

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

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO ELETTRA**

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

INDAGINI SULLA COLONNA D'ACQUA

Rapporto finale 2021

RAPPORTO n. 21

OPERATORE SCIENTIFICO:

**CNR – IRBIM IN RTI CON STAZIONE ZOOLOGICA ANTON DOHRN, OGS,
AGROLAB AMBIENTE S.R.L., CIBM, UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE
MARCHE E CONISMA**

COORDINATORE:

GIANNA FABI

Gianna Fabi

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

ALESSANDRA SPAGNOLO

Alessandra Spagnolo

RAPPORTO A CURA DI:

ALESSANDRA SPAGNOLO

GIANNA FABI

MIRENO BORGHINI

MARTINA KRALJ

MARIELLA SAGGIOMO

VERA SALVALAGGIO

GIUSEPPE SIENA



PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM

Referente SZN	S. Stefanni
Referente OGS	G. Siena
Referente CIBM	A.M. De Biasi
Referente UNIVPM	E. Fanelli
Referente CONISMA-UNIVPM	F. Regoli
Referente AGROLAB Ambiente S.r.l.	P. Ottoni

COMPARTO COLONNA D'ACQUA

V. Salvalaggio	CNR - IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare associate alle indagini lungo la colonna d'acqua
G. Siena	OGS	Responsabile Scientifico comparto colonna d'acqua
P. Ottoni	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Reportistica
R. Contarino	AGROLAB Ambiente S.r.l.	Responsabile di Laboratorio
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
T. Diociaiuti	OGS	Campionamento in mare
C. Fabbro	OGS	Campionamento in mare
M. Kralj	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
S. Kuchler	OGS	Campionamento in mare
F. Relitti	OGS	Analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
L. Urbini	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
A. Buondonno	SZN	Campionamento in mare, Analisi clorofille
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati, stesura relazione clorofille
F. Rebecchi	CNR - IRBIM	Campionamento in mare
M. Borghini	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	MATERIALI E METODI	5
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	5
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	8
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	9
3.	RISULTATI.....	19
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	19
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	19
3.1.2.	NUTRIENTI	32
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO	46
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	58
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO	63
3.1.6.	METALLI PESANTI	64
3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	72
3.1.7.1	Indagini fisiche, chimiche e biologiche	72
3.1.7.2	Indagini sugli inquinanti	76
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	87
4.	CONCLUSIONI	91
5.	BIBLIOGRAFIA	94
ALLEGATO A STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI		i
Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua.....		ii



1. INTRODUZIONE

In riferimento al DVADEC-2013-0000104 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. Il monitoraggio dal 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente srl di Carrara e UNIVPM.

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); i relativi risultati e considerazioni sono stati riportati nel rapporto finale n. 16 (Spagnolo *et al.*, 2021a).

In base al parere n. 1055 CTVA del 05/10/2012 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a partire dal 2° semestre 2019 presso la piattaforma si sono condotte solo le indagini riguardanti la colonna d'acqua che proseguiranno per tutta la durata di produzione.

Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle indagini effettuate su tale comparto nel 2021.

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

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Fauzia
Ante operam	Colonna acqua	2 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
Cantiere	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
Esercizio	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
Pre smantellamento	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Comunità ittica	3 survey
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
Smantellamento	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
Post smantellamento	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

* Previsti survey mediante operatori MMO; per i risultati consultare Leonori *et al.*, 2014.

** 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.

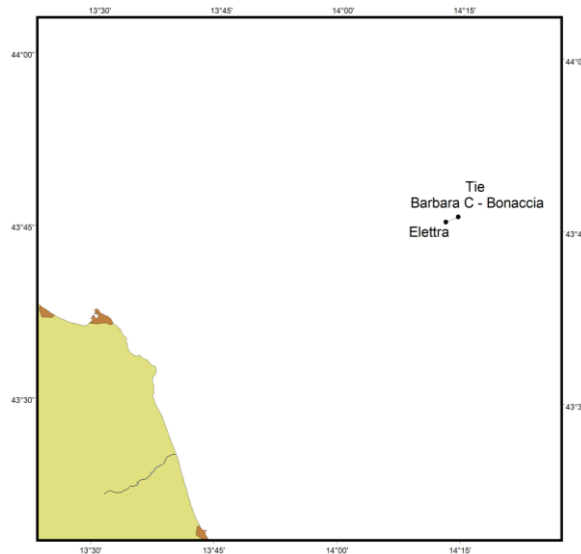


Fig. 2.1 - Posizione della piattaforma Elettra e della condotta di collegamento tra Elettra e il sea-line Bonaccia - Barbara C al largo della costa marchigiana.

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 IN MARE

2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua nel 2021 sono state effettuate tre campagne di misura nel 1° semestre (febbraio, marzo e maggio) e 2 (luglio e dicembre) nel 2°. Non è stato possibile condurre il survey a novembre in quanto le condizioni meteo-marine avverse hanno costretto l'imbarcazione al rientro in porto.

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato svolto presso 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dal punto di installazione della

piattaforma e 4 a una distanza di circa 2000 m da esso (fig. 2.2; Tab. 2-II).

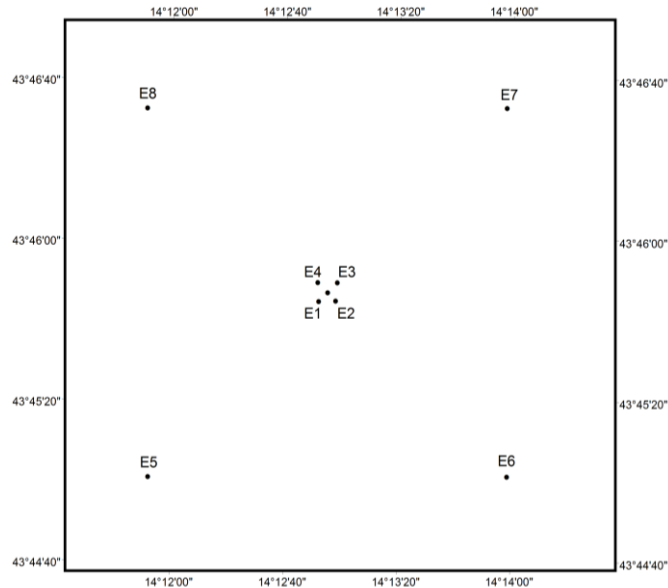


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Elettra per le indagini idrologiche.

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

STAZIONI DI CAMPIONAMENTO	LAT.	LONG.	DISTANZA DALLA STRUTTURA (m)	POSIZIONE RISPETTO ALLA STRUTTURA
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) 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).

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. Sono stati inoltre prelevati campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo), mediante campionatore mod. SBE32 Carousel Water Sampler ("rosette"), equipaggiato con bottiglie OceanTest Equipment, mod. 110B, da 5 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 Ortofosfato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi totali (IT);
- Idrocarburi alifatici (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);

- glicole etilenico;
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);

Tutti i campioni raccolti sono stati mantenuti in luogo fresco e al buio fino al momento delle analisi. I campioni dei nutrienti e i filtri per i solidi sospesi e per i pigmenti clorofilliani sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nel 2021 sono stati registrati dati correntometrici dal 01 gennaio al 31 dicembre.

L'ormeggio correntometrico è stato posizionato a circa 76 m di profondità (Lat. 43°45,843'N, Long. 14°12,924'E). Esso era costituito da un correntometro acustico ADCP Teledyne RDI, del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3; All. A2). Il correntometro, oltre a misurare 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 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s.

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 a causa dell'elevato rumore presente.

Elettra

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

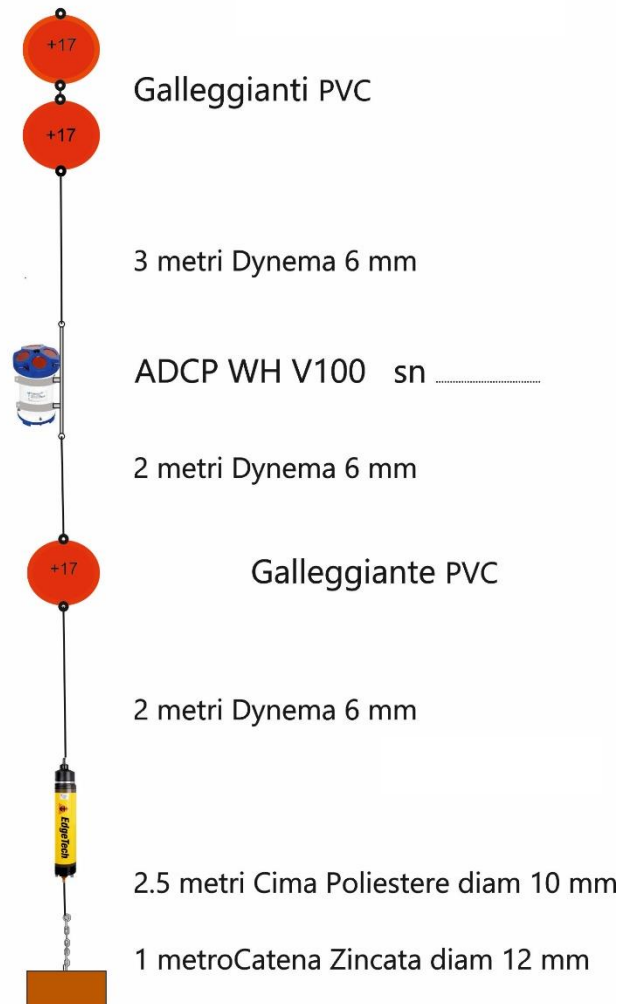


Fig. 2.3 - Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Elettra.

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 in laboratorio per valutare il contenuto dei sali nutritivi disciolti (nitrati, nitriti, ammonio, ortofosfati e ortosilicati), dell'ossigeno disciolto, dei solidi totali sospesi (TSM: Total Suspended Matter) e della 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 Mn (III) e Mn (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio 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. A3); 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.

Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 μm), precombusti a 450°C per 4h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

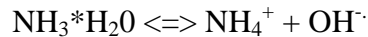
Le determinazioni analitiche sono state eseguite per via colorimetrica, a temperatura ambiente, con un analizzatore a flusso continuo a quattro canali 'Quattro, Seal Analytical' (All. A4), seguendo le metodologie di Hansen e Koroleff (1999).

La concentrazione dei nitriti (NO_2) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopolazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati (NO_3) 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, misurato 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_3) e l'ammonio (NH_4^+) 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_4^+) e solo il 5% si trova come ammoniaca (NH_3). 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_4).

Il fosforo reattivo (PO_4) è stato determinato come ortofosfato in base alla formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu che viene misurato a 880 nm.

I silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) 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_2 : 0,01 μM
- NO_3 : 0,02 μM
- NH_4 : 0,02 μM
- PO_4 : 0,01 μM
- $\text{Si}(\text{OH})_4$: 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 prelevati mediante bottiglie idrologiche e filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 μm ; Ø = 47 mm), immediatamente dopo il prelievo, in quantità variabile tra 3 e 4 l, 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. A5) 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). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 μl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml/min 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. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm.

I valori di clorofilla sono stati utilizzati per calibrare i dati del turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

TSM (solidi sospesi totali) - 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 (Ø = 47 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°C fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 60°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 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-IV.

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli 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 Perkin Elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (All. A6).

Tab. 2-IV - Elenco degli inquinanti analizzati lungo la colonna d'acqua e metodi di analisi utilizzati.

Parametro	Metodica	UM	LR
Metalli			
Alluminio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Arsenico	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Bario	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Cadmio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Cromo totale	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Ferro	EPA 6020B 2014	µg/l	5
Indio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Mercurio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,05
Nichel	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Piombo	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Rame	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Vanadio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Zinco	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Silicio	EPA 200.7 1994	mg/l	0,01
BTEX			
Benzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Etilbenzene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Stirene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
Toluene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,05
Xilene	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,02
ALTRE SOSTANZE			
Idrocarburi policiclici aromatici	EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2018	µg/l	0,001
idrocarburi alifatici C10-C32	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	1
Idrocarburi totali (espressi come n-esano) Calcolo	EPA 5021A 2014 + EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	35
Glicole monoetilenico	EPA 8015D 2003	mg/l	2,2

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.

Per la misurazione di questo metallo è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. A7).

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 (campionato in vial da 40 ml con tappo in teflon priva di spazio di testa) viene caricato su autocampionatore. Il sistema Purge and 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. A8).

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

- a) i 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 (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) (frazione estraibile);
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C₅ H₁₂) e n-decano (C₁₀ H₂₂) 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 un 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. A9).

Analisi frazione estraibile: utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0,9 l 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', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' 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 di gascromatografo con rilevatore a fiamma (FID).

Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le 2 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. A9).

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-alcani 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 0.9 l 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', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' 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 di gascromatografo con rivelatore 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 rivelatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,0006 $\mu\text{g l}^{-1}$. 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. A10).

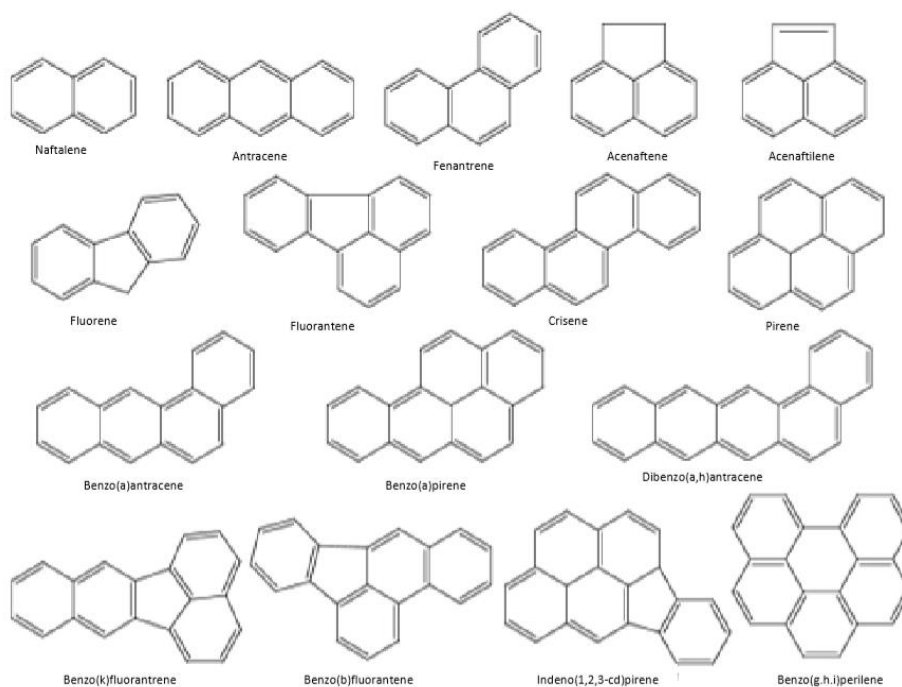


Fig. 2.4 - I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

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.

I dati raccolti sono stati restituiti in forma grafica in modo da descrivere l'andamento dei parametri lungo la colonna d'acqua, lungo transetti e spazialmente utilizzando appositi software.

Per l'acquisizione e l'elaborazione dei dati registrati e raccolti tramite le sonde CTD è stato utilizzato un software fornito dalla casa produttrice seguendo le norme suggerite dall'UNESCO (UNESCO, 1988) e riportate sul manuale "Handbook of method protocols" (Artegiani, 1996); le grandezze derivate, come salinità e anomalie della densità, sono state calcolate secondo gli algoritmi dell'UNESCO (UNESCO, 1983).



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

3. RISULTATI

3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nel **febbraio 2021** (fig. 3.1) la distribuzione della temperatura è risultata piuttosto omogenea lungo la colonna d'acqua in tutte le stazioni di campionamento (media \pm dev.st.; $12,93 \pm 0,25^\circ\text{C}$), presentando una lieve diminuzione verso il fondo.

Valori omogenei sono stati rilevati anche per la distribuzione della salinità ovunque ($38,90 \pm 0,01$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno mostrato una distribuzione orizzontale piuttosto uniforme di temperatura in superficie, con piccole differenze tra le stazioni ($\Delta T < 0,3^\circ\text{C}$ con orientamento N-S), che si riducono ulteriormente al fondo. Anche la salinità ha fatto registrare una distribuzione omogenea sia in superficie ($38,89 \pm 0,00$ psu) che al fondo ($38,88 \pm 0,00$ psu).

La torbidità (fig. 3.1) è risultata molto bassa ($< 0,3$ mg/l) e uniforme lungo la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 60 m di profondità (fino a profondità minori nelle stazioni di controllo), in rapido aumento sino ai massimi al fondo (massimo 1,2 mg/l, stazione E3).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) è stato poco $> 100\%$ ovunque fino a circa 40 m, in diminuzione lungo la verticale con i valori minimi omogenei da 60 m al fondo ($95,4 \pm 0,3\%$).

La fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa in superficie e al fondo ($< 0,5$ $\mu\text{g/l}$) e maggiore alle quote intermedie ($< 0,75$ $\mu\text{g/l}$).

Nel campionamento di **marzo** (fig. 3.4) è risultata ancora evidente l'omogeneità nella distribuzione dei parametri misurati in tutte le stazioni, come mostrato dai profili verticali di temperatura ($12,84 \pm 0,33^\circ\text{C}$), salinità ($38,84 \pm 0,01$ psu), torbidità (media $0,3 \pm 0,1$ mg/l) e ossigeno disciolto alla saturazione ($99,8 \pm 1,8\%$).

Le mappe areali (fig. 3.5) hanno indicato un debole gradiente N-S nella distribuzione della temperatura in superficie ($\Delta T > 0,5^\circ\text{C}$) e una forte omogeneità al fondo (media $12,54 \pm 0,02^\circ\text{C}$). La distribuzione di salinità non ha presentato differenze degne di nota tra le stazioni,

sia in superficie ($38,83 \pm 0,01$ psu) che al fondo ($38,84 \pm 0,00$ psu), confermando la notevole uniformità in tutta la colonna d'acqua.

Anche la fluorescenza (fig. 3.6) è apparsa costante e caratterizzata da valori molto bassi ($< 0,5$ $\mu\text{g/l}$) ovunque, con un debole incremento di valori al fondo.

A **maggio** (fig. 3.7) i profili verticali di tutti i parametri hanno fatto rilevare uno scostamento dalla forte omogeneità tipica del periodo invernale, evidente in particolare per l'incremento dei valori di temperatura nei primi 20 m di profondità dove è stata osservata una media di $15,14 \pm 0,37^\circ\text{C}$.

Anche la salinità ha mostrato una differenziazione nella distribuzione verticale, con valori in aumento dalla superficie (massimo 38,71 psu) al fondo (massimo 38,89 psu).

Le mappe areali (fig. 3.8) hanno evidenziato la sostanziale omogeneità nella distribuzione della temperatura in superficie ($15,52 \pm 0,06$ psu) e al fondo ($12,95 \pm 0,08$ psu) così come della salinità ad entrambe le quote (superficie: $38,73 \pm 0,00$ psu; fondo: $38,88 \pm 0,00$ psu).

La torbidità (fig. 3.7) è risultata uniforme e con valori relativamente bassi sino a circa 70 m, con un leggero incremento rilevabile verso il fondo (massimo 0,8 mg/l).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.7) è risultato mediamente basso in tutta la colonna d'acqua ($< 90\%$), con valori minimi al fondo in tutte le stazioni (minimo 82,6%).

La fluorescenza (fig. 3.9) è stata uniforme e con valori medi molto bassi ($< 0,2$ $\mu\text{g/l}$) dalla superficie fino quasi al fondo, dove è stato rilevato un aumento in tutte le stazioni di campionamento (massimo $1,0/\mu\text{l}$, stazione E8).

A **luglio** (fig. 3.10) per la temperatura è stata rilevata la caratteristica stratificazione verticale stagionale in tutte le stazioni di campionamento, con valori massimi in superficie (massimo $26,87^\circ\text{C}$, stazione E5), un termoclino ben sviluppato attorno ai 10 m e valori decrescenti gradualmente fino al fondo, dove sono stati registrati i valori minimi omogenei ($13,37 \pm 0,10^\circ\text{C}$).

La minore salinità è stata rilevata in superficie in tutte le stazioni di campionamento (minimo 38,14 psu, stazione E7), in rapido aumento fino ai valori massimi rilevati intorno a 20 m di profondità (massimo 38,95 psu, stazione E7) e valori piuttosto elevati e uniformi in progressivo aumento da 40 m fino al fondo ($38,84 \pm 0,02$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.11) hanno mostrato valori tipici stagionali di temperatura in superficie, con una differenza nella distribuzione orizzontale tra le stazioni prossime alla piattaforma e quelle di controllo ($\Delta T \sim 1^\circ\text{C}$), e una distribuzione alquanto uniforme a valori

minimi al fondo.

La distribuzione orizzontale della salinità è risultata più variabile, con minimi in superficie ($38,26 \pm 0,11$ psu) e alquanto omogenea con valori medi più elevati al fondo.

La torbidità (fig. 3.10) è risultata molto bassa e uniforme in tutta la colonna d'acqua ovunque fino circa 55 m di profondità ($0,2 \pm 0,0$ mg/l), con un rapido aumento fino ai valori massimi al fondo (massimo 1,3 mg/l, stazione E8).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.10) è stato $<100\%$ ovunque in tutta la colonna d'acqua, con le percentuali maggiori intorno a 30 m di profondità (massimo 96,5%, stazione E6), decrescenti fino ai minimi in un piccolo strato omogeneo al fondo ($73,7 \pm 0,6\%$).

La fluorescenza (fig. 3.12) ha fatto rilevare valori molto bassi o nulli fino a circa 30 m ovunque, in graduale aumento con la profondità fino ai massimi al fondo (massimo 1,14 $\mu\text{g/l}$, stazione E6).

A **dicembre** (fig. 3.13) è stato evidente il forte rimescolamento dovuto all'aumentata dinamica invernale, con i profili verticali quasi completamente omogenei in tutta la colonna d'acqua per tutti i parametri misurati, in particolare la temperatura ($15,61 \pm 0,14^\circ\text{C}$) e la salinità ($38,93 \pm 0,01$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.14) confermano la sostanziale omogeneità nelle distribuzioni orizzontali di temperatura in superficie ($15,70 \pm 0,06^\circ\text{C}$) e al fondo ($15,35 \pm 0,02^\circ\text{C}$), come della salinità in superficie ($38,90 \pm 0,03$ psu) e al fondo ($38,94 \pm 0,01$ psu).

Anche la torbidità (fig. 3.13) è risultata molto omogenea lungo la colonna d'acqua ($0,8 \pm 0,1$ mg/l), con valori in lieve aumento al fondo (massimo 1,3 mg/l, stazione E2); la stazione di controllo E8 si è discostata dalla media presentando valori leggermente maggiori rispetto agli altri siti lungo la colonna d'acqua.

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.13) è risultato ugualmente omogeneo, con valori $<100\%$ in tutte le stazioni fino a al fondo ($97,1 \pm 1,3\%$) e uno scostamento dai valori medi rilevato nella stazione di controllo E8.

La fluorescenza (fig. 3.15) è risultata molto bassa ($<0,3$ $\mu\text{g/l}$) e omogenea dalla superficie al fondo ovunque.

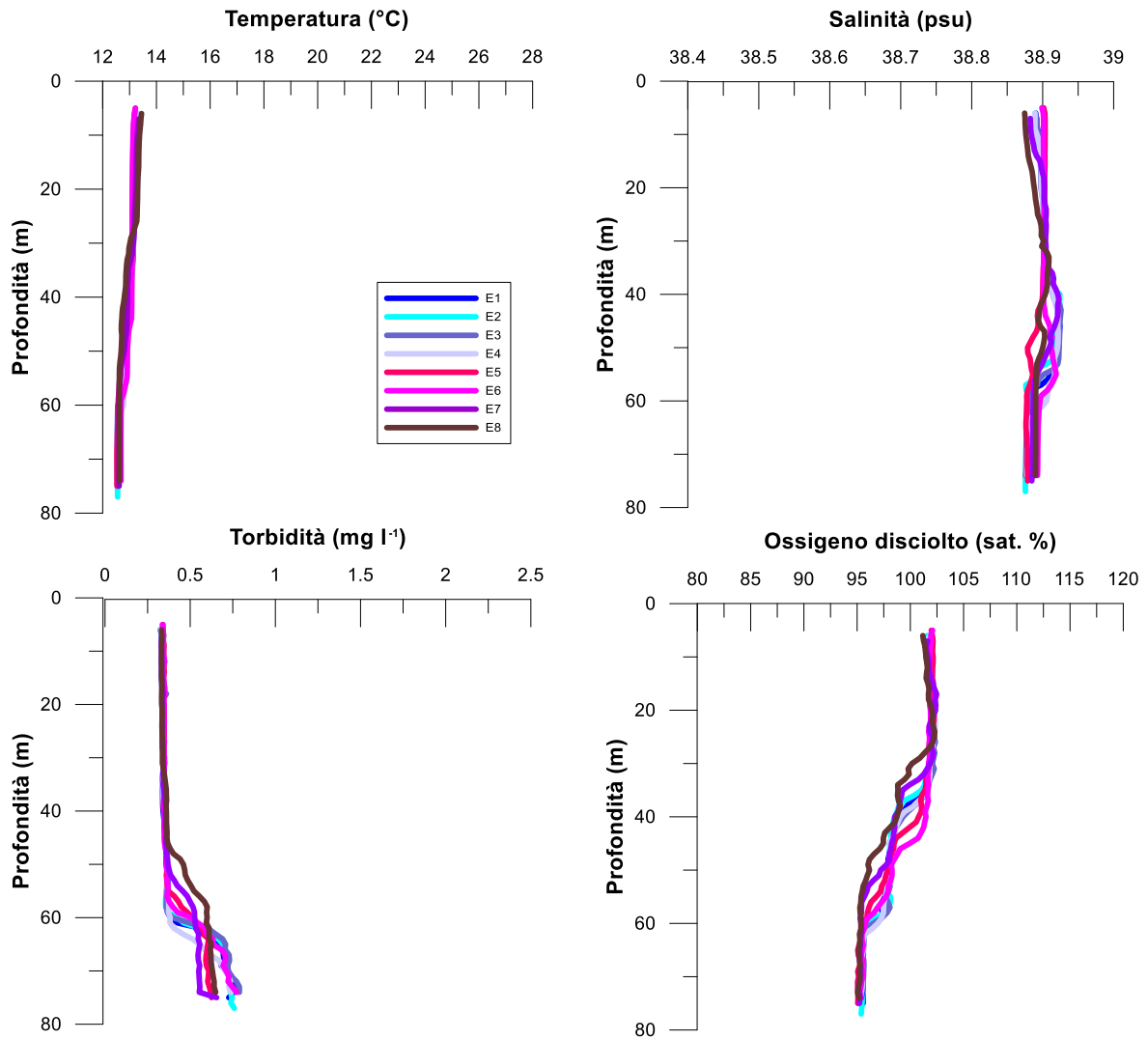


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2021.**

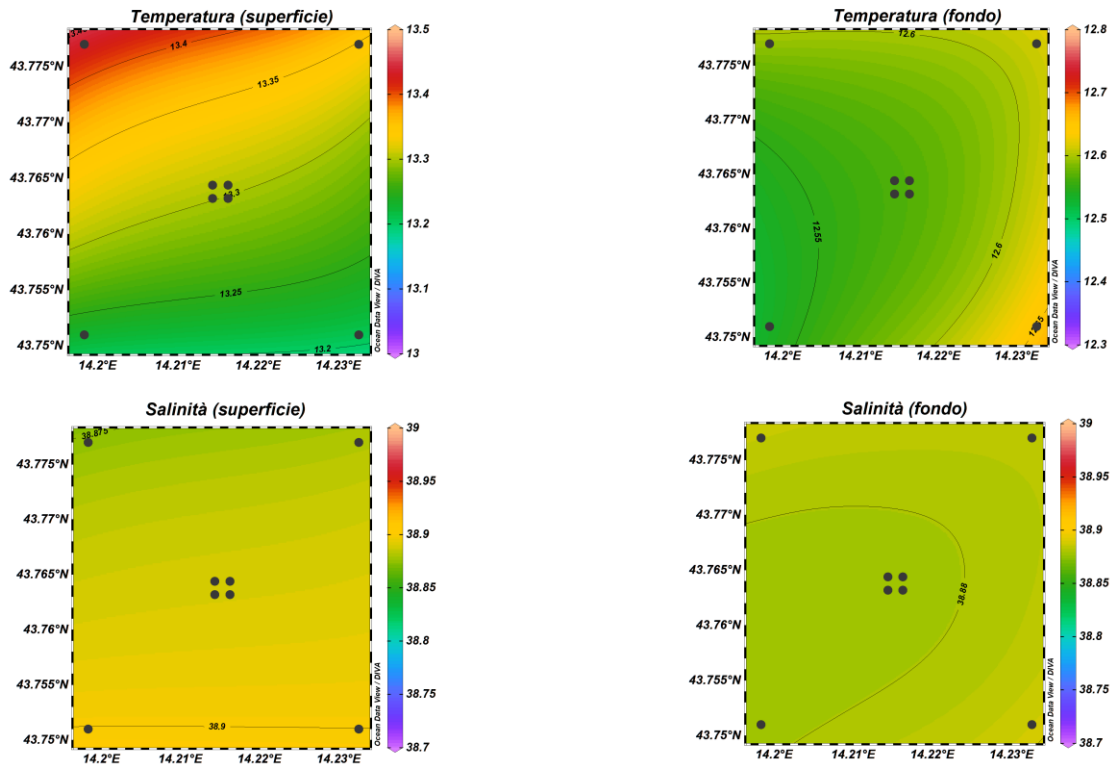


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

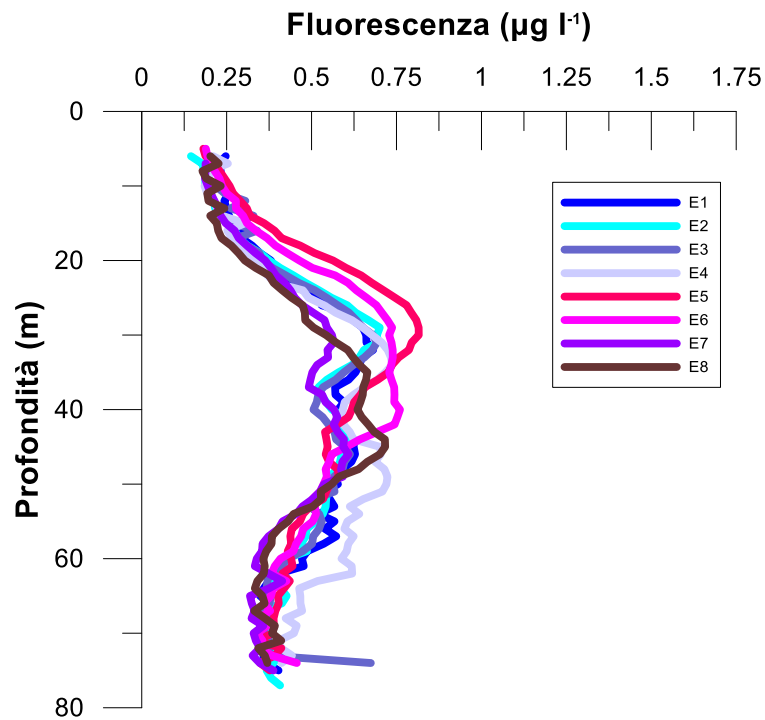


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Febbraio 2021**.

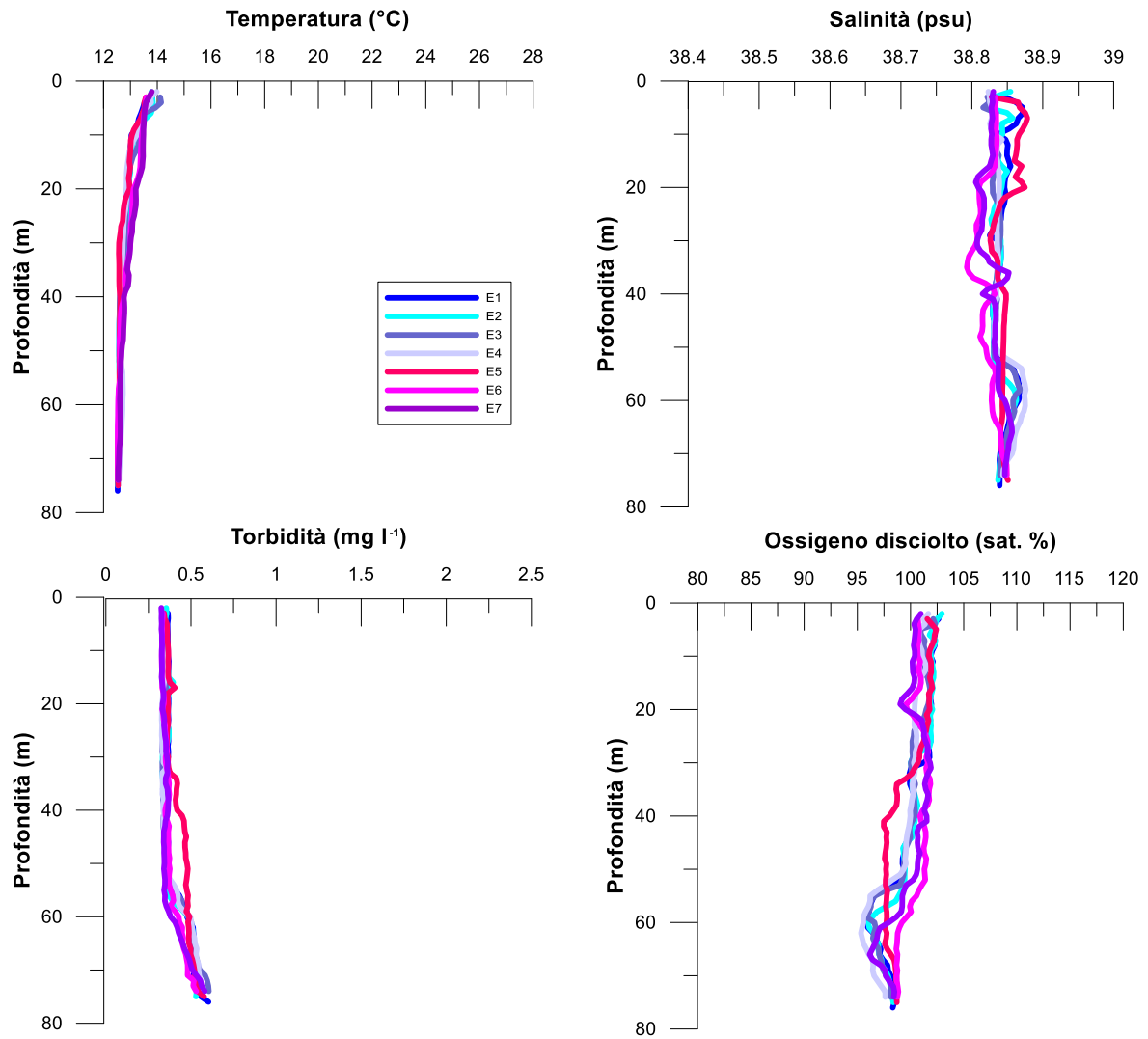


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2021.**

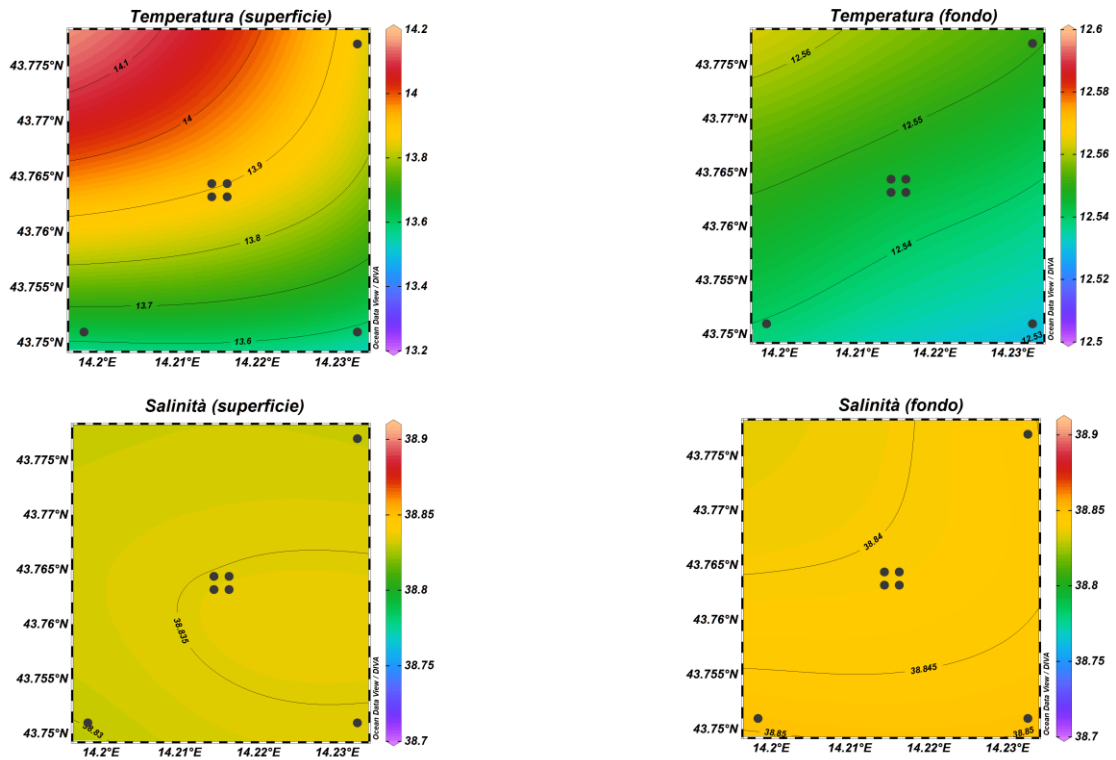


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

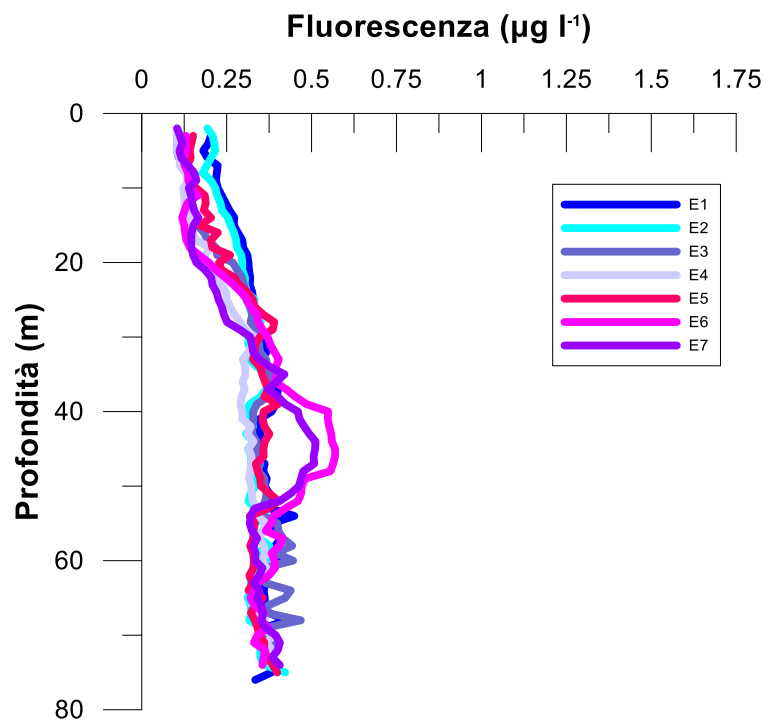


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Marzo 2021**.

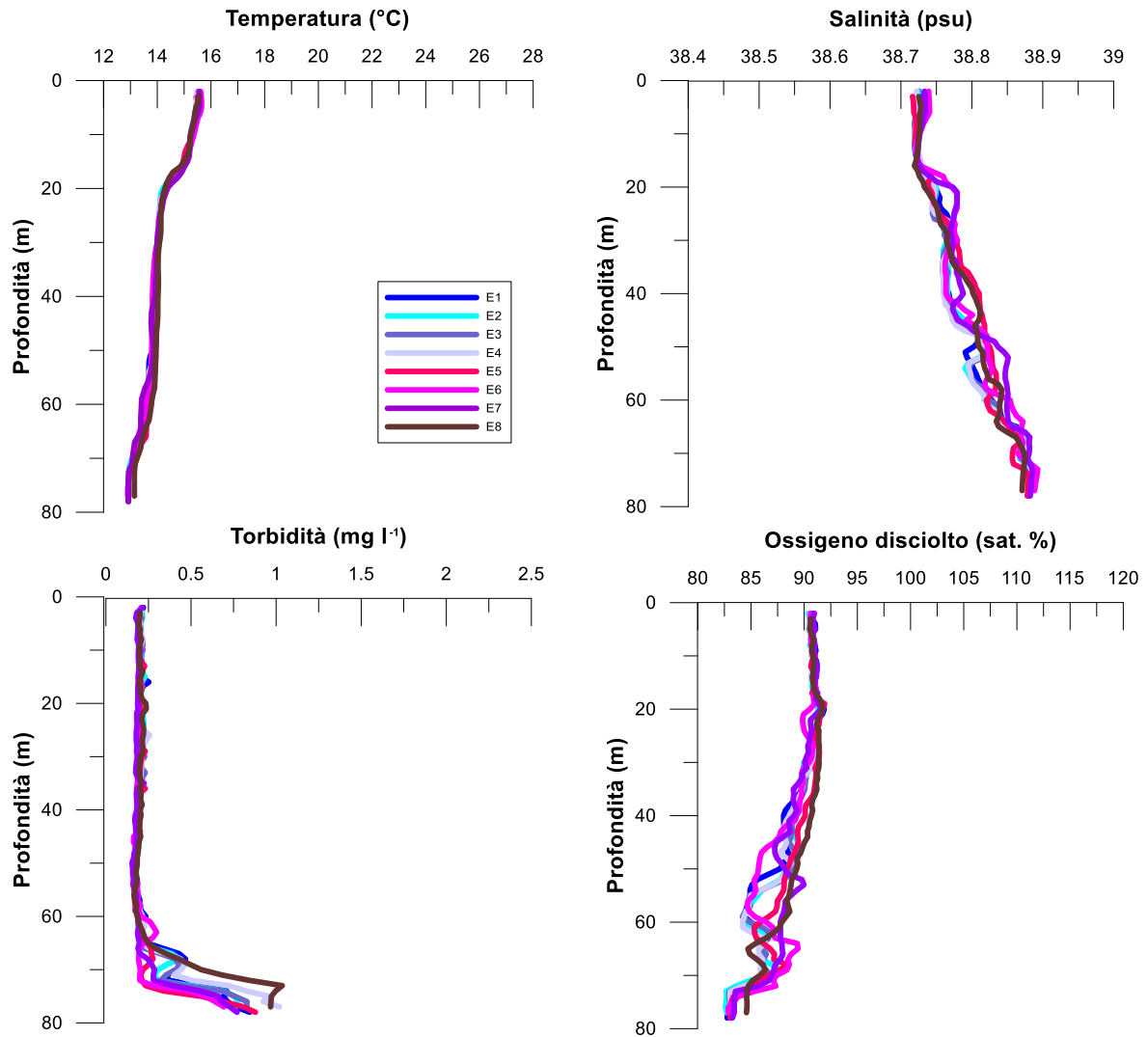


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Maggio 2021.**

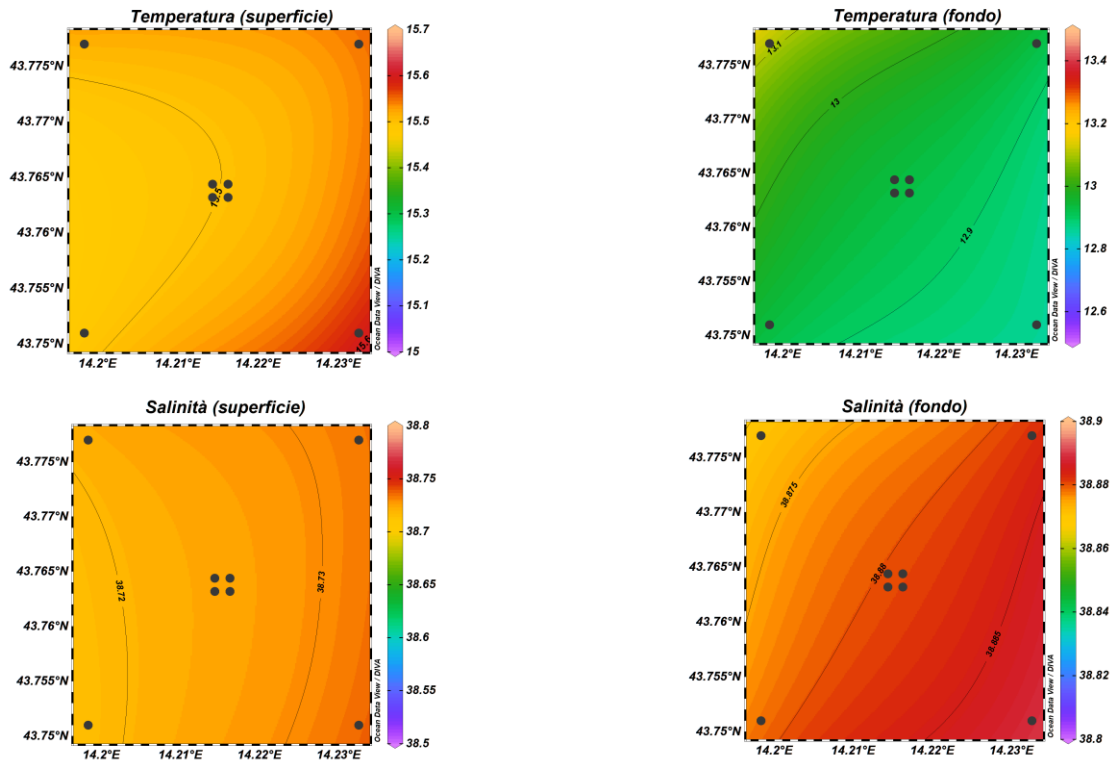


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

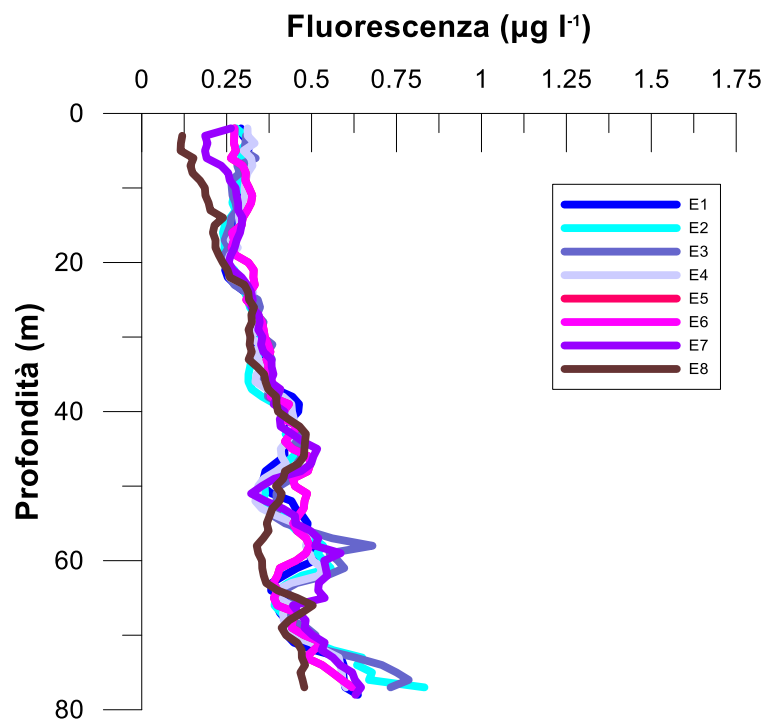


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Maggio 2021**.

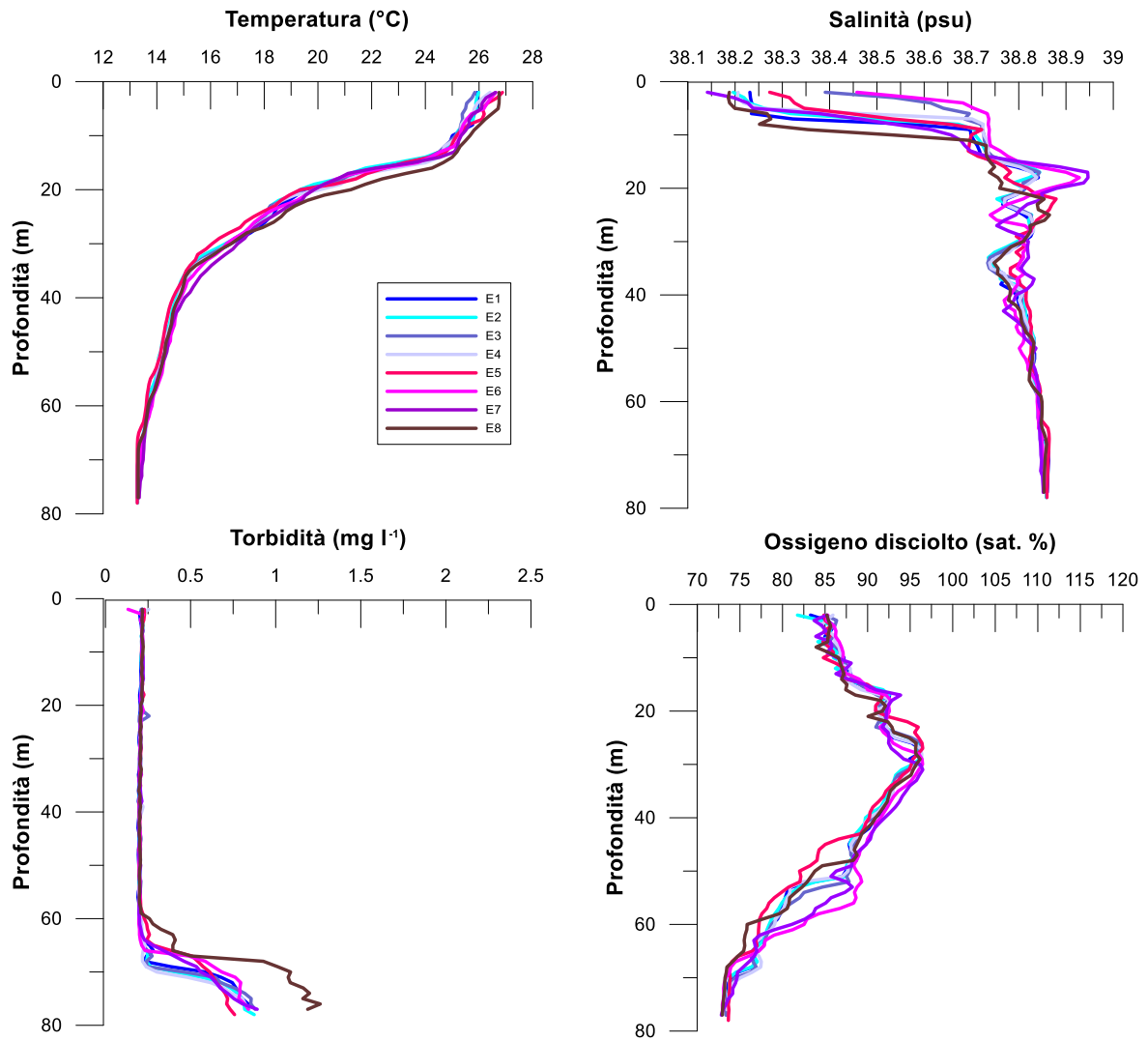


Fig. 3.10 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Luglio 2021.**

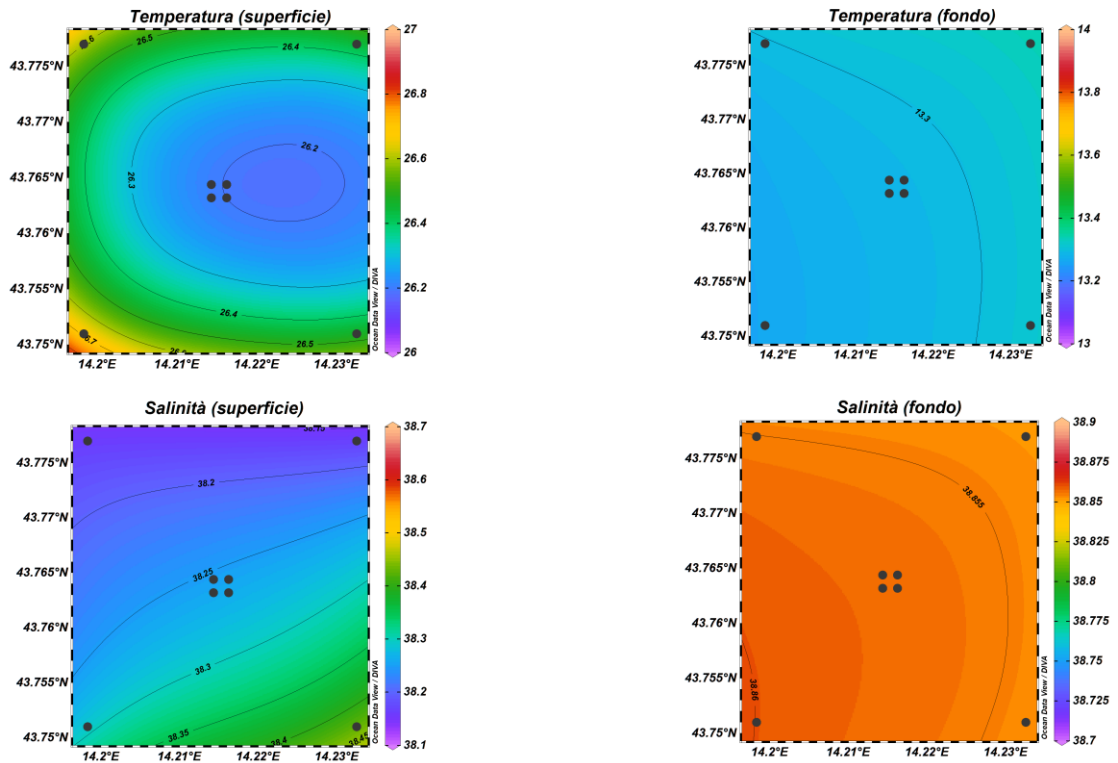


Fig. 3.11 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Luglio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

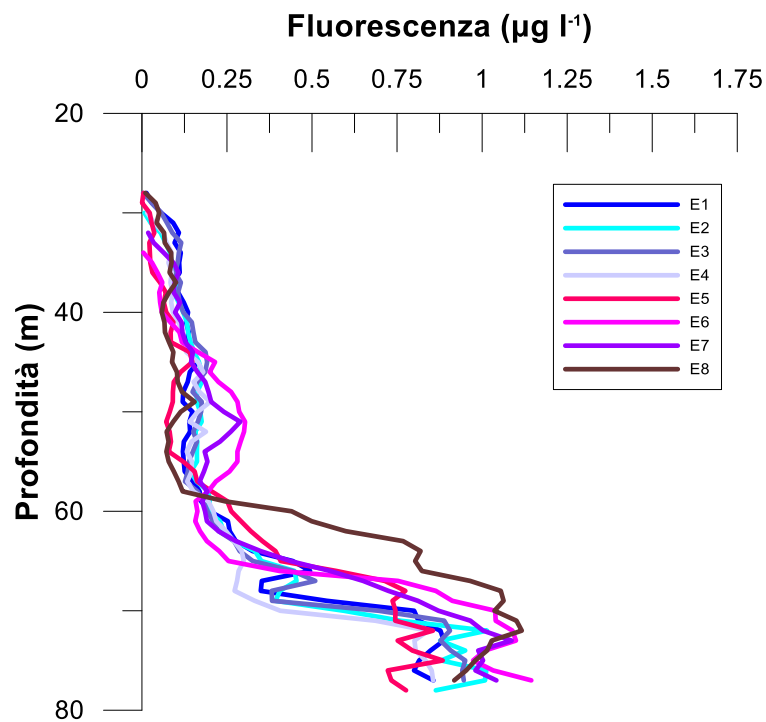


Fig. 3.12 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Luglio 2021**.

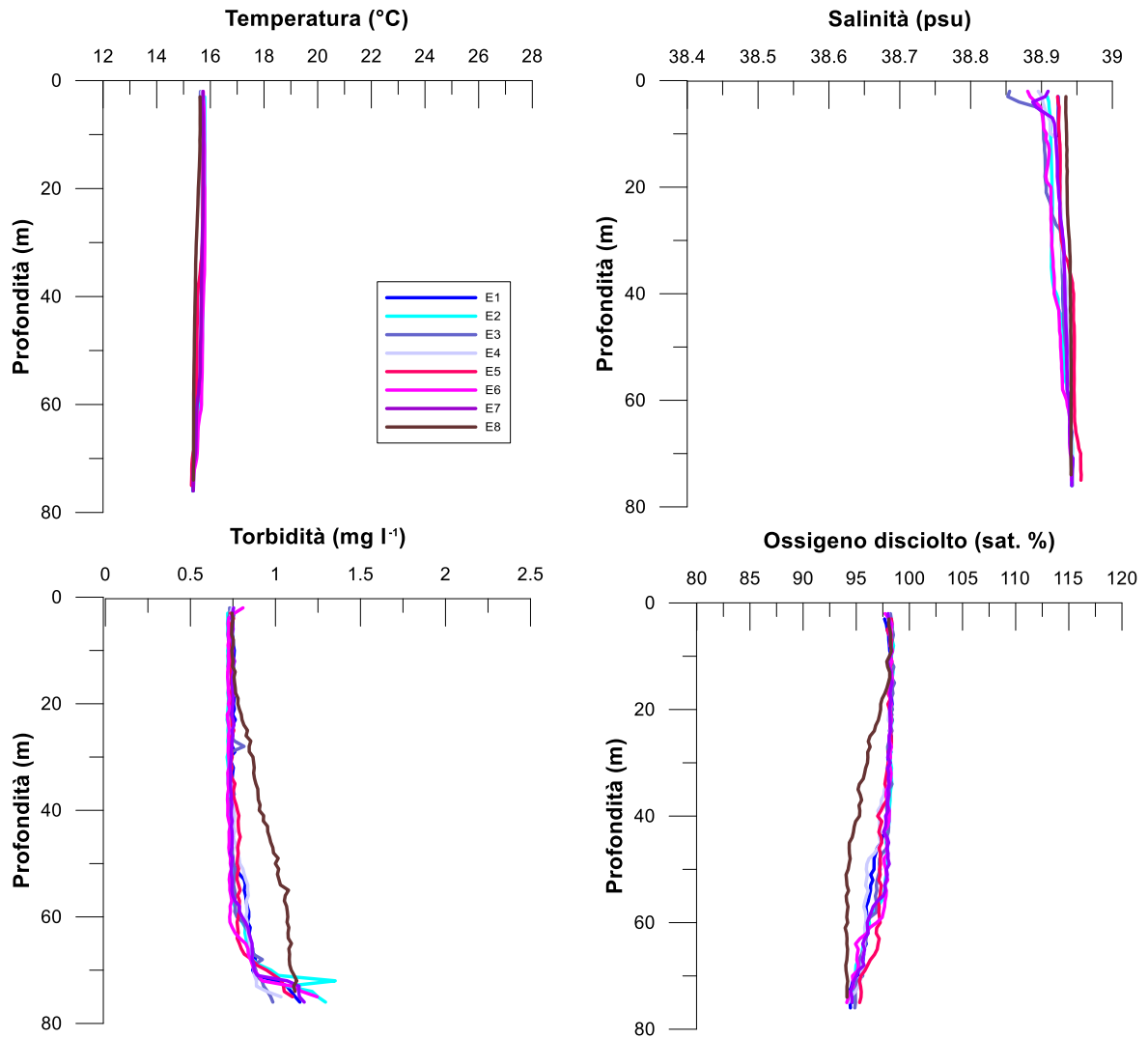


Fig. 3.13 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Dicembre 2021.**

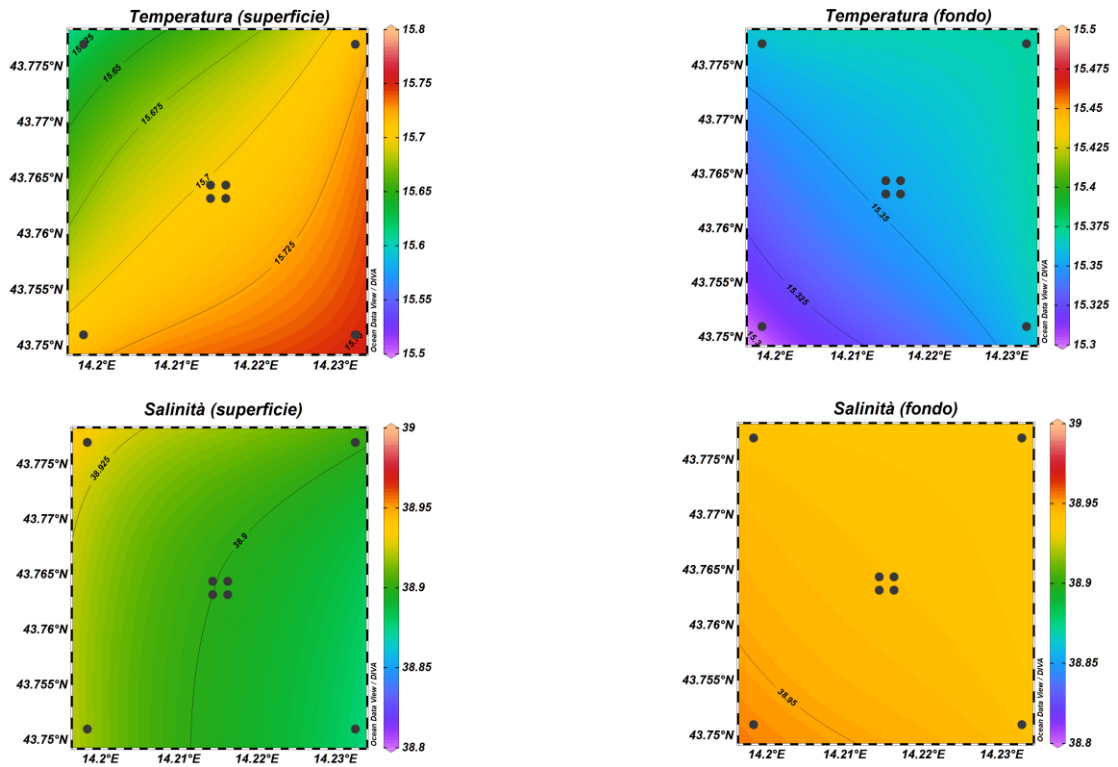


Fig. 3.14 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Dicembre 2021** Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

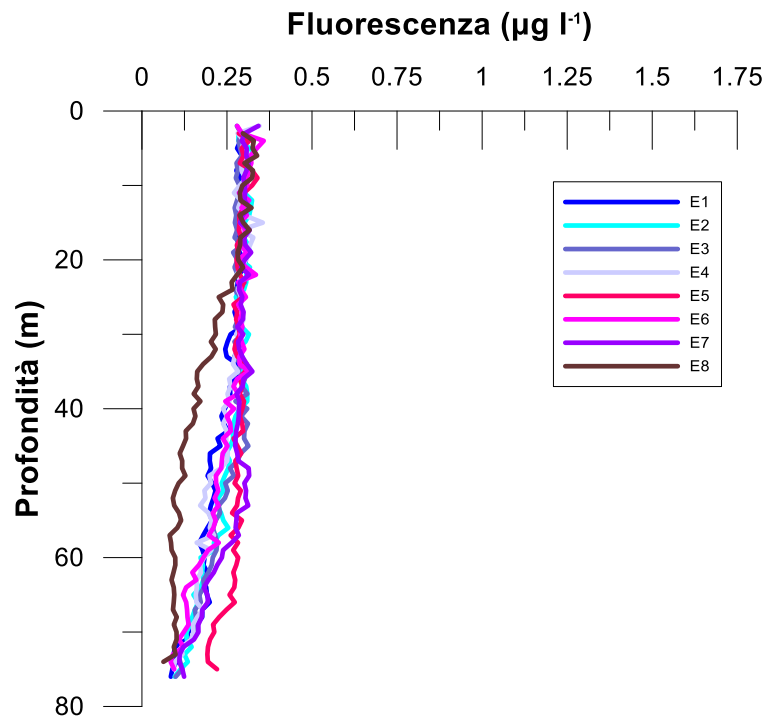


Fig. 3.15 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Dicembre 2021**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.16a, 3.16b e 3.17) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,18 \pm 0,10 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,27 \pm 0,23 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,04 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4).

In generale i contenuti maggiori di NO_3 e NO_2 sono stati rilevati nelle acque di fondo ($0,32 \pm 0,05$ e $0,62 \pm 0,03 \mu\text{M}$ rispettivamente) dove sono stati registrati i massimi (NO_3 : $0,39 \mu\text{M}$ in E7 ed E8; NO_2 : $0,66 \mu\text{M}$ in E5). Il minimo di NO_3 ($0,06 \mu\text{M}$) è stato riscontrato a 20 m di profondità nelle stazioni E3 ed E4, quello di NO_2 ($0,07 \mu\text{M}$) alla stessa quota di E3, E4 ed E7.

Per NH_4 non è stato rilevato un andamento particolare. La concentrazione massima ($0,13 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo della stazione E1 e a 20 m nella E5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati in campioni prelevati nei siti E1, E2, E3, E4, E6 ed E8 a quote variabili.

Anche i fosfati (PO_4) non hanno presentato un andamento particolare e sono risultati contenuti ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra concentrazioni uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale a quote variabili di tutte le stazioni e un massimo di $0,03 \mu\text{M}$ al fondo della E1 e in superficie nella E8.

La concentrazione media di silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stata di $1,77 \pm 0,31 \mu\text{M}$. I valori più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni, dove la media è stata pari a $2,29 \pm 0,14 \mu\text{M}$ e dove è stato misurato il massimo ($2,48 \mu\text{M}$) in E5; il minimo ($1,55 \mu\text{M}$) è stato invece osservato in superficie nella E6 e a 20 m nella E3.

Durante il campionamento di **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b e 3.19) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,26 \pm 0,18 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,13 \pm 0,05 \mu\text{M}$ per NO_2 e a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per NH_4 .

Contrariamente a quanto rilevato a febbraio, in generale NH_4 è appeso maggiore nelle acque di fondo ($0,08 \pm 0,03 \mu\text{M}$), mentre per NO_3 e NO_2 non è stato rilevato un andamento particolare. Le massime concentrazioni sia di NO_3 ($0,91 \mu\text{M}$) che NO_2 ($0,24 \mu\text{M}$) sono state misurate a 40 m nella stazione E8 (e sul fondo per NO_2); le minime sono state riscontrate nella E1 a 20 m (NO_3 ; $0,06 \mu\text{M}$) e alla quota superficiale di tutta l'area indagata (NO_2 ; $0,08 \mu\text{M}$).

Il massimo contenuto di NH_4 ($0,12 \mu\text{M}$) è stato rilevato al fondo della stazione E3, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di

tutti i siti di campionamento.

Analogamente a quanto osservato a febbraio, i PO_4 sono risultati contenuti e non hanno presentato un andamento particolare. La concentrazione media è risultata pari a $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$, con un massimo di $0,03 \mu\text{M}$ rilevato a quote variabili delle stazioni E1, E2, E3, E4 ed E8; valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili di tutti i siti ad eccezione di E4.

La concentrazione media di $\text{Si}(\text{OH})_4$ è stata di $1,94 \pm 0,22 \mu\text{M}$. I valori maggiori hanno caratterizzato generalmente le quote più elevate, con una media al fondo di $2,16 \pm 0,16 \mu\text{M}$. Il massimo ($2,62 \mu\text{M}$) è stato osservato nella stazione E8 a 40 m di profondità, il minimo ($1,73 \mu\text{M}$) in superficie nelle E6 ed E7.

Nel **maggio 2021** (figg. 3.20a, 3.20b e 3.21) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,16 \pm 0,19 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,08 \pm 0,10 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$ (NH_4). NO_3 e NO_2 sono apparsi più elevati nelle acque di fondo, mentre per NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare.

Il contenuto medio di NO_3 al fondo è risultato pari a $0,47 \pm 0,05 \mu\text{M}$, con il massimo ($0,54 \mu\text{M}$) nella stazione E4; valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati tra la superficie e i 20 m in tutte le stazioni ad eccezione della E6.

La concentrazione media di NO_2 al fondo è risultata pari a $0,24 \pm 0,04 \mu\text{M}$. Questo nutriente è variato tra un massimo di $0,28 \mu\text{M}$ (E1, E3 ed E4, fondo) e valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale tra la superficie e i 20 m di tutti i siti eccetto E6, analogamente a quanto osservato per i nitrati.

Le concentrazioni di NH_4 sono risultate omogenee e contenute. Il massimo ($0,07 \mu\text{M}$) è stato osservato al fondo della E7, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni.

Per PO_4 è stata registrata una media di $0,04 \pm 0,02 \mu\text{M}$; la massima concentrazione ($0,07 \mu\text{M}$) ha caratterizzato i 40 m e la superficie rispettivamente delle stazioni E2 ed E8, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati misurati a quote variabili nei siti E3, E5, E6 ed E8. Anche durante questo campionamento non è stato rilevato un andamento particolare.

Infine, La concentrazione media di $\text{Si}(\text{OH})_4$ è stata pari a $1,81 \pm 0,30 \mu\text{M}$; i contenuti maggiori hanno interessato le acque di fondo ($2,30 \pm 0,08 \mu\text{M}$) dove si è raggiunto il

massimo (2,39 μM) in E1; il minimo (1,52 μM) è stato osservato in superficie nella stazione E5.

Nel mese di **luglio** (figg. 3.22a, 3.22b e 3.23) i NO_3 sono risultati mediamente presenti con $0,22 \pm 0,33 \mu\text{M}$, i NO_2 con $0,12 \pm 0,15 \mu\text{M}$ e NH_4 con $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$.

NO_3 e NO_2 hanno continuato a essere più abbondanti nelle acque di fondo ($0,78 \pm 0,05$ e $0,37 \pm 0,04 \mu\text{M}$ rispettivamente), mentre NH_4 non ha presentato alcun andamento particolare. Il valore massimo di NO_3 (0,86 μM) è stato osservato al fondo della stazione E6, mentre concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono state riscontrate a quote variabili tra la superficie e i 40 m ovunque. Anche NO_2 ha raggiunto il massimo (0,45 μM) al fondo della stazione E6, mentre il minimo (0,02 μM) è stato riscontrato a quote variabili tra la superficie e i 40 m in E1, E3, E4, E6 ed E7. La concentrazione massima di NH_4 (0,10 μM) è stata misurata in superficie della stazione E8, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato la superficie di E4 i 20 e 40 m di tutti gli altri siti.

Le concentrazioni di fosfati (PO_4) sono risultate contenute e omogenee ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$); quasi tutti i valori sono risultati uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale con poche eccezioni (superficie e il fondo di E1, fondo di E2 ed entrambe queste quote di E7); il massimo (0,04 μM) è stato registrato in prossimità del fondale in E7.

La concentrazione media $\text{Si}(\text{OH})_4$ è stata di $2,10 \pm 0,85 \mu\text{M}$. Valori più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni ($3,51 \pm 0,03 \mu\text{M}$) dove, in corrispondenza di E6 ed E8, è stato rilevato il massimo (3,55 μM); il minimo (1,45 μM) è stato invece osservato in superficie nella stazione E4.

A **dicembre** (figg. 3.24a, 3.24b e 3.25) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,30 \pm 0,14 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,14 \pm 0,07 \mu\text{M}$ per NO_2 , $0,13 \pm 0,05 \mu\text{M}$ per NH_4 . Le concentrazioni di nitrati e dei nitriti sono risultate più elevate nelle acque di fondo dove le medie sono state $0,51 \pm 0,03$ e $0,25 \pm 0,02 \mu\text{M}$ rispettivamente. I primi hanno raggiunto il massimo (0,57 μM) in E8 al fondo, mentre il minimo (0,18 μM) è stato osservato in superficie nella stazione E4.

I valori di NO_2 sono invece oscillati tra 0,27 μM nelle stazioni E1 ed E8 e 0,09 μM in superficie della stazione E5 e in superficie e 20 m della E2. Per NH_4 non è stato rilevato alcun andamento particolare. Essi sono variati tra un massimo di 0,25 μM osservato a 40 m di profondità nella stazione E7, e un valore inferiore al limite di rilevabilità strumentale al

fondo della stazione E4.

Le concentrazioni medie di PO_4 sono risultate piuttosto contenute ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra un massimo di $0,03 \mu\text{M}$ osservato in superficie e a 40 m della stazione E8, e valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale misurati in tutti gli altri campioni.

La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata di $1,32 \pm 0,29 \mu\text{M}$. Questo nutriente è apparso lievemente più elevato nelle acque di fondo ($1,69 \pm 0,08 \mu\text{M}$), sebbene il massimo ($1,93 \mu\text{M}$) sia stato misurato in superficie della stazione E7; il minimo ($1,01 \mu\text{M}$) è stato osservato a 20 m nella medesima stazione.

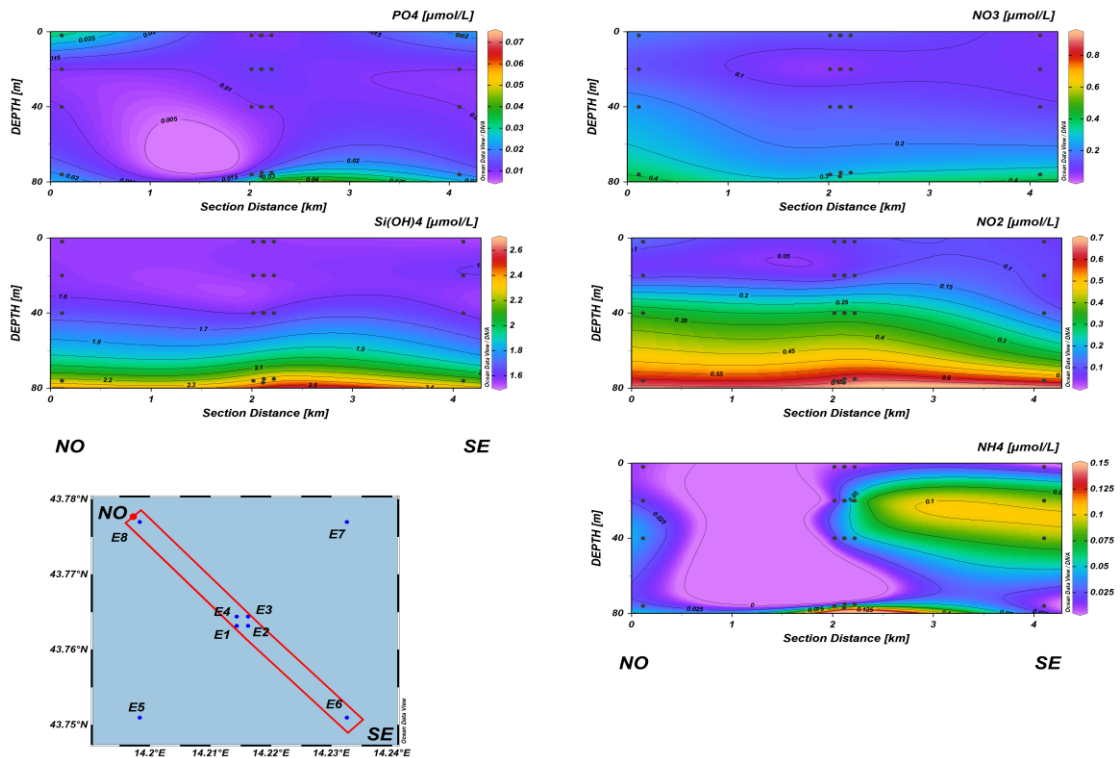


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Febbraio 2021.

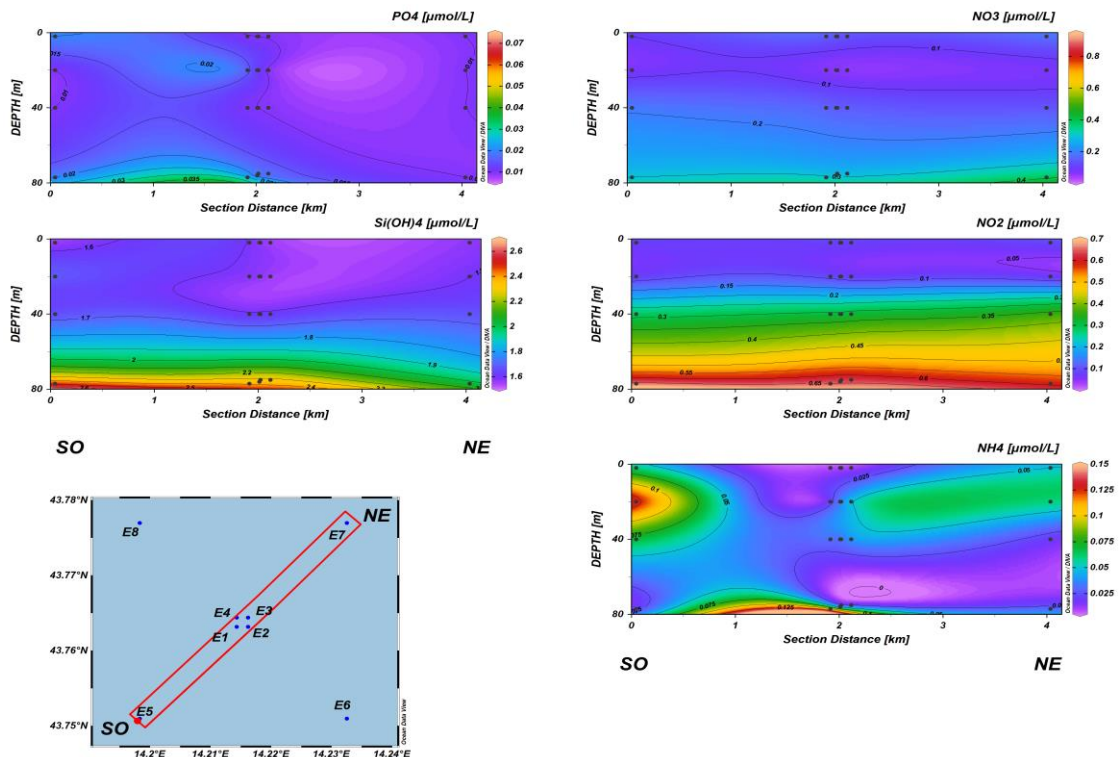


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Febbraio 2021.

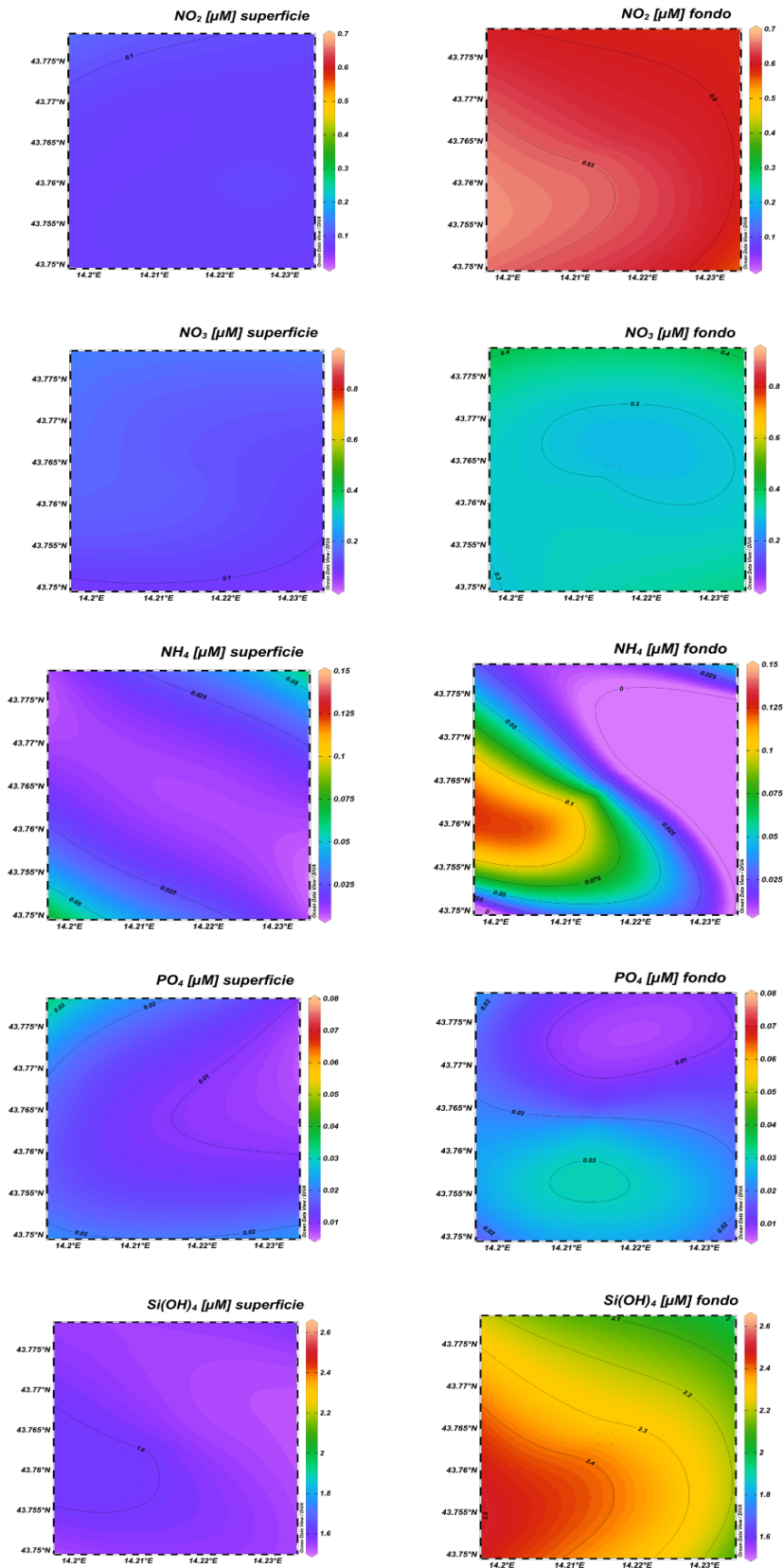


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

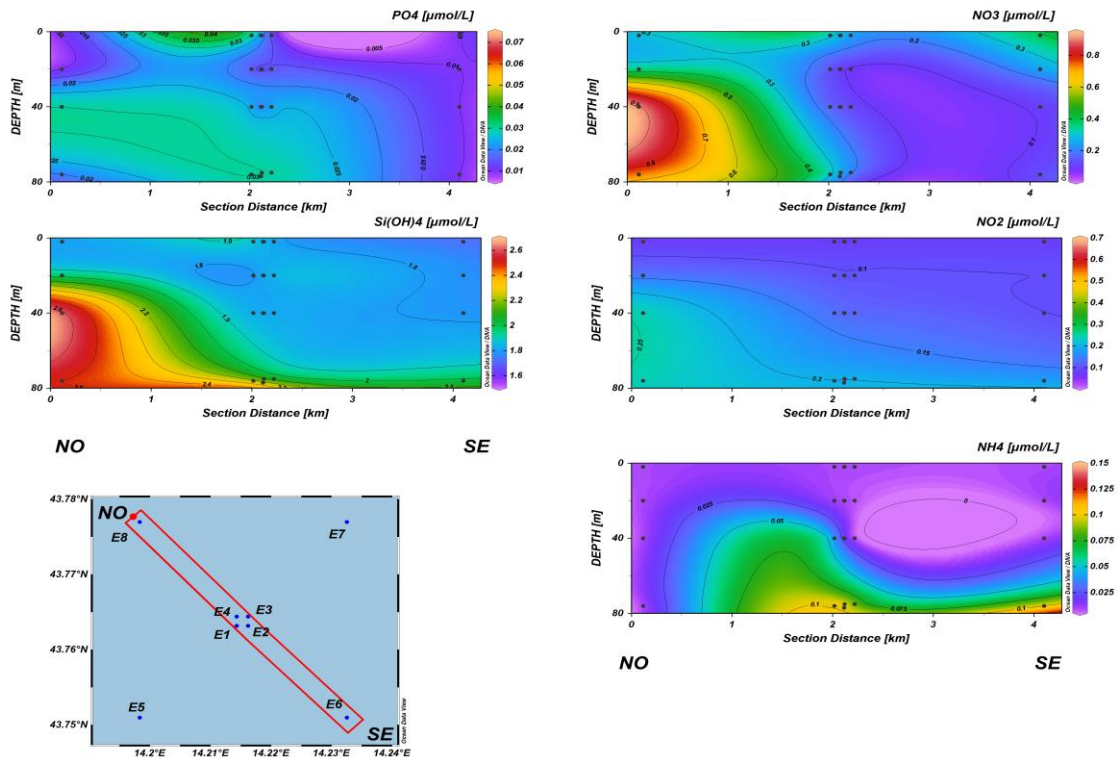


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Marzo 2021.**

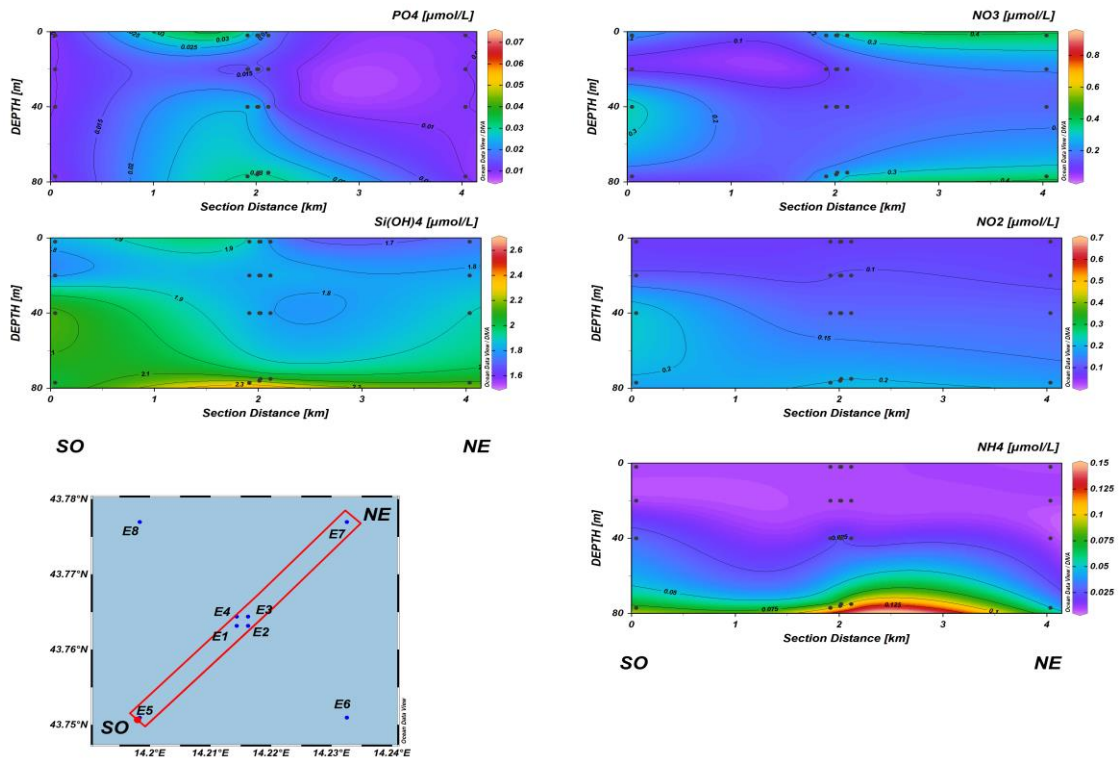


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Marzo 2021.**

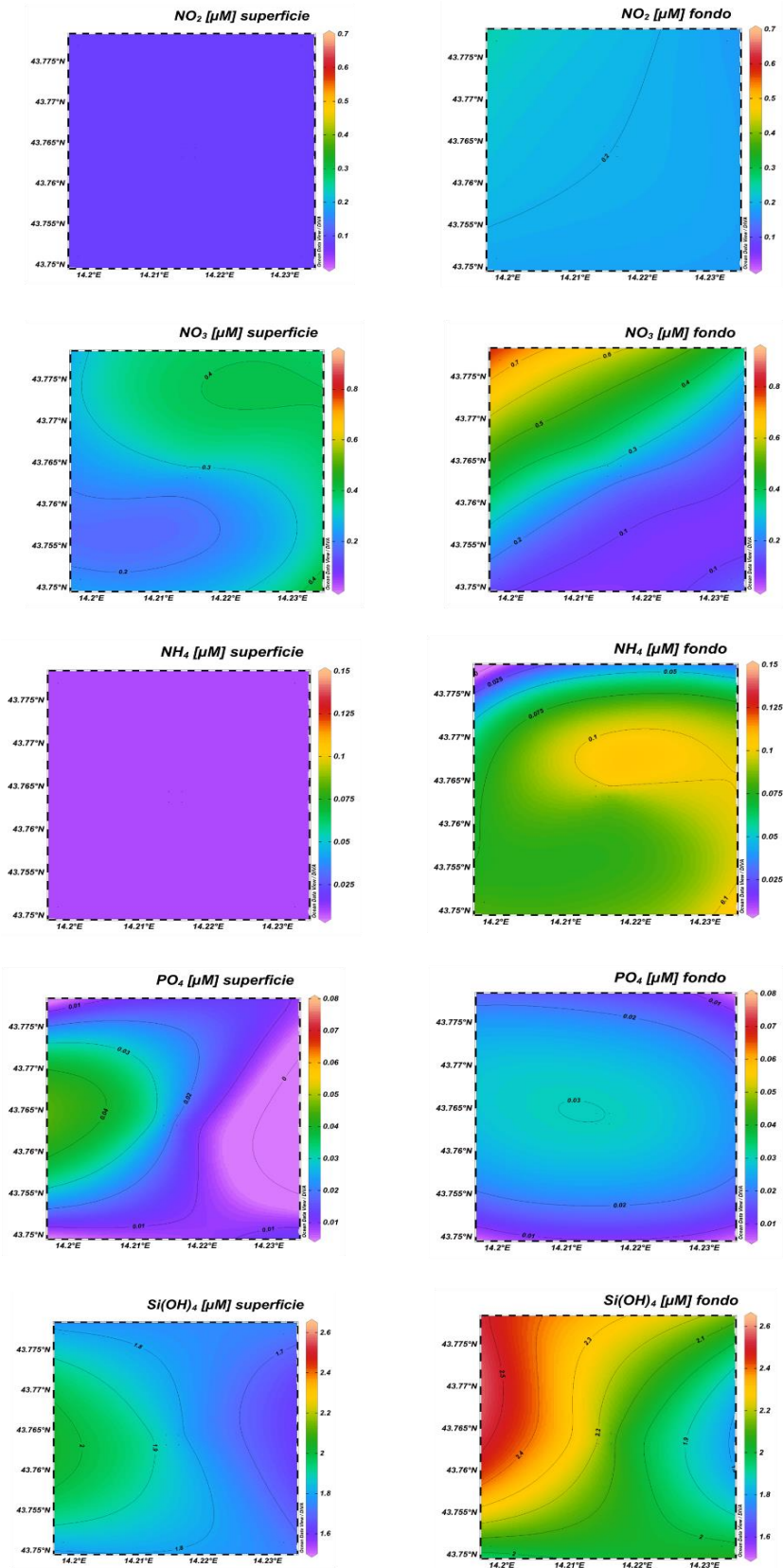


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

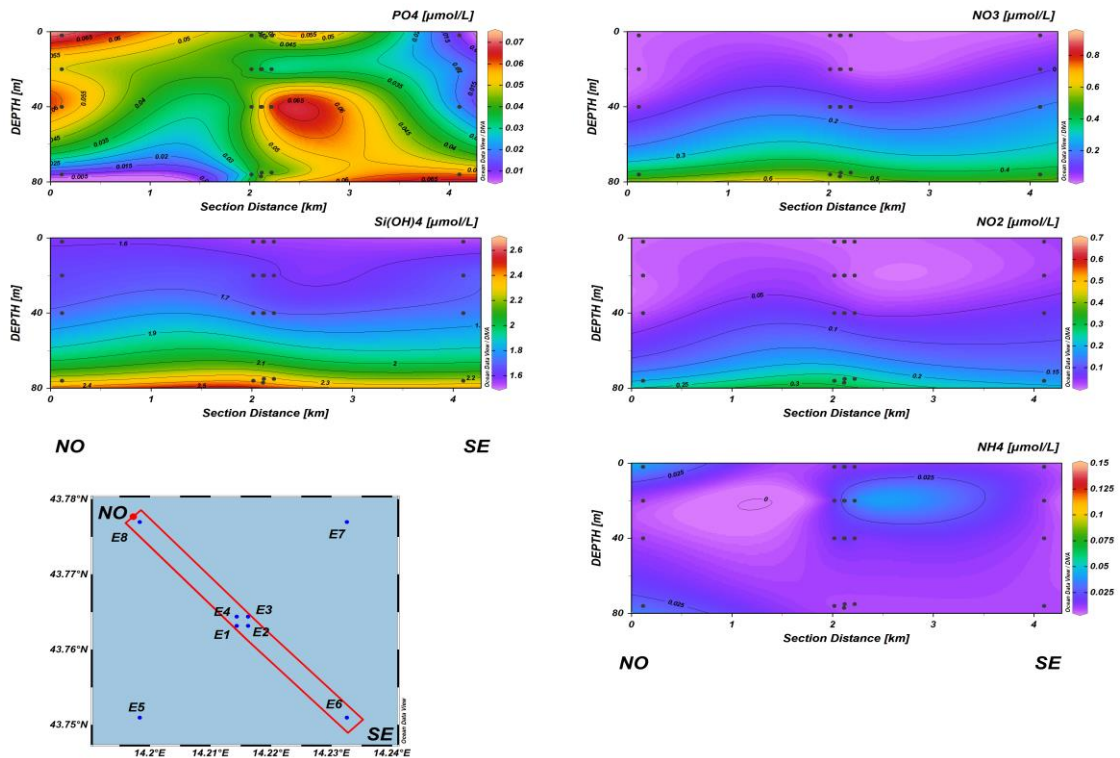


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

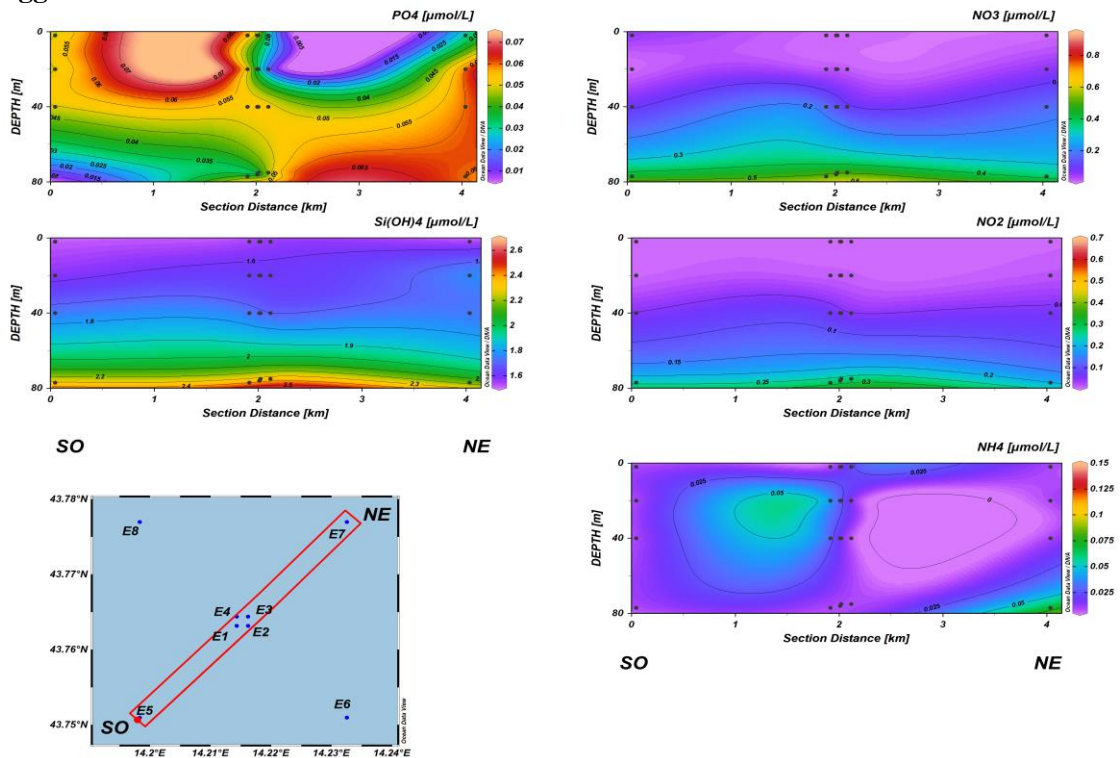


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

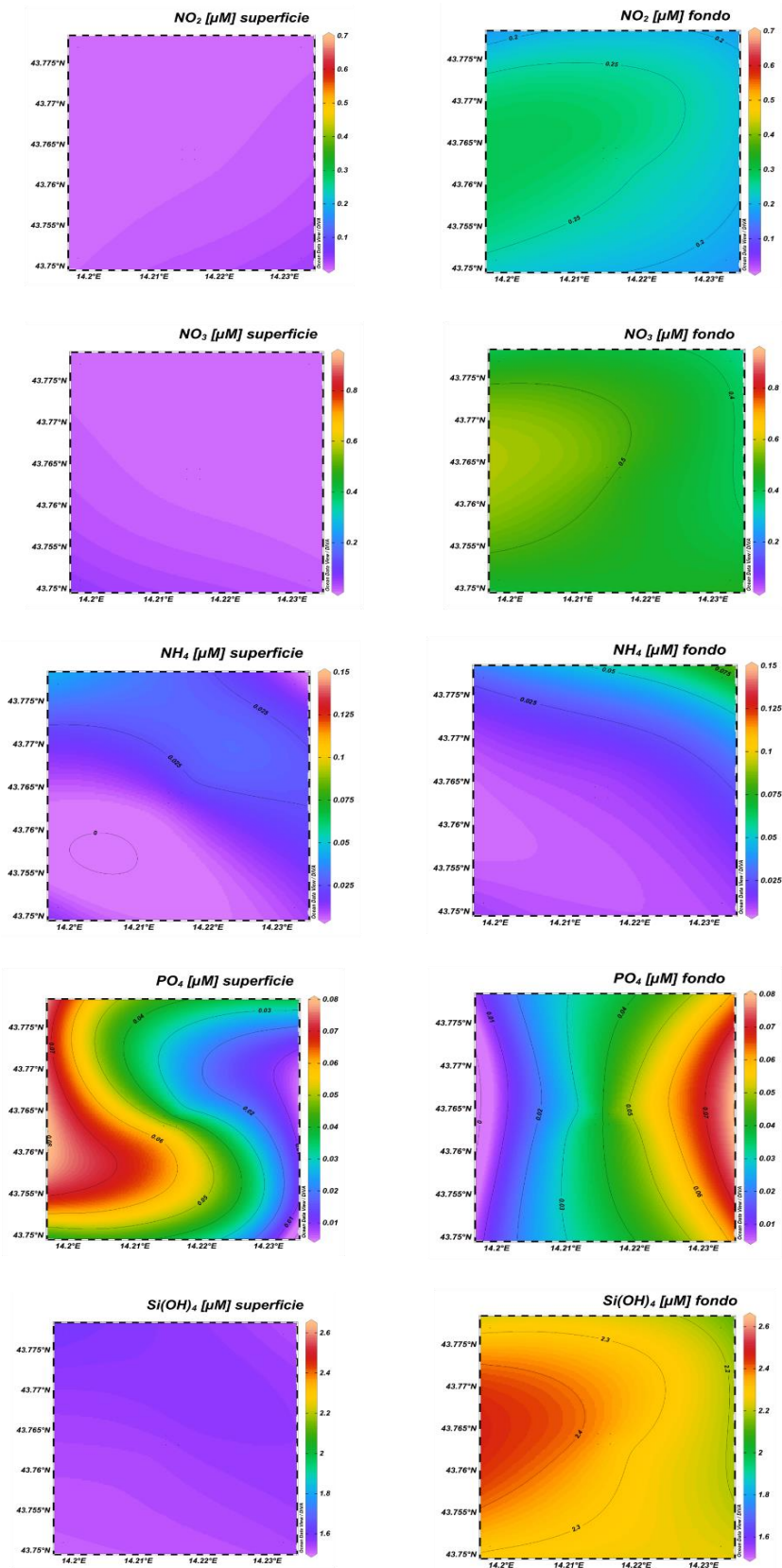


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Maggio 2021.**

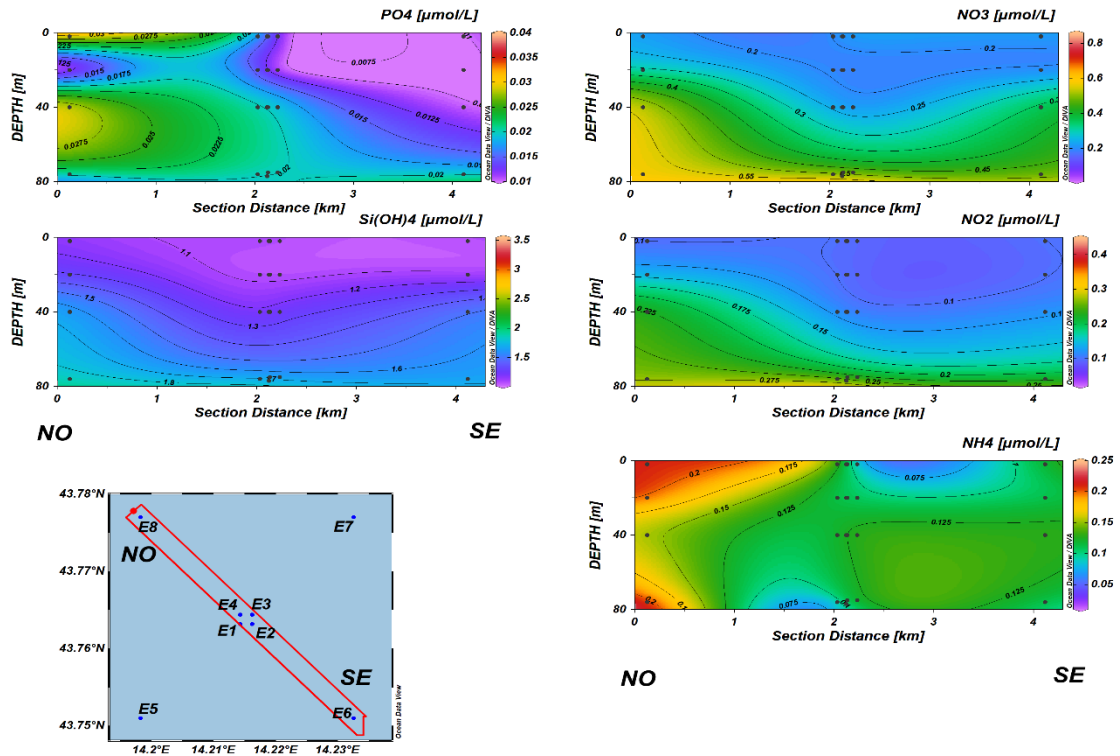


Fig. 3.22a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Luglio 2021.

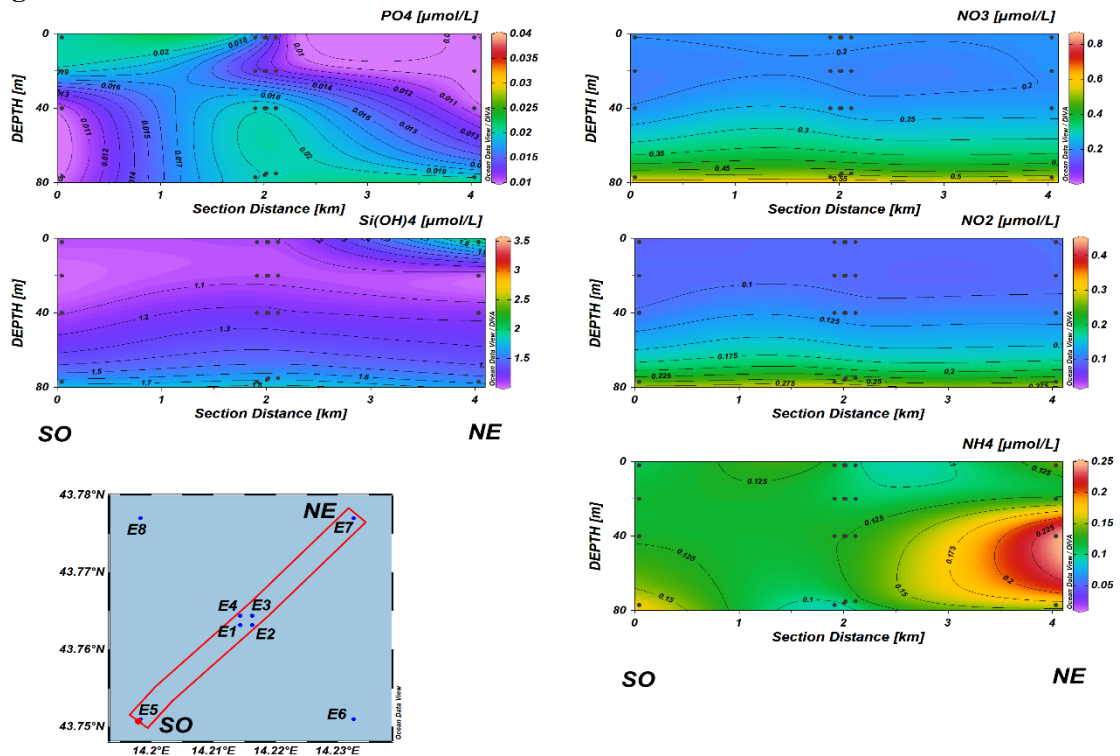


Fig. 3.22b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Luglio 2021.

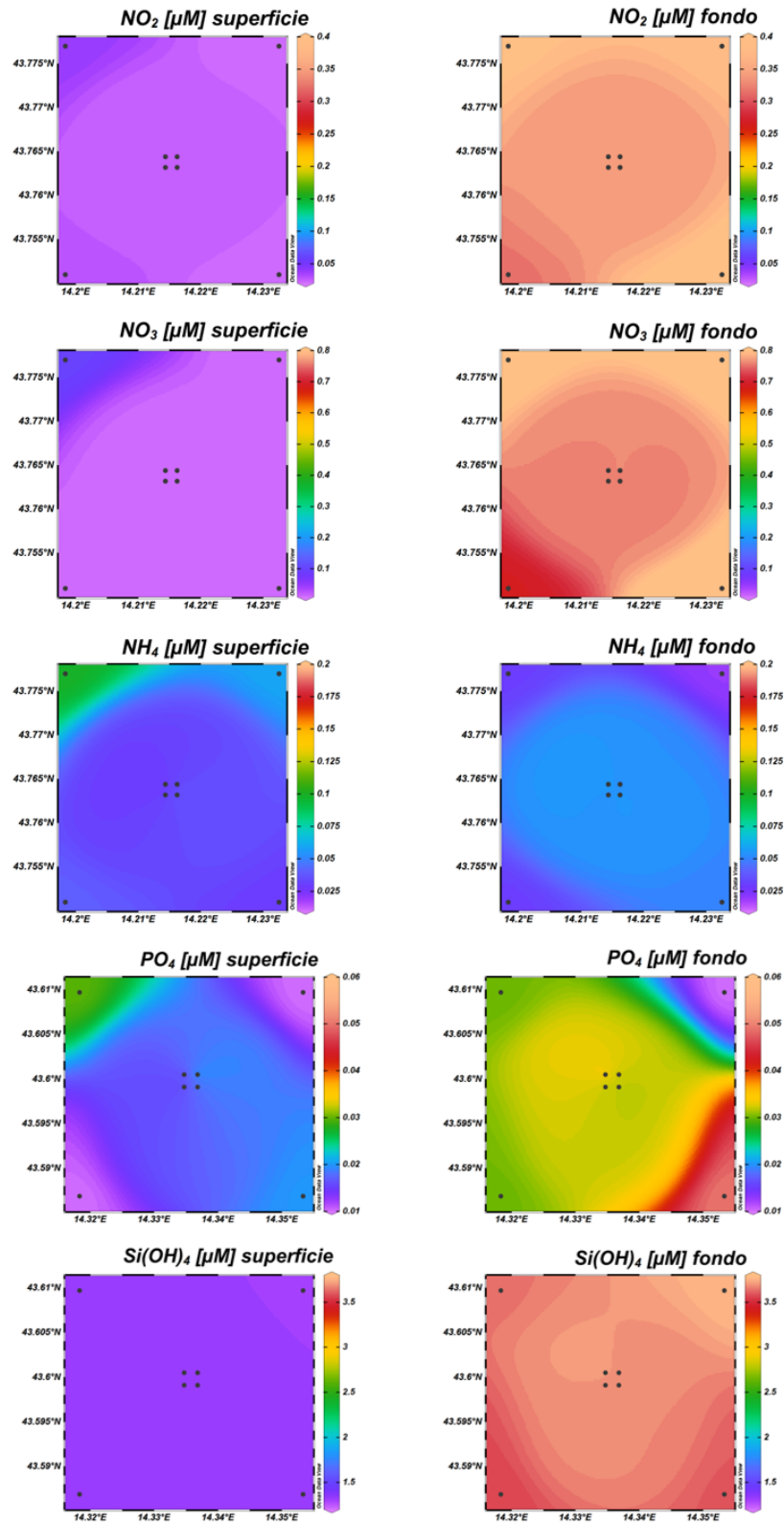


Fig. 3.23 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2021.**

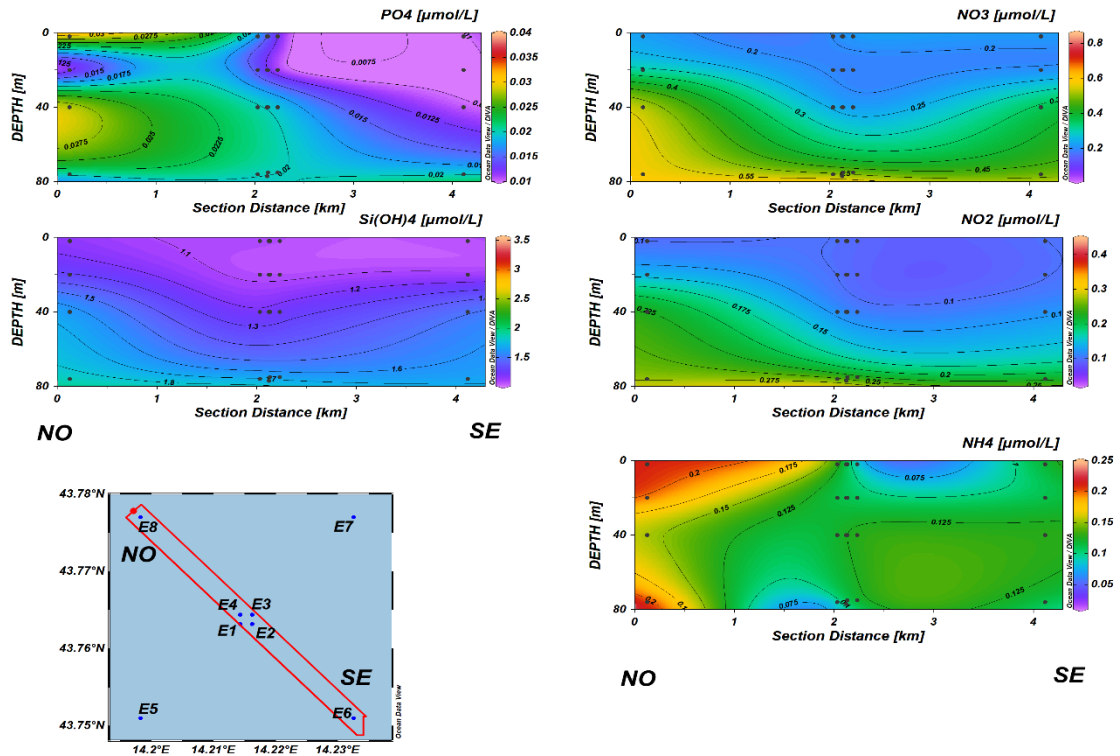


Fig. 3.24a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2021.

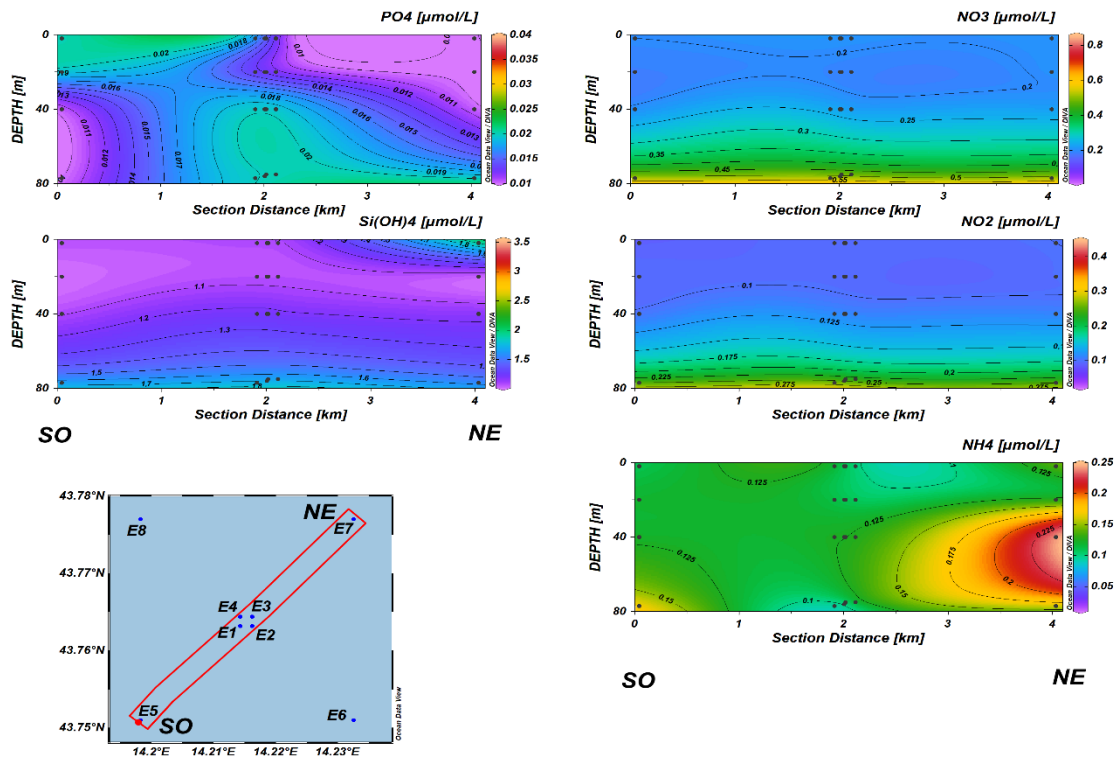


Fig. 3.24b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2021.

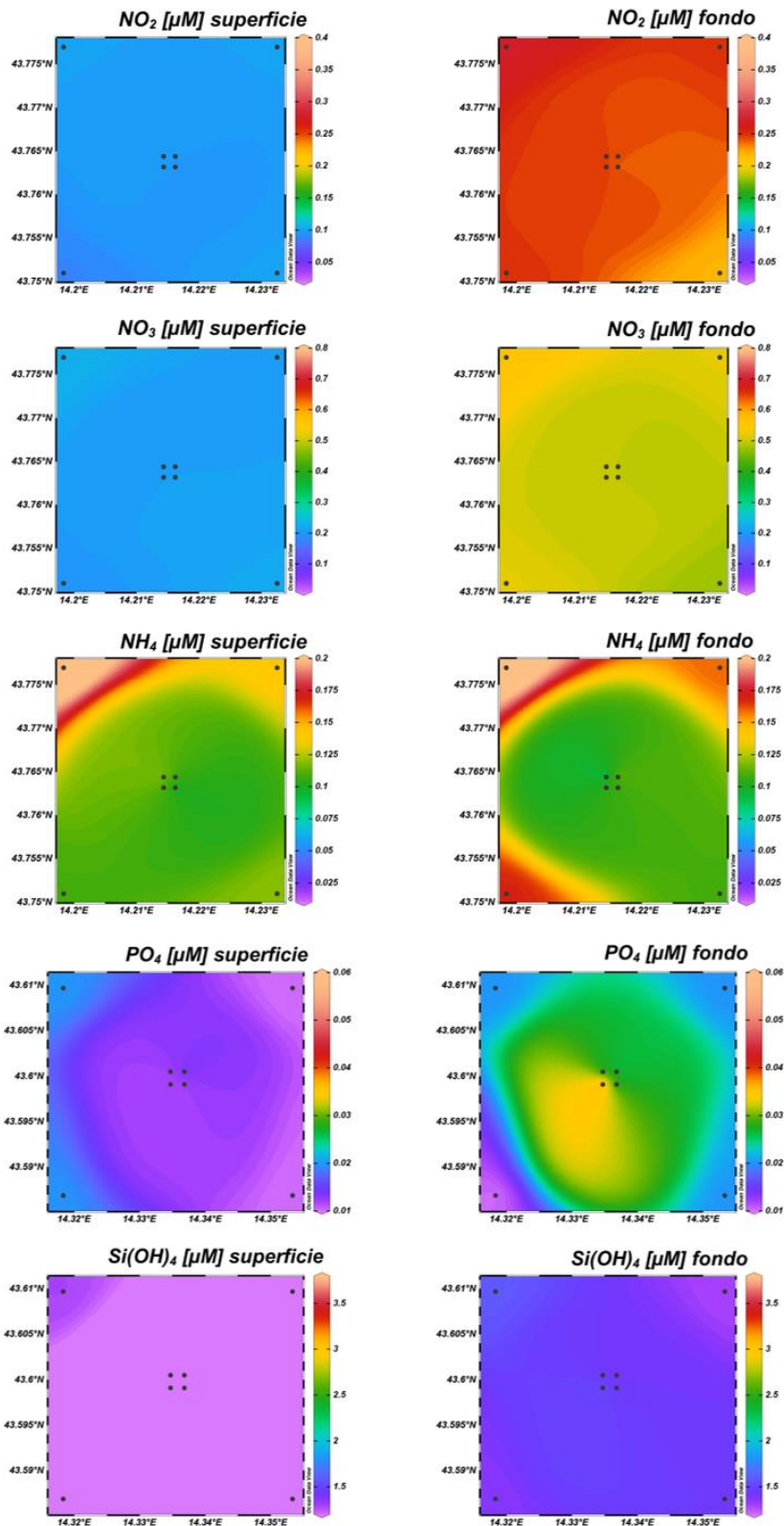


Fig. 3.25 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Dicembre 2021.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Durante il campionamento effettuato nel **febbraio 2021** (figg. 3.26a, 3.26b, 3.27) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $301,8 \pm 48,6$ ng/l, oscillando tra $384,3$ ng/l (E8, 40 m) e $197,3$ ng/l (E7, fondo). La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato contenuti medi rispettivamente di $23,2 \pm 13,7$ e $81,8 \pm 18,8$ ng/l. Il massimo di Chl *b* ($53,1$ ng/l) è stato misurato a 40 m nella E7, il minimo ($6,7$ ng/l) in superficie nella E4. Massimo ($116,3$ ng/l) e minimo ($53,0$ ng/l) di Chl *c* sono stati riscontrati a 20 m nella stazione E5 e a 40 m nella E3. In generale non è stato rilevato alcun andamento particolare per i tre pigmenti clorofilliani.

Il materiale particellato (TSM), è risultato mediamente presente con $0,4 \pm 0,4$ mg/l. Generalmente, un contenuto maggiore è stato riscontrato al fondo dell'area di campionamento dove è stato misurato il massimo ($1,3$ mg/l) presso il sito E6; il minimo ($0,1$ mg/l) è stato registrato a 20 m nella stazione E5.

A **marzo** (figg. 3.28a, 3.28b, 3.29) la concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a $193,5 \pm 46,5$ ng/l, con un massimo di $293,0$ ng/l e un minimo di $121,7$ ng/l rilevati rispettivamente a 40 m nella stazione E6 e in superficie nella E3. La Chl *b* e la Chl *c* sono state in media pari a $12,6 \pm 5,7$ e $51,4 \pm 12,8$ ng/l. La concentrazione massima di Chl *b* ($24,4$ ng/l) è stata misurata a 40 m di profondità nella stazione E5, mentre un valore prossimo allo zero è stato riscontrato in superficie nella E2. Per quanto concerne la Chl *c*, massimo ($88,3$ ng/l) e minimo ($30,3$ ng/l) sono stati rilevati, nell'ordine, a 40 m nella stazione E6 e in superficie nella E7. Anche in questo campionamento, in generale, le concentrazioni di pigmenti clorofilliani non hanno mostrato un andamento particolare.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente ($0,4 \pm 0,4$ mg/l). Esso è oscillato tra $1,7$ mg/l (E8, fondo) e $0,05$ mg/l (E4, 20 m; E2, fondo). Analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani, anche il TSM non ha presentato un andamento particolare.

A **maggio** (figg. 3.30a, 3.30b, 3.31) la Chl *a* è risultata mediamente presente con $266,1 \pm 82,5$ ng/l con un andamento crescente tra la superficie, dove è stato registrato il minimo ($132,7$ ng/l) nella E4, e il fondo dove, nella medesima stazione, è stato raggiunto il massimo di $407,4$ ng/l. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $18,3 \pm 13,5$ e $75,9 \pm 68,6$ ng/l. Il massimo di Chl *b* ($49,9$ ng/l) è stato misurato al fondo della stazione E4, mentre un valore prossimo allo zero è stato riscontrato alla quota superficiale della stessa stazione. Analogamente a quanto osservato per la Chl *a*,

la Chl *c* è risultata crescente tra la superficie ed il fondo. Anche per questa clorofilla il massimo (111,4 ng/l) è stato misurato sul fondo nella stazione E4, mentre la concentrazione minima (33,7 ng/l) ha caratterizzato la quota superficiale della stessa stazione.

Il contenuto medio di TSM è stato pari a $0,4 \pm 0,3$ mg/l, comparabile a quello osservato nei due campionamenti precedenti. Le concentrazioni maggiori sono state registrate generalmente al fondo ($0,8 \pm 0,3$ mg/l), con un massimo di 1,3 mg/l nella stazione E8.

Nel mese di **luglio** (figg. 3.32a, 3.32b, 3.33) in generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo.

La Chl *a* è risultata mediamente pari a $141,3 \pm 111,1$ ng/l, oscillando tra un massimo di 392,7 ng/l e un minimo di 46,1 ng/l misurati rispettivamente al fondo della stazione E6 e a 20 m nella E8. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $11,9 \pm 16,1$ e $49,8 \pm 50,5$ ng/l. Il maggior contenuto di entrambe (Chl *b*: 47,5 ng/l; Chl *c*: 154,7 ng/l) è stato registrato al fondo della stazione E6 come per la Chl *a*. Per quanto concerne i minimi, valori prossimi allo zero di Chl *b* sono stati riscontrati tra la superficie e i 40 m di E4, E5, E6, E7 ed E8, mentre quello della Chl *c* (10,3 ng/l) è stato misurato in superficie nella stazione E4.

Anche il TSM ($0,3 \pm 0,3$ mg/l) è risultato più abbondante al fondo, dove in E8 è stato misurato il massimo (1,1 mg/l); il minimo (0,04 mg/l) è stato riscontrato a 20 m in E2.

A **dicembre** (figg. 3.34a, 3.34b, 3.35) non è stato possibile campionare tutte le stazioni a causa di un problema tecnico al sistema di filtraggio. La concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a $123,5 \pm 43,8$ ng/l, con un massimo di 197,5 ng/l e un minimo di 63,9 ng/l misurati in superficie in E5 ed E7 rispettivamente. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie pari a $8,9 \pm 2,7$ e $37,0 \pm 11,2$ ng/l. Il massimo e il minimo di Chl *b* (14,0 e 5,1 ng/l) sono stati misurati in superficie nelle stazioni E1 ed E3 rispettivamente. Il massimo di Chl *c* (52,3 ng/l) è stato misurato a 40 m nella stazione E5, mentre la concentrazione più bassa (15,8 ng/l) è stata osservata in superficie nella E4. In generale per i pigmenti clorofilliani si osserva un lieve gradiente di concentrazione crescente nel transetto SO-NE, mentre la colonna d'acqua risulta omogenea tra la superficie e il fondo.

Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a $0,8 \pm 0,2$ mg/l. Come di consueto i contenuti maggiori hanno caratterizzato lo strato di fondo, dove presso E6 è stato rilevato il massimo (1,61 mg/l).

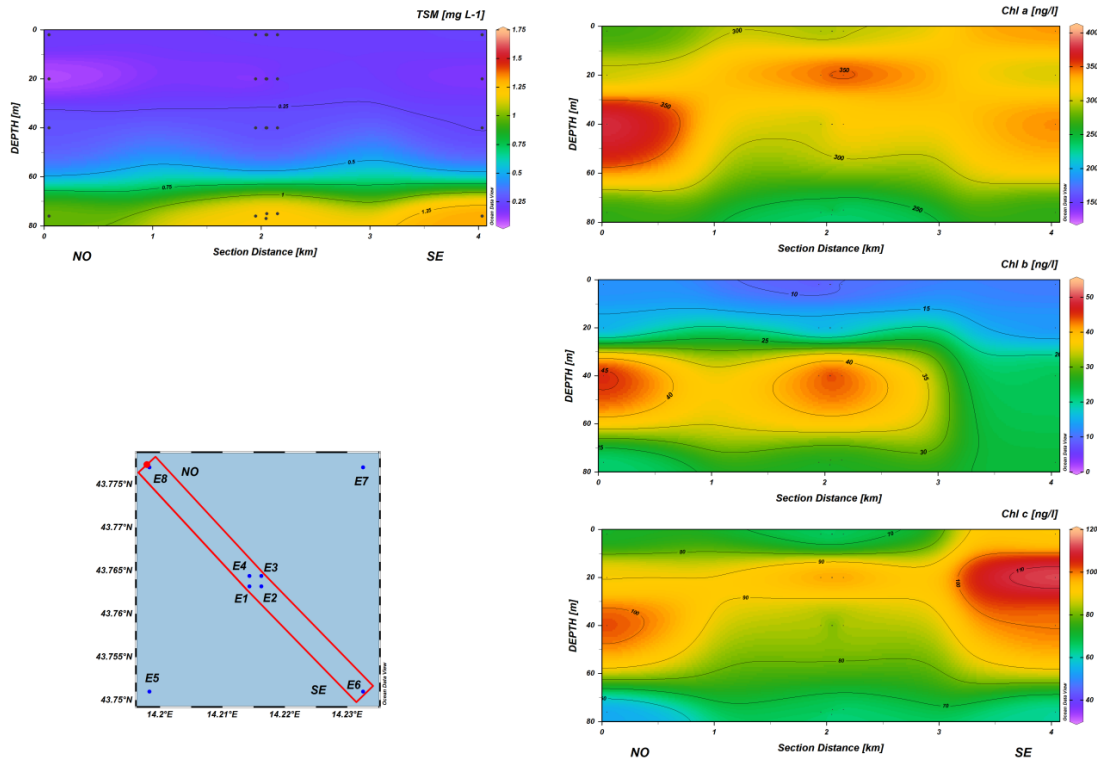


Fig. 3.26a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**

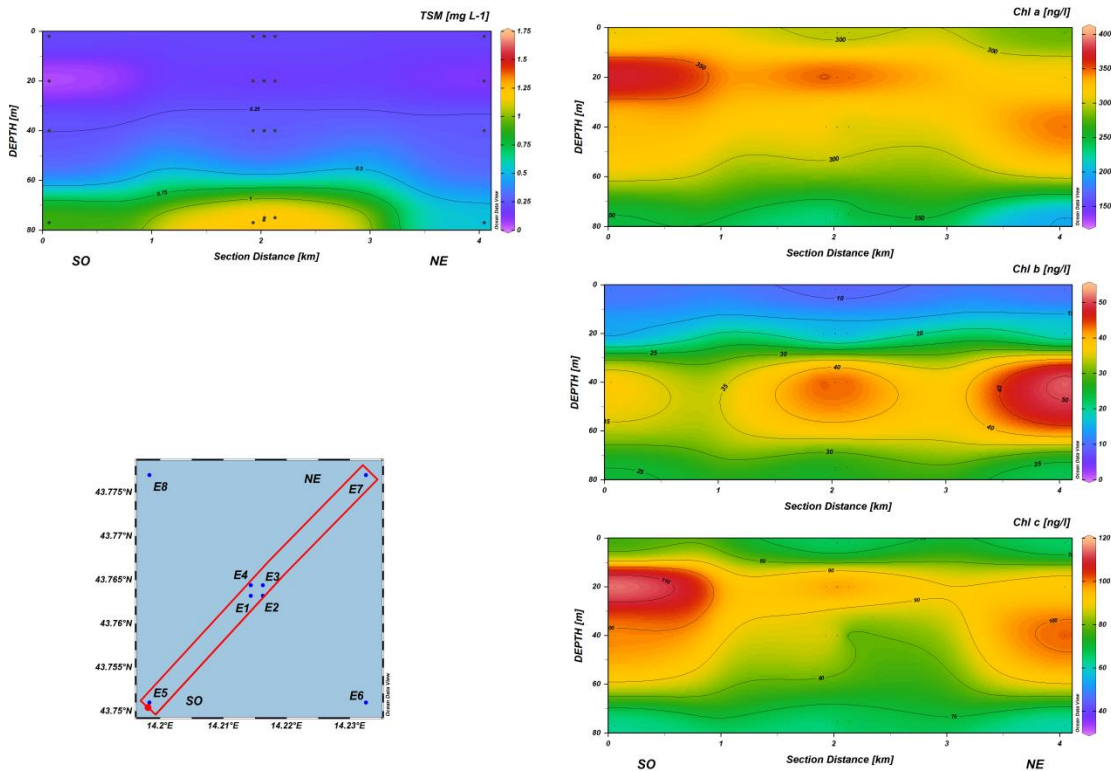


Fig. 3.26b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**

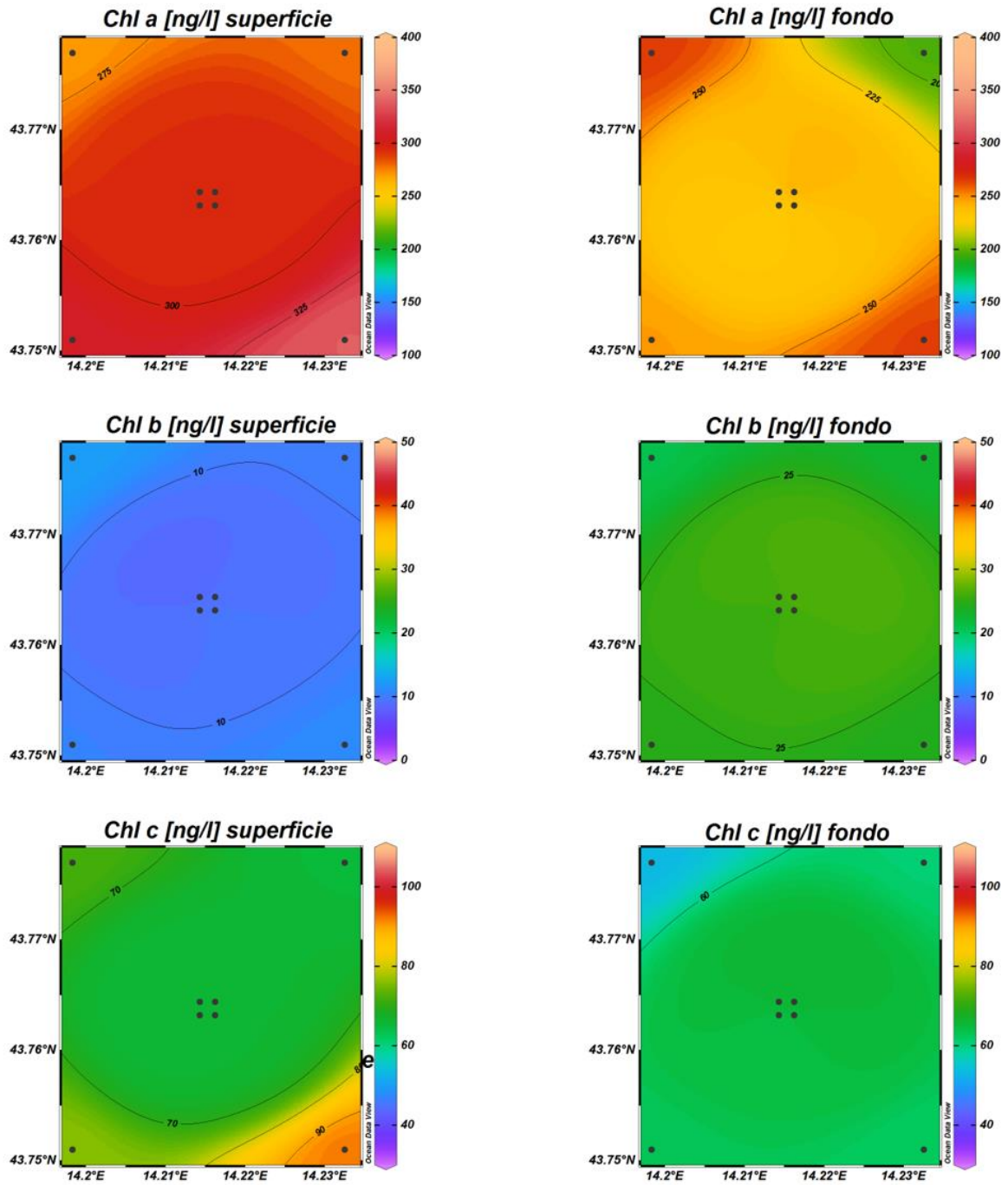


Fig. 3.27 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**

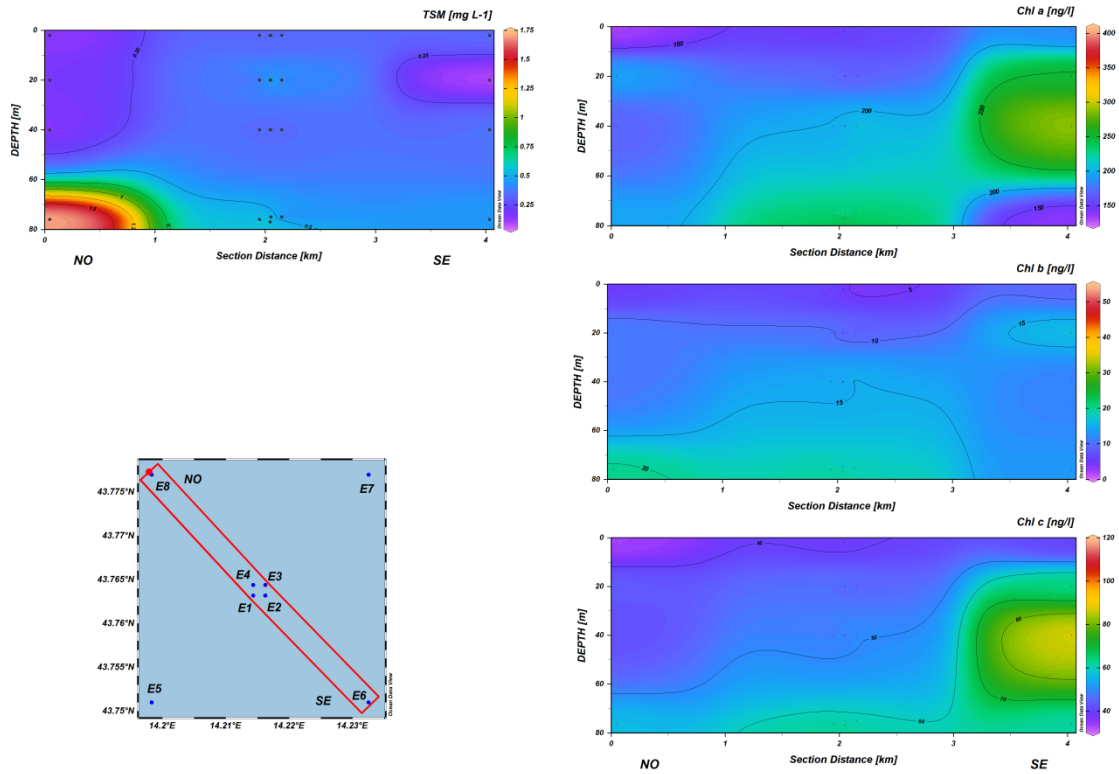


Fig. 3.28a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Marzo 2021.**

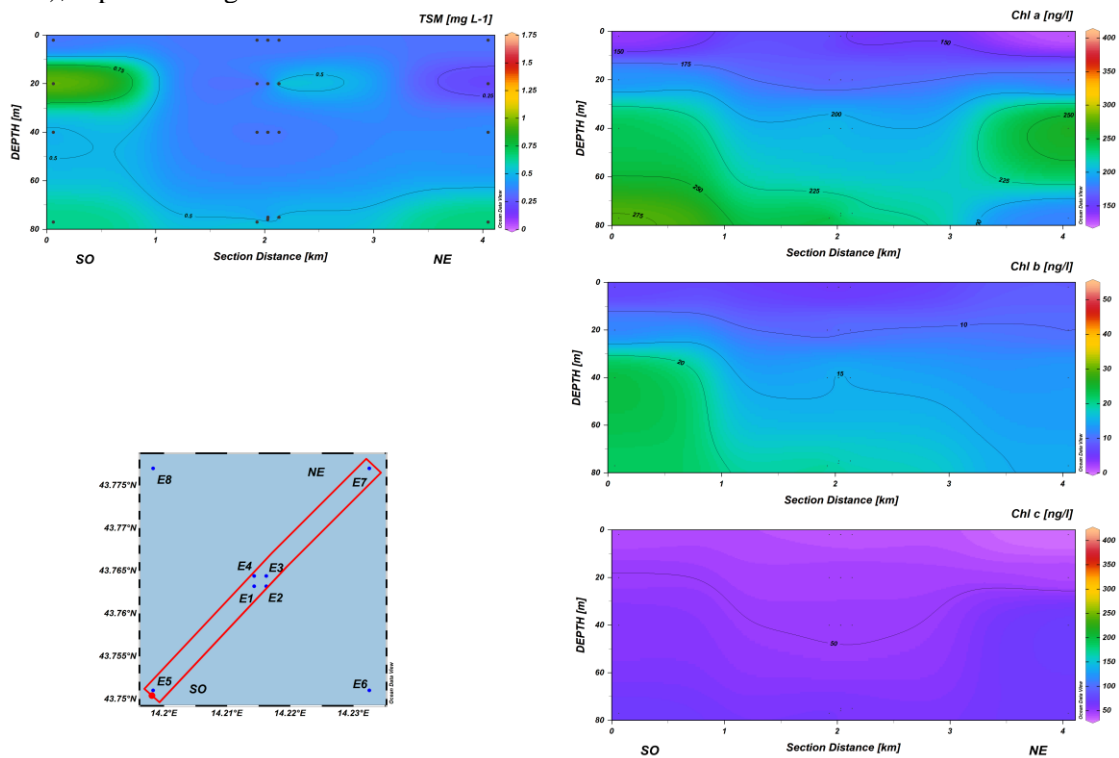


Fig. 3.28b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Marzo 2021.**

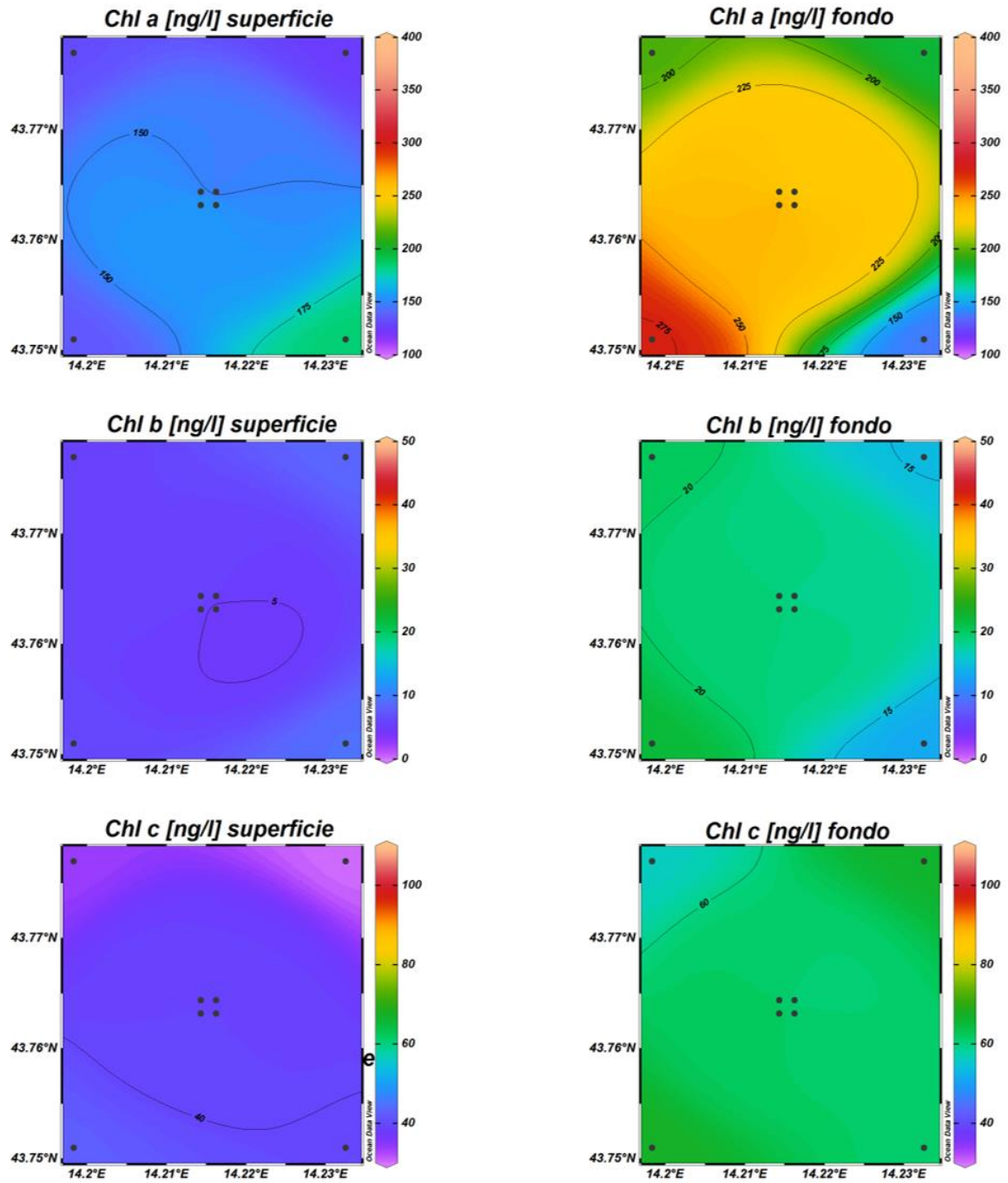


Fig. 3.29 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Marzo 2021.**

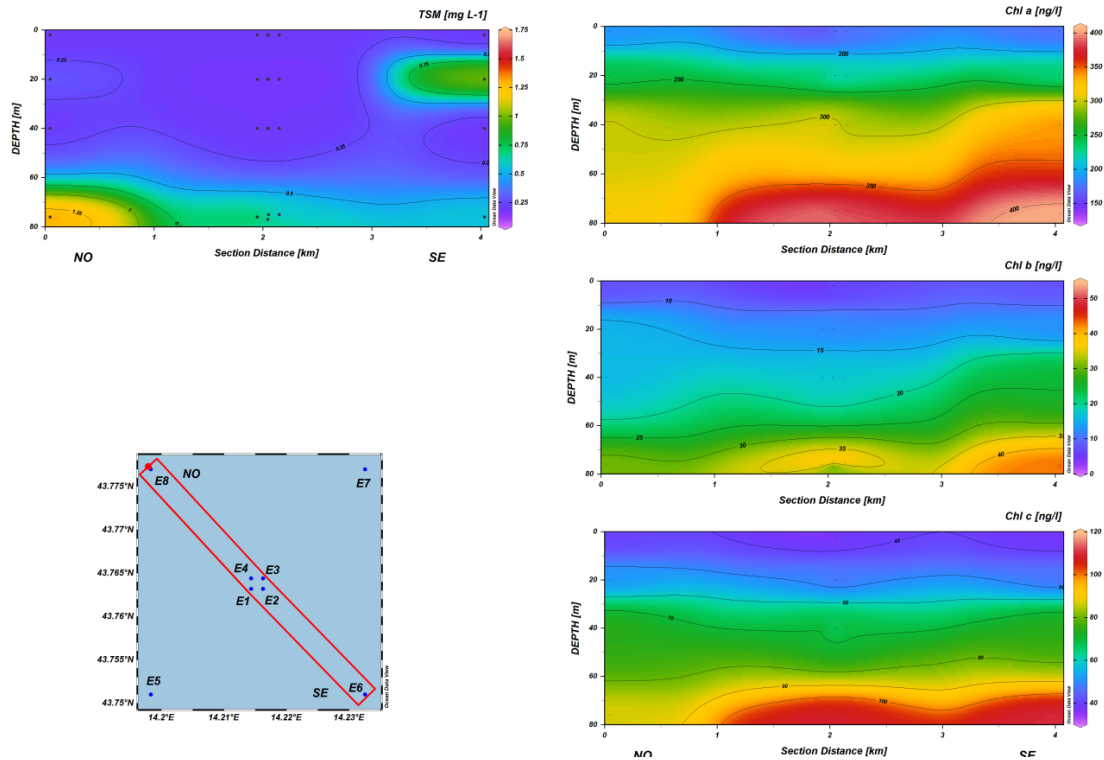


Fig. 3.30a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. Maggio 2021.

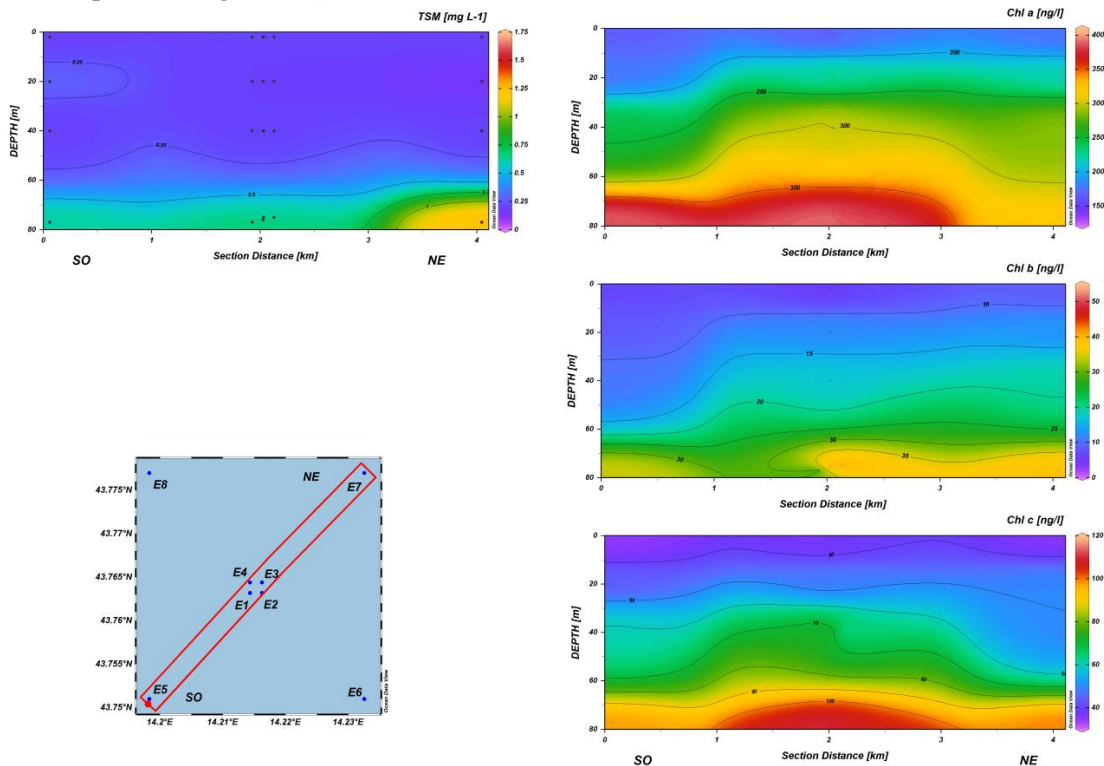


Fig. 3.30b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. Maggio 2021.

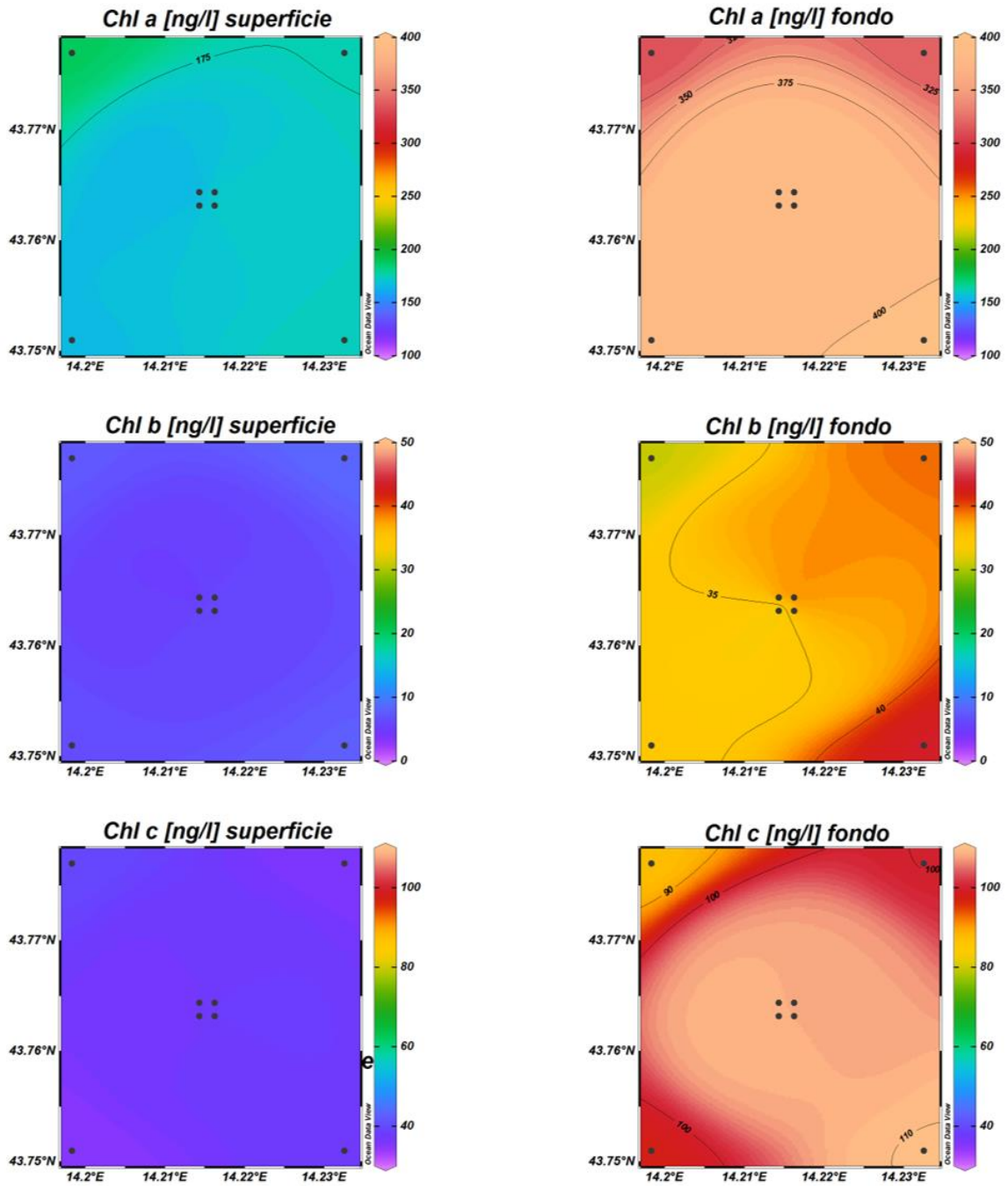


Fig. 3.31 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Maggio 2021.**

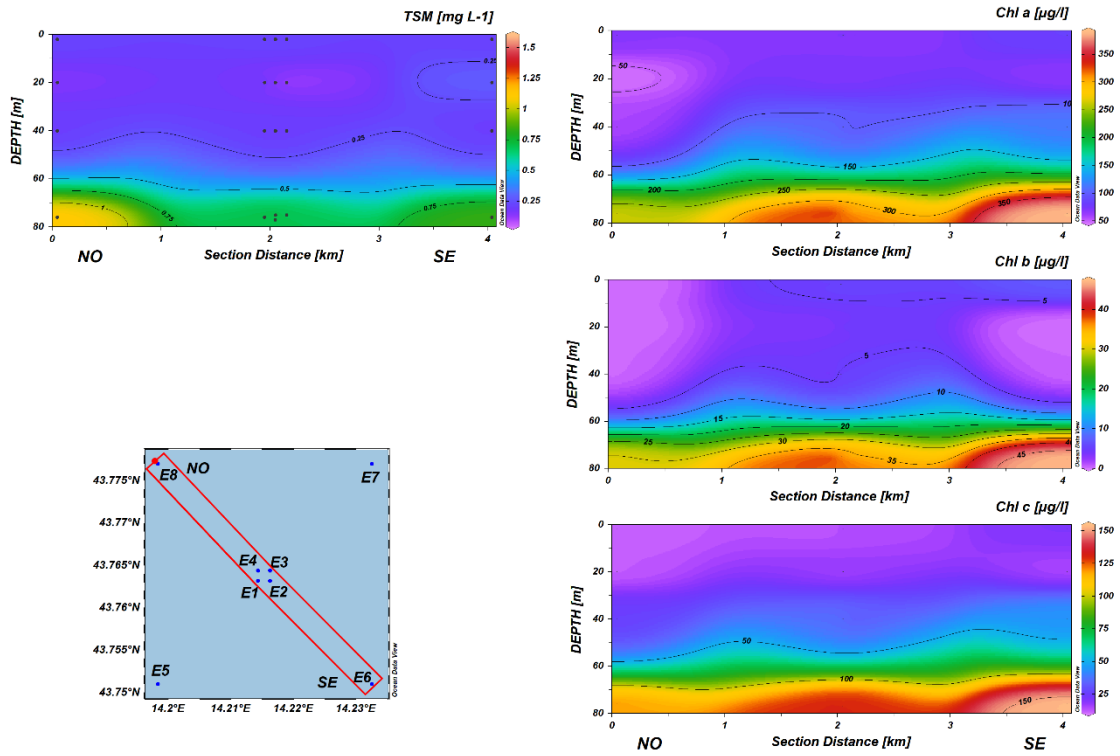


Fig. 3.32a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

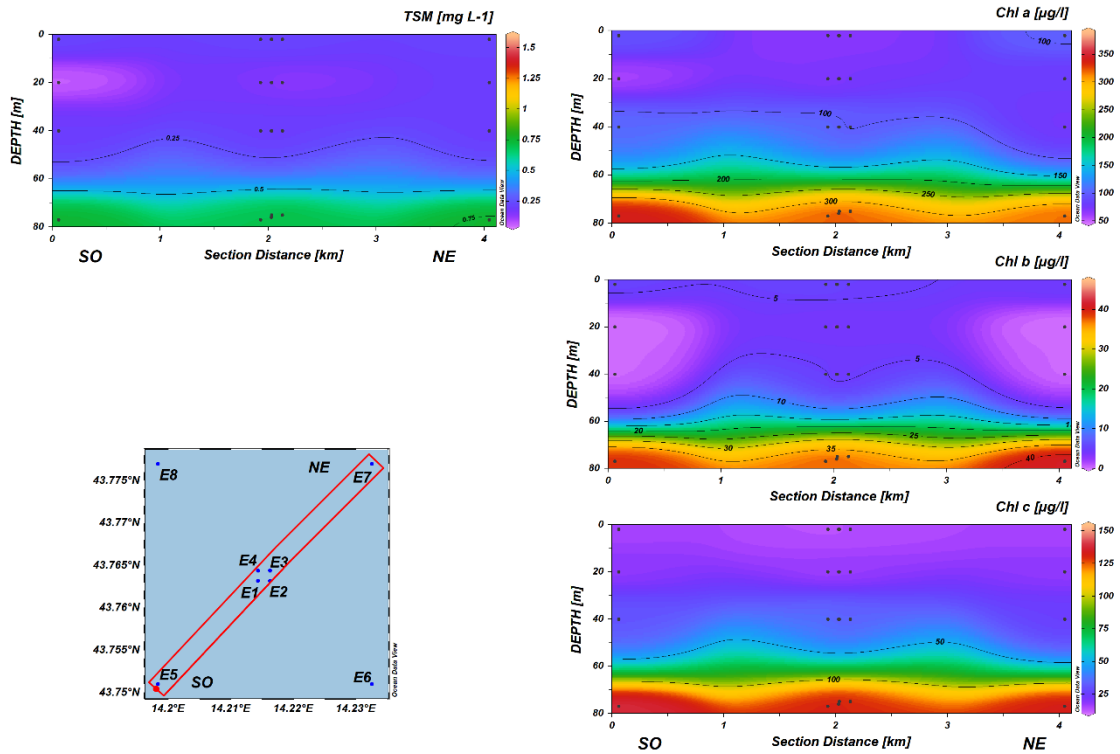


Fig. 3.32b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

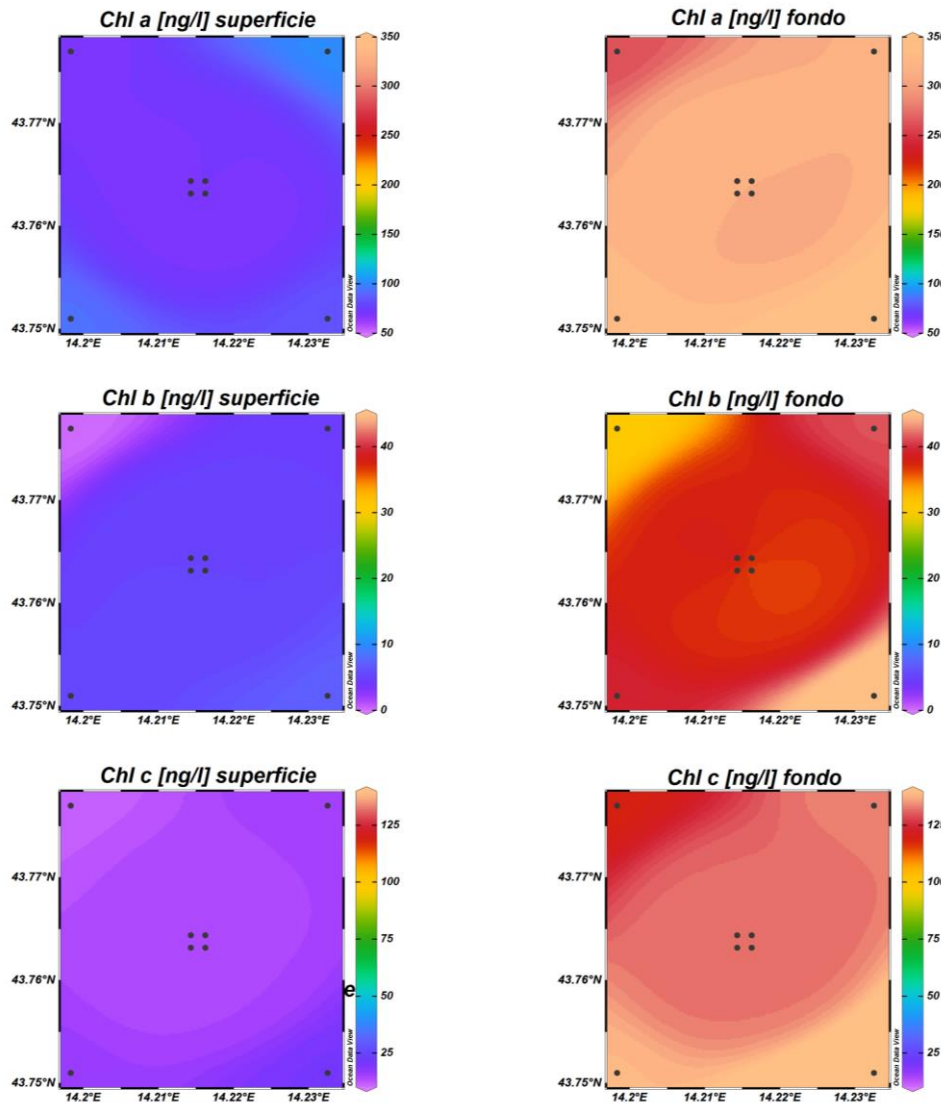


Fig. 3.33 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

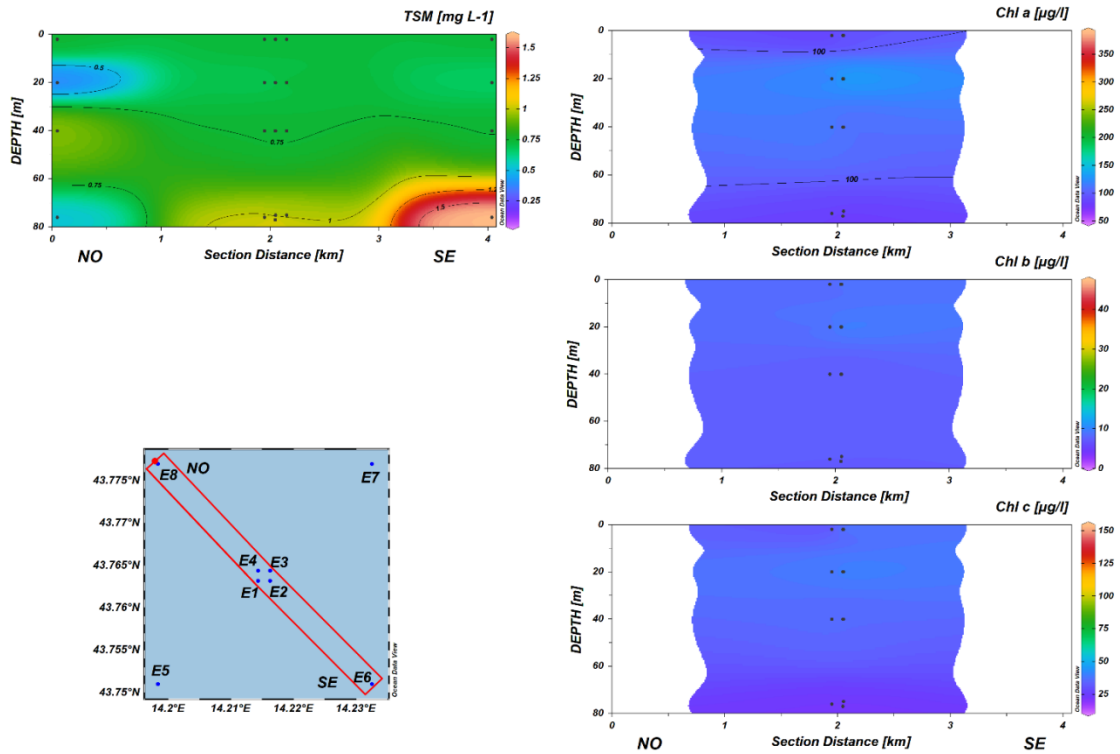


Fig. 3.34a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Dicembre 2021.**

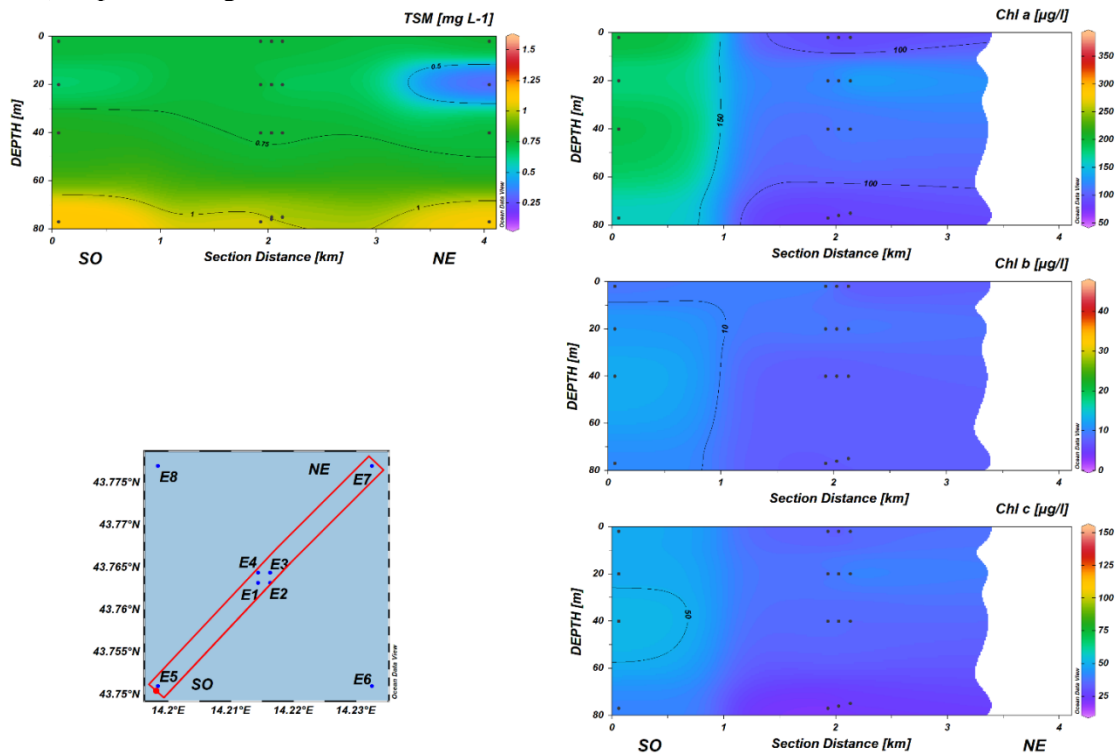


Fig. 3.34b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Dicembre 2021.**

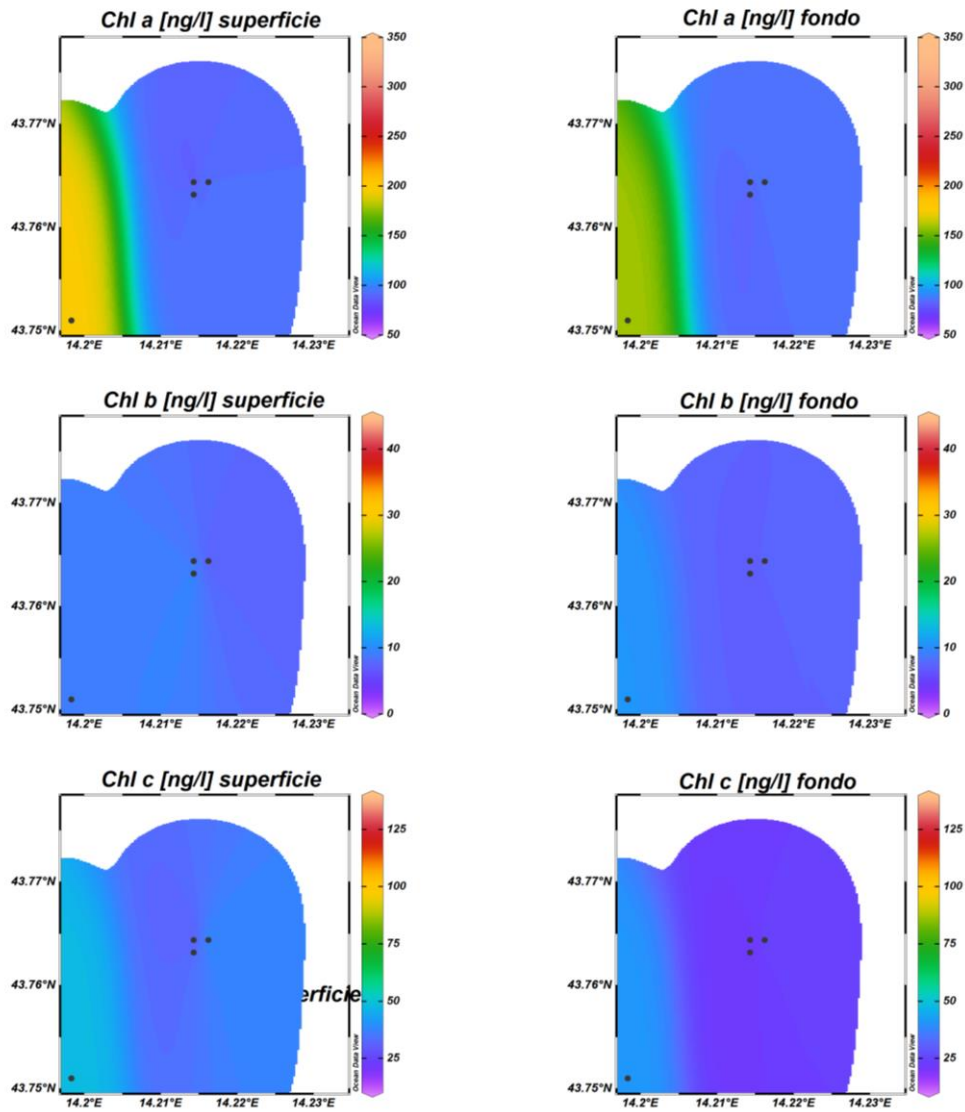


Fig. 3.35 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Dicembre 2021.**

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

I valori di concentrazione per gli Idrocarburi totali (IT), Idrocarburi Alifatici (IA) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), relativi ai due monitoraggi condotti nel 2° semestre 2021 sono riportati nelle Tabb. 3-I – 3-III. Per comodità di confronto, nelle tabelle si riportano anche i valori relativi al 1° semestre (febbraio, marzo e maggio).

Per quanto riguarda gli IT (Tab. 3-I), a luglio il range globale è stato di 19-47 µg/L, con solo 8 campioni rilevabili, mentre a dicembre il range è stato di 19-41 µg/L, con 20 campioni rilevabili, di cui 16 nelle stazioni di controllo.

In entrambe le campagne, in termini di valori di concentrazione i due gruppi di stazioni (piattaforma E1-E4, controllo E5-E8) non sono risultati differenziabili.

Tab. 3-I - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Totali misurate nei survey condotti nel 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
E1 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
E1 40 m	< 28	20	< 28	< 28	< 28
E1 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
E2 sup	< 28	16	< 28	< 28	24
E2 20 m	< 28	34	< 28	< 28	< 28
E2 40 m	52	< 28	< 28	< 28	24
E2 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	20
E3 sup	< 28	< 28	< 28	34	< 28
E3 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
E3 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
E3 fondo	150	< 28	< 28	< 28	< 28
E4 sup	< 28	< 28	< 28	47	22
E4 20 m	< 28	130	< 28	< 28	< 28
E4 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
E4 fondo	42	< 28	< 28	19	< 28
E5 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	25
E5 20 m	< 28	< 28	< 28	30	34
E5 40 m	< 28	< 28	< 28	29	31
E5 fondo	< 28	< 28	< 28	22	19
E6 sup	38	< 28	< 28	< 28	31
E6 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	32
E6 40 m	< 28	< 28	< 28	29	37
E6 fondo	< 28	< 28	< 28	47	24
E7 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	22
E7 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	28
E7 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	25
E7 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	41
E8 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	35
E8 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	26
E8 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	20
E8 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	29

Per gli IA (Tab. 3-II) sono stati ottenuti risultati analoghi. Infatti, a luglio questi composti sono stati quantificati solo su 8 campioni, con range di 17-46 µg/L, mentre a dicembre il range globale è stato di 15-25 µg/L, con 20 campioni rilevabili, di cui 16 nelle stazioni di controllo. In entrambe le campagne, i due gruppi di stazioni non sono risultati differenziabili in termini di valori di concentrazione.

Tab. 3-II - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nei survey condotti nel 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E1 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E1 40 m	< 1	6,2	< 1	< 1	< 1
E1 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E2 sup	< 1	5,1	< 1	< 1	18
E2 20 m	< 1	6,8	< 1	< 1	< 1
E2 40 m	7,6	< 1	< 1	< 1	17
E2 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	16
E3 sup	< 1	< 1	< 1	28	< 1
E3 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E3 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E3 fondo	15	< 1	< 1	< 1	< 1
E4 sup	3,3	< 1	< 1	32	15
E4 20 m	< 1	28	< 1	< 1	< 1
E4 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
E4 fondo	5,9	< 1	< 1	17	< 1
E5 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	17
E5 20 m	7,6	< 1	< 1	25	19
E5 40 m	< 1	< 1	< 1	27	19
E5 fondo	< 1	< 1	< 1	24	17
E6 sup	12	< 1	< 1	< 1	19
E6 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	19
E6 40 m	< 1	< 1	< 1	28	20
E6 fondo	< 1	< 1	< 1	46	16
E7 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	15
E7 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	17
E7 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	17
E7 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	25
E8 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	17
E8 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	17
E8 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	16
E8 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	17

Valori molto bassi e su campioni sporadici sono stati misurati per gli IPA (Tab. 3-III).

A luglio i campioni utili sono stati solo 11 di cui uno solo prelevato a 100 m da Elettra, con range di 0,00065-0,0900 µg/L, mentre a dicembre gli IPA sono stati quantificati solo in 5 campioni (di cui 1 raccolto a 100 m dalla piattaforma), con range di 0,0007-0,0065 µg/L.

Tab. 3-III - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nei survey condotti nel 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 0,0028	0,0024	< 0,0028	0,0028	< 0,0028
E1 20 m	0,0069	0,0091	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E1 40 m	0,0094	0,0089	0,0047	< 0,00056	< 0,0028
E1 fondo	0,0053	0,0150	0,0045	< 0,00056	< 0,0028
E2 sup	0,0094	0,0130	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E2 20 m	< 0,0028	0,0110	< 0,0028	< 0,00056	0,0025
E2 40 m	0,003	0,0110	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E2 fondo	< 0,0028	0,0097	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E3 sup	0,0055	0,0080	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E3 20 m	0,0072	0,0026	0,00098	< 0,00056	< 0,0028
E3 40 m	0,0098	0,0040	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E3 fondo	0,0077	0,0082	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E4 sup	0,0085	0,0140	0,00095	< 0,00056	< 0,0028
E4 20 m	0,0064	0,0160	0,0007	< 0,00056	< 0,0028
E4 40 m	0,0088	0,0110	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E4 fondo	0,0037	0,0011	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E5 sup	0,0029	0,0110	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E5 20 m	0,0048	0,0110	< 0,0028	0,0900	< 0,0028
E5 40 m	0,0037	0,0053	< 0,0028	< 0,00056	0,0007
E5 fondo	0,0041	0,0049	< 0,0028	0,0009	< 0,0028
E6 sup	0,0056	0,0067	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E6 20 m	0,0038	0,0094	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E6 40 m	0,0370	0,0048	< 0,0028	0,0020	< 0,0028
E6 fondo	0,0041	0,0250	< 0,0028	0,0015	< 0,0028
E7 sup	0,0037	0,0057	< 0,0028	0,00065	0,0008
E7 20 m	0,0042	1,2000	< 0,0028	0,0064	< 0,0028
E7 40 m	0,0038	0,2200	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E7 fondo	0,0039	0,0092	< 0,0028	0,0041	< 0,0028
E8 sup	0,0029	0,0120	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
E8 20 m	0,0034	0,0065	< 0,0028	0,0036	< 0,0028
E8 40 m	0,0042	0,0078	< 0,0028	0,0020	0,0065
E8 fondo	0,0041	0,0068	< 0,0028	0,0058	0,0014

I valori misurati per i **Solventi Organici Aromatici (BTEX)** sono riportati in Tab. 3-IV.

Benzene - Nel 2° semestre il benzene è stato rilevato solo a luglio e solo in 4 campioni (di cui 3 raccolti nelle stazioni di controllo), con range di 0,011-0,012 $\mu\text{g/L}$.

Etilbenzene - A luglio è stato riscontrato solo su 8 campioni (3 prelevati a 100 m da Elettra e 5 di controllo), con range 0,013-0,080 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E8, superficie). A dicembre si è registrato un sensibile incremento sia in termini di numero di campioni rilevabili (31 su 32 totali) che di concentrazioni. Il range è stato pari a 0,045-0,120 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E1, fondo) e la media a $0,069 \pm 0,017$ $\mu\text{g/L}$.

Stirene - Nel 2° semestre 2021 lo stirene è stato rilevato solo in pochi campioni a luglio (10, equamente distribuiti tra i due gruppi di siti) con range di 0,010-0,050 $\mu\text{g/L}$ (massimo in E8, superficie).

Toluene - Questo composto è risultato al di sotto del LR in tutto il 2021.

Xilene – Lo xilene a luglio è stato misurato solo su 9 campioni di cui 5 di controllo, in un range di 0,024-0,280 µg/L (massimo in E8, superficie). A dicembre è comparso praticamente ovunque (31 campioni su un totale di 32), con range complessivo 0,045-0,160 µg/L (massimo in E1, fondo) e media di 0,070±0,023 µg/L.

Sia a luglio che a dicembre i valori sono apparsi distribuiti senza differenziazione statistica tra i due gruppi di stazioni, ma la dispersione è risultata più contenuta a dicembre, grazie anche a un maggior numero di campioni misurati.

Tab. 3-IV - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nel 2021.

Stazione	Benzene					Etilbenzene				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	0,021	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,074
E1 20 m	0,032	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,079
E1 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,092
E1 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,061	0,120
E2 sup	0,020	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,096
E2 20 m	0,020	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,100
E2 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,060
E2 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,063
E3 sup	0,023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,065
E3 20 m	0,028	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,067
E3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,074
E3 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,075
E4 sup	0,023	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	0,073
E4 20 m	0,025	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,022	0,065
E4 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,061
E4 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,054
E5 sup	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,075
E5 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,065
E5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,065
E5 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,100
E6 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
E6 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,057
E6 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,052
E6 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,072
E7 sup	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,06
E7 20 m	0,022	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,020	0,057
E7 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,034	0,057
E7 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,031	0,066
E8 sup	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,080	0,047
E8 20 m	0,014	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,045
E8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,047
E8 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	0,059

Tab. 3-IV - Continuo.

Stazione	Stirene					Toluene				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E1 20 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E1 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E1 fondo	0,013	0,011	0,012	0,049	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 20 m	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 fondo	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 20 m	0,011	< 0,01	0,021	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 sup	< 0,01	< 0,01	0,031	0,010	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 20 m	0,011	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 40 m	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 fondo	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E5 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E5 20 m	< 0,01	< 0,01	0,019	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E5 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E6 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E6 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E6 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E6 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E7 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E7 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E7 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,024	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E7 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,022	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E8 sup	< 0,01	< 0,01	0,160	0,050	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E8 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E8 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tab. 3-IV - Continuo.

Stazione	Xilene				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,024	0,074
E1 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,077
E1 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,093
E1 fondo	< 0,02	0,039	< 0,02	0,200	0,160
E2 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,110
E2 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,100
E2 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,063
E2 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,066
E3 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,060
E3 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,062
E3 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,071
E3 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,072
E4 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,037	0,073
E4 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,064	0,063
E4 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,059
E4 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,051
E5 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,069
E5 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,065
E5 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,064
E5 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,099
E6 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E6 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,060
E6 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,050
E6 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,072
E7 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,056
E7 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,058	0,056
E7 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,110	0,052
E7 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,100	0,066
E8 sup	< 0,02	< 0,02	0,011	0,280	0,050
E8 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,045
E8 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,047
E8 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,032	0,055

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale sempre e ovunque (Tab. 3-V).

Tab. 3-V - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nelle campagne condotte nel 1 2021 sono riportate in Tab. 3-VI.

Alluminio - Le concentrazioni di alluminio a luglio hanno evidenziato un aumento rispetto al 1° semestre, con medie simili nei due gruppi di stazioni. Il range globale è stato 3,00-50,00 µg/L (massimo in E5, fondo) e la media complessiva pari a 15,50±8,24 µg/L.

A dicembre il metallo è stato rilevato solo in due campioni (E1, 20 m ed E3, superficie; rispettivamente 4,00 e 2,30 µg/L).

Arsenico - Le concentrazioni sono state molto omogenee sia a luglio che a dicembre.

A luglio si è verificato un incremento rispetto a maggio; il range è risultato di 0,30-1,20 µg/L (massimo in E5, fondo) e la media complessiva (0,49±0,15 µg/L) è stata la maggiore del 2021. A dicembre le concentrazioni si sono ridotte rientrando nel range di 0,11-0,23

$\mu\text{g/L}$ (massimo in E3, 20 m; media: $0,16\pm 0,03 \mu\text{g/L}$).

Bario - Anche il bario è risultato distribuito omogeneamente e ha presentato un andamento analogo a quello dell'alluminio e dell'arsenico. A luglio è aumentato ovunque: il range è stato $2,00-4,50 \mu\text{g/L}$ (massimo in E3, 20 m) e la media globale di $2,94\pm 0,58 \mu\text{g/L}$, la maggiore del 2021. A dicembre le concentrazioni sono diminuite rientrando nel range $0,47-1,30 \mu\text{g/L}$ (massimo E1, 20 m); la media è stata pari a $0,70\pm 0,19 \mu\text{g/L}$.

Cadmio - Già molto sporadico nel 1° semestre 2021, a luglio il cadmio è stato quantificato solo in E5 sul fondo e a dicembre su due quote della stazione E1 e in una della E3. Il range complessivo relativo ai due survey è stato di $0,011-0,016 \mu\text{g/L}$.

Cromo - Anche per il cromo sono stati registrati pochi valori utili in tutto l'anno. Relativamente al 2° semestre, è stato quantificato solo a luglio sul 69% dei campioni raccolti, per lo più provenienti dai siti di controllo. Le concentrazioni sono oscillate tra $0,10$ e $0,25 \mu\text{g/L}$ (massimo in E8, 20 m), con media di $0,14\pm 0,04 \mu\text{g/L}$.

Ferro - A luglio il ferro ha presentato un notevole aumento delle concentrazioni rispetto al 1° semestre, con range globale di $3,30-41,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in E2, fondo) e media di $24,89\pm 8,56 \mu\text{g/L}$. A dicembre le concentrazioni sono diminuite drasticamente nel range di $0,44-3,40 \mu\text{g/L}$ (massimo in E1, 20 m), con media di $0,95\pm 0,69 \mu\text{g/L}$.

Mercurio - Nel 2° semestre 2021 il mercurio non è stato affatto rilevato confermando i risultati ottenuti a maggio.

Nichel - I livelli di nichel nel 2° semestre sono risultati generalmente bassi, senza differenziazione geografica statisticamente rilevante, confermando quanto osservato nei primi sei mesi dell'anno. A luglio si è verificato un aumento delle concentrazioni rispetto a maggio, rientrando nel range globale di $0,23-0,60 \mu\text{g/L}$ (massimo in E6, 40 m) e media di $0,38\pm 0,10 \mu\text{g/L}$, mentre a dicembre i livelli sono diminuiti: il range è stato di $0,06-0,35 \mu\text{g/L}$ (massimo in E1, 20 m) e la media $0,12\pm 0,07 \mu\text{g/L}$.

Piombo - Il piombo nel 2° semestre 2021 è stato rilevato solo a luglio in concentrazioni non differenziabili tra i due gruppi di stazioni e molto basse, ma superiori a quelle dei survey precedenti. Il range complessivo è stato pari a $0,037-0,430 \mu\text{g/L}$ (massimo in E8, 20 m) e la media a $0,219\pm 0,093 \mu\text{g/L}$.

Rame - Anche il rame, raramente quantificato nel 1° semestre, a luglio è stato rilevato ovunque in concentrazioni maggiori, variabili tra $0,16$ e $5,30 \mu\text{g/L}$ (massimo in E4, 20 m),

con una media di $0,31 \pm 0,10$ $\mu\text{g/L}$. A dicembre è diminuito notevolmente sia come numero di campioni (4) che come range ($0,17$ - $0,40$ $\mu\text{g/L}$).

Vanadio - Valori molto omogenei dal punto di vista geografico, e con bassa dispersione, hanno caratterizzato le concentrazioni di vanadio anche nel 2° semestre 2021. A luglio, come per molti altri metalli, le concentrazioni sono risultate in aumento, con un range globale di $0,50$ - $1,40$ $\mu\text{g/L}$ (massimo in E7, fondo) e media di $0,70 \pm 0,17$ $\mu\text{g/L}$. A dicembre si sono ridotte nel range di $0,10$ - $0,23$ $\mu\text{g/L}$, e la media ($0,15 \pm 0,03$ $\mu\text{g/L}$) è risultata la più bassa dell'anno.

Zinco - Come nel 1° semestre, anche nel 2° vi è stata un'elevata dispersione dei dati che non permette una chiara differenziazione statistica né geografica, né temporale.

A luglio le concentrazioni rientravano nel range globale di $0,62$ - $25,00$ $\mu\text{g/L}$ (massimo in E1, superficie) e la media era pari a $5,24 \pm 4,12$ $\mu\text{g/L}$. A dicembre, su 17 valori al di sopra del LR (53%), il range globale è stato di $0,09$ - $9,60$ $\mu\text{g/L}$ (massimo in E1, 20 m).

Indio - L'indio è risultato rilevabile in pochissimi campioni sia nel 1° semestre che nel 2°. Infatti, nella seconda parte dell'anno è stato quantificato solo a luglio in E3 a 20 m di profondità con $0,26$ $\mu\text{g/L}$.

Silicio – E' stata evidenziata una diminuzione da luglio a dicembre 2021. A luglio è oscillato tra $0,25$ e $0,88$ mg/L (massimo in E6, 20 m; media di $0,51 \pm 0,20$ mg/L), mentre a dicembre una drastica diminuzione ha portato a un range globale di $0,06$ - $0,11$ mg/L ($0,08 \pm 0,01$ mg/L).

Tab. 3-IV - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di Metalli Pesanti registrate nel 2021.

Stazione	Alluminio					Arsenico					Bario				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 0,081	1,90	7,50	21,00	< 0,062	0,089	0,180	0,160	0,450	0,220	0,74	1,20	0,91	3,50	0,88
E1 20 m	< 0,081	23,00	9,70	19,00	4,00	0,130	0,230	0,190	0,450	0,170	0,80	1,50	0,92	3,60	1,30
E1 40 m	0,65	< 0,081	4,70	16,00	< 0,062	0,130	0,190	0,200	0,440	0,140	0,81	0,96	1,10	2,60	0,84
E1 fondo	3,10	6,20	5,10	16,00	< 0,062	0,092	0,180	0,170	0,450	0,160	0,87	0,96	0,96	3,00	0,67
E2 sup	3,60	4,90	5,90	20,00	< 0,062	0,130	0,180	0,190	0,440	0,140	0,84	3,80	0,92	2,80	0,66
E2 20 m	2,40	4,90	5,80	10,00	< 0,062	0,081	0,190	0,160	0,480	0,110	1,10	1,50	0,92	3,00	0,53
E2 40 m	< 0,081	7,80	4,30	15,00	< 0,062	0,150	0,180	0,200	0,470	0,170	1,10	1,30	1,20	2,60	0,73
E2 fondo	< 0,081	7,20	5,10	21,00	< 0,062	0,120	0,160	0,160	0,430	0,130	0,91	1,10	0,97	3,00	0,69
E3 sup	0,29	3,10	5,00	5,10	2,30	0,130	0,180	0,180	0,400	0,180	1,10	1,30	0,96	2,30	1,10
E3 20 m	< 0,081	1,50	5,00	24,00	< 0,062	0,120	0,150	0,180	0,540	0,230	1,10	1,10	0,90	4,50	0,64
E3 40 m	0,58	5,50	5,30	14,00	< 0,062	0,110	0,180	0,230	0,480	0,190	0,72	2,30	0,96	3,20	0,54
E3 fondo	< 0,081	4,50	4,10	16,00	< 0,062	0,058	0,200	0,190	0,440	0,180	1,10	1,70	1,10	2,80	0,68
E4 sup	14,00	1,70	4,50	3,00	< 0,062	0,074	0,180	0,150	0,350	0,200	1,30	0,88	0,77	2,00	1,10
E4 20 m	0,53	1,50	2,80	3,30	< 0,062	0,130	0,210	0,130	0,420	0,190	0,83	0,91	0,72	2,00	1,00
E4 40 m	0,82	< 0,081	3,00	7,20	< 0,062	0,072	0,180	0,190	0,300	0,180	0,70	0,86	1,10	2,10	0,74
E4 fondo	3,40	5,20	3,30	5,30	< 0,062	0,095	0,200	0,170	0,430	0,210	1,30	1,10	0,93	2,00	0,76
E5 sup	3,30	5,70	4,20	16,00	< 0,062	0,061	0,190	0,150	0,490	0,110	0,86	1,60	0,86	3,00	0,53
E5 20 m	< 0,081	6,30	3,90	12,00	< 0,062	0,120	0,160	0,200	0,570	0,160	0,77	1,10	0,73	2,60	0,53
E5 40 m	1,60	3,40	8,00	14,00	< 0,062	0,140	0,130	0,190	0,520	0,160	0,85	1,10	1,10	2,80	0,63
E5 fondo	0,82	3,60	7,30	50,00	< 0,062	0,130	0,150	0,160	1,200	0,160	0,78	1,30	0,87	4,00	0,64
E6 sup	2,40	2,20	4,20	11,00	< 0,062	0,120	0,150	0,160	0,550	0,140	0,63	1,00	0,75	3,00	0,59
E6 20 m	< 0,081	50,00	12,00	15,00	< 0,062	0,093	0,150	0,160	0,450	0,170	0,71	0,96	0,83	2,90	0,68
E6 40 m	0,64	3,30	5,90	16,00	< 0,062	0,130	0,150	0,170	0,530	0,150	1,00	0,97	0,93	3,20	0,72
E6 fondo	2,70	< 0,081	6,70	19,00	< 0,062	0,062	0,160	0,180	0,660	0,140	0,80	0,98	1,00	3,10	0,62
E7 sup	0,62	3,60	5,60	13,00	< 0,062	0,100	0,170	0,150	0,440	0,140	0,80	1,00	1,00	3,00	0,6
E7 20 m	2,50	44,00	4,40	14,00	< 0,062	0,120	< 0,020	0,170	0,530	0,140	0,67	0,24	0,87	3,50	0,62
E7 40 m	4,80	0,90	6,40	18,00	< 0,062	0,086	0,180	0,200	0,360	0,160	1,00	1,00	0,82	2,50	0,47
E7 fondo	3,70	1,30	5,70	12,00	< 0,062	0,083	0,160	0,190	0,500	0,150	1,30	0,85	0,93	2,80	0,67
E8 sup	3,00	4,70	5,80	20,00	< 0,062	0,082	0,180	0,180	0,390	0,170	0,71	1,40	1,70	3,00	0,62
E8 20 m	0,14	5,10	3,10	15,00	< 0,062	0,095	0,190	0,140	0,550	0,140	1,10	1,30	0,89	2,80	0,47
E8 40 m	0,16	1,10	4,50	21,00	< 0,062	0,095	0,190	0,200	0,540	0,140	0,76	1,00	0,78	2,90	0,56
E8 fondo	1,00	2,00	4,50	14,00	< 0,062	0,100	0,190	0,180	0,500	0,160	1,10	1,00	0,80	4,00	0,54

Tab. 3-VII - Continuo.

Stazione	Cadmio					Cromo					Ferro				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,10	< 0,036	2,70	3,90	30,00	2,20
E1 20 m	< 0,010	0,012	< 0,010	< 0,010	0,011	0,24	< 0,10	0,28	0,12	< 0,10	0,25	5,80	6,90	34,00	3,40
E1 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,015	< 0,10	< 0,10	0,21	< 0,10	< 0,10	3,10	1,10	4,00	26,00	2,50
E1 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,15	< 0,10	0,63	1,90	2,20	23,00	0,57
E2 sup	< 0,010	< 0,010	0,012	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,23	< 0,10	0,92	8,50	4,10	35,00	0,74
E2 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,036	8,50	2,50	22,00	0,54
E2 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	3,20	2,70	22,00	0,62
E2 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,19	< 0,10	1,40	2,50	2,20	41,00	0,99
E3 sup	< 0,010	0,015	< 0,010	< 0,010	0,015	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	3,70	2,10	16,00	0,58
E3 20 m	< 0,010	0,019	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,036	1,30	3,20	25,00	0,88
E3 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,036	5,00	2,40	23,00	0,86
E3 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,19	< 0,10	1,40	7,40	2,00	34,00	0,73
E4 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	9,00	3,30	1,50	3,30	0,72
E4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,30	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,70	0,50	1,10	7,30	0,61
E4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	2,20	8,90	0,68
E4 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,68	16,00	3,90	11,00	1,00
E5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,11	0,16	< 0,10	0,17	< 0,10	< 0,036	10,00	3,30	25,00	< 0,40
E5 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,21	< 0,10	< 0,10	0,10	5,60	2,30	21,00	0,55
E5 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,11	0,11	0,12	< 0,10	0,88	5,00	4,30	28,00	0,45
E5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,016	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,16	< 0,10	< 0,036	9,40	5,10	34,00	0,67
E6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	1,20	2,50	23,00	0,90
E6 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,036	2,20	2,20	28,00	0,44
E6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,11	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	3,10	1,50	3,20	31,00	< 0,40
E6 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,036	< 0,036	7,20	34,00	1,60
E7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,036	0,50	2,50	22,00	1,50
E7 20 m	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	0,52	3,50	29,00	0,47
E7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,036	0,13	2,30	20,00	0,83
E7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,10	3,20	< 0,036	3,30	27,00	0,47
E8 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,37	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	1,00	5,30	3,10	34,00	0,90
E8 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,25	< 0,10	1,40	5,10	4,90	27,00	0,50
E8 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	0,46	0,57	2,60	27,00	< 0,40
E8 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,17	< 0,10	3,20	0,075	2,00	25,00	0,51

Tab. 3-VIII - Continuo.

Stazione	Mercurio					Nichel					Piombo				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 0,0020	0,0250	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,041	0,480	0,160	0,540	0,110	0,021	0,100	0,093	0,360	< 0,020
E1 20 m	0,0024	0,0410	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,600	0,460	0,350	0,020	0,071	0,110	0,290	< 0,020
E1 40 m	< 0,0020	0,0100	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,200	0,580	0,160	0,062	0,049	0,059	0,180	< 0,020
E1 fondo	0,0094	0,0170	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,065	0,550	0,170	0,380	0,082	0,027	0,100	0,056	0,220	< 0,020
E2 sup	< 0,0020	0,0310	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,200	0,450	0,076	0,052	0,120	0,085	0,190	< 0,020
E2 20 m	0,0029	0,0230	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,570	0,200	0,300	0,089	0,087	0,140	0,073	0,170	< 0,020
E2 40 m	0,0071	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,170	0,270	0,280	< 0,020	0,091	0,065	0,280	< 0,020
E2 fondo	0,0028	0,0190	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,210	0,520	0,130	0,430	0,120	0,053	0,061	0,055	0,190	< 0,020
E3 sup	0,0200	0,0430	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	2,200	0,160	0,330	0,300	< 0,020	0,044	0,047	0,059	< 0,020
E3 20 m	0,0054	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,630	0,190	0,350	0,099	< 0,020	0,120	0,093	0,220	< 0,020
E3 40 m	0,0080	0,0240	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,590	0,180	0,300	0,087	< 0,020	0,390	0,061	0,240	< 0,020
E3 fondo	0,0075	0,0330	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,600	0,160	0,340	0,065	0,029	0,260	0,056	0,260	< 0,020
E4 sup	< 0,0020	0,0340	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,079	0,750	0,140	0,230	0,070	0,150	0,039	0,043	0,065	< 0,020
E4 20 m	0,0057	0,0270	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,280	0,670	0,150	0,230	0,140	0,110	< 0,020	0,034	0,037	< 0,020
E4 40 m	< 0,0020	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,070	0,620	0,140	0,400	0,087	0,023	< 0,020	0,033	0,063	< 0,020
E4 fondo	< 0,0020	0,0270	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	17,000	0,170	0,230	0,096	< 0,020	0,036	0,063	0,110	< 0,020
E5 sup	0,0190	0,0450	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,072	0,500	0,170	0,540	0,058	0,032	0,160	0,055	0,260	< 0,020
E5 20 m	0,0120	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,360	0,190	0,290	0,074	< 0,020	0,078	0,056	0,180	< 0,020
E5 40 m	0,0038	0,0073	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,350	0,230	0,310	0,092	< 0,020	0,340	0,260	0,230	< 0,020
E5 fondo	< 0,0020	0,0190	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,320	0,230	0,400	0,081	< 0,020	0,150	0,140	0,380	< 0,020
E6 sup	< 0,0020	0,0049	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,240	0,140	0,300	0,097	< 0,020	0,030	0,074	0,180	< 0,020
E6 20 m	0,0022	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,340	0,210	0,380	0,057	< 0,020	0,052	0,052	0,220	< 0,020
E6 40 m	0,0390	0,0071	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,190	0,600	0,067	0,054	0,029	0,051	0,260	< 0,020
E6 fondo	0,0110	0,0065	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,170	0,390	0,160	0,410	0,120	0,023	0,021	0,097	0,360	< 0,020
E7 sup	< 0,0020	0,0260	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,390	0,180	0,250	0,170	< 0,020	0,200	0,060	0,140	< 0,020
E7 20 m	0,0110	0,0066	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,380	0,120	0,420	0,170	< 0,020	0,100	0,070	0,240	< 0,020
E7 40 m	0,0950	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,420	0,150	0,320	0,065	0,022	0,065	0,044	0,210	< 0,020
E7 fondo	0,0220	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,290	0,420	0,150	0,330	0,078	0,054	< 0,020	0,063	0,210	< 0,020
E8 sup	< 0,0020	0,0140	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,130	0,430	0,150	0,410	0,091	0,026	0,140	0,047	0,280	< 0,020
E8 20 m	< 0,0020	0,0056	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,180	0,530	0,087	0,041	0,130	0,076	0,430	< 0,020
E8 40 m	0,0024	0,0350	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,440	0,180	0,350	0,110	< 0,020	0,054	0,043	0,200	< 0,020
E8 fondo	< 0,0020	0,0110	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,380	0,180	0,460	0,083	0,076	0,056	0,140	0,280	< 0,020

Tab. 3-VIII - Continuo.

Stazione	Rame					Vanadio					Zinco				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	2,700	< 0,0089	0,26	0,22	0,30	0,57	0,19	0,82	2,30	0,61	25,00	0,62
E1 20 m	< 0,039	< 0,039	0,480	0,980	0,400	0,26	0,26	0,32	0,70	0,16	1,60	6,80	12,00	7,40	9,60
E1 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	1,200	< 0,0089	0,26	0,18	0,29	0,58	0,15	4,50	3,80	1,20	4,30	5,30
E1 fondo	0,040	< 0,039	< 0,0089	1,300	< 0,0089	0,26	0,22	0,27	0,65	0,15	11,00	11,00	< 0,064	4,70	0,43
E2 sup	0,280	< 0,039	< 0,0089	0,480	< 0,0089	0,28	0,19	0,35	0,98	0,14	6,00	17,00	0,57	4,60	0,46
E2 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,730	< 0,0089	0,28	0,26	0,30	0,60	0,14	4,90	15,00	1,90	3,10	1,80
E2 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,980	0,170	0,27	0,19	0,25	0,74	0,18	1,60	11,00	15,00	3,20	0,59
E2 fondo	0,120	< 0,039	< 0,0089	1,400	< 0,0089	0,24	0,18	0,28	0,65	0,15	5,90	21,00	5,80	4,80	0,42
E3 sup	< 0,039	< 0,039	0,750	1,600	0,290	0,27	0,22	0,27	0,56	0,15	2,00	6,30	0,73	3,70	8,00
E3 20 m	< 0,039	< 0,039	0,087	0,800	< 0,0089	0,27	0,19	0,31	0,72	0,17	0,38	3,40	< 0,064	2,50	0,13
E3 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,820	< 0,0089	0,23	0,24	0,29	0,61	0,13	< 0,090	6,20	0,70	4,70	< 0,064
E3 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,670	< 0,0089	0,20	0,21	0,29	0,66	0,13	4,00	5,10	< 0,064	3,60	< 0,064
E4 sup	0,610	< 0,039	< 0,0089	0,160	< 0,0089	0,29	0,20	0,27	0,50	0,21	10,00	1,90	< 0,064	0,62	< 0,064
E4 20 m	0,067	< 0,039	< 0,0089	5,300	< 0,0089	0,26	0,21	0,28	0,59	0,20	18,00	11,00	< 0,064	3,50	< 0,064
E4 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,280	< 0,0089	0,25	0,20	0,23	0,51	0,23	12,00	3,30	< 0,064	4,40	< 0,064
E4 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,330	< 0,0089	0,30	0,19	0,34	0,54	0,21	12,00	18,00	0,87	1,30	< 0,064
E5 sup	1,400	< 0,039	< 0,0089	0,930	< 0,0089	0,29	0,24	0,24	0,76	0,14	2,30	25,00	3,60	4,60	0,24
E5 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,720	< 0,0089	0,19	0,19	0,33	0,66	0,13	2,10	2,70	< 0,064	3,90	< 0,064
E5 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	1,500	< 0,0089	0,23	0,15	0,34	0,67	0,13	4,10	4,70	1,30	6,90	< 0,064
E5 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	1,300	< 0,0089	0,26	0,20	0,27	0,85	0,11	1,50	3,90	0,46	8,50	< 0,064
E6 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	1,300	< 0,0089	0,18	0,19	0,29	0,85	0,12	< 0,090	2,60	< 0,064	5,80	< 0,064
E6 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,620	< 0,0089	0,32	0,19	0,36	0,75	0,17	0,74	5,20	< 0,064	4,20	< 0,064
E6 40 m	< 0,039	< 0,039	0,560	0,900	< 0,0089	0,24	0,20	0,28	0,74	0,15	1,90	2,40	1,50	9,20	2,60
E6 fondo	0,2300	< 0,039	0,100	0,860	0,380	0,25	0,19	0,30	0,71	0,16	13,00	1,80	1,10	6,60	0,39
E7 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,600	< 0,0089	0,25	0,16	0,27	0,62	0,13	0,97	9,50	< 0,064	2,50	0,75
E7 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,660	< 0,0089	0,33	< 0,10	0,31	0,70	0,12	3,10	21,00	< 0,064	2,90	1,80
E7 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,890	< 0,0089	0,27	0,18	0,33	0,65	0,11	5,50	10,00	< 0,064	2,80	0,12
E7 fondo	0,098	< 0,039	< 0,0089	0,470	< 0,0089	0,26	0,12	0,29	1,40	0,10	7,10	10,00	15,00	3,90	< 0,064
E8 sup	0,240	< 0,039	< 0,0089	2,200	< 0,0089	0,26	0,21	0,29	1,00	0,14	2,60	12,00	2,70	4,90	0,085
E8 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	1,500	< 0,0089	0,22	0,17	0,24	0,68	0,16	3,30	14,00	5,50	8,50	< 0,064
E8 40 m	< 0,039	< 0,039	0,032	0,680	< 0,0089	0,24	0,23	0,28	0,69	0,11	1,20	1,80	< 0,064	5,20	< 0,064
E8 fondo	0,087	< 0,039	0,073	1,400	< 0,0089	0,24	0,20	0,30	0,61	0,12	1,10	2,50	1,60	5,80	< 0,064

Tab. 3-VIIV - Continuo.

Stazione	Indio					Silicio				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
E1 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,570	0,390	0,071
E1 20 m	< 0,10	< 0,10	0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,610	0,310	0,084
E1 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,310	0,065
E1 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,790	0,420	0,094
E2 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,540	0,340	0,078
E2 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,540	0,340	0,094
E2 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,330	0,091
E2 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,400	0,087
E3 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510	0,250	0,090
E3 20 m	< 0,10	< 0,10	0,32	0,26	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470	0,360	0,087
E3 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,600	0,620	0,078
E3 fondo	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,570	0,390	0,094
E4 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510	0,320	0,100
E4 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,320	0,110
E4 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,260	0,094
E4 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,550	0,410	0,086
E5 sup	0,22	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,730	0,065
E5 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510	0,670	0,080
E5 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,400	0,730	0,072
E5 fondo	0,24	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510	0,800	0,077
E6 sup	0,50	< 0,10	0,56	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,690	0,069
E6 20 m	0,53	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,880	0,068
E6 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,750	0,064
E6 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,490	0,400	0,089
E7 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,640	0,055
E7 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470	0,680	0,066
E7 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,560	0,670	0,110
E7 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,730	0,100
E8 sup	0,14	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,570	0,350	0,090
E8 20 m	0,20	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,320	0,092
E8 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	< 0,062	0,740	0,098
E8 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,540	0,740	0,080

3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzate le distribuzioni verticali nel tempo dei parametri misurati nell'area della piattaforma Elettra durante le campagne di monitoraggio condotte nel 2021 a febbraio (ENI10_2021), marzo (ENI11_2021), maggio (ENI12_2021), luglio (ENI13_2021) e dicembre (ENI14_2021). Si riportano inoltre, per confronto, i dati relativi alle campagne effettuate nel corso del 2019 e 2020.

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

Dall'analisi della distribuzione verticale nel tempo si distingue il caratteristico ciclo di variazione annuale della temperatura (fig. 3.36).

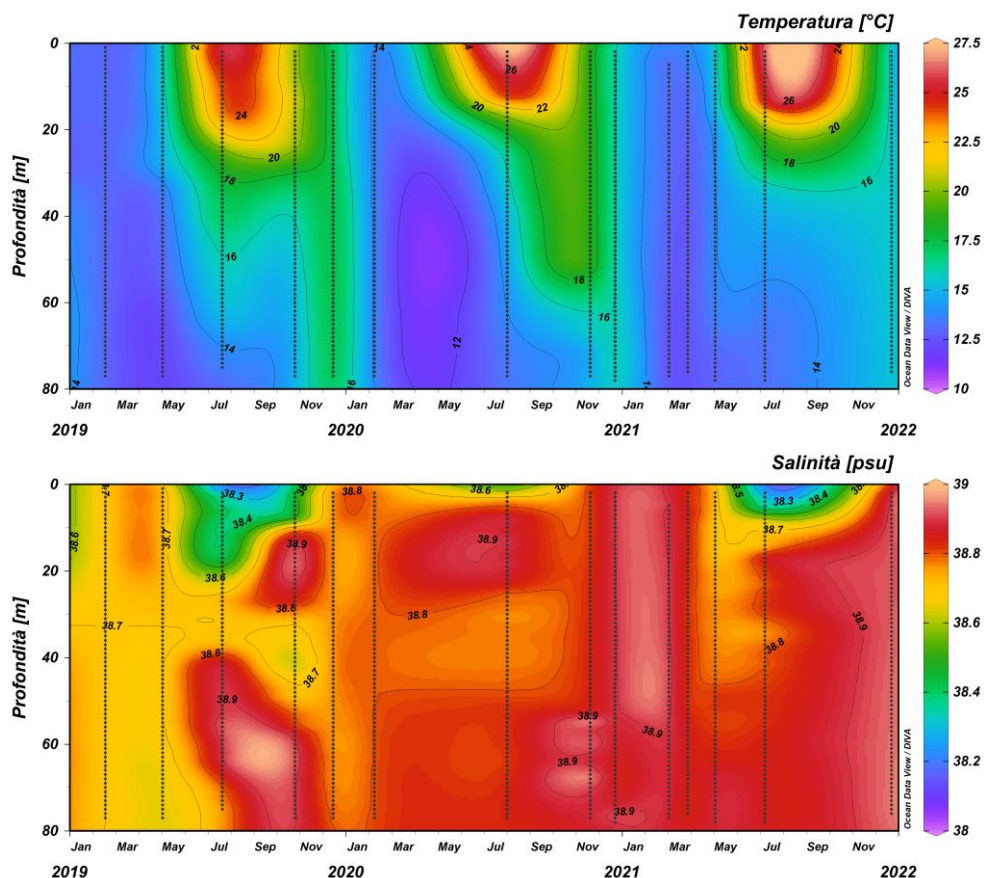


Fig. 3.36 - Andamento annuale della temperatura (°C) e della salinità (psu) per la piattaforma Elettra (da febbraio 2019 a dicembre 2021).

Il processo di rimescolamento invernale risulta evidente nella distribuzione omogenea a valori minimi su tutta la colonna d'acqua nei mesi di febbraio e marzo 2021 ($12,89 \pm 0,29^\circ\text{C}$). A maggio era ancora presente una forte omogeneità ($14,06 \pm 0,72^\circ\text{C}$), ma si registra un lieve aumento dei valori superficiali, segnale della ripresa del processo di

stratificazione verticale stagionale, visibile successivamente dai profili effettuati a luglio, mese caratterizzato dalla presenza di un gradiente verticale sviluppato (termoclino), con i valori massimi ($>27^{\circ}\text{C}$) registrati nello strato superficiale e i valori minimi al fondo. La penetrazione del termoclino è apparsa ridotta in profondità, se confrontata con le analoghe distribuzioni dei due anni precedenti, a causa dell'assenza di dati per il periodo autunnale. A dicembre è stata riscontrata di nuovo la tipica distribuzione omogenea invernale ($15,61\pm 0,14^{\circ}\text{C}$).

Anche la distribuzione verticale della salinità (fig. 3.36) risente della forte dinamica invernale, con valori medi piuttosto elevati e molto simili nei mesi di febbraio e marzo in tutta la colonna d'acqua ($38,87\pm 0,03^{\circ}\text{C}$). A maggio e luglio è stata rilevata, come di consueto, la presenza di acqua meno salata ($<38,5$ psu) in superficie e fino a quote intermedie. Valori elevati ed uniformi su tutta la colonna d'acqua erano presenti anche nelle misure effettuate a dicembre ($38,93\pm 0,01$ psu). Nel 2020 e nel 2021 la salinità è in generale risultata un poco maggiore rispetto al 2019.

La concentrazione di materiale sospeso (fig. 3.37) è generalmente risultata molto bassa ($<0,3$ mg/l) nella maggior parte della colonna d'acqua e maggiore (>1 mg/l) in uno strato prossimo al fondo per quasi tutto il 2021. A dicembre si è rilevata una distribuzione piuttosto uniforme con valori medi $>0,75$ mg/l su tutta la colonna d'acqua.

L'ossigeno disciolto (fig. 3.37) ha fatto registrare valori alla saturazione $>100\%$ in quasi tutta la colonna d'acqua a febbraio e marzo; a maggio e luglio è risultato $<100\%$ ovunque, con valori minimi nello strato più profondo ($<75\%$). A dicembre è stata rilevata una maggiore variabilità e le percentuali alla saturazione sono tornate su medie più elevate ($\sim 100\%$).

L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in situ (fig. 3.37), ha mostrato valori relativamente poco elevati ($\sim 0,75$ $\mu\text{g/l}$) a quote intermedie a febbraio; valori più bassi e uniformi sono stati registrati nella gran parte della colonna d'acqua da marzo a luglio, con massimi $>0,75$ $\mu\text{g/l}$ registrati unicamente alle quote più profonde. A dicembre si è riscontrata una distribuzione omogenea a valori ancora piuttosto bassi ovunque ($0,2\pm 0,1$ $\mu\text{g/l}$).

La concentrazione maggiore di clorofilla *a* ($407,4$ ng/l) è stata misurata al fondo nel mese di maggio (stazione E4), mentre la concentrazione media più elevata ($301,8\pm 48,6$ ng/l) ha caratterizzato il mese di febbraio. Valori medi intermedi sono stati riscontrati a marzo e a

maggio (rispettivamente $193,5 \pm 46,5$ e $266,1 \pm 82,5$ ng/l), mentre luglio e dicembre sono stati caratterizzati dalle concentrazioni medie più basse (< 150 ng/l).

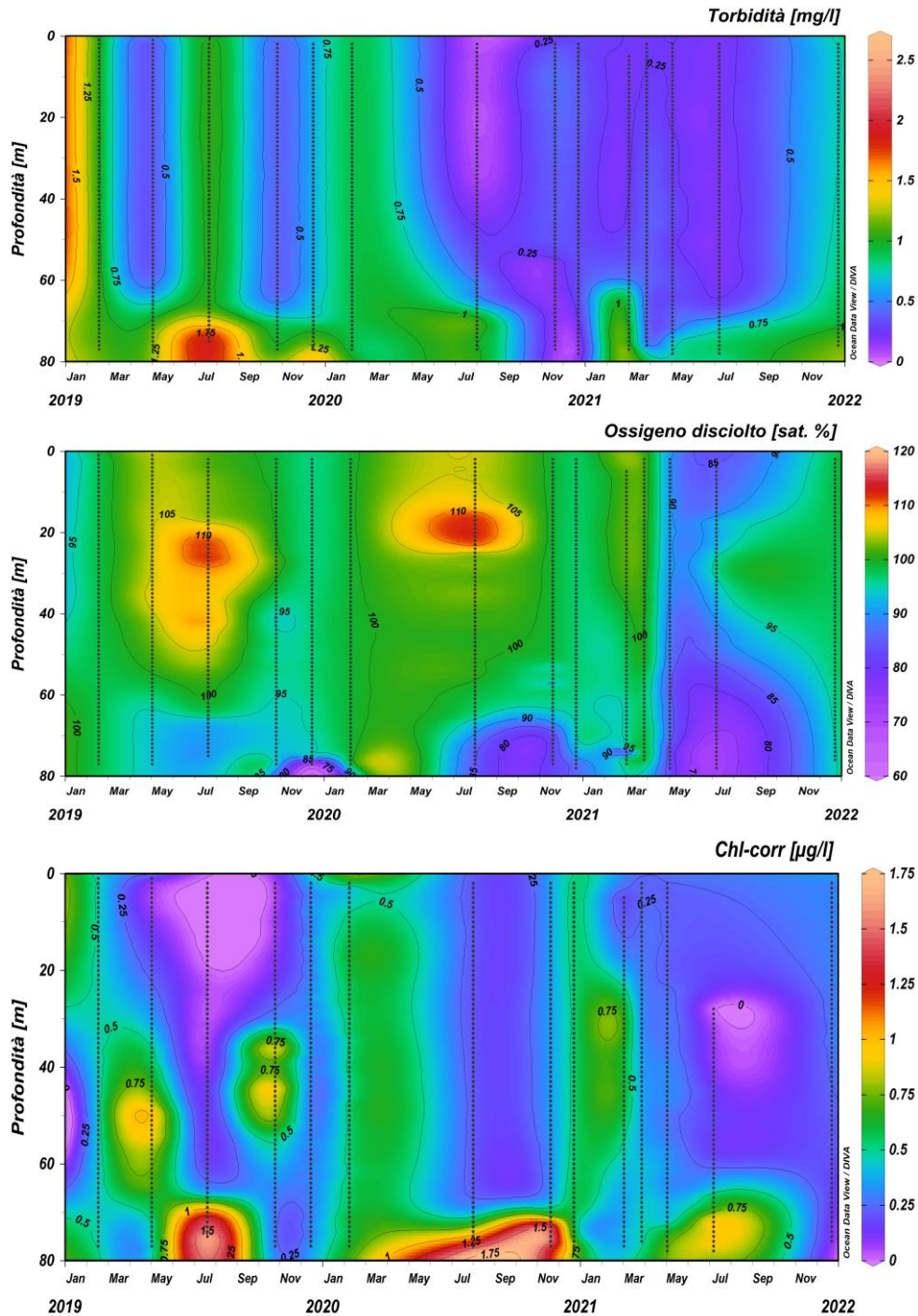


Fig. 3.37 - Andamento della torbidità (in mg/l), dell'ossigeno disciolto (in % di saturazione) e della fluorescenza in situ (espressa come µg/l di clorofilla) per la piattaforma Elettra (da febbraio 2019 a dicembre 2021).

Anche per la clorofilla *b* la concentrazione media più elevata ($23,2 \pm 13,7$ ng/l) è stata rilevata a febbraio, mentre valori medi più contenuti (< 19 ng/l) hanno caratterizzato i campionamenti successivi. Come per la clorofilla *a*, il massimo assoluto è stato misurato a marzo, precisamente a 40 m nella stazione E7 ($53,1$ ng/l).

La clorofilla *c* ha presentato un andamento paragonabile a quello osservato per la clorofilla *a*. La concentrazione media più elevata è stata misurata ancora una volta a febbraio ($81,78 \pm 18,78$ ng/l) e la minore a dicembre (< 40 ng/l), mentre la maggiore variabilità è stata osservata a luglio, mese nel quale è stato osservato il massimo ($154,7$ ng/l) al fondo della stazione E6.

Per quanto concerne gli andamenti annuali dei nutrienti, il valore più elevato di nitriti ($0,66$ μ M) è stato osservato a febbraio al fondo (stazione E5), quando anche la media è stata la maggiore dell'anno ($0,27 \pm 0,23$ μ M); negli altri campionamenti le medie sono state $< 0,14$ μ M.

Il massimo dei nitrati ($0,91$ μ M; E8, 40 m) è stato rilevato a marzo, mentre la media maggiore è stata ottenuta a dicembre ($0,30 \pm 0,14$ μ M). Concentrazioni medie più contenute hanno caratterizzato il campionamento di luglio, mentre quelle più basse sono state misurate a febbraio e a maggio ($< 0,18$ μ M).

La concentrazione media più elevata di ammonio ($0,13 \pm 0,05$ μ M) è stata registrata nel mese di dicembre, mentre nei restanti mesi le medie sono risultate piuttosto contenute ($< 0,04$ μ M). Anche le concentrazioni dei fosfati sono risultate modeste e comparabili in tutti i mesi investigati, con il massimo a maggio ($0,04 \pm 0,02$ μ M).

Il contenuto medio di silicati è risultato più elevato a marzo e luglio ($> 1,9$ μ M), e i massimi sono stati osservati sempre al fondo, con il massimo assoluto ($3,55$ μ M) in luglio al fondo delle stazioni E6 ed E8.

Dall'analisi dei campioni raccolti, il materiale sospeso per il 2021 è risultato più elevato alle quote di fondo dove il massimo ($1,72$ mg/l, stazione E8) è stato riscontrato a marzo. La concentrazione media maggiore è stata invece osservata a dicembre ($0,8 \pm 0,2$ mg/l); negli altri mesi campionati le medie sono risultate più contenute ($< 0,4$ mg/l).

3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti

Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi policiclici aromatici

I valori di concentrazione (fig. 3.38) indicano una maggiore omogeneità delle concentrazioni medie degli IT nella seconda metà del 2021, anche se la sovrapposizione delle dispersioni dei dati non permette una chiara definizione statistica dei trend e delle differenziazioni tra i due gruppi di stazioni (E1-E4, stazioni prossime alla piattaforma, e E5-E8, stazioni di controllo).

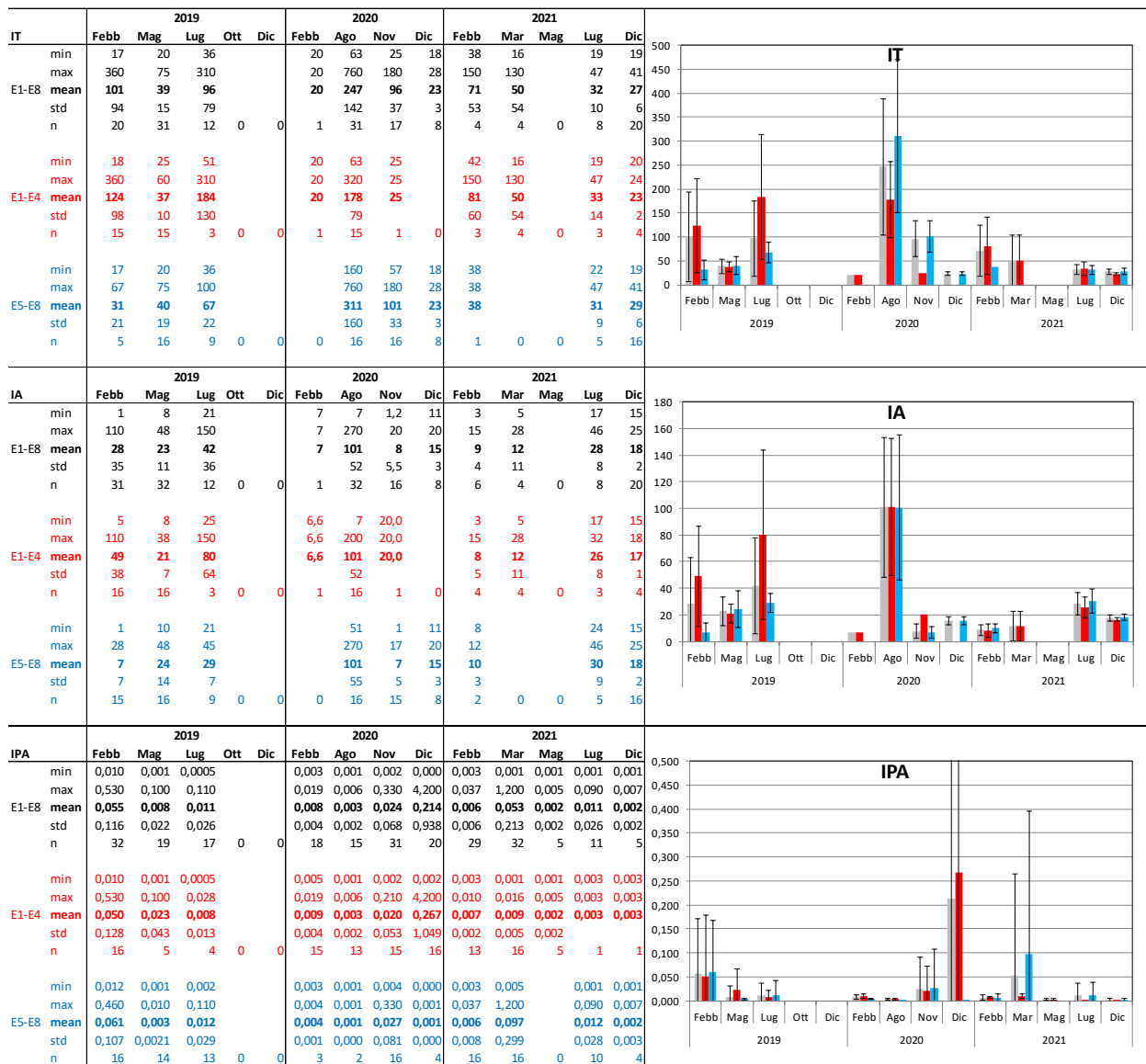


Fig. 3.38 - Andamento degli IT, IA, IPA relativo al 2021 e confronto con 2019 e 2020. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (E1-E8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Elettra (E1-E4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (E5-E8, in azzurro). Unità in µg/L.

Gli **IA**, sono fortemente diminuiti dalla colonna d'acqua. Spesso il numero dei campioni rilevabili è stato notevolmente inferiore al totale di 32. Da notare la pressoché totale assenza di IT nel periodo ottobre 2019 - febbraio 2020.

Per quanto riguarda gli **IPA**, i valori medi si sono mantenuti bassi in tutto il 2021 e si sono riallineati ai minimi del periodo maggio 2019 - agosto 2020, risultando al di sotto di 0,011 µg/L.

Solventi organici aromatici (BTEX)

Per i **BTEX** (fig. 3.39) in generale non si riscontra un comune andamento annuale, ma i tenori possono essere considerati bassi. La distribuzione geografica non appare statisticamente differenziabile.

Benzene - I valori registrati per il benzene nel 2° semestre 2021 ne evidenziano una presenza sporadica, con solo 4 campioni rilevati a luglio e nessuno a dicembre.

A partire da agosto 2020 e fino alla fine del 2021, il benzene è stato quantificato solo su un numero limitato di campioni. Laddove presente, come nel periodo febbraio 2019 - agosto 2020, i livelli di concentrazione media appaiono piuttosto costanti, nel range 0,010-0,015 µg/L, eccetto a febbraio 2020 quando si è misurata la media massima assoluta (0,023±0,005 µg/L) per il triennio. Anche a febbraio 2021 il valore medio è stato simile (0,021±0,005 µg/L), ma calcolato solo su 13 campioni rilevabili.

Considerate le concentrazioni medie e il numero di campioni quantificabile per campagna, si può concludere che la presenza di benzene durante il triennio 2019-2020 è progressivamente diminuita.

Etilbenzene - Nel 2° semestre 2021 la concentrazione media di etilbenzene è aumentata fino al massimo assoluto (per il triennio) di dicembre (0,069±0,017 µg/L), ma anche in questo mese, come nei precedenti, non è emersa alcuna distinzione tra i siti a 100 m e quelli a 2000 m da Elettra. Durante il triennio la presenza di etilbenzene è stata spesso ben al di sotto del 100% dei campioni misurabili, soprattutto nel 2021 (eccetto a dicembre). In generale, durante il triennio le concentrazioni medie sono oscillate nel range 0,010-0,040 µg/L.

Stirene - Anche questo composto nel 2021 è stato rilevato sporadicamente, con concentrazioni medie in linea con gran parte del biennio precedente (inferiori a 0,050 µg/L). Nell'ultimo campionamento lo stirene non è stato rilevato, analogamente al febbraio

2019.

I due gruppi di stazioni non sono apparsi statisticamente distinti, eccetto a dicembre 2019 quando in E1-E4 è stata misurata la concentrazione media massima (per il triennio) di $0,217 \pm 0,112 \mu\text{g/L}$, maggiore rispetto a quella dei controlli ($0,063 \pm 0,014 \mu\text{g/L}$).

Toluene - Nel 2021 il toluene è risultato completamente assente, così come nel 2020 eccetto sei campioni di controllo a novembre. Nel 2019 il toluene è stato rilevato su un numero ridotto di campioni a maggio (14) e luglio (1), quasi esclusivamente provenienti dai siti di controllo.

Nel triennio le concentrazioni medie sono comunque risultate al di sotto di $0,200 \mu\text{g/L}$.

Xilene - Le concentrazioni dello xilene mostrano una presenza più significativa nel 2° semestre 2021, anche se a luglio sono stati rilevati solo 9 campioni (28%). Il valore medio globale di dicembre ($0,070 \pm 0,023 \mu\text{g/L}$), anche considerando il numero di campioni rilevabili, può essere considerato il massimo per il triennio.

In generale, i livelli di xilene si sono mantenuti bassi nei tre anni (entro $0,050 \mu\text{g/L}$) e i campioni quantificabili sono stati molto spesso pochissimi; nell'ottobre 2019 e nel febbraio 2021 questo composto non è stato affatto rilevato.

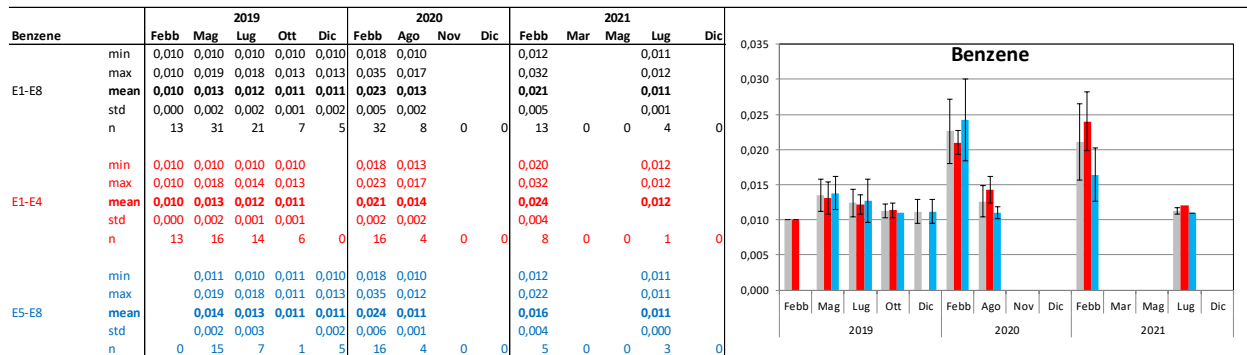


Fig. 3.39 - Andamento dei **BTEX** relativo al 2021 e confronto con il 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (E1-E8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Elettra (E1-E4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (E5-E8, in azzurro). Unità in $\mu\text{g/L}$.

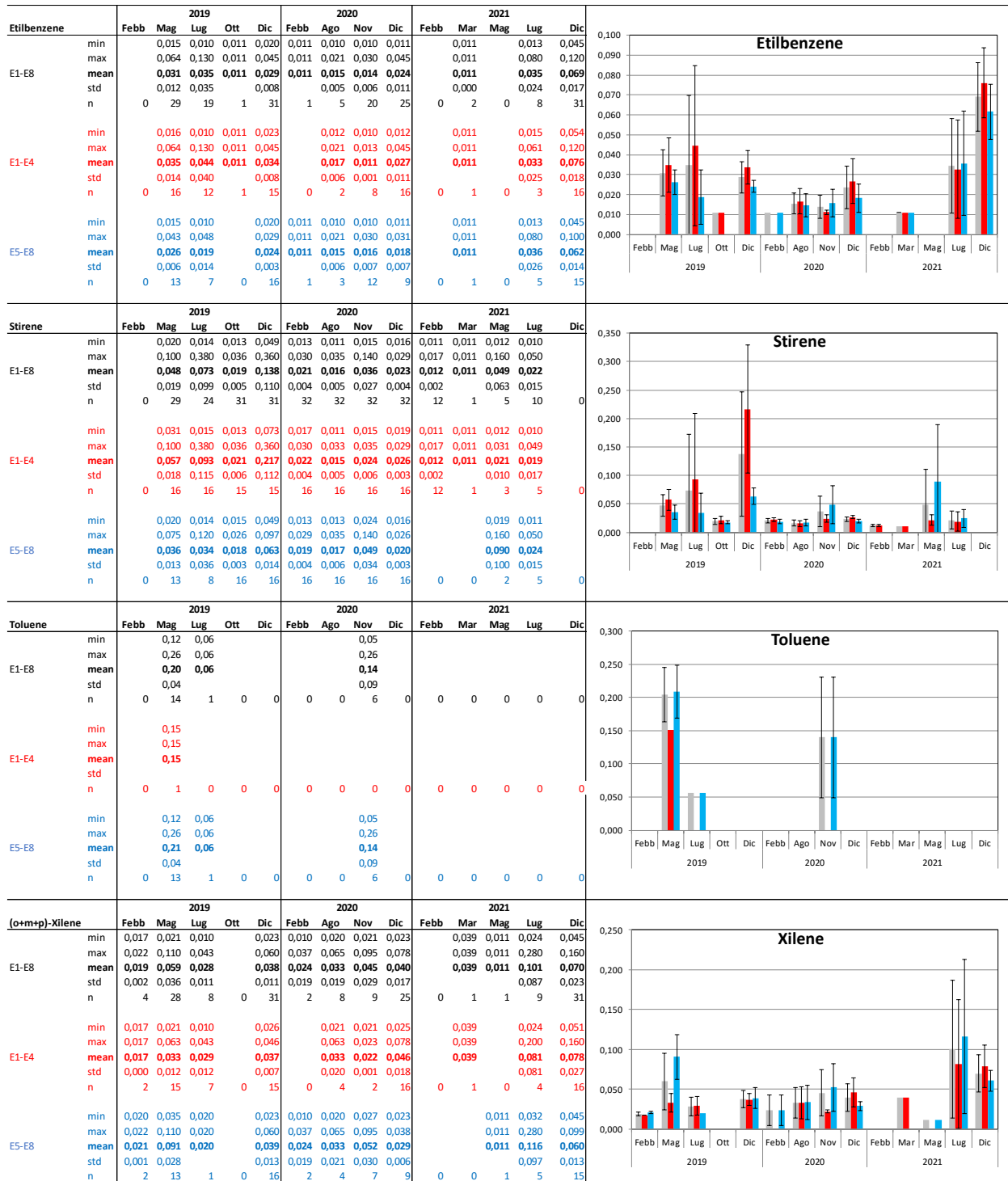


Fig. 3.39 - Continuo.

Glicole Etilenico

Nel triennio 2019-2021 il glicole etilenico non è stato rilevato.

Metalli pesanti

Come già specificato precedentemente, le differenziazioni statistiche tra i due gruppi di stazioni (E1-E4 ed E5-E8) e tra i risultati delle varie campagne non sono spesso pienamente attendibili data la dispersione dei dati, evidenziata nei grafici dalle barre di errore (fig. 3.40). Quindi, in termini generali, solo in rari casi è evidenziabile una differenziazione geografica o temporale nel 2021 e, più in generale, durante il triennio 2019-2021.

Alluminio - Nel 2021 il massimo valore medio ($15,50 \pm 8,24 \mu\text{g/L}$) è stato misurato a luglio, mentre a dicembre sono risultati rilevabili solo due valori, al di sotto di $5 \mu\text{g/L}$, indicativi di una notevole riduzione del metallo a fine periodo.

Per quanto riguarda il triennio, pur con la solita cautela statistica dovuta all'elevata dispersione dei dati, appare che i livelli medi di alluminio siano aumentati con un "salto" a novembre 2020, sia come valori di concentrazione che come numero di campioni rilevabili, diminuendo a febbraio 2021 e aumentando di nuovo fino a luglio.

Da notare il livello medio "fuori scala" di febbraio 2019, dovuto in particolare alle stazioni E7 e E8.

Arsenico - Per questo metallo sono stati riscontrati livelli geograficamente molto più omogenei rispetto all'alluminio. Per quanto concerne il 2021, a luglio è stata riscontrata la media massima annuale ($0,49 \pm 0,15 \mu\text{g/L}$), dopodiché le concentrazioni sono ritornate ai valori registrati a partire da dicembre 2019, attorno a $0,10-0,20 \mu\text{g/L}$.

Considerando l'intero triennio si evidenzia un massimo assoluto nei mesi di febbraio e maggio 2019 (attorno a $2,00-2,50 \mu\text{g/L}$), seguito da una brusca diminuzione a luglio e ottobre 2019 fino a raggiungere un andamento pressoché costante delle concentrazioni nel restante periodo di osservazione.

Bario - Per il bario è stato registrato un andamento del tutto analogo a quello dell'arsenico, sia annuale (2021) che triennale (2019-2021), con media massima assoluta a maggio 2019 ($10,64 \pm 1,72 \mu\text{g/L}$).

Nel febbraio 2019 è emersa una differenziazione significativa tra i due gruppi di stazioni, con una concentrazione media in quelle di piattaforma (E1-E4, $7,93 \pm 1,56 \mu\text{g/L}$), più elevata rispetto a quella dei controlli (E5-E8, $2,08 \pm 2,44 \mu\text{g/L}$). Il resto del triennio, a partire dalla drastica di diminuzione registrata a luglio e ottobre 2019, è stato caratterizzato da contenuti di bario bassi e costanti, con una media minima assoluta a dicembre 2019

(0,18±0,12 µg/L).

Cadmio - La presenza di questo metallo nel 2021 è stata molto sporadica, così come durante il triennio: nel 2020 il cadmio è risultato praticamente assente e nel 2019 si sono avuti 22 campioni rilevabili solo a maggio, con concentrazione media massima assoluta per il triennio di 0,134±0,028 µg/L. Nel resto del periodo considerato, laddove misurato, il livello è sempre stato al di sotto di 0,020 µg/L eccetto dicembre 2020, mese in cui solo un campione di controllo è risultato rilevabile con un valore di 0,076 µg/L.

Cromo - La presenza di cromo nel 2° semestre 2021 è stata sporadica, con concentrazione media di 0,14±0,04 µg/L a luglio e totale assenza a dicembre. Nel 1° semestre i livelli medi sono stati apparentemente maggiori, con dispersioni elevate.

Anche nei due anni precedenti il cromo è stato rilevato sporadicamente e solo a febbraio e maggio 2019 quasi tutti i campioni sono stati al di sopra del LR.

L'andamento triennale mostra una diminuzione dei livelli dopo maggio 2019, con pressoché totale assenza da luglio 2019 ad agosto 2020; nel periodo successivo le concentrazioni si sono attestate su valori più bassi a parte, come già scritto, il 1° semestre 2021, e il numero di campioni quantificabili è sempre stato inferiore al totale di quelli analizzati.

Ferro - Nel 2021 i livelli medi sono stati piuttosto costanti nel 1° semestre (inferiori a 5,00 µg/L); dopo un aumento notevole a luglio (24,89±8,56 µg/L) si è verificata una drastica diminuzione a dicembre (0,95±0,69 µg/L).

Considerando la dispersione dei dati, si può concludere che nel triennio 2019-2021 l'andamento è stato piuttosto costante, con valori medi al di sotto dei 5,00 µg/L, tranne in alcuni casi. Da notare la quasi totale assenza di ferro all'inizio del 2019 (febbraio e maggio).

Mercurio - A partire da maggio 2021 il mercurio non è stato affatto rilevato.

La media massima per il triennio è stata registrata a maggio 2019 (0,129±0,047 µg/L), campagna in cui i tenori nelle stazioni di controllo sono risultati significativamente maggiori rispetto a quelli registrati a 100 m da Elettra. Comunque, il triennio è stato caratterizzato da un andamento irregolare, con valori medi entro 0,050 µg/L (tranne in alcuni casi sporadici) e spesso non rilevabili.

Nichel - I livelli medi di nichel nel 2° semestre 2021 hanno evidenziato una leggera diminuzione da luglio a dicembre (minimo annuale, 0,12±0,07 µg/L).

Il 2019 era iniziato con un semestre di valori medi più elevati (valore medio massimo a febbraio nelle stazioni di controllo: $2,55 \pm 1,59 \mu\text{g/L}$; $< 1,00 \mu\text{g/L}$ a maggio e luglio); i livelli sono poi diminuiti drasticamente da ottobre 2019 per mantenersi bassi sino a fine periodo con una sola interruzione a marzo 2021.

Piombo - Nel 2° semestre 2021 la concentrazione media di piombo è stata massima (annuale) a luglio ($0,219 \pm 0,093 \mu\text{g/L}$), mentre è crollata a zero a dicembre.

Il triennio ha visto un primo periodo, da febbraio 2019 ad agosto 2020, con valori sporadici e talora molto bassi. Da novembre 2020 in poi le concentrazioni medie sono aumentate così come il numero di campioni rilevabili. Il massimo per il triennio è stato calcolato nel dicembre 2020 nelle stazioni di controllo ($0,375 \pm 0,173 \mu\text{g/L}$).

Rame - Un numero di campioni utili spesso molto al di sotto del totale ha caratterizzato l'analisi del rame in tutto il triennio 2019-2021, per cui il concetto di valore medio perde un po' di significato. Si può affermare che, generalmente, le concentrazioni medie si sono mantenute al di sotto di $1,00 \mu\text{g/L}$. Da notare che nel grafico di fig. 3.40 il valore di $20 \mu\text{g/L}$ misurato a dicembre 2019 nel campione prelevato al fondo della stazione E1 è stato scartato perchè considerato "anomalo".

Vanadio - L'andamento complessivo del vanadio è risultato molto simile a quelli di arsenico e bario. Le concentrazioni medie sono rimaste pressoché basse e costanti durante tutto il 2021 ($0,20-0,29 \mu\text{g/L}$), con un raddoppio del valore a luglio ($0,70 \pm 0,17 \mu\text{g/L}$) e un minimo assoluto a dicembre ($0,15 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$).

Il biennio precedente (2019-2020) era iniziato con massimi di concentrazione media a febbraio e maggio 2019 (intorno a $3,00-3,50 \mu\text{g/L}$), per poi diminuire drasticamente a luglio ($0,42 \pm 0,06 \mu\text{g/L}$). Da quel campionamento e fino a maggio 2021 i valori medi sono risultati bassi (inferiori a $0,25-0,50 \mu\text{g/L}$), costanti e distribuiti in modo estremamente omogeneo.

Zinco - Nel 2021 lo zinco è stato caratterizzato da un andamento poco chiaro, con dispersioni dei dati piuttosto elevate che non permettono una chiara differenziazione né geografica, né temporale. Forse, è possibile riscontrare una diminuzione a fine 2021, anche a causa del ridotto numero di campioni quantificabili.

Nel triennio c'è da evidenziare che nel 2019 la presenza di zinco è stata più sporadica, con tre campioni rilevati a maggio e la totale assenza in ottobre. Non è possibile rilevare alcun chiaro trend temporale, se non un periodo livelli medi nulli o minimi da ottobre 2019 a

agosto 2020. Il valore medio globale massimo assoluto per l'intero triennio è stato registrato nel luglio 2019 ($8,63 \pm 6,64 \mu\text{g/L}$).

Indio - La presenza di questo metallo è sempre stata sporadica. I massimi del triennio 2019-2021 sono stati misurati a dicembre 2020 ($0,92 \mu\text{g/L}$ in E2, 40 m di profondità) e a maggio 2021 ($0,56 \mu\text{g/L}$ in E6, superficie). In generale, vista la sporadicità dei campioni rilevabili, l'indio è stato scarsamente presente nel periodo considerato.

Silicio - Nel 2021 sono stati registrati i valori medi massimi assoluti per il triennio, a maggio e luglio, attorno a $0,50 \text{ mg/L}$. Nel resto del triennio 2019-2021 le medie sono risultate centrate su $0,10 \text{ mg/L}$, con una totale scomparsa nel periodo novembre 2020 - marzo 2021.

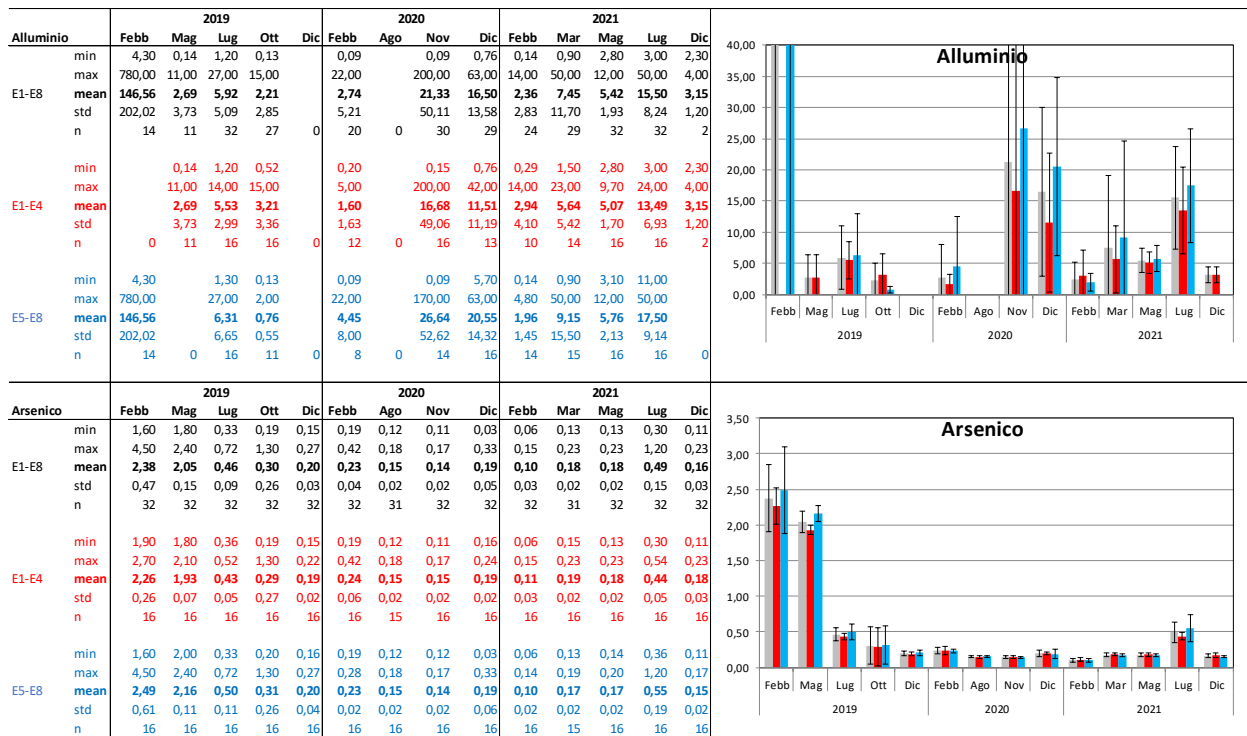


Fig. 3.40 - Andamento dei **metalli pesanti** nel 2021 e confronto con il 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli metalli sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui il metallo è risultato rilevabile nell'intero areale (E1-E8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Elettra (E1-E4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (E5-E8, in azzurro). Unità in $\mu\text{g/L}$; per il silicio in mg/L .

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione relativo al periodo in esame (01/01 - 31/12/2021) denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intera registrazione (fig. 3.41). Infatti non si notano abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. Le variazioni di pressione che si notano sono dovute ai recuperi e successive messe in mare dell'ormeggio.

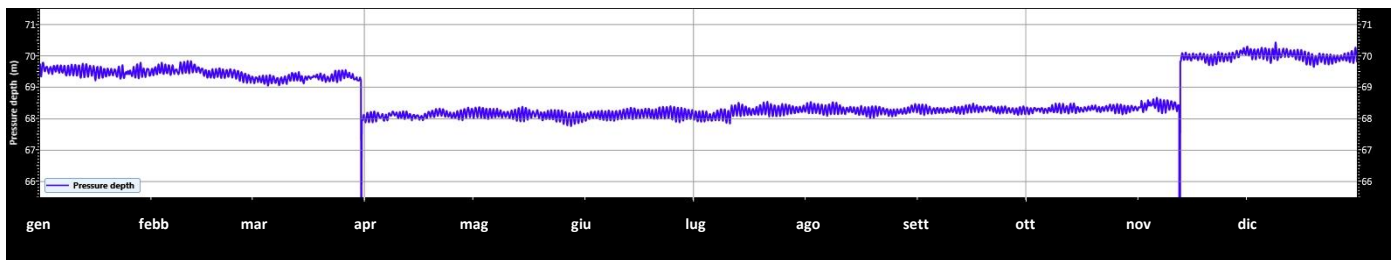


Fig. 3.41 - Grafico della pressione registrata dall'ADCP nel periodo 01/01 – 31/12/2021.

Dal 2021 la corrente è stata caratterizzata da un andamento variabile, con una rotazione principalmente tra le direzioni settentrionali e meridionali, ma quasi sempre uniforme lungo la colonna d'acqua (figg. 3.42 - 3.46).

I mesi di gennaio e febbraio sono stati caratterizzati da una notevole variabilità: la corrente, infatti, si è diretta prevalentemente verso Sud-Est, presentando però rotazioni verso Nord/Nord-Est, con velocità intorno a 0,1 m/s. A marzo le misure mostrano fluttuazioni di direzione della corrente molto ben marcate che hanno interessato in modo omogeneo tutta la colonna d'acqua. In particolare, verso la fine del mese la direzione è variata generalmente tra Sud-Ovest e Nord-Est, con picchi fino a 0,2 m/s. In aprile la direzione prevalente è stata settentrionale, tra Nord-Est e Nord-Ovest, così come a maggio e a giugno, quando si sono avute brevi rotazioni verso Sud-Ovest e velocità sempre inferiori ai 0,1 m/s.

Anche nel 2° semestre la corrente è stata prevalentemente settentrionale con sporadiche rotazioni verso Sud. In particolare, in agosto la corrente ha avuto direzione Sud con rotazioni verso Nord e velocità fino a 0,15 m/s. A settembre e in ottobre la direzione principale è stata settentrionale con velocità fino a 0,2 m/s nel primo mese e a 0,25 m/s nel secondo su gran parte della colonna d'acqua. Successivamente, da novembre fino a fine periodo la direzione della corrente si è mantenuta prevalentemente verso Nord, con picchi

di velocità simili ai precedenti (0,2 - 0,25 m/s) negli strati superficiali.

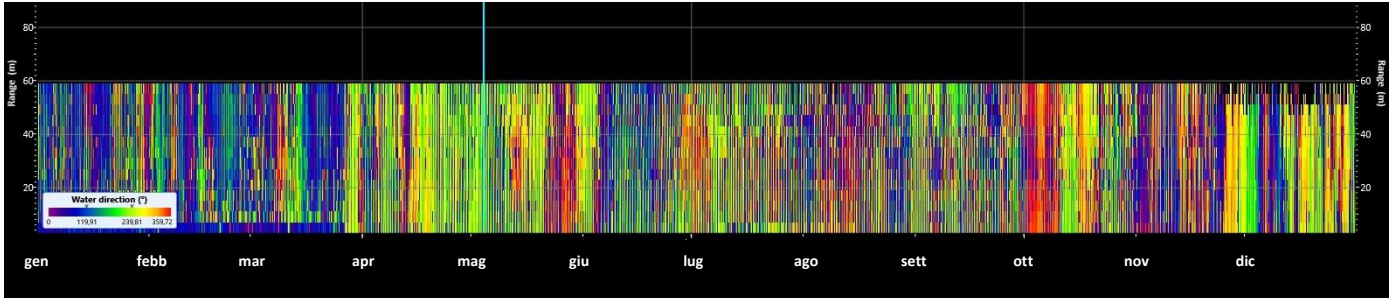


Fig. 3.42 - Contour Plot della direzione della corrente nel periodo 01/01 – 31/12/2021.

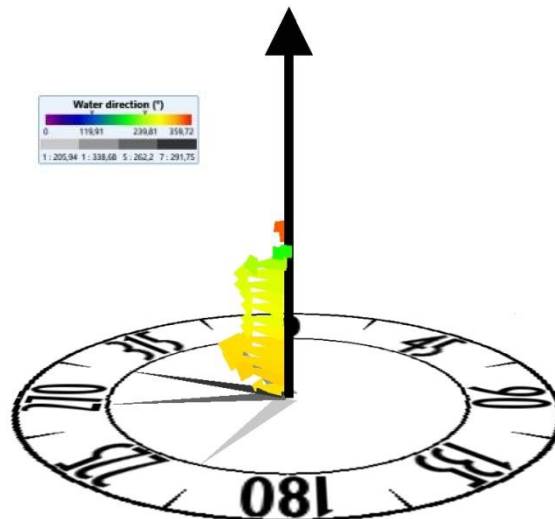


Fig. 3.43 - 3D Plot della direzione della corrente nel periodo 01/01 – 31/12/2021.

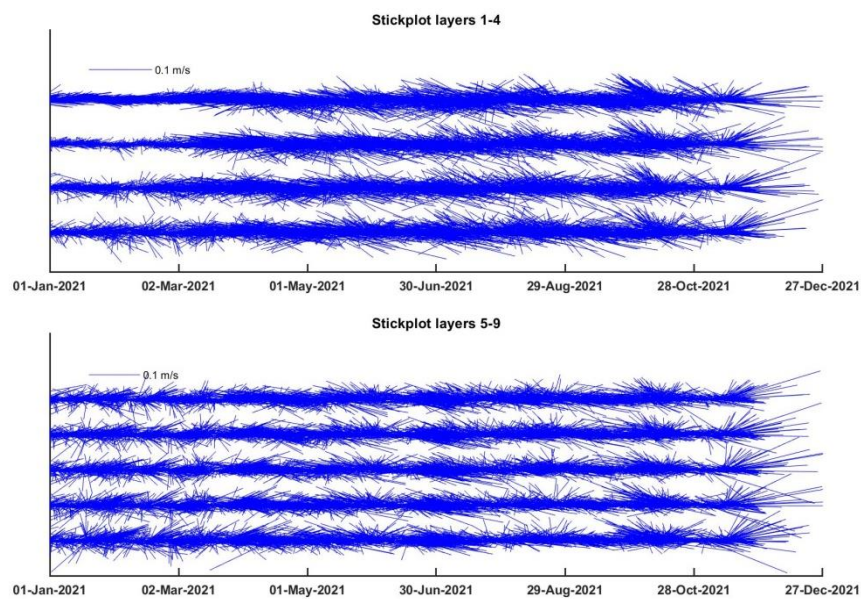


Fig. 3.44 - Sickplot della corrente nel periodo 01/01 – 31/12/2021.

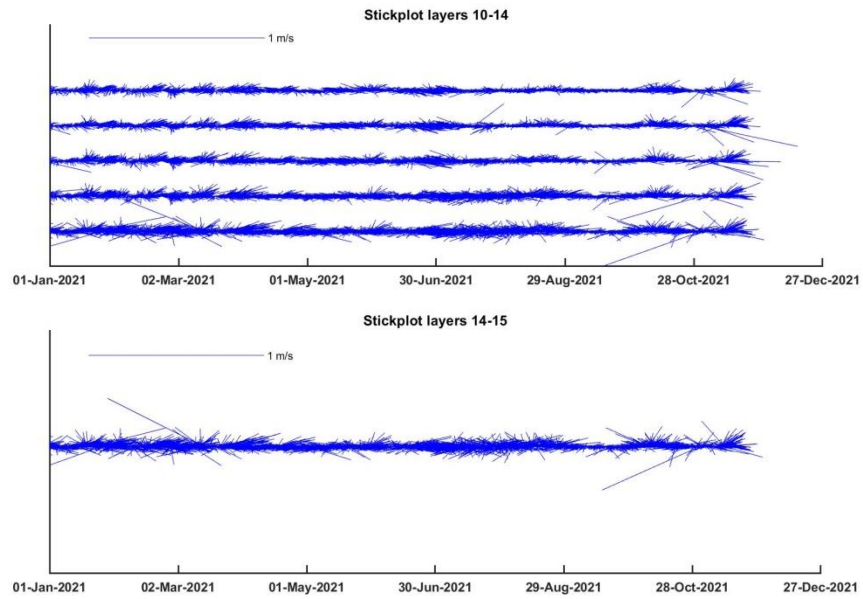


Fig. 3.44 - Continuo.

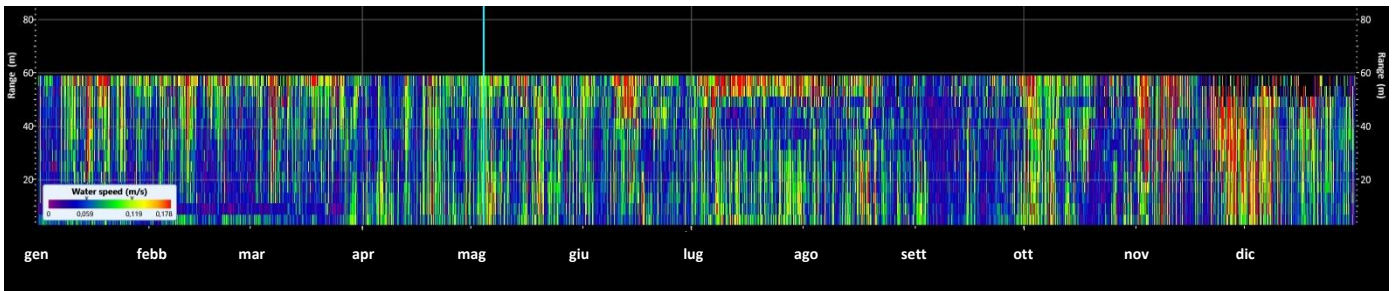


Fig. 3.45 - Contour Plot della velocità della corrente nel periodo 01/01 – 31/12/2021.

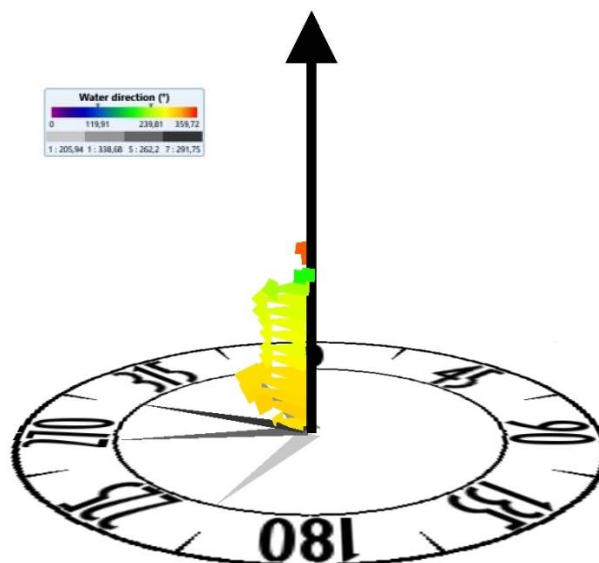


Fig. 3.46 - 3D Plot della velocità della corrente nel periodo 01/01 – 31/12/2021.

Per quanto concerne la temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP (fig. 3.47), i dati correntometrici hanno confermato quanto rilevato dai profili della sonda durante le campagne oceanografiche. Si è assistito a un progressivo decremento da inizio gennaio a fine febbraio, passando da 15,5°C a circa 12,5°C. E' seguito un lungo periodo a temperatura pressoché costante durato fino alla 3^a settimana di aprile, dopo il quale si è avuto un lieve rialzo che ha portato a circa 13,5°C che si sono mantenuti sino a giugno, con picchi sporadici fino a 14°C di breve durata. Nei primi giorni di luglio è avvenuto un incremento di circa 1°C, con un picco a inizio mese fino a 14,5°C. Rimasta pressoché costante a 14°C sino a inizio ottobre, la temperatura ha poi mostrato un deciso incremento fino a 16°C verso metà mese, restando poi intorno a 15°C fino a fine periodo con alcuni periodi (metà novembre e inizio dicembre) in cui ha raggiunto i 17 - 17,5°C.



Fig. 3.47 - Temperatura (°C) registrata dall'ADCP in prossimità del fondo nel periodo 01/01 – 31/12/2021.

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. Tale monitoraggio dal 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente srl di Carrara e UNIVPM.

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, che rappresenta l’ultimo da parte dell’RTI per scadenza del Contratto con ENI SpA., sono descritti i risultati conseguiti per la sola colonna d’acqua (inclusi quelli correntometrici) nel 2021.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d’acqua – Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d’acqua osservate nel 2021 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei

monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Elettra sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2014; 2015b; 2016b; 2016c; 2016d; 2016e; 2017b; 2018a; 2018b; 2019; 2020; Spagnolo *et al.*, 2021a; 2021b; 2021c; 2021d), anche se sono stati registrati un lieve aumento dei valori medi di salinità e una minore attività fotosintetica rispetto al biennio precedente.

Le concentrazioni dei nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Non sono emerse differenze degne di nota tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza e utilizzate come controlli. Tutti i nutrienti hanno presentato generalmente concentrazioni medie contenute. Specificatamente ai risultati del 2° semestre 2021, i nitriti sono apparsi comparabili al medesimo periodo del 2019 e 2020, mentre i nitrati sono risultati moderatamente più bassi.

Concentrazioni più elevate sono state osservate per l'ammonio nel mese di dicembre 2021, mentre i valori ottenuti a luglio risultano paragonabili a quelli degli anni passati. I fosfati sono risultati paragonabili a quelli ottenuti mediamente nel 2020, ma più contenuti rispetto a dicembre 2019. Per i silicati si sono ottenuti valori inferiori a quelli riscontrati nel 2020 ma comparabili a quelli del 2019.

Il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti già effettuati. I contenuti maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, in particolare a febbraio e a maggio, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006), fenomeno questo osservato anche precedentemente.

Sia la concentrazione media di clorofilla *a* che quella di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) sono risultate paragonabili ai dati del 2° semestre del 2020, ma inferiori a quelli del 2019. Nelle stazioni in prossimità della piattaforma sono state registrate concentrazioni di clorofilla *b* moderatamente più elevate rispetto a quanto osservato nelle stazioni posizionate a 2000 m di distanza.

Nonostante la clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sia risultata in media leggermente maggiore rispetto agli anni passati, i valori più elevati ottenuti a luglio 2021 sono paragonabili a quelli osservati a dicembre 2019.

A differenza dell'estate 2019, in cui i massimi erano stati osservati alle quote superficiali, nell'estate 2021 i valori maggiori dei pigmenti clorofilliani sono stati riscontrati al fondo in

tutte le stazioni, come già osservato nell'estate 2020, fatto confermato dai profili di fluorescenza e da un aumento corrispondente di carico sospeso totale. Le concentrazioni sono rientrate comunque nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998).

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

Per quanto concerne la ricerca di inquinanti lungo la colonna d'acqua, i risultati del 2021 sono in linea con quelli del passato biennio 2019-2020. La dispersione statistica non permette una evidenziazione di trend temporali, anche se in alcuni casi sembra che, rispetto all'inizio del 2019, le concentrazioni di quasi tutti i composti siano diminuite, sino a diventare non rilevabili in alcuni casi (es., Benzene, Stirene, cromo, mercurio, piombo, indio). Il glicole etilenico non è mai stato rilevato, e altri composti sono stati quantificati solo sporadicamente e per lo più in basse concentrazioni.

Non è stata notata alcuna differenziazione statisticamente valida tra le stazioni posizionate a 100 m dalla piattaforma (E1-E4) e quelle di controllo (E5-E8), il che porta alla conclusione che l'effetto della presenza di Elettra sull'ambiente marino circostante possa essere considerato trascurabile.

Misure correntometriche - Nel 2021, come già rilevato a partire dalla fase di produzione della piattaforma, la corrente sia superficiale che di fondo è risultata variabile in direzione, oscillando tra i quadranti settentrionali e quelli meridionali a causa della posizione di Elettra praticamente al centro dell'Adriatico, zona non influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell'Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Le intensità sono sempre state relativamente costanti e modeste, intorno a 0,1 m/s, con alcuni sporadici picchi fino a 0,25 m/s, in particolare negli strati più superficiali della colonna d'acqua.

5. BIBLIOGRAFIA

- Artegiani A. 1996. Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols. *MAST II Mediterranean Targeted Project*. 34 pp.
- 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.
- Fabi G., Boldrin A., Campanelli A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2014. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. Pre-survey (ottobre-dicembre 2013). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 119 + XXXI pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di installazione (I semestre 2014). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 3.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 124 + XXVII pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Biasi A.M., Gaetani A., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2014).* Rapporto n. 4. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 219 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto finale (luglio 2014 - giugno 2015).* Rapporto n.5. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 241 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 2° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015).* Rapporto n.6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LXVI pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 2° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n.7.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P. 2017. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo*

- Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2016). Rapporto n.9.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 177 + LV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L. 2018a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 12.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 224 + XLVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Scanu M., Tasseti A.N. 2018b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale. Rapporto n. 13.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 188 + LV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Montagnini L., Scanu M., Tasseti A.N. 2019. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 14.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 273 + LVIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A., Scanu M. 2020. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale - Rapporto n. 15.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 179 + LVI pp.
- 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.
- Leonorì I., De Marco R., Biagiotti I., Costantini I. 2014. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Elettra.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 94 pp.
- 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.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua anno 2019. Rapporto n. 17.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 95 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto semestrale 2020. Rapporto n. 18.*

- Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 43 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2021d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto annuale 2020. Rapporto n. 19.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 95 + X pp.
- 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.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 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): 3225.
- 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. *Contin. 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., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



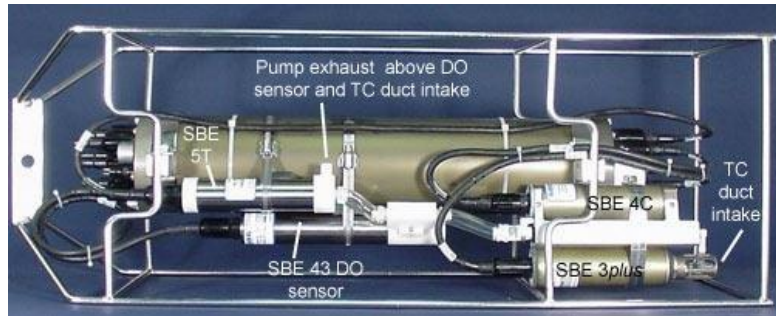
ALLEGATO A

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

A1 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	$\pm 0,001$ °C	-5 : +35°C	21/05/2019
Conducibilità	Sea Bird Electronics	SBE 4C	$\pm 0,0003$ S m ⁻¹	0 : 7 S m ⁻¹	21/05/2019
Pressione	Paroscientific Digiquartz®	Series 8000	$\pm 0,01$ % Fondo Scala	0: 6800 m	15/04/2009
Ossigeno	Sea Bird Electronics	SBE 43	$\pm 2\%$ saturazione	120% saturazione in superficie	Calibrazione con Winkler ad ogni campagna
Fluorimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01$ µg L ⁻¹	0 : 50 µg L ⁻¹	Calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Turbidimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01$ 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.

Main Dimensions

		SAMPLER CAPACITY (liters)							
		1.7	2.5	5	8	10	12	20	30
A	inch	25.0	33.0	27.2	35	41.0	46.0	35.0	46.0
	mm	633	838	692	889	1041	1168	889	1168
B	inch	13	13	13	13	13	13	13	13
	mm	330	330	330	330	330	330	330	330
C	inch	2.5	2.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5	3.5
	mm	63	63	89	89	89	89	89	89
D	inch	3.5	3.5	5.6	5.6	5.6	5.6	8.6	8.6
	mm	89	89	142	142	142	142	218	218
E	inch	5.5	5.5	7.6	7.6	7.6	7.6	10.7	10.7
	mm	139	139	192	192	192	192	273	273
F	inch	8.0	8.0	10.1	10.1	10.1	10.1	13.3	13.3
	mm	204	204	257	257	257	257	338	337
G	inch	18.0	26.0	20.0	28.0	34.0	39.0	24.3	37.0
	mm	457	660	508	711	863	990	711	990
EMPTY WEIGHT	lb	5.5	6.5	8.0	10	12.5	13.5	25.0	28.0
	kg	2.5	3.0	3.6	4.5	5.7	6.1	11.4	12.7

* with Reversing Thermometer Assembly

A2 ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



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

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

A3 OSSIGENO DISCIOLTO

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



Potenzialità analitiche

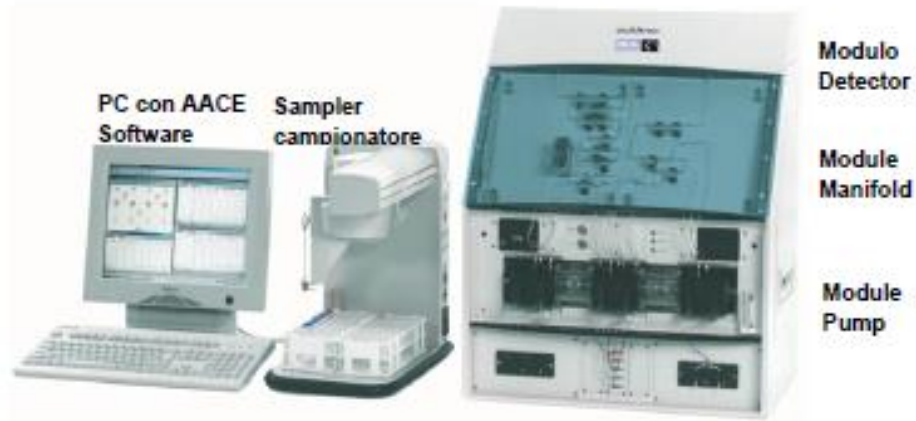
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria,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

Panoramica delle principali funzioni

One Click™ Titration	Tasti di scelta rapida per ciascun utente	12
	Numero utenti	30
Funzione Plug & Play	Riconoscimento automatico buretta	si
	Elettrodi	si
	Motore buretta	si
	Chiavetta USB	si, per metodi/risultati
	Scambiatore di campioni Rondo	si
	Stativo di titolazione autom. Rondolino	si
Motori per burette	Per titolazione	1 interno
	Per dosaggio	3 esterni
	Risoluzione motore buretta	1/20.000 volume buretta
	Volume burette intercambiabili	1, 5, 10 e 20 mL
Metodi e serie	Titolazione auto-apprendimento	si
	Numero di campioni per serie	120
	Metodi METTLER TOLEDO predefiniti	> 30
	Numero max. metodi	120
Ingressi sensore	Potenziometrico	2
	Polarizzato	1
	Riferimento	1
	Temperatura PT1000	1
	Conducibilità	1 opzionale
Interfacce	Ethernet	1
	COM	3
	USB host	1
	USB client	1
	Bus CAN	si
	Pompa/agitatore/Solvent Manager™	3
Terminale	TTL I/O	1
	Controllo	Touch Screen
	Schermo	Display TFT a colori 5,7" ¼ VGA
	Risoluzione	320 x 240 pixel
	Inclinazione	Regolabile in tre posizioni

A4 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.

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

A5 HPLC

High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



Modulo	Costruttore	Modello	Caratteristiche
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

A6 ANALISI METALLI PESANTI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X



Autocampionatore MASN8140044 ESI



A7 ANALISI SILICIO

Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV



A8 ANALISI BTEX

Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B



A9 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



A10 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

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

