

**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 Semestrale 2021

RAPPORTO n. 20

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

PAOLO CELENTANO

MARIELLA SAGGIOMO

VERA SALVALAGGIO

GIUSEPPE SIENA

LIDIA URBINI



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 AGROLAB Ambiente S.r.l.	P. Ottoni
Referente OGS	G. Siena
Referente SZN	S. Stefanni

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
G. Siena	OGS	Responsabile Scientifico comparto colonna d'acqua; campionamento in mare
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare, elaborazione dati CTD
T. Diociaiuti	OGS	Campionamento in mare
C. Fabbro	OGS	Campionamento in mare
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; stesura relazione
A. Buondonno	SZN	Campionamento in mare; Analisi clorofille
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati; stesura relazione clorofille
V. Salvalaggio	CNR - IRBIM	Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico- scientifiche in mare associate alle indagini lungo la colonna d'acqua; campionamento in mare; redazione report complessivo
F. Rebecchi	CNR - IRBIM	Campionamento in mare
M. Borghini	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria
P. Celentano	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	24
3.1.3	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO	32
3.1.4	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	40
3.1.5	GLICOLE ETILENICO	44
3.1.6	METALLI PESANTI	44
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	50
4.	CONCLUSIONI	53
5.	BIBLIOGRAFIA	56
ALLEGATO A: STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI		i
- ALL. A1 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 1° semestre 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.

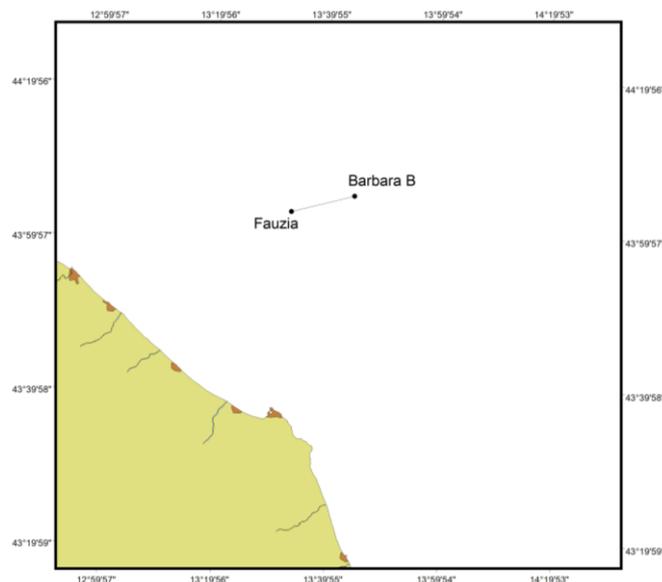


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Fauzia e della condotta di collegamento tra Fauzia e Barbara C al largo della costa marchigiana.

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 1° semestre 2021 sono state condotte 3 campagne di misura a febbraio, marzo e a maggio.

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

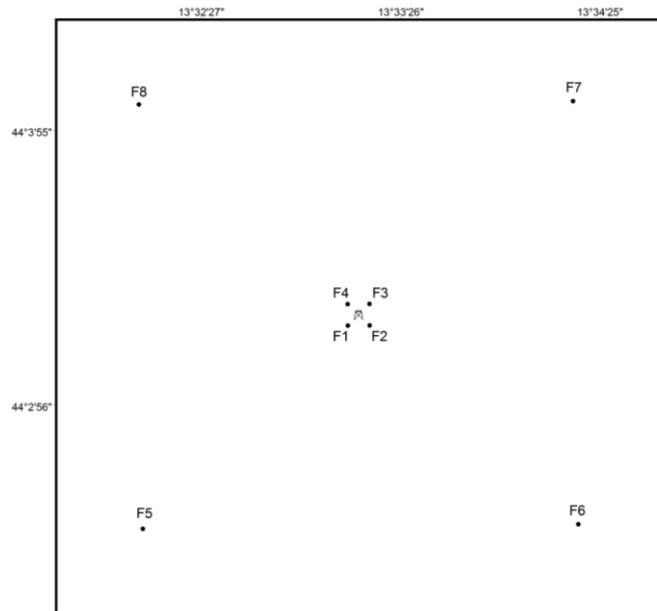


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Fauzia per le indagini idrologiche.

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-I) che, in aggiunta ai sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, è stata equipaggiata con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto, e un fluorimetro/turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a* e per la determinazione simultanea del particolato sospeso (TSM), attraverso misure di retrodiffusione (backscattering). Completa la dotazione un altimetro Teledyne Benthos PSA-916, per l'utilizzo in sicurezza della sonda in prossimità del fondale. La sonda è stata sottoposta a calibrazione presso il laboratorio

del Centro di Taratura e Metrologia Oceanografica (CTMO) dell'OGS per i parametri di temperatura e conducibilità prima di iniziare il monitoraggio. Ulteriori calibrazioni sono previste ogni 4 mesi di attività. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con i campioni raccolti in situ durante ogni campagna e analizzati rispettivamente per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per il contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico). La sonda ha una frequenza di acquisizione di 24 serie di dati al secondo (24 Hz).

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. A1-II), 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 semestre, dal 01/01 al 30/06/2021.

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.

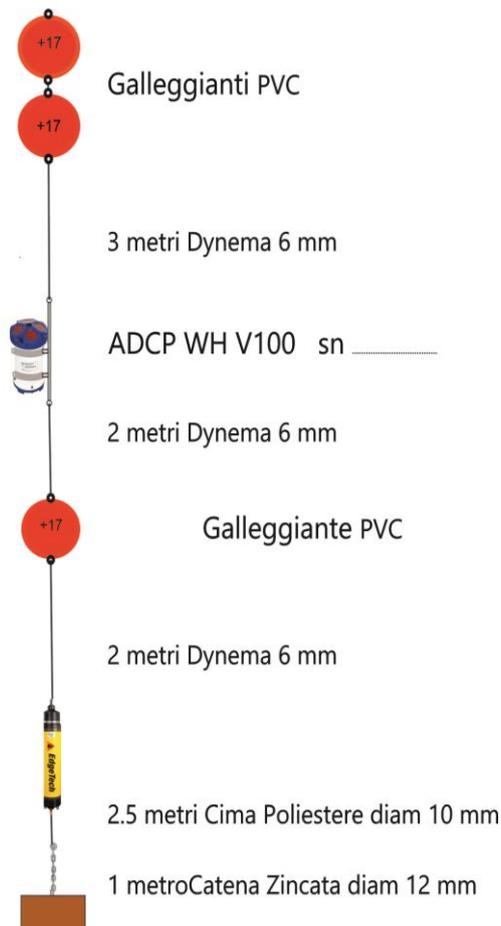


Fig. 2.3 - Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Fauzia.

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. A1-III); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in $ml\ l^{-1}$. I risultati delle analisi di ossigeno disciolto effettuate sono stati utilizzati per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

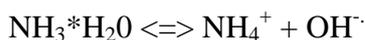
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale $0,7\ \mu m$), precombusti a $450^\circ C$ per 4h, raccolti in contenitori 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. A1-IV), 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 $25^\circ C$ 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 (NH₄).

Il fosforo reattivo (PO₄) è stato determinato come ortofosfato in base alla formazione di un complesso fosfomolibdico di colore blu che viene misurato a 880 nm.

I silicati (Si(OH)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:

- NO₂: 0,01 µM
- NO₃: 0,02 µM
- NH₄: 0,02 µM
- PO₄: 0,01 µM
- Si(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. A1-V) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4,6 mm 3 Å µM). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 µl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml/min con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0,5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro),

avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0, 75, 25 - 1, 50,50 - 15, 0, 100 - 18,5, 0, 100 - 19, 75, 25. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm.

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

TSM (solidi sospesi totali) - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F ($\varnothing = 47$ 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 combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in mg L^{-1} . I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

Per la misura di inquinanti lungo la colonna d'acqua sono state utilizzate le metodiche elencate in Tab. 2-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. A1-VI).

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			
<i>Alluminio</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Arsenico</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Bario</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Cadmio</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Cromo totale</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Ferro</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,4
<i>Indio</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Mercurio</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,002
<i>Nichel</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Piombo</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,02
<i>Rame</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Vanadio</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Zinco</i>	EPA 6020B 2014	µg/l	0,1
<i>Silicio</i>	EPA 200.7 1994	mg/l	0,01
BTEX			
<i>Benzene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
<i>Etilbenzene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
<i>Stirene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,01
<i>Toluene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,05
<i>Xilene</i>	EPA 5030C 2003 + EPA 8260D 2018	µg/l	0,02
ALTRE SOSTANZE			
<i>Idrocarburi policiclici aromatici</i>	EPA 3510C 1996 + EPA 8270E 2018	µg/l	0,001
<i>idrocarburi alifatici C10-C32</i>	EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	1
<i>Idrocarburi totali (espressi come n-esano) Calcolo</i>	EPA 5021A 2014 + EPA 3510C 1996 + EPA 3620C 2014 + EPA 8015C 2007	µg/l	35
<i>Glicole monoetilenico</i>	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. A1-VII).

Solventi organici aromatici (BTEX) - La determinazione è stata effettuata mediante

gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico (“Purge & trap”) e rilevazione tramite spettrometro di massa. Il campione (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. A1-VIII).

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 rivelatore FID (Flame Ionization Detector).

Lo strumento utilizzato è un Agilent, con autocampionatore G4513A, Piatto 7693, GC

7890A, FID. La colonna cromatografica montata è ZB-5HT (All. A1-IX).

Analisi frazione estraibile: utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 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 rivelatore 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. A1-IX).

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

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

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0.9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per

circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (in toluene) per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con 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. A1-X).

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).

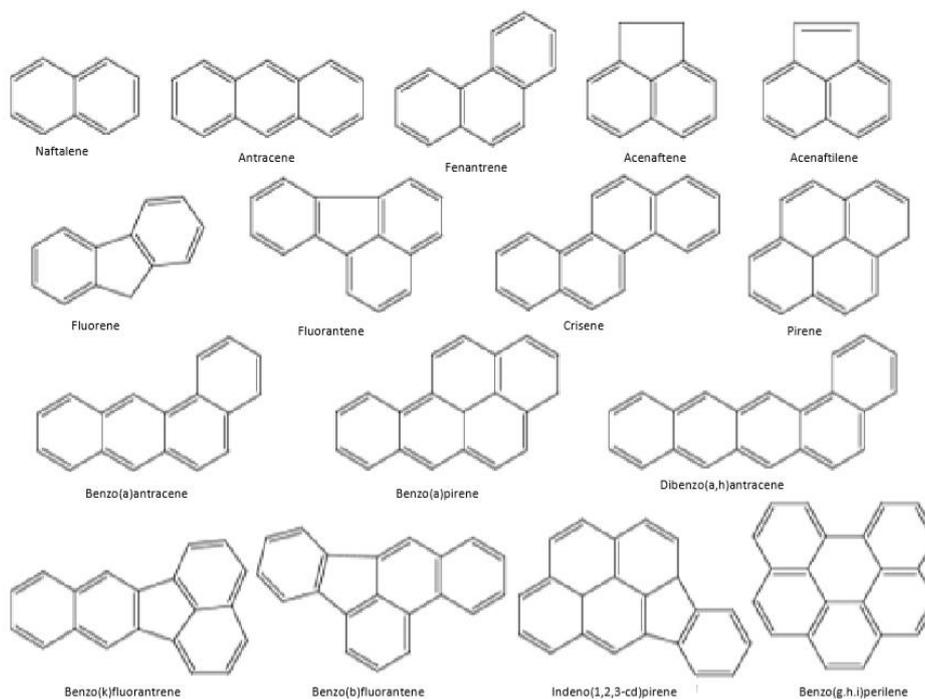


Fig. 2.4 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

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 (media $38,91 \pm 0,03$ psu), con una lieve diminuzione al fondo specialmente 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 (media $0,3 \pm 0,1$ mg l⁻¹), seguiti da un rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo 1,5 mg l⁻¹, 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 (media $95,9 \pm 0,6\%$).

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 (media $38,85 \pm 0,01$ psu).

La fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa in superficie ($< 0,5$ $\mu\text{g l}^{-1}$), con valori più elevati ($< 1,0$ $\mu\text{g l}^{-1}$) 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 (media $12,97 \pm 0,18^\circ\text{C}$), salinità (media $38,90 \pm 0,01$ psu), torbidità (media $0,3 \pm 0,1$ mg l⁻¹) e ossigeno disciolto alla saturazione (media $100,0 \pm 1,0\%$) in tutte le stazioni.

La distribuzione omogenea di temperatura in superficie (media $13,51 \pm 0,12^\circ\text{C}$) e al fondo (media $12,83 \pm 0,00^\circ\text{C}$) è evidente nelle mappe areali (fig. 3.5).

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

La fluorescenza (fig. 3.6) è apparsa ugualmente omogenea, con valori bassi ($< 0,5 \mu\text{g l}^{-1}$) 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 in tutte le stazioni di campionamento. 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 ($> 1 \text{ mg l}^{-1}$) 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 (media $84,3 \pm 0,7\%$)

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

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

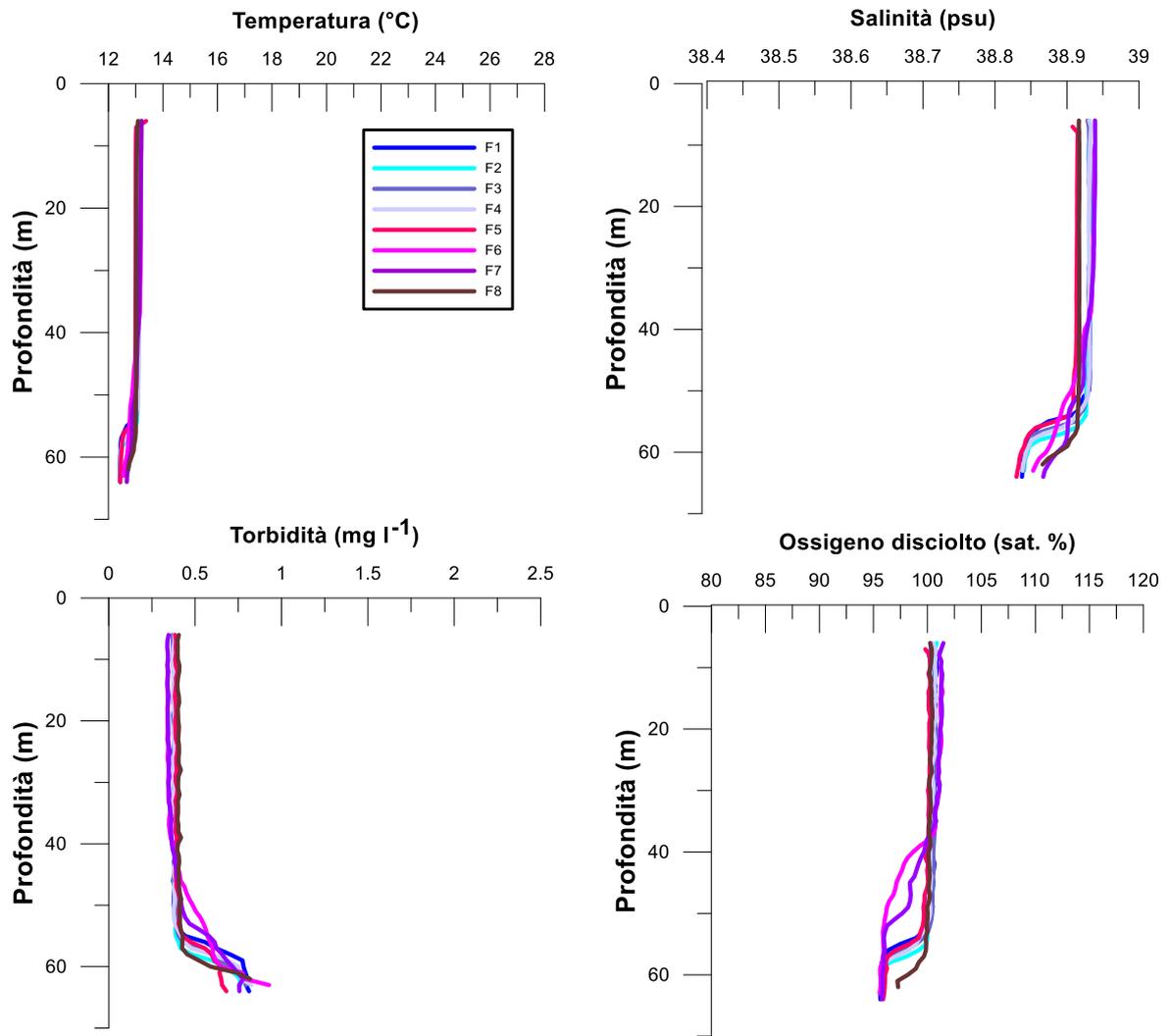


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2021.**

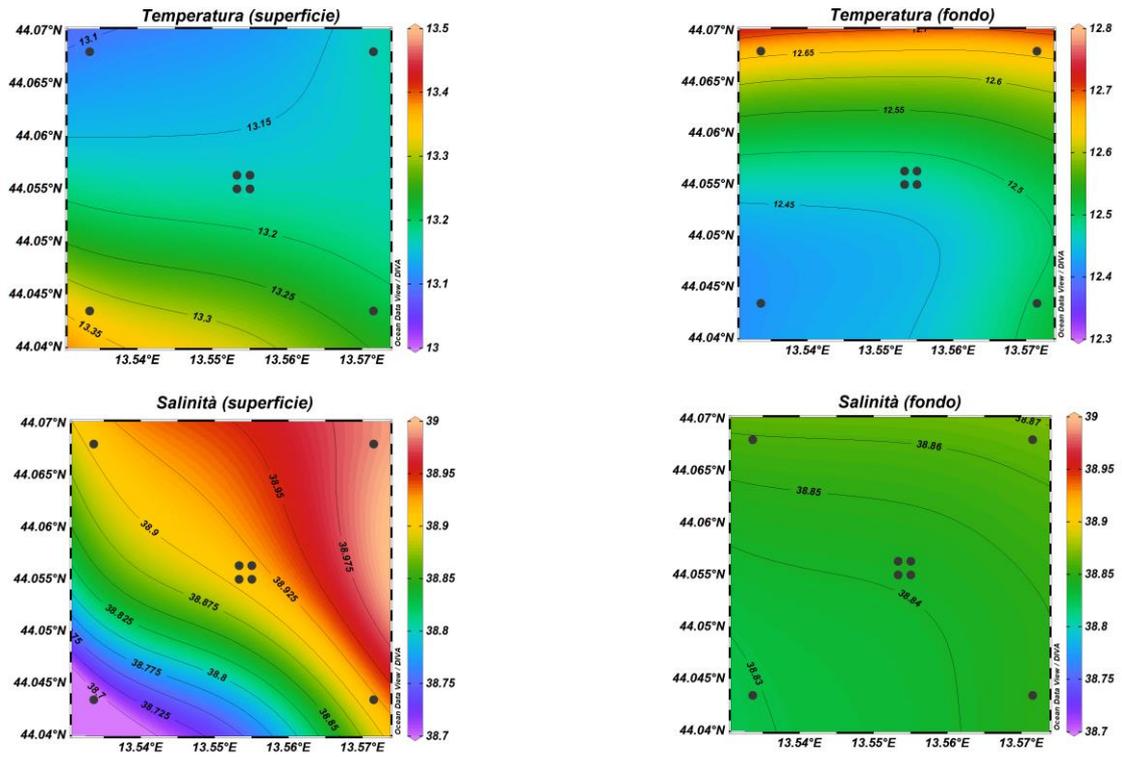


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).

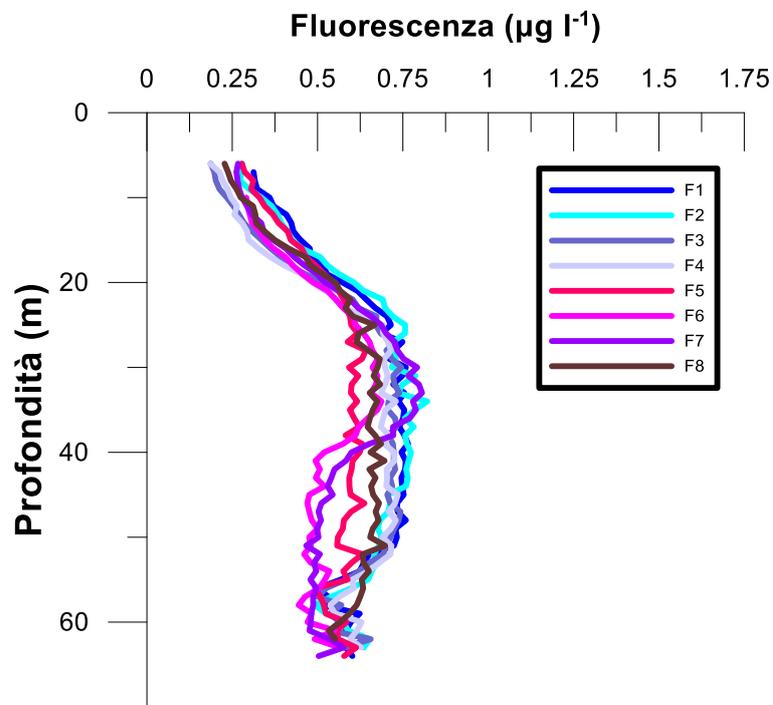


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Febbraio 2021**.

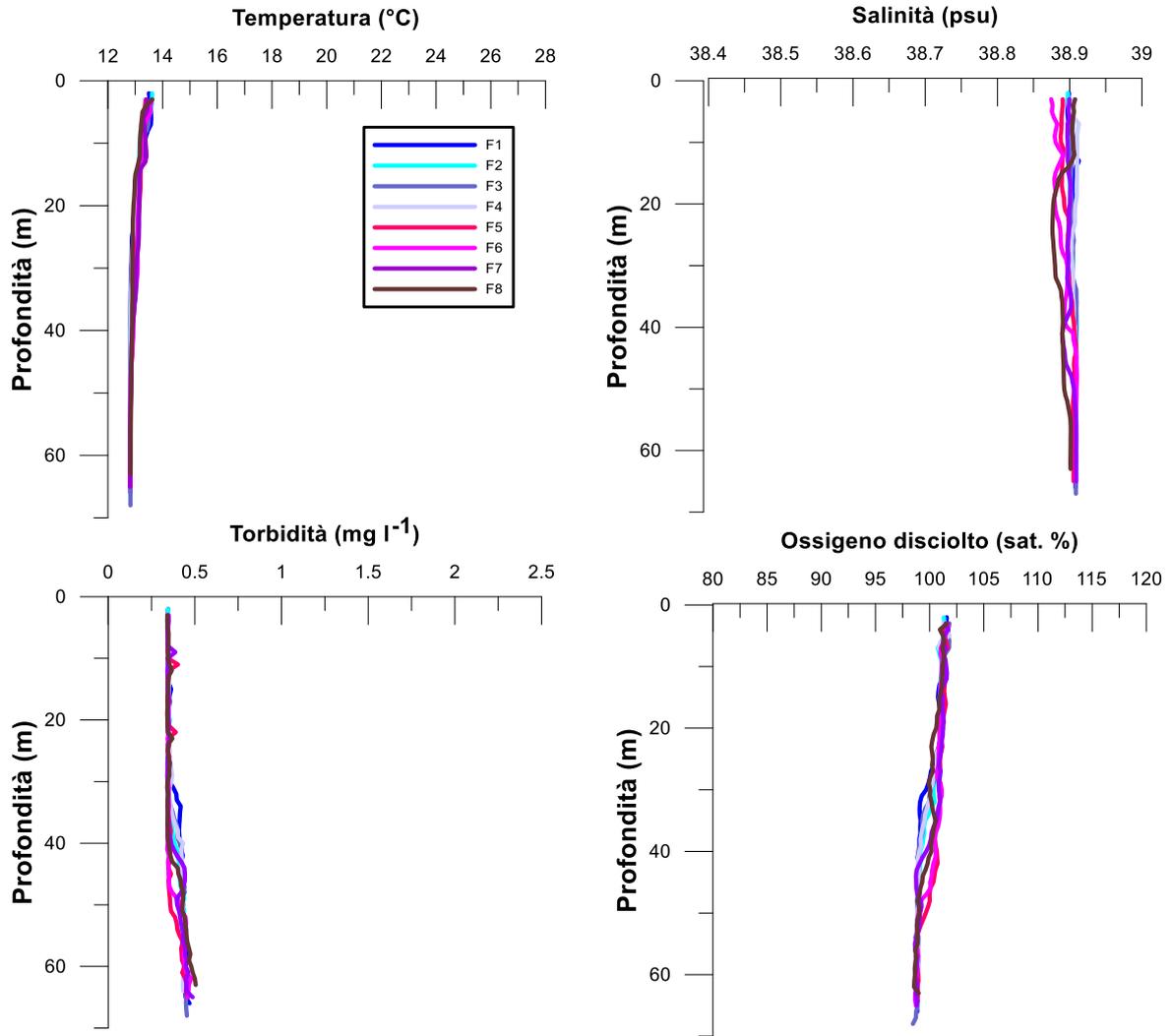


Fig. 3.4 - Profili di temperatura ($^{\circ}\text{C}$), salinità (psu), torbidità (mg l^{-1}) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Marzo 2021.**

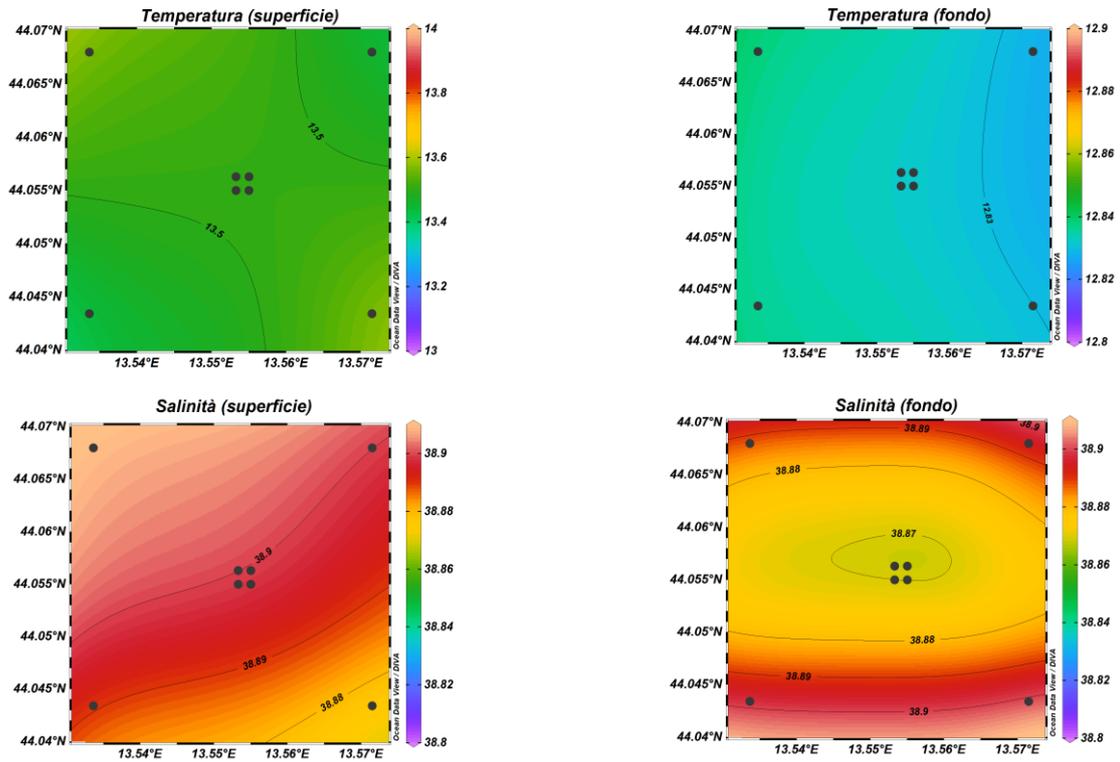


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

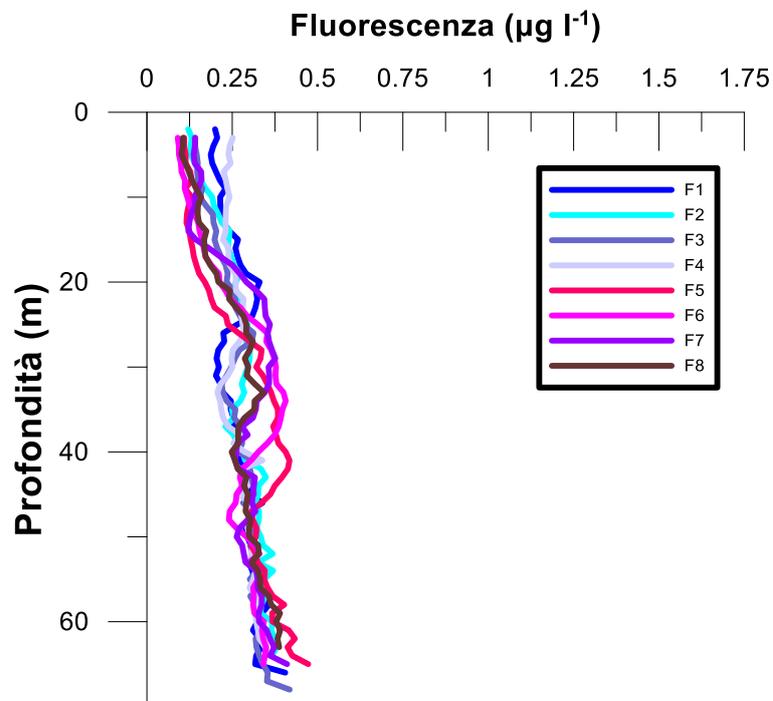


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Marzo 2021**.

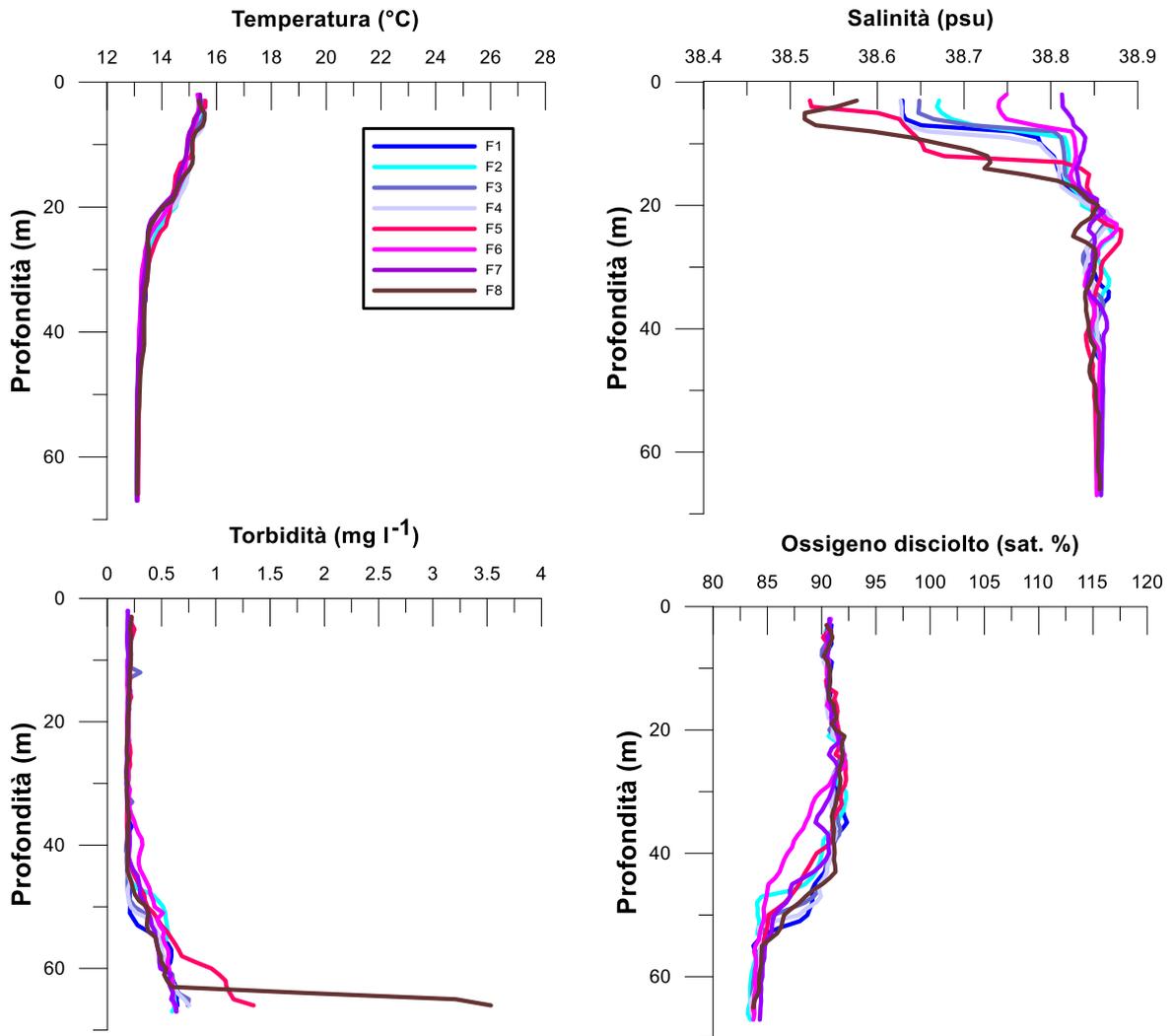


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l-1) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Maggio 2021.**

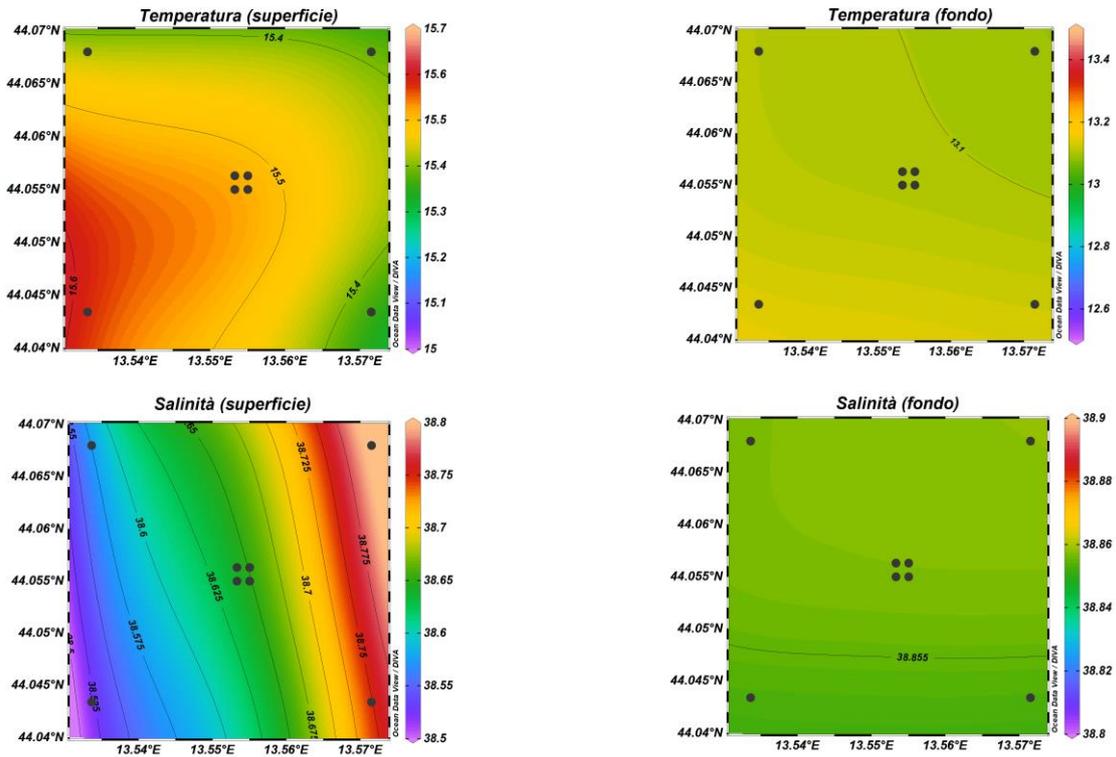


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

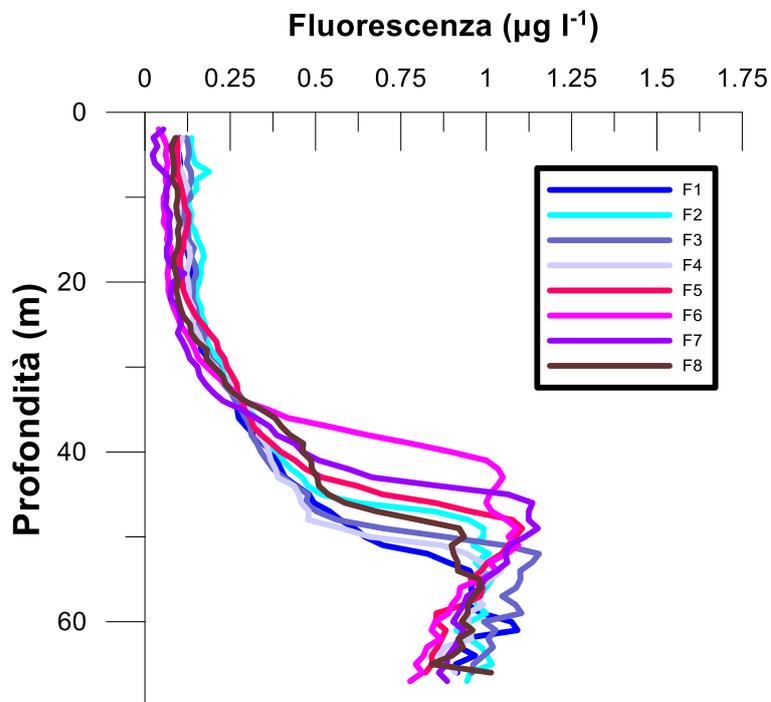


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Maggio 2021**.

3.1.2 NUTRIENTI

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.10a, 3.10b e 3.11) 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 osservato nella stazione F7 dove, sia a 20 m che in superficie, è stato rilevato 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 ed F7. La concentrazione massima di NH_4 ($0,10 \mu\text{M}$) è stata invece misurata a 20 m nella stazione 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 stazione 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 tutte le stazioni 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 il sito 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. 3.12a, 3.12b e 3.13) 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 risultato 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 stazione F5, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutti i siti.

Anche la concentrazione di $\text{Si}(\text{OH})_4$ 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, mentre il massimo ($1,90 \mu\text{M}$) al fondo della F8.

Infine, a **maggio** (figg. 3.14a, 3.14b e 3.15) 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 risultato 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 tutte le stazioni, e un massimo di $0,09 \mu\text{M}$ misurato in superficie nella 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 $\text{Si}(\text{OH})_4$ 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 stazione F6.

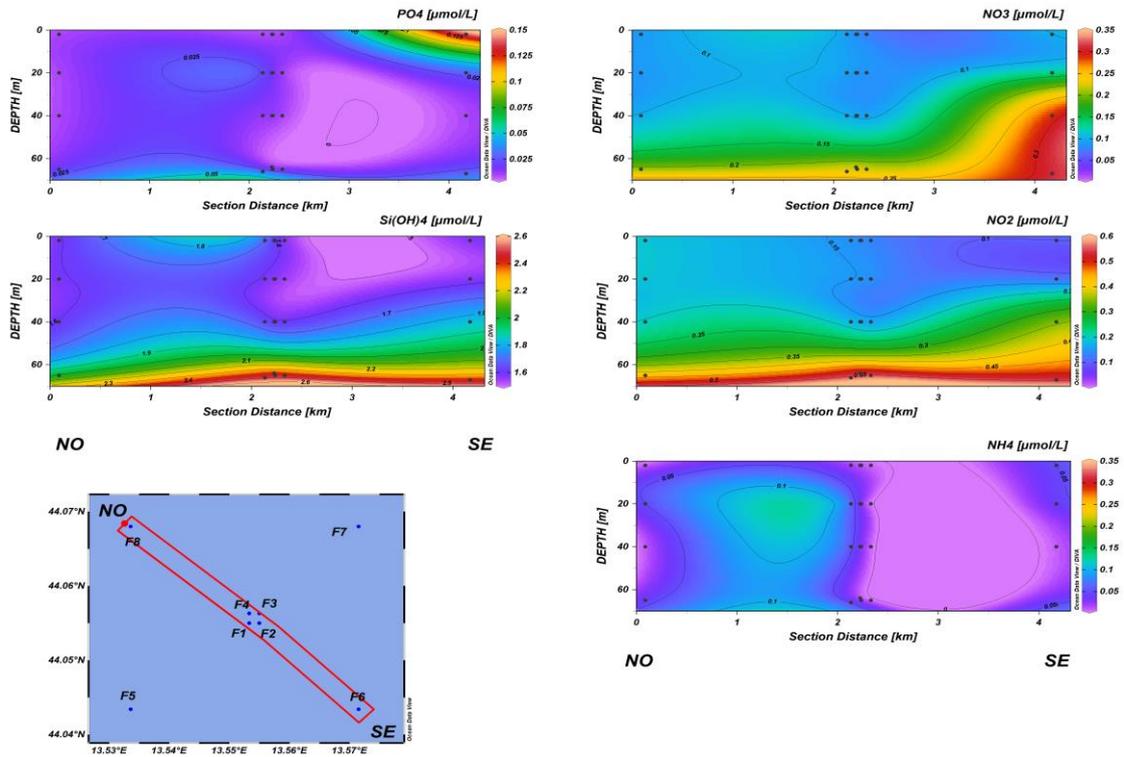


Fig. 3.10a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2021.**

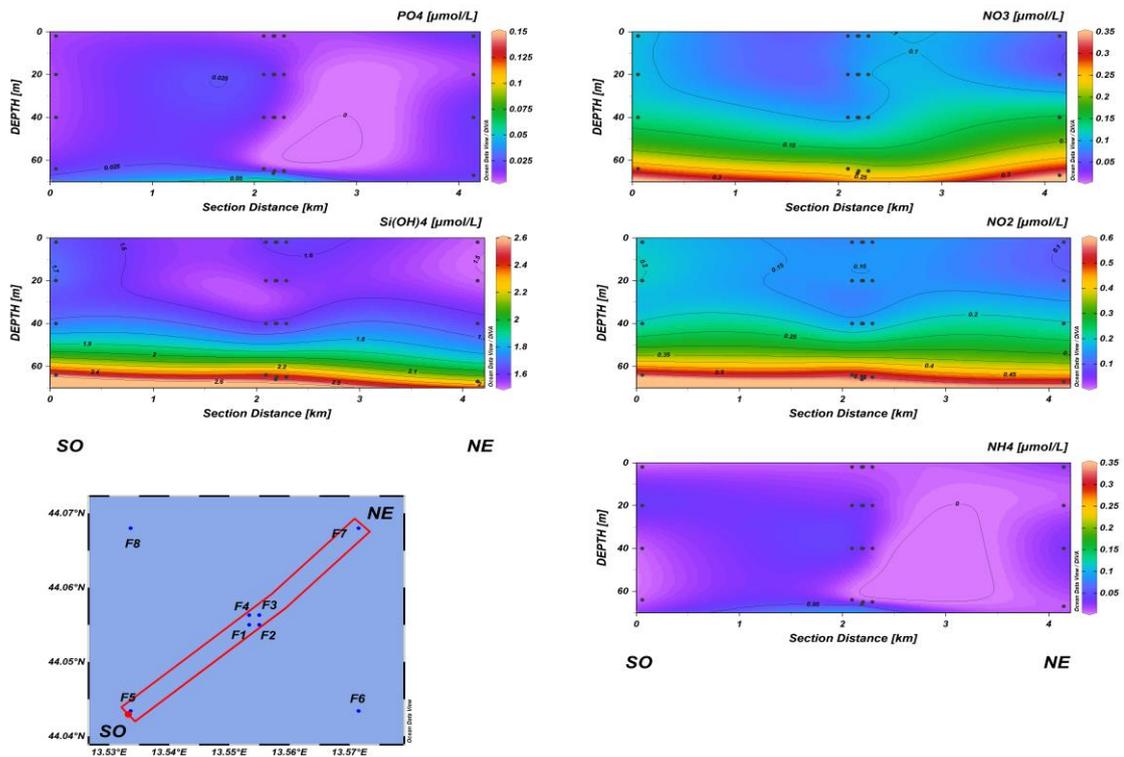


Fig. 3.10b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2021.**

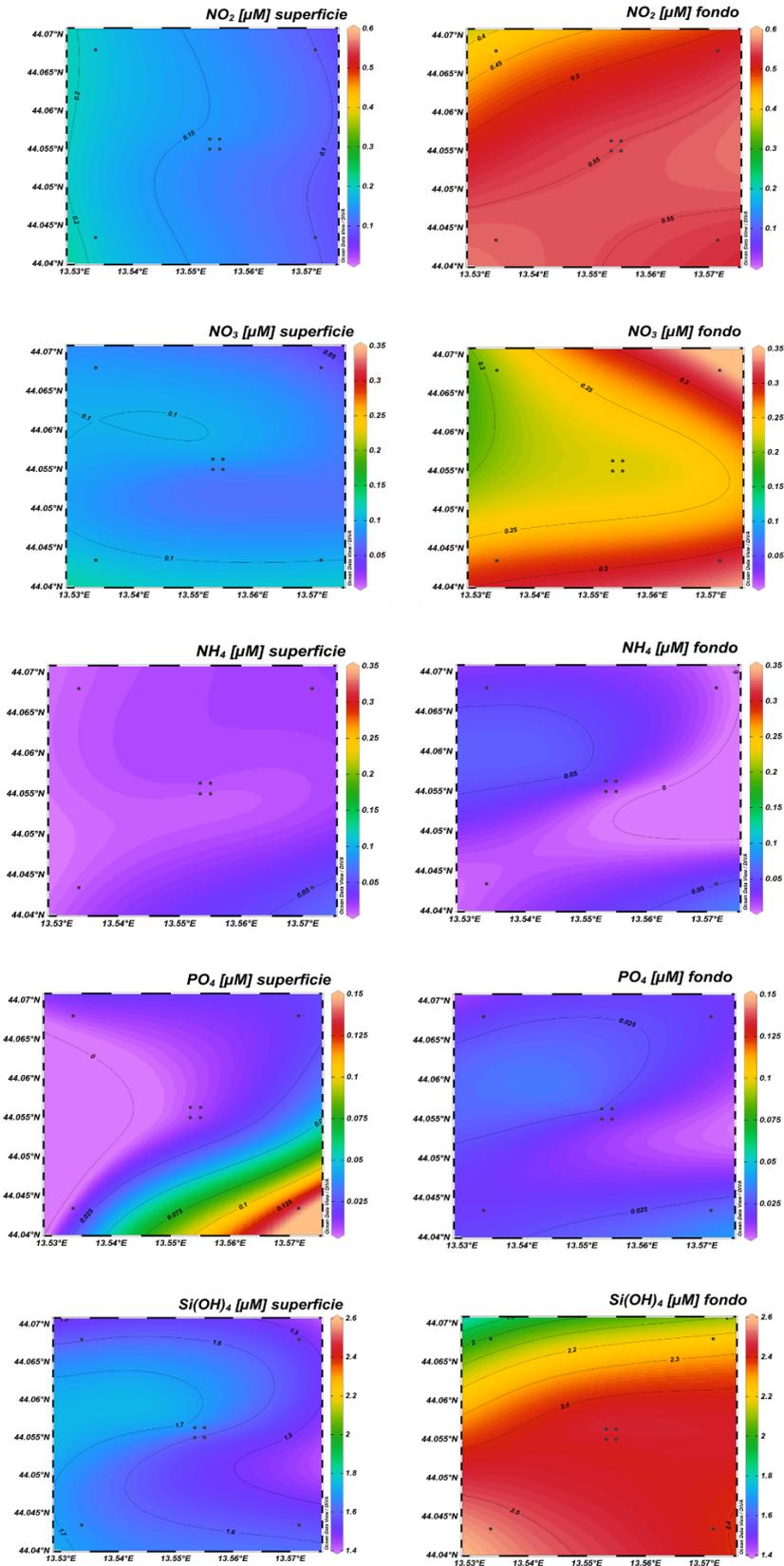


Fig. 3.11 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

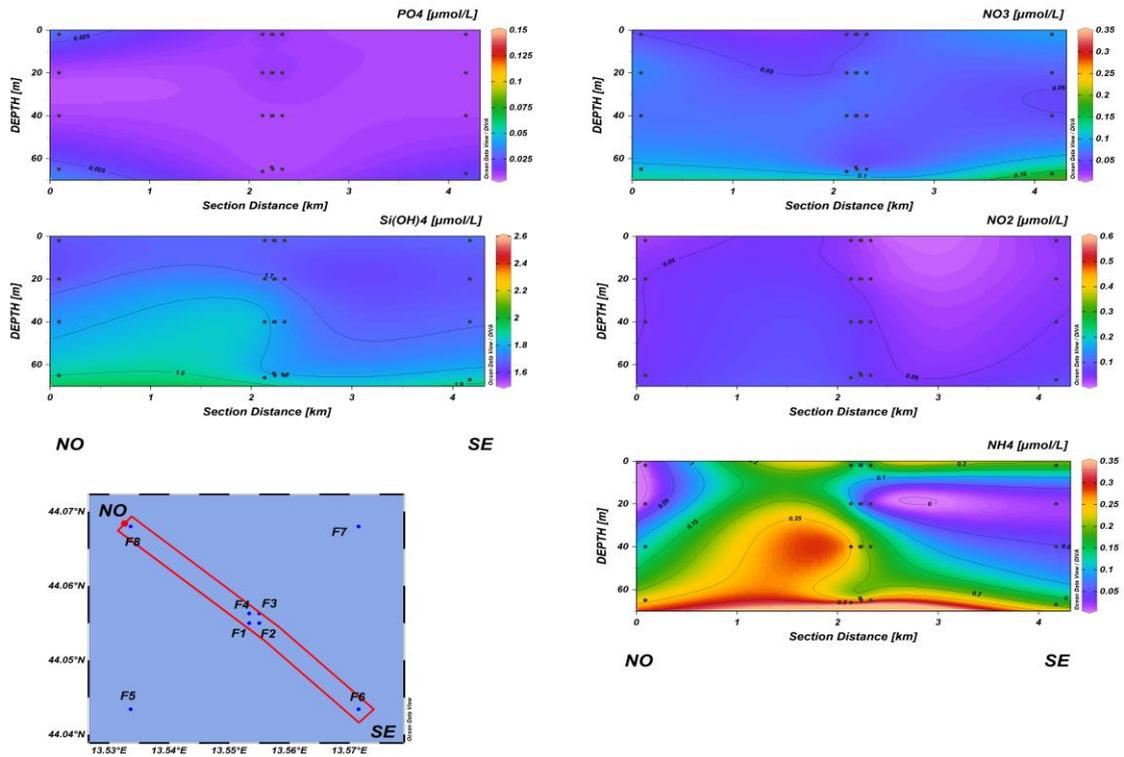


Fig. 3.12a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

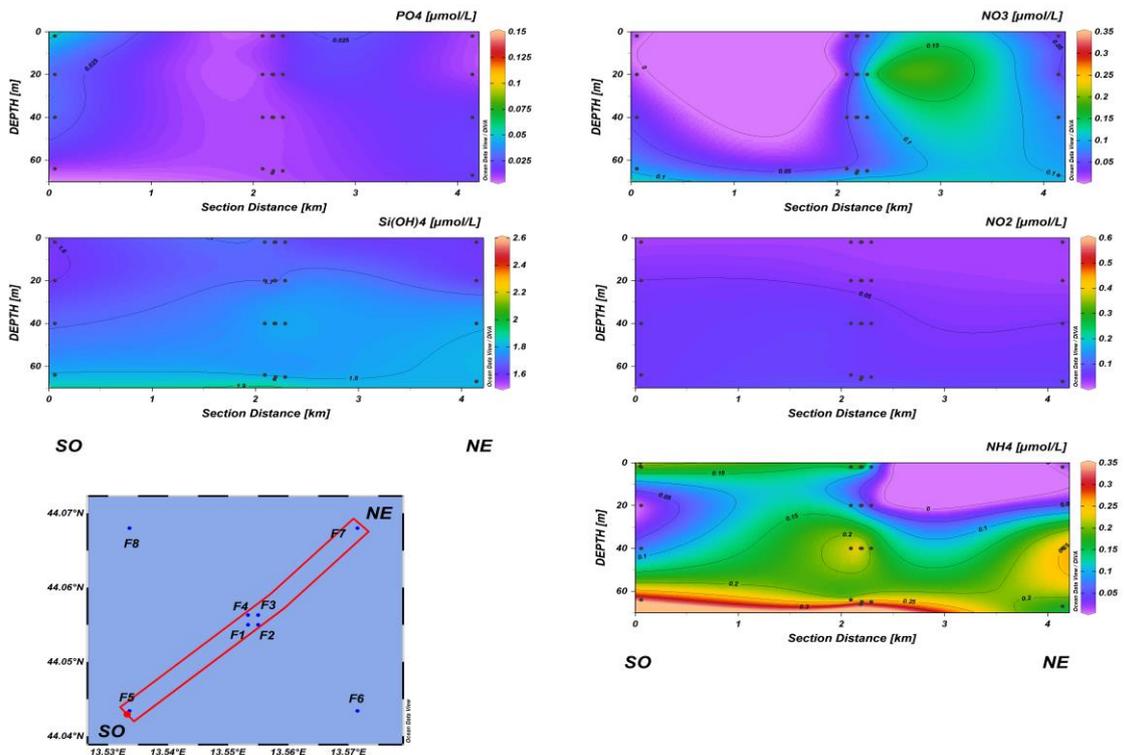


Fig. 3.12b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

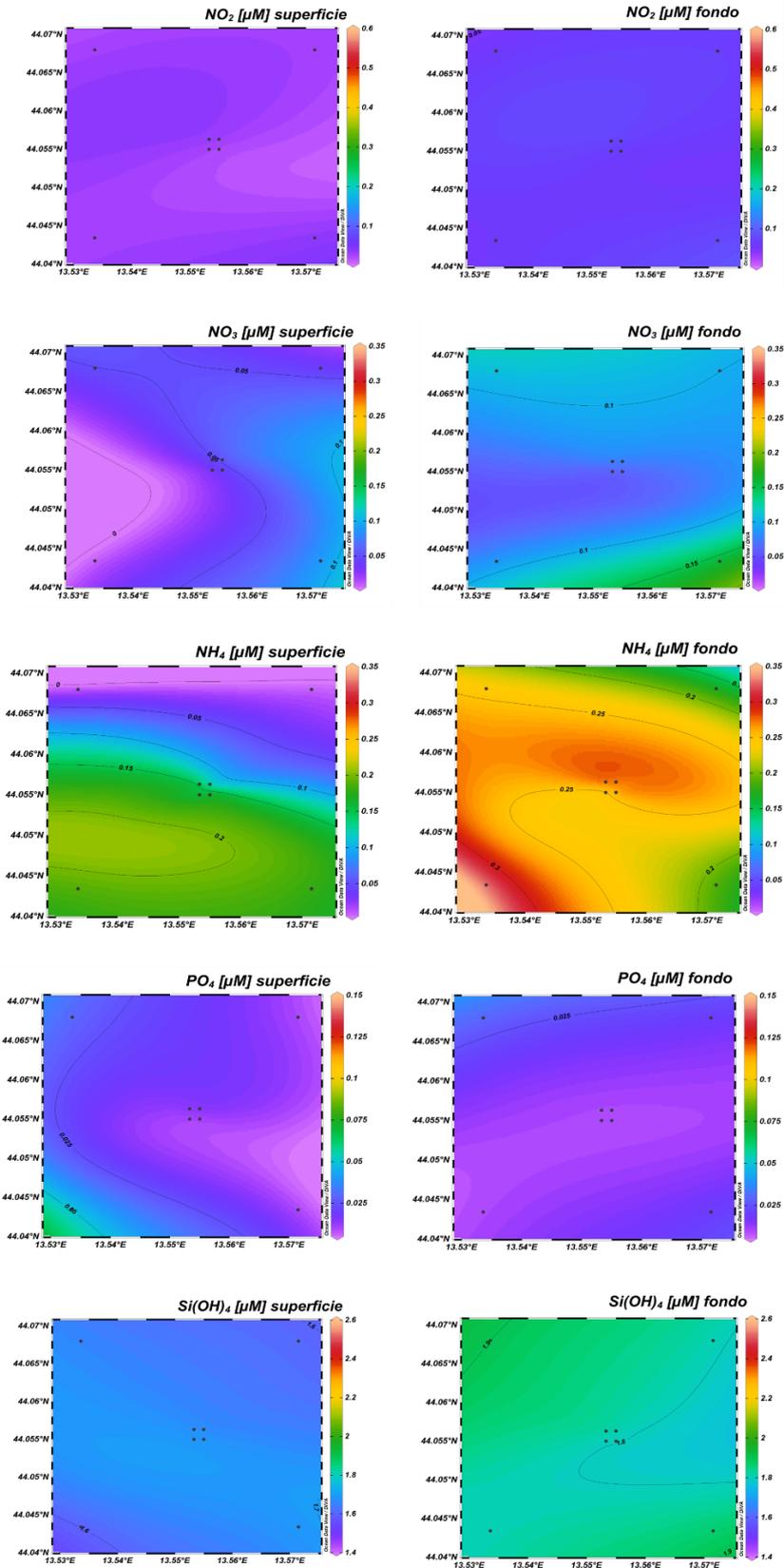


Fig. 3.13 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

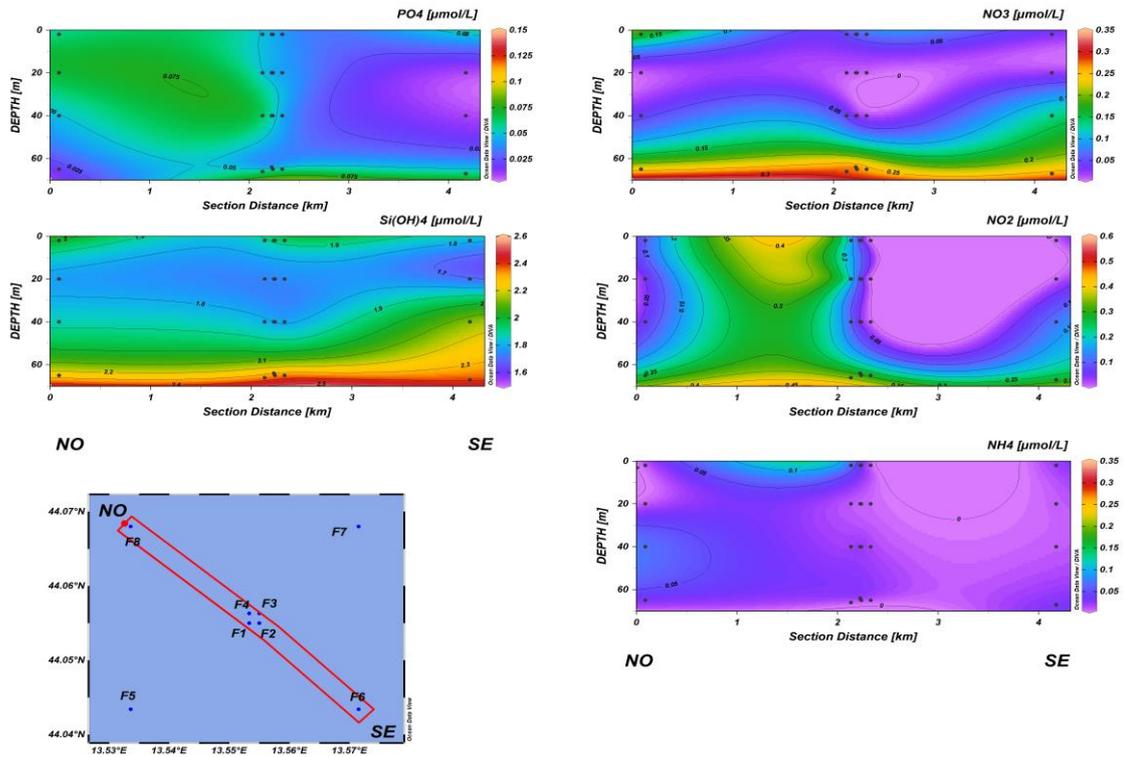


Fig. 3.14a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2021.

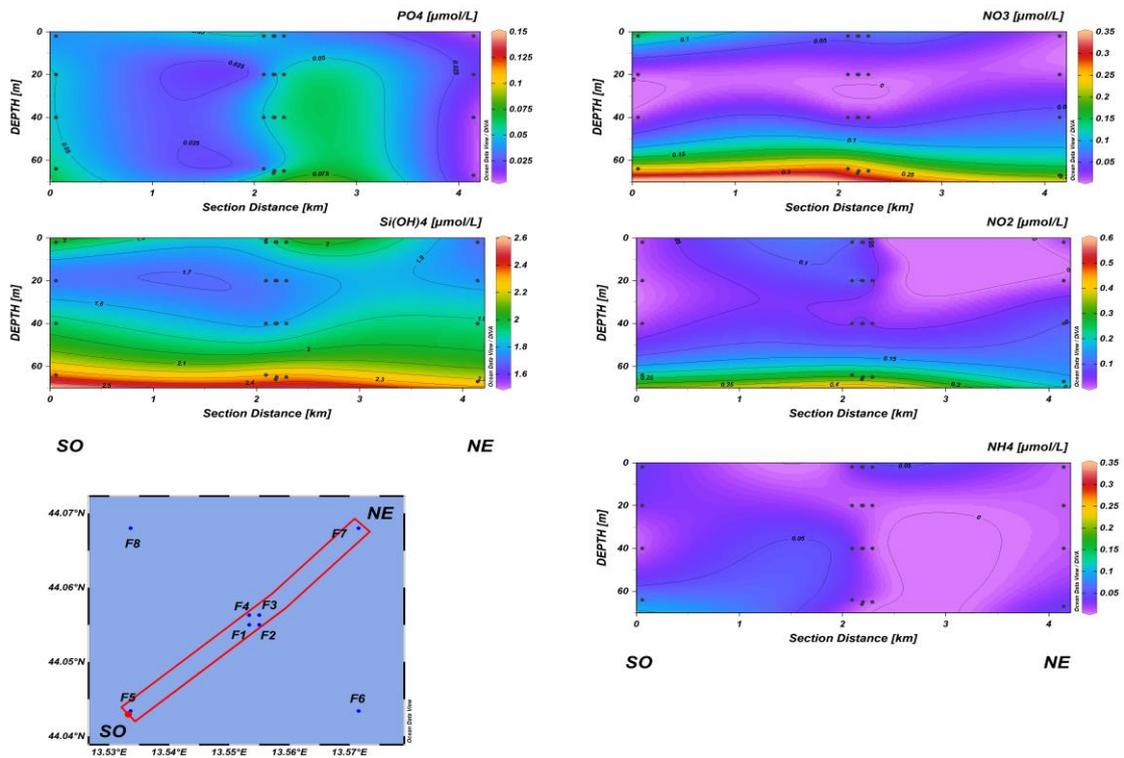


Fig. 3.14b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Maggio 2021.

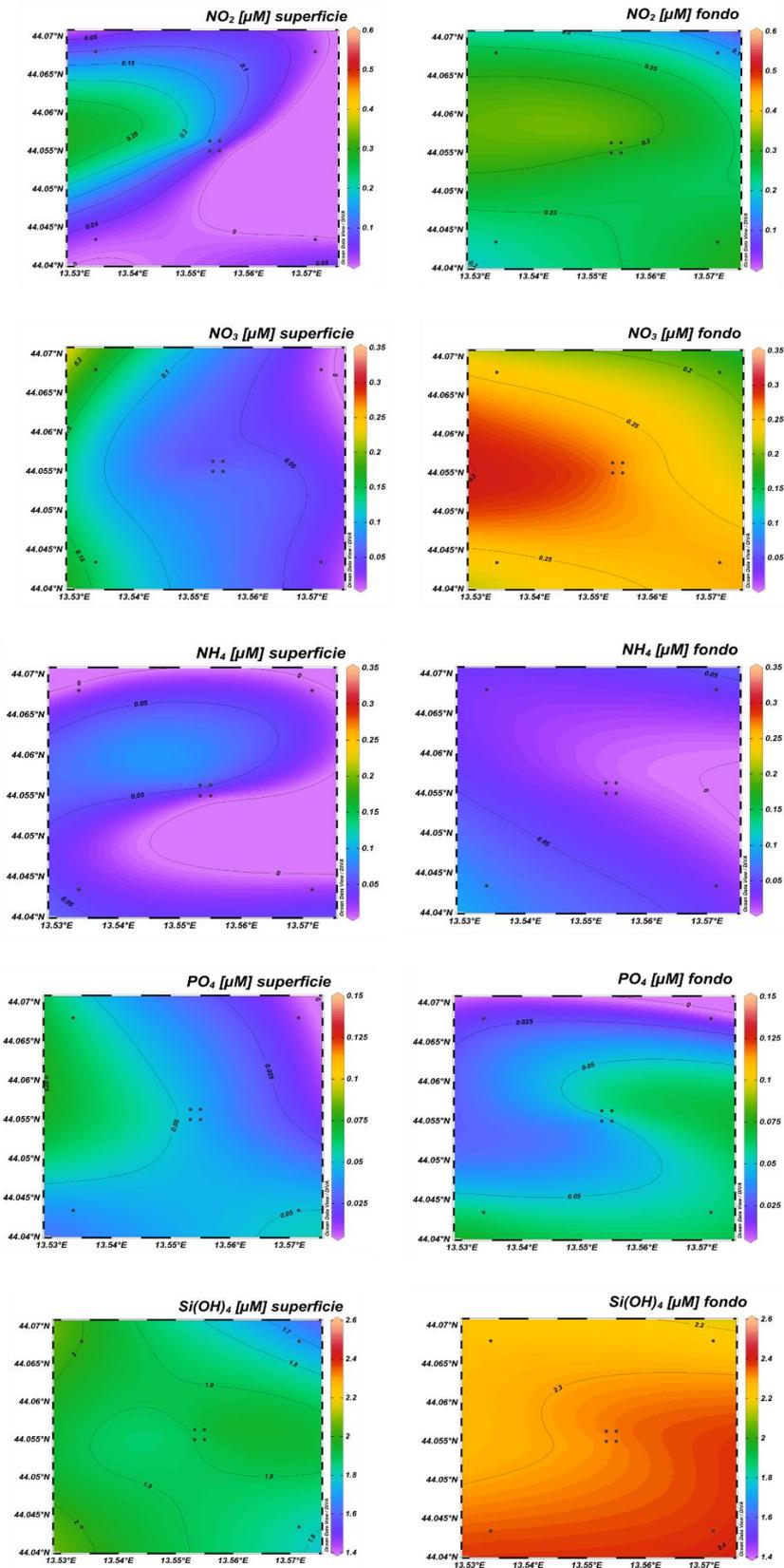


Fig. 3.15 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Maggio 2021.**

3.1.3 PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.16a, 3.16b, 3.17) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $361,1 \pm 49,6 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $451,0 \text{ ng l}^{-1}$ e un minimo di $221,4 \text{ ng l}^{-1}$ 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 $23,5 \pm 7,0 \text{ ng l}^{-1}$ e $104,0 \pm 12,3 \text{ ng l}^{-1}$. Il massimo di Chl *b* ($43,7 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato a 40 m di profondità nella stazione F6, il minimo ($11,9 \text{ ng l}^{-1}$) nella medesima stazione a 20 m. Il massimo di Chl *c* ($131,2 \text{ ng l}^{-1}$) è stato riscontrato a 40 m nella F3, mentre la concentrazione minima ($81,5 \text{ ng l}^{-1}$) è stata misurata alla stessa profondità nella F6. In generale per i tre pigmenti clorofilliani non è stato rilevato un andamento particolare.

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

Nella campagna di **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b, 3.19) la concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a $200,4 \pm 35,4 \text{ ng l}^{-1}$ ed è oscillata tra $293,6 \text{ ng l}^{-1}$ (F4, fondo) e $134,1 \text{ ng l}^{-1}$ (F6, superficie). La Chl *b* e la Chl *c* sono state in media rispettivamente pari a $11,2 \pm 2,4 \text{ ng l}^{-1}$ e $48,1 \pm 10,1 \text{ ng l}^{-1}$. La concentrazione massima di Chl *b* ($15,4 \text{ ng l}^{-1}$) è stata misurata al fondo della stazione F7, mentre il minimo ($5,3 \text{ ng l}^{-1}$) è stato riscontrato in superficie nella F1. Il massimo e minimo di Chl *c* ($68,5$ e $31,7 \text{ ng l}^{-1}$) 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 $0,4 \pm 0,3 \text{ mg l}^{-1}$. Analogamente a quanto osservato per le clorofille, non è stato rilevato un andamento particolare; il massimo ($1,2 \text{ mg l}^{-1}$) è stato registrato a 20 m di profondità nella stazione F2 e alla medesima profondità della F7 è stato osservato il minimo ($0,03 \text{ mg l}^{-1}$).

A **maggio** (figg. 3.20a, 3.20b, 3.21) la concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a $292,5 \pm 159,1 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $584,8 \text{ ng l}^{-1}$ (F5, fondo) e un minimo di $126,6 \text{ ng l}^{-1}$ (F3; 20 m). La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente di $24,6 \pm 20,8$ e $85,9 \pm 54,3 \text{ ng l}^{-1}$. Il massimo di Chl *b* ($62,9 \text{ ng l}^{-1}$) 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 ng l⁻¹ (F5, fondo) e 27,3 ng l⁻¹ (F7, superficie). In generale, le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo.

Il contenuto medio di TSM è stato 0,4±0,3 mg l⁻¹ 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⁻¹) presso la stazione F8; il minimo è stato invece pari a 0,05 mg l⁻¹ ed è stato misurato nella F7 a 20 m di profondità.

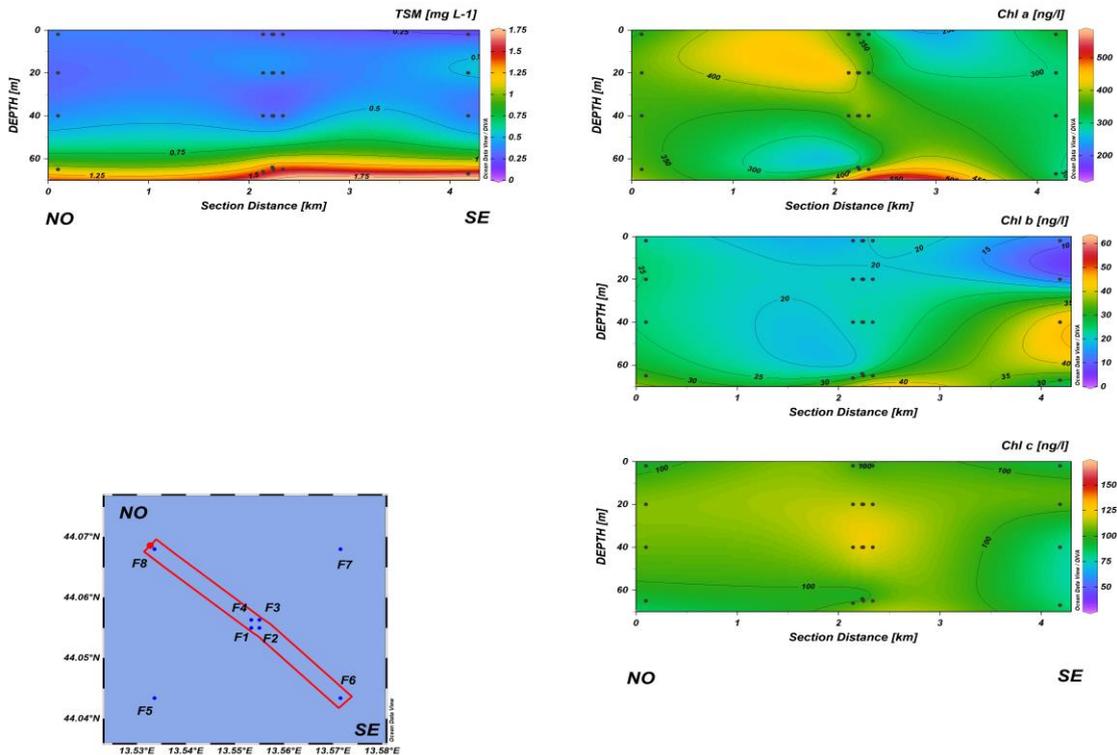


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

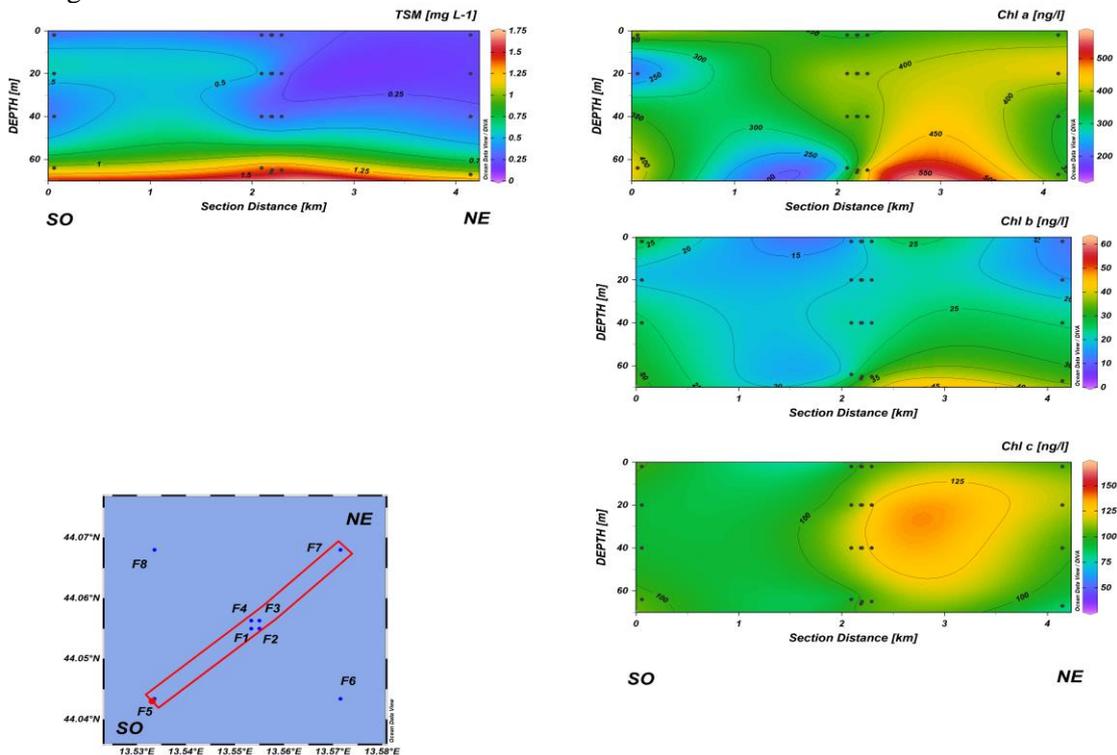


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

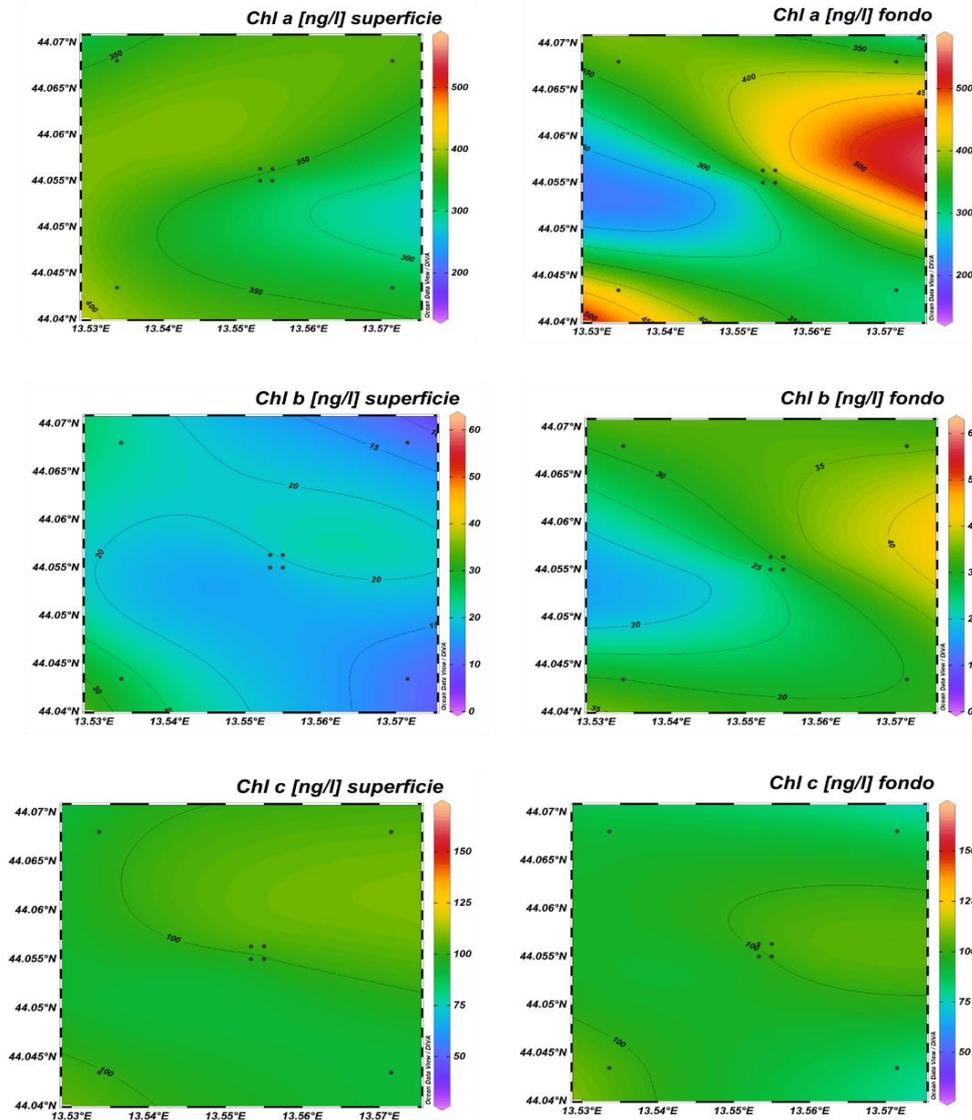


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

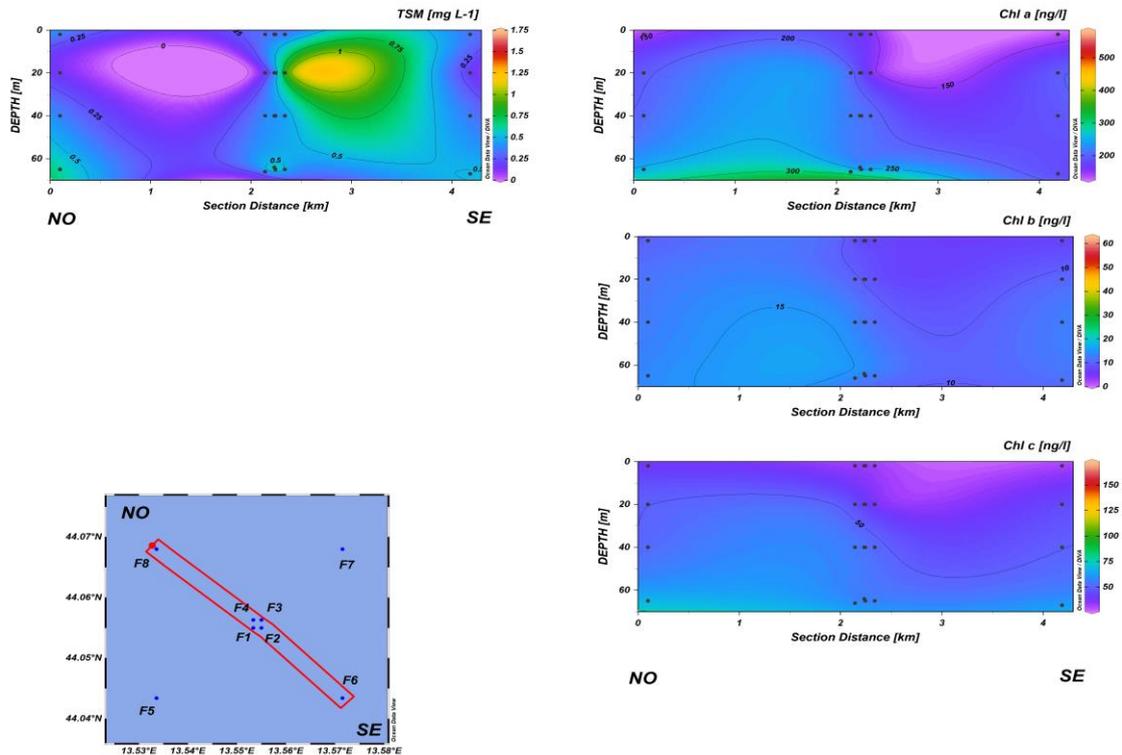


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

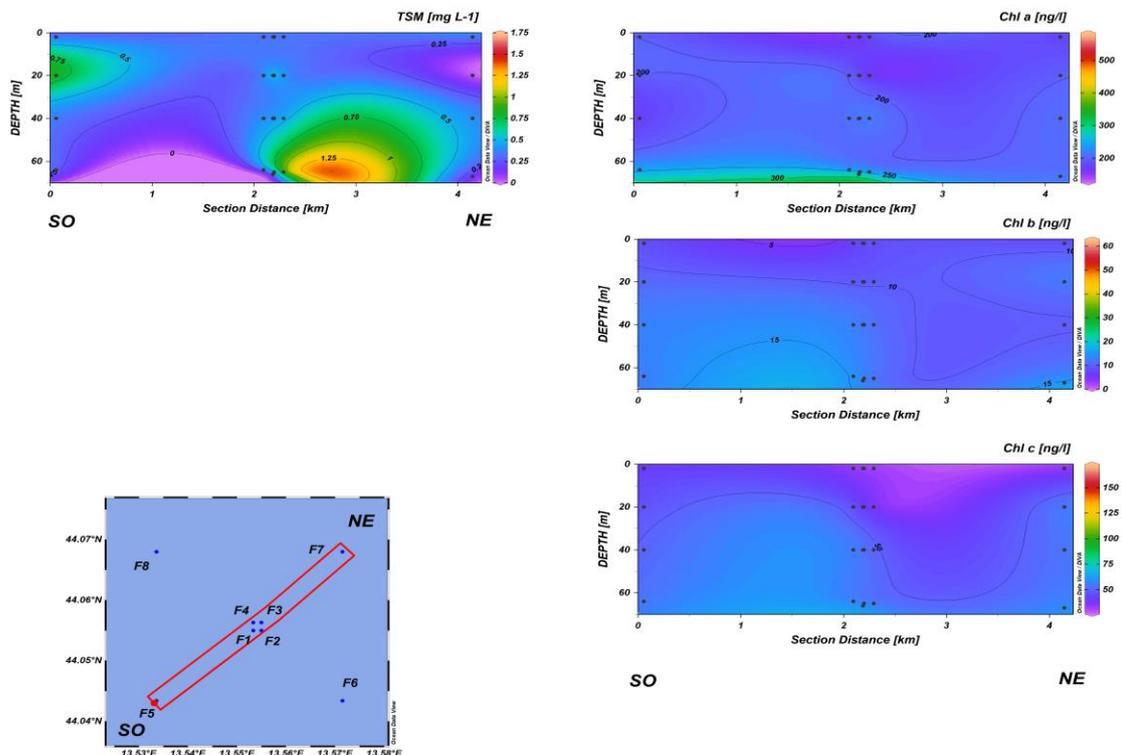


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

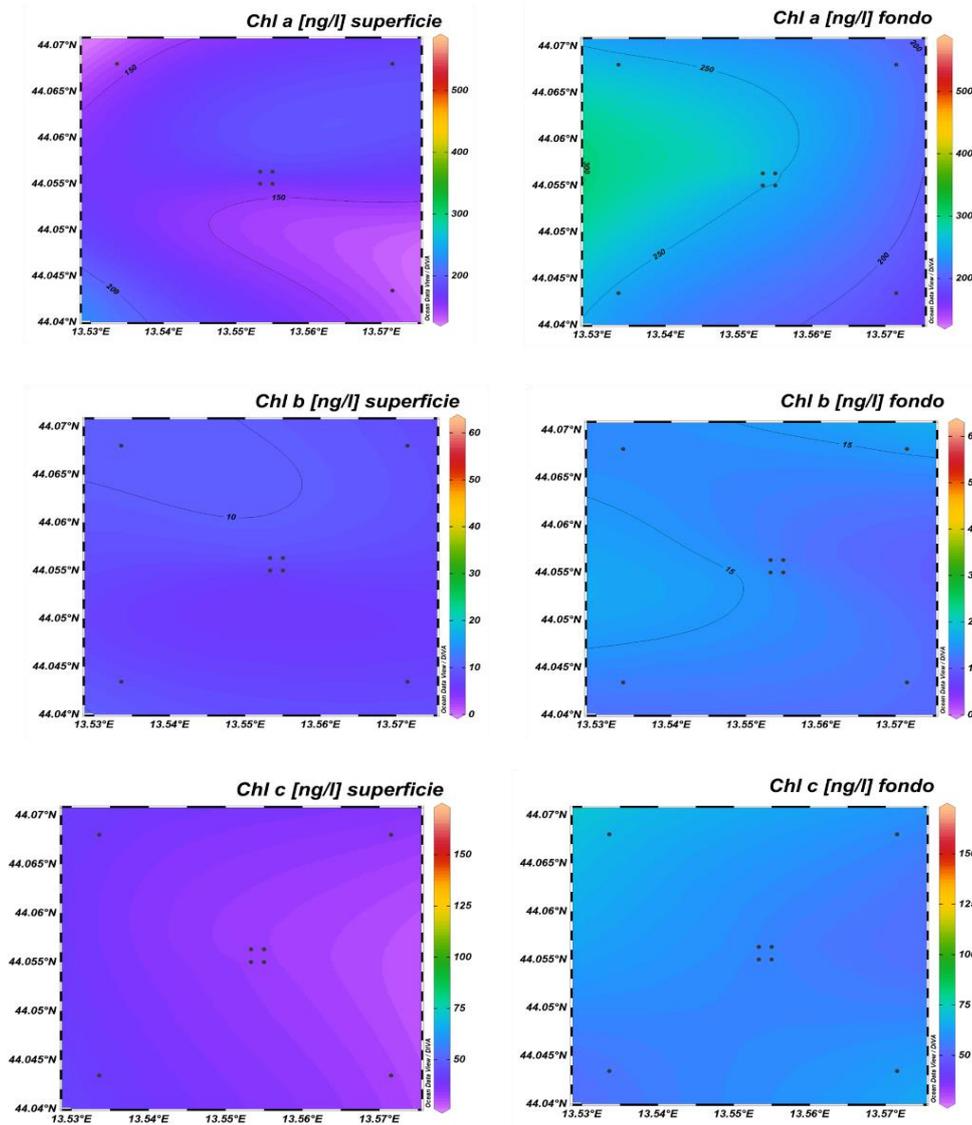


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

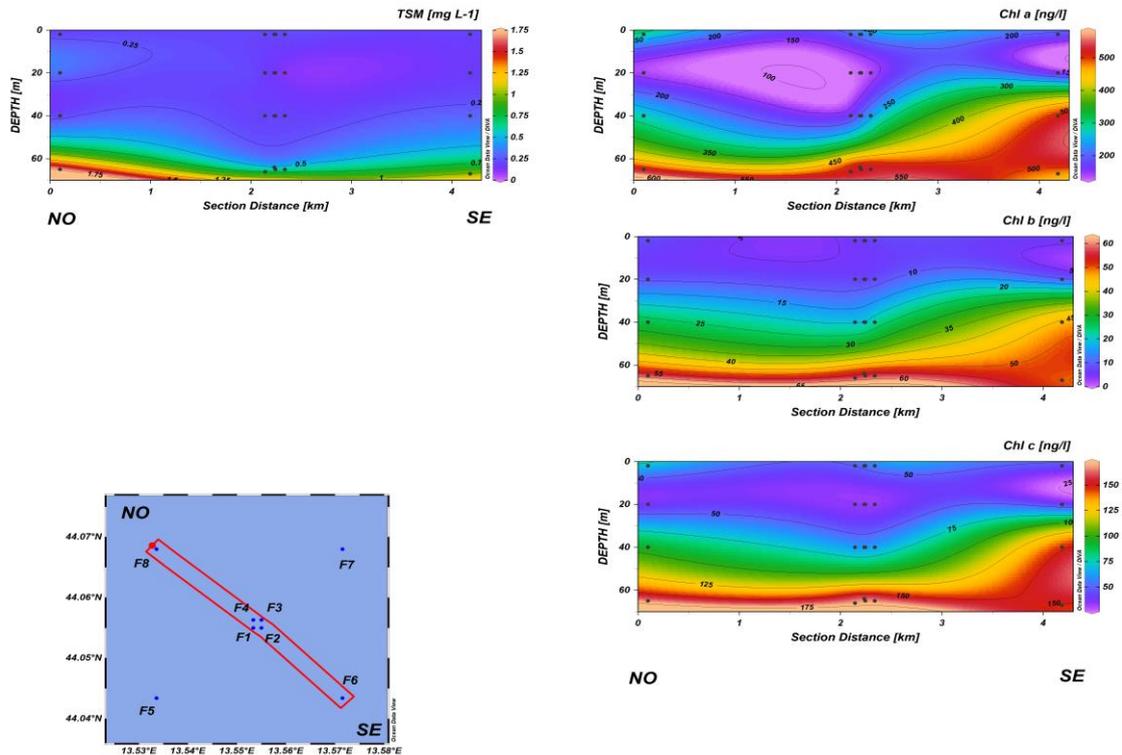


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni F8, F4, F1, F3, F2 e F6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

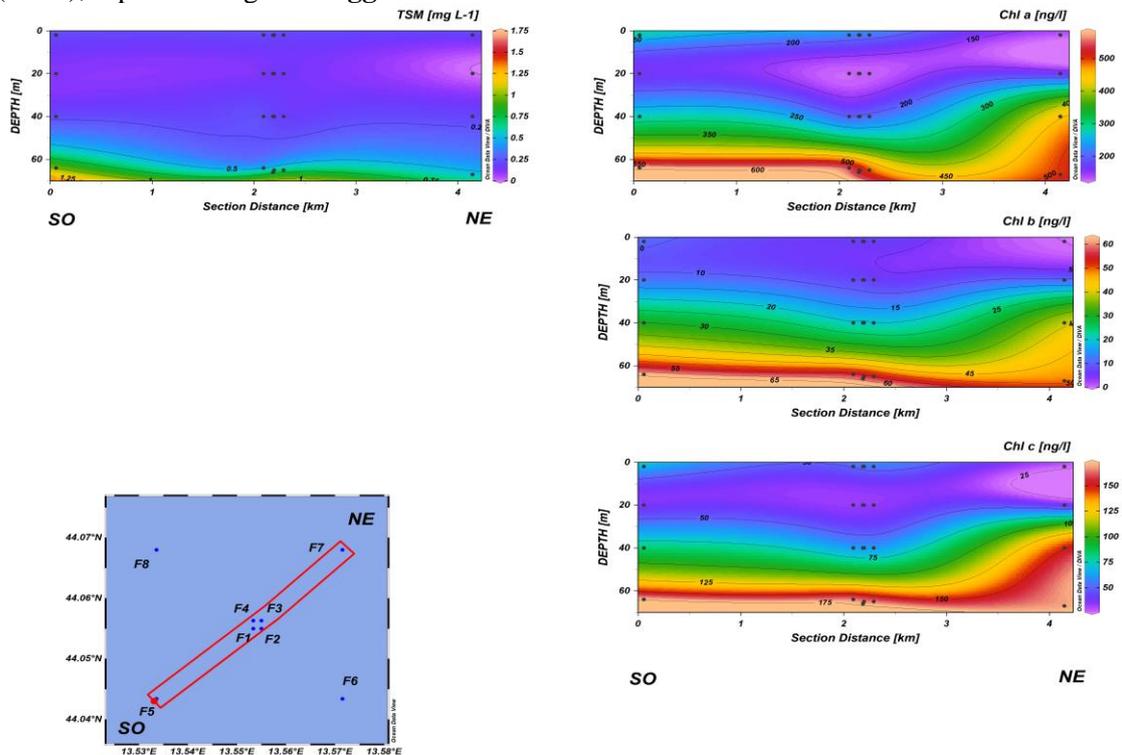


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni F5, F1, F2, F4, F3 e F7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

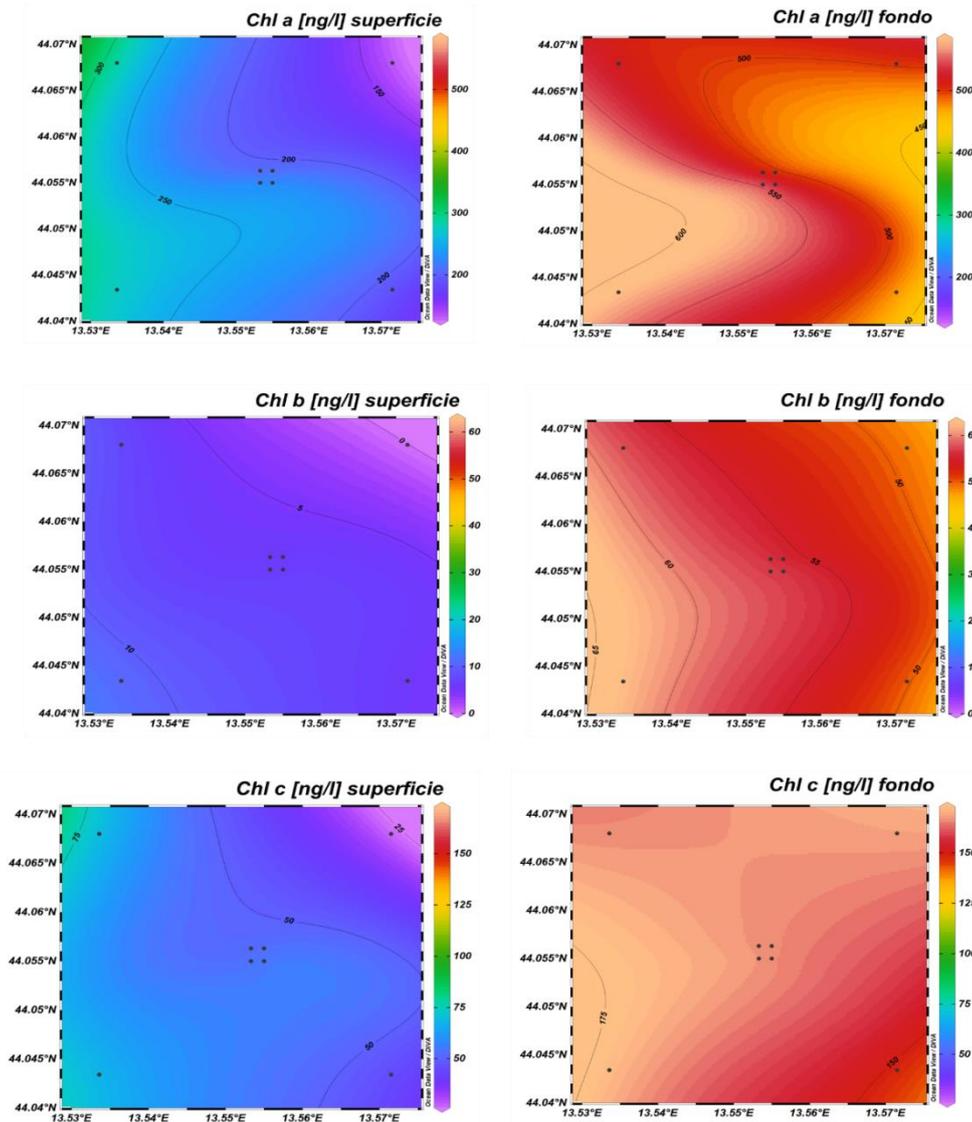


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l⁻¹. **Maggio 2021.**

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 1° semestre 2021 sono riportati nelle Tabb. 3-I - 3-III.

In tutte le campagne effettuate solo poche determinazioni di **IT** sono risultate al di sopra del LR (Tab. 3-I). A **febbraio** si sono misurati solo sei valori utili, di cui 2 nelle stazioni di piattaforma (F1-F4) e 4 in quelle di controllo (F5-F8), con un range globale di 36-120 µg/L. Il massimo è stato rilevato a 40 m di profondità in F4.

A **marzo** solo cinque valori rilevabili, tutti nelle stazioni di controllo, con range 24-59 µg/L.

Infine, a **maggio** sono state quantificate 8 concentrazioni, 7 delle quali in stazioni prossime alla piattaforma, variabili tra 23 e 75 µg/L (rispettivamente F3, superficie e F1, fondo).

Tab. 3-I - Concentrazioni (µg/L) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nei 3 survey effettuati nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febb	Mar	Mag	Stazione	Febb	Mar	Mag
F1 sup	< 28	< 28	32	F5 sup	< 28	< 28	< 28
F1 20 m	< 28	< 28	53	F5 20 m	< 28	24	< 28
F1 40 m	38	< 28	< 28	F5 40 m	< 28	< 28	< 28
F1 fondo	< 28	< 28	75	F5 fondo	< 28	< 28	< 28
F2 sup	< 28	< 28	< 28	F6 sup	< 28	< 28	< 28
F2 20 m	< 28	< 28	24	F6 20 m	< 28	32	48
F2 40 m	120	< 28	< 28	F6 40 m	36	< 28	< 28
F2 fondo	< 28	< 28	< 28	F6 fondo	62	< 28	< 28
F3 sup	< 28	< 28	23	F7 sup	< 28	< 28	< 28
F3 20 m	< 28	< 28	< 28	F7 20 m	< 28	< 28	< 28
F3 40 m	< 28	< 28	< 28	F7 40 m	< 28	< 28	< 28
F3 fondo	< 28	< 28	38	F7 fondo	< 28	24	< 28
F4 sup	< 28	< 28	40	F8 sup	51	< 28	< 28
F4 20 m	< 28	< 28	< 28	F8 20 m	63	< 28	< 28
F4 40 m	< 28	< 28	< 28	F8 40 m	< 28	59	< 28
F4 fondo	< 28	< 28	< 28	F8 fondo	< 28	38	< 28

A **febbraio** gli **IA** sono stati registrati in 10 campioni, di cui solo tre nei siti a 100 m dalla piattaforma. Il minimo (5,5 µg/L) ha caratterizzato il fondo del controllo F7, il massimo (24,0 µg/L) la medesima quota del controllo F6 (Tab. 3-II). Non rilevati a **marzo**, a **maggio** gli **IA** sono stati quantificati in 8 campioni (di cui 7 a 100 m da Fauzia) in concentrazioni maggiori rispetto a febbraio, comprese tra 19 (F2, 20 m) e 59 µg/L (F1,

fondo).

Tab. 3-II - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nei 3 survey effettuati nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febb	Mar	Mag	Stazione	Febb	Mar	Mag
F1 sup	< 1	< 1	28,0	F5 sup	< 1	< 1	< 1
F1 20 m	< 1	< 1	45,0	F5 20 m	8,5	< 1	< 1
F1 40 m	13,0	< 1	< 1	F5 40 m	< 1	< 1	< 1
F1 fondo	< 1	< 1	59,0	F5 fondo	< 1	< 1	< 1
F2 sup	12,0	< 1	< 1	F6 sup	< 1	< 1	< 1
F2 20 m	< 1	< 1	19,0	F6 20 m	< 1	< 1	38,0
F2 40 m	22,0	< 1	< 1	F6 40 m	11	< 1	< 1
F2 fondo	< 1	< 1	< 1	F6 fondo	24,0	< 1	< 1
F3 sup	< 1	< 1	20,0	F7 sup	< 1	< 1	< 1
F3 20 m	< 1	< 1	< 1	F7 20 m	< 1	< 1	< 1
F3 40 m	< 1	< 1	< 1	F7 40 m	< 1	< 1	< 1
F3 fondo	< 1	< 1	28,0	F7 fondo	5,5	< 1	< 1
F4 sup	< 1	< 1	32,0	F8 sup	18,0	< 1	< 1
F4 20 m	< 1	< 1	< 1	F8 20 m	13,0	< 1	< 1
F4 40 m	< 1	< 1	< 1	F8 40 m	11,0	< 1	< 1
F4 fondo	< 1	< 1	< 1	F8 fondo	< 1	< 1	< 1

Gli **IPA** al di sopra del LR non hanno superato il 50% del totale dei campioni e sono stati rilevati per lo più nelle stazioni di piattaforma (Tab. 3-III). A **febbraio** tutti i valori superiori al LR (13) sono stati registrati entro 100 m da Fauzia, con media di $0,0057 \pm 0,0067 \mu\text{g/L}$ (range $0,0032$ - $0,0280 \mu\text{g/L}$). A **marzo** la media dei valori rilevati, tutti nelle stazioni prossime alla struttura, è stata di $0,0088 \pm 0,0067 \mu\text{g/L}$ (range $0,0030$ - $0,0250 \mu\text{g/L}$). Infine a **maggio**, con circa il 50% dei campioni rilevabili (9 campioni entro 100 m e 6 a 2000 m dalla piattaforma), la media globale è stata di $0,0064 \pm 0,0115 \mu\text{g/L}$ (range $0,00058$ - $0,0480 \mu\text{g/L}$). Il massimo assoluto di $0,0480 \mu\text{g/L}$ è stato registrato nella stazione F1 a 40 m di profondità.

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

Il **benzene** è risultato rilevabile solo a **febbraio** e solo in 7 campioni, di cui 6 nelle stazioni di controllo, con range globale di $0,013$ - $0,037 \mu\text{g/L}$ (massimo in F7, 40 m).

Per l'**etilbenzene** sono stati registrati solo due valori a **marzo**, nella stazione F1 al fondo ($0,130 \mu\text{g/L}$) e nella F7 a 20 m ($0,011 \mu\text{g/L}$).

Lo **stirene** è stato rilevato a **febbraio** soprattutto nei siti di controllo, con media globale di $0,013 \pm 0,005 \mu\text{g/L}$ e range di $0,010$ - $0,036 \mu\text{g/L}$ (massimo in F1, superficie). Assente a **marzo**, a **maggio** è ricomparso in 10 campioni (6 dei quali raccolti a 100 m e 4 a 2000 m

da Fauzia) con un range complessivo di 0,011-0,082 µg/L. Il massimo assoluto è stato rilevato nella stazione F4 in superficie.

Nel 1° semestre 2021 non si sono registrati valori di concentrazione rilevabili di **toluene** e lo **xilene** è risultato presente esclusivamente in un campione prelevato a marzo a 20 m di profondità della stazione F7, peraltro con una concentrazione molto bassa.

Tab. 3-III - Concentrazioni (µg/L) dei 16 Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nei tre survey condotti nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio
F1 sup	0,0033	0,0040	< 0,0028
F1 20 m	0,0037	0,0033	0,0049
F1 40 m	0,0038	0,0130	0,0480
F1 fondo	< 0,0028	0,0250	< 0,0028
F2 sup	0,0042	0,0120	< 0,0028
F2 20 m	< 0,0028	0,0190	0,0036
F2 40 m	0,0037	0,0130	< 0,0028
F2 fondo	0,0043	0,0120	0,0030
F3 sup	0,0032	0,0034	0,0034
F3 20 m	0,004	0,0038	0,0039
F3 40 m	0,028	0,0031	0,0039
F3 fondo	0,004	0,0130	< 0,0028
F4 sup	0,0040	0,0036	< 0,0028
F4 20 m	0,0042	0,0030	< 0,0028
F4 40 m	0,0038	0,0038	0,00058
F4 fondo	< 0,0028	0,0065	0,0043
F5 sup	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F5 20 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0032
F5 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F5 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F6 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0051
F6 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F6 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F6 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F7 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0023
F7 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F7 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0041
F7 fondo	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F8 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0030
F8 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F8 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028
F8 fondo	< 0,0028	< 0,0028	0,0033

Tab. 3-IV - Microinquinanti organici (BTEX; µg/L) determinati nei tre survey condotti nel 1° semestre 2021.

Stazione	Benzene			Etilbenzene			Stirene			Toluene			Xilene		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
F1 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,036	< 0,01	0,054	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F1 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	0,011	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F1 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F1 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	0,014	< 0,01	0,028	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F2 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F3 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F3 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F3 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F4 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,082	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F4 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F4 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,034	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F4 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F5 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 20 m	0,018	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 40 m	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F6 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F7 sup	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F7 20 m	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,011	< 0,01	0,012	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,022	< 0,02
F7 40 m	0,037	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	0,021	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F7 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F8 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	0,016	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F8 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02
F8 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	0,017	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02

3.1.5 GLICOLE ETILENICO

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

Tab. 3-III - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel 1° semestre 2021.

Stazione	Febb	Mar	Mag	Stazione	Febb	Mar	Mag
F1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2
F4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	F8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6 METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nel febbraio 2020 sono riportate in Tab. 3-VI.

Alluminio - Durante il 1° semestre 2021 le concentrazioni si possono ritenere omogenee considerando le medie relative ai tre survey (febbraio: $3,56 \pm 3,61$; marzo: $3,43 \pm 5,63$; maggio: $5,54 \pm 3,96$ $\mu\text{g/L}$). I range sono stati pari a 0,13-15,00 (febbraio) 0,13-24,00 (marzo) e a 1,80-23,00 $\mu\text{g/L}$ (maggio). Analogamente, le stazioni F1-F4 non sono apparse differenziate dalle F5-F8. Solo a maggio l'alluminio è stato rilevato ovunque.

Arsenico - Questo metallo è stato sempre quantificato. Anche in questo caso le concentrazioni sono risultate pressoché omogenee sia durante il semestre, sia geograficamente. A febbraio il range è stato pari a 0,066-0,570 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F2, superficie; media complessiva: $0,13 \pm 0,09$ $\mu\text{g/L}$), a marzo pari a 0,110-0,280 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F6, 40 m; media complessiva: $0,15 \pm 0,03$ $\mu\text{g/L}$) e a maggio pari a 0,140-0,240 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F4, superficie), con media globale di $0,17 \pm 0,02$ $\mu\text{g/L}$.

Bario - Analogamente ai metalli precedenti, anche il bario ha mostrato un'accentuata

omogeneità spaziale e temporale. Il range globale dell'intero semestre è stato di 0,63-1,80 $\mu\text{g/L}$ e le medie sono variate tra $0,90\pm 0,23$ e $0,93\pm 0,19\mu\text{g/L}$ (rispettivamente maggio e febbraio), con una dispersione contenuta dei valori.

Cadmio - A febbraio solo 2 valori sono risultati maggiori del LR (0,015 e 0,016 $\mu\text{g/L}$, rispettivamente F4 superficie e F5 20 m); non rilevato a marzo, a maggio il cadmio è stato quantificato solo in 5 campioni di cui 4 prelevati nelle stazioni di controllo, con range di 0,010-0,014 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F8, fondo).

Cromo - Pochi valori utili anche per il cromo: 4 a febbraio (range 0,12-0,41 $\mu\text{g/L}$), uno solo a marzo (0,15 $\mu\text{g/L}$, stazione F4 superficie) e 3 a maggio, quando è stato rilevato il massimo assoluto per il semestre (0,63 $\mu\text{g/L}$) nella stazione F8 a 20 m.

Ferro - I valori misurati sono risultati omogeneamente distribuiti dal punto di vista spaziale in tutti i tre survey. A febbraio è stato rilevato maggiormente nelle stazioni F1-F4 in termini di numero di campioni. La media complessiva è stata pari a $1,75\pm 1,93 \mu\text{g/L}$ con range di 0,22-8,30 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F5, superficie). A marzo il ferro è stato quantificato in 6 campioni provenienti dai siti F1-F4 e in 8 di controllo, oscillando tra 0,14 e 6,90 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F1, fondo). Infine, a maggio è stato quantificato ovunque con concentrazioni comprese tra 1,50 (F6, superficie) e 9,40 $\mu\text{g/L}$ (F6, fondo); la media complessiva è stata di $4,05\pm 1,98 \mu\text{g/L}$.

Mercurio – Il mercurio a febbraio è stato rilevato solo in 10 campioni, di cui 7 di controllo. Il range è stato di 0,0024-0,0310 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F6, 40 m). A marzo non è stato affatto quantificato e a maggio è stato rilevato solo in F7 in superficie (0,0052 $\mu\text{g/L}$).

Nichel - I livelli di nichel sono risultati generalmente bassi. A febbraio sono stati registrati solo 7 valori maggiori del LR, per lo più in campioni di controllo, compresi in un range globale di 0,051-0,310 $\mu\text{g/L}$ (massimo in F6, 40 m). A marzo questo metallo è stato rilevato ovunque e la dispersione dei dati è apparsa elevata, essendo il minimo pari a 0,140 $\mu\text{g/L}$ (F1, 20 m) e il massimo a 7,100 $\mu\text{g/L}$ (F5, fondo), valore quest'ultimo molto simile a quello rilevato in F6, superficie. A maggio è stata riscontrata una maggiore omogeneità essendo il range pari a di 0,12-0,46 $\mu\text{g/L}$ e la media complessiva a $0,20\pm 0,08 \mu\text{g/L}$.

Piombo – Il piombo ha presentato valori omogenei e non differenziabili tra i due gruppi di stazioni. A marzo è stato rilevato in un numero di campioni inferiore rispetto a febbraio (14 e 26 rispettivamente) mentre a maggio è stato quantificato ovunque. I tenori sono stati sempre modesti, essendo il massimo assoluto del semestre pari a 0,300 $\mu\text{g/L}$ (febbraio, F4

superficie).

Rame – Questo metallo è stato rilevato sporadicamente. A febbraio è stato infatti quantificato solo in 14 campioni di cui 10 provenienti dai siti F1-F4; il range globale è stato di 0,071-2,100 µg/L (massimo in F4, 40 m) e la media di 0,54±0,62 µg/L. A marzo solo 8 campioni sono risultati al di sopra del LR di cui 5 relativi alle stazioni F1-F4. Le concentrazioni sono variate tra 0,072 e 2,400 µg/L (rispettivamente F2 superficie e fondo). Infine, a maggio il rame è stato quantificato in 8 campioni equamente distribuiti tra i siti F1-F4 e F5-F8. Il massimo (2,100 µg/L) è stato registrato in F4, superficie.

Vanadio – Il vanadio è stato sempre quantificato e le concentrazioni sono risultate molto omogenee dal punto di vista geografico e temporale. A febbraio i valori si sono attestati sulla media globale di 0,26±0,03 µg/L, con range di 0,22-0,34 µg/L (massimo in F7, superficie). A marzo è avvenuta una leggera diminuzione, con media di 0,17±0,05 µg/L e range di 0,12-0,39 µg/L (massimo in F6, 40 m). Valori simili a quelli di febbraio sono stati misurati a maggio, come suggerito sia dalla media complessiva (0,27±0,02 µg/L), sia dal range delle concentrazioni (0,22-0,33 µg/L).

Zinco – Lo zinco è stato rilevato ovunque o quasi nei primi due survey e solo in 14 campioni a maggio, con una notevole dispersione dei dati. A febbraio, infatti, esso è oscillato tra 1,10 e 16,00 µg/L (massimo in F1, superficie). Un valore vicino al massimo assoluto è stato registrato sul fondo del controllo F5 (11,00 µg/L). A marzo il range è stato 0,12-13,00 µg/L (massimo in F2, fondo) e a maggio 0,20-7,50 µg/L. In questo caso, il massimo è stato rilevato in F4 superficie ed è risultato simile al valore osservato in F7 a 40 m (7,10 µg/L).

Indio – L'indio è stato rilevato a febbraio e a maggio. Nella 1° campagna è stato quantificato in 7 campioni raccolti a 100 m dalla piattaforma e in tutti quelli di controllo. Il range complessivo è stato 0,11-0,70 µg/L (massimo in F2, fondo) e la media 0,27±0,13 µg/L. A maggio questo metallo è stato rilevato in 10 campioni provenienti dai siti F1, F3 e F4 in concentrazioni comprese tra 0,13 e 2,60 µg/L (media di 0,96±0,83 µg/L).

Silicio – A febbraio i 13 campioni rilevabili, tutti di controllo, sono rientrati nel range 0,056-0,170 µg/L, con media di 0,099±0,034 µg/L. A marzo il silicio non è stato rilevato, mentre a maggio è stato quantificato ovunque con tenori aumentati notevolmente rispetto a febbraio, risultando comunque molto omogenei. Il range complessivo è stato di 0,310-0,730 µg/L (massimo in F4, superficie) e la media è stata pari a 0,423±0,068 µg/L.

Tab. 3-VI - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di metalli pesanti registrate nel corso dei 3 survey condotti nel 1° semestre 2021.

Stazione	Alluminio			Arsenico			Bario			Cadmio			Cromo		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
F1 sup	7,50	< 0,081	3,10	0,130	0,130	0,200	0,99	0,78	0,69	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F1 20 m	8,00	< 0,081	4,10	0,160	0,120	0,160	0,99	0,73	1,00	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F1 40 m	0,44	1,10	4,60	0,120	0,130	0,180	0,82	0,70	0,80	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F1 fondo	4,20	6,60	10,00	0,069	0,170	0,150	0,79	1,20	0,87	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F2 sup	1,40	2,00	2,90	0,570	0,160	0,140	0,89	0,80	0,76	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F2 20 m	6,00	< 0,081	4,30	0,150	0,140	0,160	0,81	0,80	0,82	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,12	< 0,10	< 0,10
F2 40 m	< 0,081	0,54	2,60	0,130	0,150	0,170	0,88	0,82	0,75	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F2 fondo	1,10	4,70	5,80	0,130	0,130	0,150	0,71	1,30	0,68	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F3 sup	< 0,081	0,47	13,00	0,076	0,110	0,180	0,8	0,89	0,96	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F3 20 m	< 0,081	24,00	4,30	0,091	0,150	0,180	0,86	0,86	0,89	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F3 40 m	< 0,081	2,70	4,90	0,160	0,120	0,160	0,87	0,97	0,99	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F3 fondo	0,24	< 0,081	5,40	0,150	0,160	0,190	0,78	0,83	0,92	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F4 sup	3,10	< 0,081	7,50	0,150	0,160	0,240	1,60	0,93	1,50	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,10	0,15	< 0,10
F4 20 m	0,33	< 0,081	6,60	0,150	0,160	0,180	1,00	0,79	0,84	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	0,15
F4 40 m	0,80	< 0,081	8,30	0,160	0,160	0,150	1,00	0,68	0,87	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	0,11
F4 fondo	7,50	0,13	6,60	0,110	0,140	0,190	1,30	0,81	1,00	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,17	< 0,10	< 0,10
F5 sup	3,20	0,70	5,50	0,100	0,150	0,170	1,00	0,66	0,78	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F5 20 m	1,90	< 0,081	3,80	0,120	0,140	0,150	0,86	0,82	0,80	0,016	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F5 40 m	2,60	3,50	7,00	0,120	0,130	0,140	1,10	1,10	1,00	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F5 fondo	5,90	< 0,081	5,20	0,066	0,140	0,170	1,10	0,88	1,80	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F6 sup	< 0,081	2,70	3,20	0,140	0,130	0,140	1,20	0,95	0,80	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F6 20 m	< 0,081	1,50	5,10	0,130	0,130	0,200	0,75	0,97	0,69	< 0,01	< 0,01	0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F6 40 m	1,50	< 0,081	2,80	0,130	0,280	0,190	0,90	1,70	1,00	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F6 fondo	1,80	< 0,081	23,00	0,110	0,140	0,170	0,81	1,00	1,00	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,41	< 0,10	< 0,10
F7 sup	0,33	5,40	4,70	0,150	0,110	0,180	0,67	0,82	0,79	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,35	< 0,10	< 0,10
F7 20 m	5,30	< 0,081	3,40	0,150	0,120	0,180	0,79	0,83	0,83	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F7 40 m	0,43	< 0,081	1,80	0,085	0,140	0,140	0,92	0,77	0,83	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F7 fondo	0,13	0,74	2,40	0,088	0,170	0,170	0,93	1,10	0,75	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F8 sup	< 0,081	< 0,081	2,40	0,100	0,120	0,140	0,77	0,75	0,70	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F8 20 m	15,00	0,76	5,40	0,140	0,180	0,150	0,89	1,00	0,84	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,10	< 0,10	0,63
F8 40 m	< 0,081	< 0,081	3,90	0,070	0,170	0,190	0,90	0,94	0,63	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,10	< 0,10	< 0,10
F8 fondo	6,70	0,85	3,80	0,074	0,170	0,180	1,00	0,84	1,10	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,10	< 0,10	< 0,10

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Ferro			Mercurio			Nichel			Piombo			Rame		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
F1 sup	< 0,036	< 0,036	3,10	0,0067	< 0,002	< 0,0020	0,180	0,210	0,160	0,100	0,022	0,035	0,600	< 0,039	< 0,0089
F1 20 m	1,70	< 0,036	3,80	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	0,210	0,140	0,180	0,160	< 0,02	0,051	0,089	< 0,039	< 0,0089
F1 40 m	1,10	< 0,036	5,30	0,0088	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,160	0,170	0,045	< 0,02	0,059	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F1 fondo	0,85	6,90	2,70	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,170	0,026	0,067	0,065	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F2 sup	0,62	0,47	4,10	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,130	0,056	0,058	0,049	< 0,039	0,072	< 0,0089
F2 20 m	1,80	< 0,036	1,80	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,190	0,190	0,060	< 0,02	0,042	0,071	0,075	0,021
F2 40 m	0,30	< 0,036	3,90	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,170	0,170	0,032	< 0,02	0,046	< 0,039	0,110	< 0,0089
F2 fondo	0,60	2,70	4,70	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,310	0,160	< 0,020	0,100	0,040	1,100	2,400	< 0,0089
F3 sup	0,92	< 0,036	6,10	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,200	0,190	0,070	< 0,02	0,093	0,130	< 0,039	0,110
F3 20 m	3,50	< 0,036	3,10	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,220	0,067	< 0,02	0,044	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F3 40 m	0,53	3,30	3,00	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,260	0,190	0,033	0,086	0,042	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F3 fondo	1,90	1,30	4,10	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,170	0,160	0,054	0,170	0,075	0,170	< 0,039	< 0,0089
F4 sup	2,40	1,20	6,20	0,0052	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,640	0,340	0,300	< 0,02	0,067	0,320	0,096	2,100
F4 20 m	0,36	< 0,036	6,20	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,360	0,250	0,069	< 0,02	0,055	0,100	< 0,039	0,520
F4 40 m	2,60	< 0,036	5,20	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,270	0,260	0,062	0,020	0,110	2,100	< 0,039	< 0,0089
F4 fondo	6,90	< 0,036	5,10	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,230	0,210	0,210	< 0,02	0,120	0,560	< 0,039	< 0,0089
F5 sup	8,30	< 0,036	2,40	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,230	0,140	0,210	< 0,020	0,078	0,150	< 0,039	< 0,0089
F5 20 m	1,60	< 0,036	2,20	0,0025	< 0,0020	< 0,0020	0,170	0,620	0,170	0,120	< 0,020	0,042	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F5 40 m	0,73	5,10	8,40	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	1,400	0,230	0,027	0,100	0,200	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F5 fondo	1,80	1,40	5,70	0,0056	< 0,0020	< 0,0020	0,051	7,100	0,460	0,051	< 0,020	0,130	0,190	< 0,039	0,310
F6 sup	< 0,036	0,29	1,50	0,0100	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	7,000	0,160	0,021	0,029	0,037	< 0,039	0,089	< 0,0089
F6 20 m	< 0,036	1,60	3,50	0,0024	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	2,000	0,150	< 0,020	0,060	0,032	< 0,039	1,100	0,570
F6 40 m	0,22	0,48	2,60	0,0310	< 0,0020	< 0,0020	0,310	0,360	0,160	0,048	< 0,020	0,047	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F6 fondo	0,50	2,70	9,40	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	0,067	0,300	0,210	0,037	0,051	0,110	0,460	< 0,039	0,120
F7 sup	2,40	< 0,036	1,50	0,0120	< 0,0020	0,0052	0,260	0,290	0,140	0,039	< 0,020	0,110	1,500	< 0,039	1,100
F7 20 m	< 0,036	< 0,036	2,20	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,200	0,130	< 0,020	< 0,020	0,044	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F7 40 m	0,42	0,14	3,50	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,200	0,120	< 0,020	< 0,020	0,025	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F7 fondo	0,58	< 0,036	1,50	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,240	0,120	0,028	0,031	0,025	< 0,039	1,600	< 0,0089
F8 sup	< 0,036	< 0,036	2,50	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,190	0,220	< 0,020	0,240	0,055	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F8 20 m	2,00	0,88	7,00	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,190	0,440	0,049	0,045	0,120	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F8 40 m	< 0,036	< 0,036	3,30	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,160	0,210	< 0,020	< 0,02	0,042	< 0,039	< 0,039	< 0,0089
F8 fondo	0,82	< 0,036	4,00	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	< 0,040	0,170	0,200	0,036	< 0,02	0,061	< 0,039	< 0,039	< 0,0089

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Vanadio			Zinco			Indio			Silicio		
	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
F1 sup	0,29	0,12	0,25	16,00	< 0,090	< 0,064	< 0,10	< 0,10	0,24	< 1,0	< 0,50	0,35
F1 20 m	0,29	0,14	0,24	3,50	0,12	< 0,064	< 0,10	< 0,10	0,13	< 1,0	< 0,50	0,38
F1 40 m	0,26	0,17	0,27	3,00	0,66	< 0,064	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,38
F1 fondo	0,23	0,21	0,25	1,10	0,31	< 0,064	0,18	< 0,10	0,15	< 1,0	< 0,50	0,41
F2 sup	0,22	0,19	0,28	1,10	2,60	0,61	0,19	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,33
F2 20 m	0,25	0,17	0,28	8,40	2,10	0,77	0,16	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,44
F2 40 m	0,24	0,15	0,24	2,60	3,00	< 0,064	0,11	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,40
F2 fondo	0,24	0,18	0,28	1,10	13,00	< 0,064	0,70	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,42
F3 sup	0,28	0,15	0,28	1,20	0,56	1,70	< 0,10	< 0,10	0,89	< 1,0	< 0,50	0,40
F3 20 m	0,24	0,15	0,29	3,30	1,10	< 0,064	< 0,10	< 0,10	0,60	< 1,0	< 0,50	0,43
F3 40 m	0,22	0,16	0,24	3,90	0,84	0,33	< 0,10	< 0,10	0,50	< 1,0	< 0,50	0,31
F3 fondo	0,25	0,19	0,26	2,30	1,40	1,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,34
F4 sup	0,30	0,17	0,33	3,30	1,80	7,50	< 0,10	< 0,10	2,60	< 1,0	< 0,50	0,73
F4 20 m	0,28	0,16	0,27	2,70	0,16	0,50	0,26	< 0,10	1,80	< 1,0	< 0,50	0,42
F4 40 m	0,24	0,17	0,24	2,00	0,83	1,60	0,24	< 0,10	1,70	< 1,0	< 0,50	0,43
F4 fondo	0,32	0,13	0,31	2,20	1,40	0,51	< 0,10	< 0,10	1,00	< 1,0	< 0,50	0,44
F5 sup	0,25	0,16	0,28	3,90	< 0,090	< 0,064	0,36	< 0,10	< 0,10	0,110	< 0,50	0,43
F5 20 m	0,26	0,18	0,28	6,60	0,18	< 0,064	0,27	< 0,10	< 0,10	0,170	< 0,50	0,43
F5 40 m	0,26	0,16	0,28	7,60	5,50	1,10	0,41	< 0,10	< 0,10	0,065	< 0,50	0,46
F5 fondo	0,25	0,18	0,29	11,00	1,20	2,10	0,12	< 0,10	< 0,10	0,140	< 0,50	0,45
F6 sup	0,22	0,23	0,31	1,50	4,70	0,20	0,39	< 0,10	< 0,10	0,077	< 0,50	0,46
F6 20 m	0,23	0,17	0,28	1,60	9,90	< 0,064	0,22	< 0,10	< 0,10	0,120	< 0,50	0,41
F6 40 m	0,23	0,39	0,25	8,70	2,20	< 0,064	0,29	< 0,10	< 0,10	0,087	< 0,50	0,44
F6 fondo	0,29	0,18	0,29	7,60	1,60	0,62	0,50	< 0,10	< 0,10	0,120	< 0,50	0,44
F7 sup	0,34	0,13	0,28	3,90	1,90	< 0,064	0,32	< 0,10	< 0,10	0,056	< 0,50	0,39
F7 20 m	0,26	0,15	0,3	1,60	0,27	< 0,064	0,26	< 0,10	< 0,10	0,056	< 0,50	0,43
F7 40 m	0,28	0,15	0,27	1,80	1,40	7,10	0,23	< 0,10	< 0,10	0,073	< 0,50	0,41
F7 fondo	0,23	0,18	0,28	4,60	5,40	< 0,064	0,20	< 0,10	< 0,10	0,100	< 0,50	0,47
F8 sup	0,22	0,15	0,24	1,90	0,85	< 0,064	0,13	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,47
F8 20 m	0,24	0,16	0,29	3,50	1,90	< 0,064	0,26	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,39
F8 40 m	0,23	0,14	0,22	2,80	0,73	< 0,064	0,19	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,43
F8 fondo	0,28	0,18	0,26	2,10	0,69	< 0,064	0,29	< 0,10	< 0,10	0,110	< 0,50	0,40

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione relativo alle registrazioni effettuate nel 1° semestre 2021 denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione (fig. 3.22). Infatti non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. Le variazioni di pressione che si notano sono dovute al recupero e successiva messa in mare dell'ormeggio.

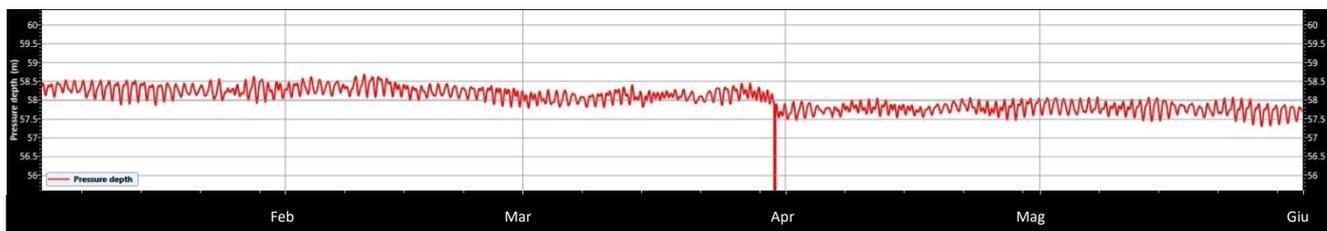


Fig. 3.34 - Pressione misurata dall'ADCP presso Fauzia dal 01/01 al 30/06/2021.

Per quanto concerne le misure correntometriche (figg. 3.23 - 3.28), durante il periodo preso in esame la direzione della corrente ha avuto un comportamento uniforme su tutta la colonna d'acqua (per tale motivo si riportano nelle figure una media di velocità e direzione), 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. 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.

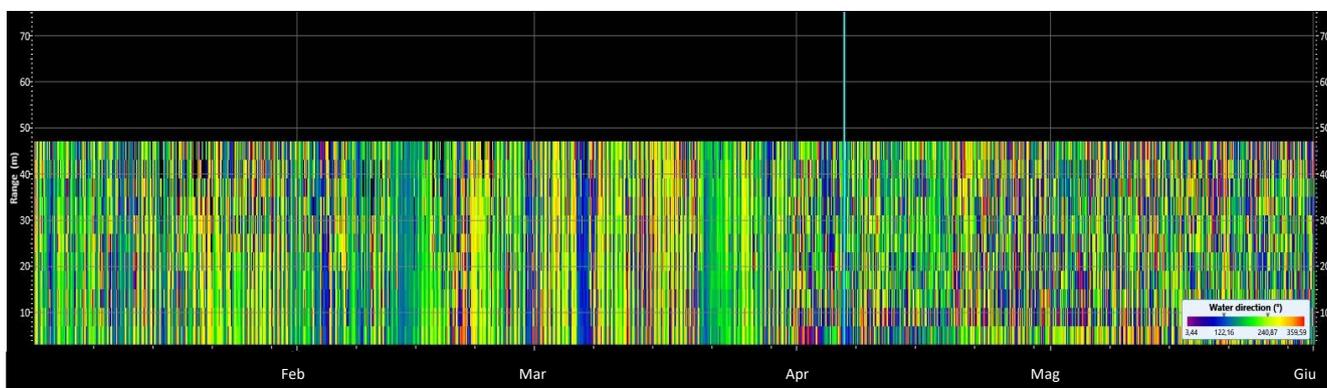


Fig. 3.23 - Contour Plot della direzione della corrente dal 01/01 al 30/06/2021.

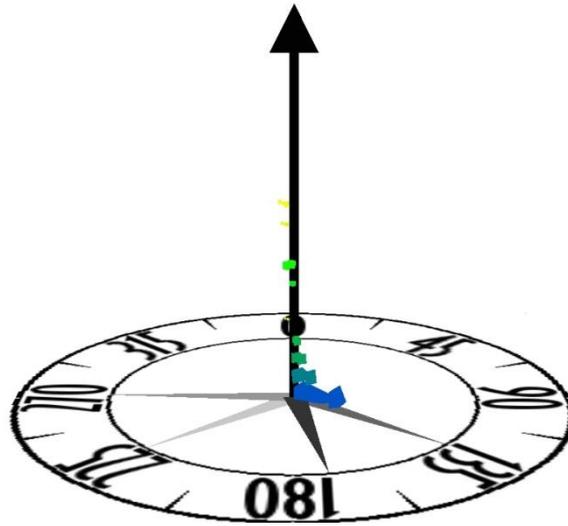
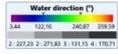


Fig. 3.24 – 3D Plot della direzione della corrente dal 01/01 al 30/06/2021.

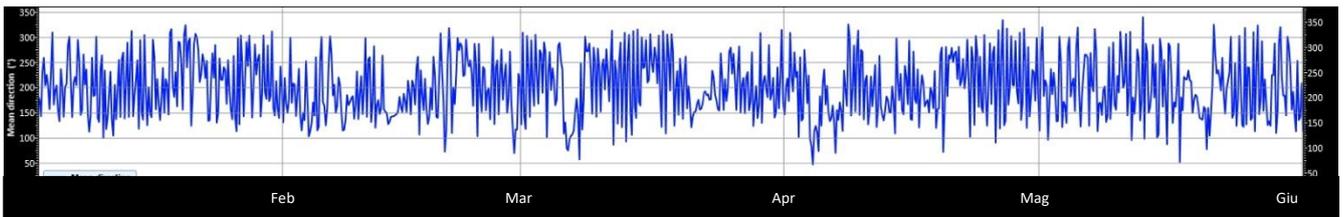


Fig. 3.25 – Direzione media della corrente dal 01/01 al 30/06/2021.

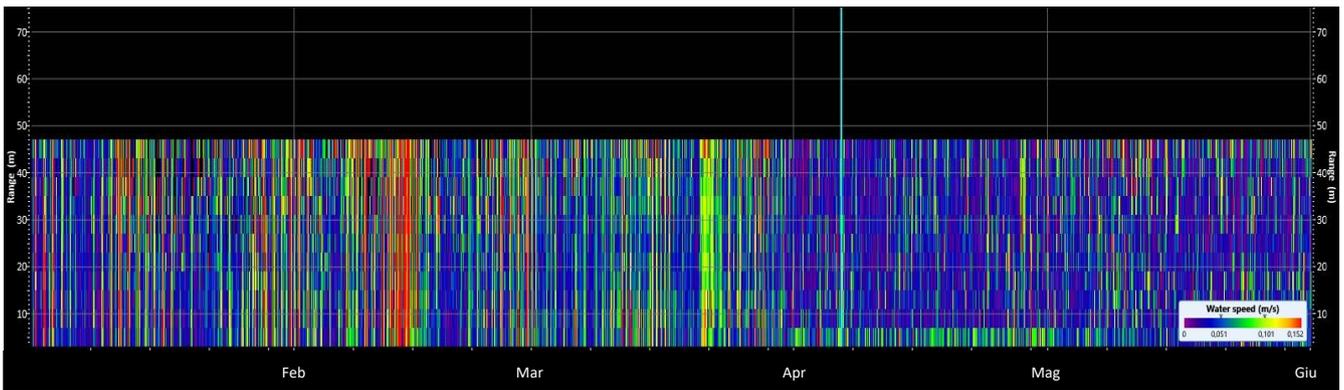


Fig. 3.26 – Contour Plot della velocità della corrente dal 01/01 al 30/06/2021.

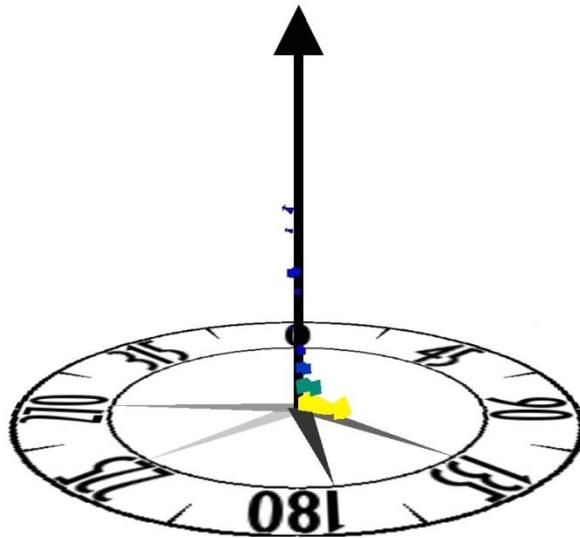
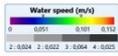


Fig. 3.27 – 3D Plot della velocità della corrente dal 01/01 al 30/06/2021.

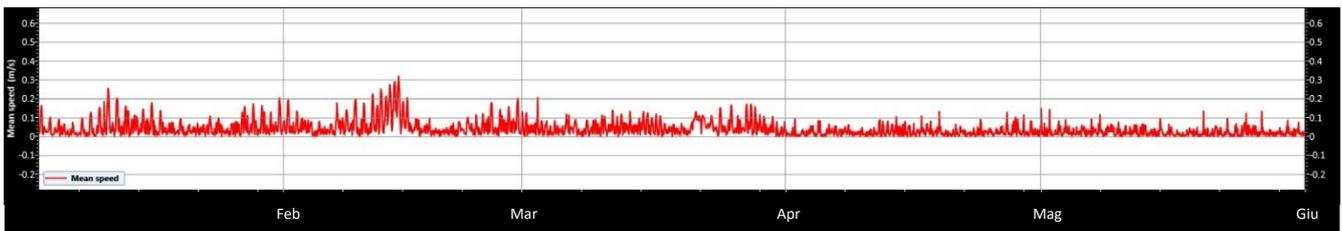


Fig. 3.28 – Velocità media della corrente dal 01/01 al 30/06/2021.

Infine, la temperatura rilevata dall'ADCP alla quota di fondo (fig. 3.29) 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 a fine periodo quando sono stati raggiunti i 13,7°C.

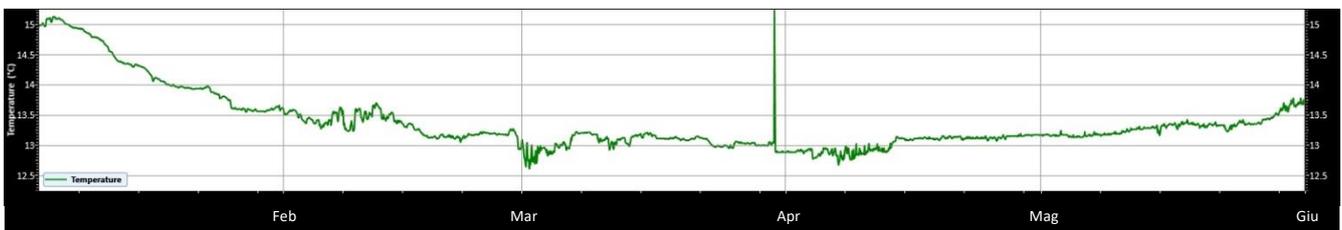


Fig. 3.29 - Andamento della temperatura registrata dal sensore dell'ADCP in prossimità del fondale dal 01/01 al 30/06/2021.

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 nel 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 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 relativi alle campagne di campionamento effettuate nel 1° semestre 2021.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d’acqua – Le caratteristiche fisico-

chimiche della colonna d'acqua osservate nel 1° semestre 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).

Anche nel 1° semestre 2021 le concentrazioni di tutti i nutrienti ricercati (nitriti, nitrati, ammonio, fosfati e silicati) sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008), sono risultate mediamente contenute e non hanno mostrato distribuzioni spaziali correlate alla piattaforma. Il contenuto medio di ammonio e fosfati è risultato comparabile a quello osservato nel 1° semestre del 2019 e del 2020, mentre le concentrazioni di silicati e nitriti sono apparse comparabili a quelle osservate nel 1° semestre 2019 e moderatamente più elevate di quelle di febbraio 2020. I nitrati sono risultati confrontabili con febbraio 2020 e moderatamente più contenuti rispetto al 1° semestre 2019.

Sia la concentrazione media di clorofilla *a* che quelle di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e di clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono risultate simili a quelle osservate nei primi sei mesi del 2019 e del 2020 e nei range di valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998). Anche in questo caso non sono state evidenziate distribuzioni spaziali correlate alla piattaforma. Il carico solido sospeso è risultato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti precedenti e moderatamente più contenuto rispetto a quello osservato nel 1° semestre del 2019 e del 2020.

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

Per quanto concerne gli inquinanti, essi sono spesso risultati non quantificabili e quando rilevati non si sono riscontrate particolari criticità e non è stata rilevata una differenziazione significativa tra stazioni di campionamento situate a 100 m dalla piattaforma da quelle distanti 2000 m e utilizzate come controlli.

Alla luce di quanto osservato si può concludere che nel 1° semestre del 2021 le concentrazioni di inquinanti lungo la colonna d'acqua e la loro distribuzione geografica non hanno evidenziato effetti perturbativi significativi da parte della piattaforma Fauzia



sull'ambiente marino.

Correntometria – Nel 1° semestre 2021 la corrente ha avuto prevalentemente direzione NW con brevi periodi verso S/SE (in gennaio) o verso S (in marzo), risultando uniforme lungo tutta la colonna d'acqua. La velocità è stata quasi sempre inferiore a 0,1 m/s.

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., Culberson 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.

Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.

UNESCO. 1983. Algorithms for computation of fundamental properties of seawater. *Tech. Pap. Mar. Sci.*, 44. 53 pp.

UNESCO. 1988. The acquisition, calibration, and analysis of CTD data. *Tech. Pap. Mar. Sci.*, 54. 59 pp.

Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.

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

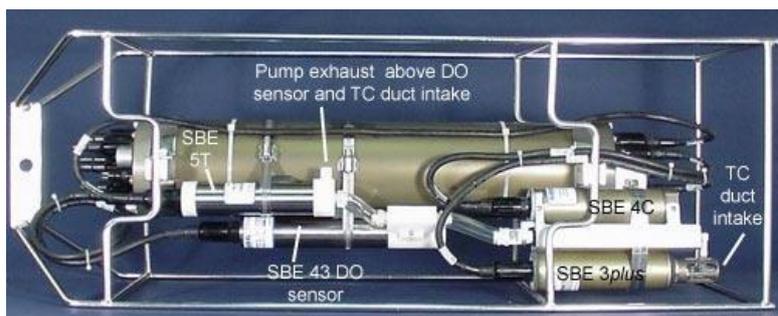
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

A1

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

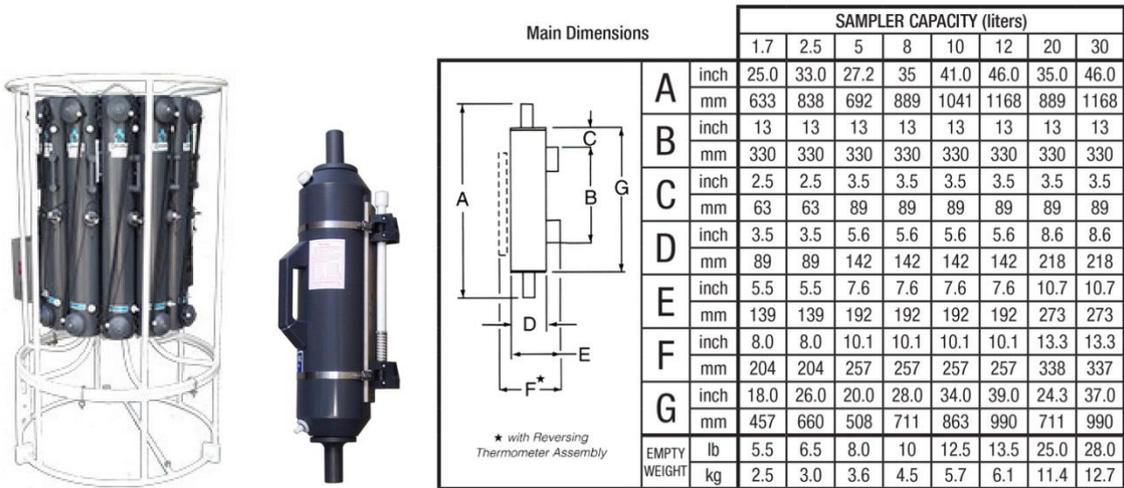
A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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

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

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



A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



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



A1-III OSSIGENO DISCIOLTO

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



Potenzialità analitiche

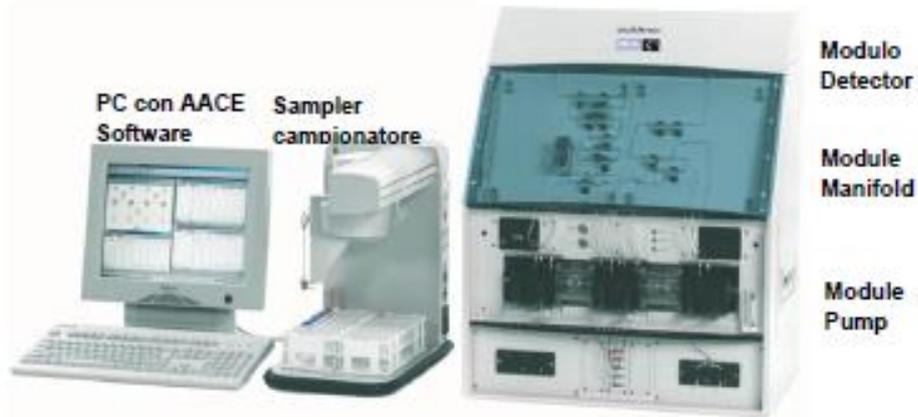
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria,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

Panoramica delle principali funzioni

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

A1-IV NUTRIENTI

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



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

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

A1-V 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

A1-VI ANALISI METALLI PESANTI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X

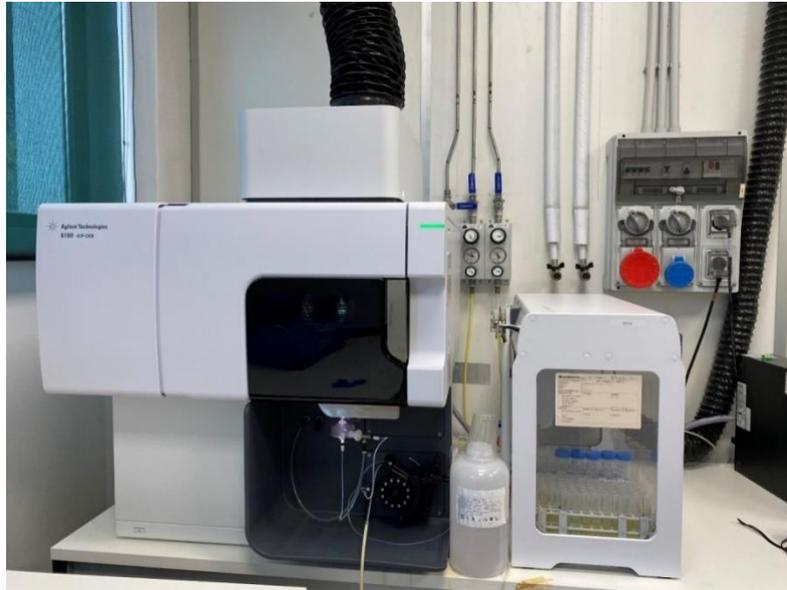


Autocampionatore MASN8140044 ESI



A1-VII ANALISI SILICIO

Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV



A1-VIII ANALISI BTEX

Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B



A1-IX IDROCARBURI TOTALI

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



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



A1-X IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

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

