






## FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti

### Monitoraggio ante operam della componente Sedimenti Report Finale

Rev. No.	Data	Descrizione	SHELTER	
0	22/02/2024	Emesso per l'uso	Preparato Alessia Sailis	Approvato Marco Scabbia
<b>SHELTER s.r.l.</b> <i>Sede legale:</i> Viale Gran Sasso n° 13 - 20131 Milano (IT)   <b>Tel.</b> +39-02-49476764 <i>Sede locale:</i> Via De' Terribile n° 4 - 72100 Brindisi (IT)   <b>Tel.</b> +39-0831-1793226 <i>Website:</i> <a href="http://www.shelter-srl.com/">www.shelter-srl.com/</a>   <i>Email:</i> <a href="mailto:info@shelter-srl.com">info@shelter-srl.com</a>   <i>Pec:</i> <a href="mailto:pec@pec.shelter-srl.com">pec@pec.shelter-srl.com</a> R.E.A. MI-1936281   <b>C.F./P.IVA</b> 07110670960   <b>Capitale Sociale:</b> Euro 40.000,00 int. vers.			<div> UNI EN ISO 9001:2015</div> <div> UNI EN ISO 14001:2015</div> <div> UNI EN ISO 45001:2018</div>	

**Cronologia revisioni**

Rev. No.	Data	Descrizione		
O	22/02/2024	Emesso per l'uso		
A	29/01/2024	Emesso per revisione		
Descrizione		SHELTER		
Emesso per revisione		Preparato	Revisionato	Approvato
		Alessia Sailis 	Paolo Bigoni 	Marco Scabbia 

## INDICE

<b>1 INTRODUZIONE .....</b>	<b>5</b>
<b>2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ .....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 CAMPIONAMENTI PER CARATTERIZZAZIONE FISICO CHIMICA.....</b>	<b>7</b>
<b>2.2 SAGGI ECOTOSSICOLOGICI .....</b>	<b>10</b>
<b>3 RISULTATI .....</b>	<b>12</b>
<b>3.1 CAMPIONAMENTI PER CARATTERIZZAZIONE FISICO CHIMICA.....</b>	<b>12</b>
3.1.1 METALLI PESANTI E INQUINANTI ORGANICI.....	12
3.1.2 GRANULOMETRIA.....	14
3.1.3 CARBONIO ORGANICO, AZOTO E FOSFORO TOTALE.....	16
<b>3.2 SAGGI ECOTOSSICOLOGICI.....</b>	<b>18</b>
<b>4 CONCLUSIONI .....</b>	<b>21</b>
<b>ALLEGATI .....</b>	<b>22</b>

## ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 Tabella riepilogo esiti caratterizzazione fisico chimica

Allegato 2 Rapporti di prova

## INDICE DELLE FIGURE

Figura 2-1 Posizione dei punti di monitoraggio dei sedimenti.....	7
Figura 2-2 Dettagli dei punti di monitoraggio dei sedimenti – Area FSRU e area Exit point .....	7
Figura 2-3 Attrezzatura per il prelievo campioni – Benna Van Veen.....	9
Figura 2-4 Campionamento con Benna Van Veen .....	9
Figura 2-5 Ubicazione punti di monitoraggio dei sedimenti per i saggi ecotossicologici.....	10
Figura 2-7 Aliquote campione per analisi ecotossicologiche del sedimento.....	11
Figura 2-6 Formazione campione per analisi tossicologiche .....	11
Figura 3-1 Diagramma tessiturale USD per i sedimenti superficiali delle stazioni campionate.....	15
Figura 3-2 Concentrazione di carbonio organico totale (%) nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate con benna.....	16
Figura 3-3 Concentrazione di azoto totale (mg/kg s.s) nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate con benna.....	17
<b>Figura 3-4 Concentrazione di fosforo totale (mg/kg s.s.) nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate con benna.....</b>	<b>17</b>

## INDICE DELLE TABELLE

Tabella 2.1 - Coordinate punti di monitoraggio sedimenti .....	6
Tabella 2.2 Elenco parametri analitici per i sedimenti .....	8
Tabella 3.1 - Parametri con valori superiori ai limiti del D.Lgs. 172/2015.....	12
Tabella 3.2 - Parametri Nichel e Cromo totale- confronto con i limiti del D.M. 173/2016.....	13
Tabella 3.3 Percentuali di sabbia, silt e argilla nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate; .....	14
Tabella 3.4 Colore eseguito secondo Scala di Munsell e Peso specifico dei sedimenti .....	15
Tabella 3.5 Parametri registrati negli elutriati.....	18
Tabella 3.6 Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72ore) su elutriati. ....	18
Tabella 3.7 Risultati del test con <i>Phaeodactylum tricornutum</i> (72 ore) su campioni di acqua .....	19
Tabella 3.8 Risultati del test con il <i>A. fischeri</i> su sedimento tal quale .....	20

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento è redatto da SHELTER per conto di Techfem, al fine di presentare i risultati finali del monitoraggio dei sedimenti marini previsti per la fase Ante Operam secondo quanto previsto dal Piano di monitoraggio Ambientale del progetto di SNAM denominato "FSRU RAVENNA" consistente nelle attività necessarie all'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) in corrispondenza della piattaforma offshore esistente di Petra (Gruppo PIR) posta a circa 8,5 km a largo di Punta Marina e delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente.

Il monitoraggio è finalizzato alla verifica della qualità dei sedimenti marini. L'obiettivo principale dell'attività ante operam è la verifica delle condizioni iniziali (baseline) da utilizzare come riferimento per il successivo controllo delle possibili alterazioni delle caratteristiche qualitative, a valle delle operazioni previste per le attività di cantiere offshore e in seguito all'entrata in esercizio dell'FSRU.

In particolare, questo documento descrive gli esiti delle attività di monitoraggio dei sedimenti:

- Campionamenti per caratterizzazione fisico chimica
- Saggi ecotossicologici

Le attività di campionamento e analisi sono state effettuate da tecnici specializzati del Consorzio per il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata "G. Bacci" di Livorno (nel seguito del documento CIBM) con la supervisione di personale SHELTER.

## 2 DESCRIZIONE ATTIVITÀ

Il monitoraggio è finalizzato alla verifica della qualità dei sedimenti marini. Obiettivo principale dell'attività è il controllo delle possibili alterazioni delle caratteristiche qualitative degli stessi, a valle delle operazioni previste per le attività di cantiere offshore e in seguito all'entrata in esercizio dell'FSRU.

A tal fine sono stati prelevati campioni di sedimento riportati nella successiva tabella dalle varie aree del progetto da sottoporre ad analisi chimiche e analisi ecotossicologiche come dettagliato nei successivi paragrafi.

**Tabella 2.1 - Coordinate punti di monitoraggio sedimenti**

Prog.	ID stazione	Latitudine	Longitudine	Area	Procedura/set
1	RP03 0m	44°26'55.92"N	12°18'15.70"E	Condotta	Chimica
2	RP03_ 25_SSE	44°26'55.086"N	12°18'15.863"E	Condotta	Chimica
3	RP03 50m SSE	44°26'54.326"N	12°18'16.253"E	Condotta	Chimica
4	RP05 0m	44°27'0.75"N	12°18'34.94"E	Condotta	Chimica + ecotox
5	RP05 25m SSE	44°26'59.694"N	12°18'35.252"E	Condotta	Chimica
6	RP05 50m SSE	44°26'58.934"N	12°18'35.642"E	Condotta	Chimica
7	RP08 0m	44°27'17.98"N	12°20'11.29"E	Condotta	Chimica
8	RP08 25m SSE	44°27'17.218"N	12°20'11.678"E	Condotta	Chimica
9	RP08 50m SSE	44°27'16.458"N	12°20'12.067"E	Condotta	Chimica
10	RP10 0m	44°27'27.58"N	12°21'40.77"E	Condotta	Chimica + ecotox
11	RP10 25m SSE	44°27'26.280"N	12°21'40.709"E	Condotta	Chimica
12	R10 50m SSE	44°27'25.523"N	12°21'41.098"E	Condotta	Chimica
13	RP11 0m	44°27'36.520"N	12°23'09.770"E	Condotta	Chimica + ecotox
14	RP11 25m SSE	44°27'35.758"N	12°23'10.154"E	Condotta	Chimica
15	RP11 50m SSE	44°27'34.998"N	12°23'10.544"E	Condotta	Chimica
16	RP14 0m	44°27'52.483"N	12°23'43.580"E	FSRU	Chimica + ecotox
17	RP14 25m SSE	44°27'51.761"N	12°23'43.921"E	FSRU	Chimica
18	RP14 50m SSE	44°27'51.017"N	12°23'44.269"E	FSRU	Chimica
19	RP14 25m NNO	44°27'53.223"N	12°23'43.235"E	FSRU	Chimica
20	RP14 50m NNO	44°27'53.949"N	12°23'42.881"E	FSRU	Chimica
21	B6	44°27'35.60" N	12°23'56.33" E	FSRU	Chimica
22	B7	44°27'19.92" N	12°24'02.16" E	FSRU	Chimica

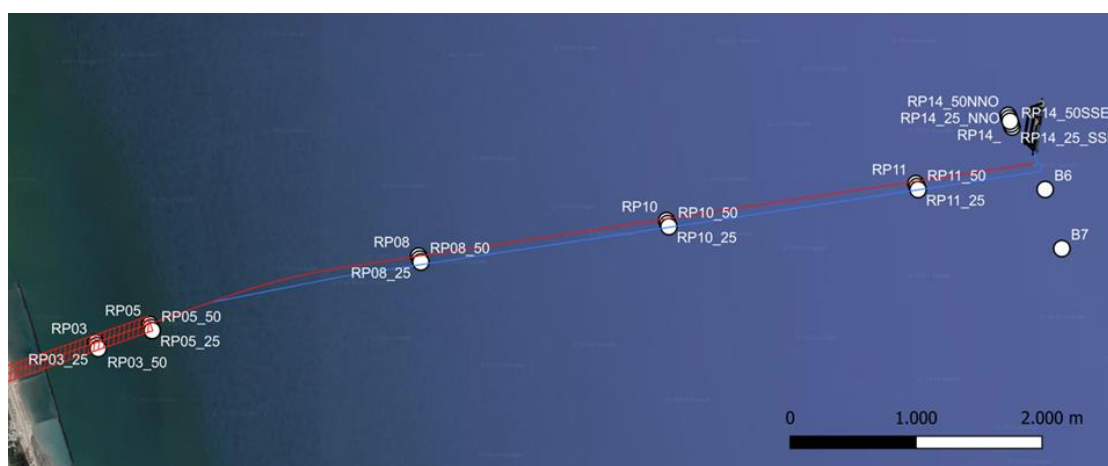


## 2.1 Campionamenti per caratterizzazione fisico chimica

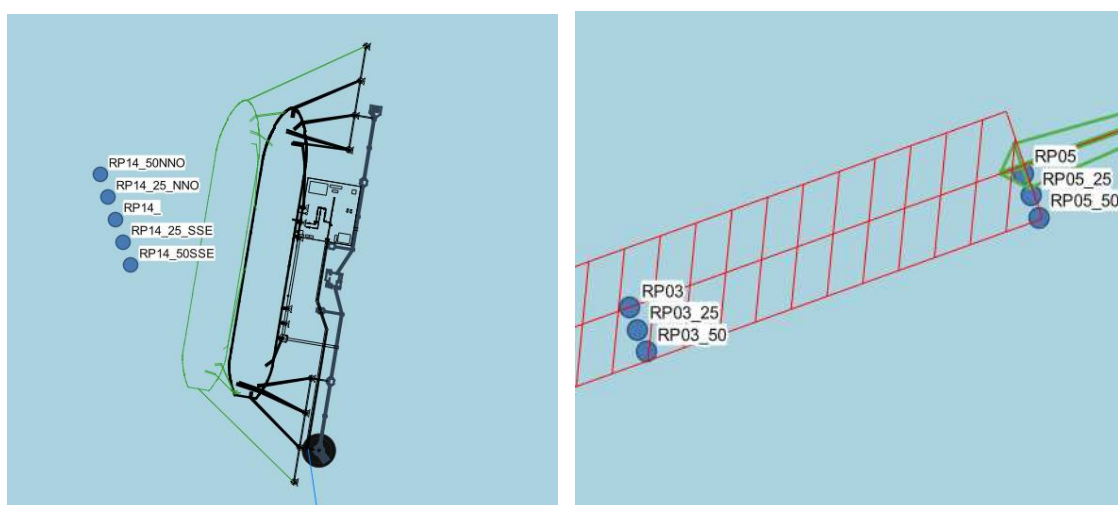
Le attività di monitoraggio ante operam per la componente in oggetto sono state condotte secondo quanto previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale; in particolare, durante la campagna di aprile 2023:

- lungo il tracciato della condotta sono stati effettuati 5 transetti nei punti RP03, RP05, RP08, RP10 e RP11, in direzione S-SE, lungo i quali sono state effettuate 3 stazioni (a 0,25 e 50m di distanza dalla condotta);
- In prossimità della piattaforma Petra, punto di ormeggio della FSRU, sono stati effettuati 2 transetti originanti dal punto RP14 in direzione S-SE e N-NO comprendenti 5 stazioni di campionamento.

In seguito ad esplicita richiesta di ISPRA, pervenuta successivamente alla conclusione della campagna di aprile 2023, nel mese di luglio 2023 sono stati integrate due stazioni (B6 e B7), situate a distanza maggiore di 500 m e di 1 km lungo il transetto originante dal punto RP14 in direzione S-SE.



**Figura 2-1 Posizione dei punti di monitoraggio dei sedimenti**



**Figura 2-2 Dettagli dei punti di monitoraggio dei sedimenti – Area FSRU e area Exit point**

Le prove di laboratorio sono state condotte conformemente con le norme UNI/CEN/ISO o altri standard di riferimento nazionali o internazionali equivalenti. Le analisi, sono state condotte da CIBM presso il proprio laboratorio accreditato ACCREDIA LAB N° 1412 L; solo per alcune prove è stato utilizzato un laboratorio esterno (Chelab srl con, accreditamento N° 0288 L).

**Tabella 2.2 Elenco parametri analitici per i sedimenti**

<b>Variabili Chimico-Fisiche (misure in situ)</b>
pH, ORP
<b>Caratteristiche Fisiche</b>
Descrizione macroscopica
Analisi granulometrica (secondo scala di Wentworth) inclusa distinzione silt / argilla
%Umidità e Peso specifico
<b>Caratteristiche Chimiche</b>
Azoto totale (N-tot), Fosforo totale (P-tot), Carbonio Organico Totale (TOC)
<b>Metalli in tracce</b>
Alluminio, Arsenico, Cadmio, Cromo totale, Mercurio, Nickel ,Piombo, Rame, Zinco
<b>Idrocarburi C &lt; 12 e C &gt; 12</b>
<b>Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)</b>
Acenaftilene, Benzo(a)antracene, Fluorantene, Naftalene, Antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(j)fluorantene, Benzo(g,h,i)perilene, Acenaftene, Fluorene, Fenantrene, Pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Crisene, Indeno(1,2,3-c,d)pirene.
Sommatoria Idrocarburi policiclici aromatici
<b>Pesticidi organoclorurati</b>
Aldrin, Dieldrin, Alfa-esaclorocicloesano, Beta-esaclorocicloesano, Gamma-esaclorocicloesano, DDT, DDD, DDE, Esaclorobenzene, Esaclorobutadiene, Alaclor, Clorfenvinfos, Clorpirifos, Endosulfan,
<b>PoliCloroBifenili (PCB)</b>
PCB 028, PCB 052, PCB 077, PCB 081, PCB101, PCB 105, PCB 114, PCB 118, PCB 123, PCB 126, PCB 128, PCB 138, PCB 153, PCB 156, PCB 157, PCB 167, PCB 169, PCB 170, , PCB 180, PCB 189, Sommatoria PCB
<b>Composti organostannici</b>
Monobutilstagno (MBT), Dibutilstagno (DBT), Tributilstagno (TBT)
<b>Sottoprodotti della clorazione</b>
Alofenoli: 2,4,6-Triclorofenolo, 2,4-Diclorofenolo, 4-Cloro-3-Metilfenolo, Pentaclorofenolo
Acidi Aloacetici (HAAs): Acido Monobromoacetico (MBAA),Acido Monocloroacetico (MCAA), Acido Dibromoacetico (DBAA), Acido Dicloroacetico (DCAA), Acido Bromocloroacetico (BCAA), Acido Bromodicloroacetico (BDCAA) Acido Clorodibromoacetico (CDBAA), Dalapon - acido 2,2, dicloroprprionico, Acido Tribromoacetico (TBAA), Acido Tricloroacetico (TCAA)
Alometani: Cloroformio, Tetracloruro di carbonio, Bromodiclorometano, Dibromoclorometano, Bromoformio
Aloacetoniitrili: Tricloroacetoniitrile, Dicloroacetoniitrile, Dibromoacetoniitrile

In ciascun punto di monitoraggio, i campioni di sedimento sono stati prelevati mediante benna di Van Veen e le aliquote da sottoporre ad analisi chimiche ed ecotossicologiche sono state confezionate contestualmente al campionamento a bordo dell'imbarcazione.





**Figura 2-3 Attrezzatura per il prelievo campioni – Benna Van Veen**



**Figura 2-4 Campionamento con Benna Van Veen**

## 2.2 Saggi Ecotossicologici

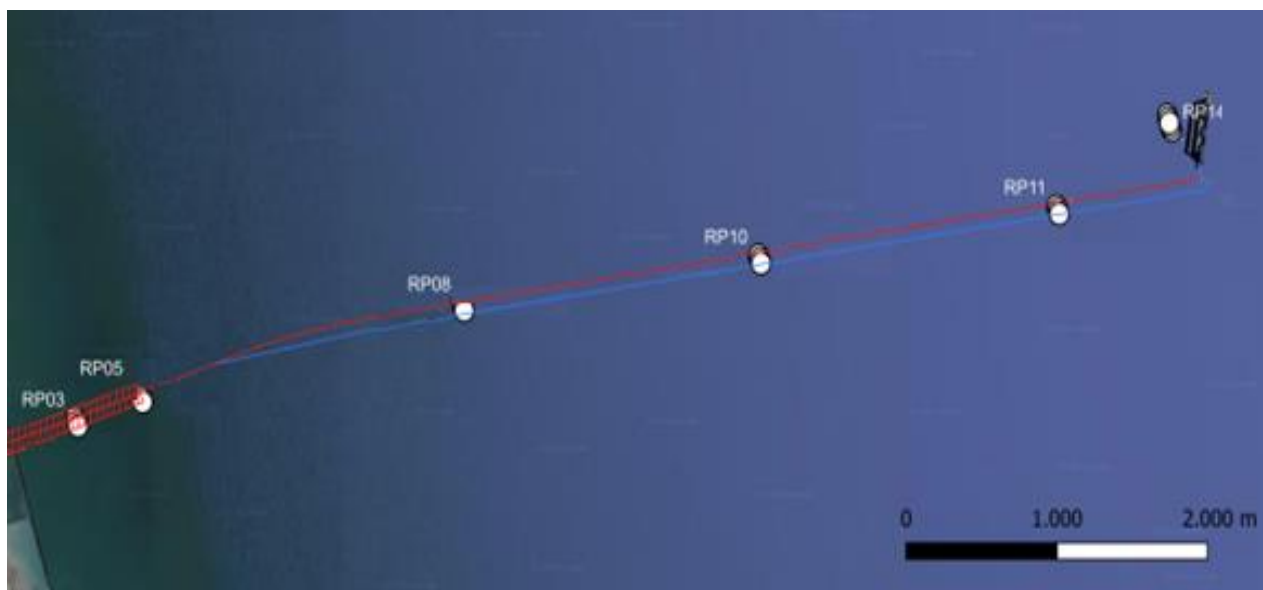
In accordo al Piano di Monitoraggio Ambientale e con riferimento alla componente "Sedimenti", presso i punti di monitoraggio previsti, in corrispondenza della FSRU e lungo la condotta, sono stati realizzati 3 saggi eco tossicologici mediante l'esecuzione di una batteria di test di organismi rappresentativi di diversi livelli trofici (ovvero con diversi gradi di organizzazione e complessità) nonché di diversi endpoint. I saggi ecotossicologici sono stati effettuati secondo quanto previsto dal DM 173/2010 mediante la seguente batteria:

- *Inibizione della bioluminescenza con Aliivibrio fischeri (Vibrio fischeri) su sedimento (Saggio di Tipologia 1);*
- *saggio su fase liquida: Inibizione di crescita algale con Pheodactylum tricornutum su elutriato (Saggio di Tipologia 2);*
- *saggio con effetti cronici/sub-letali/a lungo termine: inibizione dello sviluppo larvale con Paracentrotus lividus su elutriato (Saggio di Tipologia 3).*

Si specifica che l'endpoint per il saggio su *Paracentrotus lividus* è la percentuale di corretto sviluppo larvale di *Paracentrotus lividus* e la metodica è EPA/600/R-95-136/Sezione 15 e che tutti i saggi sono stati eseguiti solo nella parte superficiale del sedimento (0.5m).

I campioni sono stati prelevati in corrispondenza dei punti di monitoraggio dei sedimenti denominati (RP03, RP05, RP08, RP10, RP11 e RP 14).

Di seguito sono riportati i punti di campionamento in Figura 2-5. Le coordinate dei punti di monitoraggio sono riportate nella precedente Tabella 2.1.



**Figura 2-5 Ubicazione punti di monitoraggio dei sedimenti per i saggi ecotossicologici**



**Figura 2-6 Aliquote campione per analisi ecotossicologiche del sedimento**



**Figura 2-7 Formazione campione per analisi tossicologiche**



### 3 RISULTATI

Nei successivi paragrafi si riportano gli esiti delle analisi effettuate durante la campagna condotta ad aprile 2023 e dell'integrazione di luglio 2023 suddivisi rispettivamente per Caratterizzazione fisico chimica e Saggi ecotossicologici.

Il dettaglio delle analisi è riportato nelle tabelle in Allegato1 .I rapporti di prova sono riportati in Allegato 2

#### 3.1 Campionamenti per caratterizzazione fisico chimica

I risultati delle analisi dei sedimenti sono di seguito presentati raggruppati per le principali tipologie di parametri d'interesse per la componente cedimenti marini:

- metalli pesanti e inquinanti organici;
- granulometria carbonio organico,
- azoto e fosforo totale

##### 3.1.1 METALLI PESANTI E INQUINANTI ORGANICI

In Allegato 1 al documento è riportata la tabella riepilogativa delle analisi chimiche effettuate sui campioni di sedimenti prelevati nell'ambito della campagna ante operam. Le predette tabelle vengono fornite anche in formato editabile (Excel).

La conservazione dei campioni e le prove di laboratorio sono state condotte conformemente con le norme UNI/CEN/ISO o altri standard di riferimento nazionali o internazionali ed in conformità alla normativa vigente (D.M. 173/2016 e D.Lgs. 172/2015).

Le analisi condotte sui campioni prelevati evidenzia il rispetto dei limiti i normativi previsti dal D.Lgs. 172/2015 con la sola eccezione del parametro Sommatoria DDT nel campione RP11\_0, come dettagliato nella tabella successiva.

**Tabella 3.1 – Parametri con valori superiori ai limiti del D.Lgs. 172/2015**

N° campione	Denominazione campione	Sommatoria DDT
		mg/kg s.s.
1219-23	RP11 0	1,12
Limiti	DM 173/2016 L1	1,0
	DM 173/2016 L2	4,8
	D.Lgs. 172/2015 SQA Tab 2/A - 3/A	1,0

Come richiesto da ISPRA gli esiti delle analisi sono stati inoltre confrontati con i valori limite previsti dal D.M. 173/2016, tale confronto ha evidenziato valori quasi sempre inferiori ai valori L1 ad eccezione dei parametri Nichel e Cromo totale come riportato nella successiva tabella.

**Tabella 3.2 – Parametri Nichel e Cromo totale- confronto con i limiti del D.M. 173/2016**

N° campione	Denominazione campione		Cromo totale (Cr tot)	Nichel (Ni)
			mg/kg s.s.	mg/kg s.s.
1207-23	RP03 0		43,93	26,96
1208-23	RP03 25 SSE		42,55	25,76
1209-23	RP03 50 SSE		39,25	27,22
1210-23	RP05 0		54,84	38,46
1211-23	RP05 25 SSE		55,17	38,27
1212-23	RP05 50 SSE		44,05	33,22
1213-23	RP08 0		40,48	31,55
1214-23	RP08 25 SSE		43,72	31,61
1215-23	RP08 50 SSE		36,35	30,41
1216-23	RP10 0		66,84	52,45
1217-23	RP10 25 SSE		71,66	49,78
1218-23	R10 50 SSE		75,49	54,00
1219-23	RP11 0		85,58	61,03
1220-23	RP11 25 SSE		70,46	57,56
1221-23	RP11 50 SSE		75,17	65,10
1222-23	RP14 0		80,96	70,69
1223-23	RP14 25 SSE		76,85	66,05
1224-23	RP14 50 SSE		86,32	71,85
1225-23	RP14 25 NNO		85,37	69,39
1226-23	RP14 50 NNO		85,44	68,20
2359-23	B6		95,36	75,26
2359-23	B7		67,25	53,91
Limiti	DM 173/2016	L1	50	30
		L2	150	75
	D.Lgs. 172/2015 SQA Tab 2/A - 3/A		_(*)	_(*)

(\*) Valore SQA non definito nel D.Lgs. 172/2015 - Tab 2/A e Tab. 3/A



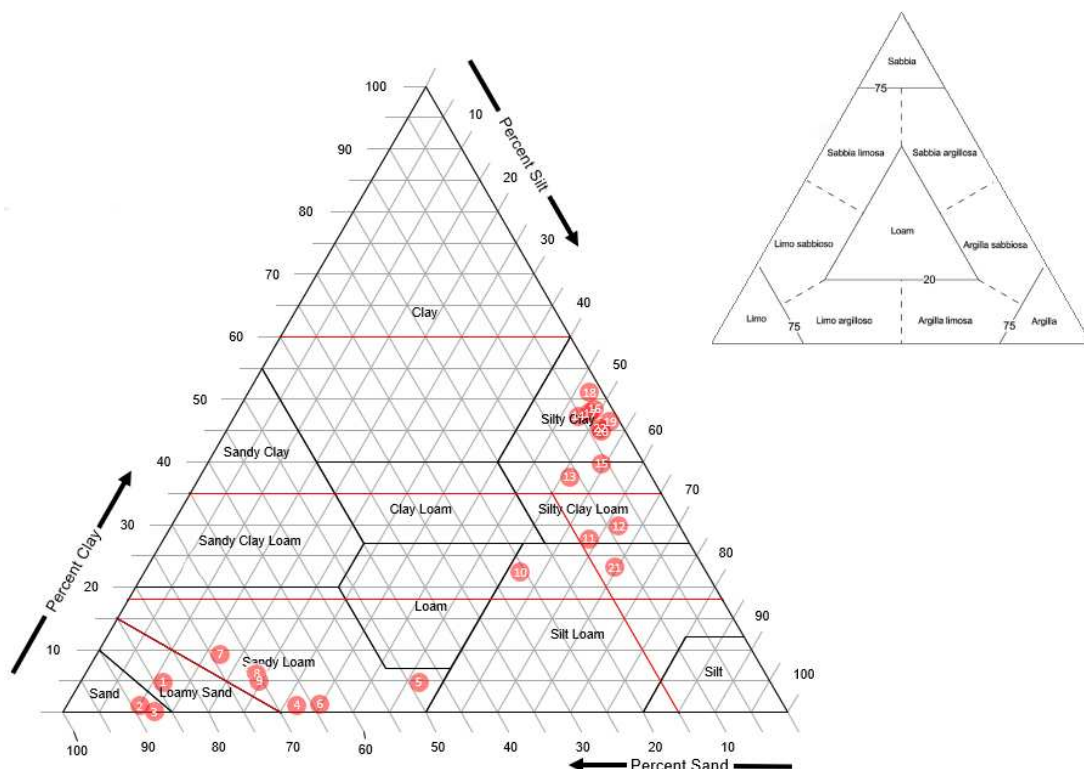
### 3.1.2 GRANULOMETRIA

I risultati delle analisi granulometriche indicano che i sedimenti che caratterizzano le stazioni campionate hanno una tessitura variabile, principalmente limoso argillosa e franco sabbiosa.

**Tabella 3.3 Percentuali di sabbia, silt e argilla nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate;**

ID	Campione	Ghiaia %	Sabbia %	Silt %	Argilla %	Classificazione Tessiturale (Shepard)
1	RP03 0	0,0	83,8	11,4	4,8	Sabbia
2	RP03 25 SSE	0,0	88,9	10,0	1,1	Sabbia
3	RP03 50 SSE	0,0	87,4	12,5	0,1	Sabbia
4	RP05 0	0,0	67,1	31,7	1,2	Sabbia siltosa
5	RP05 25 SSE	0,0	48,5	46,7	4,8	Sabbia siltosa
6	RP05 50 SSE	0,0	63,9	34,8	1,3	Sabbia siltosa
7	RP08 0	0,0	73,7	17,0	9,3	Sabbia siltosa
8	RP08 25 SSE	0,0	69,9	23,5	6,6	Sabbia siltosa
9	RP08 50 SSE	0,0	70,4	24,6	5,0	Sabbia siltosa
10	RP10 0	0,0	25,7	51,9	22,4	Loam
11	RP10 25 SSE	0,0	13,6	58,7	27,7	Silt argilloso
12	R10 50 SSE	0,0	8,4	61,8	29,8	Silt argilloso
13	RP11 0	0,0	11,3	51,1	37,6	Silt argilloso
14	RP11 25 SSE	0,0	5,3	47,4	47,3	Silt argilloso
15	RP11 50 SSE	0,0	5,8	54,4	39,8	Silt argilloso
16	RP14 0	0,0	2,4	49,1	48,5	Silt argilloso
17	RP14 25 SSE	0,0	3,4	48,8	47,8	Silt argilloso
18	RP14 50 SSE	0,0	1,8	47,1	51,1	Argilla siltosa
19	RP14 25 NNO	0,0	1,3	52,3	46,4	Silt argilloso
20	RP14 50 NNO	0,0	3,2	51,9	44,9	Silt argilloso
21	B6	0,0	12,3	64,5	23,2	Silt argilloso
22	B7	0,0	3,2	51,4	45,4	Silt argilloso

Nella successiva figura è riportato il diagramma tessiturale per i sedimenti superficiali delle stazioni campionate con benna (aprile e luglio 2023); (nel digramma i numeri corrispondono alla colonna ID nella tabella precedente).



**Figura 3-1 Diagramma tessiturale USD per i sedimenti superficiali delle stazioni campionate**

La successiva tabella riporta invece il dato di colore secondo la scala di Munsell (Munsell ® Soil color chart) e il dato di peso specifico dei campioni di sedimenti.

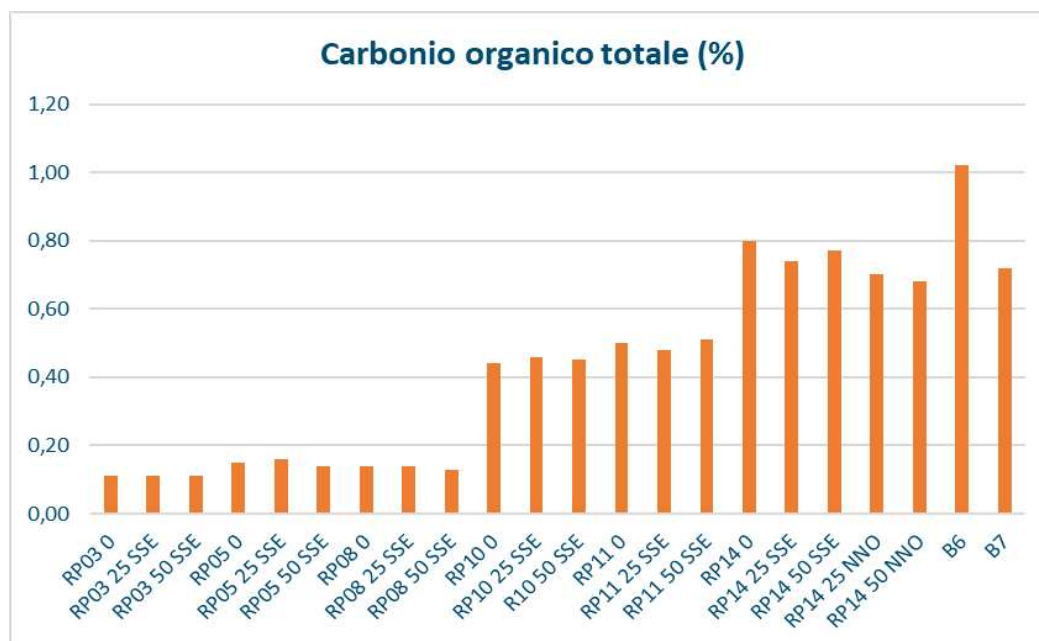
**Tabella 3.4 Colore eseguito secondo Scala di Munsell e Peso specifico dei sedimenti**

Campione	Colore (Codice Munsell)	Colore (nome corrispondente)	Peso specifico medio $\delta_s$ (g/cm <sup>3</sup> )
RP03 0	5Y 6/1	GRIGIO	2,68
RP03 25 SSE	5Y 6/1	GRIGIO	2,66
RP03 50 SSE	5Y 6/1	GRIGIO	2,66
RP05 0	5Y 6/1	GRIGIO	2,67
RP05 25 SSE	5Y 6/1	GRIGIO	2,67
RP05 50 SSE	5Y 6/1	GRIGIO	2,68
RP08 0	5Y 6/1	GRIGIO	2,68
RP08 25 SSE	5Y 6/1	GRIGIO	2,68
RP08 50 SSE	5Y 6/1	GRIGIO	2,58
RP10 0	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,59
RP10 25 SSE	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,60
R10 50 SSE	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,59
RP11 0	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,60

Campione	Colore (Codice Munsell)	Colore (nome corrispondente)	Peso specifico medio $\delta s$ (g/cm <sup>3</sup> )
RP11 25 SSE	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,63
RP11 50 SSE	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,64
RP14 0	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,60
RP14 25 SSE	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,60
RP14 50 SSE	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,63
RP14 25 NNO	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,63
RP14 50 NNO	5Y 7/1	GRIGIO CHIARO	2,68
B6	5Y 7/2	GRIGIO CHIARO	2,66
B7	5Y 7/2	GRIGIO CHIARO	2,59

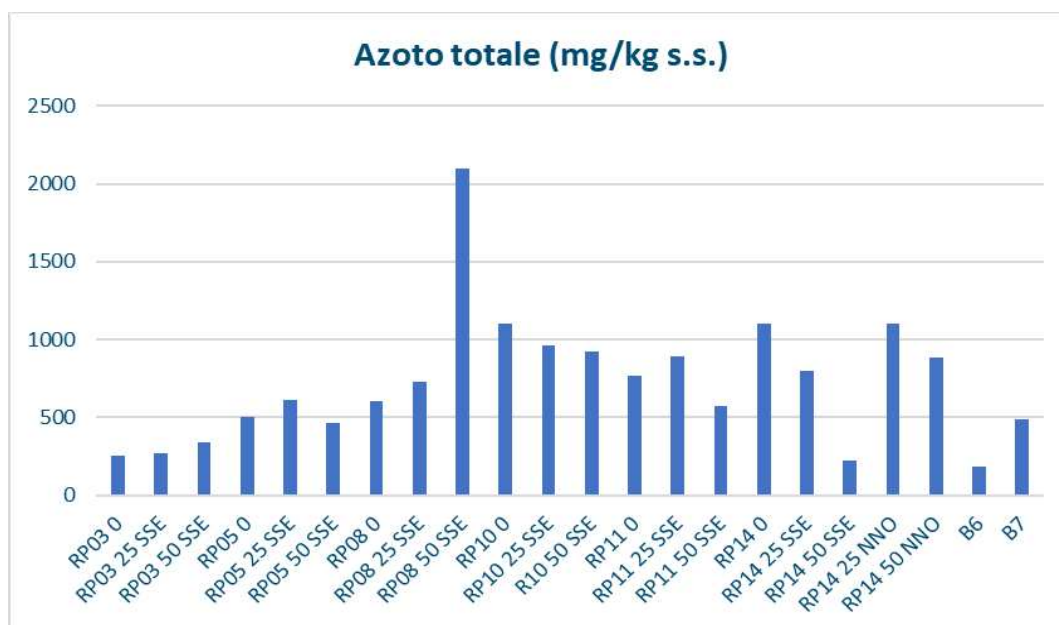
### 3.1.3 CARBONIO ORGANICO, AZOTO E FOSFORO TOTALE

Le concentrazioni di carbonio organico totale nel sedimento superficiale, campionato con benna, sono risultate comprese tra 0,11% e 1,02%. Il valore più alto è stato misurato a luglio 2023 nella stazione B7, mentre quello più basso è stato rilevato nelle stazioni RP03 0 m, 25 m e 50 m SSE ad aprile 2023. Il grafico in Figura 3-2 mostra le concentrazioni misurate nelle stazioni campionate.



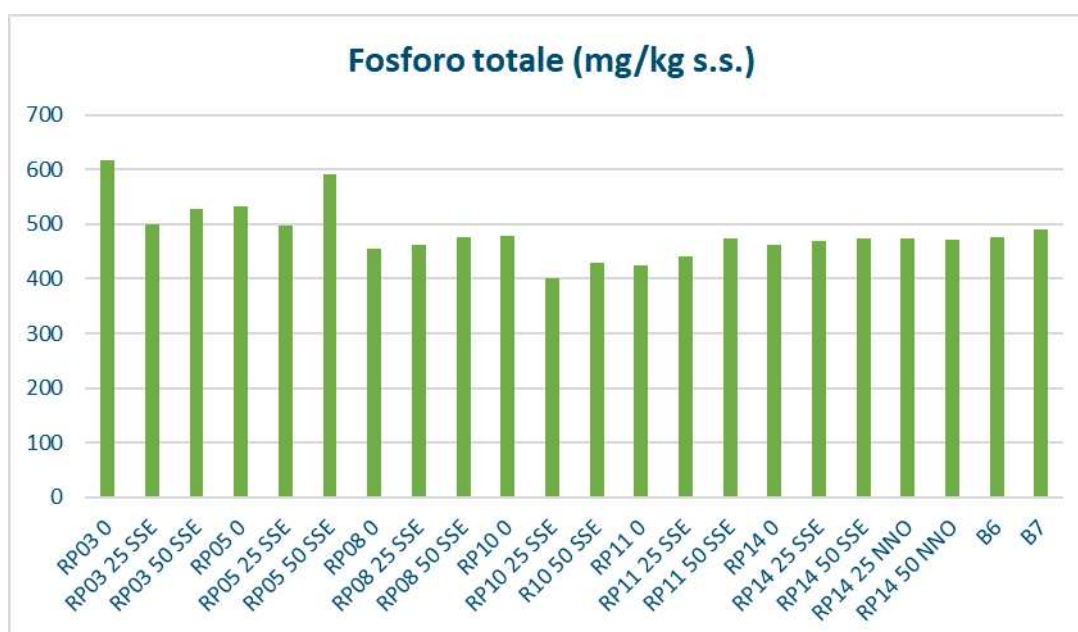
**Figura 3-2 Concentrazione di carbonio organico totale (%) nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate con benna**

L'azoto totale, nei sedimenti superficiali, presenta concentrazioni generalmente inferiori ai 1000 mg/kg s.s., ad eccezione delle stazioni RP10 0 m, RP14 0 m, RP14 25 m NNO e RP08 50 SSE: in particolare, in quest'ultima, è stato misurato il valore di azoto totale maggiore, maggiore di 2000 mg/kg s.s. (Figura 3-3).



**Figura 3-3 Concentrazione di azoto totale (mg/kg ss.) nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate con benna**

Le concentrazioni di fosforo totale nei campioni di sedimento superficiale, prelevato con la benna, sono risultate comprese tra 400 e 600 mg/kg s.s.



**Figura 3-4 Concentrazione di fosforo totale (mg/kg s.s.) nei sedimenti superficiali delle stazioni campionate con benna**

## 3.2 Saggi ecotossicologici

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi suddivise per gli organismi test di seguito riportati:

- *Paracentrotus lividus*;
- *Pheodactylum tricornutum*;
- *Allivibrio fischeri*.

I rapporti di prova sono forniti nell'Allegato 2.

### Paracentrotus lividus

Nella Tabella 3.5 sono riportati i parametri registrati negli elutriati estratti dai sedimenti testati.

**Tabella 3.5 Parametri registrati negli elutriati**

Campione	Salinità (‰)	pH
RP03 o	36	8,06
RP05 o	36	8,04
RP08 o	36	8,08
RP10 o	36	8,07
RP11 o	36	8,05
RP14 o	36	7,91

QA-QC – Il test eseguito con la sostanza di riferimento (Cu) ha fornito una EC<sub>50</sub> di 24,00µg l<sup>-1</sup> di Cu (LC=22,58 e UC=25,51), che rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. La percentuale media di embrioni allo stadio di pluteo (92± 1,53%) è risultata conforme, in quanto superiore al limite del 80%.

Le percentuali degli embrioni che hanno raggiunto lo stadio di pluteo nel test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* e successiva stima della tossicità cronica (EC<sub>20/50</sub>) degli elutriati sono riportati nella successiva Tabella 3.6.

**Tabella 3.6 Risultati del saggio biologico di embriotossicità (72ore) su elutriati.**

Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei (± dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)
RP03 o	100	45 ± 1,53	55	51	27,1	94,6
	50	59 ± 4,16	41	35		
	25	76 ± 1,53	24	17		
RP05 o	100	39 ± 2,08	61	57	24,3	73,71
	50	53 ± 2,08	47	43		
	25	75 ± 1,00	25	18		
RP08 o	100	38 ± 1,53	62	59	30,9	80,4
	50	63 ± 2,00	37	31		



Campione	Concentrazione (%) dell'elutriato	% media di plutei ( $\pm$ dev.st %)	% media di embrioni non sviluppati	Correzione ABBOTT (embrioni non sviluppati)	EC 20 (%)	EC 50 (%)
	25	76 $\pm$ 1,53	24	17		
RP10 o	100	0 $\pm$ 0,00	100	100	n.c.	n.c.
	50	0 $\pm$ 0,00	100	100		
	25	57 $\pm$ 1,53	43	38		
	100	0 $\pm$ 0,00	100	100		
RP11 o	50	0 $\pm$ 0,00	100	100	n.c.	n.c.
	25	0 $\pm$ 0,00	100	100		
	100	0 $\pm$ 0,00	100	100		
RP14 o	100	58 $\pm$ 1,53	42	36	50,0	>100
	50	71 $\pm$ 1,53	29	22		
	25	85 $\pm$ 1,53	15	7		

n.c. = non calcolabile

Il giudizio di tossicità assegnato sulla base dei valori calcolati di LC20 e LC50 come riportato nelle linee guida APAT – ICRAM, 2007 evidenzia tossicità alte o molto alta lungo la condotta, Tossicità media in prossimità del rigassificatore.

### Pheodactylum tricornutum

Nella Tabella 3.7 sono riportati i risultati del test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricornutum*. QA-QC - Il test con il tossico di riferimento (bicromato di potassio) ha fornito il valore dell'ECr50= 50,31 mg/l (LC= 46,22 UC=58,36), rientra all'interno della carta di controllo del laboratorio. Il test è stato ritenuto valido in quanto la crescita algale nei controlli negativi, rispetto all'inoculo iniziale, ha superato il fattore 17, come indicato nelle linee guida.

**Tabella 3.7 Risultati del test con *Phaeodactylum tricornutum* (72 ore) su campioni di acqua**

Campione	Densità algale media alla max concentrazione (N° cellule $\pm$ DS)	IG 72 h (%)	EC20 (%)	EC50 (%)
<b>RP03 o</b>	1.980.000 $\pm$ 36.056	-2,26	$\geq$ 100	>100
<b>RP05 o</b>	1.933.333 $\pm$ 20.817	-1,80	$\geq$ 100	>100
<b>RP08 o</b>	1.656.667 $\pm$ 32.146	1,19	$\geq$ 100	>100
<b>RP10 o</b>	1.926.667 $\pm$ 30.551	-1,73	$\geq$ 100	>100
<b>RP11 o</b>	1.920.000 $\pm$ 72.111	-1,66	$\geq$ 100	>100
<b>RP14 o</b>	1.860.000 $\pm$ 20.000	-1,05	$\geq$ 100	>100

Il giudizio di tossicità assegnato sulla base dei valori calcolati di LC20 e LC50 come riportato nelle linee guida APAT – ICRAM, 2007 evidenzia Tossicità Assente o trascurabile in tutti i campioni.

## Allivibrio fischeri

QA-QC - Il valore della EC50(15") = 10,45mg/l (LC= 8,89mg/l, e UC=12,28mg/l) ottenuto con la sostanza di riferimento ZnSO<sub>4</sub> ·7H<sub>2</sub>O rientra nei limiti della carta di controllo del laboratorio. (Tabella 3.8).

**Tabella 3.8 Risultati del test con il *A. fischeri* su sedimento tal quale**

Campione	Sabbia < 1mm (%)	Pelite (%)	Soglia Tox Naturale (TU)	Tox Misurata (TU)	Range al 95% di confidenza (TU)		R <sup>2</sup> (%)	S.T.I.
<b>RP03 o</b>	83,57	16,43	76,80	3,48	1,23	9,79	0,89	0,05
<b>RP05 o</b>	66,69	33,31	129,62	4,60	1,22	17,33	0,80	0,04
<b>RP08 o</b>	73,39	26,61	108,66	33,10	11,09	98,75	0,59	0,30
<b>RP10 o</b>	22,54	77,46	267,80	455,96	318,28	653,01	0,97	1,70
<b>RP11 o</b>	8,39	91,61	312,10	315,29	250,63	396,57	0,98	1,01
<b>RP14 o</b>	2,05	97,95	331,95	389,96	357,41	425,50	1,00	1,17

*R2 (%) =coefficiente di determinazione; TU=unità tossiche; STI - sediment toxicity index.*

Per quanto riguarda il livello di tossicità acuta esprimibile come Sediment Toxicity Index (S.T.I. =TU osservata/TU naturale stimata) l'interpretazione del risultato mediante giudizi di tossicità desunti dal Manuale APAT-ICRAM (2007) rientrano sempre nella categoria "Assente o trascurabile".

## 4 CONCLUSIONI

Il monitoraggio dei sedimenti, effettuato in conformità con quanto previsto dal PMA era finalizzato alla verifica della qualità dei sedimenti marini interferiti dalle attività del progetto "FSRU Ravenna e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti".

Le attività di campionamento e le successive analisi sono state effettuate da tecnici specializzati del Consorzio per il Centro Interuniversitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata "G. Bacci" di Livorno (nel seguito del documento CIBM) con la supervisione di personale SHELTER.

Le attività di monitoraggio hanno previsto i seguenti campionamenti:

- lungo il tracciato della condotta: 5 transetti nei punti RP03, RP05, RP08, RP10 e RP11, in direzione S-SE, in ciascuno dei quali sono state effettuate 3 stazioni (a 0,25 e 50m di distanza dalla condotta) ad aprile 2023;
- In prossimità della piattaforma Petra, punto di ormeggio della FSRU: 2 transetti originanti dal punto RP14 in direzione S-SE e N-NO comprendenti 5 stazioni di campionamento, ad aprile 2023;
- due stazioni (B6 e B7), situate a distanza maggiore di 500 m e di 1 km lungo il transetto originante dal punto RP14 in direzione S-SE a luglio 2023.

Le analisi chimiche condotte sui campioni prelevati evidenzia il rispetto dei limiti i normativi previsti dal D.Lgs. 172/2015 con la sola eccezione del parametro Sommatoria DDT nel campione RP11\_0,

Gli esiti delle analisi sono stati inoltre confrontati con i valori limite previsti dal D.M. 173/2016, tale confronto ha evidenziato valori quasi sempre inferiori ai valori L1 ad eccezione dei parametri Nichel e Cromo totale.

Nel test di embriotossicità (72ore) con *P. lividus* si evidenziano livelli di tossicità alti o molto alti lungo la condotta e livelli di tossicità media in prossimità del rigassificatore.

Nel test d'inibizione della crescita algale (72 h) con *P. tricornutum*, i livelli di tossicità acuta esprimibile come Sediment Toxicity Index (S.T.I. =TU osservata/TU naturale stimata) rientrano sempre nella categoria "Assente o trascurabile".

Nel test di inibizione della bioluminescenza con *Aliivibrio fischeri*, i livelli di tossicità rientrano sempre nella categoria "Assente o trascurabile"

L'obiettivo principale dell'attività ante operam è la verifica delle condizioni iniziali (baseline) da utilizzare come riferimento per il successivo controllo delle possibili alterazioni delle caratteristiche qualitative nelle fasi successive del progetto: durante le attività di cantiere offshore e in seguito all'entrata in esercizio del rigassificatore.

## ALLEGATI

# Allegato 1

## Tabella riepilogo esiti caratterizzazione fisico chimica



Valori superiori al L1 del DM 173/2016

Valori superiori al SQA D.Lgs. 172/2015



Integrazione di luglio 2023 (punti B6, B7)

Parametro	UNITA' DI MISURA	Normativa		Normativa	Campione	Campione
		DM 173/2016	L1	L2	D.Lgs. 172/2015 SQA Tab 2/A	2359-23 B6
Total Organic Carbon (TOC)	%	-	-		1,02	0,72
Residuo Secco	%	-	-		50,37	65,96
Alluminio (Al)	% s.s.	-			3,49	1,95
Arsenico (As)	mg/kg s.s.	12	20		11,37	8,96
Cadmio (Cd)	mg/kg s.s.	0,3	0,8	0,3	0,072	0,073
Cromo totale (Cr tot)	mg/kg s.s.	50	150		95,36	67,25
Rame (Cu)	mg/kg s.s.	40	52		34,10	18,91
Fosforo (P)	mg/kg s.s.	-	-		476,32	490,60
Mercurio (Hg)	% s.s.	0,3	0,8	0,3	0,14	0,16
Nichel (Ni)	mg/kg s.s.	30	75		75,26	53,91
Piombo (Pb)	mg/kg s.s.	30	70	30,0	19,27	11,01
Zinco (Zn)	mg/kg s.s.	100	150		95,21	64,43
IDROCARBURI						
Idrocarburi leggeri (C <12)	µg/kg				< 500	< 500
Idrocarburi Pesanti C>12	mg/kg s.s.	-	50,0		26,94	32,96
Idrocarburi Policiclici Aromatici						
Acenaftene*	µg/kg s.s.				1,69	1,20
Acenaftilene*	µg/kg s.s.				2,34	1,03
Antracene*	µg/kg s.s.	24	245	24	1,60	0,94
Benz[ <i>a</i> ]antracene*	µg/kg s.s.	75	500		5,67	3,07
Benz[ <i>a</i> ]pirene*	µg/kg s.s.	30	100	30	7,45	3,43
Benz[ <i>b</i> ]fluorantene*	µg/kg s.s.	40	500	40	12,15	6,65
Benz[ <i>e</i> ]pirene	µg/kg s.s.				11,01	5,78
Benz[ <i>ghi</i> ]perilene*	µg/kg s.s.	55	100	55	9,12	4,71
Benz[ <i>j</i> ]fluorantene	µg/kg s.s.				3,81	1,90
Benz[ <i>k</i> ]fluorantene*	µg/kg s.s.	20	500	20	3,95	2,06
Crisene*	µg/kg s.s.	108	846		7,86	4,64
Dibenzo[ <i>a,h</i> ]antracene*	µg/kg s.s.				1,76	0,98
Fluorantene*	µg/kg s.s.	110	1494	110	13,23	6,73
Fluorene*	µg/kg s.s.	21	144		4,32	2,58
Indeno[1,2,3- <i>cd</i> ]pirene*	µg/kg s.s.	70	100	70	7,49	3,89
Naftalene*	µg/kg s.s.	35	391	35	13,61	5,95
Fenantrene*	µg/kg s.s.	87	544		13,53	8,46
Pirene*	µg/kg s.s.	153	1398		15,67	8,36
SOMMATORIA IPA	µg/kg s.s.	900*	4000*		136,27	72,37
		solo i congeneri con*				
Policlorobifenili						
PCB 28*	µg/kg s.s.				0,14	< 0,1
PCB 52*	µg/kg s.s.				0,17	0,12
PCB 77*	µg/kg s.s.				0,15	< 0,1
PCB 81*	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
PCB 101*	µg/kg s.s.				0,38	0,22
PCB 105	µg/kg s.s.				0,16	< 0,1
PCB 114	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
PCB 118*	µg/kg s.s.				0,37	0,20
PCB 123	µg/kg s.s.				< 0,1	0,25
PCB 126*	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
PCB 128*	µg/kg s.s.				0,12	< 0,1
PCB 138*	µg/kg s.s.				0,76	0,32
PCB 153*	µg/kg s.s.				0,73	0,42
PCB 156*	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
PCB 157	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
PCB 167	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
PCB 169*	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
PCB 170	µg/kg s.s.				0,20	< 0,1
PCB 180*	µg/kg s.s.				0,37	0,22
PCB 189	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
SOMMATORIA PCB	µg/kg s.s.	8*	60*		3,55	1,76
		solo i congeneri con*				

Parametro	UNITA' DI MISURA	Normativa		Normativa	Campione	Campione
		DM 173/2016	L1	L2	D.Lgs. 172/2015 SOA Tab 2/A	2359-23 B6
Pesticidi organoclorurati						
DDD-o,p	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
DDD-p,p	µg/kg s.s.				0,21	0,12
S (DDD)	µg/kg s.s.	0,8	7,8	0,8	0,21	0,12
DDE o,p	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
DDE-p,p	µg/kg s.s.				0,33	0,18
S (DDE)	µg/kg s.s.	1,8	3,7	1,8	0,33	0,18
DDT-o,p	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
DDT-p,p	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
S (DDT)	µg/kg s.s.	1,0	4,8	1,0	< 0,1	< 0,1
Aldrin	µg/kg s.s.	0,2	10,0	0,2	< 0,1	< 0,1
Dieldrin	µg/kg s.s.	0,7	4,3	0,2	< 0,1	< 0,1
Esaclorobenzene	µg/kg s.s.	0,4	50,0	0,4	< 0,1	< 0,1
Esclorocicloesano-alfa	µg/kg s.s.	0,2	10,0	0,2	< 0,1	< 0,1
Esclorocicloesano-beta	µg/kg s.s.	0,2	10,0	0,2	< 0,1	< 0,1
Esclorocicloesano-gamma (Lindano)	µg/kg s.s.	0,2	1,0	0,2	< 0,1	< 0,1
Alaclor	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
Clorfenvinfos	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
Clorpirifos	µg/kg s.s.				0,11	< 0,1
Endosulfan alfa	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
Endosulfan beta	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
S (Endosulfan)	µg/kg s.s.				< 0,1	< 0,1
Acidi aloacetici						
Acido bromocloroacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido bromodichloroacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido clorodibromoacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido dibromoacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido dicloroacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido monobromoacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido monocloroacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido tribromoacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Acido tricloroacetico	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Dalapon	µg/kg s.s.				< 10	< 10
Alometani e composti organici volatili (VOC)						
Bromodichlorometano	µg/kg				< 0,05	< 0,05
Bromoformio	µg/kg				< 0,05	< 0,05
Cloroformio	µg/kg				0,09	0,10
Dibromoclorometano	µg/kg				< 0,05	< 0,05
Esaclorobutadiene	µg/kg				< 0,05	< 0,05
Tetracloruro di carbonio	µg/kg				< 0,05	< 0,05
Aloacetoniatri						
Dibromoacetoniitrile	µg/kg				< 4	< 4
Dicloroacetoniitrile	µg/kg				< 0,4	< 0,4
Tricloroacetoniitrile	µg/kg				< 0,4	< 0,4
ALTRI PARAMETRI						
2,4,6-triclorofenolo	mg/kg s.s.				< 0,001	< 0,001
2,4-diclorofenolo	mg/kg s.s.				< 0,05	< 0,05
4-cloro-3-metilfenolo	mg/kg s.s.				< 0,002	< 0,002
pentaclorofenolo	mg/kg s.s.				< 0,002	< 0,002
azoto totale	mg/kg s.s.				180,00	490,00
monobutilstagno	µg/kg s.s.				< 1	< 1
dibutilstagno	µg/kg s.s.				< 1	< 1
tributilstagno	µg/kg s.s.	5,0	72,0	5,0	< 1	< 1
sommatoria organostannici	µg/kg s.s.				< 1	< 1



## Allegato 2

### Rapporti di prova

(Forniti in formato digitale)