

**IL CONSIGLIO SNPA**

- VISTO** l'art. 13 della legge 28 giugno 2016 n. 132 che, al fine di promuovere e indirizzare lo sviluppo coordinato delle attività del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente, ha istituito il Consiglio del Sistema nazionale (di seguito Consiglio SNPA), presieduto dal presidente dell'ISPRA e composto dai legali rappresentanti delle agenzie e dal direttore generale dell'ISPRA;
- VISTO** il Regolamento di funzionamento del Consiglio SNPA approvato con delibera n. 75/2020 del 30 aprile 2020;
- VISTO** il Programma Triennale SNPA 2021-2023 approvato nella seduta del Consiglio SNPA dell'8 aprile 2021 con delibera n. 100/2021;
- VISTA** la delibera del Consiglio SNPA n. 206/2023 del 18 aprile recante la approvazione della c.d. Tassonomia di Sistema;
- CONSIDERATO** che all'interno del SNPA vi è la necessità di adottare regole condivise per conseguire obiettivi di razionalizzazione, armonizzazione ed efficacia della attività e dei dati derivanti dalle funzioni assegnate al Sistema dall'art. 3 della legge n. 132/2016;
- VISTA** la recente modifica all'art. 28 del d.lgs. n. 152 del 2006 e ss. mm. ii. che prevede che l'Autorità Competente possa avvalersi dell'ISPRA e/o degli altri enti che compongono il SNPA per la verifica dell'ottemperanza alle condizioni ambientali contenute nei provvedimenti di verifica di assoggettabilità a VIA o nei provvedimenti di VIA da parte dei proponenti delle opere;
- VISTA** la legge n. 132/2016 e, in particolare, l'art. 3, comma 1, lett. b) e l);
- CONSIDERATA** l'importanza di disporre di uno strumento di indagine tecnico-metodologico uniforme, robusto ed aggiornato per gli enti del Sistema nella verifica dell'ottemperanza alle condizioni ambientali da parte dei proponenti che effettuano il monitoraggio dei potenziali effetti sull'ambiente marino derivanti dalla realizzazione ed esercizio dei terminali di rigassificazione e dei relativi gasdotti di collegamento necessari per l'approvvigionamento energetico di gas naturale via mare;
- PRESO ATTO** che il Tavolo Istruttorio del Consiglio II "Omogeneizzazione delle prestazioni tecniche ambientali" ha incluso nel proprio

programma di lavoro l'elaborazione di Linee guida su tali materie affidandola ad un gruppo di lavoro;

**VISTO** il documento “*Linee guida per la verifica degli eventuali impatti sull’ambiente marino connessi alla realizzazione ed esercizio di terminali di rigassificazione e gasdotti di collegamento*” predisposto dal predetto Gruppo di lavoro e condiviso con il coordinamento del CTO e con le altre Reti Tematiche SNPA interessate;

**VISTO** l’art. 12 del Regolamento del Consiglio SNPA che definisce la rilevanza anche esterna delle deliberazioni del Consiglio e la loro immediata esecutività, fatta salva la possibilità di prevedere nel medesimo provvedimento una diversa efficacia temporale;

**PRESO ATTO** dell’approvazione in via preliminare del documento nella seduta del Consiglio del 30 maggio 2024 e della contestuale decisione di inviarlo al Ministero dell’Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) al fine di acquisirne eventuali osservazioni entro il termine di 30 giorni dalla sua ricezione;

**PRESO ATTO** altresì, che la fase di consultazione con il MASE avviata con la trasmissione del documento con nota prot. ISPRA n. 31083 del 04/06/2024 si è conclusa trascorsi trenta giorni (04/07/2024), senza ricevere alcuna osservazione da parte del Dicastero;

**VISTA** la proposta avanzata dai coordinatori del TIC II;

**RITENUTO** di adottare il predetto documento;

### **DELIBERA**

1. di approvare in via definitiva il documento “*Linee guida per la verifica degli eventuali impatti sull’ambiente marino connessi alla realizzazione ed esercizio di terminali di rigassificazione e gasdotti di collegamento*”, che è parte integrante della presente delibera;
2. di ritenere il presente atto, ai sensi dell’art. 12 del predetto Regolamento di funzionamento, immediatamente esecutivo; per il territorio delle Province Autonome di Trento e Bolzano l’atto stesso è applicato nel rispetto delle disposizioni dello statuto di autonomia speciale, delle relative norme di attuazione e della sentenza n. 212/2017 della Corte Costituzionale;
3. di dare mandato ad ISPRA di pubblicare il presente atto sul sito [www.snpambiente.it](http://www.snpambiente.it);



4. di dare, altresì, mandato ad ISPRA di dare notizia dell'avvenuta approvazione del presente atto al Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica nonché al Presidente della Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome.

Roma, 23 luglio 2024

Il Presidente  
F.TO  
Stefano Laporta

# LINEE GUIDA PER LA VERIFICA DEGLI EVENTUALI IMPATTI SULL'AMBIENTE MARINO DEI TERMINALI DI RIGASSIFICAZIONE E GASDOTTI DI COLLEGAMENTO

Delibera del Consiglio SNPA. n.255/24 del 23.07.2024





# LINEE GUIDA PER LA VERIFICA DEGLI EVENTUALI IMPATTI SULL'AMBIENTE MARINO DEI TERMINALI DI RIGASSIFICAZIONE E GASDOTTI DI COLLEGAMENTO

Delibera del Consiglio SNPA. n.255/24 del 23.07.2024

---

LINEE GUIDA SNPA | **53** 2024

ISBN 978-88-448-1230-0 | Roma, ottobre 2024

Il Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente (SNPA) è operativo dal 14 gennaio 2017, data di entrata in vigore della legge 28 giugno 2016, n. 132 di "Istituzione del Sistema Nazionale a rete per la Protezione dell'Ambiente e disciplina dell'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale" (ISPRA).

Il SNPA è composto dall'ISPRA, ente pubblico nazionale di ricerca che ne coordina le attività, e dalle Agenzie per la protezione dell'ambiente delle Regioni e delle Province autonome di Trento e Bolzano.

Attraverso la cooperazione a rete, il Sistema lavora per raggiungere prestazioni tecniche ambientali uniformi sull'intero territorio nazionale, a vantaggio della tutela dell'ambiente e a beneficio della popolazione, dell'attività delle imprese e del sistema pubblico in generale. Le prestazioni tecniche riguardano le attività ispettive e di controllo ambientale, il monitoraggio dello stato dell'ambiente, il controllo delle fonti e dei fattori di inquinamento, il supporto alle attività in campo ambientale dello Stato, delle Regioni e degli enti locali, la ricerca finalizzata a tali scopi nonché la raccolta, l'organizzazione e diffusione dei dati e delle informazioni ambientali che sono riferimenti ufficiali dell'attività di tutta la pubblica amministrazione.

Il Sistema produce documenti tecnici quali Report ambientali SNPA, Linee guida SNPA, Pubblicazioni tecniche SNPA e pareri vincolanti in base alla legge. Organo deliberativo del Sistema è, ai sensi dell'art. 10 della legge n. 132/2016, il Consiglio del Sistema Nazionale, presieduto dal Presidente dell'ISPRA e composto dai rappresentanti legali delle Agenzie e dal Direttore generale dell'Istituto.

Le persone che agiscono per conto delle componenti del Sistema non sono responsabili per l'uso che può essere fatto delle informazioni contenute in queste pubblicazioni.

Citare questo documento come segue:

SNPA, *Linee Guida per la verifica degli eventuali impatti sull'ambiente marino dei terminali di rigassificazione e gasdotti di collegamento*, Linee guida SNPA, 53/24

ISBN 978-88-448-1230-0

© Linee guida SNPA 2024

La collana Linee guida SNPA raccoglie documenti tecnici diretti ad uniformare il comportamento e le prassi delle componenti del Sistema nell'esercizio dell'attività tecnico scientifica e costituiscono norme interne delle amministrazioni pubbliche che ne fanno parte.

Riproduzione autorizzata citando la fonte.

Coordinamento della pubblicazione online:

Daria Mazzella – ISPRA

Copertina:

Elena Porrazzo – Ufficio Grafica ISPRA

11/2024

Foto di copertina: Terminale GNL Adriatico Srl

### Abstract

La finalità del presente documento è di definire i principi ai quali ISPRA e le Agenzie del territorio si riferiscono nella verifica dei potenziali impatti connessi alla realizzazione ed esercizio di terminali di rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto e dei gasdotti di collegamento, che dovrebbero essere tenuti in considerazione nella progettazione del monitoraggio ambientale marino.

The purpose of this document is to define the principles to which ISPRA and the regional agencies for environmental protection refer to verify the potential effects in the marine environment, connected to the construction and operation of Liquefied Natural Gas regasification terminals and connecting gas pipelines, which should be considered when designing marine environmental monitoring.

**Parole chiave:**

Rigassificatore

Gasdotto

Monitoraggio ambientale marino

Impatto ambientale

GNL

**Keywords:**

Regassification terminal

Pipeline

Marine environmental monitoring

Environmental impact

LNG

### Coordinamento stesura Linee Guida e Gruppo di Lavoro

ISPRA: Claudia Virno Lamberti

### Supporto al Coordinamento stesura Linee Guida

ISPRA: Silvia Ceracchi e Ginevra Molto

### Autori

ISPRA: Claudia Virno Lamberti, Silvia Ceracchi, Ginevra Molto, Giuseppe Trincherà, Rossella Di Mento, Ornella Nonnis, Gianluca Franceschini, Otello Giovanardi, Chiara Maggi, Giulio Sesta, Giulia Romanelli, Marina Amici, Maria Teresa Berducci, Antonello Bruschi, Iolanda Lisi, Martina Shasa Bernardini, Carlo Lo Re, Paolo Tomassetti, Marco Picone, Daniela Berto, Claudia Gion, Malgorzata Marcelina Formalewicz, Federico Rampazzo, Isabel Mercatali, Loredana Manfra, Andrea Tornambè, Stefania Chiesa, Tommaso Petochi, Matteo Ciani, Marina Penna, Tiziano Bacci, Paola Gennaro, Benedetta Trabucco, Junio Fabrizio Borsani, Valentina Caradonna.

ARPA Calabria: Fabrizio Fabroni

ARPA Campania: Stefano Capone

ARPAE Emilia-Romagna: Cristina Mazziotti

ARPA Lazio: Laura Aguzzi

ARPA Puglia: Nicola Ungaro

ARPA Toscana: Antonio Melley, Daniela Verniani

ARPA Veneto: Fabio Strazzabosco, Silvia Rossi

### Percorso istruttorio

Documento adottato dal Consiglio SNPA, con Delibera del Consiglio n. 255 del 23/07/2024

### Ringraziamenti

Si ringrazia la D.ssa Annamaria Cicero per le revisioni ed i suggerimenti tecnici al documento.

# SOMMARIO

PREMESSA .....	9
SINTESI.....	11
CAPITOLO 1. INQUADRAMENTO NORMATIVO .....	12
CAPITOLO 2. PROCESSO DI RIGASSIFICAZIONE E TIPOLOGIE DI TERMINALI GNL .....	15
2.1 PROCESSO DI RIGASSIFICAZIONE.....	15
2.2 TERMINALI ONSHORE .....	17
2.3 TERMINALI A MARE DEL TIPO GRAVITY BASED STRUCTURES (GBS) .....	17
2.4 TERMINALI A MARE DI TIPO GALLEGGIANTE.....	17
2.4.1 Deepwater port facility e GNL Regassification Vessel (GNL-RV).....	18
2.4.2 Floating Storage Regassification Unit (FSRU) .....	18
2.5 RIGASSIFICATORI AUTORIZZATI IN ITALIA.....	18
2.5.1 Rigassificatore onshore di Panigaglia (SP).....	18
2.5.2 Rigassificatore Adriatic LNG di Porto Viro (RO) .....	19
2.5.3 Rigassificatore FSRU Toscana (OLT Offshore LNG Toscana) .....	20
2.5.4 Rigassificatore FSRU di Piombino (LI).....	21
2.5.5 Rigassificatore FSRU di Ravenna (RA) .....	21
2.6 CENNI SU ALCUNE UNITÀ DI RIGASSIFICAZIONE NEL MONDO .....	22
2.6.1 Terminale FSRU “Independence” - Lituania.....	23
2.6.2 Terminale FSRU “Krk Island” - Croazia .....	23
CAPITOLO 3. PRESSIONI E POTENZIALI IMPATTI SULL’AMBIENTE MARINO.....	24
3.1 MESSA IN OPERA DEL RIGASSIFICATORE GNL .....	24
3.1.1 Terminali di rigassificazione FSRU .....	24
3.1.2 Terminale di rigassificazione GBS .....	25
3.2 FASE DI ESERCIZIO DEL RIGASSIFICATORE .....	26
3.3 POSIZIONAMENTO DI GASDOTTI SOTTOMARINI DI COLLEGAMENTO DEI RIGASSIFICATORI CON LA TERRAFERMA.....	27
CAPITOLO 4. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO .....	29
CAPITOLO 5. CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA MEDIANTE OSSERVAZIONI DIRETTE E INDIRECTE E MISURE CORRENTOMETRICHE.....	31

5.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO .....	32
5.2 PARAMETRI DESCRITTORI .....	32
5.3 FREQUENZA DEL MONITORAGGIO .....	33
5.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO ED ELABORAZIONE DATI.....	34
<b>CAPITOLO 6. COLONNA D'ACQUA.....</b>	<b>36</b>
6.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO .....	36
6.2 PARAMETRI DESCRITTORI .....	39
6.3 FREQUENZA DEL MONITORAGGIO .....	45
6.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	46
6.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO.....	48
<b>CAPITOLO 7. MODELLI PREVISIONALI PER LO STUDIO DELLA DISPERSIONE DELLE ACQUE DI SCARICO E DEI SEDIMENTI POTENZIALMENTE RISOSPENSIBILI.....</b>	<b>49</b>
7.1 SELEZIONE DEL CODICE DI CALCOLO, IPOTESI MODELLISTICHE E RISOLUZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO .....	49
7.2 IMPOSTAZIONE DELLE CONDIZIONI INIZIALI E AL CONTORNO E SELEZIONE DEGLI SCENARI.....	50
7.3 ASPETTI DA CONSIDERARE PER RIDURRE I FATTORI DI INCERTEZZA .....	51
7.4 VERIFICA DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI MEDIANTE CONFRONTO CON DATI DI MONITORAGGIO .....	52
7.5 VALUTAZIONI SULLA FRAZIONE DEI SEDIMENTI POTENZIALMENTE RISOSPENSIBILI .....	53
7.6 RESTITUZIONE DEI DATI.....	54
<b>CAPITOLO 8. SEDIMENTI MARINI .....</b>	<b>55</b>
8.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO .....	55
8.2 PARAMETRI DESCRITTORI .....	59
8.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	60
8.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	61
8.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO.....	63
<b>CAPITOLO 9. BIOACCUMULO E BIOMARKERS .....</b>	<b>64</b>
9.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	65
9.2 PARAMETRI DESCRITTORI .....	66
9.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	68
9.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	68

9.5 VALORI STANDARD E DI RIFERIMENTO.....	71
<b>CAPITOLO 10. ATTIVITA' DI ACQUACOLTURA .....</b>	<b>72</b>
10.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	73
10.2 PARAMETRI DESCRITTORI.....	74
10.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	77
10.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	78
10.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO.....	78
<b>CAPITOLO 11. COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE, ZOOPLANTONICHE E ITTIPLANCTONICHE .....</b>	<b>79</b>
11.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	79
11.2 PARAMETRI DESCRITTORI.....	82
11.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	82
11.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	83
<b>11.4.1 Fitoplancton.....</b>	<b>83</b>
<b>11.4.2 Zooplancton.....</b>	<b>83</b>
<b>11.4.3 Ittioplancton.....</b>	<b>83</b>
11.5 ANALISI DEI RISULTATI .....	84
<b>CAPITOLO 12. FANEROGAME MARINE.....</b>	<b>85</b>
12.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	86
12.2 PARAMETRI DESCRITTORI.....	87
12.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	88
12.4 OPERE DI COMPENSAZIONE.....	88
12.5 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	89
12.6 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO.....	89
<b>CAPITOLO 13. COMUNITÀ MACROZOOBENTONICHE DI FONDI MOBILI.....</b>	<b>90</b>
13.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	90
13.2 PARAMETRI DESCRITTORI.....	94
13.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	94
13.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	95
13.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO.....	95

<b>CAPITOLO 14. COMUNITA' BENTONICHE DI FONDI DURI</b> .....	<b>96</b>
14.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO .....	97
14.2 PARAMETRI DESCRITTORI .....	98
14.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	99
14.4 OPERE DI COMPENSAZIONE.....	99
14.5 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	100
14.6 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO.....	101
<b>CAPITOLO 15. RISORSE ALIEUTICHE</b> .....	<b>102</b>
15.1 MONITORAGGIO DEI POPOLAMENTI ITTICI NELL'AREA DEL RIGASSIFICATORE.....	103
15.1.1 Localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni di campionamento.....	103
15.1.2 Parametri descrittori .....	103
15.1.3 Frequenza/durata del monitoraggio .....	104
15.1.4 Metodologie di riferimento .....	104
15.1.5 Analisi dei risultati.....	105
15.2 MONITORAGGIO DEI POPOLAMENTI DI IMPORTANZA COMMERCIALE LUNGO IL GASDOTTO .....	106
15.2.1 Gasdotto in prossimità di una prateria di fanerogame marine.....	106
15.2.1.1 Localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni di campionamento.....	106
15.2.1.2 Parametri descrittori.....	106
15.2.1.3 Frequenza/durata del monitoraggio.....	106
15.2.1.4 Metodologie di riferimento.....	107
15.2.1.5 Analisi dei risultati .....	108
15.2.2 Gasdotto in aree caratterizzate da popolamenti di bivalvi di rilievo commerciale.....	108
15.2.2.1 Localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni di campionamento.....	108
15.2.2.2 Parametri descrittori.....	109
15.2.2.3 Frequenza/durata del monitoraggio.....	110
15.2.2.4 Metodologie di riferimento.....	110
15.2.2.5 Analisi dei risultati .....	111
<b>CAPITOLO 16. RILIEVI MORFO-BATIMETRICI</b> .....	<b>112</b>
16.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE.....	112

16.2 ACQUISIZIONE DEI DATI.....	113
16.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	114
16.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO .....	114
16.5 ANALISI DEI RISULTATI .....	114
<b>CAPITOLO 17. RUMORE SUBACQUEO .....</b>	<b>115</b>
17.1 POSSIBILI IMPATTI CONNESSI ALLA REALIZZAZIONE ED ESERCIZIO DI RIGASSIFICATORI E GASDOTTI .....	116
17.2 OBIETTIVI DELLE INDAGINI E MONITORAGGIO .....	117
17.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO.....	117
17.4 PARAMETRI DESCRITTORI .....	119
17.5 VALUTAZIONE DEI RISULTATI.....	119
<b>BIBLIOGRAFIA CITATA .....</b>	<b>121</b>

## PREMESSA

Il gas naturale costituisce una delle fonti di energia più utilizzata al mondo insieme al petrolio e al carbone.

L'approvvigionamento di gas naturale riveste un ruolo cruciale nel sistema energetico di un Paese al fine di garantire una fornitura stabile, sicura ed efficiente per la produzione di energia elettrica e calore sia per i consumi domestici, sia per l'uso industriale. Gli scenari economici e geopolitici sono in grado di influenzare le diverse fonti di approvvigionamento. L'Italia per quantitativi di gas naturale estratto non è autosufficiente per coprire il fabbisogno nazionale; pertanto, risulta necessario importare tale risorsa da Paesi esteri, sotto forma gassosa o di gas naturale liquefatto. La crescente domanda di tale fonte energetica unitamente ai recenti eventi geopolitici relativi al conflitto fra Russia ed Ucraina ha posto l'esigenza di incrementare e diversificare le vie di importazione, così da rendere l'approvvigionamento meno legato all'offerta di singoli Paesi.

La domanda del gas in Italia, pari nel 2022 a 68,7 miliardi di metri cubi, è stata coperta per il 4% dalla produzione nazionale e per il rimanente 96% dalle importazioni (MASE, 2023), che avvengono attraverso gasdotti (sotto forma gassosa) e tramite l'utilizzo di terminali di rigassificazione per il Gas Naturale Liquefatto (GNL). L'incremento del numero di impianti di rigassificazione potrebbe rappresentare in futuro una valida soluzione per fornire al Paese una maggiore autonomia.

Le importazioni via gasdotto nel 2022 (80,3% delle importazioni totali) hanno registrato una riduzione rispetto al 2021. In particolare, sono diminuite le importazioni dalla Russia (-52%) e dalla Libia (-19%), mentre sono risultate in aumento le importazioni dall'Algeria (+11%), dal Nord Europa (+250%) e dall'Azerbaijan attraverso la TAP-TransAdriatic Pipeline (+43%) (MASE, 2023).

L'importazione di GNL nel 2022, pari a circa 14,3 miliardi di metri cubi (19,7% del totale delle importazioni), risulta invece in aumento rispetto all'anno precedente. In particolare, nel 2022, i tre rigassificatori in esercizio in Italia hanno ricevuto, rispetto al 2021, quantitativi maggiori di GNL: Adriatic LNG (Porto Viro) 8,3 miliardi di metri cubi (+13,6%), GNL Italia (Panigaglia) 2,2 miliardi di metri cubi (+108,2%), OLT (Livorno) 3,8 miliardi di metri cubi (+162,6%) (MASE, 2023).

Agli impianti di Panigaglia, Porto Viro e Livorno in esercizio nel 2022 si è aggiunto il Rigassificatore di Piombino (Snam Rete Gas) che è entrato in esercizio a luglio del 2023.

Inoltre, stante il contesto geopolitico e la crescente necessità di diversificare le fonti di approvvigionamento di gas, si rileva un aumento di istanze di autorizzazione per la realizzazione di nuovi impianti di rigassificazione. Si evidenzia la conseguente importanza di disporre di riferimenti e di indicazioni per l'identificazione degli eventuali effetti prodotti sull'ambiente marino.

La finalità del presente documento è di definire i principi ai quali ISPRA e le Agenzie del territorio si riferiscono nella verifica dei potenziali impatti connessi alla realizzazione ed esercizio di terminali di rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) e dei gasdotti di collegamento, che dovrebbero essere tenuti in considerazione nella progettazione del monitoraggio ambientale marino.

Nel documento vengono esplicitati i piani di campionamento per le differenti componenti ambientali marine, i parametri da indagare, le procedure analitiche e tutti gli elementi contenuti in un piano di monitoraggio, che possano restituire le informazioni e i dati necessari per la verifica degli eventuali impatti sull'ambiente marino. Il presente documento costituisce quindi uno strumento di supporto al lavoro che ISPRA e le Agenzie, in considerazione della competenza tecnico scientifica ed esperienza

maturata anche in attività operative di monitoraggio di tali opere, sono chiamate usualmente dall'Autorità competente a svolgere, sia nelle preliminari fasi autorizzative, sia nelle successive attività di verifica dei risultati.

Le presenti Linee Guida, che costituiscono il risultato di una proficua condivisione in ambito SNPA di principi, competenze ed esperienze, consentiranno di affrontare in modo più efficace, efficiente ed omogeneo sul territorio le future attività svolte da ISPRA e dalle Agenzie in tale ambito.

## SINTESI

Il monitoraggio ambientale rappresenta uno strumento fondamentale per l'identificazione delle possibili alterazioni ascrivibili ad attività antropiche. Nell'elaborazione di un piano di monitoraggio ambientale è necessario acquisire un quadro conoscitivo di base, considerando tutte le componenti ambientali biotiche e abiotiche potenzialmente influenzate dalle opere, con la finalità di individuare i loro possibili cambiamenti nel tempo e ricondurre, ove possibile, questi cambiamenti alle opere medesime.

In relazione alla condizione geopolitica e alla conseguente crescente domanda per la realizzazione di nuove strutture di rigassificazione di gas naturale posizionate in aree costiere o in aree marine, si è ritenuto necessario elaborare le presenti Linee Guida per definire gli obiettivi di un piano di monitoraggio che possa individuare precocemente i possibili impatti sull'ambiente marino dovuti alla realizzazione ed all'esercizio di rigassificatori GNL e dei relativi gasdotti di collegamento.

Nella definizione delle Linee Guida sono state tenute in considerazione le principali norme di riferimento per gli aspetti autorizzativi e per la protezione ambientale, unitamente agli aspetti tecnici-progettuali degli impianti, alle pressioni e ai possibili impatti sull'ambiente marino.

Per analizzare le pressioni e gli impatti sono state prese in considerazione le diverse tecnologie per il processo di rigassificazione e le due principali tipologie di impianti a mare attualmente presenti in Italia: Gravity Based Structure (GBS), una struttura di calcestruzzo armato posata sul fondale marino, e Floating Storage Regassification Unit (FSRU), una nave gasiera equipaggiata con un impianto di rigassificazione.

Le presenti Linee Guida forniscono nello specifico le indicazioni tecnico scientifiche delle indagini ambientali da condursi per il monitoraggio marino in tre differenti fasi: prima dell'installazione delle strutture (fase ante operam), durante la messa in posa delle strutture (fase di cantiere), durante la produzione del gas (fase di esercizio).

Per consentire una valutazione degli effetti sull'ecosistema marino, è stato adottato un approccio che permetta di integrare i campi di indagine della chimica (presenza delle sostanze nell'ambiente e nei tessuti degli organismi), della tossicologia ambientale (effetti a diversi livelli biologici) e dell'ecologia (processi che regolano la struttura e la funzione degli ecosistemi e le interazioni tra la componente biotica ed abiotica). Sono state fornite indicazioni riguardo alle matrici ambientali significative (acqua, sedimenti e biota) connesse ai possibili impatti, individuando le indagini, i parametri da analizzare e le relative metodiche di riferimento. In particolare, sono stati considerati i parametri fisico-chimici ed ecotossicologici nella colonna d'acqua e nei sedimenti, le analisi di bioaccumulo e di biomarkers in organismi bioindicatori, l'analisi delle comunità planctoniche (fitoplancton, zooplancton, ittioplancton), delle comunità bentoniche di fondi mobili e duri, delle fanerogame marine, delle risorse aleutiche e degli allevamenti di bivalvi e pesci. È stata inoltre considerata particolarmente rilevante l'applicazione di modelli previsionali per lo studio della dispersione delle acque di scambio termico dei rigassificatori e della dispersione dei sedimenti durante le attività di movimentazione dei fondali. Infine, sono state indicate ulteriori indagini, quali i rilievi morfo-batimetrici dei fondali e le indagini relative al rumore subacqueo, così da completare il quadro conoscitivo per la verifica degli effetti ambientali.

# CAPITOLO 1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Nel contesto internazionale vi sono numerosi strumenti giuridici e procedurali volti a sostenere la protezione dell'ambiente marino e marino-costiero attraverso la prevenzione e la riduzione dell'inquinamento antropico, quali la Convenzione di Barcellona del 1976 con i relativi Protocolli (in particolare l'Offshore Protocol del 2011) e la Convenzione delle Nazioni Unite sul Diritto del Mare (UNCLOS) del 1982. In tali Convenzioni "il monitoraggio" viene indicato come lo strumento per verificare e valutare i potenziali impatti sull'ambiente marino connessi ad attività produttive antropiche, ponendo l'attenzione non soltanto alle pressioni ma anche allo stato e alle risposte dell'ecosistema marino. Vengono quindi previsti obiettivi, programmi di monitoraggio e misure sulla scala della Regione Mediterranea. Nell'ambito della Convenzione di Barcellona, nel 2016 le parti contraenti hanno adottato il documento Integrated Monitoring and Assessment Programme and related Assessment (IMAP) per l'allineamento delle politiche di protezione dell'ambiente marino tra Paesi UE e non-UE.

Nell'ambito della legislazione europea la Direttiva 2000/60/CE, recepita a livello nazionale attraverso la Parte Terza del D.Lgs. 152/2006, istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque, interne superficiali, di transizione, costiere e sotterranee, perseguendo scopi che riguardano tanto il profilo ambientale quanto quello più prettamente economico e sociale della gestione della risorsa. La Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat), recepita in Italia con il D.P.R. dell'8 settembre 1997 n. 357, è invece finalizzata a salvaguardare la biodiversità mediante la conservazione degli habitat naturali, nonché della flora e della fauna selvatiche nel territorio europeo degli Stati membri.

Inoltre, a livello europeo il principale strumento giuridico per proteggere l'ambiente marino è costituito dalla Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD), recepita dall'Italia con il D.Lgs. 190/2010. La MSFD istituisce un quadro all'interno del quale gli Stati membri adottano le misure necessarie per conseguire o mantenere un buono stato ecologico dell'ambiente marino (GES - Good Environmental Status) entro il 2020, attraverso l'elaborazione e l'attuazione di strategie intese a proteggere e preservare l'ambiente marino, prevenirne il degrado o, laddove possibile, ripristinare gli ecosistemi marini nelle zone in cui abbiano subito danni. La MSFD richiede inoltre di "stabilire e attuare programmi coordinati di monitoraggio per la valutazione in corso dello stato ambientale delle acque marine".

Secondo la normativa europea i progetti che possono avere un effetto significativo sull'ambiente devono essere sottoposti a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) come previsto dalla Direttiva 2011/92/UE, concernente la "Valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati", modificata dalla successiva Direttiva 2014/52/UE che è stata recepita dall'Italia con il D.Lgs. 104/2017. I progetti per l'installazione ed esercizio di Terminali di rigassificazione a mare rientrano in quelli sottoposti a procedura di VIA (allegato II della parte seconda del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.), al fine di determinare preventivamente gli eventuali impatti sull'ambiente circostante l'installazione e le strutture ad esso connesse (quali ad esempio le condotte per il trasporto del gas), verificarne la sostenibilità ambientale e limitarne gli effetti negativi nel tempo (principali riferimenti: L. 239/2004,

D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., D.L. 159/2007). A tal fine è prevista la predisposizione da parte del Proponente dell'opera di uno Studio di Impatto Ambientale (SIA), i cui contenuti minimi sono specificati nell'art. 22 del D.Lgs. 152/2006, che ha come obiettivo l'esame del contesto ambientale in cui si inserisce l'opera, le pressioni e gli impatti potenziali o reali attesi. Nello specifico, il SNPA ha elaborato il documento "Valutazione di impatto ambientale. Norme tecniche per la redazione degli Studi di Impatto Ambientale" (Linee Guida SNPA 28/2020), il quale fornisce uno strumento per la redazione e la valutazione degli studi di impatto ambientale, con riferimento a diversi contesti ambientali e differenti categorie di opere riportate negli allegati II e III della parte seconda del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

La procedura di VIA si conclude con un provvedimento motivato, obbligatorio e vincolante; il provvedimento può contenere condizioni ambientali, ovvero prescrizioni che definiscono le linee di indirizzo da seguire, da parte del Proponente dell'opera, nelle successive fasi di sviluppo progettuale e nella realizzazione degli interventi per garantire l'applicazione di criteri ambientali utili a contenere e limitare gli impatti ambientali o incrementare le prestazioni ambientali del progetto. Le condizioni ambientali possono inoltre riguardare le misure di compensazione degli impatti ambientali non mitigabili nonché le misure di monitoraggio.

Nella procedura di VIA, è prevista, da parte dell'Autorità competente, la verifica dell'ottemperanza alle condizioni ambientali impartite negli atti autorizzativi, al fine di identificare tempestivamente gli impatti ambientali significativi e negativi imprevisti e di adottare le opportune misure correttive (art. 28 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.). Per tali attività, come previsto al comma 2 del medesimo articolo, la stessa Autorità Competente può *"...avvalersi dell'ISPRA ...e degli altri enti del Sistema nazionale a rete per la protezione dell'ambiente, di cui alla legge 28 giugno 2016, n. 132, ..."*.

Per individuare tali impatti derivanti dalla realizzazione e dall'esercizio del progetto, la procedura di VIA prevede l'elaborazione, da parte del Proponente, di un Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA), parte integrante del SIA (art. 22, comma 3, lett. e, D.Lgs. 152/2006), che può essere perfezionato o modificato in relazione a quanto richiesto nell'atto autorizzativo. Il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) deve prendere in considerazione le componenti ed i fattori ambientali rispetto ai quali, in coerenza con quanto documentato nel SIA, siano stati individuati impatti ambientali significativi e negativi derivanti dalla realizzazione e dall'esercizio del progetto e ne deve valutare, grazie alla sua estensione spazio-temporale, gli esiti e le tendenze. Il PMA deve essere proporzionato alla natura, all'ubicazione, alle dimensioni del progetto e alla significatività degli impatti ambientali previsti nel SIA. Per rendere coerenti e per standardizzare le azioni di monitoraggio sono già state elaborate dal MITE (oggi MASE) e da ISPRA le Linee Guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (MITE-ISPRA, 2014), che raccolgono gli indirizzi metodologici generali e specifici per alcuni fattori/componenti ambientali: atmosfera, ambiente idrico, biodiversità, agenti fisici – rumore.

L'iter autorizzativo per gli impianti di rigassificazione è stato aggiornato con il D.L. 50/2022 (convertito nella L. 91/2022), in considerazione dell'attuale complesso quadro geopolitico internazionale e della necessità di diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale. Ai sensi dell'art. 5 di tale Decreto, infatti, le opere finalizzate all'incremento della capacità di rigassificazione mediante unità galleggianti di stoccaggio e rigassificazione, incluse le connesse infrastrutture, costituiscono interventi strategici di pubblica utilità, indifferibili e urgenti, e pertanto è stata prevista una procedura in deroga alle tempistiche legate alla VIA, con autorizzazione in capo ad un

Commissario straordinario nominato dal Governo a seguito di un procedimento unico, che ne assicura comunque la compatibilità dell'opera anche dal punto di vista ambientale.

In seguito con il D.L. 57/2023 (convertito nella L. 95/2023), l'autorizzazione per la costruzione ovvero per l'esercizio, anche a seguito di ricollocazione, di unità galleggianti di stoccaggio e rigassificazione è rilasciata, in continuità con quanto previsto da D.L. 50/2022, da un Commissario straordinario di Governo a seguito di un procedimento unico, comprendendo però anche la VIA ossia le valutazioni ambientali di cui al titolo III della parte seconda del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Il D.L. 57/2023 apporta inoltre una modifica significativa al D.Lgs.152/2006 con l'introduzione dell'allegato I-bis alla parte II, che inserisce, tra le infrastrutture utili al raggiungimento degli obiettivi fissati dal Piano Nazionale Integrato Energia e Clima - PNIEC, anche le infrastrutture di stoccaggio, trasporto e distribuzione di GNL. Il PNIEC è un documento che definisce la politica energetica e climatica a lungo termine dell'Italia, fornendo una visione strategica per la transizione energetica e l'azione climatica, identificando gli obiettivi, le politiche e le misure necessarie per raggiungere tali obiettivi. A luglio 2023 il MASE ha inviato alla Commissione europea la proposta di aggiornamento del PNIEC dove vengono fissati gli obiettivi nazionali al 2030. Tra gli obiettivi proposti è previsto di ottimizzare l'uso della capacità di importazione di GNL nei terminali esistenti e sviluppare nuova capacità di rigassificazione e di stoccaggio in forma liquida (depositi SSLNG), di fondamentale importanza per favorire la partecipazione dell'Italia al mercato mediterraneo e globale del GNL in concorrenza con i terminali del nord Europa.

## CAPITOLO 2. PROCESSO DI RIGASSIFICAZIONE E TIPOLOGIE DI TERMINALI GNL

Il gas naturale può essere trasportato sotto forma gassosa, attraverso i gasdotti terrestri o sottomarini, o in forma liquida, tramite specifiche navi gasiere, previa riduzione in volume tramite processo di “liquefazione” (Gas Naturale Liquefatto - GNL).

La filiera industriale del GNL prevede quattro fasi principali: la produzione, la liquefazione mediante il raffreddamento a  $-162\text{ °C}$  (che riduce di circa 600 volte il volume iniziale del gas), il trasporto e la rigassificazione in appositi terminali nei Paesi utilizzatori.

Una volta giunto a destinazione, il GNL viene scaricato in un impianto di rigassificazione, dove subisce un processo di riscaldamento per essere riportato allo stato gassoso (processo di rigassificazione) ed essere così immesso nella rete di distribuzione nazionale dei metanodotti. Il rigassificatore GNL è un impianto costituito solitamente da tre sezioni principali: ricezione, stoccaggio e vaporizzazione, cui si aggiunge una serie di sezioni tecniche a supporto (recupero dei vapori, correzione del gas finale, sistemi ausiliari e di sicurezza).

In relazione alla localizzazione, si differenziano le seguenti due tipologie di installazioni:

- rigassificatori onshore, che pur posizionati a terra, scaricano a mare le acque di scambio termico;
- rigassificatori a mare.

Le installazioni a mare, a loro volta, si differenziano in due tipologie costruttive:

- terminali del tipo Gravity Based Structures (GBS);
- terminali di tipo galleggiante: GNL Regasification Vessels (GNL-RV) e Floating Storage and Regasification Units (FSRU).

Nelle presenti Linee Guida saranno presi in considerazione gli impianti associati alla realizzazione ed esercizio di rigassificatori a mare GBS e FSRU, tipologie attualmente operative in Italia.

### 2.1 PROCESSO DI RIGASSIFICAZIONE

Per il processo di rigassificazione del GNL in GN è necessario agire sulla temperatura del sistema per assicurare il passaggio di stato da liquido a gassoso. Le strutture impiegate per questo scopo sono i “vaporizzatori”, nei quali si ha uno scambio termico tra il GNL ed un “fluido riscaldante”, rappresentato da acqua di mare, da una miscela riscaldata o dall’aria. I vaporizzatori ad oggi impiegati possono essere classificati nelle seguenti tipologie:

- vaporizzatore ad acqua di mare (Open Rack Vaporizer – ORV): è costituito da un pannello verticale di tubi in lega di alluminio, nei quali passa il GNL da vaporizzare (con flusso dal basso verso l’alto). L’acqua di mare cade a pioggia sulla superficie esterna del vaporizzatore, fornendo il calore necessario per il passaggio di stato;
- vaporizzatore a fluido intermedio (Intermediate Fluid Vaporizer – IFV): impiega come mezzo di

scambio termico sempre l'acqua di mare, la quale però è preliminarmente riscaldata dal contatto con un fluido intermedio riscaldata (in genere propano o una miscela di acqua e glicole), il quale cede calore preliminarmente all'acqua di mare prima che questa, a sua volta, ceda il proprio calore accumulato al GNL;

- vaporizzatore a bruciatore o fiamma sommersa (Submerged Combustion Vaporizer – SCV): è costituito da un sistema a fascio tubiero, attraversato dal GNL, immerso in un bagno d'acqua mantenuta calda (25 – 35 °C) dal calore fornito dal contatto diretto con i gas (caldi) prodotti dalla combustione di una piccola parte di gas naturale in un bruciatore;
- vaporizzatore a recupero di calore (Heat Recovery Vaporizer – HRV): impiega come mezzo di scambio termico un liquido intermedio (generalmente una miscela di acqua e glicole), posto all'interno di un circuito chiuso e preliminarmente riscaldata dai gas di scarico in uscita dalle turbine a gas. Questo fluido, dopo aver riscaldata il GNL, ritorna più freddo nel camino delle turbine per essere nuovamente surriscaldato dai gas di scarico in uscita, riprendendo il circuito;
- vaporizzatori ad aria (Ambient Air Vaporizers – AAV): si tratta di sistemi che impiegano il calore dell'aria ambiente per riscaldare il GNL; in alcuni casi sono equipaggiati con ventilatori per garantire un maggior e più costante flusso (vaporizzatori ad aria forzata FDVA) e/o prevedendo un riscaldamento preliminare dell'aria prima che sia utilizzata.

Le alternative tecnologiche per le strutture di rigassificazione sono costituite, pertanto, dai sistemi che possono essere generalmente definiti a "circuito aperto" (ORV, IFV), in quanto sfruttano nel processo di rigassificazione la differenza di temperatura tra il gas criogenico e l'acqua di mare, ed a "circuito chiuso" (SCV, HRV), che ricavano il calore utile dalla combustione di un'aliquota marginale del GN conferito in impianto (attorno all'1,5 % del gas vaporizzato), con emissioni di CO e NO<sub>x</sub> da parte del bruciatore (contenute da un sistema di riduzione catalitica selettiva nella colonna dei gas di combustione).

I sistemi a circuito chiuso hanno bisogno di minori investimenti iniziali, non richiedendo un impianto di aspirazione e scarico dell'acqua, ma sono soggetti a maggiori costi d'esercizio, legati ai costi energetici ed all'impiego del GNL vaporizzato come combustibile, con conseguenti potenziali impatti legati alle emissioni in atmosfera. In questi sistemi è utilizzata anche la soda caustica (NaOH) per regolare il pH dell'acqua (progressivamente acidificata dal gas di condensa) per neutralizzare l'acqua di combustione in eccesso prima dello scarico nell'impianto idrico, nonché proteggere le tubazioni dalla corrosione. Nei sistemi "aperti", invece, come si vedrà nei capitoli successivi della presente linea guida, i potenziali impatti ambientali in fase di esercizio sono legati agli scarichi in mare delle acque di processo, più fredde (perché hanno ceduto il proprio calore al GNL) e clorate (il cloro è impiegato come agente antivegetativo nelle tubature), rispetto all'acqua di mare prelevata.

Un'alternativa in termini di costi operativi ed aspetti ambientali, sebbene non ancora ingegnerizzata su installazioni a mare, potrebbe essere rappresentata dai vaporizzatori ad "aria ambiente", che non presentano emissioni in atmosfera o in mare paragonabili ai sistemi a ciclo "chiuso" o "aperto". Tali impianti, tuttavia, costituiscono l'opzione più costosa, in quanto essendo l'aria maggiormente sensibile ai cambiamenti delle condizioni climatiche dei luoghi, a parità di efficienza di rigassificazione, richiedono un sistema di vaporizzatori con un maggior numero di elementi e, conseguentemente, maggiori spazi per essere allocati.

## 2.2 TERMINALI ONSHORE

Gli impianti onshore, in genere localizzati nei pressi di grandi aree portuali, sono i più collaudati ed utilizzati, in quanto sono i primi ad essere stati sviluppati e ad essere entrati in produzione. Rappresentano la scelta più economica sebbene richiedano grandi superfici. In Italia, un esempio di terminale di questo tipo è quello di Panigaglia (Snam), nel Golfo della Spezia, comune di Porto Venere. Questa tipologia di installazione, sebbene sia localizzata sulla terraferma, prevede comunque che gli scarichi di processo vengano convogliati in mare.

## 2.3 TERMINALI A MARE DEL TIPO GRAVITY BASED STRUCTURES (GBS)

Le installazioni Gravity Based Structure (GBS) sono strutture a mare fisse paragonabili a delle "isole artificiali", costruite generalmente in cantieri onshore e trasportate nelle zone di destinazione dove sono successivamente fatte adagiare sul fondale marino con l'ausilio di opportune zavorre (solide, come la sabbia o liquide, come l'acqua). La struttura principale, in cemento armato, giace parzialmente sott'acqua, mentre la parte emersa ospita le apparecchiature atte alla ricezione, immagazzinamento e al processo di rigassificazione. Le strutture per l'attracco delle navi metaniere presentano una serie di accorgimenti tecnici che permettono il trasferimento del prodotto in sicurezza, limitando o evitando, durante le operazioni di scarico, i problemi generati dal moto ondoso o da condizioni climatiche avverse, frequenti in mare aperto. Il collegamento tra l'impianto a mare e la rete di distribuzione localizzata sulla costa è garantito da un gasdotto sottomarino. Le strutture GBS presentano tempi di progettazione e realizzazione maggiori e costi superiori sia per la realizzazione che per la dismissione rispetto ad altre tipologie di impianti a mare. Il primo terminale di rigassificazione al mondo di questo tipo è localizzato in Italia, a largo di Porto Viro (RO) in Alto Adriatico (Adriatic LNG).

## 2.4 TERMINALI A MARE DI TIPO GALLEGGIANTE

I terminali di rigassificazione galleggianti costituiscono un'alternativa flessibile ed economica alla costruzione di terminali di ricezione del GNL lungo la costa (onshore) o del tipo GBS. Le installazioni galleggianti possono essere progettate appositamente oppure convertite modificando navi metaniere esistenti. Possono essere costituite da un impianto portuale di acque profonde, il così detto deepwater port facility (noto anche come offshore regassification gateway) con navi metaniere in grado di effettuare la rigassificazione a bordo (GNL Regasification Vessels - GNL-RV), oppure da unità di stoccaggio e rigassificazione flottanti, le così dette Floating Storage and Regasification Units (FSRU), strutture galleggianti ancorate permanentemente al fondo marino, in mare aperto oppure lungo la costa (ad es. attraccate ad un molo), in cui alloggiavano sia i serbatoi per contenere il gas sia l'impianto di rigassificazione.

### 2.4.1 Deepwater port facility e GNL Regassification Vessel (GNL-RV)

Il sistema, costituito da un deepwater port facility e da un GNL Regasification Vessel (GNL-RV), è il precursore delle unità di rigassificazione galleggianti. Si tratta, infatti, di navi metaniere in grado di effettuare la rigassificazione a bordo, potendo la stessa nave fungere sia da vettore che, una volta giunta a destinazione, da impianto di rigassificazione. L'infrastruttura consiste in un sistema di ormeggio e scarico del metano collocato al largo (deepwater port facility), dal quale parte un gasdotto sottomarino per veicolare il prodotto verso terra. L'ormeggio della nave e lo scarico del metano avvengono attraverso un sistema di caricamento a torretta sommersa, costituito da una boa ormeggiata sul fondo del mare, tirata e fissata in un cono di accoppiamento direttamente alla nave, la quale può ruotare liberamente attorno alla stessa, riducendo al minimo il suo trascinarsi e movimento. Esempi di installazioni di questo tipo sono il Gulf Gateway Deepwater Port, localizzato a 116 miglia al largo della Louisiana nel Golfo del Messico, utilizzato tra il 2005 ed il 2012, ed il Neptune Deepwater Port, a 10 miglia dalla costa del Massachusetts, operativo dal 2010.

### 2.4.2 Floating Storage Regassification Unit (FSRU)

Le FSRU sono strutture galleggianti ancorate permanentemente al fondo marino, in mare aperto oppure lungo la costa (ad esempio attraccate ad un molo), nelle quali alloggiavano sia i serbatoi per contenere il gas, sia l'impianto di rigassificazione. La funzione delle unità di stoccaggio e rigassificazione flottanti è simile a quella dei GNL-RV, con la differenza che la struttura galleggiante (nave metaniera opportunamente adattata), è ancorata permanentemente al fondo marino (con sistemi a torretta oppure ad un molo in porto). Ad essa attraccano le metaniere per scaricare il gas liquefatto, successivamente riportato allo stato gassoso a bordo della stessa. Anche in questo caso, un gasdotto sottomarino collega la nave alla terraferma, consentendo di immettere il gas nelle reti nazionali. Le FSRU possono essere progettate e costruite per includere una maggiore capacità di stoccaggio (tra 145.000 m<sup>3</sup> e 350.000 m<sup>3</sup>) rispetto a quella dei GNL-RV, i quali invece hanno le dimensioni di contenimento di un vettore di GNL standard. Le FSRU possono essere ormeggiate permanentemente al largo e disporre di sistemi di posizionamento dinamico a propulsione, unitamente alla presenza di deflettori per le onde, e zavorre per fronteggiare condizioni meteorologiche estreme e incrementare la stabilità delle strutture durante il trasferimento di GNL.

Navi di questo tipo sono, già da qualche anno, in esercizio in Giappone, negli Stati Uniti ed anche in Italia, al largo della costa livornese (OLT), nel porto di Piombino (Snam Rete Gas) e, ad oggi in costruzione, a largo della costa di Ravenna (Snam Rete Gas).

## 2.5 RIGASSIFICATORI AUTORIZZATI IN ITALIA

### 2.5.1 Rigassificatore onshore di Panigaglia (SP)

Il rigassificatore di Panigaglia, della Società Snam S.p.A., è il primo e ad oggi unico terminale di rigassificazione onshore in esercizio in Italia. È stato costruito, alla fine degli anni '70 su un'area

costiera del comune di Porto Venere (SP) nella baia di Panigaglia, all'interno del Golfo della Spezia. Il terminale ha una capacità di rigassificazione giornaliera massima di 17.500 m<sup>3</sup> (3,5 MSm<sup>3</sup> annui) ed utilizza per il processo di rigassificazione quattro vaporizzatori a fiamma sommersa, generata dalla combustione di parte del GN, e fluido intermedio (SCV).

L'acqua di mare, utilizzata nel processo di raffreddamento dell'acqua dolce impiegata nel circuito chiuso di rigassificazione, è prelevata mediante pompe sommerse poste in baia (circa 8,7 milioni di m<sup>3</sup> annui). Gli scarichi idrici costituiti dalle acque reflue industriali e da quelle del sistema di raccolta delle acque meteoriche avvengono in mare, mentre le acque reflue domestiche sono convogliate in fognatura. Alle prime fanno capo le acque provenienti dal sistema di raffreddamento, scaricate in continuo ad una temperatura media di 13,5°C. È previsto un sistema di dosaggio di un biocida per evitare la formazione di concrezioni biologiche all'interno del sistema e un apparato di misurazione ed eventuale correzione del pH con l'aggiunta di sodio alcalino attraverso un sistema automatico di dosaggio. Tutti gli scarichi sono monitorati nel rispetto della normativa vigente (tabella 3 allegato 5 parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.).

Nel corso degli anni, il rigassificatore è stato sottoposto ad una serie di ammodernamenti tecnici e progettuali volti ad aumentare e migliorare la produzione. Recentemente, a giugno 2022 e a febbraio 2023, la Società ha presentato un progetto per modificare ed ampliare l'infrastruttura per le attività di carico e scarico del gas verso autocisterne, isocontainer e navi metaniere di piccola taglia, attivando procedure che si sono concluse con una esclusione, con prescrizioni, dalla VIA.

Per quanto riguarda l'esercizio produttivo, il rigassificatore è sottoposto ad Autorizzazione Integrata Ambientale (AIA), prorogata fino al 2026, dopo l'ultimo riesame, rilasciata dalla Provincia della Spezia, autorità competente al rilascio, rinnovo e riesame dell'autorizzazione.

### 2.5.2 Rigassificatore Adriatic LNG di Porto Viro (RO)

Il rigassificatore di Porto Viro, con dimensioni di 375 metri di lunghezza e 115 metri di larghezza, rappresenta il primo terminale al mondo di tipo Gravity Based Structure (GBS), costituito da una struttura in cemento armato poggiata sul fondale marino, ad una profondità di circa 29 metri. Il terminale, gestito dalla Società Adriatic LNG, ubicato nel nord Adriatico, ad una distanza di circa 15 km al largo della località di Porto Viro, in provincia di Rovigo, entrato in servizio nel 2009, sviluppa una capacità annua ad oggi autorizzata per 9,6 miliardi di Sm<sup>3</sup>/anno di gas (Determina MASE prot. n. 21377 del 15/02/2023). Il GN è inviato alla rete nazionale attraverso un gasdotto di circa 40 km, costituito da due tratti principali: uno offshore di circa 15 km, cui segue un tratto onshore di circa 25 km. Per evitare interferenze con la linea di costa, il progetto ha previsto che per la posa del gasdotto venisse utilizzata la tecnica della trivellazione orizzontale controllata (TOC).

Il sistema di vaporizzazione è a "ciclo aperto" con impiego di acqua di mare e scarico delle acque di processo in mare. Il delta termico medio annuo tra acqua prelevata e acqua scaricata è pari a -4,6 °C, in accordo a quanto previsto dal progetto autorizzato. L'acqua di mare da utilizzare per la rigassificazione viene prelevata in corrispondenza di 4 prese localizzate sulla parete Ovest del GBS alla quota di circa 16 m rispetto al fondale. All'interno della struttura l'acqua di mare a valle del processo di rigassificazione, con un salto verticale a cascata di circa 25 m, viene convogliata ad un

compartimento di scarico, nel quale confluiscono anche gli ulteriori scarichi ad eccezione dei reflui civili, trasportati periodicamente a terra. Lo scarico a mare avviene in continuo con portata massima pari a 29.000 m<sup>3</sup>/h, attraverso tre bocche di uscita poste sul fronte Sud del GBS a una profondità pari a circa 15 m rispetto al fondo del mare.

Al fine di prevenire la crescita e la proliferazione di biofouling nei sistemi di circolazione dell'acqua di mare è prevista l'iniezione di ipoclorito di sodio nei bacini di presa. Questa sostanza è autoprodotta per elettroclorazione dell'acqua di mare grazie ad un sistema dedicato. La concentrazione di cloro allo scarico rispetta il limite di concentrazione pari a 0,2 mg/l in conformità ai requisiti di norma (Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., Decreti VIA e AIA di autorizzazione).

Il terminale è stato sottoposto a procedura di VIA ed AIA e, pertanto, sono stati progettati dal proponente ed autorizzati dalle Autorità Competenti, rispettivamente il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) ed il Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC).

In particolare, in ottemperanza ai Decreti VIA, è prevista l'esecuzione di un piano di monitoraggio a mare che coinvolge l'area offshore del terminale e del gasdotto e le aree della zona umida della Laguna Vallona e della Valle Bagliona attraversate dalla condotta.

### 2.5.3 Rigassificatore FSRU Toscana (OLT Offshore LNG Toscana)

Il rigassificatore "FSRU Toscana", con dimensioni di circa 288 metri di lunghezza e 48 metri di larghezza, è localizzato a circa 23 km al largo delle coste toscane tra Livorno e Pisa. È ancorato al fondale marino, ad una profondità di 120 m, attraverso un sistema di ormeggio di tipo "single mooring point" a torretta che gli permette di ruotare liberamente attorno all'asse della stessa, orientandosi in funzione della corrente prevalente. Ad oggi il terminale è stato autorizzato per una capacità di rigassificazione massima annua pari a 5 miliardi di Sm<sup>3</sup>/anno di gas. Il terminale di rigassificazione, realizzato da OLT Offshore LNG Toscana, è collegato ad un gasdotto di lunghezza complessiva di circa 36 km, in prevalenza a mare (29 km), per l'immissione del GN nella rete nazionale. Il progetto ha previsto per la posa del gasdotto in corrispondenza dell'attraversamento della linea di costa l'utilizzo della tecnologia del microtunnel per evitare eventuali interferenze. Il rigassificatore è entrato in esercizio nel 2013.

Il sistema di vaporizzazione è a "ciclo aperto", il GNL viene vaporizzato mediante tre vaporizzatori a fluido intermedio (IFV), che usano l'acqua di mare come fonte di calore ed il propano come fluido riscaldante intermedio. L'acqua di mare utilizzata per la rigassificazione viene prelevata nella parte inferiore dello scafo a poppa, e successivamente, dopo il processo di vaporizzazione, raccolta in un collettore comune e scaricata in mare a prua del terminale, ad una profondità di -12 m. La portata massima allo scarico è pari a 10.800 m<sup>3</sup>/h, con un delta termico ad oggi autorizzato pari a -9°C, in accordo con l'ultimo provvedimento rilasciato dal MASE nel dicembre 2022 (D.M. 450/2022). Ulteriori scarichi, di portata inferiore, posizionati a poppa della nave, sono caratterizzati invece da un delta termico positivo, ossia la temperatura dell'acqua in uscita è maggiore rispetto alla temperatura dell'ambiente marino circostante.

Per inibire la crescita e la proliferazione di microrganismi marini incrostanti, nel sistema di circolazione dell'acqua di mare è prevista l'iniezione di ipoclorito di sodio, autoprodotta mediante elettroclorazione

dell'acqua di mare, che garantisce un tenore di cloro attivo libero nelle acque scaricate pari a 0,05 mg/l, inferiore ai requisiti di norma (0,2 mg/l come da Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., Decreti VIA e AIA di autorizzazione).

Il terminale è stato soggetto a procedura di VIA ed AIA e, pertanto, sono stati progettati dal proponente ed autorizzati dalle Autorità Competenti rispettivamente il Piano di Monitoraggio Ambientale (PMA) ed il Piano di Monitoraggio e Controllo (PMC).

In particolare, in ottemperanza ai decreti VIA, è prevista l'esecuzione di un piano di monitoraggio a mare che coinvolge sia l'area del terminale FSRU sia l'area del tracciato del gasdotto.

#### 2.5.4 Rigassificatore FSRU di Piombino (LI)

Il rigassificatore di Piombino, di proprietà della SNAM FSRU Italia, è entrato in fase di esercizio a luglio 2023 e, in base all'Autorizzazione Commissariale, rimarrà operativo nel porto per tre anni. È costituito da una unità navale (circa 292 metri di lunghezza e di 43 metri di larghezza) ormeggiata in corrispondenza della banchina Est della darsena Nord del porto. La profondità del fondale nel punto di ancoraggio della FRSU è di -20 m. Questo sistema prevede una capacità di rigassificazione annuale di 5 miliardi di Sm<sup>3</sup>/anno di gas. Un gasdotto di circa 9 km ne assicura il collegamento alla rete nazionale. Il progetto ha previsto che la posa del gasdotto nel breve tratto di mare (circa 1300 m) antistante la banchina, fosse realizzato con tecnologia "trenchless", mediante una trivellazione orizzontale controllata (TOC), consentendo di superare il tratto a mare interposto tra la banchina e la costa ed evitando ogni interazione con l'area marina.

Il sistema di rigassificazione è a "ciclo aperto" con impiego di acqua di mare come fluido di riscaldamento. Per effettuare il processo di rigassificazione è prevista una portata massima di acqua di mare pari a circa 18.000 m<sup>3</sup>/h. La bocca di presa dell'acqua di mare è posizionata a -8 metri mentre quella di scarico dopo il processo di rigassificazione a -3 metri, entrambe localizzate a prua della FSRU. Lo scarico delle acque di scambio termico comporta un gradiente termico massimo dell'acqua di mare tra ingresso e uscita pari a -7 °C. La FSRU è dotata di un sistema di trattamento dell'acqua di mare, volto ad inibire la formazione della crescita vegetativa all'interno del circuito, che sfrutta il principio dell'elettrolisi dell'acqua di mare per produrre, direttamente a bordo, ipoclorito di sodio e idrogeno. L'ipoclorito di sodio prodotto dal sistema viene poi iniettato nel circuito. Il quantitativo di cloro allo scarico è al di sotto del limite di 0,2 mg/l, indicato dalla normativa vigente (Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.).

A seguito della concessione dell'Autorizzazione Unica da parte del Commissario Straordinario di Governo, il proponente deve elaborare ed attuare uno specifico piano di monitoraggio ambientale.

Come previsto in fase di autorizzazione, l'unità FSRU, trascorsi tre anni di esercizio nel porto di Piombino, dovrà essere trasferita in un'area offshore, che ad oggi è stata individuata a largo delle coste di Vado Ligure.

#### 2.5.5 Rigassificatore FSRU di Ravenna (RA)

Il rigassificatore di Ravenna, di proprietà della SNAM FSRU Italia, che dovrebbe entrare in esercizio a

gennaio 2025, prevede l'ormeggio della FSRU in corrispondenza dell'esistente piattaforma offshore Petra, ad oggi inattiva, posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina (Ravenna). La FSRU, di dimensioni pari a 292,5 metri di lunghezza e 43,4 metri di larghezza, sarà connessa alla rete gasdotti esistente tramite una nuova condotta della lunghezza di circa 42 km, di cui 8,5 km a mare. L'approdo costiero del gasdotto è previsto tramite l'utilizzo della tecnologia "trenchless", in particolare tramite la realizzazione di un microtunnel. Tale soluzione tecnica permette di attraversare la linea di costa senza lo scavo di una trincea.

L'FSRU potrà assicurare un flusso annuo di almeno 5 miliardi di Sm<sup>3</sup>/anno di gas nella rete nazionale. Il sistema di rigassificazione sarà a "ciclo aperto" con impiego di acqua di mare come fluido di riscaldamento del GNL e con lo scarico in mare delle acque di processo. Secondo quanto riportato nella documentazione di progetto, il punto di presa sarà posizionato a -8 metri, mentre il punto di scarico a -3,3 metri di profondità. La portata dell'impianto è di 18.000 m<sup>3</sup>/sec (circa 5 m<sup>3</sup>/s) e la variazione di temperatura dell'acqua di mare tra il punto di presa e quello di scarico sarà di -7°C.

La FSRU è dotata di un sistema di trattamento dell'acqua di mare, volto ad inibire la formazione della crescita vegetativa all'interno del circuito di acqua di riscaldamento. Il sistema sfrutta il principio dell'elettrolisi dell'acqua di mare per produrre, direttamente a bordo, ipoclorito di sodio e idrogeno. Il quantitativo di cloro allo scarico è al di sotto del limite di 0,2 mg/l, indicato dalla normativa vigente (Allegato 5 alla parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.).

A seguito della concessione dell'Autorizzazione Unica da parte del Commissario Straordinario di Governo, il proponente deve progettare ed attuare uno specifico piano di monitoraggio ambientale.

## 2.6 CENNI SU ALCUNE UNITÀ DI RIGASSIFICAZIONE NEL MONDO

Ad oggi, nel mondo, sono operative 186 strutture di rigassificazione, delle quali localizzate a mare 49 di tipo FSRU e una sola di tipo GBS (presente in Italia), così ripartite geograficamente: 17 nel continente europeo, 7 in Medio Oriente, 2 in Africa, 12 in Asia e 12 nel continente americano. Delle strutture in esercizio, 10 hanno avviato operazioni di rigassificazione nel triennio 2020-2022 e 6 prevedono il 2023 come anno di start-up della produzione (fonte Gas Infrastructure Europe-GIE, 2023, LNG Database; International Group of Liquefied Natural Gas Importers-GIIGNL - the LNG Industry, Annual Report, 2023). Fra le varie Nazioni si ha la seguente ripartizione degli impianti FSRU: Italia (2), ai quali si aggiungerà il rigassificatore di Ravenna nel 2024, Germania (3), Grecia (1), Croazia (1), Lituania (1), Finlandia (1), Paesi Bassi (1), Malta (1), Turchia (3), Russia (1), Argentina (2), Brasile (6), Colombia (1), El Salvador (1), Giamaica (1), Stati Uniti (1), Bangladesh (2), Cina (1), Indonesia (6), Malesia (1), Myanmar (1), Pakistan (2), Emirati Arabi (2), Giordania (1), Israele (1), Egitto (1), Bahrein (1), Kuwait (1).

Dal punto di vista della regolamentazione internazionale, è complesso identificare un unico iter autorizzativo dei nuovi terminali di rigassificazione, in quanto spesso a livello extraeuropeo non si prevede un singolo atto di valutazione d'impatto ambientale, bensì una compliance a diversi atti normativi e procedurali presso varie Agenzie autorizzative. Prendendo ad esempio gli Stati Uniti, l'Energy Policy Act del 2005 stabilisce che debba essere la Federal Energy Regulatory Commission a supervisionare l'approvazione dei progetti LNG. È altresì prevista la richiesta di autorizzazione presso

altre istituzioni statali, come Environmental Protection Agency – EPA per verificare l'ottemperanza al Clean Air Act ed al Clean Water Act. Per il caso specifico dei terminali di rigassificazione a mare, l'approvazione del progetto passa alla supervisione della USCG, ossia la guardia costiera americana. Questo modello di struttura autorizzativa è stato adottato da gran parte degli stati presenti nel continente americano e nel sud-est asiatico, con l'istituzione di una commissione preposta unicamente alla supervisione dei progetti legati all'approvvigionamento energetico.

Dei terminali FSRU attualmente in esercizio in Europa, quelli che presentano informazioni dettagliate sul monitoraggio ambientale, disponibili al pubblico, oltre a quelli in Italia, sono due: il terminale "Independence" in Lituania e il terminale "Krk Island" in Croazia, rispettivamente operativi dal 2014 e dal 2021. Gli altri non presentano informazioni consultabili relative al monitoraggio ambientale. I terminali "Inkoo" in Finlandia, "Brunsbuttel", "Lubmin", "Wilhelmshaven" in Germania hanno previsto il 2023 come anno di start-up, mentre i terminali "Revithoussa" in Grecia e "Eemshaven" nei Paesi Bassi hanno iniziato le operazioni nel 2022 e non presentano ancora dati di monitoraggio disponibili. Dei restanti terminali "Delimara" a Malta operativo dal 2017, "Kalingrad" in Russia operativo dal 2019 e i tre terminali presenti in Turchia non sono al momento disponibili dati di monitoraggio.

### 2.6.1 Terminale FSRU "Independence" - Lituania

Il terminale "Independence" è sito presso il porto di Klaipėda nella laguna dei Curi sull'isola di Kiaulės Nugala in Lituania ed è gestito da KN (Klaipėdos nafta AB); si tratta di un rigassificatore di tipo FSRU operativo dal 2014, costituito da un'area di ricezione (sistemi di attracco delle metaniere e scarico del prodotto) e da un'area di stoccaggio di quattro serbatoi, con capacità di rigassificazione giornaliera massima di 460.000 m<sup>3</sup> (4 miliardi di m<sup>3</sup> annui). Il monitoraggio ambientale dell'opera segue la Direttiva 2014/52/UE. A seguito del procedimento di valutazione d'impatto ambientale (definito localmente come PAV - Planuojamos Aplinkai Vertinimas), sono pubblicamente presentati i risultati del monitoraggio dal 2021 al 2023. Il monitoraggio ambientale marino (Sustainability Report, 2022) previsto per l'opera si concentra su parametri chimico-fisici, microbiologici ed ecotossicologici della colonna d'acqua.

### 2.6.2 Terminale FSRU "Krk Island" - Croazia

Il terminale "Krk Island" sito presso il porto di Omišalj dell'Isola di Krk, Croazia e gestito da Hrvatska d.o.o., è un rigassificatore di tipo FSRU operativo dal 2021, ed è costituito da un'area di ricezione (sistemi di attracco delle metaniere e scarico del prodotto) e da un'area di stoccaggio di quattro serbatoi, con capacità di rigassificazione giornaliera massima di 300.000 m<sup>3</sup> (2,60 miliardi di m<sup>3</sup> annui). Il processo di rigassificazione è di tipo a circuito chiuso, mediante l'uso di glicole come fluido intermedio. Il monitoraggio ambientale dell'opera segue la Direttiva 2014/52/UE. A seguito del procedimento di valutazione d'impatto ambientale (definito localmente come PUO - Procjene Utjecaja na Okoliš), sono pubblicamente presentati i risultati del monitoraggio dal 2019 al 2022. Il monitoraggio ambientale marino (Annual report on environmental monitoring, 2022) previsto per l'opera si concentra su parametri chimico-fisici, microbiologici ed ecotossicologici della colonna d'acqua e del sediment, e su parametri biologici (inquinanti nel biota e stato degli ecosistemi marini presenti nell'area).

## CAPITOLO 3. PRESSIONI E POTENZIALI IMPATTI SULL'AMBIENTE MARINO

L'individuazione delle pressioni e l'analisi dei potenziali impatti sull'ambiente marino sono strettamente correlate alle caratteristiche del progetto ed allo specifico contesto ambientale in cui l'impianto viene realizzato. Inoltre, la tipologia dell'impianto di rigassificazione determina una differente interazione con l'ambiente marino, sia nella fase di installazione sia nella fase di esercizio.

Nelle presenti Linee Guida saranno presi in esame i rigassificatori offshore e i gasdotti sottomarini di collegamento con la terraferma per il trasporto del gas naturale.

Tali infrastrutture, per la loro complessità, necessitano di un'attenta analisi e controllo dei potenziali impatti sull'ecosistema marino attraverso la predisposizione ed attuazione di uno specifico piano di monitoraggio ambientale. Andranno, pertanto, monitorati e controllati i potenziali impatti sulle componenti fisico-chimiche e biologiche delle aree coinvolte dalla messa in opera del rigassificatore e del gasdotto e di tutte le opere connesse, nonché gli effetti delle emissioni idriche a mare, principalmente gli scarichi delle acque di processo, durante la fase di esercizio. È da tenere in considerazione, inoltre, il rumore sottomarino prodotto sia in fase di realizzazione sia in fase di esercizio delle opere, che potrebbe originare interferenze negative su mammiferi, rettili e specie ittiche marine presenti nelle vicinanze dell'area di progetto. Anche l'incremento del traffico marittimo legato al transito di mezzi navali a supporto delle attività di cantiere e di esercizio potrebbe determinare impatti associati al rumore indotto dal loro passaggio oltre al possibile rilascio di contaminanti.

Di seguito, in particolare, vengono descritti le principali pressioni ed i possibili impatti relativi alla messa in posa ed all'esercizio delle strutture di tipo FSRU e GBS che, ad oggi, in Italia rappresentano le uniche tipologie di impianti di rigassificazione a mare.

### 3.1 MESSA IN OPERA DEL RIGASSIFICATORE GNL

La messa in posa dei rigassificatori risulta essere diversificata in relazione alla tipologia degli impianti FSRU e GBS, e pertanto questi verranno di seguito trattati separatamente.

#### 3.1.1 Terminali di rigassificazione FSRU

La nave metaniera, opportunamente modificata per ospitare l'impianto di rigassificazione, viene trasportata via mare nel luogo di posizionamento definitivo. Il posizionamento della FSRU può avvenire tramite collegamento a banchine o al fondale marino con un sistema di ancoraggio precedentemente realizzato. Nel caso di ancoraggio, la pressione sull'ambiente marino consiste principalmente nell'interazione delle ancore e delle relative catene di ormeggio con il fondale marino, che comporta possibili impatti correlati alla movimentazione dei sedimenti marini. In tale situazione sarà, pertanto, necessario valutare l'entità della potenziale risospensione e del trasporto dei sedimenti durante le operazioni di cantiere, anche sulla base delle caratteristiche granulometriche sito specifiche. Inoltre, laddove siano stati rilevati livelli di attenzione di contaminanti nei sedimenti marini in fase ante operam

del monitoraggio, sarà necessario studiarne il rilascio nell'ambiente circostante, dovuto alla risospensione e alla dispersione del particolato nella colonna d'acqua, anche attraverso uno studio del regime idrodinamico dell'area. Qualora in prossimità dell'area di intervento siano presenti allevamenti di bivalvi e/o di specie ittiche, o ambienti sensibili, quali ad esempio praterie di fanerogame marine, aree a fondi duri, banchi naturali di bivalvi, dovrà essere previsto l'utilizzo di uno specifico modello di dispersione per valutare l'estensione dell'area di potenziale impatto. Sebbene le operazioni di ancoraggio vengano realizzate in un periodo di tempo limitato, potrebbero anche determinare modifiche delle biocenosi del fondale interessato nonché variazioni morfologiche legate allo sfregamento del sistema di ormeggio sul fondale. Alcuni progetti, inoltre, possono prevedere la messa in opera di strutture accessorie (ad es. briccole di ormeggio, dighe frangiflutti) con possibile movimentazione dei fondali e pertanto anche in tal caso dovranno essere previste indagini specifiche per la valutazione degli impatti.

### 3.1.2 Terminale di rigassificazione GBS

Il terminale di rigassificazione GBS consiste in una struttura in calcestruzzo armato, costruita in appositi cantieri navali, trasportata via mare per galleggiamento nel luogo di posizionamento definitivo mediante rimorchiatori ed appoggiata sul fondale marino.

L'installazione richiede operazioni di affondamento della struttura, che si realizza attraverso una preliminare immissione di acqua di mare necessaria a farla appoggiare sul fondo (zavorramento provvisorio) ed una successiva immissione di una miscela di materiale solido misto ad acqua di mare, pompata nei comparti della struttura (zavorramento definitivo). Questa miscela, sedimentando, deve fornire il peso necessario all'affondamento ed al mantenimento della posizione stabilita nel sito di posa. Le acque utilizzate durante il processo di zavorramento sono reimmesse quindi nell'ambiente marino, a seguito di filtrazione. Le caratteristiche granulometriche del materiale solido impiegato nello zavorramento risultano fondamentali, sia per gli aspetti tecnici legati al processo di sedimentazione ed alla stabilità della struttura sottoposta a sollecitazioni indotte dalle forzanti marine (onde e correnti), sia per gli aspetti ambientali. Infatti, per quest'ultimo aspetto, si deve considerare che la presenza di un'eventuale percentuale di frazione fine nelle acque di zavorramento reimmesse in mare potrebbe provocare, impatti sul sistema marino conseguenti alla dispersione del materiale ed all'aumento della torbidità. Particolare attenzione, inoltre, dovrà essere posta nella valutazione della qualità del materiale impiegato, per evitare la potenziale diffusione di sostanze inquinanti. In fase di zavorramento si potranno, quindi, valutare eventuali interventi di mitigazione al fine di minimizzare la dispersione del materiale di zavorramento.

Un altro impatto dovuto al posizionamento della struttura è quello indotto sul fondale interessato, che subisce variazioni morfologiche, a causa dell'occupazione di una porzione del substrato da parte della struttura stessa. Inoltre, la presenza della struttura sul fondale potrebbe determinare modifiche del regime idrodinamico e, pertanto, si ritiene utile una valutazione delle eventuali modifiche indotte dalle condizioni dinamiche delle masse d'acqua, attraverso opportuni rilievi correntometrici. Sempre sul fondale interessato dal posizionamento dell'opera, si determinerà, inevitabilmente, una perdita delle biocenosi bentoniche eventualmente presenti ed una possibile alterazione e/o cambiamento di quelle

adiacenti. La presenza di una struttura rigida potrebbe però anche determinare, altresì, un'area di attecchimento o di attrazione per le specie bentoniche e nectoniche.

Per questa tipologia di rigassificatori è necessario, pertanto, effettuare un monitoraggio focalizzato sulla eventuale variazione di torbidità durante le attività di zavorramento, anche applicando uno specifico modello di dispersione con particolare attenzione ai possibili impatti indotti sugli allevamenti di bivalvi e/o di specie ittiche, o ambienti sensibili, quali ad esempio, praterie di fanerogame marine, aree a fondi duri, banchi naturali di bivalvi eventualmente presenti in prossimità del GBS.

Alcuni progetti, inoltre, possono prevedere la messa in opera di strutture accessorie (ad es. briccole di ormeggio, dighe frangiflutti) con possibile movimentazione dei fondali e pertanto anche in tal caso dovranno essere previste indagini specifiche per la valutazione degli impatti.

### 3.2 FASE DI ESERCIZIO DEL RIGASSIFICATORE

Quando il rigassificatore entra in esercizio, si ha l'avvio della fase di produzione di GN (processo di rigassificazione) ed il successivo invio di gas alla rete nazionale tramite una condotta sottomarina che collega il terminale alla stazione di distribuzione. Affinché il processo di rigassificazione si realizzi, è previsto l'utilizzo di acqua marina, che cede calore al gas criogenico liquefatto, per riportarlo nella fase gassosa. L'acqua utilizzata nel circuito viene successivamente reimpressa in mare, dopo aver subito variazioni di temperatura e di pressione nel percorso all'interno dell'impianto e dopo essere stata trattata con agenti antivegetativi. Al fine di limitare i potenziali impatti negativi sulla componente biotica dell'ambiente marino, la temperatura dello scarico deve mantenersi all'interno di un determinato range termico rispetto a quella del corpo recettore, così come prescritto dai decreti autorizzativi VIA specifici per ciascuna opera; analogamente, la concentrazione di cloro attivo, utilizzato come agente antivegetativo, deve rispettare allo scarico i limiti previsti dalla norma.

In relazione alla profondità di scarico e alla circolazione locale prevalente, infatti, lo scarico di acqua con un delta termico negativo può influire sulle condizioni di mescolamento, con un eventuale scambio tra masse d'acqua diversamente ricche dal punto di vista trofico, che potrebbe avere ripercussioni sulla componente planctonica in prossimità del rigassificatore in termini di produttività, di biomassa disponibile e di biodiversità. Tale potenziale variazione della comunità planctonica, a sua volta, potrebbe avere conseguenze a lungo termine sui livelli superiori della rete trofica pelagica del bacino interessato, in particolar modo sulla fauna ittica.

Inoltre, come detto, l'acqua impiegata nell'impianto viene sottoposta ad un trattamento di disinfezione, generalmente mediante l'utilizzo di ipoclorito di sodio (NaClO) per contrastare il fenomeno di attecchimento di organismi marini nei circuiti dell'impianto. Nella maggior parte dei casi tale sostanza è prodotta direttamente a bordo del terminale, per elettroclorazione dell'acqua di mare, a seguito del suo passaggio attraverso celle elettrochimiche, alle quali è applicata una differenza di potenziale. L'ipoclorito di sodio viene miscelato in basse percentuali, a seconda della stagionalità, all'acqua di mare nel circuito di raffreddamento. La vigente normativa nazionale stabilisce in 0,2 mg/l il limite di concentrazione del cloro residuo libero consentito nell'acqua di scarico dell'impianto (Tabella 3, Allegato 5, Parte terza del D.Lgs. 152/2006). Tale elemento deve essere monitorato con particolare attenzione in quanto può dare origine a composti alogenoderivati (essenzialmente bromurati), come i

trialometani (principalmente bromoformio), gli acidi aloacetici, gli aloacetonitrili, gli alofenoli; può, inoltre, legarsi allo ione ammonio formando clorammine. Alcuni di questi composti rientrano tra le "sostanze prioritarie", come definite dal D.Lgs. 152/2006 (Allegato III, parte III), in quanto tossiche, persistenti e mutagene per gli organismi viventi (infatti hanno la tendenza ad accumularsi nei lipidi e vengono trasmesse lungo la catena alimentare). La loro presenza può essere riscontrata a breve termine nella colonna d'acqua interessata dal flusso di scarico, e anche a lungo termine, nei sedimenti e nel biota (notoriamente matrici più conservative).

Un effetto conseguente al rilascio di cospicui quantitativi di acqua di processo è la possibile mobilitazione dei sedimenti del fondale determinata dal flusso in uscita che può manifestarsi in particolare quando la posizione dello scarico risulta molto prossima al fondo. L'entità dell'impatto eventualmente prodotto sarà in funzione di varie caratteristiche dello scarico quali posizione, quota rispetto al fondo, portata del flusso, orientamento del getto (orizzontale o verticale) e delle caratteristiche dell'ambiente marino recettore. La risospensione dal fondo, a seconda delle caratteristiche granulometriche e chimico-fisiche dei sedimenti, potrebbe determinare un aumento di torbidità e la potenziale messa in circolo di inquinanti nella colonna d'acqua.

In sintesi, il monitoraggio in fase di esercizio dovrà essere principalmente finalizzato ad individuare gli eventuali impatti ascrivibili allo scarico in ambiente marino delle acque di scambio termico, che generalmente rappresentano il quantitativo più consistente rispetto ad ulteriori scarichi. Anche gli ulteriori scarichi, prodotti dal rigassificatore, quali i reflui di origine civile (laddove non trasportati a terra), le acque provenienti dai sistemi antiincendio, le acque meteoriche di raccolta potenzialmente contaminate da idrocarburi, le acque di zavorra (nel caso di FSRU), potrebbero produrre eventuali impatti sull'ambiente marino e pertanto dovranno essere monitorati caso per caso, selezionando opportunamente le matrici e i parametri da analizzare per una valutazione di tutti i potenziali impatti determinabili dall'insieme delle attività di processo.

Un altro fenomeno da considerare nei vaporizzatori "a circuito aperto" è rappresentato dalla possibile formazione di schiume, fenomeno che si può manifestare in particolari condizioni di trofia delle acque, in corrispondenza dello scarico in mare delle acque fredde e clorate. Tale fenomeno sembrerebbe correlato al disfacimento dei microorganismi naturalmente presenti nell'acqua di mare prelevata, sottoposti a stress meccanico e shock termico durante il processo di rigassificazione stesso, in relazione alle condizioni meteo climatiche e trofiche locali. In considerazione delle caratteristiche dell'ambiente recettore e delle caratteristiche fisico-chimiche ed ecotossicologiche delle schiume, dovrà essere elaborato, caso per caso, uno specifico piano di monitoraggio dei possibili effetti sull'ambiente e valutata l'applicazione di idonee misure di mitigazione.

### 3.3 POSIZIONAMENTO DI GASDOTTI SOTTOMARINI DI COLLEGAMENTO DEI RIGASSIFICATORI CON LA TERRAFERMA

Un gasdotto realizzato per il trasporto a terra del gas naturale può essere appoggiato sul fondale marino oppure può essere posizionato all'interno di una trincea precedentemente scavata e poi ricoperto con il sedimento movimentato per la sua protezione da agenti esterni. In entrambi i casi il gasdotto dovrà attraversare la linea di costa per il collegamento con le infrastrutture a terra.

Quest'ultima operazione, se le caratteristiche geologiche e geotecniche lo consentono, avviene tramite metodologie "trenchless", che permettono l'attraversamento della fascia costiera in profondità evitando così la realizzazione di trincee a cielo aperto lungo gli arenili. L'impiego di tali tecnologie potrebbe comportare la perdita di parte del fluido di perforazione utilizzato per le operazioni di escavo o/e del sedimento stesso movimentato. La movimentazione del fondale per l'interramento del gasdotto potrebbe comportare, in funzione della granulometria del substrato e delle tecniche di posa utilizzate, la risospensione dei sedimenti con un conseguente aumento della torbidità ed un possibile rilascio di sostanze inquinanti, se presenti, lungo la colonna d'acqua. Il progetto potrà prevedere anche la messa in posa di cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione, quali cavi a fibre ottiche o cavi elettrici, con possibili analoghi impatti.

Pertanto, il monitoraggio dovrà prevedere indagini sulla colonna d'acqua e sui sedimenti. Inoltre, qualora sia verificata la vicinanza di impianti di allevamento di bivalvi e/o di specie ittiche, o di ambienti sensibili, quali ad esempio praterie di fanerogame marine, aree a fondi duri, banchi naturali di bivalvi, dovrà essere valutata la necessità di prevedere specifiche indagini per valutare un loro potenziale interessamento, anche applicando modelli previsionali di dispersione.

Nel caso di gasdotti interrati, la movimentazione dei sedimenti in fase di escavo comporterà la conseguente sottrazione e/o modificazione delle biocenosi bentoniche eventualmente presenti lungo il tracciato unitamente all'alterazione morfologica del fondale. La defaunazione del fondale movimentato, dovrebbe gradualmente ridursi con il ripristinarsi delle condizioni iniziali grazie alla progressiva ricolonizzazione del sedimento, mentre il ripristino delle caratteristiche morfologiche del fondale dipenderà dalla natura del fondale e dalla profondità.

In aggiunta, laddove non sia possibile evitare l'interferenza del gasdotto con gli habitat sensibili o di pregio, quali ad esempio le fanerogame marine e i fondi a coralligeno, sarà necessario prevedere eventuali interventi di compensazione, come ad esempio le operazioni di trapianto. Tali interferenze dovranno essere evitate o minimizzate con un'adeguata scelta del tracciato, che rappresenta la prima azione di mitigazione dell'opera che deve essere attuata sin dalle prime fasi della progettazione.

## CAPITOLO 4. PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO

Nella realizzazione e nell'esercizio dei terminali di rigassificazione GNL e dei gasdotti di collegamento connessi, il monitoraggio marino ha come obiettivo specifico la valutazione degli impatti potenziali precedentemente individuati nello Studio di Impatto Ambientale (SIA) sull'ecosistema marino e della loro evoluzione nel tempo.

Il Piano di Monitoraggio Ambientale marino per i terminali di rigassificazione e le opere connesse dovrebbe prevedere le seguenti fasi di indagine, in relazione alle diverse tempistiche delle attività progettuali:

- *fase ante operam* (bianco temporale), da eseguire prima dell'installazione delle strutture;
- *fase di cantiere*, da eseguire durante la posa delle strutture;
- *fase di esercizio*, da eseguire durante l'attività di produzione del gas e del suo trasporto a terra. Tale fase comprende sia il monitoraggio per verificare l'evoluzione temporale degli eventuali effetti determinati dalla posa delle strutture sia il monitoraggio per valutare i possibili impatti connessi all'operatività del rigassificatore, in particolare, quelli connessi allo scarico in mare delle acque di scambio termico.

Per valutare correttamente l'impatto che le diverse attività possono determinare sull'ambiente marino, è importante conoscerne le caratteristiche ambientali prima dell'installazione delle infrastrutture (fase ante operam). Questi dati ed informazioni saranno un riferimento necessario per il confronto con i risultati ottenuti durante le fasi successive (fase di cantiere e di esercizio) e consentiranno di valutare l'insorgenza e l'evoluzione di eventuali alterazioni nell'ecosistema marino dovute alla realizzazione del progetto.

È necessario seguire un approccio multidisciplinare che preveda l'applicazione integrata di diverse tipologie di indagini ambientali che possano contribuire a fornire elementi di valutazione per la verifica degli eventuali impatti prodotti dalle opere sulla colonna d'acqua, sui sedimenti e sul biota.

Un corretto piano di monitoraggio dovrà considerare i seguenti aspetti:

- definizione dei comparti (matrici) e delle indagini ambientali;
- localizzazione delle aree di indagine e definizione delle stazioni di monitoraggio;
- individuazione dei parametri descrittivi;
- frequenza delle attività di monitoraggio;
- valutazione dei risultati.

L'individuazione delle aree coinvolte dal progetto ed il posizionamento delle stazioni di indagine dovrà tenere conto della potenziale estensione dell'impatto dell'opera (con riferimento a quanto individuato nel SIA), nonché delle caratteristiche e della variabilità dell'ambiente marino interessato. In considerazione della tipologia della struttura da realizzare, il disegno di campionamento potrà essere di tipo "areale" nel caso di terminali di rigassificazione e di tipo "lineare" nel caso dei gasdotti. Inoltre, nell'ambito del disegno di campionamento, andranno sempre individuati uno o più siti di controllo (bianco spaziale), sufficientemente distanti dall'area potenzialmente impattata, ma con caratteristiche ambientali simili, da investigare per tutto il corso del monitoraggio al fine di poter interpretare al meglio

la variabilità dei risultati e avere condizioni ambientali di confronto. Laddove non fosse possibile eseguire le indagini nella fase ante operam (nel caso, ad esempio, in cui le strutture fossero già presenti nel sito), il bianco spaziale potrà essere utilizzato come riferimento e confronto nella valutazione dei dati acquisiti nel corso del monitoraggio in sostituzione del bianco temporale. Per quanto riguarda i parametri da investigare, oltre a quelli specifici selezionati in base alla tipologia di impatto individuato nel SIA, dovranno essere monitorati i parametri descrittori delle caratteristiche generali dell'ambiente marino in cui è localizzata l'opera. La frequenza e la durata del monitoraggio dovranno essere stabilite in relazione al parametro ed alla fase progettuale, per permettere di discriminare, il più possibile, le eventuali alterazioni riconducibili all'opera rispetto alla naturale variabilità dei parametri ambientali. Il monitoraggio nella fase ante operam dovrà avere un'estensione temporale adeguata ed una frequenza specifica per ciascuna matrice e parametro tali da consentire una caratterizzazione sito-specifica sufficientemente robusta. La frequenza e la programmazione del monitoraggio nella fase in corso d'opera dovranno tenere in considerazione il cronoprogramma delle attività di cantiere. La fase di esercizio dovrà coprire un intervallo temporale sufficientemente lungo da permettere di verificare (o escludere) eventuali alterazioni ambientali nel breve e nel lungo termine connesse alle precedenti attività di cantiere e alle successive attività di esercizio.

Alla luce di quanto sin qui sinteticamente esposto, queste Linee Guida intendono fornire indirizzi tecnico-scientifici per la progettazione di un Piano di Monitoraggio Ambientale marino finalizzato alla verifica degli impatti connessi alla realizzazione ed all'esercizio di rigassificatori GNL. Il Piano di Monitoraggio Ambientale marino descritto nelle presenti Linee guida è stato elaborato tenendo anche in considerazione le indicazioni generali contenute nel documento Linee guida per la predisposizione del Progetto di Monitoraggio Ambientale delle opere soggette a procedure di VIA (MITE-ISPRA, 2014). Le presenti Linee Guida sono articolate e dettagliate nei capitoli seguenti:

- Caratterizzazione idrodinamica mediante osservazioni dirette e indirette e misure e indagini correntometriche.
- Colonna d'acqua.
- Modelli previsionali per lo studio della dispersione delle acque di scarico e dei sedimenti potenzialmente risospesibili.
- Sedimenti marini.
- Bioaccumulo e biomarkers.
- Attività di acquacoltura.
- Comunità fitoplanctoniche, zooplanctoniche e ittioplanctoniche.
- Fanerogame marine.
- Comunità bentoniche di fondi mobili.
- Comunità bentoniche di fondi duri.
- Risorse alieutiche.
- Rilievi morfo-batimetrici.
- Rumore subacqueo.

## CAPITOLO 5. CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA MEDIANTE OSSERVAZIONI DIRETTE E INDIRECTE E MISURE CORRENTOMETRICHE

La comprensione dell'idrodinamica marina è fondamentale per il conseguimento degli obiettivi di un piano di monitoraggio ambientale. I parametri descrittivi dell'idrodinamica marina, infatti, rappresentano le "forzanti" di tutti i processi di diffusione e trasporto, compresi quelli legati al trasporto solido di sedimenti e all'erosione costiera. Inoltre, una completa caratterizzazione dell'idrodinamica marina (onde, livelli, correnti, ecc.) risulta indispensabile per acquisire una conoscenza approfondita dell'area, utile alla individuazione degli eventuali impatti e dei fattori di pericolo direttamente associati al rischio di "danno ambientale" (Linee Guida SNPA 33/2021).

Lo studio delle caratteristiche idrodinamiche del sito potrà essere preliminarmente eseguito attraverso l'analisi dei dati storici (ad esempio da campi di analisi sullo stato del mare disponibili attraverso le piattaforme gestite dal Copernicus Marine Service, ECMWF o da altri servizi, o nell'ambito di piani di monitoraggio nazionali ed internazionali previsti dalle normative vigenti), comprendendo serie storiche stagionali e di eventuali eventi estremi. Lo studio dei dati storici potrà così essere affiancato alle attività d'indagine in campo per la caratterizzazione sito-specifica più accurata e potrà inoltre essere utile nella predisposizione delle strategie di campionamento.

È dunque necessaria una fase di misurazione e di registrazione di dati idonea, per durata ed estensione spaziale, a definire le caratteristiche idrodinamiche del sito nelle diverse stagioni e per differenti eventi meteo-marini per poter valutare le eventuali modificazioni legate alla realizzazione ed al funzionamento dell'opera. Le campagne di misure idrodinamiche, condotte possibilmente durante le diverse fasi del monitoraggio, potranno consentire di individuare tempestivamente eventuali impatti negativi inattesi e permettere all'autorità competente di adottare le opportune misure correttive. Lo studio delle caratteristiche idrodinamiche assume inoltre una valenza nel fornire i dati necessari per l'implementazione di specifici modelli matematici previsionali in grado di approfondire l'andamento delle correnti (superficiali e profonde) in diverse condizioni ambientali e a identificare le interazioni del campo di moto con eventuali fenomeni di dispersione e trasporto di inquinanti legati alla messa in opera e all'esercizio del rigassificatore. Tali modelli potranno essere utilizzati sia in fase di cantiere, durante le attività di movimentazione dei fondali per lo studio della dispersione e trasporto del materiale solido risospeso, sia in fase di esercizio per identificare gli scenari di dispersione dello scarico delle acque di scambio termico nell'ambiente marino (si veda capitolo 7 "Modelli previsionali per lo studio della dispersione delle acque di scarico e dei sedimenti potenzialmente risospensibili").

## 5.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO

La campagna di misure deve essere progettata in base alla posizione del rigassificatore, distinguendo bacini chiusi, come le aree portuali, e bacini non protetti, come ormeggi al di fuori del porto. Le misure del vento devono essere eseguite lungo la costa o su piattaforme adeguate, con sensori posizionati a un'altezza di 10 metri sopra il livello del mare. Le misurazioni del moto ondoso devono essere effettuate, salvo altre specifiche prescrizioni, in aree di mare non protette da barriere artificiali. Le misure di livello devono essere effettuate tramite mareografi collocati in luoghi protetti dall'agitazione del moto ondoso.

Per quanto riguarda le misure correntometriche, è preferibile utilizzare un approccio di misurazione di tipo euleriano utilizzando idonei correntometri posizionati in punti fissi e stabili. Il sito per il posizionamento del correntometro dovrà avere: medesima profondità dell'area di installazione del rigassificatore; medesime caratteristiche idrodinamiche; assenza di traffico navale nelle immediate vicinanze; minimizzazione degli eventuali effetti dovuti ad apporti idrici terrestri (quali piene di fiumi) qualora il sito fosse in prossimità della costa o comunque soggetto a tali apporti. Nel caso fossero soddisfatti tutti i sopra elencati criteri sarà possibile posizionare il correntometro in un unico sito di indagine; nel caso non fosse possibile andrà individuato un ulteriore sito, o più di uno, dove effettuare le misurazioni. In generale il numero di correntometri da prevedere e il loro posizionamento dipenderà dalla complessità idrodinamica del sito di indagine e dalle sue caratteristiche morfologiche.

## 5.2 PARAMETRI DESCRITTORI

I parametri descrittivi principali sono riportati nella seguente tabella 5.2.1.

Tabella 5.2.1. Principali parametri descrittivi per la caratterizzazione idrodinamica.

Nome	Descrizione	Unità di misura
Altezza significativa spettrale del moto ondoso $H_{m0}$	L'altezza ottenuta dall'analisi dello spettro di densità di energia direzionale del moto ondoso. Calcolata attraverso il momento di ordine zero dello spettro caratteristico dello stato di mare (20-30 min)	metri
Direzione media di provenienza del moto ondoso	Direzione media di provenienza del moto ondoso, ottenuta dall'analisi dello spettro di densità di energia del moto ondoso	Gradi sessagesimali, in convenzione nautica
Periodo di picco del moto ondoso $T_p$	Periodo calcolato al valore massimo della densità di energia spettrale	secondi
Periodo medio del moto ondoso $T_m, T_{m02}, T_{m01}$	Periodo medio calcolato sulla base dei momenti spettrali di ordine zero, ordine secondo, ordine primo	secondi
Livello medio mare	Misura del livello medio mare rispetto allo zero topografico	metri

Nome	Descrizione	Unità di misura
Velocità della corrente in direzione Est, U <sup>(*)</sup>	Componente della velocità della corrente in direzione Est. Misurata lungo l'intera colonna d'acqua (inclusa la velocità di superficie) con celle verticali di acquisizione tali da poter rilevare la variabilità idrodinamica lungo la colonna d'acqua del sito, auspicabilmente non più grandi di 1 m	m/s
Velocità della corrente in direzione Nord, V <sup>(*)</sup>	Componente della velocità della corrente in direzione Nord. Misurata lungo l'intera colonna d'acqua (inclusa la velocità di superficie) con celle verticali di acquisizione tali da poter rilevare la variabilità idrodinamica lungo la colonna d'acqua del sito, auspicabilmente non più grandi di 1 m	m/s
Velocità del vento direzione Est U10 <sup>(*)</sup>	Componente della velocità del vento in direzione Est misurata alla quota di 10 m s.l.m.m. (sul livello marino medio)	m/s
Velocità del vento direzione Nord V10 <sup>(*)</sup>	Componente della velocità del vento in direzione Nord misurata alla quota di 10 m s.l.m.m. (sul livello marino medio)	m/s

<sup>(\*)</sup> Le velocità potranno essere restituite anche in coordinate polari, ovvero in termini di magnitudo e direzione di provenienza. È importante specificare il sistema di riferimento per le direzioni rispetto al Nord geografico (nautico, cartesiano, ecc.).

### 5.3 FREQUENZA DEL MONITORAGGIO

In generale, considerando le caratteristiche morfologiche e idrodinamiche dell'area marina e la tipologia di installazione, è necessario pianificare una frequenza minima di monitoraggio in relazione alle diverse fasi di realizzazione dell'opera. La durata delle misure dovrà essere sempre un multiplo di un anno (12 mesi), consentendo così le opportune analisi stagionali. Nel contesto dell'area del rigassificatore, si ritiene necessaria la seguente periodicità di indagini:

- *fase ante operam*: misure continue dei parametri idrodinamici con un intervallo di restituzione dei parametri almeno orario ad integrazione dello studio dei dati storici disponibili per il sito d'indagine. Le misurazioni saranno effettuate per un periodo di tempo idoneo a registrare e analizzare il regime idrodinamico (correnti, onde, livelli) nelle diverse stagioni e in varie condizioni meteorologiche;
- *fase di cantiere*: durante l'intero periodo, con un intervallo di campionamento dei parametri considerati almeno orario;
- *fase di esercizio*: misure per un periodo uguale o superiore a 5 anni (misurati dalla messa in esercizio), con intervalli di campionamento dei parametri considerati almeno orari.

In particolare, le indagini sui parametri idrodinamici dovranno essere mantenute sia durante le fasi di cantiere che di esercizio al fine di analizzare eventuali alterazioni del regime idrodinamico causate dalle attività di realizzazione del progetto e successivamente dall'operatività del rigassificatore. Queste indagini forniranno dati indispensabili per la valutazione dei risultati delle attività di monitoraggio relativi

alla colonna d'acqua. Tali informazioni saranno fondamentali anche durante le operazioni che coinvolgono la movimentazione dei sedimenti, consentendo di prevederne la potenziale direzione di dispersione e trasporto e di monitorarne l'effettiva evoluzione durante le operazioni di cantiere.

In ogni caso, tutte le misure descritte nel presente capitolo dovranno essere effettuate in periodi sufficientemente lunghi, continuativi e caratteristici delle diverse condizioni stagionali per la definizione del "clima marino" a cui risulta esposta l'opera e il sito d'interesse.

#### 5.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO ED ELABORAZIONE DATI

Le metodologie di acquisizione e raccolta di dati correntometrici dovranno consentire l'analisi delle caratteristiche idrodinamiche dell'intera colonna d'acqua del sito in cui verrà realizzata l'opera. La colonna d'acqua potrà essere suddivisa in celle funzionali di dimensioni variabili, ma comunque in grado di restituire un esaustivo quadro delle caratteristiche idrodinamiche delle diverse quote. In particolare, dovranno essere acquisiti i seguenti parametri: velocità della corrente (m/s), direzione della corrente (°), velocità della corrente in direzione Est, della corrente in direzione Nord.

Tali dati dovranno essere utilizzati per fornire i seguenti risultati:

- velocità medie alle diverse quote in cui è stata suddivisa la colonna d'acqua;
- velocità e direzione della corrente superficiale;
- direzione dominante alle diverse quote in cui è stata suddivisa la colonna d'acqua;
- classi di frequenza delle velocità alle diverse quote in cui è stata suddivisa la colonna d'acqua.

È consentito l'utilizzo di strumentazione in situ e/o di stazioni remote; le osservazioni dello stato fisico del mare possono essere ottenute attraverso dispositivi galleggianti o posizionati sul fondo. Tutti gli strumenti utilizzati devono garantire una chiara e corretta definizione dei parametri riportati nella Tabella 5.2.1, con una risoluzione spaziale e temporale adeguata (i requisiti minimi sono specificati in tabella) e un livello di precisione tale da assicurare una valutazione adeguata del clima marino e degli eventi rilevanti.

I dati grezzi all'interno della finestra di acquisizione devono essere elaborati per definire i principali parametri statistici (medie, minimi, massimi) e sintetici, con analisi nel dominio delle frequenze quando richiesto.

Si riportano, a titolo esemplificativo e non esaustivo, le tipologie di strumenti più diffuse:

- Boe ondamiche: dispositivi galleggianti ancorati al fondale marino, che misurano l'altezza e la frequenza delle onde attraverso accelerometri triassiali o attraverso GPS;
- Radar: utilizzano onde radio per misurare l'altezza delle onde e la direzione del loro movimento, possono essere terrestri o montati su imbarcazioni o boe, sia in banda X sia in banda HF;
- Sonde di pressione: collocate sul fondo marino, misurano la variazione di pressione dinamica causata dal movimento delle onde, consentendo di calcolare l'altezza delle onde attraverso modelli numerici del moto ondoso; spesso i sensori sono abbinati a profilatori di corrente come gli ADCP (Acoustic Doppler Current Profiler);
- Boe radar: misurano la velocità del vento e l'orientamento delle onde utilizzando la riflessione delle microonde sulla superficie del mare;
- Sonde resistive: installate su una struttura, sono realizzate con conduttori rigidi o flessibili e

l'altezza del moto ondoso viene ricavata dalla variazione di resistenza elettrica causata dall'oscillazione del livello idrico;

- Sonde capacitive: installate su una struttura, sono realizzate con conduttori rigidi o flessibili e l'altezza del moto ondoso viene ricavata dalla variazione di capacità elettrica causata dall'oscillazione del livello idrico.

La scelta dello strumento dipende dalle specifiche esigenze della misurazione, dalla profondità locale del mare (quota batimetrica), dalla durata della campagna di monitoraggio e da altri fattori ambientali. Spesso, viene impiegata una combinazione di diverse tecnologie per ottenere dati più completi e accurati. Le principali modalità osservative e le metodologie standard per l'elaborazione dei dati sono riportate in: Rossi et al., 2022 e in ISPRA, Manuali e linee guida 77/2012.

## CAPITOLO 6. COLONNA D'ACQUA

La colonna d'acqua, pur essendo una matrice ambientale non conservativa, riveste un ruolo fondamentale in quanto in essa avvengono gran parte dei processi naturali nonché quelli indotti da cause antropiche, tra cui il trasferimento degli inquinanti organici e inorganici. Gli inquinanti, infatti, dalla colonna d'acqua possono essere distribuiti negli altri comparti marini (sedimento e biota) attraverso processi di adsorbimento, dispersione e ripartizione.

L'analisi dei parametri fisico-chimici, microbiologici ed ecotossicologici integrata con le informazioni provenienti dalle indagini correntometriche e modellistiche della colonna d'acqua permette di valutare gli eventuali impatti di natura antropica connessi con la realizzazione e l'esercizio dell'opera. Tali indagini, inoltre, forniscono una base conoscitiva essenziale per lo studio del destino degli inquinanti eventualmente immessi nell'ambiente.

### 6.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO

L'estensione delle aree di indagine deve essere tale da rilevare un eventuale gradiente di impatto (ovvero dal punto di massima pressione, nei pressi dell'opera, fino alla zona di interferenza minima o trascurabile) e deve tenere conto di quanto emerso dal SIA e delle caratteristiche dell'ambiente marino interessato dall'opera.

In particolare, dovrà essere tenuto in considerazione se si tratta di un ambiente costiero o marino. Infatti, le acque costiere risentono molto dell'influenza della costa e degli apporti di acque dolci e le loro caratteristiche chimico-fisiche possono variare notevolmente sia nel tempo che nello spazio. Viceversa, in ambiente marino le acque hanno una composizione più stabile ed omogenea sul piano orizzontale, sebbene risentano di una maggiore variabilità verticale, dovuta alla maggiore profondità e a causa della stratificazione termica stagionale.

La tipologia dell'opera (rigassificatore o gasdotto) ha influenza sul disegno di campionamento, ovvero sul numero e sul criterio di posizionamento delle stazioni. Le attività di indagine sulla colonna d'acqua dovranno essere svolte in tutte le fasi del monitoraggio ambientale.

In *fase ante operam* per i **rigassificatori** le stazioni dovranno essere posizionate in un numero sufficiente a caratterizzare la colonna d'acqua nell'area di intervento la cui estensione potrà essere definita preventivamente mediante l'utilizzo di modelli di dispersione. In considerazione del numero di stazioni che dovranno essere previste nella successiva *fase di esercizio* ed al fine di poter effettuare un confronto dei dati acquisiti, si ritiene congruo il posizionamento del medesimo numero minimo di 14 stazioni.

Per quanto concerne la *fase di cantiere* le indagini dovranno essere finalizzate ad individuare gli eventuali effetti dovuti alla movimentazione del fondale (quali ad esempio le operazioni di ancoraggio) o dovuti alla dispersione dei materiali impiegati per lo zavorramento del GBS o di altre strutture. Dovranno essere previste stazioni fisse e mobili. Il numero delle stazioni fisse dovrà essere definito caso per caso in considerazione della tipologia delle operazioni e della durata dei lavori, prevedendo un numero minimo di 4 stazioni nelle quali dovranno essere condotte le analisi specificate nel paragrafo 6.2 (tabella 6.2.4). In aggiunta, dovranno essere previste stazioni mobili, da definire caso per caso in

un numero ritenuto congruo all'entità delle attività di cantiere, tali da seguire lo spostamento delle aree di lavoro; in tali stazioni dovranno essere eseguite le indagini dettagliate nel paragrafo 6.2 (pag. 45), finalizzate ad individuare l'eventuale dispersione dei sedimenti movimentati.

Nella *fase di esercizio* le stazioni dovranno essere posizionate nell'area di dispersione dell'acqua di scarico. In particolare, per determinare l'area di dispersione delle acque di scarico dovranno essere eseguite, prima del prelievo dei campioni, indagini correntometriche lungo l'intera colonna d'acqua al fine di individuare la direzione di dispersione prevalente. Le stazioni inoltre dovranno essere poste a distanze progressive dallo scarico al fine di valutare i possibili gradienti dei parametri analizzati.

Ove possibile, per i rigassificatori, è raccomandabile prevedere un piano di campionamento con il posizionamento delle stazioni su almeno 4 transetti con un numero minimo complessivo di 14 stazioni. Un possibile posizionamento dei transetti e delle relative stazioni viene riportato di seguito e rappresentato in figura 6.1.1:

- un transetto posizionato lungo la direzione di dispersione prevalente individuata al momento del campionamento con stazioni alle distanze di 50m, 200m e 500m, con l'aggiunta di due stazioni a 1000m e 2000m;
- ulteriori due transetti posizionati nell'area di dispersione della plume dello scarico con stazioni alle distanze di 50m, 200m e 500m;
- un transetto in direzione opposta alla direzione di dispersione prevalente individuata al momento del campionamento, presumibilmente non impattato dallo scarico, con stazioni alle distanze di 500m, 1000m e 2000m, con la funzione di bianco spaziale.

Laddove le stazioni per questioni di sicurezza non potessero essere posizionate a 50 m dalla posizione dello scarico, queste potranno essere poste ad una distanza maggiore, ma comunque possibilmente entro i 100 m dalla stessa.

Nei rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio), ove non sia possibile il posizionamento di questo ultimo transetto in direzione opposta alla direzione di dispersione prevalente individuata al momento del campionamento, dovranno essere previste almeno ulteriori 3 stazioni disposte su un transetto al di fuori dell'area di potenziale dispersione della plume dello scarico. In tal caso un possibile posizionamento delle stazioni potrebbe essere quello proposto in figura 6.1.2.

Figura 6.1.1: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento per la colonna d'acqua per i rigassificatori in fase di esercizio. Figura non in scala.

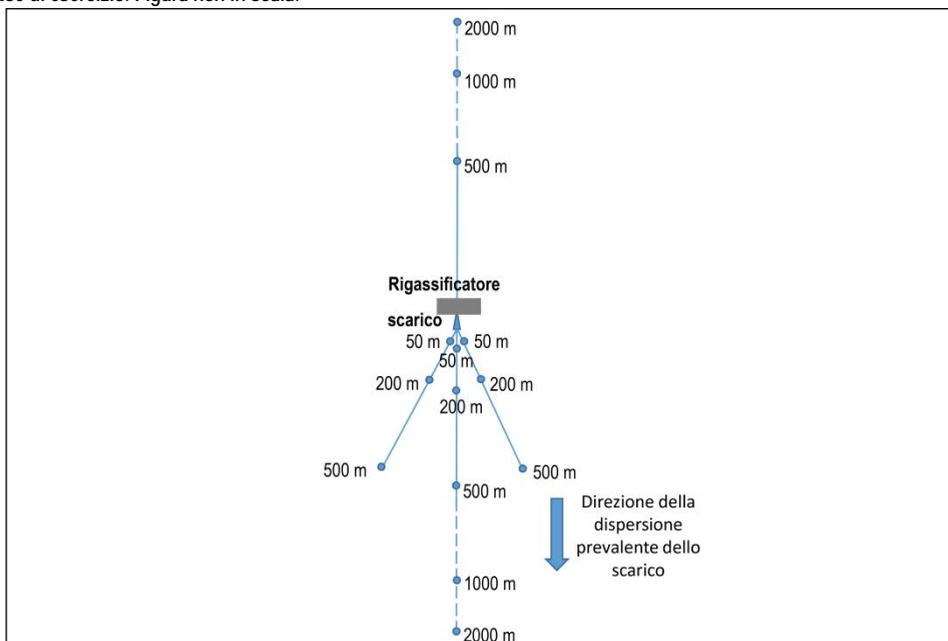
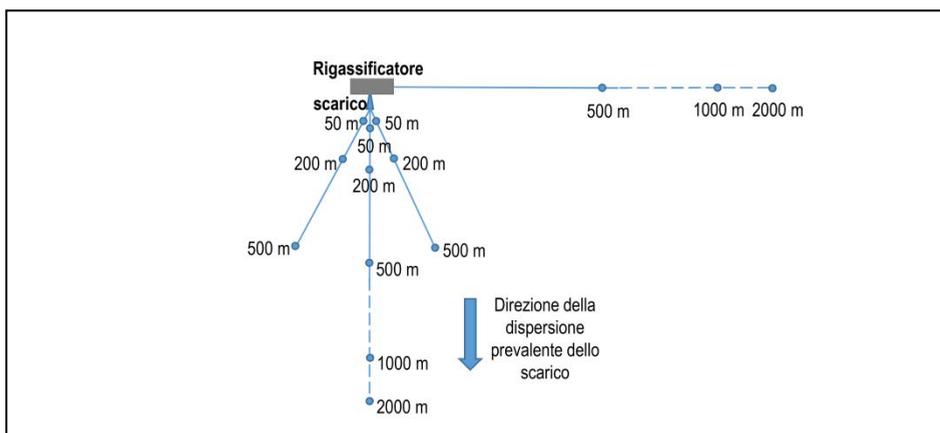


Figura 6.1.2: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento per la colonna d'acqua nel caso di rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio) in fase di esercizio. Figura non in scala.



Ad ogni modo, le distanze tra le stazioni e la direzione dei transetti dovranno essere opportunamente definite in base alle caratteristiche del sito, dello scarico e delle risultanze dei modelli previsionali di dispersione, nonché dalle ulteriori attività previste dal Progetto, quali ad esempio attività di dragaggio o costruzione di barriere artificiali. A tal riguardo, in presenza di ulteriori strutture artificiali previste dal Progetto, il piano di monitoraggio dovrà prevedere ulteriori stazioni nelle immediate vicinanze di quest'ultime e relative stazioni di controllo spaziale.

Per il monitoraggio in *fase ante operam* e *di esercizio* del **gasdotto** e di eventuali cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione sarà necessario definire stazioni fisse, prevedendo almeno 5 stazioni nei primi due chilometri dalla costa e nella successiva porzione almeno 1 stazione per chilometro di tracciato, fino al rigassificatore.

Durante la *fase di cantiere*, in previsione della potenziale movimentazione dei sedimenti per la posa e l'eventuale ricoprimento del gasdotto e dei cavi, se presenti, dovranno essere previste stazioni di campionamento mobili, posizionate in corrispondenza di transetti trasversali al gasdotto/cavo orientati secondo la direzione di potenziale dispersione dei sedimenti durante le operazioni di movimentazione del fondale marino, individuata sulla base di misure correntometriche eseguite contestualmente al prelievo dei campioni. In ciascun transetto dovranno essere previsti almeno 1 stazione sopraccorrente e 1 stazione sottocorrente rispetto al tracciato. Il campionamento dovrà essere effettuato giornalmente contestualmente a tutte le attività di movimentazione previste per la messa in posa e ricoprimento del gasdotto/cavi, seguendo lo spostamento del cantiere. Inoltre, in corrispondenza dell'area di uscita a mare del gasdotto posato con tecnologia trenchless, se impiegata per l'attraversamento della linea di costa, stante l'ampiezza dell'area movimentata, durante i lavori dovranno essere posizionate ulteriori stazioni mobili, pari ad almeno 2 stazioni sopraccorrente e 2 stazioni sottocorrente rispetto al tracciato. Sia per il **rigassificatore** sia per il **gasdotto**, qualora sia verificata la vicinanza di impianti di allevamento di bivalvi e/o di specie ittiche, o di ambienti sensibili, quali ad esempio praterie di fanerogame marine, aree a fondi duri, banchi naturali di bivalvi, dovrà essere considerata la necessità di prevedere stazioni aggiuntive in prossimità di tali ambienti per valutare un loro potenziale interessamento, anche applicando modelli previsionali di dispersione.

Per tutte le fasi di monitoraggio, sia per il **rigassificatore** sia per il **gasdotto**, sarà necessario produrre una cartografia di dettaglio con il posizionamento delle stazioni di campionamento in relazione alle relative opere progettuali e alla presenza di impianti di allevamento di bivalvi e/o specie ittiche, e/o di eventuali ambienti sensibili.

## 6.2 PARAMETRI DESCRITTORI

Per quanto riguarda i **rigassificatori** nelle fasi *ante operam* e primo anno di *esercizio* le indagini dovranno prevedere l'acquisizione dei parametri fisico-chimici mediante CTD lungo tutta la colonna d'acqua dalla superficie al fondo con il prelievo di campioni di acqua su tre quote (superficie, quota dello scarico e fondo). Qualora la profondità del fondale dell'area di posizionamento del rigassificatore sia limitata, valutando anche la quota dello scarico, si potrà considerare di effettuare i prelievi solo su due quote.

Nella *fase ante operam* e nel primo anno della *fase di esercizio* in un numero minimo di 4 stazioni dovranno essere monitorati, con frequenza mensile, i parametri riportati in tabella 6.2.1. I parametri sono stati individuati facendo principalmente riferimento a quanto previsto nelle tabelle 1/A e 1/B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. allo scopo di verificare che i parametri che descrivono la qualità del corpo idrico non vengano alterati dalla presenza dell'opera. Le già menzionate stazioni dovranno essere selezionate tra quelle previste in figura 6.1.1 o 6.1.2 nell'area di realizzazione dell'opera (ad esempio 2 stazioni a 50 m, 1 stazione a 200 m lungo la plume di scarico, con una ulteriore in direzione opposta a 1000m; nel caso dei rigassificatori attraccati a banchine o a strutture di ormeggio, tale ulteriore stazione dovrà essere posizionata a 1000m sul transetto al di fuori dell'area di potenziale dispersione della plume dello scarico).

Tabella 6.2.1. Elenco dei parametri fisico-chimici da analizzare mensilmente nella colonna d'acqua per il rigassificatore nella *fase ante operam* e nel primo anno di *esercizio* in un numero minimo di 4 stazioni opportunamente selezionate. I parametri contrassegnati in grassetto sono quelli per i quali la normativa di riferimento definisce i valori di SQA (Tabb. 1/A e 1/B paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss. mm. ii).

Elenco dei parametri fisico chimici e chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Parametri fisico-chimici mediante CTD: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza
Nutrienti disciolti: azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, ortofosfati
Solidi sospesi (TSS)
Carbonio organico disciolto (DOC) e particellato (POC)
Azoto totale particellato (TPN)
Clorofilla a
Elementi in tracce: <b>Al, As, Cr, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, V, Zn e Hg</b>
Idrocarburi C>12
Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dichloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, tricloroacetico
Aloacetoni-trili: dibromoacetoni-trile, dichloroacetoni-trile, bromocloroacetoni-trile, bromodichloroacetoni-trile, tricloroacetoni-trile
BTEX: <b>benzene, toluene</b> , etilbenzene, <b>xileni</b> (isomeri orto, meta e para)
Alofenoli: clorofenoli ( <b>2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo</b> ) e bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6 dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo)
Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, tribromometano, <b>trichlorometano</b> , dibromoclorometano, <b>dichlorometano, tetracloruro di carbonio</b> , 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 trichloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 trichloro-2-propanone
Cloro attivo libero
Composti organostannici (TBT, DBT, MBT)
Cloro-aniline: <b>2-cloroanilina, 3-cloroanilina, 4-cloroanilina</b>
Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): <b>PFOS, PFOA, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFBS</b>

Elenco dei parametri fisico chimici e chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): <b>naftalene</b> , acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, <b>antracene</b> , <b>fluorantene</b> , pirene, benzo(a)antracene, crisene, <b>benzo(b)fluorantene</b> , <b>benzo(k)fluorantene</b> , <b>benzo(a)pirene</b> , dibenzo(a,h)antracene, <b>benzo(g,h,i)perilene</b> , <b>indeno(1,2,3,c,d)pirene</b>
Tutti i parametri presenti in Tabella 1/A del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. non precedentemente elencati
Tutti i parametri presenti in Tabella 1/B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. non precedentemente elencati

Nella *fase ante operam* e nel primo anno della *fase di esercizio* nelle restanti 10 stazioni dovranno essere monitorati, con frequenza stagionale, i parametri più significativi dal punto di vista ambientale (elementi in tracce, idrocarburi C>12, BTEX, PFAS, IPA) e quelli maggiormente legati al tracciamento delle acque fredde e clorate (alometani, aloacetoni, acidi aloacetici, alofenoli), come riportato in tabella 6.2.2.

Tabella 6.2.2. Elenco dei parametri fisico-chimici da analizzare con cadenza stagionale nella colonna d'acqua per il rigassificatore nella *fase ante operam* e nel primo anno di *esercizio* nelle restanti 10 stazioni previste dal piano di campionamento. I parametri contrassegnati in grassetto sono quelli per i quali la normativa di riferimento definisce dei valori di SQA (Tabb. 1/A e 1/B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.).

Elenco dei parametri fisico chimici e chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Parametri fisico-chimici mediante CTD: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza
Nutrienti disciolti: azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, ortofosfati
Solidi sospesi (TSS)
Carbonio organico disciolto (DOC) e particellato (POC)
Azoto totale particellato (TPN)
Clorofilla a
Elementi in tracce: <b>Al, As, Cr, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, V, Zn e Hg</b>
Idrocarburi C>12
Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dichloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, tricloroacetico
Aloacetoni: <b>dibromoacetone</b> , <b>dichloroacetone</b> , <b>bromocloroacetone</b> , <b>bromodichloroacetone</b> , <b>tricloroacetone</b>
BTEX: <b>benzene</b> , <b>toluene</b> , etilbenzene, <b>xileni</b> (isomeri orto, meta e para)
Alofenoli: clorofenoli ( <b>2-clorofenolo</b> , <b>3-clorofenolo</b> , <b>4-clorofenolo</b> ) e bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6-dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo)
Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, tribromometano, <b>triclorometano</b> , dibromoclorometano, <b>diclorometano</b> , <b>tetracloruro di carbonio</b> , 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 tricloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 tricloro-2-propanone
Cloro attivo libero

Elenco dei parametri fisico-chimici e chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): <b>PFOS, PFOA, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFBS</b>
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): <b>naftalene</b> , acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, <b>antracene</b> , <b>fluorantene</b> , pirene, benzo(a)antracene, crisene, <b>benzo(b)fluorantene</b> , <b>benzo(k)fluorantene</b> , <b>benzo(a)pirene</b> , dibenzo(a,h)antracene, <b>benzo(g,h,i)perilene</b> , <b>indeno(1,2,3,c,d)pirene</b>

A partire dal secondo anno della *fase di esercizio*, qualora non si siano riscontrate anomalie e/o criticità, in tutte le 14 stazioni, mantenendo le medesime quote di prelievo, dovranno essere monitorati con cadenza stagionale i parametri riportati in tabella 6.2.3, ossia i parametri più significativi dal punto di vista ambientale (elementi in tracce, idrocarburi C>12, BTEX, PFAS, IPA) e quelli maggiormente legati al tracciamento delle acque fredde e clorate (alometani, aloacetoni-trilli, acidi aloacetici, alofenoli).

Tabella 6.2.3. Elenco dei parametri fisico-chimici da analizzare con cadenza stagionale nella colonna d'acqua per il rigassificatore a partire dal secondo anno di esercizio nelle 14 stazioni. I parametri contrassegnati in grassetto sono quelli per i quali la normativa di riferimento definisce dei valori di SQA (Tabb. 1/A e 1/B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.).

Elenco dei parametri fisico-chimici e chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Parametri fisico-chimici mediante CTD: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza
Nutrienti disciolti: azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, ortofosfati
Solidi sospesi (TSS)
Carbonio organico disciolto (DOC) e particellato (POC)
Azoto totale particellato (TPN)
Clorofilla a
Elementi in tracce: <b>Al, As, Cr, Cd, Cu, Fe, Ni, Pb, V, Zn e Hg</b>
Idrocarburi C>12
Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dichloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, trichloroacetico
Aloacetoni-trilli: dibromoacetoni-trile, dichloroacetoni-trile, bromocloroacetoni-trile, bromodichloroacetoni-trile, trichloroacetoni-trile
BTEX: <b>benzene, toluene</b> , etilbenzene, <b>xileni</b> (isomeri orto, meta e para)
Alofenoli: clorofenoli ( <b>2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo</b> ) e bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6 dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo)
Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, tribromometano, <b>trichlorometano</b> , dibromoclorometano, <b>diclorometano</b> , <b>tetracloruro di carbonio</b> , 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 trichloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 trichloro-2-propanone
Cloro attivo libero
Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): <b>PFOS, PFOA, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFBS</b>
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): <b>naftalene</b> , acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, <b>antracene</b> , <b>fluorantene</b> , pirene, benzo(a)antracene, crisene, <b>benzo(b)fluorantene</b> , <b>benzo(k)fluorantene</b> , <b>benzo(a)pirene</b> , dibenzo(a,h)antracene, <b>benzo(g,h,i)perilene</b> , <b>indeno(1,2,3,c,d)pirene</b>

Qualora tuttavia durante il monitoraggio del *primo anno di esercizio* siano emerse anomalie per alcuni parametri (quali ad esempio concentrazioni superiori allo SQA-MA o crescenti nel tempo), a partire dal secondo anno della fase di esercizio sarà necessario effettuare nelle stazioni in cui si sono registrate anomalie, su tutte le quote, un monitoraggio dei suddetti parametri con frequenza mensile, sino alla risoluzione della criticità. Tutti gli altri parametri della tabella 6.2.3, nelle 14 stazioni, continueranno ad essere monitorati con cadenza stagionale.

Inoltre, laddove in fase di Studio di Impatto Ambientale sia emersa la presenza di ulteriori scarichi rispetto a quelli connessi al processo di rigassificazione, potranno essere considerati, in tutte le fasi del monitoraggio, specifici parametri riconducibili alla tipologia di effluente sversato (nel caso di scarico di reflui civili dovranno essere considerati anche i parametri microbiologici: *Escherichia coli*, streptococchi fecali, enterococchi e *Salmonella* spp.).

Nella *fase di cantiere* nelle stazioni fisse dovranno essere monitorati i parametri fisico-chimici da acquisire mediante CTD e i parametri riportati in tabella 6.2.4 sui campioni d'acqua, prelevati su due quote (superficie e fondo).

Tabella 6.2.4. Elenco dei parametri fisico-chimici da analizzare nella colonna d'acqua nelle stazioni fisse per il rigassificatore in fase di cantiere.

Elenco dei parametri fisico-chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Parametri fisico-chimici mediante CTD: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza
Nutrienti disciolti: azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, ortofosfati
Solidi sospesi (TSS)
Carbonio organico disciolto (DOC) e particellato (POC)
Azoto totale particellato (TPN)
Clorofilla a

Laddove nel SIA, o dai risultati della *fase ante operam*, siano state rilevate criticità per alcuni parametri chimici nei sedimenti, questi parametri dovranno essere ricercati nella matrice colonna d'acqua durante le operazioni di messa in posa del rigassificatore.

Inoltre, durante le operazioni di messa in posa del rigassificatore (quali ad esempio ancoraggio o zavorramento), nelle stazioni mobili in prossimità delle aree di lavoro andranno condotte indagini mediante CTD con torbidimetro e ADCP. In presenza degli ambienti sensibili, fanerogame marine e comunità bentoniche di fondi duri, nelle vicinanze dell'area di cantiere, che potrebbero essere impattati dall'attività di movimentazione del fondale, anche in considerazione delle risultanze dei modelli di dispersione, dovranno essere previste stazioni di monitoraggio aggiuntive in prossimità degli stessi. In tali stazioni dovranno essere condotte indagini mediante CTD con torbidimetro e ADCP e prelevati campioni di acqua (superficie e fondo) per l'analisi di nutrienti disciolti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, fosfati), clorofilla a, TSS, DOC, POC e TPN. Contestualmente dovranno essere attivati specifici monitoraggi di tali ambienti sensibili al fine di evidenziare eventuali alterazioni (si vedano nello specifico Capitolo 12-Fanerogame marine e

Capitolo 14 Comunità bentoniche di fondi duri). Inoltre, laddove in prossimità dell'area di cantiere siano presenti impianti di acquacoltura, si dovranno eseguire le attività di monitoraggio previste nel Capitolo 10 – Attività di acquacoltura.

Potranno essere previste eventuali misure di mitigazione (quali ad esempio la momentanea sospensione delle attività, il rallentamento delle stesse, l'impiego di panne) al fine di limitare i possibili effetti su tali ambienti.

Per quanto riguarda i **gasdotti** ed eventuali cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione, nella *fase ante operam ed esercizio* nelle stazioni fisse dovranno essere analizzati i parametri fisico-chimici mediante CTD (temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza) lungo tutta la colonna d'acqua dalla superficie al fondo. Dovranno, inoltre, essere prelevati campioni di acqua considerando due quote di campionamento (superficie e fondo) per l'analisi di nutrienti disciolti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, fosfati), clorofilla a, TSS, DOC, POC e TPN, come riportato in tabella 6.2.5.

Tabella 6.2.5. Elenco dei parametri fisico-chimici da analizzare nella colonna d'acqua nelle stazioni fisse per il gasdotto in *fase ante operam ed esercizio*.

Elenco dei parametri fisico-chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Parametri fisico-chimici mediante CTD: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza
Nutrienti disciolti: azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, ortofosfati
Solidi sospesi (TSS)
Carbonio organico disciolto (DOC) e particellato (POC)
Azoto totale particellato (TPN)
Clorofilla a

Nella *fase di cantiere*, durante le operazioni di messa in posa del gasdotto/cavi, in prossimità delle aree di lavoro dove è prevista una movimentazione dei sedimenti, seguendo giornalmente il suo eventuale spostamento, nelle stazioni mobili dovranno essere previste attività di indagine mediante CTD con torbidimetro e ADCP. In presenza degli ambienti sensibili a fanerogame marine e comunità bentoniche di fondi duri nelle vicinanze dell'area di cantiere, che potrebbero essere impattati dall'attività di movimentazione del fondale, anche in considerazione delle risultanze dei modelli di dispersione, dovranno essere previste stazioni di monitoraggio aggiuntive in prossimità degli stessi, in cui dovranno essere condotte indagini mediante CTD con torbidimetro e ADCP, e prelevati campioni di acqua (superficie e fondo) per l'analisi di nutrienti disciolti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, fosfati), clorofilla a, TSS, DOC, POC e TPN. Contestualmente dovranno essere attivati specifici monitoraggi di tali ambienti sensibili al fine di evidenziare eventuali alterazioni (si vedano nello specifico il Capitolo 12 - Fanerogame marine e il Capitolo 14 Comunità bentoniche di fondi duri). Inoltre, laddove in prossimità dell'area di cantiere fossero presenti impianti di acquacoltura si dovranno eseguire le attività di monitoraggio previste nel Capitolo 10 – Attività di acquacoltura.

Inoltre, laddove nel SIA, o dai risultati della *fase ante operam*, siano state rilevate criticità di alcuni parametri chimici nei sedimenti in una specifica area da movimentare, questi dovranno essere ricercati in tale area anche nella matrice colonna d'acqua durante il cantiere.

### 6.3 FREQUENZA DEL MONITORAGGIO

Tenendo in considerazione le caratteristiche dell'area marina e la tipologia di installazione, si dovrà prevedere una frequenza minima di indagine in ciascuna fase di monitoraggio.

Nell'area del **rigassificatore** si ritiene necessaria la seguente periodicità di indagini:

- in *fase ante operam*, frequenza di indagine mensile (laddove possibile per un anno) per i parametri riportati in tabella 6.2.1 nelle 4 stazioni selezionate e cadenza stagionale (4 volte l'anno) per i parametri riportati in tabella 6.2.2 nelle restanti 10 stazioni;
- in *fase di cantiere*, la frequenza delle indagini sulle stazioni fisse per i parametri riportati in tabella 6.2.4 dovrà essere valutata in relazione al cronoprogramma di realizzazione dell'opera. Laddove la realizzazione dell'opera richieda una tempistica superiore ad un anno dovranno essere svolte almeno quattro campagne stagionali; qualora, invece, le tempistiche fossero inferiori, il numero di campagne potrà essere proporzionalmente ridotto. Il monitoraggio comunque dovrà essere eseguito nel corso delle attività con potenziale impatto sull'ambiente marino quali ad esempio la movimentazione dei fondali e la dispersione dei sedimenti. In aggiunta nelle stazioni mobili le attività di indagine (CTD con torbidimetro, ADCP) dovranno essere giornaliere, in prossimità delle aree di lavoro, seguendone lo spostamento. Laddove siano state previste stazioni di monitoraggio aggiuntive in prossimità di ambienti sensibili, le attività di indagine mediante CTD con torbidimetro e ADCP dovranno, anche in questo caso, essere eseguite giornalmente, mentre le analisi sui campioni di acqua (nutrienti disciolti, clorofilla a, TSS, DOC, POC e TPN) dovranno essere svolte mensilmente;

in *fase di esercizio*, il primo anno dovrà essere prevista una frequenza di indagine mensile per i parametri riportati in tabella 6.2.1 nelle 4 stazioni selezionate e cadenza stagionale (4 volte l'anno) per i parametri riportati in tabella 6.2.2 nelle restanti 10 stazioni. A partire dal *secondo anno*, qualora non si siano riscontrate anomalie e/o criticità, in tutte le 14 stazioni, dovranno essere monitorati con cadenza stagionale i parametri riportati in tabella 6.2.3. Qualora invece durante il monitoraggio del primo anno di *esercizio* siano emerse anomalie per alcuni parametri, sarà necessario effettuare nelle stazioni in cui si sono registrate tali anomalie un monitoraggio dei suddetti parametri con una frequenza mensile, sino alla risoluzione delle criticità. Tutti gli altri parametri della tabella 6.2.3 per i quali non sono state riscontrate anomalie, nelle 14 stazioni, continueranno ad essere monitorati con cadenza stagionale. Il monitoraggio della colonna d'acqua dovrà essere eseguito per tutta la durata dell'operatività del rigassificatore. In relazione alla valutazione dei risultati acquisiti nei primi 5 anni, la frequenza di indagine, il numero di stazioni ed i parametri da analizzare potranno subire modifiche apportando eventuali integrazioni o riduzioni.

Per quanto riguarda le indagini sulla colonna d'acqua nell'area del **gasdotto** e di eventuali cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione si ritiene necessaria la seguente periodicità:

- in *fase ante operam*, nelle stazioni fisse per le indagini dei parametri di tabella 6.2.5, dovrà essere prevista una frequenza stagionale (4 volte l'anno);
- in *fase di cantiere*, la durata delle indagini nelle stazioni mobili dovrà essere valutata in relazione al cronoprogramma di realizzazione dell'opera, al fine di evidenziare eventuali impatti dovuti all'attività di movimentazione dei fondali. Nelle stazioni mobili le attività di indagine (CTD con torbidimetro e ADCP) dovranno essere giornaliere, in prossimità delle aree di lavoro, seguendone lo spostamento. Laddove siano state previste stazioni di monitoraggio aggiuntive in prossimità di ambienti sensibili, le attività di indagine mediante CTD con torbidimetro e ADCP dovranno essere eseguite giornalmente, mentre le analisi sui campioni di acqua (nutrienti disciolti, clorofilla a, TSS, DOC, POC e TPN) dovranno essere svolte mensilmente;
- in *fase di esercizio*, nelle stazioni fisse per le indagini dei parametri di tabella 6.2.5, dovrà essere prevista una frequenza stagionale (4 volte l'anno). Il monitoraggio della colonna d'acqua dovrà essere eseguito a partire dal termine delle attività di cantiere per almeno un anno, successivamente in relazione alla valutazione dei risultati acquisiti, potrà essere valutata l'eventuale prosecuzione delle attività di monitoraggio.

## 6.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

### *Indagini mediante CTD*

Per la caratterizzazione fisico-chimica della colonna d'acqua dovranno essere acquisiti profili in continuo dalla superficie al fondo dei parametri temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza mediante l'utilizzo di una sonda multiparametrica, allestita con specifici sensori. I dati acquisiti dovranno essere elaborati con software dedicati.

### *Nutrienti disciolti, TSS, DOC, POC, TPN, Clorofilla a*

Devono essere utilizzati per ogni parametro i contenitori e le temperature di trasporto indicate dal metodo analitico scelto per l'analisi.

Per le procedure analitiche si raccomandano i seguenti metodi:

- solidi sospesi Totali: CNR-IRSA-APAT 2090 Met.B;
- clorofilla a: CNR-IRSA-APAT 9020;
- azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, fosfati: CNR-IRSA- APAT 4030,4040,4050, 4110 rispettivamente e UNI ISO 15923-1: 2013;
- azoto Totale disciolto e Fosforo Totale disciolto: CNR-IRSA- APAT 4060 o in alternativa ISO 15681-2:2018;
- carbonio Organico Disciolto (DOC): UNI EN 1484:1999 o in alternativa UNI EN ISO 20236:2022;
- carbonio Organico Particolato (POC) e Azoto Particolato (PN) EPA 440 (Determination of Carbon and Nitrogen in sediments and Particulates of estuarine/Coastal Waters Using Elemental Analysis).

Per quanto riguarda i nutrienti disciolti (azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, orto fosfati), solidi sospesi (TSS) e Clorofilla a, il campionamento dovrà essere eseguito secondo il metodo CNR-IRSA-APAT 1030; i campioni per la determinazione dei

parametri suddetti dovranno essere filtrati su un filtro con porosità di 0,45 µm in acetato di cellulosa, come riportato nei metodi CNR-IRSA-APAT 1030.

Per le determinazioni di DOC, POC e TPN i campioni devono essere filtrati su filtri in fibra di vetro GF/F precedentemente muffolati a 450° per almeno 4 ore. Il campionamento, la conservazione dei campioni e le analisi devono essere condotti secondo quanto riportato in Manuali e Linee Guida 56/2010 Metodologie di studio del plancton marino.

#### *Parametri chimici*

Devono essere utilizzati per ogni parametro i contenitori e le temperature di trasporto indicate dal metodo analitico scelto per l'analisi.

Per i parametri per i quali sono previsti dei valori per gli standard di qualità ambientale, le caratteristiche di prestazione dei metodi analitici impiegati (limite di quantificazione e incertezza di misura) devono essere conformi ai requisiti previsti dal D.Lgs. 219 del 2010. I metodi analitici impiegati devono essere adeguatamente validati e documentati in conformità ai criteri descritti in Linee Guida riconosciute a livello nazionale o internazionale (ad esempio Guida Eurachem. Idoneità per lo scopo dei metodi analitici. Guida per i laboratori sulla validazione dei metodi e argomenti correlati, Rapporti Istisan 16/39) e deve essere garantita la partecipazione del laboratorio a circuiti di proficiency testing specifici per le matrici marine investigate.

Si riportano alcuni riferimenti bibliografici e metodiche:

- Linee Guida SNPA 13/2018 (ex Manuali e Linee Guida ISPRA 181/2018). Il campionamento delle acque interne finalizzato alla determinazione dei parametri chimici e misura in campo dei parametri chimico fisici di base per la Direttiva quadro sulle acque 2000/60;
- ICRAM-MATT, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003) (<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010000/10087-metodologie.pdf/>);
- APAT Manuali e Linee Guida 29/2003 Metodi analitici per le acque, Metodo 1030;
- Linee Guida SNPA n. 10/2018 (ex Manuali e Linee Guida ISPRA n. 176/2018). Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia, (<https://www.snpambiente.it/2018/02/24/linee-guida-sulle-analisi-di-sostanze-prioritarie-in-matrici-marine-parte-ii-idrocarburi-policiclici-aromatici-e-metalli-ed-elementi-in-traccia/>);
- UNI EN ISO 9377-2:2002. Qualità dell'acqua - Determinazione dell'indice di idrocarburi Metodo mediante estrazione con solvente e gascromatografia;
- U.S.EPA, 2003. Method 552.3 Determination of haloacetic acids and dalapon in drinking water by liquid-liquid microextraction, derivatization, and gas chromatography with electron capture detector detection. Washington, DC;
- U.S.EPA, 1995. Method 551.1 Determination of chlorinated disinfection byproducts, chlorinated solvents, and halogenated pesticide/herbicides in drinking water by liquid-liquid extraction and gas chromatography with electron capture detector. Washington, DC;
- U.S.EPA, 1996. Method 1653 Chlorinated Phenolics in Wastewater by In Situ Acetylation and GCMS. Washington, DC;

- U.S.EPA, 2003. Method 5030C (SW-846) Purge-and-Trap for Aqueous Samples, Revision 3. Washington, DC;
- European Commission, 2009. Guidance Document n.19. Guidance on surface water chemical monitoring under the Water Framework Directive;
- HELCOM COMBINE Annex B-11, 2014. Technical note on the determination of heavy metals and persistent organic compounds in seawater, update ([https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/Manual\\_for\\_Marine\\_Monitoring\\_COMBINE\\_Programme\\_HELCOM.pdf](https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/Manual_for_Marine_Monitoring_COMBINE_Programme_HELCOM.pdf));
- UNEP/MED WG.482/15, 2020 "Monitoring Guidelines/Protocols for Sampling and Sample Preservation of Seawater for IMAP Common Indicator 17: Heavy and Trace Elements and Organic Contaminants", Integrated Meetings of the Ecosystem Approach Correspondence Groups on IMAP Implementation (CORMONs), 1-3 December 2020 ([https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34255/20wg482\\_15\\_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34255/20wg482_15_eng.pdf?sequence=1&isAllowed=y)).

## 6.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento definisce valori di Standard di Qualità Ambientale (SQA) per la qualità delle acque marino-costiere e di transizione. In particolare, i riferimenti sono riportati nelle Tabb. 1/A e 1/B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.

Per i parametri analitici non presenti nella suddetta normativa sarà necessario, nella valutazione dei risultati, riferirsi ai dati dello Studio di Impatto Ambientale e ai valori riscontrati nelle aree di bianco spaziale, nonché ai risultati acquisiti nella *fase ante operam* (bianco temporale).

# CAPITOLO 7. MODELLI PREVISIONALI PER LO STUDIO DELLA DISPERSIONE DELLE ACQUE DI SCARICO E DEI SEDIMENTI POTENZIALMENTE RISOSPENDIBILI

L'analisi dei processi fisici della circolazione e dei processi di dispersione in aree marino-costiere, mediante modelli previsionali, assume particolare rilievo da un punto di vista applicativo per la valutazione della capacità di diluizione dell'acqua fredda e clorata scaricata in mare durante l'esercizio dei terminali di rigassificazione e per la conseguente valutazione della qualità delle acque e dell'associato rischio di impatto sull'ambiente.

Lo studio modellistico adottato dovrà essere accompagnato da una descrizione degli strumenti e delle impostazioni utilizzati in relazione alle peculiarità dell'area di studio e alla tipologia di scarico simulato. In particolare, dovrà essere data opportuna motivazione delle singole scelte e delle ipotesi modellistiche adottate per la previsione e la verifica degli impatti, secondo i criteri di seguito sinteticamente descritti.

## 7.1 SELEZIONE DEL CODICE DI CALCOLO, IPOTESI MODELLISTICHE E RISOLUZIONE DEL DOMINIO DI CALCOLO

Nella selezione del codice di calcolo si deve tenere conto di:

- geometria del pennacchio;
- diluizione lungo la linea mediana del pennacchio stesso, dalla zona di miscelamento iniziale del getto (campo vicino) fino a grandi distanze dallo scarico (campo lontano) nelle seguenti condizioni:
  - condizioni ambientali diversificate;
  - configurazioni dello scarico;
  - condizioni operative peggiori (massimo scarico a pieno regime).
- morfologia, profondità ed estensione del corpo idrico ricevente.

Per gli strumenti modellistici selezionati deve essere riportata una descrizione di:

- equazioni fisiche risolte dai codici di calcolo;
- procedure di calibrazione e validazione preliminari e successive alla messa in esercizio;
- criticità operative per la selezione dei parametri degli scenari di simulazioni.

Devono essere chiaramente riportate le ipotesi su cui si basa il modello selezionato in relazione agli obiettivi degli studi.

Le ipotesi modellistiche selezionate devono essere coerenti con le equazioni fisiche risolte dal modello scelto, con la risoluzione spaziale (orizzontale e verticale) del dominio di calcolo e con la risoluzione

temporale auspicabile dei risultati numerici da definire in relazione a:

- i processi che possono incidere sulla dinamica e sull'estensione del getto;
- i database (di onda, vento, campo barico, etc.) disponibili, impiegati per la validazione dei modelli numerici e per la definizione delle variabili meteo-marine.

A tal proposito deve essere esplicitato se, in relazione alle caratteristiche del getto, è lecito attendersi che:

- il flusso immesso nel corpo idrico possa interferire (o alternativamente non interferisca in alcun modo) con il campo delle correnti locali;
- il trasporto avvenga per moto convettivo (indotto dal moto medio del fluido ambiente) e/o per moto dispersivo (causato dall'agitazione turbolenta del fluido ambiente e/o per moto diffusivo (determinato dai gradienti di concentrazione molecolare esistenti);
- in corrispondenza delle immissioni si verifichi una miscelazione totale e istantanea delle diverse sostanze trasportate lungo la colonna d'acqua, in seguito alla quale si possano considerare costanti la geometria della sezione, la pendenza e la portata.

## 7.2 IMPOSTAZIONE DELLE CONDIZIONI INIZIALI E AL CONTORNO E SELEZIONE DEGLI SCENARI

Lo studio dei fenomeni collegati con la dispersione delle acque di scarico in ambiente marino si basa su un'enorme quantità di informazioni. Ciò implica che devono essere attentamente valutate, il numero e la tipologia di condizioni ambientali da considerare per l'implementazione delle simulazioni numeriche al fine di riprodurre la variabilità del fenomeno in modo quanto più aderente alla realtà e con tempi di computazione compatibili con le potenze di calcolo normalmente disponibili. La scelta dei termini forzanti deve quindi permettere di riprodurre la variabilità spazio-temporale del pennacchio, generato dallo scarico, in scenari rappresentativi di diverse condizioni (es. climatiche, pluviometriche, idrologiche, meteo-marine) generalmente identificabili in:

- condizioni di notevole durata del tempo secco, sulla base di studi climatologici;
- condizioni ricorrenti, sulla base di studi climatologici e meteo-marini;
- condizioni di notevole intensità ed estreme (es. mareggiate, intensi apporti fluviali, troppo pieno degli scarichi per piogge intense);
- condizioni critiche, sulla base dell'esperienza e dei potenziali impatti attesi in relazione alle peculiarità sito-specifiche, operative e ambientali (es. presenza di recettori sensibili da tutelare).

Dovranno essere fornite le seguenti informazioni e i dati di input utilizzati nel modello.

- dati relativi al corpo recettore:
  - batimetria con una risoluzione spaziale adeguata a quella scelta per il modello;
  - presenza di strutture antropiche interferenti;
  - forzanti idrodinamiche: climatiche, meteo-marine.
- dati relativi allo scarico:
  - portata massima del rilascio ( $m^3/h$ );
  - velocità del rilascio ( $m/sec$ );

- temperatura, salinità o densità;
- regime continuo o discontinuo nel tempo dello scarico;
- forma, dimensioni, sezione, posizionamento (anche in relazione alla profondità), ed orientazione dello scarico.
- impostazioni e selezione degli scenari:
  - la provenienza del dataset in esame;
  - la risoluzione temporale e spaziale e l'incidenza sulle scelte adoperate per l'implementazione dei modelli;
  - in caso di predisposizione di un numero limitato di condizioni ambientali, altresì detti "scenari", esplicitare i vantaggi nel risolvere l'analisi del processo investigato in diverse condizioni ambientali (es. clima meteo-marino, forzante di marea e condizioni di stratificazione della colonna d'acqua) e la tecnica di analisi statistica utilizzata per l'analisi dei dati impiegati a garanzia della significatività e della rappresentatività degli scenari selezionati;
  - in caso di utilizzo di un arco temporale di media-lunga durata rappresentativo di un determinato periodo dell'anno per risolvere l'analisi del processo del ciclo di produzione, esplicitarne i motivi e i vantaggi, considerando inoltre che, in questo caso, la costruzione del dataset dovrà tenere conto di una finestra temporale adeguata in funzione del tipo di processo che si vuole studiare.

### 7.3 ASPETTI DA CONSIDERARE PER RIDURRE I FATTORI DI INCERTEZZA

Nell'impostare i modelli numerici vi sono vari aspetti da considerare per ridurre i fattori di incertezza che vanno attentamente soppesati e considerati. Possono contribuire all'incertezza delle simulazioni fattori legati a:

- elementi strutturali del codice numerico, ovvero ad aspetti che impongono limitazioni sulle capacità del modello di rappresentare i processi fisici di trasporto e degradazione, quali:
  - la scelta delle equazioni primitive (ad es. l'uso o meno dell'approssimazione idrostatica per un modello idrodinamico);
  - lo sviluppo dello schema per la soluzione di tali equazioni (risoluzione del grigliato, passo temporale, metodi numerici utilizzati per la risoluzione delle equazioni differenziali).
- parametri (o coefficienti) empirici utilizzati che influiscono sulla dinamica del getto (es: turbolenza, *drag* del vento e diffusione delle molecole), in genere selezionati in base alla combinazione tra studi di laboratorio, analisi teoriche e in funzione all'esperienza dei modellisti; questi parametri sono spesso utilizzati anche per compensare gli errori strutturali del modello, ma il fatto che non sempre possono essere mutuati direttamente da database sperimentali o dalla letteratura può rappresentare un ulteriore elemento di complessità;
- modalità di implementazione delle condizioni iniziali relative al campo idrodinamico e all'evento di sversamento ed eventuale impostazione di un periodo di "spin-up" adeguato nei casi in cui al tempo iniziale della simulazione idrodinamica (tempo  $t = 0$ ), il campo di velocità sia nullo (in mancanza di dati sufficienti a riprodurne lo stato iniziale). Il periodo di spin-up del modello idrodinamico può variare da pochi giorni a diverse settimane, a seconda delle scale del sistema;
- modalità di implementazione delle condizioni al contorno comprese sia le forzanti fisiche che

- quelle relative alla sorgente dello scarico;
- errori numerici: questo tipo di incertezza deriva dai limiti nei processi iterativi di analisi numerica utilizzati per risolvere le equazioni differenziali e dal numero finito di cifre significative che rappresentano i numeri reali.

#### 7.4 VERIFICA DEI RISULTATI DELLE SIMULAZIONI MEDIANTE CONFRONTO CON DATI DI MONITORAGGIO

La bontà dei risultati prodotti dal modello deve essere verificata sia rispetto alla capacità di riprodurre le condizioni ambientali dell'area (questa verifica può essere condotta in *fase ante operam* e in *fase di esercizio*) che alla specifica dinamica del pennacchio generato dallo scarico (questa verifica deve necessariamente essere condotta in fase di esercizio, una volta che sarà possibile acquisire dati di campo sulla presenza del pennacchio).

Per quanto riguarda le condizioni ambientali, occorre quantomeno verificare che il modello sia correttamente in grado di ricostruire il regime delle correnti e la temperatura dell'acqua. Ove rilevanti, ad esempio all'interno di bacini portuali, sarà opportuno anche verificare la corretta riproduzione dei livelli marini, mentre nelle aree di mare aperto servirà verificare la corretta riproduzione del moto ondoso. Relativamente al regime delle correnti si dovrà verificare la corretta riproduzione (con riferimento a direzioni di propagazione ed intensità medie e massime) in corrispondenza del punto di scarico. Qualora sia presente un'alta variabilità di tale regime all'interno del dominio computazionale occorrerà ripetere tale confronto anche in altri punti rappresentativi. Nel caso di aree con acque fortemente stratificate e condizioni di correnti altamente variabili lungo la verticale, dovrà essere verificata, inoltre, la corretta riproduzione dei diversi regimi delle correnti lungo la colonna d'acqua. Relativamente alla temperatura dell'acqua, sarà necessario verificare la sua corretta riproduzione all'interno dell'intero dominio computazionale ed in particolare anche la capacità di riprodurre eventuali processi di stratificazione in relazione al gradiente termico.

Per quanto riguarda la verifica della capacità del modello di riprodurre la dinamica del pennacchio generato dallo scarico e quindi l'impatto generato in termini di variazione di temperatura dell'acqua e concentrazione del cloro, in questo particolare tipo di effluente, si identificherà la temperatura dell'acqua come parametro principale. Tale scelta è giustificata dalla maggior facilità sia in termini di maggiore robustezza delle equazioni utilizzate nei modelli che di maggior disponibilità di dati di osservazione. La mappatura delle aree impattate dal "plume" per tramite del parametro "temperatura dell'acqua" renderà poi possibile identificare le aree da investigare per caratterizzare l'impatto legato alla concentrazione di cloro. La verifica degli esiti modellistici sarà eseguita verificando la corrispondenza durante la fase di esercizio, a diversa distanza dal punto di scarico e a diverse profondità, tra gli esiti modellistici e i dati osservati.

Eventuali ulteriori parametri di interesse andranno valutati in relazione al caso specifico.

Si ribadisce l'importanza di disporre di simulazioni numeriche omogenee e confrontabili per tutte le fasi del progetto in esame.

## 7.5 VALUTAZIONI SULLA FRAZIONE DEI SEDIMENTI POTENZIALMENTE RISOSPENDIBILI

La previsione degli effetti sul trasporto del sedimento può essere condotta con la duplice finalità di valutare gli effetti di breve durata dovuti a:

1. risospensione dei sedimenti movimentati durante la messa in opera delle strutture;
2. interferenze del pennacchio con il fondo durante la fase di esercizio.

Per quanto riguarda il punto 1, in relazione alle modalità di lavoro, devono essere definite le possibili sorgenti di risospensione (in termini fisici e di durata) che alimentano la massa totale di sedimento fine disponibile al trasporto nel campo lontano. In particolare, devono essere esplicitate le informazioni inerenti:

- le modalità di lavoro, da cui dipendono la tipologia del termine sorgente e le tempistiche delle operazioni di movimentazione;
- la natura del sedimento, da cui dipende la quantificazione del volume totale di sedimento fine effettivamente disponibile per il trasporto nel campo lontano;
- il frazionamento (eventuale) del termine sorgente nell'intero ciclo della movimentazione (ossia distribuzione del volume totale di sedimento fine disponibile).

Per approfondimenti in merito alla caratterizzazione delle possibili sorgenti di risospensione riconducibili alle operazioni di movimentazione si rimanda al MLG ISPRA 169/2017 (Lisi et al., 2017).

Per quanto riguarda il punto 2, qualora, in funzione delle peculiarità dello scarico (es. portata, velocità del rilascio, tipologia, dimensioni, posizione ed orientazione dello scarico), della morfologia dei fondali e della tipologia dei sedimenti al fondo (quali ad esempio presenza di contaminanti, alta percentuale della frazione granulometrica fine), non sia possibile escludere interferenze del pennacchio con il fondo, l'impostazione degli studi modellistici dovrà tenere conto della composizione dei sedimenti potenzialmente risospendibili.

In prima approssimazione, potranno essere condotte valutazioni sull'estensione del getto mediante utilizzo di formulazioni semplificate e metodi speditivi<sup>1</sup> che consentano di calcolare gli effetti della corrente prevalente su diluizione ed estensione del plume.

Qualora mediante l'applicazione di metodi speditivi non sia possibile escludere interferenze del getto con il fondo si dovrà procedere con l'implementazione di appositi modelli di trasporto solido. In questo caso la frazione potenzialmente sospensibile dovrà essere schematizzata come una miscela costituita da particelle con dimensioni medie rappresentative di diverse classi granulometriche.

A tal fine si dovrà distinguere tra le classi in grado di rappresentare il sedimento a comportamento non coesivo (sabbia) e le classi in grado di rappresentare il sedimento a comportamento coesivo (argilla e limo).

È importante che siano chiaramente definiti (Lisi et al., 2023; Sun et al., 2020):

---

<sup>1</sup> È possibile determinare l'apertura del getto, usando la formula  $b = z \cdot \tan \alpha$ , dove  $b$  rappresenta il raggio del getto. Tale modello semplificato dovrebbe prevedere correzioni empiriche che rendano adattabili le ipotesi di getto ideali a casi reali. Tale modello empirico è stato sviluppato per getti monofase, ossia che si estendono prevalentemente in una direzione il proprio asse  $z$  (o  $y$ ) e molto meno lungo l'altra. In questo caso l'angolo di apertura di un getto può essere idealmente considerato costante ed indipendente dalle caratteristiche dinamiche del fluido alla sorgente. Da test sperimentali è posto generalmente pari a  $\alpha = 6^\circ$ .

- i coefficienti noti di erodibilità al fondo e di dispersione e diffusione dei sedimenti immessi dalle diverse sorgenti;
- le classi sedimentarie caratteristiche e le percentuali tra la frazione sedimentaria non-coesiva e coesiva;
- all'interno della frazione coesiva le percentuali di argilla e limo costituenti la miscela di natura fangosa;
- le classi del sedimento costituenti la torbidità espressa in funzione, sia della percentuale di fango (intesa come miscela di argilla e limo) sia, qualora possibile e utile in relazione agli apporti dalle sorgenti principali del sito, della componente organica.

Nel caso in cui siano attese modificazioni dell'idrodinamica causate dalla messa in opera delle nuove strutture in grado di alterare la locale dinamica sedimentaria a diverse distanze dal sito di intervento, si suggerisce di condurre approfondimenti anche mediante l'utilizzo di modelli morfodinamici per supportare valutazioni sulle possibili modificazioni che potrebbero aversi sulla morfologia del fondale su scale spaziali e temporali più ampie di quelle interessate dalle attività di cantiere e di esercizio dell'opera. Si rimanda a Lisi et al., 2017 per dettagli sull'impiego dei modelli negli studi di morfodinamica in relazione alle peculiarità dell'area di indagine (aree confinate, litoranee, al largo) e alla tipologia di effetti attesi (di breve e lungo periodo).

## 7.6 RESTITUZIONE DEI DATI

Dovranno essere predisposti e riportati degli opportuni output grafici volti a identificare le aree interessate dai processi di trasformazione e dispersione del pennacchio nelle diverse condizioni ambientali (scenari di dispersione).

Le elaborazioni dovranno essere restituite in un formato grafico che agevoli l'interpretazione e l'individuazione delle aree critiche in relazione all'intensità e alla direzione delle correnti e ai livelli di agitazione idrodinamica in aree prossime alle sorgenti e ai target ambientali sensibili.

A titolo esemplificativo, ma non esaustivo, per ciascuna delle aree di interesse selezionate dovranno essere prodotti almeno i seguenti elaborati:

1. mappe dei parametri idrodinamici e oceanografici (es. correnti, temperatura, salinità, concentrazioni degli inquinanti) per strati (layer) rappresentativi di diverse profondità, funzionali alla caratterizzazione dei livelli di agitazione idrodinamica in diverse condizioni forzanti;
2. estrazioni di profili verticali, in punti selezionati all'interno dei domini di calcolo, per rappresentare la variabilità lungo la colonna d'acqua (giornaliera, mensile e stagionale) di parametri selezionati tra quelli forniti dal modello.

## CAPITOLO 8. SEDIMENTI MARINI

I sedimenti marini giocano un ruolo fondamentale per lo stato di salute degli ecosistemi acquatici in quanto habitat di molti organismi, sostegno per la flora e la fauna acquatica, ma anche come comparto di accumulo di molti inquinanti potenzialmente tossici, persistenti e bioaccumulabili. Tali inquinanti, oltre a produrre effetti diretti sugli organismi bentonici, potrebbero comportare, a causa del loro trasferimento attraverso la rete trofica e la loro diffusione e risospensione nella colonna d'acqua, un rischio a lungo termine per la vita acquatica. Nell'ambito del monitoraggio degli ambienti marini, le indagini di tipo fisico, chimico ed ecotossicologico sui sedimenti costituiscono un approccio integrato per la valutazione della qualità dei sedimenti, di particolare importanza nella realizzazione di opere in ambiente marino.

L'analisi delle caratteristiche tessiturali del sedimento è il primo passo per valutare i potenziali impatti sull'ecosistema marino, in quanto la frazione fine costituisce l'ambiente preferenziale per l'accumulo di inquinanti; inoltre, la sua movimentazione potrebbe comportare la reintroduzione degli inquinanti nella colonna d'acqua e nel ciclo del particolato per risospensione.

### 8.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI MONITORAGGIO

L'estensione delle aree di indagine deve essere tale da rilevare un eventuale gradiente di impatto (ovvero dal punto di massima pressione, nei pressi dell'opera, fino alla zona di interferenza minima o trascurabile) e deve tenere conto delle caratteristiche dell'ambiente marino interessato dall'opera e di quanto emerso nel SIA.

Le attività d'indagine sui sedimenti dovranno essere svolte in tutte le fasi del monitoraggio e il disegno di campionamento, ovvero il numero e il criterio di posizionamento delle stazioni dovrà essere elaborato in base alla tipologia dell'opera (rigassificatori o gasdotti). Per i **rigassificatori**, in tutte le fasi di monitoraggio, le stazioni dovranno essere posizionate a distanze progressive dalla posizione dello scarico, al fine di identificare i possibili gradienti dei parametri analizzati.

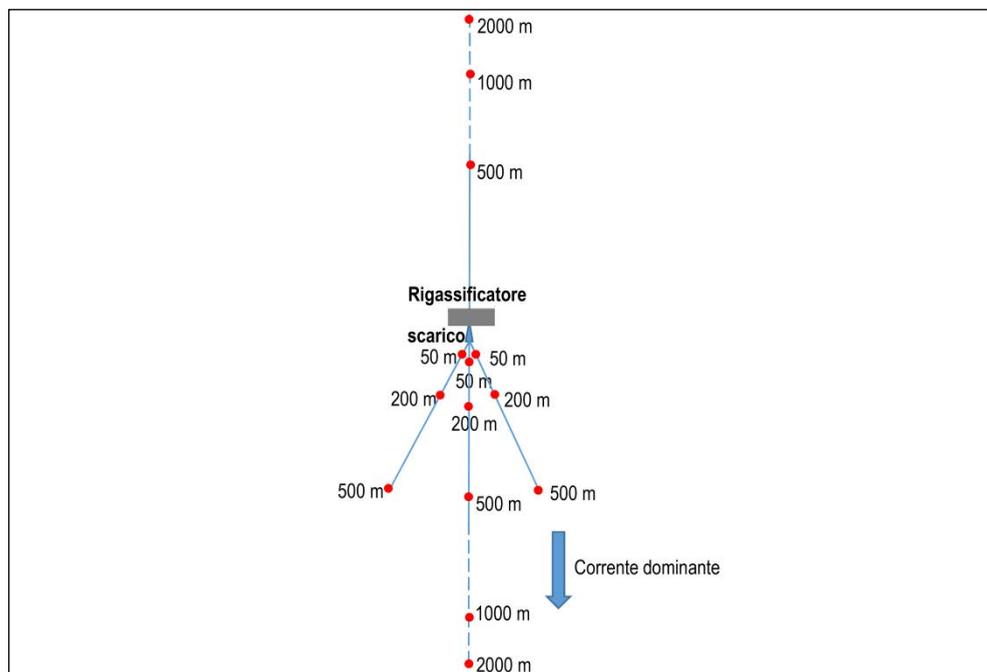
Nell'area interessata dall'opera le stazioni dovranno essere posizionate in un numero sufficiente a caratterizzare i sedimenti nell'area di intervento. Si ritiene congruo individuare un numero minimo di 14 stazioni. Ove possibile, è raccomandabile prevedere un piano di campionamento con il posizionamento delle stazioni su almeno 4 transetti, orientati tenendo in considerazione la direzione della corrente dominante. In figura 8.1.1. viene rappresentato un possibile posizionamento delle stazioni da applicare in tutte le fasi di monitoraggio:

- un transetto posizionato lungo la direzione della corrente dominante con stazioni a distanze progressive dalla posizione dello scarico a 50m, 200m e 500m, con l'aggiunta di due stazioni a 1000m e 2000m;
- ulteriori due transetti posizionati lungo l'area di potenziale dispersione della plume dello scarico (a seguito delle risultanze del modello previsionale) con stazioni alle distanze di 50m, 200m e 500m;

- un transetto in direzione opposta alla corrente dominante, presumibilmente non impattato dall'opera, con stazioni posizionate alle distanze di 500m, 1000m e 2000m con la funzione di bianco spaziale.

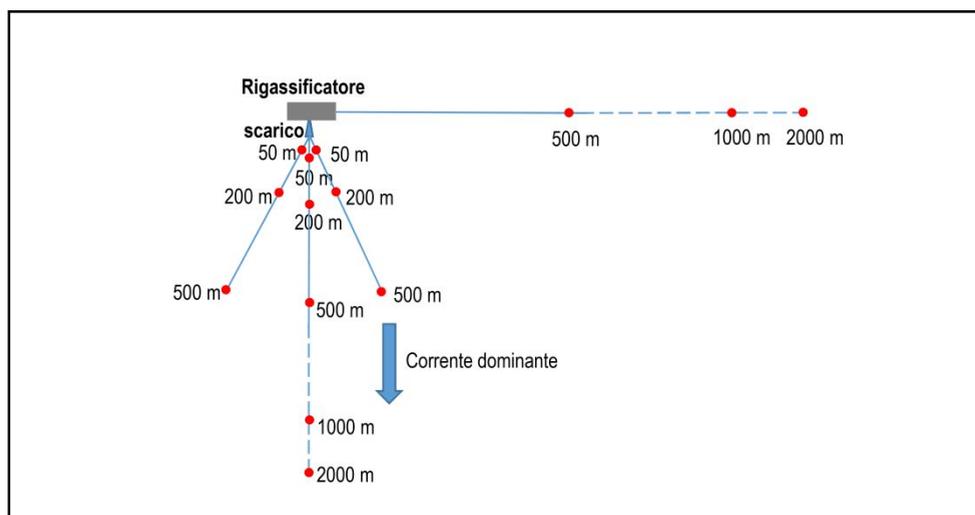
Laddove le stazioni per questioni di sicurezza non potessero essere posizionate a 50 m dalla posizione dello scarico, queste potranno essere poste ad una distanza maggiore, ma comunque possibilmente entro i 100 m dalla stessa.

Figura 8.1.1: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento per i sedimenti per i rigassificatori senza strutture di attracco, in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



Nei rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio), ove non sia possibile il posizionamento di questo ultimo transetto in direzione opposta alla corrente dominante, dovranno essere previste almeno ulteriori 3 stazioni disposte su un transetto al di fuori dell'area di potenziale dispersione della plume dello scarico. In tal caso un possibile posizionamento delle stazioni potrebbe essere quello proposto in figura 8.1.2.

Figura 8.1.2: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento per i sedimenti nel caso di rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio), in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



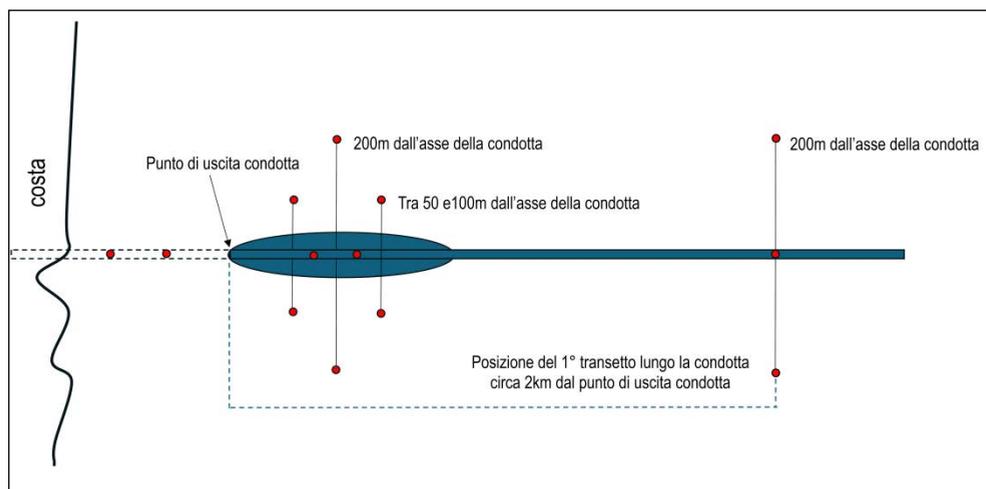
Ad ogni modo, le distanze tra le stazioni e le direzioni dei transetti dovranno essere opportunamente definite in base alle caratteristiche del sito, dello scarico e delle risultanze dei modelli previsionali di dispersione, nonché alle ulteriori attività previste dal Progetto, quali ad esempio attività di dragaggio o costruzione di barriere artificiali. A tal riguardo, in presenza di strutture artificiali previste dal Progetto, il piano di monitoraggio dovrà prevedere ulteriori stazioni nelle immediate vicinanze di quest'ultime e relative stazioni di controllo spaziale. Il disegno di monitoraggio e il numero di stazioni totale dovrà essere pertanto ottimizzato sulla base delle esigenze complessive del Progetto.

Per il **gasdotto**, in tutte le fasi di monitoraggio, le stazioni dovranno essere posizionate in un numero sufficiente a caratterizzare i sedimenti nell'area di intervento. Il numero delle stazioni di monitoraggio dipenderà dalla lunghezza del gasdotto, dalla presenza e dal numero di eventuali cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione, dall'entità della movimentazione per l'attraversamento della linea di costa e dalla eventuale movimentazione per l'interro della condotta e dei cavi a servizio, qualora presenti.

In figura 8.1.3 viene rappresentato un possibile posizionamento delle stazioni da applicare in tutte le fasi di monitoraggio, nel caso in cui l'attraversamento della linea di costa venga effettuato con tecnologia trenchless:

- almeno 2 stazioni da posizionare tra la linea di costa e il punto di uscita a mare del gasdotto;
- ulteriori 8 stazioni, di cui 2 da posizionare lungo il tracciato e 3 per ciascun lato rispetto all'asse del gasdotto, in corrispondenza dell'area di uscita a mare dello stesso (due ad una distanza compresa tra 50 e 100m rispetto all'asse del gasdotto ed una a circa 200m).

Figura 8.1.3: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento dei sedimenti per i gasdotti nel caso in cui l'attraversamento della linea di costa venga effettuato con tecnologia trenchless, in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



Oltre il punto di uscita del gasdotto, qualora sia prevista la movimentazione dei fondali, dovranno essere posizionati, transetti perpendicolari al tracciato ogni 2 chilometri con almeno 3 stazioni (una lungo il tracciato e una per ciascun lato rispetto all'asse del gasdotto entro una distanza non superiore a 200 metri). Il primo transetto dovrà essere localizzato a circa 2 km dal punto di uscita del gasdotto. Nel caso in cui il tracciato del gasdotto sia inferiore ai 4 chilometri dal punto di uscita del gasdotto, dovranno essere comunque previsti almeno 2 transetti.

Nel caso in cui sia prevista la posa di eventuali cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione, il numero di stazioni sui transetti sopraindicati dovrà essere opportunamente aumentato per garantire il monitoraggio delle aree sottoposte a movimentazione per questi cavi.

Ulteriori stazioni di monitoraggio dovrebbero essere previste qualora l'area di intervento evidenziasse particolari eterogeneità dal punto vista sedimentologico lungo il tracciato.

Infine, qualora non sia prevista alcuna movimentazione del fondale oltre l'area di uscita a mare del gasdotto, non sarà necessario effettuare il monitoraggio dei sedimenti.

Sia per il **rigassificatore** sia per il **gasdotto**, qualora sia verificata la vicinanza di impianti di allevamento di bivalvi e/o di specie ittiche, o di ambienti sensibili, quali ad esempio praterie di fanerogame marine, aree a fondi duri, banchi naturali di bivalvi, dovrà essere considerata la necessità di prevedere stazioni aggiuntive in prossimità di tali ambienti per valutare un loro potenziale interessamento, anche applicando i modelli previsionali di dispersione.

Per tutte le fasi di monitoraggio, sia per il rigassificatore sia per il gasdotto, sarà necessario produrre una cartografia di dettaglio con il posizionamento delle stazioni di campionamento in relazione alle relative opere progettuali e alla presenza di impianti di allevamento di bivalvi e/o specie ittiche, e/o di eventuali ambienti sensibili.

## 8.2 PARAMETRI DESCRITTORI

Per i **rigassificatori** i parametri da analizzare sui campioni di sedimento superficiale (0-5 cm) dovranno essere selezionati tenendo in considerazione le principali normative di riferimento per la tutela dell'ecosistema marino (D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii.; D.M. 173/2016), unitamente alle caratteristiche delle opere e dell'ambiente marino.

I parametri da monitorare sulla matrice sedimenti sono riportati nella tabella 8.2.1. Potrebbe essere necessario prevedere ulteriori specifici parametri indicativi del potenziale impatto dell'opera, emersi in fase di SIA. Ad esempio, laddove siano previsti ulteriori scarichi rispetto a quelli connessi al processo di rigassificazione, potranno essere considerati specifici parametri riconducibili alla tipologia dell'effluente sversato (nel caso di scarico di reflui civili dovranno essere considerati anche i parametri microbiologici: *Escherichia coli*, spore di clostridi solfitoriduttori, *Salmonella* spp., streptococchi fecali, enterococchi).

Tabella 8.2.1 Elenco dei parametri fisico-chimici e chimici da analizzare per il rigassificatore e per il gasdotto sulla matrice sedimenti, in tutte le fasi di monitoraggio. I parametri contrassegnati in grassetto sono quelli per i quali la normativa prevede valori di riferimento per la matrice sedimento (Tabb. 2A, 3A e 3B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.; Tab. 2.4 del D.M. 173/2016). Le analisi dei composti volatili devono essere condotte sui campioni tal quali.

Elenco dei parametri fisico chimici e chimici da analizzare sulla matrice sedimenti
Granulometria, percentuale di umidità, peso specifico
<b>Carbonio organico totale (TOC)</b>
Nutrienti: azoto totale, fosforo totale
Elementi in tracce: <b>As, Cd, Cr tot., Cu, Hg, Ni, Pb, Zn, V, Al, Fe, Mn</b>
Cloro
<b>Cromo esavalente (Cr VI)</b>
<b>Idrocarburi C &gt;12</b>
Pesticidi organoclorurati (Tabb. 2/A e 3/A del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., Tab. 2.4 D.M. 173/2016): <b>Aldrin, Dieldrin, Endrin, <math>\alpha</math>-HCH, <math>\beta</math>-HCH, <math>\gamma</math>-HCH (Lindano), DDD, DDT, DDE (per ogni sostanza la somma degli isomeri 2,4 e 4,4), HCB, Eptacloro epossido</b>
Policlorobifenili (Tab. 3/B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e Tab. 2.4 D.M. 173/2016): <b>PCB 28, PCB 52, PCB 77, PCB 81, PCB 101, PCB 118, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 169, PCB 180</b>
Idrocarburi Policiclici Aromatici (Tabb. 2/A e 3/A del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., Tab. 2.4 D.M. 173/2016): <b>Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3,c-d)pirene</b>
<b>Diossine e furani, PCB diossina simili e loro sommatoria (elenco di cui alle note della tabella 3/A del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.)</b>
Composti organostannici: <b>monobutilstagno, dibutilstagno, tributilstagno e loro sommatoria</b>
Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): PFOS, PFOA, PFBA, PFPeA, PFHxA, PFBS
Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, bromoformio, cloroformio, dibromoclorometano, diclorometano, tetracloruro di carbonio, 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 tricloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 tricloro-2-propanone

Elenco dei parametri fisico chimici e chimici da analizzare sulla matrice sedimenti
Aloacetoni-trili: bromocloroacetoni-trile, bromodichloroacetoni-trile, dibromoacetoni-trile, dichloroacetoni-trile, trichloroacetoni-trile
Alofenoli: clorofenoli (2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo) e bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6 dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo)
Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dichloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, trichloroacetico

Dovranno inoltre essere eseguiti saggi ecotossicologici sui sedimenti superficiali (0-5 cm) tramite una batteria di organismi target appartenenti a tre differenti livelli trofici e tassonomici. L'intera batteria di saggi ecotossicologici dovrà essere eseguita in corrispondenza di un numero di stazioni pari ad almeno la metà di quelle previste per i parametri fisico-chimici (almeno 7 stazioni). Le stazioni dovranno preferenzialmente essere selezionate tra quelle poste lungo la plume dello scarico mentre almeno 2 stazioni dovranno essere sufficientemente distanti dall'area di intervento così da poter costituire un bianco spaziale.

Per quanto riguarda i **gasdotti** i parametri da analizzare sui campioni di sedimento superficiale (0-5 cm) saranno i medesimi individuati per i rigassificatori (Tab. 8.2.1), selezionati tenendo in considerazione le principali normative di riferimento per la tutela dell'ecosistema marino (D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii., in particolare il paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza; D.M. 173/2016), unitamente alle caratteristiche delle opere e dell'ambiente marino. Dovrà anche essere eseguita, sui sedimenti superficiali, la medesima batteria di saggi ecotossicologici dettagliata per i rigassificatori, in almeno la metà delle stazioni nelle quali sono previsti i parametri fisico-chimici.

### 8.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

Tenendo in considerazione le caratteristiche dell'area marina, la tipologia di installazione ed il cronoprogramma dei lavori in fase di cantiere, si dovrà prevedere la seguente frequenza e durata delle attività di monitoraggio per tutti i parametri previsti.

Per quanto riguarda il **rigassificatore**:

- in *fase ante operam*, una campagna prima dell'inizio delle attività di cantiere;
- in *fase di cantiere*, una campagna al termine della realizzazione dell'opera, comunque entro 6 mesi dal termine dell'attività di messa in posa della struttura;
- in *fase di esercizio*, una campagna annuale per tutta la durata della vita dell'opera. In relazione alla valutazione dei risultati acquisiti nei primi 5 anni, il numero di stazioni ed i parametri da analizzare potranno subire modifiche apportando eventuali integrazioni o riduzioni.

Per quanto riguarda il **gasdotto**:

- in *fase ante operam*, una campagna prima dell'inizio delle attività di cantiere;
- in *fase di cantiere*, una volta al termine della realizzazione dell'opera, comunque entro 6 mesi dal termine dell'attività di messa in posa della struttura;
- in *fase di esercizio*, una campagna annuale per almeno 2 anni dopo il termine delle attività di posa; successivamente, in relazione alla valutazione dei risultati acquisiti, potrà essere valutata la prosecuzione delle attività di monitoraggio.

## 8.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda il campionamento, il prelievo del sedimento superficiale potrà essere effettuato mediante benna o box corer. I campioni dovranno essere prelevati con una spatola di acciaio inox pulita, al fine di evitare un'eventuale contaminazione del materiale prelevato da parte di sostanze plastiche, poi omogenizzati in opportuni contenitori di porcellana/vetro/acciaio, suddivisi nelle diverse aliquote per le analisi e quindi opportunamente conservati secondo quanto riportato in ICRAM-MATT, 2001 e successivi aggiornamenti. Dovranno essere comunque utilizzati per ogni parametro i contenitori e le temperature di trasporto indicate dal metodo analitico scelto per l'analisi.

Si riportano di seguito alcuni riferimenti bibliografici e metodiche per le analisi dei sedimenti.

### *Granulometria*

- Linee Guida SNPA 18/2018. Linee guida sulle analisi granulometriche dei sedimenti marini. I risultati delle analisi granulometriche eseguite sui campioni di sedimento dovranno essere resi utilizzando la classificazione ternaria di Shepard in sabbia, limo e argilla.

### *Carbonio organico Totale (TOC)*

- UNI EN 15936:2022. Metodiche per la determinazione del TOC (Carbonio Organico Totale);
- ICRAM-MATT, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003) (<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010000/10087-metodologie.pdf>).

### *Nutrienti (Azoto totale, Fosforo totale)*

- Azoto Totale:
  - EPA Method 440 (specifico per sedimento marino). Determination of Carbon and Nitrogen in Sediments and Particulates of Estuarine/Coastal Waters Using Elemental Analysis.
- Fosforo Totale:
  - APAT CNR-IRSA. Metodo 4110 A2 Man. 29/2003;
  - Hansen, H.P. and Koroleff, F., 1999. Determination of nutrients. In Methods of Seawater Analysis (eds K. Grasshoff, K. Kremling and M. Ehrhardt);
  - UNI EN 16170:2016. Fanghi, rifiuti organici trattati e suolo: determinazione di elementi utilizzando spettrofotometria ad emissione ottica al plasma accoppiato induttivamente (ICP-OES).

### *Parametri chimici*

Per i parametri per i quali sono previsti valori degli standard di qualità ambientale, i requisiti di prestazione dei metodi analitici impiegati (limite di quantificazione e incertezza di misura) devono essere conformi ai requisiti indicati nel D. Lgs. n. 219 del 2010. Inoltre, per gli analiti ivi elencati, devono essere rispettati i limiti di quantificazione previsti dal D.M. 173/2016 in Tab. 2.4. I metodi analitici impiegati devono essere adeguatamente validati e documentati in conformità ai criteri descritti in Linee Guida riconosciute a livello nazionale o internazionale (ad esempio Guida Eurachem. Idoneità per lo scopo dei metodi analitici. Guida per i laboratori sulla validazione dei metodi e argomenti correlati,

Rapporti Istisan 16/39) e deve essere garantita la partecipazione del laboratorio a circuiti di proficiency testing specifici per le matrici marine investigate.

Per quanto riguarda la determinazione dei parametri chimici nei sedimenti si riportano alcuni riferimenti bibliografici:

- Decreto Legislativo 152/2006. Parte III Allegato I e ss.mm.ii.;
- European Commission, 2010. Guidance Document n. 25. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive, Technical Report 2010.3991;
- ICRAM-APAT, 2007. Manuale per la movimentazione di sedimenti marini;
- ICRAM-MATT, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003) (<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010000/10087-metodologie.pdf/>);
- Linee Guida SNPA n. 10/2018 (ex Manuali e Linee Guida ISPRA n. 176/2018). Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia, <https://www.snpambiente.it/2018/02/24/linee-guida-sulle-analisi-di-sostanze-prioritarie-in-matrici-marine-parte-ii-idrocarburi-policiclici-aromatici-e-metalli-ed-elementi-in-traccia/>;
- Linee guida ISPRA n. 75/2011. Procedura per l'analisi degli idrocarburi >C12 in suoli contaminati <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010400/10425-mlg-75-2011.pdf/>;
- U.S. EPA, 2002. Method 5035A (SW-846), Closed-System Purge-and-Trap and Extraction for Volatile Organics in Soil and Waste Samples, Draft Revision 1. Washington, DC.

### *Saggi ecotossicologici*

Per la scelta della batteria di saggi più adeguata per i sedimenti si può fare riferimento al Manuale/Linea Guida n. 67/2011 di ISPRA e all'allegato tecnico del D.M. 173/2016. In generale è opportuno eseguire almeno un saggio su fase solida (sedimento tal quale) e gli altri su fase liquida (elutriati o acque interstiziali), e che almeno uno dei saggi abbia un endpoint cronico o subletale. Un esempio di batteria potrebbe essere: 1) Saggio di tossicità acuta tramite valutazione dell'inibizione della bioluminescenza batterica in *Aliivibrio fischeri* (*Vibrio fischeri*) su sedimento "tal quale" (ISPRA Quaderni di Ricerca Marina 04/2021); 2) Saggio di tossicità cronica tramite valutazione dell'inibizione della crescita algale in *Phaeodactylum tricorutum* su elutriato (ISO 10253:2017); Saggio di tossicità cronica tramite valutazione dell'inibizione del corretto sviluppo larvale in embrioni di *Paracentrotus lividus* (EPA/600/R-95/136/Sezione 15; ISPRA, 2017. Quaderni di Ricerca Marina 11/2017) o, in alternativa, in embrioni di *Crassostrea gigas* su elutriato (ISO 17244:2015).

Per l'allestimento della batteria di saggi biologici è necessario ricorrere a protocolli standardizzati (es. ASTM, UNICHIM, ISO, EPA, AFNOR), seguendo le indicazioni ed i criteri riportati nella bibliografia sopra riportata.

Per quanto riguarda i saggi ecotossicologici si riportano alcuni riferimenti bibliografici:

- Manuale/Linea Guida ISPRA n. 67/2011. Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e salmastre. Pp. 141;
- ISPRA, 2021. Quaderni di Ricerca Marina 04/2021. Procedura operativa del saggio in fase solida mediante *Aliivibrio fischeri*;

- UNI EN ISO 10253:2017. Qualità dell'acqua - Saggio di inibizione della crescita delle alghe marine *Skeletonema costatum* e *Phaeodactylum tricornutum*;
- ISO 17244:2015. Water quality. Determination of the toxicity of water samples on the embryolarval development of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*);
- ISPRA, 2017. Quaderni ricerca marina 11/2017. Saggio di fecondazione e saggio di sviluppo embrionale con il riccio di mare *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinodea). Pp. 59;
- Metodo Unichim 2245, 2012. Qualità dell'acqua: determinazione dell'inibizione della mobilità di naupli di *Amphibalanus* (= *Balanus*) *amphitrite* (Darwin, 1854) (Crustacea: Cirripedia) dopo 24h e 48h di esposizione;
- Metodo Unichim 2365, 2012. Qualità dell'acqua: determinazione dell'inibizione della mobilità di naupli di *Acartia tonsa* Dana-(Crustacea: Copepoda) dopo 24h e 48h di esposizione;
- Metodo Unichim 2396, 2014. Qualità dell'acqua: determinazione della tossicità letale a 24h, 48h e 96h di esposizione con naupli di *Tigriopus fulvus* (fischer, 1860) (Crustacea: Copepoda);
- UNI EN ISO 16712:2007. Qualità dell'acqua: determinazione della tossicità acuta dei sedimenti marini o estuarini nei confronti di anfipodi.

## 8.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

La normativa di riferimento, D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. (nello specifico le tabelle 2/A, 3/A e 3/B del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza), definisce i valori degli Standard di Qualità Ambientale (SQA) per la qualità dei sedimenti di aree marino costiere e di transizione.

Per i parametri per i quali la normativa non prevede valori degli SQA per la qualità dei sedimenti, ma per i quali il D.M. 173/2016 prevede livelli chimici di riferimento L1, nella valutazione dei risultati verranno utilizzati tali valori.

Per i parametri analitici non presenti nelle suddette normative di riferimento sarà necessario nella valutazione dei risultati riferirsi ai dati dello Studio di Impatto Ambientale (SIA) e ai valori riscontrati nelle aree di bianco spaziale, nonché ai risultati acquisiti nella *fase ante operam* (bianco temporale).

## CAPITOLO 9. BIOACCUMULO E BIOMARKERS

Obiettivo principale del biomonitoraggio mediante analisi chimiche (bioaccumulo) e biochimiche (biomarkers) è quello di ottenere informazioni relative al livello di esposizione ed ai possibili effetti biologici sugli organismi marini prodotti da eventuali fonti di stress.

Le analisi chimiche e biochimiche in organismi prelevati in una determinata area, permettono di avere una stima della contaminazione in quell'area tramite una misura integrata nel tempo e non riferibile esclusivamente al solo momento in cui è stato effettuato il campionamento. Le attività legate ai rigassificatori possono rappresentare fonti di stress in mare (quali ad esempio lo scarico di acque fredde e clorate), pertanto il piano di monitoraggio dovrà prevedere la valutazione della loro entità (mediante analisi chimiche di bioaccumulo) e della tipologia di effetto (mediante analisi biochimiche) su organismi marini bioindicatori.

Affinché una specie possa essere considerata un buon bioindicatore, dovrà presentare una serie di caratteristiche, quali: essere facilmente campionabile, presentare un'ampia distribuzione nell'area di studio, essere facilmente identificabile, avere anatomia, fisiologia ed ecologia note, avere uniformità genetica e ciclo vitale lungo, avere scarsa mobilità ed essere facilmente reperibile in tutte le stagioni. Inoltre, gli effetti rilevati negli organismi bioindicatori dovranno essere correlabili con un determinato fenomeno o una specifica caratteristica ambientale che si vuole rilevare o controllare, anche al fine di programmare eventuali azioni di intervento. Poiché le specie bioindicatrici forniscono informazioni legate alla matrice ambientale nella quale vivono, la scelta di una specie legata alla colonna d'acqua (quali ad esempio mitili o pesci bento-nectonici e pelagici), o al sedimento (quali ad esempio vongole, policheti, pesci bentonici), consentirà di avere indicazioni sulla contaminazione legata ad una specifica matrice.

La specie bioindicatrice da utilizzare per il monitoraggio dell'acqua è *Mytilus galloprovincialis*, spesso utilizzata nei programmi di monitoraggio ("Mussel Watch") in ambiente marino. Il *M. galloprovincialis* è una specie sessile, filtratrice, ampiamente diffusa, facilmente reperibile e di cui è nota la biologia. Le indagini di biomonitoraggio possono essere eseguite sia su organismi presenti naturalmente sulle strutture offshore sia in alternativa, qualora non disponibili, su organismi "trapiantati", mediante l'utilizzo di strutture di biomonitoraggio (gabbie). In aggiunta, qualora possibile, sarà utilizzata anche una specie ittica. Si suggerisce in tal caso di utilizzare il *Mullus barbatus* (o in alternativa *M. surmuletus*). Il *M. barbatus* (triglia di fango), è una specie ittica bentonica, ampiamente distribuita nel Mediterraneo in fondali fangosi fino a 500 m di profondità, ma si può trovare anche nei fondali sabbiosi; ha abitudini stanziali e si nutre prevalentemente di piccoli organismi bentonici come crostacei, molluschi e policheti (Follesa e Carbonare, 2019; Tserpes et al., 2002). Questa specie, utilizzata in passato come organismo bioindicatore per valutare il bioaccumulo di sostanze tossiche e gli effetti biologici di contaminanti ambientali (Mathieu et al., 1991; Porte et al., 2002; Regoli et al., 2002; Viarengo et al., 2007; Martínez-Gómez et al., 2012, 2013, 2017), è indicata nel Programma di Monitoraggio Nazionale ai fini della Strategia Marina e, in ambito internazionale, nei Programmi di Monitoraggio previsti dall'IMAP dell'UNEP per la regione mediterranea (UNEP/MAP 2021, WG.509/43 Annex III, Appendix 22-24;

UNEP/MAP 2017 Mediterranean QSR).

Le analisi chimiche in organismi marini, in particolare, forniscono indicazioni sulla biodisponibilità delle sostanze presenti nell'ambiente e sul rischio legato al loro trasferimento lungo la rete trofica, nonché permettono di rilevare la presenza di eventuali "gradienti" di inquinamento, sia in senso spaziale che temporale.

Le analisi biochimiche, in particolare quelle relative ai *biomarker*, permettono di valutare gli effetti, a livello fisiologico, molecolare e cellulare degli organismi, di una o più fonti di stress (es. contaminazione, differenze di salinità o temperatura) in una fase precoce di disturbo, prima che le alterazioni si trasmettano a livelli più elevati, di individuo e di comunità. Tali indagini consentono, quindi, un'eventuale azione preventiva, prima che il danno sia manifesto. L'importanza di valutare gli effetti biologici associati alla contaminazione tramite biomarcatori è riconosciuta a livello normativo (Decisione Comunitaria 848/2017 associata alla Direttiva 2008/56/CE sulla Strategia Marina). Infatti, l'utilizzo delle analisi di biomarker (biomarcatori), è previsto, sebbene ancora a livello facoltativo, nel Programma di Monitoraggio per la Valutazione Integrata IMAP (*Integrated Monitoring Assessment Programme* del 2016), approvato in ambito UNEP dai Paesi contraenti della Convenzione di Barcellona (1976).

## 9.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Il posizionamento delle stazioni di campionamento per la valutazione degli impatti nell'area del **rigassificatore** dovrà tenere in considerazione la posizione dello scarico e le risultanze del modello di dispersione.

Per il biomonitoraggio con **mitili**, dovrà essere previsto un numero minimo di 3 stazioni, di cui:

- una stazione presso la struttura, in prossimità dello scarico del sistema di vaporizzazione, tenendo in considerazione le limitazioni sull'accessibilità dell'area;
- almeno un'altra stazione presso la struttura, ma più lontana dallo scarico (ad esempio lungo la plume di dispersione delle acque di scarico, o in un altro punto della struttura) posta ad una distanza dalla prima stazione tale da poter individuare un eventuale gradiente di impatto;
- una stazione presso un'area "di controllo" (bianco spaziale).

L'area di controllo dovrà essere selezionata con caratteristiche simili (quali ad esempio temperatura e salinità) all'area oggetto di studio, ma sufficientemente lontana da non essere soggetta a pressioni da parte dell'opera stessa.

Potranno essere utilizzati organismi nativi e/o trapiantati. Nel caso dei trapianti, si dovrà prevedere la selezione preventiva della popolazione da utilizzare ed il prelievo e l'analisi degli organismi del sito della popolazione di origine, campionata appena prima del trapianto stesso (tempo zero).

Ulteriori stazioni aggiuntive di trapianto potranno essere posizionate a differenti distanze dalla struttura, anche in considerazione degli esiti del modello di dispersione delle acque di scarico del processo di rigassificazione, per valutare gli effetti di un potenziale gradiente di impatto.

Per i **pesci** saranno sufficienti 2 aree di campionamento:

- un'area di pesca vicina al rigassificatore (possibilmente prossima al punto di scarico);
- un'area sufficientemente lontana dalla struttura da non subirne gli impatti (bianco spaziale).

Qualora in prossimità del rigassificatore e del tracciato del gasdotto dovessero essere presenti impianti di allevamento di bivalvi e/o di specie ittiche che, dalle risultanze del modello di dispersione, potrebbero subire possibili impatti, dovranno essere previste ulteriori stazioni di trapianto in prossimità di tali impianti di allevamento.

## 9.2 PARAMETRI DESCRITTORI

I **parametri chimici** da analizzare per la valutazione del bioaccumulo nei tessuti sono riportati nelle principali normative di riferimento per la tutela dell'ecosistema marino (D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii., in particolare il paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza).

Vengono riportate nella tabella 9.2.1 i parametri chimici da ricercare nei tessuti di *Mytilus galloprovincialis* e dei pesci. Dovranno essere analizzati, nei mitili e nei pesci, tutti i contaminanti per i quali sono definiti gli SQA per il biota nel paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii., nello specifico Tab. 1/A, aggiungendo i sottoprodotti della clorazione, in particolare: alometani, aloacetoniitrili, acidi aloacetici, clorofenoli e bromofenoli. Tale procedura è dettata dal fatto che non sempre potrebbero esserci le condizioni per il campionamento dei pesci; pertanto, al fine di garantire sempre la valutazione del bioaccumulo, è necessario determinare nei mitili anche quei parametri per i quali lo SQA è stabilito nei pesci.

Potrebbe essere necessario prevedere ulteriori specifici parametri indicativi del potenziale impatto dell'opera, emersi in fase di studio d'impatto ambientale. Ad esempio, laddove siano previsti ulteriori scarichi rispetto a quelli connessi al processo di rigassificazione, potranno essere considerati specifici parametri riconducibili alla tipologia di effluente sversato (nel caso di scarico di reflui civili dovranno essere considerati anche i parametri microbiologici: es. *Escherichia coli*, *Salmonella* spp., streptococchi fecali ed enterococchi).

Tabella 9.2.1. Elenco delle analisi chimiche da effettuare su matrice organica (biota) in tutte le fasi del monitoraggio. I parametri contrassegnati in grassetto sono quelli riportati nelle normative di riferimento (paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza del D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii. nello specifico Tab. 1/A). Le analisi dei composti volatili devono essere condotte sui campioni tal quali. I risultati devono essere espressi sul peso umido.

Elenco dei parametri chimici da analizzare sulla matrice biota	
<i>Mytilus galloprovincialis</i>	Pesci (muscolo)
Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA: naftalene, acenaftilene, acenaftene, fluorene, fenantrene, antracene, <b>fluorantene</b> , pirene, benzo(a)antracene, crisene, benzo(b)fluorantene, benzo(k)fluorantene, <b>benzo(a)pirene</b> , dibenzo(a,h)antracene, benzo(g,h,i)perilene, indeno(1,2,3,c,d)pirene).	
Mercurio	Mercurio
<b>Sommatoria TE PCDD PCDF (Diossine e Furani), PCB Diossina simili</b>	<b>Sommatoria TE PCDD PCDF (Diossine e Furani), PCB Diossina simili</b>
Difenileteri bromurati (PBDE)	Difenileteri bromurati (PBDE)
DDT totale	DDT totale
Dicofol	Dicofol

Elenco dei parametri chimici da analizzare sulla matrice biota	
Esaclorobenzene (HCB)	Esaclorobenzene (HCB)
Esaclorobutadiene (HCBD)	Esaclorobutadiene (HCBD)
Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)	Acido perfluorottansolfonico e suoi sali (PFOS)
Esabromociclododecano	Esabromociclododecano
Eptacloro, eptacloroepossido	Eptacloro, eptacloroepossido
Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, bromoformio, cloroformio, dibromoclorometano, diclorometano, tetracloruro di carbonio, 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 tricloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 tricloro-2-propanone	Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, bromoformio, cloroformio, dibromoclorometano, diclorometano, tetracloruro di carbonio, 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 tricloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 tricloro-2-propanone
Alofenoli: clorofenoli (2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo) e bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6 dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo)	Alofenoli: clorofenoli (2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo) e bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6 dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo),
Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dicloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, tricloroacetico	Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dicloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, tricloroacetico
Aloacetoniitrili: bromocloroacetoniitrile, bromodichloroacetoniitrile, dibromoacetoniitrile, dicloroacetoniitrile, tricloroacetoniitrile	Aloacetoniitrili: bromocloroacetoniitrile, bromodichloroacetoniitrile, dibromoacetoniitrile, dicloroacetoniitrile, tricloroacetoniitrile

Per quanto riguarda le **indagini biochimiche (biomarker)**, dovrà essere scelta una batteria di risposte biologiche sufficientemente ampia, che permetta di individuare l'eventuale alterazione presente. Tale scelta, quindi, dovrà tenere in considerazione, oltre alle caratteristiche della specie target, le possibili fonti di stress individuate nello studio di impatto ambientale e la possibilità di individuare a quale livello biologico (es. molecolare, cellulare, fisiologico) si sia verificato l'effetto tossicologico. Le analisi da effettuare, inoltre, dovranno essere definite tenendo in considerazione le indicazioni dell'Integrated Monitoring and Assessment Programme of the Mediterranean Sea and Coast (IMAP) dell'UNEP/MAP, 2017 (UNEP/MAP, 2017. UNEP/MED WG439/12, e suo aggiornamento, UNEP/MAP, 2019. UNEP/MED WG467/5), che permetteranno di individuare le seguenti tipologie di indici: indici di stato fisiologico, di neurotossicità, di genotossicità e altri indici ritenuti opportuni.

Per quanto riguarda i mitili, di seguito vengono riportate le analisi di biomarker da effettuare:

- stabilità delle membrane lisosomiali negli emociti (SML-NRRT) o, in alternativa, nella ghiandola digestiva (SML-ESO, metodo citochimico);
  - frequenza dei micronuclei negli emociti (MN);
  - attività dell'acetilcolinesterasi nelle branchie (AChE).
- Inoltre, se possibile, sarebbe opportuno eseguire anche le seguenti analisi (facoltative):
- livelli di metallotioneine (MT) nella ghiandola digestiva;
  - sopravvivenza all'aria (SoS).

Per quanto riguarda i pesci, di seguito vengono riportate le analisi dei biomarkers da effettuare:

- stabilità delle membrane lisosomiali nel fegato (SML-ESO, metodo citochimico);
- frequenza dei micronuclei in eritrociti (MN);
- attività dell'acetilcolinesterasi nel muscolo (AChE).

Inoltre, se possibile, sarebbe opportuno eseguire anche la seguente analisi (facoltativa):

- attività dell'etossiresorufina-O-deetilasi nel fegato (EROD).

### 9.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

Si dovrà prevedere una frequenza nelle diverse fasi di monitoraggio che permetta di verificare l'incidenza della variabilità naturale, tenendo in considerazione le diverse attività dell'opera, la tipologia di struttura e le caratteristiche dell'area marina. Si raccomanda di pianificare le attività di monitoraggio evitando il periodo di riproduzione degli organismi da campionare.

Di seguito vengono indicate le frequenze di monitoraggio nell'area del **rigassificatore** per i **mitili**:

- in *fase ante operam*, frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (2 campagne l'anno, in primavera e autunno);
- in *fase di cantiere*, frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (in primavera e autunno), in relazione alla durata delle attività di realizzazione dell'opera;
- in *fase di esercizio*, frequenza possibilmente stagionale (4 campagne l'anno) o almeno semestrale (in primavera e autunno) nel primo anno e successivamente semestrale (2 campagne l'anno) per ulteriori 4 anni; qualora non siano registrate criticità durante i monitoraggi, potrà essere valutata la riduzione della frequenza.

Nel caso di campionamento stagionale, si suggerisce di fare attenzione nella valutazione dei risultati, in quanto alcune campagne potrebbero sovrapporsi al periodo in cui gli organismi sono in riproduzione. Nell'area del rigassificatore la frequenza per i **pesci**, in tutte le fasi di monitoraggio, dovrà essere semestrale. Qualora non siano registrate criticità durante i monitoraggi, potrà essere valutata la riduzione della frequenza. Per *M. barbatus*, si suggerisce, in via cautelativa, di evitare il periodo tra aprile e settembre in cui potrebbero essere in riproduzione (Follesa e Carbonara, 2019) ed effettuare il campionamento ad ottobre e marzo.

### 9.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

#### *Campionamento*

Le indagini di bioaccumulo e biomarkers dovranno essere eseguite su organismi, mitili e pesci, appartenenti alla stessa popolazione.

Come metodologie per il campionamento degli organismi, per l'eventuale trapianto di mitili mediante strutture di biomonitoraggio, per la preparazione dei campioni si può far riferimento ai seguenti documenti:

- ICRAM-MATT, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003) (<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010000/10087-metodologie.pdf>) e successivi

- aggiornamenti ([www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it));
- European Commission, 2010. Guidance Document n. 25. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive, Technical Report 2010.3991;
- UNEP/MAP, 2021. UNEP/MED WG 509/43, Annex III, Appendix 22.

In particolare, il numero di esemplari da campionare deve essere tale da consentire di ottenere una quantità di campione sufficiente all'esecuzione di tutte le determinazioni previste (ad esempio 200-300 mitili e/o almeno 10 esemplari di pesci), di taglia omogenea (4-5 cm di lunghezza per *M. galloprovincialis*, 12-16 cm per *M. barbatus*) approssimativamente tra il 70 e il 90% delle dimensioni massime della popolazione (nel caso dei mitili), in periodi lontani dal periodo riproduttivo della specie. I mitili, sia nativi che trapiantati, una volta recuperati, verranno immediatamente dissezionati oppure trasportati in laboratorio avvolti in un panno umido, mantenuti a temperatura di 10-15°C e qui dissezionati e conservati opportunamente fino al momento dell'analisi.

Nel caso si ricorra a mitili "trapiantati":

- gli organismi dovranno essere prelevati da un sito di controllo (area lontana da sorgenti di inquinanti ma avente caratteristiche ambientali simili al sito da monitorare), appartenenti ad una popolazione caratterizzata da un buono stato di salute e che possa considerarsi "non stressata", possibilmente già utilizzata in altri studi per questo tipo di indagini; in ogni caso si consiglia di effettuare un'indagine sulla popolazione di mitili che si vuole utilizzare ("tempo zero"), valutandone preventivamente lo stato di salute (analisi di biomarker) e le concentrazioni di contaminanti nei tessuti (confrontando i valori misurati con gli standard di qualità ambientali, se definiti);
- le strutture dovranno essere mantenute nel sito selezionato, alla profondità desiderata, nella posizione corretta, anche mediante l'utilizzo di pesi e boe (MATTM, 2001; UNEP/MAP, 2021);
- il periodo di permanenza in mare, tale da garantire il raggiungimento delle condizioni di equilibrio, è di circa 4 settimane, al termine del quale gli organismi dovranno essere recuperati, immediatamente dissezionati e conservati opportunamente fino al momento dell'analisi.

Nel caso dei **pesci**, si seguiranno le procedure previste per attività di pesca del *M. barbatus* (in alternativa *M. surmuletus*), tenendo in considerazione quanto più possibile le indicazioni riportate in UNEP/MAP, 2021 (UNEP/MED WG 509/43 Annex III, Appendix 22). Per le analisi di biomarker gli organismi pescati verranno dissezionati nel più breve tempo possibile dalla morte ed i tessuti prelevati (escluso il sangue) verranno immediatamente immersi in azoto liquido a -179°C per l'eventuale trasporto in laboratorio dove verranno conservati a -80°C.

Durante il campionamento/dissezione, si ritiene opportuno registrare anche alcuni parametri biometrici e dati ambientali a supporto delle analisi chimiche e biochimiche.

Nel caso dei mitili:

- biometrie di ciascun organismo (lunghezza valve, peso fresco del mollusco intero, peso totale dei tessuti molli del pool calcolando media e deviazione standard), per definire l'indice di condizione (IC);
- pH, salinità, ossigeno disciolto dell'acqua al momento del campionamento.

Nel caso dei pesci:

- biometrie di ciascun organismo (lunghezza in toto e standard, peso), per definire il fattore di condizione (CF di Fulton);

- peso del fegato di ciascun organismo, per definire l'indice epatosomatico (HSI);
- peso delle gonadi di ciascun organismo, per definire l'indice gonadosomatico (GSI);
- pH, salinità, ossigeno disciolto dell'acqua al momento del campionamento.

Inoltre, durante la preparazione dei campioni è necessario seguire alcune accortezze di seguito elencate:

- per ciascuna stazione dovrà essere considerato un numero di repliche dello stesso campione ritenuto idoneo ai fini statistici e che permetta di tener conto della variabilità naturale delle risposte (almeno 3 repliche per bioaccumulo e almeno 6 per biomarker);
- per le analisi chimiche sui bivalvi si prelevano le parti molli degli organismi interi, raggruppate in pool, mentre nel caso dei pesci si preleva il tessuto muscolare (parte edibile) piuttosto che l'organismo intero, coerentemente con il fatto che gli SQA hanno come obiettivo anche la tutela della salute umana. Quando le dimensioni dei pesci risultano tali da rendere difficoltoso il recupero del tessuto muscolare (lunghezza totale pesce < 15 cm), conviene utilizzare l'organismo intero, scartando la testa e la coda del singolo individuo. Per le analisi biochimiche si prelevano i tessuti specifici sui quali devono essere effettuate le specifiche analisi (vedi sopra): ghiandola digestiva, branchie, emolinfa nei mitili; fegato, cervello, muscolo e sangue nei pesci;
- per quanto riguarda la conservazione, i campioni per le analisi di bioaccumulo dovranno essere conservati alla temperatura di -20°C, mentre i campioni per le analisi di biomarker dovranno essere conservati secondo specifiche richieste del protocollo di indagine scelto: ghiandola digestiva, branchie, fegato, cervello e muscolo conservazione a -80°C previo trattamento in azoto liquido; sangue ed emolinfa a + 4°C.

### **Bioaccumulo**

Per la determinazione dei parametri chimici nel biota i requisiti di prestazione dei metodi analitici impiegati (limite di quantificazione e incertezza di misura) dovranno essere conformi ai requisiti indicati dal D.Lgs. 219 del 2010 in relazione ai valori di standard di qualità ambientale previsti dalla normativa vigente. I metodi analitici impiegati devono essere adeguatamente validati e documentati in conformità ai criteri descritti in Linee Guida riconosciute a livello nazionale o internazionale (ad esempio Guida Eurachem. Idoneità per lo scopo dei metodi analitici. Guida per i laboratori sulla validazione dei metodi e argomenti correlati, Rapporti Istituzionali 16/39) e deve essere garantita la partecipazione del laboratorio a circuiti di proficiency testing specifici per le matrici marine investigate.

Si riportano di seguito alcuni riferimenti bibliografici da tenere in considerazione:

- CEMP Guidelines for monitoring contaminants in biota (Agreement 1999-02, revised 2018);
- European Commission, 2010. Guidance Document n. 25. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive, Technical Report 2010.3991;
- Linee Guida SNPA n. 10/2018 (ex Manuali e Linee Guida ISPRA n. 176/2018). Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia, <https://www.snpambiente.it/2018/02/24/linee-guida-sulle-analisi-di-sostanze-prioritarie-in-matrici-marine-parte-ii-idrocarburi-policiclici-aromatici-e-metalli-ed-elementi-in-traccia/>.

**Biomarkers**

Per la determinazione dei biomarker dovranno essere seguiti i protocolli metodologici indicati nei documenti:

- UNEP/MAP, 2021. UNEP/MED WG 509/43 Annex III, Appendix 22-23-24 per SML-NRRT, SML-ESO, MN, AChE, SoS;
- Stagg et al., 2016. ICES TIMES 57 (per EROD);
- UNEP-RAMOGGE, 1999 (per MT).

**9.5 VALORI STANDARD E DI RIFERIMENTO**

Per il bioaccumulo di contaminanti, in particolare, i risultati saranno valutati in relazione agli Standard di Qualità Ambientale (SQA), quando definiti dalla normativa di riferimento (D.Lgs. 152/2006 ss.mm.ii., nello specifico la tabella 1/A del paragrafo A.2.6 dell'allegato 1 alla parte terza), nonché confrontati con i dati del tempo zero (nel caso di mitili trapiantati), della *fase ante operam* (bianco temporale) e del bianco spaziale.

Per i biomarker la valutazione verrà eseguita mediante un confronto statistico dei risultati ottenuti dalle analisi eseguite in organismi prelevati nei pressi della struttura rispetto ai risultati ottenuti dalle analisi eseguite su una popolazione simile, prelevata nello stesso periodo in un'area di controllo (bianco spaziale), con il tempo zero (nel caso di mitili trapiantati) e con la *fase ante operam* (bianco temporale). I test statistici utilizzati nei confronti devono avere un livello di significatività almeno  $p < 0,05$ . Inoltre, qualora fossero disponibili valori soglia, è possibile valutare i risultati dei biomarker anche in relazione ai valori di BAC (background assessment criteria) (ad esempio UNEP/MAP Decision IG.22/7, 2016 e IG.23/6, 2017).

## CAPITOLO 10. ATTIVITA' DI ACQUACOLTURA

Nell'ambito delle attività di monitoraggio ambientale dei possibili effetti dovuti alla realizzazione ed esercizio di un rigassificatore a mare e del suo gasdotto di collegamento dovrà essere tenuta in considerazione la presenza nell'area di progetto o nelle sue vicinanze di zone e siti utilizzati e/o destinati ad attività di acquacoltura. La qualità ambientale del corpo idrico è fondamentale per la crescita, la salute, il benessere degli animali e la qualità e sicurezza del prodotto. Le specie allevate in aree soggette all'influenza dell'opera infatti, in relazione alla durata del ciclo produttivo e all'impossibilità di allontanamento dal sito di allevamento, potrebbero essere soggette ad un'esposizione acuta e/o cronica a contaminanti chimici e/o biologici presenti nella colonna d'acqua o nel sedimento, con conseguenti effetti negativi sulla salute degli animali e, nel caso di organismi filtratori quali i molluschi bivalvi, all'insorgenza di possibili fenomeni di bioaccumulo. Le produzioni di acquacoltura, in particolare la molluschicoltura, vanno inoltre tutelate anche in ragione degli importanti servizi ecosistemici forniti, attraverso servizi di regolazione e controllo, mantenimento di habitat e biodiversità, sottrazione di nutrienti e carbonio dall'ambiente.

In riferimento alla piscicoltura, saranno da considerare sia gli impianti a terra, che utilizzano acque marine prelevate in prossimità dell'area di intervento, sia i recinti a mare. Per la molluschicoltura andranno attenzionate sia le zone di allevamento o stabulazione sia quelle di raccolta di molluschi bivalvi da banchi naturali, nonché i centri di depurazione (CDM) nel caso in cui attingano acque marine in prossimità dell'area di intervento.

I potenziali impatti delle attività connesse ai rigassificatori a mare e gasdotti potrebbero riflettersi su: i) qualità dei corpi idrici destinati alla vita dei molluschi (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.) e zone di produzione classificate per l'allevamento o la raccolta di molluschi bivalvi da banchi naturali (Reg. UE 627/2019); ii) sicurezza sanitaria del prodotto destinato al consumo (Reg. CE 853/2004; Reg. CE 2073/2005; Reg. UE 627/2019; Reg. UE 915/2023); iii) salute e benessere animale relativamente alle diverse specie allevate (D.Lgs. 146/2001; Reg. UE 429/2016).

L'analisi dei potenziali impatti andrà condotta in base all'analisi dello Studio di Impatto Ambientale, alle conoscenze disponibili sull'idrodinamismo e sulle caratteristiche ambientali delle zone attenzionate e ai risultati dell'applicazione di modelli oceanografici e di dispersione (termica e chimica) delle acque di scarico del processo di rigassificazione in fase di esercizio, nonché di risospensione dei sedimenti. Qualora infatti in fase di cantiere fossero previste attività di movimentazione dei fondali per l'installazione del rigassificatore e/o gasdotto e in fase di esercizio si dovesse verificare la risospensione del sedimento dovuta alle acque di scarico, si dovrà verificare l'eventuale alterazione della qualità ambientale delle aree utilizzate per le attività di acquacoltura e i potenziali impatti sulle specie allevate e la sicurezza del consumatore.

In particolare, nel corso delle fasi di cantiere ed esercizio relative alla realizzazione di un rigassificatore a mare e del suo gasdotto sono identificabili diversi possibili rischi per le attività di acquacoltura tra cui:

- alterazione parametri chimico-fisici in colonna acqua e sedimento;
- alterazioni parametri biologici e biogeochimici in colonna d'acqua e sedimento;

- risospensione sedimento (torbidità, rilascio contaminanti);
- bioaccumulo contaminanti nel biota allevato;
- rumore sottomarino.

Ai fini della verifica dei potenziali impatti connessi alla realizzazione del rigassificatore e del suo gasdotto è opportuno acquisire in *fase ante operam* dati ambientali e/o igienico sanitari reperiti in letteratura e/o resi disponibili dall'Autorità Competente relativamente alle aree di produzione (allevamenti, banchi naturali) potenzialmente interessate dalle attività di progetto.

### 10.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Per valutare eventuali impatti dell'opera, sulla qualità ambientale delle aree destinate ad uso acquacoltura a terra e a mare, e/o aree classificate per la produzione di molluschi bivalvi (allevamento e raccolta da banchi naturali), sia in *fase di cantiere* che in *fase di esercizio*, dovrà essere previsto il posizionamento di stazioni di campionamento nelle loro prossimità. La localizzazione e il numero di stazioni da prevedere nelle aree di indagine potranno variare in funzione di diversi fattori, tra cui le caratteristiche ambientali delle aree (ad esempio idrodinamismo e batimetria), la posizione dello scarico e le risultanze dei modelli di dispersione, le tipologie e la localizzazione degli impianti di acquacoltura e le specie allevate. Il posizionamento delle stazioni dovrà essere in grado di rilevare variazioni nella colonna d'acqua, nel sedimento e nel biota (comunità macrozoobentonica), nonché negli organismi allevati e/o raccolti da banchi naturali. Potranno essere rilevati impatti diretti dovuti al rilascio delle acque di scarico fredde e clorate durante il processo di rigassificazione in fase di esercizio (ad esempio l'alterazione dei parametri fisico-chimici dell'acqua), e/o impatti indiretti ascrivibili al trasporto/sedimentazione della frazione sedimentaria risospesa dal fondo durante le attività di movimentazione dei fondali in fase di cantiere e/o di dispersione del sedimento risospeso in fase di esercizio dovuto al flusso dello scarico (ad esempio aumento di torbidità, rilascio di contaminanti dal sedimento).

Nel caso di **impianti di acquacoltura a terra** che utilizzano le acque marine prelevate in prossimità dell'area di intervento, dovranno essere individuate almeno 2 stazioni di campionamento, una localizzata in prossimità della bocca di presa a mare che alimenta l'impianto, e una di "controllo" posta a sufficiente distanza dallo stesso, tale da non essere influenzata dagli impatti diretti o indiretti dell'opera in fase di cantiere e di esercizio. Qualora nella stazione in prossimità della presa a mare si riscontrino alterazioni dei parametri fisico-chimici della colonna d'acqua e/o del sedimento e della comunità macrozoobentonica rispetto alla condizione ante operam o ai limiti imposti dalla normativa e/o dall'Autorità Competente sarà necessario segnalare le anomalie riscontrate all'Autorità competente (ARPA, Servizi Veterinari), che valuterà, caso per caso, la necessità di effettuare specifiche indagini ambientali e sanitarie all'interno dell'allevamento in collaborazione con i produttori d'acquacoltura. Tali indagini saranno funzionali a valutare la qualità dell'acqua utilizzata nell'impianto e per rilevare possibili effetti sulla salute e il benessere animale ed eventuali rischi per il consumatore.

Per quanto concerne gli **impianti di acquacoltura a mare** andranno previste almeno 3 stazioni di campionamento, una in prossimità dell'impianto o dell'area classificata per la produzione di molluschi bivalvi (allevamento/stabulazione o banco naturale), una sopra e una sottocorrente rispetto al suddetto

sito. La localizzazione della stazione in prossimità dell'impianto di acquacoltura o dell'area classificata andrà individuata ove possibile nel punto potenzialmente più a rischio rispetto all'area di influenza dell'opera. Qualora necessario potranno essere previste un numero maggiore di stazioni. Inoltre, qualora nella stazione in prossimità dell'allevamento o dell'area classificata si riscontrino alterazioni dei parametri fisico-chimici della colonna d'acqua e/o del sedimento e della comunità macrozoobentonica, così come descritto per gli impianti di acquacoltura a terra, andrà allertata l'Autorità competente, che procederà se del caso, con un'indagine ambientale e sanitaria, all'interno dell'allevamento o dell'area classificata.

## 10.2 PARAMETRI DESCRITTORI

Al fine di tutelare le produzioni di acquacoltura e la qualità del prodotto da commercializzare, nelle stazioni selezionate dovrà essere previsto il monitoraggio della qualità delle acque con riferimento ai parametri da analizzare sui campioni di acqua (almeno due quote da definire caso per caso), tenendo in considerazione le correnti e i dati acquisiti con CTD. Per le aree classificate per la produzione di molluschi bivalvi (allevamenti e banchi naturali), le attività di monitoraggio dovranno fare riferimento ai parametri di cui al D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., art. 88, Allegato alla Parte Terza, Allegato 2 sezione C, Tab 1/C, che sono indicativi della qualità chimica e biologica delle acque destinate alla vita dei molluschi e della salubrità dei prodotti della molluschicoltura. Si rappresenta che i parametri chimici (sostanze organoalogenate; metalli) definiti nella suddetta Tab 1/C andranno monitorati anche considerando i parametri di cui all'Allegato I del Reg. UE 915/2023 relativo ai tenori massimi di alcuni contaminanti negli alimenti.

In *fase ante operam* e di *esercizio* dovranno essere inoltre monitorati il cloro e i composti maggiormente legati al tracciamento delle acque fredde e clorate (alometani, aloacetoniitrili, acidi aloacetici, alofenoli). Il dettaglio delle indagini da eseguire in *fase ante operam* ed *esercizio* è riportato in tabella 10.2.1.

In *fase di cantiere* dovranno essere monitorati nella colonna d'acqua i parametri riportati in tabella 10.2.2 con l'aggiunta di ulteriori parametri, da definire caso per caso, per i quali sia emersa un'eventuale criticità nei sedimenti nell'ambito del SIA o dei risultati della *fase ante operam* eseguita nell'area del rigassificatore e del gasdotto.

Nelle stazioni di monitoraggio identificate, andrà inoltre prevista l'analisi fisico-chimica dei sedimenti marini (parametri riportati nel Capitolo 8 in tabella 8.2.1) e della comunità macrozoobentonica (per i parametri descrittori riferirsi ai Capitoli 13 e 14).

Ai fini della tutela delle produzioni di acquacoltura andrà altresì previsto il monitoraggio del biota (polpa del mollusco bivalve o muscolo di pesce), nelle stazioni opportunamente selezionate in accordo con l'Autorità competente. Nel caso della polpa del mollusco bivalve i parametri da eseguire sono quelli definiti nella suddetta Tab 1/C del D.Lgs. 152/2006, con l'integrazione dei parametri chimici di cui all'Allegato I del Reg.UE 915/2023. Nel caso delle analisi da eseguire sul muscolo di pesce si fa riferimento ai parametri riportati nello stesso Regolamento. In *fase ante operam* e di *esercizio* il dettaglio delle indagini da eseguire è riportato in tabella 10.2.3, mentre le analisi da effettuare in *fase di cantiere* sono riportate in tabella 10.2.4.

Andranno inoltre registrati eventuali casi di morie anomale delle specie allevate da ricondursi potenzialmente all'opera in fase di cantiere ed esercizio.

Eventuali ulteriori indagini, sia ambientali all'interno degli impianti di acquacoltura o delle aree classificate sia sul prodotto destinato al consumo, potranno essere valutate caso per caso dall'Autorità Competente.

Tabella 10.2.1. Elenco dei parametri fisico-chimici e chimici da analizzare nella colonna d'acqua nella *fase ante operam* e in *fase di esercizio*, nelle stazioni opportunamente selezionate ai fini della tutela delle produzioni di acquacoltura.

Elenco dei parametri fisico - chimici e chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Parametri fisico-chimici mediante CTD: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza
Nutrienti disciolti: azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, ortofosfati
Solidi sospesi (TSS)
Colorazione (dopo filtrazione)
Carbonio organico disciolto (DOC) e particellato (POC)
Azoto totale particellato (TPN)
Clorofilla a
Idrocarburi di origine petrolifera (esame visivo)
Sostanze organo-alogenate*
Metalli*: Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dicloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, tricloroacetico
Aloacetoni-trili: dibromoacetoni-trile, dicloroacetoni-trile, bromocloroacetoni-trile, bromodichloroacetoni-trile, tricloroacetoni-trile
Alofenoli: clorofenoli (2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo), bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6 dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo)
Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, tribromometano, triclorometano, dibromoclorometano, diclorometano, tetracloruro di carbonio, 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 tricloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 tricloro-2-propanone
Cloro attivo libero
Cloro-aniline: 2-cloroanilina, 3-cloroanilina, 4-cloroanilina

\* Parametri da eseguire sulla colonna d'acqua secondo il D.Lgs. 152/2006 All. alla Parte Terza, All. 2 sez. C, Tab 1/C con indicazione dei parametri secondo Reg.UE 915/2023, Allegato I:

- Diossine e PCB: somma di diossine; somma di diossine e PCB diossina-simili; somma di PCB non diossina-simili;
- Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS; somma di PFOS, PFOA, PFNA e PFHxS;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): benzo(a)pirene; somma di benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, crisene.

Tabella 10.2.2. Elenco dei parametri fisico-chimici e chimici da analizzare nella colonna d'acqua in fase di cantiere, nelle stazioni opportunamente selezionate ai fini della tutela delle produzioni di acquacoltura.

Elenco dei parametri fisico - chimici e chimici da analizzare sulla colonna d'acqua
Parametri fisico-chimici mediante CTD: temperatura, salinità, ossigeno disciolto, pH, trasparenza, torbidità, fluorescenza
Nutrienti disciolti: azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso, azoto totale disciolto, fosforo totale disciolto, ortofosfati
Solidi sospesi (TSS)
Colorazione (dopo filtrazione)
Carbonio organico disciolto (DOC) e particellato (POC)
Azoto totale particellato (TPN)
Clorofilla a
Idrocarburi di origine petrolifera
Sostanze organo-alogenate*
Metalli*: Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn

\* Parametri da eseguire sulla colonna d'acqua secondo il D.Lgs. 152/2006 All. alla Parte Terza, All. 2 sez. C, Tab 1/C con indicazione dei parametri secondo Reg.UE 915/2023, Allegato I:

- Diossine e PCB: somma di diossine; somma di diossine e PCB diossina-simili; somma di PCB non diossina-simili;
- Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS; somma di PFOS, PFOA, PFNA e PFHxS;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): benzo(a)pirene; somma di benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, crisene.

Tabella 10.2.3. Elenco dei parametri chimici e microbiologici da analizzare nel biota (polpa del mollusco bivalve o muscolo di pesce) nella fase *ante operam* e in *fase di esercizio*, nelle stazioni opportunamente selezionate ai fini della tutela delle produzioni di acquacoltura.

Elenco dei parametri chimici e microbiologici da analizzare sul biota
Sostanze organo-alogenate*
Metalli*: Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Coliformi fecali*
Acidi aloacetici: bromocloroacetico, bromodichloroacetico, clorodibromoacetico, dibromoacetico, dicloroacetico, monocloroacetico, monobromoacetico, tribromoacetico, tricloroacetico
Aloacetoniitrili: dibromoacetoniitrile, dicloroacetoniitrile, bromocloroacetoniitrile, bromodichloroacetoniitrile, tricloroacetoniitrile
Alofenoli: clorofenoli (2-clorofenolo, 3-clorofenolo, 4-clorofenolo), bromofenoli (2,4,6-tribromofenolo, 2,4-dibromofenolo, 2,6-dibromofenolo, 2-bromo-4clorofenolo)
Alometani e altri sottoprodotti della clorazione: bromodichlorometano, tribromometano, triclorometano, dibromoclorometano, diclorometano, tetracloruro di carbonio, 1, 2 dibromoetano, 1,2-dibromo-3-cloropropano, 1,2,3 tricloropropano, 1,1-dicloro-2-propanone, 1,1,1 tricloro-2-propanone

\* Parametri da eseguire sulla polpa del mollusco bivalve secondo il D.Lgs. 152/2006 All. alla Parte Terza, All. 2 sez. C, Tab 1/C, con l'integrazione dei parametri di cui al Reg.UE 915/2023, Allegato I:

- Diossine e PCB: somma di diossine; somma di diossine e PCB diossina-simili; somma di PCB non diossina-simili;
- Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS; somma di PFOS, PFOA, PFNA e PFHxS;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): benzo(a)pirene; somma di benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, crisene.

Tabella 10.2.4. Elenco dei parametri chimici e microbiologici da analizzare nel biota (polpa del mollusco bivalve o muscolo di pesce) nella fase di cantiere, nelle stazioni opportunamente selezionate ai fini della tutela delle produzioni di acquacoltura.

Elenco dei parametri chimici e microbiologici da analizzare sul biota
Sostanze organo-alogenate*
Metalli*: Ag, As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb, Zn
Coliformi fecali*

\* Parametri da eseguire sulla polpa del mollusco bivalve secondo il D.Lgs. 152/2006 All. alla Parte Terza, All. 2 sez. C, Tab 1/C, con l'integrazione dei parametri di cui al Reg.UE 915/2023, All. I:

- Diossine e PCB: somma di diossine; somma di diossine e PCB diossina-simili; somma di PCB non diossina-simili;
- Sostanze Perfluoro Alchiliche (PFAS): PFOS, PFOA, PFNA, PFHxS; somma di PFOS, PFOA, PFNA e PFHxS;
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA): benzo(a)pirene; somma di benzo(a)pirene, benzo(a)antracene, benzo(b)fluorantene, crisene.

### 10.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

Si riportano di seguito le frequenze delle attività di monitoraggio:

- in fase *ante operam*, real-time o near real time per la correntometria e i parametri della colonna d'acqua acquisiti mediante CTD; i parametri da analizzare sui campioni di acqua dovranno essere monitorati mensilmente; per i sedimenti e biota (macrozoobenthos; molluschi bivalvi da banchi naturali) l'indagine dovrà essere svolta una volta prima dell'inizio delle attività di cantiere. Inoltre, si potranno acquisire, laddove disponibili, informazioni ambientali e igienico-sanitarie da letteratura e/o da esiti dei controlli ufficiali dell'Autorità Competente (ARPA, Servizi Veterinari) condotti all'interno degli impianti di acquacoltura o sulle aree classificate per la produzione di molluschi (allevamenti, banchi naturali) e sul prodotto destinato al consumo;
- in *fase di cantiere*, real-time o near real time per la correntometria e i parametri della colonna d'acqua acquisiti mediante CTD; i parametri da analizzare sui campioni di acqua dovranno essere monitorati mensilmente o comunque adattando la frequenza al cronoprogramma di realizzazione del progetto; per i sedimenti e il biota (macrozoobenthos; molluschi bivalvi) la frequenza delle indagini dovrà essere almeno una volta prima del termine della fase di cantiere, da definire in relazione alla durata delle attività. Ove venga ritenuta necessaria dall'Autorità Competente l'esecuzione delle indagini all'interno degli impianti di acquacoltura o aree classificate per la produzione di molluschi (allevamenti, banchi naturali) e sul prodotto destinato al consumo, la frequenza di tali indagini verrà definita caso per caso;
- in *fase di esercizio*, real-time o near real time per la correntometria e i parametri della colonna d'acqua acquisiti mediante CTD; i parametri da analizzare sui campioni di acqua dovranno essere monitorati mensilmente per il primo anno di esercizio e successivamente, laddove non siano state registrate criticità, verranno monitorati con frequenza stagionale; per i sedimenti la frequenza dovrà essere annuale mentre per il biota (macrozoobenthos; molluschi bivalvi) la frequenza delle indagini dovrà essere semestrale nel primo anno di esercizio del rigassificatore. Qualora dai monitoraggi effettuati in fase di esercizio non dovessero emergere criticità, la frequenza del monitoraggio e i parametri analizzati potranno essere rivalutati. Ove venga ritenuta necessaria dall'Autorità Competente l'esecuzione delle indagini all'interno degli impianti di acquacoltura o aree classificate

per la produzione di molluschi (allevamenti, banchi naturali) e sul prodotto destinato al consumo, la frequenza di tali indagini verrà definita caso per caso.

#### 10.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

Per il monitoraggio delle aree di acquacoltura, si rimanda a quanto descritto nella Guida tecnica AZA (ISPRA-MiPAAF, 2020).

Per le metodiche di monitoraggio della colonna d'acqua e dei sedimenti, si rimanda a quanto descritto nel Capitolo 6 e nel Capitolo 8 di queste Linee Guida.

Per le metodiche di monitoraggio della comunità macrozoobentonica si rimanda a quanto descritto nel Capitolo 13 (comunità bentoniche di fondi mobili) e nel Capitolo 14 (comunità bentoniche di fondi duri) di queste Linee Guida.

Per i parametri di cui alla normativa relativa alla salute e benessere animale e igienico-sanitaria si rimanda a quanto previsto dall'Autorità Competente di sanità pubblica veterinaria.

#### 10.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

Per i valori limite dei parametri fisico-chimici e dei contaminanti chimici e biologici nella colonna d'acqua, nei sedimenti, nel biota (macrozoobenthos) e nel prodotto di acquacoltura (polpa mollusco, muscolo di pesce), si rimanda alla normativa vigente.

Per quanto riguarda i limiti dei parametri per valutare l'idoneità delle acque destinate alla vita dei molluschi e delle aree di acquacoltura si faccia riferimento a:

- D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., art. 88, Allegato alla Parte Terza, Allegato 2 sezione C, Tab 1/C - acque destinate alla vita dei molluschi;
- ISPRA-MiPAAF, 2020. Guida Tecnica "Assegnazione di Zone Marine per l'Acquacoltura (AZA)" - qualità ambientale aree di acquacoltura.

Per quanto riguarda i valori di riferimento dei parametri nei sedimenti e nel biota (macrozoobenthos) si faccia riferimento alla parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. Si rimanda al Capitolo 8 per i sedimenti e ai Capitoli 13 e 14 per la comunità macrozoobentonica.

# CAPITOLO 11. COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE, ZOOPLANTONICHE E ITTIOPLANCTONICHE

Possibili impatti sulle comunità planctoniche marine si possono riscontrare negli impianti con configurazione "a ciclo aperto", in ragione dell'ingente massa d'acqua impiegata nel processo stesso di rigassificazione. È importante, infatti, considerare le comunità planctoniche nel monitoraggio dei rigassificatori, in quanto l'utilizzo delle acque marine nel circuito di scambio termico potrebbe determinare un impatto sulle componenti base della catena trofica (fitoplancton e zooplancton) e sui primi stadi del ciclo biologico di invertebrati e vertebrati marini (ittioplancton - uova e larve).

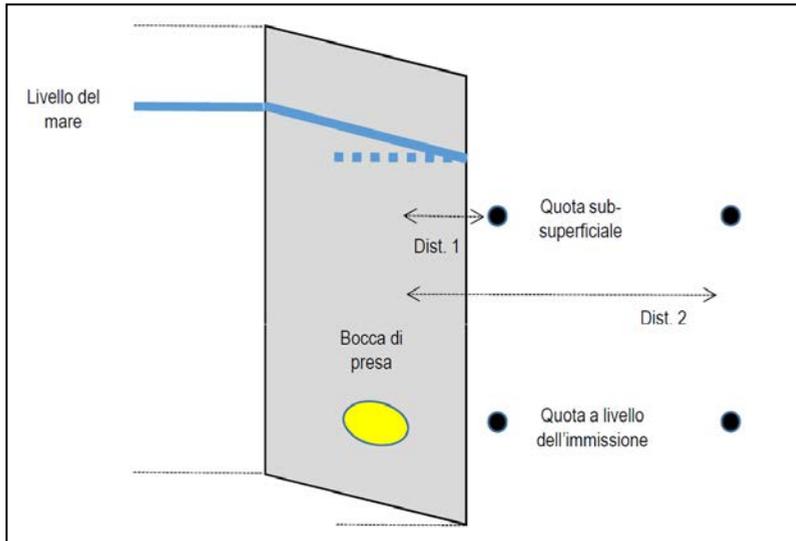
L'obiettivo del monitoraggio di questa componente ambientale è rappresentato dalla verifica dell'andamento nel tempo dei parametri di biodiversità, abbondanza e biomassa del fitoplancton, zooplancton ed ittioplancton nelle vicinanze del rigassificatore. Nello specifico, per avere una conoscenza più esaustiva possibile della distribuzione naturale del plancton, della sua sottrazione netta in funzione del tempo e delle possibilità di contenimento di tale impatto da parte dell'ecosistema, sarà necessario eseguire tale monitoraggio nella zona in prossimità della bocca di captazione dell'acqua e in prossimità del punto di scarico delle acque utilizzate per il processo di rigassificazione.

## 11.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Per le indagini sulla componente planctonica, nell'intorno dei **rigassificatori**, dovranno essere previste stazioni di campionamento in prossimità della bocca di presa e di scarico dell'acqua di processo e nelle stazioni in prossimità dell'impianto.

In corrispondenza della bocca di presa, dovrà essere valutata unicamente la componente ittioplanctonica. Le stazioni verranno posizionate (minimo 2 stazioni) con 2 quote di prelievo ciascuna (figura 11.1.1); la quota a profondità maggiore sarà determinata dalla posizione della bocca di presa, mentre quella sub-superficiale andrà identificata in funzione delle caratteristiche della stratificazione estiva nei dintorni dell'opera, determinante per la deposizione delle uova di specie pelagiche (in genere tra i 2 ed i 4 m di profondità). Le distanze delle stazioni rispetto al rigassificatore andranno calibrate a seconda delle condizioni di accessibilità nei dintorni dell'opera, ma indicativamente dovrebbero essere posizionate entro i primi 10/15 m (Distanza 1) ed i 50 m al massimo (Distanza 2).

Figura 11.1.1. Schema della disposizione delle stazioni e relative quote di campionamento in corrispondenza della bocca di presa per la componente ittioplancton. Figura non in scala.



In aggiunta, in corrispondenza del punto di scarico e dell'area intorno all'impianto, dovrà essere previsto il monitoraggio della componente planctonica (fitoplancton, zooplancton e ittioplancton). Dovranno essere allocate stazioni con un criterio di distanziamento via via maggiore dal rigassificatore; vi sono diverse soluzioni per disporre i transetti su cui posizionare le stazioni, qui proponiamo la medesima suggerita per le acque (figura 11.1.2). Nell'ottica di integrare le informazioni, si dovrà cercare di effettuare il campionamento per le indagini su fitoplancton, zooplancton ed ittioplancton contestualmente al campionamento della colonna d'acqua.

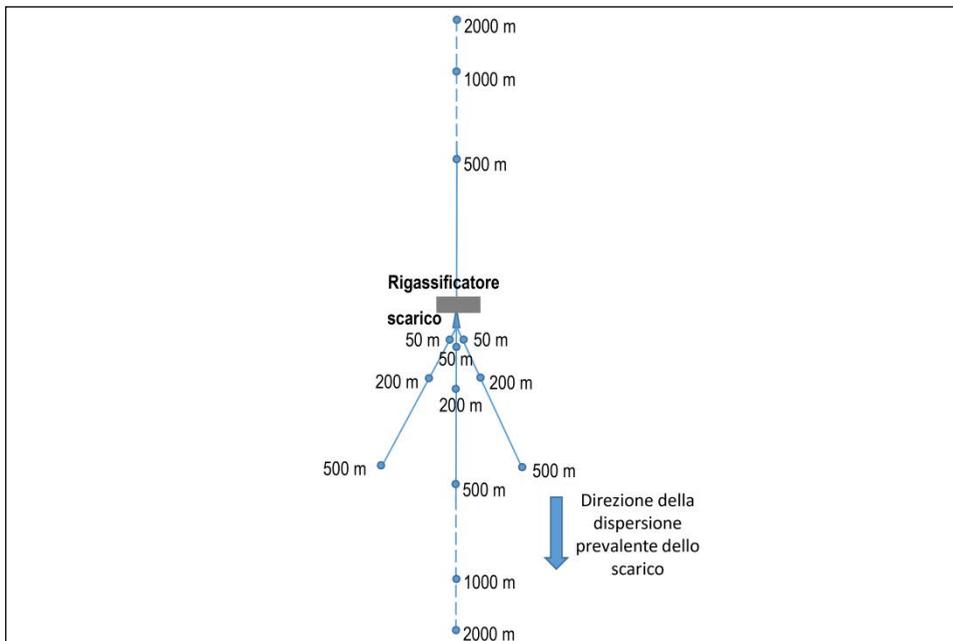
In *fase ante operam* le stazioni dovranno essere posizionate nell'area di realizzazione dell'opera con un numero minimo di 14 stazioni al fine di ottenere una caratterizzazione della componente planctonica a cui riferirsi nelle fasi di monitoraggio successive. Nella *fase di esercizio* le stazioni dovranno essere posizionate nell'area di dispersione dell'acqua di scarico. In particolare, per determinare l'area di dispersione delle acque di scarico dovranno essere eseguite, prima del prelievo dei campioni, indagini correntometriche lungo l'intera colonna d'acqua al fine di individuare la direzione di dispersione prevalente. Le stazioni dovranno essere poste a distanze progressive al fine di valutare i possibili gradienti dei parametri analizzati. Ove possibile, è raccomandabile prevedere un piano di campionamento con il posizionamento delle stazioni su almeno 4 transetti. Si suggerisce pertanto il seguente piano di campionamento:

- un transetto posizionato lungo la direzione di dispersione prevalente individuata al momento del campionamento con stazioni alle distanze di 50m, 200m e 500m, con l'aggiunta di due stazioni a 1000m e 2000m;

- ulteriori due transetti posizionati nell'area di dispersione della plume dello scarico (a seguito anche delle risultanze del modello previsionale) con stazioni alle distanze di 50m, 200m e 500m;
- un transetto in direzione opposta alla direzione di dispersione prevalente individuata al momento del campionamento, presumibilmente non impattato dallo scarico, con stazioni alle distanze di 500m, 1000m e 2000m, con la funzione di bianco spaziale.

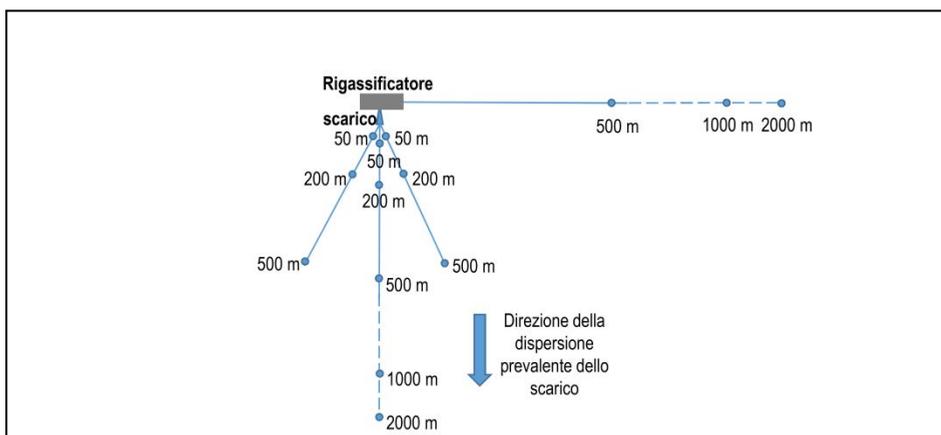
Laddove le stazioni per questioni di sicurezza non potessero essere posizionate a 50 m dalla posizione dello scarico, queste potranno essere poste ad una distanza maggiore, ma comunque possibilmente entro i 100 m dalla stessa.

Figura 11.1.2: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento delle componenti fitoplancton, zooplancton ed ittioplancton nel caso di rigassificatori senza strutture di ormeggio in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



Nei rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio), ove non sia possibile il posizionamento di questo ultimo transetto in direzione opposta alla corrente al momento del campionamento, dovranno essere previste almeno ulteriori 3 stazioni a distanza sufficiente dalla struttura da non essere impattate dall'opera, quale bianco spaziale. In tal caso un possibile posizionamento delle stazioni potrebbe essere quello proposto in figura 11.1.3.

Figura 11.1.3: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento delle componenti fitoplancton, zooplancton ed ittioplancton nel caso di rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio) in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



## 11.2 PARAMETRI DESCRITTORI

I descrittori delle tre componenti fitoplancton, zooplancton ed ittioplancton sono di tipo qualitativo, vale a dire le liste faunistiche con le specie presenti, e di tipo quantitativo, ossia metriche che esprimono le quantità presenti nei campioni in termini di numero di individui per unità di volume (ad esempio numero di uova/m<sup>3</sup>).

## 11.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

Le attività di monitoraggio dovranno essere eseguite con la seguente frequenza:

- in *fase ante operam*, frequenza stagionale (4 volte l'anno);
- in *fase di cantiere*, possibilmente frequenza stagionale (4 volte l'anno). Durante i lavori di cantiere le tempistiche potranno essere variabili, in parte determinate dall'andamento dei lavori stessi, ma è comunque importante cercare di mantenere un'omogeneità temporale con i campionamenti *ante operam* ed *esercizio*. La durata del monitoraggio complessivo deve essere tale da verificare/escludere eventuali impatti a medio/lungo termine;
- in *fase di esercizio*, le indagini in prossimità della bocca di presa dovranno essere eseguite con frequenza mensile nel periodo di picco della riproduzione delle specie ittiche prevalenti, soprattutto qualora si evidenziassero in prossimità del rigassificatore eventuali aree riproduttive note. In tutte le altre stazioni di campionamento le indagini dovranno avere una frequenza almeno stagionale (4 volte l'anno). Il monitoraggio della componente planctonica dovrà essere eseguito per tutta la durata dell'operatività del rigassificatore. In relazione alla valutazione dei risultati acquisiti nei primi 5 anni, la frequenza di indagine e il numero di stazioni potranno subire modifiche apportando eventuali integrazioni o riduzioni.

## 11.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

### 11.4.1 Fitoplancton

Per l'identificazione e l'analisi quali - quantitativa del fitoplancton si ricorre al campionamento dello strato superficiale, in tutte le stazioni identificate, impiegando una bottiglia Niskin, cui aggiungere dei prelievi mirati nelle stazioni più direttamente connesse con l'immissione/emissione delle acque, ad una quota che dipenderà dalla posizione delle bocche di aspirazione e di scarico.

I campioni saranno immediatamente fissati e successivamente analizzati al microscopio rovesciato secondo il metodo di Utermöhl (ISPRA, 2010). Le metodologie per lo studio del fitoplancton sono riportate in ICRAM, 2006 "Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani - Volume I" e ISPRA, 2010 "Manuali e linee guida 56/2010 Metodologie di studio del plancton marino". Per il fitoplancton come per le altre componenti planctoniche, infine, la fase più laboriosa è in genere quella del riconoscimento tassonomico; è quindi fondamentale una buona scelta delle chiavi tassonomiche e disporre di personale con una solida esperienza nel campo.

### 11.4.2 Zooplancton

I campioni di zooplancton sono raccolti con tirata verticale di un retino WP2 (vuoto di maglia 200 $\mu$ m), equipaggiato con un flussometro. Il retino viene calato fino a raggiungere i pressi del fondale (o al massimo entro i -50 m) e recuperato a bassa velocità (circa 1 m/s). Dopo la raccolta i campioni possono essere suddivisi in due aliquote: una per l'analisi tassonomica e l'altra per l'analisi della biomassa. È fondamentale l'accurato risciacquo lungo tutto il retino, a partire dalla bocca verso il collettore del campione di plancton, per raccogliere anche quello che è rimasto adeso al retino. I campioni ottenuti dovranno essere opportunamente fissati. La determinazione delle specie mesozooplanctoniche viene effettuata allo stereomicroscopio su subcampioni significativi di almeno 1000 individui. Per risalire al numero totale di individui al metro cubo, gli individui presenti nella frazione considerata sono rapportati al campione intero e successivamente divisi per il numero di metri cubi filtrati misurati dal flussometro usato durante il campionamento. La biomassa può essere espressa in termini di massa secca (DW) o di volume, molto più semplice, ad esempio per mezzo di un cilindro graduato. Le metodologie per lo studio dello zooplancton sono riportate in ICRAM, 2006 "Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani - Volume II" e ISPRA, 2010 "Manuali e linee guida 56/2010 Metodologie di studio del plancton marino". Per lo zooplancton come per le altre componenti planctoniche, infine, la fase più laboriosa è in genere quella del riconoscimento tassonomico, è quindi fondamentale una buona scelta delle chiavi tassonomiche e disporre di personale con una solida esperienza nel campo.

### 11.4.3 Ittioplancton

Per la componente ittioplanctonica si deve fare riferimento alla specie localmente più abbondante nel plancton locale, in genere corrispondente ad un piccolo pelagico (acciuga o sardina). Queste specie presentano stagioni riproduttive diverse per cui il campionamento dovrà essere concentrato nei mesi corrispondenti; ad esempio, per l'acciuga nei mari italiani in genere si va da aprile a settembre, con picco

intorno a giugno-luglio. Si può ricorrere per il monitoraggio in fase *ante operam* ed *esercizio* nei dintorni del rigassificatore al retino campionatore "FAO WP3" (bocca del diametro di 1 m) o al Bongo da 60 cm, entrambi equipaggiati con retino a maglie da 335 micron e flussometro, effettuando i prelievi secondo la classica tecnica in "doppio obliquo", in cui l'attrezzo viene calato fino a raggiungere i pressi del fondale (o al massimo entro i -50 m) e recuperato a bassa velocità (circa 1 m/s) lungo una traiettoria di circa 45° rispetto al fondale stesso. I campioni ottenuti saranno poi opportunamente fissati.

In base alle indicazioni del flussometro, le risultanze delle analisi (numero di uova e larve) permetteranno di riferire i conteggi o ad una unità di volume ( $n/m^3$ ), sia per stazione che per media di campagna o area, oppure, più correttamente, a unità di superficie di colonna d'acqua ( $n \cdot h/m^3 = n/m^2$ , dove  $h$  è la profondità massima raggiunta, misurabile con semplici strumenti). È fondamentale l'accurato risciacquo lungo tutto il retino, a partire dalla bocca verso il collettore del campione di plancton, per raccogliere anche quello che è rimasto adesivo al retino. In mancanza di manuali metodologici per questa componente si potrà fare riferimento ai seguenti articoli scientifici: Coombs et al., 1997; Coombs et al., 2003.

Per la componente ittioplanctonica un discorso a parte va fatto per le stazioni da campionare in prossimità delle bocche di presa delle acque di rigassificazione (figura 11.1.1). In queste stazioni, invece delle tirate in doppio obliquo, sono più funzionali altre tecniche di campionamento, in particolare quella eseguita con aspirazione a quote specifiche per mezzo di pompa, che può essere di superficie o sommersa. Per evitare un danneggiamento del campione (uova e larve) tale da comprometterne sia l'identificazione che la quantificazione, si dovrebbe far ricorso ad una pompa a membrana, che permette di moderare il flusso di aspirazione e che fa passare l'acqua in un circuito apposito senza parti in movimento.

Anche per l'ittioplancton come per le altre componenti planctoniche, la fase più laboriosa è in genere quella del riconoscimento tassonomico, è quindi fondamentale una buona scelta delle chiavi tassonomiche e disporre di personale con una solida esperienza nel campo.

## 11.5 ANALISI DEI RISULTATI

Per una corretta impostazione delle attività di monitoraggio e della successiva interpretazione dei risultati acquisiti è importante raccogliere i dati di letteratura sulla base temporale più ampia disponibile per la zona d'indagine e portare a compimento un'adeguata *fase ante operam*, perché saranno i dati riscontrati in questa fase ad essere di riferimento per la valutazione di quelle successive.

## CAPITOLO 12. FANEROGAME MARINE

Le fanerogame marine possono costituire estese praterie caratteristiche degli habitat costieri mediterranei e sono rappresentate dalle seguenti specie: *Posidonia oceanica* (L) Delile, *Cymodocea nodosa* (Ucria) Asch., *Zoostera noltii* (Hornemann), *Zoostera marina* (L), *Halophila stipulacea* (Forsskal). In particolare, la prateria a *P. oceanica* è considerata lo stato "climax" per gli habitat di fondo mobile infralitorale ma è presente anche sui fondi duri, dalla superficie sino ad oltre 40 m di profondità.

Le praterie a *P. oceanica* assumono un ruolo fondamentale nell'ecosistema marino costiero per quanto riguarda la produzione primaria, il mantenimento della biodiversità, l'equilibrio della dinamica di sedimentazione costiera con effetti sulla stabilizzazione delle spiagge. Esse rappresentano inoltre un ottimo indicatore della qualità dell'ambiente marino costiero e la Direttiva Quadro sulle Acque (Direttiva 2000/60/CE), recepita con il D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., indica tra gli elementi di qualità biologica (EQB) da considerare per la classificazione dello stato dei corpi idrici marino-costieri, l'EQB Angiosperme per il Mediterraneo rappresentato da *P. oceanica*.

Le praterie sono classificate habitat prioritario di conservazione dalla Direttiva 92/43/CEE ("Direttiva Habitat") recepita in Italia con il DPR 357/97 e ss.mm.ii. Sono inoltre salvaguardate dal "Protocollo per le Aree Specialmente Protette e la Biodiversità in Mediterraneo (ASPIM)" del 1995 nell'ambito della "Convenzione per la Protezione del Mar Mediterraneo dall'inquinamento" (Convenzione di Barcellona, 1976). Anche la Direttiva per la Strategia Marina (2008/56/CE), recepita con il D.Lgs. 190/2010 e ss.mm.ii., include tra gli habitat marini che concorrono alla definizione del buono stato ambientale per il Descrittore 1 "Biodiversità" e il Descrittore 6 "Integrità dei fondali marini" le praterie a *P. oceanica*.

Tuttavia, numerosi sono i fattori di origine antropica che determinano la regressione delle praterie a *P. oceanica* mediterranee, tra i quali vanno considerati quelli relativi alla realizzazione di opere costiere che generano sulle praterie effetti diretti rappresentati dalla distruzione e conseguente perdita dell'habitat, ed indiretti agendo principalmente sulla diminuzione della trasparenza dell'acqua e sull'alterazione del regime sedimentario, compromettendo spesso lo stato di qualità ecologica dell'habitat.

L'indagine dello stato delle praterie a *P. oceanica* con cui le opere costiere possono interferire è utile al fine di evidenziare come la perdita di habitat e/o la risospensione dei sedimenti marini, riconducibili all'installazione e/o esercizio di rigassificatori e gasdotti, possano generare impatti sulla prateria a livello fisiografico, strutturale e funzionale.

Le metodologie proposte per la pianificazione e realizzazione del monitoraggio, seppur adattate al contesto e alle finalità del monitoraggio, dovranno tenere conto di quanto definito dalla documentazione tecnica elaborata nell'ambito dell'implementazione della Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (Bacci et al., 2020).

Alcuni dei descrittori relativi all'habitat *P. oceanica* possono essere utilizzati anche per le valutazioni relativamente alle altre fanerogame marine. A tal riguardo, si faccia riferimento a Buia et al., 2003 e alla letteratura di settore (e.g. Larkum et al., 2006) per eventuali approfondimenti.

Laddove inoltre siano previste misure compensative dovrà essere eseguito uno specifico monitoraggio finalizzato a verificare l'efficacia di tali misure previste nel SIA rispetto agli obiettivi attesi.

## 12.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

Qualora fosse verificata tramite le risultanze dello Studio di Impatto Ambientale e l'applicazione del modello di dispersione una possibile interferenza del **rigassificatore** con una prateria di fanerogame marine limitrofa, dovranno essere attuate specifiche attività di monitoraggio di tale biocenosi. In particolare, nel caso delle praterie di *Posidonia oceanica*, l'estensione dell'habitat relativa all'area d'indagine dovrà essere condotta mediante rilievi da remoto, in particolare attraverso rilievi geofisici (side scan sonar e multibeam, vedi capitolo 16) e deve comprendere l'intera unità fisiografica della prateria, compresi i limiti inferiore e superiore e, comunque, dovrà tenere conto di quanto emerso nel SIA. La condizione dell'habitat dovrà essere verificata mediante rilievi diretti e le unità di campionamento (transetti e relative stazioni di campionamento, con relative repliche per campione), dovranno essere posizionate a distanza progressiva dall'opera. Sarà altresì sempre necessario il monitoraggio di una o più aree non soggette alle interferenze dell'opera, che abbiano una funzione di controllo spaziale. Queste devono essere quanto più possibile omogenee in termini di tipologia di substrato (sabbia, matte, roccia), pendenza del fondo e profondità.

Le unità di campionamento (transetti e relative stazioni di campionamento, con relative repliche per campione) devono essere in numero rappresentativo dell'estensione della prateria oggetto di monitoraggio e comunque non inferiori a 3 unità di osservazione (transetti e relative stazioni di campionamento, con relative repliche per campione) ogni 3 km<sup>2</sup>. Qualora l'area di indagine fosse minore di 3 km<sup>2</sup> sarà necessario prevedere un numero sufficiente di unità di osservazione. In particolare, per ogni unità di osservazione, al fine di definire la condizione dell'habitat, andranno individuate 2 stazioni: una sul limite inferiore ed una al centro della prateria (orientativamente a 15 m di profondità). La metodologia da seguire è riportata in Bacci et al., 2020. Se necessario, si potrà integrare nell'unità di osservazione una stazione sul limite superiore per ulteriori indagini.

Qualora fosse verificata tramite le risultanze dello Studio di Impatto Ambientale una possibile interferenza del **gasdotto** di collegamento con una prateria di fanerogame marine, con conseguente perdita di habitat, dovranno essere attuate specifiche attività di monitoraggio di tale biocenosi. In particolare, l'estensione dell'habitat dovrà essere indagata mediante rilievi geofisici (side scan sonar e multibeam, vedi capitolo 16), acquisendo informazioni sulla morfologia del substrato e sulla facies a *P. oceanica* lungo l'intero tracciato del gasdotto che interferisce con la prateria con un buffer complessivo non inferiore a 1 km. Relativamente alla condizione dell'habitat, dovranno essere acquisiti dati video fotografici mediante Remotely Operated Vehicle (R.O.V.) lungo il tratto del tracciato che interferisce con la prateria. Inoltre, sulla base delle risultanze dello Studio di Impatto Ambientale, per ciascuna batimetria all'interno della prateria (dovranno essere individuate almeno 3 batimetrie differenti), dovranno essere previsti rilievi diretti in almeno 3 stazioni di monitoraggio. Per ciascuna batimetria si dovranno considerare una stazione di impatto nei pressi del tracciato ad una distanza non superiore ai 10 m e due stazioni di controllo poste più lontano, possibilmente una per ciascun lato rispetto all'asse del gasdotto, entro una distanza non superiore a 200 metri. Ulteriori attività per il monitoraggio sia dell'estensione che della condizione della prateria, dovranno essere attuate laddove siano previsti più gasdotti e/o cavi di collegamento. Qualora il gasdotto venisse posato con tecnologia trenchless per l'attraversamento della linea di costa, laddove presente una prateria, sarà necessario prevedere indagini R.O.V. sulla prateria lungo il tracciato del gasdotto. Inoltre, sarà necessario prevedere indagini R.O.V. nell'area di uscita a mare del gasdotto se

presente nelle vicinanze un limite della prateria potenzialmente interessato dalla movimentazione dei sedimenti. Se necessario, sulla base delle evidenze provenienti dai rilievi R.O.V, si potrà integrare il monitoraggio con ulteriori indagini su un numero significativo di stazioni poste sul limite della prateria. Il piano di campionamento relativo al gasdotto di collegamento dovrà essere ottimizzato se possibile con quello previsto per il rigassificatore.

## 12.2 PARAMETRI DESCRITTORI

L'estensione dell'habitat relativa all'area d'indagine dovrà essere condotta mediante rilievi da remoto e dovrà comprendere l'intera unità fisiografica della prateria, compresi i limiti inferiore e superiore. Tali rilievi sono anche funzionali all'identificazione della tipologia dei limiti della prateria lungo la loro estensione attraverso la raccolta di documentazione video fotografica ad alta definizione e georeferenziata. Ad integrazione o in alternativa alle acquisizioni acustiche è possibile impiegare immagini satellitari multispettrali ad alta e media risoluzione e/o ortomosaici georeferenziati, questi ultimi ottenuti da rilievi fotogrammetrici condotti con aeromobili a pilotaggio remoto (APR). L'estensione dell'habitat dovrà essere valutata mediante elaborazione ed analisi del backscatter, del modello digitale del terreno (DTM), ed infine mediante fotointerpretazione e foto-restituzione delle immagini satellitari e degli ortomosaici.

Per i dettagli riguardo le metodiche di indagine condotte con strumenti ecografici si rimanda a Bosman et al., 2021.

Si riportano i principali parametri da indagare per l'estensione dell'habitat a *P. oceanica*:

- copertura spaziale ecomorfosi matte morta;
- copertura spaziale ecomorfosi *P. oceanica* viva;
- variazione copertura spaziale ecomorfosi;
- continuità o grado di frammentazione della prateria;
- tipologia di limite;
- batimetria.

Per la valutazione della condizione dell'habitat a *P. oceanica* si dovranno considerare i seguenti parametri al fine di valutare lo sviluppo vegetativo della pianta, lo stato ecologico della prateria fornendo indicazioni sullo stato di conservazione della stessa:

- tipo di substrato (sabbia, matte, roccia);
- copertura (percentuale di matte morta, percentuale di *P. oceanica* viva, percentuale di *C. nodosa*, percentuale di *C. prolifera*, percentuale di *C. taxifolia*, percentuale di *C. cylindracea*);
- densità dei fasci fogliari;
- scalzamento dei rizomi;
- presenza di fioritura;
- tipo di limiti della prateria;
- profondità;
- fonti di disturbo evidenti.

Altri parametri possono essere acquisiti mediante analisi di laboratorio su fasci ortotropi e/o campioni

prelevati in situ:

- parametri lepidocronologici;
- parametri fenologici;
- parametri di biomassa (fasci fogliari, comunità epifita delle foglie);
- fauna e flora associata.

Per i dettagli riguardo le metodiche di indagine, si rimanda a Bacci et al., 2020 e a Buia et al., 2003.

### 12.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

Si dovrà prevedere una frequenza minima nelle diverse fasi di monitoraggio, tenendo in considerazione le diverse attività dell'opera, la tipologia di struttura e le caratteristiche dell'area marina.

Nel caso dei **rigassificatori** si prevedono le seguenti tempistiche di monitoraggio:

- in *fase ante operam*, frequenza annuale (tra giugno e settembre) per l'estensione e la condizione dell'habitat;
- in *fase di cantiere*, una volta al termine della realizzazione dell'opera, per estensione e condizione dell'habitat, da eseguirsi nella prima finestra temporale tra giugno e settembre, in analogia con la *fase ante operam*;
- in *fase di esercizio*, relativamente al monitoraggio dell'estensione dell'habitat, frequenza triennale (tra giugno e settembre) per l'intero periodo di operatività del rigassificatore. Relativamente al monitoraggio della condizione dell'habitat frequenza annuale (tra giugno e settembre) per i primi 5 anni, successivamente una frequenza triennale per l'intero periodo di operatività del rigassificatore. Nel corso delle attività di monitoraggio, sulla base dei risultati acquisiti, il numero di stazioni ed i parametri da analizzare potranno subire modifiche apportando eventuali integrazioni o riduzioni.

Nel caso di **gasdotti** si prevedono le seguenti tempistiche di monitoraggio:

- in *fase ante operam*, frequenza annuale (tra giugno e settembre) per la condizione e l'estensione dell'habitat;
- in *fase di cantiere*, una volta al termine della realizzazione dell'opera, per estensione e condizione dell'habitat, da eseguirsi nella prima finestra temporale tra giugno e settembre, in analogia con la *fase ante operam*;
- in *fase di esercizio*, relativamente al monitoraggio dell'estensione dell'habitat, almeno 2 volte con una frequenza triennale (tra giugno e settembre). Relativamente al monitoraggio della condizione dell'habitat una frequenza annuale (tra giugno e settembre) per i primi 5 anni. Successivamente la frequenza, il numero di stazioni ed i parametri da analizzare potranno subire modifiche apportando eventuali interruzioni, riduzioni o integrazioni del monitoraggio.

### 12.4 OPERE DI COMPENSAZIONE

Laddove come opera di compensazione venga individuato un trapianto di *P. oceanica* dovrà essere previsto uno specifico monitoraggio delle attività di trapianto. Le procedure sul monitoraggio di tale trapianto dovranno essere elaborate anche sulla base della manualistica tecnica di settore a cui si rimanda per una disamina di dettaglio (Bacci e La Porta, 2022; La Porta e Bacci, 2022).

## 12.5 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda le metodologie per il campionamento e le analisi si dovrà fare riferimento a:

- Bacci T., La Porta B., 2022. Manuale delle tecniche e delle procedure operative per il trapianto di *Posidonia oceanica*. LIFE SEPOSSO (LIFE 16 GIE/IT/000761), Roma. <https://lifeseosso.eu>;
- Bacci T., Penna M., Rende F.S., Tomasello A., Calvo S., 2020. Scheda Metodologica *Posidonia oceanica* (L.) Delile Descrittore 1 Biodiversità (D.Lgs. 190/2010) Elemento di Qualità Biologica Angiosperme (D.Lgs. 152/2006). <http://www.db-strategiamarina.isprambiente.it/app/#/>;
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. I sistemi a Fanerogame Marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Eds.), Manuale di Metodologie di Campionamento e Studio del Benthos Marino Mediterraneo. Biol. Mar. Medit. 10, 145-198;
- Bosman A., Pazzini A., Rossi L., Rende S.F., Annunziatellis A., Giusti M., Pulcini M., Penna M., 2021. Protocolli d'acquisizione e controllo della qualità dei dati Multibeam e Side Scan Sonar nell'ambito dei programmi di monitoraggio Strategia Marina 2021-2026 (D.Lgs. 190/2010). <http://www.db-strategiamarina.isprambiente.it/app/#/>;
- La Porta B., Bacci T., 2022. "Manuale per la pianificazione, realizzazione e monitoraggio dei trapianti di *Posidonia oceanica*". LIFE SEPOSSO (LIFE 16 GIE/IT/000761), Roma. <https://www.lifeseosso.eu>;
- Larkum A.W.D., Orth R.J., Duarte C.M., 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation; ISBN 978-1-4020-2942-4.

## 12.6 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda i valori di riferimento si dovrà considerare l'indice PREI riportato nell'Allegato 1 Parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. I dati dovranno essere interpretati insieme a tutte le altre variabili descrittive al fine di una più adeguata e precisa valutazione dei possibili impatti delle opere su questa componente dell'ecosistema.

Sarà necessario nell'analisi dei risultati riferirsi anche ai dati dello Studio di Impatto Ambientale e ai valori riscontrati nelle aree di bianco spaziale, nonché ai risultati acquisiti nella *fase ante operam* (bianco temporale).

## CAPITOLO 13. COMUNITÀ MACROZOOBENTONICHE DI FONDI MOBILI

Lo studio dei popolamenti bentonici, cioè dell'insieme degli organismi che intrattengono relazioni più o meno strette con il fondo, si dimostra particolarmente utile nelle indagini sulla qualità dell'ambiente, in quanto essi, analizzati nella loro composizione e trasformazione nel tempo e nello spazio, rivestono il ruolo di "indicatori biologici". Per le loro caratteristiche di persistenza e grazie ad un turn-over assai più lento dei popolamenti planctonici, le comunità bentoniche consentono una lettura fortemente integrata delle variazioni spazio-temporali del mondo fisico, rappresentando la "memoria biologica" dell'ecosistema e fornendo così informazioni relative a perturbazioni pregresse.

La costruzione dei rigassificatori e delle opere connesse e la loro operatività possono causare disturbi sul fondo marino, inducendo risospensione dei sedimenti e di inquinanti, aumento di torbidità, cambiamenti nella granulometria del sedimento, modifiche nell'idrologia e nelle caratteristiche geomorfologiche (Trabucco et al., 2016; Virno Lamberti et al., 2013). Pertanto, l'analisi della composizione e struttura dei popolamenti bentonici è di fondamentale importanza in ognuna delle fasi di monitoraggio (ante operam, cantiere ed esercizio), sia che si tratti di rigassificatori sia di gasdotti di collegamento con la terraferma, al fine di caratterizzare le condizioni ambientali dell'area e valutare gli eventuali impatti ambientali.

In particolare, l'assetto delle comunità macrozoobentoniche di fondi mobili è utile al fine di evidenziare eventuali alterazioni dovute alla movimentazione del sedimento che potrebbe causare modifiche della struttura quali-quantitativa delle comunità bentoniche ivi residenti.

Poiché la struttura dei popolamenti macrozoobentonici di fondo mobile è caratterizzata da una variabilità naturale legata principalmente alla granulometria del sedimento e alla stagionalità, è necessario applicare adeguate strategie di campionamento che permettano di discriminare i segnali veri e propri di impatto.

### 13.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

L'estensione delle aree di campionamento dovrà consentire di evidenziare la presenza di un eventuale gradiente di impatto, ovvero dal punto massimo di pressione (nei pressi della struttura) fino alla zona di pressione minima o trascurabile.

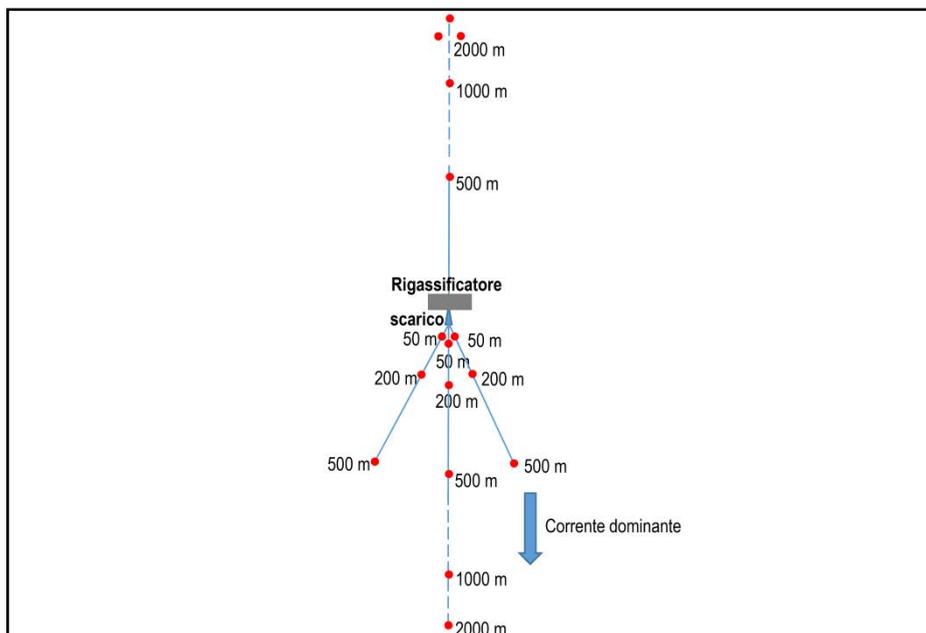
In tutte le fasi di monitoraggio per i **rigassificatori** le stazioni dovranno essere posizionate a distanze progressive dall'opera, al fine di valutare l'esistenza di possibili gradienti. Nell'area di realizzazione dell'opera, tenendo in considerazione la direzione della corrente dominante, dovranno essere individuate un numero minimo di 16 stazioni, 14 stazioni corrispondenti a quelle individuate per i sedimenti con l'aggiunta di ulteriori 2 stazioni di bianco spaziale poste a 2000m in direzione opposta alla corrente dominante. Ove possibile, è raccomandabile prevedere un piano di campionamento con

il posizionamento delle stazioni su almeno 4 transetti. In figura 13.1.1 viene rappresentato un possibile posizionamento delle stazioni:

- un transetto posizionato lungo la direzione della corrente dominante con stazioni a distanze progressive dalla posizione dello scarico a 50m, 200m e 500m, con l'aggiunta di due stazioni a 1000m e 2000m;
- ulteriori due transetti posizionati lungo l'area di dispersione della plume dello scarico (a seguito delle risultanze del modello previsionale) con stazioni alle distanze di 50m, 200m e 500m;
- un transetto in direzione opposta alla corrente dominante, presumibilmente non impattato dall'opera, con 3 stazioni posizionate rispettivamente alle distanze di 500m, 1000m e 2000m; rispetto al piano di campionamento dei sedimenti dovranno essere previste ulteriori 2 stazioni posizionate a 2000m, con la funzione di bianco spaziale. Le 3 stazioni di bianco a 2000m potranno essere poste ai vertici di un triangolo di lato pari a 100m e dovranno avere caratteristiche granulometriche simili alle stazioni di presumibile impatto. Potrà essere valutata inoltre la necessità di posizionare sul medesimo transetto ulteriori 2 stazioni integrative poste a 50 e 200m dal rigassificatore.

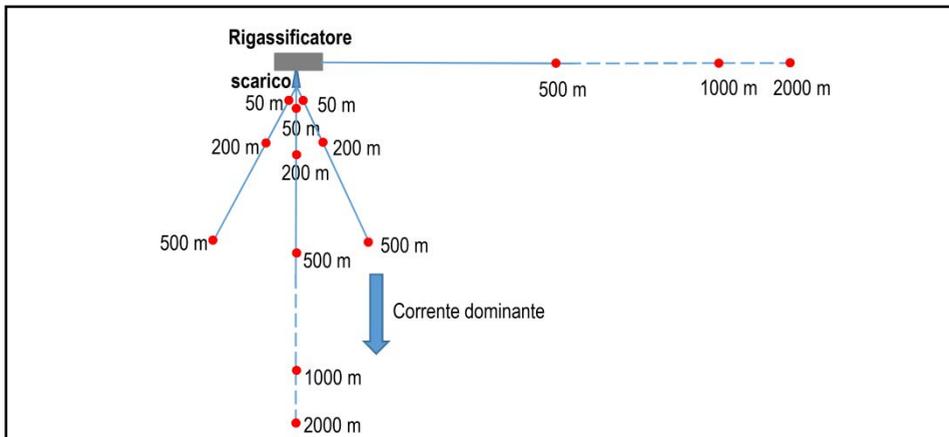
Laddove le stazioni per questioni di sicurezza non potessero essere posizionate a 50 m dalla posizione dello scarico, queste potranno essere poste ad una distanza maggiore, ma comunque possibilmente entro i 100 m dalla stessa.

Figura 13.1.1: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento per la comunità macrozoobentonica di fondi mobili per il rigassificatore, in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



Nei rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio), ove non sia possibile il posizionamento di quest'ultimo transetto in direzione opposta alla corrente dominante, le relative stazioni potranno essere disposte su un transetto alternativo a distanza sufficiente dalla struttura da non essere impattate dall'opera. In tal caso un possibile posizionamento delle stazioni potrebbe essere quello proposto in figura 13.1.2.

Figura 13.1.2: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento per la comunità macrozoobentonica di fondi mobili nel caso di rigassificatori attraccati a strutture onshore (banchine) o a mare (strutture di ormeggio) in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



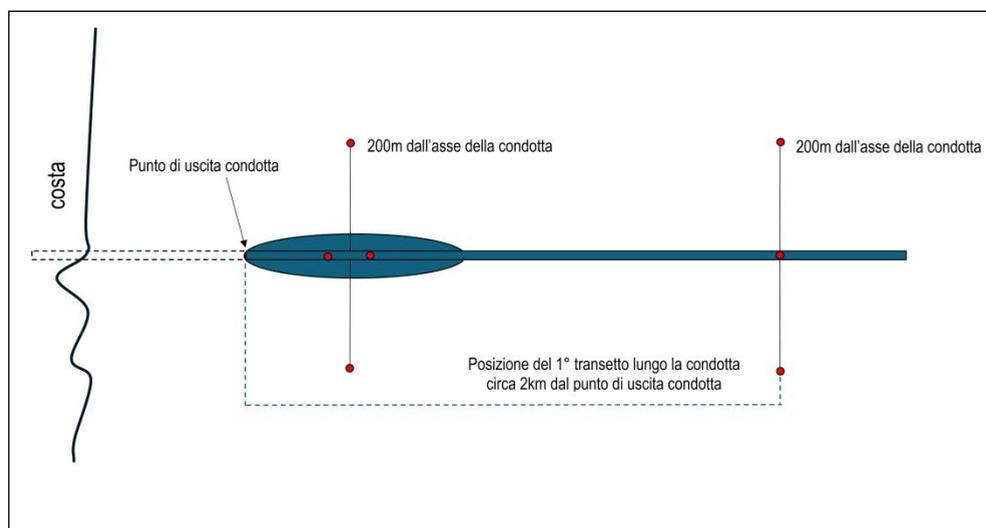
Ad ogni modo, le distanze tra le stazioni e le direzioni dei transetti dovranno essere opportunamente definite in base alle caratteristiche del sito, quali ad esempio le biocenosi bentoniche presenti nell'area, alla posizione dello scarico e alle risultanze dei modelli previsionali di dispersione, nonché alle ulteriori attività previste dal Progetto, quali ad esempio attività di dragaggio o costruzione di barriere artificiali. A tal riguardo, in presenza di strutture artificiali previste dal Progetto, il piano di monitoraggio dovrà prevedere ulteriori stazioni nelle immediate vicinanze di quest'ultime e relative stazioni di controllo spaziale. Il disegno di monitoraggio e il numero di stazioni totale dovrà pertanto essere ottimizzato sulla base delle esigenze complessive del Progetto.

Per il **gasdotto**, in tutte le fasi di monitoraggio, le stazioni dovranno essere posizionate in un numero sufficiente a caratterizzare i sedimenti nell'area di intervento. Il numero delle stazioni di monitoraggio dipenderà dalla lunghezza del gasdotto, dalla presenza e dal numero di eventuali cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione, dall'entità della movimentazione per l'attraversamento della linea di costa e dalla eventuale movimentazione per l'interro della condotta e dei cavi a servizio, se presenti. Le stazioni dovranno essere selezionate tra quelle individuate per il monitoraggio dei sedimenti.

In figura 13.1.3 viene rappresentato un possibile posizionamento delle stazioni da applicare in tutte le fasi di monitoraggio, nel caso in cui l'attraversamento della linea di costa venga effettuato con

tecnologia trenchless, con almeno 4 stazioni, di cui 2 da posizionare lungo il tracciato e 1 per ciascun lato rispetto all'asse del gasdotto, in corrispondenza dell'area di uscita a mare dello stesso a circa 200m. Oltre il punto di uscita del gasdotto, qualora sia prevista la movimentazione dei fondali, dovranno essere posizionati, transetti perpendicolari al tracciato ogni 2 chilometri con almeno 3 stazioni (una lungo il tracciato e una per ciascun lato rispetto all'asse del gasdotto entro una distanza non superiore a 200 metri). Il primo transetto dovrà essere localizzato a circa 2 km dal punto di uscita del gasdotto.

Figura 13.1.3: Possibile posizionamento delle stazioni di campionamento per la comunità macrozoobentonica di fondi mobili per i gasdotti nel caso in cui l'attraversamento della linea di costa venga effettuato con tecnologia trenchless, in tutte le fasi di monitoraggio. Figura non in scala.



Nel caso in cui il tracciato del gasdotto sia inferiore ai 4 chilometri dal punto di uscita del gasdotto, dovranno essere comunque previsti almeno 2 transetti.

Nel caso in cui sia prevista la posa di eventuali cavi a servizio dell'impianto di rigassificazione, il numero di stazioni sui transetti sopraindicati dovrà essere opportunamente aumentato per garantire il monitoraggio delle aree sottoposte a movimentazione per questi cavi.

Il posizionamento dei transetti dovrà comunque tenere in considerazione la variabilità biocenotica lungo il tracciato. Una possibile riduzione delle stazioni di campionamento potrebbe essere comunque prevista qualora nell'area di intervento si evidenziasse una particolare omogeneità biocenotica.

Infine, qualora non sia prevista alcuna movimentazione del fondale oltre l'area di uscita a mare del gasdotto, non sarà necessario effettuare il monitoraggio del macrozoobenthos.

Per tutte le fasi di monitoraggio, sia per il **rigassificatore** sia per il **gasdotto**, sarà necessario produrre una cartografia di dettaglio con il posizionamento delle stazioni di campionamento in relazione alle relative opere progettuali.

### 13.2 PARAMETRI DESCRITTORI

La struttura delle comunità macrozoobentoniche deve essere analizzata sia in termini di specie che di numero di individui, al fine di definire le caratteristiche biocenotiche dell'area oggetto di studio. Devono essere calcolati i seguenti parametri strutturali ed indici ecologici:

- dominanza;
- abbondanza totale;
- ricchezza specifica totale;
- indice di ricchezza specifica di Margalef (d; Margalef, 1958);
- indice di diversità specifica di Shannon-Wiener (H'; Shannon & Wiener, 1949);
- equitabilità di Pielou (J; Pielou, 1974);
- indice di Diversità di Simpson (Simpson, 1949);
- indice M-AMBI (Borja et al., 2004; Borja et al., 2008; Muxica et al., 2007).

Si specifica che in tutte le stazioni per le indagini delle comunità macrozoobentoniche di fondo mobile, dovranno essere contestualmente analizzati i parametri granulometria e carbonio organico totale (TOC).

### 13.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

In termini generali, si dovrà prevedere una frequenza minima nelle diverse fasi di monitoraggio, tenendo in considerazione il cronoprogramma dei lavori, la tipologia di **rigassificatore** e le caratteristiche dell'area marina:

- in *fase ante operam*, frequenza semestrale (2 volte l'anno), al fine di evidenziare i cambiamenti del popolamento in diverse stagioni;
- in *fase di cantiere*, una volta al termine della realizzazione dell'opera, comunque entro 6 mesi dal termine dell'attività di messa in posa della struttura, in una stagione confrontabile con la *fase ante operam*;
- in *fase di esercizio*, frequenza semestrale (2 volte l'anno), nelle medesime stagioni monitorate in *fase ante operam*, per i primi 5 anni. In relazione alla valutazione dei risultati acquisiti nei primi 5 anni di monitoraggio, la frequenza, il numero di stazioni ed i parametri da analizzare potranno subire modifiche, apportando eventuali riduzioni o integrazioni nell'arco temporale relativo all'operatività del rigassificatore.

Per quanto riguarda il **gassdotto** dovrà essere rispettata la seguente frequenza di indagine sui popolamenti macrozoobentonici:

- in *fase ante operam*, frequenza annuale (1 volta l'anno possibilmente in una stagione confrontabile con le indagini svolte sul rigassificatore);
- in *fase di cantiere*, una volta al termine della realizzazione dell'opera possibilmente nella stessa stagione della *fase ante operam*;
- in *fase di esercizio*, frequenza annuale nella stessa stagione delle fasi precedenti per i primi 2 anni, per escludere eventuali impatti. Solo qualora dovessero emergere criticità si dovrà prevedere la prosecuzione delle indagini, anche modificando il piano di campionamento, fino alla risoluzione delle stesse.

### 13.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

Il prelievo dei campioni di sedimento per lo studio del macrozoobenthos dovrà essere effettuato tramite benna di tipo Van Veen, aventi le seguenti caratteristiche: 0,1m<sup>2</sup> di superficie di presa e 18/20 litri di volume. Il prelievo dei campioni deve avvenire in maniera tale che ciascuna bennata raccolga un volume minimo di sedimento di almeno 5 litri per i campionamenti effettuati in corrispondenza di fondali con sedimenti sabbiosi e di almeno 10 litri per i campionamenti effettuati in corrispondenza di fondali fangosi. Per ogni stazione di prelievo si dovranno prevedere 3 repliche, avendo l'accortezza di verificare, per ciascuna, che lo strumento abbia lavorato in condizioni ottimali e che non si sia avuta la fuoriuscita di sedimento. Per ogni stazione di campionamento andrà effettuata un'ulteriore quarta replica per le indagini relative alla granulometria e al contenuto di carbonio organico totale. Si potrà fare riferimento per le metodologie di indagine delle comunità macrozoobentoniche alla seguente bibliografia: Gambi e Dappiano, 2003; ISO/DIS 16665, 2003; AAVV, 2013; ISPRA, 2008; ISPRA, 2010; Report SNPA n. 24/2021.

### 13.5 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

Per quanto riguarda i valori di riferimento si dovrà considerare l'Allegato 1 Parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. In particolare, ci si dovrà riferire all'applicazione dell'indice M-AMBI che deve essere interpretato insieme a tutte le altre variabili descrittive del popolamento al fine di una più adeguata e precisa valutazione dei possibili impatti delle opere su questa componente dell'ecosistema. Sarà necessario nell'analisi dei risultati riferirsi anche ai dati dello Studio di Impatto Ambientale e ai valori riscontrati nelle aree di bianco spaziale, nonché ai risultati acquisiti nella *fase ante operam* (bianco temporale).

## CAPITOLO 14. COMUNITA' BENTONICHE DI FONDI DURI

I fondi rocciosi, comunemente riferiti come “fondi duri”, rappresentano una frazione quantitativamente insignificante nell’ambiente marino, se confrontati con lo sviluppo spaziale dei fondi mobili, eppure rivestono un interesse scientifico ed economico assolutamente paragonabile. L’eterogeneità dei fondi duri è infatti maggiore di quella dei fondi mobili, determinando una notevole ricchezza di microhabitat e popolamenti. Inoltre, i fondi duri sono spesso caratterizzati da organismi sessili di differente inquadramento tassonomico (alghie, poriferi, cnidari, briozoi, tunicati) che non trovano corrispondenza in altri ambienti. Il valore naturale dei fondi duri è strettamente legato al loro elevato tasso di biodiversità e, nel caso delle biocostruzioni, anche al ruolo svolto nel ciclo della CO<sub>2</sub>, mentre il loro valore economico è legato sia alla pesca, in quanto ospitano una fauna alienica di grande valore commerciale, sia alla loro attrazione nei confronti del turismo, in particolare quello nautico e subacqueo. La perdita di fondi duri dovuta all’impatto di opere antropiche comporta quindi una perdita sia in biodiversità che in valore economico. Per il monitoraggio finalizzato alla valutazione degli impatti, le metodologie di campionamento devono essere modulate in funzione del tipo di opera e del conseguente impatto atteso e della tipologia di habitat potenzialmente interessato. Inoltre, poiché la struttura dei popolamenti bentonici di fondo duro è caratterizzata da una variabilità naturale legata principalmente al tipo di substrato e alla stagionalità, è necessario applicare adeguate strategie di campionamento che permettano di discriminare fra tali fattori e i segnali di impatto antropico vero e proprio.

Il monitoraggio e la valutazione dello stato ecologico delle comunità bentoniche di fondo duro si rendono necessarie laddove si presuppone che le opere di installazione e/o di esercizio dei rigassificatori e dei gasdotti di collegamento comportino un’alterazione dell’ambiente circostante con possibili impatti, sia diretti che indiretti, sulle comunità presenti nell’area interessata dalle opere. In generale, le pressioni della messa in posa e l’esercizio di un rigassificatore e del suo gasdotto nell’ambiente marino, possono essere dirette ed immediate o indirette e ad azione più o meno rapida. La pressione diretta, che produce un impatto negativo immediato ed irreversibile, è l’azione meccanica che l’infrastruttura stessa, se poggia direttamente sul fondo, o delle strutture di ancoraggio e di sostegno, qualora galleggiante, ha sui substrati duri con cui viene a contatto esercitando un’azione di ricoprimento e/o di danneggiamento. Tale impatto è facilmente prevedibile e rilevabile e può essere misurato direttamente come perdita di superficie di fondale marino ricoperto. Tra le pressioni indirette si possono distinguere quelle legate alla modifica dell’idrodinamismo o ad alterazioni dei parametri chimico-fisici delle acque. La messa in posa del rigassificatore e del suo gasdotto potrebbe, infatti, alterare il regime idrodinamico dell’area causando una possibile risospensione dei sedimenti e un aumento sia della torbidità delle acque che del tasso di deposizione dei sedimenti sugli organismi. L’alterazione dei parametri chimico-fisici delle acque nell’area circostante, dovuta a risospensione di sedimento marino durante le fasi di cantiere o allo scarico di effluenti provenienti dalle attività di produzione, può ripercuotersi sui cicli vitali degli organismi che colonizzano i fondi duri causando variazioni quali-quantitative della biodiversità.

L'analisi strutturale e funzionale delle comunità bentoniche potenzialmente interessate da questo tipo di impatti ha dunque l'obiettivo di stabilire se, e in che misura, le perturbazioni ambientali legate alla posa e messa in opera del rigassificatore alterino l'equilibrio naturale delle comunità bentoniche compromettendone lo stato di salute. Pertanto, qualora a seguito dell'applicazione del modello di dispersione, venga evidenziato un possibile impatto dovuto all'installazione e/o di esercizio del rigassificatore e del gasdotto su habitat di fondo duro di significativa estensione, dominati da popolamenti macroalgali e/o macrozoobentonici di infralitorale o dal coralligeno (di parete verticale, di piattaforma e/o di tegrùe), dovrà essere applicato un opportuno piano di monitoraggio.

#### 14.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE E DELLE STAZIONI DI CAMPIONAMENTO

I campionamenti dovranno essere condotti mediante opportuni disegni calibrati sull'intensità ed estensione spazio-temporale della sorgente di impatto e devono tener conto della stagionalità dei popolamenti indagati. Un disegno appropriato è il Beyond BACI (un'evoluzione dell'approccio Before/After-Control Impact) (Underwood, 1991, 1992, 1993; Benedetti-Cecchi et al., 2003), con il quale si aumenta il livello di confidenza nell'identificazione di relazioni causa-effetto tra disturbo antropico e risposta delle popolazioni naturali. In linea generale, il disegno minimo prevede, sia per il rigassificatore sia per il gasdotto, un campionamento gerarchico da condurre in 3 siti di indagine: 1 sito di impatto e 2 siti di controllo posizionati a distanza simile e possibilmente su entrambi i lati del sito di impatto. La distanza dei controlli va calibrata sulla base dell'estensione spaziale dell'impatto, anche in base ai risultati di studi correntometrici e di modelli di dispersione e ricaduta del sedimento. All'interno di ciascun sito di indagine verranno identificati gli habitat di fondo duro ivi presenti e, per ciascun habitat, si selezionerà una stazione di monitoraggio in cui effettuare il campionamento.

Qualora nel sito di impatto si rilevino condizioni idonee di estensione e distribuzione degli habitat di fondo duro, si procederà col selezionare delle stazioni di campionamento aggiuntive (almeno 2) in direzioni diverse rispetto alla struttura. Sarebbe auspicabile valutare anche il gradiente di impatto, dal punto di massima pressione (nei pressi dell'opera) fino alla zona di pressione minima o trascurabile; sarà pertanto necessario considerare uno o più siti intermedi (a seconda dell'estensione spaziale del gradiente) in direzioni diverse rispetto all'opera. In ciascuna stazione di monitoraggio, verranno selezionate più aree di campionamento, a seconda della variabilità dell'habitat considerato (almeno 2 per i fondi duri di infralitorale, 3 per quelli a coralligeno e tegrùe) distanti qualche decina di metri l'una dall'altra. Ciascuna area di campionamento è rappresentata da una porzione di fondo duro all'interno della quale si effettua un numero di repliche dell'unità di campionamento congruo con il tipo di popolamento indagato e con il metodo utilizzato (almeno 3 per il distruttivo, 10 per il fotografico su coralligeno di parete e tegrùe, per un totale rispettivamente di 6 e 30 campioni raccolti per ciascuna stazione di campionamento). Per il coralligeno di parete è inoltre necessario rilevare alcuni parametri *in situ*, quali l'altezza massima delle specie presenti nello strato elevato e il livello di biocostruzione (ISPRA, 2020). Il disegno di campionamento è habitat-specifico e viene proposto per i popolamenti macroalgali e macrozoobentonici dell'infralitorale, per il coralligeno di parete verticale presente entro i 40m di profondità (ISPRA, 2020) e per le tegrùe (Piazzi et al., 2023); pertanto, esso va ripetuto alle diverse profondità per ciascuno degli habitat interessati dall'impatto.

Per quel che riguarda i popolamenti macroalgali di frangia infralitorale campionati su tratti costieri

continui col metodo CARLIT, il disegno considera gli stessi siti di campionamento (Impatto e Controlli) e viene attuato secondo la metodologia di riferimento (Ballesteros et al., 2007; Mangialajo et al., 2007; ISPRA, 2008; ISPRA, 2012).

I popolamenti infralitorali possono essere presenti su substrati naturali (scogliere) o su substrati artificiali (terminali o barriere sommerse) e possono essere campionati mediante disegni e metodiche caso-specifiche in relazione all'ampia variabilità di questi habitat. Alcuni esempi possono essere la valutazione dei popolamenti macroalgali di scogliera mediante campionamenti visivi o distruttivi o rilevamenti quali-quantitativi dei popolamenti di substrati naturali o artificiali tramite Remotely Operated vehicle (R.O.V.).

Per quel che riguarda invece il disegno di campionamento da attuare sui fondali a rodoliti e sul coralligeno profondo di substrato orizzontale/sub-orizzontale (coralligeno di piattaforma), si rimanda a quanto riportato nelle metodologie di riferimento (ISPRA, 2019).

In linea generale si raccomanda, ove possibile, l'applicazione di metodologie di monitoraggio non distruttive.

In ogni caso, suddette indicazioni sono di carattere generale e rispondono pertanto ad un'ampia gamma di situazioni; condizioni ambientali locali particolari potrebbero quindi richiedere modifiche o integrazioni ai metodi citati nel presente documento.

## 14.2 PARAMETRI DESCRITTORI

Qualunque sia il metodo utilizzato (distruttivo o fotografico), l'indagine ecologica sui popolamenti macroalgali e sul coralligeno (di parete e di tegrùe) prevede l'analisi di parametri descrittivi qualitativi (presenza-assenza di specie e/o di gruppi morfo-funzionali) e quantitativi, quali l'abbondanza, espressa come % totale di copertura della superficie campionata (CT) e il ricoprimento della specie (Ri) e/o gruppo morfo-funzionale (Orfanidis et al., 2001; Balata et al., 2011; Piazzini et al., 2017; ISPRA, 2020), sempre riferito alla superficie standard campionata. In casi particolari (ad esempio presenza di specie aliene macroalgali altamente invasive) in cui la specie aliena produce molteplici stratificazioni, tali da superare il 100% della superficie campionata, è necessario valutare anche la biomassa della specie invasiva per superficie campionata, eventualmente riferita al metro quadro. Per il coralligeno di parete, risultano importanti anche l'altezza massima delle specie strutturanti lo strato elevato e la consistenza della matrice calcarea della biocostruzione, entrambi parametri quantitativi rilevabili direttamente *in situ* secondo la metodologia descritta nelle linee guida di riferimento (ISPRA, 2020).

Per il macrozoobenthos invece si considerano quali parametri descrittivi: la copertura del substrato da parte di organismi vegetali e animali; la distribuzione delle specie incrostanti ed erette; la presenza di specie strutturanti.

La raccolta dei dati quali-quantitativi fornisce tutte le informazioni necessarie a valutare lo stato di salute dei popolamenti indagati attraverso importanti indicatori ecologici quali dominanza (l'importanza quantitativa di ogni specie rinvenuta, espressa in percentuale sul totale delle specie presenti),  $\alpha$  diversità (espressa come ricchezza specifica totale S, ovvero numero totale di specie presenti in ciascun sito) e  $\beta$  diversità (espressa come eterogeneità dei popolamenti misurata come dispersione multivariata dei campioni rispetto al centroide) (Anderson, 2006; Anderson et al., 2006), sia quelle necessarie a calcolare gli indici derivati (Indice di Shannon-Wiener, H'; Ecological Evaluation Index,

EEI; Ecological Status of Coralligenous Assemblages, ESCA ecc.).

I dati raccolti secondo la metodologia CARLIT, invece, possono essere utilizzati solo per l'applicazione dell'indice derivato.

Di seguito alcuni degli indici di riferimento utili alla valutazione di impatto sulle comunità bentoniche di fondo duro presenti fra 0 e 50m di profondità:

- Indice di diversità specifica di Shannon-Wiener (applicabile a tutti i popolamenti) (H'; Shannon & Wiener, 1949);
- Indice CARLIT (macroalghe di frangia infralitorale, 0-3m) (Ballesteros et al., 2007; Mangialajo et al., 2007; ISPRA, 2008; ISPRA, 2012);
- Indice EEI (Orfanidis et al., 2001, 2003, 2011; Panayotidis et al., 2004) (macroalghe di infralitorale superiore, 3-15m);
- Indice BIRS (Orlando-Bonaca & Urbanic, 2012) (macrozoobenthos di frangia infralitorale);
- Indice ESCA (Piazzi et al., 2017; ISPRA, 2020) (coralligeno di parete, 30-40m);
- Indice COARSE (Gatti et al., 2015; ISPRA, 2020) (coralligeno di parete, 30-40m);
- Indice ISLA (Montefalcone et al., 2017; ISPRA, 2020) (coralligeno di parete, 30-40m);
- Indice NAMBER (Piazzi et al., 2023) (tegnùe).

Per i parametri descrittivi utili alla valutazione di impatto sui fondali a rodoliti e sul coralligeno più profondo che si sviluppa su substrato orizzontale/sub-orizzontale (coralligeno di piattaforma), si rimanda alle metodologie e all'indice di riferimento (ISPRA, 2019; Enrichetti et al., 2019).

### 14.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

Per una corretta valutazione dell'impatto sui popolamenti bentonici di fondo duro è importante raccogliere i dati nelle fasi *ante operam*, di *cantiere* ed in *esercizio*, secondo un appropriato disegno di campionamento anche in accordo con le indicazioni fornite nei precedenti paragrafi. In generale il campionamento andrà condotto una volta l'anno nell'arco dei mesi primaverili-estivi (aprile-giugno) e dovrà essere ripetuto sempre nello stesso periodo:

- in *fase ante operam*, è sufficiente un campionamento nel periodo indicato prima della messa in posa del **rigassificatore** e del **gasdotto**;
- in *fase di cantiere*, dovrà essere effettuato un campionamento nella medesima stagione, compatibilmente con la durata del cantiere sia per il **rigassificatore** sia per il **gasdotto**;
- in *fase di esercizio*, per l'area del **rigassificatore** le indagini andranno eseguite con cadenza annuale per i primi 5 anni e successivamente con cadenza triennale. Successivamente, in base ai risultati acquisiti nel corso del monitoraggio, la frequenza e il numero di stazioni potranno subire modifiche apportando eventuali riduzioni o integrazioni. Per l'area del **gasdotto** dovrà essere prevista una frequenza annuale per i primi 2 anni, qualora dovessero emergere criticità si potrà prevedere la prosecuzione delle indagini.

### 14.4 OPERE DI COMPENSAZIONE

Nel caso la realizzazione del progetto coinvolga habitat e specie prioritarie (in particolare foreste a *Cystoseira* e coralligeno) possono essere definite delle misure ovvero opere di compensazione che

per le comunità di fondo duro possono essere molteplici.

Tra quelle adottate e/o possibili possono essere considerate:

- traslocazione di habitat (ad esempio blocchi di biocostruzione), nel caso la realizzazione del progetto vada a distruggere l'habitat stesso;
- traslocazione di organismi di particolare pregio naturalistico (ad esempio Fucales, Antozoi eretti, Madreporari coloniali), nel caso la realizzazione del progetto vada a minacciarne la loro sopravvivenza;
- opere compensative di altro genere con la finalità di proteggere gli stessi habitat e/o specie potenzialmente danneggiati dalla realizzazione del progetto; tali opere possono comprendere, ad esempio, il posizionamento di campi boe, l'istituzione di zone di tutela biologica.

L'eventuale disposizione di opere di compensazione e/o la scelta del tipo di interventi da prevedere devono essere considerati caso per caso sulla base di variabili, quali ad esempio, l'entità del danno previsto, la qualità ecologica dell'habitat minacciato, la fattibilità delle opere. Sulla base del tipo di intervento deve essere previsto un monitoraggio degli habitat o specie, da effettuarsi con le relative specifiche metodiche.

#### 14.5 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

I metodi tradizionali per lo studio delle comunità bentoniche presenti in tutti gli habitat di fondo duro sono quelli del campionamento "distruttivo", ovvero il prelievo tramite grattaggio degli organismi che ricadono all'interno di una superficie standard nota, la cui area varia a seconda del tipo di habitat e popolamento. L'impossibilità di applicare tale procedura nelle aree marine soggette a vincoli di protezione, unitamente al nuovo spirito di conservazione e tutela degli ambienti marino-costieri introdotto dalle recenti normative europee, ha portato allo sviluppo di metodi di censimento visivo, condotti "in situ" (se le condizioni logistiche e di sicurezza lo consentono) oppure su campioni fotografici di superficie standard nota, definita sulla base della variabilità dell'habitat e del popolamento studiato. Sia nel metodo distruttivo che in quello fotografico, l'unità di campionamento (replica) per lo studio del popolamento in esame è una superficie nota di prelievo/osservazione delimitata da un quadrato e definita come "area minima" nella quale è osservabile non meno del 90% della totalità delle specie listate. L'area minima di osservazione è espressa in cm<sup>2</sup> e varia a seconda del metodo: nel grattaggio delle macroalghe e del macrozoobenthos coincide generalmente con un quadrato di superficie 400 cm<sup>2</sup> (Boudouresque, 1971, 1974; Boudouresque & Belsher, 1979; Ballesteros, 1986; Bianchi et al., 2003). L'applicazione di metodologie di *visual census* (in situ o fotografico) consente invece di ampliare la superficie di campionamento per meglio adattarla alla variabilità dell'habitat considerato (Acunto, 2000; Acunto et al., 2001; Gambi & Dappiano, 2003). Il censimento visivo su campioni fotografici previsto per il campionamento del coralligeno di parete prevede una superficie minima standard pari a 0,2 m<sup>2</sup> per ciascuna replica (ISPRA, 2020) mentre per le tegrùe le repliche sono rappresentate da superfici di 0,588 m<sup>2</sup> (Piazzi et al., 2023).

Nel metodo cartografico CARLIT, invece, l'unità di campionamento è il tratto di costa campionato o il settore, che viene campionato secondo la metodologia di riferimento (Ballesteros et al., 2007; Mangialajo et al., 2007; ISPRA, 2008, ISPRA, 2012).

Per quel che riguarda le unità di campionamento utilizzate per il monitoraggio dei fondi a rodoliti e per il coralligeno di piattaforma, si rimanda alle metodologie di riferimento per il monitoraggio degli habitat profondi, ovvero laddove l'operatività dei subacquei viene esclusa dai protocolli per motivi di sicurezza. Questi prevedono l'utilizzo del R.O.V. per l'acquisizione di dati sia qualitativi che quantitativi mediante rilevamenti visivi lungo transetti (ISPRA, 2019).

#### 14.6 VALORI LIMITE E VALORI STANDARD DI RIFERIMENTO

Diversamente dai fondi mobili e dalle praterie di *Posidonia oceanica*, habitat che vantano decenni di monitoraggio e normative strutturate *ad hoc*, i fondi duri sono stati oggetto di numerosissimi studi tecnico-scientifici che però storicamente non hanno mai trovato spazio negli adeguati impianti normativi. Di conseguenza, gli unici riferimenti normativi stabiliti a livello nazionale per i fondi duri riguardano le comunità macroalgali di frangia infralitorale (monitorate ai sensi della Direttiva Quadro sulle Acque 2000/60/CE), il coralligeno di piattaforma e i fondi a rodoliti (monitorati ai sensi della Direttiva sulla Strategia Marina 2008/56/CE). Per quel che riguarda i valori standard di riferimento si rimanda all'Allegato 1 Parte III del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. per le macroalghe dei fondi duri di frangia infralitorale mentre per i fondi a rodoliti e il coralligeno di piattaforma, monitorati ai sensi del D.Lgs. 190/2010, non sono indicati valori standard di riferimento.

Per quel che riguarda invece il monitoraggio del coralligeno di parete presente entro i 40 m di profondità, si rimanda ai valori standard di riferimento riportati nelle linee guida ISPRA (ISPRA, 2020).

Per quel che riguarda il monitoraggio dei popolamenti a coralligeno che caratterizzano le tegrùe dell'Alto Adriatico, si rimanda ai valori di riferimento riportati in Piazza et al., 2023.

Per quanto riguarda le comunità macrozoobentoniche, non sono attualmente disponibili riferimenti standardizzati, ed è pertanto necessario riferirsi alla letteratura scientifica sullo specifico argomento.

## CAPITOLO 15. RISORSE ALIEUTICHE

Tra gli elementi dell'ecosistema marino su cui effettuare una valutazione dei potenziali impatti dei rigassificatori e dei gasdotti di collegamento a mare vi sono le risorse alieutiche, ovvero quelle specie commercialmente rilevanti per l'attività di pesca professionale, che potrebbero essere presenti nelle vicinanze delle strutture.

Le risorse alieutiche raggruppano numerose specie, quasi tutte appartenenti a molluschi, crostacei e pesci. La loro cattura viene effettuata con una gran varietà di attrezzi da pesca, classificati per tipologie principalmente in base alle loro caratteristiche costruttive (reti, lenze, trappole/nasse), al loro impiego (attrezzi fissi o trainati in vario modo) e all'ambiente nel quale la pesca stessa è esercitata (mare, acque di transizione, acque interne). Le imbarcazioni che lavorano soprattutto con attrezzi trainati (tartana, rapido, volante, draga idraulica) sono inquadrati nella categoria della pesca industriale a strascico, mentre quelle che utilizzano reti fisse (barracuda, tremaglio), lenze o trappole sono classificate come pesca artigianale (o piccola pesca).

Per quanto riguarda il **rigassificatore** si dovranno considerare i possibili impatti sulle risorse ittiche commerciali, che possono verificarsi sia nella *fase di cantiere* sia in quella di *esercizio*; per queste specie gli strumenti più adatti a rappresentare possibili cambiamenti nelle catture sono gli attrezzi da pesca stessi, operati da pescatori professionali a bordo dei loro pescherecci secondo un protocollo di monitoraggio condiviso. Per valutare la situazione *ante operam* della comunità ittica nell'area del rigassificatore e la sua evoluzione nel tempo nelle *fasi di cantiere* ed *esercizio*, si farà ricorso a quegli attrezzi che meglio descrivono in senso ampio le risorse da pesca, puntando ad una integrazione di informazioni ottenute con attrezzi fissi (tipo barracuda e tremaglio), che fotografano la comunità ittica a piccola scala (microscala) e a strascico (tartana, rapido), che operano su distanze di svariati chilometri (macroscala).

Per quanto riguarda il **gasdotto**, gli impatti prevalenti potranno verificarsi nella *fase di cantiere*, in relazione alla possibile movimentazione dei fondali. I tratti di costa che saranno eventualmente interessati dalla posa di un gasdotto possono essere più o meno eterogenei, ma escludendo gli ambienti prevalentemente rocciosi, sono sostanzialmente riferibili ai seguenti due casi:

- tratto costiero caratterizzato da praterie di fanerogame: è ormai prassi comune il ricorso alla tecnologia trenchless che permette di far entrare (o uscire, a seconda del punto di osservazione) il gasdotto prima del limite inferiore delle praterie, per attraversare la linea di costa e raggiungere la stazione di smistamento. Nonostante l'utilizzo di questa tecnologia, nell'area di uscita a mare del gasdotto, la movimentazione del fondale potrebbe interferire con la comunità ittica della prateria di fanerogame adiacente. In questo ambiente, per descrivere la comunità ittica, non potendo ovviamente ricorrere a campionamenti con lo strascico, si potrà fare ricorso alle seguenti tecniche con metriche quali-quantitative: il visual census e il prelievo con barracuda o tremaglio;
- tratto costiero sabbioso, più o meno in pendenza, con la presenza di popolamenti caratteristici quali la biocenosi delle sabbie fini superficiali (SFHN) e quella delle sabbie fini ben calibrate (SFBC) (Pérès e Picard, 1964). Queste biocenosi (soprattutto la seconda) annoverano tra le specie caratteristiche esclusive molti bivalvi di interesse commerciale, quali la tellina (*Donax* e *Tellina* spp.), il lupino (*Chamelea gallina*), il tartufo (*Venus verrucosa*), il canalicchio (*Ensis ensis*).

In questi ambienti sabbiosi costieri la profondità di alcuni metri rende impossibile il campionamento con attrezzi da pesca manuali (rastrello), così come anche il prelievo con benna, che per essere rappresentativo in termini di densità commerciali, necessiterebbe di un numero di stazioni molto elevato. Ecco, quindi, che la draga idraulica (o turbosoffiante), il cui target è costituito dai bivalvi di cui sopra, diventa in questo caso un attrezzo efficace per monitorare gli eventuali impatti del gasdotto sulle specie presenti ai fini della rappresentazione in termini di catture commerciali.

Nelle prossime sezioni verranno esaminati separatamente il monitoraggio intorno al rigassificatore e lungo il gasdotto.

### 15.1 MONITORAGGIO DEI POPOLAMENTI ITTICI NELL'AREA DEL RIGASSIFICATORE

Lo scopo delle indagini di monitoraggio è quello di verificare che la composizione dei popolamenti ittici nella zona interessata dall'opera non venga alterata in modo significativo. In particolare, saranno monitorati il numero di specie, l'abbondanza e la biomassa delle specie ittiche con frequenza almeno stagionale, affinché sia possibile discriminare le variazioni naturali da quelle potenzialmente attribuibili all'opera e connesse, ad esempio, con le modifiche a piccola-media scala della direzione ed intensità delle correnti (nel caso, ad esempio, di strutture GBS) e/o della temperatura correlata allo scarico delle acque fredde dal circuito di rigassificazione.

Per avere delle informazioni a scale diverse, il monitoraggio potrà avvalersi di attrezzi da pesca differenti, come quelli a strascico (per macroscale) e da posta (microscale). Nel primo caso avremo a che fare con attrezzi da pesca professionale, trascinati sul fondo per distanze minime di 1,5-2 miglia nautiche (tra 2,8 e 3,7 km), mentre nel secondo si tratta di attrezzi passivi calati in punti precisi, la cui lunghezza potrà essere calibrata in funzione del target di pesca. In entrambi i casi, le modalità scelte dovranno essere orientate alla confrontabilità dei risultati con quanto noto per l'area in esame.

#### 15.1.1 Localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni di campionamento

La strategia di campionamento dovrà prevedere almeno un sito di controllo e non meno di due siti da considerare come potenzialmente influenzati dalla struttura (da identificare in base ai dati disponibili per la zona d'indagine ed alla posizione dello scarico), impiegando gli attrezzi a strascico per campionare nell'intorno dell'opera a scala più ampia (macroscale) e quelli da posta per raccogliere dati a più stretto contatto con la potenziale fonte di impatto (microscale).

#### 15.1.2 Parametri descrittivi

I parametri descrittivi più importanti saranno, ovviamente, la composizione delle catture e la loro abbondanza e biomassa.

Nel caso dello strascico sarà importante poter riferire abbondanza e biomassa ad una superficie esplorata standardizzata ( $N/km^2$ ,  $kg/km^2$ ), tenendo conto dei punti di inizio/fine cala e della larghezza della rete impiegata, o in relazione ad una certa lunghezza di rete da posta per unità di tempo (ad esempio il numero di individui per metro di rete per ora di cala). In ogni caso nella scelta delle metriche si potrà fare riferimento alle unità di misura impiegate in studi analoghi.

Altri parametri descrittivi che possono essere presi in considerazione, magari su un lotto di specie

selezionate, sono il sesso, la maturità sessuale, l'indice gonadosomatico, la struttura di taglia ed età, i contenuti stomacali e gli isotopi.

### 15.1.3 Frequenza/durata del monitoraggio

Nelle *fasi di ante operam* ed *esercizio* le indagini devono essere eseguite con frequenza almeno stagionale:

- in *fase ante operam*, prima dell'inizio dei lavori, è raccomandabile una frequenza stagionale con una durata delle indagini almeno annuale (4 campagne);
- in *fase di cantiere*, le tempistiche potranno essere variabili, determinate dall'andamento e dalla durata dei lavori, ma è importante mantenere, laddove possibile, una omogeneità temporale con la frequenza delle altre fasi, prevedendo campagne stagionali (almeno una campagna);
- in *fase di esercizio*, le indagini dovranno essere eseguite con frequenza stagionale per l'intera vita del rigassificatore. In relazione alla valutazione dei risultati acquisiti nei primi 5 anni di monitoraggio, potrà essere considerata la riduzione della frequenza delle campagne di indagine.

### 15.1.4 Metodologie di riferimento

Si indicano di seguito le metodologie consigliate per il monitoraggio dei popolamenti ittici in prossimità degli impianti di rigassificazione.

*Strumentazione di campionamento* (monitoraggio a macroscala e microscala)

Essendo necessario confrontare i rendimenti per specie commerciali nelle differenti fasi di monitoraggio, i campionamenti dovranno essere svolti con gli stessi strumenti della pesca professionale, ovvero, nel caso specifico dei popolamenti ittici:

- *Macroskala*: con un peschereccio commerciale che traini una rete a strascico a divergenti (tartana o coccia) o alternativamente, se i fondali lo consentono, un attrezzo a bocca fissa come il rapido;
- *Microscala*: con un peschereccio commerciale che operi con attrezzi fissi (barracuda o tremaglio). La rete fissa dovrà essere attrezzata con un minimo di 2 (meglio 3) maglie diverse alternate, ad esempio 15-20-30 mm, per una lunghezza complessiva di almeno 300 m. Questa rete costituirà una replica, e se ne dovranno disporre 3 per sito.

*Raccolta dati a bordo*

*Macroskala*: ai fini dei calcoli delle densità delle specie ittiche, parallelamente alla traccia teorica del transetto di pesca (coordinate iniziali e finali), sarà opportuno tracciare il percorso reale effettuato dal peschereccio durante le cale, in modo da risalire (nota la larghezza dell'attrezzo) alla superficie indagata con il minor grado di errore possibile. Tale obiettivo può essere facilmente raggiunto disponendo di un GPS tracker che registri in continuo la posizione dell'imbarcazione durante la cala, oltre al punto di inizio e di fine. Alla fine di ogni cala, prima di aprire il sacco di rete sulla poppa del peschereccio, sarà opportuno impiegare un dinamometro di grande portata (da 2t in su) per misurare il peso dell'intera saccata, a cui sottrarre il peso dell'attrezzo una volta scaricato il contenuto. Questo permetterà di calcolare una serie di parametri da affiancare a quelli precedenti come le percentuali (in

numero e peso) delle specie commerciali e dello scarto (specie epimegabentoniche) sull'intero pescato. Subito dopo aver scaricato il contenuto della rete a bordo, si procederà con la cernita delle specie commerciali, che in funzione della grandezza del peschereccio e/o del tempo a disposizione potranno essere processate in parte o del tutto a bordo o essere congelate per una analisi successiva in laboratorio. È opportuno, almeno con cadenza annuale, analizzare lo scarto di pesca, al fine di ottenere anche per questa categoria di pescato i tre parametri di composizione in specie, abbondanza e peso.

Potranno infine essere impiegate delle sonde minilogger, agganciate alla rete a strascico o al rapido, per la raccolta dei dati di temperatura, salinità e profondità nei pressi del fondo.

*Microscala:* diversamente dalle cale a strascico, per questa tipologia di pesca si possono annotare le sole coordinate di inizio e fine per ogni replica, per poterle poi riportare in un GIS; man mano che vengono salpate le reti (repliche), le catture andranno separate ed etichettate con l'identificativo del sito, della replica e larghezza della maglia, e convenientemente conservate fino all'arrivo in laboratorio.

#### *Analisi in laboratorio*

*Macroscala:* le specie appartenenti alla categoria commerciale e a quella dello scarto verranno identificate a livello tassonomico più basso possibile, contate e pesate per specie. Ad abbondanza e peso si aggiungeranno le biometrie (struttura per taglia), la determinazione del sesso e della maturità delle gonadi (rapporto tra sessi, stadio di maturità, indice gonadosomatico). Altri parametri eventualmente utili potrebbero derivare dall'analisi degli otoliti (struttura di età) e dei contenuti stomacali (dieta).

*Microscala:* in questo tipo di pesca la quasi totalità delle catture rientra nella categoria "commerciale", essendo assai ridotta la presenza di specie di scarto. Le procedure sono le medesime riportate per la macroscala.

### 15.1.5 Analisi dei risultati

Per quanto riguarda le variabili di abbondanza, biomassa, variabilità temporale e struttura per taglia del popolamento ittico, i valori di riferimento saranno quelli dell'area prima dell'installazione del rigassificatore, possibilmente affiancando ai risultati dei campionamenti in *fase ante operam* i dati pregressi eventualmente disponibili, in modo tale da disporre di dati relativi ad una finestra temporale più ampia possibile. È importante, quindi:

- acquisire, per quanto possibile, lo storico più ampio riguardo le rese della pesca professionale per la zona d'indagine (letteratura scientifica, statistiche ufficiali, dati degli Osservatori regionali e nazionali, cooperative di pesca);
- portare a compimento una buona *fase ante operam*, perché saranno i valori riscontrati in questa fase ad essere di riferimento per quelle successive.

## 15.2 MONITORAGGIO DEI POPOLAMENTI DI IMPORTANZA COMMERCIALE LUNGO IL GASDOTTO

Lo scopo delle indagini è di verificare gli eventuali impatti sui popolamenti ittici e/o a bivalvi interessati dal passaggio del gasdotto e le tempistiche necessarie alla risoluzione di eventuali criticità connesse alla possibile movimentazione dei fondali.

Di seguito verranno trattati distintamente i due casi relativi alla posa del gasdotto nel tratto costiero caratterizzato da praterie di fanerogame e nel tratto costiero caratterizzato da sedimento sabbioso popolato da comunità di bivalvi commercialmente rilevanti.

### 15.2.1 Gasdotto in prossimità di una prateria di fanerogame marine

In questo ambiente è ovviamente vietato ricorrere (anche a fini scientifici) allo strascico come strumento di campionamento del popolamento ittico. Si possono però impiegare due valide metodologie che permettono di raccogliere dati soprattutto sulla componente più propriamente ittica delle risorse alieutiche: il *visual census* e gli attrezzi da posta (barracuda o tremaglio).

Nel primo caso avremo a che fare con una tecnica di osservazione senza prelievo, condotta in immersione da operatori addestrati, che restituisce una lista faunistica e delle stime quali-quantitative di abbondanza, biomassa e taglia della fauna ittica, mentre nel secondo vale quanto descritto in precedenza per la pesca a microscala.

#### 15.2.1.1 Localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni di campionamento

Nell'area interessata dai lavori del gasdotto si identificheranno almeno una stazione di controllo ed almeno 2 stazioni di impatto.

#### 15.2.1.2 Parametri descrittivi

I parametri descrittivi più importanti saranno, ovviamente, la composizione delle catture e la loro abbondanza, biomassa e taglia.

Le indagini con *visual census* produrranno set di dati con presenza di specie e stime di abbondanza, peso e taglia degli individui osservati, riferiti ad un volume o alla lunghezza di un transetto a seconda della metodologia di rilevamento impiegata. Questa tecnica ha il pregio di essere la più conservazionistica di tutte, ma al contempo è quella i cui risultati sono più difficili da trasformare e confrontare con quelli disponibili per le specie commerciali.

Le indagini con reti da posta restituiranno liste faunistiche stagionali della fauna ittica, alcune metriche quantitative come i rendimenti di abbondanza e peso (numero di individui e kg per metro di rete per ora di cala) e dati riguardanti taglia, sesso e maturità sessuale per tutti gli individui pescati. Altri parametri descrittivi che possono essere presi in considerazione, magari su un lotto di specie selezionate, sono l'indice gonadosomatico, i contenuti stomacali e gli isotopi. In ogni caso nella scelta delle metriche si potrà fare riferimento alle unità di misura impiegate in studi analoghi.

#### 15.2.1.3 Frequenza/durata del monitoraggio

Nelle fasi di *ante operam* ed *esercizio* le indagini dovranno essere eseguite con frequenza almeno

stagionale.

- in *fase ante operam*, prima dell'inizio dei lavori, è raccomandabile una frequenza stagionale con una durata delle indagini almeno annuale (4 campagne);
- in *fase di cantiere*, le tempistiche potranno essere variabili, determinate dall'andamento e dalla durata dei lavori, ma è importante mantenere, laddove possibile, una omogeneità temporale con la frequenza delle altre fasi, prevedendo campagne stagionali (almeno una campagna);
- in *fase di esercizio*, le indagini dovranno essere eseguite con frequenza stagionale per i primi 2 anni per escludere eventuali impatti, qualora dovessero emergere criticità relativamente ad alcuni parametri indagati, si dovrà prevedere la prosecuzione delle indagini.

#### 15.2.1.4 Metodologie di riferimento

Si indicano di seguito le metodologie consigliate per il monitoraggio dei popolamenti ittici lungo il gasdotto in prossimità di praterie di fanerogame marine.

##### Pesca con reti da posta

###### *Strumentazione di campionamento*

Essendo necessario confrontare i rendimenti per specie commerciali nelle differenti fasi di monitoraggio, i campionamenti dovranno essere svolti con gli stessi strumenti della pesca professionale. Sarà pertanto necessario utilizzare un peschereccio commerciale che operi con attrezzi fissi (barracuda o tremaglio). La rete fissa dovrà essere attrezzata con un minimo di 2 (meglio 3) maglie diverse alternate, ad esempio 15-20-30 mm, per una lunghezza complessiva di 300 m almeno. Questa rete costituirà una replica, e se ne dovranno disporre 3 per sito.

###### *Raccolta dati a bordo*

Per questa tipologia di pesca si possono annotare le coordinate di inizio e di fine per ogni replica, per poterle poi riportare in un GIS; man mano che vengono salpate le reti (repliche), le catture andranno separate ed etichettate con l'identificativo del sito, della replica e della larghezza della maglia, e convenientemente conservate fino all'arrivo in laboratorio.

###### *Analisi in laboratorio*

In questo tipo di pesca la quasi totalità delle catture rientra nella categoria "commerciale", essendo assai ridotta la presenza di specie di scarto. Le specie appartenenti alla categoria commerciale e a quella dello scarto verranno identificate a livello tassonomico più basso possibile, contate e pesate per specie. Ad abbondanza e peso si aggiungeranno le biometrie (struttura per taglia), la determinazione del sesso e della maturità delle gonadi (rapporto tra sessi, stadio di maturità, indice gonadosomatico). Altri parametri eventualmente utili potrebbero derivare dall'analisi degli otoliti (struttura di età) e dei contenuti stomacali (dieta).

##### Visual census

Per la metodologia si consiglia di consultare la seguente bibliografia di riferimento: Harmelin, 1987; Harmelin-Vivien, 1982, 1983, 1984, 1985, 1992; Francour, 1997; Samoily & Carlos, 2000; Murphy & Jenkins, 2010; Prato et al. 2017.

### 15.2.1.5 Analisi dei risultati

#### Pesca con reti da posta

Per quanto riguarda le variabili di abbondanza, biomassa, variabilità temporale e struttura per taglia del popolamento ittico, i valori di riferimento saranno quelli dell'area prima dell'installazione del gasdotto, possibilmente affiancando ai risultati dei campionamenti in *fase ante operam* i dati pregressi eventualmente disponibili, in modo tale da disporre di dati relativi ad una finestra temporale più ampia possibile. È importante, quindi:

- acquisire, per quanto possibile, lo storico più ampio riguardo le rese della pesca professionale per la zona d'indagine (letteratura scientifica, statistiche ufficiali, dati degli Osservatori regionali e nazionali, cooperative di pesca);
- portare a compimento una buona *fase ante operam*, perché saranno i valori riscontrati in questa fase ad essere di riferimento per quelle successive.

#### Visual census

Sarà necessario portare a compimento una buona *fase ante operam*, perché saranno i valori riscontrati in questa fase ad essere di riferimento per quelle successive. Per la valutazione dei dati si consiglia di fare riferimento alla seguente bibliografia: Harmelin, 1987; Harmelin-Vivien, 1982, 1983, 1984, 1985, 1992; Francour, 1997; Samoilys & Carlos, 2000; Murphy e Jenkins, 2010; Prato et al. 2017.

### 15.2.2 Gasdotto in aree caratterizzate da popolamenti di bivalvi di rilievo commerciale

Le caratteristiche principali dei banchi naturali di bivalvi commerciali, soprattutto in termini di evoluzione della densità nel tempo, potranno essere convenientemente monitorate facendo ricorso alla draga idraulica o turbosoffiante, attrezzo a strascico concepito specificatamente per la pesca a vongole, cannicchi, fasolari. I monitoraggi condotti con draga idraulica restituiranno dati comparabili con le statistiche ufficiali sulle specie target, soprattutto in termini quantitativi di abbondanza e peso per unità di superficie esplorata, insieme ad informazioni sulla struttura per taglia del popolamento monitorato.

#### 15.2.2.1 Localizzazione delle aree di indagine e delle stazioni di campionamento

In generale si avrà una localizzazione costiera delle aree di indagine, in quanto i popolamenti a bivalvi di rilievo commerciale sono generalmente distribuiti entro i primi 10-15 m di profondità, su fondali dove la componente sabbiosa prevale su quella fangosa, in comunità a densità variabile, che tende a diminuire all'aumentare della profondità. Si prevede, quindi, che solo la parte dell'opera comprendente la posa del gasdotto avrà un'influenza su detti popolamenti, ed andrà pertanto adeguatamente monitorata.

Le stazioni di campionamento saranno rappresentate non da prelievi puntiformi ma da transetti (cale) ortogonali al gasdotto, localizzati a distanze progressive, su fasce batimetriche diverse e tenendo in debita considerazione l'andamento delle correnti, soprattutto nella fase di cantiere. L'estensione dell'area di indagine sarà infine congruente con le risultanze ottenute dal SIA, in ogni caso sino ad una distanza tale da non riscontrare presumibilmente impatti derivanti dal gasdotto.

### 15.2.2.2 Parametri descrittivi

I principali parametri da monitorare sono rappresentati da abbondanza e biomassa (totale e al m<sup>2</sup>), struttura per taglia e classi d'età del popolamento, valutazione dello stadio di sviluppo gonadico e la misura di indici fisiologici (ad esempio indice di condizione, test di sopravvivenza).

L'indice di condizione è una semplice misura che riflette i cambiamenti a lungo termine nello stato nutrizionale dei molluschi bivalvi ed è soprattutto usato per valutare cambiamenti stagionali in campioni provenienti da popolazioni naturali (Walne, 1970; Gabbot & Walker, 1971; Gee et al., 1977), di allevamento e di laboratorio (Gabbot & Stephenson, 1974; Bayne & Thompson, 1970). Un incremento dell'indice di condizione riflette un aumento dei costituenti organici associato alla crescita e dipende dall'equilibrio tra disponibilità di cibo, tasso di alimentazione e tasso di catabolismo. Una riduzione dell'indice, invece, corrisponde a periodi di stress che coinvolgono l'utilizzo di riserve, oppure corrisponde al periodo di emissione dei gameti. Gli indici di condizione possono essere suddivisi in statici e dinamici (Beninger & Lucas, 1984). Nel primo caso numeratore e denominatore sono rappresentati da singole misure di parametri biometrici, che, determinati in un preciso momento, forniscono un'indicazione sullo stato fisiologico degli organismi al momento del campionamento. Nel secondo caso numeratore e denominatore derivano dalla differenza di due parametri, misurati in tempi diversi fornendo così indicazioni sui cambiamenti fisiologici avvenuti in un dato intervallo di tempo. In molti casi gli indici di condizione sono basati sulle relazioni tra parametri gravimetrici e volumetrici dell'organismo (Phernambucq & Vroonland, 1983; Boscolo et al., 2003).

Il test della sopravvivenza in aria invece misura il tempo che impiega un campione di bivalvi esposto all'aria a cessare le funzioni vitali, esprimendolo in termini di LT50 ovvero del tempo necessario a constatare la morte del 50% degli individui del campione. È usato per mettere a confronto lotti di individui provenienti da situazioni diverse (in termini di spazio e tempo). La durata del test riflette le condizioni di salute dei molluschi: minore il tempo del test, peggiori sono le condizioni iniziali (Boscolo et al., 2003; Eertman & de Zwaan, 1994).

La *fase ante operam* può utilmente essere sfruttata per mettere a confronto i diversi indici di condizione (Tabella 15.2.2.2.1), tra cui selezionare quello/i reputati migliori per omogeneità tra stazioni e capacità di discriminare le naturali differenze stagionali. Deve essere, infine, ricordato che durante i campionamenti per le analisi quantitative vanno effettuate contestualmente le misure dei principali parametri ambientali della colonna d'acqua.

Tabella 15.2.2.2.1. Elenco di alcuni Indici di condizione.

Indice di condizione	Parametri
Pca/SAL	peso umido delle carni (g) su volume della cavità valvare (cm <sup>3</sup> )
Pca/L	peso umido delle carni (g) su lunghezza valvare (cm)
Pca/Pc	peso umido delle carni (g) su peso secco valvare (g)
Ps/SAL	peso secco delle carni (g) su volume della cavità valvare (cm <sup>3</sup> )
Ps/L	peso secco delle carni (g) su lunghezza valvare (cm)
Ps/Pc	peso secco delle carni (g) su peso secco valvare (g)

### 15.2.2.3 Frequenza/durata del monitoraggio

Nelle *fasi ante operam* ed *esercizio* le indagini dovranno essere eseguite con frequenza almeno stagionale, se non mensile.

- in *fase ante operam*, prima dell'inizio dei lavori è raccomandabile una durata delle indagini almeno annuale (4 campagne);
- in *fase di cantiere*, le tempistiche potranno essere variabili, in parte determinate dall'andamento dei lavori stessi, ma è importante cercare comunque di mantenere una certa omogeneità con i campionamenti *ante operam* ed *esercizio*;
- in *fase di esercizio*, le indagini dovranno essere eseguite con frequenza almeno stagionale (4 campagne), se non mensile per i primi 2 anni per escludere eventuali impatti, qualora dovessero emergere criticità relativamente ad alcuni parametri indagati, si dovrà prevedere la prosecuzione delle indagini fino alla risoluzione delle criticità.

### 15.2.2.4 Metodologie di riferimento

Si indicano di seguito le metodologie consigliate per il monitoraggio dei popolamenti a bivalvi commerciali.

#### *Strumentazione di campionamento*

Poiché si intende confrontare i rendimenti per specie commerciali prima, durante e dopo l'installazione del gasdotto, sarà necessario dotarsi degli stessi strumenti impiegati nella pesca professionale. Vale a dire, nel caso specifico dei bivalvi, occorrerà condurre i campionamenti con l'ausilio di una draga idraulica (o turbosoffiante) normalmente impiegata nella raccolta commerciale di vongole, fasolari, ecc.

#### *Raccolta dati a bordo*

Ai fini dei calcoli delle densità di prodotto nei vari transetti, parallelamente alla traccia teorica del transetto (coordinate iniziali e finali) sarà opportuno tracciare il percorso reale effettuato dalla strumentazione di campionamento durante le cale, in modo da risalire (avendo nota la larghezza dell'attrezzo) alla superficie indagata con il minor grado di errore possibile. Tale obiettivo può essere facilmente raggiunto disponendo di un GPS tracker che registri in continuo la posizione dell'imbarcazione durante la cala, oltre al punto di inizio e di fine.

Poiché il prodotto viene sottoposto a vaglio, tutte le categorie di taglia selezionate durante l'attività di pesca normale (dal sottotaglia, oggi fissato per legge a 22 mm, da rigettare in mare a quelle commerciali più o meno grandi) andranno adeguatamente campionate o più spesso subcampionate, tenendo nota dei quantitativi totali.

Nella fase di insacchettamento dei campioni, infine, sarà opportuno mettere da parte gli individui da sottoporre ai vari test (ad esempio, quello di sopravvivenza) in numeri statisticamente rappresentativi (minimo 30 per stazione).

Potranno infine essere impiegate delle sonde CTD sia per la raccolta dei profili di colonna d'acqua a imbarcazione ferma (inizio e fine cala), sia per tracciare l'andamento di temperatura e salinità in

movimento (mini logger agganciati alla gabbia della strumentazione di campionamento).

#### *Analisi in laboratorio*

Per le varie stazioni considerate e su campioni statisticamente rappresentativi, si potranno eseguire le seguenti analisi (Boscolo et al, 2003):

- biometrie (lunghezza antero-posteriore, volume valvare, peso individuale);
- indici di condizione;
- test di sopravvivenza.

In particolare, si riportano alcune specifiche per l'esecuzione del test di sopravvivenza.

In laboratorio 30 vongole per ogni trattamento devono essere lavate accuratamente (asportando eventuali epibionti), asciugate e poste in contenitori a tenuta con tasso di umidità a saturazione, mantenendole a temperatura costante ( $18 \pm 0,5$  °C). A partire dal giorno successivo e con cadenza giornaliera devono essere eliminati gli individui morti, registrandone il numero fino ad esaurimento del campione. Gli animali sono considerati morti quando presentano le valve ben aperte anche in seguito a stimolazione meccanica.

I dati di sopravvivenza vengono trattati con funzioni apposite di software statistici disponibili in commercio, rappresentati in grafici specifici (curve di sopravvivenza cumulativa) ed elaborati secondo la funzione di Kaplan & Meier, 1958, che consente il calcolo della LT50. Il confronto tra le funzioni di sopravvivenza viene infine effettuato con il test F di Cox.

#### *15.2.2.5 Analisi dei risultati*

Per quanto riguarda le variabili di abbondanza, biomassa, densità e struttura per taglia del popolamento, i valori di riferimento sono quelli della zona prima dell'installazione del gasdotto di collegamento con la terraferma ovvero della fase *ante operam*. È quindi importante:

- acquisire, per quanto possibile, lo storico più ampio delle rese della pesca professionale per la zona d'indagine (statistiche ufficiali, dati degli Osservatori regionali e nazionali, cooperative di pesca), per inserire i dati del monitoraggio in un quadro più ampio;
- portare a compimento una buona fase *ante operam*, perché saranno i valori riscontrati in questa fase ad essere di riferimento per quelle successive. Questo ovviamente vale anche per i dati di stadio di sviluppo gonadico e degli indici di condizione e sopravvivenza, i quali raramente potranno essere confrontati con i dati bibliografici specifici per l'area d'indagine ma, probabilmente, accostati a quelli di studi effettuati in luoghi e tempi diversi.

## CAPITOLO 16. RILIEVI MORFO-BATIMETRICI

La mappatura dei fondali marini, attraverso la produzione di cartografie tematiche ad alta risoluzione e ad elevata accuratezza permette l'analisi e l'interpretazione dei lineamenti morfo-batimetrici dei siti o degli areali dove è prevista la realizzazione di infrastrutture, come ad esempio rigassificatori, gasdotti e cavi.

Tale strumento conoscitivo, attraverso la misura e la valutazione dell'entità dell'impatto, si rende necessario ogni qualvolta la realizzazione di un'opera comporti la movimentazione del fondale marino con possibili effetti sugli habitat associati (ricoprimento, modificazione).

Questa tipologia di indagini, oltre a consentire di stimare l'eventuale impatto, permette di verificare nel tempo il ripristino o l'entità del recupero dell'assetto morfologico del fondo, le cui tempistiche possono variare notevolmente in funzione di diversi fattori, quali ad esempio la profondità della colonna d'acqua, la profondità dello scavo, le condizioni idrodinamiche.

La natura e l'entità dell'alterazione fisica del fondale dipendono da molteplici fattori, tra i quali l'originale assetto morfologico e batimetrico e la natura dei sedimenti oltre che dalla tecnologia impiegata per la movimentazione e/o messa in opera dell'opera.

La mappatura dei fondali eseguita nelle *fasi ante operam* ed *esercizio* unitamente a rilievi R.O.V. (Remotely Operated Vehicle) e a campionamenti di sedimenti, utili per la calibrazione delle facies acustiche e per l'interpretazione dei dati, consente di fare una valutazione complessiva dell'assetto morfologico del fondale.

La morfologia e la batimetria sono essenziali ai fini della definizione dell'assetto del fondo interessato dal progetto, sin dalla fase di caratterizzazione propedeutica alla redazione dello Studio di Impatto Ambientale (SIA).

### 16.1 LOCALIZZAZIONE DELLE AREE DI INDAGINE

Nell'ambito della progettazione dell'opera e soprattutto nel corso del processo di valutazione di impatto ambientale viene definita l'estensione del fondale marino potenzialmente perturbato dalla realizzazione del progetto. Per definire l'area di indagine nelle attività di monitoraggio ambientale, pertanto, oltre a fare riferimento all'area di influenza dell'opera individuata dal SIA, si deve tener conto anche di potenziali interferenze in aree contigue, con particolare riguardo alla presenza di ecosistemi sensibili, che possono subire impatti indiretti a seguito della realizzazione dell'opera.

Nel caso dei **rigassificatori** deve essere investigata un'area di forma quadrangolare, con al centro l'opera, ampia almeno 2 km per lato, ma comunque di estensione variabile in funzione dell'impatto dell'opera e della eventuale presenza di ecosistemi sensibili.

Nel caso del **gasdotto** e degli eventuali cavi elettrici e di telecomunicazioni funzionali all'opera, l'area di indagine deve avere una larghezza di almeno 1,5 km, con al centro il tracciato, ed estendersi per tutta la sua lunghezza. Verso costa la profondità minima di rilievo dovrà essere di circa 3-4 m, compatibilmente con la capacità operativa dell'imbarcazione, e dovrà essere posta particolare

attenzione all'area di uscita del gasdotto nel caso di attraversamento della linea di costa mediante tecnologia trenchless.

## 16.2 ACQUISIZIONE DEI DATI

Il Multibeam, o ecoscandaglio multifascio, è utilizzato per la mappatura tridimensionale ad alta risoluzione dei fondali marini (L-3 Communications SeaBeam Instruments, 2000; Neighbors & Bradley, 2017) e permette, mediante rilievi ripetuti nel tempo e attraverso l'analisi e l'interpretazione dei dati, di verificarne l'evoluzione a breve e a lungo termine.

La ricostruzione di modelli digitali di elevazione (Digital Elevation Models - DEMs) ad alta risoluzione, l'analisi delle riflettività dei fondali (backscatter) e, ove disponibile, l'analisi dei dati di riflettività della colonna d'acqua, forniscono informazioni indispensabili per una corretta analisi ed interpretazione dei lineamenti morfologici e di riflettività associati a ciascun habitat, nonché alla individuazione e valutazione di diverse tipologie di impatti sui fondali causati da attività antropiche.

Il rilievo eseguito mediante Side Scan Sonar (SSS) è utilizzato per l'acquisizione di immagini del fondo marino (sonogrammi) (Blondel, 2009; Hodges, 2010), la cui interpretazione permette di valutare la tipologia del substrato identificando la distribuzione areale dei sedimenti, eventuali affioramenti rocciosi e la presenza ed estensione di ecosistemi sensibili (quali ad esempio le fanerogame marine) oltre che identificare eventuali target antropici presenti sul fondale investigato. Il SSS, diversamente dal dato Multibeam, fornisce un'immagine acustica delle riflettività del fondale senza valori di quote altimetriche, ma con risoluzioni spaziali generalmente maggiori (Neighbors and Bradley, 2017).

I rilievi Multibeam e Side Scan Sonar dovranno garantire un'alta accuratezza, precisione e risoluzione dei dati, mediante la complessa catena di processi costituita da tutti gli accorgimenti presi durante le fasi d'installazione e acquisizione, quali ad esempio la corretta determinazione degli offset strumentali, l'accuratezza del posizionamento e l'applicazione delle correzioni mareografiche (Bosman et al., 2018). Eventuali imprecisioni, anche se di debole entità, possono inficiare i valori registrati, determinare un disallineamento delle quote altimetriche sull'intero rilievo e, nel caso di rilievi ripetuti nel tempo, non consentire un confronto batimetrico accurato e la corretta valutazione dei cambiamenti occorsi.

Inoltre, è auspicabile che i dati geofisici siano letti ed interpretati nel loro insieme e siano integrati con i dati raccolti da osservazioni dirette (ground-truth data; ad esempio dati video e/o fotografici e campionamenti di sedimento), al fine di validare le interpretazioni dei dati acustici acquisiti.

Per quanto riguarda i modelli digitali di elevazione (DEM), poiché rappresentano il modello digitale della superficie del fondo marino, è necessario che vengano restituiti ad alta risoluzione e in generale con risoluzioni idonee a definire le eventuali modificazioni dell'assetto del fondale marino.

Per il rilievo mediante Side Scan Sonar, al fine di ottenere un mosaico di buona qualità e risoluzione, è opportuno utilizzare un range di acquisizione di 100 m o inferiore con frequenze comprese tra i 200 e 500 KHz (Bosman et al., 2018). Le indagini dovranno essere condotte lungo rotte rettilinee e parallele tra loro, distanziate sufficientemente per ottenere un'adeguata sovrapposizione (overlapping), tra le spazzate adiacenti nel caso del Multibeam e dei sonogrammi nel caso del Side Scan Sonar.

### 16.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

L'indagine in *fase ante operam* dovrà essere eseguita una volta prima dell'installazione dell'opera, mentre in *fase di cantiere*, dovrà essere eseguita una volta al termine dei lavori. Le successive indagini, nell'ambito della *fase di esercizio*, dovranno essere eseguite con frequenza triennale, nel decennio successivo alla movimentazione del fondale marino, al fine di valutare un eventuale recupero dell'assetto morfo-batimetrico.

### 16.4 METODOLOGIE DI RIFERIMENTO

Le indicazioni sulle metodologie per l'esecuzione delle indagini provengono dalla buona pratica di esecuzione e restituzione dei rilievi.

Di seguito si riportano due riferimenti internazionali dell'International Hydrographic Organization (IHO) relativi alle operazioni di acquisizione di dati idrografici:

- IHO, 2013. Manual on Hydrography, (C-13). International Hydrographic Organization (IHO), Monaco. [https://www.iho.int/iho\\_pubs/IHO\\_Download.htm](https://www.iho.int/iho_pubs/IHO_Download.htm).
- IHO, 2020. Edition 6.1.0. IHO Standards for Hydrographic Survey, (S-44). International Hydrographic Organization (IHO), Monaco. [https://www.iho.int/iho\\_pubs/IHO\\_Download.htm](https://www.iho.int/iho_pubs/IHO_Download.htm).

### 16.5 ANALISI DEI RISULTATI

Non esistono riferimenti per tali tipologie di indagini ma dovrà essere sempre garantita un'alta accuratezza, precisione e risoluzione dei dati. L'analisi dei risultati sarà effettuata mediante il confronto con i dati dello Studio di Impatto Ambientale nonché con quelli rilevati in *fase ante operam* al fine di evidenziare eventuali alterazioni morfologiche e batimetriche del fondale marino dovute all'opera.

## CAPITOLO 17. RUMORE SUBACQUEO

L'energia acustica è la più diffusa tra le forme di energia prodotte dalle attività umane e trasmesse nell'ambiente sottomarino. Infatti, se le alterazioni dell'energia elettromagnetica, luminosa e termica sono localizzate vicino alla sorgente, l'energia acustica, una volta immessa nel mezzo acquatico, si propaga ad una velocità tre volte maggiore rispetto all'aria e per lunghe distanze. Queste proprietà fisiche hanno reso il suono uno dei principali mezzi utilizzati dalle specie marine per attuare funzioni vitali come la comunicazione intra e interspecifica, la riproduzione, la territorialità e l'orientamento spaziale. L'aumento dei livelli di rumore in ambiente acquatico dovuto alle attività antropiche può interferire con la realizzazione di tali comportamenti.

Sulla base della bibliografia scientifica attualmente disponibile, le specie mediterranee identificate come sensibili ai suoni sono le seguenti (Dekeling et al., 2014; Di Franco et al., 2020):

- invertebrati. Cephalopodi: *Loligo vulgaris*, *Octopus vulgaris*, *Sepia officinalis*, Bivalvi: *Mytilus galloprovincialis*, *Mytilus edulis*, *Ostrea sp.*, Crostacei: *Palinurus elephas*, *Nephrops norvegicus*;
- pesci ossei. *Alosa alosa* (Direttiva Habitat allegato II), *Chelon labrosus*, *Dicentrarchus labrax*, *Gobius cruentatus* (Gobiidae Direttiva Habitat allegato II), *Pleuronectes platessa*, *Sciaena umbra*, *Scomber scombrus*, *Scorphaena porcus*, *Solea solea*, *Sparus aurata*, *Thunnus thynnus*;
- rettili marini. *Caretta caretta*, *Chelonia mydas*, *Dermodochelys coriacea* (Direttiva Habitat allegato II e allegato IV);
- mammiferi marini. 21 specie di cetacei e 1 specie di pinnipede: *Monachus monachus*, (*Tursiops truncatus* e *Phocena phocena* Direttiva Habitat allegato II, tutti gli altri allegato IV).

I suoni antropogenici possono essere distinti, in base alla durata, in impulsivi (breve durata) o continui (di lunga durata), ma la ripetizione di emissione nel tempo (duty cycle) e le frequenze di emissione modificano la scala di impatto nel tempo e nello spazio.

L'emissione di suoni in ambiente sottomarino è regolata a livello nazionale dal D.Lgs. 190/2010 che recepisce la Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD). Tale Direttiva propone il raggiungimento del buono stato ambientale che viene identificato attraverso l'utilizzo di descrittori, tra i quali il D11 "L'introduzione di energia, comprese le fonti sonore sottomarine, è a livelli che non hanno effetti negativi sull'ambiente marino". La decisione (UE) 2017/848 definisce il D11 attraverso due criteri:

1. D11C1: "La distribuzione territoriale, l'estensione temporale e i livelli dei suoni intermittenti di origine antropica non superano livelli che hanno effetti negativi sulle popolazioni degli animali marini";
2. D11C2: "La distribuzione territoriale, l'estensione temporale e i livelli dei suoni continui a bassa frequenza di origine antropica non superano livelli che hanno effetti negativi sulle popolazioni degli animali marini".

Gli effetti legati al rumore sottomarino possono essere:

- fisiologici (per esempio aumento dei livelli di stress, aumento dei tassi di ventilazione, del tasso metabolico, alterazioni nell'accrescimento, aumento del tasso di respirazione, effetti a livello di trascrizione proteica);
- comportamentali (per esempio alterazione alla risposta predatoria, alterazioni nel nuoto, reazioni di fuga);

- mascheramento dei segnali acustici;
- riduzione temporanea o permanente della sensibilità uditiva (rispettivamente definite come Temporary Threshold Shift - TTS e Permanent Threshold Shift-PTS);
- mortali.

In Italia la Direttiva Habitat (Direttiva 92/43/CEE recepita tramite il D.P.R. 357/1997) stabilisce il divieto a perturbare deliberatamente le specie come i cetacei inseriti nell'allegato IV (Specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa - articolo 12.1). Di conseguenza incrementi di rumore sottomarino che determinino il raggiungimento di livelli tali da causare TTS o PTS non possono essere accettati e i livelli a cui è necessario fare riferimento sono quelli di disturbo comportamentale.

La durata degli effetti può essere relativa al periodo del disturbo (effetto acuto) oppure essere prolungata nel tempo (effetti permanenti o cronici). Gli effetti del rumore si possono estendere anche in aree molto lontane rispetto alla sorgente, in relazione alle caratteristiche di propagazione del rumore (Borsani et al., 2015).

### 17.1 POSSIBILI IMPATTI CONNESSI ALLA REALIZZAZIONE ED ESERCIZIO DI RIGASSIFICATORI E GASDOTTI

Tra le attività di un rigassificatore e del gasdotto di collegamento, dalla messa in posa in fase di cantiere alla fase di esercizio, quelle che rappresentano le principali fonti d'inquinamento acustico in mare sono:

1. la costruzione di fondamenta in mare, qualora fosse prevista nell'ambito del progetto. Le fondamenta tradizionalmente si costruiscono mediante l'infissione di pali o palancole costituite da diversi materiali (legno, acciaio o cemento armato) che in seguito vengono variamente riempite o ricoperte con altre strutture addizionali. L'infissione avviene solitamente attraverso la percussione del palo tramite un "martello" idraulico di forza variabile, la quale determina l'infissione nel substrato. Durante queste attività sono prodotti dei suoni impulsivi che ricadono nel D11C1 della MSFD. I livelli sonori immessi nell'ambiente variano in funzione del tipo di strumentazione utilizzata, del substrato e delle caratteristiche oceanografiche al contorno ed è quindi necessario attuare delle azioni di monitoraggio (misura) e modellizzazione per ottenere una stima degli impatti;
2. traffico marittimo dei mezzi durante la fase di cantiere e di esercizio con la generazione di rumore di tipo continuo. Tali suoni rientrano nel criterio D11C2 della MSFD. Il rumore continuo generato dalle navi è prodotto principalmente dalla cavitazione delle eliche, dalle vibrazioni dei motori e delle strutture connesse, dallo spostamento dell'acqua attraversata dallo scafo in movimento. Il rumore irradiato determina un incremento di energia soprattutto sotto 500 Hz e l'estensione dell'impatto dipende dalle caratteristiche dell'imbarcazione che lo genera, nonché dalla tipologia di fondale e dalle caratteristiche chimico-fisiche del mare;
3. attività di rigassificazione e allibo. Durante la fase di esercizio del rigassificatore, vi è la generazione di rumore di tipo continuo prodotto dalle attività di affiancamento delle navi al rigassificatore, dall'attivazione di turbine, pompe e macchinari durante le attività di rigassificazione e allibo. Tali suoni rientrano nel criterio D11C2 della MSFD.

Tutte queste variabili devono quindi essere tenute in considerazione durante la fase di stima degli impatti.

## 17.2 OBIETTIVI DELLE INDAGINI E MONITORAGGIO

L'obiettivo delle indagini è la caratterizzazione acustica subacquea delle diverse attività al fine di monitorare e controllare i livelli di energia sonora emessi, valutando l'estensione dell'introduzione di energia attraverso l'utilizzo di modelli di propagazione. Sulla base dei dati ottenuti da misurazioni e modelli di propagazione deve essere valutata la necessità di attuazione di misure di mitigazione.

In relazione al criterio D11C1 della MSFD è necessario che per ogni attività che coinvolge l'emissione di segnali impulsivi vengano comunicate le seguenti informazioni che verranno inserite nel Registro Nazionale dei suoni impulsivi:

- posizione (latitudine/longitudine poligono);
- durata (data inizio - data fine) operazioni;
- proprietà della sorgente acustica;
- Livello sonoro sorgente (L<sub>s</sub>) o proxy, indB re 1µPa;
- spettri sorgente, duty cycle, durata trasmissione (time on/time off), direttività, profondità sorgente, velocità piattaforma, se disponibili.

In risposta al criterio D11C2 della MSFD è necessario che venga caratterizzato il rumore generato durante i diversi stati dell'operatività del rigassificatore. La minima finestra temporale utilizzata per l'analisi del livello di pressione sonora (L<sub>p</sub>) deve essere di 10s (Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas, Part II).

L'estensione dell'introduzione di energia dovrà essere valutata attraverso l'utilizzo di modelli di propagazione seguendo le indicazioni riportate da Borsani et al., 2015 e riassunte in tabella 17.2.1.

Tali modelli permetteranno di identificare l'area di influenza (area vasta) sulla quale definire le azioni di monitoraggio ed eventuale mitigazione.

Tabella 17.2.1. Applicabilità dei più comuni modelli di propagazione acustica in base alla profondità e alla frequenza di interesse. Rielaborata da Borsani et al., 2015.

Bassa profondità – Bassa frequenza	Bassa profondità – Alta frequenza	Alta profondità – Bassa frequenza	Alta profondità – Alta frequenza
<i>Ray theory</i>	<i>Ray theory</i>	<i>Ray theory</i>	<i>Ray theory</i>
<i>Normal mode</i>	<i>Normal mode</i>	<i>Normal mode</i>	<i>Normal mode</i>
<i>Wave number integration</i>	<i>Wave number</i>	<i>Wave number</i>	<i>Wave number</i>
<i>Parabolic equation</i>	<i>Parabolic equation</i>	<i>Parabolic equation</i>	<i>Parabolic equation</i>
<i>Energy flux</i>	<i>Energy flux</i>	<i>Energy flux</i>	<i>Energy flux</i>

Verde - adatto; Giallo - adatto con limitazioni; Rosso - non adatto/non applicabile.

## 17.3 FREQUENZA/DURATA DEL MONITORAGGIO

Si prevede la seguente frequenza di monitoraggio:

- nella fase *ante operam*, si dovrà prevedere almeno una misurazione prima della messa in posa del

- rigassificatore e/o gasdotto, durante i periodi di riproduzione e/o migrazione delle specie da tutelare. La durata della misura è in funzione dell'elaborazione dei descrittori specifici;
- durante la *fase di cantiere*, l'attività di monitoraggio, sia nel caso del rigassificatore che di messa in posa del gasdotto, verrà programmata in funzione dell'attività di installazione. La durata complessiva dell'attività di monitoraggio, da svolgere giornalmente, è pari a quella prevista per la completa realizzazione dell'opera in esame;
  - nella *fase di esercizio*, il monitoraggio deve essere eseguito secondo le seguenti modalità:
    - Effettuare 2 campagne di misurazioni/anno:
      - una in condizione di acque estive (orientativamente mese di settembre-ottobre);
      - una in condizione di acque invernali (orientativamente mese di gennaio-febbraio).
    - Effettuare per ogni campagna, 2 misurazioni a diversa profondità in 4 punti di registrazione. I 4 punti di registrazione devono essere:
      - a distanza 0 (minima distanza possibile dal rigassificatore);
      - 750 m dal punto 0;
      - 1500 m dal punto 0;
      - 3000 m dal punto 0.
    - Effettuare per ogni misurazione almeno 20 minuti di registrazione utilizzando una frequenza di campionamento di 48 kHz e una risoluzione di almeno 16 bit;
    - Effettuare la taratura dello strumento a ogni campagna di misurazione.

In caso di superamento dei livelli di rumore sottomarino tali da causare disturbi di tipo comportamentale alle specie di mammiferi marini presenti nell'area vasta (vedere Borsani e Farchi, 2011) dovranno essere previste azioni di monitoraggio dei mammiferi marini e azioni di mitigazione come indicato dalle Linee Guida SNPA 28, 2020.

Per la realizzazione delle attività di monitoraggio dovranno essere attuate campagne di monitoraggio dei mammiferi marini e tartarughe marine attraverso il coinvolgimento di personale adeguatamente formato per le attività di Marine Mammal Observer (MMO) e Passive Acoustic Monitoring (PAM), al fine di identificare la presenza dei cetacei nell'area di interesse e adeguare di conseguenza le eventuali azioni di mitigazione. Per quanto riguarda i mammiferi e le tartarughe marine, le attività di monitoraggio sono necessarie in quanto questi due gruppi tassonomici sono particolarmente sensibili a determinate pressioni derivanti dalla costruzione di opere. Il piano di monitoraggio deve quindi essere concepito in maniera da intercettare quelle caratteristiche biologiche e ambientali che caratterizzano le specie di interesse.

Per i mammiferi marini si tratterà fondamentalmente di evitare qualsiasi perturbazione (Direttiva Habitat) a qualsiasi livello, quali ad esempio a livello di comportamento, alimentazione, riproduzione e alterazione dell'habitat, mentre per le tartarughe si dovrà porre particolare attenzione ai periodi riproduttivi, incluse le aree di riproduzione/nidificazione, e migratori, con particolare attenzione alle catture accidentali.

Varie sono le tecniche di monitoraggio e sono in continua evoluzione. Per quanto attiene alle campagne di monitoraggio in mare, facendo anche una opportuna analisi costi/benefici, le figure dei MMO (Marine Mammal Observer) e PAM (Passive acoustic mitigation) offrono rispettivamente nel dominio aereo e in quello acustico subacqueo, tecnologie e procedure consolidate nel poter percepire e valutare la presenza di mammiferi marini e tartarughe nelle aree di interesse. Varie sono le associazioni nazionali

e internazionali che offrono operatori con tali professionalità, che devono essere dimostrabili. Vale la pena notare che a livello nazionale si stanno compiendo notevoli sforzi nel censimento di entrambi i taxa, in particolare con mezzo aereo.

#### 17.4 PARAMETRI DESCRITTORI

Al fine di raggiungere gli obiettivi del monitoraggio ambientale, precedentemente indicati e, in particolare, valutare gli effetti/impatti del rumore sottomarino su ecosistemi e/o singole specie, sarà necessario fare riferimento ai descrittori dei livelli sonori di esposizione per le frequenze di interesse, che dipendono dalle specie sensibili presenti nell'area, e tener conto delle frequenze previste dal monitoraggio secondo la MSFD, di seguito riportate.

Per il *monitoraggio D11C1*:

Suono intermittente descritto come livello di pressione acustica di una fonte unica misurato in unità di dB re  $1\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$  o come livello di pressione acustica da zero al picco in unità di dB re  $1\mu\text{Pa m}$ , in entrambi i casi sulla banda di frequenza da 10 Hz a 10 kHz.

Per il *monitoraggio D11C2*:

Media della pressione sonora al quadrato in due bande di terzo di ottava, una centrata a 63 Hz, l'altra a 125 Hz, espressa come livello di decibel in unità di dB re  $1\mu\text{Pa}$ , ad un'adeguata risoluzione spaziale in relazione alla pressione. Questa media può essere misurata direttamente o dedotta da un modello usato per interpolazione tra le misurazioni o estrapolato da esse.

In generale, per i descrittori dei livelli sonori e di esposizione per le frequenze di interesse, la normativa di riferimento (ISO18405-2017 Underwater acoustics – Terminology) individua i parametri di seguito indicati:

- Livello di pressione sonora (sound pressure level  $L_p$ ), espresso in dB re  $1\mu\text{Pa}$ ;
- Livello di esposizione sonora (sound exposure level  $LE_p$ ), espresso in dB re  $1\mu\text{Pa}^2 \text{ s}$ .

#### 17.5 VALUTAZIONE DEI RISULTATI

La valutazione dei risultati ottenuti va a confluire nella valutazione nazionale del buono stato ambientale (GES) per il quale sono state identificate, secondo i criteri di seguito specificati, le seguenti soglie, allo stato attuale indipendentemente dalla specie indicatrice considerata.

Nel corso del 2023 la Commissione Europea ha adottato i criteri per definire i valori soglia per il buono stato ambientale (GES) per il rumore impulsivo ("D11C1") (Sigray et al., 2023) e per il rumore continuo ("D11C2") (Borsani et al., 2023).

In sostanza, si riconoscono tre concetti fondamentali:

1. l'approccio alla definizione numerica delle soglie è basato sul rischio (risk-based approach);
2. i livelli sono basati su fondamenti scientifici che definiscono il livello di inizio di effetti biologici (LOBE - Level of onset of biological effects);
3. valori soglia (threshold values - TVs).

Per entrambi gli approcci ("D11C1" e "D11C2") valgono i medesimi presupposti, ossia:

- spettano alle (sotto) regioni la conoscenza e le decisioni sulle specifiche scientifiche (habitat e specie indicatrici);

- i valori soglia sono decisi a livello unionale;
- gli stati membri valutano il proprio GES e riportano lo stato delle Marine Reporting Units (MRU).

Riassunto dei valori soglia (TVs) per il rumore impulsivo:

Il consiglio del TGNoise (EU Common Implementation Strategy – CIS, *Technical group on underwater noise*) è di porre le soglie come segue:

- per una esposizione a breve termine, la proporzione massima dell'habitat delle specie indicatrici che sarà possibile esporre a valori superiori al LOBE è del 20% o inferiore ( $\leq 20\%$ );
- per una esposizione a lungo termine, la proporzione massima dell'habitat delle specie indicatrici che sarà possibile esporre a valori superiori al LOBE è del 10% o inferiore ( $\leq 10\%$ ).

Riassunto dei valori soglia (TVs) per il rumore continuo:

Il consiglio del TGNoise (EU Common Implementation Strategy – CIS, *Technical group on underwater noise*) è di porre le soglie come segue:

- il 20% o inferiore ( $\leq 20\%$ ) dell'habitat delle specie indicatrici non potrà mai mostrare livelli di rumore superiori al LOBE in ogni mese dell'anno di valutazione.

# BIBLIOGRAFIA CITATA

## PREMESSA

Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica, 2023. Dipartimento Energia Direzione Generale Infrastrutture e Sicurezza. La situazione energetica nazionale nel 2022. Luglio 2023. Pp. 131.

## CAPITOLO 1. INQUADRAMENTO NORMATIVO

Convenzione di Barcellona del 1976, Convention for the Protection of the Marine Environment and the Coastal Region of the Mediterranean.

Decreto Legge 159 del 1°ottobre 2007. Interventi urgenti in materia economico-finanziaria, per lo sviluppo e l'equità sociale. GU Serie generale n. 229 del 2-10-2007.

Decreto Legge 50 del 17 maggio 2022. Misure urgenti in materia di politiche energetiche nazionali, produttività delle imprese e attrazione degli investimenti, nonché in materia di politiche sociali e di crisi ucraina, (22G00059) GU Serie Generale n.114 del 17-05-2022.

Decreto Legge 57 del 29 maggio 2023. Misure urgenti per gli enti territoriali, nonché per garantire la tempestiva attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza e per il settore energetico (23G00070) GU Serie Generale n.124 del 29-05-2023.

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Decreto Legislativo 163 del 12 aprile 2006. Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE. G.U. n. 100 del 2-05-2006.

Decreto Legislativo 190 del 13 ottobre 2010. Attuazione della direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. GU n. 270 del 18-11-2010.

Decreto Legislativo 104 del 16 giugno 2017. Attuazione della direttiva 2014/52/UE del 16 aprile 2014, che modifica la direttiva 2011/92/UE, concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati, ai sensi degli articoli 1 e 14 della legge 9 luglio 2015, n. 114. (17G00117). GU Serie Generale n.156 del 06-07-2017.

Decreto del Presidente della Repubblica 357 dell'8 settembre 1997. Regolamento recante attuazione della direttiva 94/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche. GU n. 248 del 23-10-1997, Suppl. Ordinario n. 219.

Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992. Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche "Direttiva Habitat". GU UE n. L 206 /7 del 22-07-1992.

Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque. GU delle Comunità Europee n. L 327 del 22 dicembre 2000.

Direttiva 2001/42/CE del 27 giugno 2001. Valutazione degli impatti di determinati piani e programmi sull'ambiente. GU UE n. L 197 del 21-07-2001.

Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD) del 17 giugno 2008. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. GU UE n. 164 del 25-06-2008.

Direttiva 2009/147/CE del 30 novembre 2009. Concernente la conservazione degli uccelli selvatici. GU UE n. L 20/7 del 26-01-2010.

Direttiva 2011/92/UE del 13 dicembre 2011. Concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. GU UE n. L 26/1 del 28-01-2012.

Direttiva 2014/52/UE del 16 aprile 2014, che modifica la Direttiva 2011/92/UE. Concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. GU UE n. L124/1 del 25-04-2014.

Legge 239 del 23 agosto 2004. Riordino del settore energetico, nonché delega al Governo per il riassetto delle disposizioni vigenti in materia di energia. GU n. 215 del 13-09-2004.

Legge 91 del 15 luglio 2022. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 17 maggio 2022, n. 50, recante misure urgenti in materia di politiche energetiche nazionali, produttività delle imprese e attrazione degli investimenti, nonché in materia di politiche sociali e di crisi ucraina (22G00104). GU Serie Generale n.164 del 15-07-2022.

Legge 95 del 26 luglio 2023. Conversione in legge, con modificazioni, del decreto-legge 29 maggio 2023, n. 57, recante misure urgenti per gli enti territoriali, nonché per garantire la tempestiva attuazione del Piano nazionale di ripresa e resilienza e per il settore energetico (23G00105). GU n. 174 del 27-07-2023.

Linee Guida SNPA 28, 2020. Valutazione di Impatto Ambientale. Norme tecniche per la redazione di studi di impatto ambientale. Pp. 49.

MITE-ISPRA, 2014. Linee guida per la predisposizione del progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i., D.Lgs.163/2006 e s.m.i.) <https://va.mite.gov.it/File/DocumentoCondivisione/1da3d616-c0a3-4e65-8e48-f67bc355957a>.

Offshore Protocol, 2011. Protocol for the Protection of the Mediterranean Sea against Pollution Resulting from Exploration and Exploitation of the Continental Shelf and the Seabed and its Subsoil.

PNIEC, 2020. Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima.

UNCLOS, 1982. Convenzione delle Nazioni Unite sul diritto del mare del 1982.

## **CAPITOLO 2. PROCESSO DI RIGASSIFICAZIONE E TIPOLOGIE DI TERMINALI GNL**

Annual report on environmental monitoring for year 2022, LNG Harvatska (<https://lng.hr/en/about-us/>).

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) n. 450 del 27 dicembre 2022 (Terminale di rigassificazione GNL galleggiante "FSRU Toscana"- Richiesta di accosti aggiuntivi per

servizio di Small Scale LNG).

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n. 88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Determina Ministero dell'Ambiente e della Sicurezza Energetica (MASE) prot. n. 21377 del 15/02/2023, Rigassificatore Adriatic LNG (Porto Viro).

Direttiva 2011/92/UE del 13 dicembre 2011. Concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. GU UE n. L 26/1 del 28-01-2012.

Direttiva 2014/52/UE del 16 aprile 2014, che modifica la Direttiva 2011/92/UE. Concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati. GU UE n. L124/1 del 25-04-2014.

Energy Policy Act, 2005, Public Law 109-58, 8 Agosto 2005. US Government.

Gas Infrastructure Europe (GIE), 2023. LNG Database 2023.

International Group of LNG Importers (GIIGNL), 2023. The LNG industry-Annual Report, 2023.

ISO 14001, 2015. Certificazione del Sistema di Gestione Ambientale.

Sustainability Report, 2022, Klaipėdos Nafta.

### **CAPITOLO 3. ANALISI DELLE PRESSIONI E DEI POTENZIALI IMPATTI SULL'AMBIENTE MARINO**

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

### **CAPITOLO 4. PROGETTO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE MARINO**

MITE-ISPRA, 2014. Linee guida per la predisposizione del progetto di monitoraggio ambientale (PMA) delle opere soggette a procedure di VIA (D.Lgs.152/2006 e s.m.i., D.Lgs.163/2006 e s.m.i.) <https://va.mite.gov.it/File/DocumentoCondivisione/1da3d616-c0a3-4e65-8e48-f67bc355957a>.

### **CAPITOLO 5. CARATTERIZZAZIONE IDRODINAMICA MEDIANTE OSSERVAZIONI DIRETTE E INDIRECTE E MISURE CORRENTOMETRICHE**

ISPRA, 2012. Manuale di mareografia e linee guida per i processi di validazione dei dati mareografici. Manuali e linee guida 77/2012. ISBN:978-88-448-0532-6.

Linee Guida SNPA 33/2021. Metodologie e criteri di riferimento per la valutazione del danno ambientale ex parte sesta del D.Lgs. 152/2006" <https://www.snpambiente.it/2021/10/07/metodologie-e-criteri-di-riferimento-per-la-valutazione-del-danno-ambientale-ex-parte-sesta-del-d-lgs-152-2006/>.

Rossi G.B., Cannata A., Lengo A., Migliaccio M., Nardone G., Piscopo V., Zambianchi E., 2022. Measurement of Sea Waves. Sensors 2022, 22, 78 <https://doi.org/10.3390/s22010078>.

## CAPITOLO 6. COLONNA D'ACQUA

APAT Manuali e Linee Guida 29/2003 Metodi analitici per le acque, Metodo 1030 - ISBN 88-448-0083-7.

CNR-IRSA-APAT Manuali e linee guida 29/2003. Metodi analitici per le acque (sezioni 1030; 2090; 4030; 4040; 4050; 4060; 4110; 9020).

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Decreto Legislativo 219 del 10 dicembre 2010. Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque (10G0244).

European Commission, 2009. Guidance Document n.19. Guidance on surface water chemical monitoring under the water framework directive ISBN 978-92-79-11297-3.

Gregori E., Patriarca M., Sega M. (Ed.), 2016. Guida Eurachem. Idoneità per lo scopo dei metodi analitici. Guida per i laboratori sulla validazione dei metodi e argomenti correlati. Seconda edizione 2014. Traduzione italiana. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2016 (Rapporti ISTISAN 16/39).

HELCOM COMBINE Annex B-11, 2014. Technical note on the determination of heavy metals and persistent organic compounds in seawater, update [https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/Manual\\_for\\_Marine\\_Monitoring\\_COMBINE\\_Programme\\_HELCOM.pdf](https://mcc.jrc.ec.europa.eu/documents/Manual_for_Marine_Monitoring_COMBINE_Programme_HELCOM.pdf).

ICRAM-MATT, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003) <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010000/10087-metodologie.pdf/>.

ISO 17244:2015. Water quality. Determination of the toxicity of water samples on the embryo-larval development of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*).

ISO 15681-2:2018. Qualità dell'acqua - Determinazione delle concentrazioni di Ortofosfato e Fosforo Totale mediante Analisi in Flusso (FIA e CFA) - Parte 2: Metodo con analisi in flusso continua (CFA).

ISPRA, 2010. Manuali e linee guida 56/2010 "Metodologie di studio del plancton marino" (ISBN: 978-88-448-0427-5) [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it).

Linee Guida SNPA n. 10/2018 (ex manuali e Linee Guida ISPRA n. 176/2018) - ISBN: 978-88-448-0885-3, Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia, <https://www.snpambiente.it/2018/02/24/linee-guida-sulle->

analisi-di-sostanze-prioritarie-in-matrici-marine-parte-ii-idrocarburi-policiclici-aromatici-e-metalli-ed-elementi-in-traccia/.

Linee Guida SNPA 13/2018 (ex Manuali e Linee Guida ISPRA 181/2018). Il campionamento delle acque interne finalizzato alla determinazione dei parametri chimici e misura in campo dei parametri chimico fisici di base per la Direttiva quadro sulle acque 2000/60; ISBN 978-88-448-0905-8.

UNEP/MED WG.482/15, 2020. "Monitoring Guidelines/Protocols for Sampling and Sample Preservation of Seawater for IMAP Common Indicator 17: Heavy and Trace Elements and Organic Contaminants", Integrated Meetings of the Ecosystem Approach Correspondence Groups on IMAP Implementation (CORMONs), 1-3 December 2020 [https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34255/20wg482\\_15\\_eng.pdf?sequence=1&allowed=y](https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/34255/20wg482_15_eng.pdf?sequence=1&allowed=y).

UNI EN 1484, 1999. Analisi dell'acqua - Linee guida per la determinazione del carbonio organico totale (TOC) e del carbonio organico disciolto (DOC).

UNI EN ISO 9377-2:2002. Qualità dell'acqua - Determinazione dell'indice di idrocarburi, Metodo mediante estrazione con solvente e gascromatografia.

UNI ISO 15923-1:2013. Metodi analisi Azoto ammoniacale, azoto nitroso, ortofosfati.

UNI EN ISO 20236:2022. Qualità dell'acqua - Determinazione del Carbonio Totale organico (TOC), Carbonio Organico Disciolto (DOC) Azoto Totale Legato (TNb) e Azoto legato disciolto (DNb) dopo combustione catalitica ossidativa ad alta temperatura.

U.S.EPA, 1995. Method 551.1. Determination of chlorinated disinfection byproducts, chlorinated solvents, and halogenated pesticide/herbicides in drinking water by liquid-liquid extraction and gas chromatography with electron capture detector. Washington, DC.

U.S.EPA, 1996. Method 1653. Chlorinated Phenolics in Wastewater by In Situ Acetylation and GCMS. Washington, DC.

U.S.EPA, 2003. Method 5030C (SW-846). Purge-and-Trap for Aqueous Samples, Revision 3. Washington, DC.

U.S.EPA, 2003. Method 552.3. Determination of haloacetic acids and dalapon in drinking water by liquid-liquid microextraction, derivatization, and gas chromatography with electron capture detector detection. Washington, DC.

Zimmerman C. F., Keefe C. W. and Bashe J., 1997. Method 440.0. Determination of Carbon and Nitrogen in Sediments and Particulates of Estuarine/Coastal Waters Using Elemental Analysis. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-15/009.

## **CAPITOLO 7. MODELLI PREVISIONALI PER LO STUDIO DELLA DISPERSIONE DELLE ACQUE DI SCARICO E DEI SEDIMENTI POTENZIALMENTE RISOSPENDIBILI**

Lisi I., Feola A., Bruschi A., Di Risio M., Pedroncini A., Pasquali D., Romano E., 2017. La modellistica

matematica nella valutazione degli aspetti fisici legati alla movimentazione dei sedimenti in aree marino-costiere. Manuali e Linee Guida ISPRA, 169/2017, pp.144.

Lisi I., Feola A., Orasi A., Cutroneo L., Bruschi A., De Angelis R., Filipponi F., La Valle P., Nicoletti L., Paganelli P., Capello M., Di Risio M., Pasquali D., De Gaetano P., Gaino F., Magri S., Barbone E., Ungaro N., 2023. Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine: criteri di valutazione e gestione. Manuali e Linee Guida ISPRA, 206/2023. ISBN 978-88-448-1193-8.

Sun C., Branson P.M., Mills D., 2020. Guideline on dredge plume modelling for environmental impact assessment. Prepared for the Dredging Science Node, Western Australian Marine Science Institution, Perth, Western Australia.

## CAPITOLO 8. SEDIMENTI MARINI

APAT CNR-IRSA Metodo 4110 A2 Man. 29/2003.

Decreto Legislativo 219 del 10 dicembre 2010. Attuazione della Direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque (10G0244).

Decreto del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare 173 del 15 luglio 2016. Regolamento recante modalità e criteri tecnici per l'autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini.

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

EPA/600/R-95/136/Sezione 15. Chapman G., Denton D. & Lazorchak J., 1995. Short-term methods for estimating the chronic toxicity of effluents and receiving waters to west coast marine and estuarine organisms. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, DC, EPA/600/R-95/136 (NTIS PB96261665).

EPA Method 440 (specifico per sedimento marino). Determination of Carbon and Nitrogen in Sediments and Particulates of Estuarine/Coastal Waters Using Elemental Analysis.

Gregori E., Patriarca M., Segà M. (Ed.), 2016. Guida Eurachem. Idoneità per lo scopo dei metodi analitici. Guida per i laboratori sulla validazione dei metodi e argomenti correlati. Seconda edizione 2014. Traduzione italiana. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2016. (Rapporti ISTISAN 16/39).

Guidance document n. 25, 2010. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive, Technical Report 2010.3991.

Hansen H.P. and Koroleff F., 1999. Determination of nutrients. In Methods of Seawater Analysis (eds K. Grasshoff, K. Kremling and M. Ehrhardt) <https://doi.org/10.1002/9783527613984.ch10>.

ICRAM-APAT, 2007. Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini. Pp. 72.

ICRAM-MATT, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003)  
<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010000/10087-metodologie.pdf/>.

ISO 17244:2015. Water quality. Determination of the toxicity of water samples on the embryo-larval development of Japanese oyster (*Crassostrea gigas*) and mussel (*Mytilus edulis* or *Mytilus galloprovincialis*).

ISPRA, 2011. Manuale/Linea Guida n. 67/2011. Batterie di saggi ecotossicologici per sedimenti di acque salate e salmastre. Pp. 141.

ISPRA, 2017. Quaderni di ricerca marina 11/2017. Saggio di fecondazione e saggio di sviluppo embrionale con il riccio di mare *Paracentrotus lividus* (Lamarck) (Echinodermata: Echinodea). Pp. 59.

ISPRA, 2021. Quaderni di Ricerca Marina 04/2021. Procedura operativa del saggio in fase solida mediante *Alivibrio fischeri*.

ISPRA, 2011. Linee guida n. 75/2011. Procedura per l'analisi degli idrocarburi >C12 in suoli contaminati. ISBN: 978-88-448-0523-4. <https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010400/10425-mlg-75-2011.pdf/>.

Linee Guida SNPA 10/2018 (ex manuali e Linee Guida ISPRA n. 176/2018). Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia. ISBN: 978-88-448-0885-3. <https://www.snpambiente.it/2018/02/24/linee-guida-sulle-analisi-di-sostanze-prioritarie-in-matrici-marine-parte-ii-idrocarburi-policiclici-aromatici-e-metalli-ed-elementi-in-traccia/>.

Linee Guida SNPA 18/2018. Linee guida sulle analisi granulometriche dei sedimenti marini. [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2018/12/LG\\_SNPA\\_18-2018\\_Analisi\\_granulometriche.pdf&ved=2ahUKEwjR79XL-PuFAxX6g\\_0HHeYVBQYQFnoECBAQAQ&usq=AOvVaw3FCYccvIBlgIBEWIQ\\_cBZc](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.snpambiente.it/wp-content/uploads/2018/12/LG_SNPA_18-2018_Analisi_granulometriche.pdf&ved=2ahUKEwjR79XL-PuFAxX6g_0HHeYVBQYQFnoECBAQAQ&usq=AOvVaw3FCYccvIBlgIBEWIQ_cBZc)

Metodo Unichim 2245, 2012. Qualità dell'acqua: determinazione dell'inibizione della mobilità di naupli di *Amphibalanus* (= *Balanus*) *amphitrite* (Darwin, 1854) (Crustacea: Cirripedia) dopo 24 h e 48 h di esposizione.

Metodo Unichim 2365, 2012. Qualità dell'acqua: determinazione dell'inibizione della mobilità di naupli di *Acartia tonsa* Dana (Crustacea: Copepoda) dopo 24 h e 48 h di esposizione.

Metodo Unichim 2396, 2014. Qualità dell'acqua: determinazione della tossicità letale a 24h, 48h e 96h di esposizione con naupli di *Tigriopus fulvus* (Fischer, 1860) (Crustacea: Copepoda).

UNI EN 16170:2016. Fanghi, rifiuti organici trattati e suolo: determinazione di elementi utilizzando spettrofotometria ad emissione ottica al plasma accoppiato induttivamente (ICP-OES).

UNI EN 15936:2022. Metodiche per la determinazione del TOC (Carbonio Organico Totale).

UNI EN ISO 16712:2007 Qualità dell'acqua: determinazione della tossicità acuta dei sedimenti marini o estuarini nei confronti di anfipodi.

UNI EN ISO 10253:2017: Qualità dell'acqua: saggio di inibizione della crescita delle alghe marine *Skeletonema costatum* e *Phaeodactylum tricornutum*.

U.S. EPA, 2002. Method 5035A (SW-846). Closed-System Purge-and-Trap and Extraction for Volatile Organics in Soil and Waste Samples. Draft Revision 1. Washington, DC.

## CAPITOLO 9. BIOACCUMULO E BIOMARKERS

CEMP Guidelines for monitoring contaminants in biota (Agreement 1999-02, revised 2018).

Decisione Comunitaria 848 della Commissione del 17 maggio 2017. Definisce i criteri e le norme metodologiche relativi al buono stato ecologico delle acque marine nonché le specifiche e i metodi standardizzati di monitoraggio e valutazione, e che abroga la decisione 2010/477/UE.

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Decreto Legislativo 219 del 10 dicembre 2010. Attuazione della direttiva 2008/105/CE relativa a standard di qualità ambientale nel settore della politica delle acque, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 82/176/CEE, 83/513/CEE, 84/156/CEE, 84/491/CEE, 86/280/CEE, nonché modifica della direttiva 2000/60/CE e recepimento della direttiva 2009/90/CE che stabilisce, conformemente alla direttiva 2000/60/CE, specifiche tecniche per l'analisi chimica e il monitoraggio dello stato delle acque (10G0244). GU n. 296 del 20-12-2010.

Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD) del 17 giugno 2008. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. GU UE n. 164 del 25-06-2008.

Convenzione di Barcellona, 1976. Convenzione per la Protezione del Mar Mediterraneo dall'Inquinamento.

FAO, 2021. Fisheries and aquacultures. Species Fact Sheets: *Mullus barbatus* (L.).

Follesa M.C., Carbonara P., eds, 2019. Atlas of the maturity stages of Mediterranean fishery resources. Studies and Reviews n. 99. Rome, FAO. 268 pp.

Gregori E., Patriarca M., Sega M. (Ed.), 2014. Guida Eurachem. Idoneità per lo scopo dei metodi analitici. Guida per i laboratori sulla validazione dei metodi e argomenti correlati. Seconda edizione 2014. Traduzione italiana. Roma: Istituto Superiore di Sanità; 2016. (Rapporti ISTISAN 16/39).

Guidance Document n. 25, 2010. Guidance on chemical monitoring of sediment and biota under the Water Framework Directive, Technical Report 2010.3991.

ICRAM-MATT, 2001. Metodologie Analitiche di Riferimento Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino costiero (triennio 2001-2003) e successivi  
<https://www.isprambiente.gov.it/contentfiles/00010000/10087-metodologie.pdf>

aggiornamenti ([www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it)).

Linee Guida SNPA n. 10/2018 (ex manuali e Linee Guida ISPRA n. 176/2018) – ISBN: 978-88-448-0885-3. Linee Guida sulle analisi di sostanze prioritarie in matrici marine. Parte II. Idrocarburi policiclici aromatici e metalli ed elementi in traccia, <https://www.snpambiente.it/2018/02/24/linee-guida-sulle-analisi-di-sostanze-prioritarie-in-matrici-marine-parte-ii-idrocarburi-policiclici-aromatici-e-metalli-ed-elementi-in-traccia/>.

Martínez-Gómez C., Fernández B., Benedicto J., Valdés J., Campillo J.A., León V.M., Vethaak A.D., 2012. Health status of red mullets from polluted areas of the Spanish Mediterranean coast, with special reference to Portmán (SE Spain). *Marine Environmental Research* Volume 77, 50-59.

Martínez-Gómez C., 2013. Thesis: Sublethal Effects of Chemical Pollution in Benthic Fish Species from Marine Spanish Waters. Thesis Document, Chapter 7, General Discussion. In: *Mar. Sci. Appl. Biol.* University of Alicante. <http://www.tesisenred.net/handle/10803/132325>.

Martínez-Gómez C., Fernández B., Robinson C.D., Campillo J.A., León V.M., Benedicto J., Hylland K., Vethaak A.D., 2017. Assessing environmental quality status by integrating chemical and biological effect data: The Cartagena coastal zone as a case. *Marine Environmental Research*. Volume 124, 106-117.

Mathieu A., Lemaire P., Carriere S., Drai P., Giudicelli J., Lafaurie M., 1991. Seasonal and sex-linked variations in hepatic and extrahepatic biotransformation activities in striped mullet (*Mullus barbatus*). *Ecotoxicol. Environ. Saf.* 22, 45-57.

Porte C., Escartín E., García de la Parra L.M., Biosca X., Albaigés J., 2002. Assessment of coastal pollution by combined determination of chemical and biochemical markers in *Mullus barbatus*. *Mar. Ecol. Prog. Ser.* 235, 205-216.

Regoli F., Pellegrini D., Winston G.W., Gorbi S., Giuliani S., Virno Lamberti C., Bompadre S., 2002. Application of biomarkers for assessing the biological impact of dredged materials in the Mediterranean: the relationship between antioxidant responses and susceptibility to oxidative stress in the red mullet (*Mullus barbatus*). *Mar. Pollut. Bull.* 44, 912-922.

Stagg R., McIntosh A., Gubbins M.J., 2016. Determination of CYP1A dependent mono-oxygenase activity in dab by fluorimetric measurement of EROD activity in S9 or microsomal liver fractions. *ICES TIMES* 57, 21 pp.

Tserpes G., Fiorentino F., Levi D., Cau A., Murenu M., Zamboni A. and Costas P., 2002. Distribution of *Mullus barbatus* and *M. surmuletus* (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: implications for management. *Scientia Marina*, 66. S2: 39-54.

Viarengo A., Dondero F., Pampanin D.M., Fabbri R., Poggi E., Malizia M., Bolognesi C., Perrone E., Gollo E., Cossa G.P., 2007. A biomonitoring study assessing the residual biological effects of pollution caused by the HAVEN wreck on marine organisms in the Ligurian Sea (Italy). *Arch Environ Contam Toxicol.* 53, 607-616.

UNEP, 2016. Integrated Monitoring Assessment Programme of the Mediterranean Sea and coast and related assessment criteria (IMAP).

UNEP, 2017. Mediterranean Quality Status Report (QSR). Pp. 539.

UNEP/MAP, 2016. Decision IG.22/7.

UNEP/MAP, 2017. Decision IG.23/6.

UNEP/MAP, 2017. UNEP/MED WG 439/12 IMAP Common indicator Guidance facts sheets, Pollution and marine litter.

UNEP/MAP, 2019. UNEP/MED WG 467/5. IMAP Guidance Factsheets: Update for Common Indicators 13,14, 17, 18, 20 and 21: New proposal for candidate indicators 26 and 27.

UNEP/MAP, 2021. UNEP/MED WG 509/43, Annex 3 Appendix 22-24. Report of the Meeting.

UNEP/RAMOGE, 1999. Manual on the Biomarkers Recommended for the MED POL Biomonitoring Programme. UNEP, Athens. Pp. 31.

## CAPITOLO 10. ATTIVITA' DI ACQUACOLTURA

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Decreto Legislativo 26 marzo 2001, n. 146 Attuazione della direttiva 98/58/CE relativa alla protezione degli animali negli allevamenti.  
GU n. 95 del 24-04-2001.

ISPRA-MIPAAF, 2020. Guida Tecnica Assegnazione di Zone Marine per l'Acquacoltura (AZA). ISPRA, Documenti Tecnici 2020. ISBN 978-88-448-1014-6.

Regolamento (CE) n. 853/2004 del Parlamento europeo e del Consiglio del 29 aprile 2004 che stabilisce norme specifiche in materia di igiene per gli alimenti di origine animale - Gazzetta UE L 139 del 30-04-2004.

Regolamento (CE) 2073/2005 della Commissione del 15 novembre 2005 sui criteri microbiologici applicabili ai prodotti alimentari. GU L 338/1 del 22-12-2005.

Regolamento (UE) 429/2016 del Parlamento europeo e del Consiglio del 9 marzo 2016 relativo alle malattie animali trasmissibili e che modifica e abroga taluni atti in materia di sanità animale "normativa in materia di sanità animale". GU L 84 del 31-03-2016.

Regolamento di esecuzione (UE) 627/2019 della Commissione, del 15 marzo 2019, che stabilisce modalità pratiche uniformi per l'esecuzione dei controlli ufficiali sui prodotti di origine animale destinati al consumo umano in conformità al regolamento (UE) 2017/625 del Parlamento europeo e del Consiglio e che modifica il regolamento (CE) n. 2074/2005 della Commissione per quanto riguarda i controlli ufficiali Testo rilevante ai fini del SEE. (Reg. UE 2019/627). GU L 131/51 del 17-05-2019.

Regolamento (UE) 915/2023 della Commissione del 25 aprile 2023 relativo ai tenori massimi di alcuni contaminanti negli alimenti e che abroga il regolamento (CE) n. 1881/2006. GU L 119/103 del 5-05-2023.

### CAPITOLO 11. COMUNITÀ FITOPLANCTONICHE, ZOOPLANTONICHE E ITTIPLANCTONICHE

Coombs S., Giovanardi O., Conway D., Manzueto L., Hallyday N., Barrett C.D., 1997. The distribution of egg and larvae of anchovy (*E. encrasicolus*) in relation to hydrography and food availability in the outflow of the river Po. *Acta Adriatica*, 38 (1): 33-47.

Coombs S., Giovanardi O., Hallyday N.C., Franceschini G., Conway D.V.P., Manzueto L., Barrett C.D., McFadzen I.R.B., 2003. Wind mixing, food availability and mortality of anchovy larvae *Engraulis encrasicolus* in the northern Adriatic Sea. *Mar. Ecol. P.S.*, 248: 221-235.

ICRAM, 2006. Guida al riconoscimento del plancton dei mari italiani - Volume I (fitoplancton) e II (zooplancton).

ISPRA, 2010. Manuali e linee guida 56/2010 Metodologie di studio del plancton marino (ISBN: 978-88-448-0427-5) [www.isprambiente.it](http://www.isprambiente.it).

### CAPITOLO 12. FANEROGAME MARINE

Bacci T. e La Porta B., 2022. Manuale delle tecniche e delle procedure operative per il trapianto di *Posidonia oceanica*. LIFE SEPOSSO (LIFE 16 GIE/IT/000761), Roma <https://lifeseosso.eu>.

Bacci T., Penna M., Rende S. F., Tomasello A., Calvo S., 2020. Scheda Metodologica *Posidonia oceanica* (L.) Delle Descrittori 1 Biodiversità (D.Lgs. 190/10) Elemento di Qualità Biologica Angiosperme (D.Lgs. 152/06) <http://www.db-strategiamarina.isprambiente.it/app/#/>.

Bosman A., Pazzini A., Rossi L., Rende S. F., Annunziatellis A., Giusti M., Pulcini M., Penna M., 2021. Protocolli d'acquisizione e controllo della qualità dei dati Multibeam e Side Scan Sonar nell'ambito dei programmi di monitoraggio Strategia Marina 2021-2026 (D.Lgs. 190/10).

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2003. I Sistemi a Fanerogame Marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Eds.), *Manuale di Metodologie di Campionamento e Studio del Benthos Marino Mediterraneo*. *Biol. Mar. Medit.* 10, 145-198.

Convenzione di Barcellona, 1976. Convenzione per la Protezione del Mar Mediterraneo dall'Inquinamento.

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Decreto Legislativo 190 del 13 ottobre 2010. Attuazione della direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. GU n. 270 del 18-11-2010.

Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992. Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della

flora e della fauna selvatiche "Direttiva Habitat". GU UE n. L 206 /7 del 22-07-1992.

Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (GU delle Comunità Europee L 327 del 22 dicembre 2000).

Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD) del 17 giugno 2008. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. GU UE n. 164 del 25-06-2008.

Decreto del Presidente della Repubblica 357 dell'8 settembre 1997. Regolamento recante attuazione della direttiva 94/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche. GU n. 248 del 23-10-1997 -supplemento ordinario n. 219.

La Porta B. e Bacci T., 2022. Manuale per la pianificazione, realizzazione e monitoraggio dei trapianti di *Posidonia oceanica*. LIFE SEPOSSO (LIFE 16 GIE/IT/000761), Roma <https://www.lifeseposso.eu>.

Larkum A.W.D., Orth R.J., Duarte C.M., 2006. Seagrasses: Biology, Ecology and Conservation; ISBN 978-1-4020-2942-4.

Protocollo ASP/BD, 1995. Protocollo per le Aree Specialmente Protette e la Biodiversità in Mediterraneo (ASPIM) - Convenzione di Barcellona.

### CAPITOLO 13. COMUNITÀ BENTONICHE DI FONDI MOBILI

AAVV, 2013. Methods for the study of marine benthos. A. Eleftheriou ed. Fourth edition, pp.502.

Borja A., Franco J., Valencia V., Bald J., Muxika I., Belzunce M.J., Solaun O., 2004. Implementation of the European Water Framework Directive from the Basque Country (northern Spain): a methodological approach. Marine Pollution Bulletin 48, 209–218.

Borja A., Mader J., Muxika I., Rodriguez J.G., Bald J., 2008. Using M-AMBI in assessing benthic quality within the Water Framework Directive: some remarks and recommendations. Marine Pollution Bulletin 56, 1377–1379.

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Gambi M.C., Dappiano M., 2003. Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos mediterraneo. Biol. Mar. Medit. 10 (suppl.): 109-144.

ISO/DIS 16665, 2003. Water qualità. Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine soft-bottom macrofauna.

ISPRA, 2008. Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del macrozoobenthos di fondi mobili. Luglio 2008. AA.VV. ISPRA.

ISPRA, 2010. Scheda metodologica per il campionamento e l'analisi del macrozoobenthos di fondi mobili. 2010. AA.VV. ISPRA.

Margalef R., 1958. Information theory in ecology. General Systematics 3: 36-71.

Muxika I., Borja A., Bald J., 2007. Using historical data, expert judgement and multivariate analysis in assessing reference conditions and benthic ecological status, according to the European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin* 55, 16–29.

Pielou E.C., 1974. *Population and community ecology: principles and methods*. Gordon and Breach Sci. Pubbl., New York. 424 pp.

Report SNPA 24/2021, ISBN 978-88-448-1068-9, Roma, luglio 2021. <http://www.db-strategiamarina.isprambiente.it/app/#/>: scheda metodologica 3; scheda metodologica 9.

Shannon C.E., Weaver W., 1949. *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press. 117 pp.

Simpson E.H., 1949. Measurement of Diversity. *Nature* 163, 688.

Trabucco B., Grossi L., Marusso V., Bacci T., Bertasi F., Ceracchi S., Lomiri S., Vani D. and Virno Lamberti C., 2016. Macrozoobenthic assemblages around a marine terminal for re-gasifying liquefied natural gas (LNG) in the north Adriatic Sea (Italy). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 2015: 1-13. Marine Biological Association of the United Kingdom, 2015. doi:10.1017/S0025315415000338. Published online.

Virno Lamberti C., Gabellini M., Maggi C., Nonnis O., Manfra L., Ceracchi S., Trabucco B., Moltedo G., Onorati F., Franceschini G., Di Mento R., 2013. An environmental monitoring plan for the construction and operation of a marine terminal for regasifying Liquefied Natural Gas (LNG) in the North Adriatic Sea C. Book: "Mediterranean Sea: Ecosystems, Economic Importance and Environmental Threats", Ed. Terrence B. Hughes, 2013, Nova Science Publisher, Inc.

#### CAPITOLO 14. COMUNITÀ BENTONICHE DI FONDI DURI

Acunto S., 2000. Tecniche di campionamento fotografico e studio della variabilità spazio-temporale in popolamenti coralligeni. PhD Thesis, University of Pisa.

Acunto S., Balata D. & Cinelli F., 2001. Spatial variability in the coralligenous assemblage and evaluations of the sampling method. *Biologia Marina Mediterranea*, 8: 191-200.

Anderson M.J., 2006. Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics*, 62: 245–253.

Anderson M.J., Ellingsen K.E. & Mc Cardle B.H., 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecology Letters*, 9: 683-693.

Balata D., Piazzoli L. & Rindi F., 2011. Testing a new classification of morphological functional groups of marine macroalgae for the detection or responses to disturbance. *Marine Biology*, 158: 2459-2469.

Ballesteros E., 1986. Metodos de analisis estructural en comunidades naturales, en particular del fitobentos. *Oecologia Aquatica*, 8: 117–131.

Ballesteros E., Torras X., Pinedo S., Garcia M., Mangialajo M. & De Torres M., 2007. A new methodology based on littoral community cartography dominated by macroalgae for the implementation of European Water Framework Directive. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 172-180.

Benedetti-Cecchi L., Airoldi L., Frascchetti S., Terlizzi A., 2003. Metodi sperimentali per la valutazione di influenze antropiche su popolamenti ed ambienti marino costieri. *Biologia Marina Mediterranea*, 2003, 10 (Suppl.): 485-508. In: Gambi & Dappiano. Manuale di metodologie di campionamento e studio del Benthos marino Mediterraneo, Cap. 14.

Bianchi C.N., Pronzato R., Cattaneo-Vietti R., Benedetti Cecchi L., Morri C., Pansini M., Chemello R., Milazzo M., Frascchetta S., Terlizzi A., Peirano A., Salvati E., Benzoni F., Calcinai B., Cerrano C., Bavestrello G., 2003. I fondi duri. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Eds.), *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*:199-222.

Boudouresque C.F., 1971. Méthodes d'étude qualitative et quantitative du Benthos (en particulier du Phitobenthos). *Thetys*, 3(1): 79-104.

Boudouresque C.F., 1974. Aire minima et poulements algaux marins. *Soc. Phycol. De France Bull.*, 19: 141-157.

Boudouresque C.F., Belsher T., 1979. Le peuplement algal du port de Port-Vendres: recherches sur l'aire minimale qualitative. *Cah. Biol. Mar.* 20: 259-269.

Decreto Legislativo 152 del 3 aprile 2006 e successive modifiche e integrazioni. Norme in materia ambientale. GU Serie Generale n.88 del 14-04-2006 - Suppl. Ordinario n. 96.

Direttiva 2000/60/CE del 23 ottobre 2000. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque (GU delle Comunità Europee L 327 del 22 dicembre 2000).

Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD) del 17 giugno 2008. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. GU UE n. 164 del 25-06-2008.

Enrichetti F., Boa M., Morri C., Montefalcone M., Toma M., Bavestrello G., Tunesi L., Canese S., Giusti M., Salvati E., Bertolotto R.M., Bianchi C.N., 2019. Assessing the environmental status of temperate mesophotic reefs: A new integrated methodological approach. *Ecological Indicators*, 102: 218-219.

Gambi & Dappiano, 2003. APAT-SIBM-ICRAM: Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biologia Marina Mediterranea* 10 (Suppl.).

Gatti G., Bianchi C.N., Morri C., Montefalcone M., Santoretto S., 2015. Coralligenous reefs state along anthropized coasts: application and validation of the COARSE index, based on a rapid visual assessment (RVA) approach. *Ecological Indicators* 52, 567-576.

ISPRA, 2008. Quaderno Metodologico sull'elemento biologico macroalghe e sul calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia CARLIT". ISPRA, Roma, agosto 2008. A cura di: L. Mangialajo, G. Sartoni, F. Giovanardi, con la collaborazione di: N. Abdelahad, E. Ballesteros, R. Bertolotto, R. Cattaneo-Vietti, G. Ceccherelli, MC. Buia, F. Bulleri, G. Casazza, M. Chiantore, F. Gaino, I. Guala, P.

Mannoni, L. Piazzì, F. Ragazzola, D. Serio, T. Thibaut, X. Torres, F. Sante Rende, P. Gennaro, M. Amori.

ISPRA, 2012. Integrazione al Quaderno metodologico ISPRA per il calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia CARLIT. Procedure di campionamento per la raccolta dati, marzo 2012. P. Gennaro e S.F. Rende. Coordinamento II Fase dell'Esercizio di Intercalibrazione del Mediterranean Geographical Intercalibration Group (MedGIG): Anna Maria Cicero e Franco Giovanardi.

ISPRA, 2019. La Mesa G., Paglialonga A., Tunesi L., 2019. Manuali per il monitoraggio di specie e habitat di interesse comunitario (Direttiva 92/43/CEE e Direttiva 09/147/CE) in Italia: ambiente marino. ISPRA, serie Manuali e Linee Guida, 190/2019.

ISPRA, 2020. Gennaro P., Piazzì L., Cecchi E., Montefalcone M., Bianchi C.N., Morri C. Monitoraggio e valutazione dello stato ecologico dell'habitat a coralligeno. Il coralligeno di parete. ISPRA, Manuali e Linee Guida n.191/2020.

Mangialajo L., Ruggieri N., Asnaghi V., Chiantore M., Povero P. & Cattaneo-Vietti R., 2007. Ecological status in the Ligurian Sea: the effect of coastline urbanization and the importance of proper reference sites. *Marine Pollution Bulletin* 55: 30-41.

Montefalcone M., Morri C., Bianchi C.N., Bavestrello G., Piazzì L., 2017. The two facets of species sensitivity: stress and disturbance on coralligenous assemblages in space and time. *Marine Pollution Bulletin* 117, 229-238.

Orfanidis S., Panayotidis P. & Stamatis N., 2001. Ecological evaluation of transitional and coastal waters: A marine benthic macrophytes-based model. *Mediterranean Marine Science* 2: 45-65.

Orfanidis S., Panayotidis P. & Stamatis N., 2003. An insight to the ecological evaluation index (EEI). *Ecological Indicators* 3: 27-33.

Orfanidis S., Panayotidis P. & Iugland K.I., 2011. Ecological Evaluation Index (EEI) application: a step forward for functional group, the formula and reference condition value. *Mediterranean Marine Sciences*, 12/1:199-231.

Orlando-Bonaca M., Mavric B. & Urbanic G., 2012. Development of a new index for the assessment of hydromorphological alterations of the Mediterranean rocky shore. *Ecological Indicators*, 12: 26-36.

Panayotidis P., Montesanto B. & Orfanidis S., 2004. Use of lowbudget monitoring of macroalgae to implement the European Water Framework Directive. *Journal of Applied Phycology*, 16 (1): 49-59.

Piazzì L., Gennaro P., Cecchi E., Serena F., Bianchi C.N., Morri C., Montefalcone M., 2017. Integration of ESCA index through the use of sessile invertebrates. *Scientia Marina* 81, 283-290.

Piazzì L., Turicchia E., Rindi F., Falace A., Gennaro P., Abbiati M., Bandelj V., Calcinaì B., Ciriaco S., Costantini F., Gianni F., Kaleb S., Puce S., Ponti M., 2023. NUMBER: A biotic index for assessing the ecological quality of mesophotic biogenic reefs in the northern Adriatic Sea. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 33/3: 298-311.

Shannon C.E., Weaver W., 1949. The mathematical theory of communication. Urbana IL: University of Illinois Press. 117 pp.

Underwood A.J., 1991. Beyond BACI: Experimental designs for detecting human environmental impacts on temporal variations in natural populations. Australian Journal of Marine and Freshwater Research, Vol. 42, pp. 569-587.

Underwood A. J., 1992. Beyond BACI: the detection of environmental impacts on populations in the real, but variable world. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 161:145-178.

Underwood A. J., 1993. The mechanics of spatially replicated sampling programs to detect environmental impacts in a variable world. Australian Journal of Ecology, 18: 99-116.

## CAPITOLO 15. RISORSE ALIEUTICHE

Bayne B.L. & Thompson R.J., 1970. Some physiological consequences of keeping *Mytilus edulis* in the laboratory. Helgoländerwiss Meeresunters 20, 526-552.

Beninger P.G. & Lucas A., 1984. Seasonal variations in condition, reproductive activity, and gross biochemical composition of two species of adult clam reared in a common habitat: *Tapes decussatus* L. (Jeffreys) and *Tapes philippinarum* (Adams & Reeve). J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 79, 19-37.

Boscolo R., Cornello M., Giovanardi O., 2003. Condition index and air survival time to compare three kinds of Manila clam *Tapes philippinarum* (Adamas & Reeve) farming systems, Aquaculture International, 11: 243-254.

Eertman R.H.M. & De Zwaan A.B., 1994. Survival of the fittest: resistance of mussels to aerial exposure. Biomonitoring of coastal waters and estuaries: 269-284.

Francour P., 1997. Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 18(2): 157-173.

Gabbott P.A. & Walker A.J.M., 1971. Changes in the condition index and biochemical content of adult oysters (*Ostrea edulis* L.) maintained under hatchery conditions. J. Cons. Int. Explor. Mer. 34, 99-106.

Gabbot P.A. & Stephenson R.R., 1974. A note on the relationship between the dry weight condition index and the glycogen content of adult oyster (*Ostrea edulis* L) kept in the laboratory. J. Cons. Int. Explor. Mer. 35, 359-361.

Gee J.M., Maddock L., Davey J.T., 1977. The relationship between infestation by *Mytilicola intestinalis*, Steuer Copepoda, Cyclopoidea) and the condition index of *Mytilus edulis* in Southwest England. J. Cons. Int. Explor. Mer. 37, 300-308.

Harmelin J.G., 1987. Structure et variabilité de l'ichtyofaune d'une zone rocheuse protégée en Méditerranée (Parc National de Port-Cros, France). P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 8: 263-284.

Harmelin-Vivien M. L., 1982. Ichtyofaune des herbiers de posidonies du Parc national de Port-Cros. I.

Composition et variations spatio-temporelles. *Trav. Sci. Parc Natl Port-Cros*, 8: 69-92.

Harmelin-Vivien M. L., 1983. Etude compartée de l'ichtyofaune des herbiers de phanérogames marines en milieu tropical et tempéré. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 38: 179–210.

Harmelin-Vivien M. L., 1984. Icthyofaune des herbiers de posidonies du parc naturel régional de Corse. In: C. F. Bou-Douresque, A. Jeudy De Grissac & J. Olivier (Eds.), *First Int. Workshop Posidonia oceanica*. GIS Posidonie, Marseille: 291-301.

Harmelin-Vivien M. L. & Francour P., 1992. Trawling or visual censuses? Methodological bias in the assessment of fish populations in seagrass beds. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 13: 41–51.

Harmelin-Vivien M. L., J. G. Harmelin, C. Chauvet, C. Duval, R. Galzin, P. Lejeune, G. Barnabe, F. Blanc, R. Chevalier, J. Duclerc & G. Lassere, 1985. Evaluation visuelle des peuplements et populations de poissons: problèmes et méthodes. *Rev. Ecol. (Terre Vie)*, 40: 467-539.

Kaplan E.L., Meier P., 1958. Nonparametric estimation from incomplete observations. *J. Amer. Statist. Assoc.* 53, 457-481.

Murphy HM, Jenkins GP., 2010. Observational methods used in marine spatial monitoring of fishes and associated habitats: a review. *Mar Freshw Res.*, 61: 236.

Pèrès J. M. & J. Picard, 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique. *Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume*, 31 (47), 5-137.

Phernambuq A.J.W. & Vroonland C.S., 1983. A comparison of four indexes of condition of the european flat oyster (*Ostrea edulis* L.). *Intern. Coun. Explor. Sea C.M.* 1983/F3, pp. 11.

Prato G., Thiriet P., Di Franco A., Francour P., 2017. Enhancing fish Underwater Visual Census to move forward assessment of fish assemblages: An application in three Mediterranean Marine Protected Areas. *PLoS ONE* 12(6): e0178511.

Samoilys M.A., Carlos G., 2000. Determining Methods of Underwater Visual Census for Estimating the Abundance of Coral Reef Fishes. *Environ Biol Fishes.* 57: 289-304.

Walne P.R., 1970. The seasonal variation of meat and glycogen content of seven populations of oyster *Ostrea edulis* L. and a review of the literature. *Fish. Invest. Ser. II Mar. Fish. G.B. Minist. Agric. Fish. Food* 26, 35 pp.

## CAPITOLO 16. RILIEVI MORFO-BATIMETRICI

Blondel P., 2009. *The Handbook of Side Scan Sonar*. ISBN 978-3-540-49886-5.

Bosman A., Pazzini A., Rossi L., Rende S.F., Annunziatellis A., Giusti M., Pulcini M., Penna M., 2018. *Protocolli d'acquisizione e controllo della qualità di dati multibeam e side scan sonar nell'ambito dei programmi di monitoraggio strategia marina 2021-2026*. Attività condotta in collaborazione con il CNR-IGAG nell'ambito dell'accordo operativo con MATTM del 28 dicembre 2018 per l'attuazione della Direttiva 2008/56/CE.

Hodges R. P., 2010. Underwater Acoustics. Analysis, design and performance of sonar. ISBN 978-0-470-68875-5.

IHO, 2013. Manual on Hydrography, (C-13). International Hydrographic Organization (IHO), Monaco. [https://www.iho.int/iho\\_pubs/IHO\\_Download.htm](https://www.iho.int/iho_pubs/IHO_Download.htm).

IHO, 2020. Edition 6.1.0. IHO Standards for Hydrographic Survey, (S-44). International Hydrographic Organization (IHO), Monaco. [https://www.iho.int/iho\\_pubs/IHO\\_Download.htm](https://www.iho.int/iho_pubs/IHO_Download.htm).

L-3 Communications SeaBeam Instruments, 2000. Multibeam Sonar Theory of Operation 141 Washington Street East Walpole, MA 02032-1155.

Neighbors T. & Bradley D., 2017. Applied Underwater Acoustics. ISBN: 9780128112403.

## CAPITOLO 17. RUMORE SUBACQUEO

Borsani J.F. & Farchi C., 2011. Linee guida per lo studio e la regolamentazione del rumore di origine antropica introdotto in mare e nelle acque interne (Parti I, II, III). ISPRA 2011.

Borsani J.F., Faulkner R., Merchant N., 2015. Impacts of noise and use of propagation models to predict the recipient side of noise. Cefas Report prepared under contract ENV.D.2/FRA/2012/0025 for the European Commission.

Borsani J.F., Andersson M., André M., Azzellino A., Bou M., Castellote M. et al., 2023. Setting EU Threshold Values for continuous underwater sound, Technical Group on Underwater Noise (TG NOISE), MSFD Common Implementation Strategy, Edited by Jean-Noël Druon, Georg Hanke and Maud Casier, Publications Office of the European Union, Luxembourg, doi:10.2760/690123, JRC133476.

Decisione (UE) 2017/848 della Commissione del 17 maggio 2017 che definisce i criteri e le norme metodologiche relativi al buono stato ecologico delle acque marine nonché le specifiche e i metodi standardizzati di monitoraggio e valutazione, e che abroga la decisione 2010/477/UE.

Decreto Legislativo 190 del 13 ottobre 2010. Attuazione della direttiva 2008/56/CE che istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino, GU n. 270 del 18-11-2010.

Decreto del Presidente della Repubblica 357 dell'8 settembre 1997. Regolamento recante attuazione della direttiva 94/43/CEE relativa alla conservazione degli habitat naturali e seminaturali, nonché della flora e della fauna selvatiche. GU n. 248 del 23-10-1997 - Suppl. Ord. n. 219.

Dekeling R.P.A., Tasker M.L., Van der Graaf A.J., Ainslie M.A., Andersson M.H., André M., Borsani J.F., Breusing K., Castellote M., Cronin D., Dalen J., Folegot T., Leaper R., Pajala J., Redman P., Robinson S.P., Sigray P., Sutton G., Thomsen F., Werner S., Wittekind D., Young J.V., 2014. Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas Part I. EUR - Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-9424, ISBN 978-92-79-36341-2.

Dekeling R.P.A., Tasker M.L., Van der Graaf A.J., Ainslie M.A., Andersson M.H., André M., Borsani

J.F., Brensing K., Castellote M., Cronin D., Dalen J., Folegot T., Leaper R., Pajala J., Redman P., Robinson S.P., Sigray P., Sutton G., Thomsen F., Werner S., Wittekind D., Young J.V., 2014. Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas Part II. EUR – Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-9424, ISBN 978-92-79-36339-9.

Dekeling R.P.A., Tasker M.L., Van der Graaf A.J., Ainslie M.A., Andersson M.H., André M., Borsani J.F., Brensing K., Castellote M., Cronin D., Dalen J., Folegot T., Leaper R., Pajala J., Redman P., Robinson S.P., Sigray P., Sutton G., Thomsen F., Werner S., Wittekind D., Young J.V., 2014. Monitoring Guidance for Underwater Noise in European Seas Part III. EUR – Scientific and Technical Research series – ISSN 1831-9424, ISBN 978-92-79-36340-5.

Di Franco E., Pierson P., Di Iorio L., Calò A., Cottalorda J. M., Derijard B., Di Francoe, Galvé A., Guibbolini M., Lebrung J., Micheli F., Priouzeau F., Risso-de Faverney C., Rossi F., Sabourault C., Spennato G., Verrando P., Guidetti P., 2020. Effects of marine noise pollution on Mediterranean fishes and invertebrates: A review. *Marine Pollution Bulletin*, 159, 111450.

Direttiva 92/43/CEE del 21 maggio 1992. Conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche "Direttiva Habitat". GU UE n. L 206 /7 del 22-07-1992.

Direttiva Quadro sulla Strategia Marina 2008/56/CE (MSFD) del 17 giugno 2008. Istituisce un quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino. GU UE n. 164 del 25-06-2008.

ISO18405-2017 Underwater acoustics – Terminology.

Linee Guida SNPA 28, 2020. Valutazione di impatto ambientale. Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto ambientale. ISBN 978-88-448-0995-9.

Sigray P., Andersson M., André M., Azzellino A., Borsani J.F., Bou M. et al., 2023. Setting EU Threshold Values for impulsive underwater sound, Technical Group on Underwater Noise (TG NOISE), MSFD Common Implementation Strategy, Edited by Jean-Noël Druon, Georg Hanke and Maud Casier, Publications Office of the European Union, Luxembourg, 2023, doi: 10.2760/60215, JRC133477.

