

***L'impatto acustico delle
attività marino-marittime
inerenti al Deep Sea Mining
(DSM):***

***possibili criteri minimi di
accettabilità***

Requisiti



©ENR - Riproduzione vietata. Tutti i diritti sono riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi, fotocopie, microfilm o altro, senza il consenso scritto dell'ENR.

Indice

PREMESSA

1 INTRODUZIONE

2 SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE

3 ANALISI PRELIMINARI

3.1 ANALISI PRELIMINARE DELLE ATTIVITÀ (APA)

3.2 PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE EMESSO (MRE)

3.3 FORMAZIONE DEL PERSONALE COINVOLTO

4 MONITORAGGIO DEL RUMORE EMESSO

4.1 GESTIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE EMESSO (MRE)

4.2 AUDIT

5 POSSIBILI PARAMETRI DI RIFERIMENTO DELL'IMPATTO ACUSTICO

PREMESSA

Il presente documento (Norma Tecnica ENR 14001:2019) è stato elaborato da un apposito Comitato Tecnico per la realizzazione di una norma tecnica volontaria per definire i possibili criteri minimi di accettabilità dell'impatto acustico delle attività marino-marittime inerenti al Deep Sea Mining (DSM).

1. Introduzione

Il rumore antropico è oggi considerato come un vero e proprio inquinante. Gli Stati membri dell'UE devono sviluppare strategie per mantenere nei loro mari un buono stato ambientale (Direttiva quadro sulla strategia per l'ambiente marino, MSFD; Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas – Part II).

Nel 2010 la Commissione Europea ha pubblicato norme e criteri per il raggiungimento di questi obiettivi (Commission Decision 2010/477/UE), tuttavia ad oggi i dati sul rumore antropico risultano ancora insufficienti. Il rumore è entrato a fare parte dei descrittori di buono stato ambientale come il descrittore 11 (Noise/Energy) ed in particolare l'Indicatore 11.1.1 per suoni impulsivi a bassa e media frequenza e l'Indicatore 11.2.1 per i suoni continui a bassa frequenza (rumore ambientale) (Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas – Part II).

Visto il recente incremento del rumore antropico è indispensabile considerare l'impatto acustico delle attività marino-marittime inerenti alle estrazioni minerarie nelle profondità oceaniche.

Il monitoraggio del rumore è essenziale per prevenire quanto più possibile gli impatti sull'ecosistema marino ed è un fattore indispensabile da inserire in tutte le fasi delle attività in questione. Il tutto in coerenza con il possibile raggiungimento di un equilibrio tra la riduzione degli impatti acustici sugli ecosistemi e lo sviluppo socio-economico.

La stesura della seguente norma prende in considerazione le diverse conclusioni esistenti oggi tra i risultati scientifici ottenuti sul campo e in laboratorio. Si prende in considerazione che le eventuali risposte biologiche, ottenute dalle ricerche scientifiche nel campo del "noise pollution", possano essere difficili da valutare a causa della variabilità ecosistemica e delle incomplete informazioni scientifiche sul rumore antropico in mare.

Nella norma in questione è stata presa in considerazione la difficoltà di valutazione degli impatti acustici congiuntamente all'elevata variabilità e interazione con i diversi aspetti ambientali.

È difficile quindi sviluppare piani di contenimento del rumore antropico vista la scarsa conoscenza scientifica dei suoni emessi, delle soglie di esposizione e delle eventuali risposte innescate a livello ecosistemico da queste attività.

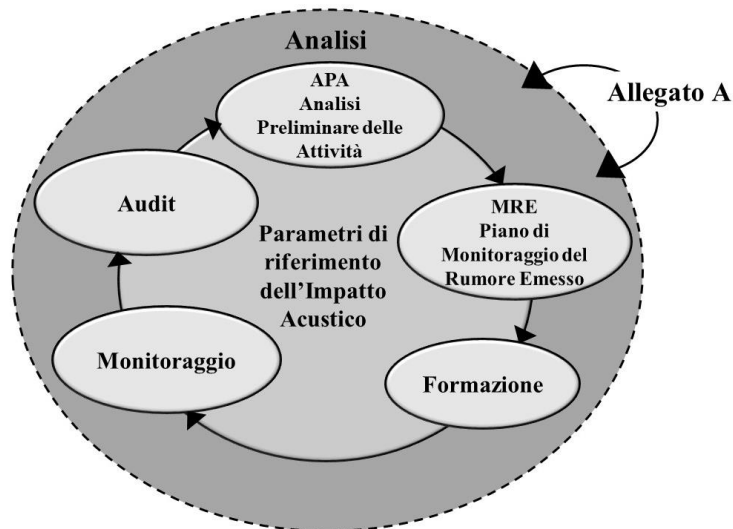
Nonostante questo, si cerca di sviluppare strategie di mitigazione che tengano conto delle informazioni biologiche o delle possibili modifiche riguardanti le sorgenti sonore per ridurre, per quanto possibile, al minimo gli impatti acustici che ne conseguono.

L'approccio multidisciplinare è alla base della stesura della presente norma, frutto di un percorso di Dottorato Innovativo a caratterizzazione Industriale PON 2014-2020 svolto presso l'Università degli Studi di Palermo incentrato sullo studio degli impatti acustici delle attività di Deep Sea Mining.

La norma fornisce indicazioni sui comportamenti da mettere in atto in tutte le fasi operative per la gestione dell'impatto acustico.

L'Allegato A riporta una sintesi dei risultati scientifici (dati bibliografici) che sono stati presi a riferimento nella redazione della presente norma.

Il seguente schema rappresenta la descrizione di un'attenta e precisa analisi al fine di effettuare un efficiente ed efficace monitoraggio acustico.



Nella presente norma sono utilizzate le seguenti forme verbali;

- “deve” indica un requisito;
- “dovrebbe” indica una raccomandazione;
- “può” indica un permesso;
- “potrebbe” indica una possibilità.

2. Scopo e Campo di Applicazione

La presente norma ha lo scopo di suggerire possibili modalità di gestione dell'impatto acustico delle attività marino-marittime inerenti al Deep Sea Mining (DSM) operanti nell'intervallo fra 10 Hz e 10 kHz.

La norma mira a fornire, alle parti interessate, dei riferimenti e/o indicazioni per ridurre l'impatto acustico garantendo la continuità delle attività.

Le parti interessate possono migliorare le loro prestazioni ambientali seguendo i criteri minimi di accettabilità di inquinamento acustico riportati dalla seguente norma.

Il problema dell'inquinamento acustico è oggi rilevante in un'ottica di miglioramento delle prestazioni ambientali; un'organizzazione che seguirà le indicazioni della seguente norma potrà tenerlo in considerazione nel corso delle proprie attività e contenerlo.

La presente norma è rivolta alle organizzazioni che necessitano di un riferimento per il controllo dell'inquinamento acustico.

Il fine ultimo è quello di svolgere le suddette attività controllando e riducendo quanto più possibile le emissioni acustiche e gli impatti ambientali che ne potrebbero derivare. Sarà possibile migliorare le prestazioni ambientali e raggiungere gli obiettivi fissati prima dell'inizio delle attività.

3. Analisi preliminari

3.1 ANALISI PRELIMINARE DELLE ATTIVITÀ (APA)

Prima dell'inizio delle attività, l'organizzazione deve effettuare l'analisi preliminare delle attività da svolgere (APA).

Nell'APA l'organizzazione deve dimostrare di avere piena consapevolezza di tutte le attività e di aver preso in considerazione i conseguenti impatti ambientali.

Questo comporterà l'analisi di alcuni punti quali:

- a) Tipo di attività;
- b) Caratteristiche tecniche dell'equipaggiamento utilizzato;
- c) Azioni che possono avere un impatto ambientale significativo;
- d) Possibili effetti indesiderati che potrebbero influenzare e/o condizionare i risultati delle attività.;
- e) Responsabilità e rischi dei diversi livelli di attività;
- f) Tipologia e caratteristiche dell'ambiente di interesse;
- g) Struttura dell'ecosistema e della biodiversità presente, suo censimento e monitoraggio;

-
- h) Metodi di valutazione e analisi degli indicatori ambientali per il monitoraggio ambientale;
 - i) Emissioni acustiche dei macchinari utilizzati prima e durante le attività;
 - j) Possibili situazioni di emergenza, soprattutto quelle con impatto ambientale;
 - k) Obiettivi ambientali e processi con i quali raggiungerli;
 - l) Impatti acustici e modalità operative per mitigarli;
 - m) Aspetti ambientali che le attività sono in grado di controllare e/o influenzare e di quelli che non sono in grado di controllare;
 - n) Modalità operative per prevenire o ridurre gli effetti indesiderati che possono essere causati da condizioni ambientali esterne;
 - o) Condizioni ambientali previste per l'intero periodo di attività ed eventuali cambiamenti climatici e/o di correnti marine che potrebbero influenzare le condizioni di sicurezza;
 - p) Risorse umane coinvolte e loro addestramento.

L'APA ha come obiettivo il miglioramento delle prestazioni ambientali attraverso la riduzione dell'impatto acustico.

Le risultanze dell'APA devono essere registrate; l'organizzazione coinvolta ha quindi l'obbligo di documentare e lasciare tangibile traccia dell'analisi preliminare delle attività che sono state svolte e dei loro esiti finali.

I documenti relativi devono:

- a) Essere datati e sottoscritti da tutte le figure che hanno presenziato e/o partecipato alle analisi preliminari;
- b) Riportare nel dettaglio tutte le decisioni prese in merito allo svolgimento delle attività e alla loro gestione;
- c) Indicare i criteri ambientali utilizzati per le decisioni prese;
- d) Indicare i possibili impatti ambientali previsti;
- e) Indicare gli aspetti ambientali considerati;
- f) Indicare le azioni messe in atto per ridurre gli impatti di cui al punto d);
- g) Indicare gli aspetti ambientali non considerati, motivandone la scelta;

Sulla base della complessità del sito e dell'attività stessa, valutata attraverso l'APA, è indispensabile la presenza di figure con competenze specifiche necessarie per l'analisi del sito in cui verrà svolta l'attività. Sono richieste competenze marine/biologico ambientali (es. ecologiche, tassonomiche, biologiche, etologico-naturalistiche, geologiche e geochimiche) e tecnico-acustiche (es. ingegneristico-fisiche) per il monitoraggio del rumore emesso di cui al punto 2.2 e 3. Sono consigliate competenze inerenti le tecniche e le tecnologie di laboratorio.

I professionisti coinvolti, devono avere competenze in ambito ambientale, acustico e di conservazione/tutela dell'ambiente.

È possibile anche l'inserimento di professionisti di altri settori, non inseriti nell'elenco di cui sopra, ove necessario. Questo elenco può essere modificato in base alle caratteristiche del sito, dell'area coinvolta e del tipo di attività svolta.

Essenziale è la formazione di un team di professionisti competenti nei settori ambientali e ingegneristici relativi alle attività.

Il fine ultimo dell'analisi preliminare è avere un quadro il più possibile chiaro sullo stato attuale dell'ambiente sottomarino e sulle conseguenze dell'attività svolta. L'APA fornisce una fotografia dello stato precedente all'inizio dell'attività utile per il continuo monitoraggio.

3.2 PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE EMESSO (MRE)

Considerati tutti gli elementi di cui al paragrafo 2.1, è possibile programmare il piano di Monitoraggio del Rumore Emesso (MRE). Questo è indispensabile per analizzare e controllare le prestazioni ambientali dell'attività svolta.

Il piano di monitoraggio permette all'organizzazione di non discostarsi dai piani e dagli obiettivi della presente norma.

L'MRE deve essere documentato e devono essere registrati i controlli effettuati (es. metodi, periodicità, personale coinvolto).

Nella gestione dell'MRE bisogna tenere conto delle competenze richieste di cui al punto 2.1.

Durante la redazione dell'MRE l'organizzazione deve dare evidenza di aver considerato tutti gli aspetti ambientali ed i possibili impatti stabilendo tempistiche di analisi, di monitoraggio e le strumentazioni da utilizzare.

Di seguito un elenco di riferimento per la redazione dell'MRE:

- a) Gli obiettivi ambientali prefissati devono essere misurabili, monitorati, aggiornati e comunicati;
- b) Gli aspetti ambientali significativi devono essere monitorati durante le attività;
- c) Devono essere definite chiaramente la periodicità e la responsabilità delle attività previste;
- d) Devono essere definite in dettaglio le competenze necessarie per le attività da svolgere, assicurandosi della competenza dei professionisti scelti;
- e) Deve essere determinato il tipo di ecosistema e la presenza di eventuali aree riproduttive;
- f) Deve essere valutato se il sito coinvolto è santuario di riproduzione di alcune specie;
- g) Devono essere definite le tempistiche e la tipologia delle analisi da effettuare;
- h) Devono essere definiti i metodi di misurazione e di analisi acustiche;
- i) Le misure di emissione acustica durante le attività devono essere svolte ad una distanza di riferimento di 500 m. La scelta di eventuali distanze di riferimento differenti (comunque non superiori a 500 m) deve essere

- motivata e sottoscritta dal personale tecnico coinvolto.
- j) L'intervallo di tempo in cui effettuare le misurazioni deve essere gestito come sopra;
 - k) Gli strumenti utilizzati per le misurazioni devono essere correttamente tarati e mantenuti attraverso standard appropriati;
 - l) Deve essere presa in considerazione la qualità dell'acqua e del sedimento prima, durante e alla fine delle attività;
 - m) Deve essere presa in considerazione l'eventuale contaminazione che potrebbero influenzare l'impatto acustico;
 - n) Deve essere valutata l'eventuale presenza e mantenimento delle specie endemiche e batteriche tipiche del sito in questione e loro mantenimento;
 - o) Deve essere effettuato un censimento della biodiversità, delle specie presenti e dei loro periodi di riproduzione;
 - p) Devono essere considerati eventuali variazioni comportamentali nelle specie presenti;
 - q) Deve essere garantita la tutela di una parte dell'area che sia caratterizzata dalla stessa biodiversità per consentire la ricolonizzazione futura e il flusso genico;
 - r) Deve essere considerato il contenuto di ossigeno a diverse profondità;
 - s) Deve essere valutata la salinità a diverse profondità;

L'organizzazione deve dare evidenza che tutte le misurazioni effettuate sono eseguite secondo norme tecniche internazionali riconosciute.

Si raccomanda porre particolare attenzione agli andamenti dei livelli sonori del rumore ambientale (valori medi annuali misurati in RMS re 1 μ Pa) emessi all'interno delle bande a 1/3 di ottava con frequenze centrali a 63 e 125 Hz.

Le attività di monitoraggio, acustico e visivo, devono essere svolte durante tutta la durata dell'emissione.

Potrebbe essere necessario l'utilizzo di un software per compilare una linea di log ad intervalli di tempo regolari (per esempio ogni 30 minuti). E' opportuno garantire un campionamento con tempistiche adeguate. È fortemente consigliato un campionamento di almeno 6h equamente distribuito durante le 24 h.

Vista la variabilità delle specie presenti in mare e vista la variabilità dei loro range acustici, della loro anatomia e fisiologia è difficile stabilire delle distanze fisse ed univoche per un monitoraggio sicuro. Tuttavia, si consiglia di monitorare e misurare l'emissione a minimo (e non oltre) 500 m di distanza dalla sorgente di emissione. In questo contesto i regolatori devono considerare i livelli di origine del rumore emesso e di ricezione da parte degli animali.

La profondità alla quale dovrebbero essere effettuate le misure acustiche:

- a) Dipendono dal tipo di sito e dalla profondità di estrazione;
- b) Deve essere valutata con chi di competenza (es. un fisico);
- c) Deve essere documentata e motivata;
- d) Deve dare informazioni circa l'impatto acustico sull'intera colonna d'acqua

coinvolta dalle attività;

Devono essere valutati i livelli di pressione e il movimento delle particelle dei suoni prodotti prima, durante e dopo le attività.

In qualsiasi valutazione dell'impatto acustico deve essere presa in considerazione la fisica della propagazione del suono.

E' indispensabile considerare che eventuali variazioni di pH e/o temperatura che possono condizionare la propagazione delle onde acustiche (es. variazioni nel termoclino).

Devono essere misurate le vibrazioni create nei fondali durante le attività.

Le analisi dei campioni biologici e i risultati non dovrebbero superare un intervallo di tempo di 10 ore. Questo dovrebbe permettere di controllare eventuali situazioni di emergenza non immediatamente visibili.

Potrebbe essere auspicabile effettuare a diversi intervalli di tempo un monitoraggio del comportamento e un campionamento biologico random e statisticamente significativo (es. sangue e/o tessuti, analisi circa lo stato degli organi interni) per la valutazione di indicatori di stress cellulari e molecolari. Per questo tipo di analisi dovrebbero essere effettuati dei campionamenti di controllo che precedano l'inizio delle attività in assenza delle emissioni acustiche stesse. La possibilità di effettuare queste analisi deve essere valutata dal biologo e dall'ente e/o organizzazione coinvolta.

Se le analisi di cui sopra possono essere effettuate, devono essere valutati anche gli individui giovanili delle specie presenti in modo da conoscerne l'impatto sulla fitness, quindi l'impatto futuro sull'ecosistema in toto.

La tipologia di analisi effettuate e di indicatori studiati permetterà di determinare il valore ambientale considerato durante le attività svolte in un'ottica di mitigazione del rumore antropico.

Dovrebbe prevedersi un monitoraggio continuo delle attività per mettere in atto eventuali azioni di mitigazione degli impatti causati da eventi improvvisi ed inaspettati.

Gli strumenti utilizzati per effettuare le analisi devono essere selezionati da personale competente. Questi infatti potrebbero variare in base alle condizioni ambientali del sito ed economiche del progetto. Lo stesso per le tempistiche di monitoraggio consigliate nei punti di cui sopra.

Il personale coinvolto deve documentare e lasciare tracciabilità del piano di monitoraggio previsto, degli strumenti utilizzati, degli intervalli di tempo nei quali sono state effettuate le analisi.

Tutte le informazioni devono essere documentate, conservate e raccolte nel tempo. I responsabili delle diverse fasi di monitoraggio identificati nei documenti stessi.

Il piano di monitoraggio per ragionevole causa può essere modificato sulla base delle esigenze che si possono presentare e che non sono prevedibili. Tuttavia deve

X

rispettare tutti i controlli e i criteri di cui al punto 2.1 e 2.2.

3.3 FORMAZIONE DEL PERSONALE COINVOLTO

Un corretto piano di monitoraggio deve valutare la competenza e la formazione degli operatori coinvolti.

Devono essere selezionati gli operatori o le figure professionali in base alle competenze richieste dall'APA di cui al punto 2.1.

Le figure coinvolte devono dare evidenza di adeguata competenza rispetto ai requisiti richiesti e l'organizzazione deve assicurarsi delle competenze in questione.

Gli operatori devono essere competenti e consapevoli. Devono inoltre essere coinvolti e sottoposti a corsi di formazione e ne deve essere valutata la conoscenza e/o preparazione sulla tematica di impatto ambientale/acustico.

Tutti gli operatori coinvolti devono essere informati circa le pratiche e i buoni comportamenti da mantenere per ridurre al minimo gli impatti acustici, promuovendo e favorendo un miglioramento continuo.

Il personale coinvolto nelle attività deve avere piena consapevolezza sulle conseguenze delle sue azioni sull'ambiente o di eventuali sue negligenze; deve essere inoltre consapevole dell'importanza del suo contributo sulla riduzione al minimo degli impatti acustici delle attività svolte.

L'organizzazione deve monitorare il costante aggiornamento del personale coinvolto, verificarne la conoscenza degli aspetti ambientali, della politica ambientale, dei possibili impatti e l'importanza del loro contributo.

4. Monitoraggio del rumore emesso

4.1 GESTIONE DEL PIANO DI MONITORAGGIO DEL RUMORE EMESSO (MRE)

Effettuate l'Analisi Preliminare delle Attività (APA) e il Piano di Monitoraggio del Rumore Emesso (MRE) di cui al punto 2.1 e 2.2 è indispensabile gestire il monitoraggio dell'impatto acustico.

Si tratta di mettere in atto tutti i controlli previsti nell'MRE, nella metodologia e nelle tempistiche prevista.

Deve essere garantita costante, continua e dettagliata documentazione delle misure

effettuate secondo le indicazioni previste nell'MRE.

Devono essere previsti dei piani di azione specifici per eventuali condizioni imprevedibili e valutare eventuali situazioni di emergenza.

L'organizzazione deve tenere sotto controllo tutti i tipi di cambiamenti non volontari attraverso strategiche azioni di mitigazione.

I parametri biologici e ambientali di cui al punto 2.2 devono essere monitorati ad intervalli di tempo statisticamente significativi scelti sulla base dei macchinari utilizzati, della tipologia di attività marino-marittima svolta, del tipo di ecosistema coinvolto, della tipologia di estrazione e del tipo di deposito, secondo le prescrizioni dell'MRE.

Se alcuni parametri non dovessero rispettare i range di sostenibilità biologica e/o in situazioni di emergenza, le attività devono essere interrotte immediatamente.

I risultati ottenuti dalle diverse fasi di monitoraggio devono essere valutati e confrontati per rilevarne eventuali cambiamenti al termine di ogni campionamento e analisi.

I risultati delle analisi devono essere: affidabili, riproducibili, tracciabili, documentati e trasparenti.

Nel caso di cambiamenti rilevanti dei parametri devono essere pianificate le azioni da mettere in atto per riportarli nei valori limite sicuri.

Deve essere determinata la causa alla base del cambiamento dei parametri, e se possibile ridurla o eliminarla dalle fasi future delle attività in questione.

L'organizzazione deve pianificare azioni per mitigare eventuali impatti sull'ambiente o sulla biodiversità, essere capace di rispondere a diverse tipologie di situazioni di emergenza, assicurare una periodica revisione dei processi effettuati e delle azioni messe in atto.

Il tutto deve essere documentato e la comunicazione e/o l'informazione alle parti coinvolte assicurata

4.2 AUDIT

Ad intervalli prestabiliti devono essere pianificati e garantiti audit.

Scopo degli audit è valutare la conformità del processo alla presente norma tecnica.

Il personale coinvolto negli audit deve avere competenze tecnico-scientifico necessarie.

Tutte le risultanze degli audit devono essere prese in considerazione dal personale tecnico competente

5. Possibili parametri di riferimento dell'impatto acustico

Sulla scorta dell'elaborazione della letteratura scientifica (vedi allegato A), considerando le bande di frequenza tra i 10 Hz e i 10 kHz di seguito alcuni parametri che possono essere presi a riferimento nella gestione del rumore emesso:

Impatto grave

- Le attività di deep sea mining e marino-marittimo svolte oltre i 130 dB_{rms} re 1 μPa possono causare un grave impatto sulla biodiversità.

Impatto medio

- Le attività di deep sea mining e marino-marittimo con livelli di rumore compresi tra i 90 dB_{rms} re 1 μPa e i 130 dB_{rms} re 1 μPa possono causare un impatto medio sulla biodiversità. È tuttavia possibile contenerne e/o ridurne gli impatti operando come riportato successivamente.

Impatto basso

- Le attività di deep sea mining e marino-marittimo con livelli di rumore sotto i 90 dB_{rms} re 1 μPa possono causare un basso impatto sulla biodiversità.

In caso di emissioni di tipo impulsivo, in presenza di emissioni superiori a:

1. SPL_{peak} 207 dB re 1 μPa
2. SEL_{ss} 174 dB re 1 μPa² s⁻¹
3. SEL_{cum} 204 dB re 1 μPa² s⁻¹

L'impatto acustico deve essere considerato grave.

I valori sopra indicati devono essere rispettati nell'arco delle 24 ore di osservazione.

È possibile ridurre gli impatti considerando i seguenti **Parametri di Mitigazione dell'Impatto (PMI)**:

- a) Ridurre il più possibile i tempi di attività, nel caso del DSM di perforazione, sfruttando eventuali sessioni di riposo. Il tutto tenendo presente che le condizioni acustiche e i livelli di pressione in base al tipo di ambiente possono cambiare;

La valutazione di queste tempistiche deve essere considerata nel piano di monitoraggio.

- b) Ridurre al minimo le tempistiche di attività nell'arco delle 24h anche utilizzando tecnologie alternative. Il tutto garantendo un giusto equilibrio tra il business aziendale e l'eventuale impatto sulla biodiversità;

I periodi di pausa possono essere ridotti al minimo solo per attività con livelli di rumore inferiori ai sopra citati.

- c) Utilizzare possibili inibitori del suono (bubble curtains, blasting mats, etc) per contenere l'emissione acustica in un'area ristretta;
- d) Valutare la possibilità di svolgere le attività nei mesi non riproduttivi;
- e) Ridurre le attività al minimo numero di mesi possibili nell'arco di un anno così da consentire un eventuale recupero delle specie e degli ecosistemi;
- f) Valutare la possibilità della creazione di eventuali "Areas of Particular Environmental Interest" (APEI);
- g) Garantire la presenza di un Marine Mammals Observer (MMO) che affianchi la figura del biologo prima, durante e al termine delle attività per l'eventuale avvistamento dei mammiferi.
L'MMO almeno 30 minuti prima dall'inizio delle attività deve garantire l'assenza di mammiferi in un arco di 500 m di distanza.
- h) Stabilire delle aree di sicurezza intorno alla sorgente in cui il rumore emesso potrebbe essere disattivato o ridotto in caso di avvistamenti animali;
- i) Ridurre i livelli di rumore al minimo possibile soprattutto nelle ore notturne;
- j) Garantire la presenza di ulteriori figure che affianchino il biologo e che possano contribuire ad uno svolgimento dei lavori quanto più adeguato per la tutela della biodiversità (es. geochimico per analisi delle acque, ecologo per la valutazione degli ecosistemi);
- k) Valutare il Response Severity Index (RSI), determinando i massimi livelli di pressione sonora associati con diversi livelli di RSI. Il danno tissutale aumenta all'aumentare del SEL_{cum} e del SEL_{ss} ;
- l) Utilizzo di tecniche "soft start" (graduali incrementi dei livelli di energia);
- m) Valutare l'utilizzo del drilling rispetto al piling essendo quest'ultimo più impattante;

