COMUNE DI VENTIMIGLIA

"INTERVENTO PNRR - MISSIONE 2 COMPONENTE 4 SUB-INVESTIMENTO 2.1B - FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - NEXTGENERATIONEU - OPERE DI PROTEZIONE DELLA COSTA ANTISTANTE IL LITORALE CITTADINO NEL COMUNE DI VENTIMIGLIA 1° STRALCIO DEL COMPLETAMENTO DELLA RIQUALIFICAZIONE DELLE SPIAGGE DEL CENTRO ABITATO COMPRESE TRA VIA LAMBOGLIA E LA FOCE DEL FIUME ROJA"

Relazione tecnica relativa Monitoraggio *ante-operam*

Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato
00	07/02/2015	Emissione finale	U. Pantaleo M. Previati	M. Previati	S. Cantini M.U.D.S. s.r.l. underwater survey underwater depuration system U.W. biologic mapping sede legale: via S. Siro 6/1 16124 Genova (GE)-IT CF/IVA 02146340993 - REA: GE-463562

Committente: Comune di Ventimiglia
Relazione n°: 10425_AO1
Area di interesse: Spiagge del centro abitato comprese tra Via Lamboglia e la foce del fiume Roja – Ventimiglia (IM)
Riferimento: Determinazione n° 89 del 6/02/2025 del Dirigente Area Tecnica Programmazione e Pianificazione interventi PNRR - CUP H39H22000000003 - CIG B57637EBB8

Sommario

Sintesi
1. SCOPO DEL LAVORO
2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA
2.1. Gli interventi previsti
2.2. Caratteristiche dell'area di intervento
3. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO ANTE-OPERAM
3.1. Personale impiegato durante la attività
3.2. Strumentazione impiegata
3.3. Stazioni di monitoraggio
3.4. Descrizione delle attività di campo
4. DATI PREGRESSI
5. ELABORAZIONE DATI E RISULTATI
5.1. Campagna di monitoraggio ante-operam
5.2. Serie storica 2005-2024
5.3. Determinazione del valore soglia della torbidità
6. CONCLUSIONI
7. BIBLIOGRAFIA

Indice delle figure

Figura 1 – Planimetria del progetto esecutivo (Tavola 11). 1
Figura 2 - Mappa di distribuzione delle biocenosi presenti sui fondali antistanti il Comune di Ventimiglia (fonte: Nuovo Atlante delle Fanerogame marine della Liguria - Coppo et al., 2020). (Forse nella mappa avrei delimitato l'area di studio) 2
Figura 3 – Sonda multiparametrica MAR-3 adoperata per i rilevamenti in situ. 4
Figura 4 - Stazioni di monitoraggio delle acque marine durante la fase ante-operam. 6
Figura 5 – Stato del mare e condizioni meteo-marine caratterizzanti il sito di indagine durante i rilevamenti. 7
Figura 6 – Acquisizione in tempo reale dei parametri lungo la colonna d'acqua. 7
Figura 7 – Profili di temperatura lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle stazioni indagate per ciascuna replica (R1 e R2). 11
Figura 8 – Valori medi di temperatura lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle diverse stazioni indagate (a sinistra) e valori medi di temperatura rilevati nel corpo idrico (a destra). 11
Figura 9 – Profili di salinità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle stazioni indagate per ciascuna replica (R1 e R2). 12
Figura 10 - Valori medi di salinità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle diverse stazioni indagate (a sinistra) e valori medi di temperatura rilevati nel corpo idrico (a destra). 13
Figura 9 – Profili di torbidità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle stazioni indagate per ciascuna replica (R1 e R2). 14
Figura 10 - Valori medi di torbidità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle diverse stazioni indagate (a sinistra) e valori medi di torbidità rilevati nel corpo idrico. 15

Indice delle tabelle

Tabella 1: Specifiche tecniche dei sensori adoperati durante i rilevamenti in situ lungo la colonna d'acqua. 5
Tabella 2: Codice delle stazioni di monitoraggio delle acque marine e relative coordinate geografiche (SR: WGS84/UTM32 e Gauss-Boaga). 5
Tabella 3: Riepilogo delle attività di campo e informazioni aggiuntive registrate. 8
Tabella 4: Valore del 90° percentile del dataset acquisito durante la campagna ante-operam in funzione del range batimetrico. 15
Tabella 5: Valori medi stagionali della torbidità in funzione della profondità in corrispondenza della stazione NER1 (serie storica 2005-2024). 16
Tabella 6: Valori della torbidità acquisiti in corrispondenza della stazione NER1 e valori medi della torbidità in funzione della profondità calcolati per le stazioni oggetto del monitoraggio ante-operam del febbraio 2025. 16
Tabella 7: Valore del 90° percentile del dataset disponibile relativo alla stazione di monitoraggio regionale NER1 in funzione del range batimetrico. 17
Tabella 8: Confronto tra valori p90 calcolati prendendo in considerazione la serie storica di dati 2005-2024 e le misurazioni acquisite durante la campagna ante-operam 2025 17

Sintesi

A seguito della Determinazione n° 89 del 06/02/2025 del Dirigente Area Tecnica Programmazione e Pianificazione interventi PNRR (CUP H39H22000000003 - CIG B57637EBB8) la società MUDS s.r.l. ha redatto un Piano di Monitoraggio (PMA) specificatamente volto a valutare i livelli di torbidità nell'area interessata dagli interventi e nelle sue immediate vicinanze nell'ambito del progetto denominato "OPERE DI PROTEZIONE DELLA COSTA ANTISTANTE IL LITORALE CITTADINO NEL COMUNE DI VENTIMIGLIA 1° STRALCIO DEL COMPLETAMENTO DELLA RIQUALIFICAZIONE DELLE SPIAGGE DEL CENTRO ABITATO COMPRESE TRA VIA LAMBOGLIA E LA FOCE DEL FIUME ROJA" finanziato con risorse del Piano Nazionale di Ripresa e Resilienza (PNRR) - Missione 2 Componente 4 Sub-investimento 2.1B, in ottemperanza delle prescrizioni della Regione Liguria – Settore Ecosistema Costiero e Acque (Prot. 52342/2024) e in relazione a quanto previsto dal D.M. n. 173/2016 per gli interventi di ripascimento di media entità come nel caso in esame.

Successivamente all'approvazione del PMA da parte della Regione Liguria – Settore Ecosistema Costiero e Acque, il 25 febbraio 2025, prima dell'inizio delle attività di cantiere, la MUDS s.r.l. ha pianificato e condotto una campagna di rilevamento *in situ* lungo la colonna d'acqua, dalla superficie al fondo, mediante l'utilizzo di sonda multiparametrica equipaggiata con sensori di torbidità, temperatura e salinità.

Congiuntamente alle attività sul campo, sono stati reperiti i dati pregressi acquisiti in prossimità dell'area di interesse nell'ambito del monitoraggio regionale nella zona di Ventimiglia.

I dati pregressi, integrati con le nuove misure della torbidità acquisite durante la campagna di rilevamento *ante-operam*, hanno consentito di caratterizzare la variabilità di fondo della torbidità e di definire lo scenario di base (*baseline*) cui riferire le attività di monitoraggio che saranno effettuate durante le successive fasi in corso d'opera e *post-operam*.

Durante lo svolgimento delle attività si è fatto costante riferimento alle indicazioni contenute nelle linee guida ISPRA "Metodi per la stima di livelli di torbidità in aree marine.

Criteri di valutazione e gestione" (Manuali e Linee Guida n. 206/2023), oltre che alle indicazioni fornite dall'ufficio regionale richiedente.

1. SCOPO DEL LAVORO

Le attività di campo e le successive analisi ed elaborazioni dei dati acquisiti insieme con l'analisi dei dati pregressi già disponibili in prossimità dell'area di intervento sono state eseguite allo scopo di caratterizzare la variabilità di fondo della torbidità dell'area di interesse e di effettuare una preliminare individuazione di criticità, prima dell'inizio dell'intervento di ripascimento.

In particolare, i dati acquisiti e quelli storici già disponibili, accessibili sul portale regionale (https://www.banchedati.ambienteinliguria.it/index.php/acqua), sono stati analizzati al fine di definire i valori delle soglie di anomalia sulla base della variabilità rilevata per il parametro della torbidità. Tali valori verranno assunti come riferimento durante il monitoraggio in corso d'opera al fine di rilevare eventuali modifiche dei livelli standard del parametro tali da poter compromettere la qualità delle acque marino costiere e/o le condizioni di recettori sensibili. Inoltre, costituiranno un riferimento utile a stimare l'entità delle modificazioni indotte rispetto allo stato attuale e fornire la misura dell'evoluzione dello stato dell'ambiente nelle diverse fasi di attuazione del Progetto.

In aggiunta al parametro della torbidità, è stato previsto inoltre il rilevamento di parametri addizionali quali Temperatura e Salinità in quanto, almeno in questa fase, potrebbero fornire informazioni aggiuntive sui processi fisici in atto nel sito al momento del rilevamento.

2. INQUADRAMENTO GENERALE DELL'OPERA

Il progetto prevede una serie di interventi di demolizione di scogliere esistenti e di costruzione di pennelli semi affioranti con la funzione di rallentare il trasporto litoraneo senza arrestarlo, in modo da permettere l'alimentazione naturale dei corsi d'acqua a tutto il sistema di spiagge.
A completamento del progetto è inoltre previsto un importante ripascimento strutturale utilizzando inerti prelevati per la maggior parte dalla barra fociva del fiume Roja. Un Piano di Monitoraggio specifico è stato predisposto in relazione a quest'ultimo intervento di ripascimento strutturale.

2.1. Gli interventi previsti

Il progetto definitivo redatto nel Settembre 2023 prevedeva l'esecuzione di seguenti interventi:

- la demolizione di tutte le scogliere esistenti: Pennello "A" e dighe parallele "B", "C", "D");
- la costruzione delle seguenti opere fisse:
  - Pennello "T" - 8.123 ton provenienti dal salpamento parziale delle dighe "C" e "D");
  - Pennello "T1" (parziale rispetto alla variante del progetto di fattibilità) - 5.634 ton, di cui 2.559 ton provenienti dal salpamento parziale della diga "C" e 3.075 ton provenienti da cava di prestito;
  - Secca sommersa "P" – 36.916 ton provenienti dal salpamento completo del Pennello "A" e della diga "B" e parziale della diga "D";
- un ripascimento di 34.533 mc di inerti, di cui 20.945 mc prelevati dalla foce del Roia e versati quasi interamente nella stessa cella litorale della foce, cella n. 36 (15.363 mc), e parzialmente sulla cella litorale n. 21 (5.582 mc) e 13.608 mc di inerti di cava di frantoio versati nelle celle litorali 20 e 21.

Il progetto esecutivo del Novembre 2023 prevede di eseguire contemporaneamente la demolizione delle dighe parallele del Genio Civile, tramite il salpamento dei massi che le costituiscono, e la posa dei massi recuperati a formazione dei Pennelli semi affioranti "T" e "T1" e della secca sommersa "P" di progetto.

Le tre opere verranno realizzate in massi naturali provenienti dal salpamento delle opere fisse esistenti (pennello "A" e dighe Genio Civile "B", "C" e "D"). Soltanto per la costruzione di parte del Pennello "T1" verranno approvvigionati massi da cava di prestito.

Oltre alle opere fisse sopra descritte, verrà eseguito un ripascimento strutturale.

Non essendo possibile realizzare interamente quanto previsto dallo "Scenario A" del progetto di fattibilità 2021, scelto dall'Amministrazione Comunale, a causa dell'insufficiente finanziamento ottenuto, il ripascimento consisterà nel prelievo di 21.000 mc circa di inerti dalla barra fociva del Fiume Roia, di cui 15.400 mc circa verranno versati nella cella litorale 36 tra il pennello esistente "S" ed il pennello di progetto "T" e 5.600 mc circa verranno versati nella cella litorale 21, e nel versamento di 13.400 mc circa di inerti di cava di frantoio, che alimenteranno le celle litorali 20 e 21. In questo modo si manterrebbe inalterata l'attuale granulometria che nella cella 36 è prevalentemente ciottolosa e nelle celle 20 e 21 è più fine.

Nella seguente immagine che riproduce la **Tavola 11** *"Progetto: Planimetria",* cui si rimanda per un maggiore dettaglio, vengono riportate le opere di progetto su menzionate.

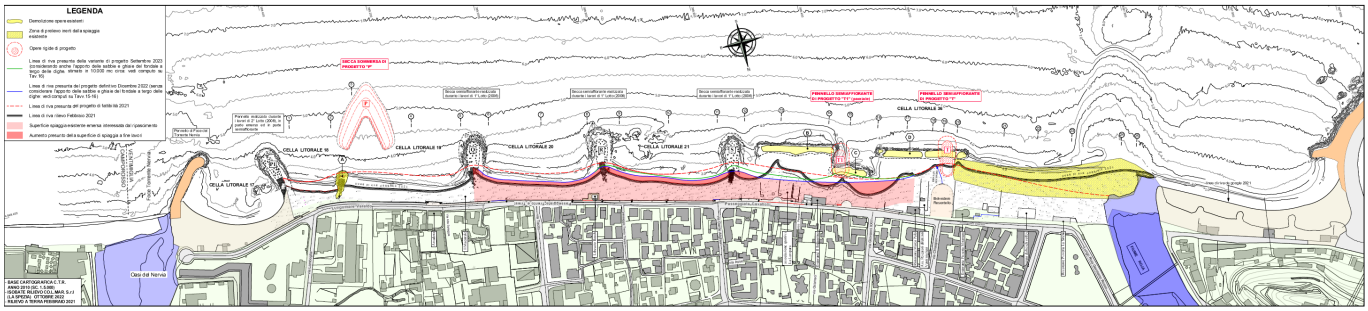


Figura 1 – Planimetria del progetto esecutivo (Tavola 11)

2.2. Caratteristiche dell'area di intervento

Il tratto costiero interessato dall'intervento di ripascimento è compreso tra la foce del fiume Roja e Via Lamboglia (adiacente alla foce del torrente Nervia).

Le celle litorali oggetto del ripascimento da effettuarsi con inerti prelevati dalla barra di foce del Fiume Roja sono la n. 36 (zona di Levante) e la n. 21 (Tavola 11, Figura 1).

Sulla base della bibliografia disponibile ("Nuovo Atlante delle Fanerogame marine della Liguria - Coppo *et al*., 2020" consultabile presso il Geoportale della Regione Liguria; Diviacco *et al*., 2006), nell'area antistante il tratto di costa interessato dai lavori non sembra essere descritta la presenza di *Posidonia oceanica*, le cui praterie si sviluppano ad una distanza minima di circa 1300 m a ponente della foce del Fiume Roja.

I fondali interessati dagli interventi sono per lo più sabbiosi (Sabbie litorali in senso lato).

Secondo la stessa cartografia regionale, sui fondali limitrofi è segnalata la presenza di un prato a *Cymodocea nodosa*, situato dinanzi alla spiaggia di Ventimiglia a distanza di circa 300 metri dalla linea di riva (Figura 2), che si sviluppa con continuità a partire dalla Rocca di Ventimiglia, per interrompersi praticamente davanti a Capo Sant'Ampelio.

La lunghezza totale è circa di 7 km e la superficie raggiunge i 228 ha. Il limite superiore si trova tra i 5 m e gli 8 m di profondità, mentre quello inferiore raggiunge i 20 m.

L'estensione del prato e la densità fogliare presentano una forte variabilità in relazione alle stagioni.

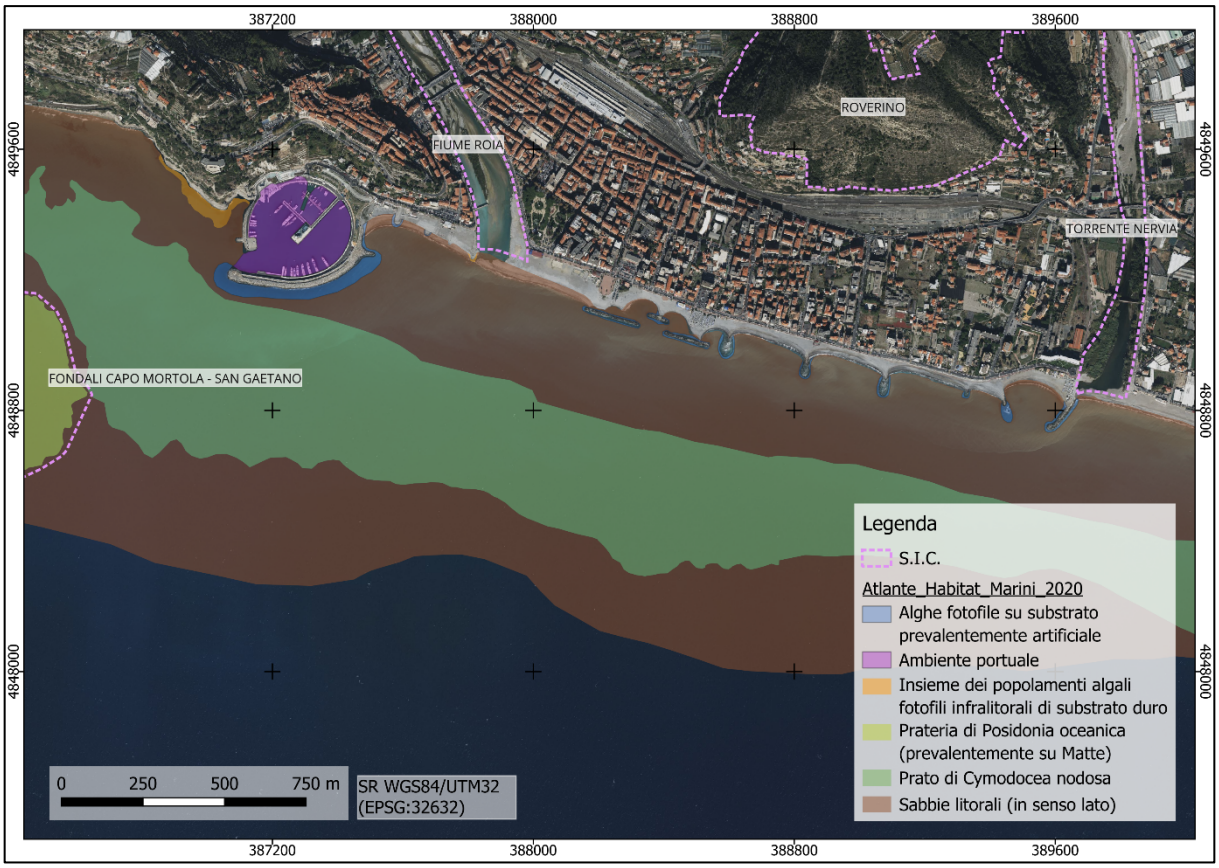


Figura 2 - Mappa di distribuzione delle biocenosi presenti sui fondali antistanti il Comune di Ventimiglia (fonte: Nuovo Atlante delle Fanerogame marine della Liguria - Coppo et al., 2020). (Forse nella mappa avrei delimitato l'area di studio)

Nelle immediate vicinanze dell'area di intervento non si rileva la presenza di Siti di Importanza Comunitaria (SIC) che presentino recettori vulnerabili ai presumibili impatti indotti dalle attività di ripascimento e, in particolare, agli incrementi di torbidità. Il SIC marino più vicino (Fondali di Capo Mortola - San Gaetano codice Natura 2000: IT1316175) dista anch'esso circa 1300 metri dall'area di intervento ed è caratterizzato dalla presenza di una prateria di *Posidonia oceanica* prevalentemente su matte.

L'unico recettore potenzialmente sensibile in prossimità del tratto costiero di interesse risulta essere il prato di *Cymodocea nodosa* antistante la spiaggia di Ventimiglia.

Si sottolinea che *Cymodocea nodosa*, seppur anch'essa una fanerogama, non risulta particolarmente sensibile agli incrementi transitori dei livelli di torbidità.

Va tenuto inoltre in considerazione che il prato in questione è insediato su fondali già interessati da frequenti variazioni dei livelli di torbidità a causa della vicinanza delle foci del Fiume Roja e del Torrente Nervia i quali,

soprattutto in occasione di intense precipitazioni, riversano in mare una considerevole quantità di materiale solido in sospensione.

Alla luce di quanto evidenziato, si ritiene quindi che i popolamenti bentonici insediati sui fondali prospicienti l'intervento non rappresentino recettori particolarmente vulnerabili rispetto agli interventi di difesa e ripascimento delle spiagge.

3. CAMPAGNA DI MONITORAGGIO ANTE-OPERAM

3.1. Personale impiegato durante la attività

Nome e Cognome	Qualifica	Mansione
Dott. Ubaldo Pantaleo	Biologo marino, Tecnico rilevamenti *in situ*	Responsabile attività di campo Analisi dati Redazione relazione tecnico/scientifica finale
Dott.ssa Monica Previati	Biologa marina	Analisi dati Redazione relazione tecnico/scientifica finale
Dott. Marco Palma	Biologo marino	Analisi dati
Susanna Manuele	Tecnico rilevamenti *in situ*	Assistente rilevamenti *in situ*
Luca Coltri	Comandante	Conduzione mezzo nautico

3.2. Strumentazione impiegata

La campagna di monitoraggio *ante-operam* è stata effettuata a bordo di un'imbarcazione Novamarine RH600 equipaggiata con GPS cartografico ed ecoscandaglio.

Ai fini del rilevamento dei parametri lungo la colonna d'acqua è stata utilizzata una sonda multiparametrica modello MAR-3 della Idromar Ambiente dotata di sensori di torbidità, temperatura e salinità, oltre che di quello di pressione, in grado di trasmettere in tempo reale i dati misurati in superficie mediante collegamento per mezzo di cavo (Figura 3).



Figura 3 – Sonda multiparametrica MAR-3 adoperata per i rilevamenti in situ.

Si riportano nelle seguente tabella le specifiche tecniche dei sensori adoperati:

Tabella 1: Specifiche tecniche dei sensori adoperati durante i rilevamenti in situ lungo la colonna d'acqua.

Parametro	Campo di misura	Accuratezza	Risoluzione
Pressione	0÷100 dbar	0.1 dbar	0.005 dbar
Temperatura	-2÷38 °C	0.01 °C	0.002 °C
Conducibilità*	0÷70 mS/cm	0.02 mS/cm	0.002 ms/cm
Torbidità	0÷200 NTU	0.1 NTU	0.06 FTU

*Il parametro della salinità viene derivato dal parametro della Conducibilità e calcolato in automatico dalla sonda.

3.3. Stazioni di monitoraggio

La scelta dei punti di monitoraggio è stata effettuata sulla base della prossimità con le attività di cantiere previste dal progetto tenendo in considerazione la presenza della foce del Fiume Roja nelle immediate vicinanze e dei recettori ritenuti più sensibili in prossimità dell'area di cantiere.

In accordo con il PMA, la campagna *ante-operam* ha previsto il monitoraggio dei parametri sopra menzionati in corrispondenza di 4 stazioni: la stazione VEN_C21 posizionata in corrispondenza della cella 21; la stazione

VEN_C36A in corrispondenza del settore di levante della cella 36; la stazione VEN_C36B in corrispondenza del settore di ponente della cella 36; la stazione VEN_FR in corrispondenza della foce del Fiume Roja.

Quale attività addizionale sono stati inoltre effettuati rilevamenti aggiuntivi in corrispondenza di cinque (5) stazioni intermedie a quelle già previste dal PMA e della stazione di monitoraggio regionale NER1.

In totale sono state rilevate nove (9) stazioni in corrispondenza del litorale oggetto degli interventi rispetto alle quattro (4) inizialmente previste. Tutte le stazioni sono localizzate in corrispondenza di fondali caratterizzati da una profondità di 5-6 m tra la linea di riva e il prato di *Cymodocea nodosa* antistante l'area dell'intervento.

Le coordinate orientative delle stazioni di monitoraggio sono indicate nella seguente Tabella 2 e rappresentate in Figura 4. In Figura 4 viene data indicazione delle stazioni fisse di monitoraggio previste durante il monitoraggio in corso d'opera.

In queste ultime, viene indicata anche la posizione della stazione di monitoraggio regionale NER1.

Tabella 2: Codice delle stazioni di monitoraggio delle acque marine e relative coordinate geografiche (SR: WGS84/UTM32 e Gauss-Boaga).

Stazione	Easting (WGS84/ UTM32)	Northing (WGS84/UTM32)	Easting (Gauss Boaga)	Northing (Gauss Boaga)
VEN_C21	388703	4848808	1388728	4848825
VEN_C36A	388335	4848891	1388359	4848908
VEN_C36B	388031	4848963	1388056	4848980
VEN_FR	387717	4849042	1387741	4849059
ADD1	388928	4848762	1388953	4848779
ADD2	388537	4848839	1388562	4848856
ADD3	388193	4848924	1388218	4848941
ADD4	387873	4849005	1387897	4849022
ADD5	387537	4849121	1387562	4849138
NER1	390147	4848600	1390172	4848617

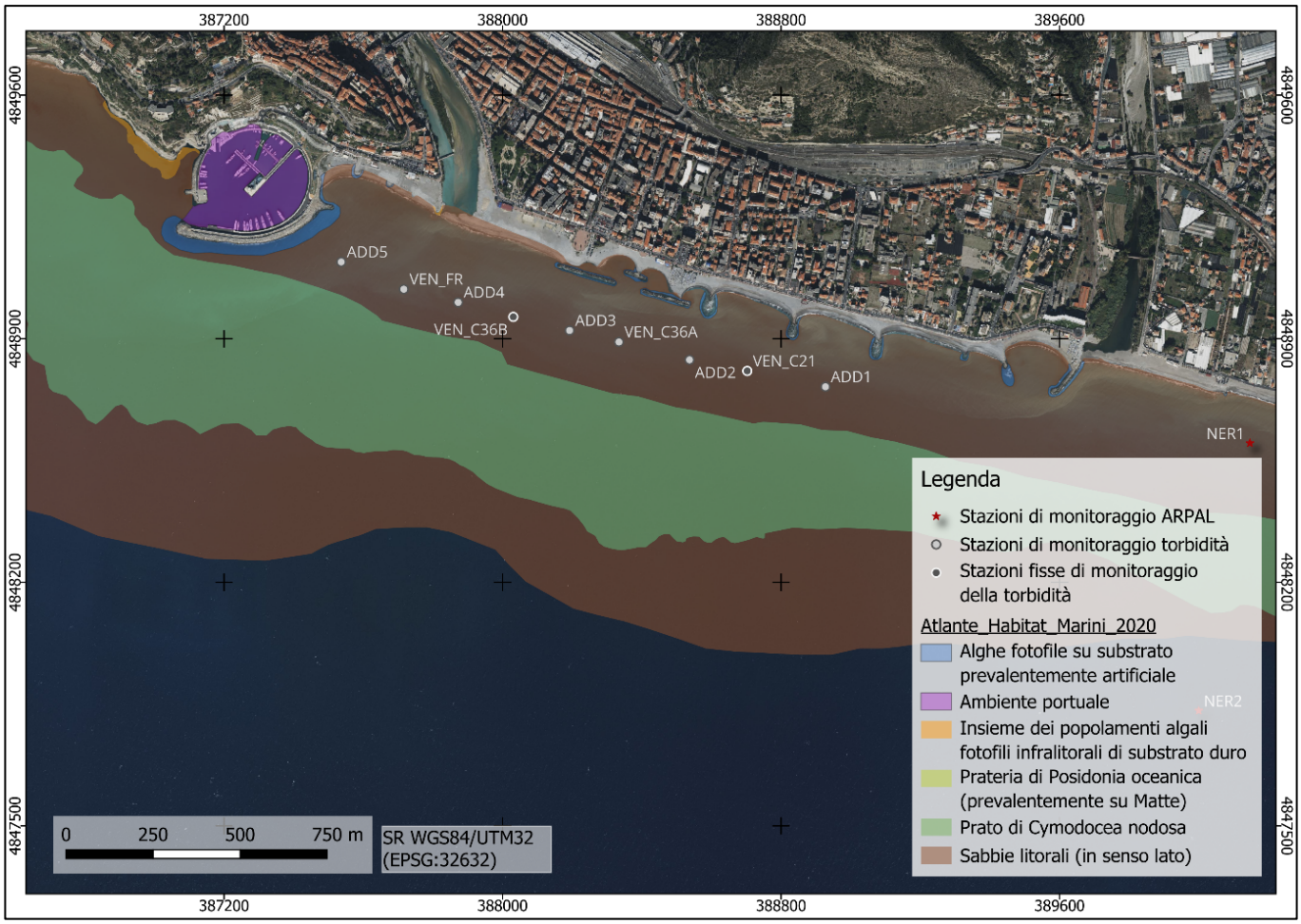


Figura 4 - Stazioni di monitoraggio delle acque marine durante la fase ante-operam.

3.4. Descrizione delle attività di campo

Le attività di campo previste sono state effettuate durante la giornata del 25 febbraio 2025 in condizioni meteo-marine favorevoli (Figura 5).

L'acquisizione dei parametri di Temperatura, Salinità e Torbidità in corrispondenza di ciascuna stazione di monitoraggio è stata realizzata da un biologo marino assistito da un tecnico a bordo dell'imbarcazione calando lentamente la sonda multiparametrica dalla superficie al fondo.



Figura 5 – Stato del mare e condizioni meteo-marine caratterizzanti il sito di indagine durante i rilevamenti.

I dati acquisiti sono stati visualizzati e memorizzati in tempo reale dal PC di acquisizione collegato direttamente via cavo alla sonda multiparametrica (Figura 6). Prima di ogni rilevamento sono stati registrati le seguenti informazioni aggiuntive: codice stazione, ora del rilevamento, condizioni meteo-marine, profondità massima raggiunta.



Figura 6 – Acquisizione in tempo reale dei parametri lungo la colonna d'acqua.

Per ciascuna stazione, ad eccezione della stazione di monitoraggio regionale NER1, sono stati effettuati due rilevamenti a intervallo temporale di circa un'ora e mezza. Si riporta di seguito il riepilogo delle attività di campo e delle informazioni aggiuntive registrate (Tabella 3).

Tabella 3: Riepilogo delle attività di campo e informazioni aggiuntive registrate.

Stazione	Replica	Ora	Prof. max (m)	Vento (direzione – velocità, kt)	Mare (direzione – altezza onda, m)	Copertura
NER1	1	11:05	5,0	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
ADD1	1	11:23	5,2	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
VEN_C21	1	11:34	5,2	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
ADD2	1	11:44	5,6	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
VEN_C36A	1	11:56	5,8	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
ADD3	1	12:06	5,8	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
VEN_C36B	1	12:19	6,2	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
ADD4	1	12:26	5,9	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
VEN_FR	1	12:33	5,6	SO – 5 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
ADD5	1	11:41	6,3	S – 4 kt	SO – 0,3 m	Nuvoloso
ADD1	2	12:58	5,2	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso
VEN_C21	2	13:04	5,2	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso
ADD2	2	13:10	5,6	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso
VEN_C36A	2	13:17	5,8	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso, pioggia leggera
ADD3	2	13:24	5,8	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso, pioggia leggera
VEN_C36B	2	13:33	6,2	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso, pioggia leggera
ADD4	2	13:39	5,9	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso, pioggia leggera
VEN_FR	2	13:42	5,6	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso, pioggia leggera
ADD5	2	13:48	6,3	SE – 3 kt	SE – 0,2 m	Nuvoloso, pioggia leggera

4. DATI PREGRESSI

A seguito della ricerca bibliografica/sitografica, della consultazione di banche dati istituzionali e del confronto con ARPA Liguria è emerso che nella zona di Ventimiglia sono presenti cinque stazioni di monitoraggio delle acque marine: NER1 e NER2 situate a levante della foce del Torrente Nervia; MOR1, MOR2 e MOR3 situate a ponente di Capo Mortola.

Le stazioni quindi prossime all'area di intervento sono quelle in corrispondenza della foce del Nervia.

In particolare, la stazione NER1 è localizzata su fondali con caratteristiche simili a quelli antistanti il tratto costiero oggetto degli interventi.

La stazione, distante circa 400 m a levante dalla foce del Torrente Nervia e ad una profondità di 5 m, può essere ragionevolmente considerata rappresentativa delle condizioni di torbidità dell'area di intervento, avendo caratteristiche del tutto simili a quelle rilevate in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio in corso d'opera VEN_C36B (situata a circa 350 m a levante dalla foce del Fiume Roja su fondali di circa 6 m di profondità) e VEN_C21 (situata a circa 900 m a levante dalla foce del Fiume Roja su fondali di circa 5,5 m di profondità).

I dati pregressi acquisiti tra il 2005 e il 2024 in corrispondenza della stazione NER1 raccolti nell'ambito del monitoraggio regionale, accessibili sul portale regionale (https://www.banchedati.ambienteinliguria.it/index.php/acqua), sono stati analizzati e confrontati con le nuove misure di torbidità acquisite durante la campagna di rilevamento *ante-operam*.

In particolare, ai fini del calcolo dei valori medi di torbidità in funzione della profondità sono stati presi in considerazione i dati relativi alla stagione invernale, essendo il periodo previsto per l'attuazione degli interventi compreso tra marzo e maggio 2025.

I medesimi dati relativi al periodo invernale sono stati presi in considerazione ai fini della definizione del valore soglia cui fare riferimento durante il monitoraggio in corso d'opera.

La scelta di prendere in esame la serie storica 2005-2024 è dipesa dalla consistenza temporale dello stesso *dataset* rispetto a quello recentemente acquisito in occasione della campagna di monitoraggio *ante-operam*.

Quest'ultimo, seppur utile a fornire informazioni riguardo le condizioni attuali in prossimità dell'area di intervento, costituisce un riferimento limitato nel tempo.

I risultati emersi dall'analisi della serie storica di dati pregressi sono stati confrontati con quelli recentemente acquisiti a ulteriore verifica delle risultanze emerse.

5. ELABORAZIONE DATI E RISULTATI

5.1. Campagna di monitoraggio *ante-operam*

Le misurazioni acquisite lungo la colonna d'acqua in occasione della campagna *ante-operam* in corrispondenza delle nove stazioni hanno consentito di tracciare il profilo dei parametri di Temperatura, Salinità e Torbidità in funzione della profondità.

Le informazioni acquisite sono risultate utili a caratterizzare le acque marine costiere antistanti il tratto costiero interessato dagli interventi.

Riguardo la torbidità, parametro ritenuto chiave ai fini del presente studio, il *dataset* acquisito in corrispondenza delle nove stazioni è stato elaborato al fine di definire la variabilità di fondo evidenziando gli indici caratteristici del parametro quali il campo di variazione (o range, valore minimo e massimo) e il valore medio in funzione dei diversi intervalli di profondità.

In aggiunta, le misurazioni effettuate lungo la colonna d'acqua sono state accorpate con l'obiettivo di definire il valore soglia della torbidità per il settore marino di interesse cui fare riferimento durante il monitoraggio in corso d'opera.

I profili di Temperatura, Salinità e Torbidità in corrispondenza delle stazioni indagate mostrano un'estrema variabilità nello spazio e nel tempo.

Tale variabilità è ragionevolmente imputabile alla vicinanza dei due corsi d'acqua entro cui è compreso il tratto costiero oggetto degli interventi e delle esigue profondità raggiunte dai fondali (tra circa -5 m e -6 m).

In linea generale, i valori di Temperatura superficiale della colonna d'acqua (intervallo 0 – 0,5 m) mostrano una tendenza all'aumento da ponente verso levante passando da 13,94 °C in corrispondenza della stazione ADD1 a un massimo di 14,85 °C in corrispondenza della stazione ADD5.

Pressoché in tutte le stazioni si registra un leggero incremento della temperatura sino al metro di profondità con una tendenza alla diminuzione, seppur poco marcata, a profondità maggiori.

Si riporta di seguito la rappresentazione dei profili di Temperatura lungo la colonna d'acqua in corrispondenza di ciascuna stazione e per ciascuna replica (Figura 7).

In Figura 8 (a sinistra) vengono invece riportati i profili di temperatura ricavati dai valori medi dei due rilevamenti eseguiti in corrispondenza di ciascuna stazione.

Nella stessa Figura 8 (a destra) viene riportata la Temperatura media in funzione della profondità considerando le misurazioni effettuate in tutte le stazioni, in quanto tali valori possono essere considerati rappresentativi delle condizioni generali dell'area oggetto degli interventi.

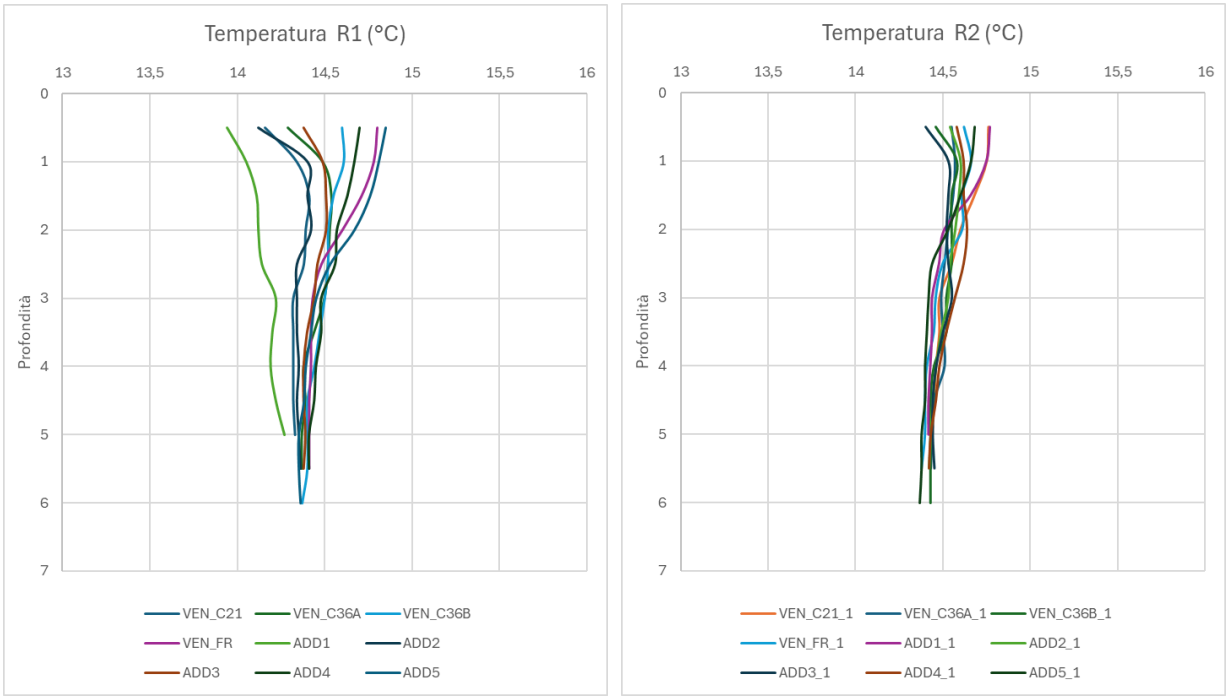


Figura 7 – Profili temperatura lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle stazioni indagate per ciascuna replica (R1 e R2).

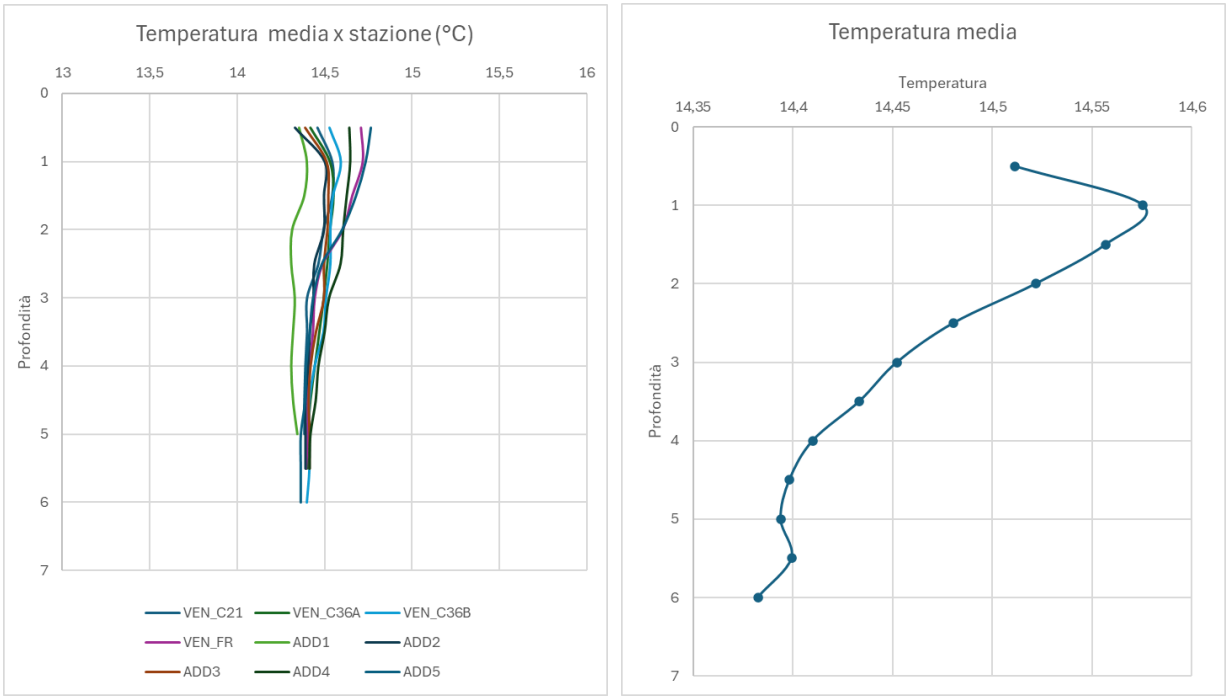


Figura 8 – Valori medi di temperatura lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle diverse stazioni indagate (a sinistra) e valori medi di temperatura rilevati nel corpo idrico (a destra).

La Salinità mostra una tendenza generalizzata all'aumento in funzione della profondità.

Il suo valore nello strato superficiale (intervallo di profondità 0 – 0,5 m) è compreso tra 35,13 ppt registrato in corrispondenza della stazione ADD5 e un massimo di 36,06 ppt in corrispondenza della stazione VEN_C36B, con una media di 35,49 ppt considerando tutte le stazioni indagate.

Un incremento dei valori di Salinità viene rilevato sino a circa 2 m di profondità, oltre la quale l'incremento in funzione della profondità sembra mostrarsi più graduale, probabilmente a causa dell'apporto di acqua dolce da parte dei corsi d'acqua che tende a stazionare negli strati più superficiali.

I massimi valori di Salinità vengono rilevati in corrispondenza degli strati più profondi in corrispondenza della stazione VEN_C21 a 4 m di profondità (38,25 ppt) e della stazione ADD2 a 5 m di profondità (37,97 ppt).

Si riportano di seguito i profili di salinità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza di ciascuna stazione e per ciascuna replica (Figura 9).

In Figura 10 (a sinistra) vengono invece riportati i profili di salinità ricavati dai valori medi dei due rilevamenti eseguiti in corrispondenza di ciascuna stazione.

Nella stessa Figura 10 (a destra) viene riportata la salinità media in funzione della profondità considerando le misurazioni effettuate in tutte le stazioni, in quanto tali valori possono essere considerati rappresentativi le condizioni generali dell'area oggetto degli interventi.

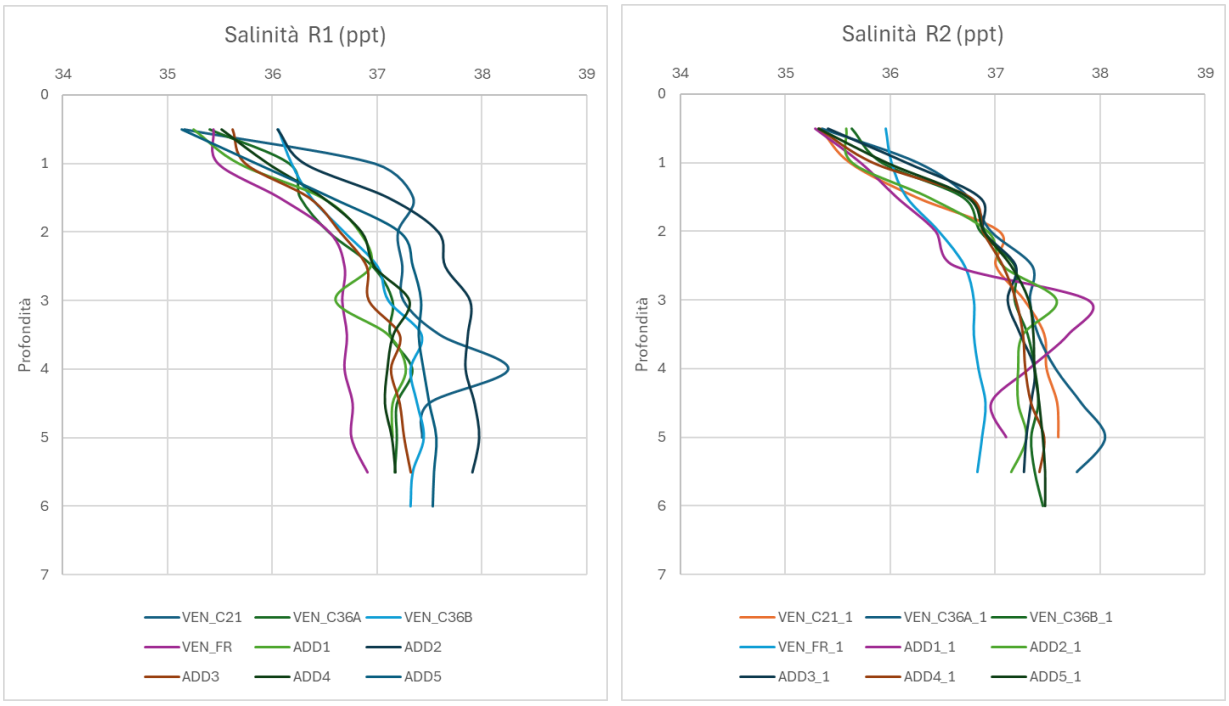


Figura 9 – Profili di salinità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle stazioni indagate per ciascuna replica (R1 e R2).

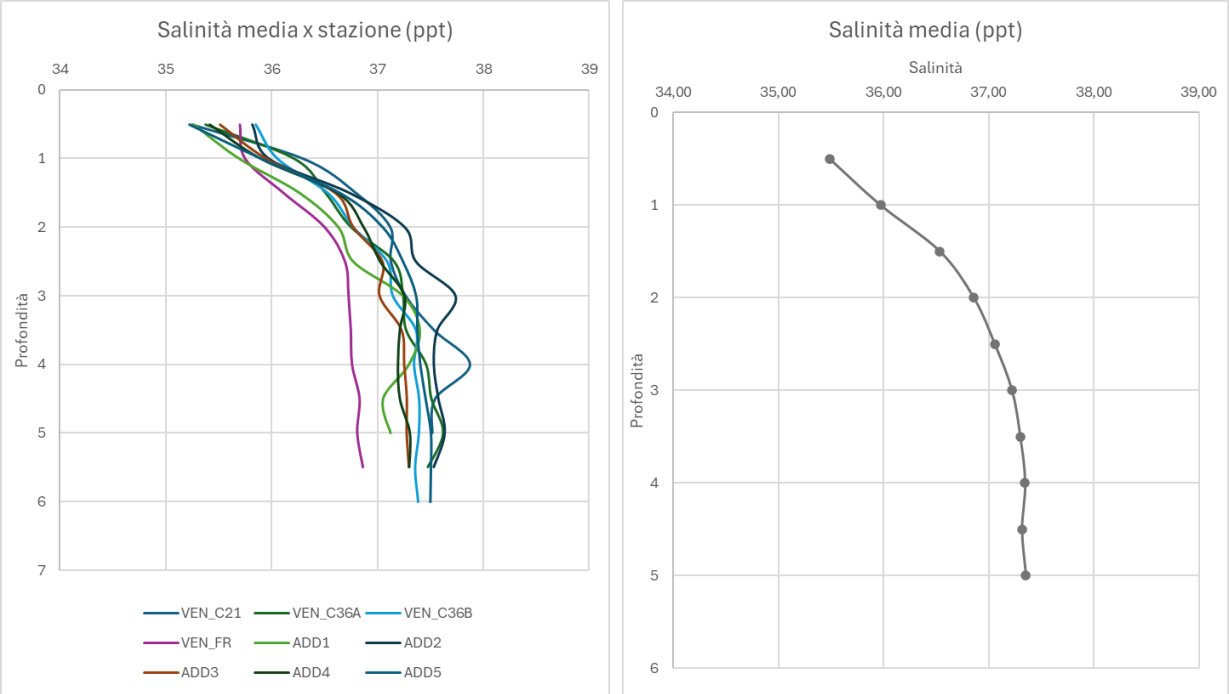


Figura 10 - Valori medi di salinità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle diverse stazioni indagate (a sinistra) e valori medi di temperatura rilevati nel corpo idrico (a destra).

La torbidità mostra una situazione più complessa e una maggiore variabilità rispetto ai precedenti due parametri. In linea generale si osservano valori di torbidità maggiore in prossimità dello strato più superficiale.

Tali valori sembrano mostrare un decremento nello stato intermedio per poi aumentare nuovamente in profondità. Il parametro sembra fortemente influenzato dagli apporti fluviali e dalle condizioni meteomarine al contorno.

Entrando più nello specifico, durante il primo rilevamento nel quale è stato registrato un maggiore moto ondoso proveniente da Sud-Ovest e condizioni più ventilate, la torbidità in corrispondenza delle stazioni di levante (ADD1 e VEN_C21) mostra i valori massimi nello strato superficiali ad un metro di profondità (rispettivamente 5,1 e 4,89 FTU) con un decremento a profondità intermedie e un nuovo incremento negli strati più profondi.

Le stazioni centrali (ADD2, VEN_C36A e ADD3) mostrano anch'essi valori di torbidità maggiori nello strato superficiale (rispettivamente 3,02 FTU, 3,35 FTU e 2,8 FTU a 0,5 m di profondità) ma minori rispetto alle stazioni di levante.

L'andamento dei profili di torbidità in funzione della profondità è simile a quello rilevato in corrispondenza delle stazioni di levante seppur meno marcato.

In corrispondenza delle rimanenti stazioni di ponente (VEN_C36B, ADD4, VEN_FR e ADD5) più vicine alla foce del Roja si registrano i minori valori di torbidità e un andamento pressoché costante in funzione della profondità.

Durante il secondo rilevamento, nel quale è stata registrata un'attenuazione del moto ondoso con una variazione della sua direzione a Sud-Est, si osserva un decremento della torbidità pressoché in tutte le stazioni e una meno chiara zonizzazione del parametro rispetto al precedente rilevamento.

I massimi valori di torbidità vengono comunque rilevati nello strato superficiale in corrispondenza delle stazioni di levante ADD1 e VEN_C21 (rispettivamente 3,53 FTU a 1 m di profondità e 3,47 FTU a 0,5 m di profondità) mentre i valori minimi vengono registrati in corrispondenza ADD3 e VEN_C36A (rispettivamente 1,28 FTU a 2 m di profondità e 1,33 FTU a 2,5 m di profondità).

I valori medi della torbidità in funzione della profondità considerando tutte le stazioni mostrano anch'essi un massimo nello strato superficiale con una leggero decremento a profondità intermedie seguito da un lieve incremento nello strato più profondo.

Si riporta di seguito la rappresentazione dei profili di torbidità ricavati a seguito dell'elaborazione del dataset acquisito.

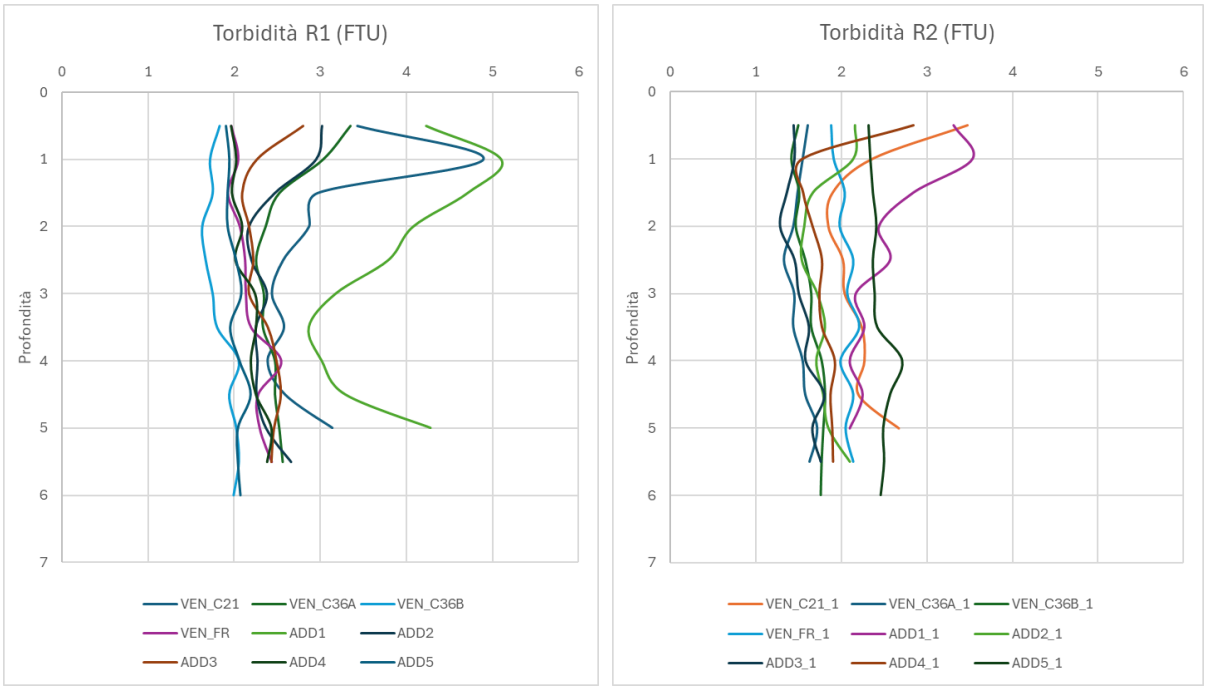


Figura 9 – Profili di torbidità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle stazioni indagate per ciascuna replica (R1 e R2).

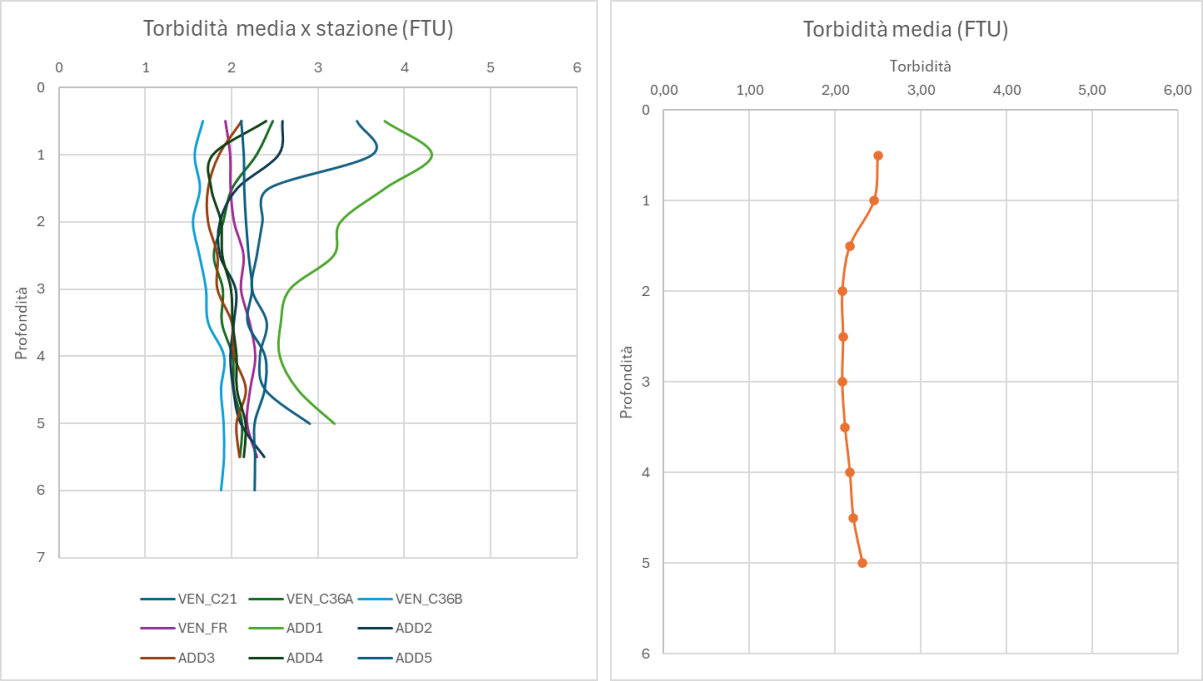


Figura 10 - Valori medi di torbidità lungo la colonna d'acqua in corrispondenza delle diverse stazioni indagate (a sinistra) e valori medi di torbidità rilevati nel corpo idrico.

I *dataset* completo relativo a tutte le stazioni indagate durante la campagna di monitoraggio *ante-operam* ha consentito di definire i valori soglia specifici per il settore marino di interesse in funzione dei diversi intervalli di profondità.

Tale valore di riferimento è stato calcolato come 90° percentile (p90) del set di misure acquisito (Tabella 4).

Tabella 4: Valore del 90° percentile del dataset acquisito durante la campagna ante-operam in funzione del range batimetrico.

Range batimetrico (m)	Valore 90° Percentile (FTU)
0-0,5	3,33
0,5-1,0	3,94
1,0-1,5	2,88
1,5-2,0	2,57
2,0-2,5	2,57
2,5-3,0	2,405
3,0-3,5	2,47
3,5-4,0	2,6
4,0-4,5	2,58
4,5-5,0	2,81

5.2. Serie storica 2005-2024

I dati pregressi acquisiti tra il 2005 e il 2024 in corrispondenza della stazione NER1 raccolti nell'ambito del monitoraggio regionale, sono stati analizzati e confrontati con le nuove misure di torbidità acquisite durante la campagna di rilevamento *ante-operam*.

In particolare, il *dataset* relativo agli ultimi 15 anni ha consentito di definire i valori medi stagionali della torbidità in funzione della profondità oltre che i valori medi su tutto il periodo preso in considerazione (Tabella 5).

In linea generale, i valori medi della torbidità tendono a ridursi all'aumentare della profondità.

Le stagioni in cui si registrano prevedibilmente i valori più elevati risultano l'inverno e la primavera, probabilmente a causa del contributo dei corsi d'acqua che a seguito delle più intense precipitazioni e dello scioglimento delle nevi scaricano maggiori volumi in mare.

Il confronto del *dataset storico* in corrispondenza della stazione NER1 con le misurazioni acquisite durante la campagna di monitoraggio *ante-operam* del febbraio 2025 mostra valori medi di torbidità affini, seppur leggermente superiori nel 2025 (Tabella 6). Il rilevamento del 2025 in corrispondenza della stazione NER1 mostra valori al di sopra della media stagionale sebbene compresi nel range di variabilità del parametro (Tabella 6).

Tabella 5: Valori medi stagionali della torbidità in funzione della profondità in corrispondenza della stazione NER1 (serie storica 2005-2024).

Range batimetrico (m)	Autunno	Estate	Inverno	Primavera	Media complessiva range batimetrico
0-0,5	1,67	1,68	2,27	2,43	2,01
0,5-1,0	1,56	1,65	2,02	2,40	1,91
1,0-2,0	1,59	1,46	1,65	1,89	1,64
2,0-3,0	1,62	1,42	1,69	1,87	1,64
3,0-4,0	1,59	1,36	1,77	1,90	1,65
4,0-5,0	1,66	1,31	1,79	1,99	1,67
Media complessiva stagionale	**1,61**	**1,48**	**1,86**	**2,08**	**1,75**

Tabella 6: Valori della torbidità acquisiti in corrispondenza della stazione NER1 e valori medi della torbidità in funzione della profondità calcolati per le stazioni oggetto del monitoraggio ante-operam del febbraio 2025.

Range batimetrico (m)	Stazione NER1 (febbraio 2025)	Valore medio torbidità (febbraio 2025)
0-0,5	4,23	2,50
0,5-1,0	5,01	2,46
1,0-1,5	3,47	2,17
1,5-2,0	2,82	2,08
2,0-2,5	2,76	2,09
2,5-3,0	2,94	2,08
3,0-3,5	3,13	2,11
3,5-4,0	3,5	2,17
4,0-4,5	4,13	2,21
4,5-5,0	4,11	2,32

I valori soglia in funzione dei diversi intervalli di profondità e della stagione considerata, calcolati anch'essi come 90° percentile del set di misure consultabile dal portale regionale, vengono di seguito riportati in Tabella 7.

La tendenza stagionale risulta in linea con quanto emerso dall'analisi dei valori medi.

Il confronto tra i valori del 90° percentile in funzione del range batimetrico calcolati per la stazione NER1 prendendo in considerazione il *dataset* invernale 2005-2024 e i valori calcolati per le stazioni oggetto del monitoraggio *ante-operam* del febbraio 2025 sembra evidenziare condizioni di minore torbidità caratterizzanti il settore di mare antistante l'area oggetto degli interventi di progetto.

Tabella 7: Valore del 90° percentile del dataset disponibile relativo alla stazione di monitoraggio regionale NER1 in funzione del range batimetrico.

Range batimetrico (m)	Autunno	Estate	Inverno	Primavera	Media complessiva range batimetrico
0-0,5	3,45	2,79	4,14	3,83	3,55
0,5-1,0	3,25	2,79	4,00	3,51	3,39
1,0-2,0	3,40	2,88	2,90	3,41	3,15
2,0-3,0	3,40	2,79	2,99	3,43	3,15
3,0-4,0	3,30	2,79	3,62	3,63	3,34
4,0-5,0	3,50	2,69	3,62	3,58	3,35
Media complessiva stagionale	3,38	2,79	3,55	3,57	3,32

5.3. Determinazione del valore soglia della torbidità

Considerato che il dataset pregresso prendeva in esame i valori di torbidità a intervalli batimetrici differenti (0,5 – 1,0 – 2,0 – 3,0 – 4,0 – 5,0 m) da quello del febbraio 2025 che considerava intervalli di 0,5 m, quest'ultimo è stato uniformato considerando intervalli batimetrici idonei per consentire il confronto tra i risultati.

Si riporta in Tabella 8 il confronto tra i valori del 90° percentile calcolati prendendo in considerazione la serie storica di dati 2005-2024 e le misurazioni acquisite durante la campagna ante-operam 2025.

Tabella 8: Confronto tra valori p90 calcolati prendendo in considerazione la serie storica di dati 2005-2024 e le misurazioni acquisite durante la campagna ante-operam 2025.

Range batimetrico (m)	Valore p90 Stazioni *ante-operam* (febbraio 2025)	Valore p90 Stazione NER1 Inverno (2005-2024)	Valore medio
0-0,5	3,33	4,14	3,73
0,5-1,0	3,94	4,00	3,97
1,0-2,0	2,72	2,90	2,81
2,0-3,0	2,49	2,99	2,74
3,0-4,0	2,53	3,62	3,07
4,0-5,0	2,69	3,62	3,15
Media complessiva p90	2,95	3,55	3,25

I valori p90 calcolati prendendo in considerazione le misurazioni acquisite durante la campagna *ante-operam* del febbraio 2025 risultano sempre inferiori a qualsiasi intervallo batimetrico rispetto ai valori calcolati considerando il *dataset* 2005-2024.

Va sottolineato che la campagna *ante-operam* del febbraio 2025, per quanto rappresentativa, fornisce informazioni relative a un arco temporale alquanto ristretto. I dati pregressi disponibili sul portale della Regione Liguria, coprendo un periodo di circa 15 anni, tengono conto della distribuzione di torbidità associata ad eventi naturali e antropici anche di media ed alta intensità.

Si ritiene pertanto che siano maggiormente rappresentativi, per durata e frequenza, rispetto al dataset acquisito in occasione della campagna di monitoraggio *ante-operam.*

Si propone pertanto che il valore soglia cui fare riferimento durante il monitoraggio in corso d'opera sia rappresentato dalla media tra i p90 calcolati per la serie storica 2005-2024 in corrispondenza della stazione NER1 e il dataset acquisito in occasione della campagna di monitoraggio *ante-operam* del febbraio 2025.

6. CONCLUSIONI

La campagna di monitoraggio *ante-operam* condotta *in situ* mediante l'utilizzo di sonda multiparametrica insieme con i dati pregressi acquisiti in prossimità dell'area di interesse nell'ambito del monitoraggio regionale nella zona di Ventimiglia hanno consentito di caratterizzare la variabilità di fondo della torbidità e di definire lo scenario di base (*baseline*) cui riferire le attività di monitoraggio che saranno effettuate durante le successive fasi in corso d'opera e *post-operam* in corrispondenza del settore marino oggetto degli interventi di progetto.

Le misurazioni di Temperatura, Salinità e Torbidità effettuate lungo la colonna d'acqua in corrispondenza di nove stazioni distribuite omogeneamente lungo il tratto di costa di interesse indagate mostrano un'estrema variabilità nello spazio e nel tempo.

Tale variabilità è ragionevolmente imputabile alla vicinanza dei due corsi d'acqua (il fiume Roja e il torrente Nervia) entro cui è compreso il tratto costiero oggetto degli interventi ed alle esigue profondità raggiunte dai fondali antistanti.

Mentre i valori di temperatura e salinità sembrano maggiormente influenzati dagli apporti di acqua dolce provenienti dai corsi d'acqua, la distribuzione della torbidità mostra una situazione più complessa e una maggiore variabilità probabilmente dovuta, oltre che alla presenza delle foci del Roja e del Nervia, alle condizioni meteo-marine che sembrano condizionare fortemente la variabile.

I valori di torbidità rilevati in corrispondenza del settore di interesse durante la campagna di monitoraggio *ante-operam* in alcuni casi risultano alquanto elevati raggiungendo a 1 m di profondità picchi di 5,1 FTU in corrispondenza della stazione ADD1 e 4,89 FTU in corrispondenza della stazione VEN_C21, le più distanti dalla foce del fiume Roja e quelle più prossime alla foce del torrente Nervia. Il linea generale, i valori di torbidità sembrano subire un decremento a profondità intermedie per poi aumentare nuovamente in corrispondenza degli strati profondi.

Il confronto del *dataset storico* in corrispondenza della stazione NER1 con le misurazioni acquisite durante la campagna di monitoraggio *ante-operam* del febbraio 2025 mostra valori medi di torbidità affini, seppur leggermente superiori nel 2025.

I dati acquisiti durante la campagna di monitoraggio del febbraio 2025 e la serie storica disponibile per il periodo 2005-2024 hanno consentito di effettuare il calcolo del 90° percentile (p90) dei differenti set di misure della torbidità.

Il confronto tra i risultati ha evidenziato come i valori calcolati prendendo in considerazione le misurazioni acquisite durante la campagna *ante-operam* del febbraio 2025 risultino sempre inferiori a qualsiasi intervallo batimetrico rispetto ai valori calcolati considerando il *dataset* 2005-2024.

Non potendo asserire che tale discrepanza sia dovuta sicuramente alle diverse condizioni caratterizzanti l'area di interesse, dato il ristretto arco temporale cui sono riferite le misurazioni della campagna *ante-operam*, è stato

proposto che il valore cui fare riferimento durante il monitoraggio in corso d'opera sia rappresentato dalla media dei p90 calcolati per la serie storica 2005-2024 in corrispondenza della stazione NER1 e il dataset acquisito in occasione della campagna di monitoraggio *ante-operam* del febbraio 2025.

A seconda della profondità cui verranno installati i sensori di torbidità in corrispondenza delle stazioni fisse di monitoraggio in corso d'opera, potrà essere definito il valore soglia da utilizzare come riferimento secondo quanto riportato in Tabella 8.

7. BIBLIOGRAFIA

Coppo, S., Diviacco, G., Montepagano, E., 2020. Nuovo atlante degli habitat marini della Liguria: cartografia delle praterie di Posidonia oceanica e dei principali popolamenti marini costieri. Regione Liguria.

Diviacco, G., e Coppo, S., 2006. Atlante degli habitat marini della Liguria: Descrizione e cartografia delle praterie di Posidonia oceanica e dei principali popolamenti marini costieri. Genoa, Italy: Regione Liguria.

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

SITI WEB

https://www.banchedati.ambienteinliguria.it/index.php/acqua

https://www.isprambiente.gov.it/it/banche-dati/atlante-delle-specie-marine-protette/vegetali/cymodocea-nodosa-ucria-ascherson-1870

www.geoportal.regione.liguria.it

Genova, il 27/03/2025

MUDS Srl
SPIN-OFF dell'Università di GENOVA
ing. Sergio Enrico Cantini
Amministratore Unico
mob.338-3887607
mail: info@depurazionemarinamuds.it
sergio.cantini@depurazionemarinamuds.it

M.U.D.S. s.r.l.
underwater survey underwater depuration system
U.W. biologic mapping
sede legale: via S. Siro 6/1 - 16124 Genova (GE)-IT
CF/IVA 02146340993 - REA: GE-463562
muds@arubapec.it - www.biomuds.com