



**Università
degli Studi
di Palermo**

Centro di Sostenibilità e
Transizione Ecologica



Contratto di consulenza tra il Commissario Straordinario Nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il Centro di Sostenibilità e Transizione Ecologica (CSTE) dell'Università degli Studi di Palermo per il “Monitoraggio ambientale dell'impianto di dissalazione di acqua di mare di Porto Empedocle (AG), prima e dopo la messa in esercizio, ai fini dell'analisi dello stato di salute del corpo idrico ricettore delle salamoie”

Relazione iniziale

31 luglio 2025



Sommario

Premessa	3
Documentazione consultata	4
Pianificazione delle attività di campo e di laboratorio	7
Identificazione dei descrittori ambientali da caratterizzare	9
1 Colonna d'acqua	9
- Misura variabili chimico-fisiche	9
- Prelievo campioni e analisi chimiche e biochimiche	9
2 Sedimento superficiale	10
- Analisi chimiche e biochimiche	10
3 Biota	11
- Macrozoobenthos	11
- Fanerogame marine	11
Bibliografia	12



Premessa

La presente relazione si inquadra nell'ambito del contratto di consulenza siglato tra il Commissario Straordinario Nazionale per l'adozione di interventi urgenti connessi al fenomeno della scarsità idrica della Presidenza del Consiglio dei Ministri e il Centro di Sostenibilità e Transizione Ecologica (CSTE) dell'Università degli Studi di Palermo in attuazione del decreto n. 20 emanato in data 20 marzo 2025 dallo stesso Commissario Straordinario Nazionale.

Il contratto prevede la realizzazione del monitoraggio ambientale dell'impianto di dissalazione di acqua di mare di Porto Empedocle (AG), prima e dopo la messa in esercizio, ai fini dell'analisi dello stato di salute del corpo idrico ricettore delle salamoie.

Il presente documento rappresenta la relazione iniziale, redatta, come da contratto, prima della messa in esercizio dell'impianto di dissalazione di Porto Empedocle, e riporta le attività attraverso le quali sono stati identificati i descrittori ambientali da caratterizzare ed è stata effettuata la pianificazione delle attività di campo e laboratorio, come da Allegato A del contratto.

Documentazione consultata

Per mettere a punto le attività di monitoraggio da svolgere, in una fase preliminare, sono stati consultati i documenti relativi alla descrizione e al funzionamento dell'impianto di dissalazione da installare presso il sito di Porto Empedocle forniti da Siciliacque SpA, che includono la normativa vigente e il progetto di fattibilità tecnico-economica (PFTE). La normativa vigente comprende principalmente i Decreti Commissariali relativi all'opera di progetto, assieme al D.L. 39/2023-Decreto Siccità "Disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche e alla regolamentazione sulla qualità delle acque destinate all'uso umano". Il PFTE comprende la relazione generale d'intervento, la relazione paesaggistica, la relazione di inserimento urbanistico e accertamento dei vincoli e i vari quadri economici e dei costi del progetto. Dalla relazione generale d'intervento sono state ricavate le informazioni relative alla capacità produttiva degli impianti e alla conseguente portata di scarico della salamoia, assieme alla tipologia, alle caratteristiche, alla percorrenza della condotta di scarico e al punto del suddetto scarico.

In aggiunta, dati relativi alle correnti marine nell'area di studio sono stati scaricati dal database "Mediterranean Sea Physics Analysis and Forecast" dal sito "Copernicus Marine Service". Con tali dati, sono state costruite delle rose delle correnti marine al fine di riportare graficamente direzione e velocità delle correnti dominanti nell'area (Fig. 1).

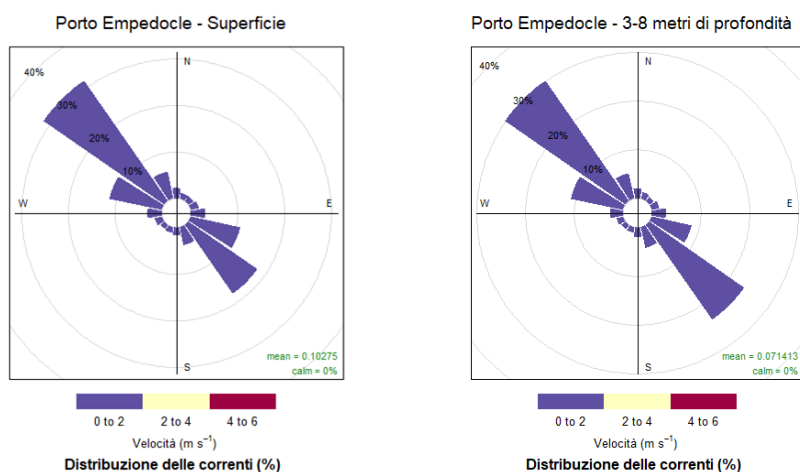


Figura 1: Distribuzione correnti nell'area di studio di Porto Empedocle (AG)

Queste analisi evidenziano che le correnti dominanti nell'area oggetto di studio hanno direzione NW e SE, rispettivamente, con una velocità media tra 0.06 e 0.1 m



s⁻¹ a seconda della profondità. Ulteriori elaborazioni sono state fatte per verificare le variazioni delle suddette correnti dominanti nell'arco dell'anno. Da ciò è emerso che nei mesi invernali e primaverili si mantiene il *pattern* precedentemente descritto (NW-SE). Invece, nei mesi estivi le correnti risultano più variabili e alternate ma comunque sempre prevalentemente in direzione NW e SE. Nei mesi autunnali si segue l'andamento estivo, tranne che a novembre, in cui tende a prevalere nuovamente l'andamento invernale.

Ulteriori informazioni sulle variabili chimico-fisiche, sulle biocenosi bentoniche e sull'abbondanza e diversità degli organismi macrozoobentonici caratterizzanti l'area attorno alla condotta di scarico della salamoia, lungo tutta la sua estensione, sono state fornite da Siciliacque SpA, in seguito a un'attività di monitoraggio ambientale svolta dalla società Atlantis Pro.

La letteratura scientifica è stata inoltre consultata per conoscere lo stato dell'arte relativo agli impatti attesi nelle aree interessate dai dissalatori, ai piani sperimentali adottati, all'estensione spaziale della *plume* salina in funzione dei principali fattori ambientali quali correnti e batimetrie, e ai descrittori più frequentemente utilizzati per la valutazione dei possibili impatti ambientali (Ruso et al., 2007; Kress et al., 2019; Avramidi et al., 2022; Sharifinia et al., 2025). In particolare, è stata approfondita la risposta delle fanerogame marine alle variazioni di salinità, che ha evidenziato una suscettibilità medio-alta, a seconda della specie interessata (Gacia et al., 2007; Sanchez-Lizaso et al., 2007; Garrote-Moreno et al., 2014; Blanco-Murillo et al., 2024).

Pertanto, per verificare l'opportunità di includere le fanerogame marine tra i descrittori da monitorare nell'area di interesse, è stata scaricata la mappa "*Seagrass cover (Essential Ocean Variable) in European waters (2023)*" dal sito "*European Marine Observation and Data Network (EMODnet)*". Dalla mappa è emersa la presenza di fanerogame marine, tra cui anche *Posidonia oceanica*, in prossimità dello scarico. Nonostante ciò, informazioni trasmesse da Siciliacque SpA relative ad ulteriori rilievi e monitoraggi effettuati nell'area ad opera delle ditte "Atlantis Pro" e "Palumbarus S.r.l." hanno confermato parzialmente tale informazioni, evidenziando la presenza di una prateria a bassa densità della specie di fanerogama marina *Cymodocea nodosa* e l'assenza di *P. oceanica* (Fig. 2).



Figura 2: Mappa dell'area di interesse con indicate le posizioni degli scarichi e dei siti di monitoraggio effettuati dalla ditta Palumbarus S.r.l. per verificare la presenza di *Posidonia oceanica*, nella quale è stata rilevata, invece, la presenza di *Cymodocea nodosa* a bassa densità

In data 7 luglio 2025, il personale del CSTE dell'Università degli Studi di Palermo ha effettuato un sopralluogo presso l'impianto di dissalazione di Porto Empedocle e nelle aree costiere circostanti. Durante il sopralluogo, è stato verificato lo stato di avanzamento dei lavori relativi all'installazione dell'impianto di dissalazione per valutare le tempistiche dell'attività di monitoraggio da eseguire e sono state raccolte ulteriori informazioni sul funzionamento del sistema. Inoltre, sono state ottenute informazioni dettagliate sulle modalità, le tecnologie impiegate e i punti di scarico della salamoia, al fine di identificare le potenziali fonti d'impatto e le aree che potrebbero essere soggette a tale impatto.

I dati raccolti dai rapporti e dalle documentazioni tecniche e scientifiche esaminate, nonché le informazioni ottenute durante i sopralluoghi, sono stati utilizzati per supportare la fase di pianificazione e definire il disegno sperimentale, i descrittori da analizzare e le relative attività da svolgere in campo e in laboratorio, in funzione di quanto previsto dal contratto.



Pianificazione delle attività di campo e di laboratorio

Come da contratto e in funzione delle informazioni raccolte e dalle documentazioni tecniche e scientifiche esaminate, sono state pianificate le attività di campionamento in due periodi:

- I. Periodo PRE operatività (luglio 2025): per definire la *baseline* prima della messa in atto delle attività di dissalazione dell'acqua e del conseguente rilascio della salamoia nell'ambiente.
- II. Periodo POST operatività (data da definire): per valutare gli eventuali cambiamenti indotti dalla messa in atto delle attività di dissalazione dell'acqua e del conseguente rilascio della salamoia nell'ambiente.

Oltre a questi due periodi principali, si prevedono ulteriori misurazioni delle variabili chimico-fisiche (salinità, temperatura, pH e ossigeno disciolto) durante l'operatività dell'impianto.

Sulla base della letteratura scientifica esistente in materia (Portillo et al., 2014; UNEP(DEPI) MED, 2017), della normativa vigente (D.L. 39/2023, Decreto Siccità) e delle condizioni oceanografiche, nel sito di Porto Empedocle sono state individuate le stazioni in cui svolgere le attività di campionamento nei due periodi stabiliti, in funzione della distanza dal punto di scarico della salamoia.

In totale sono state individuate undici stazioni (Fig. 3, Tabella 1) tenendo conto delle due fasi operative previste per la messa in opera dell'impianto:

- Fase 1: in cui verrà attivato uno scarico provvisorio a ~ 80 m dalla costa;
- Fase 2: in cui verrà attivato uno scarico definitivo a ~ 600 m dalla costa che sarà dotato di tecnologia a diffusore multi-porta per limitare l'incremento di salinità nell'area circostante.

In maggiore dettaglio, le stazioni sono posizionate a 10 m (area presunta di maggiore impatto), 60 m (area di transizione), 200 m (area presunta di impatto residuale) e 600 m (area presunta di controllo) dallo scarico definitivo previsto per la Fase 2. Sono anche state individuate due stazioni per il monitoraggio dello scarico provvisorio previsto nella Fase 1 posizionate a 10 m e 60 m da esso. Pertanto, un transetto più corto segue l'orientamento dello scarico della Fase 1, e uno più lungo segue l'orientamento dello scarico della Fase 2. In quest'ultimo caso, l'orientamento degli ugelli del diffusore coincide anche con la direzione delle correnti dominanti presenti nell'area (NW, SE) (Fig. 3).



Figura 3: Mappa dell'area di interesse con indicate le posizioni degli scarichi e delle stazioni di campionamento. La chiazza verde sulla sinistra indica la distribuzione delle fanerogame marine (fonte EMODNet)

Tabella 1: Coordinate geografiche delle stazioni di campionamento nell'area di interesse (Porto Empedocle, AG)

Stazioni	Latitudine	Longitudine	Note
PE_S1	37.28529	13.52086	
PE_S2	37.28496	13.52047	
PE_S3	37.28199	13.51686	Presenza di <i>Cymodocea nodosa</i>
PE_S4	37.28251	13.51656	Presenza di <i>Cymodocea nodosa</i>
PE_S5	37.28354	13.51564	Presenza di <i>Cymodocea nodosa</i>
PE_S6	37.28650	13.51308	Presenza di <i>Cymodocea nodosa</i>
PE_S7	37.28161	13.51734	
PE_S8	37.28057	13.51822	
PE_S9	37.27757	13.52070	
PE_S10	37.28167	13.51647	
PE_S11	37.28078	13.51537	



Identificazione dei descrittori ambientali da caratterizzare

In funzione di quanto stabilito nel contratto e di quanto ritenuto opportuno in base alle informazioni raccolte dai report e dalle documentazioni tecniche e scientifiche esaminate, sono state selezionate le seguenti matrici da campionare e analizzare per la caratterizzazione dei descrittori scelti, secondo la metodica riportata.

1 Colonna d'acqua

- Misura variabili chimico-fisiche

Per la valutazione delle variabili chimico-fisiche della colonna d'acqua, si eseguono misurazioni idrologiche lungo i profili verticali delle stazioni identificate, utilizzando una sonda multiparametrica (dotata di sensori per salinità (S), temperatura (T), ossigeno disciolto (DO), pH e profondità (depth). I dati idrologici vengono acquisiti dalla sonda alla massima frequenza possibile e memorizzati nelle memorie interne per il successivo download ed elaborazione.

Contestualmente, per ogni stazione di campionamento si compila un protocollo di campo contenente le seguenti informazioni:

- data e ora di prelievo;
- condizioni meteorologiche e marine;
- codice della stazione di campionamento, secondo le sigle definite;
- coordinate effettive;
- profondità;
- eventuali osservazioni e/o note.

- Prelievo campioni e analisi chimiche e biochimiche

Dopo l'esecuzione dei profili con sonda multiparametrica si raccolgono campioni d'acqua per le analisi chimiche e biochimiche della colonna d'acqua, tramite l'utilizzo di bottiglie Niskin da 10 l di volume. Il prelievo viene effettuato a due diverse profondità (in prossimità della superficie e del fondo) nelle stazioni con profondità maggiore di 4 m, e a una sola profondità per le stazioni con profondità minore di 4 m. I contenitori utilizzati per il sub-campionamento vengono preventivamente ambientati con acqua di mare per evitare possibili contaminazioni. I campioni d'acqua vanno successivamente filtrati su filtri Whatman GF/F premuffolati per le successive analisi in laboratorio destinate alla quantificazione delle seguenti variabili:



- nutrienti disciolti: nitriti (NO_2^-), nitrati (NO_3^-), ammoniaca (NH_3); ortofosfati (PO_4^{3-}) e silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) (manuale APAT CNR IRSA 29/2003);
- clorofilla-*a* (Chl-*a*) (Nova Thalassia 207-223, v.11,1990);
- solidi sospesi (metodo gravimetrico da manuale APAT CNR IRSA 29/2003);
- contenuto del carbonio totale e organico e dell'azoto totale e composizione isotopica del carbonio e dell'azoto nel particolato (Vizzini & Mazzola, 2003).

2 *Sedimento superficiale*

Il campionamento del sedimento viene effettuato con Benna modello Van Veen da 5 l. I prelievi sono finalizzati al campionamento e all'analisi dello strato superficiale di sedimenti a fondo mare e le operazioni di prelievo devono garantire il minimo rimaneggiamento della compagine stratigrafica per consentire la caratterizzazione del velo superficiale (0-5 cm).

Una volta recuperata a bordo, la benna viene alloggiata in un'apposita vasca-contenitore e aperta dagli sportelli superiori per procedere all'ispezione visiva del sedimento recuperato. Il sedimento, estratto dalla benna di campionamento ed alloggiato nell'apposito contenitore viene campionato prima possibile in modo da ridurre l'esposizione all'aria.

Contestualmente si aggiorna il protocollo di campo con le informazioni relative al campionamento del sedimento superficiale e alle caratteristiche dei relativi campioni.

- *Analisi chimiche e biochimiche*

I campioni di sedimento superficiale prelevati vanno omogeneizzati sul campo e suddivisi in diverse aliquote necessarie per le seguenti determinazioni analitiche:

- granulometria tramite la metodica di separazione meccanica delle varie frazioni granulometriche, mediante setacci certificati (metodo ICRAM 2001- 2003) montati su vibrosetacciatore, previo trattamento dei campioni per l'eliminazione della materia organica tramite una soluzione di perossido di idrogeno;
- clorofilla-*a* (Chl-*a*) (Plante-Cuny, 1974);
- contenuto del carbonio totale e organico e dell'azoto totale e composizione isotopica del carbonio e dell'azoto nel sedimento (metodo VII.1, DM 13/09/1999; Vizzini & Mazzola, 2003) ;



- elementi in traccia (As, Cd, Cr totale, Cu, Fe, Hg, Ni, Pb, Zn e V) (metodo USEPA 6010C/2007 “Inductively Coupled Plasma-Atomic Emission Spectrometry”).

3 *Biota*

- *Macrozoobenthos*

I campioni di sedimento per l'analisi della componente macrozoobentonica vanno raccolti con Benna modello Van Veen da 5 l, come precedentemente descritto, ma facendo attenzione che ogni campionatore contenga un volume minimo di sedimento di almeno 5 l per i campioni raccolti da fondali marini con sedimenti sabbiosi e di almeno 10 l per i campioni raccolti da fondali fangosi (ISO, 2014).

I campioni di macrozoobenthos vengono quindi setacciati a bordo su setacci con maglia di 1 mm subito dopo il prelievo, e conservati in soluzione fissante (Alcool etilico al 70%) per poi essere sottoposti a selezione (*sorting*), suddivisione e identificazione degli organismi con il maggiore dettaglio tassonomico possibile (genere o specie). In questo modo, si potrà poi procedere al calcolo dei principali indici ecologici, alla caratterizzazione delle aree in base alle loro differenti composizioni faunistiche, nonché alla valutazione dello stato di qualità ambientale tramite l'indice M-AMBI, secondo il D.L. 260/2010.

- *Fanerogame marine*

Poiché dai dati disponibili è emersa la presenza di *Cymodocea nodosa* nell'area d'interesse di Porto Empedocle, sono previste misurazioni *in situ* e prelievi di campioni da operatori tecnici subacquei (OTS) secondo quanto descritto da Buia et al. (2003) e precisamente:

- conteggio della densità dei fasci tramite l'utilizzo di un quadrato 20x20 cm;
- prelievo di fasci (~20 fasci per sito) per successive analisi morfometriche e fenologiche.



Bibliografia

Avramidi, E., Gómez, S. C. G., Papaspyrou, S., Louca, V., Xevgenos, D., & Küpper, F. C. (2022). Benthic biodiversity near brine discharge sites in the Port of Rotterdam. *Water Resources and Industry*, 27, 100173.

Blanco-Murillo, F., Marín-Guirao, L., Sola, I., Carbonell-Garzón, E., Rodríguez-Rojas, F., Sánchez-Lizaso, J. L., & Sáez, C. A. (2024). Metabolic responses to desalination brine discharges in field-transplanted *Posidonia oceanica*: Advances for the development of specific early warning biomarkers. *Desalination*, 576, 117395.

Buia, M. C., Gambi, M. C., & Dappiano, M. (2003). I sistemi a fanerogame marine. *Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. Biologia Marina Mediterranea*, 10, 145-198.

CNR-ISMAR, APAT. (2003). Sezione 4000 - Inorganici non metallici. In M. Belli, D. Centioli, P. de Zorzi, S. Capri, R. Pagnotta, & M. Pettine (eds), *Metodi analitici per le acque* (Vol. 2, p. 495-616). Roma.

D.M. 13 settembre 1999. (1999). *Approvazione dei "Metodi ufficiali di analisi chimica del suolo"*, pubblicato in G.U. n.248 del 21 ottobre 1999.

D.L. 8 novembre 2010, n. 260. (2010). *Regolamento recante i criteri tecnici per la classificazione dello stato dei corpi idrici superficiali, per la modifica delle norme tecniche del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante norme in materia ambientale, predisposto ai sensi dell'articolo 75, comma 3, del medesimo decreto legislativo. (11G0035)*, pubblicato in G.U. n.30 del 7 febbraio 2011.

D.L. 14 aprile 2023, n. 39. (2023). *Disposizioni urgenti per il contrasto della scarsità idrica e per il potenziamento e l'adeguamento delle infrastrutture idriche (23G00047)*, pubblicato in G.U. n.88 del 14 aprile 2023.

Gacia, E., Invers, O., Manzanera, M., Ballesteros, E., & Romero, J. (2007). Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 72(4), 579-590.

Garrote-Moreno, A., Fernández-Torquemada, Y., & Sánchez-Lizaso, J. L. (2014). Salinity fluctuation of the brine discharge affects growth and survival of the seagrass *Cymodocea nodosa*. *Marine Pollution Bulletin*, 81(1), 61-68.

ICRAM. (2001-2003). Sedimenti - Analisi delle caratteristiche granulometriche. In E. Romano, & M. Gabellini (A cura di), *Metodologie analitiche di riferimento*.

International Organization for Standardization, ISO 16665:2014. (2014). *Water quality — Guidelines for quantitative sampling and sample processing of marine*



soft-bottom macrofauna, ISO.

Kress, N., Gertner, Y., & Shoham-Frider, E. (2020). Seawater quality at the brine discharge site from two mega size seawater reverse osmosis desalination plants in Israel (Eastern Mediterranean). *Water Research*, 171, 115402.

Lazzara L., Bianchi F., Falcucci M., Hull V., Modigh M., Ribera D'alcala M. (1990). – Pigmenti clorofilliani. In: Innamorati M., Ferrari I., Marino D., Ribera d'Alcala M. (eds), *Metodi nell'ecologia del plancton marino*. Nova Thalassia, LINT, Trieste: 207-223.

Plante-Cuny, M. R. (1974). Evaluation par spectrophotométrie des teneurs en chlorophyl-a fonctionnelle et en phaeopigments des substrates meubles marins. ORSTOM Nosy-Bé, 1-45

Portillo, E., de la Rosa, M. R., Louzara, G., Quesada, J., Ruiz, J. M., & Mendoza, H. (2014). Dispersion of desalination plant brine discharge under varied hydrodynamic conditions in the south of Gran Canaria. *Desalination and Water Treatment*, 52(1-3), 164-177.

Ruso, Y. D. P., De la Ossa Carretero, J. A., Casalduero, F. G., & Lizaso, J. S. (2007). Spatial and temporal changes in infaunal communities inhabiting soft bottoms affected by brine discharge. *Marine Environmental Research*, 64(4), 492-503.

Sánchez-Lizaso, J. L., Romero, J., Ruiz, J., Gacia, E., Buceta, J. L., Invers, O., ... & Manzanera, M. (2008). Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *Desalination*, 221(1-3), 602-607.

Sharifinia, M., Keshavarzifard, M., & Hosseinkhezri, P. (2025). Impact of desalination plant brine discharge on macrobenthic communities in the Persian Gulf. *Deep Sea Research Part II: Topical Studies in Oceanography*, 221, 105465.

UNEP MAP (DEPI)/MED. (2017). Decision IG.23/13 Updated Guidelines on the Management of Desalination Activities. In: "Report of the 20th ordinary meeting of the contracting parties to the convention for the protection of the marine environment and the coastal region of the mediterranean and its protocols". Tirana (Albania). 667-703.

U.S. EPA. (2007). Method 6010C: Inductively Coupled Plasma – Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES), Revision 3. Washington, D.C.

Vizzini, S., & Mazzola, A. (2003). Seasonal variations in the stable carbon and nitrogen isotope ratios (¹³C/¹²C and ¹⁵N/¹⁴N) of primary producers and consumers in a western Mediterranean coastal lagoon. *Marine Biology*, 142(5), 1009-1018.