

ATTI PARLAMENTARI

XVIII LEGISLATURA

CAMERA DEI DEPUTATI

Doc. **CCV**

n. **3**

R A P P O R T O

SUGLI EFFETTI PER L'ECOSISTEMA MARINO DELLA TECNICA DELL'*AIRGUN*

(Anno 2021)

(Articolo 25, comma 3, del decreto legislativo 18 agosto 2015, n. 145)

Presentato dal Ministro della transizione ecologica

(CINGOLANI)

Trasmesso alla Presidenza il 3 dicembre 2021

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

INDICE

1	PREMESSA	
2	ESITI DEL QUINTO RAPPORTO	4
3	SOMMARIO ESTESO	5
4	EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO INTERNAZIONALE E COMUNITARIO SUL RUMORE SOTTOMARINO E LA TUTELA DEGLI ECOSISTEMI MARINI	6
4.1	Registro nazionale rumore subacqueo (Strategia Marina)	6
4.2	Quadro di valutazione del rumore impulsivo	7
5	CONSISTENZA DELLE ATTIVITÀ NEI MARI ITALIANI	8
5.1	Procedure di VAS dei piani/programmi di esplorazione e sfruttamento di idrocarburi in ambito nazionale e transfrontaliero (periodo 2020-2021)	9
5.2	Procedure di VIA dei progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi	11
5.3	Autorizzazioni rilasciate dalla Direzione generale per l'approvvigionamento, l'efficienza e la competitività energetica (DGAECE) del MiTE	13
5.4	Esiti contenziosi contro i provvedimenti di VIA	14
5.5	Attività condotte da Enti di Ricerca.	14
6	AVANZAMENTO DELLO STATO DELLE CONOSCENZE DEGLI EFFETTI PER GLI ECOSISTEMI MARINI DELLA TECNICA DELL' <i>AIRGUN</i>	15
6.1	Effetti sui pesci: nuovo approccio di indagine sui popolamenti	15
6.2	Rassegna	19
6.2.1	Effetti sulla pesca commerciale	19
6.2.2	Effetti su uova, larve e invertebrati	20
6.2.3	Effetti sui rettili marini	22
6.2.4	Effetti sui mammiferi marini	23
6.2.5	Misure di mitigazione degli impatti ambientali	24
6.3	Banca dati spiaggiamenti	27
7	MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ACUSTICHE PROVENIENTI DA <i>AIRGUN</i>	27
7.1	Nuovo programma di monitoraggio della strategia marina per il Descrittore 11 "Rumore subacqueo"	27
7.2	Definizioni del Buono Stato Ambientale (GES) per il Descrittore 11	28
7.3	Traguardi Ambientali (Target) per il Descrittore 11	28
7.4	Descrizione della strategia di monitoraggio	28
7.5	Cooperazione regionale	29
7.6	Programma di monitoraggio per il rumore subacqueo provocato da suoni impulsivi e continui di origine antropica	29
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	30
9	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	31
10	SITOGRAFIA	40

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

1 PREMESSA

Il presente Sesto rapporto contribuisce, insieme alle edizioni precedenti, ad approfondire le conoscenze in merito agli effetti sugli ecosistemi marini dovuti all'impiego della tecnica dell'*airgun* nelle campagne geofisiche realizzate per scopi scientifici e per la ricerca di idrocarburi. Le informazioni riportate documentano le più recenti evoluzioni di interesse per la materia relative agli ambiti scientifici e al quadro normativo nazionale, europeo e internazionale vigente in materia di rumore sottomarino. Come indicato anche nei precedenti Rapporti (anni 2019 e 2020), con la legge 11 febbraio 2019, n. 12, sono state sospese le attività collegate alle prospezioni e coltivazioni nel settore degli idrocarburi, nelle more dell'adozione del "*Piano per la Transizione Energetica Sostenibile delle Aree Idonee*" (PiTESAI). La procedura di Valutazione ambientale strategica del PiTESAI si è conclusa con l'emanazione del Decreto del Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) di concerto con il Ministero della Cultura del 29 settembre 2021, dove viene stabilito che "*... il Proponente, nella formulazione definitiva del "Piano per la Transizione Energetica Sostenibile delle Aree Idonee", deve tenere conto delle raccomandazioni, dei suggerimenti, delle condizioni e delle osservazioni espresse dalla Commissione Tecnica di Verifica dell'impatto Ambientale VIA-VAS, comprese nel parere n. 149/21 del 15 settembre 2021*".

Come noto, con decreto-legge 1° marzo 2021, n. 22, convertito, con modificazioni, dalla legge 22 aprile 2021, n. 55, recante "*Disposizioni urgenti in materia di riordino delle attribuzioni dei Ministeri*", è stato istituito il Ministero della Transizione Ecologica (MiTE) che ha assorbito, oltre a tutte le competenze dell'ex Ministero dell'Ambiente, anche alcune delle competenze chiave nel processo della transizione ecologica, inerenti principalmente il settore dell'energia. In quest'ottica si è avuto il passaggio nella nuova struttura di alcune Direzioni del Ministero dello Sviluppo Economico.

Con Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 128 del 29 luglio 2021 "*Regolamento di organizzazione del Ministero della Transizione Ecologica*" (G.U. n. 228 del 23.09.2021), entrato in vigore l'8 ottobre 2021, è stato istituito il Dipartimento energia che esercita le competenze del Ministero in materia di infrastrutture e sicurezza dei sistemi energetici e geominerari, approvvigionamento, efficienza e competitività energetica, promozione delle energie rinnovabili e gestione degli incentivi energia.

Anche quest'anno, là dove non sono intercorsi aggiornamenti per la materia trattata, rimangono validi i contenuti presentati nel Quinto Rapporto *airgun* al Parlamento. Per la

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

ricognizione delle informazioni, analogamente a quanto già fatto nelle precedenti edizioni, sono stati richiesti dati alle Capitanerie di Porto e ai principali enti nazionali di ricerca scientifica che operano nel settore di interesse (Università degli Studi di Padova, Università degli Studi di Pavia, CNR, CoNISMa, INFN, INGV, ISPRA, OGS)¹, nonché al Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale per le eventuali richieste/comunicazioni avanzate da altri Stati per condurre campagne di ricerca in Mediterraneo. Il rapporto è stato redatto dalla Direzione generale per il Mare e le Coste (Dg MAC) del Ministero della Transizione Ecologica, in collaborazione con l'Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale (ISPRA) e con la Direzione generale per la crescita sostenibile e la qualità dello sviluppo (Dg CreSS) del Ministero della Transizione Ecologica.

2 ESITI DEL QUINTO RAPPORTO

A causa della sospensione delle attività collegate alle prospezioni e coltivazioni nel settore degli idrocarburi che prevedono l'utilizzo della tecnica *airgun* nelle acque territoriali nazionali, nonché delle modifiche apportate alla normativa in materia di VIA introdotte con l'art. 22 del d.lgs. n.104 del 2017, che ha disposto l'inclusione nella procedura di VIA di tutti "... *i rilievi geofisici attraverso l'uso della tecnica airgun*", compresi quelli condotti in mare dagli enti di ricerca scientifica, non sono state realizzate campagne effettuate con tecnica *airgun* nelle acque territoriali italiane.

Nel Quinto rapporto è stato sottolineato il lavoro che l'Unione europea sta portando avanti per la definizione di soglie di rumore nell'ambito del "TgNoise" (*Task Group* sul rumore subacqueo) della CIS (*Common Implementation Strategy*) della Strategia Marina.

Sono state riportate, inoltre, le principali evidenze scaturite dall'analisi delle pubblicazioni scientifiche relative agli effetti osservati su organismi o componenti degli ecosistemi marini dell'impiego della tecnica dell'*airgun* che conducono la comunità scientifica a orientarsi sempre più verso un approccio integrato nello studio di questi

¹ Università di Padova - Dipartimento di Biomedicina Comparata e Alimentazione; Università di Pavia - Centro Interdisciplinare di Bioacustica e Ricerche Ambientali; Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR); Consorzio Nazionale Interuniversitario per scienze del mare (CoNISMa); Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN); Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV); Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA); Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS).

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

effetti, vale a dire la quantificazione dell'effetto che si può riscontrare sui singoli individui a scala più ampia, di popolamento o comunità e vedere come e se l'effetto sui popolamenti, a sua volta, interferisca nel mantenimento omeostatico degli equilibri di un ecosistema marino.

Unitamente alle evidenze scientifiche riportate nei primi quattro rapporti sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'*airgun*, l'analisi della documentazione scientifica pubblicata più di recente permette di confermare, in termini generali, che sebbene le conoscenze circa gli effetti nocivi che una sorgente di rumore del tipo *airgun* può causare in individui e potenzialmente in popolamenti di diverse specie siano cresciute, non appaiono ancora evidenze chiare che l'impiego della tecnologia *airgun* possa causare alterazioni agli equilibri ecosistemici marini. Purtroppo, esistono studi e osservazioni che suggeriscono che l'ipotesi che taluni effetti minaccino detti equilibri sia del tutto plausibile. Proprio in seguito alla complessità intrinseca della problematica affrontata e la conseguente difficoltà nella valutazione degli effetti, a oggi è auspicabile un approccio cautelativo o precauzionale per quel che riguarda l'utilizzo di *airgun*.

3 SOMMARIO ESTESO

Nel Sesto rapporto sull'utilizzo della tecnica *airgun*, come per la precedente edizione, sono stati raccolti i dati e le informazioni disponibili in Italia e nel più ampio contesto internazionale, circa gli effetti indotti sugli organismi marini esposti al rumore antropico, in particolare derivante da sorgenti impulsive. L'esame di lavori scientifici e letteratura tecnico-scientifica circa le conseguenze, per organismi e habitat, causate da diverse sorgenti antropiche di rumore subacqueo (imbarcazioni, installazione di pale eoliche, *airgun*) chiarisce che non è stato sinora possibile evidenziare effetti al livello di ecosistema. Purtroppo, molti lavori illustrano come esemplari di invertebrati, pesci, tartarughe, uccelli e mammiferi marini patiscano alterazioni potenzialmente minacciose per il mantenimento di delicati equilibri ecosistemici. In particolare, in presenza di rilievi sismici con *airgun*, suscitano preoccupazione gli effetti di disturbo e mascheramento delle comunicazioni sonore tra cetacei e le alterazioni comportamentali in pesci e invertebrati. Si sono anche osservate alterazioni fisiologiche, soprattutto in alcuni molluschi (cefalopodi) e crostacei (decapodi), con danni a livello degli organi dell'equilibrio (statocisti) e dell'emolinfa (alterazione del numero di emociti). Tali alterazioni comportamentali e fisiologiche possono avere ripercussioni su attività quali la ricerca e l'assunzione di cibo, fuga dai predatori, riproduzione; se queste alterazioni

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

possano determinare modifiche significative nella dinamica e nella struttura dei popolamenti degli organismi marini colpiti è un quesito a cui la scienza ancora non può dare risposta (Alves *et al.*, 2021; Jones *et al.*, 2021; LGL Limited, 2021).

Seguendo un approccio precauzionale, si ravvisa quindi la chiara necessità di prescrivere, con l'emanazione di provvedimenti VIA relativi a progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi con utilizzo di *airgun* nelle acque d'interesse nazionale, le misure di mitigazione riportate nel paragrafo 6.2.5 (Misure di mitigazione degli impatti ambientali). In particolare, si ritiene che la presenza a bordo, durante le prospezioni acustiche, di *Marine Mammal Observer* (MMO) per la verifica delle prescrizioni impartite, opportunamente ampliata nelle funzioni e nelle capacità, possa anche contribuire ad arricchire le conoscenze sin qui acquisite con misure e osservazioni che possano eventualmente evidenziare ulteriori necessità di mitigazione degli impatti.

4 EVOLUZIONE DEL QUADRO NORMATIVO INTERNAZIONALE E COMUNITARIO SUL RUMORE SOTTOMARINO E LA TUTELA DEGLI ECOSISTEMI MARINI

Il negoziato relativo alle aree marine al di là della giurisdizione nazionale (*Conservation and sustainable use of marine biological diversity of areas beyond national jurisdiction - BBNJ*) in ambito UNDOALOS (UN *Division for Ocean Affairs and the Law of the Sea*), per il tramite di uno specifico *Open-Ended Working Group* (OEWG) che prevede un punto sull'*Environmental Impact Assessment* a seguito di attività condotte al di fuori delle acque nazionali, è stato posticipato al 2022 a causa della pandemia COVID-19. Gli esiti di detti lavori potranno essere utili per valutare gli impatti di attività con *airgun* in alto mare.

A livello di Unione europea proseguono i lavori per la definizione di soglie di rumore nell'ambito del "TgNoise" (*Task Group* sul rumore subacqueo) della CIS (*Common Implementation Strategy*) della Strategia Marina. Le principali attività hanno riguardato la definizione dei criteri di valutazione del rumore prodotto da sorgenti impulsive e continue, l'adozione dei quali è prevista entro il 2022.

4.1 Registro nazionale rumore subacqueo (Strategia Marina)

In considerazione del potenziale impatto significativo sugli ecosistemi marini che potrebbero causare i rumori subacquei generati da attività antropiche (esplosioni, *airgun*, palificazioni con percussione, ecc.), alcuni Paesi, con il coordinamento internazionale delle organizzazioni che curano le convenzioni dei mari regionali (es.

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

OSPAR - *Convention for the Protection of the Marine Environment of the North-East Atlantic*), hanno intrapreso il monitoraggio sistematico dei rumori impulsivi (Merchant *et al.*, 2020), anche per la valutazione del rischio, la definizione del *target* e per sviluppare strategie di tutela da implementare.

In Italia, il registro nazionale del rumore subacqueo, in quanto *target* ambientale per la *Marine Strategy Framework Directive* (MSFD), è implementato sul server ISPRA (c/o SINA) in ambiente SQL e operativo per quanto riguarda le funzioni descritte nella *Monitoring Guidance 2014 del Technical Group on Underwater Noise* ("TGNoise") (Dekeling *et al.*, 2014). Per il momento, è accessibile solo tramite password riservata a un operatore dell'ISPRA autorizzato, in quanto in fase di sperimentazione. Peraltro, dato lo stop alle prospezioni per idrocarburi decretato dal Governo per l'ultimo triennio, contiene, al presente, solo dati sperimentali e per il 2021 una richiesta di prospezione scientifica.

Il registro, per ora un archivio georeferenziato suddiviso nelle tre sotto-regioni di competenza, si propone come un possibile strumento di gestione del rumore subacqueo, con l'intenzione di includere le informazioni derivate dai *database* tecnici sul traffico navale e quelle derivate dei valori misurati/modellizzati nelle campagne di monitoraggio nazionale del rumore subacqueo. A tale scopo, l'ISPRA ha intrapreso uno studio tecnico di valutazione delle estensioni e migliorie delle funzionalità *software* da realizzare nel registro attuale e da portare a termine nel 2022. A tale fine, si ritiene di poter visualizzare tra l'altro il "carico" di rumore subacqueo presente nei mari italiani per poter meglio valutare lo stato ambientale e la definizione dei valori soglia per il raggiungimento del *Good Environmental Status* (GES) nel prossimo ciclo della MSFD.

4.2 *Quadro di valutazione del rumore impulsivo*

Nell'ambito della *Common Implementation Strategy* (CIS) della direttiva quadro per la strategia marina (MSFD), il *Marine Strategy Coordination Group* (MSCG) ha incaricato il "TGNoise" di redigere una serie di documenti guida inerenti il rumore subacqueo. In particolare, nel 2021 è prevista l'adozione dei due quadri di valutazione del rumore, rispettivamente "*Assessment framework on impulsive sound*" ("DL1" sul D11.1) e "*Assessment framework on continuous sound*" ("DL3", sul D11.2). Il "DL1" è già stato adottato in seno MSCG, mentre il "DL3" è presentato per l'adozione nel mese di novembre 2021.

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

Per quanto riguarda il DL1, il "TGNoise" si riserva di aggiornarlo con i risultati del Progetto di Ricerca "Harmonize" finanziato dalla EU, che si propone l'obiettivo di armonizzare i quattro scenari di valutazione proposti, anche alla luce degli sviluppi del "DL3".

Il processo negoziale, altamente articolato e inclusivo che ha portato alla redazione del "DL3", ha visto l'Italia (*co-chair* del "TGNoise") protagonista nella proposta di una visione mediterranea nell'approccio alla valutazione del rumore, anche in relazione alle specificità del bacino. La posizione consolidata nord-centrica, che vedeva inizialmente gli stati membri nordici, in particolare Olanda e Danimarca, tentare di imporre un quadro di valutazione concepito a misura sulle due specie (rispettivamente focena e foca vitulina) e le caratteristiche orografiche proprie dei mari costieri poco profondi della sponda settentrionale dell'Unione, è stata poi rimpiazzata da una più ampia e diversificata scelta di criteri, capaci di includere anche le specie caratteristiche delle regioni meridionali.

L'obiettivo di redigere la guida "Options for setting threshold values for impulsive noise" ("DL2") e la corrispondente per il rumore continuo ("DL4") nel primo semestre del 2022, pur essendo ambizioso, è fortemente voluto dalla DG ENV della Commissione europea anche in previsione della realizzazione degli obiettivi del "European green deal". Il "TGNoise", sotto la guida di Francia per la redazione del "DL2" e Italia per il "DL4", si impegna nel concepire la guida per la definizione dei valori soglia sulle basi di praticità, fattibilità e collaborazione a livello regionale e sub-regionale. L'elaborazione di questa guida potrà anche costituire la base tecnica e giuridica per le procedure autorizzatorie a eseguire attività di indagini marine con l'utilizzo di *airgun*.

5 CONSISTENZA DELLE ATTIVITÀ NEI MARI ITALIANI

In continuità con i contenuti del Quinto rapporto, vengono di seguito riportati aggiornamenti inerenti alle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) nazionale relative al settore della prospezione e ricerca idrocarburi in mare e alle procedure di Valutazione Ambientale Strategica (VAS), con un focus sul "Piano per la transizione energetica sostenibile delle aree idonee" (PiTESAI), che ha assunto particolare rilevanza per le attività di prospezione e ricerca di idrocarburi nei nostri mari.

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

5.1 Procedure di VAS dei piani/programmi di esplorazione e sfruttamento di idrocarburi in ambito nazionale e transfrontaliero (periodo 2020-2021)

L'applicazione della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) è di fondamentale importanza per l'integrazione delle considerazioni di carattere ambientale nell'elaborazione e nell'adozione di piani e programmi che possono avere effetti significativi sull'ambiente, assicurando che gli effetti dell'attuazione dei piani e dei programmi in questione siano presi in considerazione già nel corso della loro elaborazione e prima della loro adozione o approvazione finale.

La VAS permette, inoltre, di risolvere a monte questioni di coordinamento con le politiche ambientali e con le procedure di valutazione degli interventi. In particolare, essa rappresenta il quadro di riferimento per i processi di Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) di opere e progetti che risultano essere strumentali all'attuazione delle scelte programmatiche e pianificatorie esaminate in sede di VAS. La VAS è stata introdotta nell'ordinamento comunitario con la Direttiva 2001/42/CE del 27 giugno 2001 concernente la valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente. La Direttiva è stata recepita nell'ordinamento italiano con il Decreto Legislativo 3 aprile 2006 n. 152, come riformato dal Decreto Legislativo 16 gennaio 2008 n. 4 e con le innovazioni introdotte dal Decreto Legislativo 29 giugno 2010 n. 128. Il Decreto Legislativo n.104 del 2017, sebbene diretto alla modificazione delle norme che regolano il procedimento di VIA, ha prodotto alcune innovazioni alla Parte II - Titolo I del Decreto Legislativo n. 152 del 2006 che in misura minore devono essere considerate nei rapporti di interazione tra VIA e VAS e nella puntuale definizione degli impatti da considerare.

Il Protocollo di Kyiv sulla Valutazione Ambientale Strategica (2003) alla Convenzione di Espoo sulla Valutazione dell'Impatto Ambientale in un contesto transfrontaliero (1991) ha come obiettivo prioritario quello di ottenere un livello elevato di tutela dell'ambiente e della salute, mediante una serie di provvedimenti atti a garantire le considerazioni ambientali e sanitarie nei piani e nei programmi, nonché la partecipazione del pubblico alla VAS, in un'ottica a favore dello sviluppo sostenibile.

La procedura di VAS in un contesto transfrontaliero è avviata dallo Stato che elabora il piano o il programma, la cui attuazione può determinare impatti rilevanti sull'ambiente di un altro Stato. La notifica di apertura della consultazione transfrontaliera è inviata allo Stato coinvolto, che può esprimere il proprio interesse a partecipare alla procedura di

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

VAS fornendo le proprie osservazioni entro un termine ragionevole, previamente concordato dallo Stato che elabora il piano o il programma.

In relazione ai programmi già indicati nel “*Quinto rapporto sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*” del 2020, afferenti alle annualità 2015-2017, non sono pervenute informazioni relative all'avvio della effettiva pianificazione delle attività di esplorazione e produzione di idrocarburi.

Nel 2021 è stato avviato il procedimento di Valutazione ambientale strategica del “*Piano per la transizione ecologica delle aree idonee*” (PiTESAI). L'Autorità proponente per il Piano è la Direzione generale per le infrastrutture e la sicurezza dei sistemi energetici e geominerari del Ministero dello Sviluppo Economico, oggi in avalimento al MiTE.

Il PiTESAI, introdotto con l'articolo 11-ter della Legge 11 febbraio 2019, n. 12, è uno strumento di pianificazione generale delle attività minerarie sul territorio nazionale, volto a individuare le aree dove sarà possibile svolgere o continuare a svolgere, le attività di ricerca, prospezione e coltivazione degli idrocarburi in modo sostenibile.

Il PiTESAI tiene conto di tutte le caratteristiche del territorio, sociali, industriali, urbanistiche e morfologiche, con particolare riferimento all'assetto idrogeologico e alle vigenti pianificazioni e per quanto riguarda le aree marine, considera principalmente i possibili effetti sull'ecosistema, nonché tiene conto dell'analisi delle rotte marittime, della pescosità delle aree e della possibile interferenza sulle coste.

Nel PiTESAI sono, altresì, indicati tempi e modi di dismissione e rimessa in pristino dei luoghi da parte delle relative installazioni che abbiano cessato la loro attività. Con Legge 26 febbraio 2021, n. 21 di conversione del cosiddetto “Decreto Milleproroghe” (d.l. 183/2020), il termine iniziale per l'adozione del PiTESAI, previsto per il 13 agosto 2021, è stato prorogato al 30 settembre 2021 con la moratoria sui procedimenti e sulle attività di ricerca e prospezione.

Il 29 settembre 2021 si è conclusa la procedura di VAS per il Piano, con l'emanazione del decreto ministeriale n. 399 del 29 settembre 2021, di concerto con il Ministero della Cultura. Costituiscono parte integrante del decreto, il parere tecnico della Commissione Tecnica di Verifica dell'impatto Ambientale VIA-VAS n. 149/21 del 15 settembre 2021 e il parere tecnico istruttorio del Ministero della Cultura n. 31518 del 22 settembre 2021.

La Direzione generale per le infrastrutture e la sicurezza dei sistemi energetici e geominerari dovrà trasmettere alla Direzione generale per la crescita sostenibile e la qualità dello sviluppo del MiTE la Dichiarazione di sintesi (art. 17 del d.lgs. 152/2006 e

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

ss.mm.ii.), nella quale illustrerà in che modo ha considerato nel Piano le osservazioni, condizioni, raccomandazioni e suggerimenti contenuti nel decreto di VAS e nei pareri, nonché le misure adottate in merito al monitoraggio del Piano (art. 18 del d.lgs. 152/2006). Per i seguiti di competenza, la Direzione generale per le infrastrutture e la sicurezza dei sistemi energetici e geominerari ha recentemente trasmesso il Piano in Conferenza Unificata, ai fini dell'intesa per l'adozione, limitatamente alle aree su terraferma.

5.2 Procedure di VIA dei progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi

I dati riportati nel presente paragrafo sono desunti dal Portale delle Valutazioni Ambientali VAS-VIA del MiTE (www.va.minambiente.it) che fornisce per tutti i progetti (VIA), piani e programmi (VAS) di competenza statale, informazioni e dati aggiornati in tempo reale, nonché tutta la documentazione acquisita e prodotta nell'ambito di ciascun procedimento.

Prima di entrare nel vivo del paragrafo, si richiamano le disposizioni di legge che hanno determinato la sospensione di alcune procedure relative alla valutazione ambientale di progetti di prospezione e ricerca di idrocarburi in carico alla Dg CreSS.

Con decreto-legge 14 dicembre 2018, n. 135, *“Disposizioni urgenti in materia di sostegno e semplificazione per le imprese e per la pubblica amministrazione”* convertito in legge 11 febbraio 2019, n. 12, si è stabilito, all'art. 11-ter, che entro diciotto mesi dalla data di entrata in vigore della legge di conversione dello stesso sia approvato, con decreto del Ministro dello sviluppo economico, di concerto con il Ministro dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare, il *“Piano per la transizione energetica sostenibile delle aree idonee”* (PiTESAI), al fine di individuare un quadro definito di riferimento delle aree ove è consentito lo svolgimento delle attività di prospezione, ricerca e coltivazione di idrocarburi sul territorio nazionale, volto a valorizzare la sostenibilità ambientale, sociale ed economica delle stesse.

Il comma 4 prevede che *“... nelle more dell'adozione del PiTESAI, ai fini della salvaguardia e del miglioramento della sostenibilità ambientale e sociale, i procedimenti amministrativi, ivi inclusi quelli di valutazione di impatto ambientale, relativi al conferimento di nuovi permessi di prospezione o di ricerca di idrocarburi liquidi e gassosi, sono sospesi ...”*.

Il successivo comma 8 stabilisce che *“... in caso di mancata adozione del PiTESAI entro ventiquattro mesi dalla data di entrata in vigore della legge di conversione del*

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

presente decreto, i procedimenti sospesi ai sensi del comma 4 proseguono nell'istruttoria ed i permessi di prospezione e di ricerca sospesi ai sensi del comma 6 riprendono efficacia”.

Per effetto quindi delle disposizioni di cui al comma 4 dell'articolo 11-ter del decreto-legge 135/2018, convertito con modificazioni dalla legge 11 febbraio 2019, n. 12, e quindi nelle more dell'adozione del PiTESAI, sono state sospese n.9 procedure di VIA (n.6 riguardanti progetti in terraferma e n.3 riguardanti progetti in mare) e n.1 procedura di verifica di ottemperanza riguardante un progetto in mare.

Nello specifico, i procedimenti oggetto di sospensione localizzati in mare che comprendono rilevazioni effettuate con *airgun* sono quelli riportati nelle seguenti tabelle:

Identificativo procedimento	Progetto	Proponente	Localizzazione
3943	Progetto di acquisizione sismica nell'area del permesso di ricerca di idrocarburi "d 84F.R-EL".	Edison S.p.A.	Mare Ionio (al largo di S. Maria di Leuca)
2322	Permesso di ricerca di idrocarburi liquidi e gassosi denominato "d33 G.R.-AG"	ENI S.p.A. - Divisione Exploration & Production	Canale di Sicilia (al largo di Gela)
1700	Prima fase programma lavori del permesso di ricerca per idrocarburi "d30 G.R.-NP" situato nel Canale di Sicilia prospiciente la costa della provincia di Agrigento	NorthernPetroleum (UK) Ltd	Canale di Sicilia (al largo di Gela)
4080	Prospezione geofisica 3D Adriatico Meridionale nell'ambito dei permessi FR 39 NP e FR 40 NP	NorthernPetroleum (UK) Ltd	Puglia – Adriatico Meridionale

Tabella 5.2.1: procedimenti sospesi.

Considerato che, per effetto della proroga di cui all' art. 12-ter del decreto-legge 31 dicembre 2020, n. 183, il termine di sospensione dei procedimenti ambientali sopra richiamati è stato fissato alla data del 30 settembre 2021, al momento della redazione del presente rapporto sono in corso verifiche amministrative per il riavvio dei procedimenti in argomento.

Bisogna specificare poi che in conseguenza dell'entrata in vigore della legge 11 febbraio 2019, n. 12 non è pervenuta, nel periodo di riferimento del presente rapporto

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

(01.11.2020 - 01.11.2021), alcuna nuova istanza di prospezione o ricerca di idrocarburi a mare, né è stata conclusa alcuna delle procedure di VIA in corso.

La Dg CreSS ha avuto in carica una sola procedura afferente all'esecuzione di indagini geofisiche a mare (sismica a riflessione 2D o 3D) da effettuarsi mediante l'utilizzo di *airgun*. Si precisa che tale procedura non riguarda nello specifico attività di ricerca di idrocarburi in mare, ma attività di studio sulla pericolosità sismica nelle aree costiere della Sicilia da condursi anche attraverso rilievi geofisici marini con l'uso di *airgun* - area di indagine il Tirreno Sud Meridionale. L'istanza presentata dall'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale è relativa al cosiddetto "Progetto premiale *Earth Cruisers*" e alla data di pubblicazione del presente rapporto la procedura è in corso, il decreto di compatibilità ambientale è stato predisposto e sarà trasmesso al Gabinetto del Ministro per la firma del Ministro della Transizione Ecologica e del Ministro della Cultura.

5.3 Autorizzazioni rilasciate dalla Direzione generale per l'approvvigionamento, l'efficienza e la competitività energetica (DGAECE) del MITE

Nel presente Capitolo sono riportati i dati pubblicati dalla Direzione generale per l'approvvigionamento, l'efficienza e la competitività energetica (DGAECE) (in avvalimento al MITE ai sensi del D.L. 22/2021), ancora consultabili al link web gestito dall'ex Direzione generale per le infrastrutture e la sicurezza dei sistemi energetici e geominerari del Ministero dello Sviluppo Economico (<https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/ricerca-e-coltivazione-di-idrocarburi>) che è l'Autorità competente al rilascio dei permessi di prospezione, di ricerca e delle concessioni di coltivazione di idrocarburi e alla gestione delle relative entrate economiche. Nella sezione del sito della detta Direzione, Divisione VII, è possibile acquisire tutte le informazioni relative alle istanze per il rilascio di titoli minerari, alle *royalties*, canoni ed espropri.

Non essendosi conclusa, come indicato precedentemente, alcuna procedura di VIA con esito favorevole nel periodo considerato che va dal 01.11.2020 al 31.10.2021, e in considerazione altresì che anche nel periodo precedente, come indicato nel Quinto rapporto, alcun decreto VIA con esito favorevole era stato emanato, nessuna autorizzazione risulta essere stata rilasciata dal Ministero dello Sviluppo Economico nel periodo considerato.

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

5.4 *Esiti contenziosi contro i provvedimenti di VIA*

Non vi sono aggiornamenti rispetto a quanto già rappresentato nel quinto rapporto.

5.5 *Attività condotte da Enti di Ricerca.*

Per il rilievi di geofisica marina finalizzati alla ricerca scientifica esiste un'ampia gamma di energizzatori acustici utilizzabili da quasi tutte le navi oceanografiche nelle loro campagne: dai metodi acustici ad altissima frequenza, capaci di fornire immagini dettagliate del fondo marino (prevalentemente *side-scan*, *sonar*, *Compressed High-intensity Radiated Pulse* – CHIRP e *multibeam*), alla strumentazione utile a indagare i primi livelli del sottosuolo (*sub bottom profilers*), fino alla sismica profonda con sorgenti di tipo monocanale ad alta risoluzione e bassa penetrazione (*sparker*) o di tipo multicanale, ad alta penetrazione (*airgun*).

Anche le campagne oceanografiche svolte nel Mediterraneo e in particolare nelle acque territoriali italiane, hanno utilizzato tali strumentazioni - spesso in maniera combinata - per ottenere, a esempio, informazioni relative alla individuazione e ricostruzione degli andamenti geometrici delle unità geologiche costituenti il sottofondo marino, finalizzate alla comprensione dell'evoluzione degli ambienti deposizionali utili per ricostruzioni paleogeografiche e paleoambientali. Tali metodologie sono inoltre state utilizzate per investigare le strutture vulcano-tettoniche profonde e individuare le camere magmatiche di complessi vulcanici.

Al fine di prevenire i possibili effetti negativi sulle varie componenti ambientali l'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale (OGS) ha intrapreso un percorso di innovazione, volto a stimolare la ricerca su sorgenti acustiche alternative e meno impattanti rispetto al cosiddetto *airgun* utilizzato comunemente per la ricerca scientifica e per l'esplorazione mineraria. Inoltre, è stata intrapresa una collaborazione tra l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare (INFN), l'Università di Genova, il CNR, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), l'OGS e l'Università di Milano Bicocca per la partecipazione al Bando 2020 per Progetti di Ricerca di Rilevante Interesse Nazionale (PRIN), con lo scopo di sviluppare una infrastruttura di monitoraggio acustico per la ricerca geofisica e il monitoraggio ambientale. Sono in corso, inoltre, diverse attività formative nell'ambito del progetto *Blue Growth* finanziato dal MUR in collaborazione con la Regione Friuli Venezia Giulia dove sono previste diverse attività coordinate dall'OGS, INGV e INFN.

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

L'attuale situazione normativa di fatto blocca le attività di prospezione del sottosuolo in ambiente marino anche per fini scientifici volti allo studio del clima, paleo-clima e pericolosità naturale, determinando l'impossibilità di acquisire nuovi dati e limitare l'avanzamento delle conoscenze del sottosuolo italiano.

6 AVANZAMENTO DELLO STATO DELLE CONOSCENZE DEGLI EFFETTI PER GLI ECOSISTEMI MARINI DELLA TECNICA DELL'AIRGUN

6.1 Effetti sui pesci: nuovo approccio di indagine sui popolamenti

Nell'ultimo anno alcuni studi hanno indagato ancora gli effetti dei rilievi sismici sul comportamento dei pesci. [Van der Knaap et al. \(2021\)](#) descrivono come il comportamento del merluzzo atlantico vari, diventando meno attivo quando esposto al rumore. In particolare, gli effetti combinati dei cambiamenti comportamentali (deterrenza ritardata e interruzione dell'attività) indicano, secondo gli Autori, la possibilità che le indagini sismiche influiscano sui bilanci energetici e in ultima analisi, portino a conseguenze a livello di popolamenti. Gli stessi Autori spiegano che la domanda da porsi è se l'aumento dell'inattività conduca anche a una diminuzione, biologicamente rilevante, della ricerca e assunzione di cibo. Solo una volta stabilito ciò si potrà affermare con certezza che il rumore è dannoso per la crescita e la riproduzione e costituisce una minaccia per gli stock ittici ([Van der Knaap et al., 2021](#)). Lo studio di [Kok et al. \(2021\)](#) conferma l'esistenza di alterazioni comportamentali nei pesci pelagici, sebbene risultino di lieve entità e sottolinea la necessità di ulteriori approfondimenti prima di poter concludere che i suoni impulsivi, provenienti sia da indagini sismiche che da palificazioni, rappresentino un fattore di disturbo per i pesci pelagici in habitat altrimenti attrattivi, intorno ad esempio ai parchi eolici.

Rilevante è anche uno studio a larga scala con un vero rilievo sismico condotto con *airgun* che conclude che non ci sono modificazioni comportamentali nella fauna ittica (pesci commerciali) né impatti osservabili dovuti ai rilievi sismici ([Meekan et al., 2021](#)). Gli Autori concludono che dopo diversi tipi di indagine, il loro studio suggerisce che “... le prospezioni sismiche hanno un impatto minimo o nullo sulla composizione, sull'abbondanza, sul comportamento e sul movimento dei pesci demersali nell'ambiente della piattaforma costiera al largo dell'Australia nordoccidentale” ([Meekan et al., 2021](#)).

Dalle evidenze scientifiche riguardo agli effetti sui pesci, delineati sinora in letteratura e riportati nei precedenti rapporti, possiamo evidenziare che questi sono generalmente

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

riferiti ai singoli esemplari o a gruppi più o meno numerosi e possono essere schematizzati, secondo Hawkins e Popper (2017) (Fig. 6.1.1), in funzione della distanza crescente dalla fonte sonora e variano dai più severi, come la morte, agli effetti fisici o fisiologici, ai danni all'udito, alla riduzione della capacità di riconoscere i segnali acustici, fino ai cambiamenti nel comportamento.

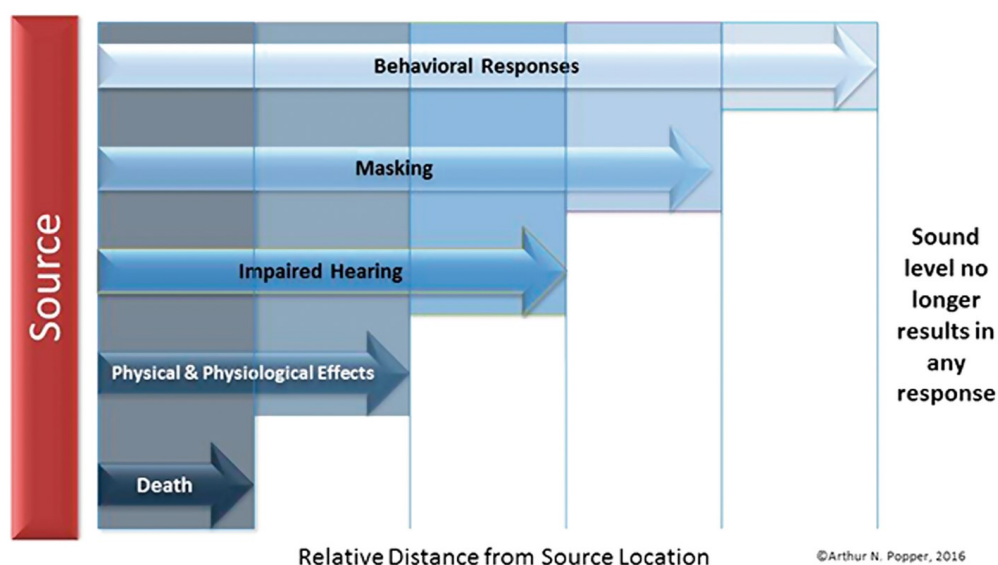


Figura 6.1.1: Possibili effetti del rumore su pesci e invertebrati a diverse distanze dalla sorgente (Hawkins and Popper, 2017).

Tutti questi effetti possono avere ripercussioni di diversa intensità sulla vitalità attraverso meccanismi come l'aumento del rischio di predazione, la riduzione della capacità di nutrirsi e crescere, la riduzione della capacità riproduttive. Quindi, la varietà di effetti descritti sinora, riguardanti la fisiologia, i danni anatomici e le modificazioni comportamentali, sono di entità più o meno significativa ma sempre relativi ai singoli esemplari o a gruppi di animali che non raggiungono la rappresentatività di una popolazione. Pur tuttavia, la possibilità teorica che questi effetti possano avere ripercussioni su scala più ampia e quindi a livello di popolazione, popolamenti ed ecosistemi è fondata (Kunc *et al.*, 2016; Hawkins & Popper, 2016; Pirota *et al.*, 2018; Popper *et al.* 2019; de Jong *et al.*, 2020) ma si tratta di capire se questo avvenga realmente e in che misura.

Lo sforzo della comunità scientifica sembra concentrarsi proprio sul tentativo di comprendere in che modo gli effetti a piccola scala si possano tradurre statisticamente in modificazioni sulle popolazioni e trovare un metodo per quantificare il fenomeno. Uno

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

dei primi lavori è stato quello già riportato di [Slabbekoorn et al. \(2019\)](#) che ha indagato concettualmente l'impatto delle prospezioni sismiche e ha fornito uno schema per cercare di rapportare l'impatto sugli individui agli effetti osservabili a livello di popolamento, comunità ed ecosistema ([Fig. 6.1.2](#)).

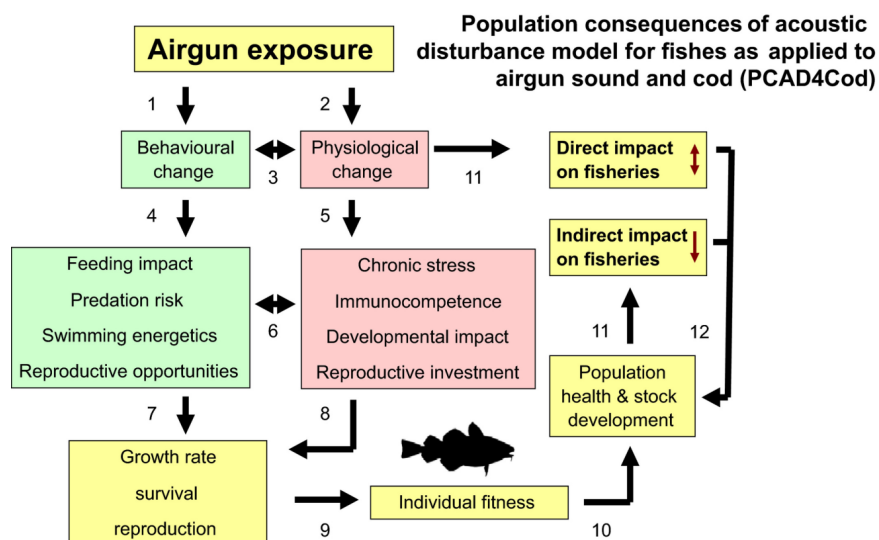


Figura 6.1.2: Diagramma di flusso che schematizza i meccanismi attraverso i quali l'esposizione ad *airgun* si può tradurre in effetti sulla popolazione mediante meccanismi di modificazione della fisiologia e del comportamento dei pesci ([Slabbekoorn et al., 2019](#)).

Successivamente, altri studi hanno cercato di quantificare il fenomeno. Lo studio di [Hubert et al. \(2020\)](#) ha usato un approccio basato sulla quantificazione delle variazioni comportamentali. Lo studio affronta l'indagine degli effetti del suono antropogenico sui pesci (*Gadus morhua*) a livello di popolazione misurando l'impiego di tempo in diverse attività quali l'alimentazione, il nuoto o il riposo (*time budgets*). Ognuna di queste attività comporta un certo dispendio o guadagno di energia (*energy budgets*) e calcolando la sommatoria di questi apporti è possibile valutare il bilancio tra l'assunzione e il dispendio di energia e in ultima analisi, disporre di un parametro per valutare lo stato di salute della popolazione.

Lo studio di [Soudijn et al. \(2020\)](#) prosegue su questo approccio in base all'assunto che gli effetti non letali dell'esposizione al suono sui pesci, sebbene sembrino irrilevanti, possono provocare piccoli cambiamenti nel comportamento e portare a riduzioni significative della crescita e della riproduzione ([Pirota et al., 2018](#)). In questo studio si delinea un modello per valutare le conseguenze a livello di popolazione dei cambiamenti a livello individuale che potrebbero derivare da effetti letali e non letali

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

dell'esposizione al suono per il merluzzo (*Gadus morhua*). Gli Autori, attraverso l'utilizzo di un metodo basato sull'osservazione della struttura demografica di una popolazione (lunghezza vs età) nel tempo, hanno testato come il disturbo acustico su una frazione della popolazione, rispetto all'intera popolazione, influisca sul tasso di crescita. [Alves et al., 2021](#), a proposito delle interferenze che produce il rumore subacqueo prodotto da imbarcazioni nelle comunicazioni tra pesci, in particolare studiando esemplari di *Halobatrachus didactylus*, un pesce demersale che si serve della comunicazione acustica per attrarre potenziali partner riproduttivi, riportano che il rumore prodotto da imbarcazioni, piccole e grandi, è in grado di alterare significativamente il comportamento della specie, potendo quindi minacciare il successo riproduttivo degli individui.

Gli effetti non letali del disturbo acustico possono quindi essere valutati utilizzando quello che chiamano l'"*approccio alle conseguenze del disturbo sulla popolazione*" (*population consequences of disturbance approach - PCoD*) che serve proprio a tradurre i cambiamenti fisiologici o comportamentali in cambiamenti nel tasso di sopravvivenza (riproduzione, mortalità e crescita) dell'intero popolamento. Il vantaggio di utilizzare un tale modello meccanicistico è che gli effetti dei cambiamenti nell'assunzione di cibo o nel dispendio energetico sono, attraverso effetti diretti e indiretti, tradotti in cambiamenti dei tassi vitali osservabili seguendo la storia di vita di un popolamento.

Anche il recente studio di [Mortensen et al. \(2021\)](#) si cimenta sulla modellizzazione finalizzata a verificare come gli effetti acustici che modificano il comportamento individuale (deterrenza, disturbo, mascheramento) possono essere tradotti in variazioni dei flussi energetici e quindi in cambiamenti nei tassi vitali (crescita, maturazione, riproduzione e sopravvivenza). L'approccio viene chiamato "*conseguenze sulla popolazione del disturbo acustico*" (*population consequences of acoustic disturbance - PCAD*) e viene calato in modelli computazionali già in uso finalizzati alla simulazione al computer di azioni e interazioni di agenti forzanti su un sistema (*agent-based model - ABM*). Gli autori ritengono, inoltre, che gli ABM siano uno strumento prezioso per integrare le informazioni spaziali negli studi di impatto ecologico che indagano sui disturbi acustici, per qualsiasi tipo di sorgente sonora sia per i mammiferi marini che per i pesci. «... Infatti spesso si considerano i fattori abiotici come la temperatura, la profondità e le correnti o caratteristiche ambientali quali la disponibilità alimentare o di

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

riparo per delineare la distribuzione geografica di una specie, invece viene trascurato l'inquinamento acustico come forzante della variazione spaziale della distribuzione».

6.2 Rassegna

Nei paragrafi seguenti, si è cercato di riassumere le principali evidenze sinora scaturite dall'analisi di pubblicazioni scientifiche e tecniche rese disponibili circa gli effetti osservati su organismi o componenti degli ecosistemi marini conseguenti all'impiego della tecnica dell'*airgun*.

6.2.1 Effetti sulla pesca commerciale

Gli studi esaminati sinora giungono a conclusioni contrastanti sugli effetti delle prospezioni acustiche sulla pesca commerciale. In sintesi, ad oggi, non ci sono evidenze univoche sugli effetti del rumore sulla pesca. Probabilmente ci sono variabili legate al *taxon* (pesci, crostacei o molluschi), agli ambienti in cui si esercita la pesca, alla tipologia di pesca e agli attrezzi usati.

Alcuni studi sembrano indicare una diminuzione dei tassi di cattura a carico della pesca commerciale in conseguenza a prospezioni sismiche. Questo fenomeno sarebbe determinato da risposte comportamentali quali spavento, allarme, evitamento, migrazione, perdita di equilibrio. Viene descritto un calo dei tassi di cattura dal 40% all'80% di varie specie ittiche (Dalen *and* Knutsen, 1987; Løkkeborg, 1991; Skalski *et al.*, 1992; Engås *et al.*, 1993; Løkkeborg *and* Soldal, 1993; Engås *et al.*, 1996; Hassel *et al.*, 2004; Slotte *et al.*, 2004) e del gasteropode *Bolinus brandaris* (Moriyasu *et al.*, 2004).

Per contro, ci sono altre evidenze che indicano una sostanziale irrilevanza dell'*airgun* per la pesca. Non sono state osservate differenze significative nel tasso di cattura del granchio artico *Chionoecetes opilio*, prima e dopo la conduzione di un *survey* sismico sperimentale con l'impiego di *airgun* (Christian *et al.*, 2003; Morris *et al.*, 2018; Cote *et al.*, 2020). Anche un nuovo lavoro sul granchio artico conferma la stessa conclusione (Morris *et al.*, 2020): si evidenzia che i tassi di cattura cambiano notevolmente nel tempo e nello spazio e l'elevata variabilità impedisce di apprezzare effetti dovuti ai rilievi sismici, ovvero anche se esistessero sarebbero comunque inferiori alle fluttuazioni naturali. Risultati dello stesso segno si evincono dallo studio sulla pesca dei gamberi (Andrighetto-Filho *et al.*, 2005) e di pesci (Brucea *et al.*, 2018).

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

6.2.2 Effetti su uova, larve e invertebrati

La mortalità di uova e larve di pesci è stata accertata solo entro un raggio di pochi metri dall'airgun (Kostyuchenko, 1973). Gli effetti delle emissioni sonore da *airgun* possono portare inoltre a ritardi di sviluppo delle larve del bivalve *Pecten novaezelandiae* (De Soto *et al.*; 2013), sviluppo ritardato delle uova del granchio *Chionoecetes opilio* (Christian *et al.*, 2003), riduzione della vitalità delle uova, aumento della mortalità embrionale e decremento della crescita larvale, (Kostyuchenko, 1973; Booman *et al.*, 1996), danni alle cellule cerebrali e ai neuromasti (recettori pressori) di larve di rombo (Booman *et al.*, 1996). Day *et al.* (2016) hanno mostrato che nella prole di femmine portatrici di uova di aragosta (*Jasus edwardsii*) esposte alle emissioni sonore di un *airgun* non sono state riscontrate anomalie e i giovanili si sono sviluppati in maniera analoga al controllo non esposto. Nel complesso l'effetto su uova e larve, quindi su una componente del plancton da tutelare in via prioritaria, sembrano limitati ad una distanza inferiore a 10 m dalla fonte, apprezzabili ma inferiori o paragonabili al tasso di mortalità naturale, appaiono quindi trascurabili (Sætre and Ona, 1996).

Gli effetti sugli invertebrati riportati nei precedenti rapporti evidenziano cambiamenti fisiologici in alcuni crostacei, alcune specie di molluschi bivalvi e in echinodermi; sono riportate lesioni o traumi a carico di strutture anatomiche particolari quali le statocisti in specie di cefalopodi e crostacei (aragoste). La *review* di Tidau e Briffa (2016) sugli effetti comportamentali osservati da diversi Autori in crostacei variamente esposti ad alcune sorgenti antropiche di rumore subacqueo evidenzia che a fronte delle diverse alterazioni osservate, in adulti come in larve planctoniche, si nota che le strategie di indagine adottate non sempre appaiono adeguate e che le conclusioni che si possono trarre da questi studi sono spesso lontane dal poter essere considerate certezze.

Jones *et al.*, 2021 nelle conclusioni dello studio in laboratorio realizzato su esemplari del calamaro *Doryteuthis pealeii* esposti a rumori di palificazione registrati in mare mentre intenti in attività di predazione, riportano alterazioni del comportamento predatorio. Esposti al rumore, i calamari spesso abbandonavano il perseguimento dell'intento predatorio in atto e considerato l'alto tasso metabolico della specie che richiede di alimentarsi frequentemente, questa alterazione comportamentale potrebbe costituire una minaccia per l'accrescimento o la sopravvivenza degli individui di un popolamento in natura. Fitzgibbon *et al.* (2017) descrivono la reazione fisiologica di crostacei adulti (*Jasus edwardsii*) alle prospezioni che induce la soppressione del conteggio totale degli emociti (THC – *Total Hemocyte Counts*) fino a 120 giorni dopo l'esposizione, suggerendo così un impatto negativo cronico della capacità immunitaria e

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

una compromissione cronica delle condizioni nutrizionali. [Murphy et al. \(2019\)](#) confermano, tramite una meta-analisi degli studi esistenti, un effetto misurabile sulla variazione della conta totale degli emociti (THC) e altri parametri fisiologici negli invertebrati esposti a rilevamenti sismici.

Lo studio di [Day et al. \(2017\)](#) descrive l'impatto dell'esposizione a indagini sismiche sul bivalve *Pecten fumatus*, riscontrando alterazioni nelle capacità di reazione, nelle difese immunitarie, negli equilibri elettrolitici. Su un bivalve, *Paphia aurea*, sottoposto a rumore sismico sono stati riscontrati sintomi di *stress* fisiologico evidenziati da alti livelli di sostanze, quali idrocortisone, glucosio e lattato ([Moriyasu et al., 2004](#)). Uno studio di [Vazzana et al. \(2020\)](#), pur non riguardando la gamma di frequenze basse tipiche dell'*airgun*, riporta che gli stimoli ad alta frequenza provocano nel riccio di mare *Arbacia lixula* una risposta allo *stress* fisiologico indotta dal rumore.

Sono state descritte in letteratura osservazioni su effetti morfologici e ultrastrutturali causati da traumi acustici indotti su specie di Cefalopodi ([André et al., 2011](#)) e sulle possibili interazioni con il rumore di calamari giganti rinvenuti spiaggiati. [Leite et al. \(2016\)](#) riportano l'osservazione di un calamaro gigante morto (*Architeuthis dux*) in concomitanza con prospezioni sismiche nel maggio del 2013 al largo delle coste brasiliane. È stata evidenziata la correlazione tra spiaggiamenti di calamari giganti, nei quali sono stati osservati danni ad organi interni e prospezioni sismiche effettuate in Nord Atlantico ([André et al., 2011](#); [Guerra et al., 2004](#); [2011](#)). L'analisi autoptica ha rilevato la presenza di patologie e lesioni legate alle statocisti ([André et al., 2011](#)) che compromettono il senso dell'equilibrio e della posizione. Marta Solè, ([Solè M. et al., 2017a](#); [2017b](#)), riporta le evidenze di danni a carico degli epiteli sensoriali su esemplari di Cefalopodi (*Sepia officinalis*, *Loligo vulgaris* e *Ilex coindetii*) dopo l'esposizione a livelli sonori elevati. Sempre [Solè et al. \(2017b\)](#) quantifica una soglia acustica oltre la quale si provocano traumi fisici nei Cefalopodi 139÷142 dB re 1 µPa.

Uno studio analogo ([Semmens et al., 2017](#)) ha osservato danni a carico delle statocisti di aragosta (*Jasus edwardsii*) insonificata mediante *airgun*. Gli effetti negativi sulle statocisti di *Jasus edwardsii* sono confermati da [Day et al. \(2019\)](#) che espone i crostacei a un *airgun* che passa ad una distanza di 100÷500 m.

[McCauley et al. \(2017\)](#) riportano che l'uso dell'*airgun* provochi significativi decrementi delle abbondanze e un aumento della mortalità degli organismi zooplanctonici entro una sfera di raggio pari a 1,2 km dalla sorgente sonora ([McCauley et al., 2017](#)). Scenari

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

modellati su tale scoperta suggeriscono una mortalità del 14% nello zooplancton a una distanza di 15 km dall'esplosione sismica (Richardson *et al.*, 2017). Lo studio di Fields *et al.* (2019) ha poi ridimensionato le evidenze prospettate dal lavoro di McCauley *et al.* (2017) e delle previsioni di Richardson *et al.* (2017). Infatti, Fields *et al.* (2019) hanno testato le esplosioni di *airgun* su un Crostaceo planctonico (*Calanus spp.*) osservando un incremento della mortalità apprezzabile solo ad una distanza inferiore a 10 m dalla fonte.

Il lavoro di *Wale et al.* (2019) si è prefisso di indagare sull'impatto ecosistemico del suono usando dei test usati in ecotossicologia (*comet assay*, test sullo stress ossidativo) in combinazione con *biomarker* fisiologici e comportamentali. Il bivalve *Mytilus edulis* è stato sottoposto a riproduzioni di rumore di navi riscontrando danni indotti dal rumore a carico del DNA, stress ossidativo, riduzione del 12% del consumo di ossigeno, aumento del 60% dell'apertura delle valve, riduzione dell'84% della velocità di filtrazione.

Ci sono anche studi che indicano effetti scarsi o nulli. *Przeslawski et al.* (2018) hanno esaminato la potenziale risposta di due specie di capesante (*Pecten fumatus* e *Mimachlamys asperrima*) non riscontrando alcuna evidenza di mortalità delle capesante attribuibile all'indagine sismica, sebbene non sia possibile escludere effetti sub-letali. Anche dopo un'indagine sismica 3D (*Heyward et al.*, 2018) condotta sulla barriera di una laguna corallina (Australia nord-occidentale) non sono stati osservati effetti macroscopici sui tessuti molli o sullo scheletro dei coralli e non sono stati osservati né mortalità corallina, né danno scheletrico o altri segni visibili di *stress* subito dopo e fino a quattro mesi dopo il rilievo sismico (*Heyward et al.*, 2018).

6.2.3 Effetti sui rettili marini

Diversi studi hanno evidenziato atteggiamenti di allarme o di fuga da parte delle tartarughe marine come reazione immediata agli impulsi sonori emessi dagli *airgun* (*O'Hara and Wilcox*, 1990; *Moein et al.*, 1994; *McCauley et al.*, 2000; *Lenhardt*, 2002). In termini generali il loro comportamento diviene più erratico, indicando uno stato agitato dell'esemplare. I risultati di monitoraggi effettuati durante *survey* sismici hanno evidenziato un numero maggiore di 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

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

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 a 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 prima di raggiungere la zona di esercizio di un *airgun*, il 57% delle tartarughe marine reagivano con un comportamento di fuga dovuta ad allarme, immergendosi.

6.2.4 Effetti sui mammiferi marini

Gli effetti sui mammiferi marini, reperiti in letteratura e riportati nei precedenti rapporti "... *sugli effetti per l'ecosistema marino della tecnica dell'airgun*" vanno dallo stress, alle modificazioni comportamentali, al mascheramento dei segnali, alle alterazioni delle capacità uditive e in casi estremi, a danni ai tessuti.

Tra le modificazioni comportamentali dovute al disturbo acustico dell'*airgun* si annoverano le alterazioni nelle emissioni sonore, i cosiddetti canti. In risposta al disturbo acustico, la balenottera franca aumenta la potenza di emissione e la densità dei canti (numero di canti per unità di area e per unità di tempo) (Thode *et al.*, 2020).

Si è evidenziato come un aspetto che comincia a essere più conosciuto sia il rapporto dose-effetto causato da stimoli sonori. Dunlop *et al.* (2018) hanno affrontato l'indagine del rapporto dose-effetto nella reazione di evitamento (allontanamento dalla fonte sonora) della megattera. I ricercatori sono riusciti a stabilire che questi cetacei in migrazione cominciavano ad avere una reazione di evitamento quando erano sottoposti a emissioni che eccedevano i 130 dB re 1 μPa^2 entro un raggio di 4 km dalla fonte. Si riscontrava, inoltre, una probabilità del 50% che cambiassero rotta quando il livello sonoro era intorno ai 150 dB re 1 μPa^2 e a una distanza di 2,5 km dall'*airgun*.

Dunlop *et al.* (2020) hanno poi riscontrato nelle megattere una riduzione complessiva delle interazioni sociali correlate alla riproduzione sia in presenza di una nave che traina *airgun* in fase operativa sia in presenza di *airgun* inattivi. Comunque, l'ampiezza della risposta era generalmente maggiore con *airgun* in funzione. Gli Autori hanno trovato anche una significativa relazione di dose-risposta tra la vicinanza della nave e la riduzione della probabilità di interazione tra questi mammiferi. In relazione agli effetti di prossimità, i gruppi hanno ridotto il loro comportamento sociale di aggregazione da una

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

probabilità di 0,5 (a circa 7,5 km) a una probabilità di 0÷0,2 (a circa 2 km dalla nave). L'indagine sulla dose-risposta, utilizzando come indicatore la reazione di allontanamento, ha rilevato che le megattere avevano maggiori probabilità di cambiare direzione per evitare la fonte di disturbo quando si trovavano entro un raggio di 3÷4 km. Gli Autori sostengono che gli effetti comportamentali nei mammiferi marini legati alla presenza di navi non sono solo dovuti all'effetto di mascheramento del segnale acustico usato per comunicare ma anche alla mera presenza fisica della nave, nonostante ci fosse una risposta più ampia in presenza di *airgun* operativi. Questi risultati sono allora validi per le operazioni navali correlate alle prospezioni sismiche come per ogni altra operazione che comporti l'uso di navi. Anche lo studio di [Kavanagh et al. \(2019\)](#) ha rilevato un effetto di disturbo significativo dovuto all'attività di prospezione sismica con una diminuzione dell'88% negli avvistamenti di balenottere e una diminuzione del 53% negli avvistamenti di odontoceti durante i rilevamenti sismici rispetto alle indagini di controllo. [Sarnocińska et al. \(2020\)](#) riportano per la focena (*Phocoena phocoena*) una diminuzione nei segnali di ecolocalizzazione fino a 8÷12 km di distanza da *airgun* attivi, il che può indicare lo spostamento temporaneo di questi mammiferi o un cambiamento nel comportamento di eco-localizzazione che potrebbe influenzare temporaneamente l'efficienza della ricerca alimentare.

Un nuovo studio ([Heide-Jørgensen et al., 2021](#)) evidenzia modificazioni nel comportamento del narvalo che, in presenza di *airgun* attivi, ha reazioni di fuga con cambi di rotta e aumento della velocità di nuoto (30%) a distanze tra 5 e 24 km dalla fonte sonora a seconda della conformazione del fondale. Inoltre, aumenta la propensione di questi cetacei a spostarsi verso costa tanto più forte è l'esposizione al rumore e in modo apprezzabile da distanze di 10-15 km dalla sorgente di rumore. Anche in questo studio è stato evidenziato che gli esemplari di narvalo avevano reazioni di evitamento anche per la sola presenza della nave ([Heide-Jørgensen et al., 2021](#)).

6.2.5 Misure di mitigazione degli impatti ambientali

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. 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*. Di seguito, sono descritte le diverse tipologie di misure

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

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 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> , ecc.) in grado di contenere il suono in un'area ristretta. Generalmente sono utilizzati per attività quali il <i>pile driving</i> .
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, ecc. 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 6.2.1: misure di mitigazione del rumore in ambiente marino (modificato da Jasny *et al.*, 2005). Per ciascun tipo di mitigazione sono indicate le diverse metodologie (estratto da Bertolini *et al.*, 2012).

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

A livello internazionale, sono state sviluppate due linee guida riguardanti le possibili misure di mitigazione da adottare nel corso di attività che introducono rumore in ambiente marino:

1. ACCOBAMS (*Agreement on the Conservation of Cetaceans of the Black Sea, Mediterranean Sea and contiguous Atlantic Area* - Accordo sulla conservazione dei Cetacei nel Mar Nero, Mar Mediterraneo e della zona atlantica contigua);
2. *Joint Nature Conservation Committee (JNCC, 2010)* di Aberdeen (UK).

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 formati in modo adeguato (*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 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

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

riviste e aggiornate 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.

6.3 Banca dati spiaggiamenti

Non vi sono segnalazioni specifiche collegate all'uso dell'*airgun* derivanti dalle necroscoPie.

7 MONITORAGGIO DELLE EMISSIONI ACUSTICHE PROVENIENTI DA AIRGUN

7.1 Nuovo programma di monitoraggio della strategia marina per il Descrittore 11 "Rumore subacqueo"

Come previsto dall'art. 7 del D.lgs.190/2010, che recepisce la Direttiva Quadro 2008/56/CE (MSFD), il Programma di Monitoraggio della Strategia Marina è stato aggiornato nel corso del 2020 ed approvato formalmente con DM del 2 febbraio 2021, per il secondo ciclo attuativo previsto dalla MSFD. Il Programma descrive le attività di monitoraggio che devono essere condotte per ciascuno degli 11 Descrittori qualitativi individuati dalla Direttiva Quadro, al fine di valutare lo stato dell'ambiente marino in funzione delle definizioni del Buono Stato Ambientale (GES) e dei Traguardi Ambientali da raggiungere per il suo conseguimento, aggiornati e adottati attraverso il DM del 15 febbraio 2019.

Il Programma comprende, pertanto, anche attività di monitoraggio riferite al Descrittore 11 della Strategia Marina, dedicato alle pressioni causate dall'immissione di energia in ambiente marino e in particolare, al rumore sottomarino (D11 "... *l'introduzione di energia, comprese le fonti sonore sottomarine, è a livelli che non hanno effetti negativi sull'ambiente marino*"). Al fine di rendere il Programma di Monitoraggio per il Descrittore in oggetto in linea con le metodologie operative delineate di recente a livello unionale nell'ambito della *Common Implementation Strategy* della Strategia Marina (MSFD CIS) e dei valori soglia in via di definizione come previsto dalla Decisione UE 2017/848, alcuni dettagli operativi delle attività di monitoraggio sono attualmente in fase di perfezionamento, nel rispetto di quanto approvato nel DM del 2021 e di quanto inviato alla CE mediante il *reporting* previsto dalla Direttiva Quadro.

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

7.2 Definizioni del Buono Stato Ambientale (GES) per il Descrittore 11

G 11.1 - I livelli dei suoni impulsivi di elevata intensità a bassa e media frequenza, introdotti in ambiente marino attraverso sorgenti antropiche, sono tali da non comportare effetti negativi a lungo termine sugli ecosistemi marini e le attività che introducono tali suoni sono regolate e gestite affinché non vi siano impatti significativi a lungo termine sulle specie marine a livello di popolazione.

G 11.2 - I livelli dei suoni continui a bassa frequenza introdotti in ambiente marino attraverso sorgenti antropiche sono tali da non comportare effetti negativi a lungo termine sugli ecosistemi marini e quindi non rappresentano un rischio di eventuali conseguenze comportamentali o percettive sulle specie marine a livello di popolazione.

7.3 Traguardi Ambientali (Target) per il Descrittore 11

T 11.1 - È implementato e reso operativo un Registro nazionale dei suoni impulsivi che tenga conto di tutte le attività antropiche che introducono suoni impulsivi nel range 10 Hz÷10 kHz in ambiente marino.

T 11.2 - È definito un “*baseline level*” per i suoni continui a bassa frequenza (“*ambient noise*”) nelle tre sotto-regioni marine (Mediterraneo Occidentale, Mediterraneo Centrale e Ionio, Mare Adriatico).

7.4 Descrizione della strategia di monitoraggio

La strategia di monitoraggio prevede per questa fase due azioni propedeutiche alla implementazione dei programmi di monitoraggio, e in particolare per:

- implementazione registro rumore subacqueo su server dell'ISPRA e ricognizione di eventuali necessità di cambiamenti e migliorie;
- ricognizione dei soggetti istituzionali idonei per attuare il monitoraggio inerente al rumore marino.

Una volta soddisfatti questi due presupposti si procederà con la formulazione definitiva dei programmi di monitoraggio, la cui *outline* è già definita in seno alla *monitoring guidance* edita dal “TGNoise” (2014) e in corso di aggiornamento.

I programmi di monitoraggio saranno quindi strettamente inerenti alla *guidance* sul rumore sottomarino adottata dagli Stati Membri nell'ambito della MSFD CIS. Questa prevede che siano definiti a livello unionale i valori soglia (*Threshold values* - TV) per i quali vengono garantiti i GES identificati per il Descrittore 11.

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

7.5 Cooperazione regionale

La cooperazione regionale viene condotta in ambito EU dal *Technical Group on Underwater Noise* ("TG Noise") e tramite il Programma di Ricerca "QuietMed 2", "A Joint programme for GES assessment on D11 - noise in the Mediterranean Marine Region", finanziato dalla CE, DG-ENV.

7.6 Programma di monitoraggio per il rumore subacqueo provocato da suoni impulsivi e continui di origine antropica

Allo stato attuale i programmi di monitoraggio sono in fase di progettazione avanzata e non sono ancora stati attivati. È stato invece svolto tutto il lavoro di progettazione e di pianificazione operativa. Sono state ideate tre fasi di implementazione:

- 1) formulazione di un piano di formazione rivolto alle ARPA (Agenzie Regionali per la Protezione Ambientale) delle regioni costiere in merito alla raccolta, analisi e *reporting* di dati acustici secondo un metodo concordato e uniforme a livello nazionale; tale piano verrà erogato anche ai soggetti esterni che partecipano alla raccolta ed elaborazione dati, in accordo con i criteri precedentemente descritti.
- 2) Individuazione di siti idonei per effettuare i campionamenti.

Si prevede di realizzare un massimo di due stazioni di monitoraggio per ogni sotto-regione. I soggetti esecutori dei programmi di monitoraggio sono le ARPA delle regioni costiere, inserite nel SNPA (Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente), supportate ove necessario dall'ISPRA e da idonei *partner* scientifici a livello locale. Le stazioni di monitoraggio sono scelte in base ai criteri dettati dalla *guidance* EU e in particolare, verrà data precedenza al monitoraggio di "categoria A", per stabilire le informazioni necessarie a validare le previsioni di impatto acustico. Dato che il suono subacqueo viaggia a lunghe distanze e che le bande sonore (bande in terzi di ottava centrate rispettivamente a 63Hz e 125Hz) determinate dalla MSFD sono dominate dal traffico navale, si è ritenuto opportuno misurare prioritariamente siti che si trovino distanti dalle rotte navali principali in modo da poter monitorare la diversità di suoni ambientali in maniera equilibrata. Questa strategia è idonea al monitoraggio a livello regionale, pertanto si è provveduto in tale ottica a prendere contatti con Francia, Malta e Slovenia.

Al fine di validare i dati raccolti con il monitoraggio in "categoria A", si ritiene che, sarà opportuno valutare un incremento della copertura spaziale di questa tipologia di

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

monitoraggio o attivare il monitoraggio di “categoria B”, previsto in prossimità delle rotte navali, in modo da apprezzare, mediante l'ausilio di sistemi di identificazione del traffico (AIS o VTS), le singole sorgenti e poter di conseguenza validare i modelli di trasmissione sonora utilizzati per calcolare i livelli estrapolati dalle misure in “categoria A”. La procedura di scelta dei siti è stata già elaborata dall'ISPRA (Borsani *et al.*, 2015) e verrà aggiornata con la pubblicazione delle linee guida elaborate dal “TGNoise” e dal progetto UE “QueitMed2”, a cui l'ISPRA partecipa attivamente nell'*advisory board*.

- 3) Individuazione di strumenti di registrazione, procedure di analisi e *repository* dei dati adeguati alle necessità e specifiche come descritto nelle *guidance* EU.

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel periodo di riferimento per il Sesto rapporto, in continuità con quanto rappresentato per il periodo precedente, non risultano essere state condotte campagne geofisiche che abbiano previsto l'uso della tecnica dell'*airgun*.

Come riportato in Premessa e nel Capitolo 5 del presente rapporto, tale situazione è diretta conseguenza della sospensione delle attività di prospezione geofisica in mare, riconducibile alla modifica apportata alla normativa in materia di VIA introdotta con l'art. 22 del d.lgs. n.104 del 2017, che ha disposto l'inclusione nella procedura di VIA di tutti “i rilievi geofisici attraverso l'uso della tecnica *airgun*”, comprensivi, quindi, anche di quelli condotti dagli enti di ricerca scientifica, nonché dalla Legge 11 febbraio 2019 che ha disposto la sospensione delle attività collegate alle prospezioni e coltivazioni nel settore degli idrocarburi, nelle more dell'adozione del “Piano per la Transizione Energetica Sostenibile delle Aree Idonee” (PiTESAI). La procedura di Valutazione Ambientale Strategica (VAS) si è conclusa in data 29 settembre 2021 con l'emanazione del decreto ministeriale n. 399 e al momento, la Direzione generale per le infrastrutture e la sicurezza dei sistemi energetici e geominerari sta lavorando alla redazione del Piano in Conferenza Unificata, ai fini dell'intesa per l'adozione.

Nell'ottica della ripresa delle attività di prospezione geofisica in mare, le novità riportate nel presente rapporto, rispetto alle edizioni precedenti, sono derivate principalmente dall'analisi delle pubblicazioni scientifiche, relative agli effetti osservati su organismi o componenti degli ecosistemi marini in seguito all'impiego della tecnica *airgun* e altre sorgenti di rumore impulsivo e continuo. La comunità scientifica continua a investigare, attraverso diversi approcci e diversi *target*, tali effetti alla scala del singolo individuo, dei

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

popolamenti e delle comunità, così da individuare eventuali variazioni negli equilibri dell'ecosistema marino. Emergono tuttavia, alcune difficoltà dovute alla presenza delle numerose variabili che possono influenzare e occultare alcuni degli effetti prodotti sulle specie marine. A valle delle indagini eseguite, si riconosce quindi, la necessità di individuare procedure e regolamenti che possano limitare, quanto possibile, gli effetti negativi prodotti dall'impiego della tecnica *airgun*. Ne sono un esempio le procedure di mitigazione sviluppate in seno ad ACCOBAMS e al *Joint Nature Conservation Committee (JNCC, 2010)* di Aberdeen (UK).

9 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

ACCOBAMS, Guidelines to address the impact of anthropogenic noise on cetaceans in the ACCOBAMS area.

https://accobams.org/wp-content/uploads/2020/05/GL_Impact_anthropogenic_noise.pdf

Alves D., Vieira M., Amorim M. C. P., Fonseca P. J., 2021. Boat noise interferes with Lusitanian toadfish acoustic communication. 2021. Published by The Company of Biologists Ltd. *Journal of Experimental Biology* (2021) 224. doi:10.1242/jeb.234849.

André M., Solé M., Lenoir M., Durfort M., Quero C., Mas A., Lombarte A., Van der Schaar M., López-Bejar M., Morell M., Zaugg S., and Houégnigan L., 2011. Low frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Ecol Environ* 2011. 9(9): 489-493, doi:10.1890/100124. <https://www.esa.org/pdfs/Andre.pdf>.

Andriguetto-Filho J.M., Ostrensky A., Pie M.R., Silva U.A., Boeger W.A., 2005. Evaluating the impact of seismic prospecting on artisanal shrimp fisheries. *Continental Shelf Research*, 25: 1720-1727.

Bertolini S., Borsani J.F., Curcuruto S., De Rinaldis L., Farchi C., 2012. Valutazione e mitigazione dell'impatto acustico dovuto alle prospezioni geofisiche nei mari italiani. ISPRA. Rapporto tecnico, pp.1-37.

<https://agentifisici.isprambiente.it/index.php/documentazione-rumore-subacqueo/category/285-ispra-2012-mitigazione-prospezioni-geofisiche?download=482:ispra-2012-mitigazione-prospezioni-geofisiche>.

Borsani J. F., Curcuruto S., Farchi C., 2015. Setting up an underwater noise monitoring plan for Italian territorial waters. The 22nd International Congress on Sound and Vibration (ICSV22), Florence (Italy) 12-16 July 2015.

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

Booman C., Dalen J., Leivestad H., Levsen A., van der Meeren T., Toklum K., 1996. Effects from airgun shooting on eggs, larvae, and fry. Experiments at the Institute of Marine Research and Zoological Laboratory, University of Bergen. (In Norwegian. English summary and figure legends). *Fisken og havet* 3: 83 pp.

Brucea B., Bradford R., Foster S., Lee K., Lansdella M., Cooper S., Przeslawski R., 2018. Quantifying fish behaviour and commercial catch rates in relation to a marine seismic survey. *Marine Environmental Research*, 140:18÷30.

Christian J. R., Mathieu A., Thomson D. H., White D., Buchanan R. A., 2003. Effect of Seismic Energy on Snow Crab (*Chionoecetes opilio*) 7 November 2003. Environmental Research Funds Report No. 144. Calgary. 106 p.

Cote, D., Morris, C., Regular, P., Piersiak, M., 2020. Effects of 2D Seismic on Snow Crab Movement Behavior. *Fisheries research*, 230. [doi: 10.1016/j.fishres.2020.105661](https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105661).

Dalen and Knutsen, 1987. Scaring Effects in Fish and Harmful Effects on Eggs, Larvae and Fry by Offshore Seismic Explorations. In Merklinger: Proc. Sym. Progress in Underwater Acoustics, 1987: 93÷99. Halifax 1986.

Day R. D., McCauley R. D., Fitzgibbon Q. P., Hartmann K., Semmens J. M., 2017. Exposure to seismic air gun signals causes physiological harm and alters behavior in the scallop *Pecten fumatus*. *PNAS* 114 (37).

Day, R. D., McCauley R. D., Fitzgibbon Q. P., Semmens J. M., 2016. Seismic air gun exposure during early-stage embryonic development does not negatively affect spiny lobster *Jasus edwardsii* larvae (*Decapoda:Palinuridae*). *Sci Rep* 6, 22723 (2016). <https://doi.org/10.1038/srep22723>.

Day R. D., McCauley R. D., Fitzgibbon Q. P., Hartmann K., Semmens J. M., 2019. Supplementary material from "Seismic air guns damage rock lobster mechanosensory organs and impair righting reflex". The Royal Society. Collection. <https://doi.org/10.1098/rspb.2019.1424>.

de Jong K., Forland T. N., Amorim M. C. P., Rieucan G., Slabbekoorn H., Doksæter Sivle L., 2020. Predicting the effects of anthropogenic noise on fish reproduction. *Rev Fish Biol Fisheries* 30, 245÷268. <https://doi.org/10.1007/s1160-020-09598-9>.

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

- Dekeling R., Tasker M., Van Der Graaf S., Ainslie M., Andersson M., André M., Borsani J., Brensing K., Castellote M., Cronin D., Dalen J., Folegot T., Leaper R., Pajala J., Redman P., Robinson S., Sigray P., Sutton G., Thomsen F., Werner S., Wittekind D., Young, J., 2014. Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas - Part II: Monitoring Guidance Specifications, Dekeling R., Tasker M., Ferreira M. and Zampoukas, N. editor(s) EUR 26555, Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-36339-9. [doi:10.2788/27158_JRC88045](https://doi.org/10.2788/27158_JRC88045).
- DeRuiter S. L., Doukara L. K., 2012. Loggerhead turtles dive in response to airgun sound exposure. *Endang Species Res* 16:55+63.
- DeSoto N. A., Delorme N., Atkins J., Howard S., Williams J., Johnson M., 2013. Anthropogenic noise causes body malformations and delays development in marine larvae. *Sci.Rep.* 3, 2831. <http://dx.doi.org/10.1038/srep02831>.
- Dunlop R. A., McCauley R. D., Noad M. J. 2020. Ships and air guns reduce social interactions in humpback whales at greater ranges than other behavioral impacts. *Marine Pollution Bulletin.* 154: Article No. 111072.
- Dunlop R., Noad M., McCauley R., Kniest E., Slade, R., Paton D., Cato D., 2018. A behavioural dose-response model for migrating humpback whales and seismic air gun noise. *Marine pollution bulletin.* 133. 506+516. [10.1016/j.marpolbul.2018.06.009](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2018.06.009).
- Engås A., Løkkeborg S., Ona E., Soldal A. V., 1993. Effects of seismic shooting on catch and catch-availability of cod and haddock. *Fisken og Havet*, 9: 117 pp.
- Engås A., Løkkeborg S., Ona E., Soldal A. V., 1996. Effects of seismic shooting on local abundance and catch rates of cod (*Gadus morhua*) and haddock (*Melanogrammus aeglefinus*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 53: 2238+2249.
- Fields D. M., Handegard N. O., Dalen J., Eichner C., Malde K., Karlsen Ø., Skiftesvik A. B., Durif C. M. F., Browman H. I., 2019. Airgun blasts used in marine seismic surveys have limited effects on mortality, and no sublethal effects on behaviour or gene expression, in the copepod *Calanus finmarchicus*. *ICES Journal of Marine Science*, Volume 76, Issue 7, Dec. 2019, 2033+2044. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsz126>.
- Fitzgibbon Q. P., Day R. D., McCauley R. D., Simon C. J., Semmens J. M., 2017. The impact of seismic air gun exposure on the haemolymph physiology and nutritional condition of spiny lobster, *Jasus edwardsii*. *Mar Pollut Bull.* 125 (1-2):146+156. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28807415>.

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

Guerra A, González A. F., Rocha F., 2004. A review of records of giant squid in the north-eastern Atlantic and severe injuries in *Architeuthis dux* stranded after acoustic exploration. ICES CM 2004/CC: 29.

Guerra Á., González Á. F., Pascual S., Dawe E. G., 2011. The giant squid *Architeuthis*: An emblematic invertebrate that can represent concern for the conservation of marine biodiversity. *Biol. Conserv.*;144:1989–1997.

Hassel A., Knutsen T., Dalen J., Skaar K., Lokkeborg S., Misund O. A., Ostensen O., Fonn M., Haugland E. K., 2004. Influence of seismic shooting on the lesser sandeel (*Ammodytes marinus*). *ICES J. Mar. Sci.* 61, 1165÷1173.

Hauser D. D. W., Holst M., Moulton V. D., 2008. Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program in the Eastern Tropical Pacific, April-August 2008. LGL Rep. TA4656/7-1. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont. and St. John's, Nfld, for Lamont-Doherty Earth Observatory, Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 98 p.

Hawkins A. D., Popper A. N., 2017. A sound approach to assessing the impact of underwater noise on marine fishes and invertebrates *ICES Journal of Marine Science*, Volume 74, Issue 3, March-April 2017, 635÷651. <https://doi.org/10.1093/icesjms/fsw205>

Hawkins A. D., Popper A. N., 2016. Developing sound exposure criteria for fishes. In A. N. Popper & A. D. Hawkins (Eds.), *The effects of noise on aquatic life II* (pp. 431÷439). New York, NY: Springer.

Heide-Jørgensen M. P., Blackwell S. B., Tervo O. M., Samson A. L., Garde E., Hansen R. G., Ngô M. C., Conrad A. S., Trinhammer P., Schmidt H. C., Sinding M-HS, Williams T. M., Ditlevsen S., 2021. Behavioral Response Study on Seismic Airgun and Vessel Exposures in Narwhals. *Front. Mar. Sci.* 8:658173. [doi: 10.3389/fmars.2021.658173](https://doi.org/10.3389/fmars.2021.658173).

Heyward H., Colquhoun J., Cripps E., McCorry D., Stowar M., Radford B., Miller K., Miller I., Battershill C., 2018. No evidence of damage to the soft tissue or skeletal integrity of mesophotic corals exposed to a 3D marine seismic survey. *Marine Pollution Bulletin*, 129 (1): 8÷13.

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

Holst M., Smultea M. A., 2008. Marine mammal and sea turtle monitoring during Lamont-Doherty Earth Observatory's marine seismic program off Central America, February – April 2008. LGL Rep. TA4342-3. Rep. from LGL Ltd., King City, Ont., for Lamont-Doherty Earth Observatory of Columbia Univ., Palisades, NY, and Nat. Mar. Fish. Serv., Silver Spring, MD. 133 p.

LGL Limited, 2021. Environmental Assessment Update of Multiklient Invest Newfoundland Offshore Seismic Program, 2018–2023. LGL Rep. FA0223-02. Prepared by LGL Limited, St. John's, Newfoundland and Labrador, for Multiklient Invest AS, Oslo. 77 p. + appendices.

Hubert J., Wille D., Slabbekoorn H., 2020. Exploring effects of sound on the time budget of fishes: An experimental approach with captive cod. 10.1121/2.0001253. <https://asa.scitation.org/doi/abs/10.1121/2.0001253>.

Jasny M., Reynolds J., Horowitz C., Wetzler A., 2005. Sounding the depths II: the rising toll of sonar, shipping and industrial ocean noise on marine life. Natural Resources Defense Council, November 2005.

Jones I. T., Peyla J. F., Clark H., Song Z., Stanley J. A., Mooney T. A., 2021. Changes in feeding behavior of longfin squid (*Doryteuthis pealeii*) during laboratory exposure to pile driving noise. Marine Environmental Research 165. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105250>.

JNCC - Joint Nature Conservation Committee, 2010. Guidelines for minimising the risk of injury and disturbance to marine mammals from seismic surveys. http://jncc.defra.gov.uk/pdf/jncc_guidelines_seismic%20guidelines_aug%202010.pdf

Kavanagh A. S., Nykänen M., Hunt W., Richardson N., Jessopp M. J., 2019. Seismic surveys reduce cetacean sightings across a large marine ecosystem. Sci Rep 9, 19164. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55500-4>.

Kok A. C. M., Bruil L., Berges B., Sakinan S., Debusschere E., Reubens J., de Haan D., Norro A., Slabbekoorn H., 2021. An echosounder view on the potential effects of impulsive noise pollution on pelagic fish around windfarms in the North Sea, Environmental Pollution, 290, 2021, 118063, ISSN 0269-7491. <https://doi.org/10.1016/j.envpol.2021.118063>. <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0269749121016456>

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

Kostyuchenko L. P., 1973. Effects of elastic waves generated in marine seismic prospecting of fish eggs in the Black Sea. *Hydrobiol. Jour.* 9 (5): 45÷48.

Kunc H. P., McLaughlin K. E., Schmidt R., 2016. Aquatic noise pollution: implications for individuals, populations, and ecosystems. *Proc. R. Soc.* B283: 20160839. <https://doi.org/10.1098/rspb.2016.0839>.

Leite L., Campbell D., Versiani L., Nunes A. J. C. C., Thiele T., 2016. First report of a dead giant squid (*Architeuthis dux*) from an operating seismic vessel. *Marine Biodiversity Records* 9:26. <https://mbr.biomedcentral.com/articles/10.1186/s41200-016-0028-3>.

Lenhardt M., 2002. Sea turtle auditory behavior. *J. Acoust. Soc. Amer.* 112:2314.

Løkkeborg S., 1991. Effects of a geophysical survey on catching success in longline fishing. *ICES C.M. B:* 40.

Løkkeborg S., Soldal A.V., 1993. The influence of seismic exploration with airgun on cod (*Gadus morhua*) behaviour and catch rates. *ICES Mar. Sci. Symp.* 196: 62÷67.

McCauley R. D., Duncan A. J., 2017. How do impulsive marine seismic surveys impact marine fauna and how can we reduce such impacts? *Acoustics 2017*. <https://dSPACE.nal.gov.au/xmlui/bitstream/handle/123456789/862/p91.pdf?sequence=1>.

McCauley R. D., Fewtrell J., Duncan A. J., Jenner C., Jenner, M. N., Penrose J. D., Prince R. I. T., Adhitya A., Murdoch J., McCabe K., 2000. Marine seismic surveys: analysis and propagation of airgun signals, and effects of airgun exposure on humpback whales, sea turtles, fishes, and squid. Western Australia: Curtin U. of Technology. 203 pp.

Merchant N. D., Andersson M. H., Box T., Le Courtois F., Cronin D., Holdsworth N., Kinneging N., Mendes S., Merck T., Mouat J., Norro A. M. J., Ollivier B., Pinto C., Stamp P. and Tougaard J., 2020. Impulsive noise pollution in the Northeast Atlantic: Reported activity during 2015–2017. *Marine Pollution Bulletin.* 152:110951. [doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.110951](https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.110951).

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

Meekan M. G., Speed C. W., McCauley R. D., Fisher R., Birt M. J., Currey-Randall L. M., Semmens J. M., Newman S. J., Cure K., Stowar M., Vaughan B., Parsons M. J. G., 2021. A large-scale experiment finds no evidence that a seismic survey impacts a demersal fish fauna. *Proceedings of the National Academy of Sciences* July 2021, 118 (30) e2100869118.

DOI: [10.1073/pnas.2100869118](https://doi.org/10.1073/pnas.2100869118) <https://www.pnas.org/content/118/30/e2100869118>.

Moein S. E., Musick J. A., Keinath J. A., Barnard D. E., Lenhardt M., George R., 1994. Evaluation of seismic sources for repelling sea turtles from hopper dredges. Final report submitted to the US Army Corps of Engineers Waterways Experiment Station by the Virginia Institute of Marine Science, College of William and Mary, Gloucester Point, VA. 33 pp.

Moriyasu M., Allain R., Benhalima K., Claytor R., 2004. Effects of seismic and marine noise on invertebrates: A literature review. Canadian Science Advisory Secretariat. Research document 2004/126.

Morris C. J., Cote D., Martin B., Kehler D., 2018. Effects of 2D seismic on the snow crab fishery. *Fisheries Research*, 197: 67÷77.

Morris Corey J., Cote D., Bruce M. S., Mullaney D., 2020. Effects of 3D seismic surveying on snow crab fishery. *Fisheries Research*, Volume 232, 2020,105719, ISSN 0165-7836. <https://doi.org/10.1016/j.fishres.2020.105719>.

Mortensen L. O., Chudzinska M. E., Slabbekoorn H., Thomsen, F., 2021. Agent-based models to investigate sound impact on marine animals: bridging the gap between effects on individual behaviour and population level consequences. *Oikos*, 130: 1074÷1086. <https://doi.org/10.1111/oik.08078>.

Murchy K. A., Davies H., Shafer H., Cox K., Nikolich K., Juanes F., 2019. Impacts of noise on the behavior and physiology of marine invertebrates: A meta-analysis. *Proc. Mtgs. Acoust.*37, 040002. doi: [10.1121/2.0001217](https://doi.org/10.1121/2.0001217) <https://doi.org/10.1121/2.0001217>.

O'Hara J., Wilcox J.R., 1990. Avoidance responses of loggerhead turtles, *Caretta caretta*, to low frequency sound. *Copeia* 1990: 564÷567.

Pirotta E., Booth C.G., Costa D.P., *et al.*, 2018 Understanding the population consequences of disturbance. *Ecol. Evol.* 8, 9934÷9946. doi:[10.1002/ece3.4458](https://doi.org/10.1002/ece3.4458).

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

Popper A. N., Hawkins A. D., 2019. An overview of fish bioacoustics and the impacts of anthropogenic sounds on fishes. *J Fish Biol.* 2019;94(5):692÷713. [doi:10.1111/jfb.13948](https://doi.org/10.1111/jfb.13948).

Przeslawski R., Huang Z., Anderson J., Carroll A.G., Edmunds M., Hurt L., Williams S., 2018. Multiple field-based methods to assess the potential impacts of seismic surveys on scallops. *Mar Pollut Bull.* 129 (2): 750÷761.

Richardson A., Matear R.; Lenton A., 2017. Potential impacts on zooplankton of seismic surveys. CSIRO: CSIRO; 2017. <https://doi.org/10.4225/08/59724f38211cd>.

Sætre, Ona, 1996. Seismiske undersøkelser og skader på fiskeegg og-larver. Rapport FISKEN OG HAVET.

Sarnocińska J., Teilmann J., Balle J. D., van Beest F. M., Delefosse M., Tougaard J., 2020. Harbor porpoise (*Phocoena phocoena*) reaction to a 3D seismic airgun survey in the North Sea. *Front. Mar. Sci.*, 6:824. <https://doi.org/10.3389/fmars.2019.00824>.

Semmens J., Day R. D., McCauley R. D., Fitzgibbon Q. P., Hartmann K., Simon C. J., 2017. Are seismic surveys putting bivalve and spiny lobster fisheries at risk? *Oceanoise* 2017.

Sivle L. D., Vereide E. H., de Jong K., Forland T. N., Dalen J., Wehde H., 2021. Effects of Sound from Seismic Surveys on Fish Reproduction, the Management Case from Norway. *J. Mar. Sci. Eng.* 2021, 9, 436. <https://doi.org/10.3390/jmse9040436>.

Skalski J. R., Pearson W. H., Malme C. I., 1992. Effects of sound from a geophysical survey device on catch-per-unit-effort in a hook-and-line fishery for rockfish (*Sebastes spp.*). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 49: 1357÷1365.

Slabbekoorn H., Dalen J., de Haan D., Winter H. V., Radford C., Ainslie M. A., Heaney K. D., van Kooten T., Thomas L., Harwood J., 2019. Population-level consequences of seismic surveys on fishes: An interdisciplinary challenge. *Fish and Fisheries*. ISSN 1467÷2960 - 33 p. <https://doi.org/10.1111/faf.12367>.

Slotte A., Hansen K., Dalen J., Ona E., 2004. Acoustic mapping of pelagic fish distribution and abundance in relation to a seismic shooting area off the Norwegian west coast. *Fisheries Research* Volume 67 (2): 143÷150.

Solé M., Lenoir M, Fortuno JM, van der Schaar M, André M. 2017a. Sensitivity to sound of cephalopods hatchlings. *Atti del convegno Oceanoise* 2017.

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

Solé M., Sigray P., Lenoir M., van der Schaar M., Lalander E.& André M., 2017b. Offshore exposure experiments on cuttlefish indicate received sound pressure and particle motion levels associated with acoustic trauma. *Scientific Reports* 7, Article number: 45899 (2017). [doi:10.1038/srep45899](https://doi.org/10.1038/srep45899).

Soudijn Floor H., van Kooten Tobias, Slabbekoorn Hans and de Roos André M. 2020. Population-level effects of acoustic disturbance in Atlantic cod: a size-structured analysis based on energy budgets. *Proc. R. Soc. B*.287:20200490. 20200490 <http://doi.org/10.1098/rspb.2020.0490>.

Thode A. M., Blackwell S. B., Conrad A. S., Kim K. H., Marques T., Thomas L., Oedekoven C. S., Harris D., Bröker K., 2020. Roaring and repetition: how bowhead whales adjust their call density and source level (Lombard effect) in the presence of natural and seismic airgun survey noise. *J Acoust Soc Am*. 2020 Mar;147(3):2061; [doi: 10.1121/10.0000935](https://doi.org/10.1121/10.0000935). PMID: 32237830.

Tidau S., Briffa M., 2016. Review on behavioral impacts of aquatic noise on crustaceans. *Proc. Mtgs. Acoust.* 27, 010028 (2016); [doi: 10.1121/2.0000302](https://doi.org/10.1121/2.0000302).

Van der Knaap I., Reubens J., Thomas L., Ainslie M.A., Winter H.V., Hubert J., Martin B., Slabbekoorn H. Effects of a seismic survey on movement of free-ranging Atlantic cod. *Curr. Biol.*, 31 (2021), pp. 1÷8. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0960982221001159>.

Vazzana, M., Mauro, M., Ceraulo, M., Dioguardi, M., Papale, E., Mazzola, S., Arizza, V., Beltrame, F., Ingugli, L., and Buscaino, G., 2020a. Underwater high frequency noise: Biological responses in sea urchin *Arbacia lixula* (Linnaeus, 1758). *Comp. Bioch. Phys-Part A: Mol. Integr. Phys.* 242,110650. <https://doi.org/10.1016/j.cbpa.2020.110650>.

Wale M. A., Briers R. A., Hartl M. G. J., Bryson D., Diele K., 2019. From DNA to ecological performance: Effects of anthropogenic noise on a reef-building mussel, *Science of The Total Environment*, Volume 689, 2019, Pages 126÷132, ISSN 0048÷9697, <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2019.06.380>.

Weir C. R., 2007. Observations of marine turtles in relation to seismic airgun sound off Angola. *Mar Turtle Newsl* 116: 17÷20.

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

10 SITOGRAFIA

<https://www.minambiente.it/pagina/rapporto-sugli-effetti-lecosistema-marino-della-tecnica-dellairgun>

<https://va.minambiente.it/it-IT/Oggetti/Info/7763>

<https://www.accobams.org/>

<https://iwc.int/home>

<https://www.izsplv.it/it/>

<http://mammiferimarini.unipv.it/>

<http://www.marinemammals.eu/index.php?lang=en>

<https://researchportal.bath.ac.uk/en/publications/international-quiet-ocean-experiment-arctic-acoustic-environments>

http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/consultative_process.htm

http://www.un.org/Depts/los/consultative_process/contributionscp.htm

http://www.un.org/depts/los/general_assembly/noise/noise.htm

<https://unmig.mise.gov.it/index.php/it/dati/ricerca-e-coltivazione-di-idrocarburi>

<http://www.va.minambiente.it/it-IT>

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

Hanno partecipato alla redazione del presente Sesto rapporto

Per il *Ministero della transizione ecologica*:

Direzione generale per il mare e le coste (MAC):

- Carlo Zaghi, Roberto Giangreco, Paolo Feliciotti, Irene Di Girolamo.
- Assistenza Sogesid: Riccardo Muzi, Giuseppina Corrente, Flavia Caramelli

Direzione generale per la crescita sostenibile e la qualità dello sviluppo (CreSS):

- Div V: Giacomo Meschini, Carmela Bilanzone, Anna Maria Maggiore
- Assistenza Sogesid: Emanuela Fiorini, Serena D'Amora

Per l'*Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*:

- Ezio Amato, Luigi Alcaro, Fabrizio Borsani, Stefano Di Muccio.

Si ringrazia per la collaborazione fornita:

- le Capitanerie di Porto;
- il Ministero degli Affari Esteri e della Cooperazione Internazionale;
- il Reparto Ambientale Marino del Corpo delle Capitanerie di Porto presso il Ministero della Transizione Ecologica;
- l'Istituto Nazionale di Fisica Nucleare e IAMC-CNR;
- l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia;
- l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale.

PAGINA BIANCA

PAGINA BIANCA



182050167400