

## RAPPORTO

USO RISERVATO

APPROVATO

C3013498

**Cliente** Tirreno Power SpA

**Oggetto** Centrale Termoelettrica di Torrevadalliga Sud  
Piano di monitoraggio dell'area marino costiera antistante lo scarico a mare

**Ordine** OdA chiuso Servizi N. 3000023537 del 25.02.2022

**Note** Rev. 2 (A1300003756 - Lettera C3014164)

La parziale riproduzione di questo documento è permessa solo con l'autorizzazione scritta del CESI.

**N. pagine** 30

**N. pagine fuori testo** -

**Data** 19/10/2023

**Elaborato** STC - Meloni Maria Laura  
C3013498 3353 AUT

**Verificato** EDM - Granata Tommaso  
C3013498 3744 VER

**Approvato** EDM - Il Responsabile - Sala Maurizio  
C3013498 3741 APP

**CESI S.p.A.**

Via Rubattino 54  
I-20134 Milano - Italy  
Tel: +39 02 21251  
Fax: +39 02 21255440  
e-mail: info@cesi.it  
www.cesi.it

Capitale sociale € 8.550.000 interamente versato  
C.F. e numero iscrizione Reg. Imprese di Milano 00793580150  
P.I. IT00793580150  
N. R.E.A. 429222

© Copyright 2023 by CESI. All rights reserved

Pag. 1/30

PAD C3013498 (3028193) - USO RISERVATO

Mod. RAPP v. 14

## *Indice*

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>SITO DI INTERESSE.....</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>AREA DI INDAGINE .....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>SCARICHI DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>9</b>
4.1	Caratterizzazione degli scarichi .....	11
<b>5</b>	<b>SINTESI DELLA PRESCRIZIONE AIA SUL MONITORAGGIO MARINO.....</b>	<b>13</b>
<b>6</b>	<b>COMPARTO ACQUA .....</b>	<b>15</b>
6.1	Stazioni di monitoraggio.....	17
6.2	Caratterizzazione della colonna d'acqua.....	20
6.3	Bioaccumulo .....	21
6.3.1	Molluschi bivalvi .....	21
6.3.2	Fauna ittica .....	23
6.4	Biomarker .....	23
6.5	Plancton.....	25
<b>7</b>	<b>COMPARTO SEDIMENTI.....</b>	<b>26</b>
7.1	Stazioni di monitoraggio.....	27
7.2	Caratterizzazione chimico-fisica ed ecotossicologica.....	29
7.3	Caratterizzazione della comunità bentonica .....	30
<b>8</b>	<b>REPORTING.....</b>	<b>30</b>

## STORIA DELLE REVISIONI

Numero revisione	Data	Protocollo	Lista delle modifiche e/o dei paragrafi modificati
2	19/10/2023	C3013498	Aggiornamento secondo indicazioni ISPRA
1	04/08/2023	C3009476	Aggiornamento intero documento
0	05/05/2022	C2004397	Prima emissione

## 1 PREMESSA

Il Decreto del Ministro della Transizione Ecologica n°329 del 6/08/2021 (*Riesame complessivo del Decreto del Ministro dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare n. DVA-DEC-2011-140 del 5/04/2011, di Autorizzazione integrata Ambientale (AIA per l'esercizio della Centra termoelettrica di Tirreno Power S.p.A., situata nel comune di Civitavecchia (RM) – (ID 91/10172)*) prevede, con la prescrizione n. 20 del Parere Istruttorio Conclusivo, quanto segue:

*“... un piano di bio-monitoraggio conoscitivo degli elementi bentonici nell'intorno dello scarico da concordare con l'Autorità di controllo”*

Il presente rapporto costituisce il Piano di Monitoraggio marino predisposto sulla base delle indicazioni riportate nel PMC dell'AIA e di quanto emerso negli incontri con ISPRA e MASE del 22/6/2023 e del 10/7/2023.

## 2 SITO DI INTERESSE

La Centrale Termoelettrica Torrevaldaliga Sud, di proprietà della società Tirreno Power SpA, si trova a circa 6 km a nord ovest di Civitavecchia, tra la linea di costa tirrenica e la linea ferroviaria Roma – Genova e confina a nord con la Centrale Termoelettrica Torrevaldaliga Nord di Enel Produzione SpA.



*Figura 1 Inquadramento dell'area di interesse*

La superficie complessivamente occupata è di circa 220.000 m<sup>2</sup> di cui 44.000 m<sup>2</sup> coperti e 20.000 m<sup>2</sup> di aree verdi. L'impianto, progettato per un funzionamento di tipo continuativo, contribuisce alla copertura della richiesta di base di energia elettrica della rete.

La zona circostante la Centrale, per un raggio di circa 10 km, è in massima parte pianeggiante. L'assetto geologico-strutturale generale dell'area è la risultante di movimenti tettonici attribuibili a diverse fasi evolutive. Le aree edificate, che coprono complessivamente circa il 10% della zona, sono costituite principalmente dai centri abitati, dalla zona industriale (lungo la SS n.1), dal porto di Civitavecchia, da autostrade e dalla ferrovia.



*Figura 2 Centrale di Torrevaldaliga Sud*

La parte in esercizio della Centrale Torrevaldaliga Sud è costituita da 2 moduli a ciclo combinato (TV5 e TV6) della potenza elettrica lorda complessiva pari a circa 1.140 MWe.

Lo schema del ciclo combinato delle sezioni TV5 e TV6 prevede l'utilizzo di tre gruppi turbogas, di cui due (TGA e TGB) per la sezione TV5 e uno (TGC) per la sezione TV6. Il calore contenuto nei gas di scarico dei turbogas è utilizzato in appositi generatori di vapore a recupero (GVRA, GVRB, GVRC) per produrre vapore a tre livelli di pressione.

Il vapore saturo in uscita dai corpi cilindrici dei GVR è inviato ai rispettivi surriscaldatori e successivamente nelle turbine a vapore TV5 (GVRA e GVRB) e TV6 (GVRC) dalle quali è infine scaricato ai condensatori raffreddati ad acqua mare.

La sezione TV5 è costituita da due linee turbogas-generatore di vapore a recupero. Ogni turbogas genera circa 250 MWe, mentre ogni generatore di vapore recupera il calore dei fumi del proprio turbogas, per un equivalente di circa 130 MWe ciascuno. Il vapore prodotto da entrambi i generatori a recupero è utilizzato in un'unica turbina a vapore per un totale di 260 MWe. La sezione TV5 ha una capacità produttiva totale pari a 760 MWe, equivalenti a un carico termico di 1.472 MW. La sezione TV5 è alimentata esclusivamente a gas naturale.

La sezione TV6 è costituita da una linea turbogas-generatore di vapore a recupero-turbina a vapore. Il turbogas genera circa 250 MWe. Il vapore prodotto dal generatore di vapore a recupero è utilizzato nella turbina a vapore per produrre circa 130 MWe. La potenza elettrica totale della sezione TV6 ammonta a 380 MWe, equivalenti ad un carico termico di 750 MW. La sezione TV6 è alimentata esclusivamente a gas naturale.

I fumi derivanti dalla combustione dei tre turbogas sono immessi all'atmosfera attraverso tre camini alti 90 m; il vapore esausto in uscita dalle turbine viene scaricato in condensatori raffreddati ad acqua di mare in circuito aperto.

L'acqua di raffreddamento per il ciclo termico è prelevata dal Mar Tirreno attraverso due opere di presa e restituita a mare attraverso due canali di scarico.

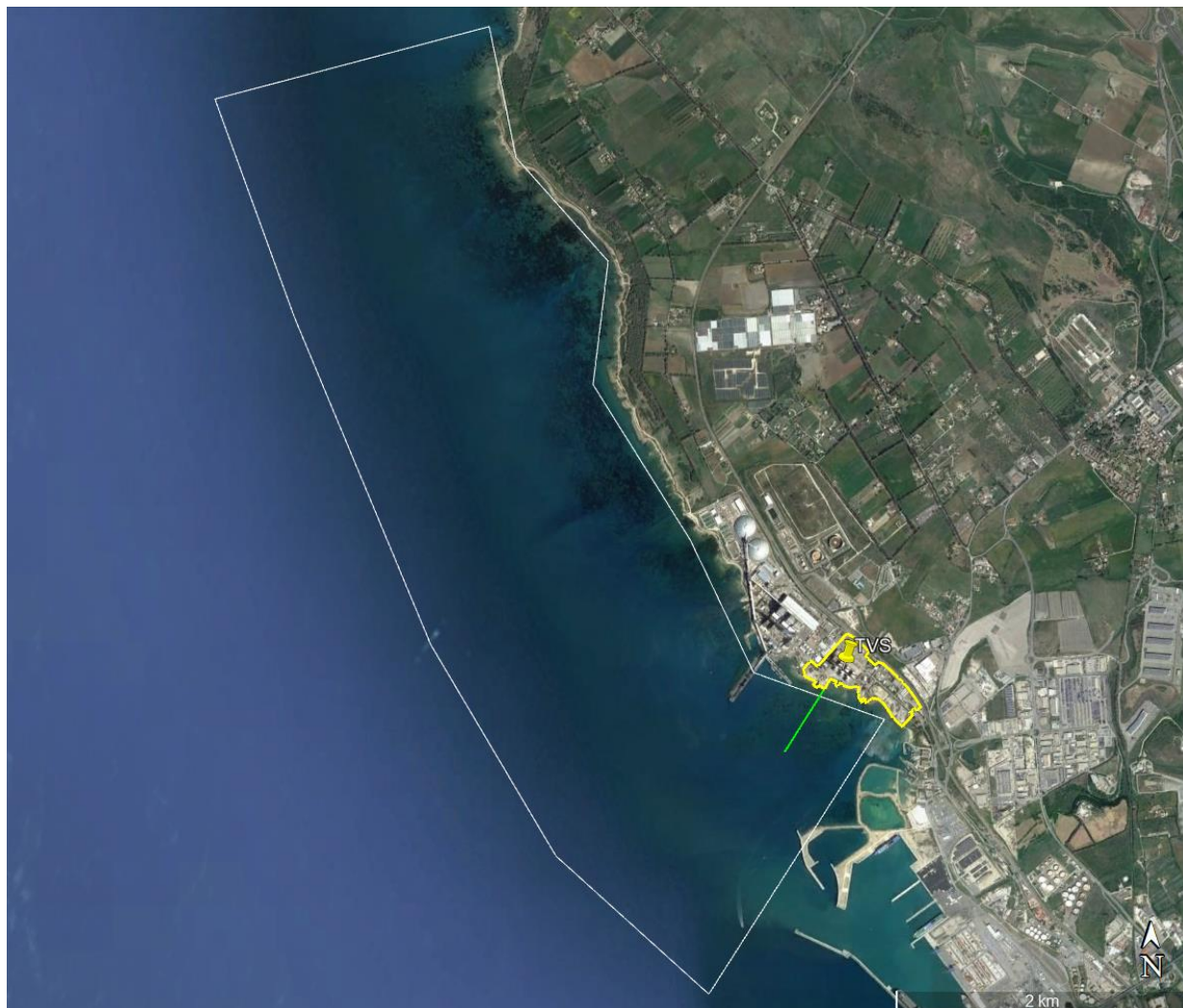


I tre alternatori dei turbogas ed i due alternatori delle turbine a vapore convertono l'energia meccanica in energia elettrica, che subisce un innalzamento di tensione mediante trasformatori collegati agli alternatori e viene quindi immessa nella rete elettrica nazionale a 380 kV.

All'interno della Centrale sono inoltre presenti due gruppi elettrogeni di emergenza e delle motopompe antincendio alimentate a gasolio.

### 3 AREA DI INDAGINE

L'area marina indagata sarà quella prospiciente la Centrale, come da immagine seguente. La superficie effettiva è pari a circa 1200 ettari.

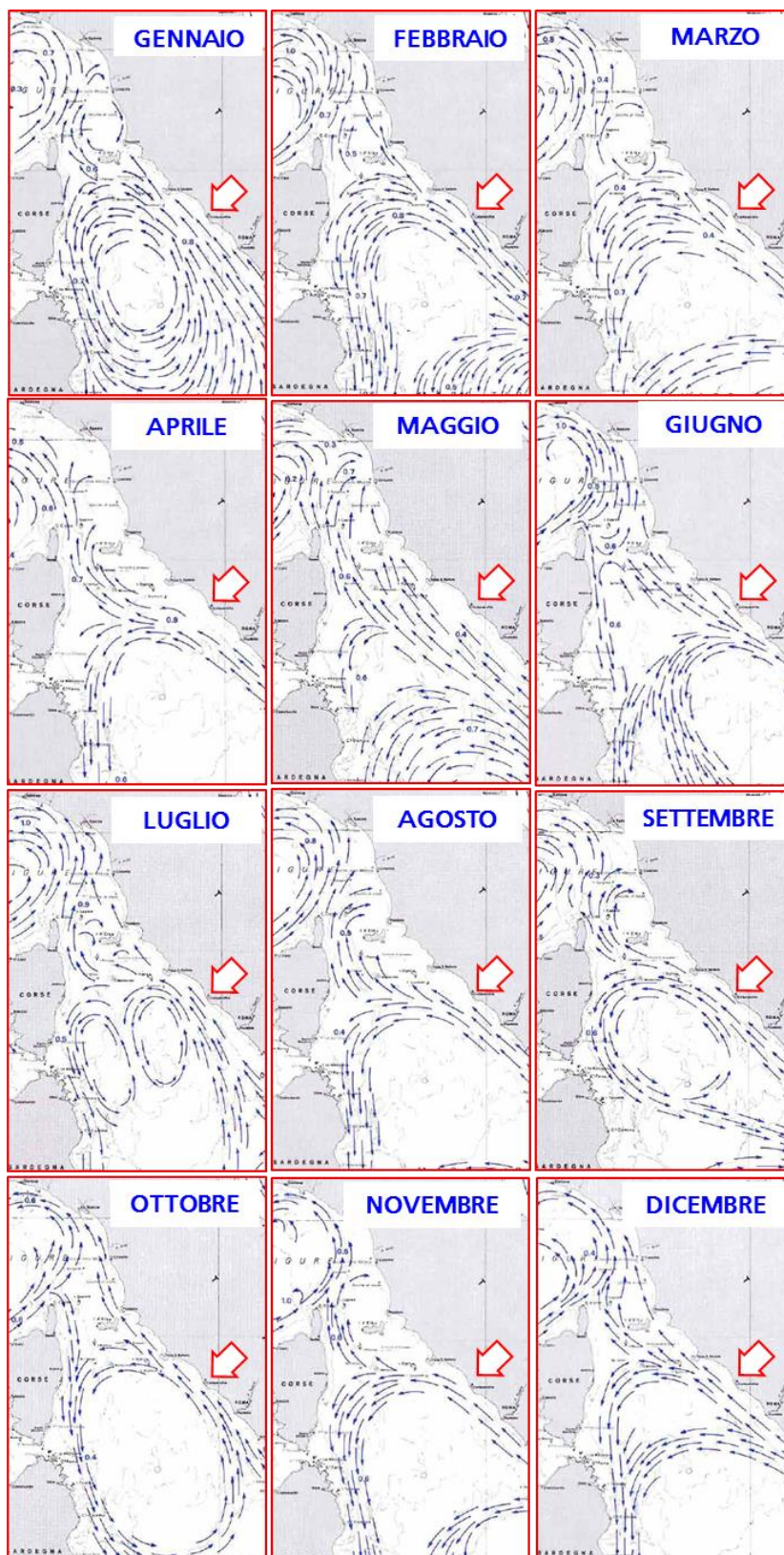


*Figura 3 Area di indagine - In verde è riportata l'ubicazione del transetto; in giallo l'area della Centrale di Torrevaldaliga Sud*

L'idrodinamica dell'area in esame è influenzata soprattutto dai profili topobatimetrici. In particolare, le correnti risultano deboli e prevalentemente parallele alla costa, l'influenza delle maree trascurabile. Le prevalenti correnti parallele alla spiaggia sono legate soprattutto alla circolazione generale dovuta alla differenza di densità dell'acqua nel Mediterraneo.

La figura 4 mostra l'andamento delle correnti superficiali al largo del sito in esame (oltre le 5 miglia) da cui si evince la presenza di una corrente di risalita da Sud-Est verso Nord-Ovest compresa nel vortice stazionario presente nel Tirreno settentrionale ad Est di Corsica e Sardegna. In prossimità della riva la corrente subisce, tra gli altri, gli effetti indotti dal fondale e dalle opere (ad esempio la diga foranea del porto di Civitavecchia e il molo di attracco delle carboniere a servizio della centrale di Torrevaldaliga Nord) che ne possono modificare radicalmente verso e intensità.

Inoltre, al campo di moto naturalmente presente al largo del sito si sommano, nell'area più prossima ai diffusori delle centrali, quelli generati dai rilasci delle acque di raffreddamento. Nell'ipotesi di funzionamento a pieno carico degli impianti, in prossimità degli scarichi delle centrali alla estremità offshore dei diffusori, la velocità del flusso è dell'ordine di 1 m/s. La velocità dei getti di scarico diminuisce allontanandosi dalle bocche di scarico, quando il pennacchio si allarga e, rallentando, può risentire maggiormente dell'effetto della corrente naturale.



**Figura 4 Circolazione superficiale al largo del perimetro costiero in esame (Istituto Idrografico della Marina "Atlante delle correnti superficiali dei mari italiani." II306B, Genova 1982)**



Sulla base di tali elementi tutte le stazioni di controllo per le diverse componenti da monitorare sono state collocate verso Nord rispetto alla Centrale di Torrevaldaliga Sud, considerando le correnti prevalenti e in modo da avere come riferimento aree non influenzate dalla presenza di altri scarichi termici o di altri apporti antropici.

#### 4 SCARICHI DELL'IMPIANTO

I diversi flussi degli scarichi idrici prodotti dalla centrale sono tenuti divisi e trattati separatamente; infatti, le reti fognarie sono separate fisicamente in modo da differenziare le acque di origine civile ed industriale da quelle meteoriche. I reflui prodotti nella Centrale sono rilasciati attraverso cinque punti di scarico finale (SF1, SF2, SF3, SF4 e SF5) che recapitano nel mar Tirreno.

I dati relativi agli scarichi, in merito a portata massima mensile, portata annua e concentrazioni medie mensili degli inquinanti regolamentati in acqua sono riportati nel paragrafo 5.11 del PIC allegato al Decreto di Riesame AIA 0000329 del 6/08/2021.

Di seguito si riporta il dettaglio sulla posizione delle opere di presa dei Moduli 1 e 2 (OP MOD 1 e OP MOD 2) e degli scarichi (SF1 ÷ SF5). Si fa presente che il punto SF1 non è interessato da scarichi industriali.



*Figura 5 Posizione di opere di presa e scarichi*

Per completezza di informazione si riportano di seguito le coordinate dei punti di scarico in mare.

Punto di scarico in mare	Tipologia scarico	Latitudine	Longitudine
SF1	MN	4668713.14	232230.99
SF2	AR (< 99%) AI (< 1%) MI	4668732.53	232269.15
SF3	AR	4668724.27	232403.05
SF4	AI MI	4668649.66	232516.18
SF5	AI MN	4668600.18	232546.61

### **Scarico SF1**

Lo scarico denominato SF1 è costituito da acque meteoriche potenzialmente inquinabili provenienti dalla zona delle aree produttive localizzate presso le sezioni TV5 e TV6, unitamente ai contributi provenienti dal perimetro Nord Est. Le acque afferenti alla rete di raccolta subiscono inizialmente una intercettazione primaria del materiale grossolano e sospeso operata dalla rete di raccolta stessa e quindi vengono convogliate nella vasca di pioggia, denominata VP1, appositamente dimensionata per l'accumulo e il trattamento primario che consiste in dissabbiamento e disoleazione prima dell'invio allo scarico.

In questa fase non sono utilizzati additivi chimici.

### **Scarico SF2**

Allo scarico SF2 confluiscono le acque di raffreddamento dei macchinari principali del modulo 2 TV6 e in uscita dal condensatore di vapore, l'acqua proveniente dall'impianto di trattamento ITAR e dall'impianto di osmosi. L'acqua di raffreddamento deriva dal processo di produzione dell'energia elettrica. Il processo infatti richiede l'utilizzo di acqua di mare in ciclo aperto per la condensazione del vapore nel condensatore.

L'acqua di mare è prelevata nella rada di Civitavecchia presso il pontile dell'opera di presa e viene immessa nel condensatore posto sotto la turbina a vapore. Il condensatore di vapore è schematizzabile come uno scambiatore di calore a superficie (cioè senza scambi di massa tra il vapore in condensazione e l'acqua condensatrice), dove il fluido raffreddante è l'acqua di mare, mantenuta in circolazione da opportune pompe e che subisce, tra ingresso e uscita, solo un lieve incremento termico.

I tubi di scambio del condensatore sono realizzati integralmente in cupronichel e le piastre tubiere sono dello stesso materiale. Pertanto, è plausibile ipotizzare che siano pressoché immuni da fenomeni di corrosione derivanti da contatto con l'acqua di circolazione (acqua di mare).

L'acqua mare viene restituita pertanto allo stesso corpo idrico, il mar Tirreno, con le stesse caratteristiche quali quantitative caratterizzanti le acque prelevate all'ingresso dell'opera di presa, fatta eccezione per un lieve incremento termico.

L'opera di scarico SF2, lunga circa 45 m, larga circa 6 m alla sezione iniziale e 28 m a quella di efflusso finale, presenta una profondità di scarico alla sezione inshore pari a 4.8 m, mentre l'efflusso alla sezione offshore avviene a una quota del fondo di -0.6 m dal livello di medio mare.

Per quanto riguarda lo scarico parziale ITAR, la Centrale è dotata di reti fognarie per la raccolta separata delle acque da depurare: oleose, acide e/o alcaline e sanitarie. Ogni tipologia di refluo viene inizialmente sottoposta a trattamento separato. Le tre tipologie di acque trattate vengono convogliate nella sezione finale comune, prima di essere scaricate a mare previo controllo.

#### **Scarico SF3**

Allo scarico SF3 confluiscono le acque di raffreddamento dei macchinari principali del modulo 1 TV5 e quelle in uscita dal condensatore di vapore.

I tubi di scambio del condensatore sono realizzati integralmente in titanio e le piastre tubiere sono dello stesso materiale. Pertanto, è plausibile ipotizzare che siano pressoché immuni da fenomeni di corrosione derivanti da contatto con l'acqua di circolazione (acqua di mare).

Si tratta quindi di acqua di mare che subisce un rialzo termico e nessun trattamento chimico.

#### **Scarico SF4**

Scarico costituito da acque meteoriche raccolte all'interno della centrale di Torrevaldaliga provenienti dalla zona centrale dell'impianto, ivi compresi i piazzali prospicienti la stazione elettrica, edificio centrale, piazzale zona vasche griglia acqua mare che prima di essere convogliate allo scarico transitano nella vasca di pioggia (VP4) appositamente dimensionata per l'accumulo e il trattamento primario, e da acque industriali di processo (acque mare lavaggio griglie di filtraggio del Modulo 1). Tali acque non sono soggette a nessun tipo di additivazione chimica.

#### **Scarico SF5**

Scarico costituito da acque industriali di processo (acque mare lavaggio griglie di filtraggio del Modulo 2) e acque meteoriche non inquinabili derivanti dall'area delle opere di presa e quindi al di fuori delle aree produttive.

### **4.1 Caratterizzazione degli scarichi**

Si riporta di seguito una tabella in cui sono stati riassunti i valori minimi e massimi rilevati nel 2021 relativi ai cinque scarichi SF1 ÷ SF5, unitamente ai limiti previsti dalla normativa.

Tabella 1 Caratterizzazione degli scarichi anno 2021

Parametro	Valore_Limite_ AIA (mg/l)	Scarico finale SF1		Scarico finale SF2		Scarico finale SF3		Scarico finale SF4		Scarico finale SF5	
		min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
pH	5.5 - 9.5	7.8	8.3	7.7	8.3	7.85	7.9	7.8	7.88	8.06	8.3
Solidi sospesi totali	≤40	< LoQ	2.53	2	3.34	< LoQ	6	< LoQ	3.31	< LoQ	< LoQ
BOD5	≤40	2.14	3.87	< LoQ	6.4	< LoQ	2.97	< LoQ	3.87	< LoQ	3
COD	≤120	< LoQ	45	30	64	24	37	21	96	33	52
Alluminio	≤1	< LoQ	0.125	< LoQ	0.172	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	0.098
Arsenico	≤0.5	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Bario	≤20	0.0141	0.154	0.0041	0.088	0.097	0.097	0.138	0.138	0.0039	0.118
Boro	≤2	0.411	1.2	0.33	2.61	2.58	2.58	2.75	2.75	0.33	2.71
Cadmio	≤0.02	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Cromo totale	≤2	0.0035	0.0035	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Cromo VI	≤0.2	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Ferro	≤2	< LoQ	0.008	< LoQ	0.01	0.008	0.008	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Manganese	≤2	0.005	0.068	< LoQ	0.0037	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	0.0026
Mercurio	≤0.005	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Nichel	≤2	< LoQ	0.0038	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Piombo	≤0.2	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Rame	≤0.1	< LoQ	0.00306	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Selenio	≤0.03	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Stagno	≤10	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Zinco	≤0.5	0.042	0.073	0.0301	0.106	0.096	0.096	0.118	0.118	< LoQ	< LoQ
Cianuri totali	≤0.5	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Cloro attivo libero	≤0.2	< LoQ	0.054	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	0.066	< LoQ	< LoQ
Solfuri	≤1	< LoQ	0.4	< LoQ	0.4	0.4	0.4	< LoQ	< LoQ	< LoQ	0.2
Solfiti	≤1	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Fluoruri	≤6	< LoQ	0.52	< LoQ	0.189	< LoQ	< LoQ	< LoQ	0.63	< LoQ	0.16
Fosforo totale	≤10	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	2.33
Azoto ammoniacale	≤15	0.186	0.786	< LoQ	0.746	< LoQ	0.737	< LoQ	0.742	< LoQ	0.761
Azoto nitroso	≤0.6	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	0.241	< LoQ	< LoQ
Azoto nitrico	≤20	1.26	3.09	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	2.07	< LoQ	< LoQ
Oli e grassi	≤20	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Idrocarburi totali	≤5	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
Solventi clorurati	≤1	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ	< LoQ
<i>Escherichia coli</i>	≤5000 UFC/100 ml	32	830	< LoQ	34	< LoQ	< LoQ	410	410	< LoQ	36



Come si può notare dai dati riportati in tabella, le concentrazioni dei parametri analizzati sono in diversi casi inferiori al limite di quantificazione; ove rilevabili risultano sempre molto contenute e inferiori di uno o più ordini di grandezza rispetto al valore limite AIA per scarico in acque superficiali, fatto salvo per il boro che presenta concentrazioni già superiori al valore limite nelle acque di mare in ingresso.

Considerando quindi i trattamenti effettuati prima dello scarico e le concentrazioni di cui alla Tabella 1 in linea con i dati prima richiamati, si ritiene che l'elenco dei parametri proposti nel Piano di biomonitoraggio sia sufficiente a definire gli impatti e che per la valutazione delle caratteristiche chimiche delle acque ci si possa riferire alle analisi agli scarichi che vengono effettuate dal Gestore a cadenze definite in rispetto delle prescrizioni AIA.

In particolare, gli idrocarburi totali e gli oli e grassi in tutto il 2021 sono sempre risultati inferiori al limite di rilevabilità, confermando i dati storici, per cui si ritiene che la ricerca degli idrocarburi alifatici saturi lineari n-C6-C10 e degli idrocarburi compresi nel range C10-C40 nelle acque e nei mitili non possa dare informazioni utili nella valutazione complessiva dell'eventuale impatto prodotto dalla Centrale.

Ciò vale anche per i solfuri, la cui concentrazione ha raggiunto al massimo valori pari a 0.4 mg/l.

L'impatto che può avere l'esercizio della centrale sull'ecosistema marino è limitato alla perturbazione termica dovuta allo scarico di acqua calda utilizzata per il raffreddamento dei condensatori, che comunque viene controllato, sulla base delle prescrizioni AIA, sia al punto di scarico in continuo sia periodicamente con misura dell'incremento termico sull'arco a 1000 m.

Il Piano di Monitoraggio presentato, in ogni caso, consente di avere indicazioni sugli effetti che tale perturbazione possa arrecare all'ecosistema, considerando nell'area in esame la composizione e la distribuzione della componente biotica (fito- e zooplancton, organismi bentonici) e le caratteristiche chimico-fisiche di quella abiotica (acqua di mare, sedimenti), avendo previsto come riferimento anche delle stazioni di controllo.

## 5 SINTESI DELLA PRESCRIZIONE AIA SUL MONITORAGGIO MARINO

Il PMC riportato nell'AIA di riferimento richiede la predisposizione e l'applicazione di un piano di monitoraggio che riguardi gli elementi minimi riportati nella tabella seguente:

**Tabella 2 Comparti ambientali e monitoraggi previsti**

Comparti ambientali	Linee di evidenza principali	Linee di evidenza specifiche
Colonna d'acqua	Caratterizzazione chimico-fisica	Parametri chimico-fisici Nutrienti Analisi principali inquinanti
	Ecotossicologia	Bioaccumulo Mussel Watch e organismi significativi per metalli e parametri organici critici
		Biomarker mitili e rete trofica
	Biologia	Comunità fito- e zooplanctoniche
Sedimenti	Caratterizzazione chimico-fisica	Granulometria, pH, Eh, metalli e parametri organici critici
	Ecotossicologia	Batteria saggi biologici
		Bioaccumulo/biomarker*
	Biologia	Comunità macrozoobentonica

\*Il PMC riporta "parametri da valutare se effettivamente significativi nel caso di studio".

In riferimento all'indicazione in merito a bioaccumulo e biomarker su organismi bentonici si ritiene che lo studio di tali fenomeni associati alla matrice sedimento non fornisca informazioni utili in questo caso specifico, considerando la tipologia di impatto associabile all'esercizio della Centrale e la probabile scarsa significatività dei dati ottenibili. Di conseguenza, in questa fase, tali indicatori non vengono previsti nel presente Piano di monitoraggio; sarà eventualmente rivalutata la possibilità di inserirli in seguito ai risultati complessivi del monitoraggio stesso.

Il Piano deve essere concordato con le Autorità e successivamente applicato per tre anni.

## 6 COMPARTO ACQUA

Le indagini chimico-fisiche sulla colonna d'acqua hanno lo scopo di descrivere e verificare eventuali alterazioni dei parametri in funzione degli impatti attesi e di fornire una base interpretativa ai risultati delle indagini biologiche ed ecotossicologiche. Pur essendo una matrice non conservativa, l'acqua riveste una notevole importanza in quanto veicola i contaminanti negli altri comparti marini attraverso i processi di diluizione, dispersione e ripartizione.

Le indagini dei parametri fisici e chimici permettono quindi di valutarne lo stato di qualità ma anche di fornire una base conoscitiva essenziale per lo studio del destino degli inquinanti immessi nell'ambiente e pertanto il controllo degli impatti.

Saranno effettuate le seguenti tipologie di indagine:

- caratterizzazione della colonna d'acqua
- bioaccumulo
- biomarker
- plancton

Di seguito si riporta un prospetto delle attività previste, i cui dettagli vengono illustrati nei paragrafi seguenti.

**Tabella 3 Sintesi delle attività previste per il monitoraggio del comparto acqua**

Attività	Parametri	Stazioni/aree	Campioni	Frequenza annuale/periodo
Profilo colonna d'acqua	Temperatura, torbidità, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla <i>a</i> , potenziale redox	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 stazione a 25 m dallo scarico</li> <li>1 stazione di controllo</li> </ul>	2 profili	2, campagna invernale ed estiva
Prelievo di campioni a due quote diverse	solidi sospesi, clorofilla <i>a</i>	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 stazione a 25 m dallo scarico</li> <li>1 stazione di controllo</li> </ul>	4 campioni (superficie/fondo)	
Prelievo di campioni superficiali	nutrienti (NH <sub>4</sub> , NO <sub>2</sub> , NO <sub>3</sub> , PO <sub>4</sub> ) metalli (As, Cd, Cr, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn) benzo(a)pirene solidi sospesi	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 stazioni su transetto 25-50-500 m</li> <li>1 stazione di controllo</li> </ul>	8 campioni per i nutrienti (disciolti e totali) 4 campioni per gli altri parametri	
Bioaccumulo Mussel Watch	metalli (As, Cd, Cr, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn) benzo(a)pirene idrocarburi C10-C40* BTX*	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 stazioni su transetto 25-50-500 m</li> <li>1 stazione di controllo</li> <li>2 profondità (superficie e fondo)</li> </ul>	5 campioni bianco (tempo zero) 40 campioni di organismi esposti (T 4 settimane)	1 (due campagne: installazione e ritiro dopo quattro settimane)
Bioaccumulo fauna ittica specie stanziali	metalli (As, Cd, Cr, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn) benzo(a)pirene	<ul style="list-style-type: none"> <li>area di influenza dello scarico</li> <li>area di controllo</li> </ul>	10 pesci (5 per ciascuna area)	1, campagna estiva
Biomarker mitili	metallotioneine, danni al DNA, malonildialdeide, acetilcolinesterasi	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 stazioni su transetto 25-50-500 m</li> <li>1 stazione di controllo</li> <li>2 profondità (superficie e fondo)</li> </ul>	40 campioni di organismi esposti (T 4 settimane)	1 (due campagne: installazione e ritiro dopo quattro settimane)
Biomarker fauna ittica	metallotioneine, EROD	<ul style="list-style-type: none"> <li>area di influenza dello scarico</li> <li>area di controllo</li> </ul>	10 pesci (5 per ciascuna area)	1, campagna estiva
Plancton	caratterizzazione comunità fito- e zooplanctonica	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 stazioni su transetto 25-50-500 m</li> <li>1 stazione di controllo</li> </ul>	12 campioni fitoplancton 12 campioni zooplancton (campionamento in tre giorni consecutivi)	2, campagna invernale ed estiva

\*Parametri da esaminare solo il primo anno in caso di assenza di bioaccumulo



## 6.1 Stazioni di monitoraggio

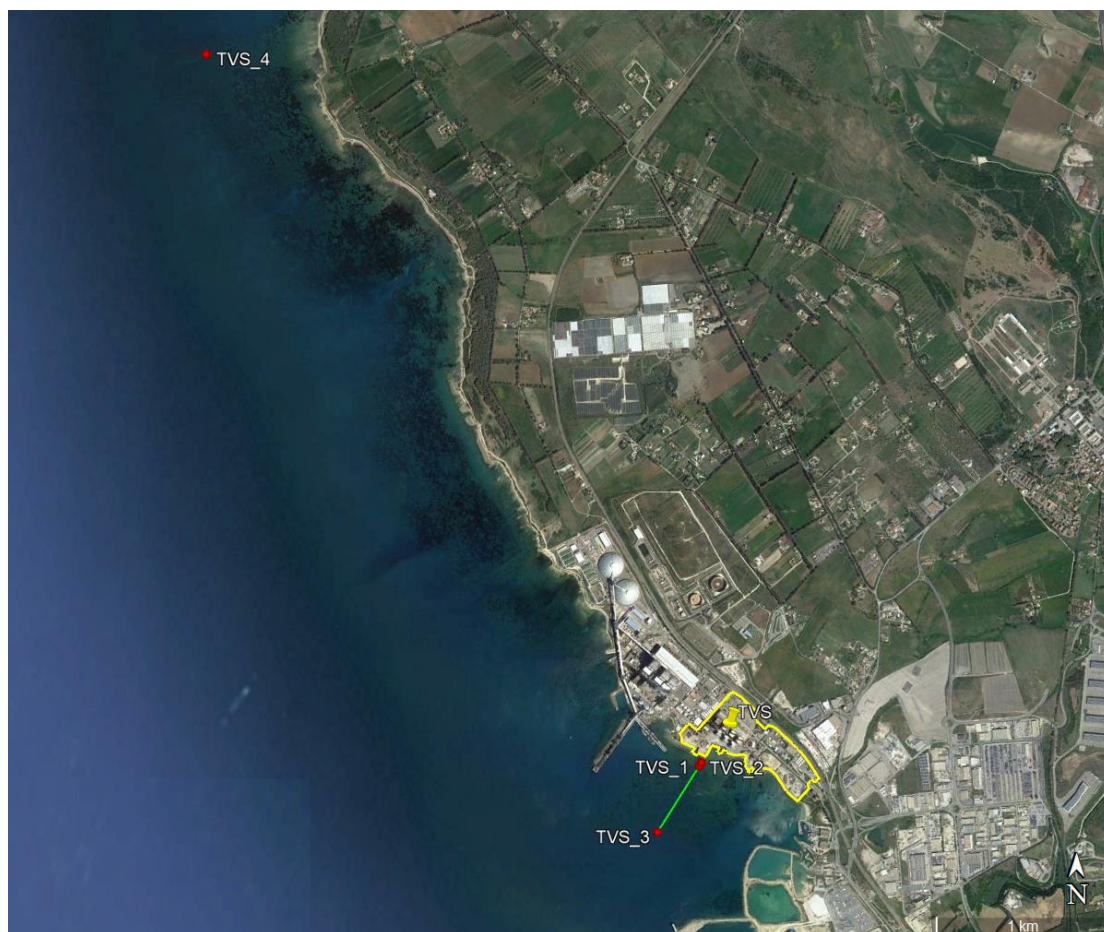
Per quanto riguarda le acque sono state individuate le seguenti stazioni/aree di monitoraggio:

- chimico-fisica delle acque, plancton e mitili: quattro stazioni, tre su un transetto davanti allo scarico posizionato parallelamente al pontile presente nell'area (a 25, 50 e 500 m) e una stazione di controllo a nord,
- bioaccumulo e biomarker nella fauna ittica: 2 aree (area di influenza dello scarico e area di controllo)

Di seguito sono riportate le coordinate delle stazioni previste per i rilievi, il campionamento dell'acqua di mare e del plancton e per l'installazione delle gabbie di mitili.

**Tabella 4 Stazioni di campionamento**

Stazione	Distanza dalla costa (m)	Coordinate	
TVS 1	25	728213.00 m E	4667067.00 m N
TVS 2	50	728200.00 m E	4667046.00 m N
TVS 3	500	727971.00 m E	4666657.00 m N
TVS 4 (controllo)	500	725215.00 m E	4671056.00 m N



*Figura 6 Stazioni di campionamento dell'acqua di mare, plancton e Mussel Watch*



*Figura 7 Dettaglio delle stazioni di campionamento dell'acqua di mare, plancton e Mussel Watch nel transetto davanti allo scarico*

Si precisa che la collocazione esatta delle stazioni verrà definita in campo, anche sulla base di eventuali ostacoli presenti, difficoltà di navigazione e di posizionamento dei corpi morti per le gabbie contenenti i mitili.

Nella tabella seguente sono riportate le coordinate del centro delle due aree in cui sarà effettuata la cattura della fauna ittica demersale.

**Tabella 5 Aree di campionamento della fauna ittica**

Area	Coordinate	
TVS Area 1 area di influenza dello scarico	727954.00 m E	4666622.00 m N
TVS Area 2 area di controllo	725214.00 m E	4671071.00 m N



*Figura 8 Aree di campionamento della fauna ittica*

## 6.2 Caratterizzazione della colonna d'acqua

Per la valutazione del comparto acqua sono state individuate le tipologie di indagine, le stazioni e le frequenze sulla base delle indicazioni previste del PCM dell'AIA.

La caratterizzazione della colonna d'acqua sarà effettuata nelle stazioni riportate in fig. 6 attraverso:

- profili mediante sonda multi multiparametrica in due stazioni (una stazione nelle vicinanze dello scarico, TVS1 e una stazione di controllo, TVS4) dove saranno valutati temperatura, torbidità, salinità, ossigeno disciolto, pH, clorofilla *a* e potenziale redox
- prelievi a due profondità nelle stesse due stazioni per la verifica dei solidi sospesi e della clorofilla (per un totale di 4 campioni)
- prelievi di 4 campioni superficiali in quattro stazioni (su transetto davanti allo scarico, a 25, 50 e 500 m e in una stazione di controllo) per la determinazione di:
  - nutrienti ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{NO}_3$ ,  $\text{PO}_4$ ) (sia totali sia disciolti)
  - metalli (As, Cd, Cr, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn)



- IPA (con particolare riferimento al benzo(a)pirene)
- solidi sospesi

Ove possibile, i valori ottenuti saranno confrontati con i limiti riportati nel Dlgs 13 ottobre 2015, n. 172 “Attuazione della direttiva 2013/39/Ue, che modifica le direttive 2000/60/Ce per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque” - Tabella 1/A — Standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua e nel biota per le sostanze dell'elenco di priorità.

### 6.3 Bioaccumulo

Il biomonitoraggio consente di valutare, mediante specie indicatrici, il grado di contaminazione di un'area con una misura integrata nel tempo, non riferibile al solo momento in cui è stato effettuato il rilievo, evidenziando quindi eventuali gradienti di inquinamento in senso spaziale e temporale. Attraverso queste tipologie di indagine inoltre è possibile stimare la biodisponibilità delle sostanze tossiche presenti nell'ambiente marino e di valutare il rischio legato al trasferimento nella rete trofica.

#### 6.3.1 Molluschi bivalvi

L'impiego dei molluschi bivalvi nel monitoraggio della contaminazione chimica degli ambienti costieri è piuttosto diffuso a livello internazionale attraverso l'applicazione del protocollo *Mussel Watch*.

Tale tipologia di indagine si basa sui processi di bioaccumulo attuati dai bivalvi, tramite filtrazione dell'acqua di mare, e parallelamente su quelli di conversione ed eliminazione per escrezione.

Il mitilo comune (*Mytilus galloprovincialis*) rappresenta la specie più utilizzata allo scopo, anche in considerazione delle evidenze sperimentali e dei numerosi studi di letteratura condotti negli ultimi decenni.

Mediante l'applicazione del protocollo *Mussel Watch* si sfrutta il principio secondo il quale il mitilo accumula gli elementi o i composti nei tessuti proporzionalmente alle concentrazioni presenti nell'acqua, consentendo quindi di:

- integrare le informazioni sull'eventuale contaminazione dell'area attraverso l'esposizione di tali organismi per tempi definiti,
- evidenziare eventuali gradienti in senso spaziale o differenze tra aree esposte e non esposte,
- stimare la biodisponibilità degli elementi considerati nell'acqua di mare e del loro trasferimento attraverso la catena alimentare.

Nello specifico, dato che nell'area è nota la difficoltà di reperimento di popolazione di mitili naturali, verranno utilizzati individui provenienti da una mitilicoltura appartenente alla stessa area geografica applicando la tecnica degli organismi trapiantati.

A tale proposito verrà acquisito, dall'impianto selezionato, un numero opportuno di mitili adulti di taglia omogenea da utilizzare per il monitoraggio in questione, che saranno suddivisi in aliquote di peso simile ubicate in sacchetti di contenimento.

Tali sacchetti saranno assemblati e posizionati all'interno di apposite gabbie, avvolte a loro volta in reti per la protezione dei mitili da possibili fenomeni di predazione.

In ogni gabbia saranno posti tre sacchetti dal peso di 2 kg circa l'uno.

Per ogni stazione le gabbie saranno posizionate a due livelli, in superficie e in profondità.

I mitili saranno esposti per un periodo di quattro settimane, come da indicazioni del protocollo *Mussel watch* e dai Programmi di Monitoraggio della Strategia Marina.

Le stazioni sono riportate nella figura 6.

Sui campioni di mitili al tempo zero (bianco e dopo quattro settimane di esposizione) saranno effettuate le seguenti determinazioni:

- metalli (Al, As, Cd, Cr, Cr VI, Fe, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn)
- idrocarburi policiclici aromatici (IPA)
- idrocarburi C10-C40
- BTEX

I parametri idrocarburi C10-C40 e BTEX saranno indagati solo il primo anno, nel caso in cui non venissero evidenziati fenomeni di bioaccumulo; in caso contrario le analisi saranno condotte per l'intero triennio.

Per le metodiche analitiche si farà riferimento al documento MATTM – ICRAM “Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003)”.

In particolare, saranno utilizzate le seguenti schede della parte “Bioaccumulo in bivalvi”:

- ✓ SCHEDA 1 Utilizzo dei molluschi bivalvi nel programma di monitoraggio dell'ambiente costiero (Protocollo Mussel Watch)
- ✓ SCHEDA 2 Raccolta e preparazione dei molluschi
- ✓ SCHEDA 5 Analisi di idrocarburi policiclici aromatici
- ✓ SCHEDA 6 Analisi del contenuto di alcuni elementi chimici in *Mytilus galloprovincialis*

Inoltre, si farà riferimento anche a quanto riportato nel “MODULO 5 Contaminazione” delle SCHEDE METODOLOGICHE per l'attuazione delle Convenzioni stipulate tra Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare e Agenzie Regionali per la protezione dell'Ambiente nel dicembre 2017 - Programmi di Monitoraggio per la Strategia Marina Art. 11, D.lgs. 190/2010.

Sui mitili verrà calcolato l'indice di condizione, secondo quanto riportato in Hummel et al. (1997)<sup>1</sup>, come rapporto fra il peso secco dei tessuti molli e la lunghezza delle valve. Per ogni stazione saranno prelevati dieci individui, considerati rappresentativi di tutti gli organismi di quella stazione. L'indice verrà calcolato dividendo la media dei pesi per la media delle lunghezze delle valve, secondo la formula:

---

<sup>1</sup> Hummel H., Modderman R., Amiard-Triquet C., Rainglet F., van Duijn Y., Herssvoort M., de Jong J., Bogaards R., Bachelet G., Desprez M., Marchand Sylvand B.J., Amiard J.C., Rybarczyk H., de Wolf L. (1997). A comparative study on the relation between copper and condition in marine bivalves and the relation with copper in the sediment. *Aquatic Toxicology* 38 (1-3), 165-181

*C.I. = media del peso secco dei tessuti molli/ media della lunghezza delle valve*

Sarà valutato il bioaccumulo in seguito all'esposizione attraverso il confronto con il bianco; inoltre, ove possibile, i valori ottenuti saranno confrontati con i limiti riportati nel Dlgs 13 ottobre 2015, n. 172 "Attuazione della direttiva 2013/39/Ue, che modifica le direttive 2000/60/Ce per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque" - Tabella 1/A — Standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua e nel biota per le sostanze dell'elenco di priorità.

### 6.3.2 Fauna ittica

Per lo studio del bioaccumulo nella fauna ittica si procederà a una pesca selettiva in due aree, una di influenza dello scarico termico e una di controllo. Al proposito sarà presa in considerazione la fauna ittica demersale.

Saranno esaminati 10 esemplari (5 per ciascuna area) in una campagna estiva.

Nel muscolo degli esemplari raccolti, di taglia e peso possibilmente omogenei, sarà determinato il contenuto totale di:

- metalli (As, Cd, Cr, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn)
- benzo(a)pirene

I valori ottenuti saranno confrontati, ove possibile, con i limiti riportati nel Dlgs 13 ottobre 2015, n. 172 "Attuazione della direttiva 2013/39/Ue, che modifica le direttive 2000/60/Ce per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque" - Tabella 1/A — Standard di qualità ambientale nella colonna d'acqua e nel biota per le sostanze dell'elenco di priorità.

### 6.4 Biomarker

Per la valutazione della presenza di effetti di fonti di stress in una fase precoce di disturbo, sono stati individuati alcune tipologie di biomarker che indicano l'esposizione a specifiche classi di contaminanti, l'alterazione del sistema antiossidante o un danno al DNA.

In particolare, sulle ghiandole digestive dei mitili esposti come indicato nel par 6.3.1 saranno effettuate le seguenti determinazioni, sulla base dei riferimenti bibliografici riportati nella tabella seguente.

**Tabella 6 Test previsti sui mitili**

Determinazione	Tipologia biomarker	Metodica
Danno al DNA (Fast Micromethod®)	biomarker di danno al materiale genetico	Schröder HC, Batel R, Schwertner H, Boreiko O, Müller WE. 2006. Fast micromethod DNA single-strand-break assay. <i>Methods Mol Biol.</i> 2006; 314:287-305.
Determinazione delle metallotioneine	biomarker di esposizione a metalli in traccia	Viarengo, A., Ponzano, E., Dondero, F., Fabbri, R. 1997. A simple spectrophotometric method for metallothionein evaluation in marine organisms: an application to Mediterranean and Antarctic molluscs, <i>Marine Environmental Research</i> , 44, 1, 69-84,
Determinazione dell'attività acetilcolinesterasica	biomarker di esposizione a inquinanti organici	Ellman, G. L., Courtney, K. D., Andres Jr, V., & Featherstone, R. M. (1961). A new and rapid colorimetric determination of acetylcholinesterase activity. <i>Biochemical pharmacology</i> , 7(2), 88-95. Mennillo, E., Casu, V., Tardelli, F., De Marchi, L., Freitas, R., & Pretti, C. (2017). Suitability of cholinesterase of polychaete <i>Diopatra neapolitana</i> as biomarker of exposure to pesticides: in vitro characterization. <i>Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology &amp; Pharmacology</i> , 191, 152-159.
Determinazione della malonildialdeide (valutazione della perossidazione lipidica)	biomarker di stress ossidativo	Buege, J. A., & Aust, S. D. (1978). [30] Microsomal lipid peroxidation. In <i>Methods in enzymology</i> (Vol. 52, pp. 302-310). Academic press. Uchiyama, M., & Mihara, M. (1978). Determination of malonaldehyde precursor in tissues by thiobarbituric acid test. <i>Analytical biochemistry</i> , 86(1), 271-278.



Nel fegato degli esemplari di pesce prelevati come indicato nel par. 6.3.2 saranno effettuate le seguenti determinazioni, sulla base dei riferimenti bibliografici riportati in tabella:

**Tabella 7 Test previsti sulla fauna ittica**

Determinazione	Tipologia biomarker	Metodica
Determinazione delle metallotioneine	biomarker di esposizione a metalli in traccia	Viarengo, A., Ponzano, E., Dondero, F., Fabbri, R. 1997. A simple spectrophotometric method for metallothionein evaluation in marine organisms: an application to Mediterranean and Antarctic molluscs, Marine Environmental Research, 44, 1, 69-84
Attività EROD	biomarker di esposizione a IPA, PCB e diossine	Stagg, R., McIntosh, A., and 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 Techniques in Marine Environmental Sciences No. 57. 21 pp.

## 6.5 Plancton

Sarà analizzata la composizione della comunità planctonica (fito- e zooplancton) nelle quattro stazioni riportate in fig. 6, per verificare le eventuali differenze dovute alla presenza dello scarico termico. Le indagini saranno condotte in due campagne, una invernale e una estiva.

In ogni stazione il campionamento di fitoplancton sarà effettuato tramite bottiglia campionatrice da 1 litro alla profondità di 0.5 m; immediatamente dopo il prelievo i campioni saranno fissati con reattivo di Lugol.

Il campionamento di zooplancton sarà effettuato su un profilo verticale fino alla profondità di 20 m, tramite retino provvisto di armatura conica, imboccatura da 30 cm e maglia da 80 µm, in modo da consentire il filtraggio di un volume d'acqua totale 1.4 m<sup>3</sup> per ciascuna stazione. Il materiale sarà raccolto in un volume finale di 250 ml e ciascun campione sarà fissato in alcool etilico.

I campionamenti saranno replicati per 3 giorni consecutivi, per un totale di 12 campioni di fitoplancton e 12 campioni di zooplancton per ciascuna campagna.

In seguito alle determinazioni tassonomiche delle specie rinvenute, saranno descritte le comunità individuate nelle diverse stazioni nell'ambito delle due stagioni di campionamento

Per la valutazione relativa alla struttura di comunità saranno effettuati confronti su scala sia spaziale (variabilità intra ed entro stazioni) sia temporale (variabilità intra ed entro stagioni). Tali valutazioni saranno eseguite tramite l'applicazione di parametri strutturali e indici ecologici:

- dominanza
- abbondanza totale

- ricchezza specifica totale
- indice di ricchezza specifica di Margalef
- indice di diversità specifica di Shannon-Wiener
- equitabilità di Pielou
- indice di Diversità di Simpson

I dati di abbondanza saranno elaborati con tecniche di statistica multivariata sulla matrice quantitativa “taxa x stazioni” (nMDS/MDS, Cluster Analysis) e i contributi percentuali delle singole specie alla dissimilarità tra raggruppamenti e le similarità medie all’interno dello stesso gruppo tramite la procedura SIMPER (Similarity Percentage). Tali elaborazioni verranno effettuate mediante appositi software, quali Primer o equivalenti.

## 7 COMPARTO SEDIMENTI

I sedimenti giocano un ruolo fondamentale per la qualità degli ecosistemi acquatici in quanto costituiscono l’habitat di molti organismi e il sostegno della flora e fauna marina. Essi rappresentano, altresì, il comparto dove si depositano molti contaminanti pericolosi in quanto tossici, persistenti e bioaccumulabili. Tali contaminanti, oltre a produrre effetti diretti sugli organismi bentonici, comportano un rischio a lungo termine per la vita acquatica e per l’uomo a causa del loro trasferimento attraverso la rete trofica e la loro diffusione e risospensione nella colonna d’acqua.

Inoltre, i sedimenti rappresentano una matrice conservativa in grado di fornire informazioni su eventuali alterazioni presenti e passate.

Di conseguenza, la caratterizzazione chimico-fisica, ecotossicologica e biologica dei sedimenti consente una definizione della valutazione della qualità e dello stato di salute del corpo idrico.

Sulla base delle indicazioni riportate nel PMC dell’AIA sono state previste le seguenti indagini:

- caratterizzazione chimico-fisica ed ecotossicologica
- caratterizzazione della comunità bentonica

Di seguito si riporta una tabella con le attività previste, i cui dettagli vengono illustrati nei paragrafi seguenti.

**Tabella 8 Sintesi delle attività previste per il monitoraggio del comparto sedimenti**

Attività	Parametri	Stazioni	Campioni	Frequenza
Caratterizzazione chimico-fisica ed ecotossicologica	granulometria, pH, potenziale redox, metalli (As, Cd, Cr, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn), IPA, PCB, composti organostannici	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 stazione di controllo</li> <li>3 stazioni su transetto 25-50-500 m</li> </ul>	4	1, campagna estiva
	batteria tre test ecotossicologici (su sedimento tal quale ed elutriato) per tossicità acuta e cronica			
Macrobenthos	Caratterizzazione comunità		8 (due repliche per stazione)	

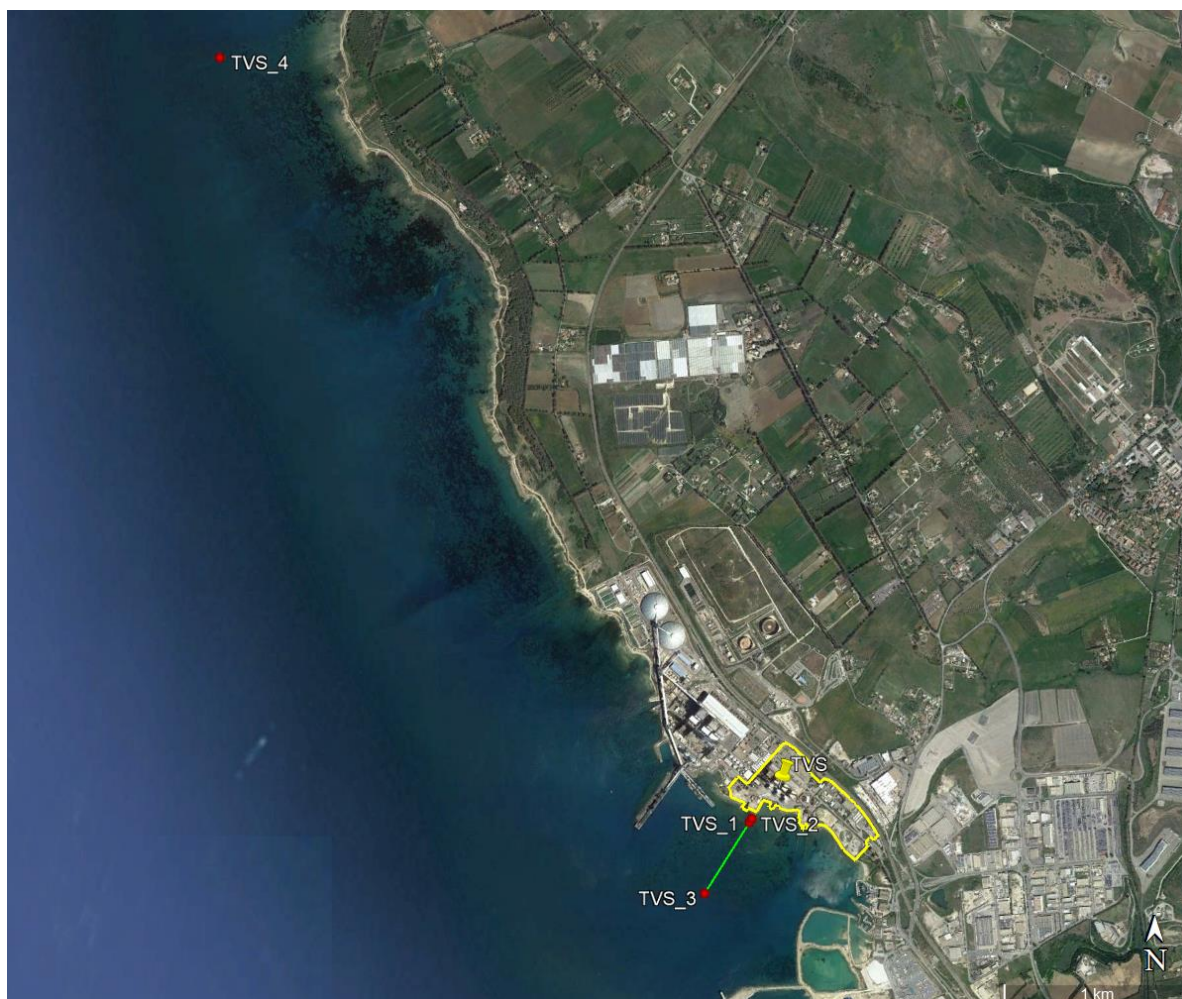
## 7.1 Stazioni di monitoraggio

Le stazioni di monitoraggio per i sedimenti e il macrobenthos sono le stesse previste per i rilievi sulle acque di mare, ossia tre stazioni su un transetto davanti allo scarico (25, 50 e 500 m) e una stazione di controllo a nord.

**Tabella 9 Stazioni di campionamento dei sedimenti**

Stazione	Distanza dalla costa (m)	Coordinate	
TVS 1	25	728213.00 m E	4667067.00 m N
TVS 2	50	728200.00 m E	4667046.00 m N
TVS 3	500	727971.00 m E	4666657.00 m N
TVS 4 (controllo)	500	725215.00 m E	4671056.00 m N

Di seguito è riportata l'immagine relativa alle stazioni previste per il campionamento dei sedimenti.



*Figura 9 Stazioni di campionamento dei sedimenti*



*Figura 10 Dettaglio delle stazioni di campionamento dei sedimenti nel transetto davanti allo scarico*

Si precisa che la collocazione esatta delle stazioni verrà definita in campo, anche sulla base di eventuali ostacoli presenti, difficoltà di navigazione e della natura del substrato.

## 7.2 Caratterizzazione chimico-fisica ed ecotossicologica

Nelle stazioni sopra indicate si procederà al campionamento dei sedimenti mediante operatori subacquei, avendo cura di raccogliere materiale fine in quantità sufficiente per le successive caratterizzazioni.

Sui quattro campioni di sedimento, subito dopo il prelievo, saranno misurati il pH e il potenziale redox; il materiale sarà quindi suddiviso in diverse aliquote per le successive determinazioni:

- granulometria
- metalli (As, Cd, Cr, Cr VI, Hg, Ni, Pb, Se, V, Zn)
- IPA
- PCB
- composti organostannici

Inoltre, saranno condotti saggi ecotossicologici che consentono una valutazione integrata della presenza di inquinanti, della loro biodisponibilità e delle possibili interazioni.

Per ogni campione sarà applicata una batteria composta dai seguenti test:

- test di inibizione della bioluminescenza con *Aliivibrio fischeri* su tal quale
- test di tossicità di inibizione della crescita con *Phaeodactylum tricornutum* su elutriato
- test di embriotossicità con *Paracentrotus lividus* su elutriato

Nel caso in cui non fosse possibile effettuare uno o più tra i test indicati saranno utilizzati altri organismi bersaglio per l'esecuzione di tre test di cui almeno uno sul sedimento tal quale e almeno uno su elutriato. Gli organismi e la tipologia di end-point saranno in ogni caso individuati sulla base di quanto riportato nell'Allegato Tecnico del DM 173/2016 "Autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini - Attuativo dell'art. 109, Dlgs 152/2006".

Per la valutazione della qualità dei sedimenti i dati analitici ottenuti saranno confrontati, ove possibile, con:

- Livelli Chimici di riferimento nazionali L1 e L2, previsti dal DM Ambiente 15 luglio 2016, n.173 "Autorizzazione all'immersione in mare dei materiali di escavo di fondali marini – Attuativo dell'art. 109, Dlgs 152/2006" (Tabella 2.5 dell'Allegato Tecnico al DM);
- Standard di Qualità Ambientale dei sedimenti marino-costieri inclusi nelle Tab. 2/A e 3/A del DM 172/2015 "Attuazione della Direttiva 2013/39Ue, che modifica le direttive 2000/60Ce per quanto riguarda le sostanze prioritarie nel settore della politica delle acque".



### 7.3 Caratterizzazione della comunità bentonica

Nelle stesse stazioni sopra indicate si procederà al campionamento del sedimento per la caratterizzazione della comunità macrobentonica. Per ogni stazione saranno prelevate due repliche, al fine di garantire la significatività statistica in fase di elaborazione dei dati.

Gli organismi saranno separati dal sedimento mediante risciacquo con acqua marina corrente su un setaccio con maglia di 1 mm, raccolti in appositi contenitori, fissandoli poi in formaldeide al 4% in acqua di mare.

In laboratorio ogni campione di macrobenthos sarà lavato in acqua corrente e conservato in etanolo al 75-80%. Successivamente si procederà con:

- smistamento e divisione degli organismi nei principali taxa animali;
- determinazione sistematica fino a livello di specie, quando possibile, mediante stereomicroscopio da dissezione, microscopio ottico e testi per il riconoscimento;
- registrazione delle abbondanze relative di ogni singolo taxon.

Sulla base delle determinazioni tassonomiche eseguite sarà predisposta una lista specie completa e una matrice taxa x stazioni.

La struttura della comunità macrobentonica sarà descritta tramite i seguenti parametri strutturali ed indici ecologici: dominanza, abbondanza totale, ricchezza specifica totale, indice di ricchezza specifica di Margalef, indice di diversità specifica di Shannon-Wiener, Equitabilità di Pielou, indice di Diversità di Simpson, indice M-AMBI.

I dati di abbondanza saranno elaborati con tecniche di statistica multivariata sulla matrice quantitativa "taxa x stazioni" (nMDS/MDS, Cluster Analysis) e i contributi percentuali delle singole specie alla dissimilarità tra raggruppamenti e le similarità medie all'interno dello stesso gruppo tramite la procedura SIMPER (Similarity Percentage). Tali elaborazioni verranno effettuate mediante appositi software, quali Primer o equivalenti.

## 8 REPORTING

Al termine di ogni anno di monitoraggio verrà predisposto un rapporto contenente, per ogni comparto ambientale considerato, i risultati ottenuti e le relative valutazioni in merito alla qualità e all'eventuale presenza di alterazioni associabili all'esercizio della Centrale di Torrevaldaliga Sud.

Le valutazioni saranno effettuate sulla base dei riferimenti normativi utilizzati e per confronto tra area di influenza dello scarico termico e aree di controllo attraverso la verifica di eventuali gradienti su transetti costa-largo.

Al termine dei tre anni di monitoraggio verrà presentato un rapporto conclusivo in merito ai risultati ottenuti nell'intero periodo di indagine.