14340</p>	<p>PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Coordinamento progetto Collegamenti a terra - Progetto Ambientale</p>  <p>Opera di attraversamento</p>  <p>Opere in sotterraneo</p> 	<p>IL CONTRAENTE GENERALE</p> <p>Amministratore Delegato Dott. F. di Pietro</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Direttore Tecnico Dott. Ing. Valerio Mele</p>	<p>STRETTO DI MESSINA</p> <p>Amministratore Delegato Dott. P. Ciucci</p>
--	--	--	---	---

<p><i>Unità Funzionale</i> GENERALE</p> <p><i>Tipo di sistema</i> AMBIENTE</p> <p><i>Raggruppamento di opere/attività</i> ELEMENTI DI CARATTERE GENERALE</p> <p><i>Opera - tratto d'opera - parte d'opera</i> GENERALE</p> <p><i>Titolo del documento</i> RELAZIONE SPECIALISTICA AMBIENTE MARINO - CETACEI</p>	<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">AMR0884</div>
---	--

CODICE	<table border="1" style="display: inline-table; border-collapse: collapse;"> <tr> <td>C</td><td>G</td><td>5</td><td>0</td><td>0</td><td>0</td> <td>P</td> <td>R</td><td>G</td><td>R</td><td>G</td> <td>A</td><td>M</td><td>I</td><td>A</td> <td>Q</td><td>3</td> <td>0</td><td>0</td> <td>0</td><td>0</td> <td>0</td><td>0</td> <td>0</td><td>2</td> <td>C</td> </tr> </table>	C	G	5	0	0	0	P	R	G	R	G	A	M	I	A	Q	3	0	0	0	0	0	0	0	2	C
C	G	5	0	0	0	P	R	G	R	G	A	M	I	A	Q	3	0	0	0	0	0	0	0	2	C		

REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
A	30/09/2023	EMISSIONE FINALE	LICITRA	SANDRUCCI	ORLANDINI
B	15/11/2023	EMISSIONE PER AGGIORNAMENTO	LICITRA	SANDRUCCI	ORLANDINI
C	20/01/2024	EMISSIONE A SEGUITO ISTRUTTORIA	LICITRA	SANDRUCCI	ORLANDINI

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

INDICE

1	INTRODUZIONE.....	4
2	AGGIORNAMENTO DELLO STATO DI FATTO	5
2.1	Dati oceanografici	5
2.2	Necton.....	8
2.2.1	Specie migratrici Nectoniche con particolare riferimento al tonno (<i>T. thynnus</i>).....	8
2.2.2	Pesci cartilaginei: squali, razze e mobule.....	11
2.2.3	Cetacei e rettili	12
2.2.4	Fauna abissale batipelagici	12
2.3	Bibliografia	13
2.4	Cetacei.....	16
2.4.1	Lo Stretto di Messina come corridoio ecologico per i cetacei – aggiornamenti con le indagini più recenti	16
2.4.2	Stato dell'arte sulla presenza dei cetacei nell'area dello Stretto di Messina	16
2.4.3	Eventi di spiaggiamento dei cetacei registrati negli ultimi venti anni.....	29
2.5	Bibliografia	30
3.1	Aggiornamento della bibliografia di riferimento sull'impatto del rumore su mammiferi marini	33
3.2	Modifica delle tecniche di perforazione e utilizzo di corretti indicatori acustici.....	35
3.3	Valutazione dell'impatto sonoro sugli animali.....	38
3.3.1	Cenni sugli elasmobranchi.....	46
3.4	Bibliografia	46
4	EFFETTI DI ILLUMINAZIONE ED OMBREGGIAMENTO SU ALCUNE SPECIE ANIMALI.....	49
4.1	Impatto della luce sui comportamenti alimentari	49
4.2	L'impatto luminoso dell'opera e le azioni di mitigazione introdotte	51
4.3	Gli effetti delle ombre sul comportamento dei delfini.....	52
4.3.1	Studi in letteratura sull'effetto di ombre sul comportamento dei delfini	52
4.4	Impatto delle ombre sul Tursiope: casi studio riportati in letteratura a seguito della realizzazione di ponti	53
4.5	Bibliografia	56
5	RACCOLTA DATI E VALUTAZIONE IMPATTI	58
5.1	Monitoraggio visivo ed acustico sottomarino.....	58
5.1.1	Acquisizione dei dati di input necessari al modello matematico di propagazione.....	59
5.1.3	Monitoraggio in fase di cantiere per la costruzione dei pontili.....	65
5.1.4	Monitoraggio dopo la realizzazione dell'opera	67
5.2	Monitoraggio tramite l'uso di marcature satellitari	67

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

5.2.1	Indagini svolte nel Mediterraneo centrale di interesse	67
5.2.2	Piano di monitoraggio con l'uso di tag satellitari sui cetacei	69
5.3	Bibliografia	72

Allegato 1 - Sintesi strumentazione utilizzata, tipologia di indagine ed operatori specializzati durante le varie fasi dell'attività di monitoraggio.....	73
--	-----------

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

1 INTRODUZIONE

La Commissione Tecnica di Verifica dell’Impatto Ambientale – VIA e VAS nel suo parere del 15 marzo 2013 aveva espresso in materia di impatto acustico sui cetacei varie perplessità in relazione alle carenze che la stessa Commissione aveva evidenziato nel riesame della documentazione, così come integrata dal committente l’opera. La Commissione aveva dichiarato, alla fine del suo esame come non ottemperate o solo parzialmente ottemperate, richieste di integrazione che aveva sottoposto al committente.

Il presente documento, a partire dalle richieste contenute nei documenti (VIAG: 21-22-23-24-25-VIAS:29-30) fornisce un aggiornamento delle conoscenze disponibili, in base alla letteratura pubblicata durante il periodo trascorso. Inoltre, presenta le valutazioni tecnico scientifiche richieste in merito all’impatto acustico prodotto dai cantieri preposti alla realizzazione dei pontili in prossimità della costa calabrese e siciliana. Le analisi sono condotte alla luce di alcune modifiche metodologiche e costruttive che sono oggi previste rispetto la precedente soluzione, per la realizzazione dei pali di fondazione dei pontili, per le installazioni per l’illuminazione del ponte, individuate al fine di ridurre l’impatto dell’opera e di adottare azioni di mitigazione (installazione di cortina) per la riduzione del rumore durante la fase costruttiva.

Il documento fornisce inoltre le adeguate indicazioni in merito a quanto sopra per la definizione delle parti di competenza del Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) e alla relazione del Progettista, avendo cura di dettagliare anche le azioni da svolgere per monitorare (acusticamente, visivamente e bioacusticamente) la presenza dei cetacei durante le attività di cantiere per i pontili e le azioni per dissuadere gli animali dall’avvicinarsi, con particolare riferimento ai delfinidi (*T. truncatus*).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

2 AGGIORNAMENTO DELLO STATO DI FATTO

2.1 Dati oceanografici

In relazione alla richiesta di aggiornamento della letteratura già fornita nella risposta alle richieste del Ministero, in merito al documento VIAS 30 “*Rete di monitoraggio sui dati oceanografici*”, si evidenzia la possibilità attuale di ampliare quelle conoscenze allora disponibili utilizzando quelle presenti nella banca dati oceanografica satellitare “Giovanni” (<https://giovanni.gsfc.nasa.gov/giovanni/>), messa a disposizione dalla Nasa negli ultimi anni e che contiene dati ambientali su scala mondiale continuamente aggiornati oltre ai dati consultabili di serie storiche pregresse acquisiti fin dagli anni 40'. In esso, è possibile ottenere diverse tipologie di dati, in tempo reale, su scala mediterranea e locale da mettere in relazione alla documentazione richiesta e/o a supporto di elaborazioni di modelli matematici preliminari relativi alla costruzione dell'opera. Di seguito, si riportano informazioni aggiuntive utili alla rete di monitoraggio relativamente a dati oceanografici raccolti attraverso programmi interdisciplinari.

Il Consiglio Nazionale delle Ricerca (CNR) porta avanti infatti programmi a lungo termine relativi allo studio della diffusione di zooplancton in Sicilia, tramite l'impiego congiunto di strumentazione per il rilevamento di dati oceanografici. I progetti che si sono susseguiti in questi anni sono di seguito elencati: Ritmare, SSD Pesca, Cisas, Marine Hazard, Blue data Biocampagne e MedSudMed 2009. Per ogni progetto sono state organizzate campagne oceanografiche sistematiche (dal 1998 - 2014, condotte nell'area del mediterraneo centrale (Canale di Sicilia e Mar Ionio). Si riportano alcuni dei riferimenti bibliografici più significativi che possono fornire indicazioni più chiare avendo osservato i fenomeni su scale regionale e su lungo periodo. I lavori di seguito citati sono trasversali a programmi di monitoraggio e studio relativo alla componente zooplanctonica:

- Bonanno, A., Placenti, F., Basilone, G., Mifsud, R., Genovese, S., Patti, B., Di Bitetto, M., Aronica, S., Barra, M., Giacalone, G., Ferreri, R., Fontana, I., Buscaino, G., Tranchida, G., Quinci, E., and Mazzola, S. (2014). Variability of water mass properties in the Strait of Sicily in summer period of 1998–2013. *Ocean Sci.*, 10, 759–770, <https://doi.org/10.5194/os-10-759->
- Cuttitta, A., Quinci, E. M., Patti, B., Bonomo, S., Bonanno, A., Musco, M., ... & Mazzola, S. (2016). Different key roles of mesoscale oceanographic structures and ocean bathymetry in shaping larval fish distribution pattern: A case study in Sicilian waters in summer 2009. *Journal of Sea Research*, 115, 6-17.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

- Patti, Carlo and Cuttitta, Angela and Musco, Marianna and Di Maria, Antonino and De Luca, Biagio and Galli, Gabriele and Chirco, Pierangela and Nicosia, Aldo and Giacalone, Giovanni and Fontana, Ignazio and Calandrino, Pietro and Placenti, Francesco and Giaramita, Luigi and Torri, Marco and Quinci, Enza Maria and Biondo, Girolama and La Rosa, Roberta and Piccolin, Fabio and Natalio, Felipe and Cangemi, Giuseppe and Vita, Calandrino and Valentina, Di Maria and Emanuele, Macaluso and Valentina, Cani and Simona , Ala and Emanuela, Cusimano and Stefania, Calò and Gabriella, Giannone and Doriana, Sicurelli and Baptiste, Girard and Antoine, Filippo and Maud, Talon and Claire, Loyen and Matthieu, Filoche and Manuel, Dazzi-Plazziac and Bernardo, Patti (2013) Rapporto tecnico sulle attività di campagna oceanografica “BANSIC 2013”. Technical Report. IAMC-CNR Capo Granitola, Capo Granitola.
- Patti, B., Torri, M., & Cuttitta, A. (2020). General surface circulation controls the interannual fluctuations of anchovy stock biomass in the Central Mediterranean Sea. *Scientific reports*, 10(1), 1554.
- Patti, B., Torri, M., & Cuttitta, A. (2022). Interannual summer biodiversity changes in ichthyoplankton assemblages of the Strait of Sicily (Central Mediterranean) over the period 2001–2016. *Frontiers in Marine Science*, 9, 960929.

Si sottolinea il lavoro sviluppato da Cuttitta et al, 2016 le cui informazioni descritte forniscono indicazioni sui parametri di temperatura e di salinità, oltre a descrivere le informazioni di biomassa relativamente alla costa siciliana e all’area dello stretto. Dati oceanografici in relazione a campioni fittoplanktonici sono stati raccolti durante due campagne oceanografiche a bordo della O/V Urania: Bansic 2009, effettuata nel periodo di luglio 2009 nel Canale di Sicilia e dal progetto MedSudMed 2009, effettuata ad agosto 2009. Si può dedurre che i parametri (temperatura, salinità, fluorescenza e peso dello zooplancton) presentano una variabilità dello strato sub superficiale: la isosuperficie di temperatura (Fig. A.2.1 a) ha evidenziato la presenza di acqua più fredda nella zona occidentale dell’area di studio e contemporaneamente un aumento di temperatura nella zona centrale dovuto essenzialmente alla presenza di vortici anticiclonici che hanno generato una flessione delle isoterme. I valori minimi di salinità (Fig. A.2.1 b), fluorescenza (Fig. A.2.1 c) e zooplancton (Fig. A.2.1 d) sono in corrispondenza di questo vortice. La isosuperficie dello zooplancton (Fig. A.2.1 d) ha mostrato valori più elevati nell’intera area più a ovest e nel versante orientale costiero. Questo spiega come la circolazione superficiale è stata principalmente influenzata dal flusso verso est di AIS (Atlantic Ionian Stream), che è caratterizzato dal suo tipico percorso serpeggiante che costeggia la costa orientale della Sicilia e ha raggiunto valori massimi di $\sim 44 \text{ m s}^{-1}$. Le immagini

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		Codice documento AMR0884	Rev Data C 20/01/2024

satellitari (Fig. A.2.1 a) e le interfacce di densità (Fig. A.2.1 c) mettono in risalto la presenza di due strutture cicloniche nel versante occidentale del Canale di Sicilia e di una modesta e superficiale struttura anticiclonica nella parte orientale. Nello specifico, l'isopicnale 28.5 si trovava a circa 50 m di profondità nella parte occidentale della Sicilia ed è sprofondata a circa 120 m di profondità nella parte orientale. L'analisi dei dati di temperatura e salinità nello strato 0–50 m, ha evidenziato acqua più fredda (16–18 °C) e più salata (37,75–38 PSU) nella zona costiera, in particolare nell'Adventure Bank (parte occidentale dell'area di studio) (Fig. A.2.1 b). L'area occidentale è anche caratterizzata da valori di fluorescenza più elevati (Fig. A.2.1. c) e di zooplancton (Fig. A.2.1 d). Ciò potrebbe indicare la presenza di ampi fenomeni di risalita costiera, generati dal vento. Sebbene l'area dello Stretto di Messina sia solo parzialmente coinvolta, il valore dei dati qui presentati si ritiene comunque utile per una valutazione complessiva.

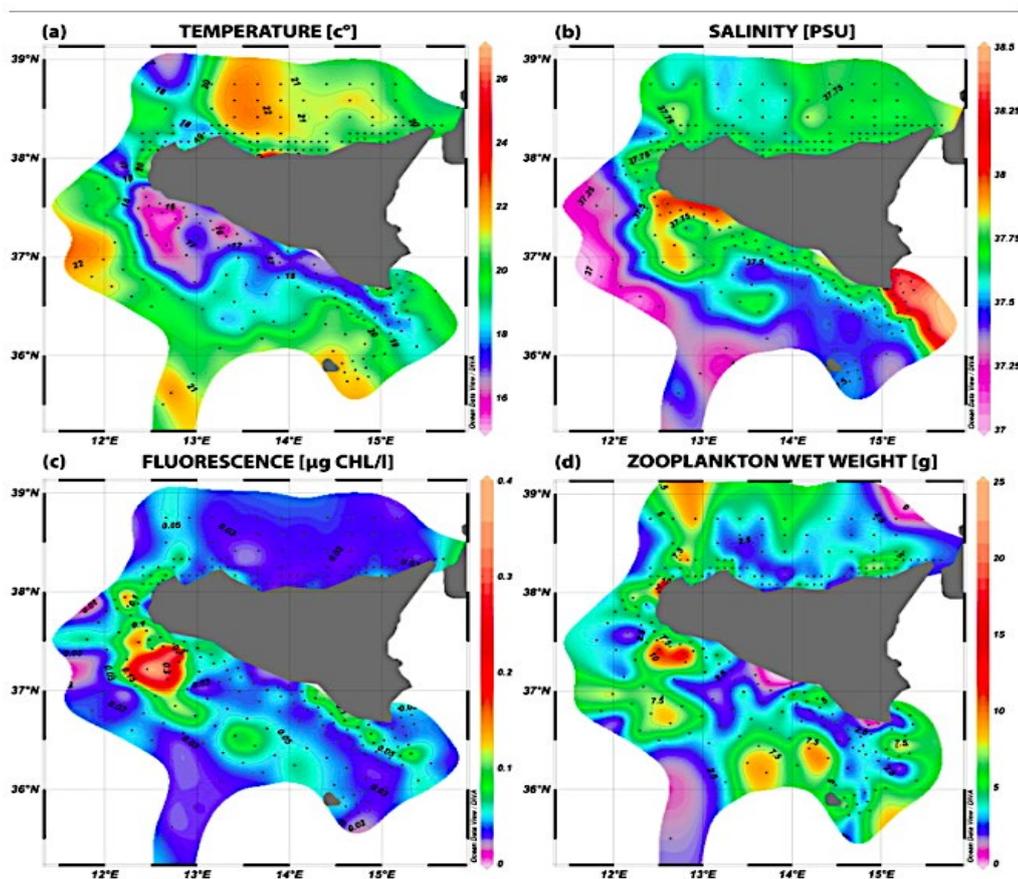


Fig. A.2.1 *Cuttita et al., 2016* - indicazioni sui parametri di temperatura, salinità e di biomassa relativamente alla costa siciliana e all'area dello stretto.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

Informazioni aggiuntive possono poi essere ottenute nell'ambito del programma di monitoraggio "Strategia Marina 2018" che il CNR ha sviluppato con diverse campagne di monitoraggio al fine raccogliere informazioni sia di carattere biologico che oceanografico in riferimento all'argomento annoveriamo il programma: *Human-induced eutrophication is minimised, especially adverse effects thereof, such as losses in biodiversity, ecosystem degradation, harmful algal blooms and oxygen deficiency in bottom waters.*

CNR - ISAC è stato infine impegnato nella "Stima dei trend satellitari di Clorofilla e stima di indici di up-welling costiero".

2.2 Necton

Per far seguito a quanto richiesto nel documento (VIAS 029 sezione E - F), "Necton (la descrizione è insufficiente; per la parte relativa ai pesci sia teleostei che condroitti, sono presenti informazioni senza alcun riferimento bibliografico; nello specifico, inoltre, è anche necessario acquisire una letteratura aggiornata poichè negli ultimi 10 anni si sono acquisite informazioni etologiche sui grandi pelagici che possono risultare importanti per lo studio di impatto)" si riporta un aggiornamento della letteratura facendo riferimento alle specie appartenenti al comparto del necton presenti nell'Area dello Stretto di Messina (condroitti, osteitti, rettili e cetacei)

2.2.1 Specie migratrici Nectoniche con particolare riferimento al tonno (*T. thynnus*)

Lo Stretto di Messina, in funzione della sua particolare posizione di confine fra i due bacini occidentale e orientale del Mediterraneo caratterizzato da un forte idrodinamismo marino, abbondanza di sali di azoto e fosforo e bassa temperatura, è un eccezionale punto di osservazione per i flussi migratori delle specie marine che percorrono i due bacini. Lo Stretto, trovandosi lungo le principali direttrici del Mediterraneo, è attraversato da numerose specie marine migratrici protette e da *Endangered species* (osteitti, condroitti e cetacei) che sono comprese in un unicum ecologico che rende impossibile affermare che vi sia sensibilità bassa.

In relazione al necton, certamente i più rilevanti, da un punto di vista economico ed ambientale, sono i grandi pelagici, cioè il Tonno (*T. thynnus*), l'Alalunga (*T. alalunga*), la Palamita (*S. sarda*), l'Aguglia imperiale (*T. belone*) ed il Pescespada (*X. gladius*). Proprio la "ricchezza" trofica dello Stretto determina che questi pesci transitano in acque superficiali e possano essere catturati con le particolari barche chiamate "passerelle" o "feluche", attive solo in questa parte del Mediterraneo. Da segnalare che esclusivamente nello Stretto, pur se con attrezzi diversi, è possibile prelevare specie di tonno durante tutto il periodo dell'anno e di tutte le classi d'età, dalle forme giovanili agli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

organismi adulti, poiché è nota una popolazione “stanziale” che si muove periodicamente tra i due mari Tirreno e Ionio (Battaglia et al., 2013). Di seguito sono sintetizzati quattro maggiori risultati ottenuti dalle attività di ricerca:

- I piccoli tonni mostrano una grande residenzialità.
- è noto un comportamento gregario per tutte le classi di età;
- i grandi tonni, di oltre 150 kg, mostrano un forte comportamento imitativo nei confronti dei piccoli;
- i tonni si allontanano dall’area di pastura, quando si spezza il termoclino nella colonna d’acqua, ciò che prelude al cambiamento di stagione.

Gli approcci metodologici e di ricerca riguardanti le migrazioni e gli spostamenti del tonno Atlanto-Mediterraneo e l’individuazione delle possibili aree di riproduzione possono essere sintetizzati in 4 approcci (Bombace 2017):

- osservazioni dirette (tinnoscopi, alture, punti di avvistamento, battelli in mare) dei branchi in migrazione genetica, trofica o d’altro genere; studio e sperimentazione di attrezzi e metodi di pesca, studi sugli animali catturati per finalità biologiche (misure biometriche, contenuti stomacali, analisi genetiche, molecolari, studi di dinamica di popolazione, raccolta di dati statistici e di cattura/sforzo di pesca). Questi studi mirano ad evitare il sovrasfruttamento e assicurare la conservazione del tonno, quindi alla gestione della popolazione e a politiche di pesca mirata. Trattandosi di una specie a grande distribuzione geografica, questi indirizzi di gestione vengono indicati dall’ente internazionale quale è l’ICCAT (International Commission for the Conservation of Atlantic Tuna);
- approccio istologico gonadico per capire lo stadio di maturità e di emissione degli oociti; indagini bio-molecolari per discernere eventuali unità di popolazione. Stadi gonadici maturi, con segni follicolari di emissione avvenuta o in corso, riscontrabili in più tonni catturati in una determinata area, in qualche modo qualificano quell’area come possibile zona di riproduzione (spawning area);
- approccio bio-ecologico olistico, quindi comprese marcature elettroniche, con una forte interazione con gli studi oceanografici per una corretta valutazione delle dinamiche in relazione agli habitat;
- approccio riguardante le marcature dei tonni, al fine di comprenderne i comportamenti migratori, le rotte seguite, ma anche altri aspetti legati alle ricatture eventuali, quali ad es. i tassi di mortalità, i tassi di crescita, i tempi di percorrenza o di altro genere (merceologici a fini industriali o di conservazione, ecc.).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

In relazione alle metodologie più avanzate per lo studio della migrazione e distribuzione del tonno, nella fig. B.2.2, portiamo all'attenzione le rotte dei tonni marcati in Mediterraneo con marche satellitari e marche interne. Pallini bianchi mostrano i tonni marcati in Mediterraneo occidentale, i pallini gialli i tonni marcati in Adriatico (*Carmeno et al., 2015*) "rompendosi" il termocline avviene una dispersione di prede che conduce alla dispersione dei predatori. In fig. C.2.2, da Piccinetti et al., 2012, mostriamo la mappa riassuntiva delle aree di riproduzione in Mediterraneo del tonno.

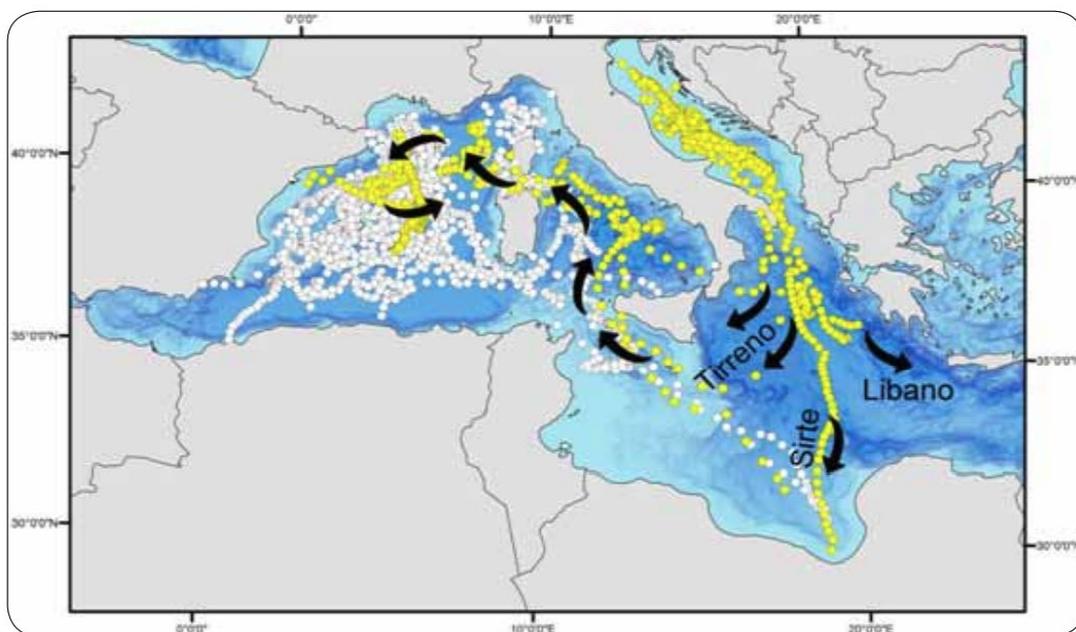


Fig B.2.2 Rotte dei tonni marcati con marche satellitari - pallini bianchi tonni marcati in mediterraneo occidentale, pallini gialli tonni marcati in Adriatico (Carmeno et al., 2015).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<table border="1" style="width: 100%;"> <tr> <td style="width: 50%;"><i>Rev</i></td> <td style="width: 50%;"><i>Data</i></td> </tr> <tr> <td>C</td> <td>20/01/2024</td> </tr> </table>	<i>Rev</i>	<i>Data</i>	C	20/01/2024
<i>Rev</i>	<i>Data</i>						
C	20/01/2024						

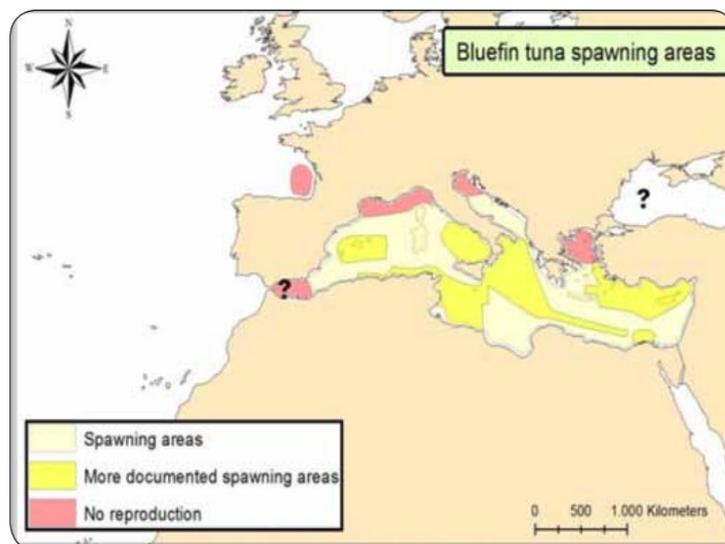


Fig. C.2.2 Mappa delle aree di riproduzione (Piccinetti et al., 2012).

2.2.2 Pesci cartilaginei: squali, razze e mobule.

Al fine di integrare le informazioni disponibili sulle migrazioni anche relative a squali, razze e mobule è stata compiuta una ricerca bibliografica, che ha dato scarso esito.

Si evidenzia la presenza di selacei (pesci cartilaginei) che migrano attraverso lo Stretto di Messina ed è possibile osservarli anche nel versante calabrese: *Carcharodon carcharias* (squalo bianco), squalo elefante e martello (*Sphyrna sp.*), l'aquila di mare (*M. aquila*), la verdesca (*P. glauca*) e lo squalo vacca (*H. griseus*), specie che si riscontra nelle profondità comprese fra 15 e 30 metri. Tali specie spesso costituiscono un'importante frazione delle catture accessorie (by-catch), della pesca professionale (Bonanomi et al., 2018). Segnaliamo come evento straordinario la cattura di un giovane esemplare di *C. maximus* (squalo elefante), testimonianza registrata lungo il versante ionico della Calabria, perché possiamo ipotizzare che la presenza di un piccolo conferma che il Mediterraneo centrale non è solo un'area di alimentazione, ma anche una zona di riproduzione per questo animale. La percentuale di riduzione dei grandi predatori ha superato negli ultimi due secoli il 98%. Un fenomeno di notevole interesse scientifico visto che la presenza degli squali, definiti «top predator», è considerata fondamentale per il mantenimento degli equilibri marini.

In merito alla presenza delle mobule (*Mobula mobular*) nello Stretto di Messina, *Celona et al*, 2004, ha testimoniato la presenza delle mobula relative a 50 esemplari (5 catturati e 45 avvistati) nel periodo 1990–2003 (con l'eccezione di un caso datato 1970). I dati raccolti mostrano che tale specie è presente nell'area con costanza, in particolare tra tarda primavera ed estate, allorquando

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

gli esemplari osservati si muovono verso Nord, solitamente in gruppi composti da 5 a 6 individui. Sono stati osservati casi di predazione su clupeiformi ed eufasiacei. È stato osservato che le mòbule sono sovente accompagnate da altre specie: balenottera comune (*B. physalus*), tursiope (*T. truncatus*), stenella striata (*S.coeruleoalba*), tonno (*T. thynnus*), aguglia imperiale (*T. belone*), e pesci pilota (*N. ductor*). Gli esemplari catturati erano tutti di sesso femminile, lasciando supporre che *M. mobular* presenti segregazione sessuale.

2.2.3 Cetacei e rettili

Ad oggi si può affermare che l'area dello Stretto di Messina, oggetto di questa indagine, rappresenta certamente “un corridoio ecologico” di notevole importanza per le specie marine protette di interesse conservazionistico ad alta mobilità (Bentivegna, 2002, Bentivegna et al., 2007, Casale et al., 2007, Canese et al., 2011-1, Panigada et al., 2017, Gnone et al., 2023; Vecchioni 2023). Lo Stretto è un punto di passaggio obbligato per le migrazioni e gli spostamenti dei cetacei, probabilmente il più importante nel Mediterraneo in termini di diversità di specie che vi transitano, tra cui sono da segnalare oltre a tutte le specie di delfini presenti in Mediterraneo, le Balenottere e particolarmente i Capodogli che attraversano lo Stretto per andare a riprodursi nell'area delle Isole Eolie (Bolognari, 1945, 1950, 1951,1957;Frantzis et al., 2011; Pirota et al.,2021,) Nel 2019, per la prima volta segnaliamo nello Stretto di Messina 3 esemplari di Orca (*Orcinus orca*) i quali sono stati confermati essere gli stessi esemplari presenti nel porto Genova, appartenenti alla popolazione – artica (attualmente è disponibile solo la letteratura grigia). Lungo le coste calabresi sono noti siti di nidificazione di tartaruga marina (*Caretta caretta*), diversi centri di recupero concentrano la loro attività sulla gestione delle schiuse dei nidi, sulla cura e liberazione degli esemplari recuperati.

2.2.4 Fauna abissale batipelagici

Lo Stretto di Messina è uno dei rari posti al mondo dove si verifica lo spiaggiamento di fauna abissale a causa delle loro migrazioni nictemerale per la ricerca del cibo: essa si ritrova in superficie e poi finisce spiaggiata ad opera del fenomeno dell'upwelling, unito agli eventi di scirocco. Questi organismi vivono abitualmente a profondità batipelagiche nel Mar Mediterraneo (di solito tra 300 e 1000 m). La loro massiccia presenza, (rappresentativa in tutte le fasi del ciclo vitale) nelle acque superficiali dello Stretto è di notevole importanza biologica ed ecologica. La facile reperibilità di questi pesci ha reso l'area di pregio internazionale nello studio di queste specie, la maggior parte delle quali presenta speciali organi luminosi (fotofori). Di seguito segnaliamo le specie più note:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

l'Evermanella (*E. balbo*), La Vipera di mare (*C. sloani*), Drago marino (*P. taeniolatus*), Rari sono il Valenciennello (*E. caninus*) il Beccaccino di mare (*N. scolopaceus*). Notevole è il Luccio imperiale (*S. hyalina*), Il raro Pesce liocorno (*L. lacepede*) e Pesce nastro (*T. trachypterus*) il più raro della fauna abissale è Re di aringhe (*R. glesne*) (Spanò & Domenico, 2017).

2.3 Bibliografia

- ACCOBAMS. Estimates of Abundance and Distribution of Cetaceans, Marine Mega-Fauna and Marine Litter in the Mediterranean Sea from 2018–2019 Surveys; Panigada, S., Boisseau, O., Canadas, A., Lambert, C., Laran, S., McLanaghan, R., Moscrop, A., Eds.; *ACCOBAMS Survey Initiative Project*: Monaco, 2021; p. 177.
Andersen V, Sardou J, Nival P. The diel migrations and vertical distributions of zooplankton and micronekton in the Northwestern Mediterranean Sea. (1992). Siphonophores, hydromedusae and pyrosomids. *Journal of Plankton Research*, 14(8):1155.
- Baguet F. Bioluminescence of deep-sea fishes in the straits of Messina. (1995). In: Guglielmo L, Manganaro A, De Domenico E, editors. *The Straits of Messina Ecosystem*. Università degli Studi di Messina,
- Bargnesi, Filippo, Serena Lucrezi, and Francesco Ferretti. (2020). "Opportunities from citizen science for shark conservation, with a focus on the Mediterranean Sea." *The European Zoological Journal* 87,(1)(2020): 20-34.
- Battaglia P, Pedà C, Malara D, Milisenda G, MacKenzie BR, Esposito V, Consoli P, Vicchio TM, Stipa MG, Pagano L, Longo F, Romeo T. (2022). Importance of the Lunar Cycle on Mesopelagic Foraging by Atlantic Bluefin Tuna in the Upwelling Area of the Strait of Messina (Central Mediterranean Sea). *Animals* 12(17):2261. doi: 10.3390/ani12172261.
- Battaglia P, Pedà C, Malara Dortuna, C.M., Moro, F. and Sala, A., (2018). Elasmobranch bycatch in the Italian Adriatic pelagic trawl fishery. *PLoS one*, 13(1), p.e0191647.
- Battaglia, P., Andaloro, F., Consoli, P. et al. (2013). Feeding habits of the Atlantic bluefin tuna, *Thunnus thynnus* (L. 1758), in the central Mediterranean Sea (Strait of Messina). *Helgol Marine Research* 67, 97–107 <https://doi.org/10.1007/s10152-012-0307-2>
- Bognari A. 1949. A proposito della recente cattura di alcuni esemplari di capodoglio (*Physeter macrocephalus* L.) nel Mediterraneo. *Bull. Inst. Ocean. Monaco* 949: 1-43.
- Bognari A. 1950. Ancora sulla comparsa del capodoglio (*Physeter macrocephalus* L.) nel Mediterraneo. *Bollettino di Zoologia* 17: 29-37.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

- Bolognari A. 1951. La migrazione del capodoglio nel Mediterraneo. Bollettino di Zoologia 18: 253-256.
- Bolognari A. 1957. Sulla biologia del capodoglio. Atti della Società Peloritana di Scienze Fisiche, Matematiche e Naturali 3(2): 143-156.
- Bombace G (2017) - Ancora sul Tonno Rosso Atlanto-Mediterraneo (THUNNUS THYNNUS L. 1758) storia biologia comportamenti ed oceanografia Notiziario SIBM, 72: 73-93.
- Bombace, G., (2017) - Migrazioni, tonnare, comportamenti del tonno atlanto-mediterraneo ed oceanografia. Notiziario SIBM, 71: 59-77.
- Canese, Simonepietro, Andrea Cardinali, Teresa Romeo, Michela Giusti, Eva Salvati, Michela Angiolillo, and Silvestro Grec (2011). "Diving behavior of the giant devil ray in the Mediterranean Sea." *Endangered Species Research* 14,(2) 171-176.
- Carmeno P., Quilez Badia G., Ospina - Alzavar A., Sainz-Trapaga S., Boustani A.M., Seits A.C., Tudela S., Block B.A. (2015) - Electronic tagging of Atlantic bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) reveals habitat use and behaviors in the Mediterranean Sea. *PLoS ONE*, 10 (2): e0116638. doi: 10.1371/journal.pone.0116638
- Cavanagh, Rachel D., and Claudine Gibson. Overview of the conservation status of cartilaginous fishes (Chondrichthyans) in the Mediterranean Sea. No. 3. *Iucn*, 2007.
- Celona, A. (2004). Catture ed avvistamenti di mòbula, *Mobula mobular* (Bonnaterre, 1788) nelle acque dello Stretto di Messina. *Annales*, 14, 11-18.
- Cuttitta, Angela, Sergio Bonomo, Salem Zgozi, Angelo Bonanno, Bernardo Patti, Enza Maria Quinci, Marco Torri et al. (2016). "The influence of physical and biological processes on the ichthyoplankton communities in the Gulf of Sirte (Southern Mediterranean Sea)." *Marine Ecology* 37(4) 831-844.
- di Sciara G. N. - Arda M. Tonay Conserving Whales, Dolphins & Porpoises - in the Mediterranean Sea, Black Sea and adjacent areas an ACCOBAMS status report 2021
- Frantzis, A., Airoidi, S., Notarbartolo-di-Sciara, G., Johnson, C., & Mazzariol, S. (2011). Inter-basin movements of Mediterranean sperm whales provide insight into their population structure and conservation. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 58(4), 454-459.
- Fuerst-Bjelis, B. (Ed.). (2017). *Mediterranean Identities: environment, Society, Culture*. InTech. doi: 10.5772/66587

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

- Gnone G, Bellingeri M, Airoidi S, Gonzalvo J, David L, Di-Méglio N, Cañadas AM, Akkaya A, Awbery T, Mussi B, et al. (2023) Cetaceans in the Mediterranean Sea: Encounter Rate, Dominant Species, and Diversity Hotspots. *Diversity*. 15(3):321. <https://doi.org/10.3390/d15030321>
- Longo, F.; Malara, D.; Ascitto, E.; Battaglia, P. (2023). Growth of the Mesopelagic Fish *Vinciguerra attenuata* (Cocco, 1838) in the Strait of Messina (Central Mediterranean Sea). *J. Marine Science and Engineering*. 11(5),1055. <https://doi.org/10.3390/jmse11051055>
- Milisenda G, MacKenzie BR, Esposito V, Consoli P, Vicchio TM, Stipa MG, Pagano L, Longo F, Romeo T. (2022). Importance of the Lunar Cycle on Mesopelagic Foraging by Atlantic Bluefin Tuna in the Upwelling Area of the Strait of Messina (Central Mediterranean Sea). *Animals* (Basel). Aug 31;12(17):2261. doi: 10.3390/ani12172261. PMID: 36077982; PMCID: PMC9454512
- Piccinetti I C., Di Natale A., Arena P. (2012). Eastern bluefin tuna (*Thunnus thynnus* L.) reproduction and reproductive areas and season. Coll. Vol. Sci. Pap. ICCAT, 69 (2): 891-912.
- Pirota, E., Carpinelli, E., Frantzis, A., Gauffier, P., Lanfredi, C., Pace, D.S. & Rendell, L.E. 2021. *Physeter macrocephalus* (Mediterranean subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T16370739A50285671. <https://www.iucnredlist.org/species/16370739/50285671>
- Potoschi, A., Iaria, G., Spanò, N., & Sub, O. (2010). Shark records in the strait of Messina (Central Mediterranean Sea): *Hexanchus griseus* (Bonnaterre, 1788). *Rapp Comm Int Mer Médit*, 39, 636.
- Romeo, T., Consoli, P., Greco, S., Canese, S., & Andaloro, F. (2009). Swordfish (*Xiphias gladius*, *Teleostea: Xiphiidae*) surface behaviour during reproductive period in the central Mediterranean Sea (southern Tyrrhenian Sea). *Marine Biodiversity Records*, 2, E45. doi:10.1017/S1755267209000578
- Scotto Di Carlo B, Costanzo G, Fresi E, Guglielmo L, Ianora A. (1982). Feeding ecology and stranding mechanisms in two lanternfishes (*Hygophum benoiti* and *Myctophum punctatum*). *Marine Ecology Progress Series*. 9:13–24
- Spanò, N., & Domenico, E. D. (2017). Biodiversity in Central Mediterranean Sea. InTech. doi: 10.5772/intechopen.68942
- Vecchioni L, Arculeo M, Vamberger M., Marrone F. (2022) Current Status of and Threats to Sicilian Turtles. *Diversity* 14, 798. <https://doi.org/10.3390/d14100798>

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

2.4 Cetacei

2.4.1 Lo Stretto di Messina come corridoio ecologico per i cetacei – aggiornamenti con le indagini più recenti

L'area dello Stretto di Messina è stata oggetto di approfondite valutazioni in relazione allo studio dei cetacei sia dal punto di vista ecologico che conservazionistico riguardo all'impatto delle attività umane sulla biodiversità marina. Nel dettaglio dal 2005 si sono intensificati gli studi relativi all'attività di monitoraggio sotto commissione della società "Stretto di Messina SpA" svolti all'Istituto di ricerca Tethys che ha svolto una indagine di settore ANTE OPERAM in merito ai flussi migratori di specie di cetacei nello stretto di Messina (aggiornato nel corso del 2010 con tre campagne luglio-ottobre). In breve, riportiamo un riassunto dei risultati ottenuti dalle campagne di monitoraggio del 2005 - 2006 - 2010, le quali mettono in evidenza le specie avvistate con maggiore frequenza nelle acque dello Stretto. Circa 8.795 km di osservazioni in una superficie di mare di 2.300 km² sono state svolte e sono stati effettuati 80 avvistamenti di cetacei appartenenti a 6 specie: stenella striata, tursiope, capodoglio, grampo, zifio e delfino comune. Il 70% degli avvistamenti sono avvenuti nell'area sud (Ionio) mentre nell'area nord (Tirreno) sono state avvistate *soltanto stenelle striate*. Le Campagne di monitoraggio *ante operam* "Componente Fauna ed Ecosistemi Monitoraggio cetacei 2010-2011" (tre campagne), hanno arricchito la raccolta delle informazioni di base sulla presenza, abbondanza, relativa e assoluta, distribuzione e uso dell'habitat delle principali specie di cetacei presenti nell'area dello Stretto: Stenella striata, (*S. coeruleoalba*) tursiope, (*T. truncatus*) e capodoglio (*P. macrocephalus*) purtroppo non rilevando nessuna informazione aggiuntiva rispetto ad altre specie, rispetto a quanto già si era acquisito nella precedente attività di monitoraggio.

2.4.2 Stato dell'arte sulla presenza dei cetacei nell'area dello Stretto di Messina

Negli ultimi anni sono state acquisite numerose informazioni a seguito di studi e ricerche condotte nel bacino del Mediterraneo e presso l'area interessata dall'opera, che possono ridurre la necessità di indagini quali quelle richieste, avendo ora disponibili nuove rilevanti informazioni (ACCOBAMS, 2021, Arcangeli et al., 2023). Si ritiene quindi che la rassegna qui di seguito presentata, al di là di indagini con l'uso di marcatura satellitare che sono comunque previste nel PMA e che potranno aggiungere ulteriori informazioni, possa già fornire un quadro abbastanza chiaro della presenza di varie specie di cetacei nell'area. Ciò attraverso l'analisi dei flussi migratori, che sono stati determinati in vari studi (Lo Brutto et al. 2021), ed attraverso la distribuzione spaziale degli

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

spiaggiamenti di individui di varie specie, che rappresentano un indicatore, seppure parziale, della presenza dei cetacei nell'area. Come già detto, si può affermare che l'area dello Stretto di Messina rappresenta certamente "un corridoio ecologico" di notevole importanza per le specie marine protette di interesse conservazionistico ad alta mobilità (Bentivegna 2002; Bentivegna et al., 2007, Casale et al., 2007; Canese et al., 2011 e Panigada et al., 2017).

Si riporta una sintesi dei risultati complessivi di distribuzione e diversità di 16 specie di cetacei grazie a un lavoro di rassegna condotto di recente da Gnone et al., (2023), su scala mediterranea riferito agli anni di studio tra il 2004 e il 2018 in cui sono stati coinvolti 32 gruppi ricerca. Questo studio ci permette di ipotizzare la presenza e la funzione ecologica dell'area dello Stretto per le specie di cetacei che lo abitano e lo attraversano. I dati che vengono presentati si basano su indagini osservative svolte durante crociere in mare e in molti dei casi le tecniche di raccolta dati comprendono l'applicazione della foto-identificazione (Würsig B, Jefferson TA, 1990). Nella figura in basso (Fig. D 2.3.2) riportiamo lo sforzo di campionamento effettuato dalle unità di ricerca coinvolte nello studio. Da attenzionare che l'area dello Stretto di Messina di nostro interesse è stata oggetto di valutazione sia per la porzione ionica che tirrenica.

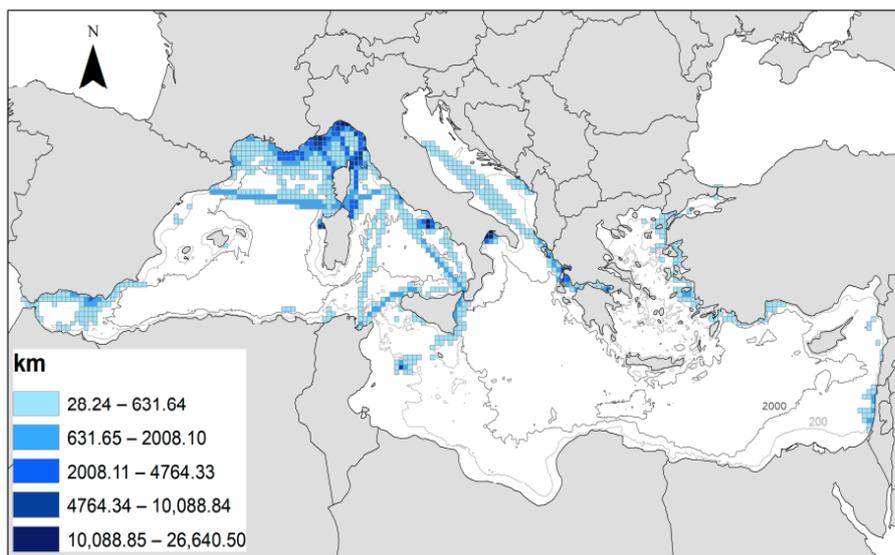
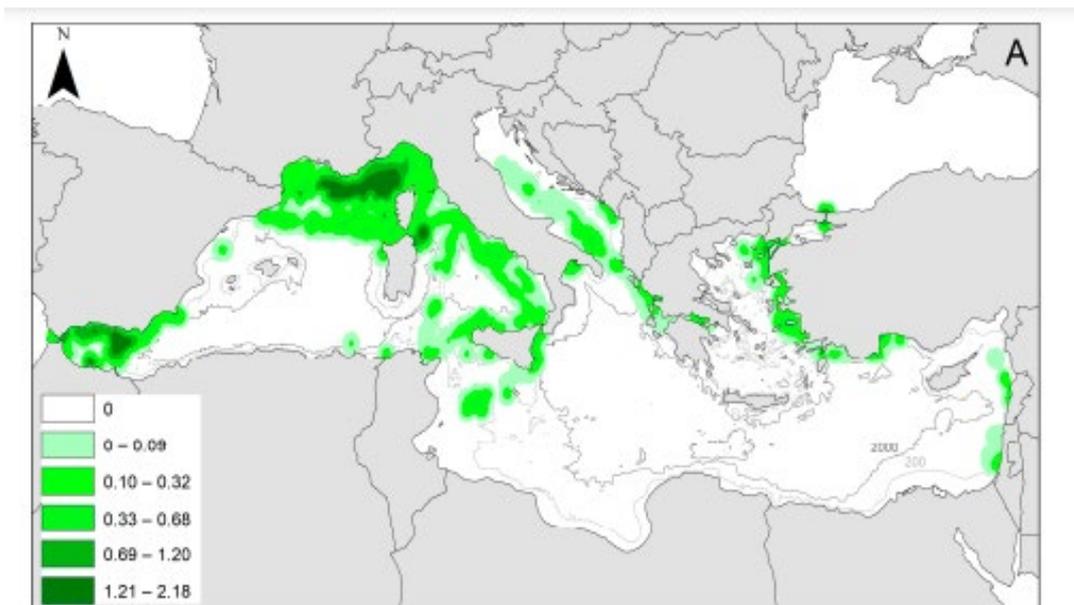


Fig. D 2.3.2 Sforzo di campionamento delle unità di ricerca

È stata indagata la presenza e la diversità dei cetacei nel Mar Mediterraneo, analizzando i dati raccolti da 32 diverse unità di ricerca, in un periodo di 14 anni (2004–2018), facendo riferimento al tasso di incontro, la prevalenza delle specie e l'indice di diversità di Shannon come parametri per

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

l'analisi dei dati (Fig. D 2.3.2). I risultati relativi alla diversità dei cetacei nel contesto del bacino del Mediterraneo, se confrontata con quella dell'Atlantico orientale è generalmente piuttosto bassa con poche specie presenti, vale a dire la stenella striata, il tursiope, la balenottera comune, e il capodoglio, che domina su tutte le altre. Tuttavia, alcune aree, come il Mare di Alboran o il Mar Mediterraneo nord-occidentale, che comprende il Santuario Pelagos, situato nella porzione settentrionale del bacino occidentale, mostra più in alto livelli di diversità e dovrebbero essere considerati hotspot da preservare. La produzione primaria e il profilo del fondale marino sembrano essere i due driver principali che influenzano la presenza e la distribuzione dei cetacei, con i più alti livelli di diversità osservati in aree caratterizzate da alti livelli di produzione primaria ed elevata variabilità batimetrica. Tali risultati possono essere osservati complessivamente nella figura in basso che segue in cui nella mappa (A) è raffigurato il tasso totale di incontro/osservazioni (Encounter-Rate) delle specie di cetacei e nella la mappa (B) invece è raffigura densità di specie tramite applicazione dell'indice di diversità di Shannon (Gnone et al., 2023).



		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

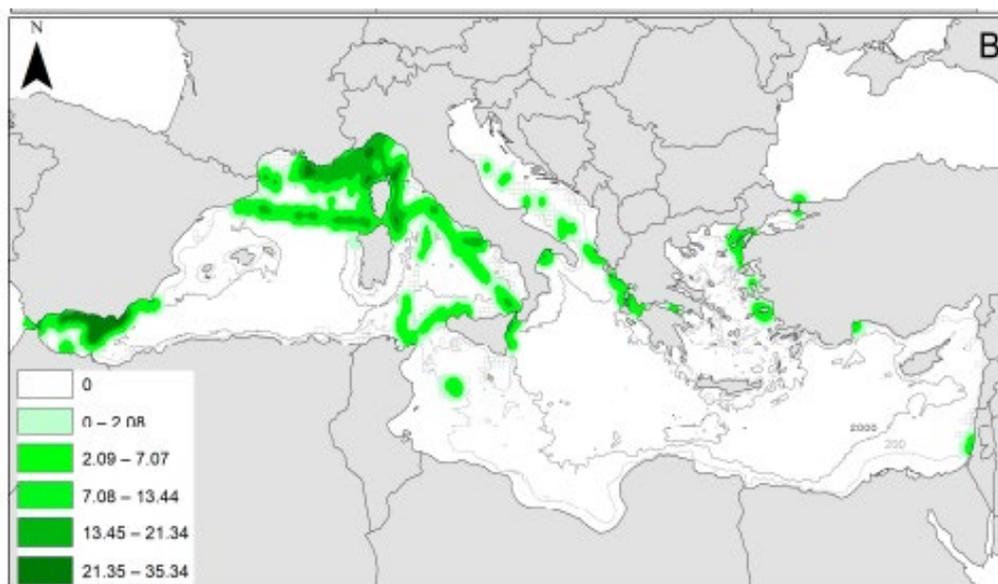


Fig. D 2.3.2 A B Mappa con la raffigurazione del tasso di incontro (A) e indice di diversità (B)

Al fine di avere dettagliate informazioni sulle specie che frequentano l'area di nostro interesse, lo Stretto, nella mappa in basso riportiamo la distribuzione ed i flussi di movimento delle specie su scala Mediterranea. In totale sono state osservate 12 specie di cetacei comprese tra i misticeti e odontoceti per un totale di 17,763 avvistamenti nel periodo compreso tra il 2002 e il 2018 (Fig. F 2.3.2).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024

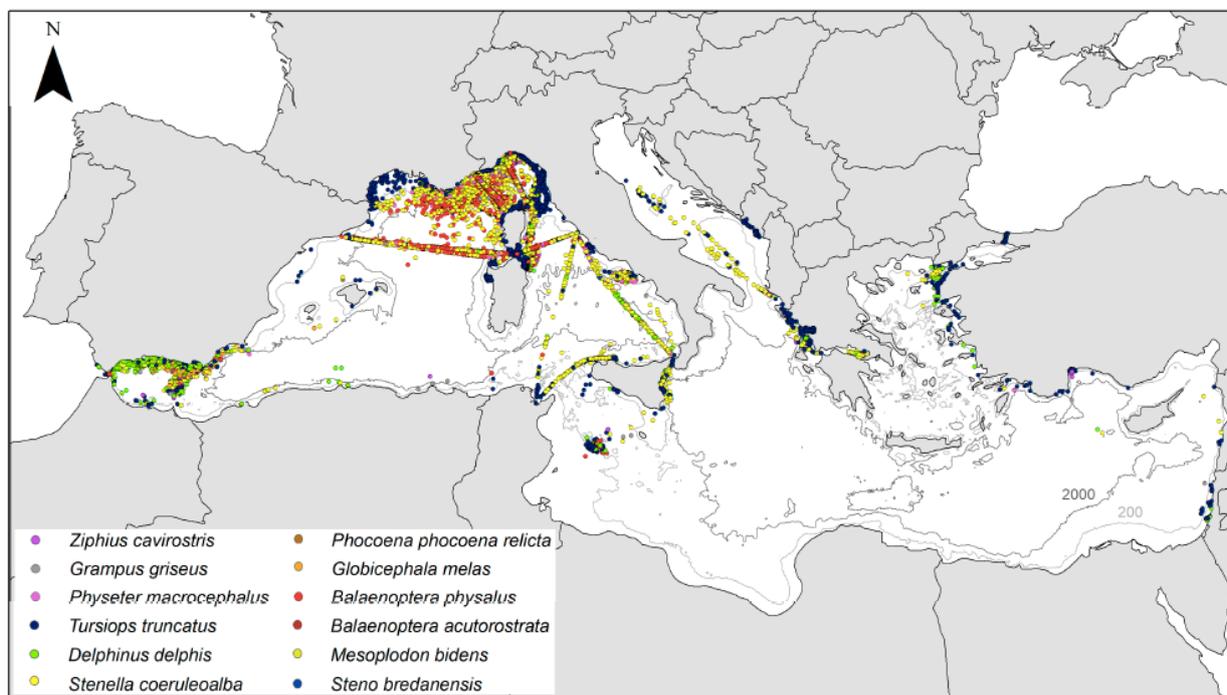
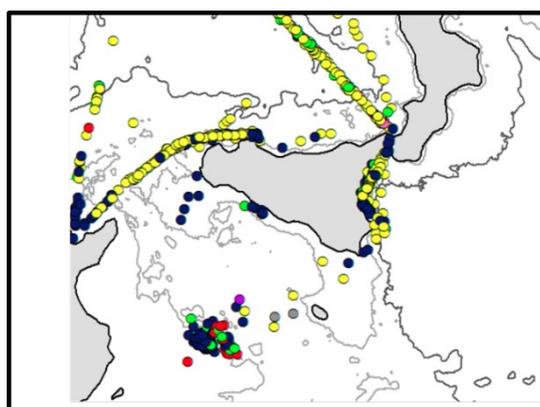
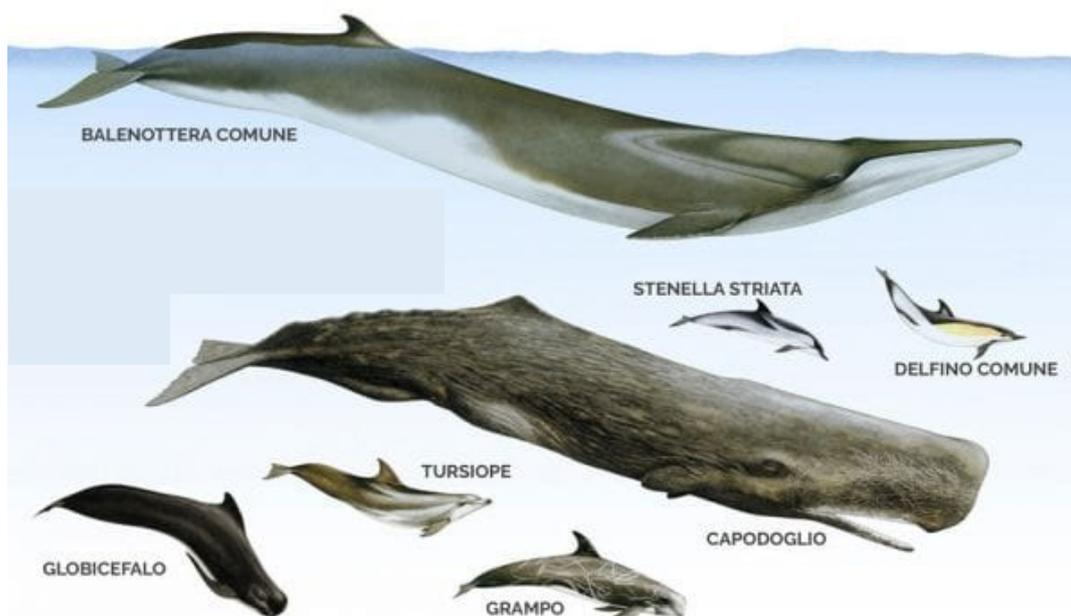


Fig. F 2.3.2 Dati rappresentati del periodo compreso tra il 2004 e il 2018 rispettivi a 17.763 avvistamenti per 12 specie di cetacei



Particolare della regione Sicilia

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024



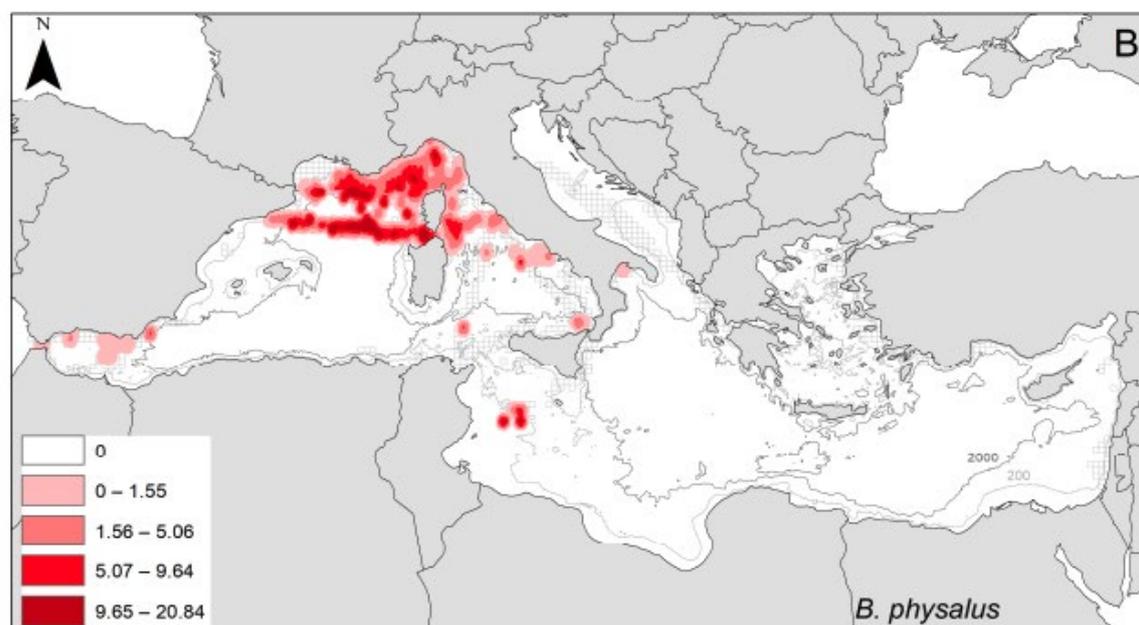
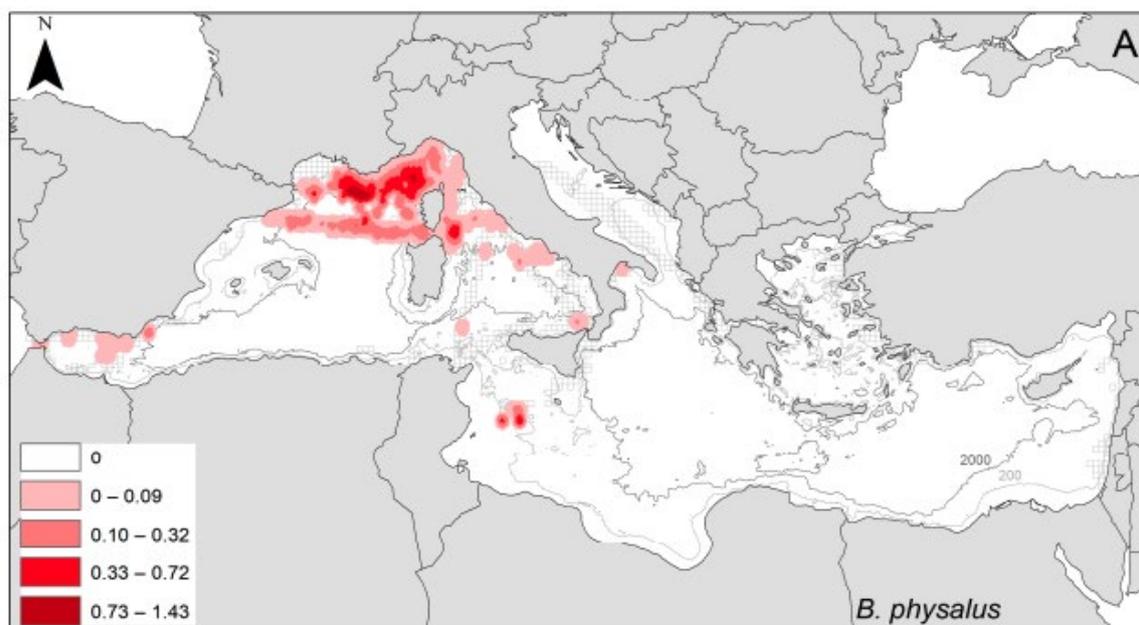
Rappresentazione delle specie di cetacei maggiormente osservate

Si riporta uno zoom di dettaglio relativo alla zona dello Stretto di Messina rappresentato principalmente da specie costiere di delfinidi come il tursiope e specie pelagiche, delfino comune, grampo e stenelle striate. Si segnalano la presenza del capodoglio e balenottera nella porzione tirrenica e ionica dello stretto di Messina. Fanno seguito le mappe in cui è messo in evidenza il tasso di incontro Encounter-Rate (osservato nelle mappe specifiche per ogni specie incontrata (mappa A) e il valore di densità ottenuto tramite “Kernel density analysis” rappresentato nella mappa (B) in funzione all’intensità di colore. Di seguito, nelle mappe (1- 5) sono riportate le specie maggiormente osservate nell’aria d’interesse dello Stretto di Messina, estratte dallo studio di Gnone et al., 2023.

▪ **Mappa 1. – 2.3.1 - *B. physalus* (Balenottera comune)**

La balenottera comune è presente nella zona occidentale del bacino del mediterraneo, nel Canale di Sicilia e intorno all’isola di Lampedusa. L’area con maggiore densità è rappresentata dal Santuario Pelagos (acque occidentali del Mediterraneo) durante il periodo estivo. È presente anche in aree relativamente circoscritte come la zona del nord-est della Sardegna (canyon di Caprera). La balenottera per caratteristiche ecologiche si conferma preferire le acque pelagiche >2000 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024



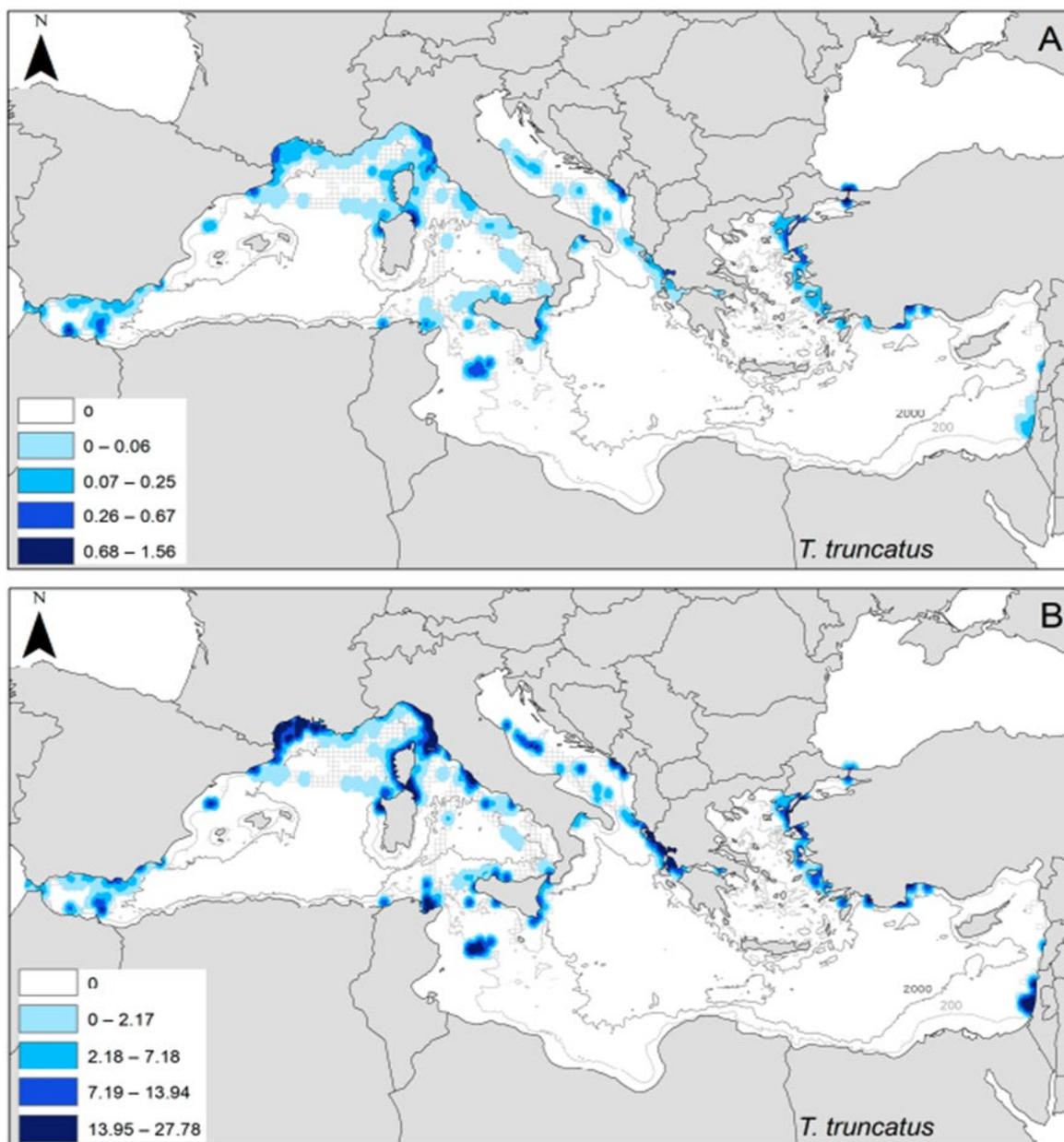
Mappa 1. – 2.3.1 - *B. physalus* (Balenottera comune)

▪ **Mappa 2 2.3.2 - *T. truncatus* (Tursiope)**

Il tursiope è stato avvistato in tutte le aree di campionamento monitorate dai gruppi di ricerca. Il tursiope è stato osservato in tutti i domini batimetrici con una netta preferenza per le acque della piattaforma continentale <200. Una presenza importante si registra in prossimità delle

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

isole. La preferenza dell'uso dell'habitat costiero è una prerogativa dell'ecologia della specie e si riscontra in evidenza dalla mappa A.

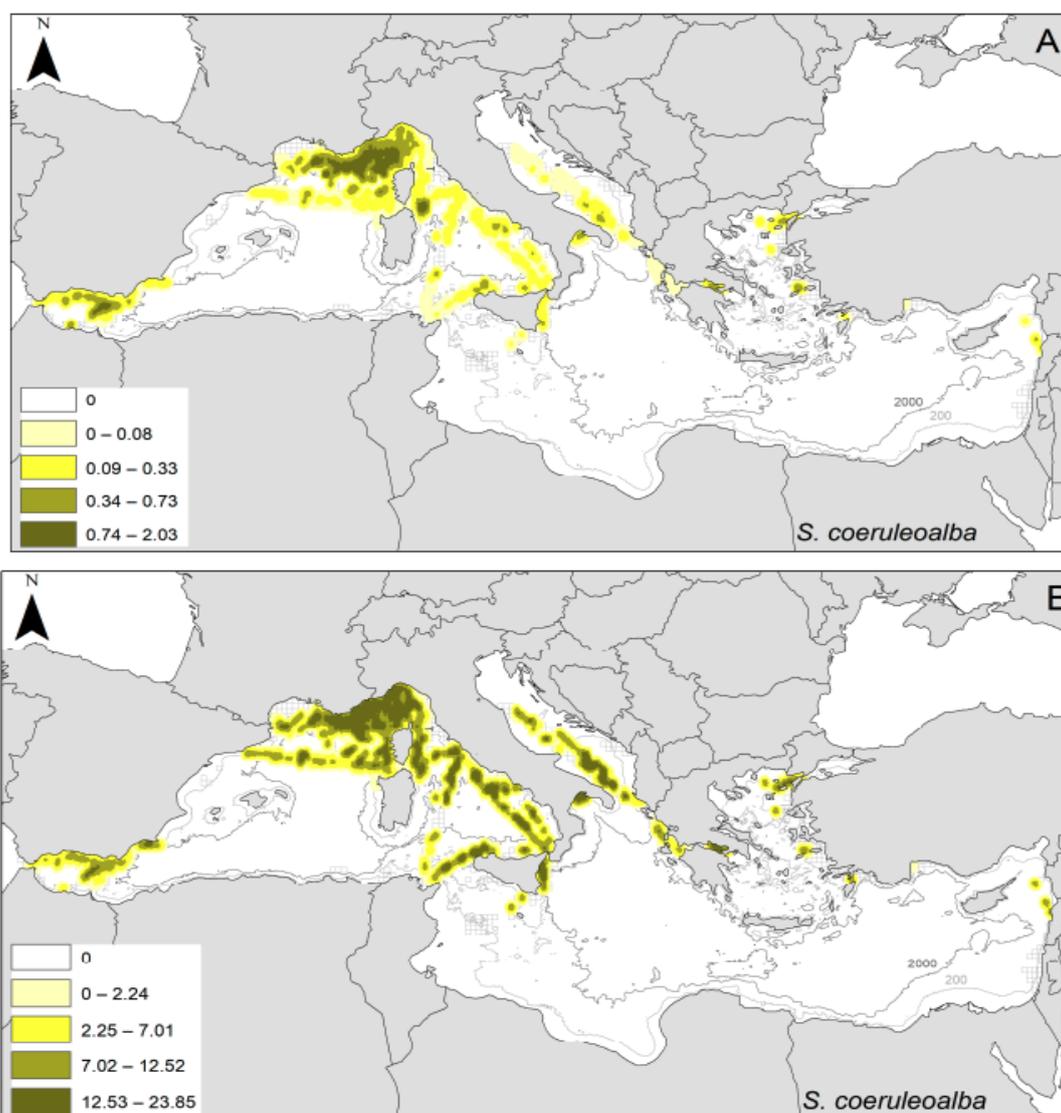


Mappa 2 2.3.2 - *T. truncatus* (Tursiope)

- *Mappa 3.2.3.2 - Stenella coeruleoalba* (Stenella striata)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

La stenella striata è stata avvistata in tutte le aree di campionamento, con una chiara preferenza per le acque al di fuori della piattaforma continentale (>200 m), anche molto vicino alla linea di costa e in contesti semi-chiusi, a condizione che ci fosse la giusta profondità dell'acqua (come nel Golfo di Corinto, Grecia). L'E-R è maggiore nel bacino occidentale, in particolare nel Mare di Alboran e nel Mediterraneo nord-occidentale. La stenella mostra un'elevata prevalenza nella maggior parte delle acque d'altura campionate (B), confermando il suo status di specie dominante dei domini d'altura.



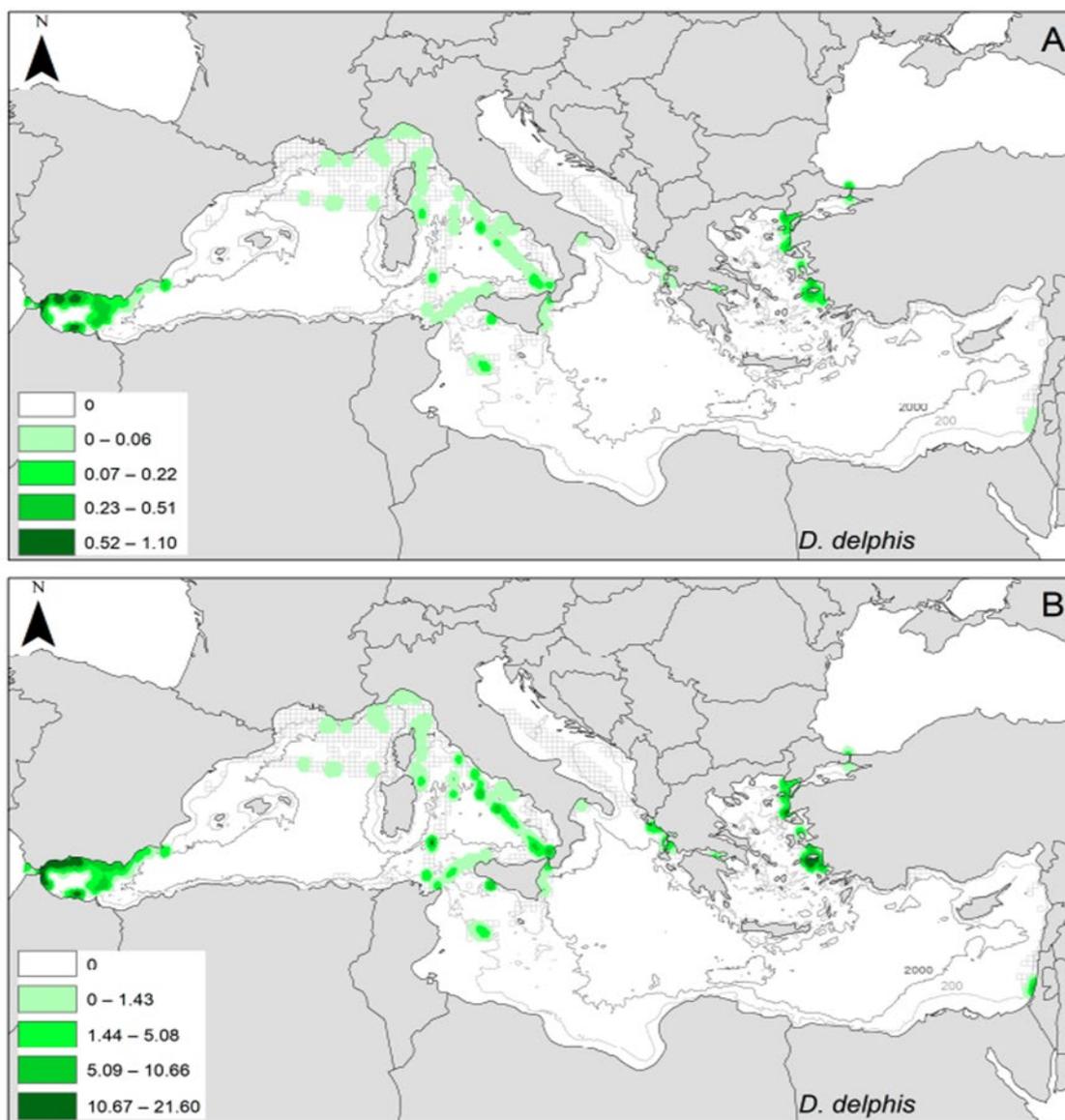
Mapa 3.2.3.2 - *Stenella coeruleoalba* (*Stenella striata*)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

- **Mappa 3 2.3.2 - *Delphinus delphis* (delfino comune)**

Il delfino comune è stato avvistato nella maggior parte dei casi nelle aree campionate dai gruppi di ricerca (escluso il Mare Adriatico), con una distribuzione molto diversificata e ubiquitaria. Questa specie sembra trovare un maggiore ER nelle acque della piattaforma continentale e nelle scarpate. Nel Mar Ligure e Tirreno il suo ER è molto più basso, questo sottolinea che la specie sembra preferire le acque aperte al di fuori della piattaforma continentale (>200 m). Nel Mar Egeo, l'ER aumenta e il delfino comune sembra trovare il suo habitat privilegiato nel margine superiore del versante continentale, vicino alla piattaforma (MAPPA A).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024



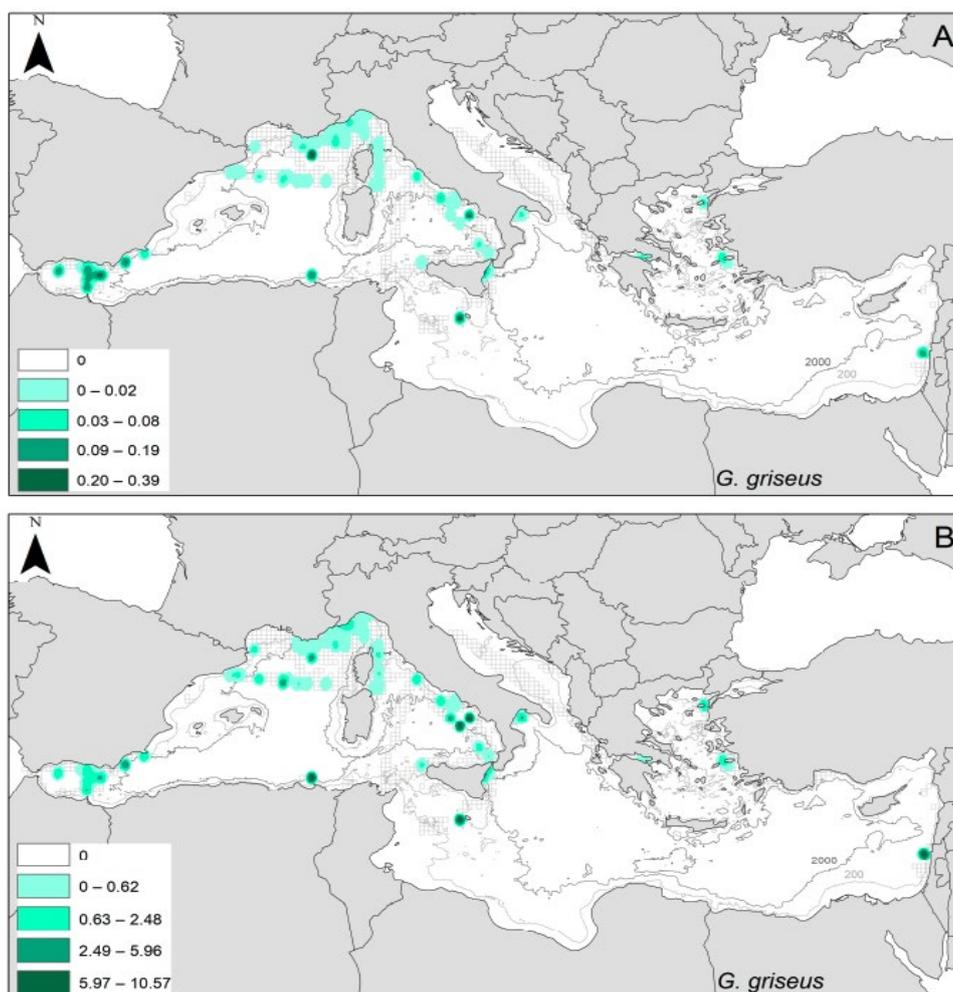
Mappa 3 2.3.2 - *Delphinus delphis* (delfino comune)

▪ Mappa 4 2.3.2 - *Grampus griseus* (Grampo)

Il delfino di Risso è stato avvistato nella maggior parte dei casi nelle aree di campionamento del bacino occidentale del mediterraneo con una distribuzione non omogenea. L'E-R è massimo nel mare di Alboràn e basso nel centro del Mediterraneo. Il delfino di Risso mostra una netta preferenza

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024

per le acque al di fuori della piattaforma continentale (>200 m) e una leggera preferenza per le acque della scarpata continentale (200–2000 metri).

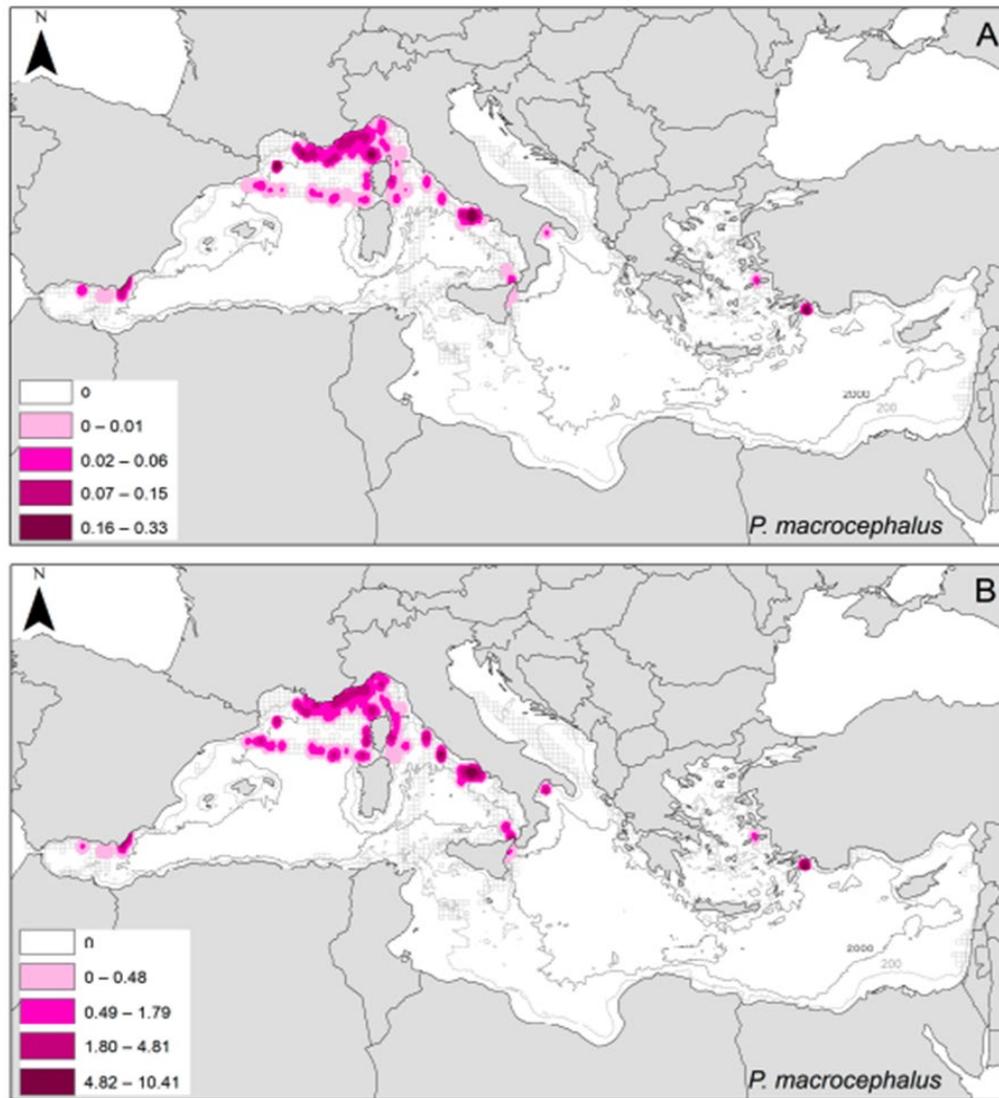


Mappa 4 2.3.2 - *Grampus griseus* (Grampo)

- Mappa 5 2.3.2 - Mappa *P. macrocephalus* (Capodoglio)

Contrariamente a quanto osservato nella maggior parte delle altre specie di cetacei, l'ER del capodoglio nel Mare di Alboran non è così elevata. Questa specie sembra avvistata con maggior successo nel Santuario Pelagos (occidentali) e nell'Arcipelago campano. Il capodoglio mostra una netta preferenza per le acque esterne alla piattaforma continentale (>200 m) e una leggera preferenza per le acque della scarpata continentale (200–2000 m).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024



Mappa 5 2.3.2 - Mappa *P. macrocephalus* (Capodoglio)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024

2.4.3 Eventi di spiaggiamento dei cetacei registrati negli ultimi venti anni

Sono qui integrati gli studi osservazionali già svolti (Celona et al., 2005; Caruso et al., 2015; Sciacca et al., 2015) con i record degli eventi di spiaggiamento documentati nel recente lavoro di Lo Brutto et al., 2021. Tali informazioni completano il quadro conoscitivo sull'utilizzo dell'habitat dei cetacei nello Stretto di Messina. I risultati ottenuti mettono in evidenza in particolare la presenza regolare e il passaggio stagionale di specie di cetacei in Sicilia con particolare riferimento all'area dello Stretto di Messina (Santoro et al., 2015). Lo studio di Lo Brutto (2021) e colleghi, di recente pubblicazione, ha esaminato l'entità degli spiaggiamenti di cetacei in Italia, con un focus particolare sulla regione Sicilia. Lo studio mira a contribuire alla descrizione di un modello che contempla il passaggio di specie di cetacei "regolari e rari" lungo la costa siciliana. La stima degli spiaggiamenti di cetacei è stata fornita dalla National Strandings Data Bank (BDS—Banca Dati Spiaggiamenti) in cui sono identificate tre sub regioni costiere così suddivise: Tirreno sottobacino (costa siciliana settentrionale), il sottobacino ionico (costa siciliana orientale) e il Canale di Sicilia (costa siciliana meridionale). I risultati ottenuti hanno messo in evidenza che lungo le coste italiane si sono verificati più di 4.880 eventi di spiaggiamento conteggiato nel periodo 1990-2019 e la maggior parte di questi sono stati registrati in cinque regioni italiane: Puglia, Sicilia, Sardegna, Toscana e Calabria come mostrato in fig. G 2.3.3.

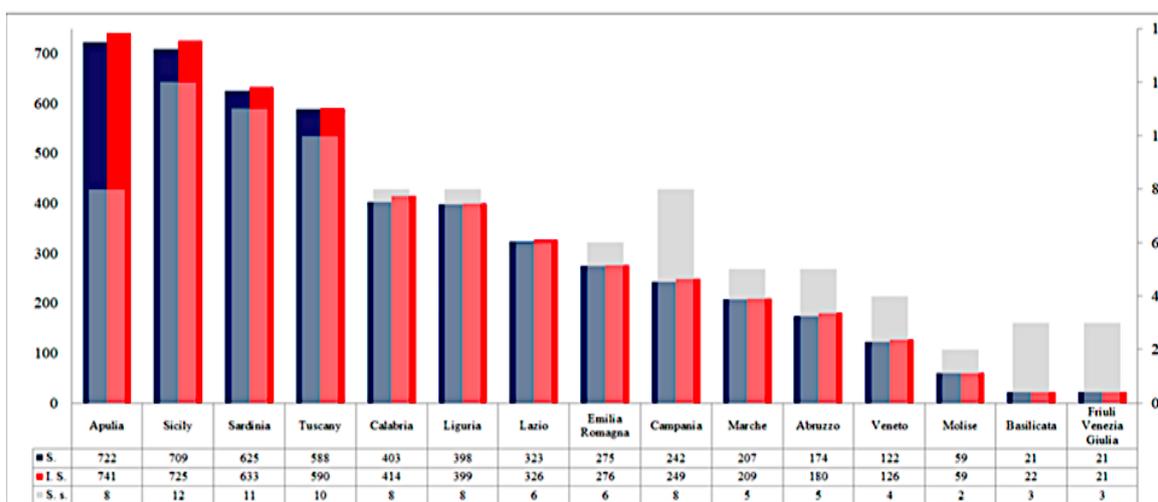


Fig. G 2.3.3. Nr. di individui ed eventi spiaggiati relativi alle singole regioni Italiane

Circa il 15% degli spiaggiamenti registrati in Italia è avvenuto sulla costa siciliana in cui sono stati registrati 725 individui spiaggiati in 709 eventi di spiaggiamento, con conseguente rinvenimento di circa 20 carcasse ogni anno; il numero totale di esemplari identificati al livello di specie era 539. In

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

basso è riportata l'istogramma con le frequenze delle specie spiaggiate sulla costa siciliana dal 1990 al 2019. La *S. coeruleoalba* (Fig. H 2.3.3) è la specie che può essere considerata come il record maggiormente presente nel tempo, inoltre sono state registrate anche alcune specie rare.

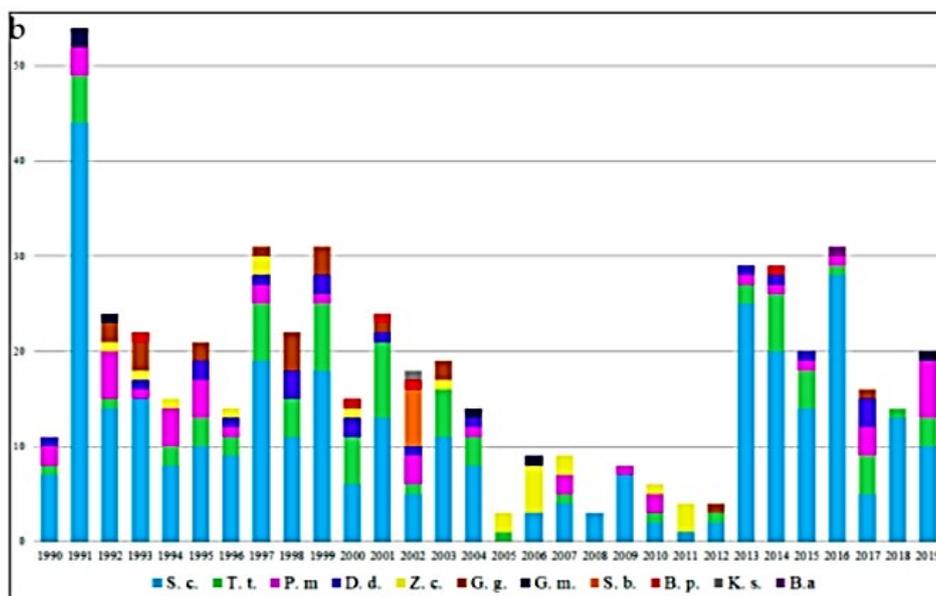


Fig. H 2.3.3. Frequenza di avvistamento nella regione Sicilia tra il (1990-2019)

Questo dato relativo alla stenella è da correlarsi anche con gli effetti dell'infezione di morvillivirus a cui è soggetta la specie. In conclusione, il ruolo della Sicilia rappresenta un territorio sentinella per comprendere meglio la distribuzione dei cetacei nel Mar Mediterraneo. Complessivamente, la distribuzione lungo le coste Italiane risulta essere la seguente: 312 censite nel sottobacino tirrenico, 193 nel sottobacino ionico e 220 nel canale di Sicilia. L'analisi per tipologia di animale e per distribuzione spaziale e temporale definisce un quadro più chiaro delle specie in relazione agli studi osservazionali.

2.5 Bibliografia

- Arcangeli, A., Atzori, F., Azzolin, M., Babey, L., Campana, I., Carosso, L., Crosti, R., Garcia-Garin, O., Gregoriotti, M., Orasi, A. and Scuderi, A., (2023). Testing indicators for trend assessment of range and habitat of low-density cetacean species in the Mediterranean Sea. *Frontiers in Marine Science*, 10, p.1116829.
- Bentivegna, F. (2002). Intra-Mediterranean migrations of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) monitored by satellite telemetry. *Marine Biology* 141:795-800.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

- Bentivegna, F., Valentino, F., Falco, P., Zambianchi, E., Hochscheid, S. (2007). The relationship between loggerhead turtle (*Caretta caretta*) movement patterns and Mediterranean currents. *Marine Biology* 151:1605–1614.
- Borsani, J.F., Clark, C.W., Nani, B., Scarpiniti, M. (2008). Fin whales avoid loud rhythmic low-frequency sounds in the Ligurian Sea. *International Journal of Animal Sound and its Recording* 17:161–163
- Canese, S., Cardinali, A., Fortuna, C., Giusti, M., Lauriano, G., Salvati, E., & Greco, S. (2006). The first identified winter-feeding ground of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86(4), 903-907
- Canese, S., Cardinali, A., Romeo, T., Giusti, M., Salvati, E., Angiolillo, M., Greco, S. (2011). Diving behaviour of the giant devil ray in the Mediterranean Sea. *Endangered Species Research* 14:171–176.
- Caruso, F., Sciacca, V., Bellia, G., De Domenico, E., Larosa, G., Papale, E., ... & Pavan, G. (2015). Size distribution of sperm whales acoustically identified during long term deep-sea monitoring in the Ionian Sea. *PLoS One*, 10(12), e0144503
- Casale P., Freggi D., Basso R., Vallini C., Argano R. (2007). A model of area fidelity, nomadism, and distribution patterns of loggerhead sea turtles (*Caretta caretta*) in the Mediterranean Sea. *Marine Biology* 152:1039- 1049.
- Celona A., Comparetto G., Chiofalo., G., Sergi A. (2005) Indagine sul passaggio annuale dei cetacei nello Stretto di Messina. Conference: 6° convegno nazionale sui cetacei e sulle tartarughe del centro studi cetacei (Italia)
- Gnone G, Bellingeri M, Airoidi S, Gonzalvo J, David L, Di-Méglio N, Cañadas AM, Akkaya A, Awbery T, Mussi B, et al. Cetaceans in the Mediterranean Sea: Encounter Rate, Dominant Species, and Diversity Hotspots. *Diversity*. (2023; 15(3):321. <https://doi.org/10.3390/d15030321>
- Lo Brutto, S.; Calascibetta, A.; Pavan, G.; Buffa, G. Cetacean Strandings and Museum Collections: A Focus on Sicily Island Crossroads for Mediterranean Species. *Diversity* 2021, 13, 104. <https://doi.org/10.3390/d13030104>
- Panigada, S., Donovan, G.P., Druon, JN. et al. (2017). Satellite tagging of Mediterranean fin whales: working towards the identification of critical habitats and the focussing of mitigation measures. *Sci Rep* 7, 3365

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

- Santoro, R., Emilio Sperone, M. L. Tringali, G. Pellegrino, Gianni Giglio, Sandro Tripepi, and A. Arcangeli. (2015): "Summer distribution, relative abundance and encounter rates of cetaceans in the Mediterranean waters off southern Italy (western Ionian Sea and southern Tyrrhenian Sea)." *Mediterranean Marine Science* 16, no. 3 613-620.
- Sciacca, Virginia, Francesco Caruso, Laura Beranzoli, Francesco Chierici, Emilio De Domenico, Davide Embriaco, Paolo Favali et al. (2015). "Annual acoustic presence of fin whale (*Balaenoptera physalus*) offshore eastern Sicily, central Mediterranean Sea." *PloS one* 10, no. 11 e0141838.
- Wursig, B. and Jefferson, T.A. (1990) *Methods of Photo-Identification for Small Cetaceans*.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

3 EFFETTO DEL RUMORE SUI CETACEI

3.1 Aggiornamento della bibliografia di riferimento sull'impatto del rumore su mammiferi marini

È stata svolta come richiesto una indagine bibliografica ad integrazione di quanto indicato nel 2013 nei documenti a quel tempo consegnati e valutati dalla Commissione VIA nell'ambito della verifica di Ottemperanza, al fine di verificare se successivamente al documento di Southall ¹ ivi citato, fossero stati prodotti articoli scientifici più aggiornati tenendo conto del significativo intervallo di tempo trascorso di circa dieci anni, anche in relazione agli studi che sono stati condotti nel frattempo. Una ricca letteratura è disponibile e si evidenzia quindi che verranno utilizzati i più recenti lavori disponibili, ivi compresi quello dello stesso autore.

Nello specifico ci si riferisce ai seguenti articoli:

- Finneran J. J. (2015). Noise-induced hearing loss in marine mammals: A review of temporary threshold shift studies from 1996 to 2015. *J. Acoust. Soc. Am.* 138, 1702–1726. doi: 10.1121/1.4927418
- Finneran J., Jenkins A. (2012). Criteria and thresholds for US navy acoustic and explosive effects analysis (Space and Naval Warfare Systems Center Pacific San Diego, CA). Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA561707>
- National Marine Fisheries Service (2018) revisions to: Technical guidance for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammal hearing (Version 2.0) Vol. 167 (Silver Spring, MD: National Marine Fisheries Service). NOAA Tech. Memo. NMFS-OPR-59. Available
- Southall B. L. (2021). Evolutions in marine mammal noise exposure criteria. *Acoustics Today* 17, 52–60. doi: 10.1121/AT.2021.17.2.52
- Southall B. L., Finneran J. J., Reichmuth C., Nachtigall P. E., Ketten D. R., Bowles A. E., et al. (2019). Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquat. Mamm.* 45, 125–232. doi:10.1578/AM.45.2.2019.125.

¹ Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations. 2007. Brandon L. Southall, Ann E. Bowles, William T. Ellison, James J. Finneran, Roger L. Gentry, Charles R. Greene Jr., David Kastak, Darlene R. Ketten, James H. Miller, Paul E. Nachtigall, W. John Richardson, Jeanette A. Thomas, & Peter L. Tyack. *Aquatic Mammals*, Volume 33, Number 4, pp.411-521.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

In particolare, questo ultimo lavoro rappresenta l'aggiornamento del già citato lavoro di Southall 2007. Per quanto attiene alla valutazione di impatto sonoro e all'esposizione dei cetacei nella fase di cantiere, si fa presente che, come viene presentato in altre parti del presente documento, i pali di fondazione di pontili saranno del tipo trivellato anziché battuti; questi offrono un triplice vantaggio rispetto agli usuali pali infissi che si usano nelle applicazioni on-shore e off-shore:

1. la trivellazione dei pali attraverso gli strati cementati (soprattutto sul lato Calabria) è decisamente più agevole rispetto alla battitura;
2. i pali trivellati garantiscono una migliore prestazione in termine di aderenza laterale in presenza di cementazione all'interno del terreno, grazie all'effetto di "ingranamento" tra il calcestruzzo di getto e il terreno frantumato durante la perforazione;
3. si limitano il più possibile rumore e vibrazioni indotte sull'ambiente circostante, non essendo presenti rumori impulsivi, particolarmente impattanti sia per la loro maggiore propagazione a distanza, che per la tipologia specifica di suoni generati particolarmente onerosa per gli animali.

Tale scelta modifica sensibilmente le aree di impatto, significativamente riducendole (Huang 2023). Per quanto attiene alle dimensioni delle stesse sono state effettuate delle simulazioni con metodi approssimati, non avendo a disposizione dati di input per un modello accurato, che invece sarà realizzato una volta che:

- saranno acquisiti i valori di immissione sonora presso alcune stazioni di misura attrezzate con strumentazione acustica idonea (idrofoni a largo spettro) di opportuna sensibilità in corrispondenza con test sul campo, realizzati utilizzando le attrezzature di perforazione che poi saranno impiegate durante le attività di cantiere. Tali misure saranno effettuate nell'anno precedente al cantiere durante le fasi di monitoraggio previste nel PMA;
- saranno acquisiti i parametri descrittivi delle condizioni di temperatura in profondità (profili) e di salinità oltre la batimetria nell'ambito dei rilievi di cui al PMA: tali parametri consentiranno il calcolo della velocità del suono alle varie profondità, parametro indispensabile per l'effettuazione delle simulazioni numeriche per il calcolo dell'impatto sonoro a distanza dagli impianti di perforazione;
- sulla base delle risultanze degli articoli sopra elencati ed in particolare del lavoro di Southall 2019 e delle linee guida Ispra (Borsani & Farchi), saranno messi in relazione i livelli di esposizione con le soglie indicate nell'articolo per i vari gruppi di animali e per i diversi effetti sull'udito e sul comportamento.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

La Relazione del Progettista acquisirà tali indicazioni e le relative prescrizioni per il progetto esecutivo.

In risposta alle osservazioni del Ministero sui contenuti del documento VIAG 023, nel prossimo paragrafo è illustrata la valutazione degli effetti del rumore sui cetacei, a partire dai livelli attesi per la fase di perforazione, effettuata con le tecniche modificate rispetto al progetto a suo tempo presentato. I valori di distanza a cui corrispondono i vari effetti sull'udito e comportamentali sui cetacei sono stati calcolati con metodo approssimato (decremento del livello sonoro con l'inverso del quadrato della distanza) per ottenere una prima valutazione assolutamente preliminare delle diverse aree di impatto in relazione appunto alle soglie definite nell'articolo di Southall 2019 e delle Linee guida Ispra 2011.

È indubbio che le scelte metodologiche-costruttive ora proposte riducono significativamente tali aree e che sono necessarie, comunque, azioni di monitoraggio acustico e bioacustico, di mitigazione sugli impianti e di osservazione e di *alert* nei confronti del transito dei cetacei, che saranno illustrate nella relazione del progettista e diventeranno prescrizioni per la realizzazione delle attività di cantiere poi dettagliate nel progetto esecutivo.

3.2 Modifica delle tecniche di perforazione e utilizzo di corretti indicatori acustici

La Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale – VIA e VAS nel suo parere del 15 marzo 2013 in risposta all'integrazione VIAG 023 evidenziava “una macroscopica limitazione nell'uso di concetti fondamentali quali il SEL (*sound exposure level*) ossia livello di esposizione sonora, un livello che si basa su un parametro di esposizione temporale, infatti, si riferisce ai secondi e non, come erroneamente asserito "single event level" (termine privo di significato specie se privo di unità di riferimento).” Nel ritenere la successiva risposta fornita come non esaustiva, il Ministero puntualizza che i “I descrittori utilizzati non sono quelli da prendere a riferimento per l'acustica marina. Il Proponente avrebbe dovuto fornire i valori delle intensità introdotte con le unità di misura corrette.”

Nel seguito tale indicazione verrà rispettata.

In effetti, le valutazioni acustiche contenute nel SIA del PD 2011-2012, sono state determinate a partire da equazioni tratte dalla letteratura relative a impianti simili a quelli a quel tempo prospettati, basati su tecniche di pile driving, caratterizzate dall'uso di martelli pneumatici per l'infissione dei pali. Tali tecniche determinano la presenza di rumori impulsivi, particolarmente impattanti e che possono generare livelli sonori assai significativi anche a grande distanza. In tal senso si faceva

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		Codice documento AMR0884	Rev C Data 20/01/2024

riferimento ai singoli eventi e veniva ipotizzata una distanza di 460 m dall'area dei pontili come quella entro la quale si potevano manifestare livelli sonori in grado di determinare reazioni comportamentali nei cetacei.

La maggiore attenzione negli ultimi due decenni al tema dell'impatto acustico determinato in mare dall'opera dell'uomo ha portato allo studio di tecniche costruttive meno impattanti che negli ultimi anni si sono perfezionate e sono state implementate essenzialmente a seguito della costruzione di ponti e di parchi eolici offshore. Esaminate le varie possibilità, il progetto esecutivo metterà in risalto la necessità di utilizzare tecniche di perforazione con trivellazione che non presentano rumori impulsivi. Tali tecniche consentono di ridurre significativamente i livelli sonori come peraltro dimostrato in vari studi quali ad esempio quello riportato in Huang et al., 2023.

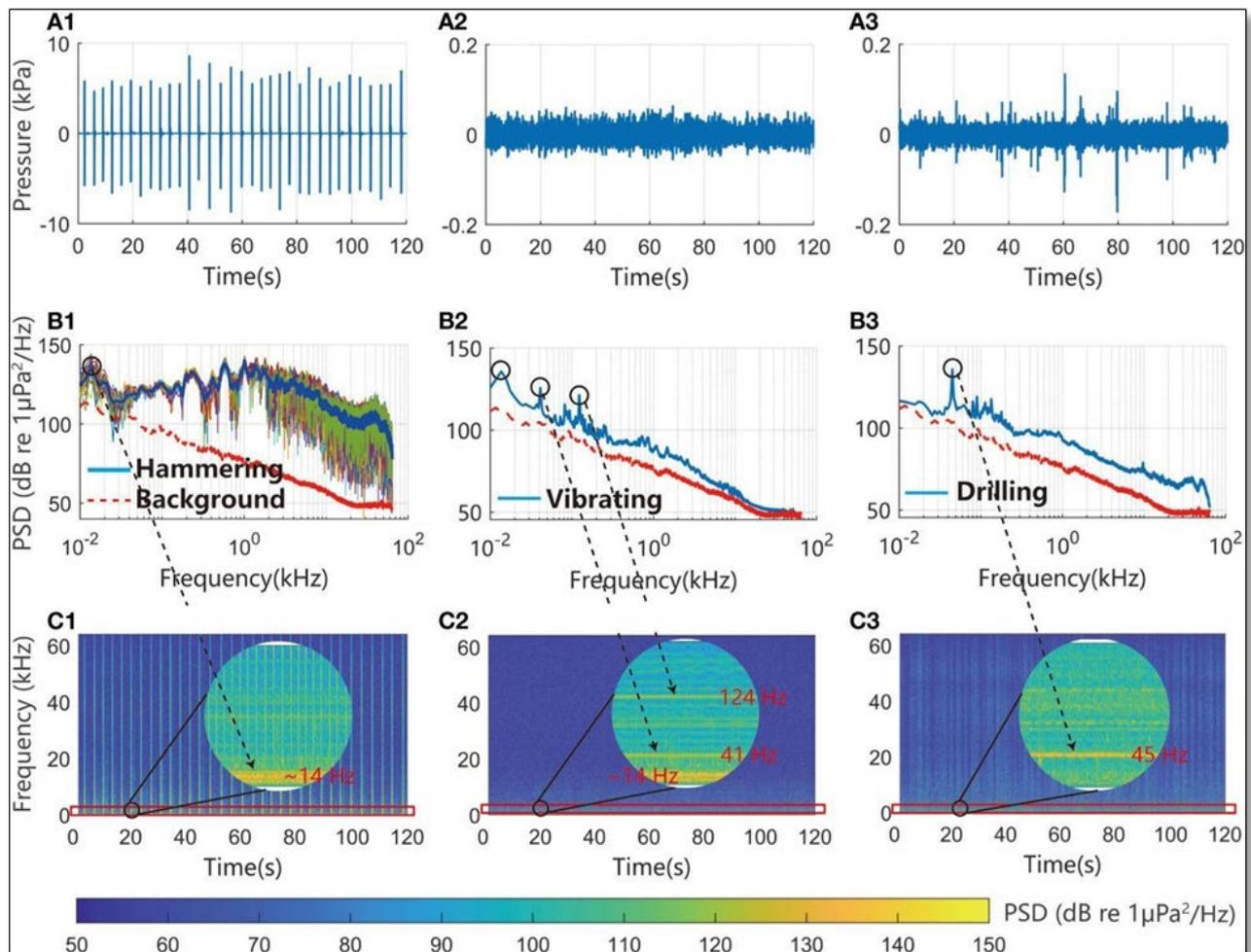


Fig. 1.3.2 Livelli di rumore: Hammering, Vibrating, Drilling

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		Codice documento AMR0884	Rev C Data 20/01/2024

Come è evidente dal confronto della figura primo settore in alto (fig. I 3.2), la struttura temporale del segnale è decisamente diversa tra le tecniche percussive e quelle basate sulla infissione per vibrazione e per perforazione senza l'uso di martelli. Spariscono le componenti impulsive e l'effetto è una forte riduzione del livello sonoro, con importante modifica dello spettro in frequenza. L'effetto, quindi, è una riduzione significativa degli impatti e dell'estensione degli stessi.

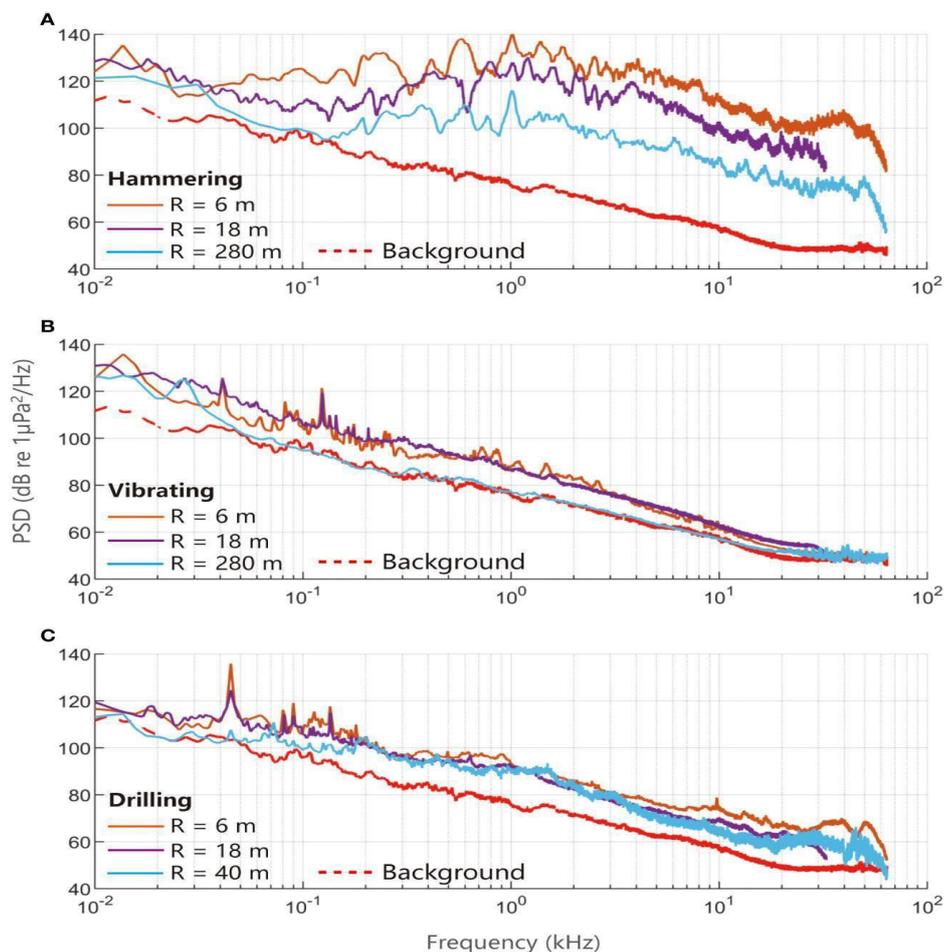


Fig. I 3.2. Confronto tra i livelli sonori misurati rispetto a diverse tecniche di trivellazione

Nella figura sopra riportata si osserva il confronto tra i livelli sonori misurati a varie distanze in corrispondenza di perforazioni effettuate con l'uso di martelli (hammering) (A), vibrazioni (vibrating) (B) e perforazione senza percussione (drilling) (C). Le tre stazioni sono poste a 6 m dalla sorgente la Stazione 1, 18 m la stazione 2 e 280 m la stazione 3. Nel caso del drilling la terza stazione è stata posta a 40 m.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

3.3 Valutazione dell'impatto sonoro sugli animali

I danni all'udito, consistenti nello spostamento di soglia uditiva indotto dal rumore (Finneran e Jenkins, 2012; Finneran, 2015), possono essere suddivisi in spostamento di soglia temporaneo (TTS) e spostamento di soglia permanente (PTS). Nel caso di TTS, le soglie uditive degli animali tornano normali quando l'esposizione al rumore scompare, mentre nel caso di PTS le soglie uditive rimangono elevate permanentemente (Southall, 2021). Di seguito in tabella 1. 3.3 si forniscono le valutazioni necessarie per stimare le distanze fino alle quali vi è il rischio di PTS e TTS prodotto dalla realizzazione del cantiere per i pontili nell'area dello Stretto se si usassero i criteri indicati di esposizione al rumore dei mammiferi marini sviluppati da Southall et al. (2019). I criteri suddividono i mammiferi marini in sei gruppi uditivi: Cetacei a bassa (LF), alta (HF) e altissima frequenza (VHF), sireni (SI) e pinnipedi otaridi (OW) e focidi (PW) in acqua. Il gruppo dei sireni e gli OW (leoni marini, trichechi e orsi polari) non sono stati considerati in quanto questi animali non sono presenti certamente nell'area.

Gruppo funzionale	Range di suoni udibili	Generi rappresentati	Specie presenti in Adriatico
Cetacei "Low-frequency" M _{LF} "	7 Hz to 22 kHz	<i>Balaena</i> , <i>Caperea</i> , <i>Eschrichtius</i> , <i>Megaptera</i> , <i>Balaenoptera</i>	<i>Balaenoptera physalus</i>
Cetacei "Mid-frequency" M _{MF} "	150 Hz to 160 kHz	<i>Steno</i> , <i>Sousa</i> , <i>Sotalia</i> , <i>Tursiops</i> , <i>Stenella</i> , <i>Delphinus</i> , <i>Lagenodelphis</i> , <i>Lagenorhynchus</i> , <i>Lissodelphis</i> , <i>Grampus</i> , <i>Peponocephala</i> , <i>Feresa</i> , <i>Pseudorca</i> , <i>Orcinus</i> , <i>Globicephala</i> , <i>Orcaella</i> , <i>Physeter</i> , <i>Delphinapterus</i> , <i>Monodon</i> , <i>Ziphius</i> , <i>Berardius</i> , <i>Tasmacetus</i> , <i>Hyperoodon</i> , <i>Mesoplodon</i>	<i>Steno bredanensis</i> <i>Tursiops truncatus</i> ; <i>Stenella coeruleoalba</i> ; <i>Grampus griseus</i> ; <i>Globicephala maelas</i> ; <i>Physeter macrocephalus</i> ; <i>Delphinus delphis</i> ; <i>Ziphius cavirostris</i>
Cetacei "High-frequency" M _{HF} "	200 Hz to 180 kHz	<i>Neophocaena</i> , <i>Phocoena</i> <i>Phocoenoides</i> , <i>Platanista</i> , <i>Inia</i> , <i>Kogia</i> , <i>Lipotes</i> , <i>Pontoporia</i> , <i>Cephalorhynchus</i>	
Pinnipedi in acqua "M _{PW} "	75 Hz to 75 kHz	<i>Arctocephalus</i> , <i>Callorhinus</i> , <i>Zalophus</i> , <i>Eumetopias</i> , <i>Neophoca</i> , <i>Phocarcos</i> , <i>Otaria</i> , <i>Erignathus</i> , <i>Phoca</i> , <i>Pusa</i> , <i>Halichoerus</i> , <i>Histiophoca</i> , <i>Pagophilus</i> , <i>Cystophora</i> , <i>Monachus</i> , <i>Mirounga</i> , <i>Leptonychotes</i> , <i>Ommatophoca</i> , <i>Lobodon</i> , <i>Hydrurga</i> , e <i>Odobenus</i>	
Pinnipedi in aria "M _{PA} "	75 Hz to 30 kHz	Stesse specie dei pinnipedi in acqua	

Tabella 1. 3.3 Gruppo funzionale, range di suoni udibili delle specie presenti in Mediterraneo

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

Si prevede esistano diverse capacità uditive funzionali tra le specie dell'ordine dei cetacei che ne comprende attualmente oltre 90 afferenti a 14 famiglie (Comitato per la tassonomia, 2022). La morfologia, ecologia e storie di vita di molte di queste specie le differenziano (ad esempio, tutti gli odontoceti sono noti per ecolocalizzare, mentre nessuna delle balene misticeti eco-localizza). Nell'ultimo mezzo secolo sono state rilevate le soglie di ulteriori di 17 specie di cetacei (Southall et al., 2007, 2019a). Questo numero è ancora una piccola frazione di tutte le specie di cetacei e tutte le soglie uditive conosciute, le quali provengono per lo più da odontoceti. Attualmente non esiste un audiogramma per i misticeti (balene). Per queste specie, le soglie uditive dipendenti dalla frequenza sono state derivate da morfologia storica e modellazione anatomica (Tubelli et al., 2012; Cranford e Krysl, 2015). Per colmare la lacuna informativa dell'udito dei misticeti, varie agenzie governative statunitensi, tra cui ONR, BOEM, NMFS, e la Marine Mammal Commission, stanno attualmente co-finanziando il National Marine Mammal Foundation per raccogliere dati sulla soglia uditiva da balenottere minori (*Balaenoptera acutorostrata*) temporaneamente trattenute in Norvegia (Guan et al., 2022b). I maggiori studi sulla sensibilità uditiva sono stati condotti sul tursiopo. La sensibilità uditiva del tursiopo è massima a frequenze molto alte (15-130 kHz), e la soglia acustica è compresa tra 40 e 80 dB. L'udito è progressivamente meno sensibile quando la frequenza diminuisce, raggiungendo circa 130 dB per suoni a 100 Hz (Lawson et al, 2001). Il seguente grafico (Fig. M 3.3) è indicativo, anche se non recente, delle soglie di udibilità: l'esposizione al rumore di basso livello può produrre una varietà di effetti comportamentali potenzialmente difficili da valutare che possono avere un impatto a lungo termine sulle popolazioni e sui gruppi di mammiferi marini. Come nel caso di ipoacusia, un aumento del rumore di fondo può compromettere seriamente la capacità degli animali di percepire l'ambiente, comunicare, ascoltare e percepire i deboli echi dei loro impulsi emessi con il biosonar.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

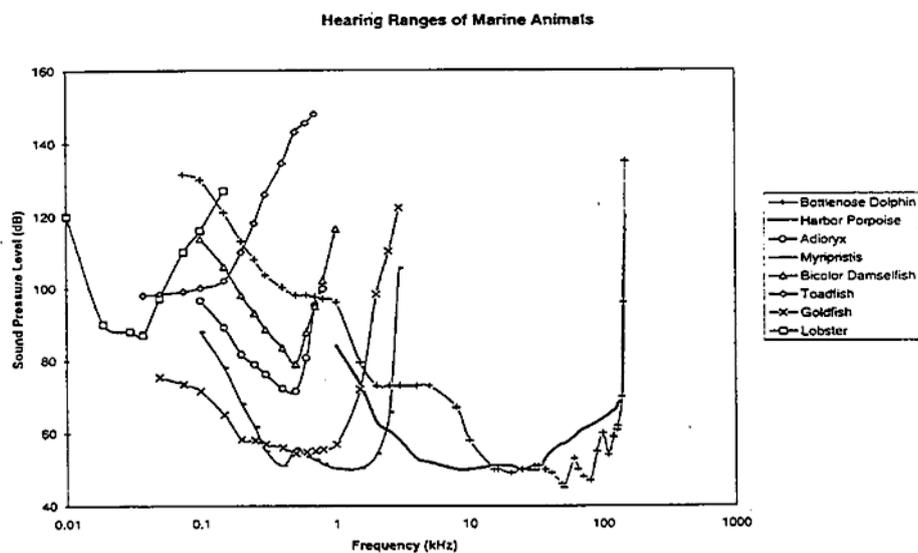


Fig. M 3.3 Audiogrammi di diversi gruppi animali

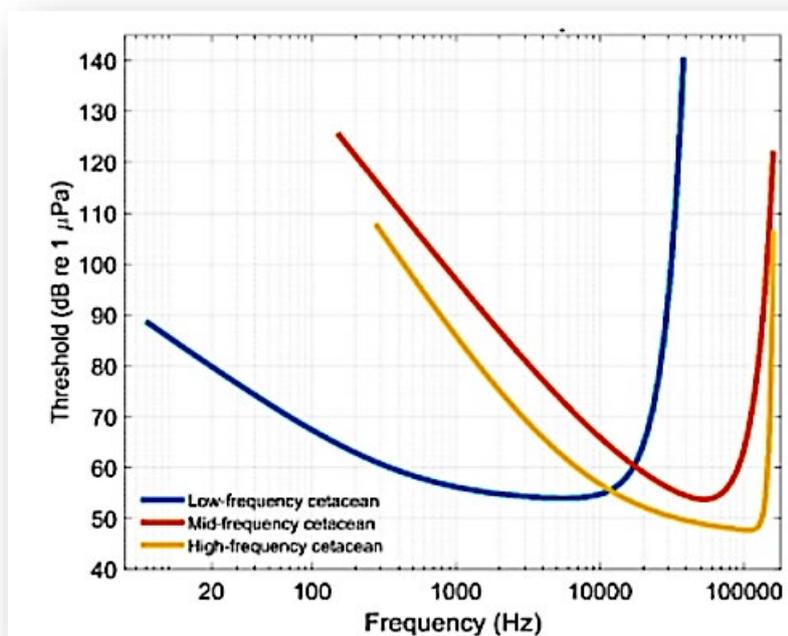


Fig. N 3.3 Audiogrammi di diversi gruppi di cetacei (Finneran 2016).

I criteri adottano il livello di esposizione acustica cumulativa ponderata (SEL_w) in dB re 1 μ Pa²s come principale parametro di valutazione. Il SEL_w è un indicatore importante per valutare il livello

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

di esposizione energetica complessiva del rumore subacqueo sugli organismi marini (Martin et al., 2019) e può essere espresso come segue:

$$SEL_w = 10lg \left(\frac{\int_0^{f_s/2} W_{aud}(f)S(f)df}{t_{ref} p_{ref}^2} \right) + 10lg \left(\frac{T_d}{t_{ref}} \right)$$

dove f_s è la frequenza di campionamento in Hz; per misurare il SEL_w per tutti i gruppi uditivi di mammiferi marini, la f_s deve essere di 64 kHz o superiore. (f) è il livello medio di PSD di ciascun segmento di dati della durata di 1 secondo, dove PSD è la power spectrum density, che rappresenta come la potenza del segnale è distribuita con la frequenza. T_d è il tempo di esposizione totale (o chiamato tempo cumulativo) dei rumori subacquei in s. $W_{aud}(f)$ è la funzione di ponderazione uditiva in dB/Hz, che mira a enfatizzare le frequenze in cui gli animali sono più sensibili e a de-enfatizzare quelle in cui gli animali sono meno sensibili, ed è espressa come segue (National Marine Fisheries Service, 2018):

$$W_{aud}(f) = C + 10lg \left\{ \frac{(f/f_1)^{2a}}{[1 + (f/f_1)^2]^a [1 + (f/f_2)^2]^b} \right\}$$

dove f è la frequenza in Hz. I valori del parametro di guadagno C in dB, le frequenze di taglio f_1 e f_2 in kHz e gli esponenti di frequenza a e b variano a seconda dei gruppi uditivi. Il SEL_w si riduce al SEL cumulativo non ponderato (SEL_{uw}) quando $W_{aud}(f) = 1$.

I criteri stabiliscono diverse soglie di rischio PTS e TTS per diversi gruppi di udito e tipi di rumore (suono impulsivo e non impulsivo).

Nell'articolo di Huang 2023 il SEL_w è calcolato per i cinque gruppi di udito, quindi viene valutato il rischio PTS e TTS dell'impatto acustico in fase di perforazione in tre stazioni di misurazione in base alle soglie corrispondenti. I potenziali intervalli di rischio di PTS e TTS sono stati stimati calcolando la distanza dalla sorgente al punto in cui il SEL_w si attenua fino alle soglie.

Finora non sono stati stabiliti criteri di soglia comportamentale per i diversi gruppi di udito ai diversi rumori subacquei (Southall, 2021). Dato che la capacità uditiva del sistema di ricezione dei mammiferi marini (audiogramma) è normalmente leggermente superiore al livello del rumore di fondo, un metodo semplice per valutare la portata dell'alterazione del comportamento consiste nello stimare la distanza di propagazione del rumore dalla sorgente al punto in cui la sua energia si attenua fino al livello del rumore di fondo (supponendo che l'animale risponda al rumore una volta ricevuto). Ad esempio, Wang et al. (2014) hanno stimato con questo metodo la distanza di impatto del rumore delle palificazioni vibranti su *Sousa chinensis*. Nel lavoro di Huang et al 2023,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

a partire dai livelli ricevuti nelle stazioni di misura è stata calcolata la Transmission Loss (TL) sulla base di una propagazione con l'inverso del quadrato della distanza e da questa è stata stimata le distanze tra la sorgente e i punti in cui i livelli sonori ricevuti si attenuavano fino ad un possibile livello di rumore di fondo, in modo da determinare con le dovute approssimazioni l'area in cui possono non manifestarsi reazioni del comportamento dei mammiferi marini ai rumori prodotti in fase di perforazione.

Measurement station	Acoustic parameters	Hammering	Vibrating	Drilling
Station 1 06 m from the Source	SEL_{unw}	195.4	174.3	187.5
	$SEL_{unw,LF}$	194.5	163.0	179.6
	$SEL_{unw,HF}$	184.1	138.9	163.4
	$SEL_{unw,VHF}$	181.4	136.3	162.4
	$SEL_{unw,SI}$	188.9	143.9	164.4
	$SEL_{unw,PW}$	193.7	152.7	170.2
TL_s from the Source to Station 1		15.6	15.6	15.6
Station 2 18 m from the source	SEL_{unw}	190.6	173.6	185.8
	$SEL_{unw,LF}$	189.3	159.3	176.0
	$SEL_{unw,HF}$	176.9	136.3	156.0
	$SEL_{unw,VHF}$	173.1	133.7	153.6
	$SEL_{unw,SI}$	182.7	140.8	159.8
	$SEL_{unw,PW}$	186.8	148.5	167.5
TL_s from the Station 1 to Station 2		4.8	0.7	1.7
Station 3 Hammering&Vibrating: 280 m from the source Drilling: 40 m from the source	SEL_{unw}	168.3	173.4	176.5
	$SEL_{unw,LF}$	166.4	152.9	173.5
	$SEL_{unw,HF}$	153.1	134.8	155.2
	$SEL_{unw,VHF}$	151.0	134.1	153.0
	$SEL_{unw,SI}$	156.9	136.0	158.0
	$SEL_{unw,PW}$	162.5	141.8	166.8
TL_s from the Station 2 to Station 3		22.3	-	9.3

Units: dB re $1\mu Pa^2s$ for SEL, and dB re $1\mu Pa$ for SPL_{rms} .
 SEL_{unw} refers to the unweighted cumulative sound exposure level.
Hearing group of marine mammals: Low- (LF), High- (HF), and Very High- (VHF) frequency cetaceans, sirenians (SI), and phocid pinnipeds in water (PW).
 SEL_{unw} for impulsive Temporary Threshold Shift (TTS): LF = 168, HF = 170, VHF = 140, SI = 175, PW = 170.
 SEL_{unw} for impulsive Permanent Threshold Shift (PTS): LF = 183, HF = 185, VHF = 155, SI = 190, PW = 185.
 SEL_{unw} for non-impulsive TTS: LF = 179, HF = 178, VHF = 153, SI = 186, PW = 181.
 SEL_{unw} for non-impulsive PTS: LF = 199, HF = 198, VHF = 173, SI = 206, PW = 201.
Colored cells indicate:
Above PTS
Above TTS by 10–20 dB
Above TTS less than 10 dB

Fig.O 3.3. *impatti sonori delle tecniche alternative alla perforazione*

Come si può vedere dalla figura sopra esposta (Fig. O 3.3) gli impatti sonori delle tecniche alternative alla perforazione con battitura, sono molto più contenuti in relazione a tutti gli indicatori di esposizione sia di picco che di rumore continuo. I colori indicati individuano presso le diverse stazioni gli eventuali superamenti osservati rispetto alle soglie di spostamento permanente della soglia uditiva (PTS), di spostamento temporaneo della soglia uditiva (TTS) e di cambiamenti

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

comportamentali degli individui (10 dB inferiore a TTS). Come si può vedere le tecniche proposte sono nettamente meno impattanti e a distanze già di alcune decine di metri in grado di avere livelli di esposizione non pericolosi per l'udito. I calcoli relativi agli indicatori di esposizione fanno riferimento all'articolo di Southall 2019.

Sebbene in Italia ed in Europa tali criteri non siano ancora stati fatti propri, sono stati qui riportati in base alla rilevanza dell'autore e al fatto che gli stessi sono stati fatti propri negli Stati Uniti, che rappresenta comunque un paese guida su tali temi. Tali criteri rappresentano quanto di più avanzato sia presente in letteratura, che si chiedeva dal Ministero fosse aggiornata.

Si ricorda poi che i criteri di Southall del 2007 hanno rappresentato il riferimento per le linee guida di ISPRA nel 2011 (Borsani & Farchi, 2011) attualmente vigenti in Italia. L'attività di normazione a livello europeo si baserà sul lavoro del TG Noise, appositamente costituito dalla Commissione Europea e che sta lavorando su questi temi. Tale lavoro evidentemente non potrà che tenerne conto nella revisione delle conoscenze sulla base delle quali saranno fissate le soglie a livello comunitario per la piena implementazione della Marine Strategy e dei suoi descrittori.

Poiché comunque, come detto, in Italia il riferimento attuale sono le linee guida di ISPRA (Borsani & Farchi, 2011), i valori in esse contenute guideranno la determinazione delle aree in cui attivare le azioni di prevenzione e mitigazione per impedire effetti comportamentali sui cetacei in transito.

Per calcolare gli impatti si utilizzeranno nel progetto esecutivo le misure acustiche sottomarine con idrofoni previste nel PMA che andranno a caratterizzare in situ le operazioni di perforazione attraverso test sul campo con le apparecchiature poi utilizzate nelle attività di cantiere. Questo consentirà di definire le aree di impatto con l'accuratezza propria di modelli di propagazione quali RAM e RAMS e Bellhop, rispettivamente alle basse e alte frequenze con tecniche basate sulla propagazione parabolica e ray-tracing.

Campagne di monitoraggio già previste nel PMA consentiranno di determinare i profili di temperatura e di salinità che insieme ai rilievi batimetrici e alla caratterizzazione del fondale permetteranno di avere i dati di ingresso utili all'implementazione del modello.

In prima approssimazione per valutare gli impatti possono essere utilizzate le seguenti espressioni.

Il livello di sorgente (SLs) si può stimare utilizzando l'espressione

$$\text{SLs} = \text{RSLs} + \text{TLs}$$

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

dove RLs solo i livelli ricevuti presso ogni punto di misura e TLs sono le perdite in db per la trasmissione in acqua che possono essere definite attraverso l'espressione (Urich 1983):

$$TLs = A \log(r) + \alpha r$$

dove r è il range di propagazione in metri, A è un fattore dipendente dalla distanza ed è uguale a 20 (propagazione sferica), α è il coefficiente di assorbimento espresso in dB/m, e qui è ignorato perchè le frequenze dominanti la perforazione sono inferiori ai 10 kHz (Fisher and Simmons, 1977). Invertendo le espressioni sopra riportate si può dedurre il livello alla distanza desiderata, una volta noto il livello di sorgente.

Posto precauzionalmente (un livello di sorgente pari a 160 dB re 1µPa rms @ 1 m (quindi superiore a quello stimato nello studio sopra citato), il livello sonoro a 100 m risulterebbe pari a 120 dB secondo l'espressione approssimata utilizzata, valore probabilmente confrontabile con il rumore di fondo nell'area determinato dal traffico marittimo, come di seguito mostrato. Tale valore ovviamente varia nel tempo e spazialmente anche in relazione alla presenza di traffico marittimo e della distanza dalle relative sorgenti.

Come esempio di livelli di rumore sottomarino riscontrabile nell'area, sebbene a notevole profondità, si veda la Figura sotto riportata, in cui sono mostrati i valori medi della densità spettrale di potenza sonora in bande di terzi d'ottava, registrati per ogni file acquisito (area in grigio) nei sei mesi dell'indagine svolta tra settembre 2012 e febbraio 2013 dall'INFN di Catania, nell'area marina di fronte al porto di Catania presso la stazione ONDE dell'INFN (Pulvirenti et al., 2014). La stazione è posta a 25 km a largo del Porto di Catania a circa 2100 m di profondità. Nella stessa figura sono riportati i valori dei percentili (5°, 25°, 50°, 75° e 95°) della distribuzione dei valori medi e, per confronto, le curve di Wenz relative al traffico navale ed alla velocità del vento presenti in letteratura (La Rosa, 2014, Van der Graaf et al, 2012).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024

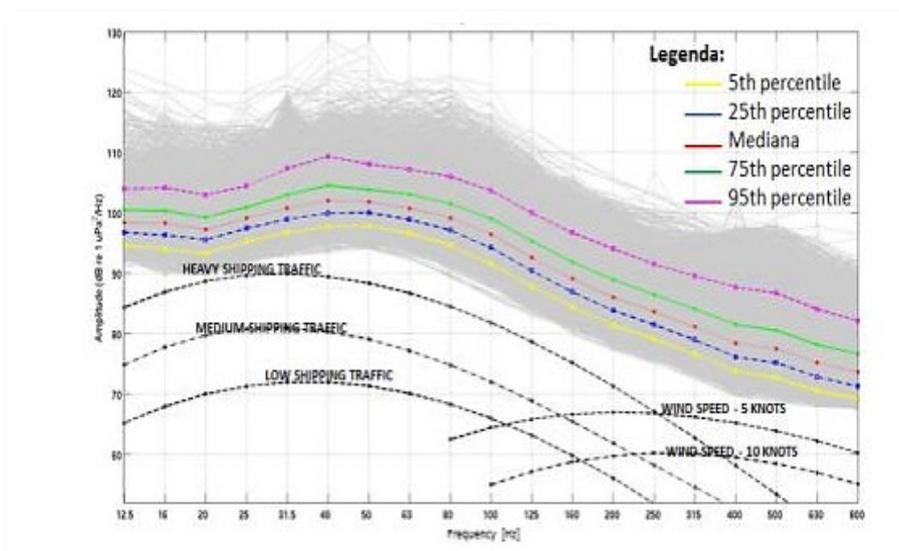


Fig.P 3.3 Descrizione delle sorgenti nelle basse frequenze.

Si può assumere quindi che nella nuova modalità di perforazione, tenuto conto:

- dell'intenso traffico marittimo presente nell'area dello Stretto,
- delle misure di rumore sottomarino qui riportate in area prossima, e soprattutto
- sulla base dei rilievi previsti nella fase di monitoraggio ante operam, che fornirà i dati di ingresso al modello previsionale

sarà possibile determinare con maggiore precisione le dimensioni delle aree entro le quali verrà evitata la produzione di immissioni sonore connesse alle attività di cantiere in presenza del transito di cetacei, in base alle azioni di monitoraggio acustico e bioacustico previste.

Tale area sarà determinata tenendo conto della Linea guida Ispra (Borsani & Farchi, 2011) che indicano per rumori non impulsivi valori soglia capaci di originare le prime significative risposte comportamentali in diverse specie di mammiferi marini (basati su Southall et al. 2007, pp 456-460) pari a 100-110 dB re: 1 μ Pa RMS SPL per cetacei bassa frequenza, 110-120 dB re: 1 μ Pa RMS SPL per Cetacei media frequenza: 140-150 dB re: 1 μ Pa RMS SPL per Cetacei alta frequenza.

Come si deduce dai dati di sorgente forniti dall'articolo preso a riferimento (Huang et al 2023) e dai calcoli approssimati prima illustrati presumibilmente già a distanze di qualche centinaio di metri non vi saranno modifiche al comportamento dei cetacei, definendo quindi un'area di impatto molto più ridotta di quella a suo tempo prevista (460 m) avendo modificato i sistemi di trivellazione. Ulteriore riduzione sarà determinata dalla realizzazione delle opere di mitigazione illustrate in

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

questo documento nel paragrafo 5.1.3. I dati di letteratura (Bruns et al) mostrano come siano state ottenute riduzioni di 20 dB nell'importante range in frequenza di 100Hz-800Hz.

Le dimensioni delle aree e l'efficacia delle mitigazioni previste saranno determinati con i test di trivellazione eseguiti sul campo nella fase di monitoraggio ante operam e sulla base dei modelli di propagazione, i cui dati in ingresso deriveranno dai rilievi e dalle campagne di misura eseguiti.

3.3.1 Cenni sugli elasmobranchi

Il senso dell'udito degli elasmobranchi ha ricevuto poca attenzione negli ultimi trent'anni (Casper et al., 2006; Chapuis et al., 2017; Corwin et al., 1981; Fay et al., 1974; Gardiner et al. 2012; Kelly et al., 1975; Tester et al., 1972), e quindi le capacità uditive complessive di questi animali rimangono in gran parte sconosciute (Casper et al., 2006). Alcuni studi hanno dimostrato che gli elasmobranchi hanno una soglia di sensibilità acustica compresa tra 20 e 1500 Hz (ottimale, 40-600 Hz) (Myrberg et al., 2001; Schmidt, et al., 2019) e sono attratti principalmente da basse frequenze intermittenti (Casper et al., 2006). Gli studi sopra menzionati suggeriscono che la sensibilità uditiva di questi pesci cartilaginei rientri nella gamma di frequenze in cui il rumore prodotto dall'uomo è di massima ampiezza (Abdulla et al., 2008). Tuttavia, al momento sono pochi gli studi che indagano il ruolo che il paesaggio sonoro può avere sulla percezione ambientale degli squali (Chapuis et al., 2019) e, di conseguenza, sulla potenziale capacità dell'inquinamento acustico di influenzare il comportamento degli elasmobranchi.

3.4 Bibliografia

- Abdulla, A. Maritime Traffic Effects on Biodiversity in the Mediterranean Sea: Review of Impacts, Priority Areas and Mitigation Measures; IUCN: Gland, Switzerland, 2008; ISBN 978-2-8317-1079-2.
- Borsani, J.F. and C. Farchi. 2011. Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne: 2a Parte. 36 p.
- Brandon L. Southall, Ann E. Bowles, William T. Ellison, James J. Finneran, Roger L. Gentry, Charles R. Greene Jr., David Kastak, Darlene R. Ketten, James H. Miller, Paul E. Nachtigall, W. John Richardson, Jeanette A. Thomas, & Peter L. Tyack, (2007). Marine Mammal Noise Exposure Criteria: Initial Scientific Recommendations Aquatic Mammals, Volume 33, Number 4, pp.411-521.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

- Bruns, B., Kuhn,C.,Stein,P.,Gattermann,J., Elmer, K.-H.: The new noise mitigation system 'Hydro Sound Dampers': History of development with several hydro sound and vibration measurements,inter-noise2014 Conference, Melbourne, Australia, 2014.
- Casper, B.M. The Hearing Abilities of Elasmobranch Fishes. Ph.D. Thesis, University of South Florida, Tampa, FL, USA, 2006.
- Casper, B.M.; Mann, D.A. (2006). Evoked Potential Audiograms of the Nurse Shark (*Ginglymostoma cirratum*) and the Yellow Stingray (*Urobatis jamaicensis*). *Environ. Boil. Fishes* 76, 101–108.
- Chapuis, L. The Acoustic World of Sharks. Ph.D. Thesis, University of Western Australia, Crawley, Australia, 2017.
- Chapuis, L.; Collin, S.P.; Yopak, K.E.; McCauley, R.D.; Kempster, R.M.; Ryan, L.A.; Schmidt, C.; Kerr, C.C.; Gennari, E.; Egeberg, C.A.; et al. (2019). The effect of underwater sounds on shark behaviour. *Scientific. Report.*, 9, 6924.
- Corwin, J.T. (1981). Peripheral auditory physiology in the lemon shark: Evidence of parallel otolithic and non-otolithic sound detection. *J. Comp. Physiol. A* 142, 379–390F
- D.A.; Demski, L.S. (2012). Sensory Physiology and Behavior of Elasmobranchs. *Biol. Sharks Relat.* 2012, 1, 349–401.
- Fay, R.R.; Kendall, J.I.; Popper, A.N.; Tester, A.L. (1974). Vibration detection by the macula neglecta of sharks. *Comp. Biochem. Physiol. Part A Physiol.* 47, 1235–1240.
- Finneran J. J. (2015). Noise-induced hearing loss in marine mammals: A review of temporary threshold shift studies from 1996 to 2015. *J. Acoust. Soc. Am.* 138, 1702–1726. doi:10.1121/1.4927418
- Finneran J., Jenkins A. (2012). Criteria and thresholds for US navy acoustic and explosive effects analysis (Space and Naval Warfare Systems Center Pacific San Diego, CA). Available at: <https://apps.dtic.mil/sti/citations/ADA561707>
- Fisher F., Simmons V. (1977). Sound absorption in sea water. *J. Acoust. Soc. Am.* 62, 558–564. doi: 10.1121/1.381574
- G. Larosa, Le infrastrutture EMSO e KM3NeT nella Sicilia orientale: osservatori per la rivelazione acustica multidisciplinare sottomesso all' Associazione Italiana di Acustica 41° Convegno Nazionale (Pisa, 17-19 giugno 2014).
- Gardiner, J.M.; Hueter, R.E.; Maruska, K.P.; Sisneros, J.A.; Casper, B.M.; Mann, D.A.; Demski, L.S. Sensory Physiology and Behavior of Elasmobranchs. *Biol. Sharks Relat.* 2012, 1, 349–401.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

- <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fmars.2023.1097701/full>
- Huang, L. F., Xu, X. M., Yang, L. L., Huang, S. Q., Zhang, X. H., & Zhou, Y. L. (2023). Underwater noise characteristics of offshore exploratory drilling and its impact on marine mammals. *Frontiers in Marine Science*, 10, 1097701.
- Kelly, J. C., & Nelson, D. R. (1975). Hearing thresholds of the horn shark, *Heterodontus francisci*. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 58(4), 905-909.
- Myrberg, A.A. (2001). The Acoustical Biology of Elasmobranchs. In *The Behavior and Sensory Biology of Elasmobranch Fishes: An Anthology in Memory of Donald Richard Nelson*; Springer Science and Business Media LLC: Berlin, Germany. pp. 31–46.
- National Marine Fisheries Service (2018). 2018 revisions to: Technical guidance for assessing the effects of anthropogenic sound on marine mammal hearing (Version 2.0) Vol. 167 (Silver Spring, MD: National Marine Fisheries Service). NOAA Tech. Memo. NMFS-OPR-59. Available
- Pulvirenti, S., Inserra, P., Caruso, F., Giovanetti, G., Grasso, R., Larosa, G., ... & Sciacca, V. (2014). Analisi del rumore acustico sottomarino e correlazione con il traffico navale presente nell'area del Golfo di Catania. *Proceedings Associazione Italiana di Acustica, Pisa*.
- Southall B. L. (2021). Evolutions in marine mammal noise exposure criteria. *Acoustics Today* 17, 52–60. doi:10.1121/AT.2021.17.2.52
- Southall B. L., Finneran J. J., Reichmuth C., Nachtigall P. E., Ketten D. R., Bowles A. E., et al. (2019). Marine mammal noise exposure criteria: Updated scientific recommendations for residual hearing effects. *Aquat. Mamm.* 45, 125–232. doi:10.1578/AM.45.2.2019.125
- Tester, A.L.; Kendall, J.I.; Milisen, W.B. Morphology of the Ear of the Shark Genus *Carcharhinus*, with Particular Reference to the Macula Neglecta; University of Hawaii Press: Honolulu, HI, USA, 1972.
- Urick R. J. (1983). Principles of underwater sound. 3rd ed (Peninsula Publishing Los Atlos, California: Academic Press).
- Van der Graaf AJ, Ainslie MA, André M, Brensing K, Dalen J, Dekeling RPA, Robinson S, Tasker ML, Thomsen F, Werner S (2012). European Marine Strategy Framework Directive - Good Environmental Status (MSFD GES): Report of the Technical Subgroup on Underwater noise and other forms of energy.
- Wang, Z., Wu, Y., Duan, G., Cao, H., Liu, J., Wang, K., & Wang, D. (2014). Assessing the underwater acoustics of the world's largest vibration hammer (OCTA-KONG) and its potential effects on the Indo-Pacific humpbacked dolphin (*Sousa chinensis*). *PloS one*, 9(10), e110590.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

4 EFFETTI DI ILLUMINAZIONE ED OMBREGGIAMENTO SU ALCUNE SPECIE ANIMALI

In questo documento si riportano alcune osservazioni di carattere generale sugli effetti della luce (inquinamento luminoso) sui cetacei e si analizza la letteratura disponibile anche in merito alla presenza di ombre sulla superficie dell'acqua ed ai suoi effetti sui delfinidi.

La diffusione e la riflessione della luce artificiale possono avere effetti negativi sugli ecosistemi marini e la fauna marina ed impattare indirettamente anche sui cetacei, alterandone il loro comportamento alimentare e le loro relazioni sociali. L'effetto della luce diretta e l'inquinamento luminoso costituisce un significativo fattore di pressione: le forti luci infatti costituiscono una causa di mortalità ben nota per uccelli marini, in quanto causa di disorientamento; ad esempio, su due specie di uccelli marini di interesse conservazionistico, migratrici, come Berta maggiore e Berta minore l'impatto riguarda essenzialmente i giovani nei primi giorni dopo l'involo e la morte degli individui può riguardare anche un'importante frazione della popolazione. In merito agli effetti della luce sui cetacei, va precisato che la percezione visiva in queste specie è molto sviluppata, nonostante si siano adattati a un ambiente sottomarino e abbiano sviluppato un sistema di eco-localizzazione, che per essi ha un ruolo di primaria importanza, sia per l'individuazione delle prede, sia per spostarsi con sicurezza in un ambiente marino scarsamente illuminato (Tomonaga et al., 2014). È stato osservato ad esempio alcuni mammiferi marini (es. le foche) utilizzano l'illuminazione antropica per cacciare visivamente i pesci durante la notte. Riducendo al minimo i livelli di luce in acqua si potrebbe quindi ridurre questo comportamento alimentare acquisito.

In generale, la luce può produrre sui cetacei, in base alla sua intensità, interferenze con:

- i comportamenti (alimentari, sociali, ecc);
- la comunicazione individuale e di gruppo (alterazione delle principali funzioni sociali ed alimentari);
- la scelta dell'uso dell'habitat;
- i flussi migratori, esponendo gli esemplari a eventuali rischi legati al cambio di rotte che potenzialmente incrementano la probabilità di collisione.

4.1 Impatto della luce sui comportamenti alimentari

La modifica delle condizioni di luminosità può determinare cambiamenti nelle abitudini alimentari, sia per influenze indirette, come le differenze nell'ubicazione e nell'abbondanza delle prede, sia per influenze dirette, come l'utilizzo dell'illuminazione per facilitarne la cattura.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

Pochi studi sono stati condotti su questo argomento, solo recenti programmi di ricerca sviluppati nel settore della biologia della pesca (riduzione dell'interazione dei cetacei/ mammiferi marini con gli attrezzi da pesca) hanno considerato l'applicazione di fonti luminose tramite l'uso di Led sulle reti, per accentuare la funzione di deterrenza e/o disturbo e ridurre gli eventi di bycatch.

La specie maggiormente studiata in relazione a questo fenomeno su scala Mediterranea è il delfino costiero (*Tursiops truncatus*). Le risposte comportamentali in relazioni ad eventi di natura stressante come fonti di inquinamento (acustico e luminoso), possono riassumersi in linea generale, nella risposta di fuga, evitamento e/o assuefazione (Duarte et al., 2022).

In riferimento ad altre specie di interesse conservazionistico su scala mondiale, l'uso di reti illuminate ha portato ad una riduzione notevolmente delle catture accidentali di squali, razze, tartarughe marine. Per esaminare questo aspetto sono stati previsti luci verdi a LED ogni 10 metri sulle reti da posta lungo la costa pacifica del Messico. Le reti da posta illuminate hanno ridotto le catture totali del 63%, con una riduzione del 95% di squali, razze (che sono diminuite a livello globale a causa delle catture accessorie e della pesca illegale), calamari e una riduzione del 48% di pesci non commerciali, il tutto mantenendo i tassi di cattura e il valore di mercato dei pesci bersaglio. Altri usi della luce artificiale sono avvenuti sempre nel settore della pesca per aumentare la selettiva produttiva delle reti, quindi dissuadere i pesci dall'entrare nella rete o per aumentare la fuoriuscita dalla rete stessa. In questo caso è stato valutato la differenza nelle catture trattenute da una rete a strascico standard, rispetto allo stesso attrezzo dotato di un pannello a maglie quadrate dotato di LED. È stato osservato che la selettività dell'attrezzo variava a seconda della profondità dell'acqua. Utilizzando un pannello a maglie quadrate a basse profondità (29-40 m), le catture accidentali di merlano ed eglefino sono state ridotte rispettivamente dell'86% e del 58%. In acque profonde e più scure (45-95 m), non è stata osservata alcuna variazione delle catture nel trattamento con il pannello a maglie quadrate, ma quando sono stati aggiunti i LED al pannello a maglie quadrate, le catture di "whiting" and "haddock" (eglefino e pesce piatto) sono state ridotte rispettivamente del 47% e del 25%.

Questi risultati dimostrano il potenziale di miglioramento delle prestazioni dei dispositivi di riduzione delle catture accessorie attraverso l'aggiunta di dispositivi luminosi per aumentare la selettività.

I risultati evidenziano anche differenze specie-specifiche e sito-specifiche nelle prestazioni dei dispositivi di riduzione delle catture accessorie, e quindi è probabilmente necessario un approccio più adattivo per ridurre le catture accessorie per massimizzare le prestazioni.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

4.2 L'impatto luminoso dell'opera e le azioni di mitigazione introdotte

In riferimento alla realizzazione dell'opera va osservato che sono state introdotte modifiche rilevanti sugli impianti di illuminazione rispetto al precedente progetto ed una ottimizzazione dello stesso utilizzando dei sistemi fortemente direttivi. Tali sistemi evitano la diffusione della luce oltre il ponte per illuminare la strada e riducono l'impatto luminoso sulla superficie dell'acqua. A tale scopo si rimanda alle mappe di illuminamento nelle sezioni dedicate del SIA. La quantità esigua di luce che illumina la superficie marina non si ritiene vada a modificare i comportamenti degli animali, sia per effetto della sua scarsa intensità che dell'attenuazione della luce con la profondità. Allo stato dell'arte non si conoscono le reazioni dei cetacei, ammesso che ci siano, alla presenza del ponte. Va comunque osservato che l'ombra proiettata potrebbe avere un certo rilievo per i delfini di piccola taglia o altri animali che hanno tempi di emersione brevi che transitano nell'area, mentre si ritiene possa essere di minore rilevanza per i grandi cetacei come le balene e i capodogli, i quali cicli di immersione hanno tempi più lunghi, privilegiando batimetrie più profondità anche per ragioni alimentari (Fonseca et al., 2022).

Riguardo i delfini, in particolare quelle costiero, il tursiope, come è noto, viene descritto come specie plastica, resiliente e adattiva rispetto alle condizioni mutevoli di carattere antropico e naturale. Potremmo ritenere che la presenza del ponte potrebbe innescare un'abituazione al nuovo scenario e non alterare drasticamente le scelte dell'uso dell'habitat come per esempio l'attraversamento dell'area ombreggiata per motivi alimentari o sociali. Ovviamente maggiori studi sul tema devo essere condotti per verificare tale ipotesi in questo contesto specifico ed unico nel suo caso.

Nel PMA un monitoraggio specifico su lungo termine è previsto con l'obiettivo di valutare gli stati comportamentali e le dinamiche della struttura sociale della popolazione residente di delfino costiero il tursiope.

I comportamenti degli animali che verranno osservati nella fase successiva alla realizzazione dell'opera nell'ambito del PMA (vedi anche Allegato 1 tab. 1) potranno fornire indicazioni utili in tal senso. In caso di modifiche al comportamento quali l'avverarsi di un ipotetico effetto barriera (Borsani et al., 2018) saranno messe in atto azioni di mitigazione, quali quelle di favorire eventualmente il transito attraverso azioni dirette ed indirette tese a non modificare i comportamenti attuali, fino ipoteticamente ad attrarre gli animali oltre l'infrastruttura. Nel caso si manifestassero tali effetti a seguito del monitoraggio post operam previsto, tali azioni possono ad esempio essere costituite dalla messa in esercizio di sistemi di illuminazione a luce solare in corrispondenza del

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

ponete da attivare opportunamente nelle ore centrali del giorno, che vadano a ridurre significativamente l'effetto dell'ombra creata dallo stesso ponte. Altre azioni potranno essere sviluppate sulla base delle osservazioni derivanti dalle azioni di monitoraggio su un tema mai affrontato in letteratura e che ha quindi necessità dello sviluppo di azioni basate su dati oggettivi, piuttosto che su ipotesi e congetture.

4.3 Gli effetti delle ombre sul comportamento dei delfini

In merito all'effetto dell'ombra sulla superficie del mare è importante sottolineare che gli effetti specifici delle ombre sui cetacei sono ancora poco studiati e compresi e richiedono ulteriori ricerche che potrebbero restituire indicazioni differenti a seconda delle specie di cetacei (balene e delfini) coinvolte. Tuttavia, ci sono alcune considerazioni generali riguardo a come le ombre potrebbero influenzare questi animali:

- I cetacei utilizzano la vista per orientarsi e comprendere l'ambiente circostante mettendo in atto comportamenti di superficie come lo "Spyhopping", le ombre improvvise o inaspettate potrebbero confondere o disorientare i singoli esemplari, soprattutto in situazioni di emergenza in presenza di cuccioli o in acque poco profonde. L'ombra può quindi avere effetti sull'orientamento e sulla percezione dell'ambiente,
- Le ombre possono influenzare negativamente il comportamento dei cetacei ed è plausibile che attivino meccanismi di difesa o evitamento determinando quindi variazioni sulle risposte comportamentali;
- Delfini e balene, principalmente basano le loro relazioni sociali sull'uso della comunicazione acustica, il comportamento filiale e le cure parentali presuppongono anche un'interazione fisica tra gli individui che potrebbe essere messa a rischio dalla ridotta visibilità;
- Gli studi sulle specie migratorie non hanno caratterizzato in modo approfondito le risposte alla luce antropica, al di là degli impatti sull'abbondanza delle prede. Non è chiaro se l'illuminazione, quindi, possa o meno influenzare il ciclo biologico di queste specie;
- Non è stato, a conoscenza di chi scrive, mai indagato l'effetto di ombre ricorrenti quali quelle di una infrastruttura sui cetacei, piuttosto la reazione ad ombre determinate dalla presenza di oggetti in volo che hanno transitato per motivi scientifici e osservazionali in prossimità degli animali.

4.3.1 Studi in letteratura sull'effetto di ombre sul comportamento dei delfini

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

Per completezza di informazione, si riportano le informazioni disponibili tratte dai pochi articoli reperiti in letteratura in merito ai casi simili:

Tiziana Fettermann, Lorenzo Fiori, Martin Bader, Ashray Doshi, Dan Breen, Karen A. Stockin, and Barbara Bollard Behaviour reactions of bottlenose dolphins (T. truncatus) to multicopter Unmanned Aerial Vehicles (UAVs) Sci Rep. 2019; 9: 8558 Published online 2019 Jun 12. doi: 10.1038/s41598-019-44976-9

- È stato osservato nel tursiope che la risposta ad un'ombra di breve durata (<10 sec) sul proprio corpo non altera il suo stato comportamentale.

Inoltre, è stato documentato che i tursiopi evitano l'ombra di un pallone aerostatico riempito di elio utilizzato per i rilevamenti aerei. L'UAV in questo studio è di dimensioni notevolmente inferiori rispetto al pallone e proietta un'ombra minore. Tuttavia, è stato osservato un delfino eseguire un galleggiamento laterale subito dopo che l'ombra del velivolo è passata sopra la sua testa mentre volava a 10 m di altitudine. Questo evento potrebbe essere una risposta all'ombra dell'UAV proiettata sul suo corpo, anche se non può essere confermato. L'unica reazione comportamentale all'aerostato osservata è stata quella in risposta alla sua ombra. Circa una volta ogni sei ore di osservazione si è verificata una breve (<10 sec) cessazione dell'attività quando l'ombra è passata sopra un tursiope, ma l'animale è tornato invariabilmente all'attività precedente al disturbo.

4.4 Impatto delle ombre sul Tursiope: casi studio riportati in letteratura a seguito della realizzazione di ponti

Non esistono studi di impatto che descrivano gli effetti della variazione di illuminazione localizzata e continua nel tempo (presenza di ombre dovuta ad una infrastruttura) sui comportamenti dei cetacei. Peraltro, non sono stati segnalati effetti di modifica dei comportamenti degli stessi a seguito di realizzazione di tali opere. Si riportano nel seguito alcuni studi eseguiti in corrispondenza della realizzazione di ponti, sebbene non possa dedursi dagli stessi il ruolo dell'impatto della luce sui cetacei, rispetto a quello determinato dall'impatto acustico derivante dalle attività di costruzione dell'opera:

Buckstaff, Kara C., et al. "Responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to construction and demolition of coastal marine structures." *Aquatic Mammals* 39.2 (2013): 174.

Nella baia di Sarasota, in Florida, la costruzione di un grande ponte a campata fissa è stata completata nel luglio 2003, seguita da due esplosioni aeree e da un'ultima esplosione subacquea

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

per demolire il ponte preesistente. Sono state condotte indagini in barca per confrontare la distribuzione degli avvistamenti di delfini bottlenose (*T. truncatus*) durante la costruzione e la demolizione del ponte con le registrazioni storiche degli avvistamenti. Inoltre, sono stati monitorati i livelli di pressione sonora subacquea in sei punti di ascolto a nord e a sud del ponte. La densità di delfini nelle vicinanze del ponte è risultata significativamente più alta dopo il completamento dei lavori di costruzione rispetto a quella registrata durante i lavori. I pochi tursiopi che hanno utilizzato le acque nelle vicinanze del ponte durante i lavori di costruzione non sembravano evitare il ponte, suggerendo che alcuni tursiopi potessero continuare a preferire l'habitat intorno al ponte nonostante il rumore della costruzione e della demolizione.

Gli autori dello studio concludono affermando che la demolizione e costruzione di un ponte non preclude l'uso dell'habitat di alcuni individui di tursiope per scopi alimentari.

Weaver, A. (2015). Sex differences in bottlenose dolphin sightings during a longterm bridge construction project. Anim. Behav. Cogn. 2, 1–13. doi: 10.12966/abc.02.01.2015:

L'articolo fa riferimento ad un progetto di sostituzione di un ponte che si è svolto in due fasi nell'arco di 5 anni. L'area interessata è quella di John's Pass, una stretta insenatura di marea che collega il Golfo del Messico e l'Intracoastal Waterway, e costituiva un habitat privilegiato per i tursiopi, in quanto offriva una ricca zona di alimentazione. Il progetto prevedeva la rimozione del vecchio ponte e la costruzione di uno nuovo, che comprendeva l'infissione di un numero ampio di pali per l'ormeggio delle chiatte sul lato est rivolto alla Intra-Coastal Waterway e sul lato ovest rivolto al Golfo del Messico. Inevitabilmente, il progetto di rimozione e sostituzione del ponte ha comportato un aumento dei livelli di rumore, dell'illuminazione, del traffico navale e di varie strutture galleggianti di grandi dimensioni che altrimenti non sarebbero state presenti. Weaver ha raccolto dati di osservazione più volte alla settimana per 11 anni per ottenere dati prima, durante e dopo la costruzione. Le misurazioni del "numero totale di delfini", della "presenza e assenza di delfini" e del "numero di delfini impegnati in stati comportamentali predeterminati" prima della costruzione sono state confrontate con le stesse misurazioni durante e dopo la costruzione.

Il progetto di costruzione comprendeva l'infissione di pali e il dragaggio e comportava un inquinamento luminoso e acustico. Lo studio ha evidenziato due modi in cui i delfini sembravano adattarsi a queste attività umane. In primo luogo, i delfini hanno smesso di utilizzare John's Pass come zona di alimentazione, spostandosi invece in aree esterne alla zona di costruzione. Questo adattamento ha portato anche a una diminuzione delle interazioni sociali tra i delfini nella zona di costruzione. Questi cambiamenti comportamentali sono rimasti nei 5 anni successivi alla fine dei

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

lavori di costruzione e non si sono più ripresi. In secondo luogo, durante la prima fase dei lavori, i delfini hanno spostato l'orario dei comportamenti in un momento della giornata in cui i lavori di costruzione erano ridotti al minimo. Nella seconda fase della costruzione, i delfini sembrano aver imparato a far fronte al disturbo umano, poiché il loro comportamento nelle aree in via di sviluppo mostrava un certo cambiamento rispetto alle abitudini precedenti alla costruzione. L'autrice suggerisce che l'adattamento potrebbe anche essere legato in parte al modo in cui sono stati gestiti i lavori di costruzione. L'esposizione alla costruzione in due fasi può aver permesso ai delfini di familiarizzare con la costruzione nella prima fase e forse di adattarsi a una "nuova normalità" durante la seconda fase.

I risultati dello studio indicano come vi siano stati cambiamenti significativi nei ritmi circadiani. I delfini si sono adattati alla costruzione in due modi: stabilendo luoghi di alimentazione al di fuori della zona disturbata dai lavori di costruzione e spostando i ritmi temporali dei comportamenti che continuavano a esibire nella zona dei lavori di costruzione nelle ore successive della giornata, quando le attività di costruzione erano ridotte al minimo. Questo è il primo studio a suggerire che i delfini hanno imparato a far fronte ai lavori di costruzione costiera con adattamenti variabili, mettendo in atto nelle fasi di costruzione dell'opera una funzione di adattamento.

Lo studio mostra quindi una riduzione della popolazione durante la costruzione dell'opera e un uso dell'habitat solo per scopi alimentari.

Dallo studio emerge che:

- I tursiopi mostrano differenze in base al sesso nella maggior parte dei loro stati comportamenti. Un progetto di costruzione di un ponte della durata di 5 anni su un corridoio stretto, ma importante per i delfini presso l'insenatura di marea di John's Pass, a St. Petersburg (Florida), ha portato cambiamenti ambientali cronici. Lo scopo di questo studio, durato 8 anni, era quello di determinare se la costruzione del ponte fosse associata a cambiamenti negli avvistamenti di delfini. L'ipotesi della differenza di sesso è stata testata confrontando le probabilità di avvistamento prima, durante e dopo la costruzione del ponte. Le probabilità di avvistamento sono state generate per 68 adulti avvistati n = 6504 volte nel corso di N = 951 indagini con piccole imbarcazioni nell'area di studio dell'estuario di 6,5 miglia, documentate con identificazione fotografica dal giugno 2005 al dicembre 2012.
- L'ipotesi della differenza di sesso è stata supportata da un'interazione significativa tra costruzione e sesso. Gli avvistamenti di femmine hanno mostrato un significativo declino lineare in base alla costruzione. Gli avvistamenti di maschi non sono cambiati in base alla costruzione.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

La conclusione principale è che maschi e femmine adulti possono reagire in modo diverso ai cambiamenti dell'habitat associati alle attività antropiche.

- Le differenze di sesso nel monitoraggio dell'ambiente e nella vigilanza associata al comportamento materno possono aver giocato un ruolo. Questo è il primo rapporto sui delfini di John's Pass che valuta i cambiamenti nel loro comportamento durante un grande progetto di costruzione in un corridoio stretto ma importante per i delfini.
- Le femmine con figli piccoli sono probabilmente più suscettibili ai rumori di disturbo rispetto ai maschi. Infatti, le femmine osservate abbandonare l'area stavano allevando almeno un piccolo. Il modo in cui una madre delfino e il suo piccolo comunicano con fischi e altri vocalizzi è fondamentale per mantenere contatto e tutto ciò che interferisce mette a rischio la sopravvivenza del piccolo.
- I risultati di Weaver suggeriscono che le madri dei delfini preferiscono acque più tranquille rispetto ai maschi per "parlare" con la prole e rimanere vigili predatori per proteggere se stessa e il suo cucciolo. È troppo presto per capire come questa riduzione del numero di femmine sulla comunità dei delfini di John's Pass. I tursiopi si riproducono lentamente, e gli eventuali effetti potrebbero non essere individuati per anni a venire. Tuttavia, perdere la maggior parte delle femmine non è mai positivo per nessuna popolazione a lungo termini.

4.5 Bibliografia

- Allman P, Agyekumhene A, Stemle L. (2021). Gillnet illumination as an effective measure to reduce seaturtle bycatch. *Conserv. Biol.* 35:967–75
- Borsani J.F , Christopher W. Clark , Barbara Nani, Michele Scarpiniti (2008). Fin whales avoid loud rhythmic low- frequency sounds in the Ligurian Sea, *Bioacoustics: The International Journal of Animal Sound and its Recording*, 17:1-3, 161-163, DOI: 10.1080/09524622.2008.9753801
- Buckstaff, K. C., Wells, R. S., Gannon, J. G., & Nowacek, D. P. (2013). Responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) to construction and demolition of coastal marine structures. *Aquatic Mammals*, 39(2), 174.
- Duarte, C. M., Chapuis, L., Collin, S. P., Costa, D. P., Devassy, R. P., Eguiluz, V. M., ... & Juanes, F. (2021). The soundscape of the Anthropocene Ocean. *Science*, 371(6529), eaba4658.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

- Fonseca CT, Pérez-Jorge S, Prieto R, Oliveira C, Tobeña M, Scheffer A and Silva MA (2022) Dive Behavior and Activity Patterns of Fin Whales in a Migratory Habitat. *Front. Mar. Sci.* 9:875731. doi:10.3389/fmars.2022.875731
- Marangoni, L. F., Davies, T., Smyth, T., Rodríguez, A., Hamann, M., Duarte, C., ... & Levy, O. (2022). Impacts of artificial light at night in marine ecosystems—A review. *Global Change Biology*, 28(18), 5346-5367.
- - Miller, C.R. & Rice, A.N. (2023). A synthesis of the risks of marine light pollution across organismal and ecological scales. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 1–13. <https://doi.org/10.1002/aqc.4011>
- Nguyen KW, Winger PD. (2019). Artificial light in commercial industrialised fishing applications: a review. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 27:106–2.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

5 RACCOLTA DATI E VALUTAZIONE IMPATTI

5.1 Monitoraggio visivo ed acustico sottomarino

Il parere del Ministero dell'Ambiente ha messo in risalto criticità relative alle attività di monitoraggio svolte in mare (campagne 2005-2006 e 2011) da svolgere ante operam, durante il cantiere e post operam.

In tutto il SIA del PD 2011-2012 di fatto il tema dell'inquinamento acustico sottomarino è stato giudicato carente e pertanto le richieste di integrazioni e le mancate ottemperanze indicate a seguito delle stesse forniscono una guida per le prescrizioni che il progettista deve fornire per la definizione del piano di monitoraggio. Il tempo trascorso e le innovazioni tecnologiche suggeriscono miglioramenti al piano stesso. Questa relazione approfondisce i contenuti già espressi ed individua nuove azioni da compiere nelle varie fasi del monitoraggio. Un sommario delle attività che saranno svolte è illustrato nell' allegato 1 tab. 1.

Il nuovo PMA prevede nella fase ante operam e post operam l'installazione di apposite stazioni di monitoraggio acustico passivo (PAM) munite di idrofoni calibrati e programmate per l'acquisizione dei dati acustici su un'ampia banda di frequenza, in modo da includere oltre alle vocalizzazioni emesse dalle specie di cetacei e delle altre specie che costituiscono ulteriore target acustico.

Le stazioni di monitoraggio acustico passivo saranno installate in prossimità dei pontili temporanei SP1. Pontile Lato Ganzirri e CP1 Pontile Lato Cannitello e seguiranno una routine di acquisizione dati in continuo (H24) delle emissioni sonore dalle specie target acustico presenti e/o in transito.

I dati acustici ottenuti una volta analizzati, forniranno una descrizione qualitativa e quantitativa del comportamento acustico delle specie presenti, sia per quelle in transito che per quelle stanziali. Si valuta come utile un periodo minimo di almeno 12 mesi per l'acquisizione dei dati acustici, in questo arco temporale è possibile raccogliere e descrivere i ritmi stagionali e circadiani delle specie che interessano l'area e valutarne il loro cambiamento nel tempo.

Contemporaneamente si procederà con le uscite in mare mirate all'avvistamento di specie di cetacei, con particolare attenzione al delfino costiero, il tursiopo, tramite l'uso della tecnica della (foto-identificazione) che si basa sulla marcatura e ricattura fotografica di parti del corpo (es. pinna dorsale, caudale ecc.) degli esemplari avvistati facendo riferimento alla metodologia standard di Würsig B, Jefferson TA, (1990) più diffusa per lo studio dei cetacei allo scopi di censire gli animali presenti nell'area, valutare le dinamiche di popolazione e la struttura sociale. Ciò consentirà di

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

aumentare il campione attualmente disponibile e acquisire maggiori informazioni sugli individui transienti e non transienti che frequentano l'area dello stretto di Messina.

5.1.1 Acquisizione dei dati di input necessari al modello matematico di propagazione

L'assenza del modello di propagazione del rumore subacqueo ha impedito la determinazione di qualsiasi valutazione di impatto sugli animali e nell'ambiente e questo è stato determinante per la mancata ottemperanza a quanto richiesto su diverse questioni poste in relazione all'impatto ad esempio sui cetacei.

Nel SIA del 2011-2012 non è stato indicato l'effetto acustico sottomarino delle attività di cantiere sugli animali che sarà opportunamente eseguito nella successiva fase di PE previa acquisizione di una campagna di monitoraggio ovvero dati acustici subacquei che consentano di valutare sia il rumore presente attualmente e prevedere quello che verrà prodotto in cantiere. L'impatto acustico è stato stimato per quanto possibile con relazioni empiriche, rinviando alle fasi successive gli approfondimenti necessari. (Si veda paragrafo 3.2 di questo documento)

Nella successiva fase di progetto esecutivo si provvederà ad:

1. Effettuare misure di acustica sottomarina in corrispondenza dei test di trivellazione con le tecnologie scelte, da eseguire possibilmente nel periodo autunnale ed esclusivamente di giorno, al fine di avere dati utili alla modellizzazione delle attività di cantiere per la realizzazione dei pontili e quindi fornire i necessari input al modello. Durante l'attività di test verrà presidiata da personale qualificato (PAM) per mettere in atto le azioni di mitigazione eventualmente necessarie fino al blocco delle attività di test stesso in relazione al passaggio dei cetacei.
2. Acquisire dati che saranno poi utilizzati per la validazione del modello in diverse condizioni di propagazione. Al fine di costruire il modello, dovranno essere acquisiti i parametri fisico-chimici della colonna d'acqua (almeno temperatura e salinità) all'interno delle campagne di misura ante operam;
3. Acquisire nelle stesse campagne di monitoraggio acustico e visivo con imbarcazione anche misure di profili di densità e temperatura per avere dati con una adeguata copertura spaziale e temporale (vedi nel seguito) per fornire utili input al modello a varie distanze dai cantieri.
4. Acquisire dati sul rumore sottomarino prodotto dal traffico marittimo nelle aree in prossimità dei pontili durante le campagne ante/post operam.

5.1.2 Monitoraggio ante operam: implementazione del disegno di campionamento

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

Il monitoraggio dei cetacei sarà eseguito con imbarcazione dedicata ed equipaggiata sia per coprire le tratta sia verso la costa Calabrese sia verso la costa Siciliana. Per uniformità del dato e continuità del metodo il disegno di campionamento seguirà quello delle campagne di monitoraggio precedentemente svolte nel periodo 2010-2011 (in particolare si fa riferimento agli studi di settore relativi ai mammiferi marini allegati al progetto definitivo (MA0102 del 2006, MA0101 del 2010 e MAV0139 del 2011). Nella figura P 5.1.2 che seguono si riporta l'area d'indagine (riquadro rosso), e il suo piano di campionamento con transetti lineari costa largo (in bianco).

Nella figura Q 5.1.2 con i riquadri gialli sono indicate le aree che saranno implementate al fine di ottenere uno sforzo di ricerca e monitoraggio uniforme ed ampliare le informazioni sulla presenza ed uso dell'habitat dei delfini costieri (tursiope). In particolare nell'area di specifico interesse dell'opera (ponte e pontili), indicata con un riquadro arancione, il monitoraggio sarà effettuato con maggiore dettaglio.



Fig. P 5.1.2. area geo-referenziata complessivamente coperta (in rosso) e tracce al suo interno (in bianco)

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	



Fig. Q 5.1.2 Dettaglio delle aree che saranno implementate durante il nuovo piano di monitoraggio

Per garantire, infatti, una risoluzione geografica necessaria per valutare eventuali esclusioni di animali da zone più colpite dall'impatto del rumore, entro 1-2 km dalla costa, sarà impiegata una risoluzione maggiore della cella (1 x 1 Km) rispetto a quella utilizzata nelle precedenti campagne di monitoraggio (1.5 x 1.8 Km). Ciò comporterà un aumento dello sforzo di osservazione nei tratti di mare costiere nelle zone di costruzione del ponte e della futura zona sottesa al ponte stesso. Si ricorda che saranno inoltre sempre attive in prossimità dei pontili le stazioni di monitoraggio acustico in continuo per la valutazione del rumore da traffico marittimo.

Per ovviare alla segnalata mancata copertura omogenea dell'area vasta e delle due sotto aree (nord e sud), da un punto di vista geografico (si veda la Tabella a pag. 118 dell'elaborato MA0102, dove si riportano 2517 km di osservazioni in condizioni positive nell'area sud e solo 2095 Km nell'area nord) le uscite in mare saranno effettuate in condizioni ideone meteo marine (riferimento alla scala Beaufort 3 e Douglas 4). Le campagne dovranno garantire comunque almeno l'80% di attività (sforzo di campionamento) in condizioni meteo marine positive.

Per rispondere alle richieste del Ministero verranno effettuate varie campagne di misura (Allegato 1 tab., 1):

1. una campagna di misura di almeno un anno (almeno un mese di misure al netto delle condizioni sfavorevoli nelle 4 stagioni) con le caratteristiche spaziali già sopra illustrate che interesserà

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

oltre 5000 km. Ciò potrà essere ottenuto acquisendo, come detto, i dati nei i transetti già indagati e approfondendo come richiesto le misure con dettaglio superiore a quello a suo tempo perseguito nelle campagne Tethys. In tali campagne dovranno essere acquisiti con continuità nei transetti oltre ai dati visivi, specie-specifici, rilevati ai cetacei con la tecnica delle foto – identificazione, anche dati acustici e bioacustici attraverso idrofoni trainati, oltre che utilizzare sistemi ottici e software di intelligenza artificiale per il riconoscimento degli animali a supporto di osservatori accreditati. I rilevamenti consentiranno di definire il rumore di fondo già presente nell’area e individuare l’attuale presenza/assenza delle specie di cetacei tramite il riconoscimento dei segnali sonori emessi oltre all’individuazione di altre specie target acustico nell’area oggetto di monitoraggio. Il gap relativo al monitoraggio della fascia costiera e quindi l’implementazione della raccolta di dati sul tursiope ed altre specie verrà colmato con avvistamento diretto, verrà usata la tecnica della foto-identificazione per arricchire il catalogo foto- identificativo in parte presentato nella documentazione fornita da Tethys.

L’approccio trasversale e multidisciplinare consentirà di ottenere informazioni a diversi livelli di informazione relativi alla presenza/assenza, distribuzione e comportamento acustico delle specie di cetacei in primis e delle altre specie target acustico. Inoltre, le metodologie applicate alla raccolta dei dati acustici e visivi sono di natura passiva, in quanto la presenza dell’operatore non altera l’acquisizione del dato relativo alla specie osservata.

Le indagini saranno effettuate in mare utilizzando un approccio multidisciplinare, tramite l’impiego di osservatori accreditati e attraverso sistemi ottici avanzati con software di intelligenza artificiale, in grado di evidenziare la presenza/assenza di animali in superficie e durante la navigazione (vedi descrizione nel paragrafo 5.1.3). Ciò consentirà di ottenere informazioni a diversi livelli di informazione relativi alla presenza/assenza, distribuzione e comportamento acustico delle specie di cetacei in primis e delle altre specie target acustico. Inoltre, le metodologie applicate alla raccolta dati acustici e visivi sono di natura passiva, cioè la presenza dell’operatore non altera l’acquisizione del dato relativo alla specie osservata.

Ciò potrà dare l’opportunità di collegare tale rilevazione con la presenza identificata dai software di bioacustica, che riconoscono gli animali attraverso i segnali emessi, rendendo molto più efficiente l’osservazione prima eseguita solo dagli osservatori in maniera manuale.

2. Con un ragionamento a ritroso per il calcolo dei tempi, considerato che le attività in cantiere non potranno essere svolte nei mesi da giugno ad ottobre (per la maggiore probabilità di avere la presenza di transiti di cetacei nello stretto), occorre che:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

- siano acquisiti dati delle campagne di misura nel periodo estivo e autunnale e subito elaborati, per poi ripeterle nelle stagioni seguenti nell'anno successivo. Durante questo periodo potranno essere svolte prove di trivellazione per valutarne l'impatto acustico sottomarino, monitorandone a varie distanze i livelli sonori con almeno tre sistemi di acquisizione dei dati acustici. Ciò consentirà di far iniziare le attività di cantiere a valle dei risultati acquisiti, organizzando le attività di monitoraggio nei mesi primaverili ed estivi.
 - siano acquisiti dati acustici in continuo e dati ambientali riferiti alla colonna d'acqua (temperatura, salinità) e presso ognuno dei pontili con una stazione fissa di monitoraggio acustico per almeno un anno. Il piano di campionamento si svilupperà tenendo in considerazione un set-up ad ampia banda di frequenza (0.1- 300 kHz). L'uso di un'ampia banda di frequenza consentirà di individuare contemporaneamente sia le sorgenti acustiche di interesse biologico (cetacei), sia quelle di origine antropica (traffico marittimo). Questo emergente approccio integrato nel settore della bioacustica applicata (marine soundscape ecology) offre la possibilità di osservare gli eventi (attività umana e presenza animali), i trend temporali, i ritmi circadiani, il disturbo antropico apportato alle specie animali, in una chiara prospettiva ecosistemica. I dati acquisiti saranno utili al popolamento di una banca dati specifica relativa agli indicatori di cui al descrittore 11 della Marine strategy (rumore continuo ed intermittente).
3. Verificare l'efficacia dell'eventuale inserimento di una cortina di bolle generata per assorbire e attenuare il rumore generato dalle attività di trivellazione, se sarà ritenuto necessario in relazione all'entità dello stesso (Fig. R 5.1.2). Tale eventualità dipenderà ai risultati dei test di trivellazione. I dettagli della cortina di bolle saranno indicati quindi nel progetto esecutivo.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

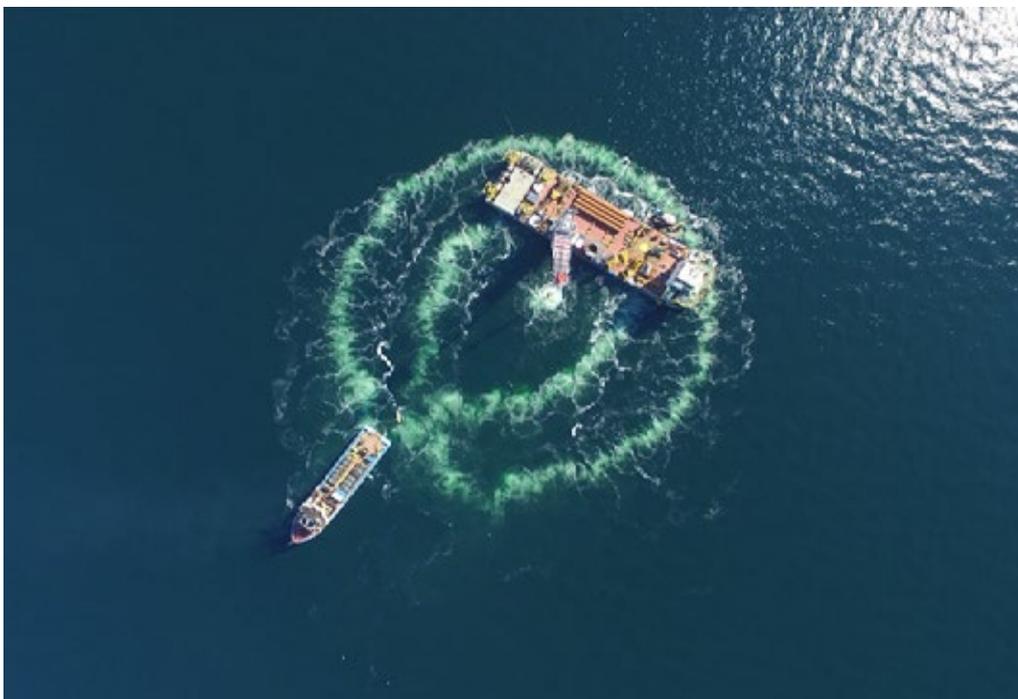


Fig. R 5.1.2 Immagine descrittiva dell'applicazione del metodo di riduzione di rumore con la cortina di bolle

4. Sarà inoltre testata in alternativa l'efficacia di un sistema denominato Hydro Sound Dampers (HSD) che è costituito da palloni elastici riempiti di gas e robusti elementi in schiuma PE fissati a una rete zavorrata. La rete si trova in un cesto sotto la struttura del palo, che viene abbassata sul fondo del mare per mezzo di argani. Successivamente, il palo viene inserito dall'alto all'interno del pallone elastico. Il sistema HSD ha un peso relativamente basso, compreso tra 16 e 60 t, il cui principio si basa sull'assorbimento, sulla dispersione per eccitazione degli elementi alle loro frequenze di risonanza e sullo smorzamento dei materiali. Inoltre, nel passaggio dall'acqua all'aria si verifica una riflessione (Elmer et al., 2012). Gli elementi in schiuma HSD agiscono anche come assorbitori di urti grazie allo smorzamento del materiale. La frequenza di massima attenuazione del rumore è regolabile grazie all'uso di elementi di varie dimensioni. La frequenza di risonanza diminuisce con le dimensioni degli elementi. I palloni elastici devono essere dimensionati in base all'aumento della profondità dell'acqua a causa della comprimibilità dovuta alla pressione idrostatica. Questo design personalizzabile consente di mitigare il rumore a frequenze specifiche adattate ai requisiti di conservazione, ad esempio riducendo le basse frequenze che rappresentano la massima energia delle palificazioni o le frequenze più alte per ridurre il disturbo delle focene (Dähne et al., 2017; Tougaard e Dähne,

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

2017). Misure acustiche durante le prove di trivellazione consentiranno di testare anche l'efficacia degli interventi di mitigazione effettuando test in presenza ed in assenza del sistema. Il sistema è leggero, efficiente dal punto di vista economico (non sono necessari compressori) e la movimentazione del sistema non comporta grandi ritardi nelle operazioni di palificazione. Grazie alla struttura leggera che utilizza cestelli a rete apribili, non vi è praticamente alcun limite di dimensioni (fig. S 5.1.2). Come detto precedentemente, i dati di letteratura (Bruns 2014) indicano come siano state ottenute riduzioni di 20 dB nell'importante range in frequenza di 100Hz-800 Hz.

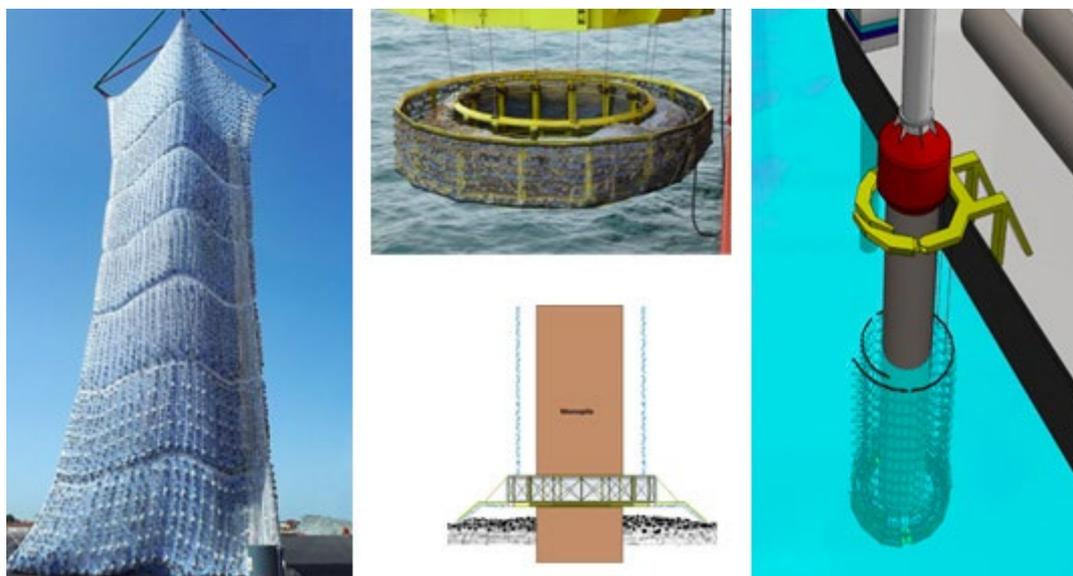


Fig. S 5.1.2 © K.-H. Elmer, Off Noise Solutions.

5. Effettuare telemetria satellitare applicata ad un minimo di 4-5 esemplari (nell'isola di Lampedusa per le balenottere comune, ad esempio). Sono presentati nei paragrafi successivi i risultati di una rassegna bibliografica che illustra le migrazioni e le rotte (come richiesto). Si rimanda al paragrafo 5.2. la descrizione delle metodologie che verranno seguite per la realizzazione di campagne di tagging innovativo con l'uso di droni, che consentiranno di ampliare le informazioni disponibili e di rispondere in maniera esaustiva alle richieste del Ministero.

5.1.3 Monitoraggio in fase di cantiere per la costruzione dei pontili

In fase di cantiere che opererà solo nelle ore diurne occorrerà garantire:

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

1. un monitoraggio acustico e bioacustico in continuo su 24 ore, per maggiore completezza di informazioni, sfruttando a pieno le stazioni autonome di monitoraggio acustico passivo poste a circa cento metri dalla linea di costa e in corrispondenza delle aree di cantiere per i pontili. Ciò consentirà di rilevare la presenza/assenza degli animali per valutare la necessità di azioni di mitigazione, fino all'interruzione delle attività di cantiere. . Saranno inoltre utilizzate videocamere ottiche in continuo a supporto del lavoro di osservazione diretta di operatori specializzati (MMO) nelle ore diurne.

Ciò consentirà anche all'operatore PAM dedicato, di evidenziare in tempo reale la presenza di animali in transito, in modo così da sospendere temporaneamente le attività di cantiere al fine di evitare loro variazioni acustiche - comportamentali determinate dalle emissioni sonore delle attività di trivellazione.

Tale monitoraggio andrà effettuato durante i cantieri in Sicilia e Calabria, che potranno essere in contemporanea, se le misure eseguite ed i modelli ne dimostrano la fattibilità in relazione agli impatti misurati o previsti.

2. un monitoraggio in continuo con sistemi ottici e software di intelligenza artificiale di riconoscimento delle specie animali e/o degli oggetti in transito nello stretto per rendere il monitoraggio più efficace rispetto a quello da svolgere da parte di osservatori umani. In figura un esempio di dispositivo elettro – ottico che utilizza l'intelligenza artificiale per riconoscere gli oggetti galleggianti e/o i cetacei (Fig. T 5.1.3).



Fig. T 5.1.3 eOscar by BSB Marine comprende: 3 telecamere: 2 per la visione notturna e una per la visione diurna.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024	

3. Da terra saranno installate videocamere ottiche in continuo a supporto del lavoro di osservazione diretta di operatori specializzati nelle ore diurne.

5.1.4 Monitoraggio dopo la realizzazione dell'opera

Campagne di misure analoghe a quelle precedenti svolte in fase ante operam dovranno essere eseguite per almeno un anno con misure acustiche e bioacustiche, rilevate stagionalmente della durata di almeno un mese ciascuna attraverso le stesse modalità seguite precedentemente.

1. Campagna di monitoraggio con uscite in mare a copertura del disegno di campionamento integrato e quello svolto da Tethys (2005 e 2011);
2. Raccolta di dati visivi tramite osservazioni dirette e applicazione della foto-identificazione dedicata alle di cetacei, acquisizione di dati acustici tramite sistemi di rilevamento dati acustici attraverso idrofoni calati da bordo o trainati dall'imbarcazione;
3. Acquisizione di materiale video tramite l'impiego di dispositivi ottici ed elaborazioni con intelligenza artificiale a supporto degli operatori;
4. Inoltre, sarà installata una stazione di monitoraggio per acquisire i dati utili al popolamento di una banca dati specifica relativa agli indicatori di cui al descrittore 11 della Marine strategy (rumore continuo ed intermittente).

Le attività svolte dovranno essere effettuate al fine anche di evidenziare che:

- non vi sono state modifiche nei comportamenti degli animali in transito nello stretto sia nella distribuzione spaziale che temporale;
- e che invece si sia ridotta l'attività delle imbarcazioni e il loro impatto sonoro e mostrare così che vi sono concreti benefici ambientali nella realizzazione dell'opera.

5.2 Monitoraggio tramite l'uso di marcature satellitari

5.2.1 Indagini svolte nel Mediterraneo centrale di interesse

La richiesta del Ministero di operare la marcatura satellitare di varie specie e soggetti non aveva trovato riscontro nella risposta fornita nel SIA perché era affermato che “per fornire risultati statisticamente robusti, andrebbe applicato a un elevato numero di esemplari (>10 per specie) nel corso di un programma di ricerca pluriennale.” Tali tipi di indagini richiedono effettivamente tempi lunghi e vi sono difficoltà tecniche ed operative oggettive per sviluppare programmi di monitoraggio e selezionare gli esemplari idonei su cui apporre i Tag – Satellitari. Va inoltre considerato che non

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

è trascurabile la possibile perdita degli stessi Tag, ancor prima di ottenere risultati attesi e utili per conoscere le rotte migratorie e l'uso dell'habitat.

Nonostante la complessità dell'indagine per le motivazioni sopra descritte, nel PMA sono indicate le attività che verranno svolte nella fase ante operam della realizzazione dell'infrastruttura.

In questo contesto, al fine di aggiornare il quadro conoscitivo già disponibile ed in maniera da contestualizzare lo sforzo di ricerca che verrà dedicato nel PMA a valutare quindi il flusso migratorio e la distribuzione in Mediterraneo dei grandi cetacei, si forniscono le informazioni già disponibili sulla Balenottera comune (*B. physalus*). Attualmente la direttiva Habitat Allegato (IV) descrive lo stato di conservazione MED: "sconosciuto". La balenottera comune, inclusa inoltre nella "Lista Rossa dell' IUCN" come specie "Endangered" su scala Mediterranea, è presente nell'area siciliana e nelle isole limitrofe. Le prime indagini a fornire chiare informazioni sulla presenza e spostamenti stagionali delle balenottere nel sud Mediterraneo (Isola di Lampedusa) risalgono allo studio pubblicato da Canese et al., 2006. Nel febbraio 2004 è stata effettuata un'indagine nautica di 14 giorni nelle acque circostanti l'isola di Lampedusa, dove in questo periodo dell'anno si ipotizzava si potessero raggruppare per scopi alimentari le Balenottere. I risultati ottenuti descrivono n. 20 gruppi di balenottere comuni osservati in coppie. In ogni incontro gli animali erano impegnati in attività di alimentazione superficiale. Questo risultato è stato confermato dal dato osservato sulla composizione dei banchi di krill eufausiacei *Nyctiphanes couchii*. Queste informazioni osservative ottenute hanno messo le basi per iniziare ad avanzare ipotesi sui flussi stagionali di balenottera e l'utilizzo dell'habitat di questa specie. A conferma che non fossero casi isolati a distanza di circa 9 anni (2014-2015) altre segnalazioni strutturate hanno messo in evidenza il transito di queste specie nelle acque del sud mediterraneo – con aggregazione per scopo alimentare nel periodo invernale nell'isola di Lampedusa (Filiciotto et al., 2015). Con l'obiettivo di identificare e descrivere gli habitat critici, comprese le rotte migratorie Panigada et al., 2017, negli anni successivi mettono in evidenza tramite dati di telemetria satellitare il percorso di tredici balenottere comuni (dotate di trasmettitori satellitari) 8 nel Santuario Pelagos (anche se due sono cessate nel giro di due giorni) e 5 nel Canale di Sicilia. Tutte le balene hanno intrapreso migrazioni a media e lunga distanza, attraversando alcune delle rotte marittime più trafficate del mondo. I dati di telemetria sono stati confrontati con i risultati della modellazione della nicchia ecologica – ecosistema e hanno mostrato che l'80% delle posizioni delle balene taggate era vicino (< 7 km) all'habitat più adatto per scopi alimentari e riproduttivi. Nella figura in basso (Fig. U 5.2.1), riportiamo un estratto delle rotte percorse dalla balenottera documentate in Panigada et al., 2017.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei	Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024	

Pur non evidenziando preferenze per lo Stretto di Messina, non possiamo trarre conclusioni sulla base delle ridotte osservazioni: un approccio di carattere preventivo ci farebbe presumere che lo stretto funga da corridoio per altri scopi ecologici o viene utilizzato esclusivamente per il passaggio in altri periodi dell'anno (estate – autunno).

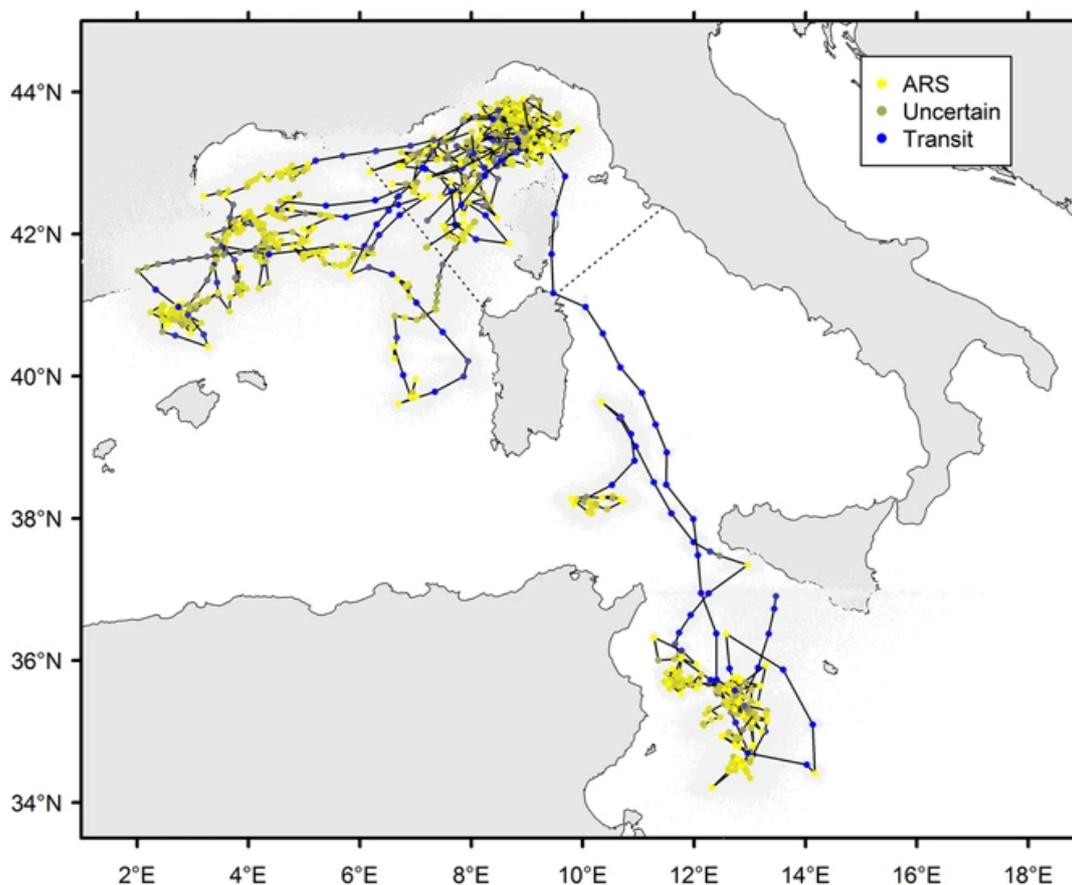


Fig. U 5.2.1 Rotte migratorie delle balenottere taggate

5.2.2 Piano di monitoraggio con l'uso di tag satellitari sui cetacei

Al fine di ampliare le informazioni sulle rotte migratorie dei cetacei, sarà messo in atto un piano di monitoraggio dedicato allo studio delle rotte di Balenottera comune e di Capodoglio tramite applicazione di nuove tecnologie – tag satellitari- in grado di acquisire dati: ambientali, acustici comportamentali e informazioni sull'uso dell'habitat tramite le rotte svolte. Le aree di interesse note già in bibliografia comprendono l'Isola di Lampedusa per l'aggregazione delle balenottere comuni nel periodo invernale e le Isole Eolie per il capodoglio nel periodo estivo (Di Paola et al., 2019; Blasi et al., 2021; Gnone et al., 2023; Frantzis et al., 2011; Pirota et al., 2021).

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

Il piano di lavoro (Allegato 1, tab .1) prevede di organizzare campagne di ricerca e monitoraggio da imbarcazione dedicate delle specie in oggetto ed avrà come obiettivo l'installazione di dispositivi tag per almeno 10 dispositivi per specie osservata. Tale metodologia sarà effettuata da personale specializzato che curerà tutte le fasi di applicazione dei dispositivi sia nella fase di monitoraggio ante-operam che in quella post-operam.

Molti di questi metodi prevedono un contatto diretto, per quanto limitato, con gli animali per applicazione della strumentazione di telerilevamento sul corpo. Per ovviare al problema, saranno replicate le attività descritte nel recente lavoro di Wiley et al., 2023. In esso, un team di biologi marini statunitensi ha sperimentato un nuovo metodo non invasivo per geo-localizzare i cetacei, che prevede l'uso di droni che trasportano dispositivi. Nel corso di test preliminari gli studiosi hanno ottenuto 21 successi su 29 tentativi, quindi con una alta probabilità di successo di porre il tag.

I droni in questione sono equipaggiati con un sistema pneumatico, che permette di "sparare" i tag GPS da distanza di sicurezza; le loro ridotte dimensioni assicurano anche che i cetacei non si accorgano nemmeno di avere una ventosa sul dorso. I risultati appaiono promettenti, perché consentono, inoltre, di taggare i cetacei mantenendo la distanza di sicurezza (la barca da cui sono partiti i droni si trovava a mezzo chilometro dagli animali, quindi in condizione di non disturbare gli animali) e anche di risparmiare tempo: il volo medio di questi droni è durato meno di tre minuti tra andata e ritorno e le balene non hanno reagito in alcun modo alla presenza dei droni. In Fig. V 5.2.2. sono raffigurate le fasi di lavoro per il posizionamento del tag e la strumentazione utilizzata.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		Codice documento AMR0884	Rev C	Data 20/01/2024

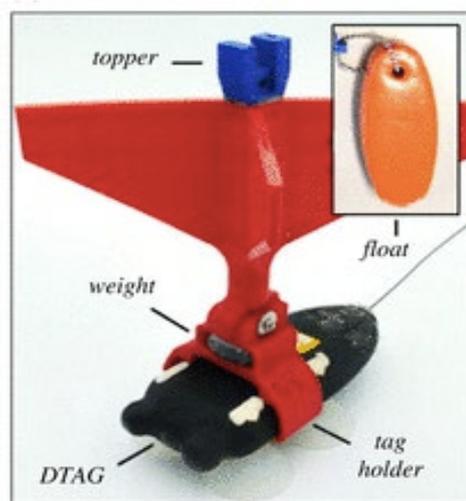
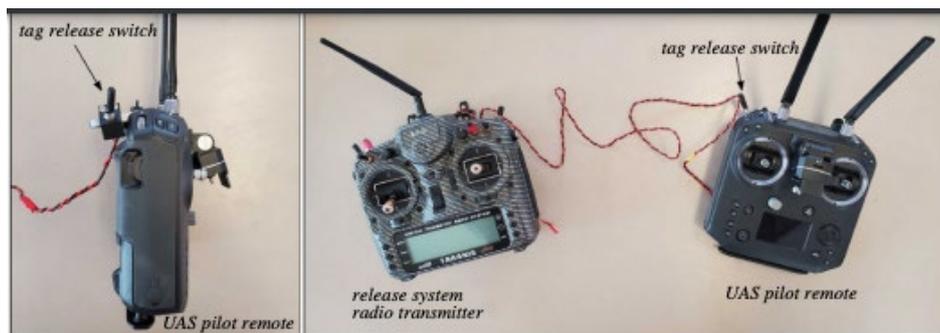
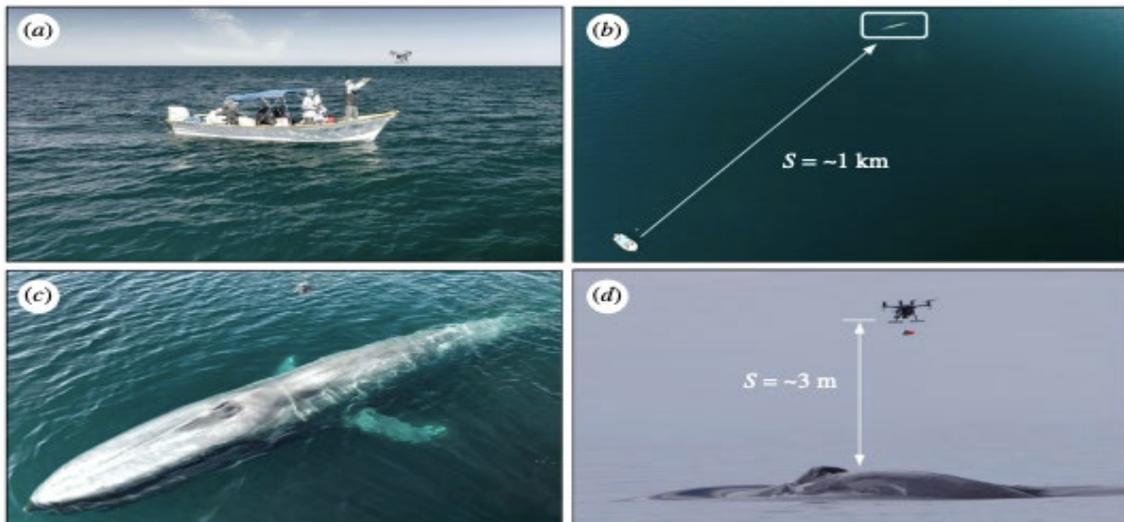


Fig. V 5.2.2 Dettagli degli strumenti utilizzati nelle fasi di tagging delle balenottere

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO	
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C
			<i>Data</i> 20/01/2024

5.3 Bibliografia

- Bruns, B., Kuhn, C., Stein, P., Gatermann, J., & Elmer, K. H. (2014, October). The new noise mitigation system 'Hydro Sound Dampers': History of development with several hydro sound and vibration measurements. In INTER-NOISE and NOISE-CON Congress and Conference Proceedings (Vol. 249, No. 2, pp. 4915-4923). Institute of Noise Control Engineering.
- Canese, S., Cardinali, A., Fortuna, C., Giusti, M., Lauriano, G., Salvati, E., & Greco, S. (2006). The first identified winterfeeding ground of fin whales (*Balaenoptera physalus*) in the Mediterranean Sea. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 86(4), 903-907. Doi:10.1017/S0025315406013853
- Di Paola AI, Blasi MF. Assessing sperm whale (*Physeter macrocephalus*) occurrence, distribution and group size in Southern Tyrrhenian Sea through photo-identification. *Proceeding of the 4th World Marine Mammal Science Conference*; 2019 Dec 9–12; Barcellona, Spain.
- Blasi, M. F., Caserta, V., Bruno, C., Salzeri, P., Di Paola, A. I., & Lucchetti, A. (2021). Behaviour and vocalizations of two sperm whales (*Physeter macrocephalus*) entangled in illegal driftnets in the Mediterranean Sea. *PloS one*, 16(4), e0250888.
- Filiciotto F., Giardina F., de Lucia G.A., Coppa S., Marra S., Camedda A., Maccarrone V., Corrias V., Papale E., Mazzola S., Buscaino G. Attività di ricerca e monitoraggio nell'arcipelago delle Isole Pelagie (2016) Report – tecnico (Solar – CNR).
- Frantzis, A., Airoidi, S., Notarbartolo-di-Sciara, G., Johnson, C., & Mazzariol, S. (2011). Inter-basin movements of Mediterranean sperm whales provide insight into their population structure and conservation. *Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers*, 58(4), 454-459.
- Gnone G, Bellingeri M, Airoidi S, Gonzalvo J, David L, Di-Méglio N, Cañadas AM, Akkaya A, Awbery T, Mussi B, et al. Cetaceans in the Mediterranean Sea: Encounter Rate, Dominant Species, and Diversity Hotspots. *Diversity*. 2023; 15(3):321. <https://doi.org/10.3390/d15030321>
- Panigada, S., Donovan, G. P., Druon, J. N., Lauriano, G., Pierantonio, N., Pirota, E., ... & di Sciara, G. N. (2017). Satellite tagging of Mediterranean fin whales: working towards the identification of critical habitats and the focussing of mitigation measures. *Scientific reports*, 7(1), 3365.
- Pirota, E., Carpinelli, E., Frantzis, A., Gauffier, P., Lanfredi, C., Pace, D.S. & Rendell, L.E. 2021. *Physeter macrocephalus* (Mediterranean subpopulation). The IUCN Red List of Threatened Species 2021: e.T16370739A50285671.
- Wiley, D.N., Zadra, C.J., Friedlaender, A.S., Parks, S.E., Pensarosa, A., Rogan, A., Alex Shorter, K., Urbán, J. and Kerr, I., (2023). Deployment of biologging tags on free swimming large whales using uncrewed aerial systems. *Royal Society Open Science*, 10(4), p.221376.

		Ponte sullo Stretto di Messina PROGETTO DEFINITIVO		
Relazione specialistica ambiente marino - cetacei		<i>Codice documento</i> AMR0884	<i>Rev</i> C	<i>Data</i> 20/01/2024

Allegato 1 - Sintesi strumentazione utilizzata, tipologia di indagine ed operatori specializzati durante le varie fasi dell'attività di monitoraggio

Attività	Tipologia delle grandezze da misurare/tipo strumentazione/ oggetto del monitoraggio	Monitor. ante operam	Test trivellazione	Monitoraggio operativo durante il cantiere	Monitoraggio post operam
Durata		12 mesi	Alcuni giorni	Tre -quattro settimane	12 mesi
Campagne di misura con imbarcazione		Nelle diverse stagioni lungo i transetti			Nelle diverse stagioni lungo i transetti
Acquisizione Parametri Acustici	SPL, analisi in frequenza	SI	SI	SI	SI
Strumentazione acustica	Array di idrofoni trainato	SI			SI
	Stazione fissa di monitoraggio acustico e dati ambientale in continuo presso ognuno dei pontili	SI (una)	SI (tre)	SI (tre)	SI (una)
Acquisizione in tempo reale segnali acustici e bioacustici con operatore PAM			SI	SI	
Monitoraggio cetacei: foto-identificazione con operatori MMO		SI	SI	SI	SI
Utilizzo visori elettro-ottici con AI		SI	SI	SI	SI
Rilievi oceanografici (conducibilità, profilo temperatura, ecc)	Sonda multiparametrica	SI	SI	SI	SI
Tagging con droni e foto-identificazione di varie specie e analisi dati	Capodoglio e balenottera comune	SI			SI
Monitoraggio visivo dei cetacei con particolare al delfino costiero (Tursiopo)					SI (per almeno tre anni)

Tab. 1 - Schema riassuntivo della strumentazione utilizzata, tipologia di indagine ed operatori specializzati durante le varie fasi dell'attività di monitoraggio (per i dettagli vedi testo).