



**CNR  
IRBIM**  
ISTITUTO PER LE  
RISORSE BIOLOGICHE  
E LE BIOTECNOLOGIE  
MARINE



**OGS**  
Istituto Nazionale  
di Oceanografia  
e di Geofisica  
Sperimentale



**AGROLAB** GROUP  
Your labs. Your service.



**ENI S.p.A. - UPSTREAM  
DICS**

## **SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPO ELETTRA**

**MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INSTALLAZIONE DELLA  
PIATTAFORMA ELETTRA**

**INDAGINI SULLA COLONNA D'ACQUA**

**Rapporto Semestrale 2023**

**RAPPORTO n. 24**

**OPERATORE SCIENTIFICO:**

**OGS IN RTI CON CNR – IRBIM, STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN,  
AGROLAB, CIBM, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE E SHELTER**

**COORDINATORE:**

**MARTINA KRALJ**

**RESPONSABILE SCIENTIFICO:**

**MARTINA KRALJ**

**RAPPORTO A CURA DI:**

**MARTINA KRALJ**

**MARIA SAGGIOMO**

**MIRENO BORGHINI**

**GIUSEPPE SIENA**

**TRIESTE, 2023**



**CNR  
IRBIM**  
ISTITUTO PER LE  
RISORSE BIOLOGICHE  
E LE BIOTECNOLOGIE  
MARINE



**OGS**

Istituto Nazionale  
di Oceanografia  
e di Geofisica  
Sperimentale



**AGROLAB** GROUP

Your labs. Your service.



SHELTER  
Sustain your business



## PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	M. Kralj	OGS
Responsabile Scientifico	M. Kralj	OGS
Referente OGS	G. Siena	
Referente AGROLAB Ambiente S.r.l.	P. Ottoni	
Referente SZN	S. Stefanni e M. Saggiomo	
Referenti CNR-IRBIM	E. Punzo e A. Tasseti	

## COMPARTO COLONNA D'ACQUA

E. Frapiccini	CNR-IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare
G. Caccamo	CNR-IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare
G. Siena	OGS	Responsabile scientifico del comparto colonna d'acqua; Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
M. Bensi	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
C. Balestra	OGS	Elaborazione dati inquinanti
M. Kralj	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
T. Diociaiuti	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, TSM
S. Retelletti Brogi	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, TSM
F. Iacuzzo	OGS	Campionamento in mare
V. Natali	OGS	Campionamento in mare
E. Putelli	OGS	Campionamento in mare
P. Ottoni	AGROLAB	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB	Reportistica
M.P. Fallica	AGROLAB	Responsabile di Laboratorio
A. Buondonno	SZN	Analisi clorofille
M. Cannavacciuolo	SZN	Campionamento in mare
R. Gallia	SZN	Campionamento in mare
V. Dituccio	SZN	Campionamento in mare
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati clorofille
M. Borghini	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici



## INDICE

### MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA

ELETTRA.....	1
1. INTRODUZIONE.....	1
2. MATERIALI E METODI.....	3
2.1. CAMPIONAMENTO.....	4
2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	4
2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE.....	6
2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI.....	8
3. RISULTATI.....	17
3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	17
3.1.1. TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA.....	17
3.1.2. NUTRIENTI.....	25
3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO .....	33
3.1.4. IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX .....	41
3.1.5. GLICOLE ETILENICO .....	47
3.1.6. METALLI PESANTI .....	48
3.1.7. MISURE CORRENTOMETRICHE.....	55
4. CONCLUSIONI .....	59
5. BIBLIOGRAFIA .....	62
ALLEGATI.....	I
A1.....	II
A2.....	XI



## 1. INTRODUZIONE

In riferimento al DVADEC-2013-0000103 del 15/04/2013 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Elettra e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma al sea-line Bonaccia - Barbara C. A partire dal 2022, tale monitoraggio è proseguito per opera del nuovo RTI costituito dal Mandatario OGS e dai Mandanti CNR-IRBIM di Ancona, SZN di Napoli, AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara, CIBM di Livorno, UNIVPM di Ancona e Shelter di Milano.

La piattaforma Elettra è installata in Adriatico centrale, a circa 50 km dalla costa marchigiana al largo di Ancona nella zona delle sabbie siltose, su un fondale di circa 78 m.

Le operazioni di posa sono iniziate a gennaio 2014 e sono ufficialmente terminate il 04/08/2014.

Nel 1° semestre 2019 si è concluso il monitoraggio quinquennale della piattaforma nella fase di produzione, che ha previsto indagini su tutti i comparti marini (colonna d’acqua, sedimenti, bioaccumulo e biomarker in organismi marini, comunità bentonica e ittica, avvistamento di cetacei e rettili marini; Tab. 1-I). In base al parere n. 1056 CTVA del 12/10/2012 del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a partire dal 2° semestre 2019 e per tutta la durata di produzione della piattaforma le indagini previste riguarderanno solamente la colonna d’acqua.

Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle indagini effettuate su tale comparto nel primo semestre dell’anno 2023.



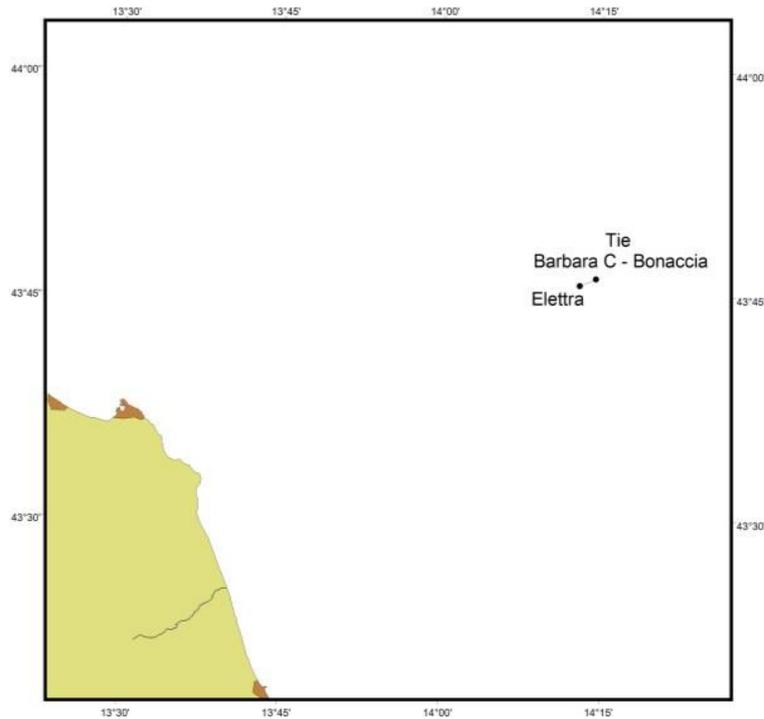
**Tab. 1-I** – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In giallo le indagini terminate, in verde quelle ancora in corso.

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Elettra
<b>Ante operam</b>	Colonna acqua	2 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
<b>Cantiere</b>	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei*	Per tutta la durata della fase
<b>Esercizio</b>	Correntometria	Per tutta la durata della fase
	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	5 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	5 anni
	Comunità bentonica	5 anni
	Comunità ittica	5 anni
	Analisi inquinanti e biomarker in organismi marini	5 anni
	Rilevamento cetacei	5 anni
<b>Pre smantellamento</b>	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Comunità ittica	3 survey
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
<b>Smantellamento</b>	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei	Per tutta la durata della fase
<b>Post smantellamento</b>	Colonna acqua	1 anno
	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
	Comunità ittica	3 anni
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione

\* Effettuati survey mediante operatori MMO; \*\* Incluso nella fase di Esercizio

## 2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Elettra è ubicata a circa 50 km al largo di Ancona a una profondità di circa 78 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.



**Fig. 2.1** - Ubicazione della piattaforma Elettra e della condotta di collegamento tra Elettra e il sea-line Bonaccia - Barbara C al largo della costa marchigiana.

**Tab. 2-I** – Coordinate geografiche del punto in cui è stata installata la piattaforma Elettra.

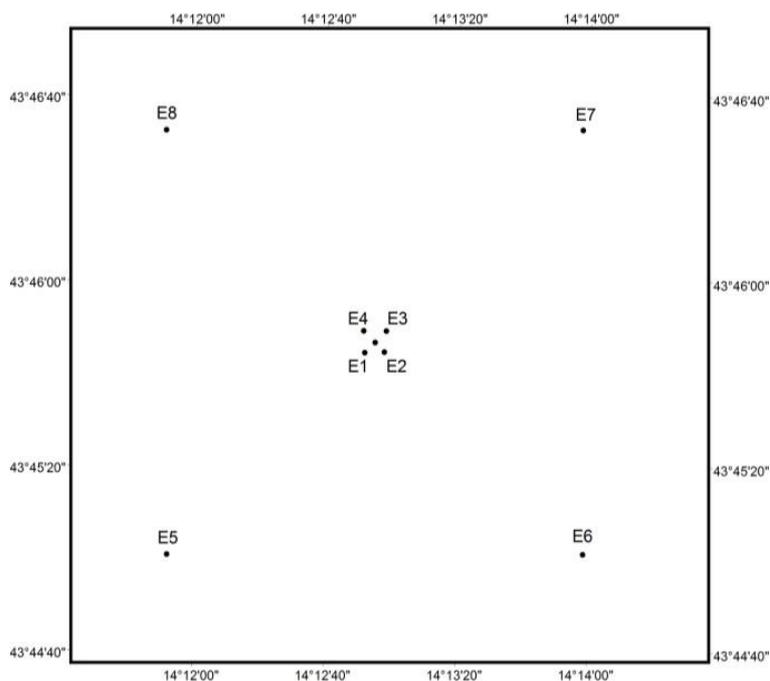
Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Elettra	43°45'49'',62N 14°12'54'',96E

## 2.1. CAMPIONAMENTO

### 2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua, nel 1° semestre del 2023 sono state condotte 3 campagne di monitoraggio dell'area interessata (febbraio, aprile e maggio).

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato effettuato in 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma. Quattro stazioni sono poste entro un raggio di 100 m dal punto di installazione della piattaforma mentre, le altre 4, considerate controlli, si trovano a una distanza di circa 2000 m da esso (fig. 2.2; Tab. 2-II). Per ogni stazione sono stati prelevati campioni a 4 profondità: superficie, 20 m, 40 m e fondo.



**Fig. 2.2** - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Elettra per le indagini idrologiche.

**Tab. 2-II** - Dati identificativi delle stazioni di campionamento utilizzate per le indagini idrologiche condotte presso la piattaforma Elettra.

Stazioni di campionamento	Coordinate geografiche (LAT.)	Coordinate geografiche (LONG.)	Distanza da Elettra (m)	Posizione rispetto alla piattaforma
E1	43°45'47",28N	14°12'51",90E	100	SW
E2	43°45'47",46N	14°12'57",72E	100	SE
E3	43°45'51",84N	14°12'58",26E	100	NE



E4	43°45'51",96N	14°12'51",48E	100	NW
E5	43°45'03",42N	14°11'52",02E	2000	SW
E6	43°45'04",08N	14°13'58",74E	2000	SE
E7	43°46'35",82N	14°13'57",72E	2000	NE
E8	43°46'35",16N	14°11'50",64E	2000	NW

In tutte le stazioni sono stati misurati parametri in continuo mediante una sonda multiparametrica SEA-BIRD modello SBE 911plus CTD (All. A1-I) che, in aggiunta ai sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, è stata equipaggiata con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto, e un fluorimetro/turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a* e per la determinazione simultanea del particolato sospeso (TSM), attraverso misure di retrodiffusione (backscattering). Completa la dotazione un altimetro Teledyne Benthos PSA-916, per l'utilizzo in sicurezza della sonda in prossimità del fondale. La sonda è stata sottoposta a calibrazione presso il laboratorio del Centro di Taratura e Metrologia Oceanografica (CTMO) dell'OGS per i parametri di temperatura e conducibilità prima di iniziare il monitoraggio. Ulteriori calibrazioni sono previste ogni 4 mesi di attività. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con i campioni raccolti *in situ* durante ogni campagna e analizzati rispettivamente per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per il contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico). La sonda ha una frequenza di acquisizione di 24 serie di dati al secondo (24 Hz).

Per ogni stazione del piano di campionamento lungo la colonna d'acqua sono stati effettuati profili verticali mediante sonda Sea-Bird Electronics mod. SBE9 plus per i seguenti parametri:

Lungo la colonna d'acqua sono stati registrati i seguenti parametri:

- profondità (pressione);
- temperatura;
- conducibilità (da cui si ricava la salinità);
- ossigeno disciolto;
- fluorescenza;
- torbidità (Backscatterometro);
- trasmissione della luce (Backscatterometro).



Per ogni stazione del piano di campionamento sono stati effettuati profili verticali mediante sonda Sea-Bird Electronics mod. SBE9 plus. Campioni di acqua sono stati prelevati alle 4 quote previste nel piano di campionamento mediante campionatore mod. SBE32 Carousel Water Sampler (“rosette”), equipaggiato con bottiglie OceanTest Equipment, mod. 110B, da 10 L (All. A1-I). Sui campioni prelevati sono stati misurati i seguenti parametri:

- ossigeno disciolto tramite metodo Winkler;
- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofossato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi totali;
- Idrocarburi alifatici (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- glicole etilenico.

Tutti i campioni raccolti sono stati mantenuti in luogo fresco e al buio fino al momento delle analisi ad eccezione dei campioni per l’analisi dei nutrienti ed i filtri per l’analisi dei solidi sospesi e dei pigmenti clorofilliani che sono stati conservati a -20°C.

Tutti i dati raccolti sono stati restituiti in forma grafica in modo da descrivere l’andamento dei parametri analizzati lungo la colonna d’acqua ed i transetti e spazialmente utilizzando appositi software.

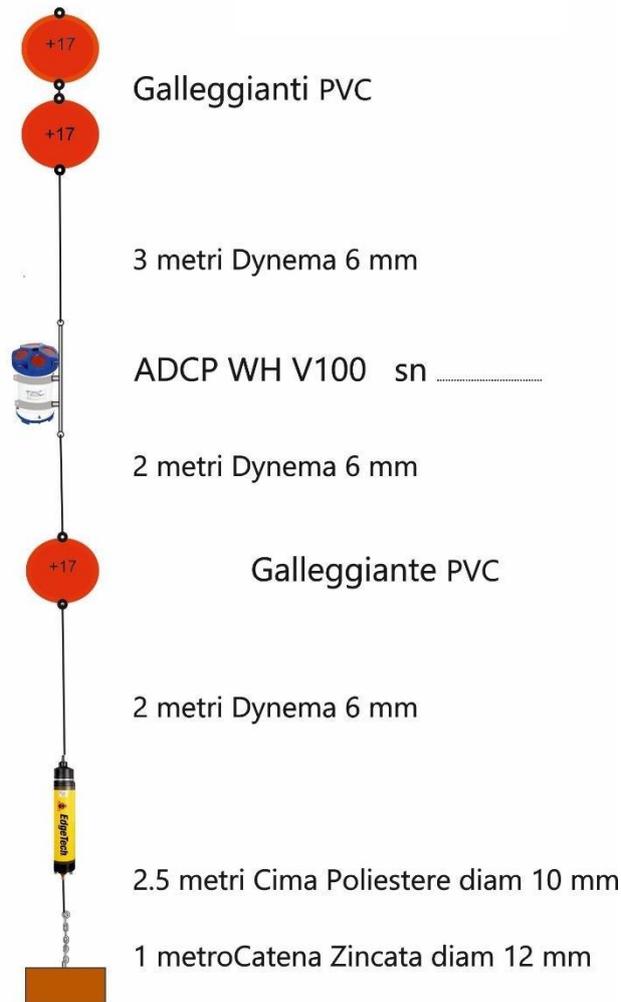
### **2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE**

Nel 1° semestre 2023 i dati correntometrici in prossimità della piattaforma Elettra sono stati raccolti mediante un ormeggio correntometrico sommerso posizionato in prossimità della struttura (coordinate: 43°45.843’ N, 14°12.924’ E) su un fondale di circa 76 m. Tale ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A1-II) del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 17 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere

di circa 110 kg (fig. 2.3). In questo rapporto vengono considerati i dati dal 1° gennaio al 26 maggio, data dell'ultimo recupero della strumentazione.

### Elettra

Lat. 43°45.843' N  
 Lon. 14°12.924' E  
 Depth 76 m



**Fig. 2.3** – Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Elettra.

Tale strumento è stato periodicamente controllato e i dati sono stati scaricati. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a registrare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa  $0,3 \text{ cm s}^{-1}$  e la risoluzione di  $0,1 \text{ cm s}^{-1}$ . Lo strumento è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 20 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. I bin relativi agli strati più superficiali, nonché quelli relativi agli



strati di aria al disopra della superficie libera del mare, sono stati eliminati per la presenza di dati non leggibili dovuti all'elevato rumore presente.

## 2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

Per l'acquisizione e la successiva elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite la sonda CTD è stato utilizzato un software fornito dalla casa produttrice, seguendo le norme suggerite dall'UNESCO (UNESCO, 1988). Le grandezze derivate, come salinità e anomalia di densità, sono state calcolate secondo gli algoritmi dell'UNESCO (UNESCO, 1983).

Per le elaborazioni grafiche sono stati utilizzati il software Grapher TM Golden Software, Inc., (Vers. 10.5.1011) e il software Ocean Data View (© 2016 Schlitzer - Vers: 4.7.6. – 64bit).

I campioni di acqua raccolti sono stati analizzati a bordo per valutare la concentrazione dell'ossigeno disciolto, e in laboratorio per il contenuto dei nutrienti inorganici (nitrati, nitriti, ammonio, ortofosfati e ortosilicati), dei solidi totali sospesi (TSM: Total Suspended Matter) e la concentrazione di pigmenti clorofilliani. Sono stati inoltre ricercati gli inquinanti elencati nel capitolo 2.1.1.

**Ossigeno disciolto** La misura della concentrazione di ossigeno disciolto è stata effettuata mediante titolazione iodometrica secondo il metodo di Winkler (Carpenter, 1965), descritto da Saggiomo *et al.* (2010). Aliquote di acqua (60 ml circa) sono state fissate aggiungendo in rapida successione 0,3 ml di una soluzione di cloruro di manganese e 0,3 ml di una soluzione basica di ioduro di potassio. In tali condizioni, l'ossigeno presente ossida il manganese (II) a manganese (III) e manganese (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio e a temperatura ambiente per un tempo non superiore a 4 ore. Al momento della titolazione 0,5 ml di acido solforico sono stati introdotti nel campione. In un ambiente così acidificato, lo ioduro, ossidato dal manganese a iodio elementare, è complessato dallo ioduro in eccesso per formare  $I_3^-$ . Lo ione complesso  $I_3^-$  è stato titolato con una soluzione di sodio tiosolfato (0,01M), precedentemente standardizzata. La concentrazione del tiosolfato è stata standardizzata con una soluzione standard di iodato di potassio fornita da OSIL (Ocean Scientific International Ltd, United Kingdom). La titolazione potenziometrica automatica è stata effettuata con titolatore Mettler Toledo T50 compact (All. A1-III); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in  $ml L^{-1}$ . I



risultati delle analisi di ossigeno disciolto effettuate sono stati utilizzati per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

**Nutrienti inorganici** – per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni di acqua di mare sono stati filtrati a bordo, mediante siringa, su filtri di fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 µm e Ø 47 mm), pre-combusti a 450°C per 4 ore, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a -20°C fino al momento delle analisi.

Le determinazioni analitiche sono state eseguite per via colorimetrica, a temperatura ambiente, con un analizzatore a flusso continuo a quattro canali ‘Quattro, Seal Analytical’ (All. A1-IV), seguendo le metodologie di Hansen e Koroleff (1999).

La concentrazione dei nitriti (NO<sub>2</sub>) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopolazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati (NO<sub>3</sub>) sono stati ridotti a nitriti su colonna di cadmio e determinati seguendo il metodo descritto per i nitriti.

L’azoto ammoniacale è stato determinato in base alla reazione di Berthelot modificata usando salicilato e dicloroisocianurato, dalla quale si forma un complesso colorato blu-verde, letto a 660 nm. Nell’acqua marina l’ammoniaca è in equilibrio con l’ammonio in base al seguente equilibrio:



Determinando la forma ammoniacale con questo metodo si determina l’azoto totale, presente sia come ammonio che come ammoniaca.

L’equilibrio tra l’ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e l’ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) in soluzioni acquose è funzione della temperatura, del pH e della forza ionica della soluzione (Whitfield, 1974; Khoo *et al.*, 1977). Al pH tipico dell’acqua marina di 8,2, con salinità di 37 e temperatura di 25°C la forma prevalente (95%) è l’ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) e solo il 5% si trova come ammoniaca (NH<sub>3</sub>). Ad una temperatura di 10°C il contributo dell’ammoniaca si riduce al 2%. Per questo motivo nei risultati ci si riferisce all’azoto ammoniacale con ammonio (NH<sub>4</sub>).

Il fosforo reattivo (PO<sub>4</sub>) è stato determinato come ortofosfato in base alla formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu che viene misurato a 880 nm.

I silicati (Si(OH)<sub>4</sub>) sono stati determinati, in base alla riduzione (in ambiente acido) del silicomolibdato a blu di molibdeno che viene misurato a 820 nm.



I limiti di rilevabilità sono:

- NO<sub>2</sub>: 0,01 µM
- NO<sub>3</sub>: 0,02 µM
- NH<sub>4</sub>: 0,02 µM
- PO<sub>4</sub>: 0,01 µM
- Si(OH)<sub>4</sub>: 0,02 µM

La qualità dei risultati è garantita dalla partecipazione semestrale ad esercizi di intercalibrazione internazionali (Quasimeme Laboratory Performance Study).

**Pigmenti clorofilliani** - I campioni per la determinazione delle diverse clorofille sono stati filtrati a bordo, immediatamente dopo il prelievo, su filtri in fibra di vetro (Whatman GF/F, porosità nominale 0,7 µm e Ø 47 mm). Il volume di campione filtrato è risultato variabile tra i 3 e i 4 litri in relazione alla concentrazione del particolato microalgale. Dopo la filtrazione, i filtri, posti in crio-vials, sono stati rapidamente congelati in azoto liquido fino al momento delle analisi. La filtrazione è stata effettuata per depressione dove la differenza di pressione fra la parte inferiore e quella superiore del filtro non superava -25 KPa (circa 150 mm Hg) al fine di evitare la rottura delle cellule vegetali, con la conseguente perdita di pigmenti.

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography;) Agilent 1100 series (All. A1-V) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4.6 mm 3 Å µM). L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 µl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml min<sup>-1</sup> con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0,5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro), avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0', 75, 25; 1', 50, 50; 15', 0, 100; 18.5', 0, 100; 19', 75, 25.

I dati sono stati acquisiti mediante software HP ChemStations. L'identificazione dei pigmenti clorofilliani presenti nei campioni analizzati viene effettuata mediante confronto con standard esterni (DHI Laboratories). La lunghezza d'onda utilizzata per la lettura dei pigmenti clorofilliani e degli standard esterni è stata settata a 440nm.

I valori di clorofilla sono stati utilizzati per calibrare i dati del turbidimetro WET-Labs ECO



FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

**Solidi Sospesi Totali (TSM)** - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro (Whatman GF/F, porosità nominale  $0,7 \mu\text{m}$  e  $\varnothing 47 \text{ mm}$ ), pre-pesati su bilancia analitica Mettler XP6 e riposti in singoli portafiltri numerati. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a  $-20^{\circ}\text{C}$  fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a  $60^{\circ}\text{C}$  fino a peso costante, su bilancia analitica Mettler XP6, secondo le indicazioni riportate da Strickland e Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in  $\text{mg L}^{-1}$ . I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

Per la misura di inquinanti lungo la colonna d'acqua sono state utilizzate le metodiche elencate in Tab. 2-III.

**Metalli pesanti** - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli è stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi. Il campione viene acidificato con acido nitrico e caricato direttamente sullo strumento tarato. Lo strumento usato è ICP-MS Agilent 7900 ICP-MS con Autocampionatore Agilent SPS 4 Autosampler; le analisi sono effettuate in modalità No Gas per Mercurio; mentre per il resto dei metalli si procede in modalità He (All. A1-VI). Per la campagna di febbraio è stato utilizzato un ICP-MS Agilent 7900 Series come descritto nella nota tecnica (All. A2).

Per la valutazione del silicio la base del metodo consiste nella misura delle intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni eccitati delle specie presenti nel campione, mediante tecniche spettrometriche con sorgente al plasma (ICP-OES). Il campione è trasportato nel plasma, dove, in seguito a fenomeni di eccitazione, avviene la produzione dello spettro di emissione composto dalle righe caratteristiche degli elementi



presenti. Tali righe, dopo essere state separate mediante un sistema di dispersione, vengono inviate su un rivelatore (fotomoltiplicatore o a stato solido) che produce un segnale elettrico di intensità proporzionale all'intensità delle righe di emissione. Le intensità di emissione vengono rilevate, simultaneamente o in sequenza, e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

**Tab. 2-III** - Elenco degli inquinanti ricercati nelle stazioni monitorate. Metodi analitici, unità di misura e limite di rilevabilità.

Parametro	Metodica	UM	Febbraio	Aprile e maggio
<b>Metalli</b>				
Alluminio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	6,8	0,4
Arsenico	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,37	0,1
Bario	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,69	0,1
Cadmio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,16	0,1
Cromo totale	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,22	0,1
Ferro	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	4,9	5
Indio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,079	0,1
Mercurio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,0067	0,05
Nichel	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,14	0,1
Piombo	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,14	0,1
Rame	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,51	0,1
Vanadio	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	0,31	0,1
Zinco	EPA 6020B 2014	µg L <sup>-1</sup>	2,4	0,4
Silicio	EPA 200.7 1994	mg L <sup>-1</sup>	0,021	0,1
<b>BTEX</b>				
Benzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01
Stirene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,01	0,01
Toluene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,05	0,05
Xilene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,02	0,02
<b>ALTRE SOSTANZE</b>				
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2018	µg L <sup>-1</sup>	0,0028	0,0028
idrocarburi alifatici C10-C32	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg L <sup>-1</sup>	23	23
Idrocarburi totali (espressi come n-esano) Calcolo	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg L <sup>-1</sup>	31	31
Glicole monoetilenico	EPA 8260D 2018	mg L <sup>-1</sup>	1,5	1,5

Per la misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A1-VII).

**Solventi organici aromatici (BTEX)** - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico ('Purge & trap') e rilevazione tramite spettrometro di massa. Il campione (dispensato in vial da 40 ml con tappo in teflon priva di



spazio di testa) viene caricato su autocampionatore. Il sistema Purge & Trap separa gli analiti volatili dalla fase acquosa adsorbendoli ad una trappola. Successivamente la trappola viene riscaldata permettendo il rilascio delle sostanze trattenute che vengono separate mediante gascromatografia e quantificate con spettrometro di massa. La quantificazione viene effettuata confrontando i fattori di risposta ottenuti in fase di taratura, effettuata su almeno 5 livelli.

Lo strumento utilizzato è un Agilent con autocampionatore Centurion, sistema P & T Evolution, GC 7890B, detector MS 5977A con lente Extractor. Colonna montata DB-624 (All. A1-VIII).

**Idrocarburi totali** - Gli idrocarburi totali, relativamente alle acque, sono da intendersi come somma delle due seguenti classi:

- a) composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) e del n-tetracontano (C<sub>40</sub> H<sub>82</sub>) (frazione estraibile);
- b) singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C<sub>5</sub> H<sub>12</sub>) e n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>12</sub>) inclusi (frazione volatile).

*Analisi frazione volatile:* il metodo è applicabile a una vasta gamma di composti organici che hanno una sufficientemente elevata volatilità da essere efficacemente rimossi dal campione, mediante la procedura di equilibrio in spazio di testa.

In laboratorio, parte del campione d'acqua è stato trasferito in una vial per spazio di testa a cui è stato aggiunto un modificatore di matrice. Successivamente, la vial chiusa e ben mescolata è stata posizionata nell'autocampionatore e mantenuta a temperatura ambiente. Il modificatore di matrice ha lo scopo di favorire l'equilibrio dei composti volatili all'interno con lo spazio di testa presente nella vial. Circa 15 minuti prima dell'analisi, le singole fiale verranno riscaldate e miscelate per vibrazione meccanica tramite l'autocampionatore CTC. L'autocampionatore poi preleverà 1 ml di volume di spazio di teste tramite linea riscaldata e lo inietterà nella colonna GC. Le analisi sono state eseguite usando un rilevatore FID (Flame Ionization Detector).

Lo strumento utilizzato è un Agilent, con autocampionatore G4513A, Piatto 7693, GC 7890A, FID. La colonna cromatografica montata è ZB-5HT (All. A1-IX).



*Analisi frazione estraibile:* utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 900 ml di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di n-esano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2 minuti, con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10 minuti e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego del gascromatografo con rivelatore a fiamma (FID).

Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le due componenti e moltiplicando il risultato per un fattore 1,1, fattore studiato per esprimere il dato come n-esano.

Gli idrocarburi totali sono stati calcolati tramite la regola del lower bound. In caso di addendi tutti inferiori al LOQ si applica il LOQ più alto, mentre in presenza di dati valorizzati anche in uno solo degli analiti il risultato è pari al valore rilevato, anche se questo dovesse risultare inferiore al LOQ di altri addendi costituenti la sommatoria.

Lo strumento utilizzato è un Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B con detector FID, colonna DB-624 (All. A1-IX).

**Idrocarburi Alifatici (IA)** - I campioni di acqua sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli Idrocarburi totali. Gli IA sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a rivelatore a fiamma (FID).

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-alcane fra C12 e C32, e la quantificazione è stata determinata dalle curve di taratura per ciascun composto analizzando cinque standard esterni. I limiti di quantificazione sono in funzione del primo punto di taratura e i campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura.

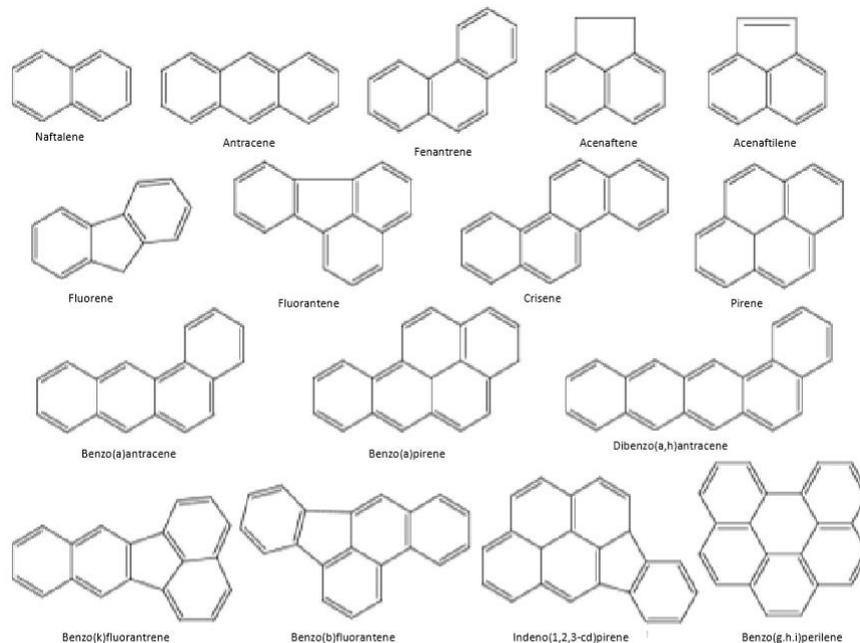
**Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 900 ml di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2



minuti, con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10 minuti e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (in toluene) per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego del gascromatografo con rilevatore a spettrometro di massa.

La concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)–antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) (fig. 2.4) è stata determinata con sistema GC-MS/MS. La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,003  $\mu\text{g L}^{-1}$ . Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta con successo. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A1-X). Per il calcolo di  $\Sigma\text{IPA}$  è stato utilizzato il criterio del Lower Bound che considera nullo il contributo di ogni addendo non rilevabile, applicando però la seguente modifica cautelativa: nel caso in cui le concentrazioni degli addendi siano non rilevabili, il risultato non è zero ma viene definito come inferiore al maggiore dei limiti di rilevabilità dei parametri analitici sommati.



**Fig. 2.4** – I 16 IPA prioritari secondo l’US-EPA.

**Glicole Etilenico** - È stato misurato nei campioni di acqua mediante tecnica gas cromatografica utilizzando il rilevamento a ionizzazione di fiamma (FID). L’analisi in campioni d’acqua di mare non prevede la preparazione del campione, che è stato pertanto iniettato direttamente nello strumento previo prelievo di aliquota tarata.



### 3. RISULTATI

#### 3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Nel presente rapporto sono riportati i dati relativi al I semestre 2023.

##### 3.1.1. TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA

Nel campionamento di **febbraio** (fig. 3.1) è risultata evidente ovunque una marcata omogeneità nelle distribuzioni di tutti i parametri in studio. I profili verticali di temperatura e salinità hanno mostrato una distribuzione prevalentemente costante fino a circa 60m di profondità (media temperatura:  $14,74 \pm 0,23^\circ\text{C}$ , media salinità:  $38,91 \pm 0,03$  psu) e valori in lieve diminuzione verso il fondo. I minimi sono stati registrati nelle stazioni di controllo meridionali, che si discostano lievemente dalla media a partire dai 40m di profondità (minimo temperatura:  $12,55^\circ\text{C}$ , stazione E5, salinità 38,66 psu, stazione E5).

Anche la torbidità ha presentato profili alquanto omogenei con valori bassi fino a circa 60m di profondità ovunque (media  $0,5 \pm 0,2$  mg L<sup>-1</sup>) e valori in aumento verso il fondo (massimo 1.7 mg L<sup>-1</sup>, stazione E1), con concentrazioni in generale più elevate nelle stazioni di controllo meridionali.

Completamente omogenea e <100% ovunque la distribuzione di ossigeno disciolto alla saturazione.

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno confermato la forte omogeneità della distribuzione orizzontale di temperatura in superficie (media  $14,87 \pm 0,03^\circ\text{C}$ ) e al fondo (media  $13,36 \pm 0,33^\circ\text{C}$ ), dove è stato rilevato un lieve gradiente NE-SO ( $\Delta T \sim 0,8^\circ\text{C}$ ). Analogamente, la distribuzione di salinità ha mostrato una forte omogeneità orizzontale in superficie (media  $38,92 \pm 0,00$  psu) e al fondo (media  $38,82 \pm 0,04$  psu), dove è stato rilevato un debole gradiente E-O ( $\Delta s \sim 0,1$  psu).

La fluorescenza (fig. 3.3) è stata caratterizzata da valori molto bassi su tutta la colonna d'acqua ovunque (media  $0,4 \pm 0,1$  µg L<sup>-1</sup>), con un debole picco registrato alle quote intermedie nelle stazioni di controllo meridionali (massimo 0,9 µg L<sup>-1</sup>, stazione E6).

Ad **aprile** (fig. 3.4) i profili verticali di temperatura hanno rilevato valori omogenei e relativamente più elevati in superficie in tutte le stazioni (media  $14,12 \pm 0,15^\circ\text{C}$ ), valori uniformi nello strato intermedio (media  $14,12 \pm 0,08^\circ\text{C}$ ) e valori minimi in uno strato omogeneo al fondo (media  $12,81 \pm 0,04^\circ\text{C}$ ).



La salinità ha mostrato una distribuzione verticale piuttosto omogenea lungo la colonna d'acqua in tutte le stazioni, con i valori minimi nello strato superficiale (media  $38,83 \pm 0,01$  psu) e i valori massimi al fondo (media  $38,96 \pm 0,01$  psu).

La torbidità ha avuto un andamento alquanto uniforme con la profondità, con valori molto bassi ( $< 0,1 \text{ mg L}^{-1}$ ) in superficie e valori generalmente in lieve aumento verso il fondo (massimo  $0,7 \text{ mg L}^{-1}$ , stazione E7).

L'ossigeno disciolto alla saturazione ha fatto registrare valori di poco superiori al 100% fino a circa 60m di profondità in tutte le stazioni (media  $101,7 \pm 1,0$  %) e valori minimi al fondo (media  $96,1 \pm 0,5$  %).

Le mappe areali (fig. 3.5) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione orizzontale della temperatura in superficie (media  $14,47 \pm 0,12^\circ\text{C}$ ) e al fondo (media  $12,80 \pm 0,04^\circ\text{C}$ ) e della salinità in superficie (media  $38,83 \pm 0,02$  psu) e al fondo (media  $38,96 \pm 0,01$  psu).

La fluorescenza (fig. 3.6) è stata ovunque bassa ed uniforme fino a 60m di profondità ( $< 0,3 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ ), in rapido aumento fino ai valori massimi piuttosto elevati al fondo, in particolare nelle stazioni di controllo meridionali (massimo  $4,6 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$ , stazione E6).

A **maggio** (fig. 3.7) i profili verticali di temperatura hanno mostrato ovunque l'avanzamento del processo di stratificazione, con i valori massimi in superficie (massimo  $19,11^\circ\text{C}$ , stazione E3), un termocline abbastanza sviluppato a quote intermedie e valori minimi in uno strato omogeneo al fondo (media  $12,76 \pm 0,09^\circ\text{C}$ ).

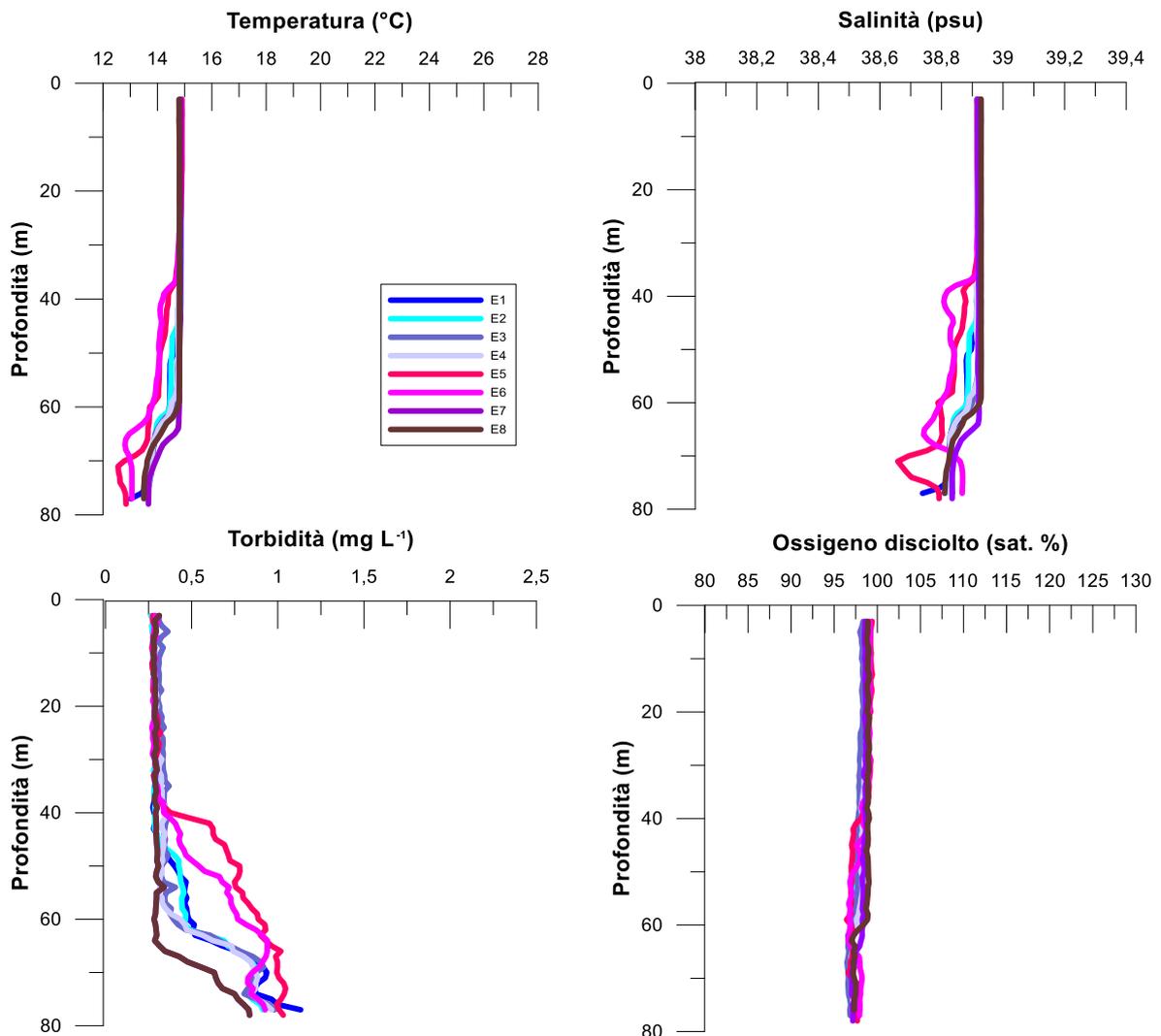
La salinità è stata piuttosto uniforme con valori minimi piuttosto bassi nello strato superficiale (media  $38,69 \pm 0,01$  psu), valori più elevati da quote intermedie con un lieve aumento fino al fondo (media  $38,87 \pm 0,02$  psu).

La torbidità è risultata fortemente omogenea e con valori molto bassi dalla superficie fino a circa 60m di profondità (media  $< 0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ), in repentino aumento verso il fondo (massimo  $1,5 \text{ mg L}^{-1}$ , stazione E2).

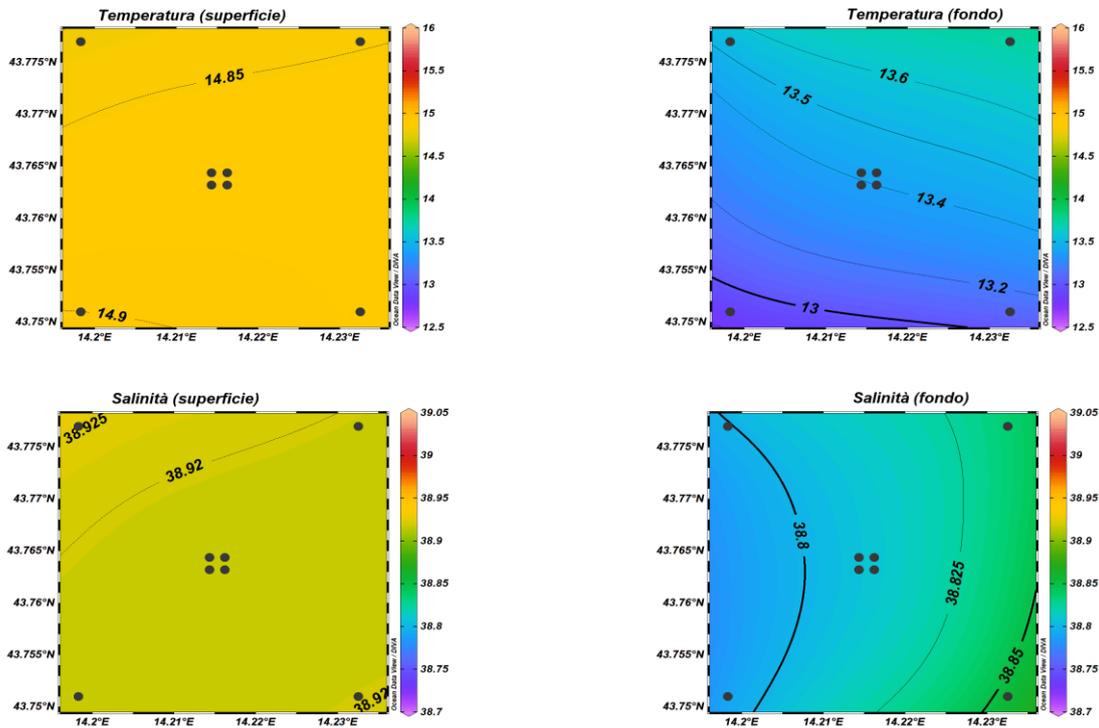
L'ossigeno disciolto alla saturazione ha fatto registrare valori medi generalmente  $< 100\%$  ovunque, con un debole picco di valori massimi a quote intermedie (massimo  $101,6\%$ , stazione E7) e valori in lenta diminuzione fino ad uno strato a valori minimi omogenei al fondo (media  $85,0 \pm 0,4\%$ ).

Le mappe areali (fig. 3.8) hanno rilevato una distribuzione di temperatura con valori più elevati in superficie (media  $21,90 \pm 0,07$  psu), dove è risultato presente un lieve gradiente ( $\Delta T \sim 1,3^\circ\text{C}$ ), e minimi omogenei al fondo (media  $12,32 \pm 0,02$  psu). La salinità è stata caratterizzata da una distribuzione orizzontale completamente omogenea a valori piuttosto bassi in superficie (media  $38,70 \pm 0,00$  psu) e valori più elevati al fondo (media  $38,87 \pm 0,01$  psu).

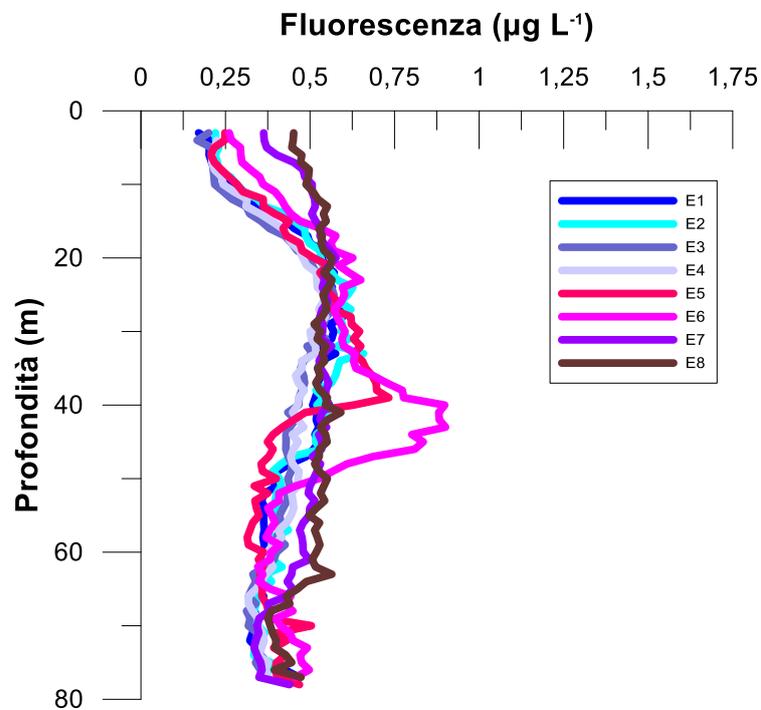
La fluorescenza (fig. 3.9) è apparsa ovunque molto bassa fino a quote intermedie ( $< 0,1 \mu\text{g L}^{-1}$ ), con un picco di valori massimi registrato intorno a 65m di profondità (massimo  $1,8 \mu\text{g L}^{-1}$ , stazione E4).



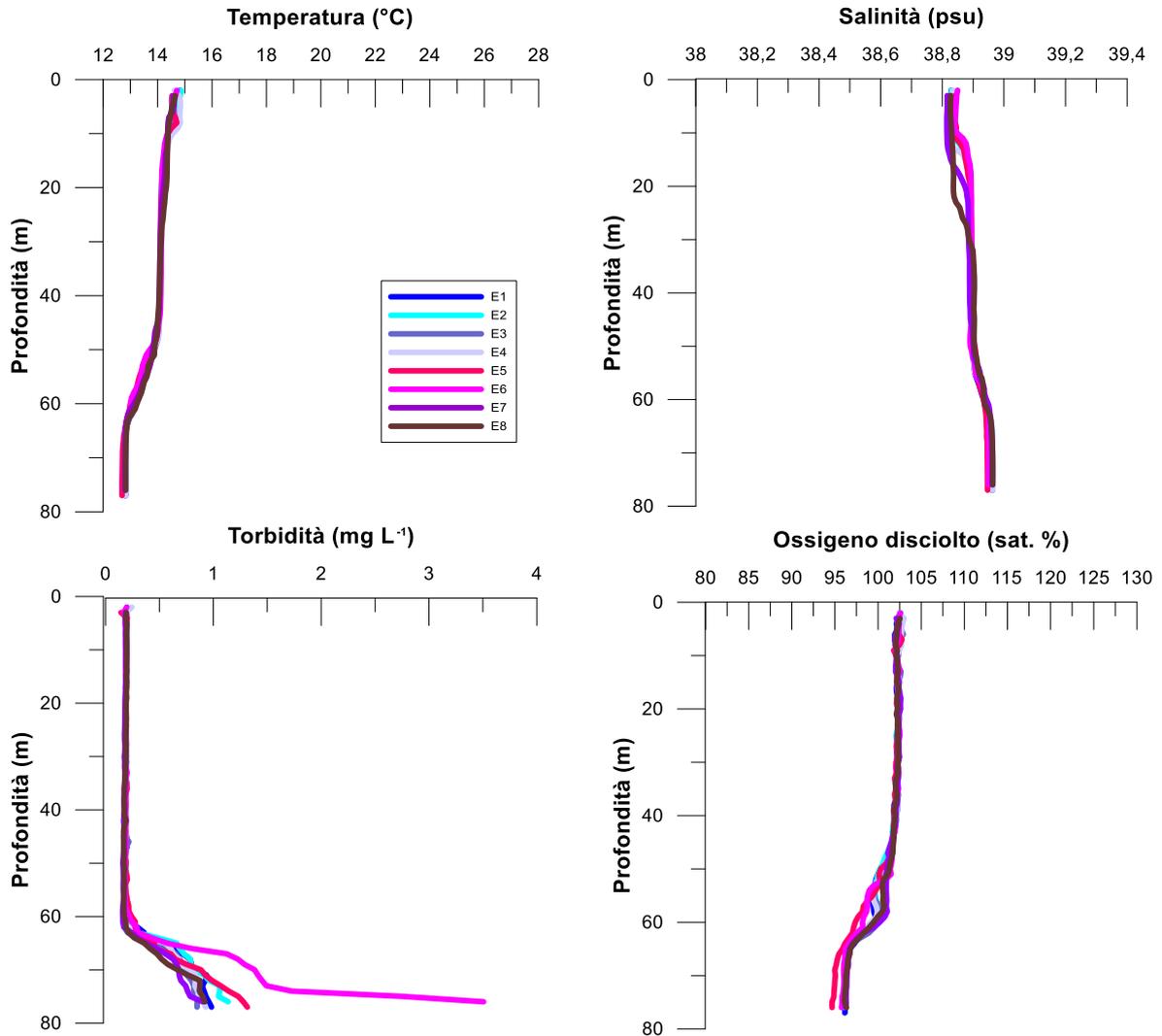
**Fig. 3.1** - Profili di temperatura ( $^\circ\text{C}$ ), salinità (psu), torbidità ( $\text{mg L}^{-1}$ ) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2023.**



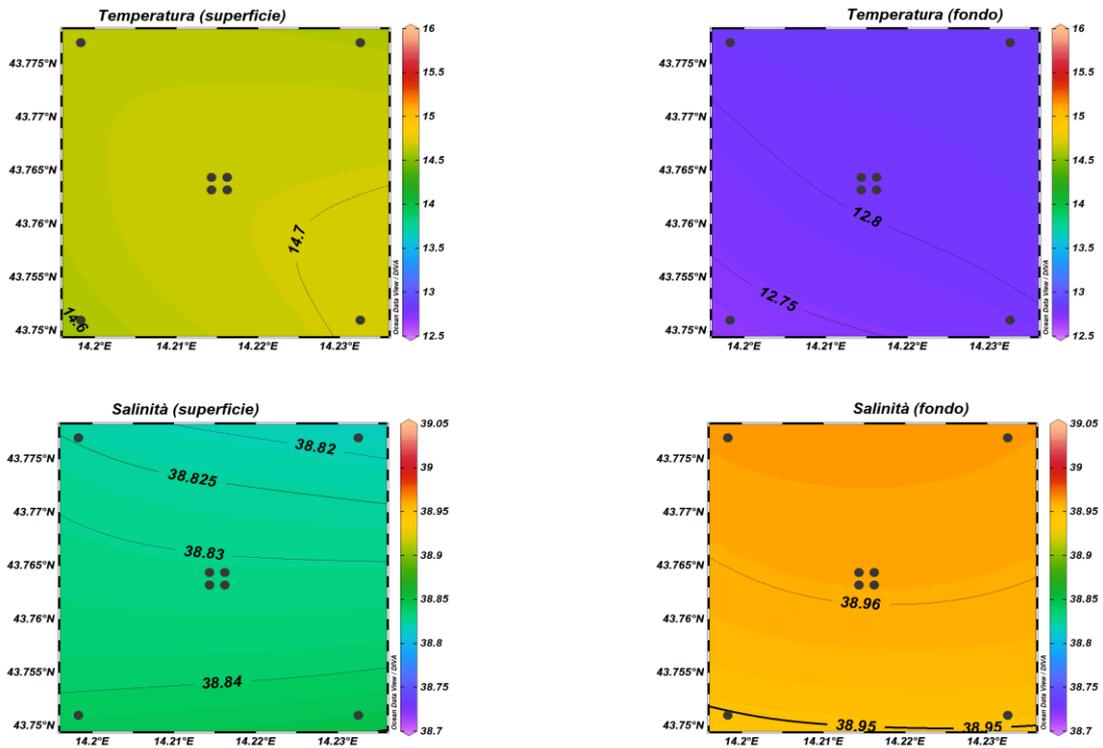
**Fig. 3.2** - Mappe areali rappresentanti la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



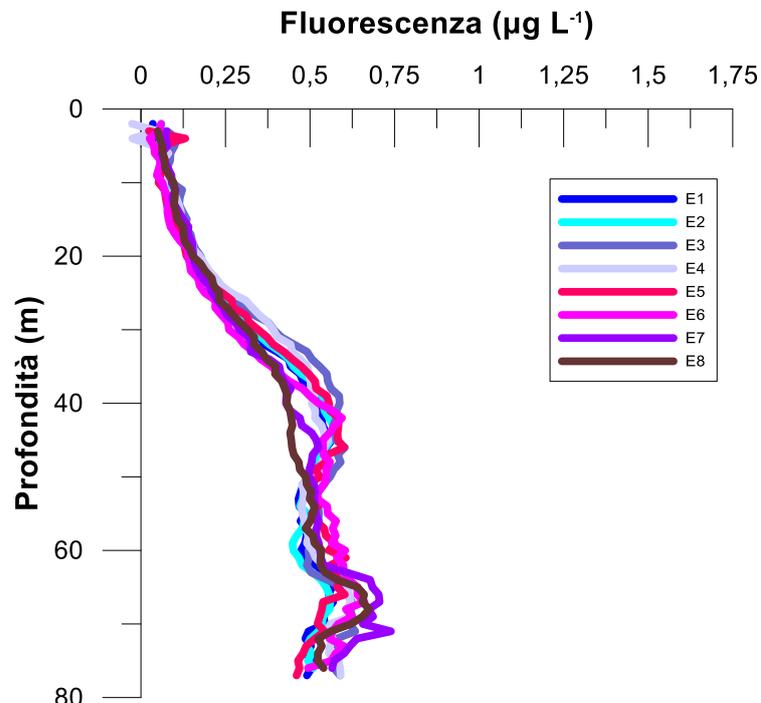
**Fig. 3.3** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). **Febbraio 2023**.



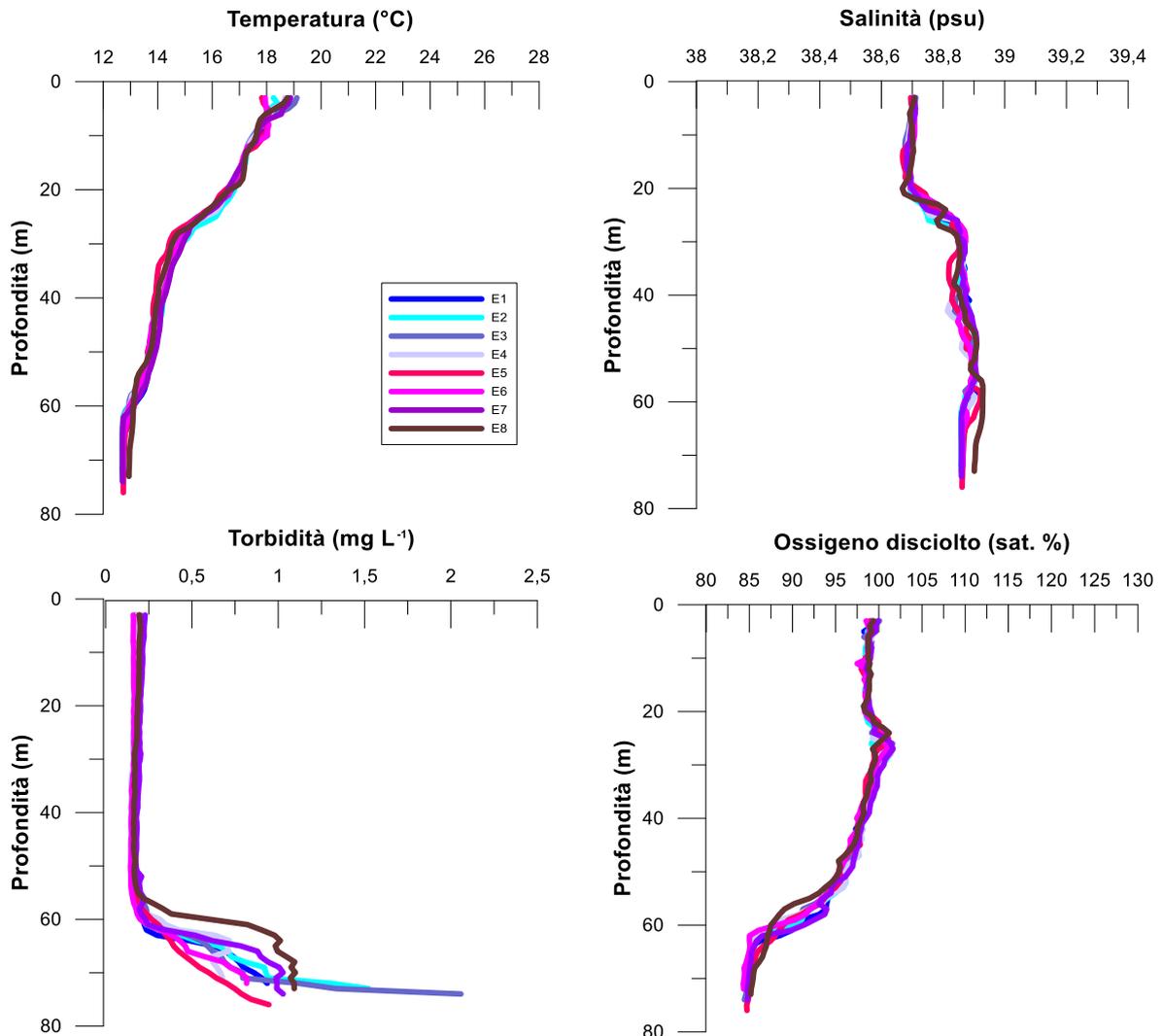
**Fig. 3.4-** Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg L<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Aprile 2023.**



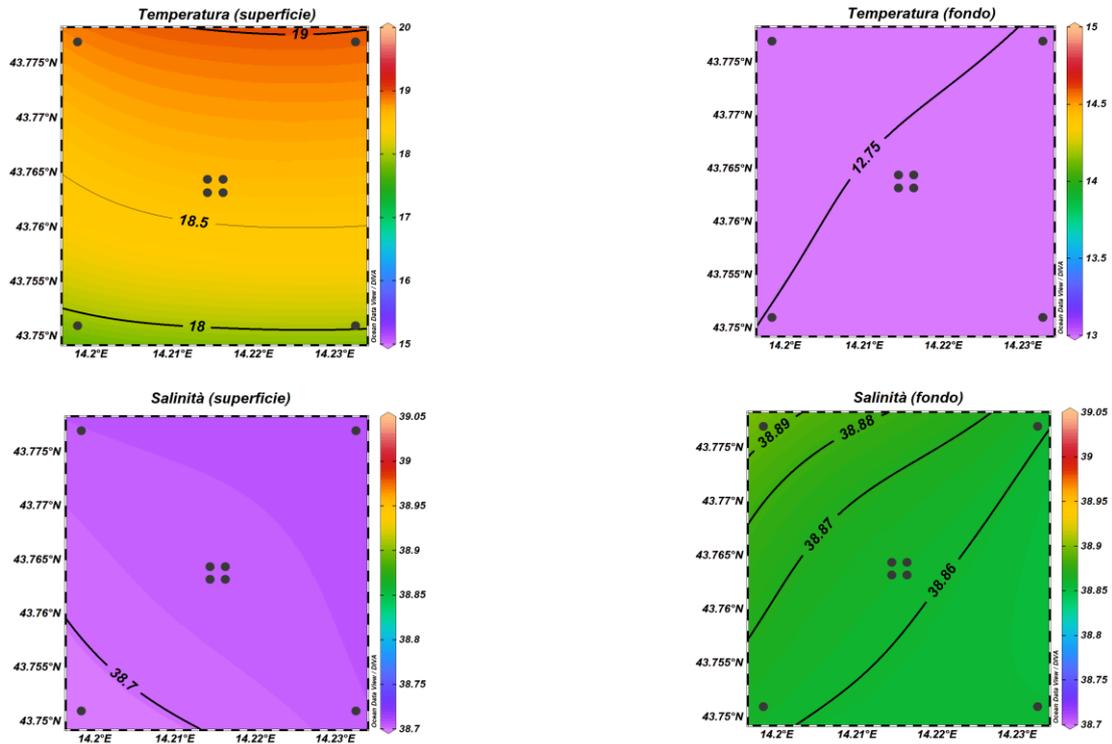
**Fig. 3.5** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Aprile 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



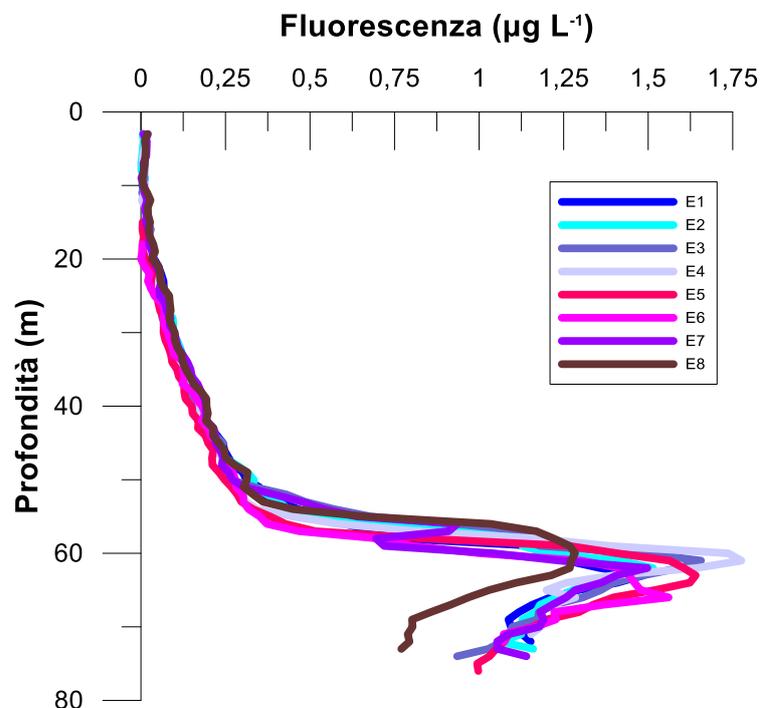
**Fig. 3.6** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). **Aprile 2023**.



**Fig. 3.7-** Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mgL<sup>-1</sup>) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2023.**



**Fig. 3.8** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.9** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ). **Maggio 2023**.



### 3.1.2. NUTRIENTI

Nel campionamento di **febbraio** (figg. 3.10a, 3.10b, 3.11) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,39 \pm 0,22 \mu\text{M}$  per i nitrati ( $\text{NO}_3$ ),  $0,28 \pm 0,18 \mu\text{M}$  per i nitriti ( $\text{NO}_2$ ),  $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$  per l'ammonio ( $\text{NH}_4$ ). In generale le concentrazioni più elevate di nitrati e nitriti sono state rilevate nelle acque di fondo, mentre per l'ammonio non è stato rilevato alcun andamento particolare. La concentrazione media di nitrati al fondo è risultata  $0,66 \pm 0,13 \mu\text{M}$ , il valore massimo ( $0,89 \mu\text{M}$ ) è stato rilevato a 40 m nella stazione E5, mentre il minimo ( $0,20 \mu\text{M}$ ) è stato riscontrato a 20 m di profondità nella stazione E6. La concentrazione media di  $\text{NO}_2$  al fondo è risultata pari a  $0,55 \pm 0,15 \mu\text{M}$ ; il massimo ( $0,85 \mu\text{M}$ ) è stato raggiunto al fondo della stazione E5, mentre il minimo ( $0,14 \mu\text{M}$ ) è stato riscontrato a 40 m nella stazione E8. La concentrazione massima di  $\text{NH}_4$  ( $0,06 \mu\text{M}$ ) è stata misurata a 20 m nella stazione E4, a 40 m nella stazione E5 e al fondo della E6, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati in tutte le stazioni a quote variabili.

Le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ) sono risultate quasi sempre inferiori e uguali al limite di rilevabilità strumentale, fatta eccezione per il massimo ( $0,02 \mu\text{M}$ ) riscontrato al fondo nelle stazioni E2 ed E5.

La concentrazione media di silicati ( $\text{Si}(\text{OH})_4$ ) è stata di  $1,50 \pm 0,49 \mu\text{M}$ , e le concentrazioni più elevate hanno caratterizzato le acque di fondo ( $2,02 \pm 0,20 \mu\text{M}$ ). Il massimo ( $3,12 \mu\text{M}$ ) è stato misurato a 40 m della stazione E2, mentre il minimo ( $1,08 \mu\text{M}$ ) è stato osservato in superficie nella stazione E7.

Nel mese di **aprile** (figg. 3.12a, 3.12b, 3.13) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,10 \pm 0,14 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,16 \pm 0,21 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$ ,  $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . Le concentrazioni di nitrati e nitriti sono risultate più elevate nelle acque di fondo, mentre per non è stato rilevato alcun andamento particolare. La concentrazione media di  $\text{NO}_3$  al fondo è risultata pari a  $0,29 \pm 0,16 \mu\text{M}$ , con il massimo ( $0,65 \mu\text{M}$ ) nella stazione E5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati a quote variabili tra i 20 ed i 40 m nelle stazioni E1, E2, E3, E4, E5 ed E7. I valori di  $\text{NO}_2$  al fondo sono risultati in media  $0,51 \pm 0,03 \mu\text{M}$ , con il massimo ( $0,55 \mu\text{M}$ ) osservato nella stazione E8, mentre nelle restanti quote le concentrazioni sono risultate piuttosto contenute ( $\leq 0,09 \mu\text{M}$ ). Le concentrazioni di  $\text{NH}_4$  sono risultate omogenee e contenute, il valore massimo ( $0,09 \mu\text{M}$ ) è stato osservato in superficie della stazione E3, mentre valori inferiori al limite di



rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni eccetto che della E4.

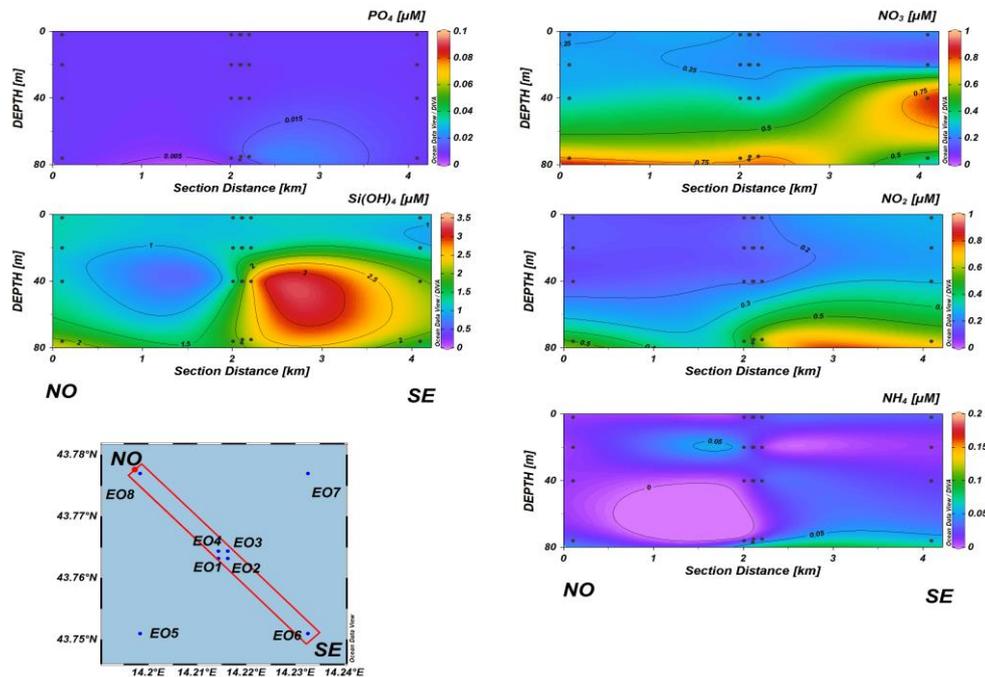
Per il  $\text{PO}_4$  non è stato rilevato alcun andamento particolare, e le concentrazioni piuttosto contenute sono risultate in media pari a  $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$ . Il valore massimo ( $0,04 \mu\text{M}$ ) è stato osservato in superficie della stazione E1, e al fondo delle E2, E5 ed E6, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati misurati in E2 a 20 m e in E3 a 20 e 40 m.

La concentrazione media di  $\text{Si}(\text{OH})_4$  è stata di  $1,45 \pm 0,30 \mu\text{M}$ , e concentrazioni moderatamente più elevate hanno caratterizzato le acque di fondo ( $1,90 \pm 0,08 \mu\text{M}$ ), con il massimo ( $2,01 \mu\text{M}$ ) nella stazione E7, mentre il minimo ( $0,90 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a 20 m nella stazione E1.

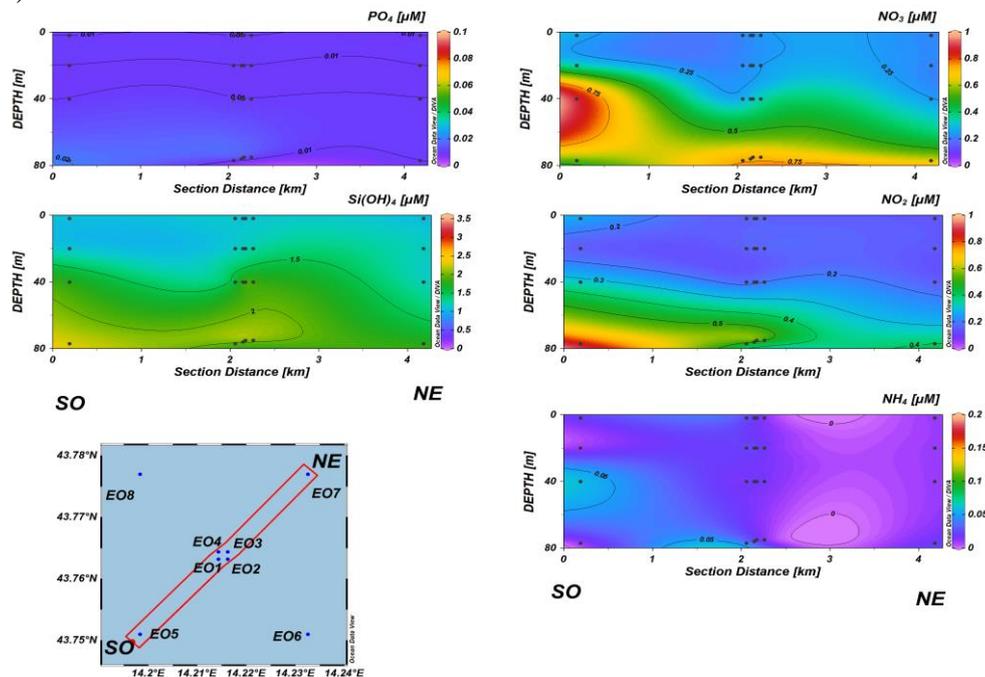
Nel mese di **maggio** (figg. 3.14a, 3.14b, 3.15) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,22 \pm 0,35 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,04 \pm 0,05 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$ ,  $0,04 \pm 0,04 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . Le concentrazioni di nitrati e nitriti sono risultate più elevate nelle acque di fondo, mentre per l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare. La concentrazione media di  $\text{NO}_3$  al fondo è risultata pari a  $0,81 \pm 0,10 \mu\text{M}$ , con il massimo ( $0,93 \mu\text{M}$ ) nella stazione E8, mentre nelle restanti quote i valori sono risultati piuttosto contenuti ( $\leq 0,12 \mu\text{M}$ ). I valori di  $\text{NO}_2$  al fondo sono risultati in media  $0,11 \pm 0,02 \mu\text{M}$ , mentre nelle restanti quote le concentrazioni sono risultate più contenute ( $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$ ). Il valore massimo di  $\text{NH}_4$  ( $0,18 \mu\text{M}$ ) è stato osservato in superficie della stazione E2, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni fatta eccezione per le stazioni E4 ed E7.

Le concentrazioni di  $\text{PO}_4$  sono risultate piuttosto contenute, con valori sempre  $\leq 0,02 \mu\text{M}$ , fatta eccezione per le quote di fondo delle stazioni E4 ed E7 dove sono state misurate concentrazioni pari a  $0,05 \mu\text{M}$  e  $0,06 \mu\text{M}$  rispettivamente.

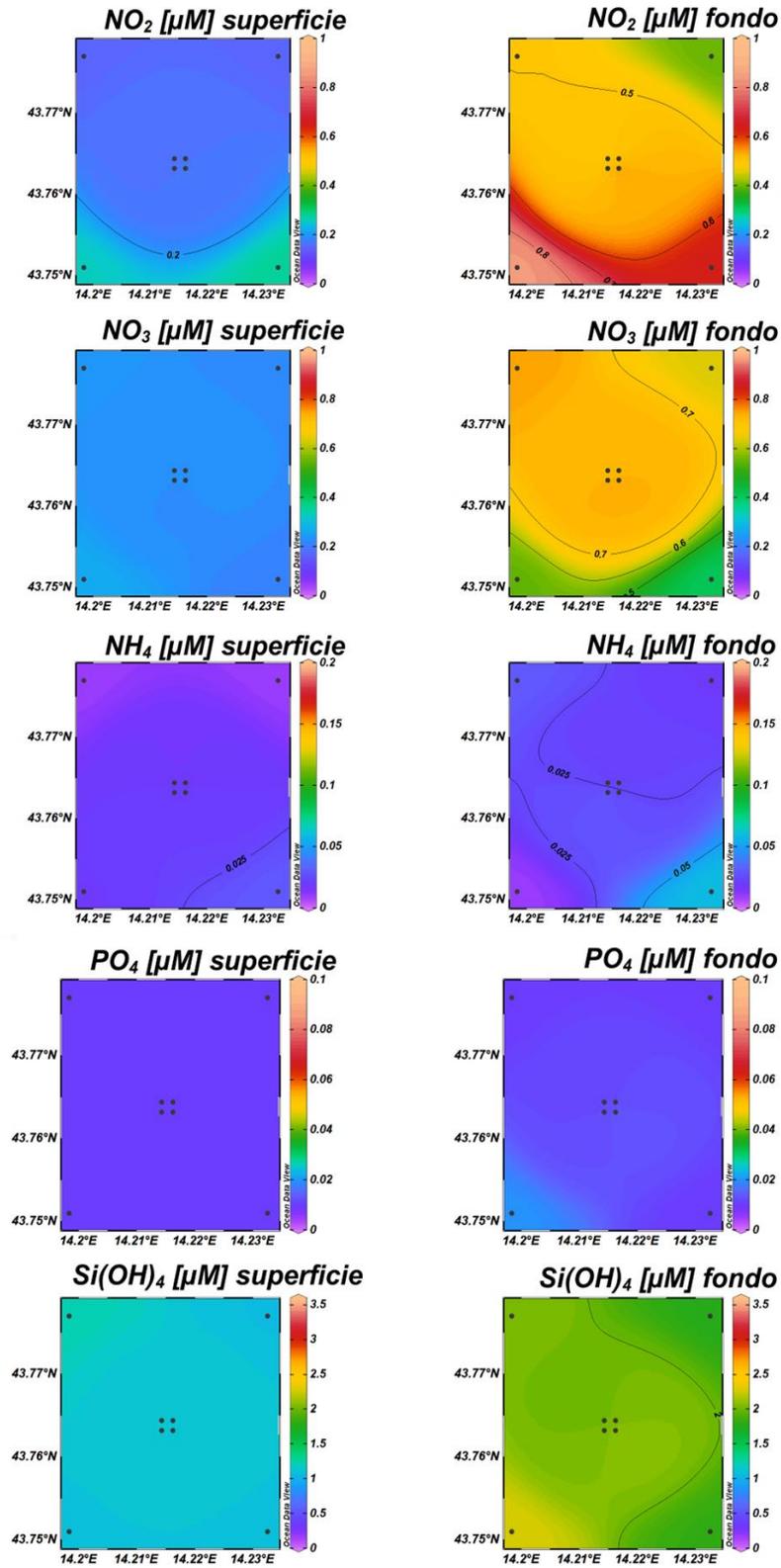
La concentrazione media di  $\text{Si}(\text{OH})_4$  è stata di  $1,53 \pm 0,89 \mu\text{M}$ , e le concentrazioni più elevate sono state rilevate nelle acque di fondo ( $2,97 \pm 0,21 \mu\text{M}$ ). Il valore massimo ( $3,10 \mu\text{M}$ ) è stato misurato al fondo della E1 ed E3, mentre il minimo ( $0,39 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a 40 m nella stazione E8.



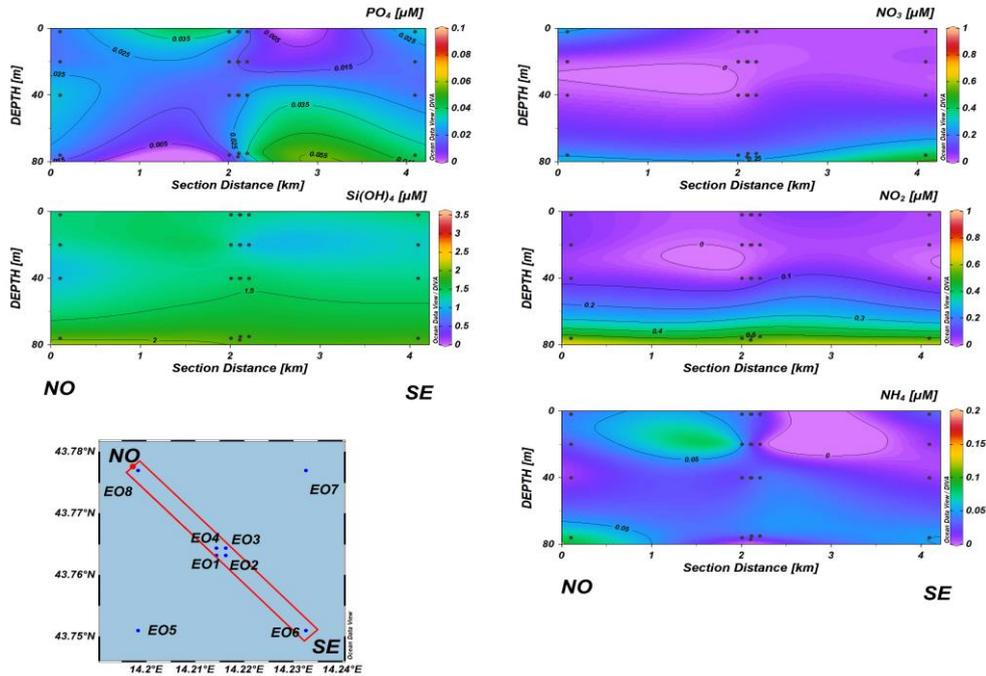
**Fig. 3.10a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . **Febbraio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



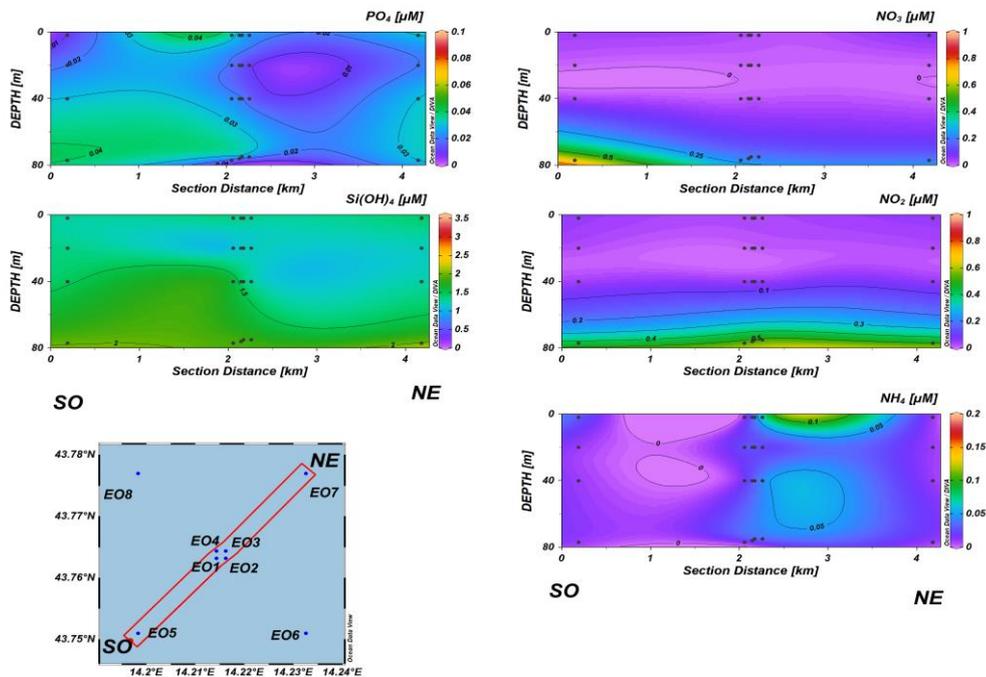
**Fig. 3.10b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . **Febbraio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



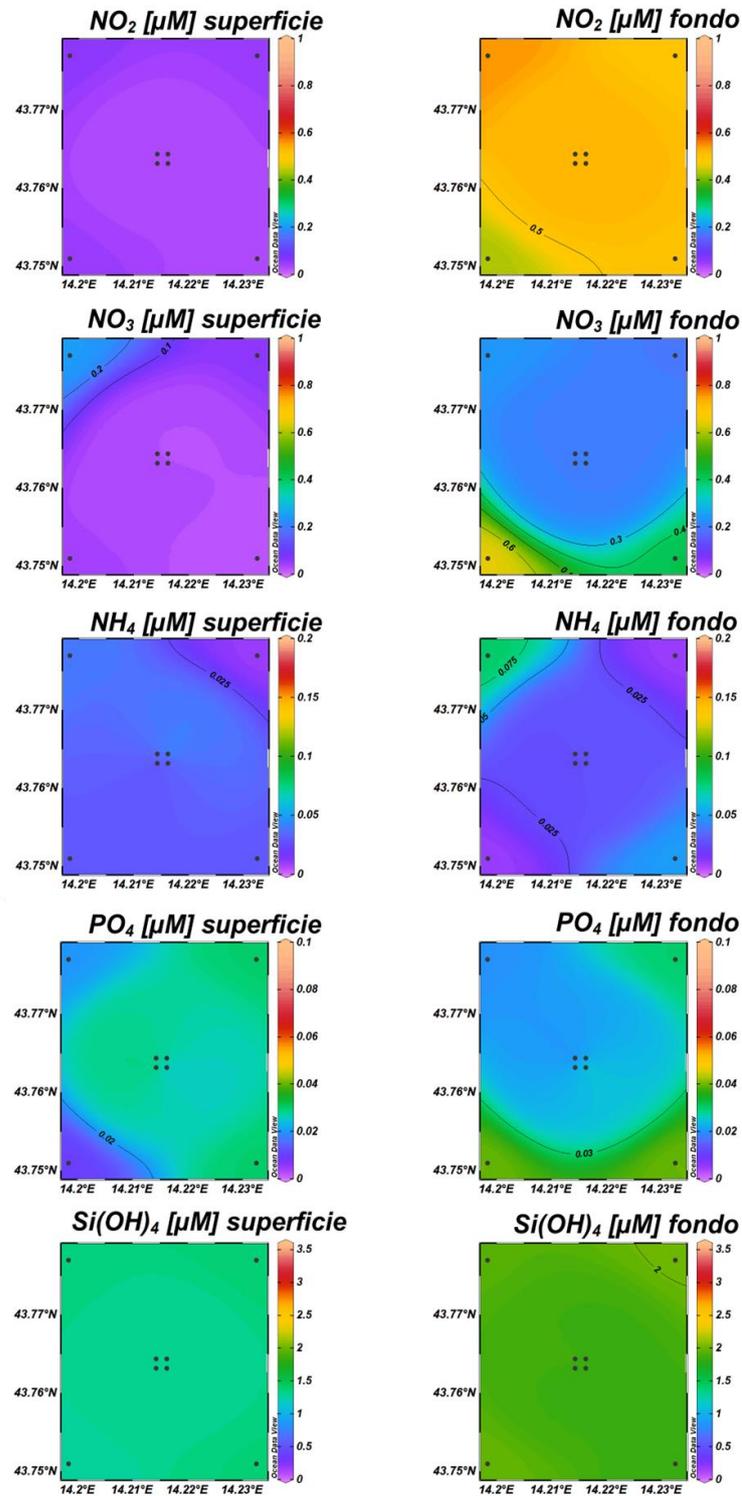
**Fig. 3.11** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. **Febbraio 2023.** Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



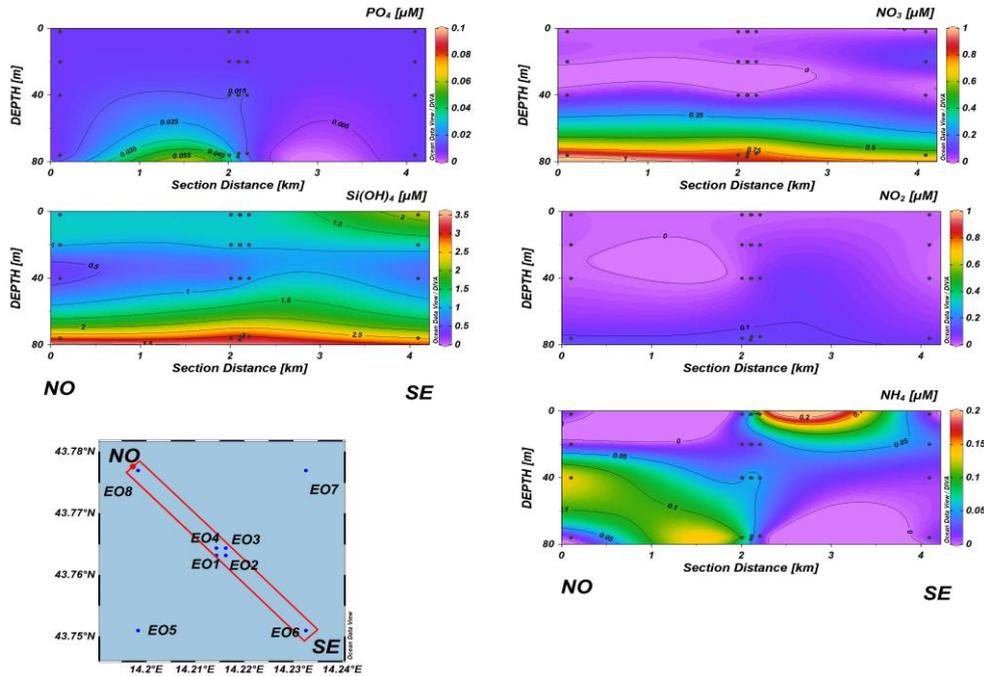
**Fig. 3.12a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . **Aprile 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



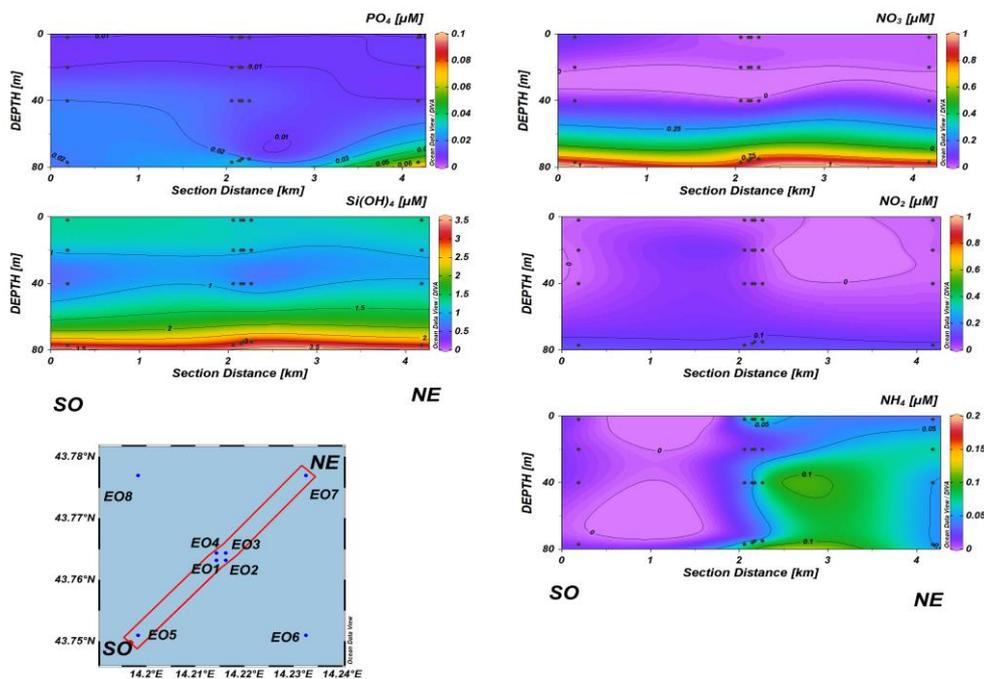
**Fig. 3.12b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . **Aprile 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



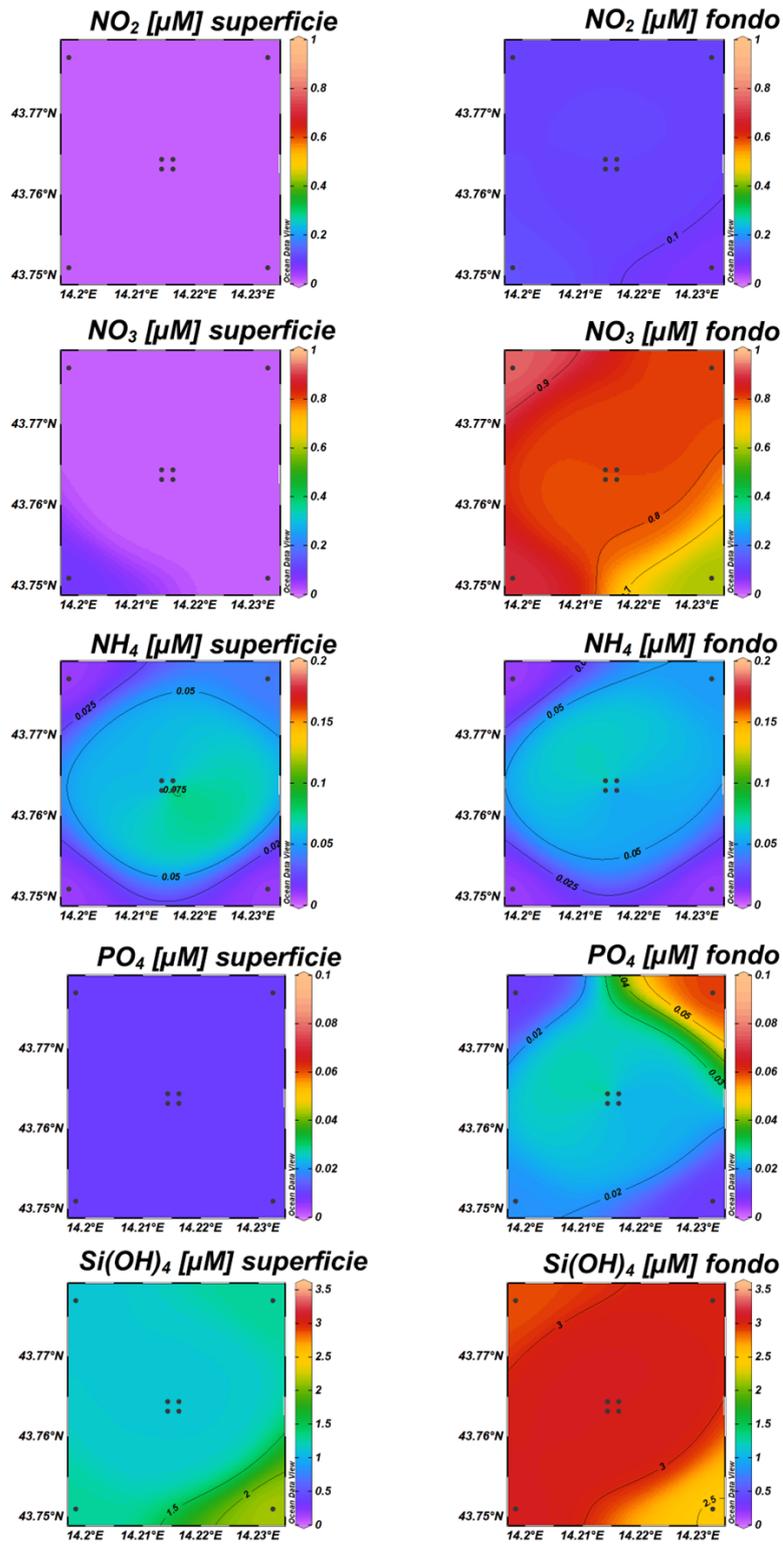
**Fig. 3.13** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in  $\mu$ M. **Aprile 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.14a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Maggio 2023. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.14b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Maggio 2023. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.15** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in  $\mu$ M. **Maggio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



### 3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Durante il campionamento di **febbraio 2023** (figg.3.16a, 3.16b, 3.17) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a  $272,9 \pm 43,8 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $417,2 \text{ ng L}^{-1}$  ed un minimo di  $179,5 \text{ ng L}^{-1}$  misurati rispettivamente a 40 m di profondità nella stazione E6 ed in superficie della stazione E2. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $23,8 \pm 6,7 \text{ ng L}^{-1}$  e  $74,5 \pm 12,3 \text{ ng L}^{-1}$ . Analogamente a quanto osservato per la Chl *a*, la concentrazione massima di Chl *b* ( $52,3 \text{ ng L}^{-1}$ ) e di Chl *c* ( $117,9 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata misurata a 40 m nella stazione E6, mentre i minimi ( $14,0 \text{ ng L}^{-1}$  Chl *b* e  $51,2 \text{ ng L}^{-1}$  Chl *c*) sono stati riscontrati in superficie delle stazioni E2 ed E1 rispettivamente. In generale le concentrazioni di pigmenti clorofilliani sono risultate moderatamente più contenute in superficie.

Il materiale particellato (TSM), ha presentato una concentrazione media pari a  $0,6 \pm 0,5 \text{ mg L}^{-1}$ . Generalmente una maggiore concentrazione è stata riscontrata al fondo dell'area di campionamento. Il massimo ( $1,8 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo della stazione E2, mentre un valore prossimo allo zero è stato riscontrato in superficie nella stazione E6.

Ad **aprile** (figg.3.18a, 3.18b, 3.19) la concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a  $198,7 \pm 56,4 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $297,5 \text{ ng L}^{-1}$  misurato al fondo della stazione E3 ed un minimo di  $97,0 \text{ ng L}^{-1}$  riscontrato alla profondità di 40 m della medesima stazione. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $15,5 \pm 7,2 \text{ ng L}^{-1}$  e  $55,3 \pm 17,8 \text{ ng L}^{-1}$ . Il valore massimo di Chl *b* ( $29,6 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo della stazione E6, mentre il minimo ( $5,9 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato riscontrato alla quota superficiale della stazione E5. Come già osservato per la Chl *a*, il massimo di Chl *c* ( $83,9 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stato misurato al fondo nella stazione E3, mentre la concentrazione minima ( $32,1 \text{ ng L}^{-1}$ ) è stata osservata alla quota superficiale della stazione E8. In generale per le concentrazioni di pigmenti clorofilliani è stato rilevato un andamento crescente tra la superficie ed il fondo.

Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a  $0,7 \pm 0,9 \text{ mg L}^{-1}$ . In generale si osserva valori più elevati nelle quote di fondo. Il valore più elevato ( $4,8 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato registrato al fondo della stazione E6, mentre il minimo ( $0,2 \text{ mg L}^{-1}$ ) è stato misurato alla quota di 20 m nella stazione E1.

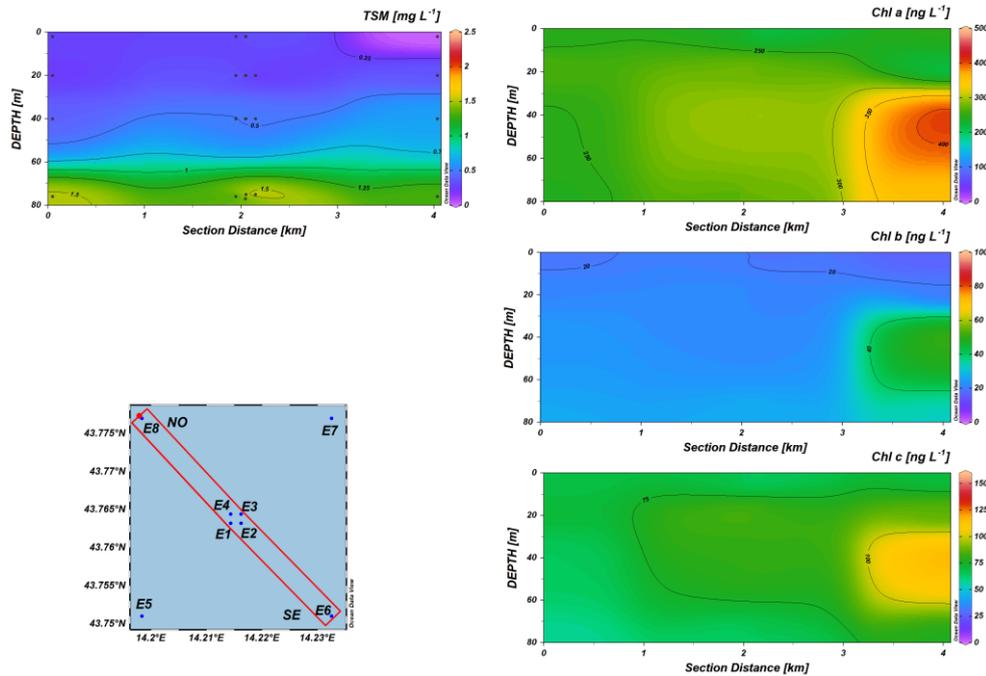
A **maggio** (figg.3.20a, 3.20b, 3.21) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a  $174,5 \pm 138,3 \text{ ng L}^{-1}$ , con un massimo di  $490,7 \text{ ng L}^{-1}$  ed un minimo di



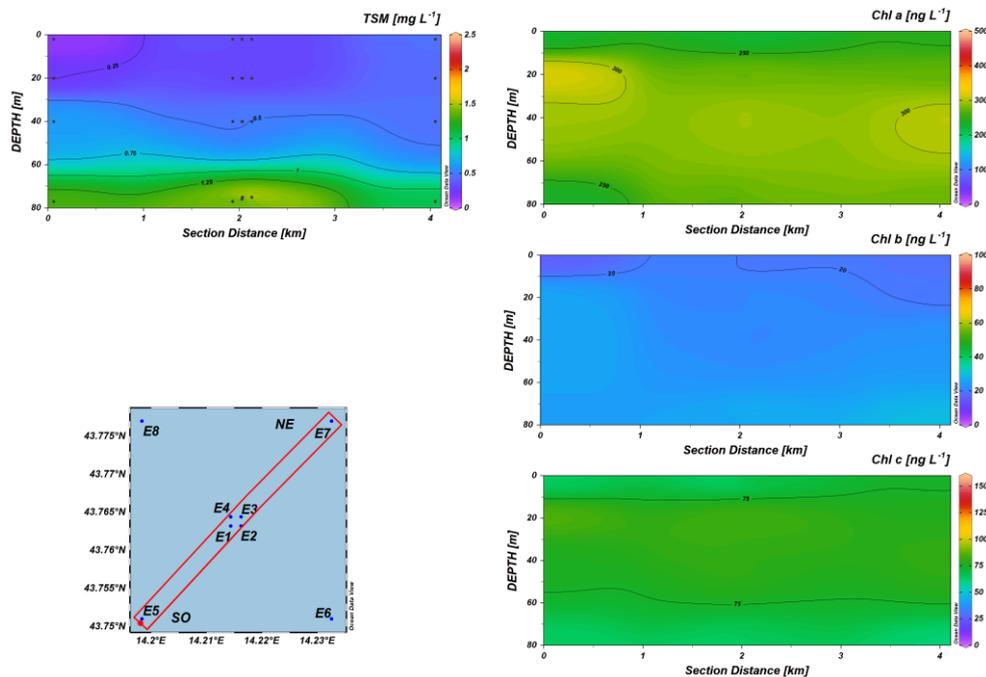
67,2 ng L<sup>-1</sup> misurati rispettivamente al fondo nella stazione E1 e in superficie nella stazione E2. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a 28,7 ± 33,5 ng L<sup>-1</sup> e 51,3 ± 51,9 ng L<sup>-1</sup>. Analogamente a quanto osservato per la Chl *a*, la concentrazione massima di Chl *b* (97,2 ng L<sup>-1</sup>) è stata misurata al fondo della stazione E1, mentre il minimo (4,8 ng L<sup>-1</sup>) è stato osservato alla profondità di 20 m della stazione E2. Il massimo di Chl *c* (155,8 ng L<sup>-1</sup>) è stato riscontrato al fondo della stazione E4, mentre la concentrazione minima (11,8 ng L<sup>-1</sup>) è stata misurata in superficie nella stazione E2.

In generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo delle stazioni più prossime alla piattaforma.

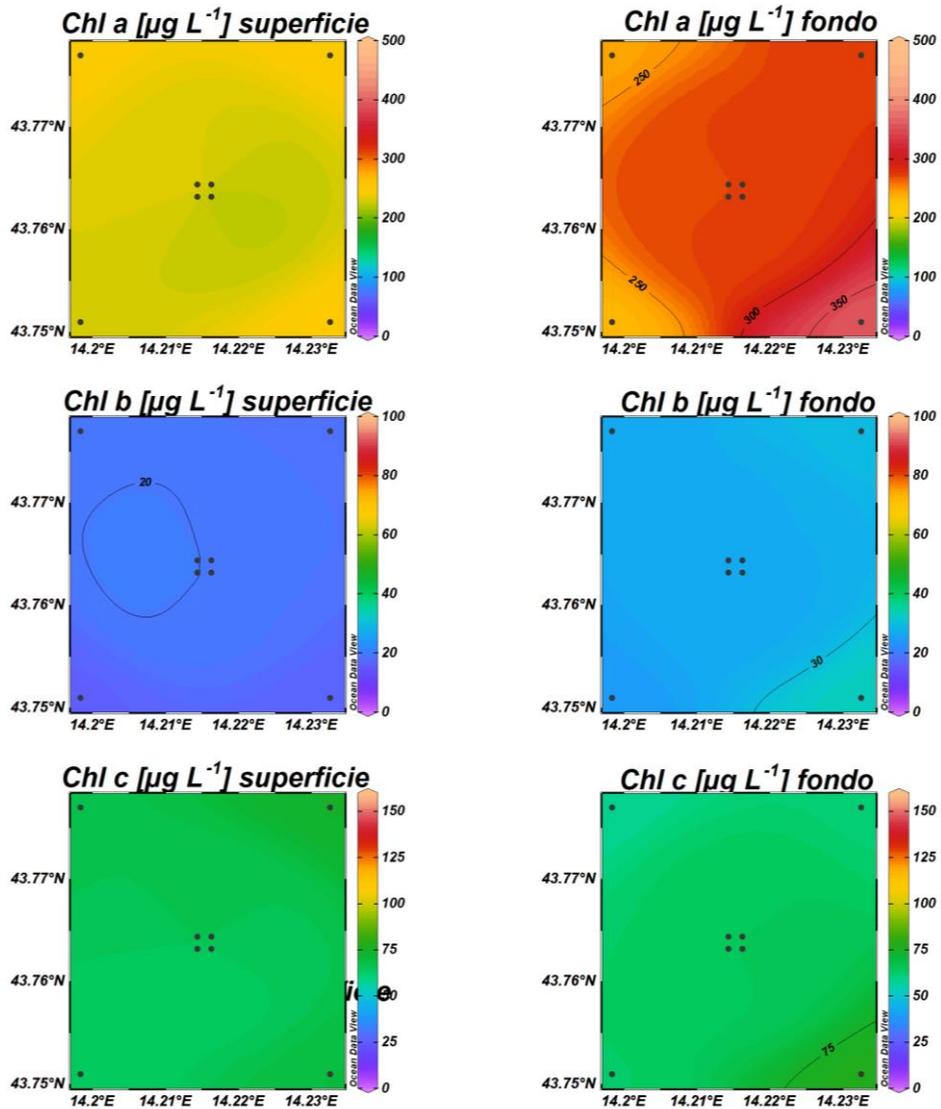
Il materiale particolato (TSM), ha presentato una concentrazione media pari a 0,7 ± 0,4 mg L<sup>-1</sup>. Come per la i pigmenti clorofilliani, generalmente una maggiore concentrazione è stata riscontrata al fondo dell'area di campionamento, con una concentrazione media pari a 1,3 ± 0,4 mg L<sup>-1</sup>, mentre nelle restanti quote i valori sono variati tra 0,5 e 0,7 mgL<sup>-1</sup>.



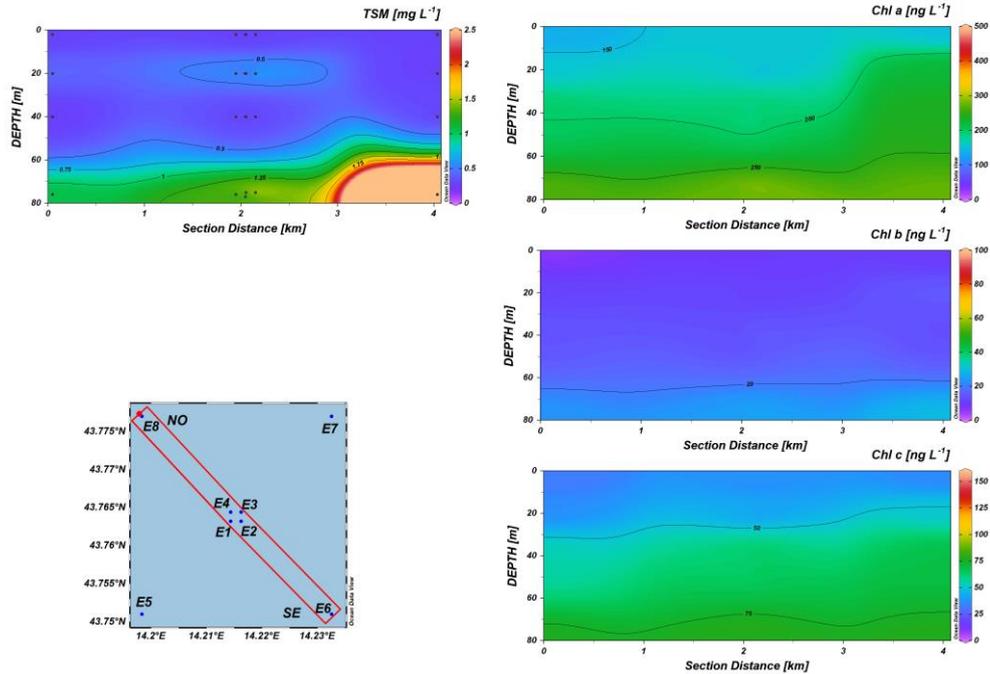
**Fig. 3.16a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Febbraio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



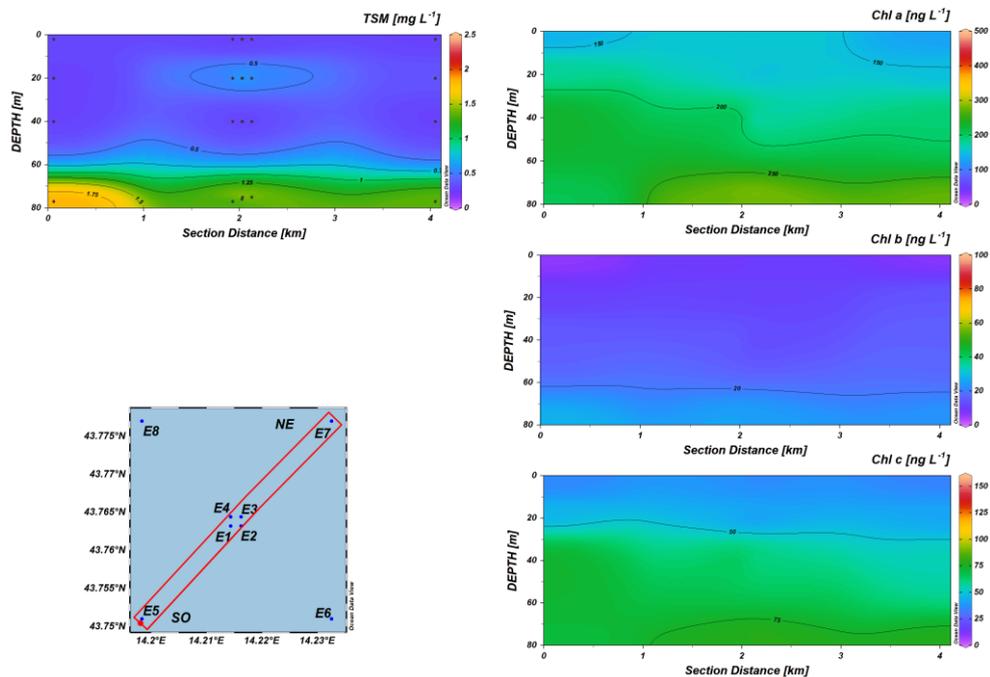
**Fig. 3.16b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Febbraio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



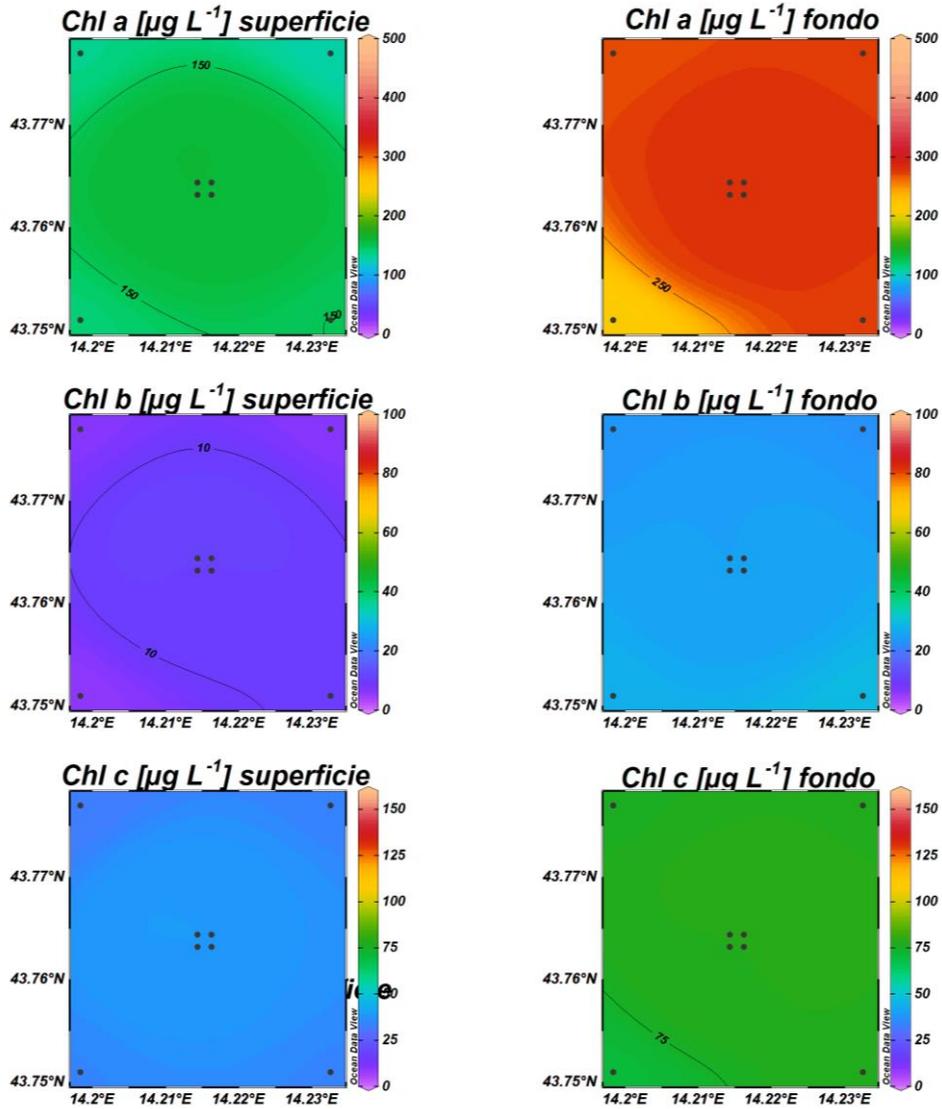
**Fig. 3.17** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in  $\text{ngL}^{-1}$ . **Febbraio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



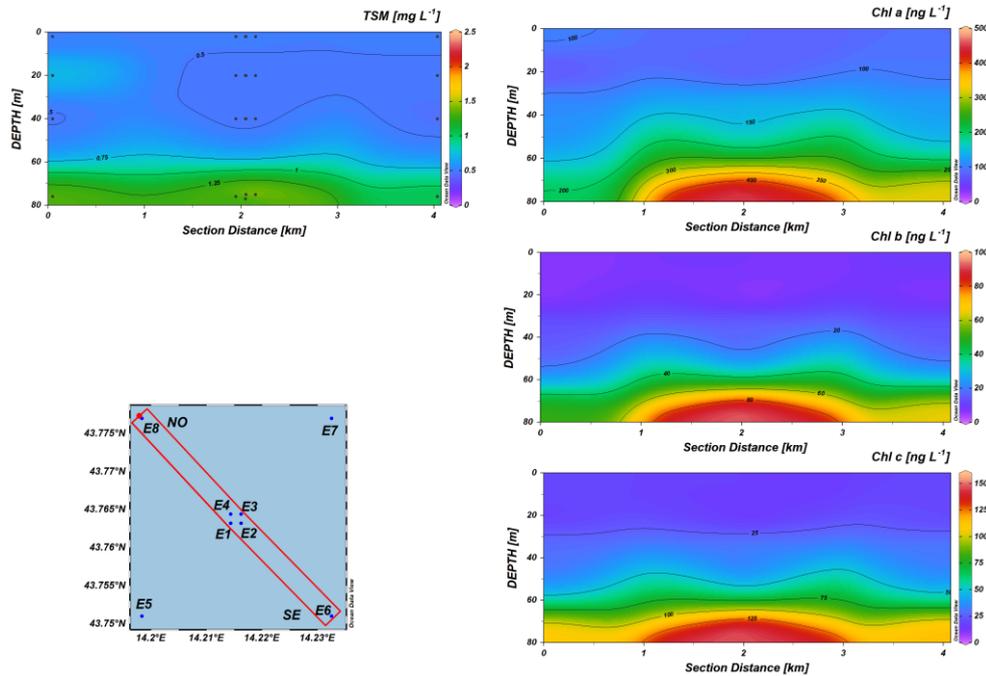
**Fig. 3.18a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Aprile 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



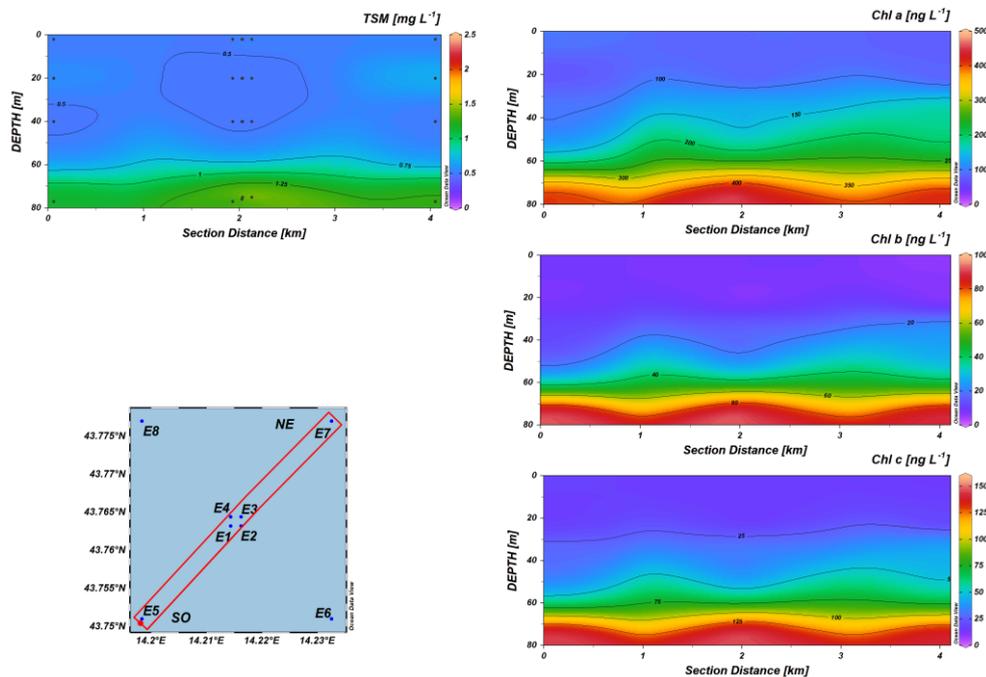
**Fig. 3.18b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Aprile 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



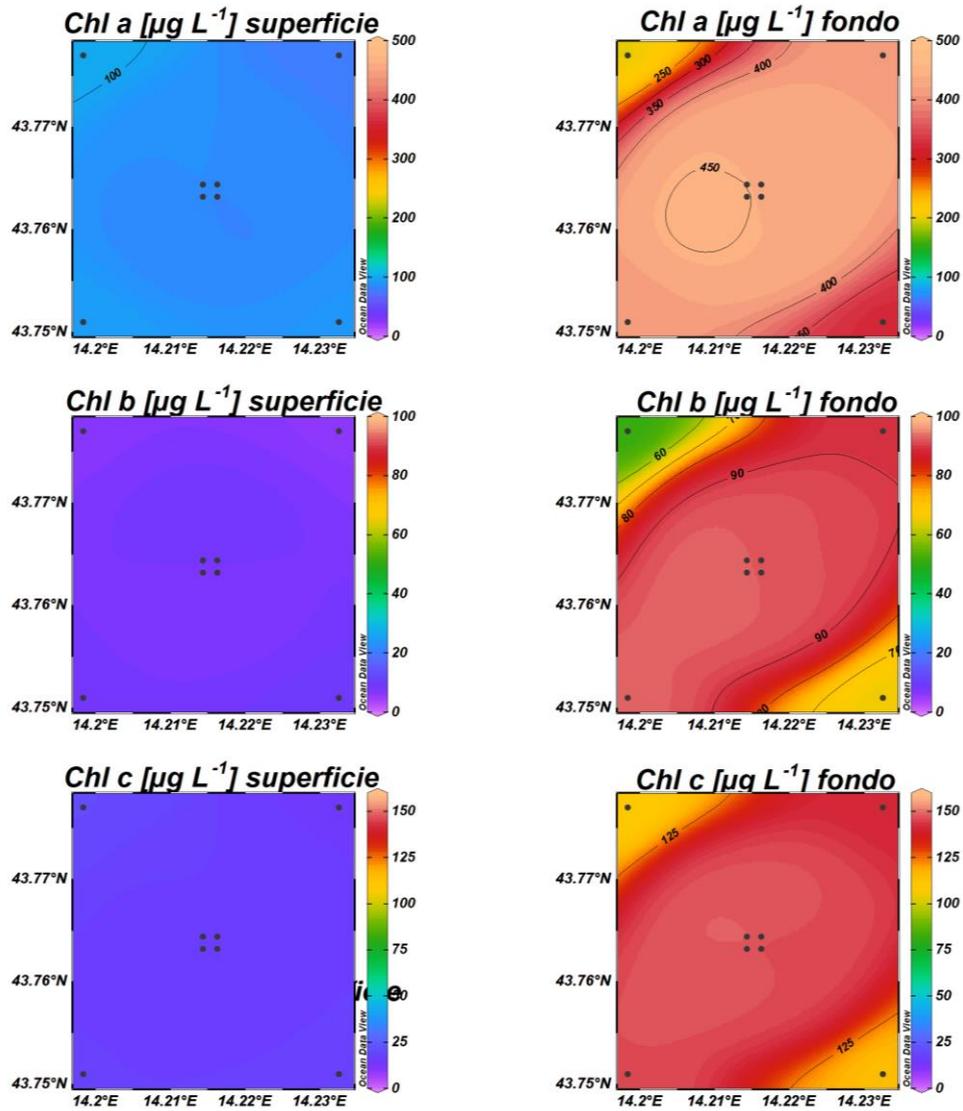
**Fig. 3.19** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in  $\mu\text{g L}^{-1}$ . **Aprile 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.20a** - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Maggio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.20b** - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in  $\text{mg L}^{-1}$ , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in  $\text{ng L}^{-1}$ . **Maggio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



**Fig. 3.21** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in  $\mu\text{g L}^{-1}$ . **Maggio 2023**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

### 3.1.4. IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX

Le concentrazioni degli **Idrocarburi totali (IT)**, **Idrocarburi Alifatici (IA)** e **Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** ricercati, lungo tutta la colonna d'acqua, nelle stazioni campionate durante le 3 campagne di monitoraggio condotte nel 1° semestre 2023 espressi in  $\mu\text{g L}^{-1}$  sono riportati nelle tabelle 3-I - 3-III.

Le concentrazioni degli **Idrocarburi Totali** sono risultate sempre inferiori al limite di quantificazione del metodo analitico, come mostrato in Tab. 3-I.

**Tab. 3-I** - Concentrazioni ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nei tre surveys condotti nel 1° semestre 2023.

Stazione	Idrocarburi Totali (n-esano)		
	Febbraio	Aprile	Maggio
E1 sup	< 31	< 31	< 31
E1 20 m	< 31	< 31	< 31
E1 40 m	< 31	< 31	< 31
E1 Fondo	< 31	< 31	< 31
E2 sup	< 31	< 31	< 31
E2 20 m	< 31	< 31	< 31
E2 40 m	< 31	< 31	< 31
E2 Fondo	< 31	< 31	< 31
E3 sup	< 31	< 31	< 31
E3 20 m	< 31	< 31	< 31
E3 40 m	< 31	< 31	< 31
E3 Fondo	< 31	< 31	< 31
E4 sup	< 31	< 31	< 31
E4 20 m	< 31	< 31	< 31
E4 40 m	< 31	< 31	< 31
E4 Fondo	< 31	< 31	< 31
E5 sup	< 31	< 31	< 31
E5 20 m	< 31	< 31	< 31
E5 40 m	< 31	< 31	< 31
E5 Fondo	< 31	< 31	< 31
E6 sup	< 31	< 31	< 31
E6 20 m	< 31	< 31	< 31
E6 40 m	< 31	< 31	< 31
E6 Fondo	< 31	< 31	< 31
E7 sup	< 31	< 31	< 31
E7 20 m	< 31	< 31	< 31
E7 40 m	< 31	< 31	< 31
E7 Fondo	< 31	< 31	< 31
E8 sup	< 31	< 31	< 31
E8 20 m	< 31	< 31	< 31
E8 40 m	< 31	< 31	< 31
E8 Fondo	< 31	< 31	< 31



In Tab. 3-II sono riportate le concentrazioni degli **Idrocarburi Alifatici** che sono risultate sempre inferiori ai limiti di rilevabilità del metodo analitico in tutti i campioni del 1° semestre 2023.

**Tab. 3-II** - Concentrazioni ( $\mu\text{g L}^{-1}$ ) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nei tre surveys condotti nel 1° semestre 2023.

Stazione	Idrocarburi Alifatici (C10-C32)		
	Febbraio	Aprile	Maggio
E1 sup	< 23	< 23	< 23
E1 20 m	< 23	< 23	< 23
E1 40 m	< 23	< 23	< 23
E1 Fondo	< 23	< 23	< 23
E2 sup	< 23	< 23	< 23
E2 20 m	< 23	< 23	< 23
E2 40 m	< 23	< 23	< 23
E2 Fondo	< 23	< 23	< 23
E3 sup	< 23	< 23	< 23
E3 20 m	< 23	< 23	< 23
E3 40 m	< 23	< 23	< 23
E3 Fondo	< 23	< 23	< 23
E4 sup	< 23	< 23	< 23
E4 20 m	< 23	< 23	< 23
E4 40 m	< 23	< 23	< 23
E4 Fondo	< 23	< 23	< 23
E5 sup	< 23	< 23	< 23
E5 20 m	< 23	< 23	< 23
E5 40 m	< 23	< 23	< 23
E5 Fondo	< 23	< 23	< 23
E6 sup	< 23	< 23	< 23
E6 20 m	< 23	< 23	< 23
E6 40 m	< 23	< 23	< 23
E6 Fondo	< 23	< 23	< 23
E7 sup	< 23	< 23	< 23
E7 20 m	< 23	< 23	< 23
E7 40 m	< 23	< 23	< 23
E7 Fondo	< 23	< 23	< 23
E8 sup	< 23	< 23	< 23
E8 20 m	< 23	< 23	< 23
E8 40 m	< 23	< 23	< 23
E8 Fondo	< 23	< 23	< 23

Le concentrazioni degli **IPA** sono riportate in Tab. 3-III assieme agli Standard di Qualità Ambientale basati sulla media annuale (SQA-MA) e sulla concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) come indicato nel DM 172/2015. A febbraio, gli IPA sono stati quantificati solamente nella stazione E6 in superficie ( $0,0007 \mu\text{g L}^{-1}$ ) attribuibile al fenantrene, in aprile in tre campioni: E4 40 m, ( $0,0009 \mu\text{g L}^{-1}$ ); E5 superficie, ( $0,00062 \mu\text{g L}^{-1}$ ).



L<sup>-1</sup>); E6 20m, (0,00074 µg L<sup>-1</sup>) attribuibili al fenantrene, pirene e antracene rispettivamente, mentre a maggio le concentrazioni sono risultate pari a 0,00074 µg L<sup>-1</sup> in E3 superficie, 0,00062 e 0,00083 µg L<sup>-1</sup> in E7 a 40 m e al fondo tutte rispettivamente attribuibili al fenanstrene.

**Tab. 3-III** - Concentrazioni (µg L<sup>-1</sup>) della sommatoria dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici ( $\Sigma$  16 IPA) e del Benzo(a)pirene misurate nei tre surveys condotti nel 2023. Per il calcolo di  $\Sigma$ IPA è stato utilizzato il criterio del *Lower Bound* che considera nullo il contributo di ogni addendo non rilevabile, applicando però la seguente modifica cautelativa: nel caso in cui le concentrazioni degli addendi siano non rilevabili, il risultato non è zero ma viene definito come inferiore al maggiore dei limiti di rilevabilità dei parametri analitici sommati. SQA-MA= Standard Qualità Ambientale - Media Annuia; SQA-CMA= Standard Qualità Ambientale - Concentrazione Massima Ammissibile.

DM 172/2015 SQA-MA SQA-CMA	IROCARBURI POLICICLICI AROMATICI ( $\Sigma$ 16 IPA)			Benzo(a)pirene		
	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
				0,00017 0,027		
<b>Stazione</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>
E1 sup	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E1 20 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E1 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E1 Fondo	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E2 sup	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E2 20 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E2 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E2 Fondo	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E3 sup	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E3 20 m	<0,0028	<0,0028	0,00074	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E3 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E3 Fondo	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E4 sup	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E4 20 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E4 40 m	<0,0028	0,0009	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E4 Fondo	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E5 sup	<0,0028	0,00062	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E5 20 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E5 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E5 Fondo	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E6 sup	0,00070	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E6 20 m	<0,0028	0,00074	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E6 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E6 Fondo	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E7 sup	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E7 20 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E7 40 m	<0,0028	<0,0028	0,00062	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E7 Fondo	<0,0028	<0,0028	0,00083	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E8 sup	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E8 20 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E8 40 m	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014
E8 Fondo	<0,0028	<0,0028	<0,0028	<0,00014	<0,00014	<0,00014



I valori misurati per i **Solventi Organici Aromatici (BTEX)** sono riportati in Tab. 3-IV assieme agli Standard di Qualità Ambientale basati sulla media annuale (SQA-MA) e sulla concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) come indicato nel DM 172/2015.

I valori di **benzene** rilevati a aprile e maggio, seppur in tracce e prossimi al limite di rilevabilità ( $0,01 \mu\text{g L}^{-1}$ ), sono risultati compresi tra  $0,011 \mu\text{g L}^{-1}$  e  $0,091 \mu\text{g L}^{-1}$ , mentre a febbraio non è mai stato quantificato.

L'**etilbenzene** è risultato sempre inferiore al limite di rilevabilità in aprile, mentre in febbraio e maggio è stato rilevato in soli 9 campioni: 5 provenienti dalle stazioni vicine alla piattaforma (E1-E4- range tra  $0,011$  e  $0,018 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e 4 dalle stazioni di controllo (E5-E8. Range  $0,011$  e  $0,0134 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

A febbraio lo **stirene** è stato rilevato in 7 campioni nelle stazioni E1-E4 (range  $0,0104$  -  $0,0119 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e nella zona di controllo in E7 20m ( $0,0101 \mu\text{g L}^{-1}$ ); in aprile e maggio il valore medio nelle stazioni E1-E4 ( $0,0168 \pm 0,0061 \mu\text{g L}^{-1}$ ) è risultato paragonabile rispetto alle medie delle stazioni di controllo E5-E8 ( $0,0186 \pm 0,0046 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

Il **toluene** ha mostrato valori inferiori al limite di rilevabilità in tutti i campioni analizzati durante il primo semestre di monitoraggio.

Lo **xilene** a febbraio è stato quantificato in tutte le quote superficiali e le medie tra le stazioni E1-E4 e le stazioni E5-E8 (rispettivamente  $0,0775 \pm 0,0315 \mu\text{g L}^{-1}$ ;  $0,0578 \pm 0,0200 \mu\text{g L}^{-1}$ ) non evidenziano differenze tra le due aree. In aprile e maggio è risultato invece sempre inferiore al limite di rilevabilità.

**Tab. 3-IV --** Microinquinanti organici (BTEX;  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) determinati nei tre surveys condotti nel 1° semestre 2023. SQA-MA= Standard Qualità Ambientale - Media Annuo; SQA-CMA= Standard Qualità Ambientale - Concentrazione Massima Ammissibile

DM 172/2015 SQA-MA SQA-CMA	Benzene			Etilbenzene			Stirene		
	8								
	50								
Stazione	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
E1 sup	<0,010	<0,010	0.033	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.013	0.016
E1 20 m	<0,010	<0,010	0.028	<0,010	<0,010	0.018	0,0104	0.023	0.037
E1 40 m	<0,010	<0,010	0.013	<0,010	<0,010	<0,010	0,0110	0.013	0.021
E1 Fondo	<0,010	<0,010	0.012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.011	0.013
E2 sup	<0,010	<0,010	0.034	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.011
E2 20 m	<0,010	<0,010	0.019	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.015	0.011
E2 40 m	<0,010	<0,010	0.012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.011	0.015
E2 Fondo	<0,010	<0,010	0.011	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.012
E3 sup	<0,010	<0,010	0.018	0,0137	<0,010	0.011	0,0107	0.015	0.025
E3 20 m	<0,010	<0,010	0.031	<0,010	<0,010	<0,010	0,0115	0.01	0.014
E3 40 m	<0,010	<0,010	0.014	<0,010	<0,010	<0,010	0,0114	0.012	0.012
E3 Fondo	<0,010	<0,010	0.012	<0,010	<0,010	0.011	0,0119	<0,010	0.022
E4 sup	<0,010	<0,010	0.03	<0,010	<0,010	0.014	<0,010	0.016	0.026
E4 20 m	<0,010	<0,010	0.028	<0,010	<0,010	<0,010	0,0117	<0,010	0.016
E4 40 m	<0,010	<0,010	0.013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.016	0.019
E4 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.023	0.021
E5 sup	<0,010	<0,010	0.091	0,0134	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.02
E5 20 m	<0,010	<0,010	0.016	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.016
E5 40 m	<0,010	<0,010	0.051	<0,010	<0,010	0.012	<0,010	0.012	0.023
E5 Fondo	<0,010	0.016	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.026	<0,010
E6 sup	<0,010	<0,010	0.04	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010
E6 20 m	<0,010	<0,010	0.014	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.029
E6 40 m	<0,010	<0,010	0.038	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.02	0.018
E6 Fondo	<0,010	0.011	0.03	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.019	<0,010
E7 sup	<0,010	<0,010	0.038	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.019	0.014
E7 20 m	<0,010	<0,010	0.012	<0,010	<0,010	0.011	0,0101	0.017	0.024
E7 40 m	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.02	0.011
E7 Fondo	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.015	0.017
E8 sup	<0,010	<0,010	0.012	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.022	0.019
E8 20 m	<0,010	<0,010	0.013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.012
E8 40 m	<0,010	<0,010	0.07	<0,010	<0,010	0.012	<0,010	0.013	0.023
E8 Fondo	<0,010	<0,010	0.013	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	<0,010	0.018

**Tab. 3-IV --** Microinquinanti organici (BTEX;  $\mu\text{g L}^{-1}$ ) determinati nei tre surveys condotti nel 1° semestre 2023. SQA-MA= Standard Qualità Ambientale - Media Annuia; SQA-CMA= Standard Qualità Ambientale - Concentrazione Massima Ammissibile (continua).

	Toluene			Xilene		
DM 172/2015 SQA-MA SQA-CMA	1			1		
Stazione	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
E1 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,086	<0,020	<0,020
E1 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E1 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E1 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E2 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,034	<0,020	<0,020
E2 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E2 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E2 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E3 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,081	<0,020	<0,020
E3 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E3 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E3 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E4 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,109	<0,020	<0,020
E4 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E4 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E4 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E5 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,078	<0,020	<0,020
E5 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E5 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E5 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E6 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,07	<0,020	<0,020
E6 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E6 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E6 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E7 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,034	<0,020	<0,020
E7 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E7 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E7 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E8 sup	<0,050	<0,050	<0,050	0,049	<0,020	<0,020
E8 20 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E8 40 m	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020
E8 Fondo	<0,050	<0,050	<0,050	<0,020	<0,020	<0,020

### 3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale ovunque durante i monitoraggi del 1° semestre 2023 (Tab. 3-V).

**Tab. 3-V** - Concentrazioni (mg L<sup>-1</sup>) di Glicole etilenico registrate nel corso dei tre surveys condotti nel 1° semestre 2023.

Stazione	Glicole Etilenico		
	Febbraio	Aprile	Maggio
E1 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E1 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E1 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E1 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5
E2 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E2 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E2 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E2 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5
E3 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E3 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E3 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E3 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5
E4 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E4 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E4 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E4 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5
E5 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E5 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E5 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E5 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5
E6 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E6 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E6 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E6 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5
E7 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E7 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E7 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E7 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5
E8 sup	<1,5	<1,5	<1,5
E8 20 m	<1,5	<1,5	<1,5
E8 40 m	<1,5	<1,5	<1,5
E8 Fondo	<1,5	<1,5	<1,5



### 3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nelle campagne condotte in luglio, novembre e dicembre 2022 sono riportate in Tab. 3-VI assieme agli Standard di Qualità Ambientale basati sulla media annuale (SQA-MA) e sulla concentrazione massima ammissibile (SQA-CMA) come indicato nel DM 172/2015.

**Alluminio** – Le concentrazioni più elevate sono state rilevate in febbraio con medie simili nei due gruppi di stazioni ( $23,71 \pm 10,56$  e  $27,43 \pm 19,13 \mu\text{g L}^{-1}$  in E1-E4 e in E5-E8, rispettivamente). Ad aprile l'alluminio è stato rilevato solamente nelle stazioni di controllo in un range di  $0,492$ - $6,5 \mu\text{g L}^{-1}$ , mentre in maggio è risultato superiore al limite di rilevabilità solamente in E1 20m ( $0,58 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Le elevate deviazioni standard confermano l'ampio spettro di variabilità delle concentrazioni di questo metallo.

**Arsenico** - Una certa omogeneità geografica e valori più elevati hanno caratterizzato l'arsenico in febbraio ( $1,82 \pm 0,14$  e  $1,83 \pm 0,26 \mu\text{g L}^{-1}$  in E1-E4 e in E5-E8, rispettivamente), mentre in aprile è risultato rilevabile solamente in 2 campioni ( $0,62$  e  $0,51 \mu\text{g L}^{-1}$  in E5 20m e E7 fondo rispettivamente), mentre a maggio tutti i valori sono risultati al di sotto del limite di quantificazione.

**Bario** - Anche il bario è risultato distribuito omogeneamente e ha presentato un andamento analogo a quello dell'alluminio e dell'arsenico. Valori più elevati hanno caratterizzato il mese di febbraio ( $5,48 \pm 1,81$  e  $4,72 \pm 1,29 \mu\text{g L}^{-1}$  in E1-E4 e in E5-E8, rispettivamente), e fatta eccezione per il picco osservato in E5 20m ( $21 \mu\text{g L}^{-1}$ ) valori più contenuti sono stati osservati ad aprile ( $0,38 \pm 0,35 \mu\text{g L}^{-1}$ ) mentre a maggio è stato rilevato solamente in 3 campioni nel range  $0,10 \pm 0,25 \mu\text{g L}^{-1}$ .

**Cadmio** - Il cadmio è stato rilevato solamente in 2 campioni, ad aprile in E5 20 m e E7 fondo (rispettivamente  $0,501$  e  $0,351 \mu\text{g L}^{-1}$ ) risultando superiore al limite SQA-MA fissato per questo elemento ( $0,2 \mu\text{g L}^{-1}$ ) in entrambi i campioni rilevati.

**Cromo** - Anche per il cromo sono stati registrati pochi valori utili in tutto l'anno. In febbraio risulta superiore al limite di rilevabilità solo un valore pari a  $1,2 \mu\text{g L}^{-1}$  in E3 sup, mentre ad aprile le concentrazioni sono risultate rilevabili solo nell'area di controllo (media  $0,43 \pm 0,45 \mu\text{g L}^{-1}$ ), diversamente in maggio tutti i valori risultano inferiori al limite di rilevabilità.

**Ferro** – Il ferro risulta rilevabile solo in 2 campioni; a febbraio in E7 20m ( $21 \mu\text{g L}^{-1}$ ) e ad aprile



in E5 20m ( $6.3 \mu\text{g L}^{-1}$ ).

**Mercurio** – A febbraio il mercurio è risultato compreso tra  $0,01$  e  $0,163 \mu\text{g L}^{-1}$  in E1-E4 e tra  $0,01$  e  $0,09 \mu\text{g L}^{-1}$  in E5-E8, risultando superiore allo SQA-CMA fissato per legge ( $0,07 \mu\text{g L}^{-1}$ ) in 2 campioni, uno dei quali nell'area prossima alla piattaforma. In aprile e maggio i valori sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità strumentale.

**Nichel** - I livelli di nichel nel 2022 sono risultati generalmente bassi. A febbraio, non è stato rilevato alcun valore, mentre ad aprile sono stati rilevati solo due valori in E5 20m ( $0,417 \mu\text{g L}^{-1}$ ) ed E7 fondo ( $0,129 \mu\text{g L}^{-1}$ ), mentre a maggio è risultato sempre inferiore al limite di rilevabilità strumentale.

**Piombo** – Nel primo semestre il piombo è stato quantificato solamente in due campioni durante il campionamento di aprile:  $0,479$  e  $0,65$  in E7 fondo ed E5 20m rispettivamente.

**Rame** – A febbraio il rame è stato rilevato ovunque in concentrazioni variabili tra  $1,1$  e  $6,2 \mu\text{g L}^{-1}$ , senza differenze significative tra le medie delle due aree (E1-E4:  $4,86 \pm 0,90 \mu\text{g L}^{-1}$ ; E5-E8:  $3,34 \pm 1,33 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Ad aprile, fatta eccezione per il massimo isolato ( $17,2 \mu\text{g L}^{-1}$ ) in E5 20m, i valori sono risultati compresi tra  $0,184$  e  $0,209$  nell'area prossima alla piattaforma e tra  $0,104$  e  $1,44$  nell'area di controllo. A maggio il rame è stato sempre inferiore al limite di rilevabilità.

**Vanadio** - Valori molto omogenei dal punto di vista geografico, hanno caratterizzato le concentrazioni di vanadio durante il primo semestre. A febbraio, come per molti altri metalli, le concentrazioni sono risultate più elevate, con medie paragonabili tra le due aree (E1-E4:  $3,29 \pm 0,57 \mu\text{g L}^{-1}$ ; E5-E8:  $3,42 \pm 0,52 \mu\text{g L}^{-1}$ ). Ad aprile è stato rilevato solo in E5 20m ( $1,46 \mu\text{g L}^{-1}$ ), mentre a maggio le concentrazioni sono risultate sempre inferiori al limite di rilevabilità.

**Zinco** – A febbraio fatta eccezione per il massimo isolato in E7 sup ( $9,5 \mu\text{g L}^{-1}$ ) lo zinco è risultato sempre inferiore al limite di rilevabilità; in aprile è stato rilevato in due campioni nell'area prossima alla piattaforma (media  $0,48 \pm 0,08 \mu\text{g L}^{-1}$ ), e in 6 campioni nell'area di controllo (range  $0,426$ - $3,56 \mu\text{g L}^{-1}$ ), mentre a maggio i valori sono risultati tutti inferiori al limite di rilevabilità.

**Indio** – In febbraio e maggio l'indio è risultato sempre inferiore al limite di rilevabilità, mentre in aprile è risultato in media  $0,36 \pm 0,05 \mu\text{g L}^{-1}$  in E1-E4 e  $0,90 \pm 1,00 \mu\text{g L}^{-1}$  in E5-E8.

**Silicio** – Nel primo semestre 2023 per il silicio non si evidenziano differenziazioni tra i valori dell'area di controllo e quella prossima alla piattaforma. I valori risultano caratterizzati da valori

medi pari a  $0,22 \pm 0,12 \text{ mg L}^{-1}$  a febbraio e a  $0,17 \pm 0,04 \text{ mg L}^{-1}$  in aprile. A maggio invece è stato rilevato solamente in E4 40m ( $0,51 \text{ mg L}^{-1}$ ).

**Tab. 3- VI-** Concentrazioni ( $\mu\text{g/L}$ ; Si in  $\text{mg/L}$ ) di Metalli Pesanti registrate nel corso dei surveys condotti nel 1° semestre 2023. SQA-MA= Standard Qualità Ambientale - Media Annuale; SQA-CMA= Standard Qualità Ambientale - Concentrazione Massima Ammissibile.

DM 172/2015	Alluminio (Al)			Arsenico (As)			Bario (Ba)		
SQA-MA				5					
SQA-CMA									
Stazione	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
E1 sup	11,0	<0,40	<0,40	1,77	<0,10	<0,10	4,1	0,313	<0,10
E1 20 m	24,9	<0,40	0,58	1,54	<0,10	<0,10	5,4	0,276	<0,10
E1 40 m	12,0	<0,40	<0,40	1,67	<0,10	<0,10	5,1	0,28	<0,10
E1 Fondo	51,0	<0,40	<0,40	1,64	<0,10	<0,10	6,2	0,297	<0,10
E2 sup	21,1	<0,40	<0,40	1,90	<0,10	<0,10	5,6	0,301	<0,10
E2 20 m	27,0	<0,40	<0,40	1,87	<0,10	<0,10	11,0	0,305	<0,10
E2 40 m	29,6	<0,40	<0,40	2,03	<0,10	<0,10	5,5	0,325	<0,10
E2 Fondo	20,6	<0,40	<0,40	1,92	<0,10	<0,10	6,1	0,323	<0,10
E3 sup	42,4	<0,40	<0,40	2,05	<0,10	<0,10	6,2	0,294	<0,10
E3 20 m	18,0	<0,40	<0,40	2,02	<0,10	<0,10	4,2	0,299	<0,10
E3 40 m	19,0	<0,40	<0,40	1,73	<0,10	<0,10	3,1	0,297	<0,10
E3 Fondo	20,2	<0,40	<0,40	1,74	<0,10	<0,10	4,2	0,273	<0,10
E4 sup	16,0	<0,40	<0,40	1,83	<0,10	<0,10	7,3	0,297	<0,10
E4 20 m	16,0	<0,40	<0,40	1,79	<0,10	<0,10	4,9	0,302	<0,10
E4 40 m	21,7	<0,40	<0,40	1,83	<0,10	<0,10	4,4	0,304	0,25
E4 Fondo	28,9	<0,40	<0,40	1,84	<0,10	<0,10	4,4	0,306	0,1
E5 sup	20,5	<0,40	<0,40	1,74	<0,10	<0,10	5,5	1,56	<0,10
E5 20 m	21,4	3,61	<0,40	1,72	0,62	<0,10	3,6	21,0	<0,10
E5 40 m	13,0	<0,40	<0,40	1,68	<0,10	<0,10	2,4	1,79	<0,10
E5 Fondo	89,0	<0,40	<0,40	2,25	<0,10	<0,10	5,6	0,28	<0,10
E6 sup	15,0	<0,40	<0,40	1,54	<0,10	<0,10	5,0	0,237	<0,10
E6 20 m	23,1	<0,40	<0,40	2,21	<0,10	<0,10	4,9	0,246	0,10
E6 40 m	18,0	<0,40	<0,40	1,87	<0,10	<0,10	4,2	0,274	<0,10
E6 Fondo	14,0	<0,40	<0,40	2,12	<0,10	<0,10	2,4	0,247	0,14
E7 sup	18,0	<0,40	<0,40	1,60	<0,10	<0,10	4,0	0,285	<0,10
E7 20 m	41,0	<0,40	<0,40	1,54	<0,10	<0,10	4,0	0,284	<0,10
E7 40 m	25,7	<0,40	<0,40	1,60	<0,10	<0,10	6,4	0,269	<0,10
E7 Fondo	33,4	<0,40	<0,40	1,55	0,51	<0,10	4,5	0,448	<0,10
E8 sup	29,6	0,515	<0,40	2,08	<0,10	<0,10	6,6	0,27	<0,10
E8 20 m	18,0	6,5	<0,40	2,17	<0,10	<0,10	4,3	0,294	<0,10
E8 40 m	46,2	0,8	<0,40	1,88	<0,10	<0,10	6,1	0,276	<0,10
E8 Fondo	13,0	0,492	<0,40	1,68	<0,10	<0,10	6,0	0,266	<0,10

Tab. 3- VI – Continuo.

DM 172/2015	Cadmio (Cd)			Cromo totale			Ferro (Fe)		
SQA-MA SQA-CMA	0,2			4					
Stazione	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
E1 sup	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E1 20 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E1 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E1 Fondo	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E2 sup	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E2 20 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E2 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E2 Fondo	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E3 sup	<0,16	<0,10	<0,10	1,2	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E3 20 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E3 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E3 Fondo	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E4 sup	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E4 20 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E4 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E4 Fondo	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E5 sup	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	0,213	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E5 20 m	<0,16	0,501	<0,10	<0,22	1,44	<0,10	<4,9	6,3	<5,0
E5 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	0,249	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E5 Fondo	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	0,12	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E6 sup	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E6 20 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E6 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E6 Fondo	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E7 sup	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	0,113	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E7 20 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	0,118	<0,10	21,8	<5,0	<5,0
E7 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	0,114	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E7 Fondo	<0,16	<b>0,351</b>	<0,10	<0,22	0,33	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E8 sup	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E8 20 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E8 40 m	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0
E8 Fondo	<0,16	<0,10	<0,10	<0,22	<0,10	<0,10	<4,9	<5,0	<5,0

Tab. 3- VI – Continuo.

DM 172/2015	Mercurio (Hg)			Nichel (Ni)			Piombo (Pb)		
	0,07			8,6 34			1,3 14		
Stazione	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
SQA-MA									
SQA-CMA									
E1 sup	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E1 20 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E1 40 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E1 Fondo	0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E2 sup	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E2 20 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E2 40 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E2 Fondo	<b>0,163</b>	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E3 sup	0,03	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E3 20 m	0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E3 40 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E3 Fondo	0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E4 sup	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E4 20 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E4 40 m	0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E4 Fondo	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E5 sup	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E5 20 m	0,03	<0,050	<0,050	<0,14	0,417	<0,10	<0,14	0,65	<0,10
E5 40 m	0,02	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E5 Fondo	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E6 sup	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E6 20 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E6 40 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E6 Fondo	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E7 sup	0,07	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E7 20 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E7 40 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E7 Fondo	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	0,129	<0,10	<0,14	0,479	<0,10
E8 sup	0,06	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E8 20 m	0,05	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E8 40 m	<0,01	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10
E8 Fondo	<b>0,09</b>	<0,050	<0,050	<0,14	<0,10	<0,10	<0,14	<0,10	<0,10

Tab. 3- VI – Continuo.

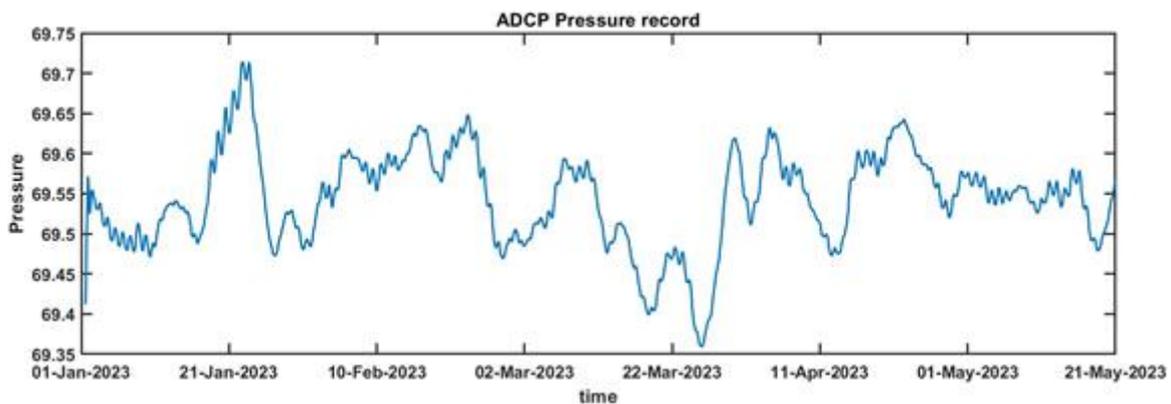
DM 172/2015 SQA-MA SQA-CMA	Rame (Cu)			Vanadio (V)			Zinco (Zn)		
	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
<b>Stazione</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>
E1 sup	6,3	<0,10	<0,10	3,2	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E1 20 m	4,9	<0,10	<0,10	2,6	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E1 40 m	4,5	<0,10	<0,10	2,6	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E1 Fondo	4,9	<0,10	<0,10	3,4	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E2 sup	5,9	<0,10	<0,10	2,7	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E2 20 m	5,6	<0,10	<0,10	2,8	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E2 40 m	6,6	<0,10	<0,10	4,8	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E2 Fondo	4,5	<0,10	<0,10	3,8	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E3 sup	4,5	0,185	<0,10	3,8	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E3 20 m	3,9	0,187	<0,10	3,4	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E3 40 m	5,6	0,188	<0,10	3,7	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E3 Fondo	4,0	0,209	<0,10	3,0	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E4 sup	3,7	0,188	<0,10	3,2	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E4 20 m	4,4	0,184	<0,10	3,1	<0,10	<0,10	<2,4	0,428	<0,40
E4 40 m	3,8	0,188	<0,10	3,0	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E4 Fondo	4,6	0,195	<0,10	3,6	<0,10	<0,10	<2,4	0,538	<0,40
E5 sup	3,1	1,29	<0,10	4,7	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E5 20 m	4,8	17,2	<0,10	4,4	1,46	<0,10	<2,4	3,56	<0,40
E5 40 m	3,7	1,44	<0,10	3,8	<0,10	<0,10	<2,4	0,72	<0,40
E5 Fondo	2,2	0,263	<0,10	3,2	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E6 sup	2,3	0,183	<0,10	3,5	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E6 20 m	1,4	0,259	<0,10	3,0	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E6 40 m	3,8	0,184	<0,10	3,6	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E6 Fondo	1,1	0,191	<0,10	3,3	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E7 sup	3,0	0,265	<0,10	3,2	<0,10	<0,10	9,5	0,522	<0,40
E7 20 m	4,0	0,257	<0,10	3,4	<0,10	<0,10	<2,4	0,426	<0,40
E7 40 m	2,7	0,296	<0,10	3,5	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E7 Fondo	4,0	0,329	<0,10	3,1	<0,10	<0,10	<2,4	0,493	<0,40
E8 sup	4,2	<0,10	<0,10	3,4	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E8 20 m	6,2	0,549	<0,10	3,0	<0,10	<0,10	<2,4	0,71	<0,40
E8 40 m	4,6	0,104	<0,10	2,8	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40
E8 Fondo	2,3	<0,10	<0,10	2,8	<0,10	<0,10	<2,4	<0,40	<0,40

Tab. 3- VI – Continuo.

DM 172/2015	Indio (ln)			Silicio		
	Febbraio	Aprile	Maggio	Febbraio	Aprile	Maggio
SQA-MA						
SQA-CMA						
<b>Stazione</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>	<b>Febbraio</b>	<b>Aprile</b>	<b>Maggio</b>
E1 sup	<0,08	<0,10	<0,10	0,18	0,16	<0,10
E1 20 m	<0,08	<0,10	<0,10	0,21	0,14	<0,10
E1 40 m	<0,08	<0,10	<0,10	0,20	0,13	<0,10
E1 Fondo	<0,08	<0,10	<0,10	0,24	0,16	<0,10
E2 sup	<0,08	<0,10	<0,10	0,20	0,15	<0,10
E2 20 m	<0,08	<0,10	<0,10	0,25	0,15	<0,10
E2 40 m	<0,08	<0,10	<0,10	0,19	0,14	<0,10
E2 Fondo	<0,08	<0,10	<0,10	0,29	0,2	<0,10
E3 sup	<0,08	0,394	<0,10	0,22	0,13	<0,10
E3 20 m	<0,08	0,401	<0,10	0,20	0,14	<0,10
E3 40 m	<0,08	0,38	<0,10	0,20	0,11	<0,10
E3 Fondo	<0,08	0,372	<0,10	0,26	0,19	<0,10
E4 sup	<0,08	0,268	<0,10	0,071	0,15	<0,10
E4 20 m	<0,08	0,315	<0,10	0,22	0,13	<0,10
E4 40 m	<0,08	0,377	<0,10	0,24	0,14	0,51
E4 Fondo	<0,08	0,383	<0,10	0,27	0,26	<0,10
E5 sup	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	0,16	<0,10
E5 20 m	<0,08	2,05	<0,10	0,058	0,14	<0,10
E5 40 m	<0,08	<0,10	<0,10	0,33	0,16	<0,10
E5 Fondo	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	0,23	<0,10
E6 sup	<0,08	<0,10	<0,10	0,024	0,15	<0,10
E6 20 m	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	0,17	<0,10
E6 40 m	<0,08	0,242	<0,10	0,65	0,16	<0,10
E6 Fondo	<0,08	0,402	<0,10	0,16	0,25	<0,10
E7 sup	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	0,18	<0,10
E7 20 m	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	<0,021	<0,10
E7 40 m	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	<0,021	<0,10
E7 Fondo	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	<0,021	<0,10
E8 sup	<0,08	<0,10	<0,10	0,19	0,18	<0,10
E8 20 m	<0,08	<0,10	<0,10	0,21	0,15	<0,10
E8 40 m	<0,08	<0,10	<0,10	0,31	0,17	<0,10
E8 Fondo	<0,08	<0,10	<0,10	<0,021	0,25	<0,10

### 3.1.7. MISURE CORRENTOMETRICHE

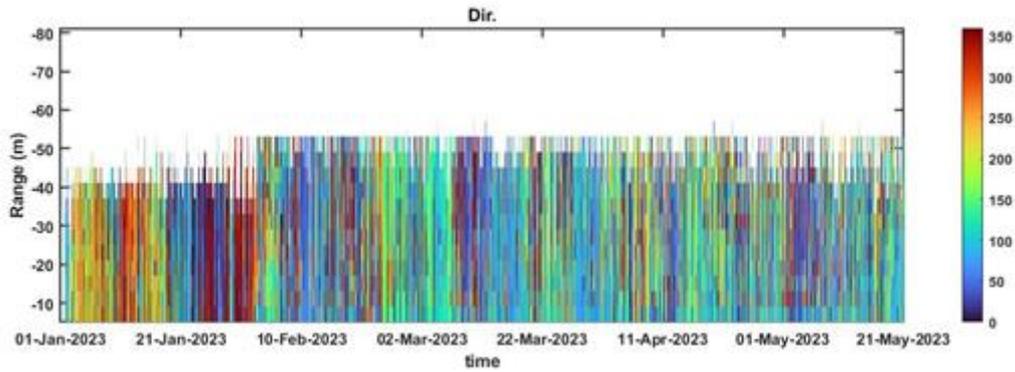
La serie temporale riportata in questa relazione fa riferimento a due periodi di registrazione differenti. I dati sono stati processati in modo da ottenere un'unica serie temporale ai fini di facilitare la rappresentazione grafica. In figura 3.22 è mostrato il grafico della pressione relativo al periodo di registrazione gennaio- maggio 2023. Il grafico denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione. Infatti, non si notano abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure.



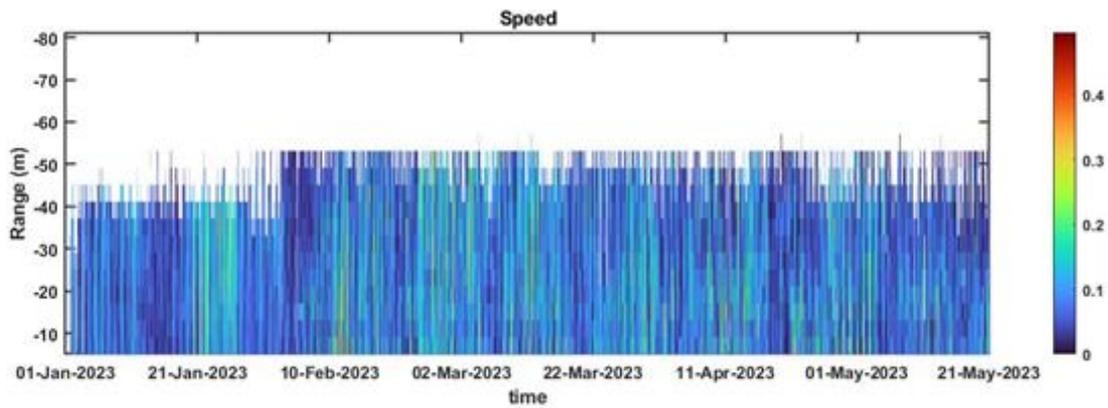
**Fig. 3.22** – Pressione registrata nel periodo gennaio – maggio 2023 dal correntometro posizionato presso Elettra.

Per quanto concerne le misure correntometriche (figg. 3.23 – 3.25) relative al periodo preso in esame la corrente è stata caratterizzata da un andamento variabile con una rotazione della direzione principalmente tra quelle settentrionali e meridionali.

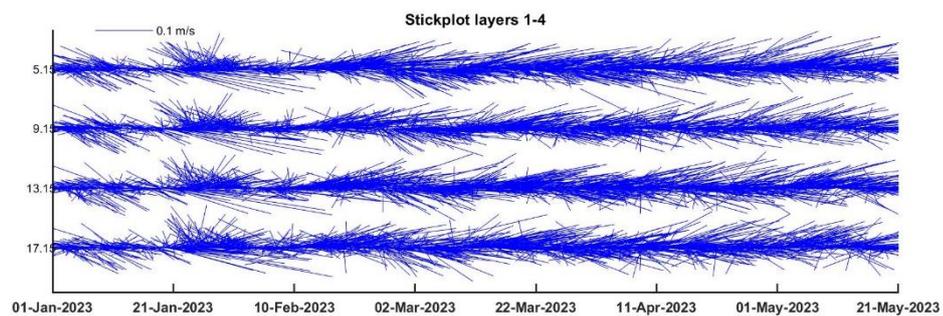
I mesi di gennaio e febbraio sono stati caratterizzati da una notevole variabilità con una corrente prevalentemente verso Sud-Est con rotazione verso Nord/Nord-Est e velocità intorno ai  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ . Nel mese di marzo le misure hanno mostrato fluttuazioni di direzione della corrente molto ben marcate che hanno interessato in modo omogeneo tutta la colonna d'acqua. In particolare, la direzione è variata generalmente tra Sud-Ovest e Nord-Est, con picchi fino a  $0,2 \text{ m s}^{-1}$ , verso la fine del mese. Durante il mese di aprile la direzione prevalente è stata settentrionale, tra Nord-Est e Nord-Ovest. Durante il mese di maggio, la direzione della corrente risulta prevalentemente settentrionale, tra Nord-Est e Nord-Ovest, con brevi rotazioni verso Sud-Ovest e velocità sempre inferiori ai  $0,1 \text{ m s}^{-1}$ .

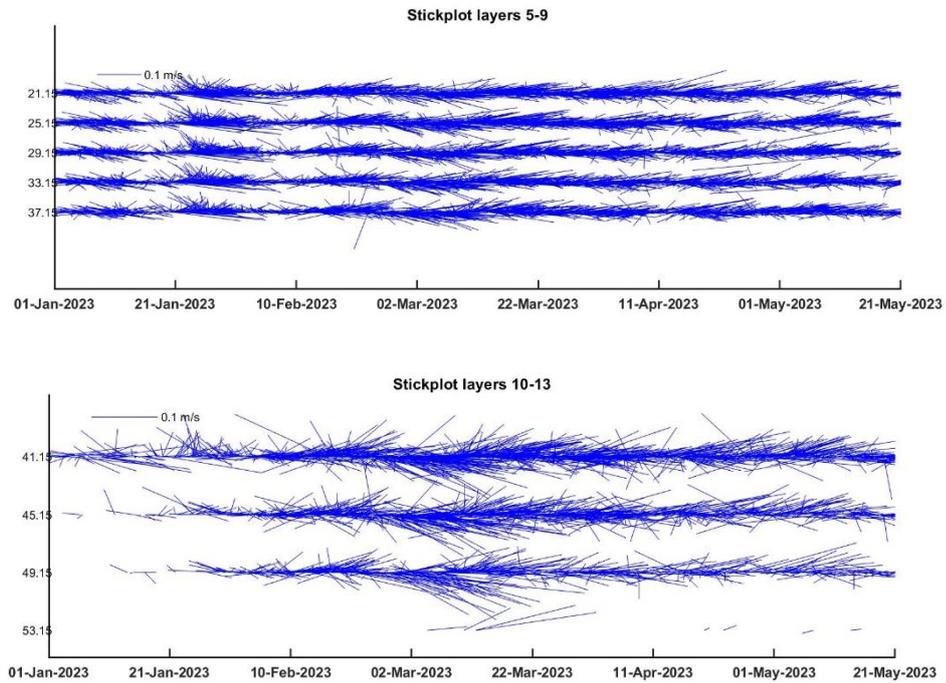


**Fig. 3.23** - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - maggio 2023.



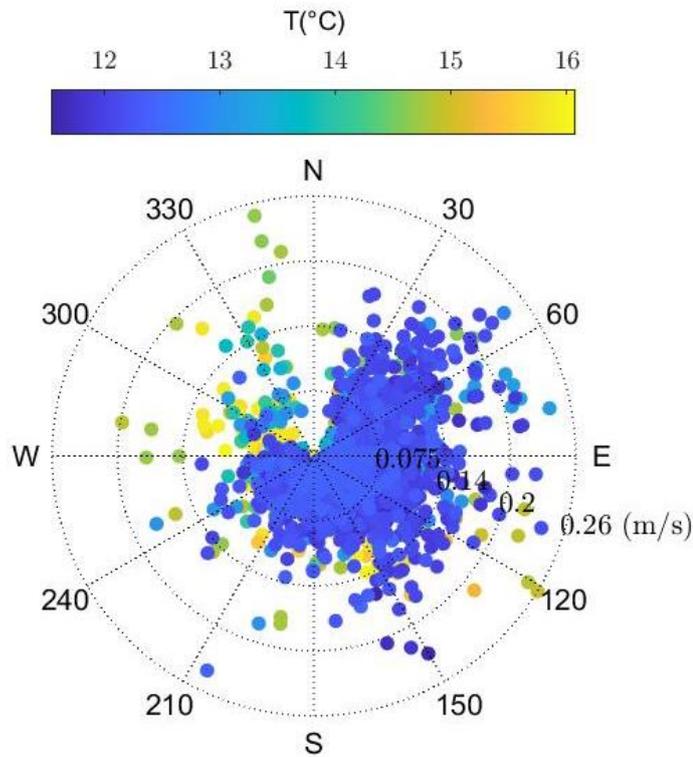
**Fig. 3.24** - Contour plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - maggio 2023.



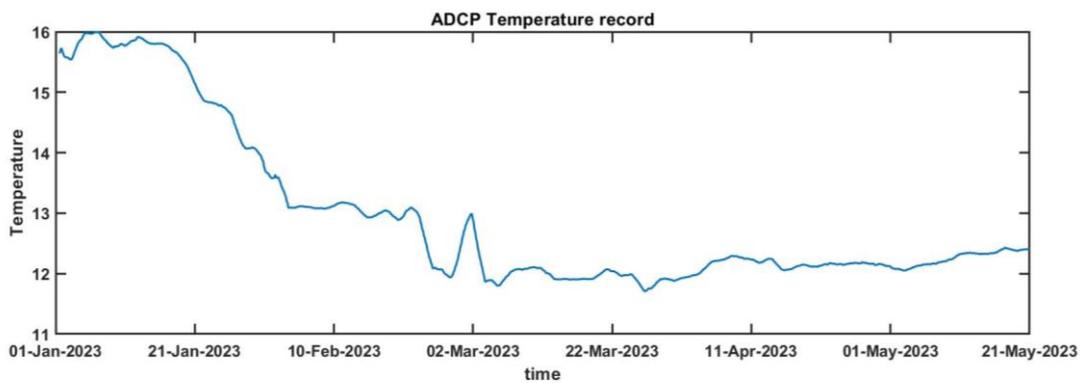


**Fig. 3.25** - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d’acqua ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo gennaio - maggio 2023.

L’andamento della temperatura rilevata (figure 3.26 e 3.27), è risultata caratterizzata da un decremento tra i mesi di gennaio e marzo, da circa 15,5°C a circa 13,5°C. Successivamente, durante gli altri mesi, i valori misurati si sono stabilizzati a circa 12,5°C.



**Fig. 3.26-** Scatter polare della temperatura rilevata con l'ADCP nel periodo da gennaio a maggio 2023.



**Fig. 3.27-** Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - maggio 2023.



#### 4. CONCLUSIONI

In riferimento al DVADEC-2013-0000103 del 15/04/2013 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Elettra e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma al sea-line Bonaccia - Barbara C. A partire dal 2022, tale monitoraggio è proseguito per opera del nuovo RTI costituito dal Mandatario OGS e dai Mandanti CNR-IRBIM di Ancona, SZN di Napoli, AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara, CIBM di Livorno, UNIVPM di Ancona e Shelter di Milano.

Gli aspetti indagati contemplati nello studio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle conoscenze acquisite dal CNR-IRBIM di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell’oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; c) alle numerose esperienze effettuate dal CNR- IRBIM di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione off-shore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Emilio, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2 & 3, Fauzia, Bonaccia NW, Clara NW); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Elettra.

Nel giugno 2019 si sono conclusi i 5 anni di indagini previste nella fase di esercizio di Elettra, i cui risultati sono riportati in Spagnolo *et al.*, 2021a, eccetto la colonna d’acqua. Per questo comparto, infatti, è stato richiesto dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (parere n. 11056 CTVA del 12/10/2012) un monitoraggio per tutta la durata di produzione della piattaforma.

Nel presente rapporto, sono descritti i risultati conseguiti per la sola colonna d’acqua (inclusi quelli correntometrici) nel 1° semestre 2023.

**Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d’acqua** – Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d’acqua osservate nel 1° semestre 2023 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998).

Nel primo semestre 2023 le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Non sono emerse differenze



significative tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza. Rispetto agli anni precedenti, la concentrazione media di nitriti è risultata comparabile a quanto osservato fino ad ora, sebbene lievemente più contenuta rispetto al 2020. I nitrati e l'ammonio sono risultati mediamente paragonabili a quanto osservato nel triennio precedente, e più contenuti rispetto al 2019. La concentrazione media dei fosfati è risultata inferiore ai dati del I trimestre del triennio precedente, ma comparabile a quanto osservato nel 2019. I silicati sono risultati paragonabili al 1° semestre 2022, più contenuti rispetto agli anni 2019 e 2021, ma più elevati del 2020.

Il carico del solido sospeso è risultato paragonabile a quanto osservato nel 1° semestre 2022, superiore ai dati ottenuti nel 2021, ma inferiore rispetto agli anni 2019 e 2020. I valori maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Sia la concentrazione media di clorofilla *a* che quella di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e di clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono risultate comparabili rispetto al primo semestre del triennio precedente. Le concentrazioni sono rientrate nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998) e non sono emerse differenze tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza, fatta eccezione per il mese di maggio, caratterizzato da concentrazioni più elevate nelle stazioni prossime alla piattaforma.

In definitiva, non sono apparse evidenti delle alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Elettra, confermando i risultati precedenti.

Per quanto riguarda i contaminanti, le concentrazioni di idrocarburi totali (IT), idrocarburi alifatici (IA), Idrocarburi policiclici aromatici (IPA), BTEX e glicole etilenico non indicano particolari criticità nell'intera area d'indagine dal momento che valori inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale o comunque molto contenuti sono stati misurati in tutti i campioni ed in entrambe le campagne.

Sebbene alcuni metalli abbiano presentato in febbraio valori più elevati rispetto alle altre campagne, e per il mercurio siano stati misurati due valori superiori allo SQA-CMA stabilito per legge, e per il cadmio un valore superiore allo SQA-MA, la generale comparabilità delle concentrazioni misurate vicino alla piattaforma e nei controlli suggerisce che tale incremento



non è inequivocabilmente dovuto all'attività della piattaforma. Si rimanda alla nota tecnica (All. A2) per dettagli inerenti gli aspetti metodologici.

**Correntometria** – Durante tutto il periodo in esame la corrente è stata caratterizzata da un andamento variabile con una rotazione della direzione principalmente tra quelle settentrionali e meridionali, così come osservato in precedenza che ha interessato in modo omogeneo tutta la colonna d'acqua. Le velocità sono risultate piuttosto modeste.



## 5. BIBLIOGRAFIA

- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1492–1514.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515–1532.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake bay institute technique for the winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- Khoo K.H., Culbertson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113., C05S90. doi:10.1029/2007JC004370
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d’Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino*. Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- Schlitzer, R., Ocean Data View, <http://odv.awi.de>, 2016
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data*. Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 pp.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J. 1986. Determination of chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of chlorophyll a from divinylchlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Research*, 18: 2377-2382.
- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artigiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.

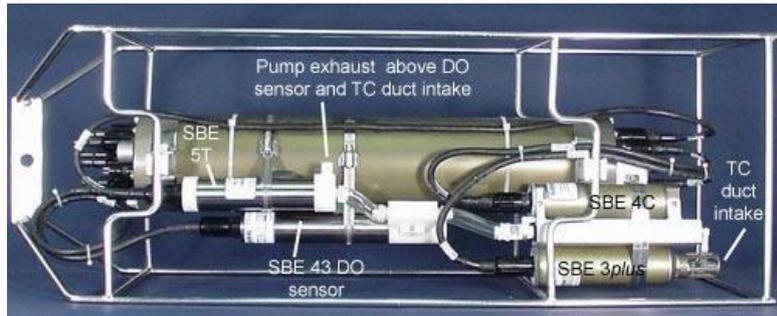


## ALLEGATI

**A1**

**STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA**

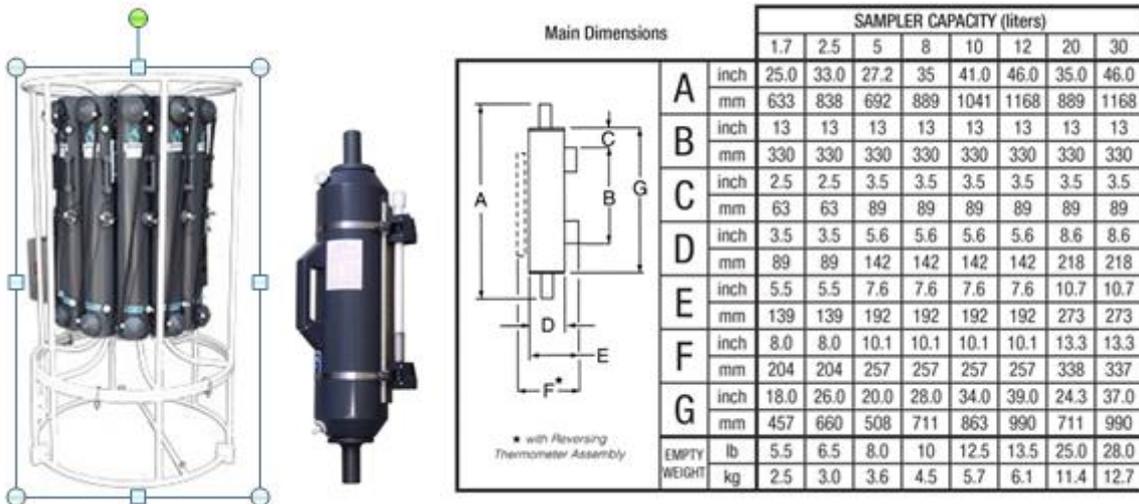
**A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”**



**CTD:** Sonda multiparametrica CTD SBE 9plus dotata dei seguenti sensori:

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Data ultima calibrazione
Temperatura	Sea Bird Electronics	SBE 3 plus	± 0,001 °C	-5 : +35°C	21/05/2019
Conducibilità	Sea Bird Electronics	SBE 4C	± 0,0003 S m <sup>-1</sup>	0 : 7 S m <sup>-1</sup>	21/05/2019
Pressione	Paroscientific DigiQuartz®	Series 8000	± 0,01 % Fondo Scala	0: 6800 m	15/04/2009
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	± 2% saturazione	120% saturazione in superficie	Calibrazione con Winkler ad ogni campagna
Fluorimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	± 0,01 µg L <sup>-1</sup>	0 : 50 µg L <sup>-1</sup>	Calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Turbidimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	± 0,01 NTU	0 : 25 NTU	Calibrazione con campioni di TSM ad ogni campagna

**Campionatore:** SBE32 Carousel Water Sampler (“rosette”) con bottiglie OTE (Ocean Test Equipment), mod. 110B.



## **A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)**



<b>Strumento</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Risoluzione</b>	<b>Accuratezza</b>	<b>Intervallo di misura</b>	<b>Calibrazione</b>
ADCP	Teledyne RD Instruments	Sentinel V	0,1 cm/s	± 0,3 cm/s	± 5 m/s (default) ±20 m/s (maximum)	Ad ogni deployment

<b>Sensore</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Risoluzione</b>	<b>Accuratezza</b>	<b>Intervallo di misura</b>	<b>Calibrazione</b>
Temperatura	Teledyne RD Instruments	Sentinel V	0,1°C	± 0,4 cm/s	da -5°C a + 45°C	ad ogni deployment

## A1-III OSSIGENO DISCIOLTO

**Titolatore automatico Mettler Toledo T50 per la misura dell'ossigeno disciolto tramite il metodo di Winkler**



### Potenzialità analitiche

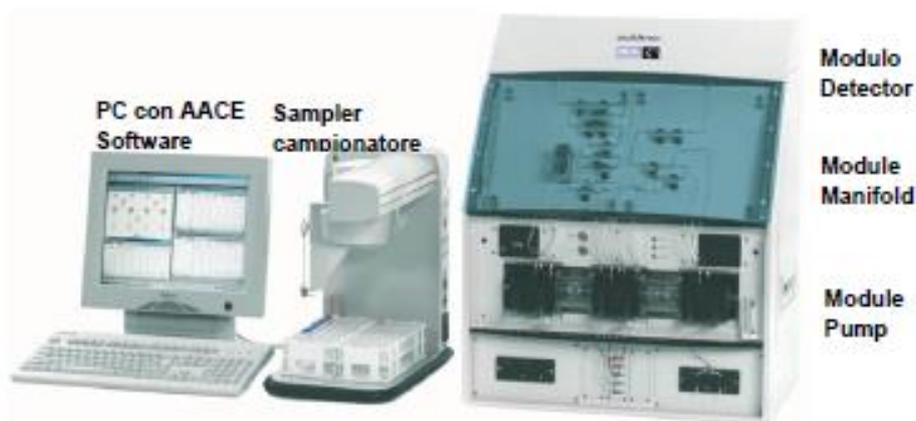
<b>Tipi di titolazione</b>	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
<b>Modi di titolazione</b>	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
<b>Tipi di indicazione</b>	Elettrochimica (potenziometria, voltammetria, amperometria) fotometrica, torbidimetrica, conduttimetrica.
<b>Dosaggio reagente</b>	Aggiunta dinamica, incrementale, continua
<b>Acquisizione dati</b>	Equilibrio e tempo fisso
<b>Valutazione</b>	Curve simmetriche, asimmetriche, segmentate, minimo, massimo, pK
<b>Calcolo</b>	Formule liberamente definibili, con funzioni logaritmiche, esponenziali, funzioni matematiche
<b>Misure</b>	pH e temperatura Conducibilità con compensazione temperatura Potenziale redox Ioni-selettive dirette e con aggiunte standard Funzionalità "test sensore" integrata

### Panoramica delle principali funzioni

<b>One Click™ Titration</b>	Tasti di scelta rapida per ciascun utente	12
	Numero utenti	30
<b>Funzione Plug &amp; Play</b>	Riconoscimento automatico buretta	si
	Elettrodi	si
	Motore buretta	si
	Chiavetta USB	si, per metodi/risultati
	Scambiatore di campioni Rondo	si
<b>Motori per burette</b>	Stativo di titolazione autom. Rondolino	si
	Per titolazione	1 interno
	Per dosaggio	3 esterni
	Risoluzione motore buretta	1/20.000 volume buretta
	Volumi burette intercambiabili	1, 5, 10 e 20 mL
<b>Metodi e serie</b>	Titolazione auto-apprendimento	si
	Numero di campioni per serie	120
	Metodi METTLER TOLEDO predefiniti	> 30
	Numero max. metodi	120
<b>Ingressi sensore</b>	Potenziometrico	2
	Polarizzato	1
	Riferimento	1
	Temperatura PT1000	1
	Conducibilità	1 opzionale
<b>Interfacce</b>	Ethernet	1
	COM	3
	USB host	1
	USB client	1
	Bus CAN	si
	Pompa/agitatore/Solvent Manager™	3
	TTL I/O	1
<b>Terminale</b>	Controllo	Touch Screen
	Schermo	Display TFT a colori 5.7" ¼ VGA
	Risoluzione	320 x 240 pixel
	Inclinazione	Regolabile in tre posizioni

## A1-IV NUTRIENTI

**Analizzatore a flusso continuo (continuous-flow analysis CFA) a quattro canali 'QuAAtro, Seal Analytical'**



QuAAtro è un moderno analizzatore a chimica umida che è utilizzato per automatizzare reazioni chimiche complesse.

<b>Modello</b>	QuAAtro
<b>Produttore</b>	Seal Analytical
<b>Campioni analizzabili</b>	acqua di mare, acqua dolce, estratti di suolo, bevande o altri prodotti
<b>Principio</b>	flusso continuo segmentato, campioni mescolati ai reagenti in flusso continuo e segmentati e separati da bolle d'aria
<b>Componenti</b>	campionatore, pompa, modulo manifold e modulo detector
<b>Software di controllo</b>	AACE

## A1-V HPLC

### High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



<b>Modulo</b>	<b>Costruttore</b>	<b>Modello</b>	<b>Caratteristiche</b>
Agilent 1100 Vacuum Degasser	Agilent	G 1379A	Degasatore
Agilent 1100 Series Quaternary Pump	Agilent	G 1311A	Pompa quaternaria
Agilent 1100 Thermostated Column Compartment	Agilent	G 1316A	Termostato per colonna
Agilent 1100 Series DAD	Agilent	G 1315B	Rivelatore ad array di diodi
Agilent 1100 Series Fluorescence Detector	Agilent	G 1321A	Rivelatore di fluorescenza

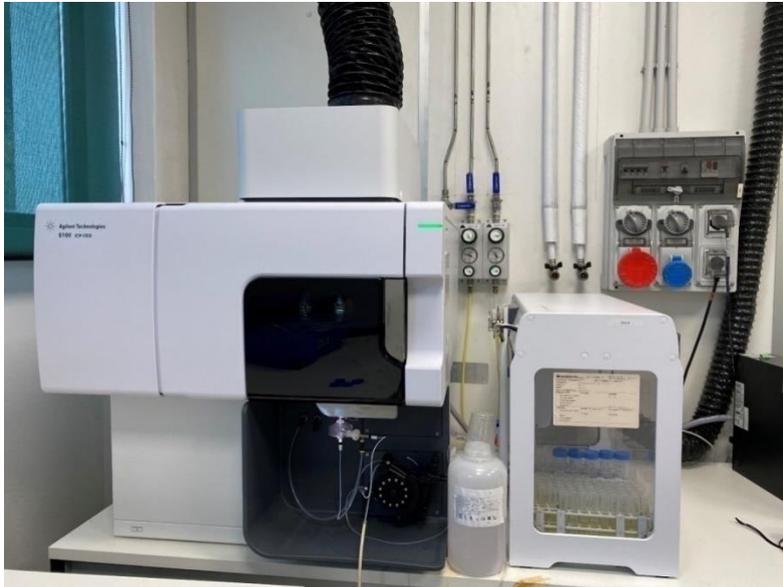
## A1-VI ANALISI METALLI PESANTI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Agilent 7900 series con autocampionatore G8410A - SPS 4



## **A1-VII ANALISI SILICIO**

**Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV**



## **A1-VIII ANALISI BTEX**

**Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B**



## **A1-IX IDROCARBURI TOTALI**

**Frazione volatile - Agilent, con autocampionatore G4513A e colonna cromatografica ZB-5HT**



**Frazione estraibile - Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B e colonna cromatografica DB-624**



## **A1-X IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)**

**Agilent G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C e colonna cromatografica DB-EUPAH**





A2

## NOTA TECNICA INERENTE LE ANALISI DEI CONTAMINANTI

### AGROLAB Italia S.r.l.

Via Retrone 29/31, 36077 Altavilla Vicentina VI, Italy  
Tel.: +39 0444 349040, Fax: +39 0444 349041  
[altavilla@agrolab.it](mailto:altavilla@agrolab.it) [www.agrolab.it](http://www.agrolab.it)



### OGGETTO: NOTA TECNICA PER VARIAZIONE STRUMENTO

Per il monitoraggio delle acque dalla campagna di febbraio 2023 è stato necessario, a causa di problemi al parco strumenti in dotazione al sito produttivo di Priolo Gargallo (SR) storicamente usato per tali determinazioni, effettuare le analisi dei metalli presso la sede di Carrara diversamente da quanto fatto nelle campagne precedenti.

Le analisi eseguite nei campioni di febbraio 2023 sono state effettuate su strumentazione Agilent Technologies con una pre diluizione in rapporto 1:5 e primo punto di taratura studiato di conseguenza a tale diluizione. Per le acque in oggetto sono state necessarie diluizioni aggiuntive in rapporto 1:10 e/o 1:20 perchè la sola prediluizione non permetteva abbattimento degli interferenti e rivelazione degli standard interni rendendo di conseguenza non valutabile il dato sperimentale ottenuto.

A seguito della dismissione del vecchio ICP-MS Thermo le successive campagne sono state effettuate presso la sede di Priolo Gargallo (SR) utilizzando Agilent 7900 ICP-MS con autocampionatore Agilent SPS 4 Autosampler. Le analisi sono effettuate in modalità No Gas per i metalli Berillio, Boro e Mercurio; mentre per il resto dei metalli si procede in modalità He (che sarebbe equiparabile alla modalità KED dell'ICP-MS Thermo).

Il campione d'acqua viene ridotto di volume dopo ebollizione su piastra riscaldante, si esegue un'acidificazione e una lettura in ICP-MS col metodo EPA6020B:2014, utilizzando acidi di grado analitico.

I campioni vengono analizzati in batch contenenti 20 campioni ciascuno riportanti la seguente struttura.

Bianco di calibrazione

Retta di calibrazione (6 punti)

ICV ( $\pm 10\%$ )

CCB ( $<1/2$  LOQ)

SIC

MB ( $<1/2$  LOQ)

LCS ( $\pm 20\%$ )

LCSD ( $\pm 20\%$ )

10 campioni

CCV ( $\pm 10\%$ )

CCB ( $<1/2$  LOQ)

10 campioni

MS ( $\pm 25\%$ )

MSD ( $\pm 25\%$ )

CCV ( $\pm 10\%$ )

CCB ( $<1/2$  LOQ)



## AGROLAB Italia S.r.l.

Via Retrone 29/31, 36077 Altavilla Vicentina VI, Italy  
 Tel.: +39 0444 349040, Fax: +39 0444 349041  
[altavilla@agrolab.it](mailto:altavilla@agrolab.it) [www.agrolab.it](http://www.agrolab.it)



### Bianco di calibrazione

Il Bianco di calibrazione è una soluzione preparata con le medesime modalità degli standard di calibrazione ma priva degli analiti di interesse.

#### Standard di calibrazione

Soluzioni utilizzate per la calibrazione dello strumento, preparate da stock solution o da standard certificati.

#### Verifica iniziale della curva di Calibrazione (ICV)

Il ICV è la soluzione per la verifica della curva, cioè uno standard di controllo preparato da sorgente diversa (altro lotto) dei punti di curva, utilizzato per verificare inizialmente la taratura.

#### Soluzione di controllo delle interferenze (SIC)

E' una soluzione contenente concentrazioni note di elementi ricercati e le possibili interferenze. La determinazione corretta degli analiti dimostra l'assenza d'interferenze.

#### Bianco del metodo (MB)

Il Bianco del metodo è costituito da una matrice pulita sottoposta allo stesso trattamento del campione, sia per quanto riguarda la preparazione, sia per quanto riguarda l'analisi. Viene utilizzato per evidenziare l'assenza di contaminazioni durante la preparazione e l'analisi del batch dei campioni. Deve essere inferiore alla metà del primo punto della retta di calibrazione.

#### Campione di Controllo del laboratorio (LCS) e duplicato (LCSD)

Il Campione di controllo del laboratorio è costituito da una matrice pulita a cui viene aggiunta una concentrazione nota degli analiti di interesse. Di norma per ogni batch analitico vengono preparate due soluzioni di controllo.

#### Verifica della curva di calibrazione (CCV)

Il CCV è la soluzione per la verifica della curva, cioè uno standard di controllo preparato dalla solita sorgente dei punti di curva, utilizzato per verificare periodicamente la taratura. Il suo valore è vicino alla concentrazione mediana del range di taratura.

#### Controllo Continuativo del Bianco (CCB)

o Continuing Calibration Blank, (CCB) sono bianchi di calibrazione letti come campioni, e che devono risultare inferiori alla metà del primo punto di calibrazione. La loro conformità accerta l'assenza di contaminazioni strumentali.

#### Aggiunta dell'analita (MS e MSD)

L'aggiunta dell'analita è costituita da un campione analitico a cui viene aggiunta un'aliquota nota di materiale di riferimento contenente gli stessi analiti presenti nel campione in analisi, e che viene sottoposto alla stessa procedura di analisi del campione. Viene utilizzato per valutare le interferenze di matrici del campione e il recupero degli analiti.