

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

**SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE
CAMPO FAUZIA**

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

INDAGINI SULLA COLONNA D'ACQUA

Rapporto Finale 2021 FAUZIA

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



CoNISMa
Consorzio Nazionale
Interuniversitario
per le Scienze del Mare



AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.

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	3
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	3
2.1.1	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	3
2.1.2	MISURE CORRENTOMETRICHE	6
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	6
3.	RISULTATI	16
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	16
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	16
3.1.2.	NUTRIENTI	29
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO	42
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	54
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO	59
3.1.6.	METALLI PESANTI	60
3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	68
3.1.7.1	Indagini fisiche, chimiche e biologiche.....	68
3.1.7.2	Indagini sugli inquinanti.....	71
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	81
4.	CONCLUSIONI	85
5.	BIBLIOGRAFIA	88
	ALLEGATO A: STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI	i
	Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua	ii

1. INTRODUZIONE

In riferimento al DVADEC-2013-0000103 del 15/04/2013 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Fauzia e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma a Barbara B. Il monitoraggio a partire 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 s.r.l. di Carrara e UNIVPM.

Fauzia è installata a una profondità di circa 67 m in Adriatico centrale, a circa 45 km dalla costa marchigiana in direzione ENE rispetto alla città di Marotta-Mondolfo (PU), nella zona delle sabbie siltose.

Le operazioni di posa in opera della piattaforma e del sea-line sono terminate ufficialmente il 17/09/2014.

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.*, 2020a).

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

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

2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Fauzia è installata in Adriatico centrale, a circa 45 km dalla costa marchigiana, in direzione ENE rispetto alla città di Marotta-Mondolfo (PU), su un fondale di circa 67 m (sabbie siltose). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

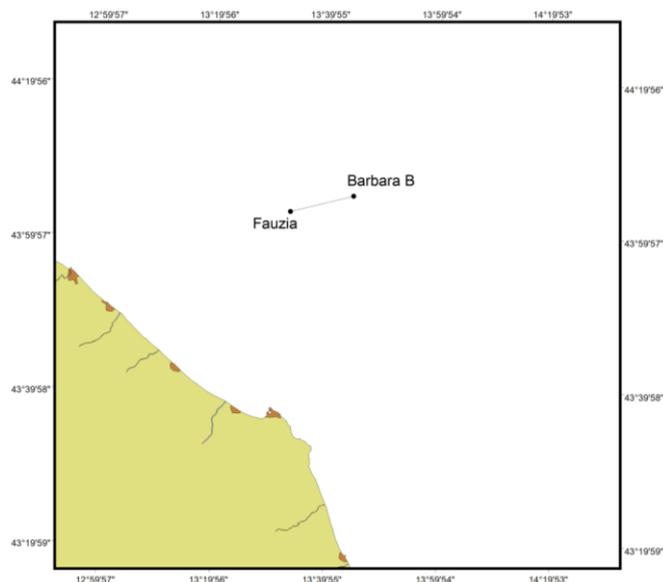


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Fauzia e della condotta di collegamento tra Fauzia e Barbara C al largo della costa marchigiana.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Fauzia	43°03'20'',34N 13°33'14'',94E

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 condotte 3 campagne di misura (febbraio, marzo e a maggio) nel 1° semestre e 2 (luglio e dicembre) nel 2°. Non è stato possibile effettuare il survey previsto a novembre perché le condizioni meteo-marine avverse hanno costretto l'imbarcazione al rientro in porto.

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato effettuato in 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, 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).

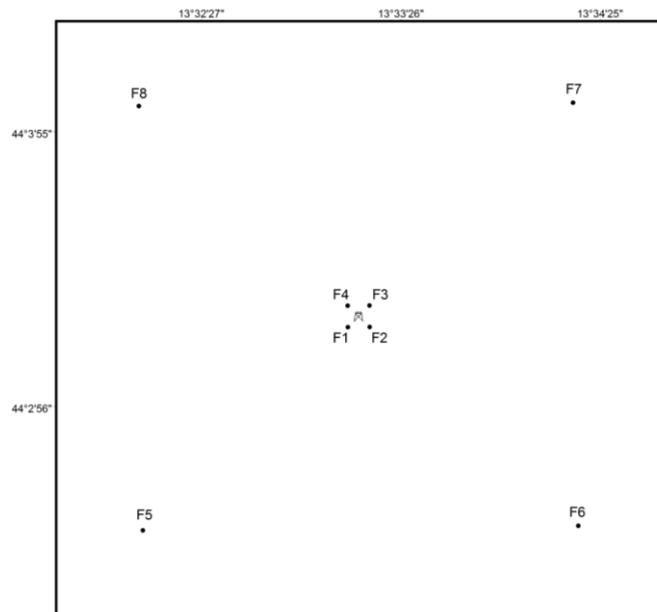


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Fauzia per le indagini idrologiche.

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

Stazioni di campionamento	Coordinate geografiche (Lat.)	Coordinate geografiche (Long.)	Distanza dalla struttura (m)	Posizione rispetto alla struttura
F1	44°03'18'',00N	13°33'11'',88E	100	SW
F2	44°03'18'',00N	13°33'18'',12E	100	SE
F3	44°03'22'',62N	13°33'18'',12E	100	NE
F4	44°03'22'',62N	13°33'11'',88E	100	NW
F5	44°02'36'',12N	13°32'08'',70E	2000	SW
F6	44°02'36'',12N	13°34'17'',22E	2000	SE
F7	44°04'04'',80N	13°34'17'',22E	2000	NE
F8	44°04'04'',80N	13°32'08'',70E	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)

Presso 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;

- Idrocarburi alifatici (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- glicole etilenico.

Tutti i campioni raccolti sono stati mantenuti in luogo fresco e al buio fino al momento delle analisi. 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

E' stato utilizzato un ormeggio correntometrico costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI del peso in acqua di circa 13 kg (All. A2), tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, uno sganciatore acustico Edge Tech e una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3). L'ormeggio è stato immerso nella posizione di 44°03,397'N e 13°33,214'E a una profondità di circa 65 m.

Il correntometro acustico (ADCP) è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 21 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 di sopra della superficie libera del mare, sono stati eliminati per la presenza di dati non leggibili a causa dell'elevato rumore presente.

L'ADCP, oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, ha registrato la temperatura e la pressione nel punto in cui era posizionato. La sua accuratezza è stata di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s.

Sono stati registrati dati per l'intero anno, dal 01/01 al 31/12/2021.

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.

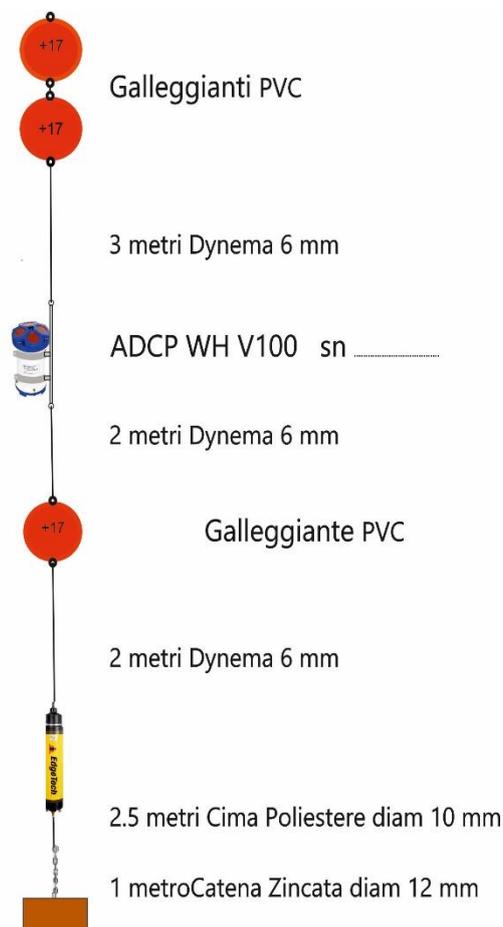


Fig. 2.3 - Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Fauzia.

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.

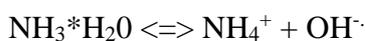
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale $0,7\ \mu m$), precombusti a $450^\circ C$ per 4h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a $-20^\circ C$ 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 diazocopulazione 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 μ l 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 ($\varnothing = 47$ 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 combusti 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-III.

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).

Per la valutazione del silicio la base del metodo consiste nella misura delle intensità delle radiazioni elettromagnetiche emesse dagli atomi/ioni eccitati delle specie presenti nel campione, mediante tecniche spettrometriche con sorgente al plasma (ICP-OES). Il campione è trasportato nel plasma, dove, in seguito a fenomeni di eccitazione, avviene la produzione dello spettro di emissione composto dalle righe caratteristiche degli elementi presenti. Tali righe, dopo essere state separate mediante un sistema di dispersione, vengono inviate su un rivelatore (fotomoltiplicatore o a stato solido) che produce un segnale elettrico di intensità proporzionale all'intensità delle righe di emissione. Le intensità di emissione vengono rilevate, simultaneamente o in sequenza, e la concentrazione di analita presente nel campione viene determinata per confronto con una soluzione di riferimento a concentrazione nota.

Tab. 2-III - Elenco degli inquinanti 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	0,4
Indio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Mercurio	EPA 6020B 2014	µg/l	0,002
Nichel	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
Piombo	EPA 6020B 2014	µg/l	0,02
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 misurazione del silicio è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione

atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent, con autocampionatore SPS4 (All. 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 H₁₂) 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 rilevatore a fiamma (FID).

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

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 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 rilevatore a spettrometro di massa.

La concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)-antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) (fig. 2.4) è stata determinata con sistema GC-MS/MS. La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,0006 $\mu\text{g l}^{-1}$. 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).

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).

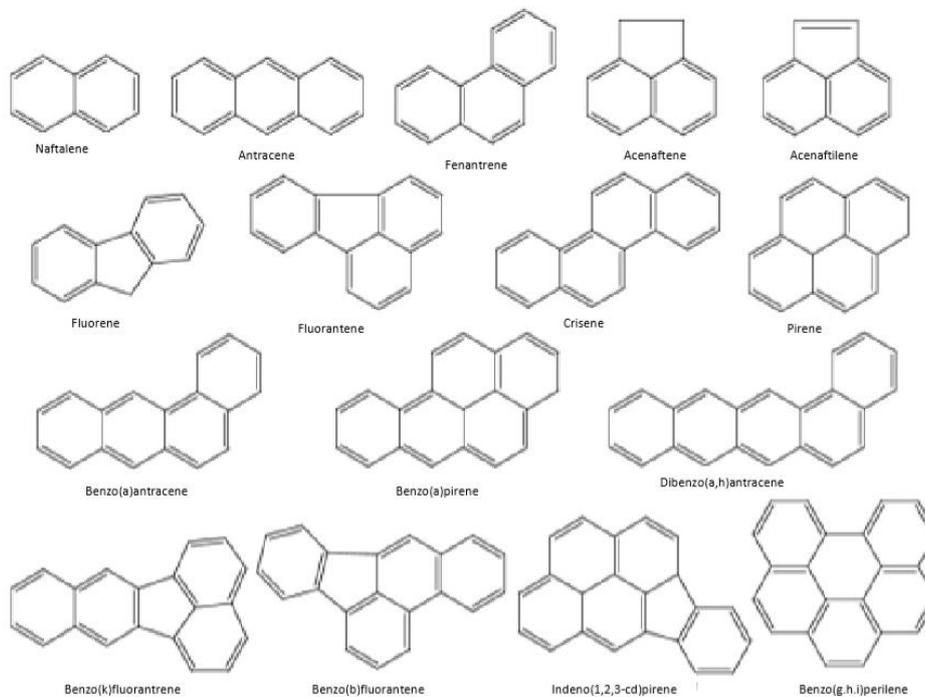


Fig. 2.4 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

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 temperatura è risultata piuttosto omogenea lungo la colonna d'acqua in tutte le stazioni di campionamento (media \pm dev.st.; $13,01 \pm 0,19^\circ\text{C}$), con valori in lieve diminuzione verso il fondo specialmente nelle stazioni prossime alla piattaforma ($\Delta T < 0,8^\circ\text{C}$).

Valori omogenei sono stati rilevati anche per la salinità in tutte le stazioni ($38,91 \pm 0,03$ psu), con una lieve riduzione al fondo soprattutto nelle stazioni interne, analogamente alla temperatura.

La torbidità ha fatto registrare valori molto bassi e omogenei in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 55 m di profondità ($0,3 \pm 0,1$ mg/l), seguiti da un rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo 1,5 mg/l, stazione F6).

L'ossigeno disciolto alla saturazione è stato $>100\%$ ovunque fino a circa 50 m di profondità (fino a 40 m nelle due stazioni orientali di controllo), con valori generalmente in diminuzione verso il fondo dove sono stati registrati i minimi in un piccolo strato omogeneo ($95,9 \pm 0,6\%$).

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno mostrato una distribuzione orizzontale della temperatura caratterizzata da un debole gradiente S-N in superficie ($\Delta T = 0,3^\circ\text{C}$), presente anche al fondo con opposto orientamento. La distribuzione della salinità è risultata piuttosto variabile tra le stazioni in superficie, dove è stato rilevato un gradiente orientato da NE a SW ($\Delta s < 0,4$ psu) con massimi piuttosto elevati (38,94 psu), mentre al fondo è apparsa pressoché omogenea ($38,85 \pm 0,01$ psu).

La fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa in superficie ($< 0,5$ $\mu\text{g/l}$), con valori più elevati ($< 1,0$ $\mu\text{g/l}$) da circa 20 m di profondità verso il fondo.

Nel campionamento di **marzo** (fig. 3.4) la distribuzione verticale di tutti i parametri misurati ha fatto registrare un'omogeneità ancora maggiore rispetto a febbraio, con profili uniformi di temperatura ($12,97 \pm 0,18^\circ\text{C}$), salinità ($38,90 \pm 0,01$ psu), torbidità ($0,3 \pm 0,1$ mg/l) e ossigeno disciolto alla saturazione ($100,0 \pm 1,0\%$) in tutte le stazioni.

La distribuzione omogenea di temperatura in superficie ($13,51 \pm 0,12^\circ\text{C}$) e al fondo

($12,83 \pm 0,00^{\circ}\text{C}$) è evidente nelle mappe areali (fig. 3.5).

Anche per la salinità è stata confermata l'omogeneità in superficie ($38,90 \pm 0,01$ psu), mentre al fondo è emersa una lieve differenza tra i valori nelle stazioni di controllo e quelle prossime alla piattaforma ($\Delta s = 0,2$ psu).

La fluorescenza (fig. 3.6) è apparsa ugualmente omogenea, con valori bassi ($< 0,5/\mu\text{g}$) dalla superficie al fondo ovunque.

A **maggio** (fig. 3.7) lo scostamento dalla forte omogeneità tipica del periodo invernale è apparso rilevabile dai profili verticali di tutta l'area indagata. In particolare, si sono registrati un incremento dei valori di temperatura nei primi 25 m di profondità (massimo $15,56^{\circ}\text{C}$, stazione F8), la presenza di valori minimi di salinità in superficie (minimo 38,52, stazione F8), eccetto nei controlli F6 e F7 i cui profili sono apparsi più omogenei lungo la colonna d'acqua, e valori massimi al fondo (> 1 mg/l) per la torbidità.

L'ossigeno disciolto alla saturazione è risultato relativamente basso in tutta la colonna d'acqua (media $< 90\%$), con i minimi in uno strato al fondo ovunque ($84,3 \pm 0,7\%$)

Le mappe areali (fig. 3.8) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando in superficie valori maggiori di temperatura ($15,48 \pm 0,11^{\circ}\text{C}$) e minimi di salinità (in aumento nei controlli orientali), mentre al fondo le distribuzioni rimangono sostanzialmente invariate e omogenee.

La fluorescenza (fig. 3.9) è stata uniforme e con valori medi molto bassi ($< 0,3 \mu\text{g/l}$) dalla superficie fino quasi al fondo, con un aumento in tutte le stazioni di campionamento a circa 50 m (massimo di $1,1 \mu\text{g/l}$ in F3).

A **luglio** (fig. 3.10) la temperatura ha mostrato la caratteristica distribuzione verticale stagionale ovunque, con valori massimi e omogenei in superficie ($25,88 \pm 0,16^{\circ}\text{C}$), un termoclino ben sviluppato e valori decrescenti gradualmente fino a uno strato omogeneo a valori minimi al fondo ($13,70 \pm 0,03^{\circ}\text{C}$).

Per la salinità sono stati rilevati valori minimi omogenei in superficie ($38,16 \pm 0,02$ psu), in rapido aumento fino ai massimi nello strato intermedio (massimo 38,81 psu, stazione F2) rimasti elevati e uniformi da 40 m fino al fondo ($38,81 \pm 0,01$ psu).

La torbidità è risultata molto bassa e omogenea in tutta la colonna d'acqua ovunque fino circa 55 m di profondità ($0,2 \pm 0,0$ mg/l), in rapido incremento fino ai valori massimi al fondo (massimo $1,2$ mg/l, in F2).

L'ossigeno disciolto alla saturazione è stato $< 100\%$ ovunque in tutta la colonna d'acqua,

con le percentuali maggiori intorno a 25 m (massimo 97,9%, stazione F1) generalmente decrescenti fino ai minimi registrati in un piccolo strato omogeneo al fondo ($77,6 \pm 1,0\%$).

Le mappe areali (fig. 3.11) hanno mostrato una distribuzione orizzontale di temperatura alquanto uniforme con valori elevati in superficie ($25,99 \pm 0,04^\circ\text{C}$) e minimi al fondo ($13,69 \pm 0,04^\circ\text{C}$).

Anche la distribuzione di salinità è risultata piuttosto omogenea con valori bassi in superficie ($38,15 \pm 0,02$ psu) e più elevati e ugualmente omogenei al fondo ($38,81 \pm 0,00$ psu).

La fluorescenza (fig. 3.12) è risultata molto bassa o nulla fino a circa 40 m di profondità ovunque, in incremento rapido verso i valori massimi al fondo (massimo $1,1 \mu\text{g/l}$, F1).

A **dicembre** (fig. 3.13) è apparso molto evidente il forte rimescolamento dovuto alla dinamica invernale, e i profili verticali sono risultati quasi completamente omogenei per tutti i parametri misurati, in particolare per la temperatura ($14,93 \pm 0,06^\circ\text{C}$), la salinità ($39,00 \pm 0,00$ psu) e la torbidità ($0,8 \pm 0,0$ mg/l).

Anche l'ossigeno disciolto alla saturazione è risultato completamente omogeneo, con valori poco inferiori al 100% in tutte le stazioni ($98,50 \pm 0,14\%$).

Le mappe areali (fig. 3.14) hanno confermato quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità ad entrambe le quote sia per la temperatura che per la salinità.

La fluorescenza (fig. 3.15) è risultata bassa ovunque ($< 0,5 \mu\text{g/l}$) dalla superficie al fondo.

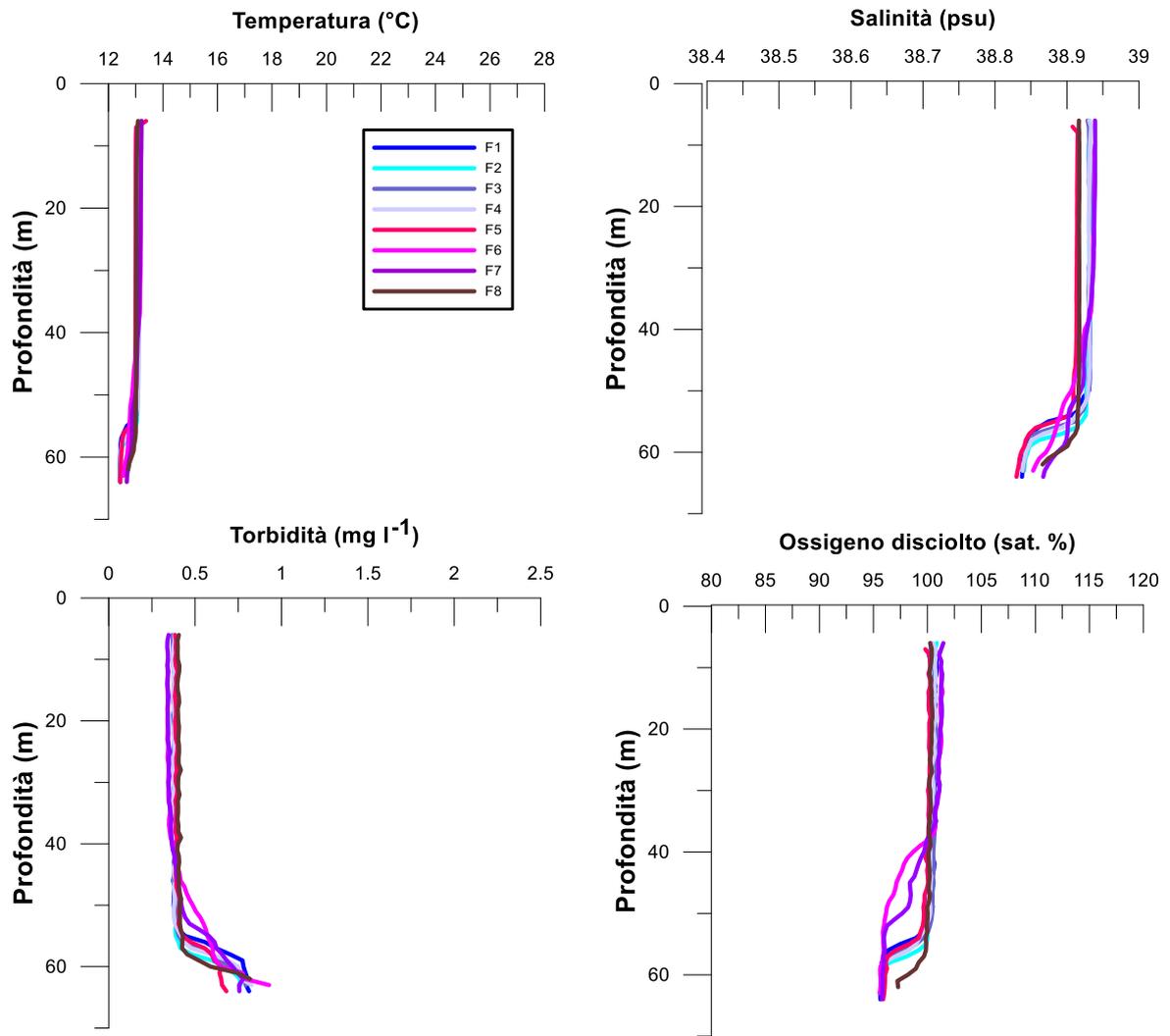


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2021.**

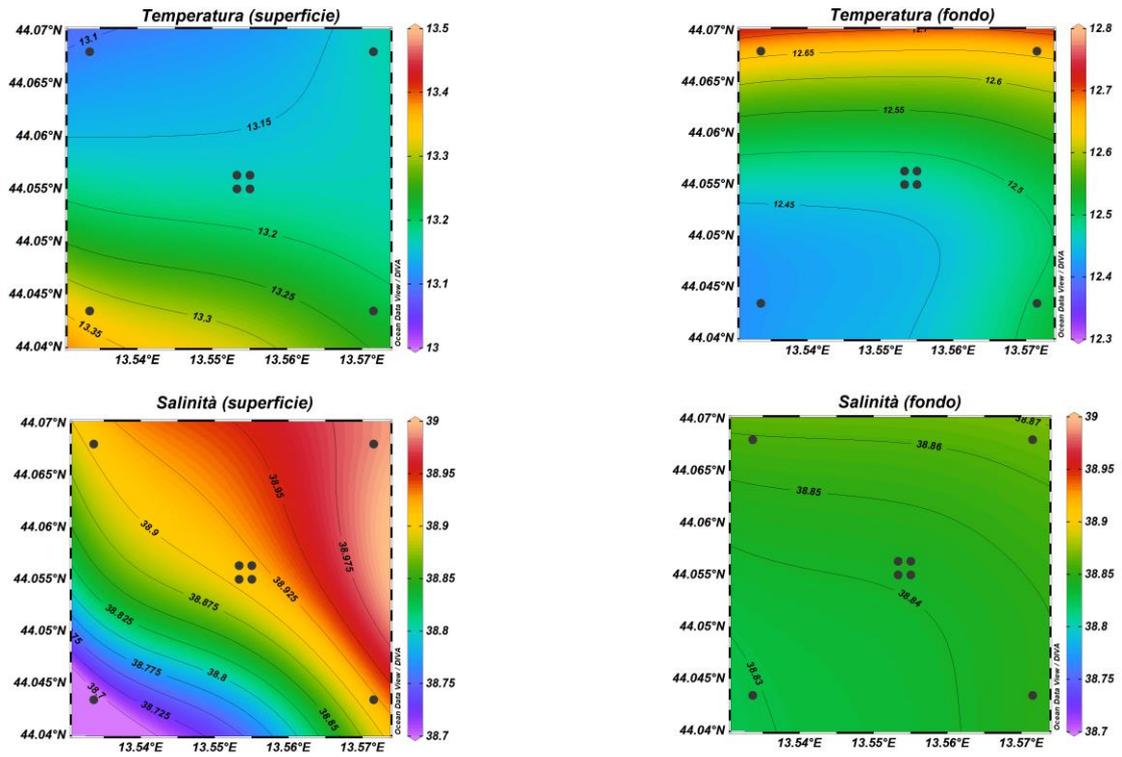


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).

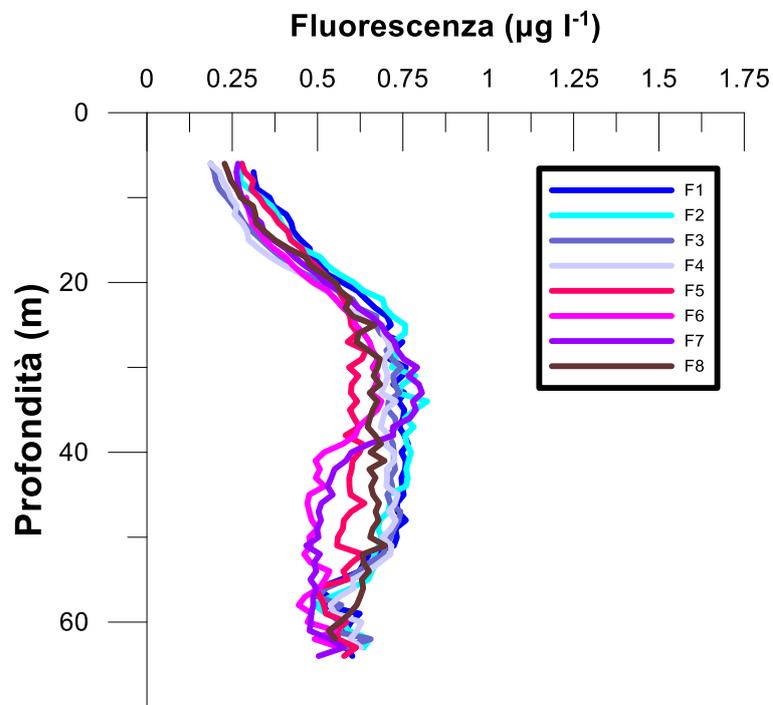


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Febbraio 2021**.

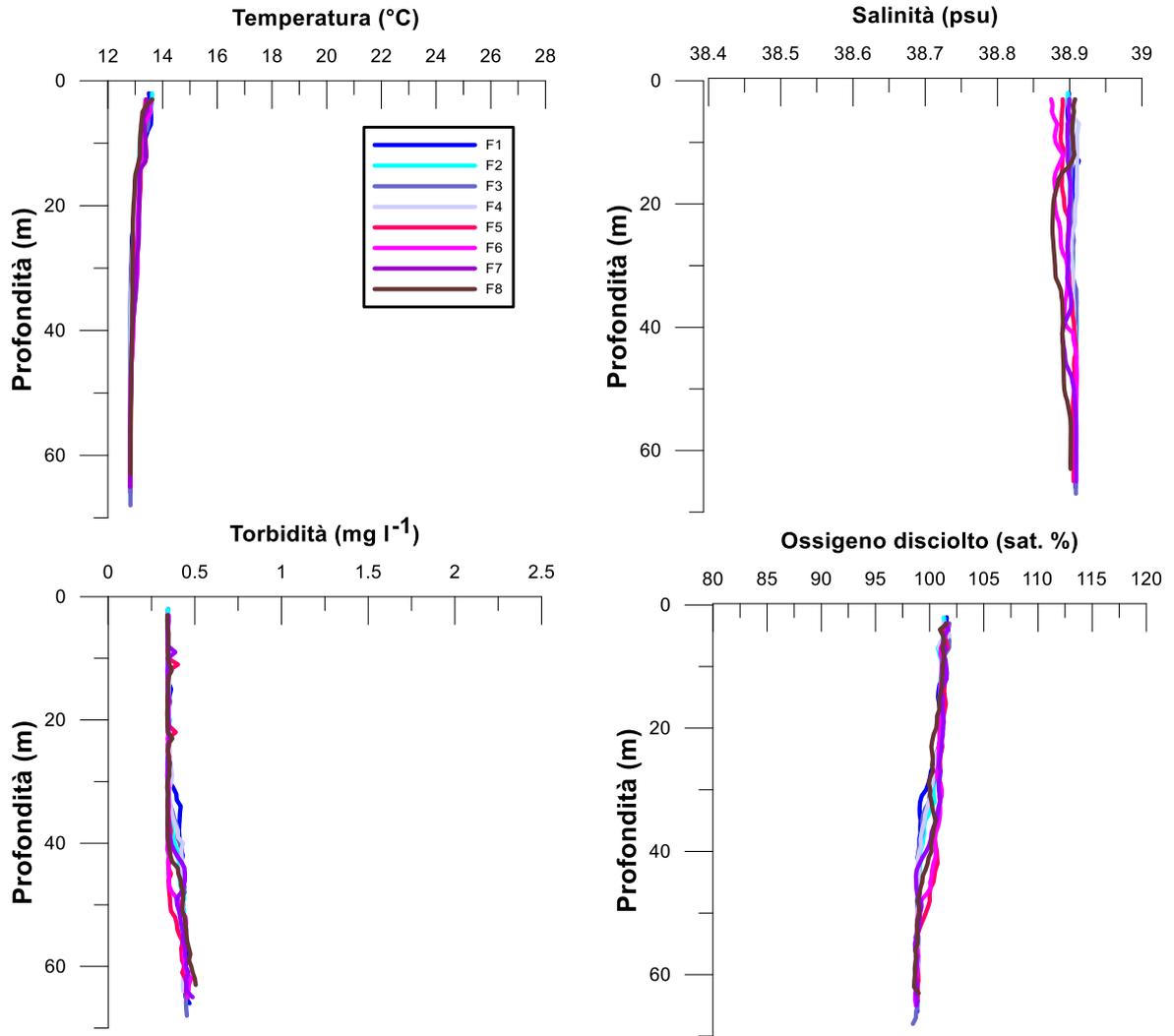


Fig. 3.4 - Profili di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Marzo 2021.**

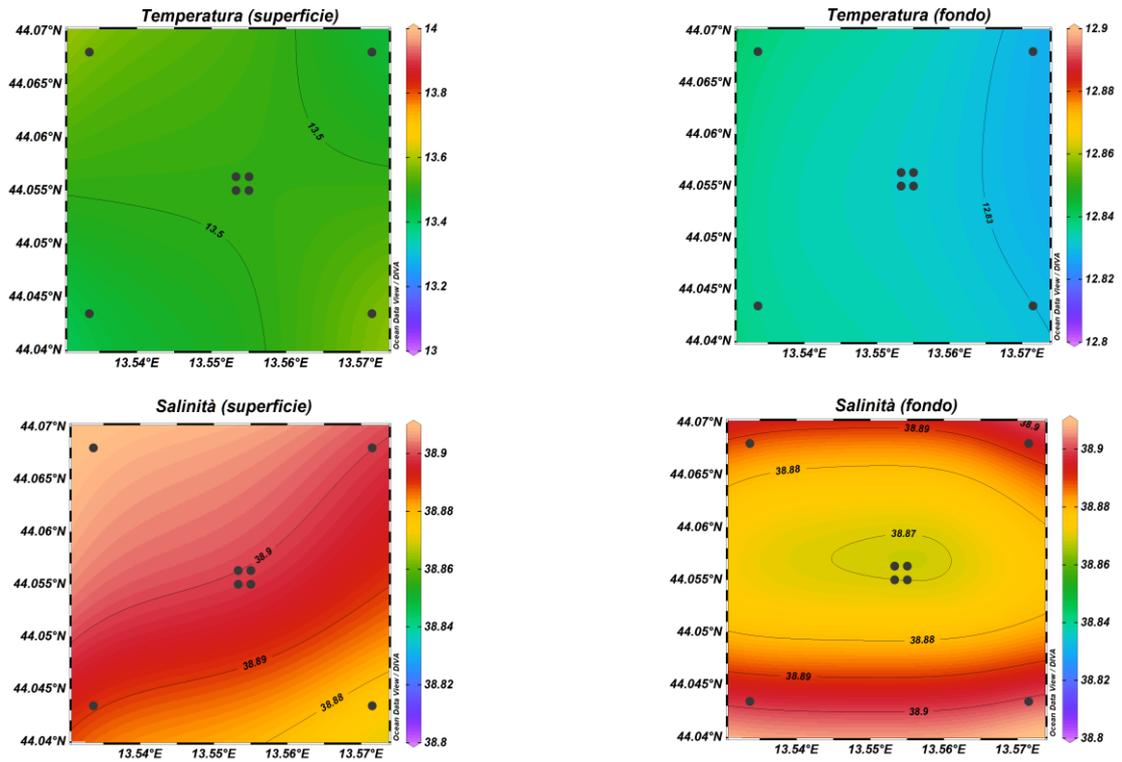


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

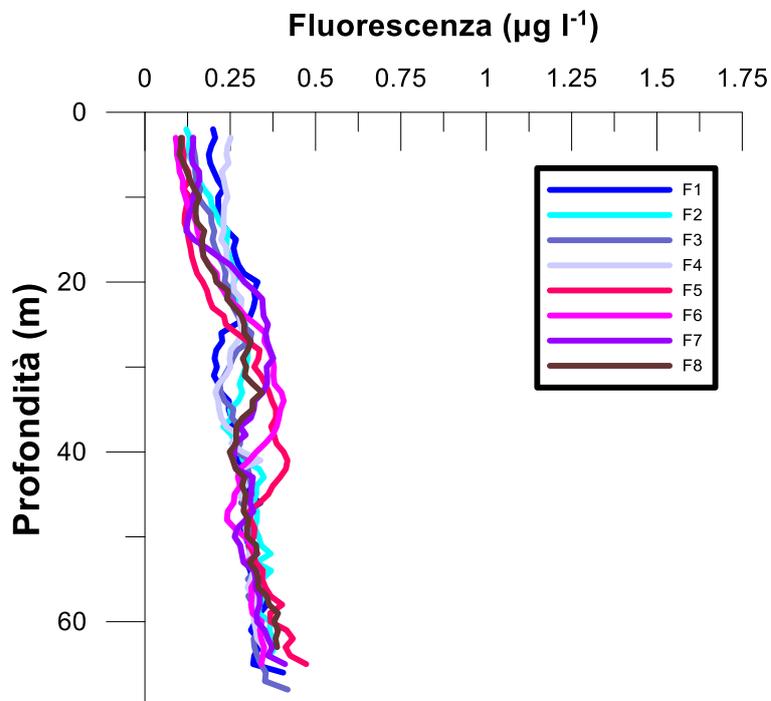


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Marzo 2021**.

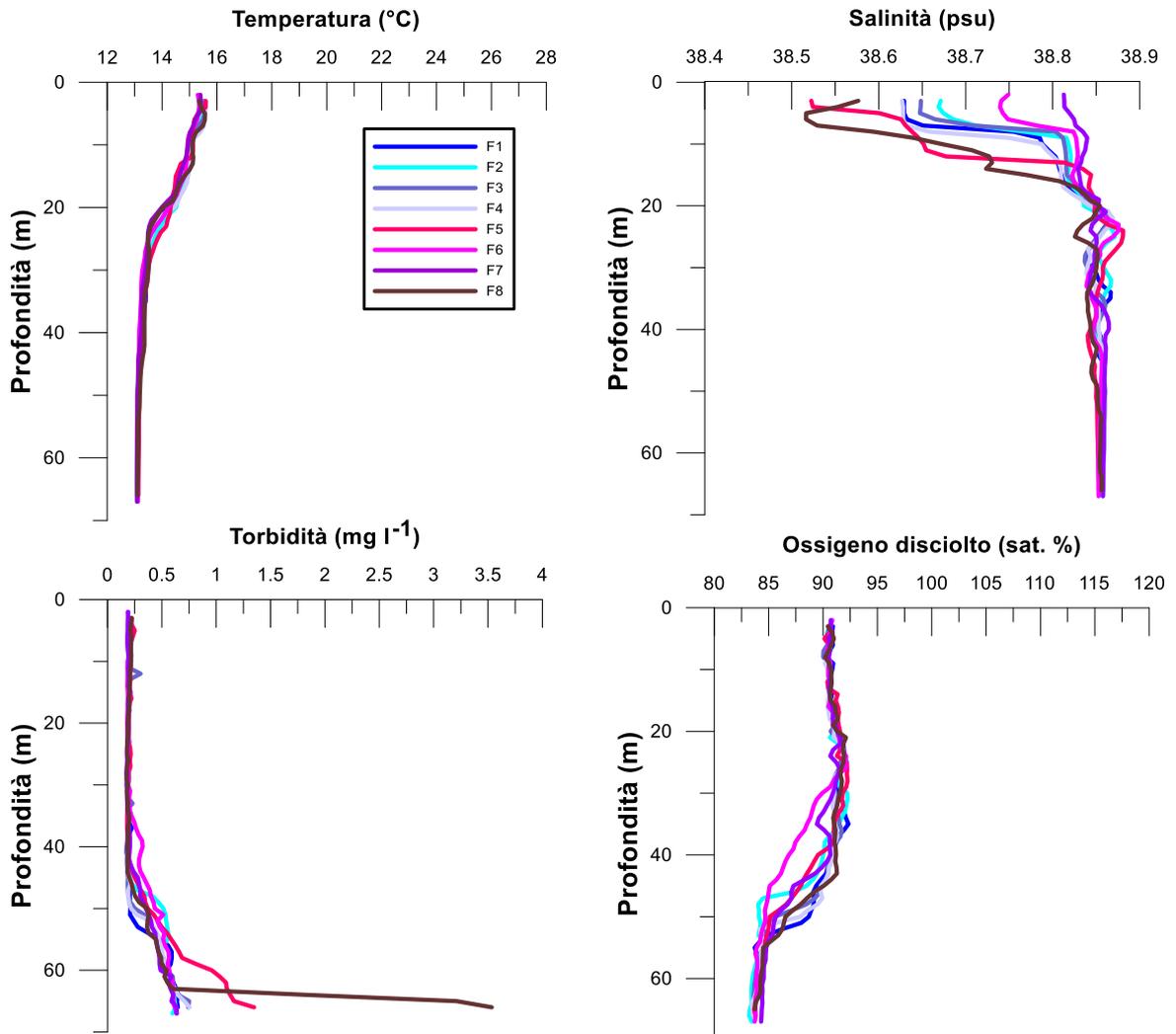


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Maggio 2021.**

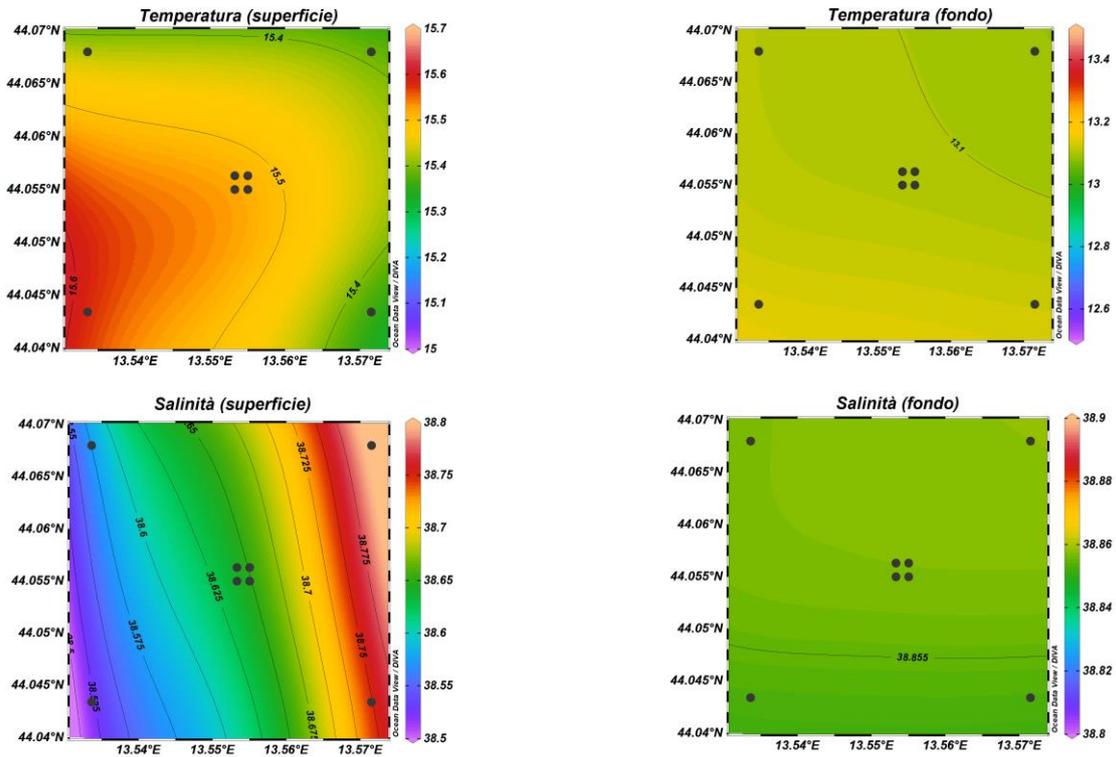


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

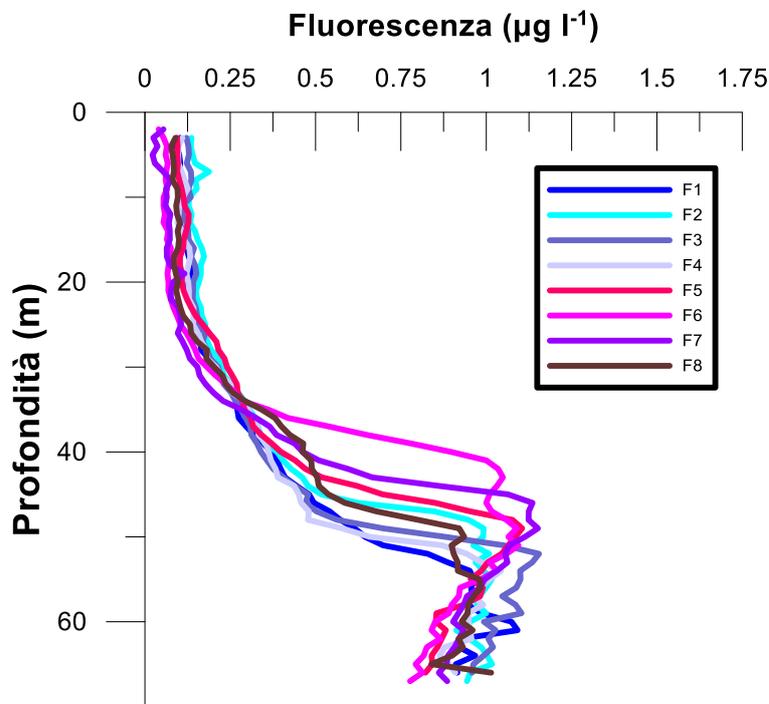


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Maggio 2021**.

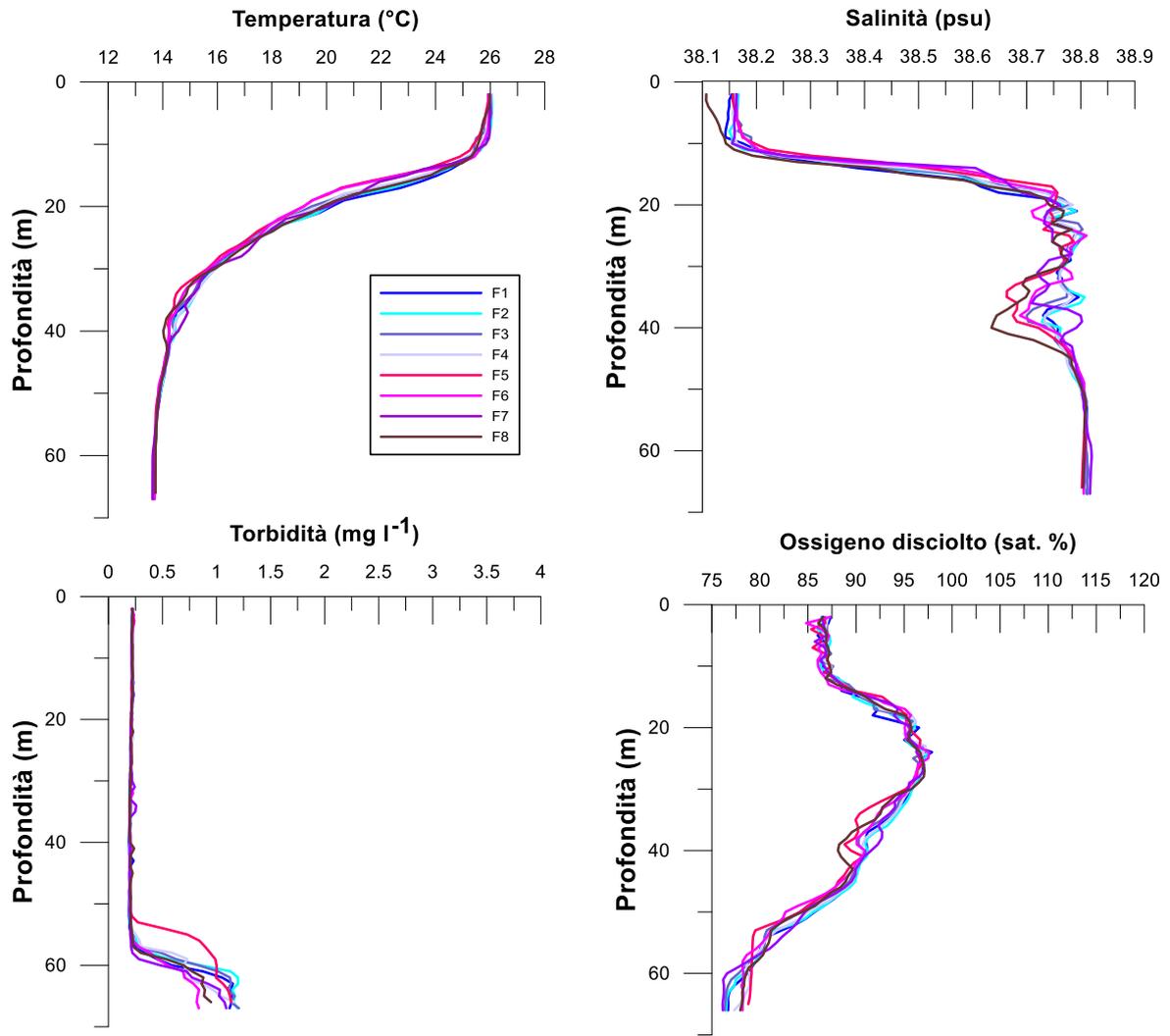


Fig. 3.10 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Luglio 2021.**

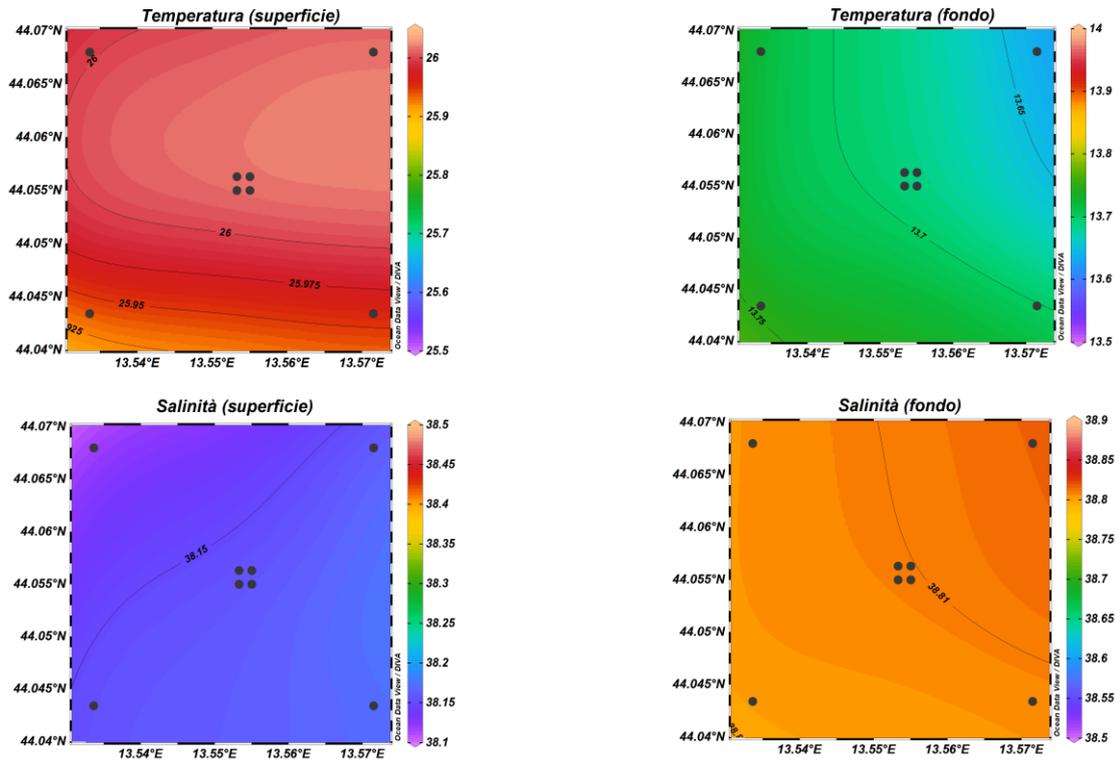


Fig. 3.11 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Luglio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

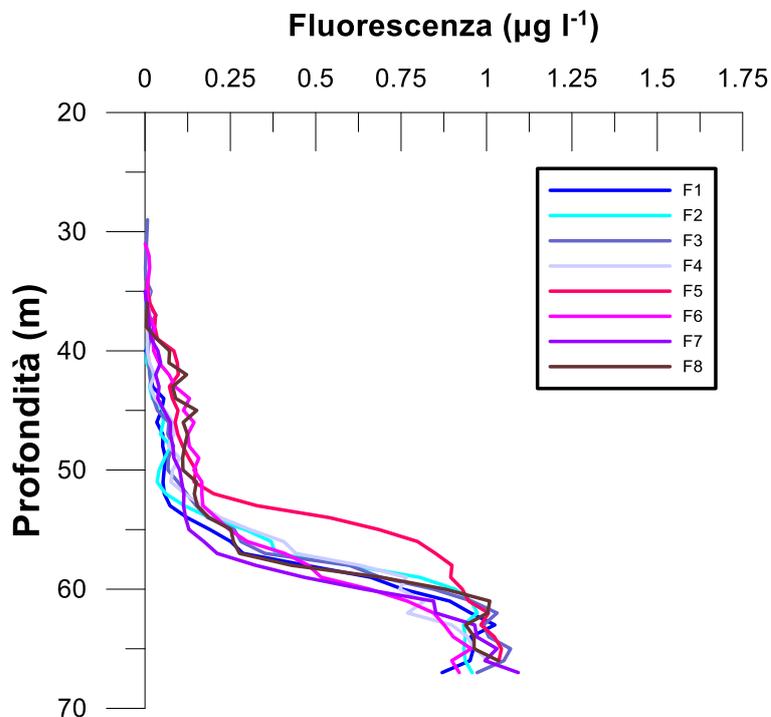


Fig. 3.12 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Luglio 2021**.

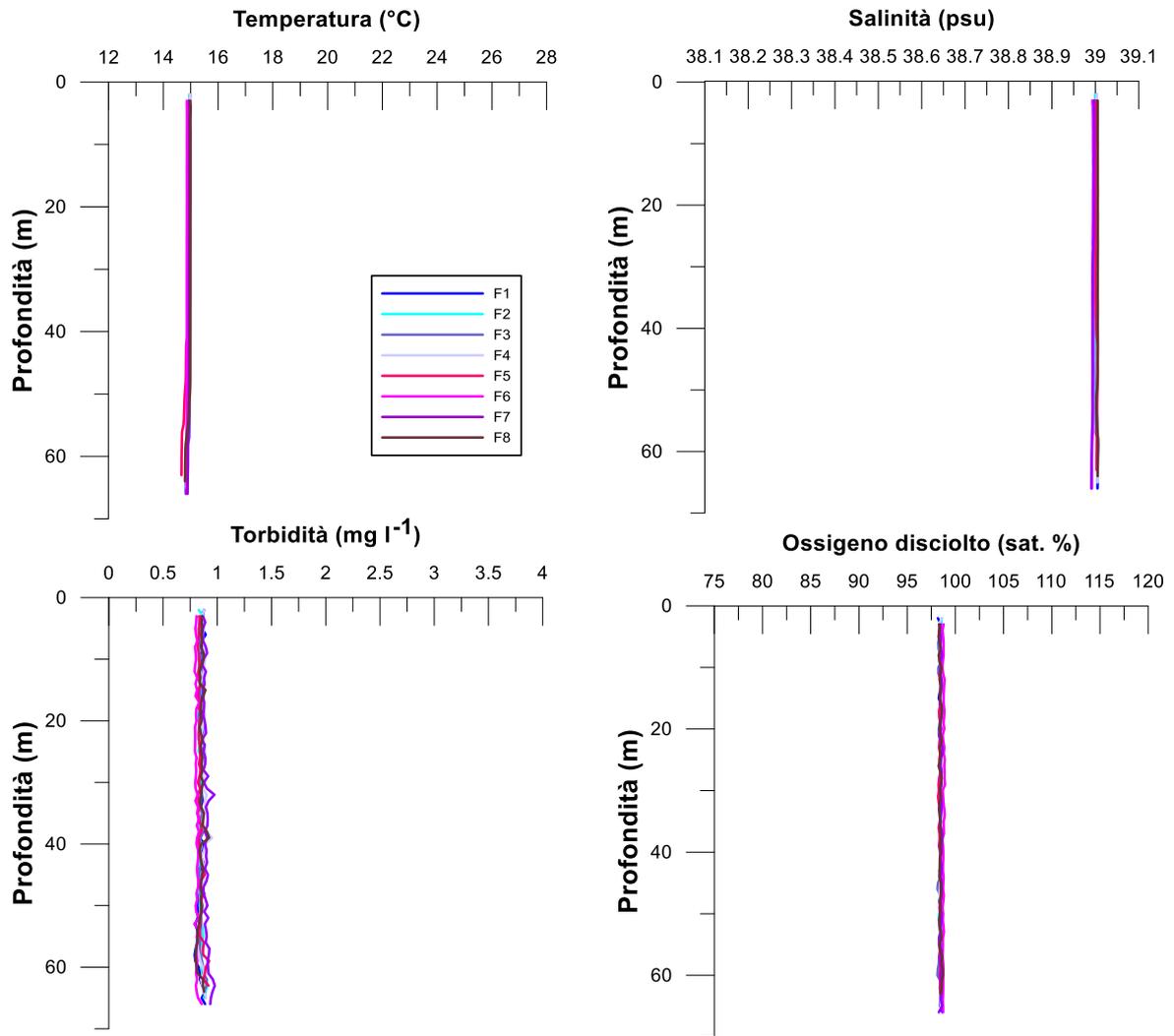


Fig. 3.13 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Dicembre 2021.**

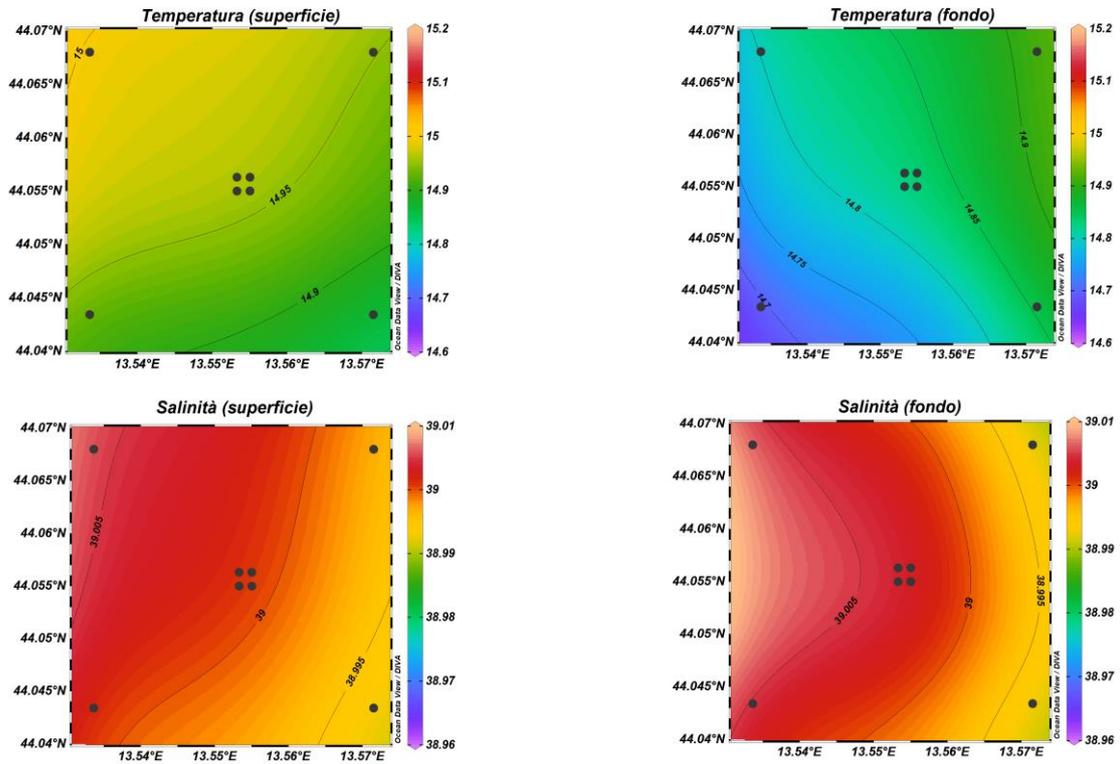


Fig. 3.14 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Dicembre 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).

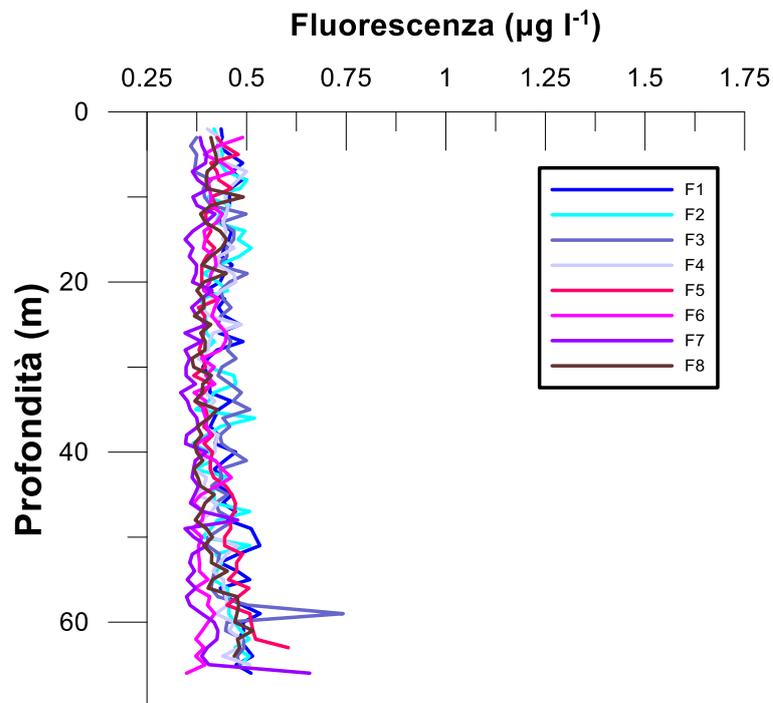


Fig. 3.15 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g/l}$). **Dicembre 2021**.

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 $0,14 \pm 0,08 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,26 \pm 0,17 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). In generale NO_2 e NO_3 sono apparsi maggiori nelle acque di fondo, mentre per NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare. La concentrazione media di NO_3 al fondo è risultata pari a $0,26 \pm 0,05 \mu\text{M}$ e il massimo ($0,34 \mu\text{M}$), è stato rilevato nella stazione F7 dove, sia a 20 m che in superficie, è stato registrato anche il minimo ($0,06 \mu\text{M}$). La concentrazione media al fondo di NO_2 è stata di $0,53 \pm 0,04 \mu\text{M}$, con il massimo ($0,56 \mu\text{M}$) in F5, mentre il minimo ($0,10 \mu\text{M}$) è stato riscontrato in superficie nelle stazioni F6 e F7. La concentrazione massima di NH_4 ($0,10 \mu\text{M}$) è stata invece misurata a 20 m in F4; valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili in tutti i siti di campionamento ad eccezione di F4.

Analogamente all'ammonio, anche i fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti ed omogenei ($0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$). Il massimo ($0,14 \mu\text{M}$), è stato misurato in superficie nella F6, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni.

La concentrazione media di silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stata di $1,80 \pm 0,35 \mu\text{M}$; valori più elevati hanno caratterizzato il fondo di tutti i siti dove la media è stata pari a $2,37 \pm 0,17 \mu\text{M}$. Il massimo ($2,54 \mu\text{M}$) è stato misurato a questa quota presso F5, mentre il minimo ($1,51 \mu\text{M}$) è stato osservato a 20 m e in superficie nella stazione F7.

Durante il campionamento di **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b e 3.19) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,06 \pm 0,03 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,05 \pm 0,02 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,15 \pm 0,11 \mu\text{M}$ (NH_4). L'ammonio è apparso mediamente più elevato al fondo, mentre per nitriti e nitrati non è stato osservato alcun andamento particolare. Il massimo di NO_3 ($0,16 \mu\text{M}$) è stato misurato nelle stazioni F3 e F6 rispettivamente a 20 m e al fondo, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a 20 m e in superficie nella F5. Per NO_2 le concentrazioni sono variate tra un massimo di $0,08 \mu\text{M}$ (F4 e F6, fondo) e un minimo di $0,02 \mu\text{M}$ (F2, superficie). Il contenuto medio di NH_4 al fondo è risultato pari a $0,25 \pm 0,07 \mu\text{M}$ e il massimo ($0,33 \mu\text{M}$) è stato misurato a questa quota nella stazione F5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato i 20 m o la superficie delle stazioni F3, F5, F7 e F8.

I PO_4 sono risultati generalmente omogenei e contenuti lungo tutta la colonna d'acqua ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$). Il massimo ($0,05 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie nella F5, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutti i siti.

Anche la concentrazione di Si(OH)_4 è risultata abbastanza omogenea, con una media di $1,73 \pm 0,08 \mu\text{M}$. Il minimo ($1,60 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie e a 20 m nella stazione F5, il massimo ($1,90 \mu\text{M}$) al fondo della F8.

A **maggio** (figg. 3.20a, 3.20b e 3.21) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,09 \pm 0,10 \mu\text{M}$ per NO_3 , $0,11 \pm 0,12 \mu\text{M}$ per NO_2 e a $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$ per NH_4 ; i valori dei primi due nutrienti sono risultati più elevati alle quote di fondo, mentre l'ammonio è apparso omogeneamente distribuito.

Per i NO_3 le concentrazioni sono variate tra valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale, osservati tra la superficie e i 20 m in tutte le stazioni ad eccezione della F6, ed un massimo di $0,29 \mu\text{M}$ misurato al fondo della F1, quota alla quale il contenuto medio è risultato pari a $0,25 \pm 0,03 \mu\text{M}$. La concentrazione media di NO_2 al fondo è stata $0,27 \pm 0,05 \mu\text{M}$, dove è stato raggiunto il massimo ($0,34 \mu\text{M}$) in F4. Valori uguali o inferiori al limite strumentale hanno caratterizzato quote tra i 40 m e la superficie delle stazioni F1, F2, F3, F5, F6 e F7. Le concentrazioni di NH_4 sono invece variate tra la non rilevabilità strumentale, riscontrata a quote variabili in tutti i siti, e un massimo di $0,09 \mu\text{M}$ misurato in superficie in F4.

Per i PO_4 ($0,04 \pm 0,02 \mu\text{M}$) non è stato osservato alcun andamento particolare; il massimo ($0,07 \mu\text{M}$) è stato osservato nella stazione F4 a 40 m e nella F8 a 20 m, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati rilevati in F6 a 20 e 40 m e in F7 in superficie, a 40 m e al fondo.

La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata di $1,96 \pm 0,24 \mu\text{M}$. I valori massimi hanno interessato le quote di fondo dove la media è risultata pari a $2,32 \pm 0,06 \mu\text{M}$ e dove è stato raggiunto il massimo assoluto di $2,39 \mu\text{M}$ presso la F6; il minimo ($1,70 \mu\text{M}$) è stato invece registrato a 20 m nella stessa stazione.

Nel mese di **luglio** (figg. 3.22a, 3.22b e 3.23) NO_3 , NO_2 e NH_4 sono risultati mediamente presenti con $0,05 \pm 0,06 \mu\text{M}$, $0,06 \pm 0,08 \mu\text{M}$ e con $0,04 \pm 0,03 \mu\text{M}$. In generale, le concentrazioni più elevate di nitrati e nitriti sono state registrate nelle acque di fondo, dove le rispettive medie sono state $0,13 \pm 0,06 \mu\text{M}$ e $0,19 \pm 0,07 \mu\text{M}$ e dove sono stati rilevati i

massimi ($0,18 \mu\text{M}$ nelle stazioni F2 e F3 per NO_3 e $0,27 \mu\text{M}$ in F7 per NO_2). Valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità sono stati registrati per entrambi questi nutrienti tra la superficie e i 40 m di profondità in tutte le stazioni.

Per NH_4 non è stato osservato alcun andamento particolare. La concentrazione massima ($0,14 \mu\text{M}$) è stata misurata in superficie nella stazione F5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra i 20 m e il fondo ovunque eccetto in F6.

Anche i PO_4 sono risultati generalmente contenuti e omogenei ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$). Il massimo ($0,07 \mu\text{M}$) è stato misurato a 20 m nella stazione F1, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili ovunque.

I Si(OH)_4 , mediamente presenti con $2,14 \pm 0,92 \mu\text{M}$, come NO_2 e NO_3 sono risultati maggiori al fondo, dove la media è risultata pari a $3,68 \pm 0,17 \mu\text{M}$ e dove è stato registrato il massimo ($3,86 \mu\text{M}$) in F1; il minimo ($1,42 \mu\text{M}$) è stato invece osservato a 20 m di profondità nella stazione F2.

A **dicembre** (figg. 3.24a, 3.24b e 3.25) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,19 \pm 0,03 \mu\text{M}$ (NO_3), a $0,23 \pm 0,02 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,10 \pm 0,04 \mu\text{M}$ (NH_4). I primi due nutrienti sono risultati omogeneamente distribuiti, mentre l'ammonio ha presentato un andamento variabile senza alcuna tendenza particolare. Per i NO_3 le concentrazioni sono variate tra un minimo di $0,15 \mu\text{M}$, osservato in superficie della stazione F2 e al fondo della F4, e un massimo di $0,31 \mu\text{M}$ misurato alla quota superficiale presso F5. I NO_2 sono oscillati tra $0,20$ e $0,27 \mu\text{M}$, misurati in F1 al fondo e in superficie rispettivamente, risultando più elevati rispetto al mese precedente. Le concentrazioni di NH_4 sono variate tra $0,04$ e $0,27 \mu\text{M}$ (superficie delle stazioni F7 e F2 rispettivamente).

Per i PO_4 ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$) non è stato osservato alcun andamento particolare; il massimo ($0,05 \mu\text{M}$) è stato osservato nella F3 in superficie, mentre il minimo ($0,01 \mu\text{M}$) è stato misurato tra i 20 m e il fondo nelle stazioni F1, F3, F4 e F8.

La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata pari a $1,30 \pm 0,08 \mu\text{M}$, con valori omogeneamente distribuiti. Il massimo ($1,46 \mu\text{M}$) è stato osservato a 20 m di profondità della stazione F1, il minimo ($1,06 \mu\text{M}$) nella F2 sempre a 20 m.

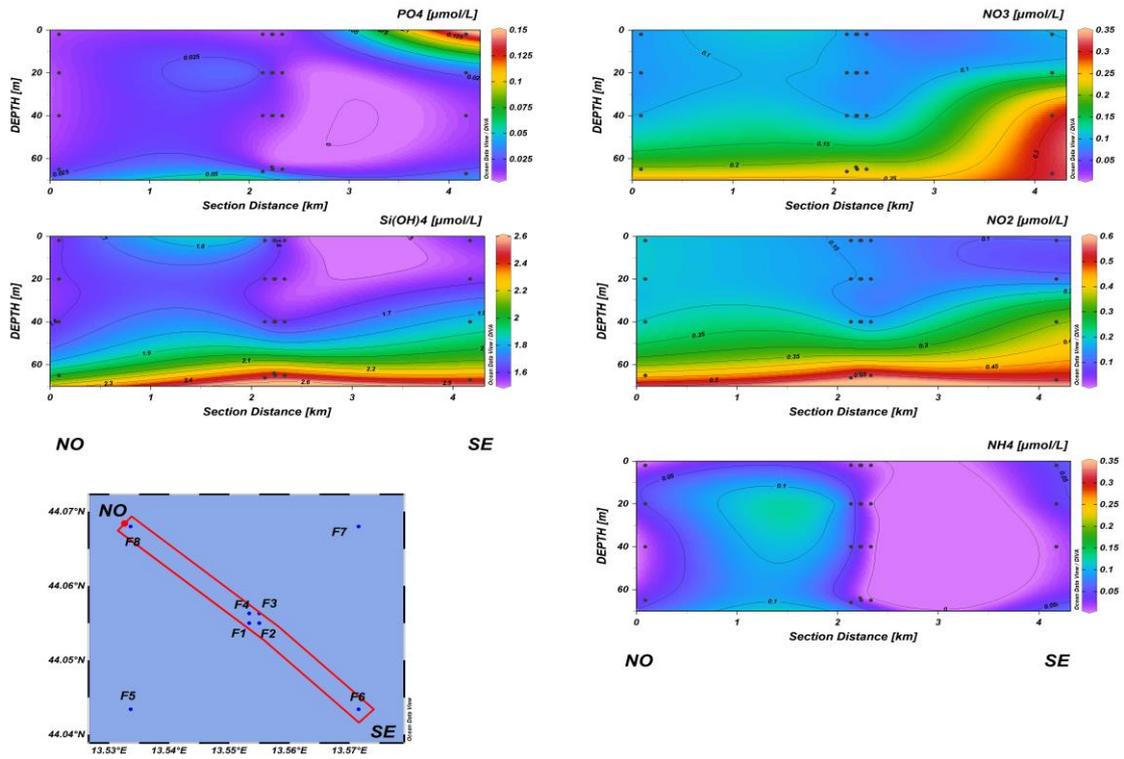


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

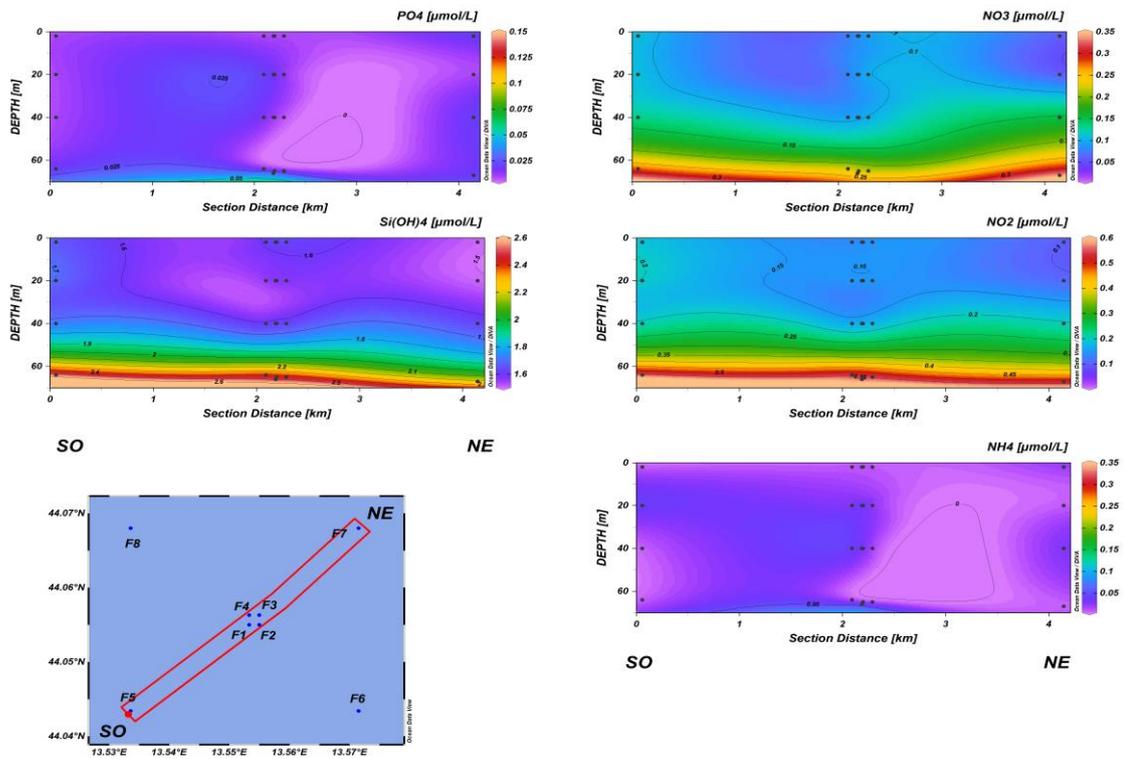


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

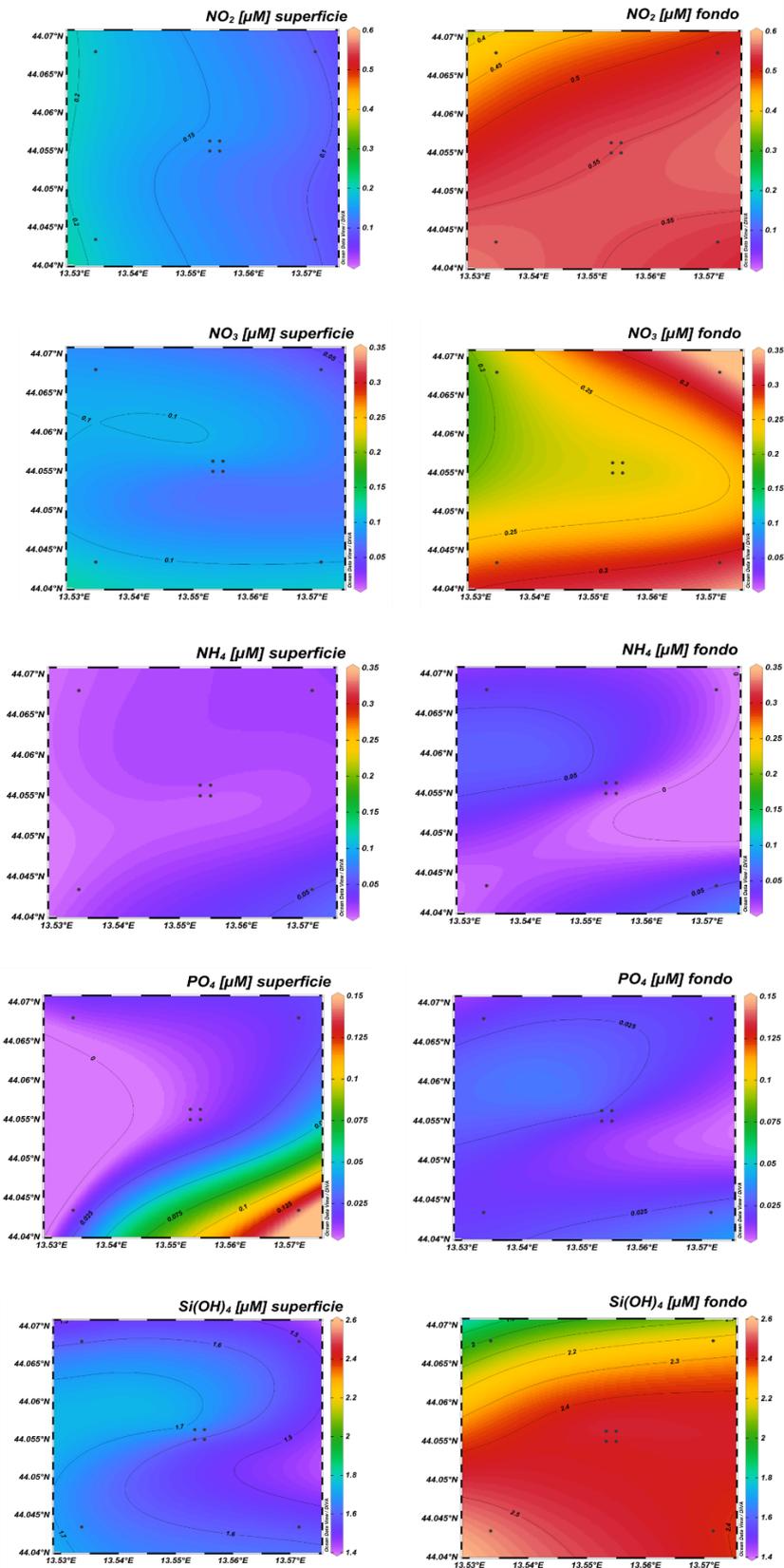


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2021**.

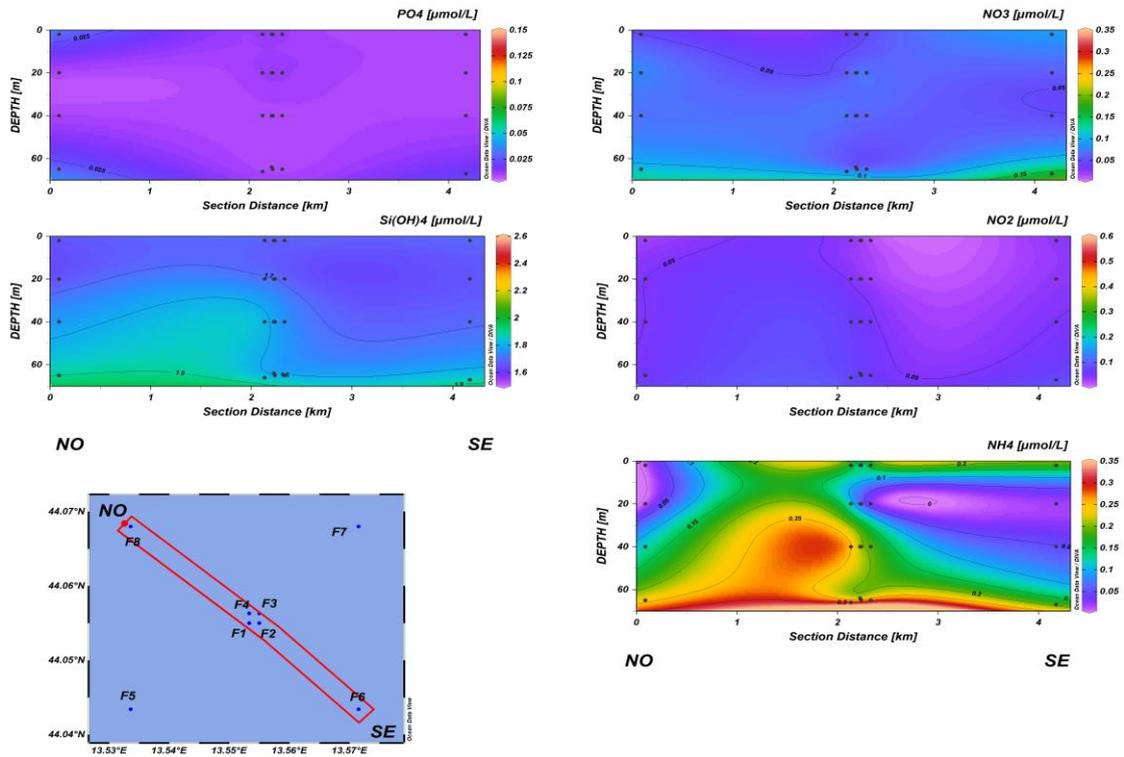


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

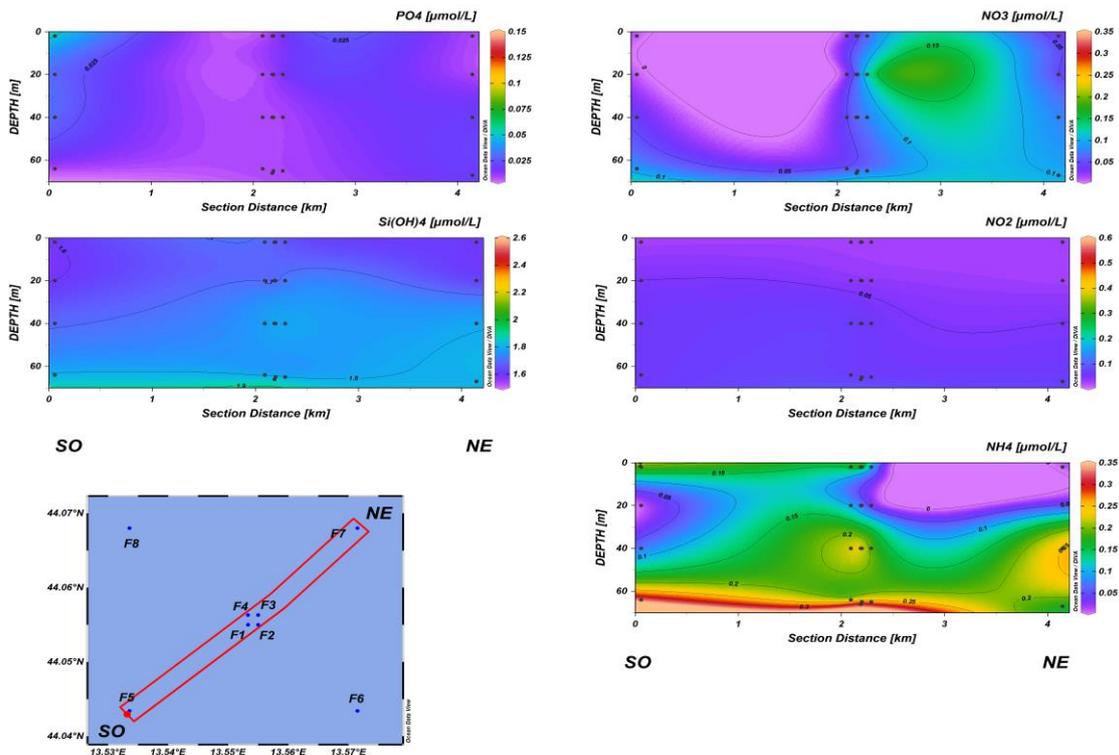


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

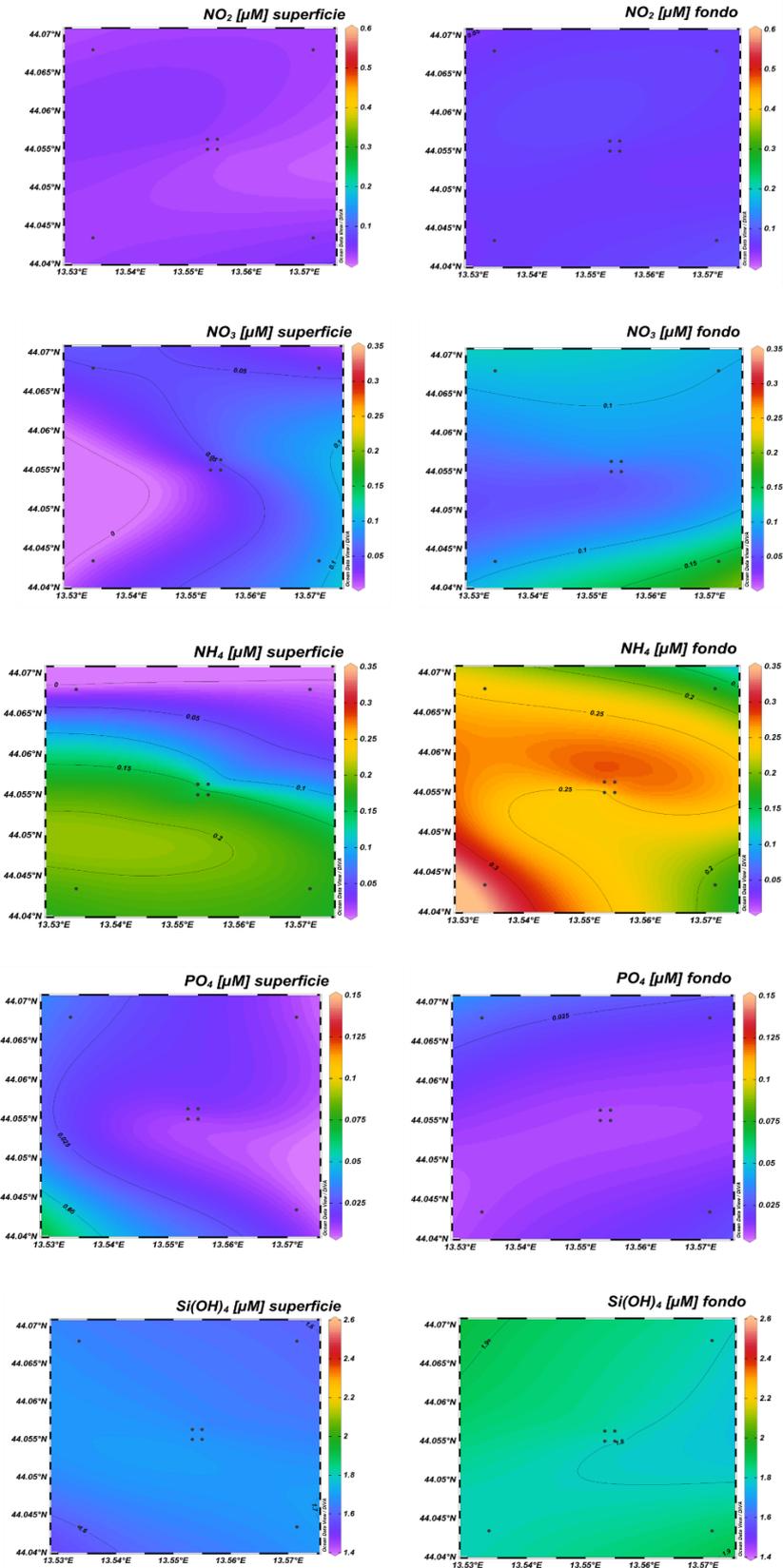


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

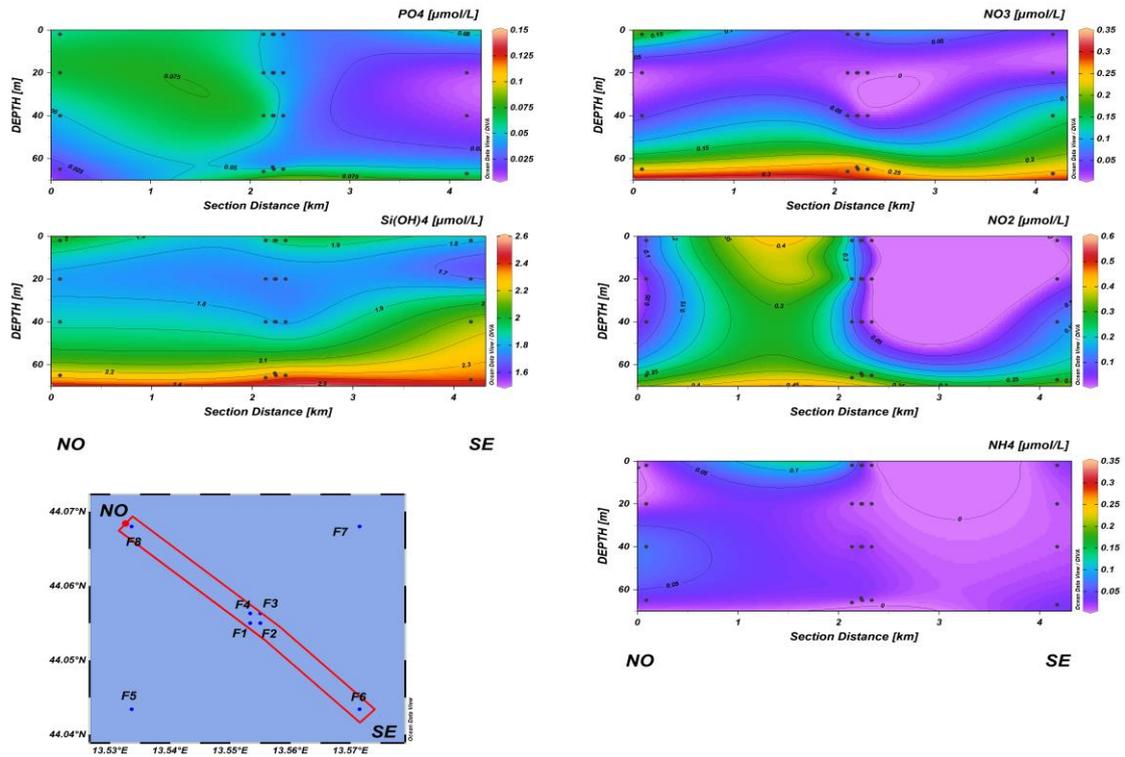


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

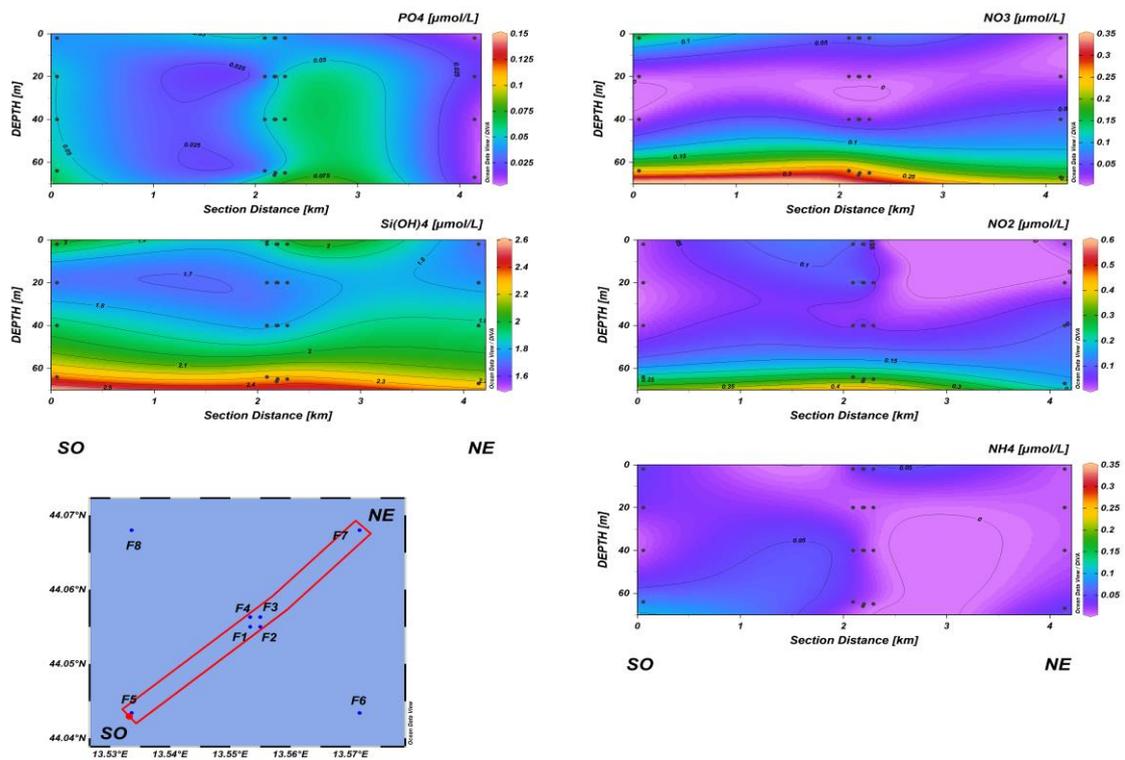


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

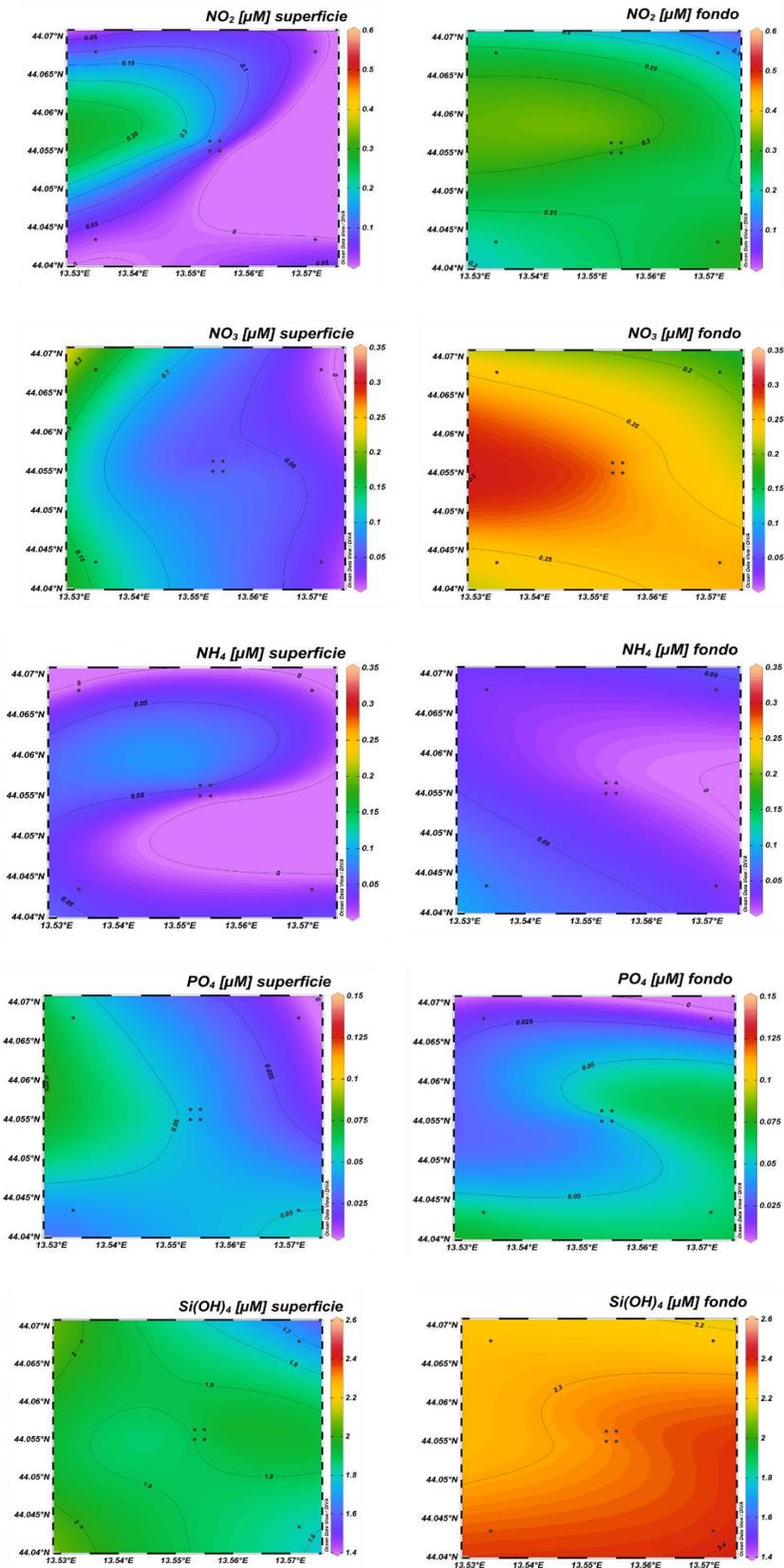


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Maggio 2021.**

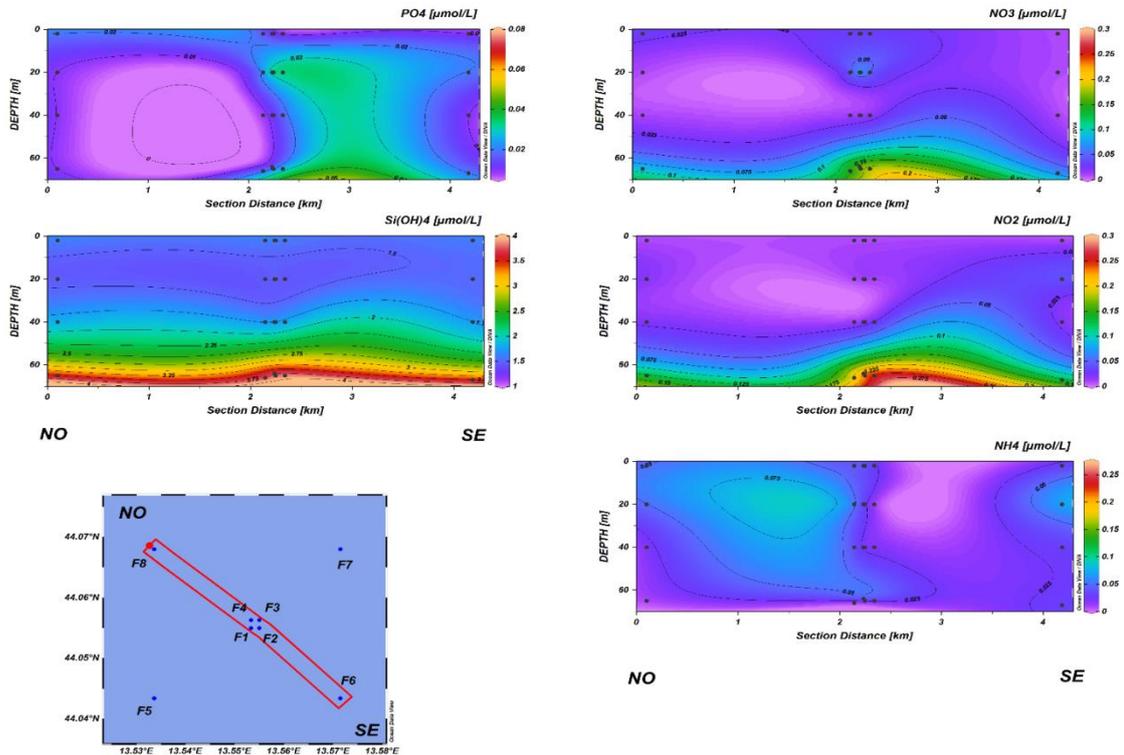


Fig. 3.22a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Luglio 2021.

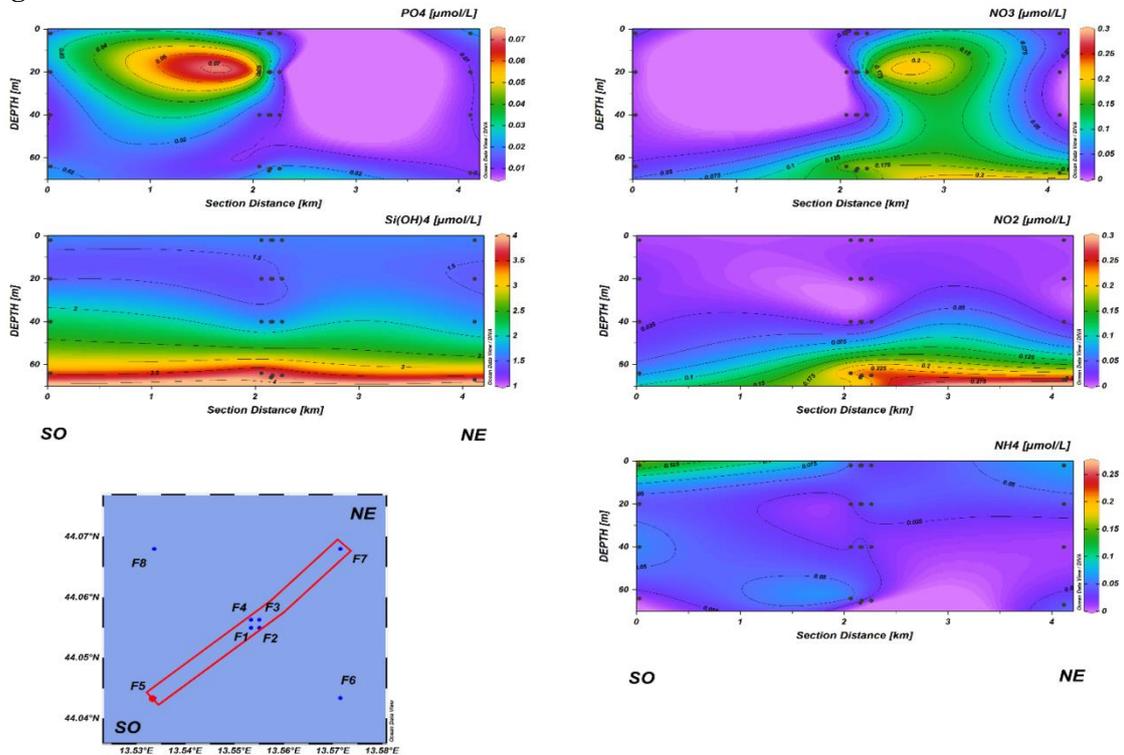


Fig. 3.22b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Luglio 2021.

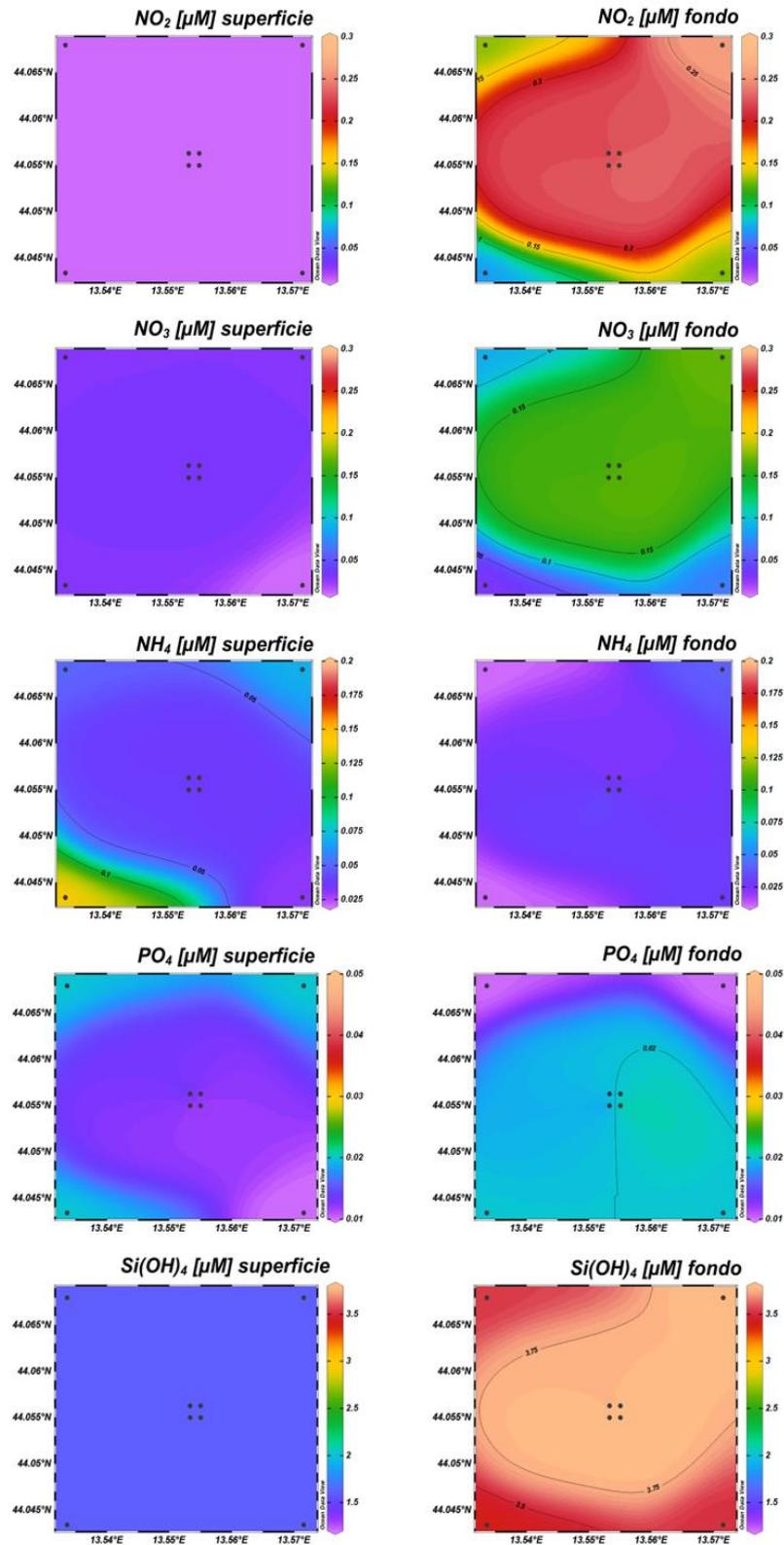


Fig. 3.23 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2021.**

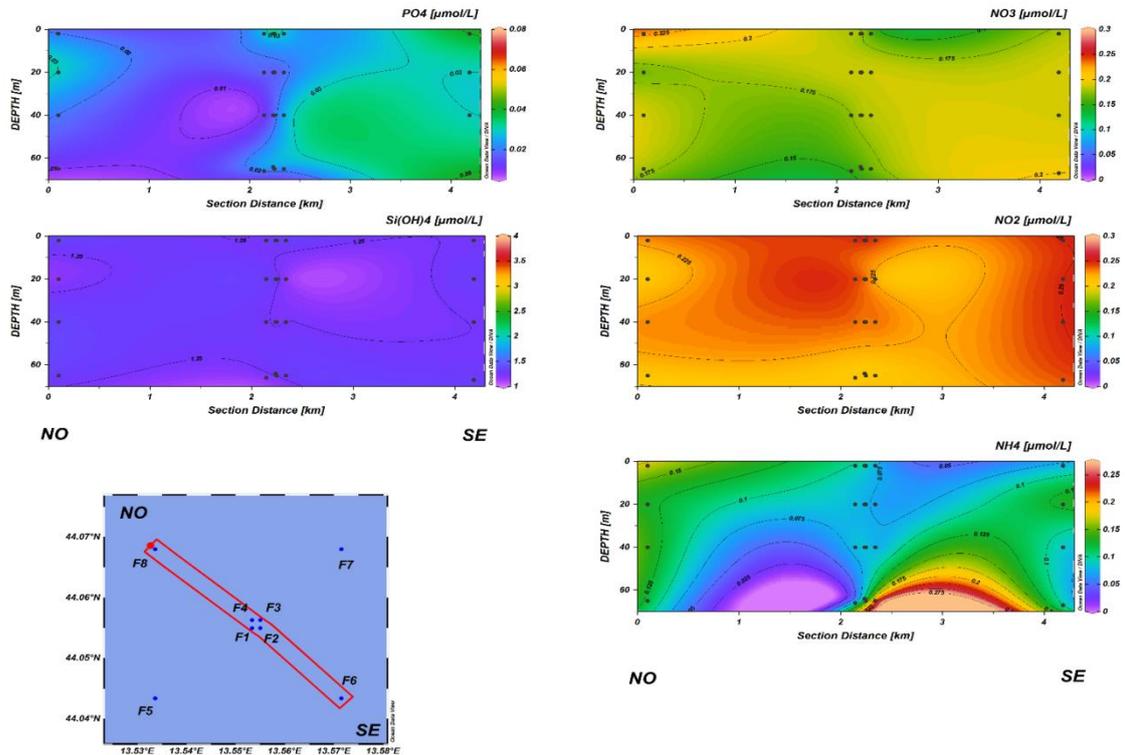


Fig. 3.24a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2021.

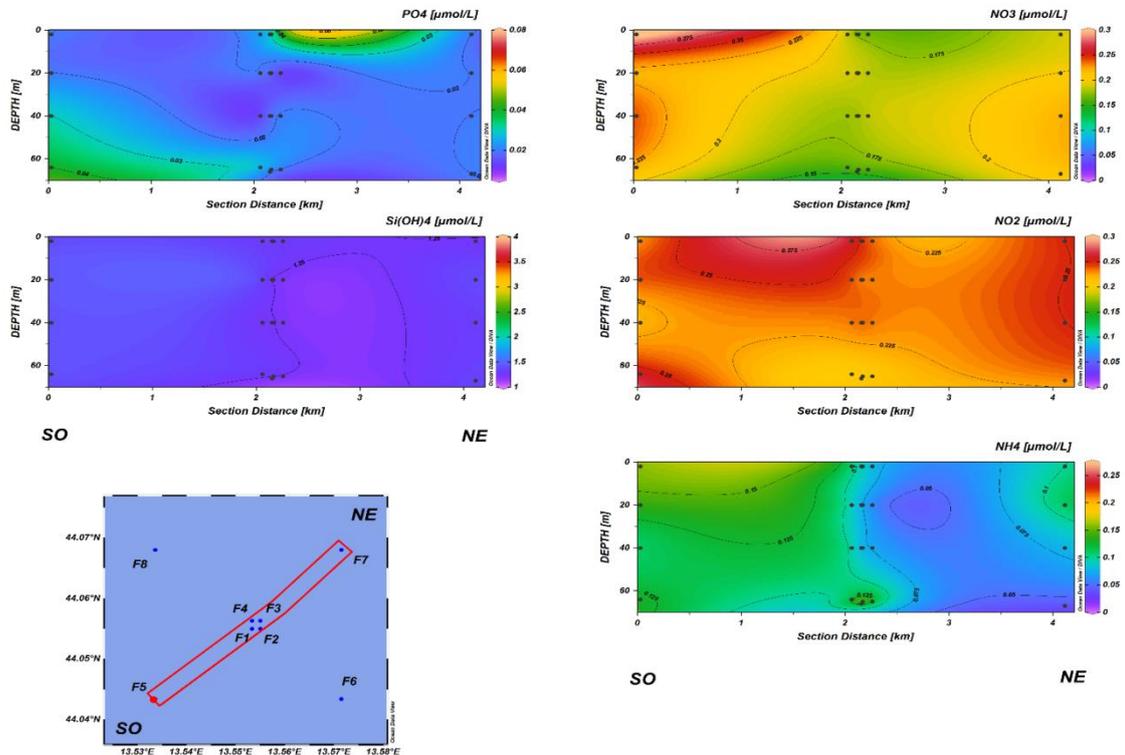


Fig. 3.24b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Dicembre 2021.

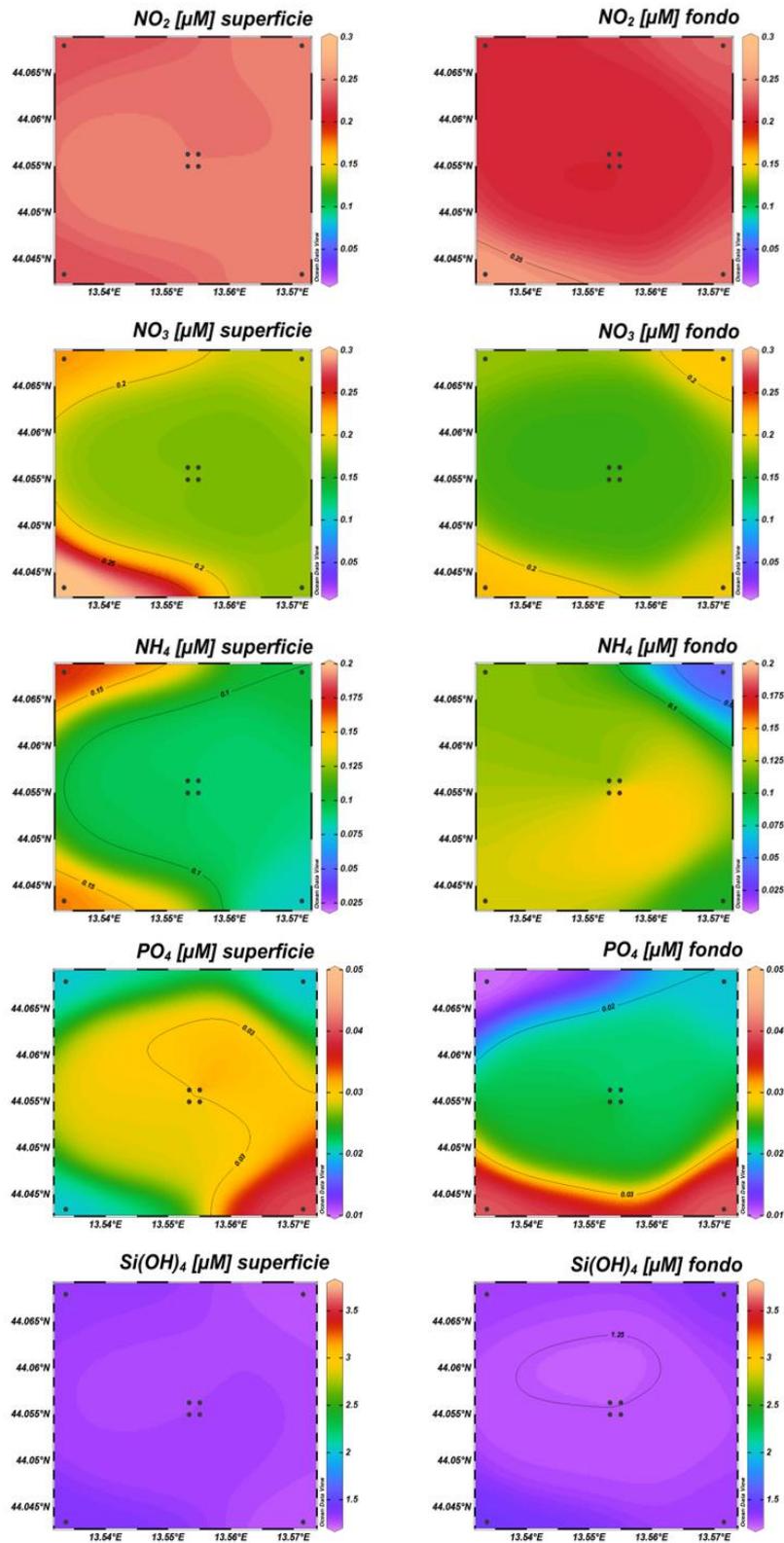


Fig. 3.25 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Dicembre 2021.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.26a, 3.26b, 3.27) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $361,1 \pm 49,6$ ng/l, con un massimo di 451,0 ng/l e un minimo di 221,4 ng/l misurati rispettivamente al fondo della stazione F3 e a 20 m nella F5. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $23,5 \pm 7,0$ e $104,0 \pm 12,3$ ng/l. Il massimo di Chl *b* (43,7 ng/l) è stato misurato a 40 m di profondità nella stazione F6, il minimo (11,9 ng/l) nella medesima stazione a 20 m. Il massimo di Chl *c* (131,2 ng/l) è stato riscontrato a 40 m nella F3, mentre la concentrazione minima (81,5 ng/l) è stata misurata alla stessa profondità nella F6. In generale per i tre pigmenti clorofilliani non è stato rilevato un andamento particolare.

Il materiale particellato (TSM), ha presentato una concentrazione media pari a $0,6 \pm 0,4$ mg/l. Generalmente, è stato osservato un maggior contenuto di TSM al fondo dell'area di campionamento. Il massimo (1,6 mg/l) è stato misurato a questa quota nella stazione F6, il minimo (0,2 mg/l) a 20 m nella F7.

Nella campagna di **marzo** (figg. 3.28a, 3.28b, 3.29) la Chl *a* è risultata mediamente pari a $200,4 \pm 35,4$ ng/l ed è oscillata tra 293,6 ng/l (F4, fondo) e 134,1 ng/l (F6, superficie). La Chl *b* e la Chl *c* sono state in media pari rispettivamente a $11,2 \pm 2,4$ e $48,1 \pm 10,1$ ng/l. La concentrazione massima di Chl *b* (15,4 ng/l) è stata misurata al fondo della stazione F7, mentre il minimo (5,3 ng/l) è stato riscontrato in superficie nella F1. Il massimo e minimo di Chl *c* (68,5 e 31,7 ng/l) hanno caratterizzato, nell'ordine, il fondo della stazione F8 e la quota superficiale della F6. Anche durante questo campionamento, in generale, per i pigmenti clorofilliani non è stato rilevato un andamento particolare.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente, con una concentrazione media di $0,4 \pm 0,3$ mg/l. Analogamente a quanto osservato per le clorofille, non è stato rilevato un andamento particolare; il massimo (1,2 mg/l) è stato registrato a 20 m di profondità nella stazione F2 e alla medesima profondità della F7 è stato osservato il minimo (0,03 mg/l).

A **maggio** (figg. 3.30a, 3.30b, 3.31) la concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a $292,5 \pm 159,1$ ng/l, con un massimo di 584,8 ng/l (F5, fondo) e un minimo di 126,6 ng/l (F3; 20 m). La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente di $24,6 \pm 20,8$ e $85,9 \pm 54,3$ ng/l. Il massimo di Chl *b* (62,9 ng/l) è stato misurato al fondo della stazione F5, mentre un valore prossimo allo zero è stato riscontrato in superficie nella F7.

La Chl *c* è variata tra 172,4 (F5, fondo) e 27,3 ng/l (F7, superficie). In generale, le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque più profonde.

Il contenuto medio di TSM è stato $0,4 \pm 0,3$ mg/l e, analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani, le concentrazioni più elevate hanno caratterizzato le acque di fondo dove è stato registrato il massimo (1,7 mg/l) presso la stazione F8; il minimo è stato invece pari a 0,05 mg/l ed è stato misurato nella F7 a 20 m di profondità.

Nel mese di **luglio** (figg. 3.32a, 3.32b, 3.33) In generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate in prossimità del fondale. La Chl *a* è risultata mediamente pari a $154,0 \pm 150,7$ ng/l, con un massimo di 479,2 ng/l e un minimo di 42,9 ng/l misurati rispettivamente al fondo della stazione F6 e a 20 m nella F7. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $15,8 \pm 23,3$ e $56,1 \pm 69,4$ ng/l. Il maggior contenuto di Chl *b* (64,3 ng/l) è stato misurato al fondo della stazione F5, mentre valori prossimi allo zero sono stati riscontrati a quote variabili ovunque. Come per la Chl *a*, il massimo di Chl *c* (210,2 ng/l) è stato registrato al fondo della stazione F6, mentre la concentrazione minima (8,1 ng/l) è stata misurata nella stazione F1, sempre al fondo.

Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a $0,5 \pm 0,5$ mg/l e, come i pigmenti clorofilliani, generalmente è risultato più abbondante in prossimità del fondale dove in F2 è stato registrato il massimo (1,8 mg/l); il contenuto minore (0,1 mg/l) è stato riscontrato alla stessa quota in F5.

A **dicembre** (figg. 3.34a, 3.34b, 3.35) in generale i pigmenti clorofilliani sono risultati omogeneamente distribuiti lungo la colonna d'acqua.

La Chl *a* è risultata mediamente presente con $266,4 \pm 44,9$ ng/l ed è variata da un massimo di 437,6 ng/l (F1, fondo) a un minimo di 167,8 ng/l (F4, superficie). Le concentrazioni medie di Chl *b* e Chl *c* sono state pari rispettivamente a $34,7 \pm 5,2$ e $62,8 \pm 12,4$ ng/l. Come già osservato per la Chl *a*, il massimo di Chl *b* (48,8 ng/l) è stato misurato al fondo nella stazione F1, mentre il minimo (21,2 ng/l) è stato riscontrato nella F4 a 20 m di profondità. Anche per la Chl *c* il massimo (121,4 ng/l) è stato misurato al fondo della F1, mentre la concentrazione più bassa (41,5 ng/l) è stata osservata a 20 m nella F4.

Le concentrazioni del TSM ($0,9 \pm 0,2$ mg/l) sono risultate omogenee e comprese tra 0,5 mg/l (F2, fondo) e 1,2 mg/l (F3, 20 m).

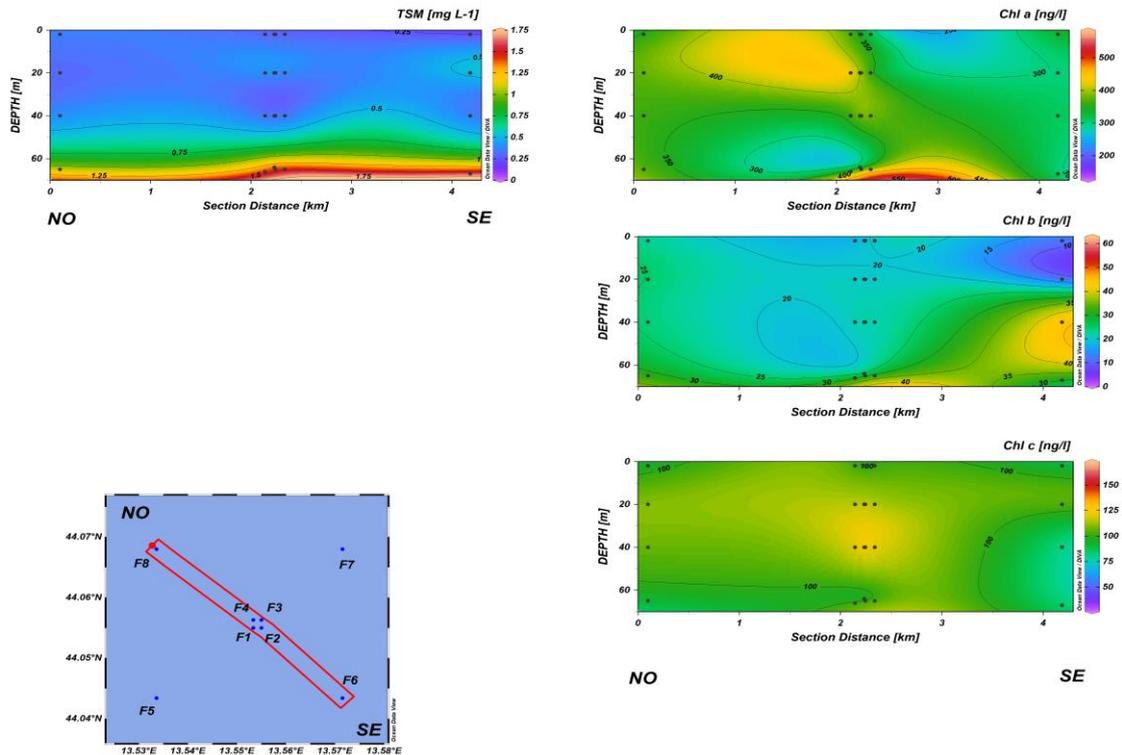


Fig. 3.26a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**

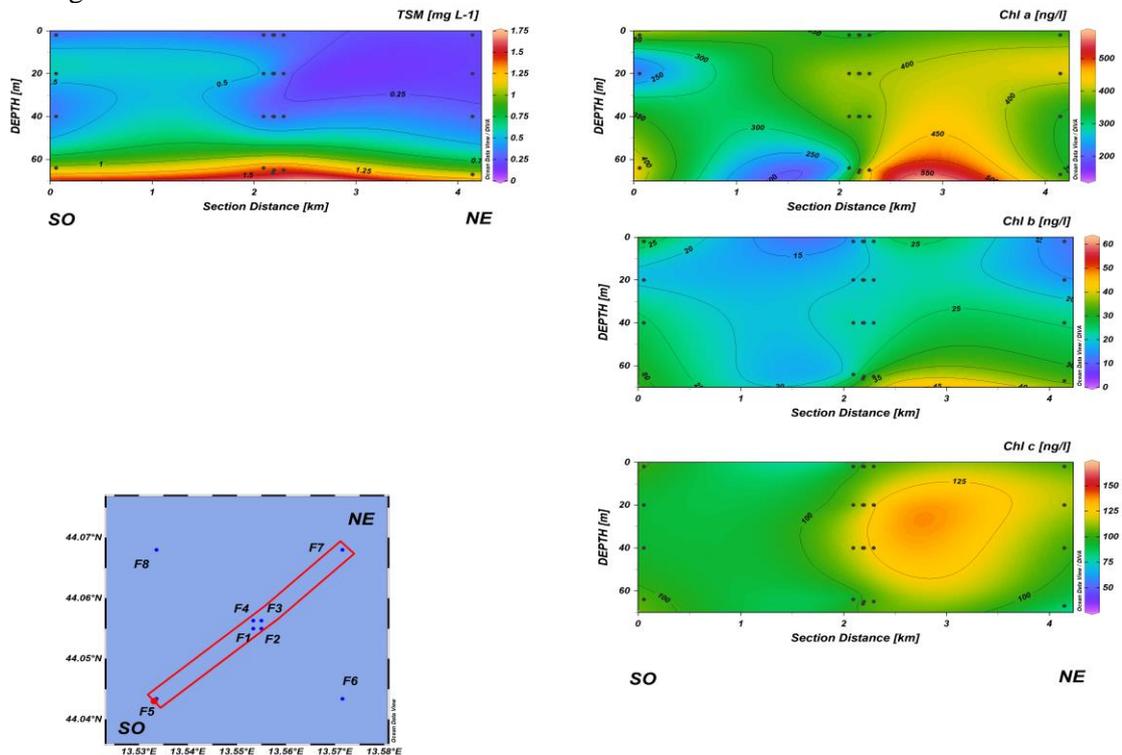


Fig. 3.26b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**

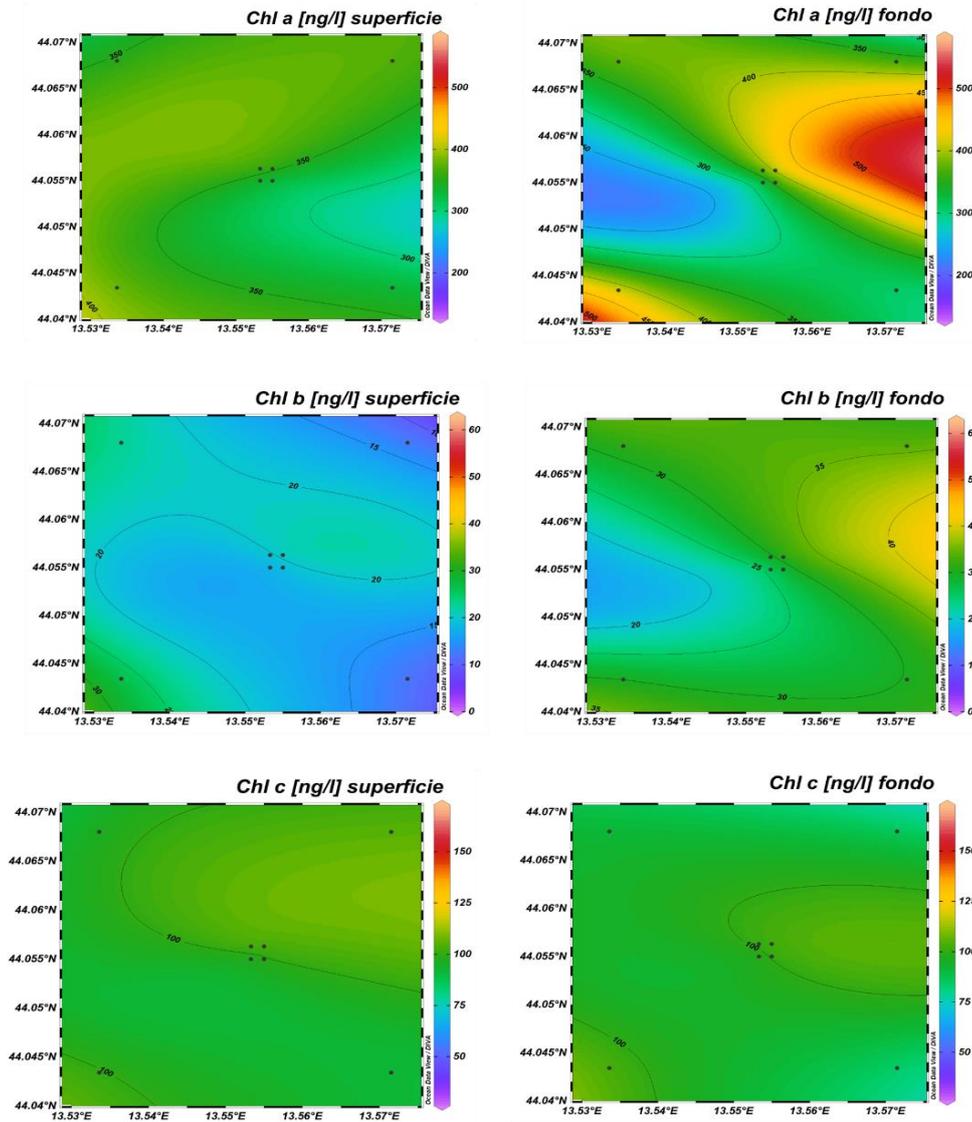


Fig. 3.27 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**

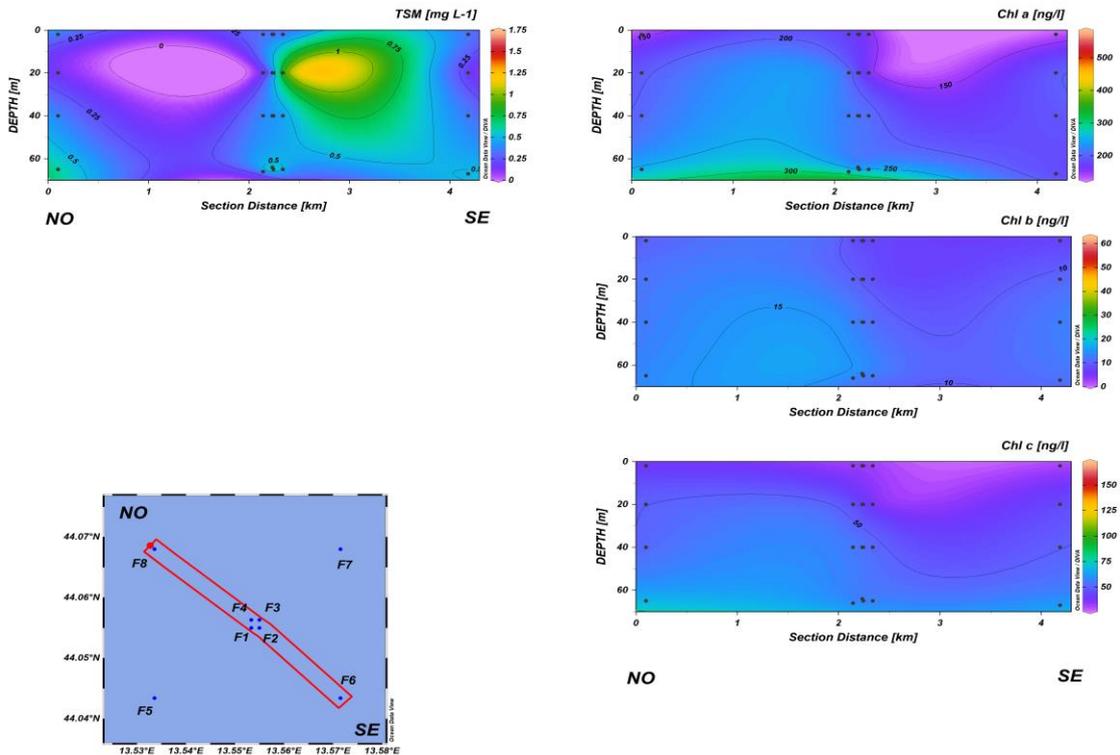


Fig. 3.28a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Marzo 2021.**

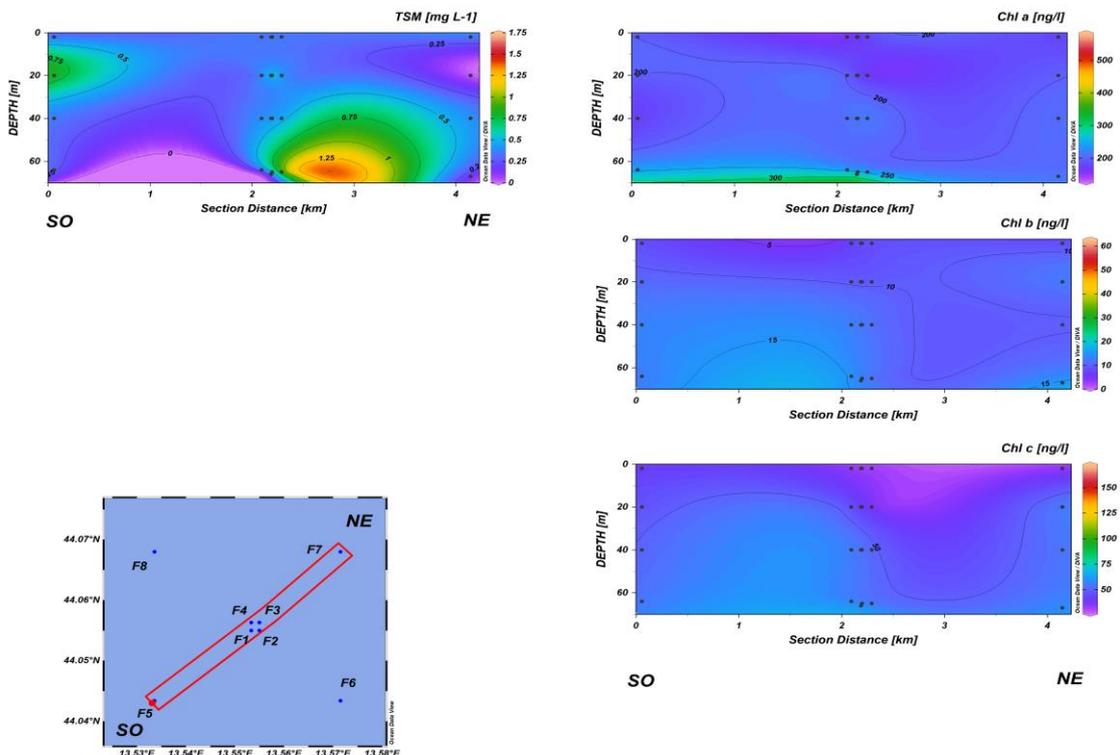


Fig. 3.28b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Marzo 2021.**

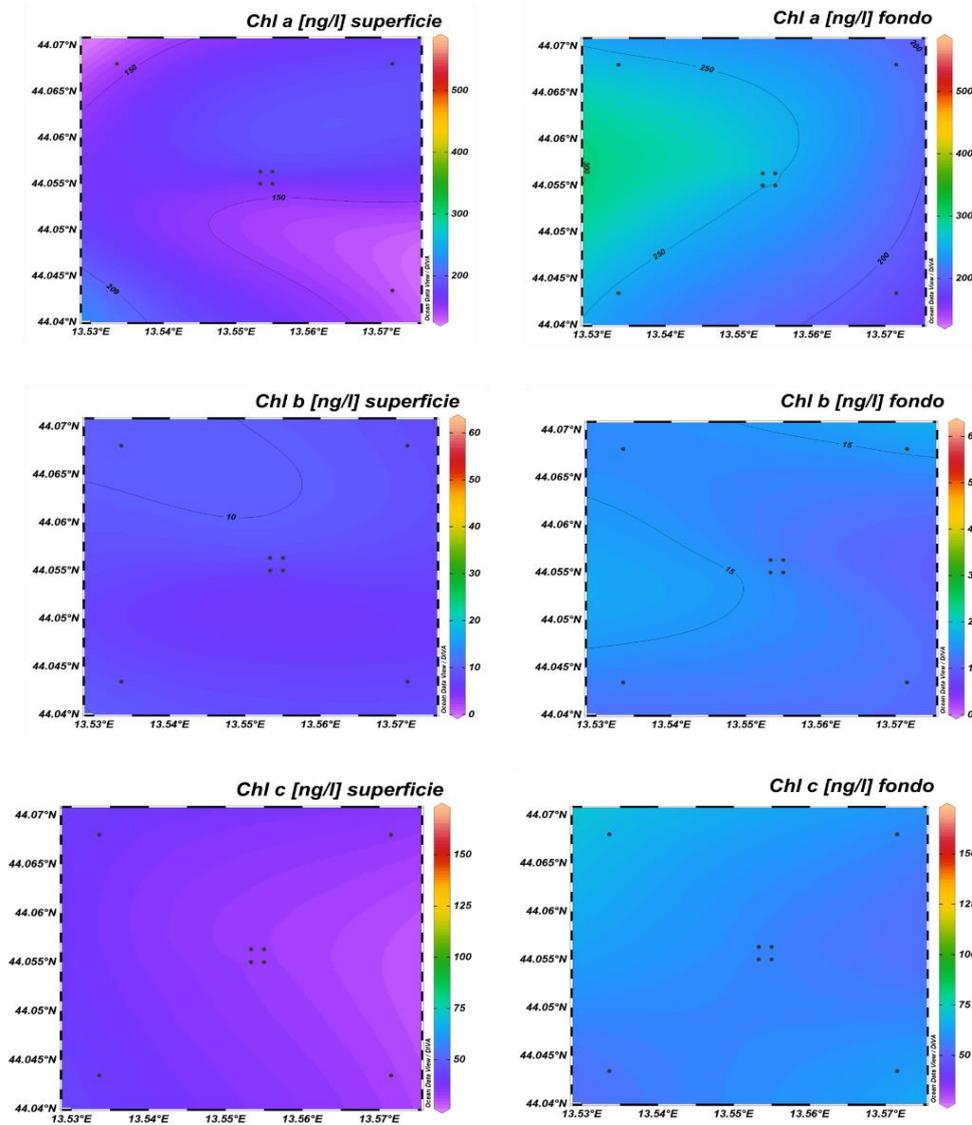


Fig. 3.29 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Marzo 2021.**

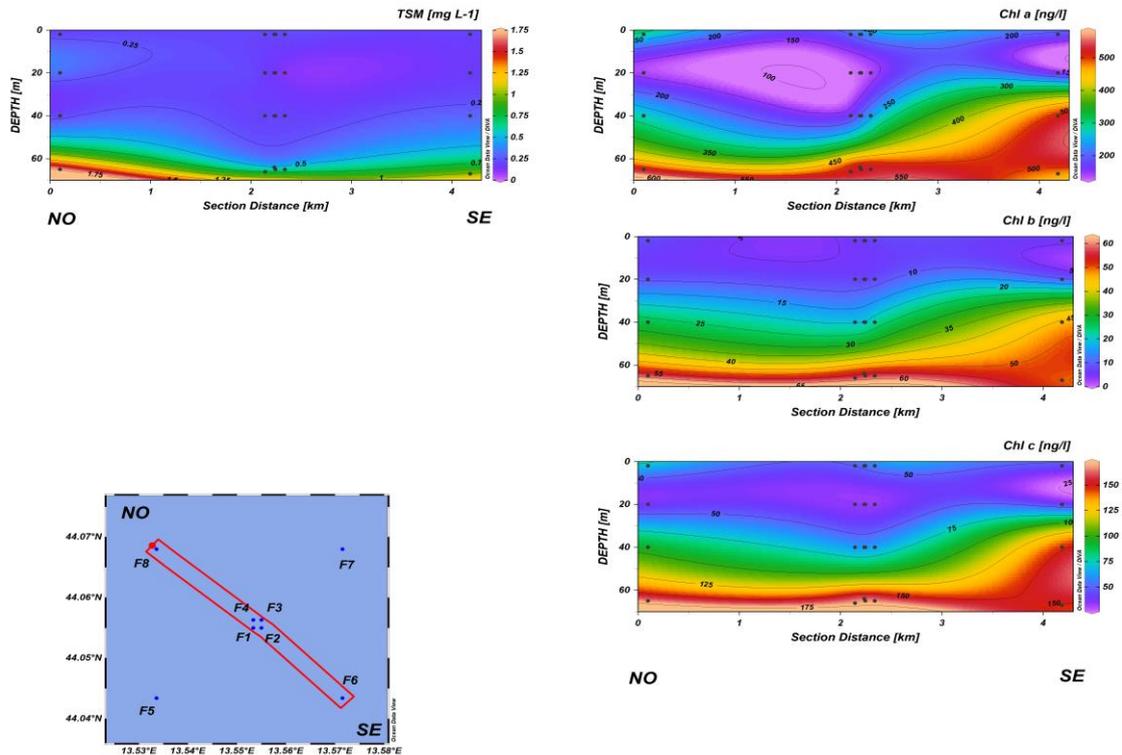


Fig. 3.30a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Maggio 2021.**

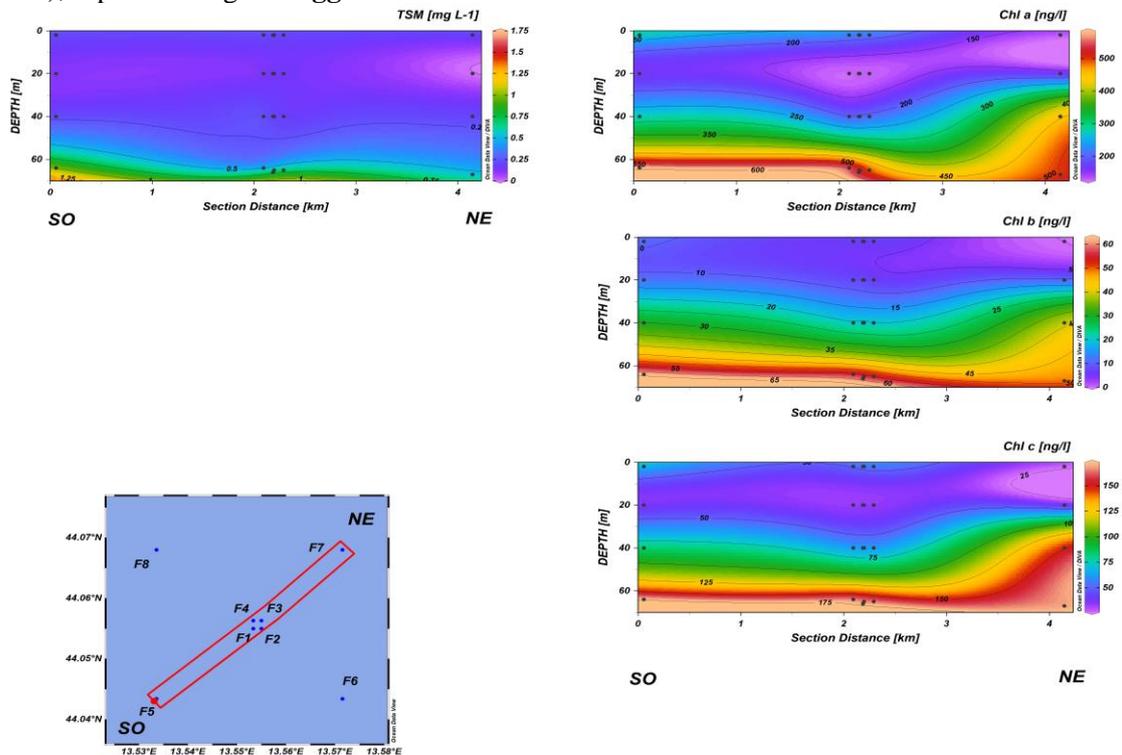


Fig. 3.30b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Maggio 2021.**

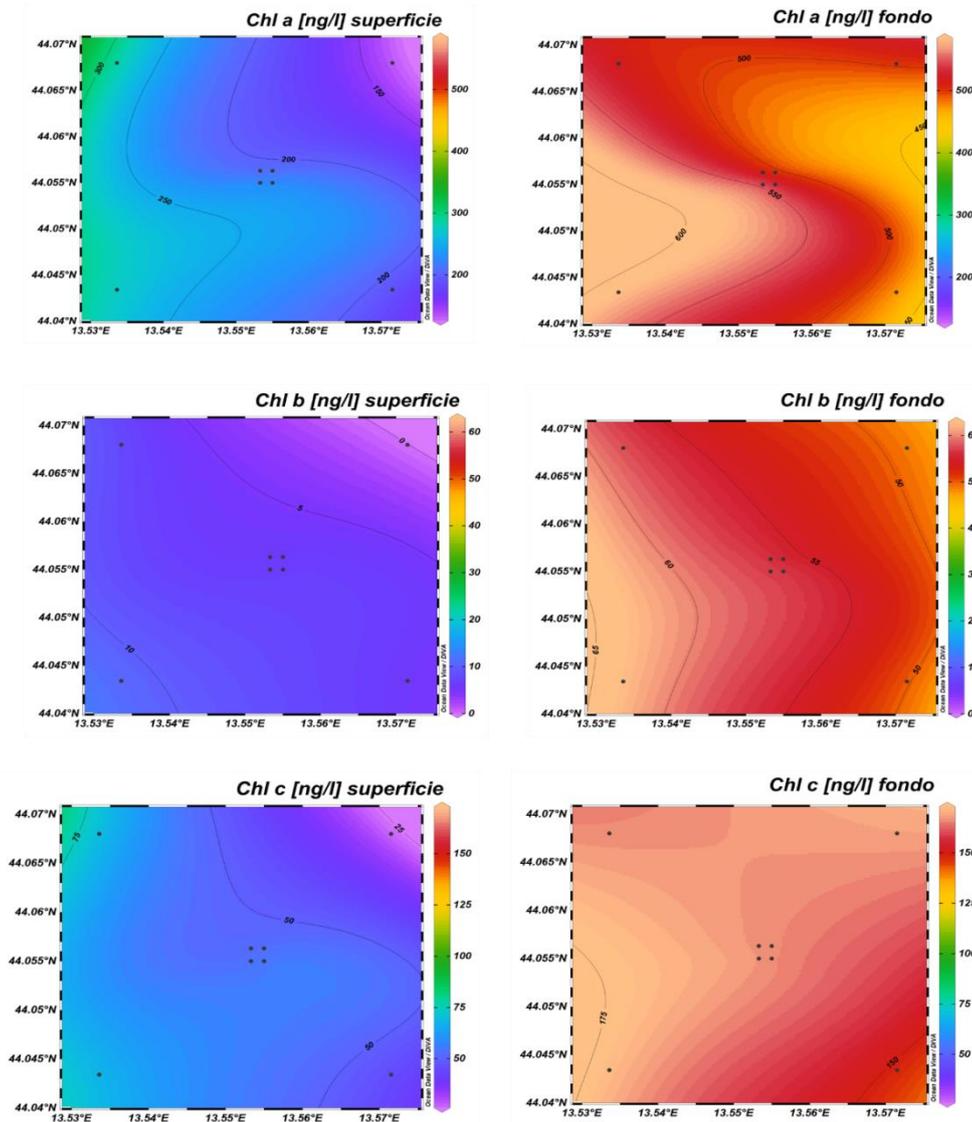


Fig. 3.31 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Maggio 2021.**

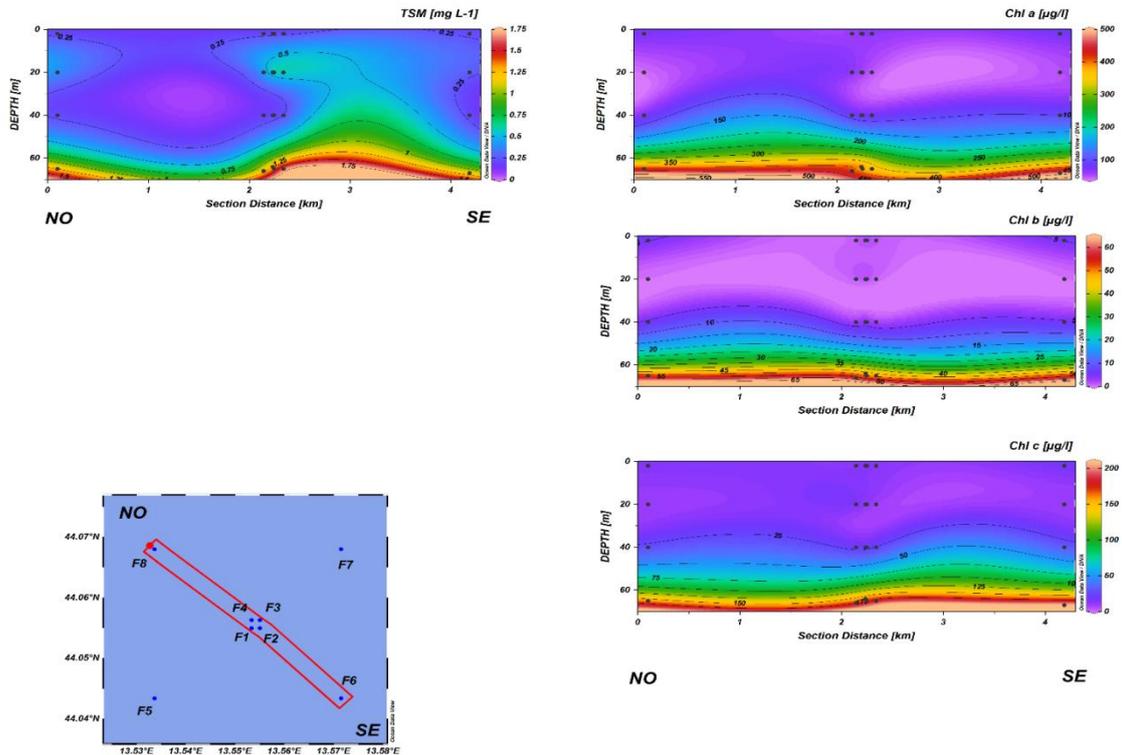


Fig. 3.32a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

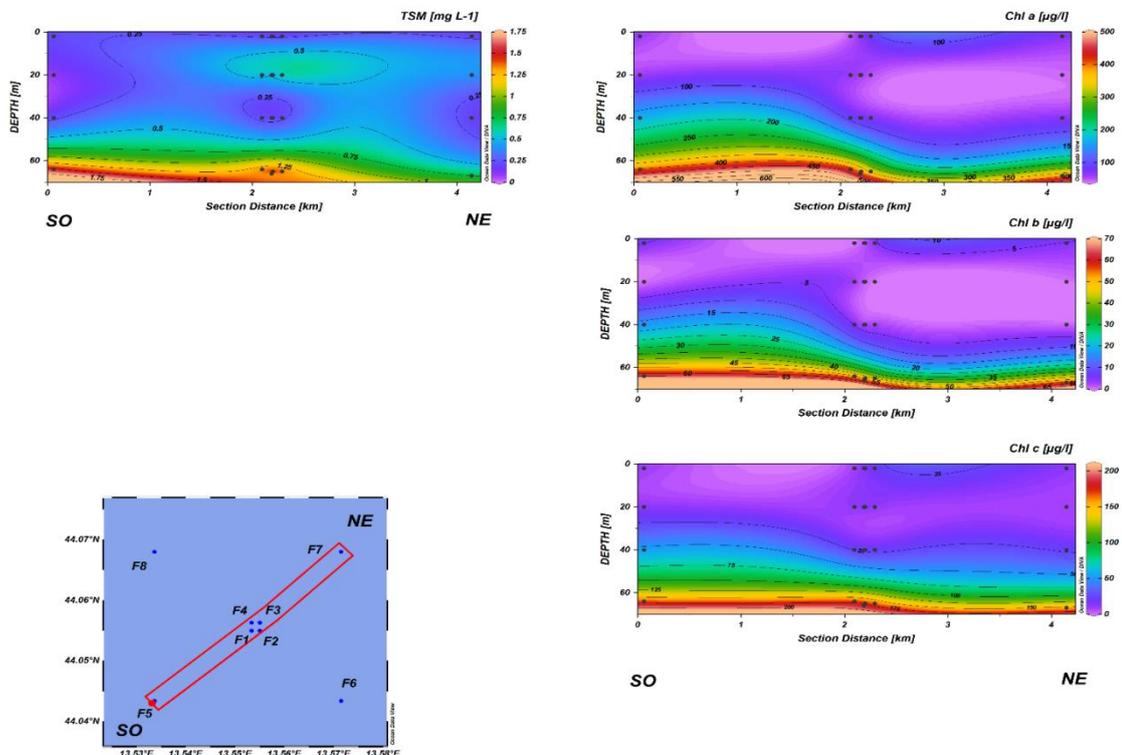


Fig. 3.32b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

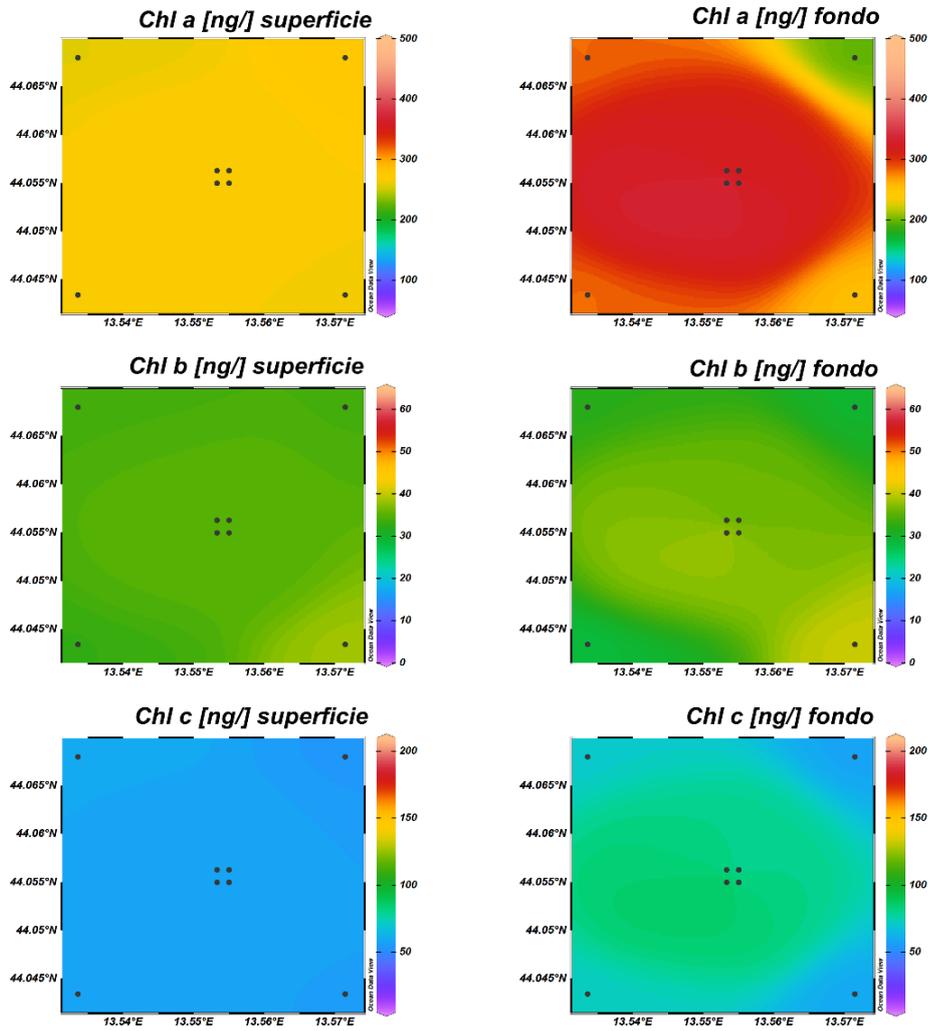


Fig. 3.33 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

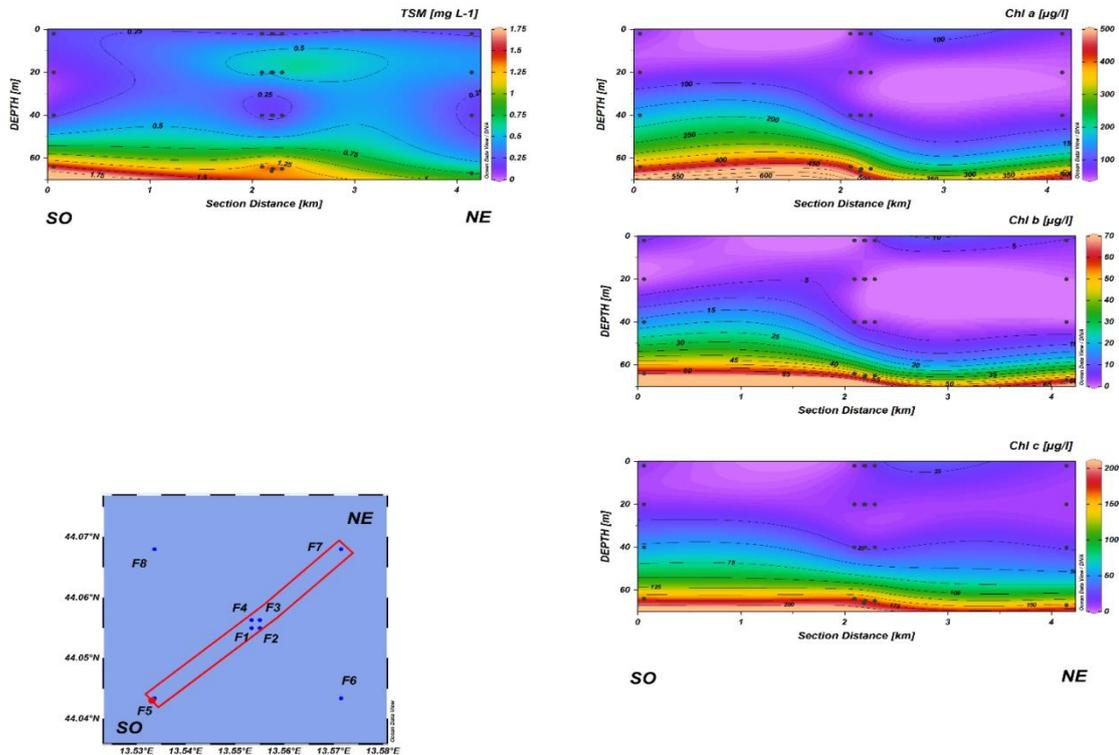


Fig. 3.34a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Dicembre 2021.**

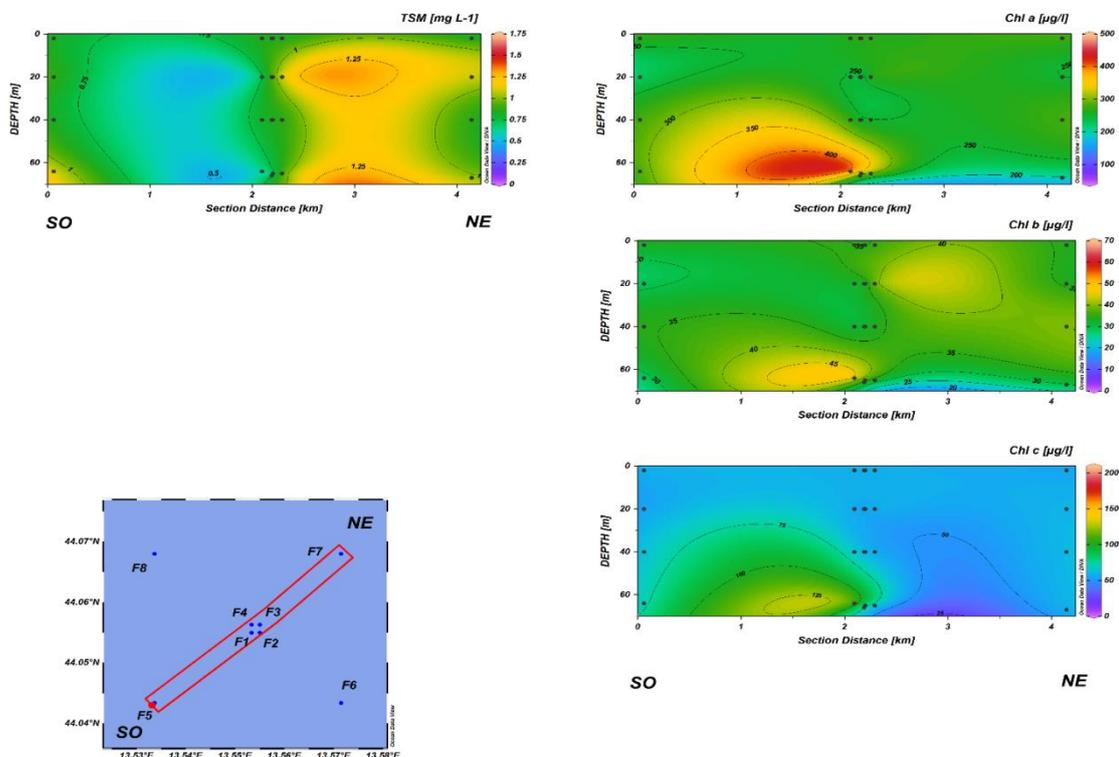


Fig. 3.34b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Dicembre 2021.**

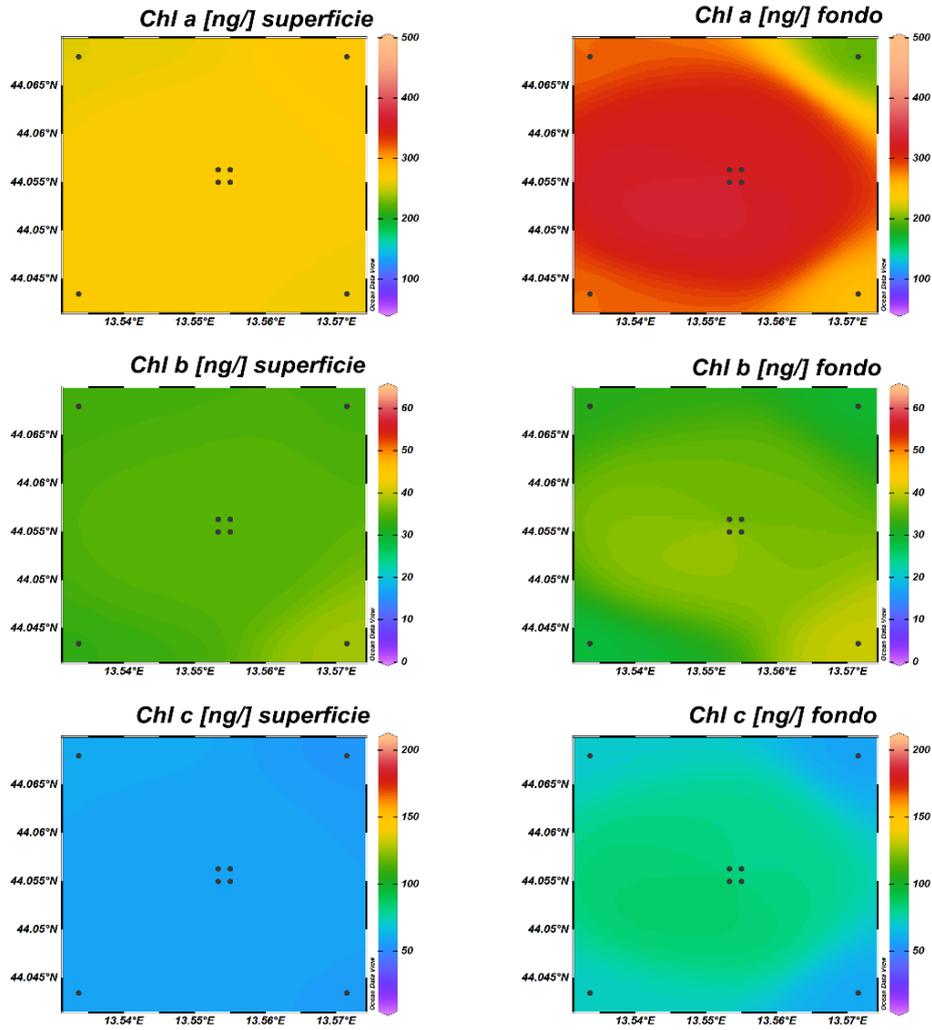


Fig. 3.35 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng/l. **Dicembre 2021.**

3.1.4. IDROCARBURI TOTALI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX

Gli Idrocarburi totali (IT), gli Idrocarburi Alifatici (IA) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) rilevati nei 3 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 del monitoraggi condotti nel 1° semestre (febbraio, marzo e maggio).

Nel 2° semestre, così come nel 1°, gli IT sono risultati presenti solo molto sporadicamente, essendo stati rilevati solo in 6 campioni a luglio (5 raccolti nei siti F1-F4 e 1 dal controllo F7) e in 8 a dicembre (tutti di controllo), tutti nel range 18-60 µg/L.

Tab. 3-I - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nel 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	< 28	< 28	32	< 28	< 28
F1 20 m	< 28	< 28	53	< 28	< 28
F1 40 m	38	< 28	< 28	< 28	< 28
F1 Fondo	< 28	< 28	75	36	< 28
F2 sup	< 28	< 28	< 28	23	< 28
F2 20 m	< 28	< 28	24	60	< 28
F2 40 m	120	< 28	< 28	< 28	< 28
F2 Fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
F3 sup	< 28	< 28	23	19	< 28
F3 20 m	< 28	< 28	< 28	31	< 28
F3 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
F3 Fondo	< 28	< 28	38	< 28	< 28
F4 sup	< 28	< 28	40	< 28	< 28
F4 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
F4 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
F4 Fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
F5 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	21
F5 20 m	< 28	24	< 28	< 28	< 28
F5 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	18
F5 Fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
F6 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	23
F6 20 m	< 28	32	48	< 28	< 28
F6 40 m	36	< 28	< 28	< 28	47
F6 Fondo	62	< 28	< 28	< 28	27
F7 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	26
F7 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	32
F7 40 m	< 28	< 28	< 28	22	20
F7 Fondo	< 28	24	< 28	< 28	< 28
F8 sup	51	< 28	< 28	< 28	< 28
F8 20 m	63	< 28	< 28	< 28	< 28
F8 40 m	< 28	59	< 28	< 28	< 28
F8 Fondo	< 28	38	< 28	< 28	< 28

Per gli IA sono stati ottenuti risultati analoghi. A luglio, infatti, questi composti sono stati

rilevati in solo 6 campioni (5 di piattaforma e 1 di controllo), con range di 14-38 $\mu\text{g/L}$ mentre a dicembre, negli 8 campioni quantificabili tutti provenienti dalle stazioni di controllo, il range è stato di 16-30 $\mu\text{g/L}$.

Tab. 3-II - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nel 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	< 1	< 1	28	< 1	< 1
F1 20 m	< 1	< 1	45	< 1	< 1
F1 40 m	13	< 1	< 1	< 1	< 1
F1 Fondo	< 1	< 1	59	31	< 1
F2 sup	12	< 1	< 1	18	< 1
F2 20 m	< 1	< 1	19	38	< 1
F2 40 m	22	< 1	< 1	< 1	< 1
F2 Fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
F3 sup	< 1	< 1	20	14	< 1
F3 20 m	< 1	< 1	< 1	24	< 1
F3 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
F3 Fondo	< 1	< 1	28	< 1	< 1
F4 sup	< 1	< 1	32	< 1	< 1
F4 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
F4 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
F4 Fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
F5 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	17
F5 20 m	8,5	< 1	< 1	< 1	< 1
F5 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	16
F5 Fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1
F6 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	20
F6 20 m	< 1	< 1	38	< 1	< 1
F6 40 m	11	< 1	< 1	< 1	30
F6 Fondo	24	< 1	< 1	< 1	21
F7 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	20
F7 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	22
F7 40 m	< 1	< 1	< 1	17	18
F7 Fondo	5,5	< 1	< 1	< 1	< 1
F8 sup	18	< 1	< 1	< 1	< 1
F8 20 m	13	< 1	< 1	< 1	< 1
F8 40 m	11	< 1	< 1	< 1	< 1
F8 Fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	< 1

Per gli IPA sono stati misurati valori molto bassi e su un numero di campioni inferiore al 50% del totale. In particolare, a luglio i campioni utili sono stati solo 12, tutti di controllo, dove le concentrazioni sono oscillate tra 0,001 e 0,010 $\mu\text{g/L}$, mentre a dicembre è stato registrato un forte aumento dei livelli di concentrazione. I campioni quantificabili sono stati 19, in maggioranza provenienti dalle stazioni di piattaforma, con range di 0,001-0,061 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F2, superficie), e media (stazioni F1-F4) di $0,032 \pm 0,018 \mu\text{g/L}$.

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	0,0033	0,0040	< 0,0028	< 0,00056	0,0560
F1 20 m	0,0037	0,0033	0,0049	< 0,00056	0,0180
F1 40 m	0,0038	0,0130	0,0480	< 0,00056	0,0041
F1 Fondo	< 0,0028	0,0250	< 0,0028	< 0,00056	0,0013
F2 sup	0,0042	0,0120	< 0,0028	< 0,00056	0,0610
F2 20 m	< 0,0028	0,0190	0,0036	< 0,00056	0,0450
F2 40 m	0,0037	0,0130	< 0,0028	< 0,00056	0,0300
F2 Fondo	0,0043	0,0120	0,0030	< 0,00056	0,0460
F3 sup	0,0032	0,0034	0,0034	< 0,00056	0,0022
F3 20 m	0,0040	0,0038	0,0039	< 0,00056	0,0370
F3 40 m	0,0280	0,0031	0,0039	< 0,00056	0,0260
F3 Fondo	0,0040	0,0130	< 0,0028	< 0,00056	0,0350
F4 sup	0,0040	0,0036	< 0,0028	< 0,00056	0,0290
F4 20 m	0,0042	0,0030	< 0,0028	< 0,00056	0,0450
F4 40 m	0,0038	0,0038	0,00058	< 0,00056	0,0310
F4 Fondo	< 0,0028	0,0065	0,0043	< 0,00056	0,0450
F5 sup	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0021	< 0,0028
F5 20 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0032	0,0016	< 0,0028
F5 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
F5 Fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0016	< 0,0028
F6 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0051	0,00073	< 0,0028
F6 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0026	< 0,0028
F6 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0100	< 0,0028
F6 Fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0007	< 0,0028
F7 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0023	0,0011	< 0,0028
F7 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0011	< 0,0028
F7 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0041	0,0010	< 0,0028
F7 Fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0038	< 0,0028
F8 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0030	< 0,00056	0,0290
F8 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	< 0,00056	0,0320
F8 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0010	0,0075
F8 Fondo	< 0,0028	< 0,0028	0,0033	< 0,00056	< 0,0028

I risultati inerenti i **Solventi Organici Aromatici** (BTEX) sono riportati in Tab. 3-IV.

Per quanto riguarda il **benzene**, a luglio sono stati rilevati solo 8 valori (equamente distribuiti nei due gruppi di stazioni), nel range globale di 0,010-0,014 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F7, 20 m), mentre a dicembre tutte le concentrazioni sono risultate inferiori al LR.

L'**etilbenzene** a luglio è stato riscontrato solo su 6 campioni (3 di piattaforma e 3 di controllo), con range 0,012-0,120 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F1, superficie). A dicembre è avvenuta una sensibile diminuzione dei livelli, con 3 campioni rilevati (tutti nelle stazioni di piattaforma), nel range 0,010-0,011 $\mu\text{g/L}$.

Nel 2° semestre 2021 lo **stirene** è stato rilevato solo a luglio e in soli 10 campioni equamente distribuiti tra i due gruppi di stazioni. Le concentrazioni sono oscillate tra 0,010 e 0,094 $\mu\text{g/L}$, con il massimo in F1, superficie.

Il **toluene** non è stato mai stato rilevato in tutto il 2021 e per lo **xilene** è stata osservata una situazione analoga. Infatti, nell'intero anno è stato quantificato solo a luglio e solo su 8campioni (4 di piattaforma e 4 di controllo) nel range di 0,010-0,500 µg/L (massimo in F1, superficie).

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

Stazione	Benzene					Etilbenzene				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,120	< 0,01
F1 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F1 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011
F1 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	0,011
F2 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010
F2 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F2 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F2 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F3 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F3 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,021	< 0,01
F3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F3 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01
F4 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F4 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F4 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F4 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F5 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F5 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F5 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F6 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F6 20 m	0,018	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F6 40 m	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F6 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,034	< 0,01
F7 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F7 20 m	0,015	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F7 40 m	0,037	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,043	< 0,01
F7 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F8 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F8 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01
F8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01
F8 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01

Tab. 3-IV - Continuo.

Stazione	Stirene					Toluene				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	0,036	< 0,01	0,054	0,094	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F1 20 m	0,014	< 0,01	0,011	0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F1 40 m	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F1 Fondo	0,014	< 0,01	0,028	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F2 sup	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F2 20 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F2 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F2 Fondo	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F3 sup	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F3 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F3 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F4 sup	< 0,01	< 0,01	0,082	0,012	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F4 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F4 40 m	< 0,01	< 0,01	0,034	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F4 Fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F5 sup	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F5 20 m	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F5 40 m	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F5 Fondo	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F6 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F6 20 m	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F6 40 m	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F6 Fondo	0,011	< 0,01	< 0,01	0,019	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F7 sup	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F7 20 m	0,011	< 0,01	0,012	0,014	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F7 40 m	0,01	< 0,01	0,021	0,034	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F7 Fondo	0,010	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F8 sup	0,012	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F8 20 m	0,011	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F8 40 m	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
F8 Fondo	0,013	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tab. 3-IV - Continuo.

Stazione	Xilene				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,500	< 0,02
F1 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,029	< 0,02
F1 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F1 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F3 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F3 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,073	< 0,02
F3 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F3 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,055	< 0,02
F4 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F4 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F4 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F4 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,120	< 0,02
F7 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F7 20 m	< 0,02	0,022	< 0,02	0,010	< 0,02
F7 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,160	< 0,02
F7 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F8 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F8 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,034	< 0,02
F8 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F8 Fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale ovunque in tutto il 2021 (Tab. 3-V).

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F1 Fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 Fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 Fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 Fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F5 Fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F6 Fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F7 Fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F8 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 nel 2021 sono riportate in Tab. 3-VI.

Alluminio - I valori di alluminio a luglio sono risultati in linea con il 1° semestre. Il range globale è stato 0,28-31,00 µg/L (massimo in F3, 40 m) e la media $5,79 \pm 5,82$ µg/L. A dicembre è stato rilevato solo in 6 campioni (di cui 2 di controllo), nel range di 0,59-4,00 µg/L (massimo in F7, superficie).

Arsenico – Le concentrazioni sono state omogenee nel 2° semestre 2021, come nel 1°. A luglio il range è risultato di 0,33-0,49 µg/L (massimo in F4, fondo), con media complessiva di $0,41 \pm 0,04$ µg/L, risultata la maggiore del 2021. A dicembre le concentrazioni sono diminuite, rientrando nel range di 0,10-0,27 µg/L (massimo in F5,

superficie); la media è stata pari a $0,16 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$.

Bario - Anche il bario ha mostrato un'accentuata omogeneità spaziale, con andamento analogo a quello dell'alluminio. Il range a luglio è stato di $1,70\text{-}2,50 \mu\text{g/L}$ (massimo in F6, superficie), con media globale di $2,00 \pm 0,20 \mu\text{g/L}$ risultata la maggiore del 2021. A dicembre le concentrazioni sono diminuite in un range complessivo di $0,48\text{-}1,10 \mu\text{g/L}$ (massimo sempre in F5, superficie) e media di $0,72 \pm 0,13 \mu\text{g/L}$.

Cadmio - Già poco presente nel 1° semestre, nel 2° il cadmio non è stato affatto rilevato.

Cromo - Anche il cromo è stato quantificato raramente. Nel 2° semestre è comparso in soli 8 campioni a luglio equamente distribuiti tra siti a 100 m e a 2000 m dalla piattaforma, nei quali il range è stato di $0,11\text{-}0,44 \mu\text{g/L}$ (massimo in F6, 20 m), mentre a dicembre non è stato rilevato.

Ferro - A luglio il ferro ha mostrato un certo aumento delle concentrazioni rispetto al 1° semestre; esse sono rientrate nel range globale di $2,70\text{-}15,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in F4, fondo) determinando una media di $7,94 \pm 3,01 \mu\text{g/L}$. A dicembre le concentrazioni sono diminuite drasticamente nel range di $0,54\text{-}2,10 \mu\text{g/L}$, con media di $1,08 \pm 0,47 \mu\text{g/L}$.

Mercurio – Raramente presente nel 1° semestre, nel resto del 2021 il mercurio non è stato affatto rilevato.

Nichel - Le concentrazioni di nichel nel 2° semestre 2021 sono state caratterizzate da valori bassi e geograficamente omogenei. A luglio è stato misurato un range globale di $0,17\text{-}0,95 \mu\text{g/L}$ (massimo in F2, fondo) e media di $0,32 \pm 0,15 \mu\text{g/L}$, mentre a dicembre i livelli medi sono diminuiti nel range $0,07\text{-}0,34 \mu\text{g/L}$ (massimo in F3, superficie), con media di $0,13 \pm 0,06 \mu\text{g/L}$.

Piombo – Le concentrazioni di luglio sono risultate in linea con quelle del 1° semestre; esse sono variate tra $0,028$ e $1,100 \mu\text{g/L}$ (massimo in F6, fondo; media di $0,108 \pm 0,187 \mu\text{g/L}$). A dicembre il piombo è risultato assente.

Rame – Poco presente nel 1° semestre, a luglio il rame è stato quantificato ovunque con range complessivo di $0,17\text{-}2,20 \mu\text{g/L}$ (massimo in F5, 20 m) e media di $0,48 \pm 0,39 \mu\text{g/L}$, mentre a dicembre non è stato rilevato.

Vanadio – Le concentrazioni di vanadio sono risultate molto omogenee dal punto di vista geografico e statistico anche nel 2° semestre 2021. A luglio sono risultate in aumento rispetto al 1° semestre, con un range globale di $0,34\text{-}0,61 \mu\text{g/L}$ (massimo in F6, 20 m) e media di $0,52 \pm 0,06 \mu\text{g/L}$. A dicembre è avvenuto un decremento: il range è stato pari a

0,11-0,23 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F7, superficie e 40 m) e la media a $0,16\pm 0,03 \mu\text{g/L}$, la più bassa per il 2021.

Zinco – I livelli dello zinco sono stati caratterizzati da un'elevata dispersione dei dati, che non permette una chiara differenziazione statistica né geografica, né temporale, anche se dalle medie si può dedurre un possibile trend negativo nel 2° semestre 2021. A luglio le concentrazioni sono rientrate nel range globale di 0,54-9,70 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F7, superficie) determinando una media di $2,44\pm 2,10 \mu\text{g/L}$. A dicembre sono oscillate tra 0,07 e 4,00 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F4, superficie), con media di $1,13\pm 1,07 \mu\text{g/L}$.

Indio – L'indio nel 2° semestre 2021 è stato rilevato solo in un campione a luglio (F4, superficie), quindi si può considerare assente, confermando la tendenza dei primi sei mesi dell'anno.

Silicio – Infine, per quanto riguarda il silicio si evidenzia una forte diminuzione da luglio a dicembre 2021. A luglio, è stato misurato un range globale di 0,24-2,00 mg/L (massimo in F1, superficie) e media di $0,43\pm 0,30 \text{ mg/L}$, mentre a dicembre il range si è ridotto a 0,05-0,14 mg/L (massimo in più campioni a 100 m dalla piattaforma) e la media a $0,09\pm 0,03 \text{ mg/L}$.

Tab. 3-VI - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di metalli pesanti registrate nel corso del 2021.

Stazione	Alluminio					Arsenico					Bario				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	7,50	< 0,081	3,10	5,00	< 0,062	0,130	0,130	0,200	0,390	0,160	0,99	0,78	0,69	2,20	0,91
F1 20 m	8,00	< 0,081	4,10	3,80	0,59	0,160	0,120	0,160	0,380	0,150	0,99	0,73	1,00	1,70	0,65
F1 40 m	0,44	1,10	4,60	4,40	0,64	0,120	0,130	0,180	0,410	0,160	0,82	0,70	0,80	1,90	0,72
F1 Fondo	4,20	6,60	10,00	4,90	1,90	0,069	0,170	0,150	0,420	0,140	0,79	1,20	0,87	2,10	0,64
F2 sup	1,40	2,00	2,90	3,30	< 0,062	0,570	0,160	0,140	0,330	0,140	0,89	0,80	0,76	2,20	0,57
F2 20 m	6,00	< 0,081	4,30	3,20	< 0,062	0,150	0,140	0,160	0,370	0,140	0,81	0,80	0,82	2,10	0,60
F2 40 m	< 0,081	0,54	2,60	3,00	< 0,062	0,130	0,150	0,170	0,460	0,120	0,88	0,82	0,75	1,90	0,48
F2 Fondo	1,10	4,70	5,80	6,40	< 0,062	0,130	0,130	0,150	0,410	0,170	0,71	1,30	0,68	2,00	0,61
F3 sup	< 0,081	0,47	13,00	4,20	< 0,062	0,076	0,110	0,180	0,400	0,170	0,8	0,89	0,96	2,00	0,70
F3 20 m	< 0,081	24,00	4,30	6,80	< 0,062	0,091	0,150	0,180	0,410	0,120	0,86	0,86	0,89	1,70	0,65
F3 40 m	< 0,081	2,70	4,90	31,00	< 0,062	0,160	0,120	0,160	0,440	0,120	0,87	0,97	0,99	2,00	0,63
F3 Fondo	0,24	< 0,081	5,40	3,20	< 0,062	0,150	0,160	0,190	0,410	0,150	0,78	0,83	0,92	1,90	0,60
F4 sup	3,10	< 0,081	7,50	7,10	1,50	0,150	0,160	0,240	0,330	0,110	1,60	0,93	1,50	2,20	0,82
F4 20 m	0,33	< 0,081	6,60	2,10	< 0,062	0,150	0,160	0,180	0,450	0,140	1,00	0,79	0,84	1,80	0,74
F4 40 m	0,80	< 0,081	8,30	4,60	< 0,062	0,160	0,160	0,150	0,460	0,190	1,00	0,68	0,87	2,10	0,66
F4 Fondo	7,50	0,13	6,60	2,80	< 0,062	0,110	0,140	0,190	0,490	0,100	1,30	0,81	1,00	1,90	0,66
F5 sup	3,20	0,70	5,50	3,00	< 0,062	0,100	0,150	0,170	0,380	0,270	1,00	0,66	0,78	2,10	1,10
F5 20 m	1,90	< 0,081	3,80	5,10	< 0,062	0,120	0,140	0,150	0,430	0,180	0,86	0,82	0,80	1,90	0,89
F5 40 m	2,60	3,50	7,00	2,70	< 0,062	0,120	0,130	0,140	0,410	0,170	1,10	1,10	1,00	1,80	0,74
F5 Fondo	5,90	< 0,081	5,20	2,70	< 0,062	0,066	0,140	0,170	0,430	0,150	1,10	0,88	1,80	2,30	0,68
F6 sup	< 0,081	2,70	3,20	0,84	< 0,062	0,140	0,130	0,140	0,430	0,180	1,20	0,95	0,80	2,50	0,60
F6 20 m	< 0,081	1,50	5,10	6,80	< 0,062	0,130	0,130	0,200	0,410	0,140	0,75	0,97	0,69	2,20	0,73
F6 40 m	1,50	< 0,081	2,80	6,10	< 0,062	0,130	0,280	0,190	0,370	0,170	0,90	1,70	1,00	1,90	0,79
F6 Fondo	1,80	< 0,081	23,00	3,30	< 0,062	0,110	0,140	0,170	0,380	0,170	0,81	1,00	1,00	1,80	0,67
F7 sup	0,33	5,40	4,70	11,00	4,00	0,150	0,110	0,180	0,430	0,190	0,67	0,82	0,79	2,40	1,00
F7 20 m	5,30	< 0,081	3,40	5,90	< 0,062	0,150	0,120	0,180	0,460	0,210	0,79	0,83	0,83	1,70	0,82
F7 40 m	0,43	< 0,081	1,80	10,00	< 0,062	0,085	0,140	0,140	0,440	0,230	0,92	0,77	0,83	2,10	0,84
F7 Fondo	0,13	0,74	2,40	5,60	< 0,062	0,088	0,170	0,170	0,440	0,170	0,93	1,10	0,75	1,90	0,76
F8 sup	< 0,081	< 0,081	2,40	3,50	< 0,062	0,100	0,120	0,140	0,370	0,140	0,77	0,75	0,70	1,90	0,71
F8 20 m	15,00	0,76	5,40	20,00	< 0,062	0,140	0,180	0,150	0,340	0,160	0,89	1,00	0,84	1,80	0,66
F8 40 m	< 0,081	< 0,081	3,90	2,70	2,10	0,070	0,170	0,190	0,450	0,150	0,90	0,94	0,63	1,90	0,72
F8 Fondo	6,70	0,85	3,80	0,28	< 0,062	0,074	0,170	0,180	0,450	0,160	1,00	0,84	1,10	2,00	0,60

Tab. 3-VII - Continuo.

Stazione	Cadmio					Cromo					Ferro				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	3,10	7,30	1,40
F1 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,70	< 0,036	3,80	6,20	0,88
F1 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,10	< 0,036	5,30	11,00	1,10
F1 Fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,28	< 0,10	0,85	6,90	2,70	7,70	0,77
F2 sup	< 0,010	< 0,010	0,017	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,62	0,47	4,10	8,60	1,30
F2 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,12	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,80	< 0,036	1,80	9,20	1,20
F2 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,30	< 0,036	3,90	6,60	0,77
F2 Fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,60	2,70	4,70	10,00	0,63
F3 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,92	< 0,036	6,10	11,00	2,10
F3 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,50	< 0,036	3,10	7,00	0,74
F3 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,19	< 0,10	0,53	3,30	3,00	11,00	0,58
F3 Fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,10	1,90	1,30	4,10	9,50	0,57
F4 sup	0,015	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,15	< 0,10	0,15	< 0,10	2,40	1,20	6,20	12,00	2,10
F4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,15	< 0,10	< 0,10	0,36	< 0,036	6,20	14,00	2,10
F4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,10	2,60	< 0,036	5,20	7,10	1,40
F4 Fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,17	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	6,90	< 0,036	5,10	15,00	1,20
F5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,30	< 0,036	2,40	5,30	1,10
F5 20 m	0,016	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,60	< 0,036	2,20	8,90	1,80
F5 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,73	5,10	8,40	8,70	0,57
F5 Fondo	< 0,010	< 0,010	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,80	1,40	5,70	7,10	0,99
F6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,10	< 0,036	0,29	1,50	9,30	1,00
F6 20 m	< 0,010	< 0,010	0,01	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,44	< 0,10	< 0,036	1,60	3,50	8,60	1,20
F6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	0,22	0,48	2,60	8,10	0,74
F6 Fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,41	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,50	2,70	9,40	5,60	0,55
F7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,35	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,40	< 0,036	1,50	2,70	0,88
F7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	2,20	5,50	1,90
F7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,42	0,14	3,50	5,10	1,10
F7 Fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,58	< 0,036	1,50	2,80	0,54
F8 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	2,50	6,70	0,94
F8 20 m	< 0,010	< 0,010	0,013	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,63	0,18	< 0,10	2,00	0,88	7,00	9,90	0,91
F8 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	3,30	3,50	0,80
F8 Fondo	< 0,010	< 0,010	0,014	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,82	< 0,036	4,00	3,10	0,84

Tab. 3-VIII - Continuo.

Stazione	Mercurio					Nichel					Piombo				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	0,0067	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,180	0,210	0,160	0,290	0,150	0,100	0,022	0,035	0,110	< 0,020
F1 20 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,210	0,140	0,180	0,240	0,110	0,160	< 0,02	0,051	0,082	< 0,020
F1 40 m	0,0088	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,160	0,170	0,260	0,110	0,045	< 0,02	0,059	0,078	< 0,020
F1 Fondo	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,210	0,170	0,250	0,180	0,026	0,067	0,065	0,059	< 0,020
F2 sup	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,210	0,130	0,250	0,080	0,056	0,058	0,049	0,057	< 0,020
F2 20 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,190	0,190	0,270	0,110	0,060	< 0,02	0,042	0,100	< 0,020
F2 40 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,170	0,170	0,240	0,120	0,032	< 0,02	0,046	0,060	< 0,020
F2 Fondo	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,310	0,160	0,950	0,110	< 0,020	0,100	0,040	0,200	< 0,020
F3 sup	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,200	0,190	0,340	0,340	0,070	< 0,02	0,093	0,082	< 0,020
F3 20 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,210	0,220	0,220	0,093	0,067	< 0,02	0,044	0,068	< 0,020
F3 40 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,260	0,190	0,460	0,084	0,033	0,086	0,042	0,089	< 0,020
F3 Fondo	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,170	0,160	0,250	0,120	0,054	0,17	0,075	0,097	< 0,020
F4 sup	0,0052	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,640	0,340	0,460	0,280	0,300	< 0,02	0,067	0,120	< 0,020
F4 20 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,360	0,250	0,270	0,150	0,069	< 0,02	0,055	0,059	< 0,020
F4 40 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,270	0,260	0,270	0,110	0,062	0,020	0,110	0,070	< 0,020
F4 Fondo	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,230	0,210	0,230	0,150	0,210	< 0,02	0,120	0,072	< 0,020
F5 sup	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,230	0,140	0,190	0,150	0,210	< 0,020	0,078	0,060	< 0,020
F5 20 m	0,0025	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,170	0,620	0,170	0,320	0,099	0,120	< 0,020	0,042	0,055	< 0,020
F5 40 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	1,400	0,230	0,200	0,130	0,027	0,100	0,200	0,082	< 0,020
F5 Fondo	0,0056	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,051	7,100	0,460	0,250	0,074	0,051	< 0,020	0,130	0,100	< 0,020
F6 sup	0,0100	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	7,000	0,160	0,700	0,071	0,021	0,029	0,037	0,073	< 0,020
F6 20 m	0,0024	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	2,000	0,150	0,340	0,081	< 0,020	0,060	0,032	0,088	< 0,020
F6 40 m	0,0310	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,310	0,360	0,160	0,330	0,099	0,048	< 0,020	0,047	0,067	< 0,020
F6 Fondo	0,0280	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	0,067	0,300	0,210	0,210	0,094	0,037	0,051	0,110	1,100	< 0,020
F7 sup	0,0120	< 0,002	0,0052	< 0,002	< 0,002	0,260	0,290	0,140	0,400	0,160	0,039	< 0,020	0,110	0,058	< 0,020
F7 20 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,200	0,130	0,350	0,096	< 0,020	< 0,020	0,044	0,039	< 0,020
F7 40 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,200	0,120	0,330	0,150	< 0,020	< 0,020	0,025	0,040	< 0,020
F7 Fondo	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,240	0,120	0,330	0,120	0,028	0,031	0,025	0,028	< 0,020
F8 sup	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,190	0,220	0,230	0,200	< 0,020	0,240	0,055	0,073	< 0,020
F8 20 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,190	0,440	0,310	0,086	0,049	0,045	0,120	0,065	< 0,020
F8 40 m	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,160	0,210	0,230	0,150	< 0,020	< 0,02	0,042	0,029	< 0,020
F8 Fondo	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,002	< 0,040	0,170	0,200	0,170	0,100	0,036	< 0,02	0,061	< 0,020	< 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
F1 sup	0,600	< 0,039	< 0,0089	0,650	< 0,0089	0,29	0,12	0,25	0,54	0,17	16,000	< 0,090	< 0,064	3,000	1,500
F1 20 m	0,089	< 0,039	< 0,0089	0,220	< 0,0089	0,29	0,14	0,24	0,48	0,12	3,500	0,120	< 0,064	1,100	0,590
F1 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,390	< 0,0089	0,26	0,17	0,27	0,54	0,14	3,000	0,660	< 0,064	1,500	2,000
F1 Fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,170	< 0,0089	0,23	0,21	0,25	0,58	0,16	1,100	0,310	< 0,064	4,300	3,600
F2 sup	< 0,039	0,072	< 0,0089	0,240	< 0,0089	0,22	0,19	0,28	0,47	0,12	1,100	2,600	0,610	0,990	2,000
F2 20 m	0,071	0,075	0,021	0,320	< 0,0089	0,25	0,17	0,28	0,51	0,15	8,400	2,100	0,770	2,800	0,077
F2 40 m	< 0,039	0,110	< 0,0089	0,750	< 0,0089	0,24	0,15	0,24	0,49	0,13	2,600	3,000	< 0,064	0,870	0,390
F2 Fondo	1,100	2,400	< 0,0089	1,000	< 0,0089	0,24	0,18	0,28	0,58	0,16	1,100	13,000	< 0,064	3,300	0,450
F3 sup	0,130	< 0,039	0,110	0,490	< 0,0089	0,28	0,15	0,28	0,49	0,18	1,200	0,560	1,700	2,100	1,700
F3 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,370	< 0,0089	0,24	0,15	0,29	0,53	0,16	3,300	1,100	< 0,064	1,100	0,720
F3 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,620	< 0,0089	0,22	0,16	0,24	0,53	0,14	3,900	0,840	0,330	6,200	< 0,064
F3 Fondo	0,170	< 0,039	< 0,0089	0,330	< 0,0089	0,25	0,19	0,26	0,59	0,12	2,300	1,400	1,100	1,200	0,920
F4 sup	0,320	0,096	2,100	1,000	< 0,0089	0,30	0,17	0,33	0,50	0,16	3,300	1,800	7,500	3,500	4,000
F4 20 m	0,100	< 0,039	0,520	0,300	< 0,0089	0,28	0,16	0,27	0,49	0,14	2,700	0,160	0,500	0,920	1,400
F4 40 m	2,100	< 0,039	< 0,0089	0,190	< 0,0089	0,24	0,17	0,24	0,53	0,18	2,000	0,830	1,600	1,100	0,140
F4 Fondo	0,560	< 0,039	< 0,0089	0,380	< 0,0089	0,32	0,13	0,31	0,54	0,11	2,200	1,400	0,510	1,900	2,800
F5 sup	0,150	< 0,039	< 0,0089	0,310	< 0,0089	0,25	0,16	0,28	0,49	0,19	3,900	< 0,090	< 0,064	0,540	1,400
F5 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	2,200	< 0,0089	0,26	0,18	0,28	0,60	0,17	6,600	0,180	< 0,064	4,300	0,300
F5 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,550	< 0,0089	0,26	0,16	0,28	0,55	0,15	7,600	5,500	1,100	0,810	0,360
F5 Fondo	0,190	< 0,039	0,310	0,260	< 0,0089	0,25	0,18	0,29	0,53	0,17	11,000	1,200	2,100	0,740	< 0,064
F6 sup	< 0,039	0,089	< 0,0089	0,180	< 0,0089	0,22	0,23	0,31	0,60	0,14	1,500	4,700	0,200	0,710	< 0,064
F6 20 m	< 0,039	1,100	0,570	0,250	< 0,0089	0,23	0,17	0,28	0,61	0,20	1,600	9,900	< 0,064	1,800	0,130
F6 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,280	< 0,0089	0,23	0,39	0,25	0,54	0,18	8,700	2,200	< 0,064	4,600	0,320
F6 Fondo	0,460	< 0,039	0,120	0,210	< 0,0089	0,29	0,18	0,29	0,56	0,16	7,600	1,600	0,620	1,100	0,073
F7 sup	1,500	< 0,039	1,100	0,800	< 0,0089	0,34	0,13	0,28	0,48	0,23	3,900	1,900	< 0,064	9,700	0,500
F7 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,710	< 0,0089	0,26	0,15	0,30	0,52	0,19	1,600	0,270	< 0,064	5,300	< 0,064
F7 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,510	< 0,0089	0,28	0,15	0,27	0,34	0,23	1,800	1,400	7,100	5,400	0,310
F7 Fondo	< 0,039	1,600	< 0,0089	0,440	< 0,0089	0,23	0,18	0,28	0,46	0,18	4,600	5,400	< 0,064	3,300	< 0,064
F8 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,190	< 0,0089	0,22	0,15	0,24	0,51	0,17	1,900	0,850	< 0,064	1,000	1,700
F8 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,240	< 0,0089	0,24	0,16	0,29	0,51	0,19	3,500	1,900	< 0,064	1,100	< 0,064
F8 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,440	< 0,0089	0,23	0,14	0,22	0,46	0,14	2,800	0,730	< 0,064	1,100	1,300
F8 Fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,240	< 0,0089	0,28	0,18	0,26	0,39	0,16	2,100	0,690	< 0,064	0,710	0,750

Tab. 3-VIIV - Continuo.

Stazione	Indio					Silicio				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
F1 sup	< 0,1	< 0,1	0,24	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,350	2,000	0,130
F1 20 m	< 0,1	< 0,1	0,13	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,380	0,460	0,140
F1 40 m	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,380	0,450	0,078
F1 Fondo	0,18	< 0,1	0,15	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,410	0,380	0,074
F2 sup	0,19	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,330	0,480	0,090
F2 20 m	0,16	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,440	0,450	0,085
F2 40 m	0,11	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,400	0,370	0,064
F2 Fondo	0,70	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,420	0,360	0,095
F3 sup	< 0,1	< 0,1	0,89	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,400	0,490	0,130
F3 20 m	< 0,1	< 0,1	0,60	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,430	0,430	0,120
F3 40 m	< 0,1	< 0,1	0,50	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,310	0,460	0,140
F3 Fondo	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,340	0,550	0,140
F4 sup	< 0,1	< 0,1	2,60	0,11	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,730	0,260	0,130
F4 20 m	0,26	< 0,1	1,80	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,420	0,560	0,130
F4 40 m	0,24	< 0,1	1,70	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,430	0,250	0,130
F4 Fondo	< 0,1	< 0,1	1,00	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,440	0,470	0,130
F5 sup	0,36	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,110	< 0,50	0,430	0,240	0,080
F5 20 m	0,27	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,170	< 0,50	0,430	0,380	0,067
F5 40 m	0,41	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,065	< 0,50	0,460	0,260	0,060
F5 Fondo	0,12	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,140	< 0,50	0,450	0,510	0,077
F6 sup	0,39	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,077	< 0,50	0,460	0,240	0,062
F6 20 m	0,22	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,120	< 0,50	0,410	0,300	0,082
F6 40 m	0,29	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,087	< 0,50	0,440	0,260	0,065
F6 Fondo	0,50	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,120	< 0,50	0,440	0,320	0,065
F7 sup	0,32	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,056	< 0,50	0,390	0,390	0,059
F7 20 m	0,26	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,056	< 0,50	0,430	0,390	0,078
F7 40 m	0,23	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,073	< 0,50	0,410	0,260	0,052
F7 Fondo	0,20	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,100	< 0,50	0,470	0,390	0,059
F8 sup	0,13	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,470	0,410	0,095
F8 20 m	0,26	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,390	0,350	0,062
F8 40 m	0,19	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 1,0	< 0,50	0,430	0,300	0,077
F8 Fondo	0,29	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	0,110	< 0,50	0,400	0,480	0,069

3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzate le distribuzioni verticali nel tempo dei parametri misurati nell'area della piattaforma Fauzia durante le campagne di monitoraggio condotte nel 2021 a febbraio (ENI10_2021), marzo (ENI11_2021), maggio (ENI12_2020), luglio (ENI13_2021) e dicembre (ENI14_2021). Si riportano inoltre, per confronto, i dati relativi agli anni 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).

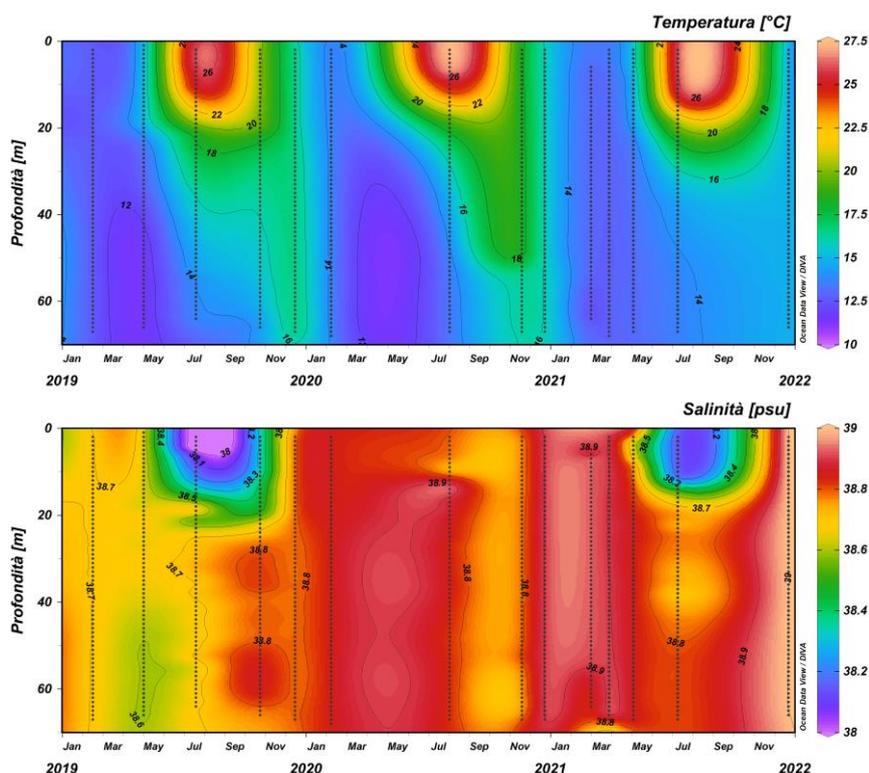


Fig. 3.36 - Andamento annuale della temperatura (°C) e della salinità (psu) per la piattaforma Fauzia (da febbraio 2019 a dicembre 2021).

Il rimescolamento della colonna d'acqua dovuto alla dinamica invernale risulta evidente nella distribuzione omogenea a valori minimi nei mesi di febbraio ($13,01 \pm 0,19^\circ\text{C}$), marzo ($12,99 \pm 0,20^\circ\text{C}$) e maggio ($13,76 \pm 0,81^\circ\text{C}$), quando si è iniziato a registrare un aumento dei valori superficiali indicativo dell'inizio del processo di stratificazione diventato evidente nei profili effettuati a luglio con la presenza di un gradiente verticale (termocline), con i valori massimi ($>27^\circ\text{C}$) registrati nello strato superficiale. La penetrazione del termocline

appare ridotta in profondità, se confrontata con le analoghe distribuzioni dei due anni precedenti, a causa dell'assenza di dati per il periodo autunnale, quando è possibile apprezzare l'inizio del processo di rimescolamento che precede il ritorno alla distribuzione omogenea invernale registrata effettivamente a dicembre ($14,93 \pm 0,06^\circ\text{C}$).

La distribuzione verticale della salinità (fig. 3.36) è stata alquanto omogenea a febbraio e marzo 2021 ($38,91 \pm 0,02$ psu). A maggio il valore medio è aumentato ($38,83 \pm 0,06$ psu), ma si è rilevata la presenza di acqua meno salata in superficie, mentre a luglio si è registrata una maggiore variabilità lungo la colonna d'acqua con valori minimi in superficie ($< 38,20$ psu). Valori omogenei sono risultati presenti, infine, nelle misure effettuate a dicembre ($39,00 \pm 0,00$ psu), quando son stati rilevati i valori medi più elevati dell'ultimo triennio.

Come in precedenza, la concentrazione di materiale sospeso nel 2021 (fig. 3.37) in generale è stata maggiore alle quote di fondo, in particolare nei campionamenti di febbraio e luglio, risultando molto bassa ($< 0,3$ mg/l) o quasi nulla nel resto della colonna d'acqua tranne a dicembre, mese caratterizzato da una distribuzione piuttosto omogenea ovunque ($0,8 \pm 0,0$ mg/l).

L'ossigeno disciolto (fig. 3.37) ha fatto registrare valori alla saturazione di poco inferiori al 100% in quasi tutta la colonna d'acqua a febbraio e marzo, valori più bassi a maggio e a luglio, quando sono stati rilevati i minimi nello strato di fondo ($< 80\%$), e un aumento ovunque a dicembre ($98,5 \pm 0,1\%$).

L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in situ (fig. 3.37), è risultata bassa e uniforme a febbraio ($0,6 \pm 0,1$ $\mu\text{g/l}$) e ancor più modesta a marzo e maggio. Valori quasi nulli sono stati rilevati in quasi tutta la colonna d'acqua a luglio, quando sono stati individuati i massimi a quote profonde ($> 0,8$ $\mu\text{g/l}$). Valori ancora bassi e completamente omogenei sono stati rilevati a dicembre ($0,4 \pm 0,0$ $\mu\text{g/l}$).

La concentrazione massima di clorofilla *a* ($584,8$ ng/l) è stata misurata al fondo nel mese di maggio (stazione F5), mentre il contenuto medio maggiore ($361,1 \pm 49,6$ ng/l) è stato rilevato a febbraio. Valori intermedi sono stati riscontrati a maggio e a dicembre (rispettivamente $292,5 \pm 159,1$ e $266,4 \pm 44,9$ ng/l), mentre a marzo e luglio sono stati caratterizzati da quelli più bassi (< 200 ng/l).

La concentrazione media di clorofilla *b* più elevata ($34,7 \pm 5,2$ ng/l) è stata rilevata a dicembre, mentre il valore massimo è stato misurato a luglio al fondo della stazione F5 ($64,3$ ng/l). Valori medi più contenuti hanno caratterizzato i campionamenti di febbraio e

maggio (~24 ng/l), i più bassi (< 16 ng/l) quelli di marzo e luglio.

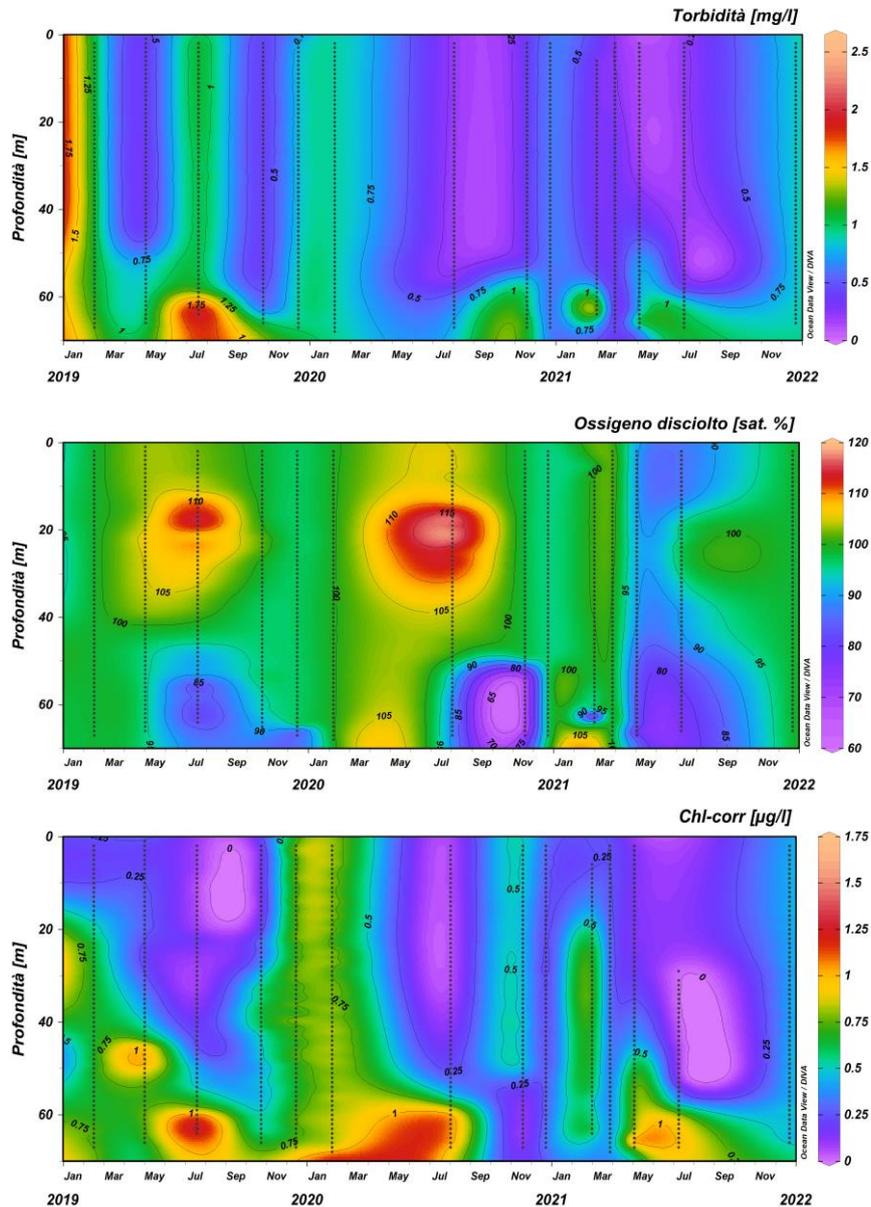


Fig. 3.37 - Andamento della torbidità (in mg/l), dell'ossigeno disciolto (in % di saturazione) e della fluorescenza in situ (espressa come µg/l di clorofilla) per la piattaforma Fauzia (da febbraio 2019 a dicembre 2021).

La clorofilla *c* ha presentato un andamento paragonabile a quello osservato per la clorofilla *a*. La concentrazione media maggiore è stata misurata a febbraio ($104,0 \pm 12,3$ ng/l), mentre la variabilità più alta è stata osservata a luglio, mese in cui è stato osservato il massimo (210,2 ng/l) al fondo della stazione di controllo F6.

Il valore più elevato di nitriti ($0,56$ µM) è stato rilevato a febbraio al fondo (stazione F5); le

concentrazioni medie sono risultate maggiori a febbraio e a dicembre (rispettivamente, $0,26 \pm 0,17$ e $0,23 \pm 0,02$ μM).

A dicembre è stato rilevato il massimo contenuto medio dei nitrati ($0,19 \pm 0,03$ μM), ma la concentrazione maggiore ($0,31$ μM) è stata registrata a febbraio al fondo del controllo F7. A febbraio è stato registrato un valore medio intermedio ($0,14 \pm 0,08$ μM), nelle altre crociere quelli più bassi ($<0,09$ μM).

L'ammonio è risultato più abbondante a febbraio e a dicembre ($0,15 \pm 0,11$ e $0,10 \pm 0,04$ μM rispettivamente), mentre nei restanti mesi le concentrazioni medie sono risultate piuttosto contenute ($<0,04$ μM).

Anche i fosfati sono risultati bassi e comparabili in tutto l'anno, raggiungendo al massimo la media di $0,04 \pm 0,02$ μM a maggio. Nello stesso mese e a luglio è stato ottenuto anche il contenuto maggiore dei silicati ($> 1,9$ μM), risultati sempre più abbondanti in prossimità del fondale con il massimo assoluto di $3,86$ μM presso F1 a luglio.

Infine, la concentrazione di materiale sospeso per il 2021 è risultata maggiore alle quote di fondo, dove a maggio è stato raggiunto il massimo ($1,72$ mg/l) nella stazione F8. La concentrazione media maggiore è stata osservata nel mese di dicembre ($0,9 \pm 0,2$ mg/l), mentre negli altri periodi le medie sono risultate $<0,6$ mg/l.

3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti

Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi policiclici aromatici

I valori di concentrazione (fig. 3.38) relativi agli **IT** indicano una presenza solo sporadica in tutto il 2021; essi sono inoltre risultati bassi e non geograficamente differenziabili, anche se a marzo e a dicembre sono stati rilevati solo ai controlli.

Negli anni precedenti la presenza di **IT** è stata maggiore, con un massimo valore medio complessivo a luglio 2019 (138 ± 58 $\mu\text{g/L}$). Da notare la totale assenza di **IA** nel periodo ottobre 2019-febbraio 2020.

Risultati analoghi sono stati ottenuti per gli **IA**, i cui valori medi nel 2021 non hanno superato la soglia di 40 $\mu\text{g/L}$. Anche questi composti hanno presentato la concentrazione media maggiore nel luglio 2019 (63 ± 32 $\mu\text{g/L}$).

Per quanto riguarda gli **IPA**, i tenori medi registrati nel 2021 sono stati inferiori a $0,010$ $\mu\text{g/L}$ eccetto a dicembre, quando è stata registrata la media maggiore dell'anno ($0,031 \pm 0,0018$ $\mu\text{g/L}$), basata però su 19 campioni quantificabili, molto simile a quella

rilevata nel febbraio 2019 nei siti posti a 100 m dalla piattaforma (F1-F4; $0,037 \pm 0,007$ $\mu\text{g/L}$). Considerando sia i valori medi che il numero di campioni rilevati, nel triennio 2019-2021 la minima presenza di IPA è stata misurata nel periodo ottobre 2019-agosto 2020.

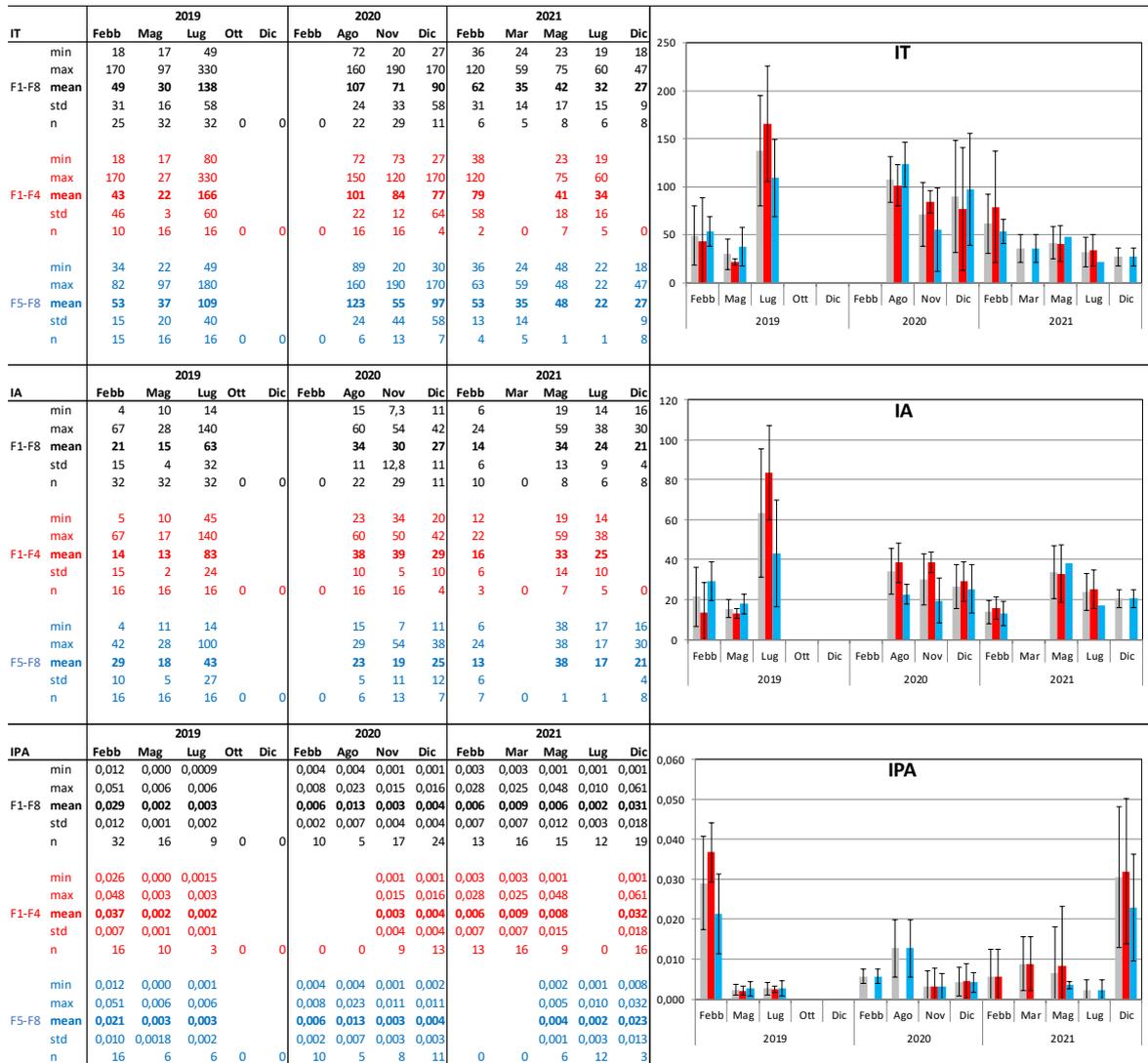


Fig. 3.38 - Andamento degli IT, IA, IPA relativo al 2021 e confronto con 2019 e 2020. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (F1-F8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Fauzia (F1-F4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (F5-F8, in azzurro). Misure in $\mu\text{g/L}$.

Solventi organici aromatici (BTEX)

Per i BTEX (fig. 3.39) in generale non si riscontra un andamento annuale comune, ma le concentrazioni possono essere considerate basse e la distribuzione geografica non appare statisticamente differenziabile.

I valori registrati per il **benzene** nel 2021 ne evidenziano una sporadica presenza, con solo 7 campioni rilevabili a febbraio e 8 a luglio.

Il triennio 2019-2021 ha visto un massimo medio complessivo nel febbraio 2020. Da dicembre dello stesso anno e fino alla fine del 2021 il benzene è gradualmente scomparso.

Anche la presenza dell'**etilbenzene** nel 2021 è risultata alquanto sporadica, con un massimo annuale a luglio, determinato però solo da 6 campioni quantificabili. Come per il benzene, anche l'etilbenzene è notevolmente diminuito nel corso del triennio, in particolare nel 2021.

Presenza sporadica nel 2021 anche per lo **stirene**, con concentrazioni medie in linea con gran parte dell'intero periodo di osservazione (inferiori a 0,050 µg/L), ma il numero di campioni rilevabili è notevolmente diminuito, tanto che a marzo e a dicembre 2021 lo stirene non è stato affatto rilevato. Nel corso del triennio si evidenzia una media globale massima a dicembre 2019 (0,267±0,079 µg/L).

Il **toluene** è risultato molto scarso in tutto il periodo, essendo stato rilevato solo in numero estremamente ridotto di campioni, tutti di controllo, in tre crociere del 2019.

Infine, le concentrazioni dello **xilene** relative al 2021 mostrano una presenza più significativa a luglio, quando comunque è stato rilevato in soli 8 campioni (28% del totale).

Nel corso del triennio i valori medi complessivi sono rientrati nel range 0,21-0,68 µg/L.

Nel 2021 lo xilene è praticamente scomparso.

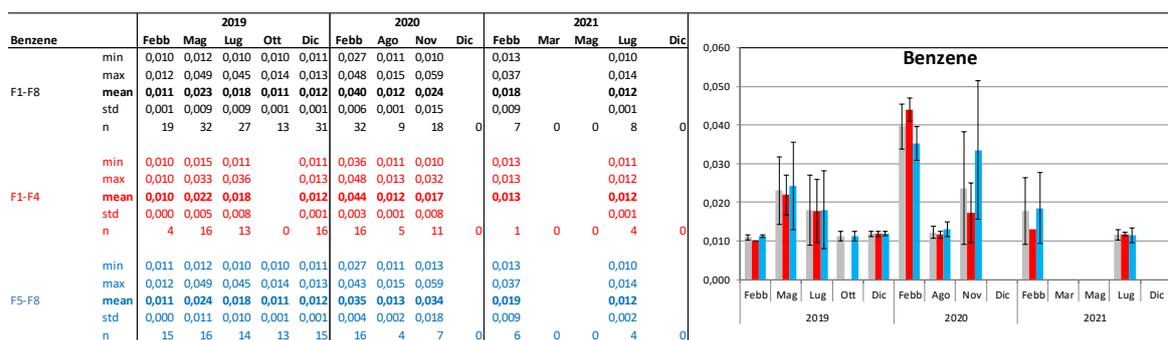


Fig. 3.39 - Andamento dei **BTEX** relativo al 2021 e confronto con il 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (F1-F8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Fauzia (F1-F4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (F5-F8, in azzurro). Misure in µg/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 (F1-F4 e F5-F8) e tra i risultati delle varie campagne spesso non sono pienamente attendibili data la dispersione dei dati, evidenziata nei grafici dalle barre di dispersione (fig. 3.40).

Alluminio - Nel 2021 il valore medio massimo ($5,79 \pm 5,82 \mu\text{g/L}$) è stato misurato a luglio, comunque confrontabile con gli altri, mentre a dicembre sono risultati quantificabili solo 6 valori, tutti al di sotto di $5 \mu\text{g/L}$.

Per quanto riguarda il triennio 2019-2021, pur con la solita cautela statistica dovuta alla dispersione dei dati, appare che i livelli di alluminio siano aumentati con un “salto” discontinuo a novembre 2020, per poi tornare a valori simili ai precedenti sino a raggiungere un minimo a dicembre 2021.

Arsenico - Per questo metallo sono stati osservati livelli geograficamente molto omogenei. Nel 2021 è stato riscontrato un aumento a luglio che ha portato alla media massima annuale ($0,41 \pm 0,04 \mu\text{g/L}$), dopodiché le concentrazioni sono tornate ai valori tipici del semestre precedente, attorno a $0,10$ - $0,20 \mu\text{g/L}$. Considerando il triennio 2019-2021, i valori maggiori sono stati registrati a febbraio e maggio 2019 (attorno a $2,00 \mu\text{g/L}$), a cui è seguita una brusca diminuzione a luglio e ottobre ($0,42 \pm 0,05$ e $0,27 \pm 0,19 \mu\text{g/L}$, rispettivamente) dopo la quale l'andamento è rimasto pressoché costante ($0,10$ - $0,20 \mu\text{g/L}$).

Bario - L'andamento del bario è stato analogo a quello dell'arsenico, con la media massima assoluta nel maggio 2019 a carico delle stazioni di controllo ($15,00 \pm 0,37 \mu\text{g/L}$).

Il resto del triennio, a partire dalla drastica diminuzione registrata da luglio e dicembre 2019, è stato caratterizzato da concentrazioni basse e costanti, al di sotto di $2,0 \mu\text{g/L}$.

Cadmio - Il cadmio è stato rinvenuto molto sporadicamente nel 2021, così come durante il triennio: nel 2020 il cadmio è risultato completamente assente e nel 2019 sono stati misurati pochissimi campioni e solo nelle prime tre campagne. I massimi sono stati misurati a febbraio e maggio 2019 (range $0,100$ - $0,180 \mu\text{g/L}$) quando sono stati quantificati rispettivamente solo 6 e 5 campioni tutti prelevati a 100 m da Fauzia.

Cromo - La presenza di questo metallo è stata sporadica nel 2° semestre 2021, con solo 8 valori, molto bassi, misurati a luglio e nessuno a dicembre. Solo a febbraio e maggio 2019 il cromo era stato rilevato in tutti i campioni, e a maggio le concentrazioni erano risultate significativamente superiori ai controlli. Il range maggiore è stato misurato a novembre 2020 ($0,11$ - $10,00 \mu\text{g/L}$), solo su 7 campioni e con il massimo versosimilmente rappresentato da uno spike.

Ferro - Nel 2021 il livello medio maggiore è stato misurato a luglio ($7,94 \pm 3,01 \mu\text{g/L}$), seguito dalla caduta al minimo annuale a dicembre ($1,08 \pm 0,47 \mu\text{g/L}$). Nel corso del 2021 è evidenziabile un leggero trend positivo da febbraio a luglio.

A febbraio e maggio 2019 il ferro era pressoché assente, mentre nel resto del triennio il livello medio è stato quasi sempre inferiore a $2,5 \mu\text{g/L}$.

Mercurio - Nella seconda parte del 2021 il mercurio è risultato completamente assente, ma anche nel 1° semestre questo metallo è stato rinvenuto sporadicamente, come già evidenziato a partire dall'agosto 2020. Una presenza più consistente era stata riscontrata nel 2019, soprattutto a febbraio e maggio quando i valori medi globali sono stati pari rispettivamente a $0,067 \pm 0,009$ e $0,061 \pm 0,009 \mu\text{g/L}$.

Nichel - I livelli medi di nichel nel 2° semestre 2021 hanno evidenziato una leggera diminuzione da luglio a dicembre (minimo annuale, $0,13 \pm 0,06 \mu\text{g/L}$). Il valore medio massimo dell'anno è stato misurato a marzo nelle stazioni di controllo ($1,29 \pm 2,31 \mu\text{g/L}$).

Considerando l'intero periodo, il 2019 era iniziato con un semestre di valori medi più elevati che poi sono diminuiti quasi tutti al di sotto di $0,50 \mu\text{g/L}$.

Piombo - Nel 2° semestre 2021 la concentrazione media di piombo è crollata a zero a dicembre, dopo un anno di livelli medi complessivi nel range $0,067-0,108 \mu\text{g/L}$.

Il triennio ha visto un primo periodo, da febbraio 2019 ad agosto 2020, in cui il piombo è stato rilevato sporadicamente, risultando addirittura assente a febbraio e maggio del 1° anno. Per quanto riguarda il numero di campioni utili, si nota un trend positivo durante il triennio fino a luglio 2021. In generale le concentrazioni medie sono risultate al di sotto della soglia di $0,150 \mu\text{g/L}$.

Rame - Analogamente al piombo, anche il rame nel dicembre 2021 non è stato rinvenuto. Valori medi entro $1,00 \mu\text{g/L}$ sono stati misurati in tutto l'anno, su un numero di campioni utili molto al di sotto del totale durante gran parte dell'anno. La presenza del metallo in una quantità di campioni limitata ha caratterizzato tutto il triennio 2019-2021, per cui il concetto di valore medio perde un po' di significato. Si può affermare che, in generale, le concentrazioni medie si sono mantenute al di sotto di $1,00 \mu\text{g/L}$.

Vanadio - L'anadamento temporale del vanadio è stato molto simile a quelli di arsenico e bario. Le concentrazioni medie sono rimaste pressoché basse e costanti a partire da luglio 2019, con un incremento nello stesso mese del 2021 seguito da una riduzione a dicembre.

Zinco - Nel 2021 lo zinco è stato caratterizzato da valori medi con dispersioni dei dati piuttosto elevate che non permettono una chiara differenziazione né geografica, né temporale. E' possibile riscontrare una sorta di andamento a campana, a partire da febbraio 2020 fino a fine triennio, con massimo centrato a dicembre 2020-febbraio 2021; la concentrazione media massima è stata rilevata nelle stazioni F1-F4 a dicembre (5,19±7,26 µg/L). Nel 2019 l'andamento temporale è risultato piuttosto discontinuo, con il massimo assoluto di 6,19±4,86 µg/L a luglio nelle stazioni di controllo, e totale assenza del metallo a maggio e ottobre.

Indio - Nel 2° semestre 2021 è risultato praticamente assente, e in tutto il 2021 sono stati misurati 23 campioni a febbraio, 10 a maggio e uno solo a luglio. A maggio è stato misurato il valore medio massimo (a carico delle stazioni di piattaforma) di 0,96±0,83 µg/L, il maggiore anche di tutto il triennio 2019-2021, ma caratterizzato da un'elevata dispersione dei dati.

Durante tutto il triennio la presenza di indio è stata sporadica, soprattutto nel 2019 quando l'indio è risultato praticamente assente.

Silicio - Infine, il silicio nel 2021 a maggio e luglio ha evidenziato i valori medi globali massimi assoluti per il triennio, attorno a 0,40-0,50 mg/L. A dicembre le concentrazioni sono poi bruscamente diminuite (media globale di 0,09±0,03 mg/L).

All'inizio del triennio i livelli medi complessivi erano risultati entro 0,10 mg/L, per poi aumentare a dicembre (0,24 mg/L). Da febbraio 2020 a marzo 2021 il numero di campioni rilevati è diminuito, e a novembre 2020 e marzo 2021 il silicio è risultato assente.

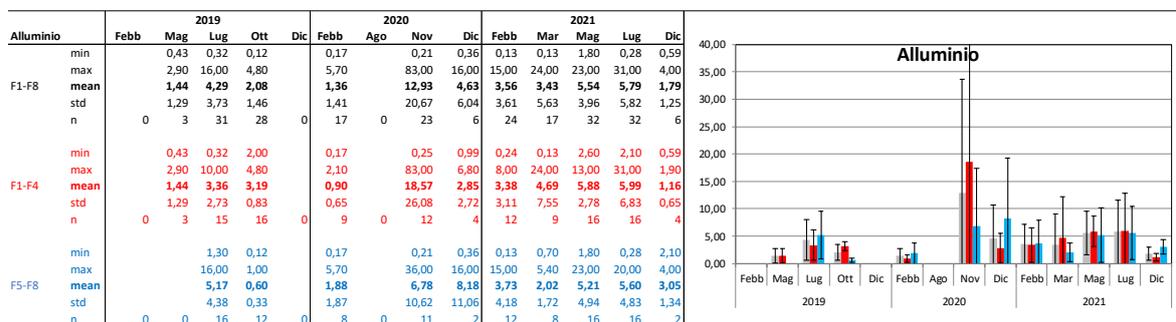


Fig. 3.40 - Andamento dei **metalli pesanti** nel 2021 e confronto con il 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli metalli sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui il metallo è risultato rilevabile nell'intero areale (E1-E8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Fauzia (F1-F4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (F5-F8, in azzurro). Misure in µg/L; per il silicio in mg/L.



Fig. 3.40 - Continuo.

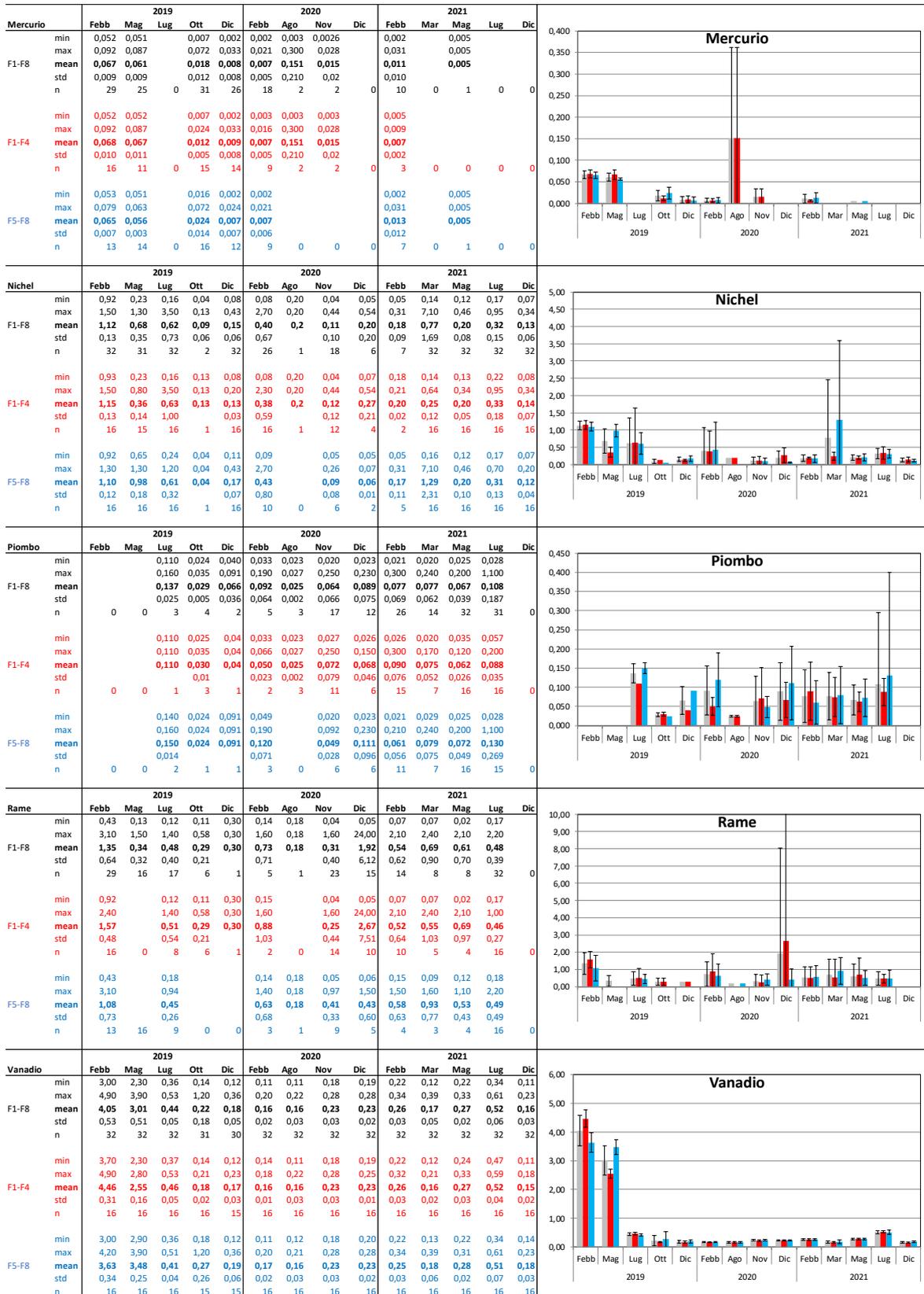


Fig. 3.40

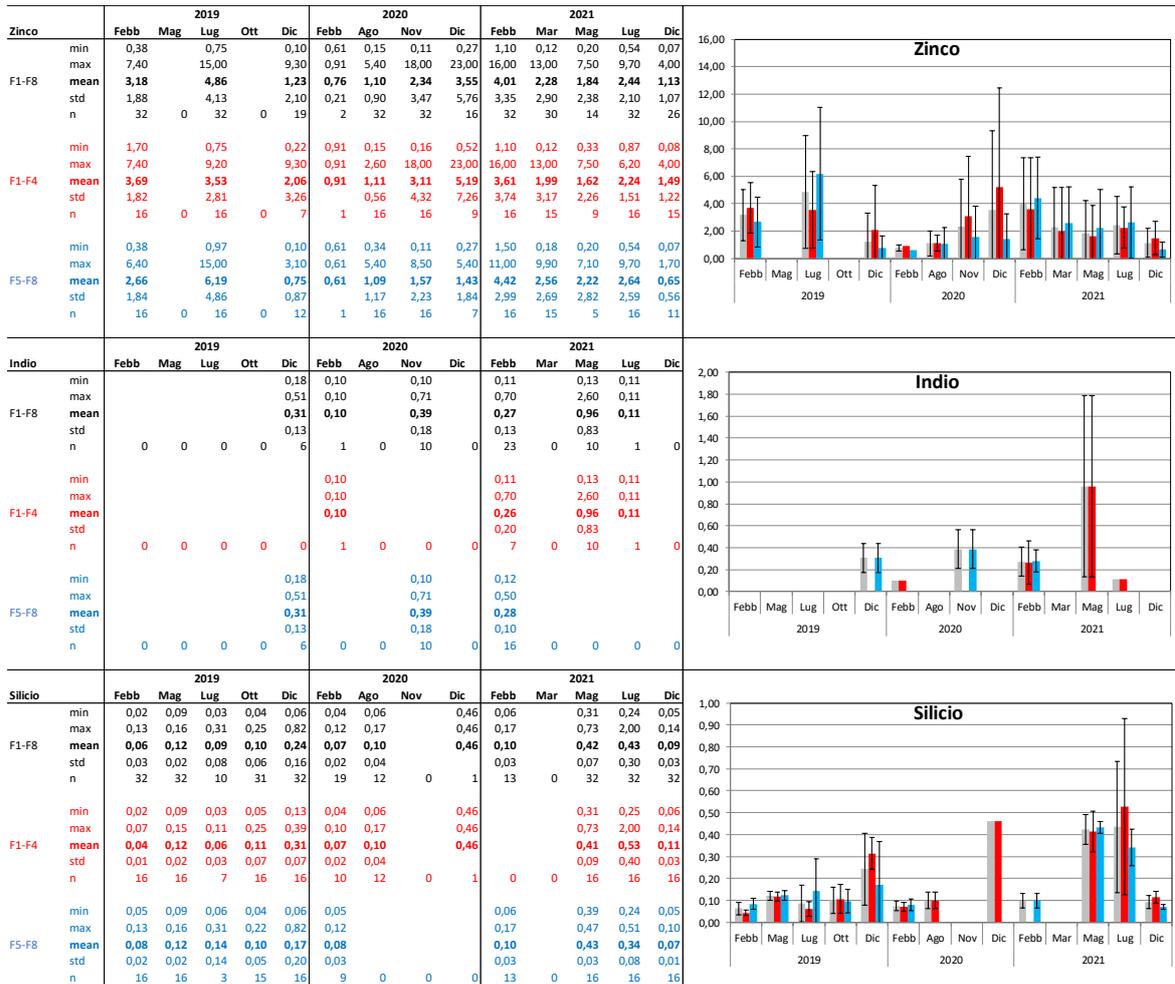


Fig. 3.40 - Continuo.

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione relativo alle registrazioni effettuate nel 2021 denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione (fig. 3.41). Infatti, non sono avvenuti 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.

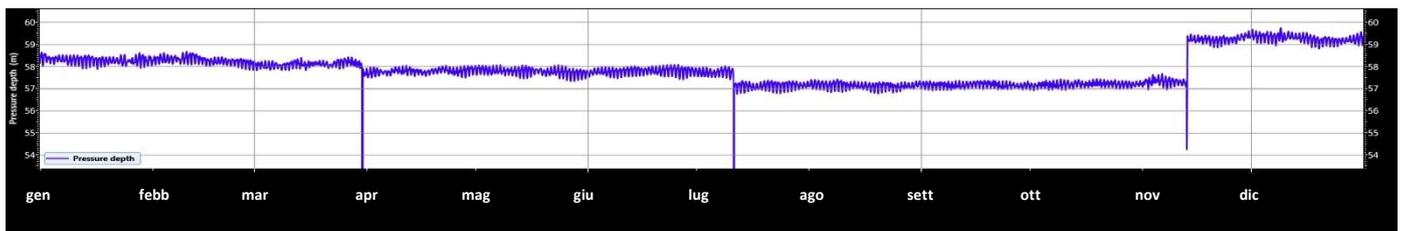


Fig. 3.41 - Pressione misurata dall'ADCP presso Fauzia dal 01/01 al 31/12/2021.

Per quanto concerne le misure correntometriche (figg. 3.42 - 3.46), durante il periodo preso in esame la direzione della corrente ha avuto un comportamento uniforme su tutta la colonna d'acqua, principalmente Nord-Ovest. A inizio gennaio è oscillata tra le direzioni Sud/Sud-Est, mentre nel mese di marzo per alcuni giorni la corrente ha avuto direzione Sud analogamente ai primi giorni di aprile. Tra luglio e agosto la direzione è stata Sud/Sud-Est, mentre ad ottobre c'è stata una rotazione più verso Ovest. Alla fine di dicembre la corrente ha avuto una chiara direzione verso Nord.

La velocità si è mantenuta per quasi tutto il periodo sotto 0,1 m/s; solo a metà febbraio per alcuni giorni è stato rilevato un incremento fino a 0,26 m/s, mentre a metà luglio nella porzione più superficiale della colonna d'acqua per alcuni giorni è stato registrato un incremento con un picco di 0,45 m/s.



Fig. 3.42 - Contour Plot della direzione della corrente dal 01/01 al 31/12/2021.

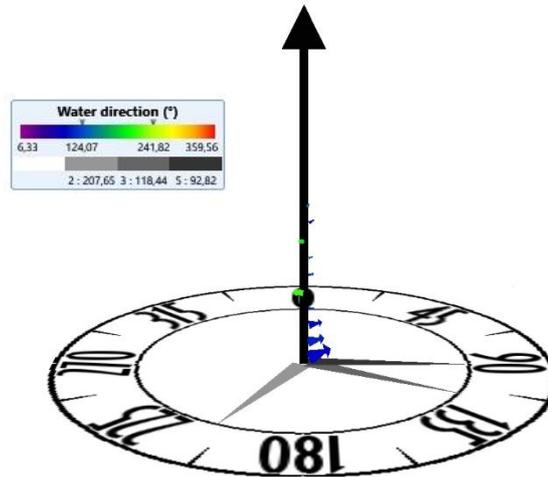


Fig. 3.43 – 3D Plot della direzione della corrente dal 01/01 al 31/12/2021.

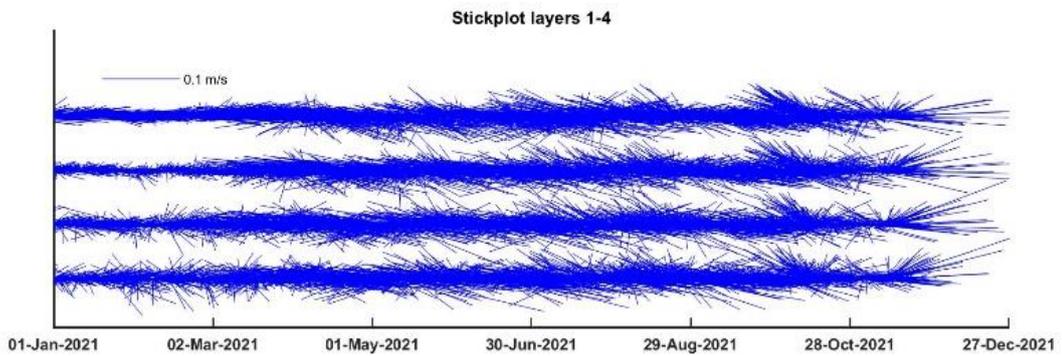


Fig. 3.44 – Stickplot della corrente dal 01/01 al 31/12/2021.

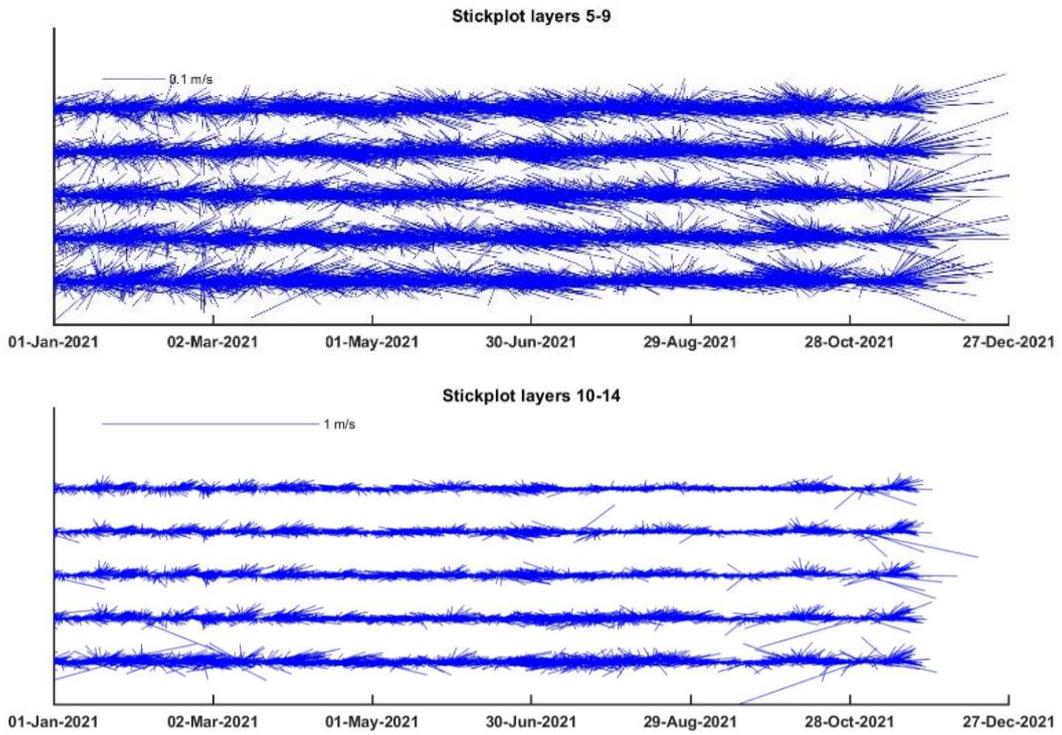


Fig. 3.44 – Continuo.

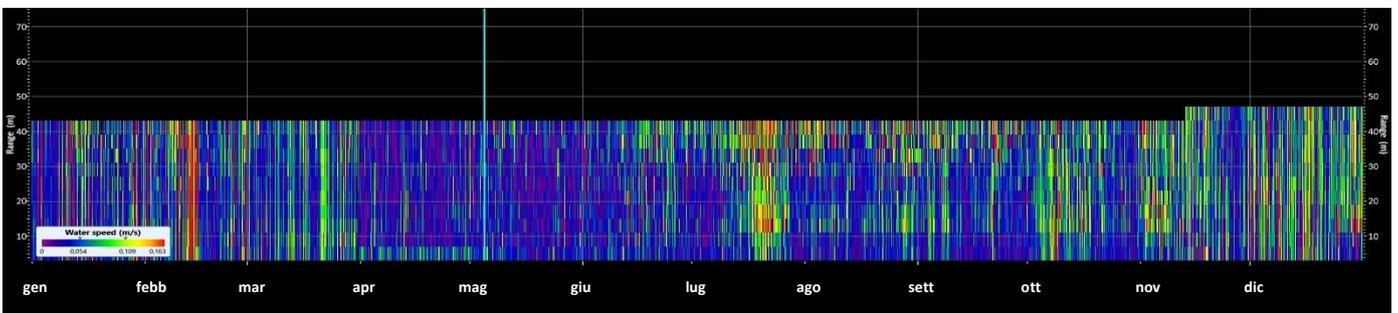


Fig. 3.45 – Contour Plot della velocità della corrente dal 01/01 al 31/12/2021.

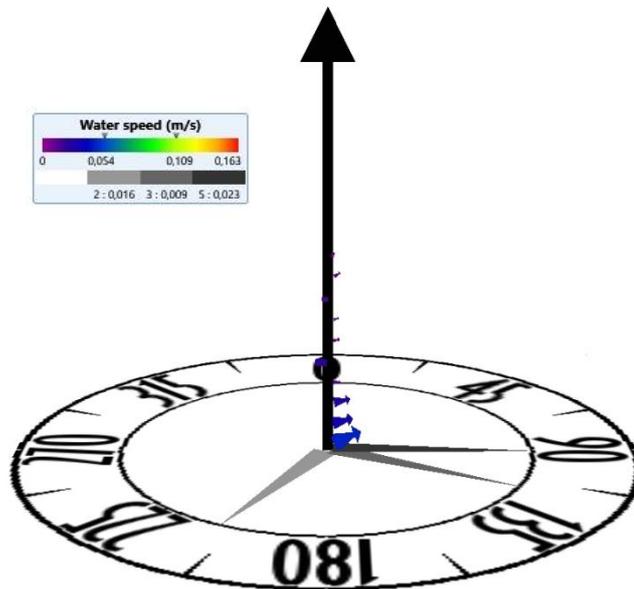


Fig. 3.46 – 3D Plot della velocità della corrente dal 01/01 al 31/12/2021.

Infine, la temperatura rilevata dall'ADCP alla quota di fondo (fig. 3.47) è passata da 15°C a inizio gennaio a 13,5°C a febbraio. A partire da marzo si è stabilizzata sui 13°C sino a inizio maggio per poi alzarsi leggermente tra giugno e luglio quando sono stati raggiunti i 14°C, confermando i risultati della sonda (vedi Cap. 3.1.1). A novembre sono stati rilevati 15°C, aumentati a 16°C a inizio dicembre per un breve periodo, seguito da una riduzione che ha portato a 14°C a fine anno. Nel grafico si notano alcuni picchi determinati dal recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.



Fig. 3.47 - Andamento della temperatura registrata dal sensore dell'ADCP in prossimità del fondale dal 01/01 al 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 Fauzia e della condotta sottomarina collegante tale struttura a Barbara B. 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 s.r.l. di Carrara e UNIVPM.

Gli aspetti indagati contemplati in tale monitoraggio 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, Guendalina, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2 & 3, Bonaccia NW, Clara NW, Elettra); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Fauzia.

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) e i relativi risultati e considerazioni sono stati riportati nel rapporto finale n. 16 (Spagnolo *et al.*, 2020a).

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 Fauzia si sono condotte solo le indagini riguardanti la colonna d’acqua che proseguiranno per tutta la durata di produzione.

Nel presente rapporto, che rappresenta l’ultimo da parte dell’RTI per scadenza del Contratto con ENI SpA., sono riportati i risultati relativi alle campagne di campionamento

effettuate 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 Fauzia sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2014; 2015; 2016a; 2016b; 2016c; 2016d; 2017; 2018a; 2018b; 2019a; 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2020b; 2021a; 2021b).

Nel 2021 è stato registrato un lieve aumento dei valori medi di salinità una minore attività fotosintetica rispetto al biennio precedente, così come una riduzione delle percentuali di ossigeno disciolto alla saturazione che, comunque, non ha mai portato a situazioni di ipossia o anossia.

Le concentrazioni dei nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008) anche in questo ultimo anno di indagine come nei precedenti. Tutti questi composti hanno presentato mediamente concentrazioni contenute e comparabili nelle diverse campagne di misura.

Specificatamente a quanto rilevato nel 2° semestre, per i nitriti e l'ammonio le concentrazioni sono risultate paragonabili a quelle ottenute nel medesimo periodo del 2019 e 2020; anche i valori medi dei nitrati durante il mese di luglio sono risultati paragonabili a quelli osservati nei periodi estivi 2019 e 2020, mentre a dicembre sono risultati più contenuti. LA quantità dei fosfati è apparsa paragonabile a quella rilevata al 2020 ma inferiore rispetto a quella del 2019. Sebbene le concentrazioni medie dei silicati nel 2021 siano state moderatamente inferiori rispetto al 2020, i singoli mesi risultano paragonabili ai valori ottenuti in entrambi gli anni precedenti. Come già osservato, anche nel 2021 non sono emerse differenze degne di nota tra le stazioni campionate in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza.

Anche il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti precedenti. I valori maggiori sono stati registrati generalmente alle quote di fondo, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Le concentrazioni medie di clorofilla *a*, di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi - Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e di clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono risultate più elevate nel mese di dicembre rispetto al campionamento estivo e mediamente

maggiori rispetto all'anno precedente, ma comparabili a quelle ottenute nel 2019. Diversamente, da quanto rilevato nel 2019, nell'estate 2021 i valori massimi sono stati riscontrati al fondo in tutte le stazioni della piattaforma, come già rilevato nell'estate 2020. Le concentrazioni sono rientrate comunque nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998) e non sono emerse differenze tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza.

In generale, in tutto il triennio non sono emerse particolari differenze tra i siti vicini e quelli lontani da Fauzia per i vari parametri analizzati, così come rilevato negli anni di indagine precedente.

In definitiva, non sono apparse evidenti delle alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Fauzia, confermando quanto già osservato.

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 medie siano in generale diminuite (come nel caso dei solventi organici aromatici, BTEX). Sono inoltre spesso stati evidenziati periodi di assenza di diversi inquinanti, e il numero di campioni in cui i composti risultavano rilevabili è stato spesso ben al di sotto del totale dei campioni prelevati.

Non è stata notata alcuna differenziazione statisticamente valida tra le stazioni prossime alla piattaforma (F1-F4) e quelle di controllo (F5-F8), il che porta alla conclusione che l'effetto della presenza di Fauzia sull'ambiente marino circostante possa essere considerato trascurabile.

Correntometria – Anche nel 2021, così come negli anni precedenti, la corrente nell'area in cui è installata la piattaforma Fauzia ha avuto un regime variabile, seppure la direzione prevalente si sia confermata NW. La velocità è stata come di consueto attorno a 0,1 m/s con incrementi per brevi periodi, anche nel 2021, che hanno portato a picchi fino a un massimo di 0,45 m/s nelle porzioni più superficiali della colonna d'acqua a luglio.

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., Cuicchi C., De Ranieri S., Grilli F., Spagnolo A. 2014. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. *Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante le piattaforme Fauzia - Barbara B- 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. 122 + XXXIII pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Boldrin A., Cuicchi C., Spagnolo A. 2015. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di installazione (marzo - settembre 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. 135 + XXVIII pp.
- Fabi G., Boldrin A., Borghini M., Cuicchi C., De Biasi A.M., Gaetani A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Fauzia a Barbara B. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (ottobre - dicembre 2014). Rapporto n. 4*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 211 + LXV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., Cuicchi C., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Fauzia a Barbara B. 1° anno della fase di produzione - Rapporto finale (ottobre - 2014 - giugno 2015). Rapporto n. 5*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 284 + LXV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., M. Girasole, A. Gomiero, Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Fauzia a Barbara B. 2° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015). Rapporto n. 6*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 222 + LXXVI 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 Fauzia. 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. 266 + LV 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 Fauzia. 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. 183 + LIV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Masnadi F., Spagnolo A. 2018a. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. 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. 301 + LVII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Pellini G., Tasseti A.N. 2018b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia - 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. 199 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Pellini G., Spagnolo A., Tasseti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. 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. 351 + LVII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A. 2019b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. 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. 198 + LV 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.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113., C05S90. doi:10.1029/2007JC004370
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino*. Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- Schlitzer R., 2014. *Ocean Data View*. <http://odv.awi.de>.
- 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., 2020a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno fase di produzione. Fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 287 + clxxx pp.
- Spagnolo A., Fai G., Borghini M., Siena G., Urbini L. 2020b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia - 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. 99 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Siena G., Urbini L. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma - Indagini sulla colonna d'acqua. 1° semestre 2020. Rapporto n. 18.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 43 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Celentano P., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2021b. *Servizi*

- di monitoraggio ambientale Campo Fauzia - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma - Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto finale 2020.* Rapporto n. 19. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 86 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Celentano P., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Urbini L. 2022. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma - Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto semestrale 2021.* Rapporto n. 20. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 58 + 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 divinyl Chlorophyll 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): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



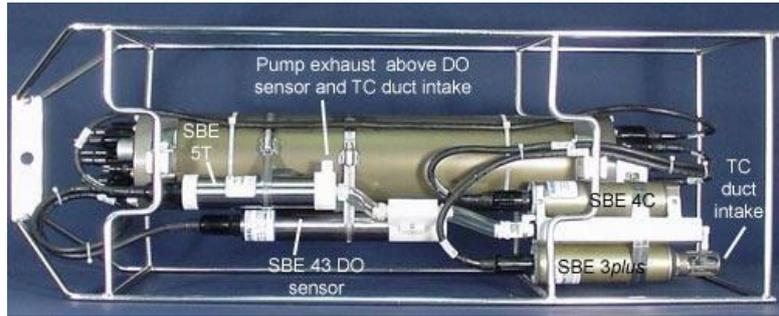
ALLEGATO A

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

INDAGINI FISICHE, CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA E MISURE CORRENTOMETRICHE

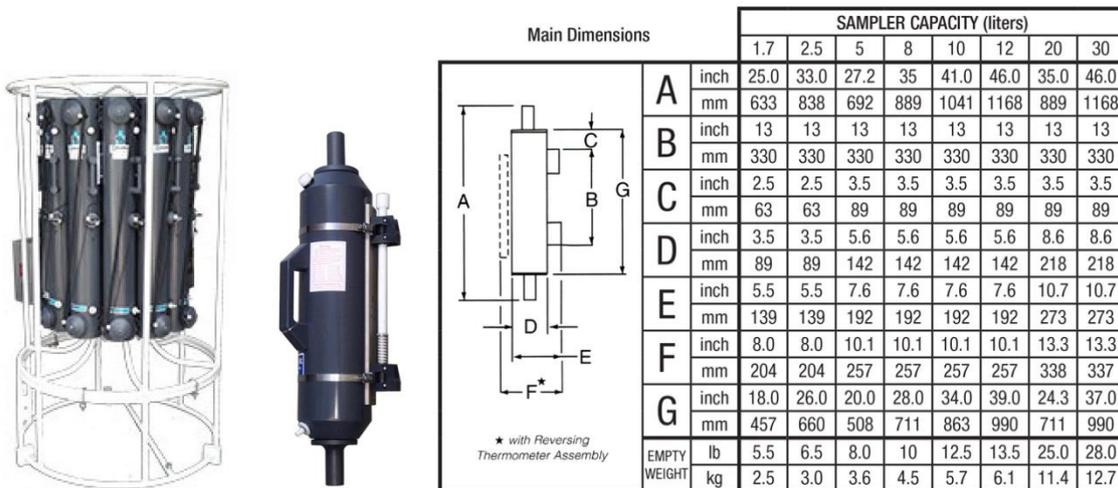
A1 SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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	$\pm 0,001 \text{ }^\circ\text{C}$	-5 : +35°C	21/05/2019
Conducibilità	Sea Bird Electronics	SBE 4C	$\pm 0,0003 \text{ S m}^{-1}$	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	$\pm 0,01 \text{ } \mu\text{g L}^{-1}$	0 : 50 $\mu\text{g L}^{-1}$	Calibrazione con campioni di Chl ad ogni campagna
Turbidimetro	WET Labs	ECO FLNTU(RT)D	$\pm 0,01 \text{ NTU}$	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.



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	± 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	± 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

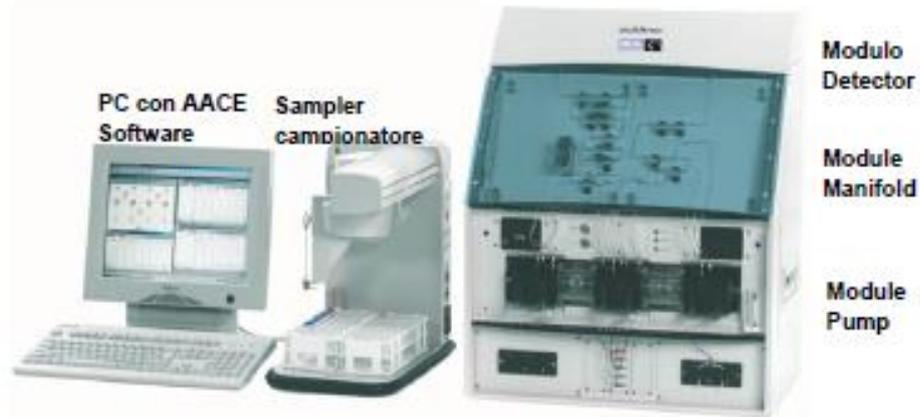
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria, voltammetria, amperometria) fotometrica, torbidimetrica, 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 reganti 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

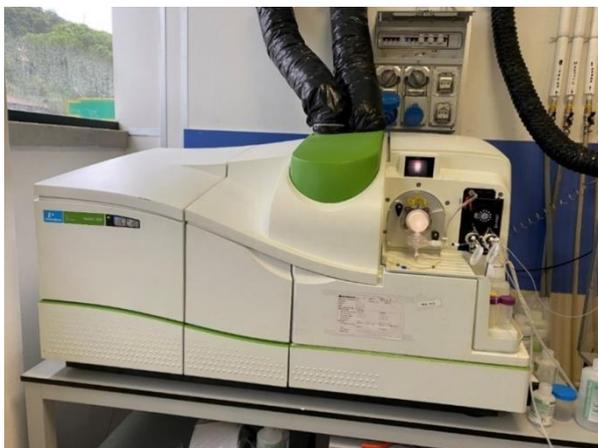


Modulo	Costruttore	Modello	Caratteristiche
Agilent 1100 Vacuum Degasser	Agilent	G 1379A	Degasatore
Agilent 1100 Series Quaternary Pump	Agilent	G 1311A	Pompa quaternaria
Agilent 1100 Thermostated Column Compartment	Agilent	G 1316A	Termostato per colonna
Agilent 1100 Series DAD	Agilent	G 1315B	Rivelatore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

A6 ANALISI METALLI PESANTI

Autocampionatore MASN8140044 ESI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X



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

