

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

avvistamenti di tartarughe nei periodi di non attività (Weir, 2007; Hauser *et al.*, 2008; Holst and Smultea, 2008).

Le tartarughe esposte a esplosioni di *airgun* consecutive sembrano reagire sempre meno; ciò indicherebbe una riduzione della soglia sonora di sensibilità (TTS) o un fenomeno di assuefazione. Un esemplare di tartaruga che accusava un abbassamento della soglia uditiva di 15 dB ha impiegato due settimane per tornare ai livelli di soglia precedenti (Lenhardt, 2002).

McCauley *et al.*, 2000 hanno stimato che una tipica batteria di *airgun* che opera in mare con un fondale di 100-120 m potrebbe avere un'influenza sul comportamento delle tartarughe marine ad una distanza di circa 2 km e causare la loro reazione di fuga a circa 1 km.

DeRuiter e Doukara (2012) in uno studio effettuato sulla piattaforma continentale dell'Algeria, trovarono che il 57% delle tartarughe marine si immergevano prima di raggiungere la zona di esercizio di un *airgun* che esplodeva ogni 19,4 secondi con un livello di pressione sonora di 252 dB re 1  $\mu$ Pa di picco).

#### 5.6 Effetti sui mammiferi marini

La nocività per i Cetacei del rumore prodotto durante le prospezioni geofisiche pare acclarata. Questi infatti comunicano, navigano, si orientano e individuano le prede grazie al suono. Le diverse specie di Cetacei emettono suoni entro specifici range di frequenza, utilizzando dei veri e propri canali comunicativi in cui viaggiano le informazioni.

L'esposizione al rumore di origine antropica può produrre un'ampia gamma di effetti sugli organismi acquatici (vedi Tabella 4), in particolare sui mammiferi marini. Un suono di basso livello può essere udibile ma non produrre alcun effetto visibile, viceversa può causare il mascheramento dei segnali acustici e indurre l'allontanamento degli animali dall'area esposta al rumore. Aumentando il livello del suono, gli animali possono essere soggetti a condizioni acustiche capaci di produrre disagio o stress fino ad arrivare al danno acustico vero e proprio con perdita di sensibilità uditiva, temporanea o permanente. L'esposizione a rumori molto forti, come le esplosioni a breve distanza, può addirittura produrre danni fisici permanenti ad altri organi oltre a quelli uditivi e può in alcuni casi portare al decesso del soggetto

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

colpito.

| Impatto                          | Tipo di danno                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                          |
|----------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Fisiologico - Non uditivo</b> | Danni ai tessuti corporei (emorragie interne, rottura del tessuto polmonare). Embolia (e altri sintomi legati alla malattia da decompressione)                                                                                                                                                                                                                                                         |
| <b>Fisiologico - Uditivo</b>     | Danni al sistema uditivo (rottura della finestra ovale o rotonda alla soglia dell'orecchio interno che può risultare letale; rottura del timpano). Effetti vestibolari (vertigini, disorientamento, perdita dell'equilibrio).<br>Diminuzione permanente / temporanea della capacità uditiva (PTS, innalzamento permanente del livello di soglia / TTS, innalzamento temporaneo del livello di soglia). |
| <b>Legato allo stress</b>        | Vitalità compromessa degli individui. Soppressione del sistema immunitario e maggiore vulnerabilità a malattie. Diminuzione del tasso riproduttivo.                                                                                                                                                                                                                                                    |
| <b>Comportamentale</b>           | Spiaggiamento. Interruzione di comportamenti abituali (alimentazione, riproduzione, etc.). Perdita di efficienza nell'accoppiamento (richiami meno efficienti) e nell'alimentazione (immersioni meno produttive). Antagonismo nei confronti di altri animali. Allontanamento dall'area (a breve o lungo termine).                                                                                      |
| <b>Percettivo</b>                | Mascheramento dei segnali acustici necessari alla comunicazione con gli altri membri della stessa specie. Mascheramento di altri suoni biologicamente importanti, come quelli emessi dai predatori. Interferenza con la capacità di ecolocalizzazione.                                                                                                                                                 |
| <b>Cronico</b>                   | Impatti cumulativi e sinergici. Ipersensibilità al rumore. Assuefazione al rumore (gli animali rimangono nelle vicinanze di livelli di suono dannosi).                                                                                                                                                                                                                                                 |
| <b>Effetti indiretti</b>         | Degradazione della qualità e della disponibilità di habitat. Disponibilità ridotta di prede.                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |

Tabella 2: Potenziale impatto del rumore in ambiente marino (Fonte: Jasny *et al.*, 2005). Sono evidenziati gli effetti fisiologici (danni a livello del sistema uditivo, di altri organi e/o tessuti, effetti legati allo stress), comportamentali, percettivi, cronici e gli effetti indiretti che possono verificarsi a livello della fauna acquatica (Bertolini, S. *et al.* 2012).

L'effetto fondamentale di un trauma acustico consiste nella diminuzione della capacità uditiva che si manifesta come innalzamento della soglia di sensibilità (innalzamento temporaneo, TTS o permanente, PTS del livello di soglia) che corrisponde ad una perdita di sensibilità uditiva.

L'innalzamento temporaneo della soglia uditiva può essere rilevante in alcune

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

situazioni, ovvero:

- il TTS viene elevata ripetutamente e per un esteso periodo di tempo, tanto da risultare in un innalzamento permanente del livello di soglia;
- sono presenti altre minacce nell'area, che generalmente i mammiferi evitano attraverso l'uso del senso uditivo, ovvero predatori o le cosiddette reti fantasma.

Tuttavia, l'esposizione al rumore può esercitare un effetto negativo sui Cetacei anche se al di sotto dei livelli che provocano perdita di sensibilità uditiva. La continua esposizione a rumori di basso livello può avere ripercussioni sul comportamento e sul benessere psicofisico dei mammiferi marini provocando un impatto a lungo termine sulle popolazioni.

Diversi studi hanno messo in evidenza l'impatto comportamentale e fisiologico che l'*airgun* può esercitare sui mammiferi marini.

Lo studio di Goold (1996), volto a monitorare un gruppo di delfini comuni (*Delphinus delphis*) prima, durante e dopo le prospezioni sismiche nel mare d'Irlanda, ha rilevato un evidente allontanamento della specie oggetto dello studio dall'area monitorata. Allo stesso modo, una ricerca simile, effettuata sui piccoli Cetacei nel mare d'Irlanda (Evans *et al.*, 1996), ha registrato un significativo calo nel numero di tursiopi (*Tursiops truncatus*), suggerendo l'abbandono dell'area soggetta ad attività sismiche da parte di un cospicuo numero di individui.

Gli spiaggiamenti di Zifidi in California e di megattere lungo la costa brasiliana nel 2002 (Engel *et al.*, 2004), registrati poco dopo l'esecuzione di indagini geofisiche, così come l'allontanamento delle balene grigie dal loro habitat al largo delle coste russe nel 2001, hanno sicuramente contribuito ad innalzare il livello di allarme nei confronti di tali esplorazioni. La correlazione degli spiaggiamenti di Zifidi con l'esecuzione di *survey* sismici sembra alquanto correlata, anche se non certa come nel caso di esercitazioni militari che prevedono l'impiego di sonar attivi a media frequenza (Maglio *et al.*, 2016). Uno studio di Parente *et al.* (2007) ha rilevato l'esistenza di una possibile relazione tra la diversità di specie di Cetacei presenti in una determinata area e le attività sismiche che insistono sulla stessa. Lo studio, nel corso del quale gli autori hanno rilevato una significativa diminuzione nella diversità di specie concomitante all'aumento del numero delle prospezioni geofisiche,

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

suggerendo la diversità di specie come indicatore a lungo termine dell'impatto di attività sismiche sui Cetacei, ha riguardato le acque brasiliane per il periodo 1999 – 2004.

Mann *et al.* (2010) riportano tra i fattori principali che contribuiscono alla perdita di udito nel tursiopo, essenziale per la sopravvivenza della specie, il rumore cronico sottomarino (quello generato dal traffico marittimo) e i disturbi transitori intensi (quali, ad esempio, le esplosioni e il rumore generato dagli *airgun*).

In particolare, si ritiene che i Cetacei che fanno uso di suoni a bassa frequenza per le loro comunicazioni siano la categoria più esposta a rischi, in quanto capaci di percepire maggiormente i suoni prodotti dagli *airgun*. I capodogli sono ritenuti specialisti delle basse frequenze con la migliore sensibilità dell'udito al di sotto di 3 kHz (Ketten, 2000), a differenza dei piccoli Odontoceti che prediligono le frequenze 30 kHz-120 kHz e risultano piuttosto insensibili ai suoni a bassa frequenza.

Sebbene alcuni studi in letteratura riportino come i capodogli riescano a rilevare gli impulsi sismici con livelli ricevuti tra 136-146 dB re 1 $\mu$ Pa (Madsen *et al.* 2002), altri sembrano evidenziare una maggiore sensibilità di questi animali. In uno studio di Mate *et al.* (1994), effettuato nel Golfo del Messico, i capodogli hanno esibito una avoidance reaction agli impulsi sismici allontanandosi di oltre 50 km dalla zona esposta al rumore, a dimostrazione di un'insofferenza a livelli di rumore ben inferiori a quelli sopra citati. Bowles *et al.* (1994) hanno invece dimostrato la tendenza dei capodogli a cessare i loro *click* (sistemi di segnali sonori per l'ecolocalizzazione e la socializzazione), interrompendo l'attività di *feeding* (alimentazione) in risposta agli impulsi sismici emessi da una nave a più di 300 km di distanza con livelli ricevuti di 115dB re 1 $\mu$ Pa.

Uno studio effettuato nel 2008 nel Golfo del Messico ha rilevato come l'attività di *feeding* nei capodogli subisca una diminuzione del 20% in presenza di *airgun* attivi (Jochens *et al.* 2008). Altri esperimenti, condotti nella medesima area, hanno registrato l'esposizione acustica e il comportamento di otto capodogli prima durante e dopo l'esposizione al rumore generato da una serie di *airgun* posizionati a distanze note dai Cetacei. Inaspettatamente, tali esperimenti non hanno evidenziato reazioni di allontanamento dal rumore, ma hanno indicato piuttosto una spiccata sensibilità del capodoglio a livelli di rumore anche molto bassi a causa degli effetti sub letali che

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

si verificano a livello dell'attività di ricerca del cibo (*foraging*), notevolmente ritardata in presenza di *airgun* attivi (Miller *et al.*, 2009). E' da rilevare che impatti su attività fondamentali per i mammiferi marini, quali *socializing* (socializzazione), *resting* (riposo), accoppiamento, *feeding e nursing* (cure parentali), possono generare effetti negativi anche gravi con ripercussioni a lungo termine a livello di popolazioni. Ciò dipende dalla possibilità che i mammiferi marini abbiano o meno, aree alternative dove svolgere le loro consuete attività, rispetto all'area oggetto delle indagini sismiche. Quanto sopra andrebbe attentamente valutato nel considerare le misure di mitigazione da mettere in atto a tutela delle specie minacciate.

Allo stesso modo andrebbero valutati gli eventuali impatti cumulativi che possono verificarsi a seguito di indagini sismiche contemporanee in aree limitrofe. Uno studio di Gordon *et al.* (1998) evidenzia come *survey* multipli sarebbero in grado di interrompere rotte migratorie e disturbare zone di alimentazione chiave. Richardson *et al.* (1995) riportano come effetto a breve termine l'allontanamento dall'area ed evidenziano come un'esposizione prolungata possa portare nel lungo termine all'assuefazione al rumore generato dagli *airgun*.

L'impatto cumulativo che potrebbe verificarsi in aree dove insistono diverse attività antropiche che generano rumore (piattaforme petrolifere di estrazione, traffico navale, pesca, ricerca scientifica) rimane, invece, di difficile valutazione in quanto ancora poco compreso. Tuttavia, si ritiene che il limite spaziale e temporale delle suddette attività sia tale da rendere trascurabile la comparsa di eventuali effetti cumulativi (Irish Dept. Of Communication, Energy and Natural Resources, 2007).

Sull'uso degli *airguns* e gli effetti sui cetacei come causa degli spiaggiamenti registrati nelle coste italiane non sono emerse evidenze scientificamente probanti che depongano a favore di tale ipotesi<sup>6</sup>. A tal fine si riporta un estratto di quanto espresso nelle considerazioni conclusive della Relazione finale relativa al progetto "Rafforzamento e integrazione delle strutture operative funzionali alla costituenda Rete Nazionale Spiaggiamenti Cetacei" realizzata dal Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione dell'Università di Padova nel 2016 per la Direzione

<sup>6</sup> Relazione finale relativa al progetto "Rafforzamento e integrazione delle strutture operative funzionali alla costituenda Rete Nazionale Spiaggiamenti Cetacei" – Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione – Università di Padova - 2016.

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

Protezione della Natura e del Mare (MATTM): "...non è ancora noto l'impatto delle fonti sonore: se esiste certezza ed evidenza di episodi di mortalità anomala connesse con l'esposizione ai sonar militari, in particolare nel Mar Ionio, resta ancora tutto da definire e comprendere l'eventuale relazione causale tra airguns e spiaggiamento di cetacei; infatti, oltre a delle manifeste variazioni comportamentali nel capodoglio e in altri cetacei, testimoniate da prove di campo, si cercano ancora evidenze oggettive fisiche e modificazioni morfologiche e funzionali durante gli esami post-mortem per stabilire eventuali prove concrete. Infine, dobbiamo sottolineare che, in molti bacini, esiste un tasso di mortalità piuttosto rilevante e spesso stagionale o connesso con eventi meteorologici anomali correlato con patogeni secondari ed opportunisti spesso derivanti da attività umane localizzate in terraferma e/o di origine fecale, che vengono trasportate in mare da sistemi fognari poco efficienti o dalle acque di dilavamento. Tale fenomeno, che include anche la presenza di *Toxoplasma gondii* è da considerare una nuova minaccia di origine antropica che può intervenire sulla conservazione dei cetacei dei nostri mari."

A fronte di quanto sopra espresso nella stessa Relazione del 2016, si rileva che la mancanza di evidenze non è da considerare come prova della mancanza di effetti di tali strumenti sugli organismi marini, ma come difficoltà a reperire il possibile danno; sono infatti in corso di definizione metodiche e protocolli di ricerca appositi (es. danni da orecchio interno), così come vi è la necessità di disporre di informazioni sulle attività condotte con *airguns*, in modo da effettuare una possibile associazione spaziale e temporale tra emissione sonora e spiaggiamenti. In relazione a quest'ultimo punto, considerando gli effetti transfrontalieri associati al rumore sottomarino, sarebbe necessario conoscere i dati di tutte le campagne di indagine condotte con utilizzo di *airgun* nel bacino del Mediterraneo.

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

## 6 Misure di mitigazione degli impatti ambientali

Sul piano delle attività di rilevamento in mare, eseguito uno specifico studio degli impatti determinati dalla proiezione di onde acustiche nel sito di operazioni (*case by case basis*), inclusa una modellizzazione realistica della propagazione delle onde acustiche, la mitigazione può riguardare limitazioni nell'uso relative solo a variabili quali spazio e/o tempo d'impiego. Trattati di mare e periodi in cui operare devono essere scelti in modo di dare tempo alla fauna di recuperare (*recover*) dal disturbo cui è stata sottoposta.

L'Accordo per la protezione dei Cetacei (ACCOBAMS - Accordo sulla conservazione dei Cetacei nel Mar Nero, Mar Mediterraneo e della zona atlantica contigua) ha affrontato la questione del rumore, in generale, attraverso il suo Comitato Scientifico. Tra le principali indicazioni emerse vi è la risoluzione 4.17 (integrata poi con la risoluzione 5.15) (*Guidelines To Address The Impact Of Anthropogenic Noise On Cetaceans in the Accobams Area – Guidelines for seismic surveys and airgun uses* - pagina 6) la cui adozione ha determinato la creazione di un gruppo di lavoro *ad hoc*.

A tal riguardo quindi sono stati prodotti numerosi documenti con lo scopo di guidare le attività e fornire indicazioni utili alla mitigazione degli eventuali impatti sui Cetacei.

Tra questi si rimanda alle seguenti produzioni:

- ACCOBAMS-MOP5/2013/Doc.22 (*Anthropogenic noise and marine mammals: review of the effort in addressing the impact of anthropogenic underwater noise in the ACCOBAMS and ASCOBANS areas*);
- ACCOBAMS-MOP5/2013/Doc.23 (*Implementation of underwater noise mitigation measures by industries : operational and economical constraints*);
- ACCOBAMS-MOP5/2013/Doc.24 (*Methodological Guide: "Guidance on underwater noise mitigation measures"*);

In particolare in quest' ultimo documento viene definito il *range* di interventi per la mitigazione degli impatti nei *seismic surveys*. E' messa in rilievo anche la distribuzione in Mar Mediterraneo delle aree sensibili per la presenza dello Zifio,

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

prodotta sulla base dell'elaborazione di ventuno anni di dati che accompagna quindi la raccomandazione *"Seismic surveys should not take place in the Areas of Special Concern for Beaked whales (p.17), where strict measures need to be applied"* (vedi Figura 7).

Indicazioni in merito agli interventi di mitigazione sono state prodotte anche in seno alla Convezione sulle Specie migratorie (CMS).

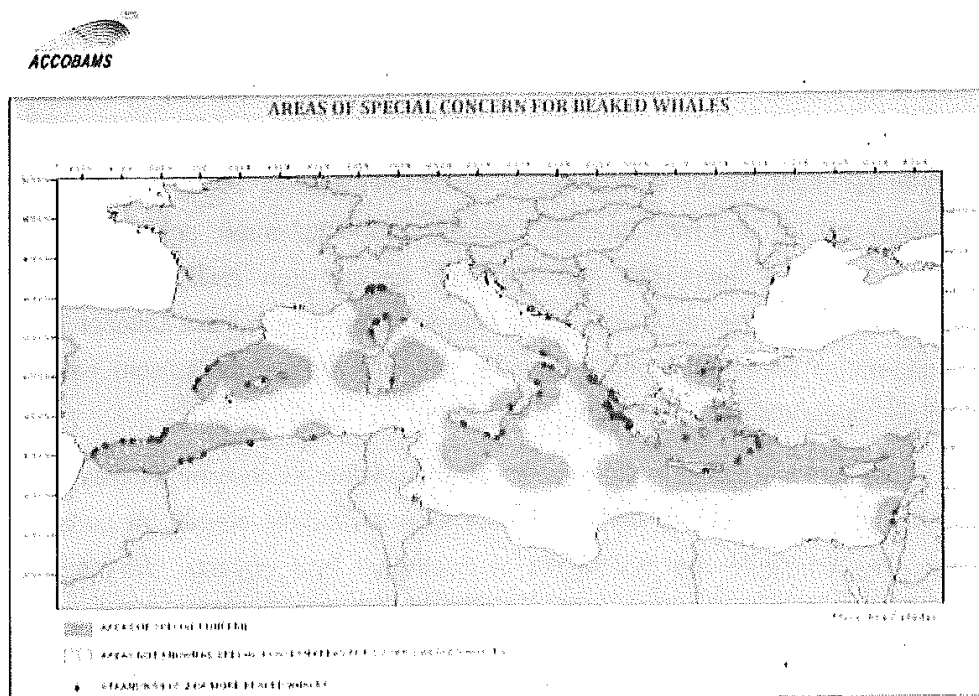


Figura 7 – Distribuzione in Mar Mediterraneo delle aree sensibili per la presenza dello Zifio (Fonte: ACCOBAMS-MOP5/2013/Doc.24).

Al fine di corrispondere al principio generale della massima precauzione nella valutazione dei progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi in mare, la Commissione Tecnica per la Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAIS (CTVA) ha adottato, da circa due anni, un quadro prescrittivo comune per tutti i progetti assoggettati a VIA conclusi con esito positivo, al fine di tutelare i mammiferi marini ed altre specie sensibili in mare dai potenziali impatti causati dal rumore derivante dall'utilizzo di *airgun*.

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

Il quadro prescrittivo prevede numerosi adempimenti da parte del proponente da attuarsi prima dell'avvio delle attività, durante le attività e successivamente alla loro conclusione, finalizzate sia alla mitigazione dei potenziali impatti mediante l'adozione di specifiche procedure operative e gestionali che al monitoraggio, quale misura preventiva che consente di definire le caratteristiche dell'ambiente marino e delle popolazioni di Cetacei prima dell'avvio delle attività, di attuare azioni di mitigazione in tempo reale nel corso delle attività e di controllare le eventuali alterazioni indotte successivamente alla loro attuazione.

Le misure di mitigazione e monitoraggio prescritte nei decreti VIA per le attività di prospezione sismica si attengono rigorosamente alle linee guida internazionali sviluppate dal *Joint Nature Conservation Committee* (JNCC, 2010) e nell'ambito dell'Accordo per la Conservazione dei Cetacei nel Mediterraneo, nel Mar Nero e nelle contigue aree atlantiche (ACCOBAMS, ancora non ratificato dall'Italia) finalizzate alla riduzione degli impatti del rumore antropogenico sui Cetacei (linee guida generali e linee guida per le ricerche sismiche e l'uso dell'*airgun*) optando sempre per l'approccio più cautelativo.

Tutti gli adempimenti derivanti dalle prescrizioni associate ai decreti VIA prevedono specifiche tempistiche per la verifica dell'ottemperanza delle stesse da parte del Ministero dell'Ambiente e/o dell'ISPRA in qualità di Enti vigilanti, che risultano vincolanti per l'effettiva attuazione della attività di prospezione sismica.

Si evidenzia che, come riportato nel Capitolo 4.1, alla data di redazione del presente rapporto sono pervenute al Ministero dell'Ambiente solo due procedure di verifica di ottemperanza delle prescrizioni contenute in un provvedimento di VIA emanato nel 2015 per un progetto di prospezione geofisica 3D nell'Adriatico Meridionale, inerenti il piano di monitoraggio e di mitigazione degli effetti delle prospezioni geofisiche sui mammiferi marini.

Si riporta in Allegato 4 uno schema di quadro prescrittivo contenuto nei pareri emanati dalla CTVA negli ultimi due anni, fatte salve eventuali ulteriori/diverse prescrizioni connesse alla specificità del progetto e nei relativi provvedimenti di VIA conclusi con esito positivo relativi a progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi in mare che prevedono indagini geofisiche mediante l'utilizzo dell'*airgun*.

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

Lo schema di quadro prescrittivo è suddiviso nei principali ambiti di applicazione finalizzati a garantire la piena compatibilità ambientale delle attività in questione (monitoraggio, misure di mitigazione, aspetti progettuali e gestionali connessi direttamente o indirettamente al monitoraggio e alle mitigazioni).

Si evidenzia che la CTVA, applicando profusamente il principio di precauzione, ha introdotto nell'ambito dei quadri prescrittivi un protocollo di monitoraggio bioacustico come strumento di prevenzione degli impatti sulla cetofauna, per tutte le prospezioni sismiche effettuate mediante *airgun*.

#### 6.1 Procedure in uso riconosciute internazionalmente

(Estratto da Bertolini *et al.*, 2012).

In mancanza di una normativa specifica che regolamenti le varie forme di emissioni acustiche in mare, appare evidente come le misure di mitigazione da mettere in atto a tutela degli organismi marini assumano un ruolo di primissimo piano. A tale proposito si sottolinea che tali misure di mitigazione sono prese in considerazione nell'emanazione dei provvedimenti VIA relativi ai progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi nelle acque nazionali che prevedono l'utilizzo dell'*airgun* (vedi Allegato 4). Di seguito, sono descritte le diverse tipologie di misure di mitigazione che possono essere selezionate a seconda della fonte del rumore e del contesto ambientale in cui sono svolte le attività che generano rumore.

| Tipo                   | Metodologia                      | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|------------------------|----------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Mitigazione geografica | Restrizioni durante tutto l'anno | Le attività sono limitate tutto l'anno in aree ad alto rischio dove si trovano specie in via di estinzione; in aree dove è nota la presenza massiva di specie vulnerabili e in aree la cui conformazione geografica (baie, canali, canyon) potrebbe rendere gli animali particolarmente sensibili all'inquinamento acustico. Le restrizioni geografiche sono risultate particolarmente efficienti per la salvaguardia dei mammiferi marini. |
|                        | Restrizioni stagionali           | Le attività possono essere limitate in una certa area per evitare alcuni periodi dell'anno in cui sono presenti specie sensibili. Restrizioni stagionali sono fortemente raccomandate nel caso delle grandi balene migratrici                                                                                                                                                                                                               |
|                        | Selezione del sito               | I mammiferi marini e altri organismi marini possono essere evitati attraverso un'attenta selezione del sito dove operare. Questo tipo di misura funziona molto bene per attività quali le esercitazioni militari che fanno uso di sonar in quanto possono                                                                                                                                                                                   |

## Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun

| Tipo                               | Metodologia                       | Descrizione                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                   |
|------------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|                                    |                                   | essere pianificate con maggiore flessibilità.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
| Mitigazione della fonte del rumore | Ingegneria e modifiche meccaniche | La fonte del rumore può essere modificata per ridurre l'impatto sull'ambiente marino. L'alterazione di alcune caratteristiche chiave del suono, quali la frequenza, può risultare molto efficiente in particolare per ridurre l'impatto della navigazione commerciale.                                                                                                                                                                        |
|                                    | Riduzione delle attività          | Possono essere utilizzate tecnologie alternative e simulatori per ridurre il tempo di attività di una particolare fonte di rumore.                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                    | Contenimento del suono            | Esistono sul mercato degli espedienti che funzionano da inibitori del suono ( <i>bubble curtains</i> , <i>blasting mats</i> , etc) in grado di contenere il suono in un'area ristretta. Generalmente sono utilizzati per attività quali il pile driving.                                                                                                                                                                                      |
| Mitigazione operativa              | Area di sicurezza                 | Gli operatori possono stabilire un raggio di sicurezza intorno alla sorgente e quindi disattivare o ridurre il rumore nel momento in cui mammiferi marini o altri animali si avvicinano all'area. Le aree di sicurezza sono molto utili nel ridurre il rischio di esposizione dei Cetacei ad alti livelli di rumore.                                                                                                                          |
|                                    | Suoni di allarme                  | Sono spesso usati come deterrenti per non far avvicinare i mammiferi marini alla fonte del rumore. La tecnica più comune negli Stati Uniti consiste nel <i>ramp up</i> o <i>soft start</i> , ovvero la stessa sorgente viene utilizzata per emettere suoni blandi che man mano aumentano di potenza prima dell'inizio dell'attività. Nonostante sia una tecnica largamente utilizzata esiste l'evidenza che alcune specie non si allontanano. |
|                                    | Restrizioni temporali             | L'attività può essere interrotta per alcune ore a causa di cattive condizioni meteo, oscurità, etc. tali da non permettere un efficiente monitoraggio visivo.                                                                                                                                                                                                                                                                                 |
|                                    | Limiti di potenza                 | Può essere diminuita la potenza della fonte del rumore, sia temporaneamente che per tutta la durata dell'attività.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                            |
|                                    | Altri requisiti procedurali       | Man mano che aumentano le informazioni inerenti agli effetti del rumore sulla vita marina, aumentano anche le procedure preventive che vengono messe in atto. Ad esempio, le linee guida elaborate dalla NATO, per le ricerche sul sonar evidenziano la necessità di pianificare le esercitazioni in maniera tale da assicurare vie di fuga per i mammiferi marini evitando così eventuali spiaggiamenti.                                     |

Tabella 5: misure di mitigazione del rumore in ambiente marino (modificato da Jasny et al., 2005). Per ciascun tipo di mitigazione sono indicate le diverse metodologie.

A livello internazionale sono state sviluppate diverse linee guida o raccomandazioni sulle possibili misure di mitigazione da adottare nel corso di attività che introducono rumore in ambiente marino.

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

In Allegato 5 si riporta un estratto del documento redatto dal CIBRA (Centro Interdisciplinare di Bioacustica) di Pavia per ACCOBAMS, che raccoglie raccomandazioni e linee guida volte a minimizzare l'impatto delle attività che generano rumore sulla fauna marina. In particolare, si riporta la sua sezione generale, con raccomandazioni valide per tutte le attività antropiche, la sezione pratica, che illustra in dettaglio alcune procedure operative e, infine, la sezione speciale dove si indicano misure aggiuntive da mettere in atto nel caso specifico delle prospezioni geofisiche.

L'Allegato 6 riporta, invece, un estratto delle linee guida sviluppate dal *Joint Nature Conservation Committee* (JNCC, 2010) di Aberdeen (UK) che fornisce indicazioni precauzionali da adottare nella fase di pianificazione, in quella operativa e di reporting dell'indagine geofisica.

In entrambe le linee guida si evidenzia l'importanza della fase di pianificazione durante la quale si raccomanda la consultazione di banche dati e bibliografia al fine di evitare habitat critici per i mammiferi marini, nonché periodi di migrazione o di riproduzione per le specie. Per quanto concerne le procedure da adottare nel corso delle prospezioni, vengono indicati criteri e procedimenti piuttosto simili:

- verificare l'assenza di mammiferi marini in un raggio di 500 metri (area di sicurezza) per almeno 30 minuti prima di attivare la sorgente sismica mediante osservatori adeguatamente formati - *Marine Mammal Observer* (MMO);
- estendere la ricerca a 60 minuti in acque profonde ( $\geq 200\text{m}$ );
- qualora mammiferi marini fossero avvistati all'interno dell'area di sicurezza, l'attivazione della sorgente sismica deve essere ritardata fino a quando gli animali risultano allontanati. Agli animali deve essere lasciato il tempo necessario per allontanarsi in seguito all'ultimo avvistamento (almeno 20 minuti);
- l'attivazione della sorgente sismica deve cominciare in maniera graduale (*soft start*), con uno *start up* a bassa energia che deve protrarsi per almeno 20 minuti in maniera da permettere l'allontanamento dei mammiferi marini

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

presenti nelle vicinanze;

- Il *soft start* deve essere effettuato ogni qualvolta vengono attivati gli *airgun*, a prescindere dalla presenza di mammiferi marini nell'area.

Da rilevare un'unica sostanziale differenza procedurale nel caso in cui mammiferi marini sono avvistati all'interno dell'area di sicurezza a sorgente sismica attiva. Mentre le linee guida inglesi non prevedono lo spegnimento della sorgente del rumore, ma esclusivamente il monitoraggio degli animali; le linee guida ACCOBAMS raccomandano l'immediata riduzione dell'intensità della sorgente o la cessazione della stessa nel caso in cui gli animali continuino ad avvicinarsi.

Le suddette linee guida sono state più volte riviste e aggiornate, anche sulla base dell'esperienza acquisita sul campo, al fine di garantire una maggiore tutela della fauna marina e, in particolare, dei Cetacei e rappresentano, a oggi, l'unica forma di regolamentazione delle prospezioni geofisiche in mare adottata a livello internazionale.

Tuttavia, è doveroso sottolineare che alcune delle misure di mitigazione utilizzate, quali la creazione di una zona di sicurezza/esclusione ed i *survey* da mettere in atto prima dell'inizio attività, sono risultate poco efficienti soprattutto in presenza di Zifidi o capodogli, noti per compiere immersioni profonde. La possibilità, infatti, che un osservatore avvisti uno di questi animali all'interno dell'area di impatto acustico è talmente bassa da rendere questo approccio inefficace. Come riportato sopra, le linee guida attuali hanno cercato di ovviare a questo problema estendendo il periodo di ricerca da 30 a 60 minuti in acque profonde. Inoltre, le valutazioni del rischio associato alle operazioni geofisiche sono tuttora piuttosto problematiche in quanto rimane sconosciuto l'esatto meccanismo attraverso il quale il rumore provoca gli spiaggiamenti di questa specie ed i livelli sonori a cui si verificano tali effetti (Barlow *et al.*, 2006).

Altre misure, come la tecnica del *ramp up* o *soft start*, che presuppone l'allontanamento degli animali più sensibili dall'area esposta al rumore, mancano ancora di una validazione scientifica per poterne valutare l'efficacia. Infatti, uno studio di Miller *et al.* (2009) ha evidenziato la tendenza del capodoglio a non

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

spostarsi dalla zona di impatto acustico nonostante il ramp up.

Recenti studi su capodogli esposti al rumore prodotto dagli *airgun* (Madsen *et al.*, 2006; DeRuiter *et al.*, 2006) hanno inoltre dimostrato come la propagazione sonora sia molto più complicata di quella generalmente rappresentata nei modelli. L'impatto acustico potrebbe verificarsi a distanze maggiori di quelle previste e ben oltre l'area di mare che gli osservatori a bordo nave possono efficacemente monitorare. Gli stessi studi hanno anche evidenziato un'esposizione inaspettata degli animali alle alte frequenze. Nonostante gli *airgun* producano principalmente suoni di frequenza inferiore a 250 Hz, è stato dimostrato come gli stessi siano capaci di produrre anche frequenze superiori a 500 Hz che viaggiano preferenzialmente negli strati superficiali della colonna d'acqua, mettendo così a rischio anche specie di Odontoceti (Cetacei a media o alta frequenza) che, per le loro caratteristiche acustiche, si ritenevano poco sensibili al rumore prodotto dalle prospezioni geofisiche.

6.2 Accorgimenti e migliori tecniche atte a contenere i potenziali impatti su organismi e ambienti.

Circa gli sviluppi tecnologici che possano portare a ridurre l'impatto sugli ecosistemi marini del rumore e della propagazione di energia conseguenti le esplosioni prodotte da cannoni ad aria o attrezzatura similare, si possono esprimere le considerazioni che seguono.

Lo sviluppo di tecnologie atte a mitigare gli effetti sopra citati prodotti dagli *airgun* è tra le priorità delle attività industriali incentrate sulle prospezioni geofisiche in quanto ai *surveyor* (vale a dire gli utilizzatori di tale tecnologia) interessa produrre meno "rumore" possibile per massimizzare la leggibilità dei segnali di ritorno, ovvero di quelle frequenze che permettono di scoprire giacimenti sotto il fondale marino.

Il rumore prodotto dagli *airgun* più "silenziosi" si attenua velocemente nella colonna d'acqua perché il fascio sonoro è diretto precisamente verso il fondo, lasciando che solo una minima parte dell'energia prodotta si propaghi lateralmente. Quest'attenzione risponde soprattutto a esigenze operative, vale adire non interferire con gli *airgun* (o sorgenti sonore alternative) che compongono gli array. Gli array sono normalmente composti da centinaia di sorgenti e decine di migliaia di idrofoni

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

rilevatori, spesso trainati da navi diverse, che raggiungono facilmente lunghezze di 18 km e larghezze di varie centinaia di metri. Gli array sono tipicamente trainati da navi molto silenziose, a una velocità ottimale di 4-5 nodi (circa 9 km/h).

La messa in opera del sistema di proiezione segnale e di rilevamento e calcolo (processing) dei dati è quindi, nel suo complesso, molto onerosa (anche qualche milione di USD al giorno) ed è quindi interesse dell'industria ottimizzare e contenere i costi di esercizio anche evitando di produrre frequenze e intensità inutili o ridondanti. In questo contesto, oltre alle motivazioni in ordine all'efficienza dei sistemi di prospezione elettroacustica legata alla loro "redditività", l'industria di settore potrebbe essere indotta a considerare la salvaguardia degli ecosistemi marini quale convenienza e limitare pertanto l'intrusività del sistema oltre a renderlo più "silenzioso" per incrementarne l'efficacia.

Appare, infine, proficuo condurre uno studio specificatamente dedicato alle innovazioni tecnologiche in sviluppo nelle attività di prospezione geofisica che possano meglio coniugare le esigenze di efficienza (anche energetica) dell'industria con quella di limitare l'inquinamento determinato dalla propagazione di energia in mare anche se a scapito delle convenienze legate all'esecuzione di prospezioni in tempi quanto più possibile brevi e su tratti di mare quanto più possibile estesi.

Alla luce di quanto sopra, stanno emergendo negli ultimi anni approcci sempre più cautelativi per il monitoraggio e la mitigazione che si ritiene necessario adottare anche nei mari italiani. Tali approcci includono le seguenti best practices da integrare nelle linee guida esistenti:

Fase di pianificazione

la scelta dell'area da indagare non può prescindere dalle schede informative inerenti ai mammiferi marini che popolano i nostri mari. Esse costituiscono uno strumento di supporto fondamentale per la pianificazione di prospezioni geofisiche in quanto individuano, seppur in maniera non esaustiva, le aree dove ci si può aspettare un'elevata probabilità di avvistamento Cetacei e forniscono i dati a oggi disponibili circa il periodo riproduttivo e migratorio delle varie specie.

In aggiunta alle dovute ricerche e valutazioni circa la possibile presenza di mammiferi

*Primo rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*

marini nell'area da indagare, è opportuno programmare il *survey* sismico in maniera da evitare il periodo riproduttivo delle principali specie ittiche al fine di evitare effetti negativi sul numero di uova disponibili.

Considerazione per gli effetti cumulativi che potrebbero verificarsi per la presenza di altre attività impattanti (traffico marittimo, attività militari, industriali, ulteriori attività sismiche) nella stessa area di mare dove è svolta l'indagine geofisica o in una zona adiacente. A tal fine potrebbe risultare utile come strumento di supporto, lo sviluppo di un database con interfaccia GIS per tenere traccia delle principali sorgenti di rumore presenti nei nostri mari.

In particolare, qualora fossero necessarie più prospezioni sismiche in aree adiacenti, è sempre preferibile che le stesse siano effettuate in tempi diversi e pianificate in maniera tale da tutelare eventuali mammiferi marini presenti nelle vicinanze. Nel caso in cui le prospezioni debbano realizzarsi contemporaneamente, si ritiene necessario mantenere una distanza minima di 100 km tra le imbarcazioni sismiche in modo da garantire un'adeguata via di fuga ai mammiferi marini, che possono così allontanarsi o abbandonare l'area senza dover interrompere eventuali rotte migratorie (*Irish Dept. Of Communication, Energy and Natural Resources, 2007*).

È utile inoltre ricordare che il titolo rilasciato (permesso di prospezione) non è esclusivo; il Proponente deve quindi essere chiamato a effettuare la verifica delle altre istanze già concesse nell'area di suo interesse e del suo intorno significativo al fine di redigere un cronoprogramma delle attività che escluda la simultaneità.

Fase di attività

Nel seguito si elencano le misure di mitigazione e gli accorgimenti da porre in essere durante l'attività prospettiva:

- riduzione dell'intensità dell'emissione sonora;
- riduzione del numero di *airgun*;
- *soft start* prolungato: da un minimo di 30 minuti ad un massimo di 60 minuti;
- zona di esclusione più ampia dove prevedere l'immediata riduzione dell'intensità della sorgente (*power down*) o la cessazione della stessa (*shut*