



*Northern Petroleum (UK) Ltd*

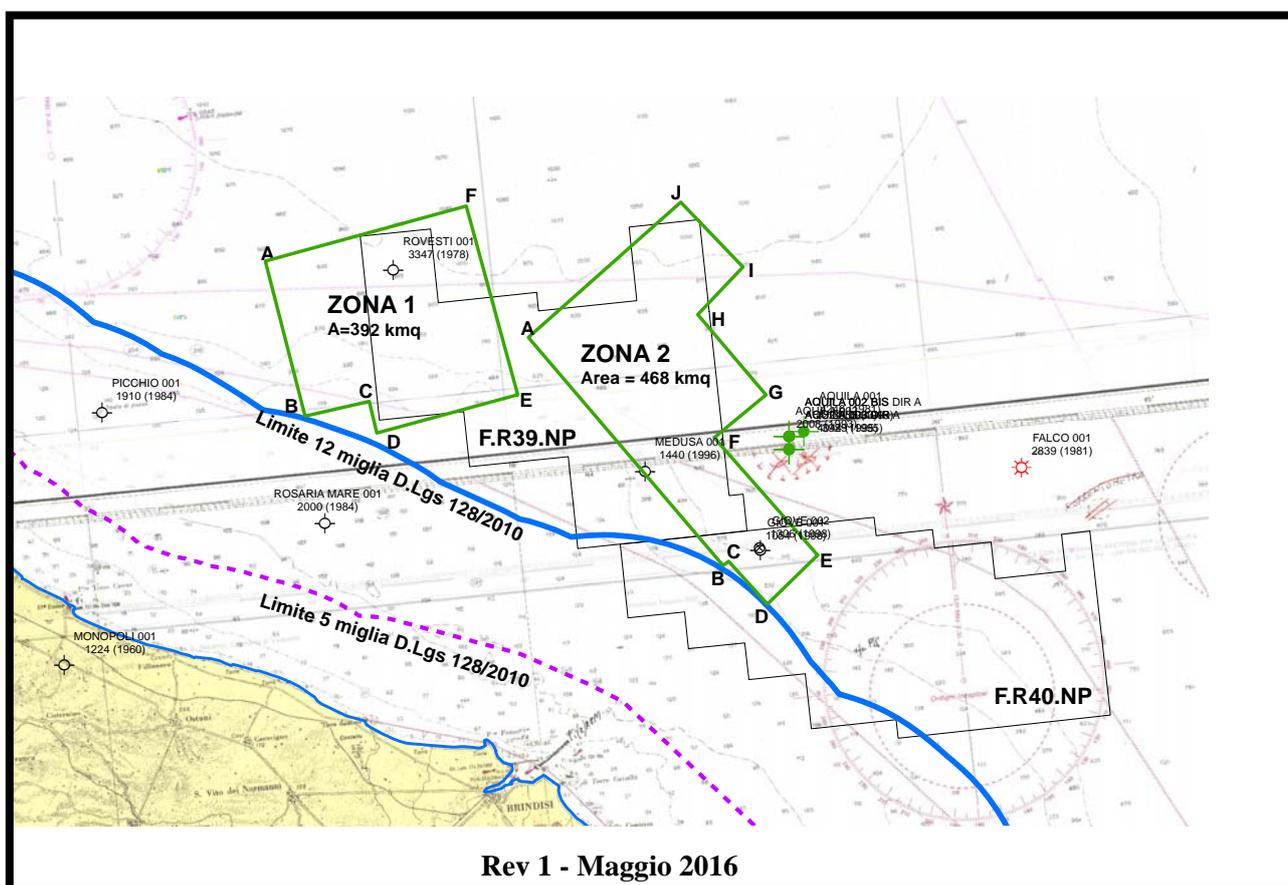
## **PROSPEZIONE GEOFISICA 3D ADRIATICO MERIDIONALE**

**NELL'AMBITO DEI PERMESSI DI RICERCA**

**"F.R39.NP" e "F.R40.NP"**

### **PIANO DI MONITORAGGIO E DI MITIGAZIONE DEGLI** **EFFETTI DELLE PROSPEZIONI GEOFISICHE SUI** **MAMMIFERI MARINI, CRONOPROGRAMMA**

*per la Verifica di ottemperanza delle prescrizioni A.1, A.2 del decreto VIA  
n.104 dell' 8-6-2015*



**Elaborato con il supporto specialistico di:**

**Oceanomare Delphis Onlus**

Via Guglielmo Oberdan, 27 - 47921 Rimini



**Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali**

Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente

Università degli Studi di Pavia

Via Taramelli 24 - 27100 Pavia



**ing. Antonio Panebianco**

via Carlo Porta 20 – 00153 Roma

email: [panebianco.antonio@gmail.com](mailto:panebianco.antonio@gmail.com)



## Sommario

1.	INTRODUZIONE .....	5
2.	CRONOPROGRAMMA E DETTAGLIO DELLE OPERAZIONI .....	6
2.1	Cronoprogramma di effettuazione delle prospezioni 3D .....	6
2.2	Contemporaneità di campagne di prospezione geofisica .....	6
2.3	Ubicazione delle zone di prospezione geofisica 3D .....	8
2.4	Mezzi impiegati per la campagna geofisica .....	10
2.5	Altre aree da indagare con la medesima nave nell'ambito della medesima campagna di prospezione .....	11
2.6	Periodi di fermo biologico .....	11
2.7	Interferenza con Zone di Tutela Biologica .....	12
3.	CARATTERISTICHE DELL' AREA DI INDAGINE .....	13
3.1	Batimetria aree di indagine .....	13
3.2	Biocenosi aree di indagine .....	14
3.1	Profili di temperatura e salinità stagionali .....	15
4.	MODELLAZIONE ACUSTICA .....	16
4.1	Caratterizzazione segnale acustico .....	16
4.2	Modelli di propagazione .....	20
5.	SPECIE DI MAMMIFERI MARINI RILEVABILI NELL' AREA DI INDAGINE ..	27
6.	SOGLIE ACUSTICHE E RISPOSTE ALLE SOLLECITAZIONI ACUSTICHE DEI MAMMIFERI MARINI .....	29
6.1	Cetacei a bassa frequenza .....	36
6.2	Cetacei a media frequenza .....	37
6.3	Cetacei ad alta frequenza .....	39
6.4	Scelta delle soglie per il presente progetto .....	40
7.	ZONA DI ESCLUSIONE (EZ) .....	41
7.1	Taratura modello di propagazione e ridefinizione Zona di Esclusione .....	42
8.	MISURE DI MITIGAZIONE DURANTE LA PROSPEZIONE GEOFISICA .....	44
9.	PIANO DI MONITORAGGIO ACUSTICO E VISIVO .....	47
9.1	Obiettivi .....	47
9.2	Tempistica e modalità di attuazione .....	48

9.3	Operatori MMO/PAM.....	50
9.3.1	Rotazione e turni degli operatori MMO/PAM.....	50
9.3.2	Qualifica e addestramento degli operatori MMO/PAM .....	50
9.3.3	MMO/PAM Handbook.....	51
9.4	Monitoraggio acustico passivo (PAM): metodi e strumentazione.....	52
9.4.1	Monitoraggio acustico con array acustico a dipolo trainato (solo ante e post operam) .	52
9.4.2	Monitoraggio acustico con boa (ante-durante-post) .....	56
9.4.3	Monitoraggio acustico dalla nave sismica (solo durante la prospezione).....	60
9.5	Monitoraggio visivo: metodi e strumentazione .....	61
9.5.1	Registrazione, gestione e sicurezza dei dati visivi.....	62
9.6	Reportistica.....	62
10.	MONITORAGGIO SPIAGGIAMENTO DEI MAMMIFERI MARINI.....	63
11.	BIBLIOGRAFIA.....	64

## 1. INTRODUZIONE

Northern Petroleum (UK) Ltd (di seguito NP) sottopone il seguente documento per la verifica di ottemperanza delle prescrizioni A.1, A.2 relative al decreto VIA n. 104 del 8-6-2015 per una campagna di prospezione sismica 3D da svolgersi in Adriatico Meridionale nell'ambito dei permessi di ricerca F.R39.NP e F.R40.NP.

Le prescrizioni prevedono in sintesi:

A.1: **Cronoprogramma** di effettuazione delle prospezioni e dettagli operativi con dettagli operativi (vedi par. 2)

A.2: **Piano di monitoraggio** per le tre fasi operative: *ante operam*, durante prospezione, *post operam* (vedi par. 9)

Il Piano di Monitoraggio è stato sviluppato per NP da Oceanomare Delphis Onlus (ODO) e dal Centro Interdisciplinare di Bioacustica dell'Università di Pavia (CIBRA) ed è stato delineato seguendo un criterio di effettiva realizzabilità tecnica sul campo, per:

1. proteggere la risorsa mammiferi marini presente nell'area;
2. assolvere gli obblighi previsti dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) nel DM. 104/2015;
3. fornire i dati per la realizzazione di un database aggiornato sui mammiferi marini nell'area d'indagine per future operazioni di pianificazione.

Il Piano di Monitoraggio e Mitigazione degli Effetti delle Prospezioni Geofisiche sui Mammiferi Marini di NP è una combinazione di attività di monitoraggio sia visivo che acustico e include l'attuazione di misure di mitigazione in tempo reale per ridurre al minimo gli impatti e prevenire danni ai mammiferi marini. Durante le operazioni di prospezione geofisica, nei periodi *ante* e *post* attività di prospezione geofisica (60 giorni prima e 60 giorni dopo la campagna sismica) saranno quindi condotti rilevamenti visivi e acustici di superficie, insieme all'acquisizione di dati acustici attraverso l'utilizzo di sonoboe fisse.

Questo programma di monitoraggio documenterà la presenza, la distribuzione e il comportamento dei mammiferi marini presenti nell'area in condizioni naturali; durante la prospezione sismica invece, saranno caratterizzati suoni prodotti dal *survey* di prospezione geofisica, dalle imbarcazioni di supporto e dalle attività connesse, ed eventuali risposte comportamentali dei mammiferi marini. Saranno inoltre raccolti dati sull'ambiente acustico subacqueo prima, durante e dopo la prospezione geofisica.

Durante le operazioni di prospezione, a bordo della nave sismica (e/o degli altri mezzi operanti nell'area), qualificati osservatori di mammiferi marini (*Marine Mammal Observers*, MMO) e operatori di monitoraggio acustico passivo (*Passive Acoustic Monitoring*, PAM) registreranno le specie di mammiferi marini, il numero degli individui e le loro eventuali reazioni alle attività di prospezione geofisica, così come analizzeranno i possibili cambiamenti nella distribuzione correlati alle attività stesse.

## **2. CRONOPROGRAMMA E DETTAGLIO DELLE OPERAZIONI**

La campagna di prospezione geofisica 3D Adriatico Meridionale consiste nell'acquisizione di dati geofisici su un'area complessiva di sviluppo pari a circa 860 kmq, ubicata al largo di Brindisi, ad una distanza minima dalla costa di circa 27 km (circa 14.5 miglia nautiche).

### **2.1 Cronoprogramma di effettuazione delle prospezioni 3D**

La campagna di prospezione 3D nell'ambito dei permessi F.R39.NP e F.R40.NP è attualmente programmata per essere eseguita durante il mese di **Aprile 2017**.

La data esatta di inizio delle operazioni non è al momento definibile con precisione, in quanto dipendente dall'esito delle verifiche di ottemperanza previste del decreto VIA.

La data esatta di inizio delle operazioni verrà comunicata non appena determinata con esattezza.

Nella figura seguente si riporta un cronoprogramma di dettaglio, costruito assumendo che le varie verifiche di ottemperanza di concludano entro due mesi.

### **2.2 Contemporaneità di campagne di prospezione geofisica**

La Northern Petroleum non è al corrente di alcuna altra prospezione geofisica attualmente autorizzata al largo delle coste pugliesi.

L'ultima campagna di prospezione geofisica condotta al largo delle coste pugliese, per quanto risulta alla scrivente, è stata la campagna 2D effettuata nel mese di Novembre 2011 dalla stessa Northern Petroleum, sui medesimi permessi F.R39.NP e F.R40.NP.

Negli ultimi 12 mesi, pertanto, non è stata effettuata alcuna campagna di prospezione 2D o 3D al largo delle coste pugliesi

Si fa presente che diverse prospezione geofisiche 2D di altre società (Spectrum, PGS) e della stessa Northern Petroleum sono in fase di autorizzazione, su aree al largo della costa pugliese. Al momento tutti questi progetti hanno ricevuto il decreto di compatibilità ambientale, con il medesimo quadro prescrittivo di cui al presente progetto, e sono in attesa del conferimento dei titoli minerari (permesso di ricerca o permesso di prospezione) da parte del Ministero dello Sviluppo Economico.

Per quanto riguarda la prospezione geofisica 3D in oggetto, invece, i titoli minerari (permesso di ricerca) sono già stati rilasciati e tuttora vigenti.



### 2.3 Ubicazione delle zone di prospezione geofisica 3D

Nell'ambito dei permessi di ricerca F.R39.NP e F.R40.NP verrà eseguita una campagna di prospezione geofisica 3D con una estensione complessiva pari a circa 860 kmq, suddivise in due zone operative:

- la Zona 1, attorno al pozzo "Rovesti 1" (Agip, 1978), a coprire una superficie di circa 392 kmq;
- la Zona 2, attorno ai pozzi "Medusa 1" (Enterprise Oil, 1996) e "Giove 1-2" (Enterprise Oil, 1998), a coprire una superficie complessiva di circa 468 kmq.

Entrambe le zone di prospezione sono completamente all'esterno della fascia di tutela di 12 miglia dalle aree marine e costiere tutelate, introdotta dal D.Lgs 128/2010.

Le aree di indagine interessano anche aree esterne ai permessi di ricerca, al fine di poter ottenere nei permessi di ricerca una adeguata copertura full-fold del rilievo geofisico, come previsto dal Decreto Direttoriale 22 marzo 2011.

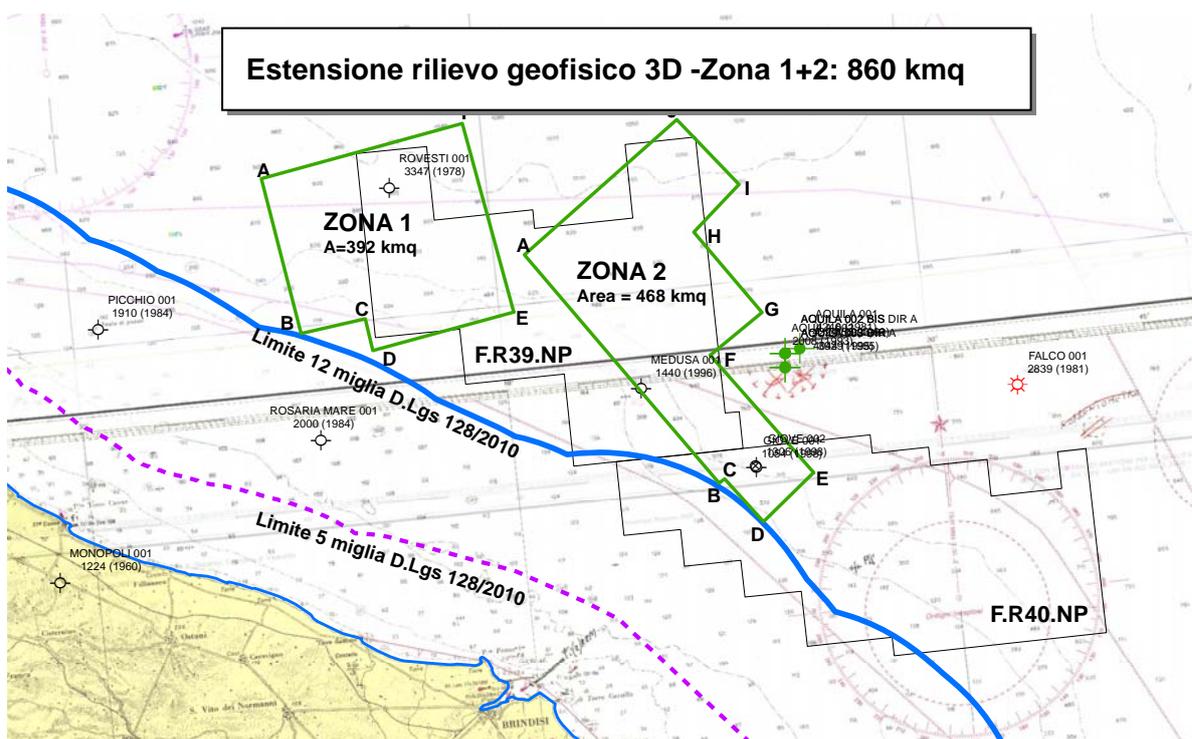


Figura 2 - Ubicazione delle aree di prospezione geofisica 3D (in verde)

Le coordinate dei vertici che delimitano le zone di prospezione sono le seguenti:

ZONA 1			ZONA 2		
VERT	LON	LAT	VERT	LON	LAT
A	17° 44' 06"	41° 08' 07"	A	18° 02' 01"	41° 02' 35"
B	17° 45' 51"	40° 59' 30"	B	18° 13' 57"	40° 49' 11"
C	17° 50' 22"	41° 00' 04"	C	18° 14' 23"	40° 49' 26"
D	17° 50' 42"	40° 58' 13"	D	18° 16' 47"	40° 46' 58"
E	18° 00' 54"	40° 59' 30"	E	18° 20' 44"	40° 49' 13"
F	17° 58' 36"	41° 10' 02"	F	18° 14' 27"	40° 56' 04"
			G	18° 18' 19"	40° 58' 12"
			H	18° 14' 12"	41° 02' 47"
			I	18° 17' 48"	41° 05' 03"
			J	18° 13' 46"	41° 08' 56"

Per la Zona 1 si effettueranno transetti in direzione E-W, mentre per la Zona 2 si effettueranno transetti con direzione SW-NE per la porzione settentrionale e NW-SE per la porzione meridionale.

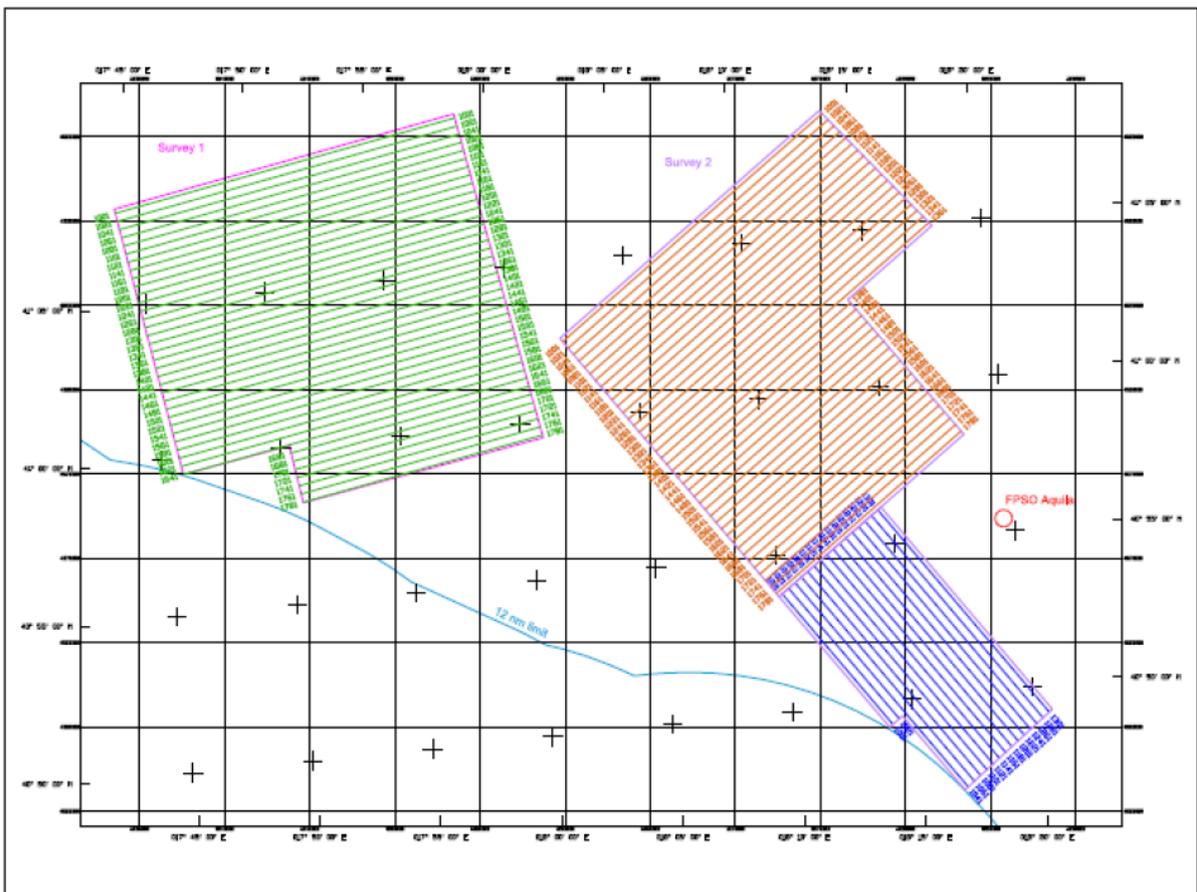


Figura 3 – Rappresentazione dei transetti per l'acquisizione del rilievo sismico 3D di progetto

In fase esecutiva, in base alle condizioni meteo, il programma di acquisizione potrebbe subire delle piccole modifiche.

## 2.4 Mezzi impiegati per la campagna geofisica

Al momento la nave più probabile che verrà impiegata per la campagna in oggetto è la M/V Polar Duchess, dalle seguenti caratteristiche:

Tabella 1 - Dettagli della nave Polar Duchess

VESSEL DETAILS	
Vessel Name	M/V Polar Duchess
Owner	Banco Santander SA, Spain
Flag	Cyprus
Port of Registry	Limassol
Built/Rebuilt	2011
Class	1A1 COMF-V(2) HELDK-SH RP E0 NAUT-AW VIBR TMON
Class ID N°	27080
IMO Official Number	9378216
Call Sign	5BJC3
Length	106.8m
Beam	19.2m at waterline/22.2m max
Max Draft	6.5m
Gross Tonnage	7142
Net Tonnage	2143
Maximum Load Speed	20 Knots (Max Speed)
Cruising Speed	16 Knots



Figura 4 – Fotografia della M/N Polar Duchess in navigazione

La nave sarà assistita da due support vessel, che probabilmente saranno:

- Rig Andromeda
  - IMO: 9327528
  - Call sign: V7AU4
  - Flag: Marshall Is (MH)
  - LOA: 90 m
  - Beam: 15
  - Draft: 4.9
  - Max Speed: 10.3kts
  
- Tanux II
  - IMO: 9318826
  - Call sign: V7NE7
  - Flag: Marshall Is
  - LOA: 48 m
  - Beam: 11m
  - Draft: 2.7 m
  - Max Speed: 18kts



In funzione della disponibilità delle citate imbarcazioni alla data effettiva di inizio lavori, le stesse potranno essere sostituite da imbarcazioni dalle caratteristiche analoghe.

### **2.5 Altre aree da indagare con la medesima nave nell'ambito della medesima campagna di prospezione**

Si precisa che le uniche aree che verranno indagate nell'ambito della campagna di prospezione geofisica 3D Adriatico Meridionale sono quelle indicate nel presente documento: Zona 1 e Zona 2 nell'ambito dei permessi di ricerca F.R39.NP e F.R40.NP.

### **2.6 Periodi di fermo biologico**

Con Decreto del 3-7-2015 il Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali ha stabilito il periodo di fermo biologico per le navi da pesca iscritte nei compartimenti marittimi da Brindisi ad Imperia dal 19 Settembre 2015 e il 18 Ottobre 2015, mentre per le navi da pesca iscritte nei compartimenti da Pesaro a Bari l'interruzione temporanea dell'attività di pesca è disposta dal 16 Agosto al 27 Settembre 2015. Ad oggi non sono stati ancora definiti i periodi di fermo biologico per il 2016, che si presume saranno riconfermati nel medesimo periodo. Sarà cura della società

comunicare i nuovi periodi di fermo biologico non appena disponibili, impegnandosi fin da adesso a non condurre operazioni in mare durante tali periodi.

## 2.7 Interferenza con Zone di Tutela Biologica

Le aree interessate dalla prospezione geofisica 3D in progetto sono distanti dalla più prossima ZTB (Zona C al largo delle coste della Puglia) circa 46 miglia nautiche (circa 85km), ben oltre la fascia di rispetto di 12 miglia nautiche.

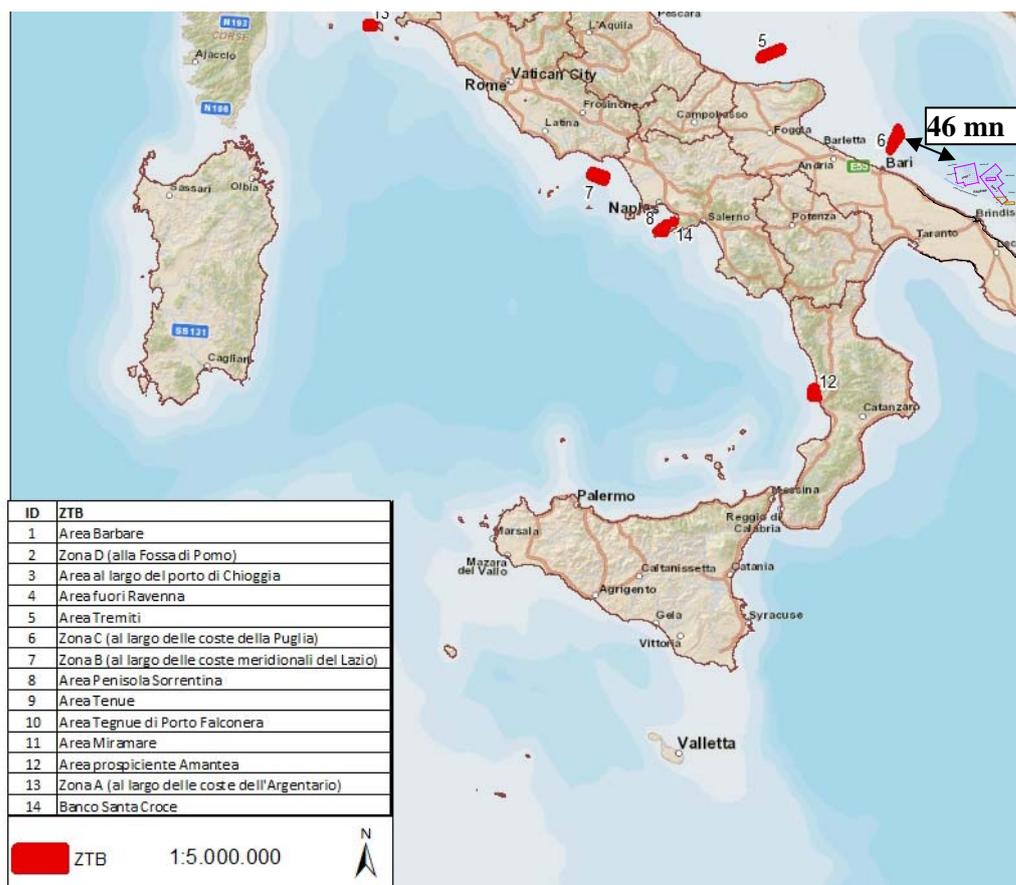


Figura 5 – Mappa delle Zone di Tutela Biologica istituite (da MIPAAF) con indicazione della zona di indagine

Tabella 2 - Coordinate della ZTB al largo delle coste della Puglia

D.M. istituzione	ZTB	ID punto	latitudine		longitudine		latitudine (Gradi decimali)	longitudine (Gradi decimali)
			gradi	minuti	gradi	minuti		
16/06/1998	Zona C (al largo delle coste della Puglia )	a	41	30.4	17	3.4	41.507	17.057
	Zona C (al largo delle coste della Puglia )	b	41	25.3	17	5.6	41.422	17.093
	Zona C (al largo delle coste della Puglia )	c	41	16.6	16	57.1	41.277	16.952
	Zona C (al largo delle coste della Puglia )	d	41	21.3	16	57.1	41.355	16.952
Sistema di riferimento coordinate WGS 84								

### 3. CARATTERISTICHE DELL'AREA DI INDAGINE

#### 3.1 Batimetria aree di indagine

La batimetria delle acque interessate dai rilievi varia da un minimo di 141m in corrispondenza dello spigolo SW della Zona 1 fino ad interessare fondali superiori ai 1000m. La maggior parte delle aree di acquisizione insiste su fondali con batimetria compresa tra 200 e 1000m.

La distribuzione delle batimetrie è la seguente:

Intervallo batimetrico	incidenza
<200m (min 141m)	6%
200m – 500m	19%
500m – 1000m	68%
>1000m (max 1050m)	7%

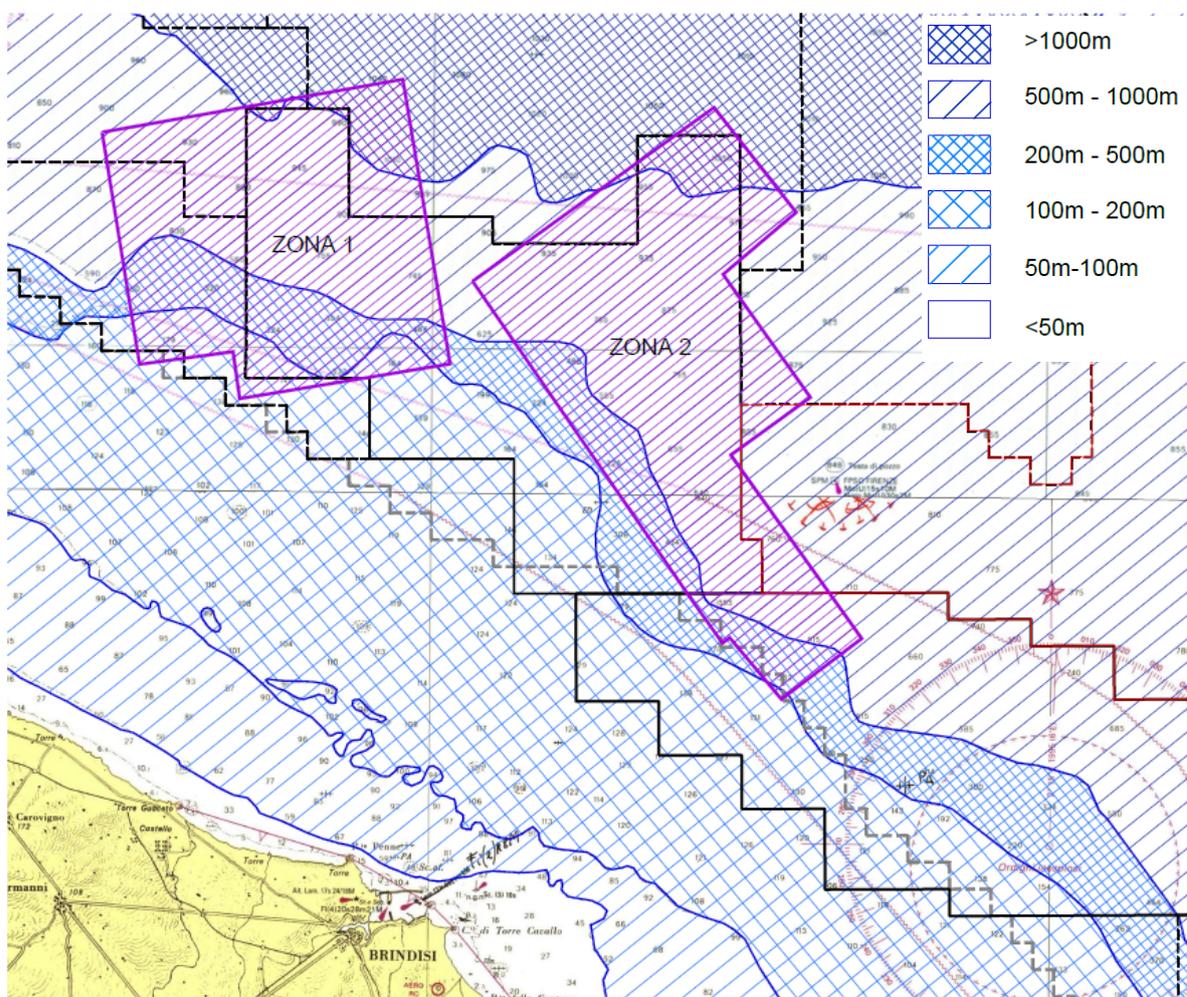


Figura 6 – Batimetria dell'area di indagine

### 3.2 Biocenosi aree di indagine

Le aree di indagine interessano le seguenti biocenosi: Fanghi detritici batiali e Fanghi terrigeni costieri.

Biocenosi	incidenza
Fanghi terrigeni batiali	95%
Fanghi terrigeni costieri	5%

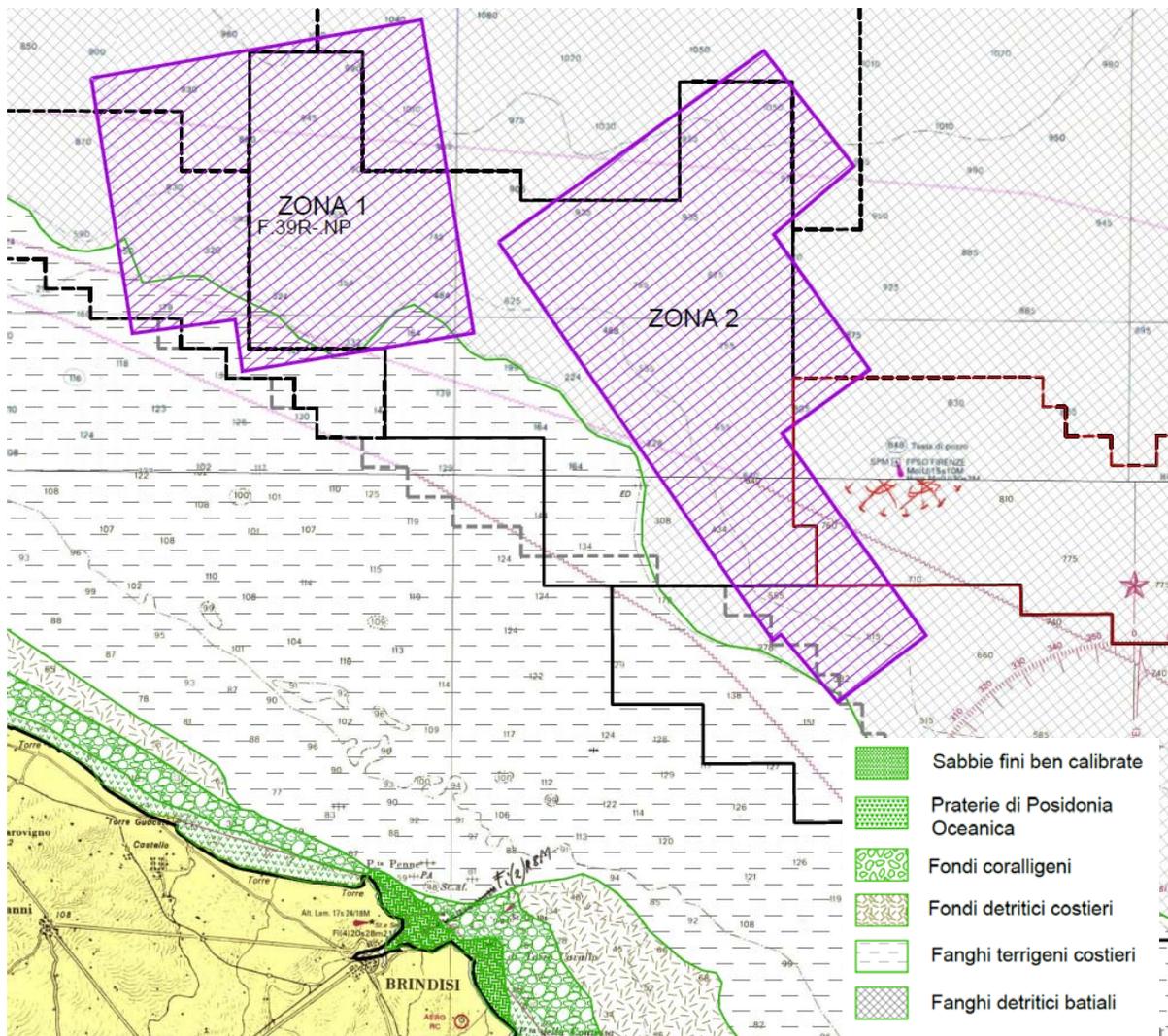


Figura 7 – Mappa delle biocenosi dell’area di indagine

### 3.1 Profili di temperatura e salinità stagionali

Si riportano i profili stagionali di temperatura e salinità del Mare Adriatico Meridionale (da Zavatarelli)

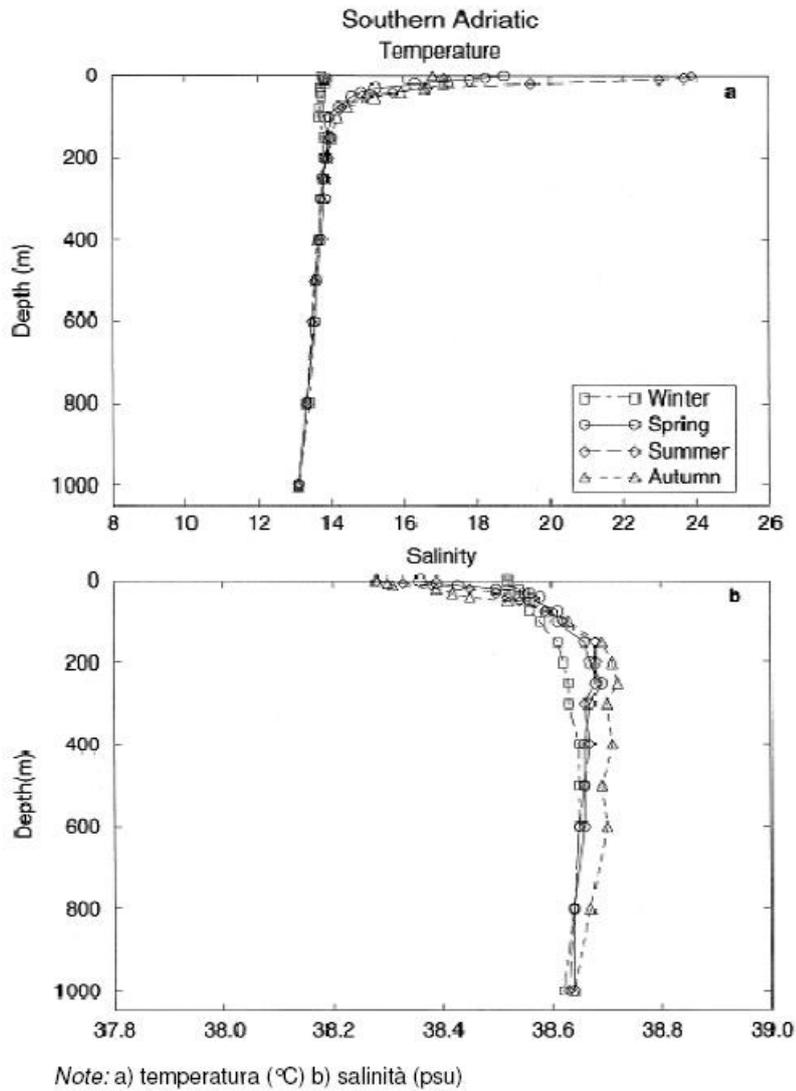


Figura 8 – Profili di temperatura e salinità dell'Adriatico Meridionale (Zavatarelli)

#### 4. MODELLAZIONE ACUSTICA

La modellazione della propagazione del segnale acustico generato dall'airgun di progetto è stata effettuata tramite il software specialistico NUCLEUS version 2.4.0 e Marine Source Modelling version 1.6.1.

##### 4.1 Caratterizzazione segnale acustico

Si prevede di utilizzare un array di airgun da 4100 c.in, con le seguenti specifiche

- 4100 cubic-inch Bolt gun Array
- Source Depth (m) 8.00
- Number of Gun Strings 3
- Total Number of Guns 30
- Spare Guns 2
- Type of Guns: Bolt
- String Length (m) 15.00
- String Separation (m) 10.00

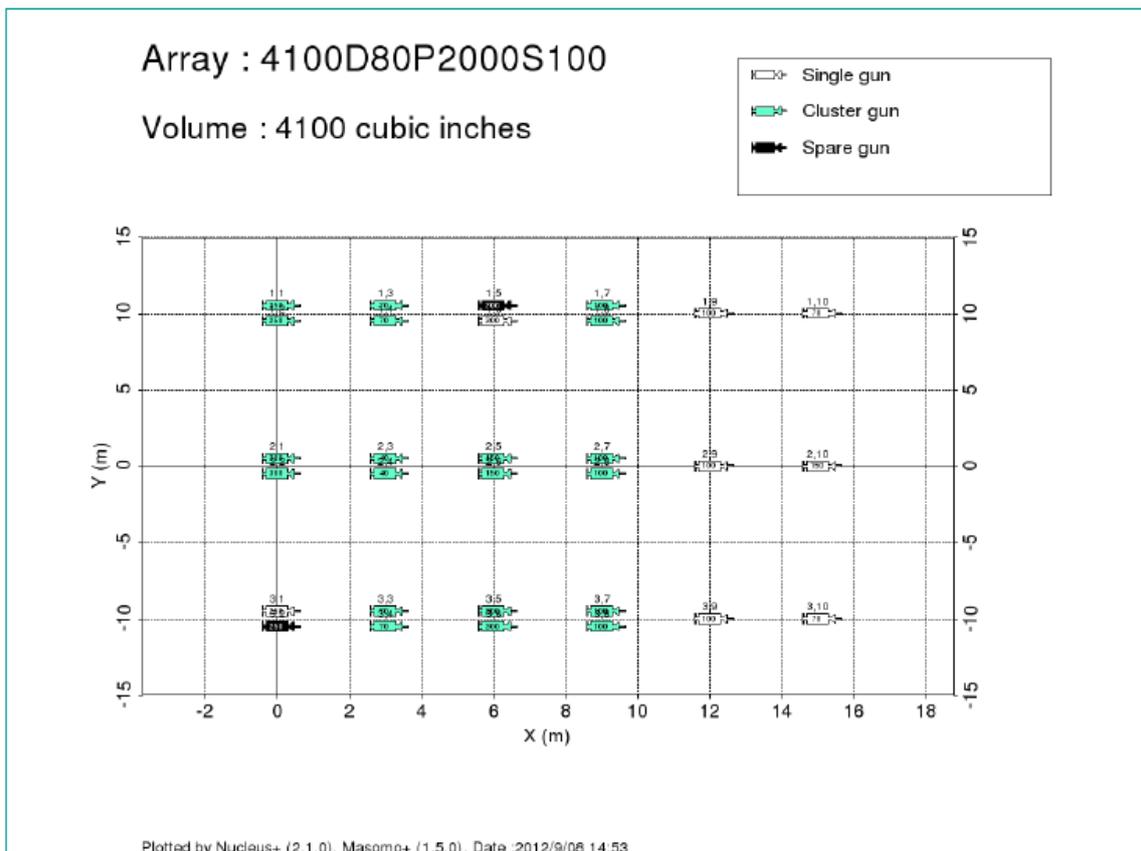


Figura 9 - Layout dell'array di air-gun

Il segnale acustico di progetto è caratterizzato dalla seguente forma d'onda:

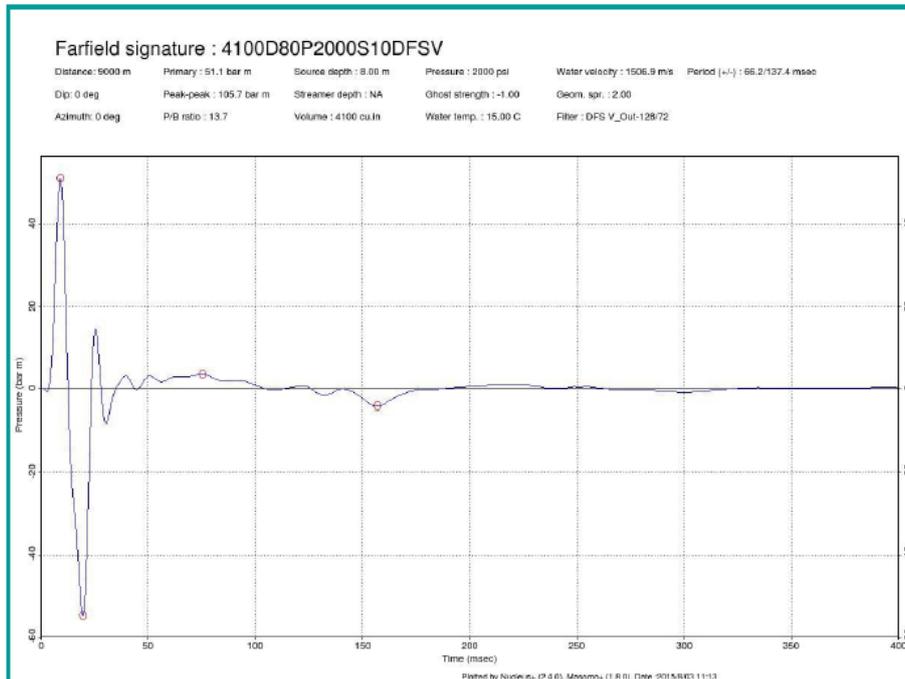


Figura 10 - Forma d'onda del segnale generato dall'airgun

Di seguito si riporta la distribuzione in frequenza del segnale.

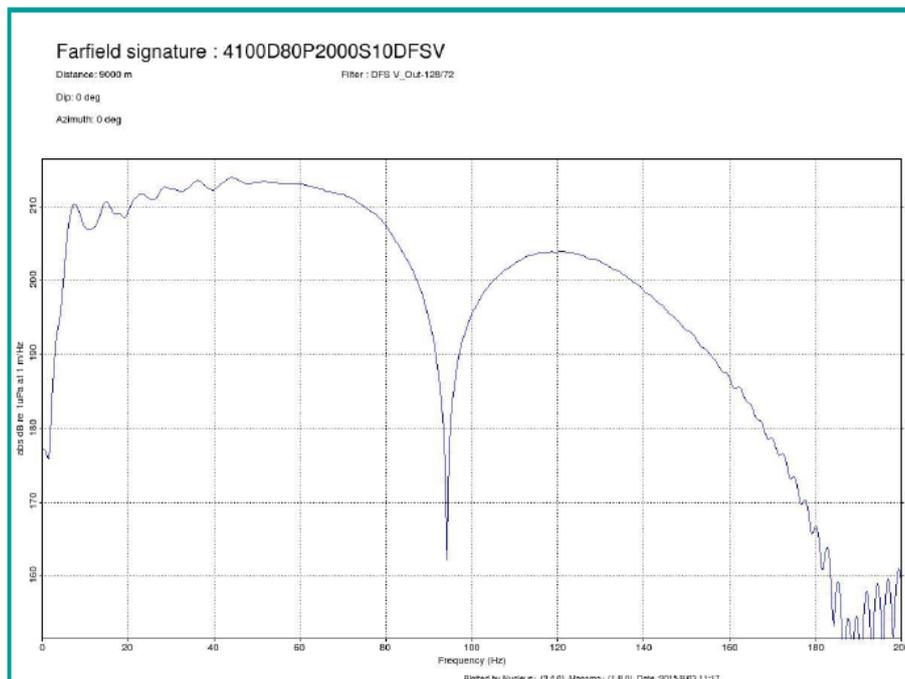


Figura 11 - Analisi in frequenza dell'intensità del segnale generato dall'airgun

La direzionalità del segnale è illustrata dalle figure seguenti, in cui si rappresenta come l'intensità del segnale acustico varia, per bande di frequenza (0-120Hz), rispetto al suo massimo alle varie inclinazioni rispetto alla superficie marina, sia nella direzione di navigazione (azimuth: 0 deg) che nella direzione trasversale (azimuth: 90 deg): si osserva che il segnale è concentrato essenzialmente verso il basso, con un'apertura del triangolo di diffusione di ampiezza di circa 60° sia in senso longitudinale e di circa 45° in senso trasversale; in superficie il segnale è sempre ridotto.

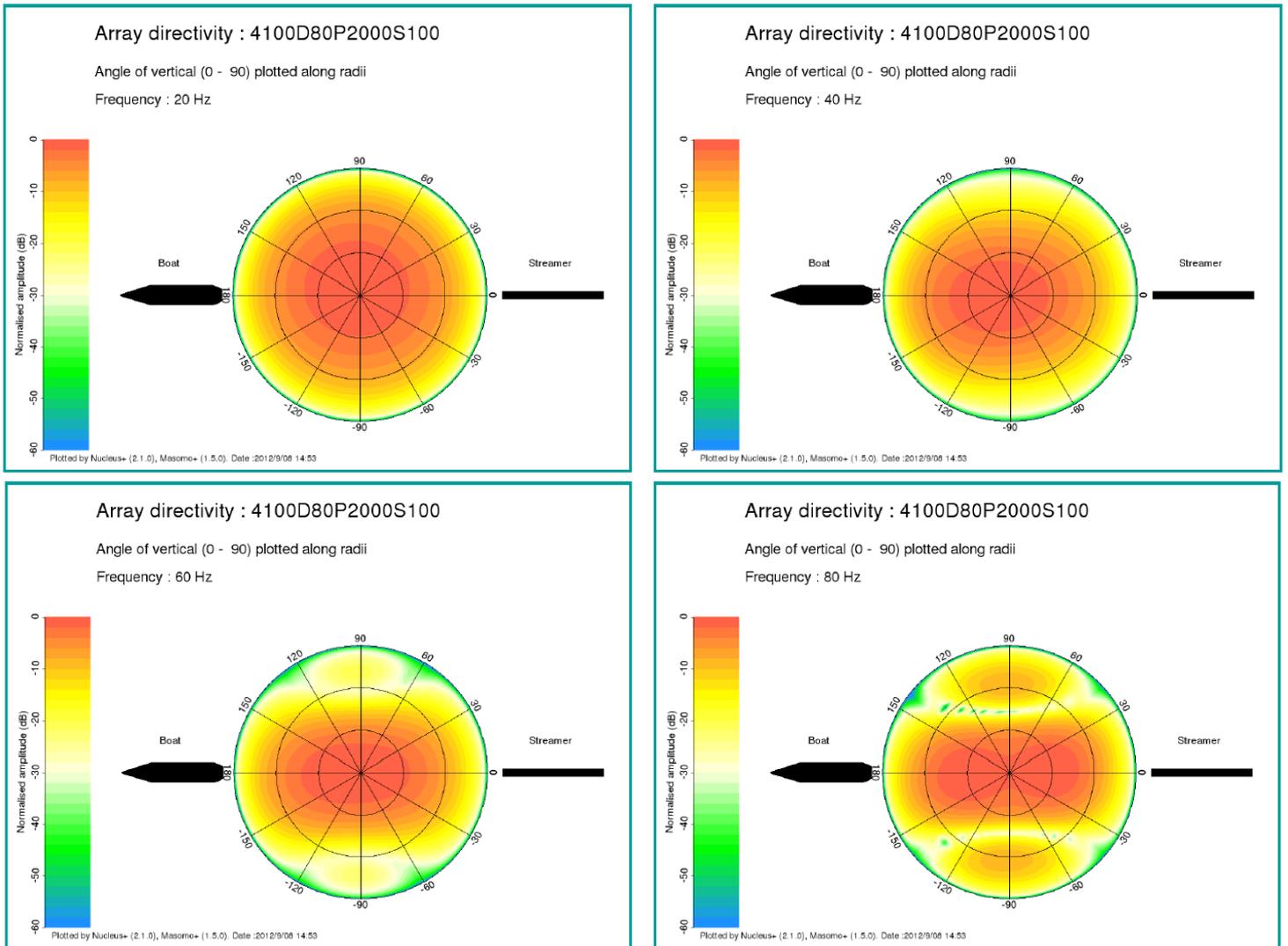
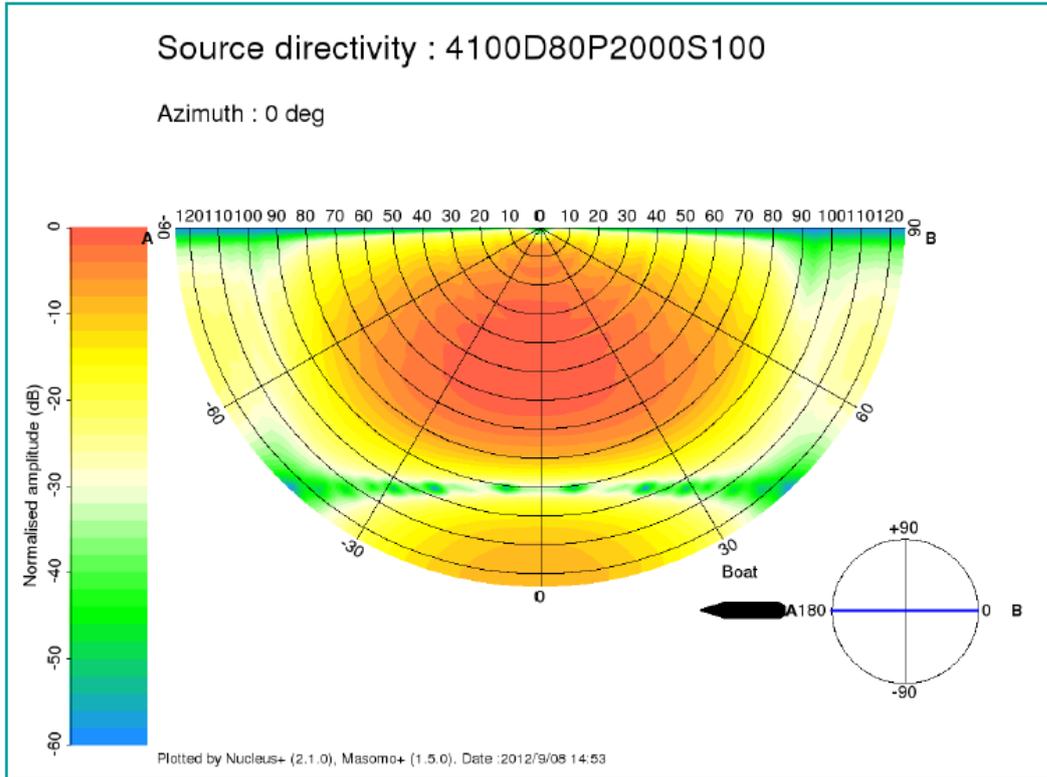
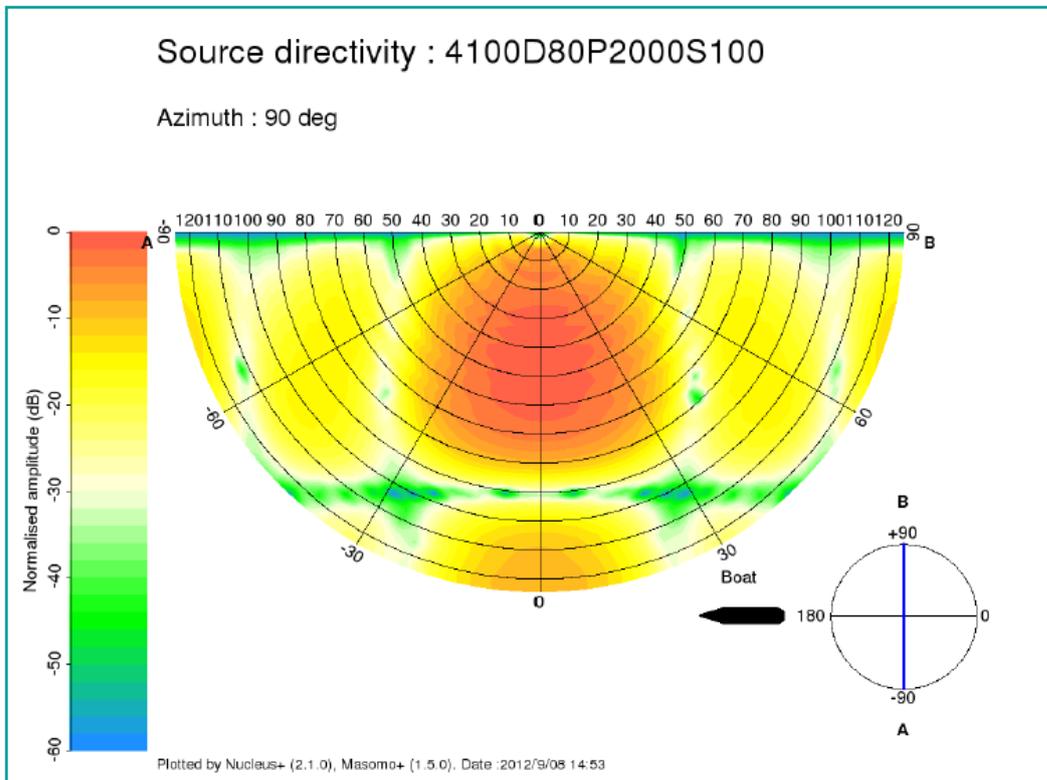


Figura 12 - Rappresentazione della direzionalità dell'array di airgun per bande di frequenza, direzione rispetto al moto (-180° ... +180°) ed inclinazione (0°...90°, rappresentato lungo il raggio). Si nota il segnale si mantiene ad intensità nominale in prossimità della verticale e nella direzione del moto, mentre decade sensibilmente verso la superficie o lateralmente.



*Figura 13 - Direzionalità dell'impulso acustico dell' array di air-gun.,  
misurata nel verso del moto della nave*



*Figura 14 - Direzionalità dell'impulso acustico dell' array di air-gun.,  
misurata in senso ortogonale al moto della nave*

## 4.2 Modelli di propagazione

La propagazione delle onde acustiche in mare, per le distanze d'interesse nelle prospezioni sismiche, è funzione principalmente della divergenza sferica in cui le ampiezze decrescono con l'inverso della distanza dalla sorgente (l'energia con il quadrato della distanza). Altri fenomeni attenuativi hanno rilevanza minore e sono funzione delle frequenze in gioco. Le alte frequenze sono attenuate maggiormente rispetto alle basse frequenze.

A seconda della batimetria è possibile ipotizzare due modelli principali di propagazione: il modello cilindrico, adatto per bassi fondali, e il modello sferico, adatto per alti fondali.

In considerazione delle batimetrie nell'ara di indagine, il modello prevalente sarà quello di propagazione sferica, mentre sarà possibile avere una propagazione più simile a quella cilindrica nella porzione di area con fondali ridotti (min 141m).

Per valutare la propagazione in mare del segnale acustico, valutato come SPL calcolato su RMS in un intervallo temporale di 125 ms, sono stati applicati al caso in esame entrambi i modelli di propagazione (cilindrico e sferico).

Si riportano di seguito i risultati di tali simulazioni, con le seguenti rappresentazioni grafiche:

- **Modello sferico:**
  - andamento di SPL nella sezione longitudinale (inline)
  - andamento di SPL nella sezione trasversale (crossline)
  - andamento di SPL in pianta a 10m sotto la superficie marina.
- **Modello cilindrico:**
  - andamento di SPL nella sezione longitudinale (inline)
  - andamento di SPL nella sezione trasversale (crossline)
  - andamento di SPL in pianta a 10m sotto la superficie marina.

Nella seguente tabella si riassumono le distanze massime (nella colonna d'acqua) in cui si riscontrano i vari livelli acustici, con indicazione della profondità relativa:

SPL	Modello cilindrico	Modello sferico
160 dB	3600m a prof. max, 150m	650m a prof. max, 500m
180 dB	700m a prof. max, 150m	60m a prof. 60m

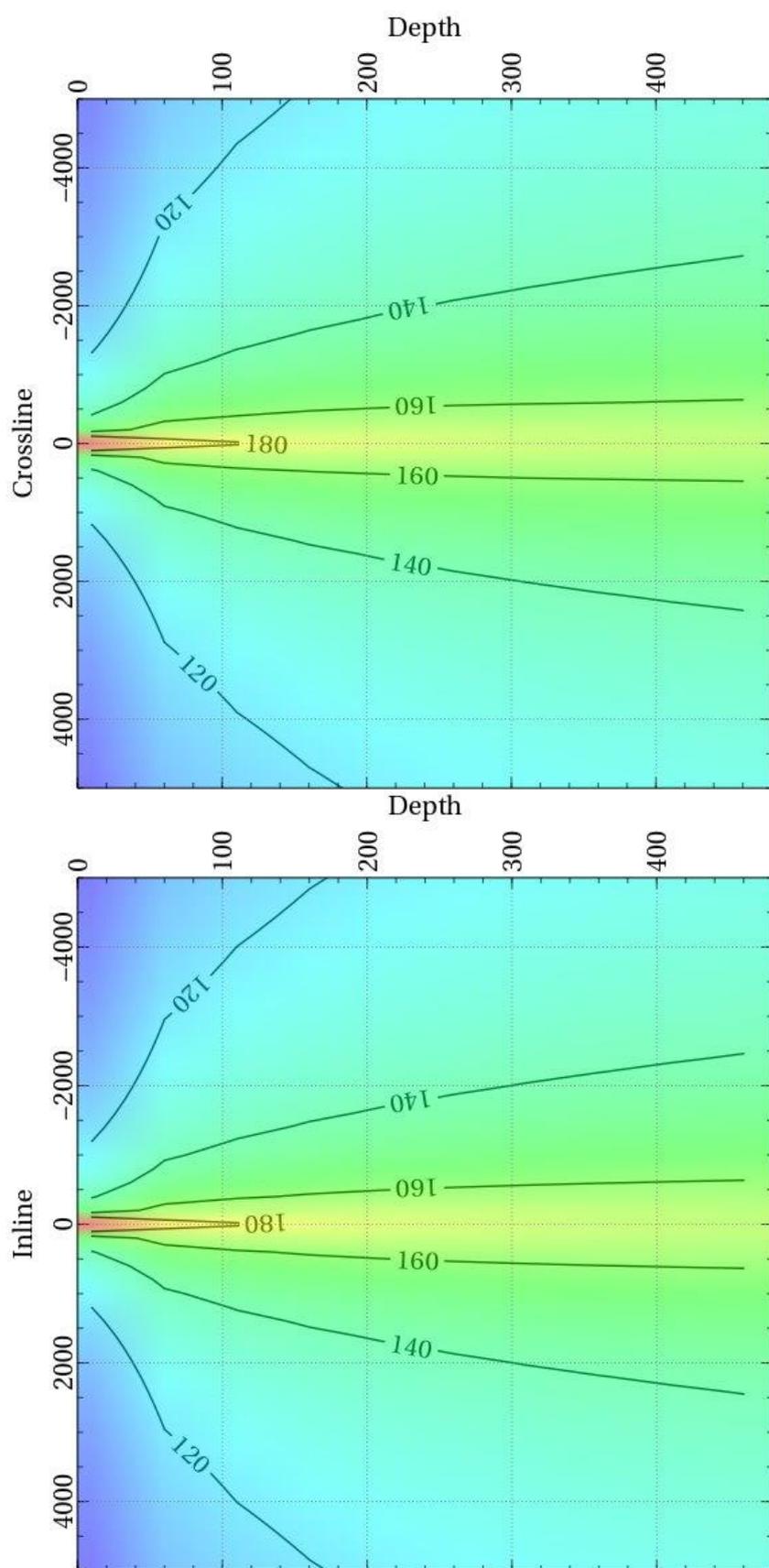


Figura 15 - Modello di propagazione sferico fino a 5000m da sorgente - rappresentazione in sezione longitudinale (inline) e trasversale (crossline) dei livelli acustici SPL attesi, a partire dalla superficie marina.

Il livello di pressione acustica pari a 160 dB viene raggiunto ad una distanza massima di circa 650m dalla sorgente, in direzione longitudinale e alla profondità massima (andamide nto asintotico), mentre il livello pari a 180 dB viene raggiunto a circa 60m di distanza e a circa 60m di profondità, sempre in direzione longitudinale

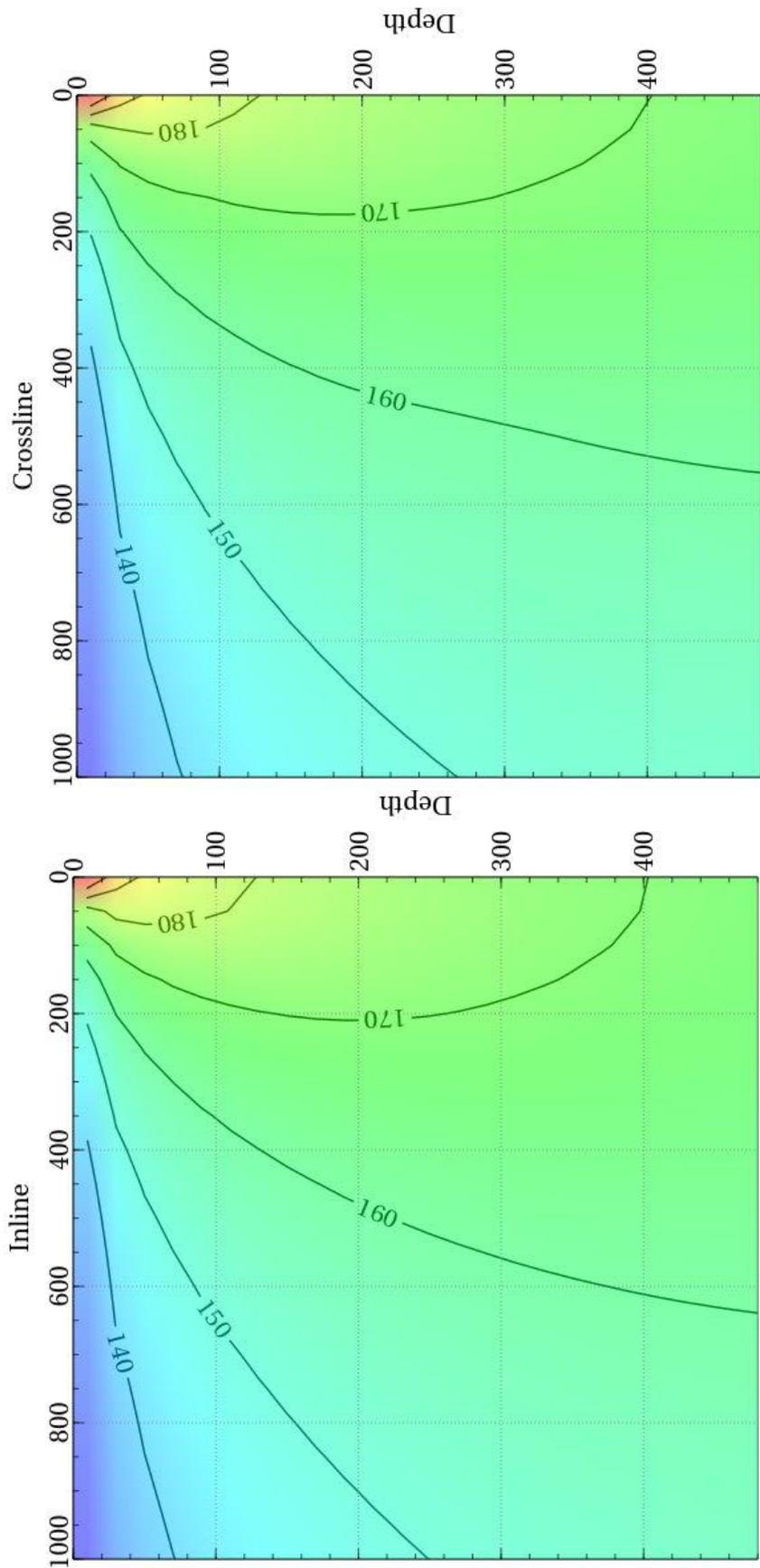
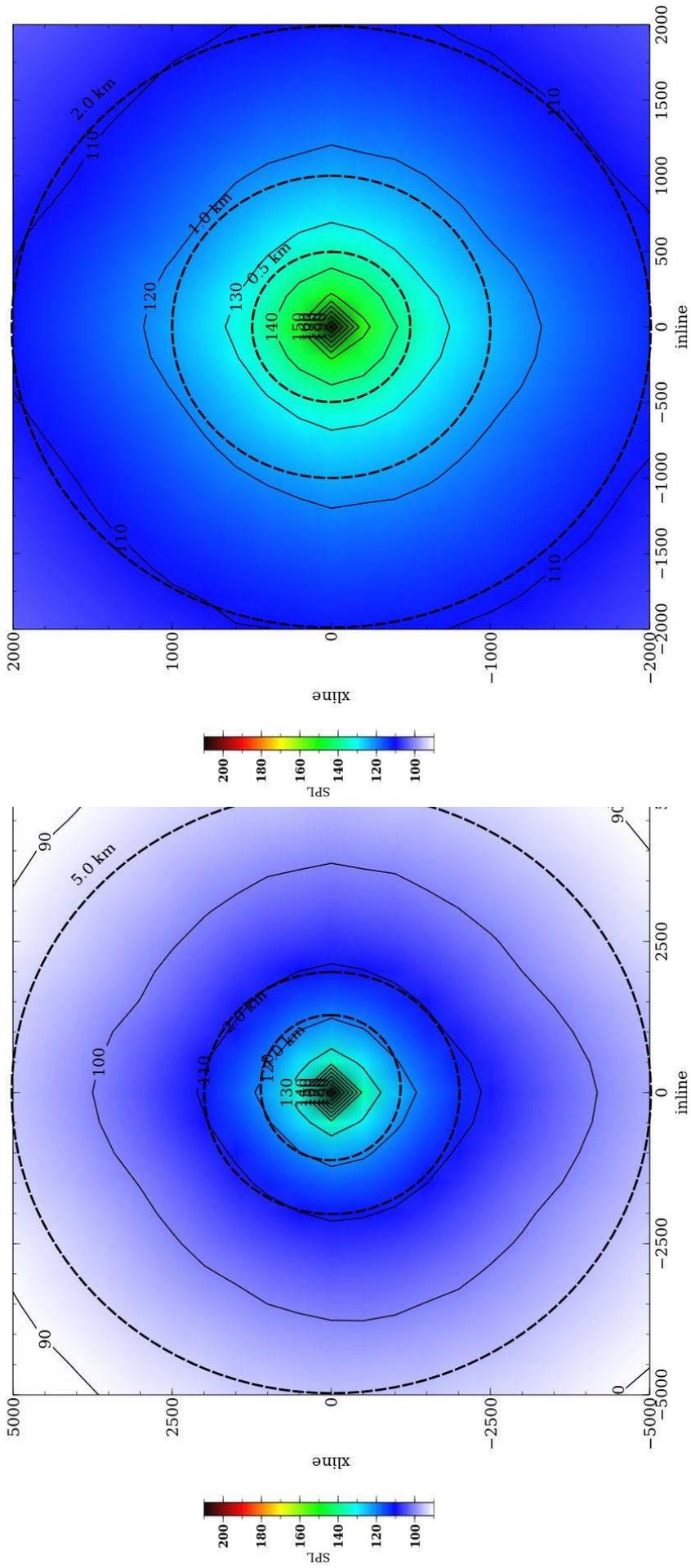


Figura 16 - Modello di propagazione sferico fino a 1000m da sorgente- rappresentazione in sezione longitudinale (inline) e trasversale (crossline) dei livelli acustici SPL attesi, a partire dalla superficie marina.

Il livello di pressione acustica pari a 160 dB viene raggiunto ad una distanza massima di circa 650m dalla sorgente, in direzione longitudinale e alla profondità massima (andamento asintotico), mentre il livello pari a 180 dB viene raggiunto a circa 60m di distanza e a circa 60m di profondità, sempre in direzione longitudinale



*Figura 17 - Modello di propagazione sferica - rappresentazione in pianta (5000x5000m e 2000x2000m) dei livelli acustici SPL a 10m di profondità. La massima distanza in cui si stima si possa raggiungere un livello di pressione acustica SPL di 160 dB a 10m di profondità è pari a 125m, mentre per SPL di 180dB è pari a 50m.*

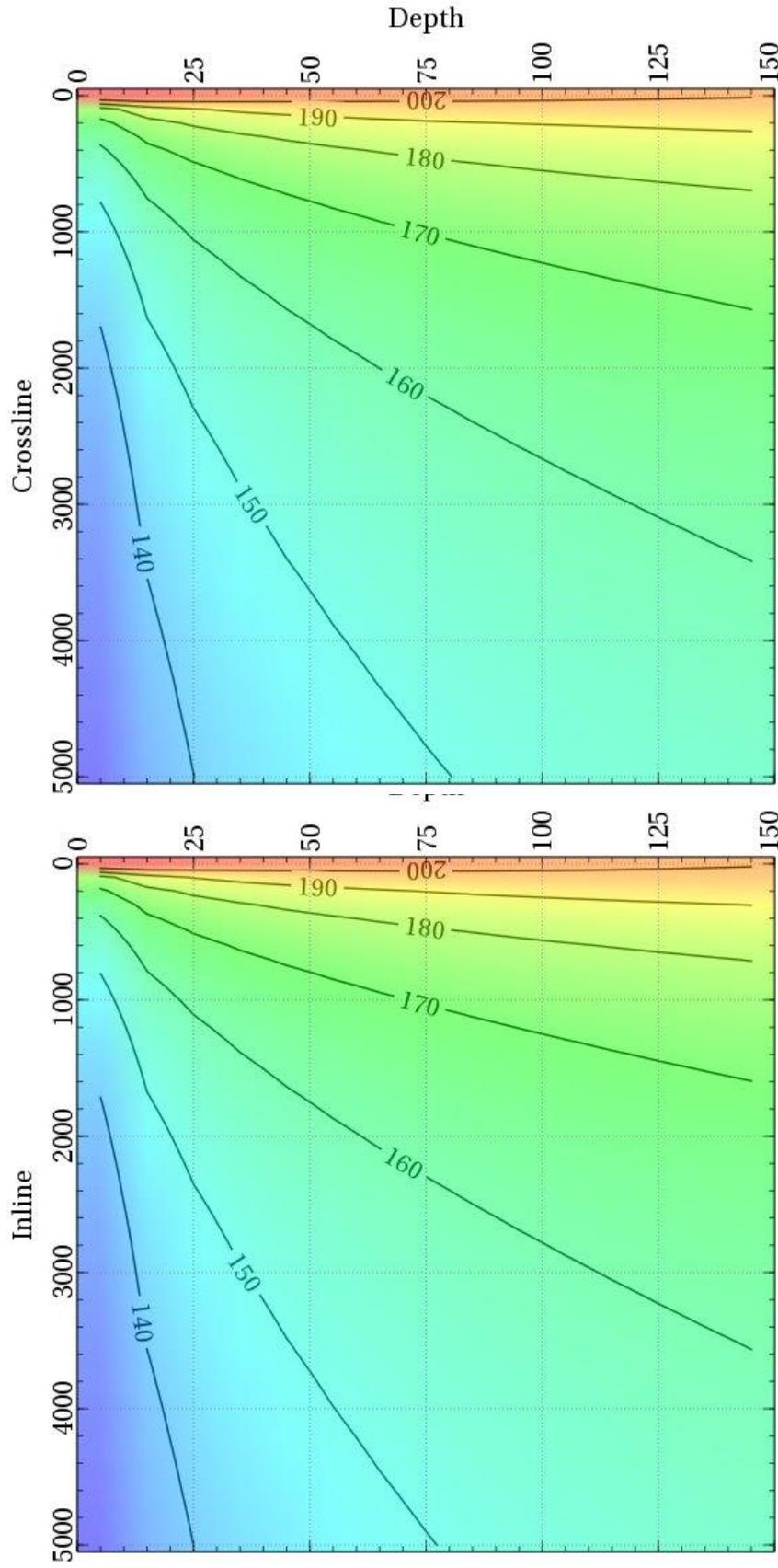


Figura 18 - Modello di propagazione cilindrico fino a 5000m da sorgente e fino a 150m di profondità- rappresentazione in sezione longitudinale (inline) e trasversale (crossline) dei livelli acustici SPL attesi, a partire dalla superficie marina.

Il livello di pressione acustica pari a 160 dB viene raggiunto ad una distanza massima di circa 3600m dalla sorgente, in direzione longitudinale e alla profondità massima del modello pari a 150m (ipotizzata come limite superiore di applicabilità del modello cilindrico), mentre il livello pari a 180 dB viene raggiunto a circa 700m di distanza sempre alla profondità massima e in in direzione longitudinale

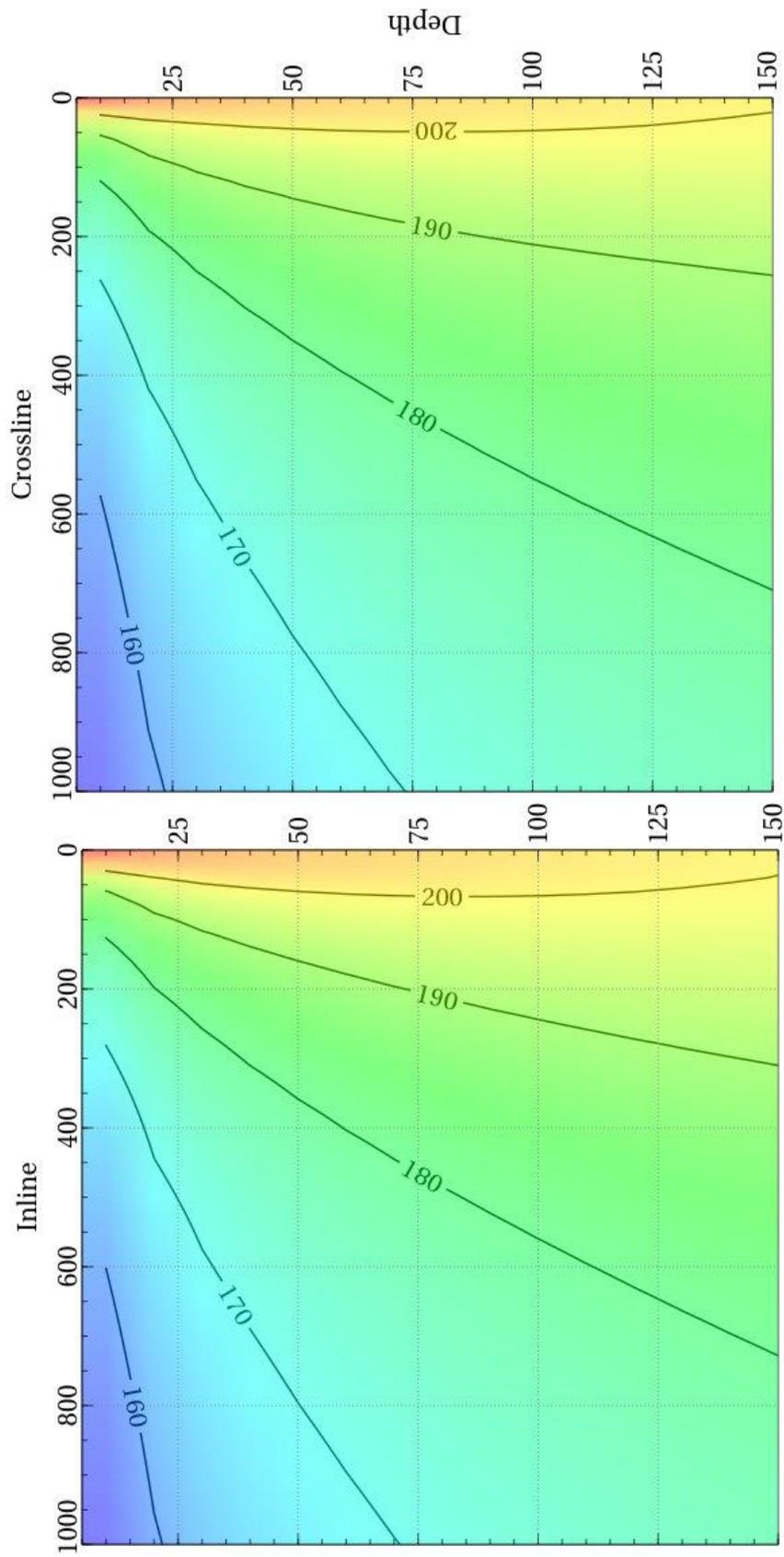


Figura 19 - Modello di propagazione cilindrico fino a 1000m da sorgente e fino a 150m di profondità- rappresentazione in sezione longitudinale (inline) e trasversale (crossline) dei livelli acustici SPL attesi, a partire dalla superficie marina.

Il livello di pressione acustica pari a 160 dB viene raggiunto ad una distanza massima di circa 360m dalla sorgente, in direzione longitudinale e alla profondità massima del modello pari a 150m (ipotizzata come limite superiore di applicabilità del modello cilindrico), mentre il livello pari a 180 dB viene raggiunto a circa 700m di distanza sempre alla profondità massima e in in direzione longitudinale

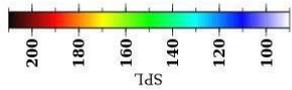
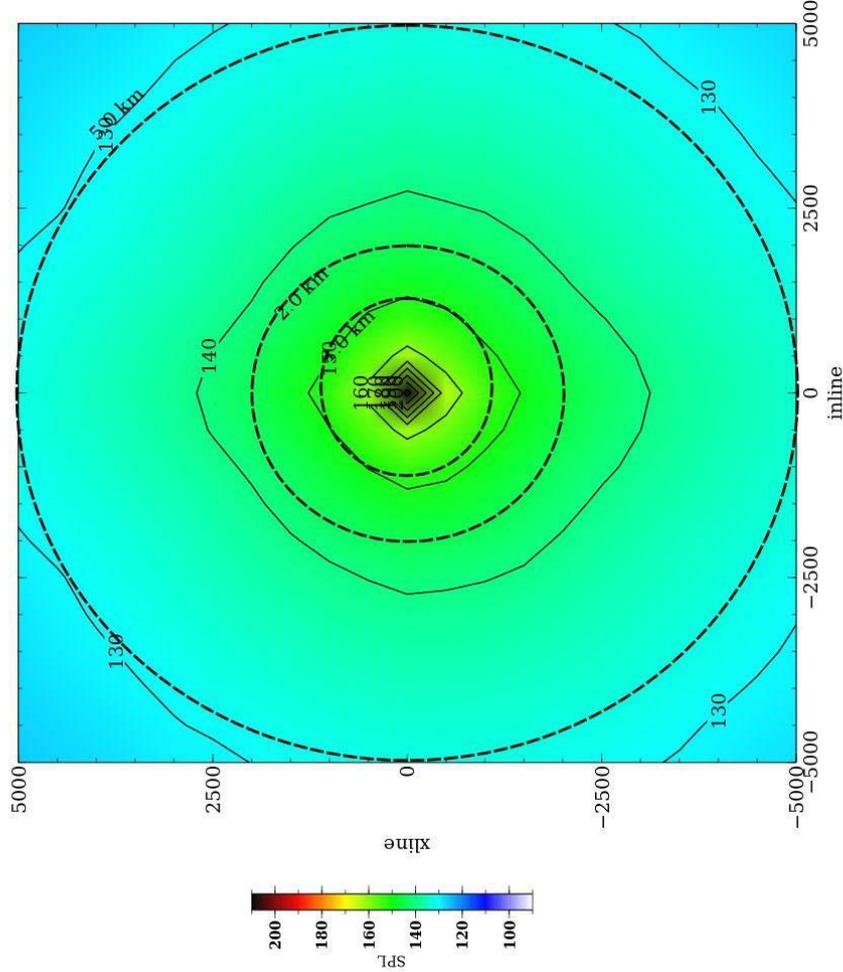
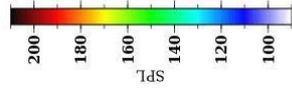
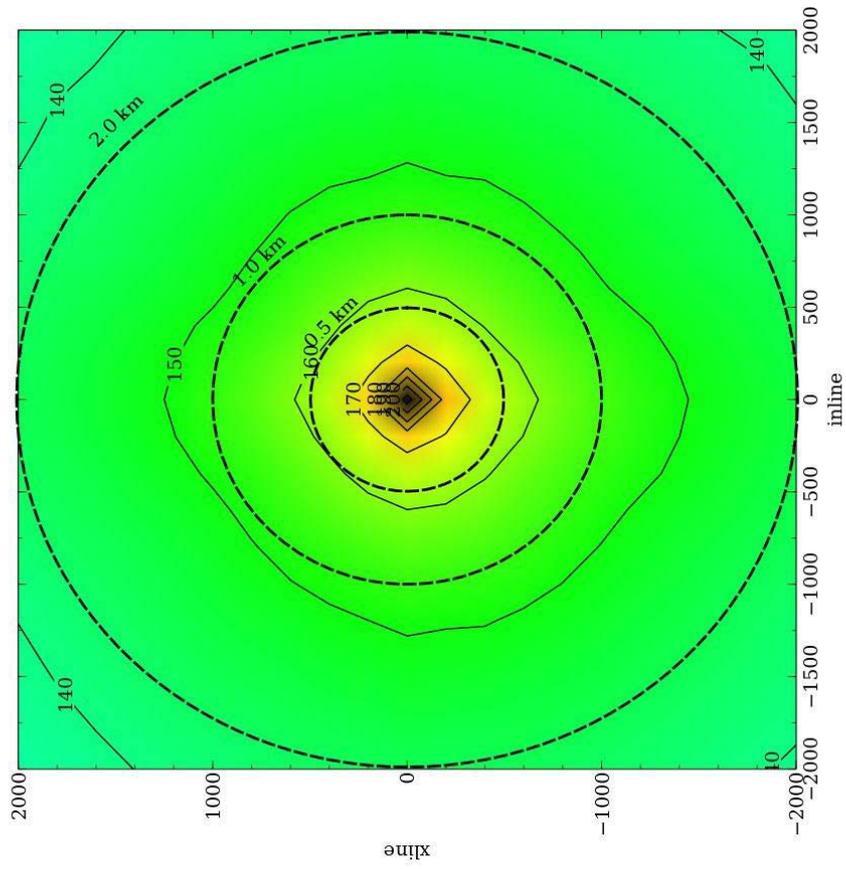


Figura 20 - Modello di propagazione cilindrica – rappresentazione in pianta (5000x5000m e 2000x2000m) dei livelli acustici SPL a 10m di profondità. La massima distanza in cui si stima si possa raggiungere un livello di pressione acustica SPL di 160 dB a 10m di profondità è pari a 500m, mentre per SPL di 180dB è pari a 130m.

## 5. SPECIE DI MAMMIFERI MARINI RILEVABILI NELL'AREA DI INDAGINE

Nel Mare Adriatico sono state registrate, pur con differenti densità, 10 specie di cetacei (Genov *et al.*, 2009; Holcer, 1994; Holcer *et al.*, 2002; Notarbartolo di Sciara & Birkun, 2010; UNEP-DEPI/MED WG.408/Inf.11, 2015) tra cui:

- balenottera comune (*Balaenoptera physalus*)
- capodoglio (*Physeter macrocephalus*)
- zifio (*Ziphius cavirostris*)
- grampo (*Grampus griseus*)
- tursiope (*Tursiops truncatus*)
- delfino comune (*Delphinus delphis*)
- stenella striata (*Stenella coeruleoalba*)
- globicefalo (*Globicephala melas*)
- megattera (*Megaptera novaeanglia*)
- pseudorca (*Pseudorca crassidens*)

Mentre il tursiope è regolarmente presente in tutto il bacino (Notarbartolo Di Sciara *et al.*, 1993; Bearzi & Notarbartolo di Sciara, 1995; Bearzi *et al.*, 2008), il capodoglio visita la zona solo occasionalmente. Le balenottere comuni sono presenti stagionalmente al centro e al sud, stenella striata, grampo e zifio sono esclusivi dell'Adriatico meridionale, globicefalo, pseudorca e megattera sono considerati visitatori accidentali. Infine, il delfino comune, una volta presente ovunque, è oggi rilevato solo attraverso individui isolati (Bearzi 2000; Rako *et al.*, 2009; Boisseau *et al.*, 2010; Genov *et al.*, 2012; Lazar *et al.*, 2012).

Il sub-bacino meridionale del mare Adriatico entro cui si posiziona l'area su cui sarà condotta l'indagine NP è collegato al resto del Mediterraneo attraverso lo stretto (72km di larghezza) ma profondo (780m) Canale di Otranto ed è caratterizzato da forti pendenze, elevata salinità e profondità massima di 1200 m così da essere considerato come un habitat oceanico-pelagico.

In questa zona, sulla base della panoramica fornita da ISPRA nel 2013, si conferma la presenza di stenella striata, con una tendenza a frequentare profondità superiori ai 600m dove si nutre principalmente di cefalopodi e pesci epipelagici (Aguilar, 2000).

Per quanto riguarda lo zifio, specie che compie profonde immersioni (1000-3000m) e preferisce ambienti a forte ripidità, le informazioni storiche riguardanti la distribuzione della specie e la sua presenza sono scarse ma si considera plausibile che il settore meridionale rappresenti un habitat estremamente importante per la specie. Fino al 2004, infatti, nel mar Adriatico erano stati documentati undici spiaggiamenti di zifio (Holcer *et al.*, 2007), ben cinque dei quali lungo la costa pugliese. Successivamente, altri due animali si sono spiaggiati proprio nella zona di Brindisi (Pino d'Astore *et al.*, 2008).

Gli spiaggiamenti avvenuti lungo la Puglia insieme ai risultati di due indagini aeree effettuate nel 2011 (Fortuna *et al.*, 2011; Lauriano *et al.*, 2011) confermano che i grampi sono presenti nell'area, soprattutto in zone di forte ripidità, con profondità comprese tra 600-900m.

Come mostrato in Figura 21 queste tre specie (stenella striata, zifio e grampo) sono state avvistate anche durante il survey sismico 2D condotto da NP dal 16 novembre al 1° dicembre 2011.



Figura 21 – Mappa degli avvistamenti di cetacei durante il survey NP 2D del 2011

## 6. SOGLIE ACUSTICHE E RISPOSTE ALLE SOLLECITAZIONI ACUSTICHE DEI MAMMIFERI MARINI

Il servizio NMFS (National Marine Fisheries Service) ha individuato due valori di soglia:

- *Level A harassment*: il superamento di tale livello potrebbe causare perdite temporanee o permanenti delle capacità uditive;
- *Level B harassment*: il superamento di tale livello potrebbe causare cambiamenti comportamentali, più comunemente l'evitamento (modifica della rotta o allontanamento dalla sorgente di rumore).

Sono stati determinati dei livelli per i cetacei in genere, sulla base di risultati di un numero limitato di campagne di studio. Tali livelli sono stati fissati pari a 180 dB (Level A) e 160 dB (Level B). Circa il Level B, NMFS precisa che il valore di 160dB è valido per suoni impulsivi, come sonar ed airguns, battipalo, mentre per i suoni continui (perforazione, infissioni di pali con vibrazione) tale livello viene fissato a 120dB. Per i pinnipedi i valori di Level A sono pari a 190dB. Le soglie sono espresse come livelli di RMS re 1 $\mu$ Pa.

Tabella 3 -

Sound Source	Level A Harassment	Level B Harassment
Impulsive (e.g., impact pile driving, air guns)	190 dB (pinnipeds)	160 dB
	180 dB (cetaceans)	
Continuous (e.g., vibratory pile driving, drilling)	190 dB (pinnipeds)	120 dB
	180 dB (cetaceans)	

NMFS, National Marine Fisheries Service. Thresholds are in root mean square (RMS) values re 1  $\mu$ Pa

Si precisa pertanto che la soglia di 160dB re 1 $\mu$ Pa è relativa ai possibili cambiamenti comportamentali, e non a possibili impatti fisiologici sui cetacei.

A causa della complessità della tematica, il mondo scientifico ha ritenuto indispensabile un approfondimento dell'argomento, per superare le approssimazioni e le genericità delle soglie NMFS.

Negli ultimi anni ricercatori esperti nei diversi campi dell'acustica hanno riesaminato e rianalizzato la letteratura disponibile sulle capacità uditive dei mammiferi e sulle risposte fisiologiche e comportamentali agli stimoli antropogenici allo scopo di esaminare gli effetti del rumore generato dalle attività antropiche in mare su cetacei e pinnipedi, e di individuare i livelli al disopra dei quali, l'esposizione ad un determinato rumore possa creare danni all'apparato uditivo e di determinare nuovi criteri di esposizione al suono.

Si farà di seguito riferimento a quanto riportato da Southall et al., 2007, stesso riferimento bibliografico di cui alla Relazione di verifica.

Il suono può essere descritto in differenti modi, in questo studio sono stati considerati, il livello di pressione sonora (Sound Pressure Level, SPL) e il livello di esposizione sonora (Sound Exposure Level, SEL) ovvero la quantità di energia del suono ricevuto.

Un suono troppo elevato o prolungato può provocare due principali categorie di effetti: lesioni permanenti (PTS) / temporanee (TTS) all'apparato uditivo o disturbi comportamentali.

Animali esposti a suoni sufficientemente intensi subiscono un innalzamento della soglia uditiva che si manifesta come diminuzione della capacità uditiva. Questa condizione può essere permanente (PTS) o temporanea (TTS). Nel primo caso vi è un danneggiamento degli organi uditivi come ad esempio il deterioramento o la morte delle cellule cocleari. Nel secondo, invece, non vi è un danneggiamento dei tessuti (Ward, 1997) e le capacità uditive tornano a livelli normali in tempi brevi che possono variare da pochi minuti a qualche ora (Nordmann et al., 2000). Molti mammiferi, inclusi alcuni cetacei (Schlundt et al., 2000; Nachtigall et al., 2004) e pinnipedi (Kastak et al., 1999, 2005), hanno mostrato il pieno recupero delle capacità uditive anche dopo ripetuti TTS.

I suoni vengono percepiti dalle diverse specie di mammiferi marini in modo differente. Per questo motivo sono state proposte delle funzioni di correzione in modo da tenere conto della diversa recettività sonora delle varie specie in funzione della frequenza del suono.

In base alle *caratteristiche* funzionali del loro sistema *uditivo*, i mammiferi marini sono stati suddivisi in cinque gruppi ed è stata individuata per ogni categoria una funzione chiamata di ponderazione “M-weighting”, che stima la differente sensibilità alle varie frequenze acustiche per ogni gruppo di cetacei (Tabella 4).

Queste funzioni, a causa della scarsità di dati disponibili, sono intenzionalmente cautelative e, molto probabilmente, sovrastimano lo spettro di suoni che le differenti specie sono in grado di percepire.

I cinque gruppi e le funzioni ad essi associate sono:

1. mysticeti (balene) che utilizzano suoni a bassa frequenza (low-frequency cetaceans,  $M_{LF}$ )
2. odontoceti (balene dentate), che utilizzano suoni a media frequenza (mid-frequency cetaceans  $M_{MF}$ )
3. odontoceti specializzati ad utilizzare elevate frequenze, come focene, delfini di fiume, e i generi *Kogia* e *Cephalorhynchus* (high-frequency cetaceans,  $M_{HF}$ )
4. pinnipedi come foche leoni marini e trichechi durante l'ascolto in acqua ( $M_{PW}$ )
5. pinnipedi durante l'ascolto in aria (MPA)

Tabella 4 - Categorie di mammiferi suddivisi in base alle capacità uditive, stima del range di frequenze dei suoni udibili e generi presenti in ogni gruppo (da Southall et al. 2007). In neretto sono evidenziati i generi dei cetacei presenti nel Mar Adriatico (Notarbartolo di Sciara e Birkun, 2010, Fortuna et al. 2011, Northern Petroleum MMO report 2011).

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> , <b><i>Balaenoptera</i></b>	<i>Balaenoptera physalus</i>
Cetacei “Mid-frequency $M_{MF}$ ”	150 Hz to 160 kHz	<i>Steno</i> , <i>Sousa</i> , <i>Sotalia</i> , <b><i>Tursiops</i></b> , <b><i>Stenella</i></b> , <b><i>Delphinus</i></b> , <i>Lagenodelphis</i> , <i>Lagenorhynchus</i> , <i>Lissodelphis</i> , <b><i>Grampus</i></b> , <i>Peponocephala</i> , <i>Feresa</i> , <i>Pseudorca</i> , <i>Orcinus</i> , <b><i>Globicephala</i></b> , <i>Orcaella</i> , <b><i>Physeter</i></b> , <i>Delphinapterus</i> , <i>Monodon</i> , <b><i>Ziphius</i></b> , <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>Phocarctos</i> , <i>Otaria</i> , <i>Erigonathus</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	

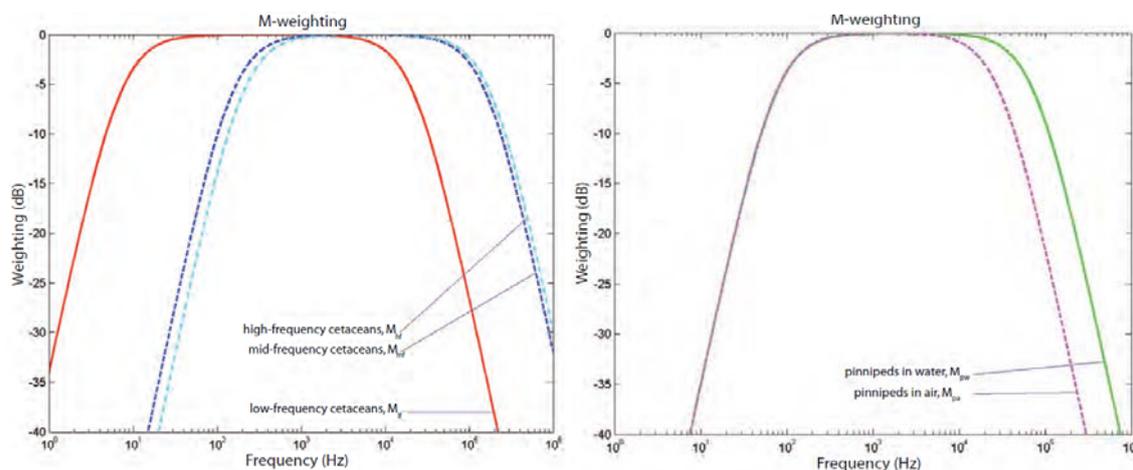


Figura 22 - M-weighting function per cetacei a bassa, media ed alta frequenza (a sinistra) e per pinnipedi in acqua ed in aria (a destra)

Gli animali, esposti a suoni sia di origine naturale che antropogenica, possono subire effetti fisiologici e psicologici molto variabili, da nulli a molto gravi. L'esposizione alla medesima sorgente acustica può avere effetti differenti che dipendono dalle variabili operative e ambientali, dalle caratteristiche fisiologiche sensoriali e psicologiche dell'animale esposto al suono. Di conseguenza, anche le risposte comportamentali sono molto variabili e fortemente influenzate dal contesto e dall'esperienza dell'animale. Alcune fasi del ciclo vitale, particolarmente delicate, come i periodi di migrazione o di riproduzione, come anche la presenza di prole, possono influire significativamente su come gli individui rispondono agli stimoli esterni.

Generalmente, i suoni di origine antropogenica in mare, possono essere divisi in tre categorie: suoni impulsivi singoli (*single pulse*) e multipli (*multiple pulses*), e suoni non impulsivi continui (*nonpulses*) (Tabella 2). Ai fini del nostro studio, prenderemo in esame gli aspetti legati ai suoni impulsivi multipli, tipici dei survey geofisici con impiego di sorgente tipo airgun.

*Tabella 5 - Tipi di suono di origine antropica classificati in base alle caratteristiche acustiche ed esempi questa classificazione si basa sulle caratteristiche misurate alla fonte. In certe condizioni, i suoni classificati come impulsivi alla fonte possono non essere percepiti come tali da un ricevitore lontano.*

Tipo di suono	Caratteristiche acustiche alla sorgente	Esempi
Impulsivo singolo ( <i>single pulse</i> )	Singolo evento acustico	Esplosione singola, air-gun singolo, water-gun, pile strike, sparker e alcuni tipi di sonar
<b>Impulsivo multipli</b> ( <i>multiple pulse</i> )	Singoli eventi ripetuti nell'arco di 24 h	Esplosioni in serie, <b>air-gun multiplo</b> , water-gun, pile strike, sparker multipli e alcuni tipi di sonar (IMAPS)
Non impulsivo continuo (nonpulses)	Singolo o più eventi acustici ripetuti nelle 24 ore	Passaggio di navi/aerei perforazioni o altre operazioni di cantiere, alcuni sistemi sonar (LFA)

In Tabella 6 vengono riportati, per tutte le classi di mammiferi marini, i criteri di esposizione al rumore raccomandati da Southall et al (2007). L'esposizione a rumori uguali o maggiori della soglia raccomandata possono dunque provocare lesioni permanenti all'udito (PTS).

Non essendo disponibili dati sperimentali, l'insorgenza del PTS è stata estrapolata sulla base del TTS: è stato assunto che un suono in grado di produrre un aumento temporaneo della soglia uditiva (TTS) pari a 40dB re 1µPa possa provocare lesione permanente degli organi uditivi. Il valore di 40db è stato assunto per similitudine esperienze maturate con mammiferi terrestri, ed è ritenuto dagli autori un valore prudenziale. Tale suono, in grado di provocare PTS, può essere descritto in termini di SEL e SPL: in termini di SEL, è stato calcolato che tale suono debba essere almeno 15db superiore al suono che induce TTS ( $SEL_{PTS}=SEL_{TTS}+15dB$ ); in termini di SPL il valore è stato abbassato, in maniera estremamente prudenziale, a 6dB ( $SPL_{PTS}=SPL_{TTS}+6dB$ ).

*Tabella 6 - Criteri per la prevenzione di lesioni (PTS) proposti per i singoli mammiferi marini esposti a eventi di rumore "discreti" (esposizioni singole o multiple in un periodo di 24 ore). In parentesi viene riportata la M-weighting function usata per il singolo valore di soglia*

Mammiferi marini	Tipo di suono		
	Impulsivo singolo	Impulsivo multiplo	Non impulsivo
<b>Cetacei a bassa frequenza</b>			
SPL	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
SEL	198 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{lf}$ )	198 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{lf}$ )	215 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{lf}$ )
<b>Cetacei a media frequenza</b>			
SPL	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
SEL	198 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{mf}$ )	198 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{mf}$ )	215 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{mf}$ )
<b>Cetacei ad alta frequenza</b>			
SPL	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	230 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
SEL	198 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{hf}$ )	198 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{hf}$ )	215 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{hf}$ )
<b>Pinnipedi in aria</b>			
SPL	218 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	218 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	218 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
SEL	186 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{pw}$ )	186 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{pw}$ )	203 dB re: 1 µPa <sup>2</sup> -s ( $M_{pw}$ )
<b>Pinnipedi in acqua</b>			
SPL	149 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	149 dB re: 1 µPa (peak) (flat)	149 dB re: 1 µPa (peak) (flat)
SEL	144 dB re: (20 µPa) <sup>2</sup> -s ( $M_{pa}$ )	144 dB re: (20 µPa) <sup>2</sup> -s ( $M_{pa}$ )	144.5 dB re: (20 µPa) <sup>2</sup> -s ( $M_{pa}$ )

E' interessante notare come il valore di TTS individuato da Southall et al. per il singolo suono impulsivo per tutti i cetacei sia pari a 224 dB re 1µPa. Tale valore, se confrontato con il suo equivalente riportato da NMFS (Level A: 180dB, possibili perdite temporanee o permanenti delle capacità uditive) risulta di gran lunga molto maggiore.

Le reazioni comportamentali all'esposizione acustica sono generalmente molto più variabili e meno prevedibili dei danni che la stessa esposizione può creare a livello degli organi uditivi, poiché tali reazioni, sono strettamente dipendenti dal contesto. Ad esempio, se un breve e debole suono viene interpretato dall'animale come indicatore della presenza di un predatore, può evocare una risposta forte quanto quella che si verificherebbe in risposta ad un rumore ben più intenso. Se invece un animale si trova in un contesto neutrale, ed è esposto ad uno stimolo che è semplicemente fastidioso, la probabilità di risposta può variare in base alla durata e al livello di esposizione. Di conseguenza per valutare in maniera rigorosa i disturbi legati al comportamento bisogna basarsi più su studi empirici che controllino scrupolosamente i parametri acustici, i parametri contestuali e le variabili di risposta, anziché su estrapolazioni basate sulla filogenesi o sulla morfologia.

Southall et al.(2007) hanno sviluppato una scala (Tabella 7) che raccoglie e classifica in base alla gravità, le risposte comportamentali dei mammiferi marini esposti a suoni di origine antropogenica con lo scopo di delineare più chiaramente quei comportamenti che sono relativamente minori e/o brevi (valori da 0 a 3), quelli che hanno una maggior probabilità di influenzare foraggiamento, riproduzione o sopravvivenza (da 4 a 6) o quelle che verosimilmente possono influire sul ciclo vitale (da 7 a 9).

Tabella 7 – Tabella 4 di Southall et al (2007)

**Table 4.** Severity scale for ranking observed behavioral responses of free-ranging marine mammals and laboratory subjects to various types of anthropogenic sound

Response score <sup>1</sup>	Corresponding behaviors (Free-ranging subjects) <sup>2</sup>	Corresponding behaviors (Laboratory subjects) <sup>2</sup>
0	- No observable response	- No observable response
1	- Brief orientation response (investigation/visual orientation)	- No observable response
2	- Moderate or multiple orientation behaviors - Brief or minor cessation/modification of vocal behavior - Brief or minor change in respiration rates	- No observable negative response; may approach sounds as a novel object
3	- Prolonged orientation behavior - Individual alert behavior - Minor changes in locomotion speed, direction, and/or dive profile but no avoidance of sound source - Moderate change in respiration rate - Minor cessation or modification of vocal behavior (duration < duration of source operation), including the Lombard Effect	- Minor changes in response to trained behaviors (e.g., delay in stationing, extended inter-trial intervals)
4	- Moderate changes in locomotion speed, direction, and/or dive profile but no avoidance of sound source - Brief, minor shift in group distribution - Moderate cessation or modification of vocal behavior (duration ≈ duration of source operation)	- Moderate changes in response to trained behaviors (e.g., reluctance to return to station, long inter-trial intervals)
5	- Extensive or prolonged changes in locomotion speed, direction, and/or dive profile but no avoidance of sound source - Moderate shift in group distribution - Change in inter-animal distance and/or group size (aggregation or separation) - Prolonged cessation or modification of vocal behavior (duration > duration of source operation)	- Severe and sustained changes in trained behaviors (e.g., breaking away from station during experimental sessions)
6	- Minor or moderate individual and/or group avoidance of sound source - Brief or minor separation of females and dependent offspring - Aggressive behavior related to noise exposure (e.g., tail/flipper slapping, fluke display, jaw clapping/gnashing teeth, abrupt directed movement, bubble clouds) - Extended cessation or modification of vocal behavior - Visible startle response - Brief cessation of reproductive behavior	- Refusal to initiate trained tasks
7	- Extensive or prolonged aggressive behavior - Moderate separation of females and dependent offspring - Clear anti-predator response - Severe and/or sustained avoidance of sound source - Moderate cessation of reproductive behavior	- Avoidance of experimental situation or retreat to refuge area (≤ duration of experiment) - Threatening or attacking the sound source
8	- Obvious aversion and/or progressive sensitization - Prolonged or significant separation of females and dependent offspring with disruption of acoustic reunion mechanisms - Long-term avoidance of area (> source operation) - Prolonged cessation of reproductive behavior	- Avoidance of or sensitization to experimental situation or retreat to refuge area (> duration of experiment)
9	- Outright panic, flight, stampede, attack of conspecifics, or stranding events - Avoidance behavior related to predator detection	- Total avoidance of sound exposure area and refusal to perform trained behaviors for greater than a day

<sup>1</sup>Ordinal scores of behavioral response severity are not necessarily equivalent for free-ranging vs laboratory conditions.

<sup>2</sup>Any single response results in the corresponding score (i.e., all group members and behavioral responses need not be

## 6.1 Cetacei a bassa frequenza

Per questa classe di cetacei sono state raccolte molte osservazioni sul comportamento a stimoli impulsivi multipli, sia incidentalmente, durante le operazioni sismiche a mare, sia intenzionalmente attraverso esperimenti ad hoc. La maggior parte dei dati sperimentali sono stati ottenuti utilizzando come sorgente sonora gli air-gun. Infatti, nel campo della ricerca di idrocarburi, il sistema più comunemente impiegato, utilizza come sorgente artificiale i dispositivi di tipo air-gun. Questi producono energia sonora in un ampio intervallo di frequenze, da 10 Hz a oltre 5 kHz (Richardson et al 1995). La maggior parte dell'energia, tuttavia, si concentra a basse frequenze intorno ai 200 Hz.

L'istogramma seguente riassume le risposte comportamentali, classificate in base alla scala di "severità" adottata da Southall et al. (2007), dei cetacei a bassa frequenza, a suoni di intensità differenti.

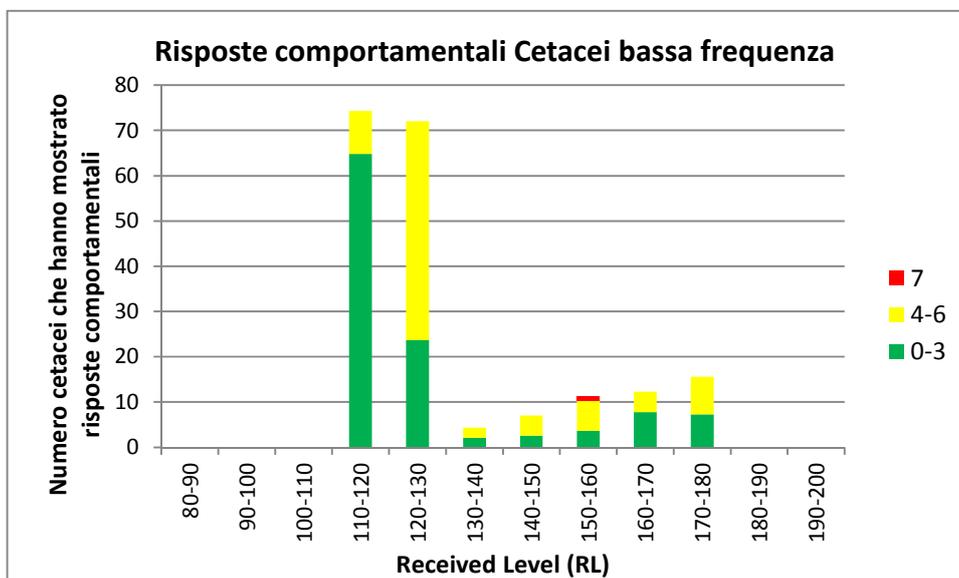


Figura 23- Numero di cetacei a bassa frequenza che hanno mostrato risposte comportamentali a stimoli impulsivi multipli in funzione del received level (RL). I colori indicano la tipologia di risposta comportamentale in base alla classificazione della tabella 4.

Dall'istogramma si evince che ad un suono percepito (RL) di circa 120 dB re: 1  $\mu$ Pa si possono manifestare risposte comportamentali minori della soglia di NMFS. Questi dati si riferiscono però ad uno studio effettuato sulla balena della Groenlandia (*Balaena mysticetus*) in fase di migrazione (Richardson et al., 1999). Sempre per questa specie, è stato riscontrato che, durante operazioni sismiche con l'utilizzo di air-gun, gli individui modificano locomozione e respirazione e tendono ad allontanarsi dalla sorgente del rumore (Reeves et al., 1984; Richardson et al., 1985, 1986, 1999; Ljungblad et al., 1988). Durante le migrazioni autunnali, invece, l'allontanamento dalla sorgente è stato osservato a una distanza relativamente maggiore (più di 20 Km) (Koski & Johnson, 1987; Richardson et al., 1999). In estate invece, durante il foraggiamento, la balena della Groenlandia mostra lievi modificazioni del comportamento allontanandosi non oltre 6 km dalla sorgente del rumore (Richardson et al., 1986; Miller et al., 2005).

Tutti gli altri cetacei di questa categoria, incluse le balene della Groenlandia non in migrazione, sembrano essere abbastanza tolleranti all'esposizione di questo tipo di suoni. La soglia alla quale si verificano i primi disturbi comportamentali di lieve entità è intorno a 140-160 dB re: 1  $\mu$ Pa (Malme et al., 1983, 1984; Richardson et al., 1986; Ljungblad et al., 1988; Todd et al., 1996; McCauley et al., 1998, 2000) o anche oltre fino a 180dB (Miller et al., 2005).

## 6.2 Cetacei a media frequenza

Per questa classe di cetacei è stato condotto un numero limitato di studi sugli effetti dell'esposizione a sorgenti ad impulso multiplo. Osservazioni sul campo hanno coinvolto capodogli e poche altre specie di odontoceti e hanno utilizzato air-gun o piccole cariche esplosive (Madsen e Mohl, 2000; Madsen et al, 2002.; Miller et al., 2005). Sono state condotte anche indagini su animali in cattività che hanno permesso di investigare le risposte comportamentali agli stimoli impulsivi provenienti da diverse tipologie di fonti.

I dati ottenuti per i cetacei a media frequenza esposti a impulsi multipli non indicano una chiara correlazione tra l'incremento di probabilità e gravità della risposta comportamentale con l'aumentare del rumore percepito (RL).

Infatti in alcune condizioni, impulsi multipli di bassa intensità (~ 80-90 dB re: 1  $\mu$ Pa, André et al, 1997) hanno indotto una temporanea sospensione dei vocalizzi in un capodoglio (*Physeter macrocephalus*), mentre in altri casi rumori percepiti (RL) tra 120-180 dB re: 1  $\mu$ Pa non hanno suscitato reazioni osservabili in una percentuale significativa di individui analizzati sia in mare che in cattività.

Il lavoro di André et al. non è stato compreso nelle tabelle quantitative di Southall in quanto i dati erano insufficienti per definire il grado di risposta comportamentale. Si può ritenere pertanto questo valore come poco significativo.

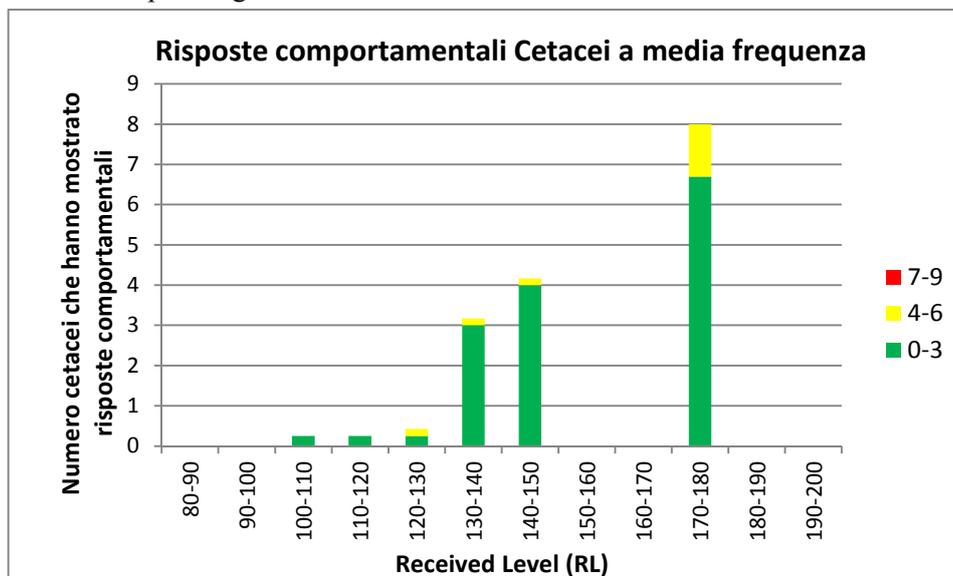


Figura 24 - Numero di cetacei a media frequenza che hanno mostrato risposte comportamentali a stimoli impulsivi multipli in funzione del received level (RL). I colori indicano la tipologia di risposta comportamentale in base alla classificazione della tabella 4.

Dal grafico precedente, che riassume le risposte comportamentali dei cetacei a media frequenza presi in considerazione nella rianalisi effettuata da Southall et al (2007), si nota come la maggior parte delle risposte si ha in intervallo tra i 130-190 dB re: 1  $\mu$ Pa. I tipi di risposta sono per la maggior parte di lieve entità (da 0 a 3 nella scala di gravità proposta dagli stessi autori). Solo in pochissimi casi, perlopiù derivanti da studi effettuati su animali in cattività, mostrano un livello di disturbo più elevato (da 4 a 6).

Non sono stati riscontrati alterazioni comportamentali di elevata entità (da 7 a 9).

Madsen et al. (2002) hanno studiato il comportamento dei capodogli in Norvegia, esposti ai rumori associati ad operazioni di rilevamento sismico. Sono stati riportati i valori di RL (livello di suono ricevuto) calibrati in base alla distanza e il comportamento acustico associato per tre avvistamenti nell'arco di 5 giorni. La prima osservazione ha coinvolto tre capodogli monitorati attraverso un sistema di localizzazione acustica. Il suono ricevuto dai capodogli è stato stimato intorno ai 123 dB re : 1  $\mu$ Pa. Durante la seconda osservazione, è stato individuato un singolo esemplare il cui comportamento è stato monitorato prima durante e dopo l'esposizione al rumore provocato dall'air-gun. In questo caso il suono ricevuto dall'individuo è stato stimato intorno ai 130 dB re : 1  $\mu$ Pa. La terza osservazione coinvolto tre individui, è stato misurato un RL pari a 130 dB re : 1  $\mu$ Pa . In nessuno di questi casi è stato osservato un cambiamento nel comportamento degli animali osservati.

Miller et al. (2005) hanno documentato il comportamento di varie specie di mammiferi marini, tra cui il beluga durante operazioni sismiche con air-gun. I beluga erano i cetacei più abbondanti nell'area di studio, prima dell'inizio delle attività sismiche. Dalla nave sono stati effettuati solo pochi avvistamenti la maggior parte dei quali si sono verificati quando gli air-gun non erano attivi. Tuttavia grazie agli avvistamenti aerei è stato possibile analizzare, in fasce di 10 km dalla nave operante, il comportamento degli animali. Durante le operazioni sismiche il numero di cetacei tra 10 e 20 km dalla nave era significativamente diminuito mentre un maggior numero di individui è stato avvistato tra i 20 e i 30 km. Questo studio suggerisce che generalmente questa specie attua un comportamento di allontanamento dalla fonte del rumore. Gli autori concludono che, individui esposti ad un suono pari a 100-120 dB re: 1  $\mu$ Pa non mostrano alcun disturbo comportamentale, mentre intorno a 120-150 dB re: 1  $\mu$ Pa è più probabile un comportamento di allontanamento dalla sorgente.

Sebbene molti studi abbiano analizzato il comportamento dei cetacei a media frequenza in mare aperto essi mancano di misure specifiche. André et al., (1997) hanno esposto esemplari di capodoglio a vari stimoli. In un numero significativo di esemplari sono stati osservati cambiamenti nella modulazione vocale e nel nuoto. Tuttavia non sono presenti dati sufficienti per capire l'intensità del suono al quale questi individui sono stati esposti. Stone (2003) ha redatto un grande database che raccoglieva i dati di avvistamento dalle navi sismiche dei cetacei a media frequenza. I tassi di avvistamento erano significativamente minori quanto gli air-gun erano attivi e i cetacei venivano avvistati a distanze più elevate ad indicare un comportamento di allontanamento dalla nave.

Akamatsu et al. (1993) hanno studiato il comportamento in cattività due pseudo orche esposte a 15 diversi tipi di suono, comprese sequenze di impulsi nella gamma dei 24-115 kHz. Nessun comportamento di allontanamento è stato osservato in seguito alla prima esposizione (174 dB re:

1  $\mu\text{Pa}$ ), ma un temporaneo allontanamento è stato osservato durante le esposizioni successive a 174 e 178 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$ .

Finneran et al. (2000) hanno osservato le risposte comportamentali di due delfini e un beluga in cattività, attraverso una serie di esposizioni a suoni impulsivi, in esperimenti volti ad indagare l'insorgenza del TTS. Ogni animale ha mostrato alterazioni dei comportamenti indotti (riluttanza nel tornare alle stazioni sperimentali) a 220 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  nel beluga e tra 196-209 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  nei due delfini.

In uno studio correlato, Finneran et al. (2002b) hanno osservato le risposte comportamentali di un delfino e di un beluga dopo l'esposizione a suoni impulsivi prodotto da un water-gun. Entrambi gli individui hanno mostrato una riluttanza simile a tornare verso le stazioni sperimentali (beluga a 202 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$ ; delfino a 229 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$ ). Romano et al. (2004) hanno analizzato lo stress fisiologico subito da questi stessi animali e hanno osservato una chiara risposta neuro-immunitaria nel beluga esposto a 222 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  e una differenza significativa nella quantità di aldosterone e nel numero dei monociti nel delfino per esposizioni superiori a 225 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$

### 6.3 Cetacei ad alta frequenza

In base alle categorie di suono adottate, tutte le fonti transitorie di rumore utilizzate per studiare il comportamento dei cetacei che utilizzano suoni ad elevata frequenza, sono non impulsive. A causa della mancanza di dati dunque non è possibile, al giorno d'oggi, fornire informazioni precise sulle risposte comportamentali di questa classe di cetacei ai suoni impulsivi multipli. Tuttavia, possiamo trarre alcune informazioni sul comportamento di questi cetacei sulla base dei dati analizzati per i suoni **non impulsivi**, in quanto, come abbiamo già accennato, in alcuni casi, i suoni classificati come impulsivi alla fonte possono essere percepiti come non impulsivi da un ricevitore lontano.

In questo campo sono stati condotti numerosi studi sia in mare che in laboratorio. Tuttavia solo per una specie, la focena comune (*Phocoena phocoena*), sono disponibili dati che permettono di correlare le risposte comportamentali con la quantità di suono percepito (ricevuto). Dati combinati ottenuti sia su individui selvatici che in cattività mostrano che questa specie è molto sensibile ai rumori antropici già intorno ai 90-120 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$ . Suoni oltre i 140 dB re: 1  $\mu\text{Pa}$  inducono le focene ad allontanarsi dalla fonte del rumore. Tuttavia, non è possibile sapere se questa elevata sensibilità ai rumori di origine antropica sia condivisa da altri cetacei ad elevata frequenza. Fenomeni di assuefazione al suono sono stati osservati in una parte degli studi effettuati. Reazioni iniziali molto forti all'esposizione a stimoli relativamente bassi possono scemare dopo esposizioni ripetute e in base all'esperienza dell'animale. Dalla figura seguente, vediamo che sebbene le prime risposte comportamentali si presentino già a esposizioni al suono di bassa intensità, queste sono sempre poco gravi

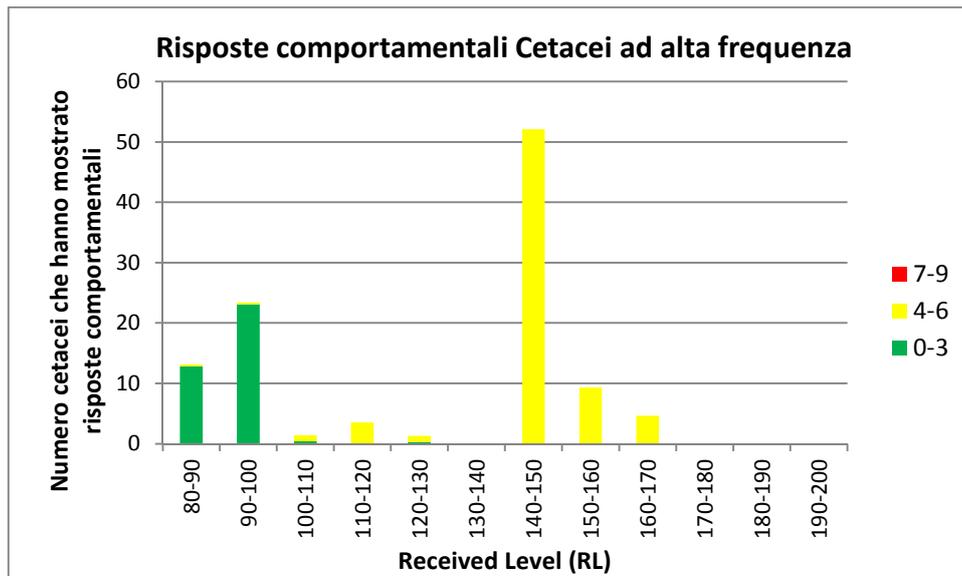


Figura 25 - Numero di cetacei ad alta frequenza che hanno mostrato risposte comportamentali a stimoli non impulsivi in funzione del received level (RL). I colori indicano la tipologia di risposta comportamentale in base alla classificazione della tabella 4.

I criteri di esposizione al rumore dei mammiferi marini riportati nello studio di Southall et al. (2007) e che qui abbiamo riportato in parte sono da considerarsi, come gli stessi autori affermano, estremamente cautelativi e necessitano di maggiori approfondimenti per essere pienamente validati.

#### 6.4 Scelta delle soglie per il presente progetto

Come evidenziato da Southall et al (2007) le risposte comportamentali dei cetacei agli stimoli sonori, e in particolar modo ai rumori prodotti da sorgenti, come quelle utilizzate nei survey geofisici, sono influenzate da numerose variabili, che purtroppo, al giorno d'oggi sono scarsamente conosciute. Per questo motivo non è possibile prevedere a priori le risposte comportamentali che i diversi organismi possono mostrare in risposta agli stimoli sonori. Inoltre, il significato biologico di ogni risposta comportamentale osservata negli studi riportati in precedenza, è estremamente difficile da interpretare e dunque stimare.

Southall et al. non forniscono quindi delle soglie definitive di salvaguardia circa le alterazioni comportamentali indotte dai rumori antropogenici **impulsivi multipli** o continui. Vengono fornite solamente soglie per i rumori impulsivi singoli, assumendo come valore di soglia l'innalzamento temporaneo della soglia uditiva (TTS, pari a 224dB). Ulteriori studi dovranno essere condotti con l'obiettivo di stabilire criteri più precisi per di esposizione al rumore.

Pertanto, si è ritenuto congruente assumere come **valore di soglia per il disturbo comportamentale quanto proposto da NMFS, ovvero pari a 160dB**. Tra l'altro tale valore risulta in linea con la casistica comportamentale censita da Southall et al.

## 7. ZONA DI ESCLUSIONE (EZ)

La fase di modellizzazione delle caratteristiche acustiche della sorgente e di determinazione e taratura della propagazione del rumore prodotto è propedeutica all'implementazione della mitigazione in mare.

I risultati dei modelli descritti permettono di calcolare i raggi delle zone di esclusione (EZ) che gli osservatori MMO/PAM a bordo dovranno monitorare e che serviranno a determinare le azioni di mitigazione (*Power down* e *Shut down* degli *airgun*).

Le tecniche e gli approcci in uso per stabilire le EZ sono molteplici. JNCC stabilisce una EZ di 500 metri a priori. NMFS chiede di determinare le varie EZ in base a tre categorie di profondità: *shallow* (<100m); *intermediate* (100m ÷ 1000m); *deep* (>1000m).

Nel caso specifico, si è deciso di procedere in modo da caratterizzare le EZ rispettando le caratteristiche dell'area di indagine per massimizzarne l'efficacia. Sono stati utilizzati software specialistici per valutare la distanza alla quale si raggiungono le soglie fissate nei vari possibili scenari (bassi e alti fondali). I valori calcolati con i modelli saranno poi tarati secondo le procedure descritte di seguito con misurazioni in loco e inseriti nel MMO/PAM Handbook che farà da guida agli operatori a bordo.

Sulla base dei risultati dei modelli di propagazione descritti, si riporta nella seguente tabella la distanza massima, relativa in via cautelativa a tutta la colonna d'acqua, a cui si potranno riscontrare i livelli acustici SPL a seconda dei modelli di propagazione e delle soglie individuate.

In prima approssimazione è possibile stimare che il modello cilindrico sia rappresentativo di fondali fino a 150m, mentre il modello sferico per fondali maggiori di 500m. Tali assunzioni saranno verificate da una apposita campagna sperimentale in situ prima dell'avvio della campagna di acquisizione sismica.

E' da evidenziare che le distanze massime si riscontrano in direzione longitudinale, ma saranno prese a riferimento per tutte le direzioni per agevolare le operazioni di avvistamento, a vantaggio di sicurezza

Modello di propagazione	Distanza dalla sorgente ove si raggiunge (all'interno di tutta la colonna d'acqua) il livello SPL (rms):		Raggio di Zona di Esclusione (EZ)
	180 dB	160 dB	
Modello cilindrico Bassi fondali (<150m di profondità)	700m	3600m	3600m
Modello sferico Alti fondali (>500m di profondità)	60m	650m	650m

## 7.1 Taratura modello di propagazione e ridefinizione Zona di Esclusione

I modelli di propagazione riportati saranno verificati in situ con le specifiche condizioni oceanografiche e con i parametri operativi della strumentazione impiegata per il rilievo sismico.

Tutte le misurazioni acustiche verranno effettuate seguendo le indicazioni indicate nel *NPL Good Practice Guide* No. 133 - *Underwater Noise Measurement* (National Physical Laboratory, 2014).

Immediatamente prima dell'inizio dell'acquisizione sismica vera e propria verranno quindi effettuate delle prove in situ per tarare i modelli di propagazione e definire quindi l'estensione del raggio della zona di esclusione. La campagna interesserà fondali a profondità e tipologia di sedimento diversi.

In particolare la procedura di indagine consisterà nelle seguenti fasi:

1. arrivo della nave oceanografica nell'area di indagine e messa in acqua della strumentazione di energizzazione (airgun) e di misurazione (streamer con idrofoni) della nave
2. arrivo della imbarcazione di supporto con la strumentazione di misura nell'area di indagine
3. posizionamento della nave sulle aree di test individuate (Figura 26, Figura 27):
  - Test "a". profondità fondo marino: 150m; sedimento: fanghi terrigeni costieri
  - Test "b". profondità fondo marino: 500m; sedimento: fanghi batialiSu ogni area di test verranno attivati gli airgun con gli stessi parametri operativi della intera campagna di prospezione
4. posizionamento della imbarcazione di supporto a circa 5km a prua della nave sismica, e discesa idrofono alle profondità fissate (indicativamente a -50m e a -100m/150m a seconda della profondità del fondale).
5. Il rumore verrà campionato con frequenza di 0.25ms dagli idrofoni lungo uno degli streamer centrali, e con campionatore ad alta frequenza ubicato sulla imbarcazione di supporto
6. A bordo della nave i dati registrati verranno immediatamente elaborati per ottenere una curva di decadimento della pressione acustica generata dall'array di airgun estesa fino a circa 8km dalla sorgente a 10m di profondità (lunghezza dello streamer).
7. La strumentazione sull'imbarcazione di supporto registrerà i livelli acustici alle varie profondità misurando la distanza dalla sorgente acustica con strumentazione radar, e producendo quindi delle curve con la variazione dei livelli acustici alle varie profondità
8. La curva di decadimento lungo lo streamer e le curve elaborate dagli idrofoni alle varie profondità verranno impiegate per calibrare il modello di propagazione
9. Con il modello calibrato verrà individuata la distanza massima nella colonna d'acqua alla quale il livello di pressione acustica è pari alla soglia individuata, nella fattispecie 160dB re 1 $\mu$ Pa. Tale distanza definirà il raggio della zona di esclusione.
10. Per ogni area di test verrà definito un raggio di esclusione ( $R_a$ ,  $R_b$ ). Per batimetrie inferiori a 500m il raggio della zona di esclusione sarà pari a  $R_a$ , mentre per batimetrie superiori sarà pari a  $R_b$ .
11. Dopo che tali dati verranno comunicati agli MMO e trasmessi ufficialmente al Ministero dell'Ambiente e ISPRA e Capitaneria di porto, si potrà cominciare la campagna di prospezione geofisica.

12. Nella relazione conclusiva dei MMO verrà data evidenza dei risultati delle campagne di test e di come i raggi di esclusione siano stati applicati durante il rilevamento.

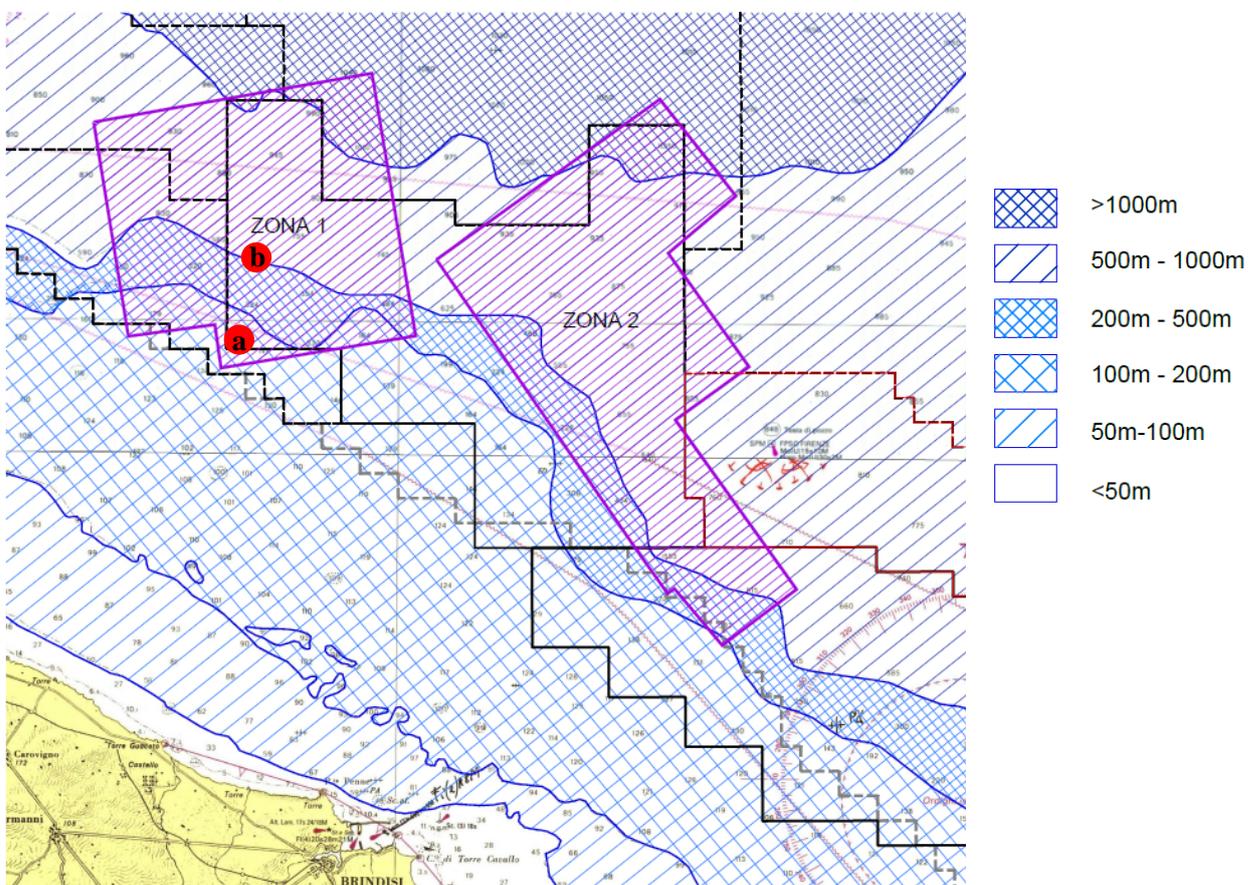


Figura 26 - Mappa batimetrica della zona di indagine geofisica 3D di progetto, con indicazione dei siti ove condurre i test preliminari: test "a" ubicato con fondo marino a profondità pari a 150m; test "b" ubicato con fondo marino a profondità pari a 500m

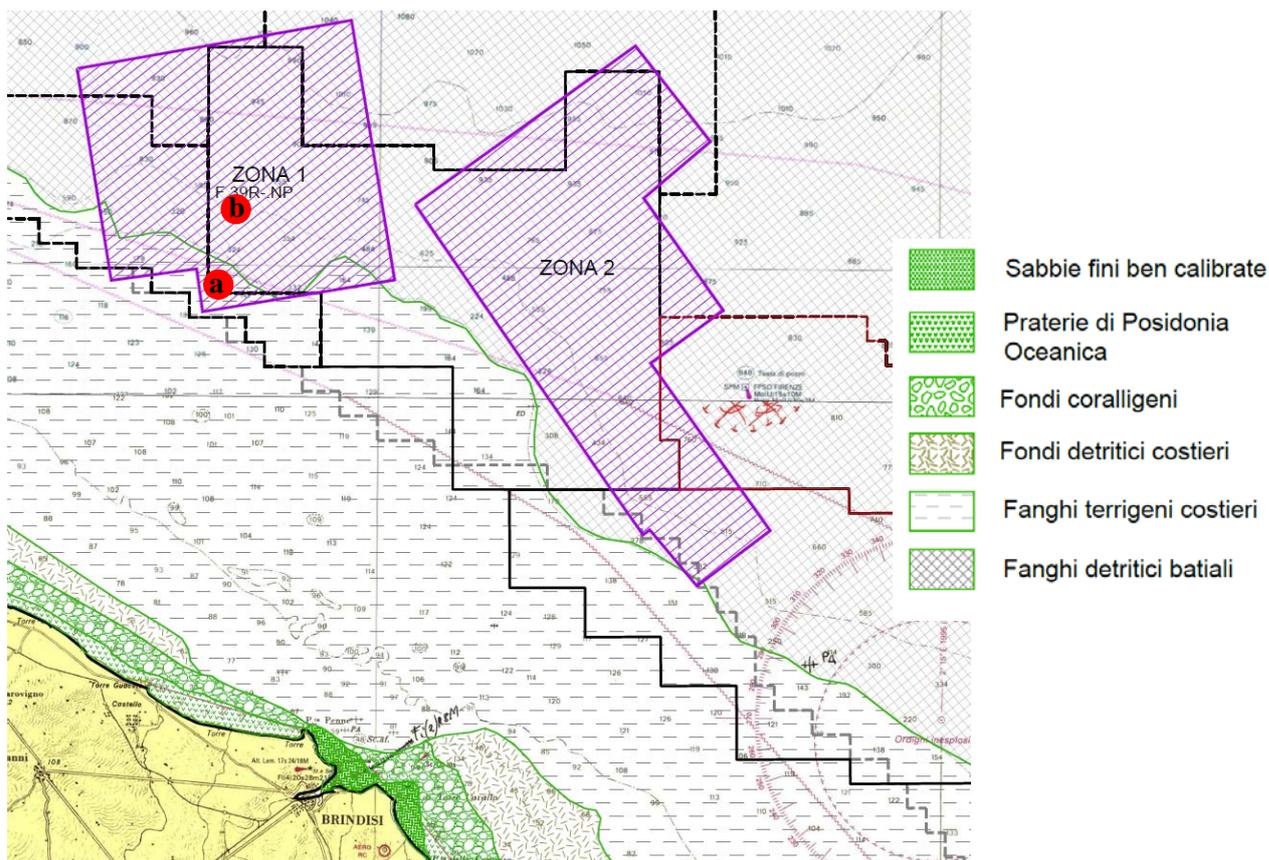


Figura 27 - Mappa delle biocenosi della zona di indagine geofisica 3D di progetto, con indicazione dei siti ove condurre i test preliminari: test "a" ubicato su fondale costituito da fanghi terrigeni costieri; test "b" ubicato su fondale costituito da fanghi batiali

## 8. MISURE DI MITIGAZIONE DURANTE LA PROSPEZIONE GEOFISICA

Il rumore di origine antropica nei mari può rappresentare una fonte di disturbo (NOOA, 2015) e, allo stato attuale delle conoscenze, è necessario avere un approccio precauzionale nella regolamentazione del rumore e ampliare gli sforzi per proteggere e preservare i mammiferi marini. L'uso di misure di mitigazione efficaci - come zone geografiche di esclusione - è obbligatorio per tutelare i mammiferi marini da sorgenti di rumore che hanno il potenziale di essere lesive per loro (NOOA, 2015).

Considerata la natura del Mare Adriatico – un'area molto complessa in termini oceanografici, di presenza di biodiversità e utilizzo economico – il programma di prospezione geofisica *offshore* previsto da NP comprende elementi di pianificazione e procedure operative tese a minimizzare i potenziali impatti sui mammiferi marini attraverso l'attuazione, a bordo delle navi, di diverse misure di mitigazione.

Le procedure di mitigazione dovranno:

1. essere attuabili;
2. basarsi sulle informazioni raccolte dagli operatori MMO/PAM;

3. tenere conto delle condizioni operative e di eventuali situazioni forzate;
4. massimizzare la tutela delle specie di mammiferi marini e, per quanto possibile, ridurre al minimo l'interruzione delle operazioni.

Le misure di mitigazione, oltre a far riferimento alle linee guida ACCOBAMS (2013) e JNCC (2015), oggi le più stringenti disponibili, saranno opportunamente individuate tenendo conto:

- a) delle informazioni contenute nelle banche dati degli spiaggiamenti dei mammiferi marini nell'area di riferimento;
- b) dei dati di presenza e distribuzione spaziale dei mammiferi marini raccolti durante la fase *ante operam*;
- c) della modellizzazione del campo sonoro generato dalla sorgente in relazione ai parametri oceanografici (profondità/profilo della temperatura, profondità dell'acqua, caratteristiche del fondo marino) ed a qualsiasi gruppo zoologico (ad es. misticeti, odontoceti, pinnipedi, tartarughe marine) o specie critiche (ad es. zifio), in modo da definire dinamicamente una Zona di Esclusione (EZ).

L'attività di mitigazione comprenderà:

- 1) il continuo monitoraggio acustico passivo (mediante *array* trainato o altre tecnologie idonee con larghezza di banda sufficiente per essere sensibile a tutta la gamma di frequenza dei mammiferi marini che ci si attende di incontrare in zona) e visivo con un team di operatori MMO/PAM specializzati per garantire che i mammiferi marini non siano nella EZ prima di attivare le sorgenti di rumore e mentre le sorgenti sono attive;
- 2) un periodo di osservazione specifico di almeno 30 minuti prima di iniziare qualsiasi emissione, per garantire che nessun animale sia all'interno della EZ;
- 3) in caso un animale o un gruppo di essi sia presente o entri nella EZ durante i 30 min di osservazione precedenti all'attivazione della sorgente, attendere nuovamente 30 minuti ricalcolandoli come segue:
  - i) 30 minuti da quando l'animale è stato visto lasciare la EZ
  - ii) dopo 15 minuti in caso gli animali (piccoli cetacei) spariscano dalla vista e l'ultimo avvistamento sia avvenuto all'interno della EZ (totale 45 minuti dall'ultimo contatto visivo)
  - iii) dopo 30 minuti in caso gli animali (grandi cetacei) spariscano dalla vista e l'ultimo avvistamento sia avvenuto all'interno della EZ (totale 60 minuti dall'ultimo contatto visivo)
- 4) l'utilizzo dei più bassi livelli di sorgente applicabili;
- 5) la limitazione della propagazione orizzontale mediante l'adozione di opportune configurazioni di *array* e sincronizzazione degli impulsi ed eliminando alte frequenze non necessarie;
- 6) nel caso di prima accensione della sorgente (*Ramp up*), essa deve essere attivata alla potenza minima e successivamente incrementata di non più di 6db ogni 5 minuti fino al raggiungimento della potenza desiderata (Ryan, NURC, 2009);

- 7) nel caso in cui un animale o un gruppo di essi entri o stia per entrare nella EZ, l'MMO deve tempestivamente richiedere la diminuzione (*Power Down*; di seguito PD) dell'intensità della sorgente fino al livello minimo iniziale. Se gli animali continuano ad avvicinarsi, gli MMO richiedono la cessazione (*Shut Down*; di seguito SD) della sorgente;
- 8) dopo un avvistamento con relativo PD o SD, la sorgente può essere riattivata secondo le seguenti procedure:
  - i) quando l'animale è stato visto lasciare la EZ;
  - ii) in caso l'animale non sia stato visto lasciare la EZ, dopo 15 minuti dall'ultimo contatto visivo nel caso di piccoli cetacei;
  - iii) in caso l'animale non sia stato visto lasciare la EZ, dopo 30 minuti nel caso di cetacei di grandi dimensioni;
- 9) dopo un PD, uno SD o una qualsiasi interruzione dovuta a ragioni tecniche, la sorgente può essere riattivata direttamente a piena potenza se la sospensione/riduzione sia durata meno di 8 minuti. In tutti gli altri casi, deve essere ripetuto il *Rump Up*. Non sono richiesti i 30 minuti di osservazione preventiva nel caso il monitoraggio degli MMO sia proseguito senza interruzione o nel caso la sorgente sia stata mantenuta attiva al livello di intensità iniziale minima dopo un PD;
- 10) l'adattamento la sequenza di linee di *survey* evitando di bloccare rotte di fuga;
- 11) l'adozione di un approccio precauzionale in caso di incertezze, eventi imprevisti o dubbi, facendo riferimento diretto al MATTM;
- 12) l'allertamento dei network degli spiaggiamenti dell'area;
- 13) la messa a punto di reportistica per fornire informazioni sulle procedure attuate e sulla loro efficacia.

## 9. PIANO DI MONITORAGGIO ACUSTICO E VISIVO

### 9.1 Obiettivi

Il Piano di Monitoraggio e Mitigazione degli Effetti delle Prospezioni Geofisiche sui Mammiferi Marini di NP è strutturato e organizzato per rispondere puntualmente alle prescrizioni del DM 104/2015 del MATTM e per applicare quanto previsto nell'ambito dei principali accordi nazionali e internazionali stipulati per tutelare i mammiferi marini dai danni di tipo acustico conseguenti le attività di prospezione geofisica (ACCOBAMS 2013, ISPRA 2012, JNCC 2015).

Gli obiettivi principali del programma di monitoraggio sono:

1. acquisire dati sulla presenza e distribuzione dei mammiferi marini nell'area di indagine sismica;
2. documentare gli eventuali effetti dell'attività di prospezione geofisica sui mammiferi marini;
3. garantire che sia minimizzato il disturbo alle specie di mammiferi marini (mitigazioni *real-time*);
4. assicurare che siano assolte tutte le prescrizioni previste dal DM 104/2015.

In accordo con le richieste del DM 104/2015, il Piano di Monitoraggio e Mitigazione degli Effetti delle Prospezioni Geofisiche sui Mammiferi Marini prevede tre distinti periodi di raccolta dati:

1. una fase *ante-operam* della durata di 60 giorni precedente la prospezione geofisica;
2. una fase durante la prospezione geofisica della durata di 30 giorni circa;
3. una fase *post-operam* della durata di 60 giorni successiva alla campagna di prospezione.

L'introduzione di periodi di monitoraggio prima e dopo la crociera sismica – del tutto innovativa nello scenario internazionale di riferimento – permetterà di:

1. attraversare con continuità un più ampio arco temporale;
2. garantire stabilità e persistenza nel livello di acquisizione delle informazioni sui mammiferi marini;
3. eseguire una comparazione sistematica della situazione nell'area di studio prima, durante e dopo la crociera sismica;
4. individuare tempestivamente situazioni che necessitano di particolare attenzione.

In particolare, come fortemente auspicato dalla comunità scientifica internazionale (UNEP-DEPI/MED WG.408/Inf.11, 2015), la visione più completa conseguita con il monitoraggio continuo ante-durante-post potrà evidenziare eventuali variazioni nella presenza, distribuzione e comportamento dei mammiferi marini, iniziando a colmare quelle lacune conoscitive che ad oggi limitano la valutazione dell'effettivo livello di disturbo delle attività sismiche.

Tutte le misurazioni acustiche verranno effettuate seguendo le indicazioni indicate nel *NPL Good Practice Guide No. 133 - Underwater Noise Measurement* (National Physical Laboratory, 2014).

## 9.2 Tempistica e modalità di attuazione

Il Piano di Monitoraggio e Mitigazione degli Effetti delle Prospezioni Geofisiche sui Mammiferi Marini sarà attuato da un team di esperti operatori MMO/PAM, con competenze specifiche in entrambe le discipline.

Gli operatori MMO/PAM saranno ospitati a bordo della nave sismica durante la prospezione e a bordo di altri mezzi navali equipaggiati *ad hoc* nel corso delle fasi *ante* e *post operam*.

La previsione è di avviare l'attività di prospezione geofisica nella stagione invernale 2016-2017. Al momento non è nota la data esatta in cui le operazioni sismiche inizieranno. Le attività esplorative dureranno operativamente circa 30 giorni, al termine dei quali inizierà la fase *post-operam* in modo da ottemperare le prescrizioni ministeriali previste dal DM 104/2015.

I *survey* visivi e acustici di superficie, da realizzarsi prima e dopo la campagna sismica, seguiranno le rotte mostrate in Figura 28 (le linee porpora indicano i confini delle aree di prospezione geofisica mentre le linee rosse indicano il tracciato delle rotte di monitoraggio).

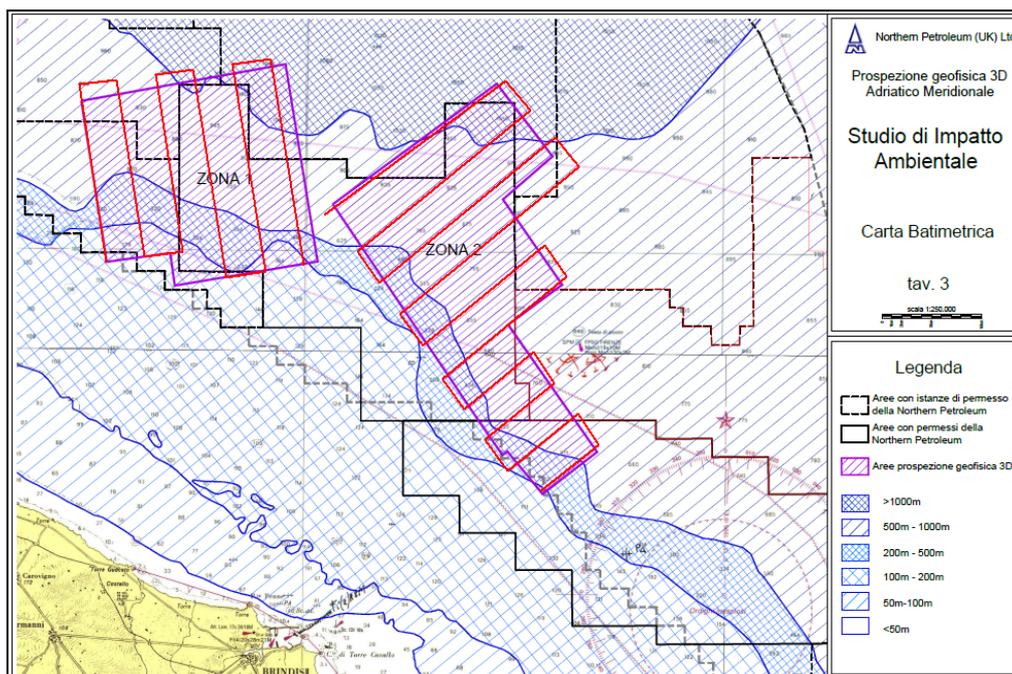


Figura 28 – Transetti che saranno percorsi nel monitoraggio visivo e acustico di superficie.

L'intera area sarà indagata attraverso transetti spazati 2 miglia nautiche (mn) l'uno dall'altro. Si stima che con turni di osservazione diurni della durata di 7-8 ore ciascuno a bordo di una imbarcazione in partenza dal porto di Brindisi che viaggia ad una velocità indicativa di 4-5 nodi, la prima area, definita ZONA 1, sarà coperta in 2 giorni mentre la seconda area, definita ZONA 2, sarà completata in 3 giorni. La traccia 1 ha una lunghezza totale di circa 70 mn, mentre la rotta 2 si estende fino a 100 mn.

Il primo ciclo di osservazione sarà realizzato nelle prime due settimane del periodo di 60 giorni prima e dopo il *survey* sismico; il secondo avverrà durante le settimane 4 e 5 e così via, come mostrato in Tabella 8.

Tabella 8 – Programma dei monitoraggi di superficie ante e post operam.

<b>Fase di monitoraggio</b>	<b>Ante operam</b>								<b>Durante</b>	<b>Post operam</b>							
<b>Settimana</b>	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	~1 mese	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8
<b>Ciclo di monitoraggio</b>	ciclo 1			ciclo 2			ciclo 3		<b>SURVEY SISMICO</b>	ciclo 4			ciclo 5			ciclo 6	

Il programma proposto potrà essere passibile di variazioni e/o aggiustamenti in relazione alle condizioni meteo-marine. Tuttavia tale schema di campionamento, basandosi su un principio di ridondanza temporale a garanzia di totale copertura dell'area, potrebbe assicurare la ripetizione del *survey* sull'intera area per 3 volte, fornendo una puntuale caratterizzazione biologica dell'ambiente.

A tal riguardo, il *survey* di superficie, coadiuvato dalle registrazioni delle sonoboe, restituirà un quadro d'insieme sulla presenza di mammiferi marini nell'area, estremamente significativo per il raggiungimento degli obiettivi del presente piano di monitoraggio. Infatti, sarà possibile:

1. produrre una mappa di presenza e distribuzione dei rilevamenti visivi e acustici lungo i transetti, con un dato di densità riportato in relazione al numero di avvistamenti/km lineare;
2. fornire, ogniqualvolta possibile, una descrizione del comportamento degli animali;
3. stimare le dimensioni dei gruppi avvistati;
4. fornire, attraverso la continuità di rilevamento delle sonoboe, una visione dell'andamento temporale e dei cicli giornalieri di attività dei mammiferi marini e del rumore ambiente

Il monitoraggio acustico e visivo di superficie dei mammiferi marini attuato da MMO/PAM sarà realizzato durante tutto il periodo delle prospezioni geofisiche così come durante le fasi *ante* e *post operam*, secondo quanto prescritto nel DM 104/2015.

Gli operatori MMO/PAM registreranno h24 i rilevamenti acustici e visivi (solo periodo diurno) di mammiferi marini nelle vicinanze della nave sismica (in presenza o assenza di attività), e durante tutti i periodi di luce nelle fasi *ante* e *post operam*. Ogni qualvolta possibile, oltre all'identificazione visiva e/o acustica delle diverse specie, gli operatori MMO/PAM stimeranno la taglia dei gruppi incontrati, la distanza degli individui dalla piattaforma di osservazione, il comportamento generale e le eventuali reazioni specifiche alle attività di prospezione geofisica.

### **9.3 Operatori MMO/PAM**

Un numero adeguato di operatori MMO/PAM sarà impiegato a bordo di ogni nave (*ante-durante-post operam*) per soddisfare i seguenti criteri:

1. 100% di copertura di monitoraggio visivo durante le ore diurne in tutte le fasi;
2. 100% di copertura di monitoraggio acustico durante le ore diurne nelle fasi *ante* e *post*;
3. 100% di copertura di monitoraggio acustico per h24 durante la fase operativa sismica;
4. un numero massimo di ~ 8-10 ore di lavoro/die per operatore MMO/PAM.

Il team di operatori MMO/PAM sarà composto da 3 osservatori qualificati durante le fasi *ante* e *post operam* e da 4 osservatori durante l'intera crociera sismica. In tutte le fasi, il gruppo sarà guidato e coordinato da un ulteriore operatore MMO/PAM (*team leader*), che rappresenterà anche la persona di riferimento per il personale dei mezzi navali e, possibilmente, assolverà la funzione di preposto in relazione alle normative di sicurezza.

#### **9.3.1 Rotazione e turni degli operatori MMO/PAM**

Il piano prevede la rotazione degli operatori MMO/PAM. Durante l'avvicendamento, il team leader uscente fornirà al team leader entrante una reportistica dettagliata di quanto occorso durante il periodo precedente. Altre comunicazioni quali e-mail, fax e/o contatti telefonici tra il team leader attuale e quello in arrivo potranno aggiungersi alle note nel corso di ogni rotazione. In caso di cambiamento imprevisto di membri del team, NP faciliterà tali comunicazioni per assicurare la coerenza tra turni di monitoraggio.

L'avvicendamento sarà gestito in modo tale da prevedere l'uscita dal servizio del gruppo in partenza solo nel momento di arrivo a bordo del nuovo team, in modo da non lasciare mai scoperto alcun turno di osservazione previsto dal programma di monitoraggio.

#### **9.3.2 Qualifica e addestramento degli operatori MMO/PAM**

I team leader e tutti gli operatori MMO/PAM saranno professionisti con esperienza maturata in uno o più progetti di monitoraggio di mammiferi marini nel Mar Mediterraneo, o altre aree *offshore*, in questi ultimi anni.

Sarà predisposto e distribuito in anticipo a tutti i tecnici MMO/PAM un manuale per gli operatori (*MMO/PAM Handbook*), appositamente preparato per il programma di prospezione geofisica NP. Inoltre, tutti gli operatori MMO/PAM coinvolti nel presente programma di monitoraggio parteciperanno ad una sessione di formazione *ad hoc* organizzata da ODO e CIBRA, da completare poco prima dell'inizio previsto delle attività. Gli obiettivi primari del periodo di training saranno:

1. esame del Piano di Monitoraggio e Mitigazione degli Effetti delle Prospezioni Geofisiche sui Mammiferi Marini di NP, comprese le eventuali modifiche indicate dal MATTM;
2. analisi del funzionamento delle attrezzature specializzate e dei *software* impiegati.

### 9.3.3 *MMO/PAM Handbook*

Il manuale per gli operatori (*MMO/PAM Handbook*) conterrà mappe, illustrazioni e fotografie, così come copie di documenti importanti, insieme a un testo descrittivo destinato a fornire indicazioni e informazioni di riferimento.

Il manuale tratterà i seguenti argomenti:

1. descrizione generale sintetica del progetto NP, dei mammiferi marini e del rumore subacqueo, del presente Piano di Monitoraggio e Mitigazione degli Effetti delle Prospezioni Geofisiche sui Mammiferi Marini, dei regolamenti MATTM e di altre autorizzazioni;
2. obiettivi e procedure del monitoraggio e dell'attività di mitigazione, raggi di sicurezza iniziali;
3. responsabilità del personale MMO/PAM in relazione al Piano di Monitoraggio e Mitigazione degli Effetti delle Prospezioni Geofisiche sui Mammiferi Marini;
4. procedure di registrazione dei dati: codici ed istruzioni di codifica, usuali errori di codifica, banca dati elettronica; navigazione, scheda tecnica con dati di navigazione e caratteristiche fisiche marine;
5. utilizzo delle attrezzature e dei software specifici;
6. tabella della velocità del vento, forza del vento secondo la scala Beaufort, codifica delle condizioni meteomarine;
7. procedure di memorizzazione dei dati e backup;
8. elenco delle specie che si possono incontrare in zona: identificazione e storia naturale;
9. misure di sicurezza a bordo e regole anti infortuni;
10. indicazioni per la risoluzione di eventuali conflitti tra operatori MMO/PAM, e/o tra operatori MMO/PAM ed equipaggio;
11. norme di condotta generale;
12. disposizioni su droga/alcool;
13. programmazione delle crociere e dei turni di monitoraggio;
14. comunicazioni;
15. elenco, uso e manutenzione delle attrezzature da campo fornite;
16. lista degli effetti personali consigliati da portare a bordo;
17. letteratura di riferimento;
18. richieste e procedure relative alla reportistica sul campo.

#### **9.4 Monitoraggio acustico passivo (PAM): metodi e strumentazione**

Il monitoraggio acustico passivo (PAM) sarà condotto in accordo con quanto prescritto dal MATTM per rilevare le vocalizzazioni dei mammiferi marini e per definire e documentare le caratteristiche e la propagazione dei suoni derivanti dall'attività di prospezione geofisica che possono potenzialmente causare cambiamenti nella distribuzione dei cetacei.

Attraverso il monitoraggio acustico sarà possibile definire e documentare le caratteristiche e la propagazione dei suoni derivanti dall'attività di prospezione geofisica che possono avere il potenziale di impattare i mammiferi marini.

I metodi di localizzazione acustica hanno il vantaggio di rilevare un gran numero di segnali, di poter operare giorno e notte, indipendentemente dalla visibilità e, in qualche misura, anche a prescindere dalle condizioni atmosferiche e dallo stato del mare, fattori limitanti dei monitoraggi visivi.

Tuttavia, poiché i metodi acustici dipendono dall'attitudine degli animali a emettere segnali e in qualche misura occorre supporre che tale tasso di emissione sia influenzato dall'esposizione alle attività di prospezione, l'uso combinato dei due metodi di indagine acustico e visivo è quello più idoneo a fornire informazioni utili.

##### ***9.4.1 Monitoraggio acustico con array acustico a dipolo trainato (solo ante e post operam)***

Durante le fasi prima e dopo la crociera sismica i dati acustici verranno registrati mediante un array acustico a dipolo calibrato trainato con le seguenti caratteristiche: 90 kHz di banda, basso *self noise* (*less than sea state 0*); 250m di cavo elettromeccanico più 50m di *deck lead* per collegamento in laboratorio o area idonea all'acquisizione; sezione attiva: tubo a spessore ridotto di 15m contenente i sensori (due idrofoni più profondimetro), preamplificatori, *spacers* e zavorra stabilizzatrice (Figura 29, Figura 30). Le terminazioni sono standard XLR per il segnale acustico (in differenziale) e terminali (tipo banana jack) per l'alimentazione 12VDC e la lettura del segnale di profondità.

La velocità operativa ottimale è compresa fra 3-5 nodi, con una conseguente profondità di traino di circa 20 m. Può essere filato e recuperato a mano da due operatori. Il design dello strumento è stato ottimizzato per un agevole uso su navi da ricerca tanto quanto su piccole imbarcazioni in anni di attività sulle stesse.



Figura 29 – Array acustico trainato (CIBRA) utilizzato nelle fasi ante e post operam.

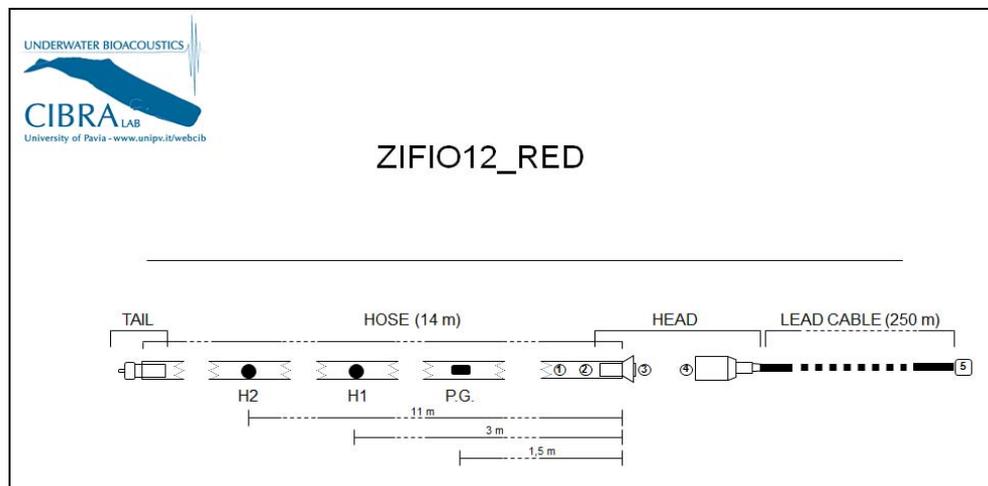


Figura 30 – Schema array CIBRA

Il segnale analogico differenziale sarà digitalizzato con scheda di acquisizione A/D a 192kHz e visualizzato sulla workstation via SeaPro 3 (Figura 31), *software* di visualizzazione spettrale multicanale sviluppato da CIBRA (in alternativa potrà essere utilizzato Pamguard come opzione di backup e di integrazione). Il programma permette di distinguere graficamente in *real time* i suoni provenienti dai settori a prua o a poppa dell'imbarcazione. Le registrazioni audio saranno registrate su HD in sezioni di 10 minuti (allineate ai 10 minuti dell'ora) con *time-stamp* e georeferenziazione. I dati acustici biologici e di avvistamento sono inseriti in un *software* dedicato (AcLogger) con categorie predefinite (Tabella 9) e indice di qualità del segnale immediatamente visualizzati su mappa digitale (vedi avanti).

Durante il servizio, effettuato in queste fasi durante le ore diurne, l'operatore sarà sempre in ascolto (banda audio) e osserverà lo spettrogramma per le bande di frequenza sopra i 20kHz. È inoltre previsto l'ascolto in *frequency-shift* di due bande ultrasoniche a scelta dell'operatore (22-32 kHz per il grampo, 40-50 kHz per lo zifio) in modo da agevolare l'individuazione di queste specie.

Tabella 9 - Categorie acustiche predefinite.

Acoustic categories	Description
R	regular click series (typical of sperm whales if rate is 0.5 - 2 per sec)
CD	codas (patterned series of clicks typical of sperm whales)
T	trumpets (sequence of short tonal-like sounds)
C	generic dolphins' clicks (repeated)
B	bursts of clicks & "buzzes" (series of clicks with high repetition rate)
N	nacchere (sequences of clicks with emphasis on low frequencies and rates of 10-20 per sec)
LW	low frequency whistles (< 8 kHz)
HW	high frequency whistles (> 8 kHz)
VLF	very low frequency sounds (<100 Hz) (typical of fin whales if in the range 15 to 25 Hz, ~1 sec in duration)
S	snapping shrimps (thin clicks in random series, close to the coast and in shallow waters)
SC	ship noise with continuous tonal components
SP	pulsed or modulated ship noise
SN	sonar & sonar-like sounds
O	other (describe)

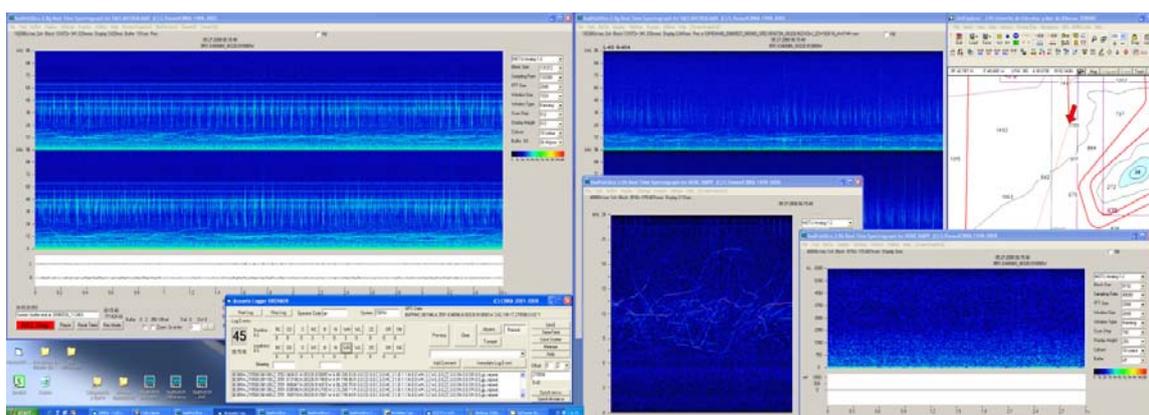


Figura 31 – CIBRA DSP workstation: da sinistra, spettrogramma ad ampia banda, AcLogger, altri spettrogrammi, zoom di banda, software di navigazione

Come mostrato in Figura 32, i contatti visivi ed acustici sono immediatamente trasferiti ed indicate su mappa, sollecitando l'attenzione dell'operatore in caso di zone di particolare interesse.

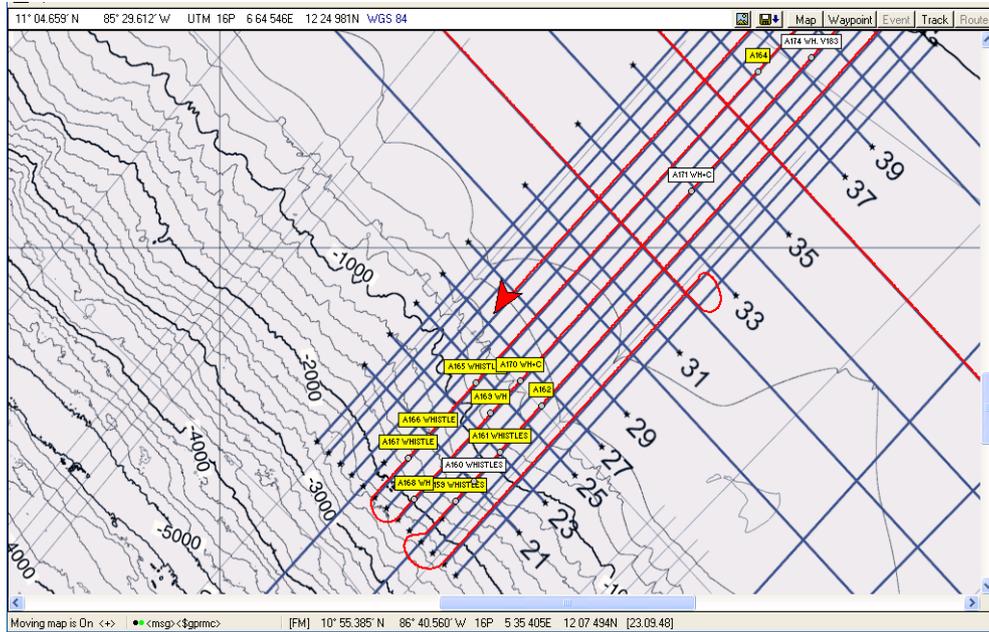


Figura 32 – Contatti visivi ed acustici riportati su mappa

In alternativa al suddetto idrofono trainato, uno stazionario sarà altresì presente a bordo con funzione di backup fornito da ODO. Le caratteristiche sono riportate nella Figura 33. Il protocollo di monitoraggio in questo caso cambierebbe da continuo a 5 minuti di ascolto ogni 20 di navigazione. La catena di analisi e registrazione sarà la medesima descritta sopra.



Idrofono professionale sferico, omnidirezionale, preamplificato ben si adatta a molteplici applicazioni. Le qualità dell'idrofono GP0280 ne fanno uno sensore di misura di classe superiore:

- Sensibilità elevata
- Basso rumore
- Ampia banda di utilizzo
- Doppia uscita: singola e bilanciata
- Ingresso di calibrazione
- Elevata qualità costruttiva e dei materiali
- Connettore in acciaio inox tipo "metal shell"

**Specifiche tecniche**

- Banda di utilizzo: 5-90.000 Hz
- Attenuazione delle basse frequenze a 6dB/ottava con -3dB a 740 Hz (personalizzabile su richiesta)
- Sensibilità: -165 dB re1V/uPa @10kHz (uscita bilanciata), -171 dB re1V/uPa @10kHz (uscita singola)
- Direzionalità: sferico-omnidirezionale
- Guadagno @5kHz: 30dB (uscita singola), 36dB (uscita bilanciata)
- Rumore acustico equivalente in ingresso @5kHz: 34dB re 1uPa/sqrtHz
- Impedenza di ingresso: 10 MegaOhms
- Alimentazione: 11,5-30 Volt
- Massimo segnale in uscita: 7 Vpp (uscita singola), 14Vpp (uscita bilanciata)
- Assorbimento: 9mA @12V
- Peso a secco: 400gr.
- Materiale contenitore: acciaio inox 316

Figura 33 – Idrofono stazionario (funzione di back-up)

Riguardo al protocollo del *survey* acustico/visivo di superficie, come accennato in precedenza, dipendentemente dall'imbarcazione disponibile e dalle condizioni meteomarine, le uscite si svolgeranno giornalmente con rientro a Brindisi per la notte. La distanza della zona di operazioni dal porto di Brindisi varia da un massimo di 20 a un minimo di 15 miglia circa. L'imbarcazione prescelta, a seconda della velocità di trasferimento, lascerà il porto in modo da essere sul luogo di inizio del *survey* all'alba e lascerà quest'ultimo al tramonto, in modo da massimizzare le ore di luce disponibili. All'inizio della fase di monitoraggio verrà filato in mare l'idrofono trainato, che rimarrà operativo per tutto il tempo di campionamento. I dati relativi ai contatti biologici verranno registrati in tempo reale (*software* + cartaceo). Al termine di ogni uscita in mare saranno eseguiti *back-up* di sicurezza. Le condizioni meteomarine oltre le quali le operazioni di monitoraggio possono essere eseguite proficuamente non dovranno superare la soglia di Beaufort 4 (11-16 nodi di vento).

**9.4.2 Monitoraggio acustico con boa (ante-durante-post)**

Durante tutta la campagna a mare (*ante*, durante e *post*) a complemento delle altre strumentazioni per il rilevamento acustico saranno impiegate boe acustiche fisse secondo le prescrizioni del DM.

Saranno utilizzati due registratori autonomi collocati sul fondale approssimativamente al centro delle due aree di indagine, spaziate fra di loro di meno di 20 miglia, su una profondità di circa 700m e tenuti in sospensione a 10m dal fondale con apposita boa di galleggiamento e con uno sganciato acustico per il recupero.

Le posizioni di deposizione individuate saranno 41° 04'N 17° 52'E per la ZONA 1 (a nord) e 40° 59'N 18° 12'E per la ZONA 2 (a sud) (Figura 34).

Ciascun registratore (*Wildlife Acoustics SM3M deep*, o analogo, Figura 35) è equipaggiato con un idrofono a banda larga, batterie e memorie per poter registrare a banda larga >80 kHz (campionamento a 192 kHz) per lunghi periodi di tempo. La registrazione è programmabile in segmenti temporali di 10 minuti all'inizio di ogni mezz'ora, totalizzando così 8 ore di registrazione per giorno (33% *duty cycle*).

Il sistema è interamente calibrato e insieme ai dati acustici sono memorizzate le misure di rumore in 1/3 di ottava al fine di ottenere il clima acustico dell'area oggetto di indagine con precisione e affidabilità.

L'autonomia del sistema può essere di oltre 90 giorni; tuttavia, i dati acustici registrati saranno recuperati possibilmente ogni 20-30 giorni al fine di poter avere dati tempestivi sulla presenza di mammiferi marini da correlare con le osservazioni effettuate tramite i survey di superficie e per diminuire le possibilità di perdita dati dovute alle intrinseche caratteristiche di tale strumentazione.

Il recupero dei dati avverrà mediante l'uso di idonee imbarcazioni, possibilmente in concomitanza delle uscite per i monitoraggi MMO/PAM di superficie.

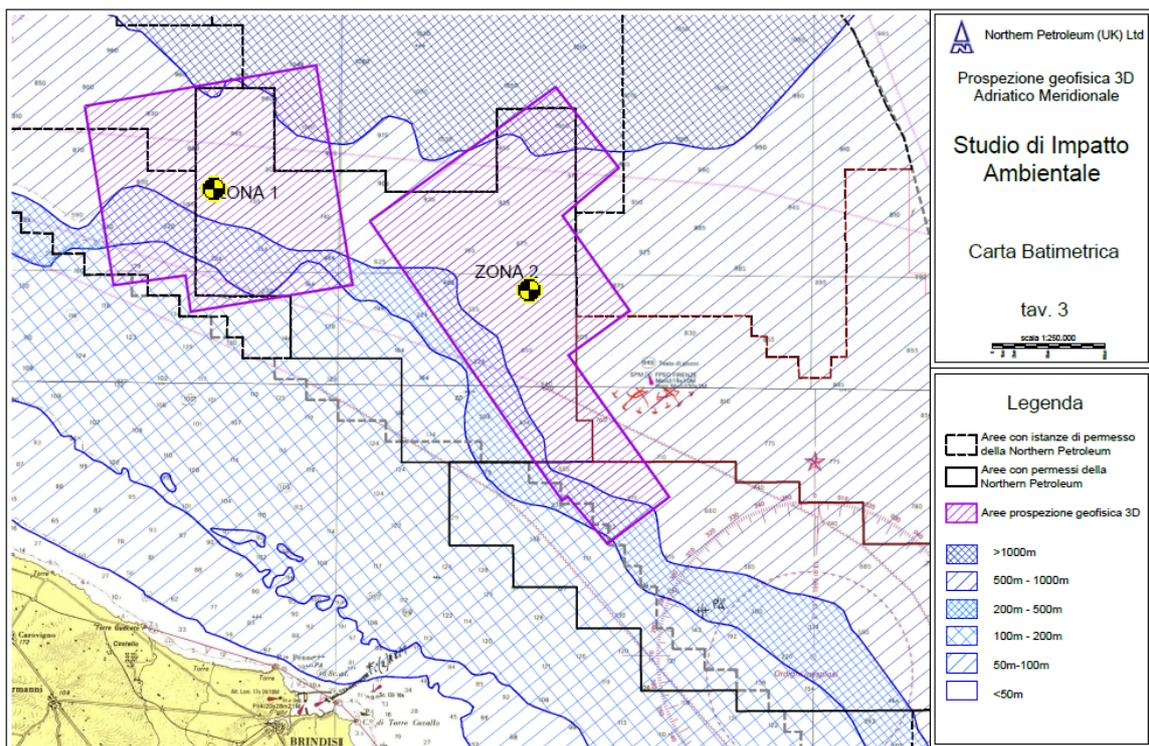


Figura 34 – Posizione geografica delle due boe di fondo rispetto alle aree da indagare



Figura 35 – Boa di registrazione autonoma programmabile (profondità massima 1500m)

Per completezza del panorama strumentale utilizzabile, è stato anche preso in considerazione l'eventuale utilizzo in alternativa di una boa di superficie (Figura 36, Figura 37). Il vantaggio sarebbe un maggior controllo delle condizioni operative della stessa e un più facile accesso ai dati. Per contro, le difficoltà tecniche associate all'ancoraggio di tali sistemi ne limiterebbero la collocazione geografica in un'area poco rappresentativa in quanto a profondità e specie presenti.

In effetti, si potrebbe prevedere una boa ancorata alla profondità di circa 150-180m approssimativamente sul punto avente coordinate 40° 57'N e 18° 01'E (Figura 38) ed equipaggiata con due idrofoni a banda larga (oltre 70 kHz) collocati a differenti profondità sopra e sotto il termoclino (a -20m e -120m).

La boa di superficie ospita sia la strumentazione di segnalazione ottica e radio, sia un registratore autonomo programmabile che consente la registrazione con 70 kHz di larghezza di banda in segmenti temporali di 10 minuti all'inizio di ogni mezz'ora, totalizzando così 8 ore di registrazione per giorno (33% *duty cycle*). Anche in questo caso, il sistema è interamente calibrato e insieme ai dati acustici sono memorizzate le misure di rumore in 1/3 di ottava al fine di ottenere il clima acustico dell'area oggetto di indagine con precisione e affidabilità. L'autonomia del sistema è di circa 80 giorni, tuttavia i dati acustici registrati saranno recuperati possibilmente ogni 30 giorni al fine di poter avere dati tempestivi sulla presenza di mammiferi marini da correlare con le osservazioni effettuate tramite i *survey* di superficie.

Il recupero dei dati dovrebbe avvenire in concomitanza delle uscite per i monitoraggi MMO/PAM di superficie. Deposizione, ancoraggio e recupero della boa saranno eseguite con idonea imbarcazione.



Figura 36 – Boa di superficie

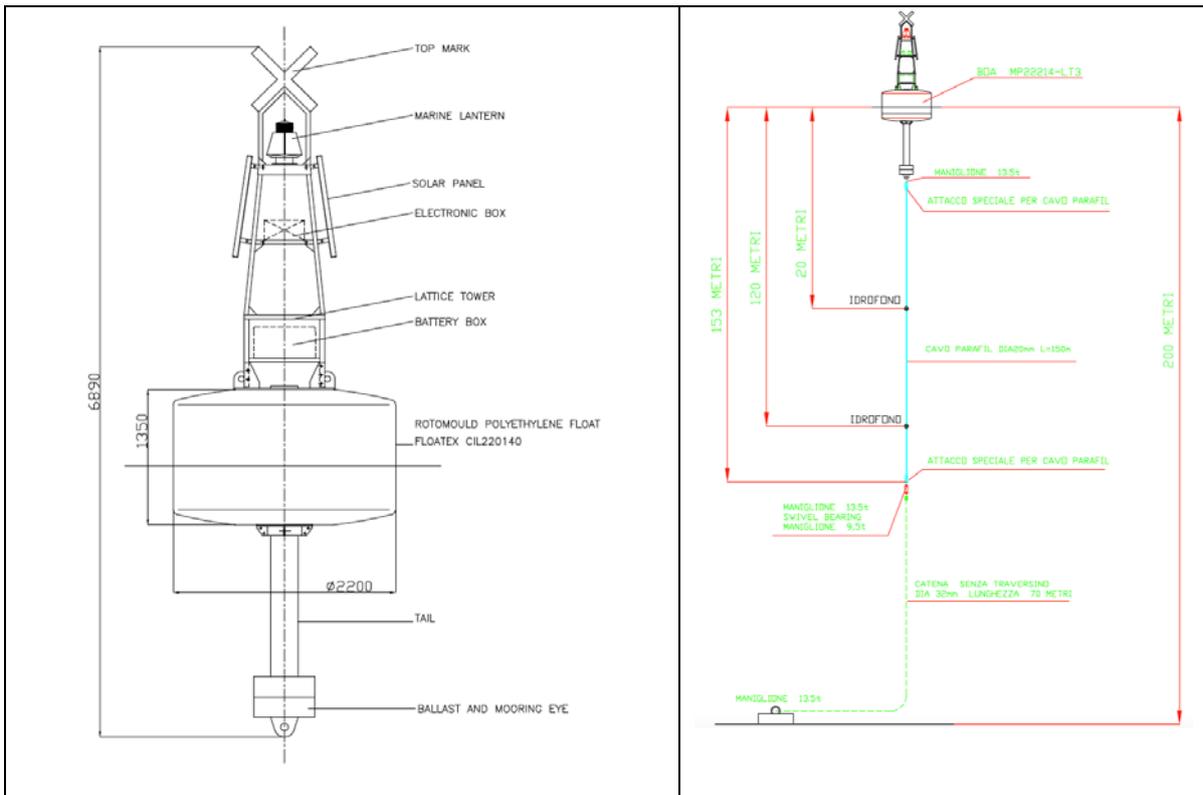


Figura 37 – Struttura della boa di superficie e relativo schema di ancoraggio.

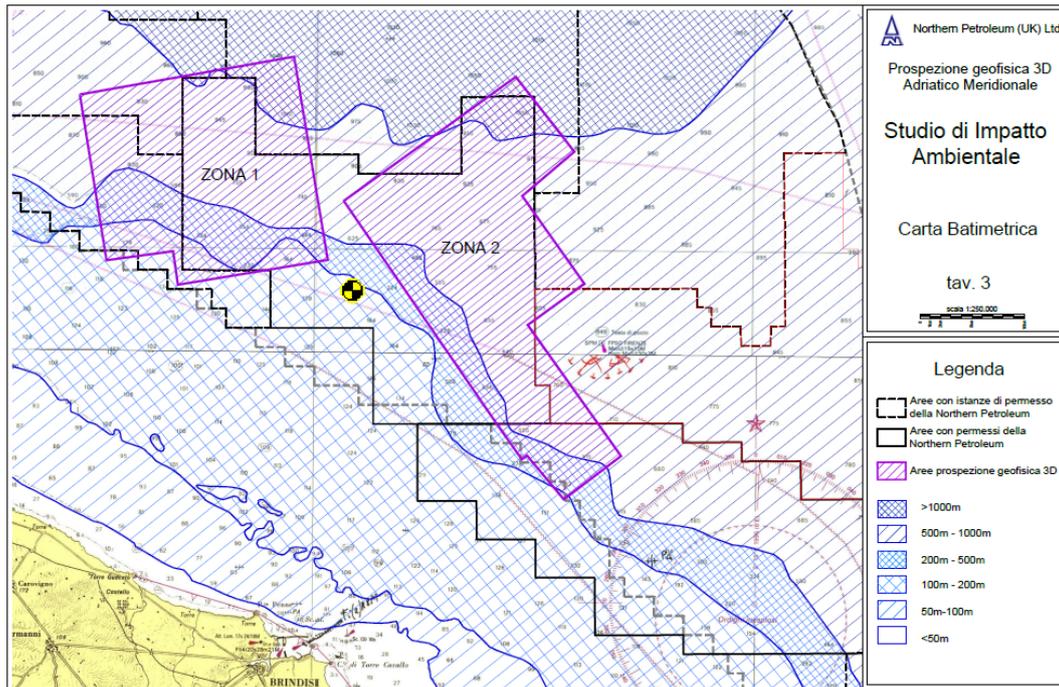


Figura 38 – Posizione geografica della boa di superficie rispetto alle aree da indagare

Per quanto riguarda l'analisi delle registrazioni effettuate mediante i sistemi statici, l'elaborazione dei dati verrà realizzata da CIBRA con *software* proprietario che consente la visualizzazione simultanea sia delle basse frequenze relative ai misticeti sia delle alte frequenze tipiche degli odontoceti e con l'applicazione di algoritmi dedicati che massimizzano il rilevamento dei fischi e degli impulsi di ecolocalizzazione. Per quanto possibile i dati acustici saranno categorizzati per specie, quando univocamente riconoscibili (balenottera, capodoglio, grampo, globicefalo, zifio, steno) o per gruppo di specie acusticamente affini (delfinidi, quali tursiope, stenella e delfino comune).

La rappresentazione compatta degli eventi acustici e delle misure di rumore in 1/3 di ottava su archi temporali di 24 ore darà inoltre una visione globale dei cicli di attività notte/giorno e dell'evoluzione temporale dell'ambiente acustico.

Da considerare infine, come la tecnologia basata sulle sonoboe, per quanto ampiamente utilizzata, non può garantire con certezza assoluta la restituzione dei dati acustici, ad esempio per via del rischio di perdita della strumentazione a causa dell'attività di pesca a strascico.

Nell'eventualità che non fosse possibile ottenere informazioni complete mediante questi strumenti, la validità dell'intero piano di monitoraggio sarà comunque garantita grazie ai puntuali dati ottenuti tramite i survey acustici di superficie.

#### 9.4.3 Monitoraggio acustico dalla nave sismica (solo durante la prospezione)

La strumentazione acustica utilizzata durante la prospezione geofisica sarà fornita dalla nave sismica. Questo tipo di imbarcazioni è dotata, infatti, oltre che della strumentazione sismica, di

un *array* acustico dedicato al monitoraggio dei mammiferi marini. Lo strumento è disegnato ed utilizzato per risultare compatibile con gli *array* sismici, gli *airgun* e i sistemi di posizionamento degli stessi, fattore non di poco conto su tali imbarcazioni. L'*array* acustico è dotato di due o più sensori a banda larga (*mid frequency* 500Hz – 20kHz e *high frequency* 20kHz – 96kHz) spazati in modo da garantire un certo grado di localizzabilità della sorgente. In caso la nave sismica non fosse dotata di idonea strumentazione, allora verrà impiegata la medesima strumentazione delle fasi *ante e post operam*.

Come citato da ISPRA (2012), l'esatta determinazione per via acustica della distanza della sorgente (delfini/balene) è difficilmente ottenibile in maniera univoca tramite l'uso di *array* acustici trainati e relativi *software*. Tuttavia, in linea con quanto suggerito dal medesimo Rapporto tecnico e in ottemperanza alle richieste Ministeriali, si garantisce la presenza a bordo di un tecnico acustico di comprovata esperienza in grado di ovviare, ove possibile, a tale livello di incertezza. L'*array* acustico sarà operativo per l'intera crociera (condizioni meteomarine permettendo) e costantemente monitorato da un tecnico PAM. Il *software* in uso sarà Pamguard ([www.pamguard.org](http://www.pamguard.org)) o analogo, più la DSPW CIBRA già descritta per le fasi ante e post, al fine di massimizzare le capacità di rilevamento dei segnali e di garantire l'uniformità dei dati raccolti.

Le operazioni di ascolto inizieranno prima dell'avvio del *soft start*, come stabilito dalle linee guida ACCOBAMS richiamate dal DM 104/2015, affiancando il monitoraggio visivo, per massimizzare le capacità di rilevamento degli operatori e, in caso, ritardare il *Ramp up*.

### **9.5 Monitoraggio visivo: metodi e strumentazione**

Gli osservatori MMO condurranno monitoraggi visivi tesi all'individuazione dei mammiferi marini posizionandosi nel miglior punto di osservazione disponibile sulla nave. Idealmente, questo punto di vista è rappresentato da una postazione stabile sopraelevata da cui gli MMO avranno una vista libera sul mare di 360°. Gli osservatori esploreranno la superficie dell'acqua sistematicamente ad occhio nudo e mediante binocoli 7x50 dotati di reticolo. Il personale sul ponte potrà aiutare gli MMO nella ricerca dei mammiferi marini.

In caso di avvistamento, quando possibile e sempre successivamente all'azione di mitigazione, verranno registrate le seguenti informazioni relative all'evento:

1. elemento grazie al quale è stato effettuato l'avvistamento dell'animale (*sighting cue*);
2. specie, dimensione del gruppo, classi di età/taglia/sex (se determinabile);
3. descrizione delle caratteristiche fisiche grazie alle quali è stato possibile determinare la specie;
4. comportamento iniziale e durante l'avvistamento, direzione dello spostamento (se costante);
5. posizione e distanza stimata, apparente reazione alle attività (ad esempio: nessuna, allontanamento, avvicinamento, movimento in parallelo, ecc), distanza minima dall'imbarcazione e andamento del comportamento;
6. orario, posizione geografica, velocità ed attività della nave, stato del mare, visibilità e

riflesso del sole;

7. posizione di altre navi nelle vicinanze della piattaforma di osservazione.

La posizione dell'imbarcazione, la velocità, la profondità dell'acqua, lo stato del mare, la visibilità e il riflesso del sole saranno registrati all'inizio e alla fine di ogni turno di osservazione, ogni 30 minuti durante l'osservazione e ogniqualvolta si verifichi un cambiamento in una di queste variabili.

La distanza dei mammiferi marini sarà stimata utilizzando binocoli con reticolo (misura dell'angolo verticale relativo alla linea di avvistamento dell'animale rispetto all'orizzonte, e stima della distanza in funzione dell'altezza della piattaforma).

Gli MMO classificheranno come 'non determinata' la specie in caso di impossibilità di riconoscimento.

Durante l'indagine sismica le attività di monitoraggio saranno condotte h24; gli MMO non saranno in servizio durante le ore di buio, considerata l'inefficacia dell'osservazione visiva di notte e in caso di maltempo. Tuttavia, l'attività PAM sarà attiva h24 e gli operatori saranno sempre in servizio.

NP fornirà o si preoccuperà di predisporre le seguenti apparecchiature di settore ad uso degli MMO a bordo: binocoli con reticolo, binocoli *Big-eye* ove possibile, unità per il sistema di posizionamento globale (GPS), computer portatili e possibilmente macchine fotografiche digitali fisse e videocamere.

#### **9.5.1 Registrazione, gestione e sicurezza dei dati visivi**

Gli operatori MMO/PAM in servizio sulle navi registreranno le loro osservazioni su computer mediante pacchetti *software* personalizzati, così da ottenere sintesi strutturate durante e subito dopo la campagna di monitoraggio e da facilitarne il trasferimento in altri *software* per ulteriori elaborazioni.

Il controllo della qualità dei dati sarà garantito da:

1. la sessione di formazione degli operatori;
2. la supervisione del team leader presente a bordo;
3. la verifica dei dati in corso d'opera durante la campagna in mare.

Sui dati verrà eseguito regolarmente un *backup* su HD e le informazioni saranno conservate in luoghi diversi della nave. I dati saranno protetti ulteriormente grazie al loro trasferimento presso ODO e CIBRA durante le eventuali rotazioni del team.

#### **9.6 Reportistica**

Durante tutto il programma in mare (*ante-durante-post* prospezione geofisica), saranno redatte relazioni da inoltrare al MATTM e agli enti coinvolti sintetizzando i risultati del monitoraggio. A livello di contenuto, le relazioni si baseranno su quanto prescritto dal MATTM nel DM

104/2015.

In particolare verranno prodotte le seguenti relazioni:

- Una relazione al termine della fase di monitoraggio *ante operam*
- Varie relazioni con cadenza settimanale durante l'attività di prospezione geofisica
- Una relazione al termine della fase di monitoraggio *post operam*

## **10. MONITORAGGIO SPIAGGIAMENTO DEI MAMMIFERI MARINI**

La Banca Dati Spiaggiamenti (BDS), creata nel 2005 dall'Università di Pavia e dal Museo di Storia Naturale di Milano per conto del MATTM e gestita da CIBRA, raccoglie e convalida i dati relativi agli spiaggiamenti dei cetacei lungo le coste italiane mettendoli a disposizione online per istituzioni governative e di ricerca, nonché per il pubblico in generale. La Banca Dati Spiaggiamenti, consultabile online all'indirizzo <http://mammiferimarini.unipv.it>, contiene i dati pubblicati dal Centro Studi Cetacei negli anni 1986 - 2006 e dal 2005 è aggiornata in tempo reale con i dati inviati dal Network italiano per gli spiaggiamenti.

In relazione al Piano di Monitoraggio e di Mitigazione dei Mammiferi Marini di NP, la BDS sarà monitorata in modo da evidenziare eventuali anomalie nel tasso di spiaggiamenti della zona. In caso di anomalie, il Network degli spiaggiamenti, i centri IZS e il CERT dell'Università degli Studi di Padova saranno allertati per eseguire analisi dettagliate sulle carcasse.

## 11. BIBLIOGRAFIA

- ACCOBAMS (2013) Anthropogenic noise and marine mammals. Review of the effort in addressing the impact of anthropogenic underwater noise in the ACCOBAMS and ASCOBANS areas. Fifth Meeting of the Parties to ACCOBAMS (Tangier, 5-8 November 2013).
- Aguilar, A. (2000) Population biology, conservation threats and status of Mediterranean striped dolphins (*Stenella coeruleoalba*). *Journal of Cetacean Research and Management* **2**: 17-26.
- Akamatsu, T., Hatakeyama, Y., & Takatsu, N. (1993). Effects of pulse sounds on escape behavior of false killer whales. *Bulletin of the Japanese Society of Scientific Fisheries*, 59, 1297-1303.
- André, M., Terada, M., & Watanabe, Y. (1997). Sperm whale (*Physeter macrocephalus*) behavioural response after the playback of artificial sounds. Report of the International Whaling Commission, 47, 499-504.
- Bearzi, G. (2000) First report of a common dolphin (*Delphinus delphis*) death following penetration of a biopsy dart. *Journal of Cetacean Research and Management* **2**(3): 217-221.
- Bearzi, G., Fortuna, C. M. & Reeves, R. R. (2008) Ecology and conservation of common bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* in the Mediterranean Sea. *Mammal Review* **39**: 92-123.
- Bearzi, G. & Notarbartolo di Sciara, G. (1995) A comparison of the present occurrence of bottlenose dolphins, *Tursiops truncatus*, and common dolphins, *Delphinus delphis*, in the Kvarneric (northern Adriatic Sea). *Annales Series Historia Naturalis* **7**: 61-68.
- Boisseau, O., Lacey, C., Lewis, T., Moscrop, A., Danbolt, M. & McInaghan, R. (2010) Encounter rates of cetaceans in the Mediterranean Sea and contiguous Atlantic area. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **90**(8): 1589-1599.
- Finneran, J. J., Schlundt, C. E., Carder, D. A., Clark, J. A., Young, J. A., Gaspin, J. B., et al. (2000). Auditory and behavioral responses of bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and white whales (*Delphinapterus leucas*) to impulsive sounds resembling distant signatures of underwater explosions. *Journal of the Acoustical Society of America*, 108, 417-431.
- Finneran, J. J., Schlundt, C. E., Dear, R., Carder, D. A., & Ridgway, S. H. (2002b). Temporary shift in masked hearing thresholds (MTTS) in odontocetes after exposure to single underwater impulses from a seismic watergun. *Journal of the Acoustical Society of America*, 111, 2929-2940.
- Fortuna, C.M., Acquarone, M., Annunziatellis, A., Arcangeli, A., Azzelino, A., Baccetti, N., Bellingeri, M., Bonizzoni, S., Borsani, F.J., Caliani, I., Canese, S., Canneri, R., Cerioli, N., De Lucia, A., Dimatteo, S., Fanizza, C., Filidei Jr, E., Fossi, C., Garibaldi, F., Gaspari, S., Giovanardi, O., Giusti, M., Gnone, G., Guidetti, P., Holcer, D., Lauriano, G., Marsili, L., Mazzola, A., Mo, G., Moulins, A., Mussi, B., Notarbartolo di Sciara, G., Orsi Relini, L., Pace, D.S., Panigada, S., Pavan, G., Podestà, M., Pulcini, M., Raicevich, S., Randi, E., Romeo, T., Rosso, M., Sala, A., Tepsich, P., Zimmer, W., Zizzo, N., 2013. MSFD Supporting document on the Initial Assessment on Cetaceans, including methodology, data used and results. ISPRA,

Rome, p. 62.

Fortuna, C. M., Holcer, D., Filidei Jr, E., Donovan, G. P. & Tunesi, L. (2011) The first cetacean aerial survey in the Adriatic sea: summer 2010. In: *7th Meeting of the ACCOBAMS Scientific committee*, p. 16.

Genov, T., Bearzi, G., Bonizzoni, S. & Tempesta, M. (2012) Long-distance movement of a lone short-beaked common dolphin *Delphinus delphis* in the central Mediterranean Sea. *Marine Biodiversity Records* **5**: null-null.

Genov, T., Kotnjek, P. & Lipej, L. (2009) New record of the humpback whale (*Megaptera novaeangliae*) in the Adriatic Sea. *Annales, Series Historia Naturalis* **19**(1): 25-30.

Holcer, D. (1994) Prospective of cetology in Croatia. *European Research on Cetaceans* **8**: 120-121.

Holcer, D., Di Sciara, G. N., Fortuna, C. M., Lazar, B. & Onofri, V. (2007) Occurrence of Cuvier's beaked whales in the southern Adriatic Sea: Evidence of an important Mediterranean habitat. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* **87**(1): 359-362.

Holcer, D., Mackelworth, P. & Fortuna, C. M. (2002) Present state of understanding of the Cetacean fauna of the Croatian Adriatic sea. *European Research on Cetaceans* **16**.

ISPRA (2012) Rapporto tecnico. Valutazione e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezione geofisiche nei mari italiani.

JNCC Report No. 463b Implementation of and considerations for revisions to the JNCC guidelines for seismic surveys Carolyn J. Stone, March 2015. © JNCC, Peterborough 2015

Koski, W. R., & Johnson, S. R. (1987). Behavioral studies and aerial photogrammetry. In Responses of bowhead whales to an offshore drilling operation in the Alaskan Beaufort Sea, autumn 1986 (Section 4). Report from LGL Ltd., King City, ON, and Greeneridge Sciences Inc., Santa Barbara, CA, for Shell Western Exploration and Production Inc., Anchorage, AK. 371 pp.

Lauriano, G., Panigada, S., Fortuna, C. M., Holcer, D., Filidei Jr, E., Pierantonio, N. & Donovan, G. P. (2011) Monitoring density and abundance of cetaceans in the seas around Italy through aerial surveys: a summary contribution to conservation and the future ACCOBAMS survey. In: *63. Meeting of the IWC Scientific committee*, p. 5.

Lazar, B., Holcer, D., Mackelworth, P., Klinčić, D. & HercegRomanić, S. (2012) Organochlorine contaminant levels in tissues of a short-beaked common dolphin, *Delphinus delphis*, from northern Adriatic Sea. *Natura Croatica* **21**(2): 391-401.

Ljungblad, D. K., Würsig, B., Swartz, S. L., & Keene, J. M. (1988). Observations on the behavioral responses of bowhead whales (*Balaena mysticetus*) to active geophysical vessels in the Alaskan Beaufort Sea. *Arctic*, **41**, 183-194.

Malme, C. I., Miles, P. R., Clark, C. W., Tyack, P., & Bird, J. E. (1983). Investigations of the potential effects of underwater noise from petroleum industry activities on migrating gray whale behavior (BBN Report No. 5366; NTIS PB86-174174). Report from Bolt Beranek and Newman Inc. for U.S. Minerals Management Service, Anchorage, AK.

- Malme, C. I., Miles, P. R., Clark, C. W., Tyack, P., & Bird, J. E. (1984). Investigations of the potential effects of underwater noise from petroleum industry activities on migrating gray whale behavior. Phase II: January 1984 migration (BBN Report No. 5586; NTIS PB86-218377). Report from Bolt Beranek and Newman Inc. for U.S. Minerals Management Service, Anchorage, AK.
- Madsen, P. T., & Møhl, B. (2000). Sperm whales (*Physeter catodon* L. 1758) do not react to sounds from detonators. *Journal of the Acoustical Society of America*, 107, 668-671.
- Madsen, P. T., Møhl, B., Nielsen, B. K., & Wahlberg, M. (2002). Male sperm whale behavior during exposures to distant seismic survey pulses. *Aquatic Mammals*, 28, 231-240.
- McCauley, R. D., Jenner, M.-N., Jenner, C., McCabe, K. A., & Murdoch, J. (1998). The response of humpback whales (*Megaptera novaeangliae*) to offshore seismic survey noise: Preliminary results of observations about a working seismic vessel and experimental exposures. *Australian Petroleum Production and Exploration Association Journal*, 38, 692-707.
- McCauley, R. D., Fewtrell, J., Duncan, A. J., Jenner, C., Jenner, M.-N., Penrose, J. D., et al. (2000). Marine seismic surveys: A study of environmental implications. *Australian Petroleum Production and Exploration Association Journal*, 40, 692-708.
- Miller, G. W., Moulton, V. D., Davis, R. A., Holst, M., Millman, P., MacGillivray, A., et al. (2005). Monitoring seismic effects on marine mammals – southeastern Beaufort Sea, 2001-2002. In S. L. Armsworthy, P. J. Cranford, & K. Lee (Eds.), *Offshore oil and gas environmental effects monitoring: Approaches and technologies* (pp. 511-542). Columbus, OH: Battelle Press.
- National Physical Laboratory, 2014. Good Practice Guide No. 133. ISSN: 1368-6550. © Crown Copyright 2014.
- NOAA (National Oceanic and Atmospheric Administration) (2015) DRAFT Guidance for Assessing the Effects of Anthropogenic Sound on Marine Mammal Hearing. Underwater Acoustic Threshold Levels for Onset of Permanent and Temporary Threshold Shifts. July 23, 2015.
- Notarbartolo di Sciara, G. & Birkun, A. (2010) *Conserving whales, dolphins and porpoises in the Mediterranean and Black Seas: an ACCOBAMS status report*. Monaco: ACCOBAMS.
- Notarbartolo Di Sciara, G. N., Venturino, M. C., Zanardelli, M., Bearzi, G., Borsani, F. J. & Cavalloni, B. (1993) Cetaceans in the Central Mediterranean Sea - distribution and sighting frequencies. *Bollettino di Zoologia* **60**(1): 131-138.
- Pino d'Astore, P., Bearzi, B. & Bonizzoni, S. (2008) Cetacean strandings in the province of Brindisi (Italy, southern Adriatic sea). *Annales, Series HistoriaNaturalis* **18**(1): 29-38.
- Rako, N., Holcer, D. & Fortuna, C. M. (2009) Long-term inshore observation of a solitary striped dolphin, *Stenella coeruleoalba*, in the Vinodol Channel, northern Adriatic Sea (Croatia). *Natura Croatica* **18**(2): 427-436.
- Reeves, R. R., Ljungblad, D. K., & Clarke, J. T. (1984). Bowhead whales and acoustic seismic surveys in the Beaufort Sea. *Polar Record*, 22, 270-280.
- Richardson, W. J., Greene, C. R., Jr., Malme, C. I., & Thomson, D. H. (1995). *Marine mammals and noise*. New York: Academic Press. 576 pp.

- Richardson, W. J., Miller, G. W., & Greene, C. R., Jr. (1999). Displacement of migrating bowhead whales by sounds from seismic surveys in shallow waters of the Beaufort Sea. *Journal of the Acoustical Society of America*, 106, 2281.
- Richardson, W. J., Würsig, B., & Greene, C. R., Jr. (1986). Reactions of bowhead whales, *Balaena mysticetus*, to seismic exploration in the Canadian Beaufort Sea. *Journal of the Acoustical Society of America*, 79, 1117- 1128.
- Romano, T. A., Keogh, M. J., Kelly, C., Feng, P., Berk, L., Schlundt, C. E., et al. (2004). Anthropogenic sound and marine mammal health: Measures of the nervous and immune systems before and after intense sound exposure. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 61, 1124-1134.
- Todd, S., Stevick, P., Lien, J., Marques, F., & Ketten, D. (1996). Behavioral effects of exposure to underwater explosions in humpback whales (*Megaptera novaeangliae*). *Canadian Journal of Zoology*, 74, 1661-1672.
- Southall, B. L., et al. (2007), Marine mammal noise exposure criteria: initial scientific recommendations, *Aquatic Mammals*, 33(4), 411-521.
- Stone, C. J. (2003). The effects of seismic activity on marine mammals in UK waters, 1998-2000. *Joint Nature Conservation Committee Report*, 323. 78 pp.
- UNEP-DEPI/MED WG.408/Inf.11 (2015) Agenda item 10: Marine and Coastal Protected Areas, including in the open seas and deep seas. Twelfth Meeting of Focal Points for Specially Protected Areas (Athens, Greece, 25-29 May 2015).
- Zavatarelli M., Raicich F., Artegiani A., Bregant D., Russo A. 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea, *J. Mar. Syst.*, 18, 227– 263.

