

ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS

MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPO BONACCIA NW

MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA BONACCIA NW

FASE DI PRODUZIONE

RAPPORTO FINALE 2021
COLONNA D'ACQUA

RAPPORTO n. 17

OPERATORE SCIENTIFICO:

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

COORDINATORE:

GIANNA FABI

Gianna Fabi

RESPONSABILE SCIENTIFICO:

ALESSANDRA SPAGNOLO

Alessandra Spagnolo

RAPPORTO A CURA DI:

ALESSANDRA SPAGNOLO

GIANNA FABI

MIRENO BORGHINI

MARTINA KRALJ

MARIA SAGGIOMO

GIUSEPPE SIENA



PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

Coordinatore	G. Fabi	CNR - IRBIM
Responsabile Scientifico	A. Spagnolo	CNR - IRBIM
Referente SZN	S. Stefanni	
Referente OGS	G. Siena	
Referente CIBM	A.M. De Biasi	
Referente UNIVPM	E. Fanelli	
Referente CONISMA-UNIVPM	F. Regoli	
Referente AGROLAB Ambiente S.r.l.	P. Ottoni	

COMPARTO COLONNA D'ACQUA

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

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	7
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	8
3.	RISULTATI.....	18
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	18
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	18
3.1.2.	NUTRIENTI.....	31
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO.....	44
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	56
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO.....	60
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	60
3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	68
	3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche.....	68
	3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti.....	71
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	81
4.	CONCLUSIONI.....	84
5.	BIBLIOGRAFIA	8
	ALLEGATO A Strumentazione utilizzata nelle indagini.....	I

1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 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 Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante la piattaforma alla già esistente Bonaccia. Tale monitoraggio dal 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, UNIVPM e AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara.

Bonaccia NW è installata in Adriatico centrale, a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 m nella zona delle sabbie pelitiche del largo. L’area in cui è stata posizionata la struttura è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell’Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Tuttavia, in alcuni periodi dell’anno può essere soggetta a un maggiore idrodinamismo dovuto al passaggio sul fondo di acque dense formatesi nel Nord Adriatico durante la stagione invernale con caratteristiche chimico-fisiche differenti da quelle presenti in zona e che possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. La parte più superficiale, vista l’ubicazione della piattaforma, può essere interessata da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti nella parte più superficiale della colonna d’acqua (10-20 m).

Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso analoghe strutture situate in Adriatico centro-settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022a) e delle prescrizioni dell’ARPAM, per quanto concerne la piattaforma si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche idrologiche della colonna d’acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, ecc.);
2. caratteristiche delle comunità fito- e zooplanctoniche (come da indicazioni ARPAM

del 06/02/2015, Prot. 003920);

3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante;
4. ecotossicologia dei sedimenti circostanti;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;
6. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*);
7. analisi di inquinanti e di biomarkers in organismi marini insediati sulle parti sommerse della piattaforma (*Mytilus galloprovincialis*);
8. evoluzione del popolamento ittico;
9. rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini.

Il monitoraggio comprende le seguenti fasi (Tab. 1-I):

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura;
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi;
- c. Fase di produzione;
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento;
 2. smantellamento;
 3. post-smantellamento.

In base a quanto riportato nel Decreto n. 0000222 del Ministero Ambiente a partire dal 1° semestre 2021, corrispondente al 6° anno post lavori di installazione della piattaforma, sarebbero proseguiti esclusivamente i campionamenti della colonna d'acqua. Tuttavia, nel 1° semestre 2020 le indagini relative agli aspetti fisici, chimici ed ecotossicologici dei sedimenti, quelle sul bioaccumulo e biomarker in organismi marini (*Hediste diversicolor* e *Mytilus galloprovincialis*) e i survey acustici e visivi per lo studio del popolamento ittico non sono stati effettuati a causa dell'emergenza COVID-19 (Spagnolo *et al.*, 2021c). Dunque, esse sono state ripetute nel 2021 (Spagnolo *et al.*, 2022c).

Nel 2° semestre 2021, oggetto della presente relazione, sono proseguite esclusivamente le indagini riguardanti la colonna d'acqua.

Tab. 1-I – Survey previsti durante il programma di monitoraggio ambientale. In verde le fasi di monitoraggio concluse; in giallo quelle ancora in corso.

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Bonaccia NW
Ante operam	Colonna acqua	1-3 survey
	Comunità planctoniche	1-3 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
	Comunità planctoniche	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	*
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	Ad ogni occasione
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

* Monitoraggio in continuo da parte di operatori MMO (rif. DM punto A.7-a) (Leonori *et al.*, 2016)

** Incluso nella fase di Esercizio

2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Bonaccia NW è ubicata a circa 60 km in direzione Est dalla costa marchigiana di Ancona, su un fondale di circa 87 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I. I lavori di posa in opera sono terminati a fine gennaio 2016.

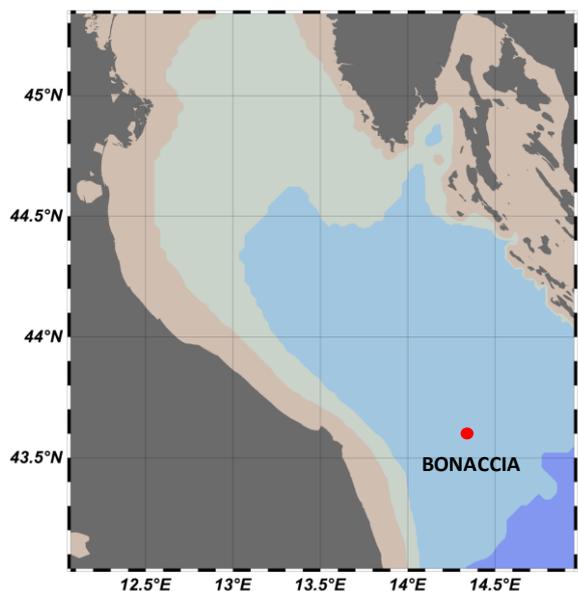


Fig. 2.1 - Ubicazione della piattaforma Bonaccia NW.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Bonaccia NW	43°35'59'',289N 14°20'08'',604E

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nel 2021 sono stati condotti 3 survey nel 1° semestre (febbraio, marzo e maggio) e 2 nel 2° (luglio e dicembre). Non è stato possibile effettuare la campagna prevista a novembre a causa delle pessime condizioni meteo-marine che hanno costretto l'imbarcazione al rientro in porto.

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

piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dalla piattaforma stessa e 4 a una distanza di circa 2000 m da essa (fig. 2.1; Tab. 2-I).

In tutte le stazioni sono stati misurati parametri in continuo mediante una sonda multiparametrica SEA-BIRD modello SBE 911plus CTD (All. A1) che, in aggiunta ai sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, è stata equipaggiata con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto, ed 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).

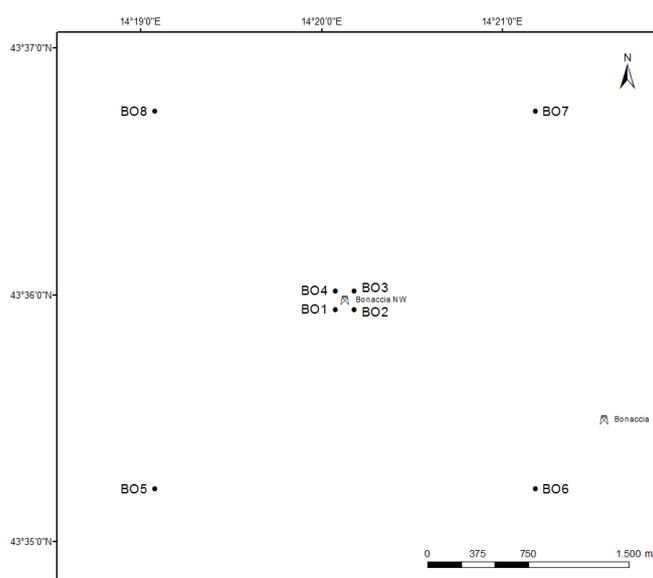


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma per le indagini idrologiche.

Tab. 2-II - Coordinate geografiche dei siti di campionamento utilizzati per le indagini idrologiche.

Stazioni di campionamento	Coordinate geografiche (LAT.)	Coordinate geografiche (LONG.)	Distanza dalla struttura (m)	Posizione rispetto alla struttura
BO1	43° 35' 57"N	14° 20' 05"E	100	SW
BO2	43° 35' 57"N	14° 20' 12"E	100	SE
BO3	43° 36' 02"N	14° 20' 12"E	100	NE
BO4	43° 36' 02"N	14° 20' 05"E	100	NW
BO5	43° 35' 13"N	14° 19' 06"E	2000	SW
BO6	43° 35' 14"N	14° 21' 12"E	2000	SE
BO7	43° 36' 45"N	14° 21' 11"E	2000	NE
BO8	43° 36' 45"N	14° 19' 05"E	2000	NW

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

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

Per ogni stazione del piano di campionamento sono stati effettuati profili verticali mediante sonda Sea-Bird Electronics mod. SBE9 plus. Sono stati inoltre prelevati campioni di acqua a 4 quote (superficie, -20 m, -40 m e fondo), mediante campionatore mod. SBE32 Carousel Water Sampler ("rosette"), equipaggiato con bottiglie OceanTest Equipment, mod. 110B, da 5 l (All. A1). 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,

nicel, 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

Nel 2021 è stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Bonaccia NW (coordinate dell'ormeggio: 43°36,010'N, 14°20,148'E) a circa 86 m di profondità. L'ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A2) del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3). Tale strumento è stato periodicamente controllato e i dati sono stati scaricati. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a registrare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s. Lo strumento è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 25 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. Sono stati registrati dati dal 01 gennaio al 31 dicembre 2021.

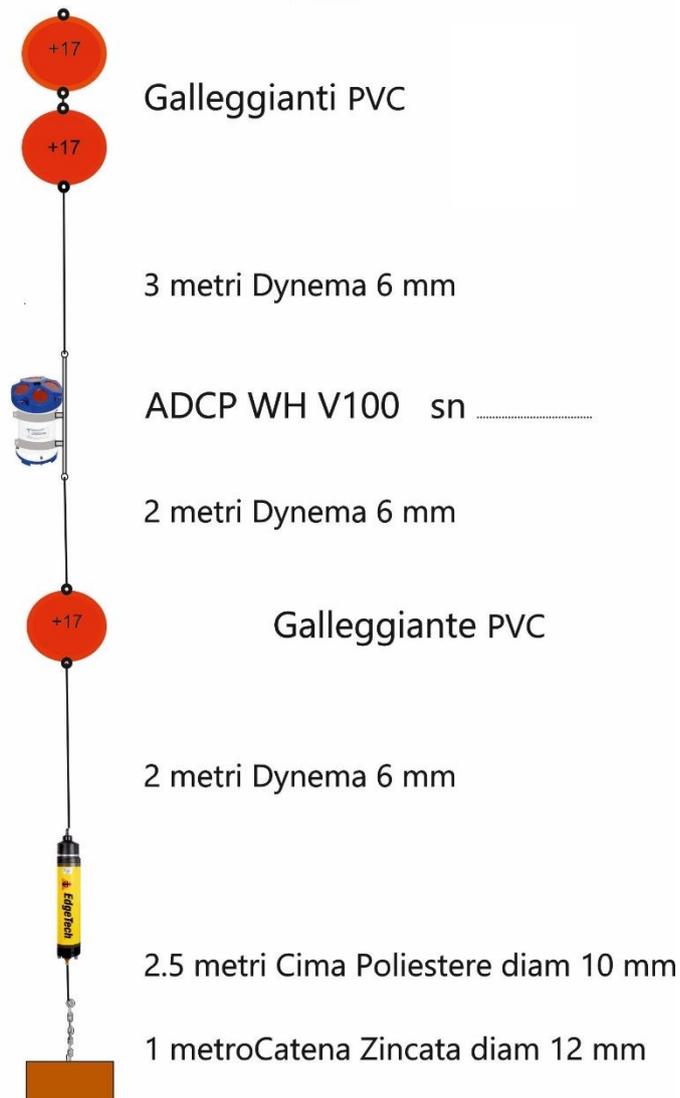


Fig. 2.3 - Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Bonaccia NW.

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 Cap. 2.1.1.

Ossigeno disciolto - La misura della concentrazione di ossigeno disciolto è stata effettuata mediante titolazione iodometrica secondo il metodo di Winkler (Carpenter, 1965), descritto da Saggiomo *et al.* (2010). Aliquote di acqua (60 ml circa) sono state fissate aggiungendo in rapida successione 0,3 ml di una soluzione di cloruro di manganese e 0,3 ml di una soluzione basica di ioduro di potassio. In tali condizioni, l'ossigeno presente ossida il manganese (II) a Mn (III) e Mn (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio a temperatura ambiente, per un tempo non superiore a 4 h. Al momento della titolazione, 0,5 ml di acido solforico sono stati introdotti nel campione. In un ambiente così acidificato, lo ioduro, ossidato dal manganese a iodio elementare, è complessato dallo ioduro in eccesso per formare I_3^- . Lo ione complesso I_3^- è stato titolato con una soluzione di sodio tiosolfato (0,01M), precedentemente standardizzata. La concentrazione del tiosolfato è stata standardizzata con una soluzione standard di iodato di potassio fornita da OSIL (Ocean Scientific International Ltd, United Kingdom). La titolazione potenziometrica automatica è stata effettuata con titolatore Mettler Toledo T50 compact (All. A3); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in ml/l. 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.

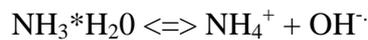
Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 μ m), precombusti a 450°C per 4 h, raccolti in contenitori in polietilene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

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

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

I nitrati (NO_3) sono stati ridotti a nitriti su colonna di cadmio e determinati seguendo il metodo descritto per i nitriti.

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



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

L'equilibrio tra l'ammoniaca (NH_3) e l'ammonio (NH_4^+) in soluzioni acquose è funzione della temperatura, del pH e della forza ionica della soluzione (Whitfield, 1974; Khoo *et al.*, 1977). Al pH tipico dell'acqua marina di 8,2, con salinità di 37 e temperatura di 25°C la forma prevalente (95%) è l'ammonio (NH_4^+) e solo il 5% si trova come ammoniaca (NH_3). A una temperatura di 10°C il contributo dell'ammoniaca si riduce al 2%. Per questo motivo nei risultati ci si riferisce all'azoto ammoniacale con ammonio (NH_4).

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

I silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) sono stati determinati, in base alla riduzione (in ambiente acido) del silicomolibdato a blu di molibdeno che viene misurato a 820 nm.

I limiti di rilevabilità sono:

- NO_2 : 0,01 μM
- NO_3 : 0,02 μM
- NH_4 : 0,02 μM
- PO_4 : 0,01 μM
- $\text{Si}(\text{OH})_4$: 0,02 μM

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

Pigmenti clorofilliani - I campioni per la determinazione delle diverse clorofille sono stati prelevati mediante bottiglie idrologiche e filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (porosità = 0,7 μm ; \varnothing = 47 mm), immediatamente dopo il prelievo, in quantità variabile tra 3 e 4 L, in relazione alla concentrazione del particolato microalgale. Dopo la filtrazione i filtri, posti in crio-vials, sono stati rapidamente congelati in azoto liquido fino al momento delle analisi. La filtrazione è stata effettuata per depressione dove la differenza di pressione fra la parte inferiore e quella superiore del filtro non superava -25 KPa (circa

150 mm Hg) al fine di evitare la rottura delle cellule vegetali con la conseguente perdita di pigmenti.

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography;) Agilent 1100 series (All. A5) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4,6 mm 3 Å μM). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 μl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml/min con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0,5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro), avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0, 75,25 - 1, 50,50 - 15, 0, 100 - 18,5, 0, 100 - 19, 75, 25. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm.

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

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

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

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

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

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi. Il campione viene acidificato con acido nitrico e caricato direttamente sullo strumento tarato. Lo strumento usato è ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (All. A6).

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

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

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

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

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

Solventi organici aromatici (BTEX) - La determinazione è stata effettuata mediante gascromatografia accoppiata a spazio di testa dinamico ("Purge & trap") e rilevazione tramite spettrometro di massa. Il campione (campionato in vial da 40 ml con tappo in teflon priva di spazio di testa) viene caricato su autocampionatore. Il sistema Purge and Trap separa gli analiti volatili dalla fase acquosa adsorbendoli ad una trappola. Successivamente la trappola viene riscaldata permettendo il rilascio delle sostanze trattenute che vengono separate mediante gascromatografia e quantificate con spettrometro di massa. La quantificazione viene effettuata confrontando i fattori di risposta ottenuti in fase di taratura, effettuata su almeno 5 livelli.

Lo strumento utilizzato è un Agilent con autocampionatore Centurion, sistema P&T Evolution, GC 7890B, detector MS 5977A con lente Extractor. Colonna montata DB-624 (All. A8).

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

- a) i composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C₁₀ H₂₂) e del n-tetracontano (C₄₀ H₈₂) (frazione estraibile);
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C₅ H₁₂) e n-decano (C₁₀ H₁₂) inclusi (frazione volatile).

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

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

Lo strumento utilizzato è un Agilent, con autocampionatore G4513A, Piatto 7693, GC 7890A, FID. La colonna cromatografica montata è ZB-5HT (All. A9).

Analisi frazione estraibile: utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0,9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di n-esano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio

dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con 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. A9).

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

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

Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA) - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0.9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del solvente (in toluene) per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rivelatore a spettrometro di massa.

La concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) (fig. 2.4) è stata determinata con sistema GC-MS/MS. La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rilevatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,0006 µg/l. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta con successo. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A10).

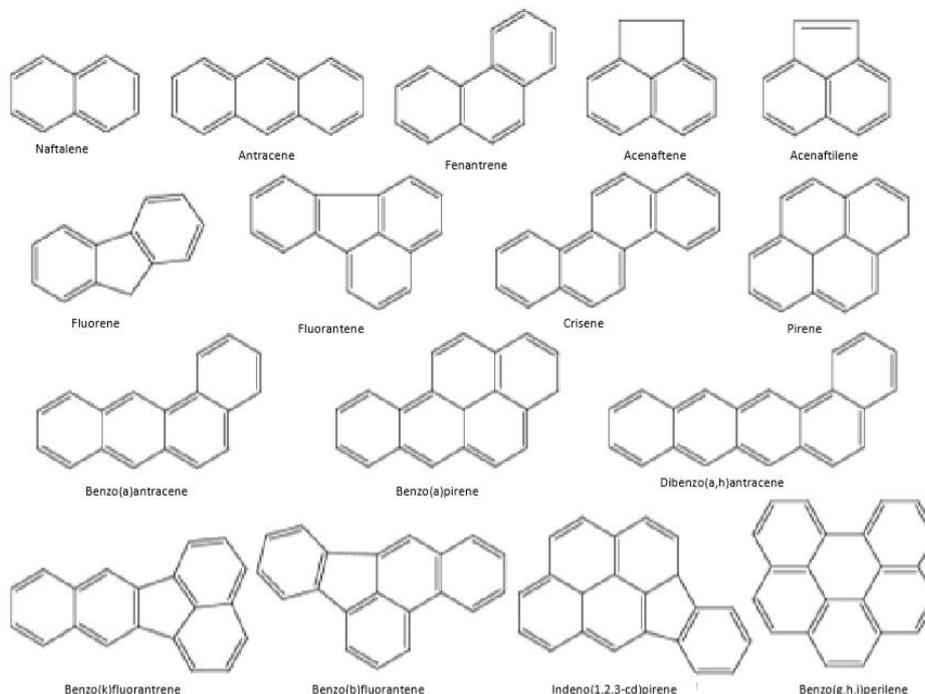


Fig. 2.4 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

Glicole etilenico - È stato misurato nei campioni di acqua mediante tecnica gas cromatografica utilizzando il rilevamento a ionizzazione di fiamma (FID). L'analisi in



campioni d'acqua di mare non prevede la preparazione del campione, che è stato pertanto iniettato direttamente nello strumento previo prelievo di aliquota tarata.

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

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

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

Nel presente rapporto sono riportati nel dettaglio i risultati conseguiti nel 2021. Per i precedenti consultare Fabi *et al.*, 2015b, 2016b, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a, 2019b e Spagnolo *et al.*, 2020b, 2021b, 2021c e 2022b.

3. RISULTATI

3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nel **febbraio 2021** (fig. 3.1) i profili verticali della temperatura hanno mostrato la presenza di una distribuzione uniforme in tutte le stazioni di campionamento, con valori bassi e omogenei più elevati in superficie (media \pm dev.st.; $13,84 \pm 0,18^\circ\text{C}$), in lieve diminuzione in uno strato intermedio e minimi verso il fondo ($12,73 \pm 0,11^\circ\text{C}$).

La salinità ha presentato una certa variabilità nella distribuzione verticale fino a circa 60 m di profondità ($38,78 \pm 0,04$ psu) e valori omogenei verso il fondo ($38,83 \pm 0,01$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.2) hanno confermato la presenza di temperature omogenee sia in superficie che al fondo, con un lieve abbassamento in quest'ultima quota. Analogamente, per la salinità hanno confermato la presenza di piccole differenze nella distribuzione tra le stazioni in superficie ($\Delta \sim 0,2$ psu) e valori uniformi e leggermente più elevati al fondo.

La torbidità (fig. 3.1) è stata molto bassa ($< 0,4$ mg/l) e omogenea in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 65 m di profondità, con un rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo $1,3$ mg l⁻¹, stazione BO1).

Anche l'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) è risultato uniforme nei primi 40 m di profondità ($99,4 \pm 0,4\%$), presentando poi uno strato intermedio sino a circa 70 m con valori variabili e percentuali minime, e valori confrontabili tra i siti al fondo (media $94,7 \pm 0,2\%$).

La fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa e abbastanza uniforme dalla superficie al fondo ($0,4 \pm 0,1$ µg/l).

Nel mese di **marzo** (fig. 3.4) la distribuzione verticale della temperatura è risultata ancora generalmente omogenea in tutte le stazioni di campionamento, con piccole differenze tra la superficie e il fondo ($\Delta T \sim 1,5^\circ\text{C}$),

La salinità è apparsa più uniforme su tutta la colonna d'acqua rispetto al campionamento precedente ($38,81 \pm 0,02$ psu).

Quanto osservato dai profili verticali è stato confermato dalle mappe areali (fig. 3.5).

La torbidità (fig. 3.4) ha fatto registrare valori omogenei e $< 0,5$ mg/l fino al fondo in tutte le stazioni, analogamente all'ossigeno disciolto (fig. 3.4) i cui profili verticali sono risultati

completamente omogenei in tutta la colonna d'acqua ovunque (media $99,9 \pm 1,0\%$).

Anche la fluorescenza (fig. 3.6) è da considerare omogenea, essendo minime le differenze tra i siti, e caratterizzata da valori molto bassi ($<0,5 \mu\text{g/l}$) dalla superficie fino quasi al fondo ovunque.

A **maggio** (fig. 3.7) la distribuzione verticale della temperatura ha evidenziato la presenza di una debole stratificazione stagionale, con valori ovunque più elevati in superficie ($15,21 \pm 0,10^\circ\text{C}$), progressivamente in diminuzione verso i minimi al fondo ($13,20 \pm 0,04^\circ\text{C}$). La salinità è risultata omogenea fino a circa 20 m di profondità ($38,72 \pm 0,01$ psu), aumentando poi progressivamente fino ai valori massimi al fondo (massimo 38,87 psu, stazione BO6).

Le mappe areali (fig. 3.8) hanno evidenziato la sostanziale omogeneità nella distribuzione della temperatura sia in superficie che al fondo, caratterizzato da un decremento di valori. Analogo risultato per la salinità, con valori omogenei alle due quote e leggermente maggiori al fondo.

La torbidità (fig. 3.7) è risultata ancora omogenea con valori molto bassi ovunque, attorno a $0,25 \text{ mg/l}$ sino a circa 60 m, in aumento sul fondo (massimo $2,25 \text{ mg/l}$ in BO6).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.7) è risultato basso fino a circa 60 m di profondità ovunque ($90,2 \pm 0,9\%$), riducendosi ulteriormente e omogeneamente in prossimità del fondale ($81,0 \pm 0,8\%$).

La fluorescenza (fig. 3.9) è risultata omogenea con valori molto bassi ovunque (media $0,4 \pm 0,1 \mu\text{g/l}$).

A **luglio** (fig. 3.10) la temperatura ha mostrato la caratteristica stratificazione verticale stagionale ovunque, con valori massimi in superficie (massimo $25,97^\circ\text{C}$, stazione BO7), un termoclino ben sviluppato intorno a 15 m di profondità e valori decrescenti gradualmente fino al fondo, dove sono stati registrati minimi omogenei (media $13,29 \pm 0,00^\circ\text{C}$).

Per la salinità, nei primi metri sono stati rilevati valori piuttosto omogenei (media $38,81 \pm 0,02$ psu), ma più alti nelle stazioni di controllo meridionali, in rapido aumento fino ai massimi intorno a 20 m di profondità (massimo 39,03 psu, stazione BO6) e valori uniformi da 40 m fino al fondo (media $38,84 \pm 0,02$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.11) hanno mostrato una distribuzione orizzontale di temperatura piuttosto uniforme maggiore in superficie (media $25,94 \pm 0,04^\circ\text{C}$) rispetto al fondo (media $13,29 \pm 0,00^\circ\text{C}$). La salinità ha presentato un debole gradiente orizzontale in superficie

($\Delta s=0,06$ psu), con i valori più elevati nelle stazioni di controllo meridionali e valori più elevati e pressoché omogenei al fondo (media $38,85\pm 0,00$ psu).

La torbidità (fig. 3.10) è risultata molto bassa ($<0,25$ mg/l) e omogenea in tutta la colonna d'acqua ovunque fino circa 70 m di profondità, in rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo 1,0 mg/l in BO7).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.10) è stato $<100\%$ ovunque, con i valori più elevati intorno a 35 m di profondità (massimo 95,4%, stazione BO7), generalmente decrescenti fino al fondo dove sono stati raggiunti i minimi ($72,9,0\pm 0,3$).

Anche la fluorescenza (fig. 3.12) ha fatto rilevare valori molto bassi ($<0,5$ $\mu\text{g/l}$) fino a circa 75 m ovunque, in aumento repentino in prossimità del fondale (massimo 1,1 $\mu\text{g/l}$, stazione BO7).

A **dicembre** (fig. 3.13) la forte dinamica invernale ha notevolmente rimescolato la colonna d'acqua e i profili verticali sono risultati quasi completamente omogenei per tutti i parametri misurati. In particolare, la temperatura è risultata mediamente pari a $15,78\pm 0,26^\circ\text{C}$ e la salinità a $38,91\pm 0,03$ psu; per quest'ultima sono stati rilevati valori discostanti dalla media solo in nei primi metri in superficie in corrispondenza dei siti B1 e B3.

Le mappe areali (fig. 3.14) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione di temperatura in superficie ($16,26\pm 0,02^\circ\text{C}$) e al fondo (media $16,26\pm 0,02^\circ\text{C}$). Piccole differenze in salinità sono state registrate nella distribuzione superficiale ($\Delta s < 0,15$ psu), mentre al fondo è stata riscontrata una distribuzione completamente omogenea (media $38,93\pm 0,00$ psu).

La torbidità (fig. 3.14) è risultata generalmente uniforme con valori <1 mg/l ovunque fino a circa 70 m, in aumento verso il fondo (massimo 1,3 mg/l, stazione BO4).

Analogamente, l'ossigeno disciolto alla saturazione è risultato omogeneo con valori di poco $<100\%$ in tutte le stazioni fino al fondo ($97,8\pm 0,7\%$).

La fluorescenza (fig. 3.15) è risultata $<0,3$ $\mu\text{g/l}$ e omogenea lungo tutta la colonna d'acqua ovunque.

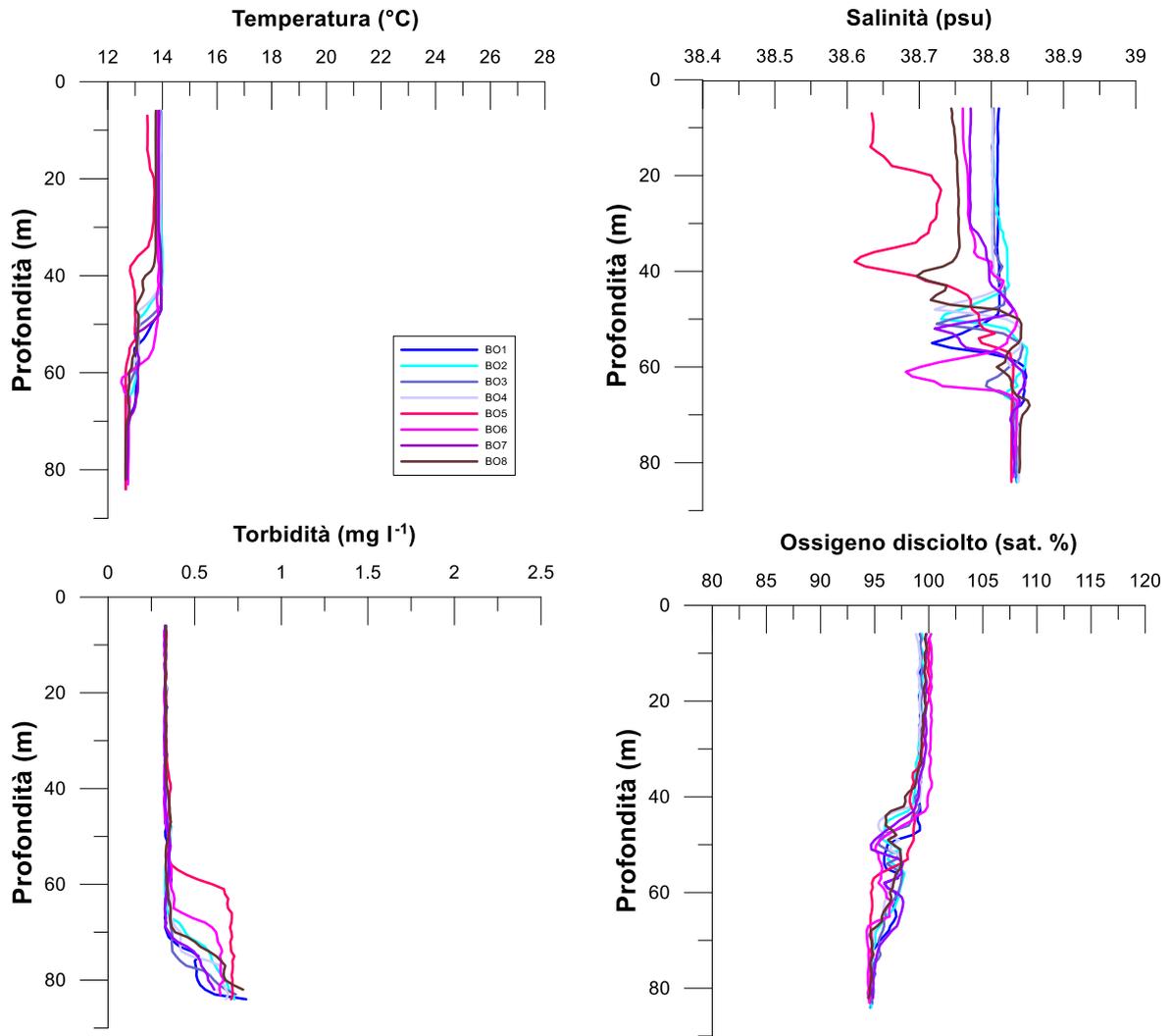


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Febbraio 2021.**

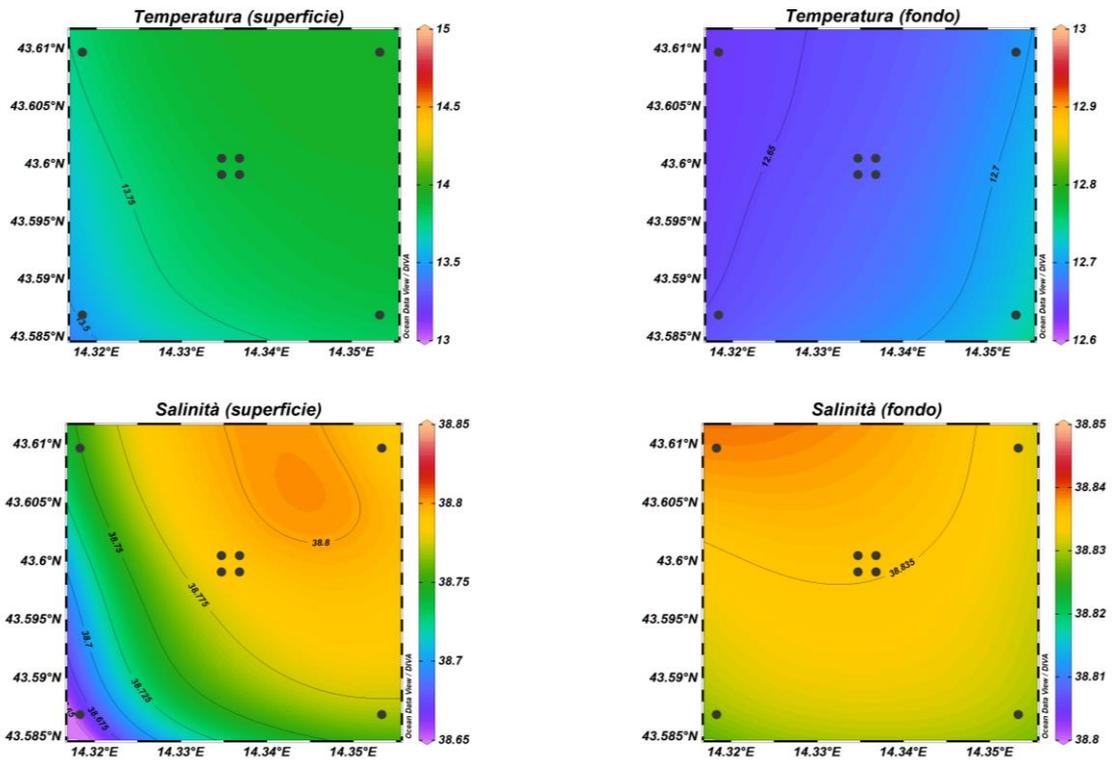


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

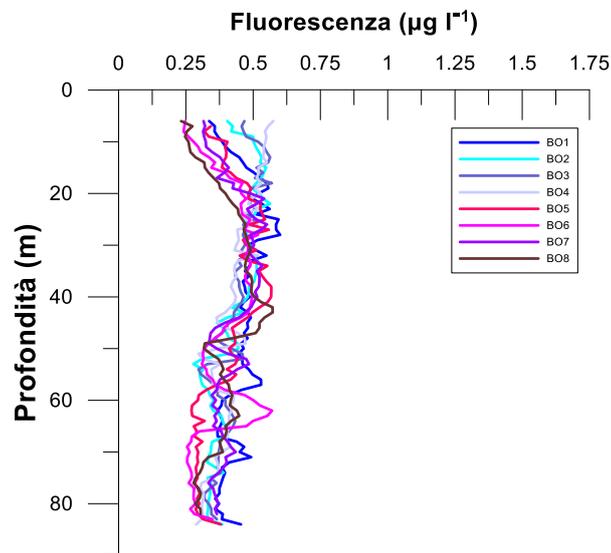


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Febbraio 2021**.

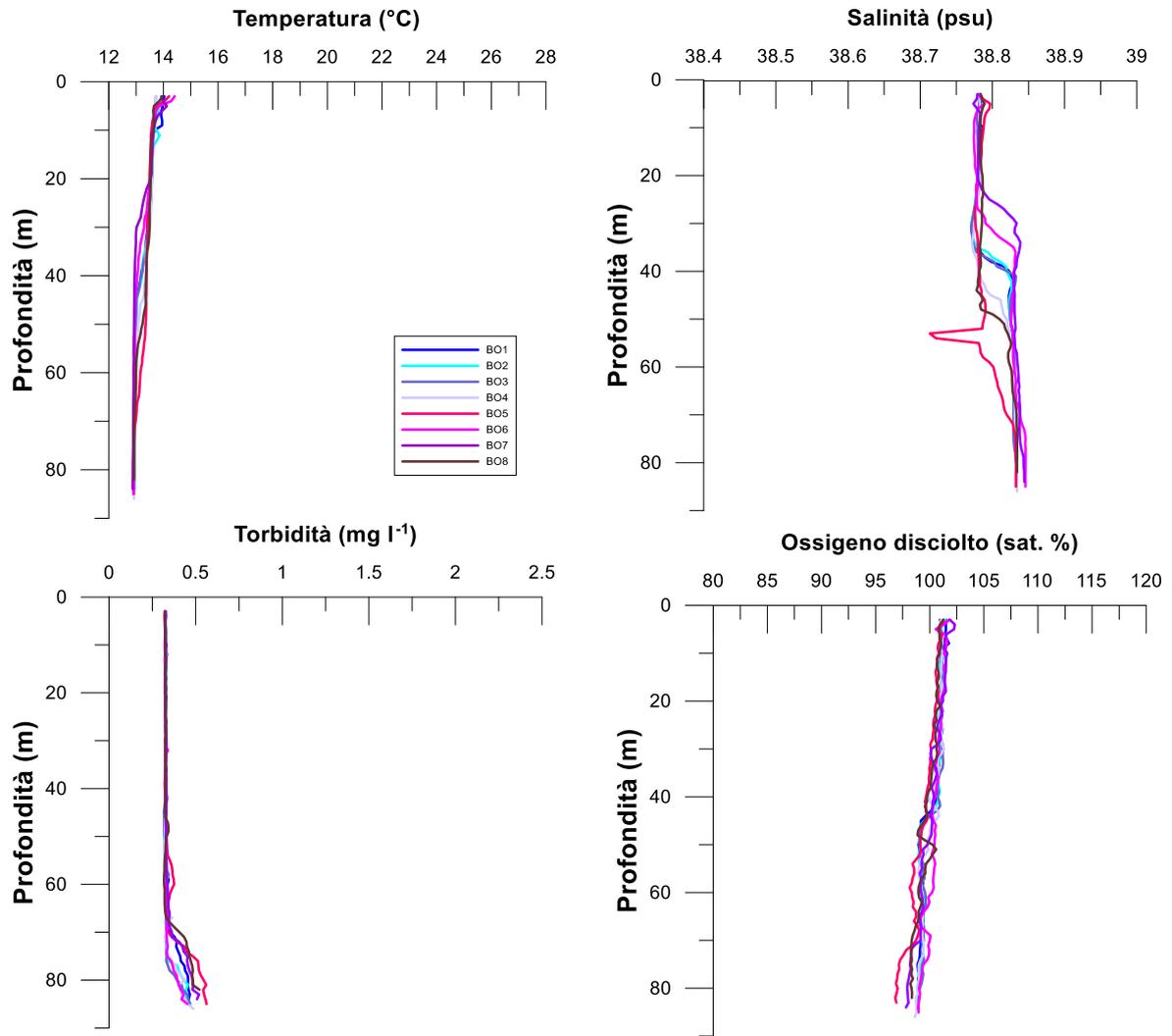


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2021.**

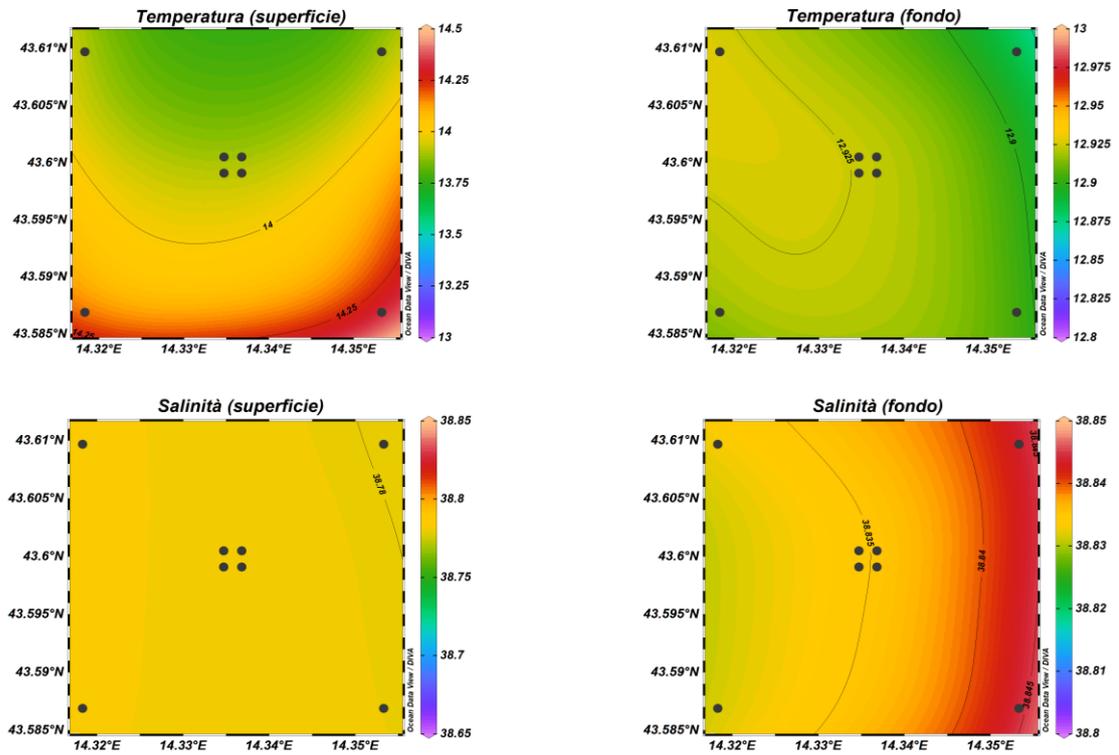


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

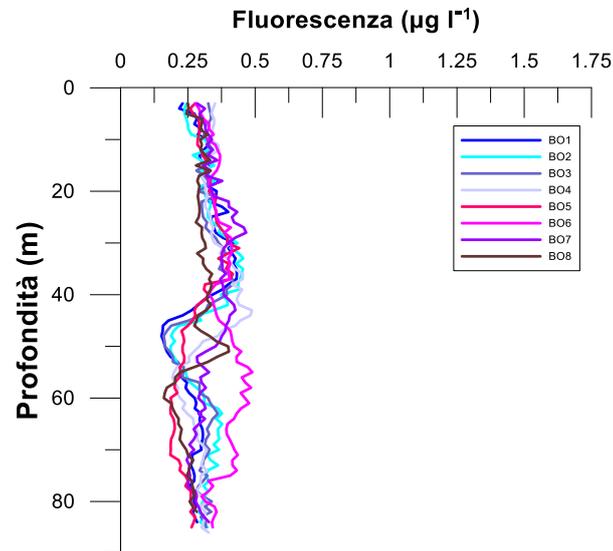


Fig. 3.6 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Marzo 2021**.

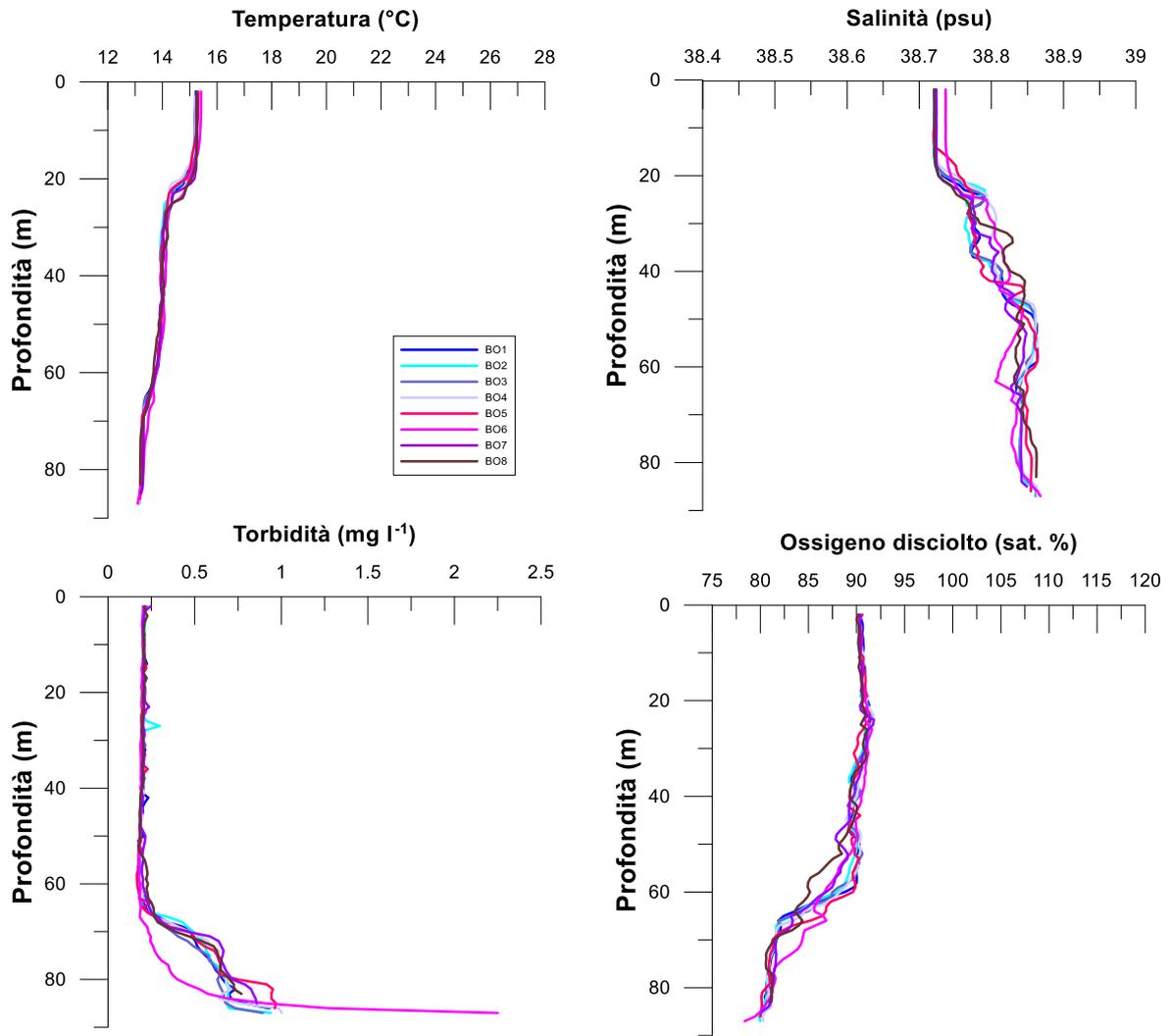


Fig. 3.7- Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l-1) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2021.**

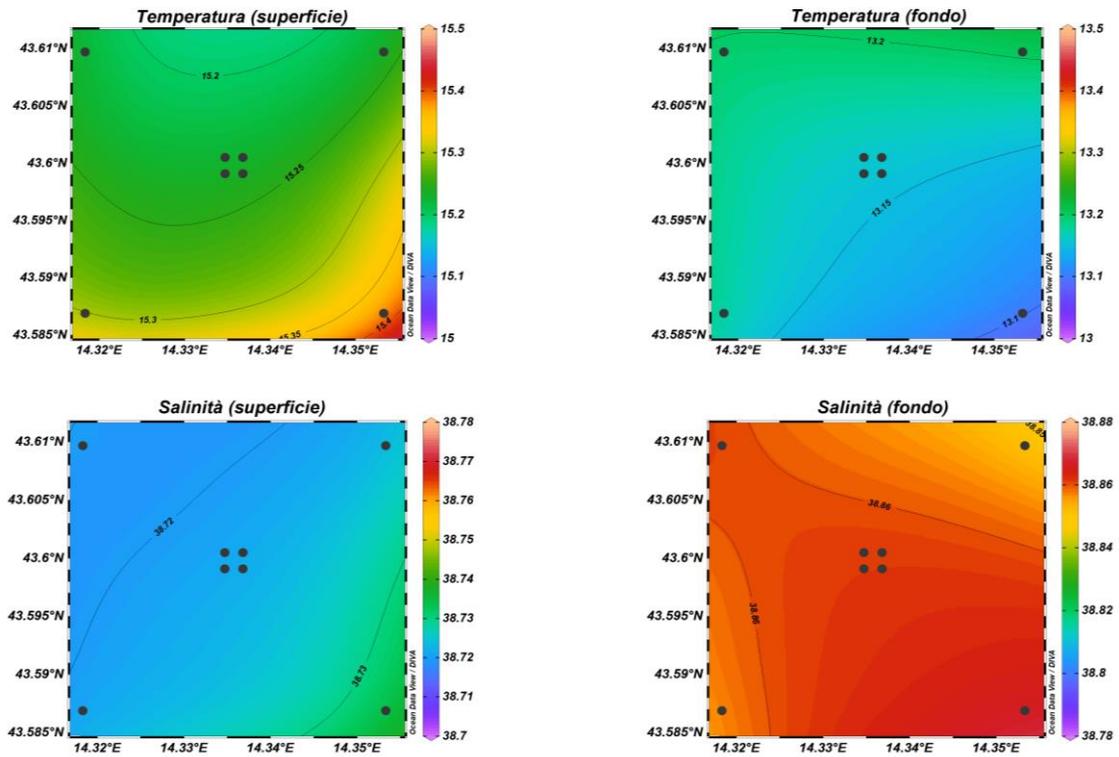


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

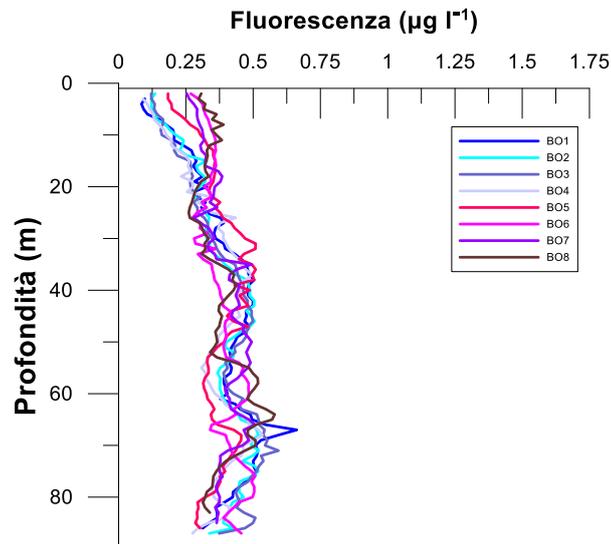


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Maggio 2021**.

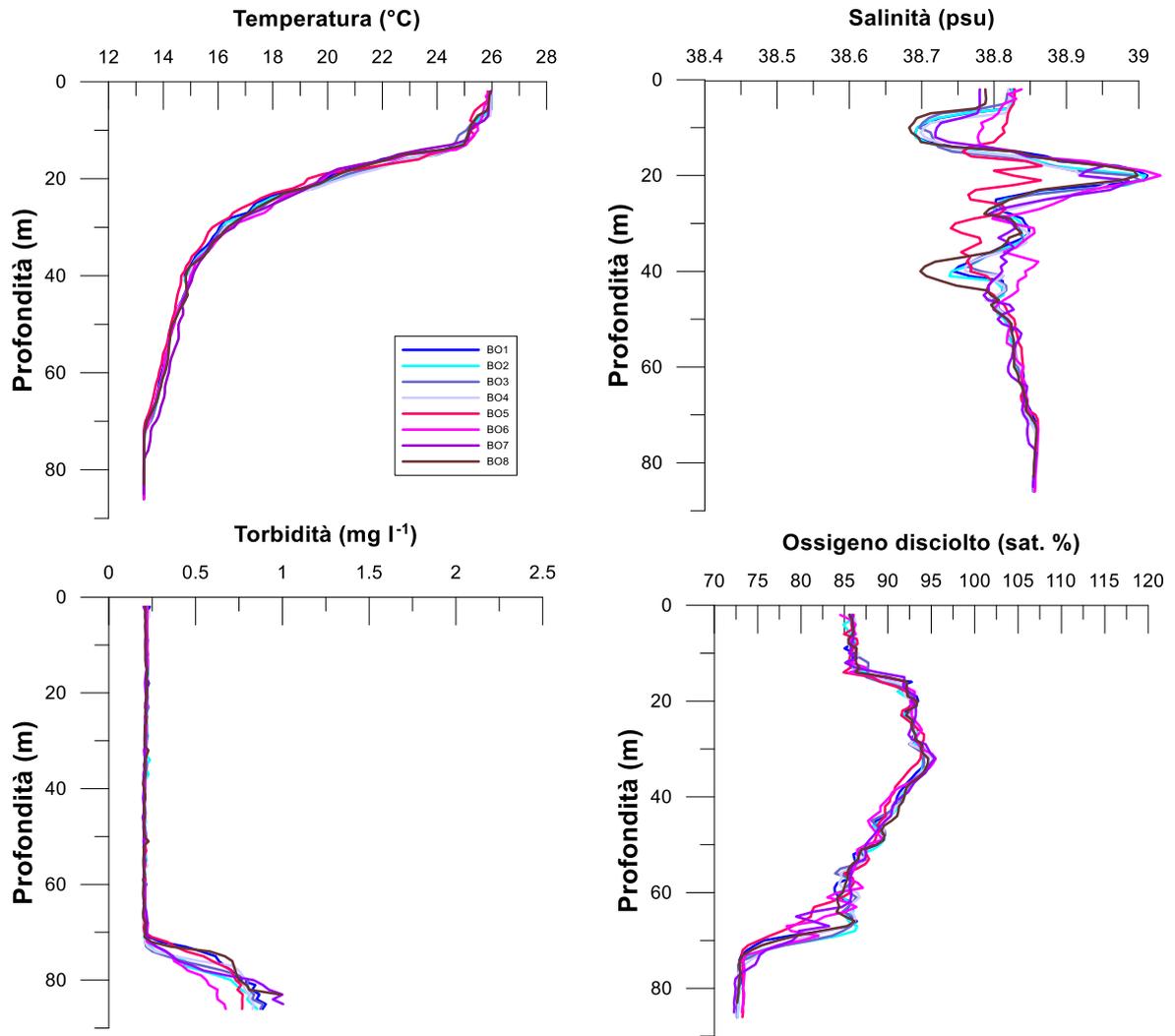


Fig. 3.10 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Luglio 2021.**

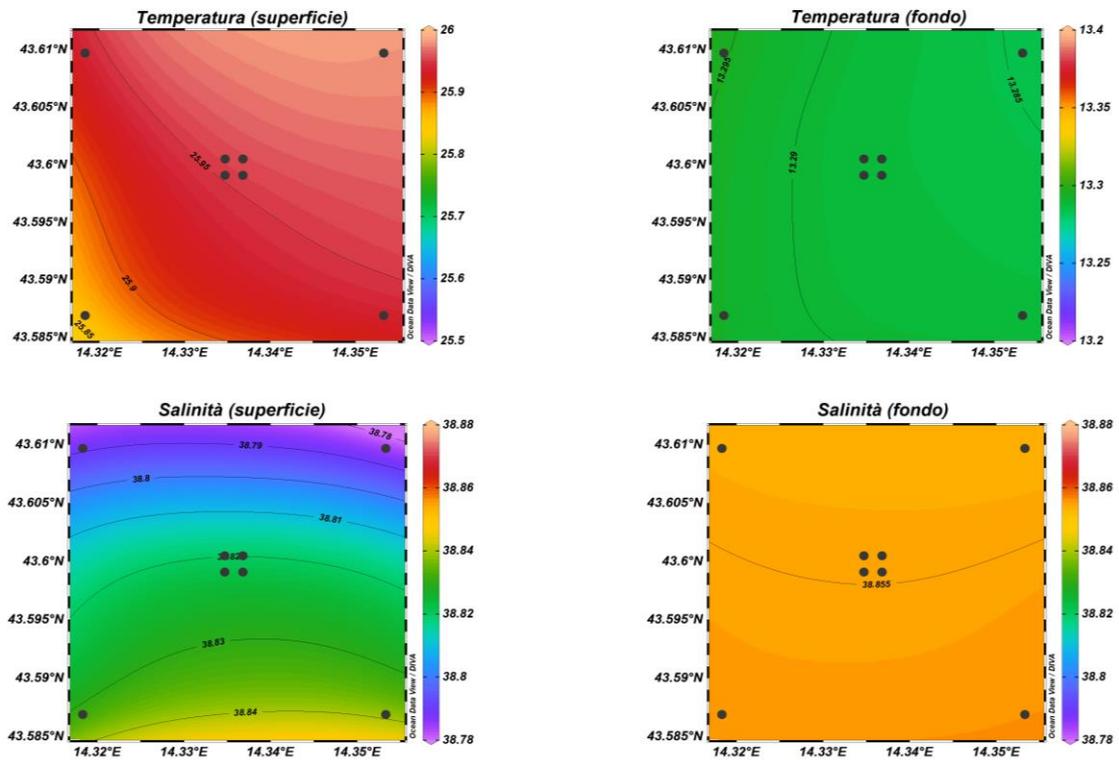


Fig. 3.11 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Luglio 2021** Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

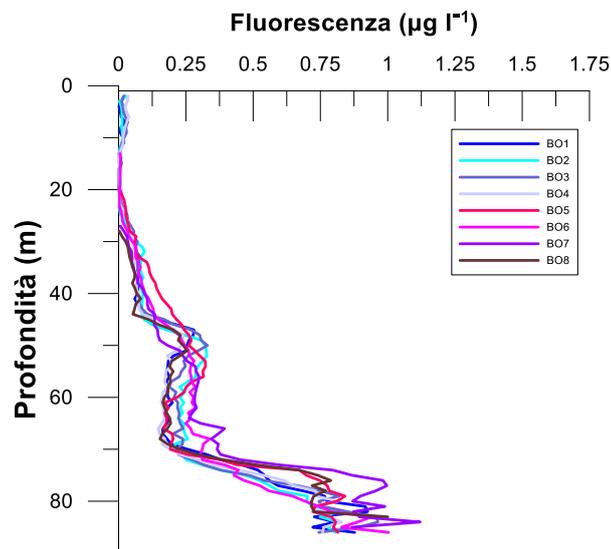


Fig. 3.12 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Luglio 2021**.

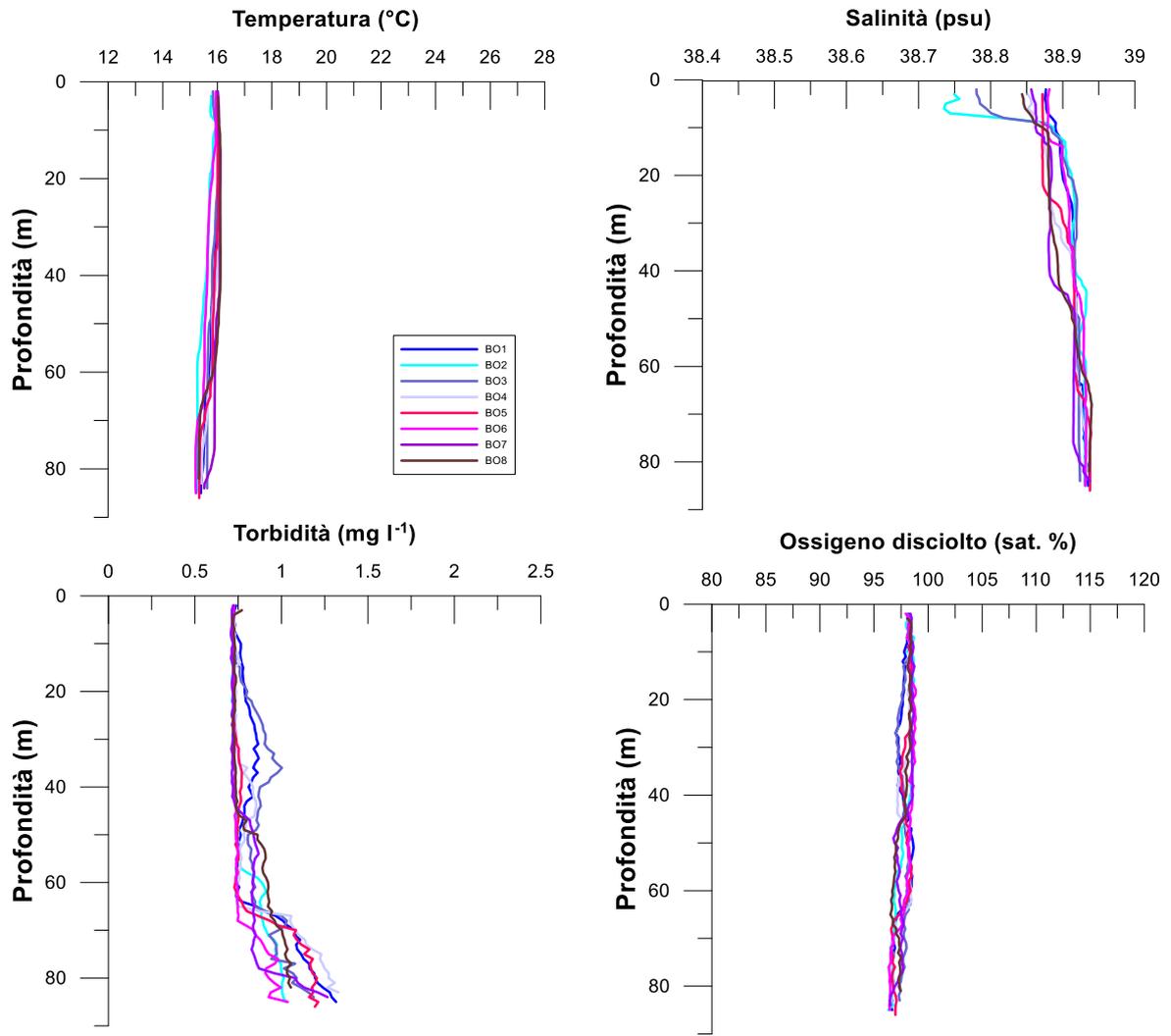


Fig. 3.13 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Dicembre 2021.**

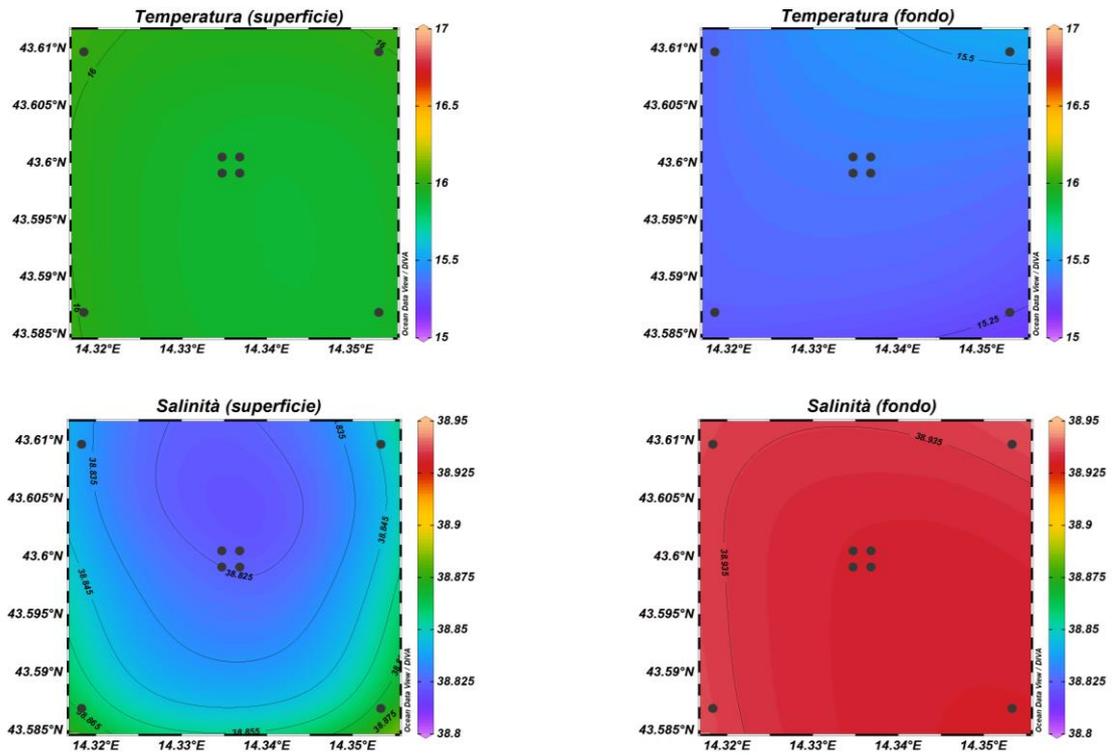


Fig. 3.14 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Dicembre 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

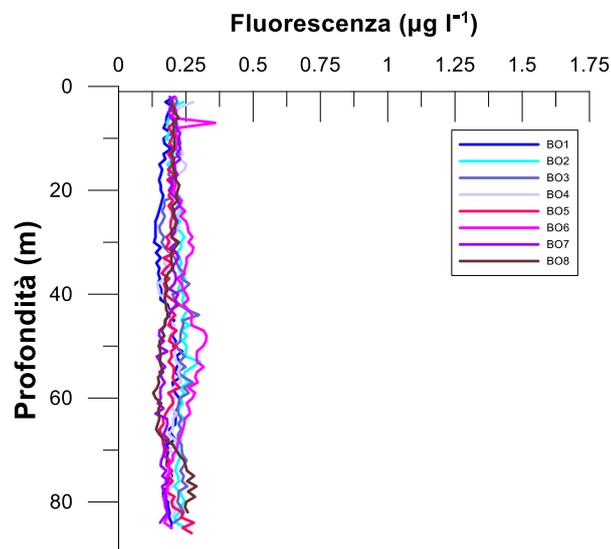


Fig. 3.15 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Dicembre 2021**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel campionamento di **febbraio** (figg. 3.16a, 3.16b e 3.17) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,64 \pm 0,22 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), a $0,17 \pm 0,09 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). Nitrati e nitriti sono risultati maggiori nelle acque più profonde, dove le medie sono state rispettivamente $0,95 \pm 0,13$ e $0,31 \pm 0,02 \mu\text{M}$ e dove sono stati registrati i massimi (NO_3 : $1,27 \mu\text{M}$ in BO4; NO_2 : $0,34 \mu\text{M}$ in BO5). Le concentrazioni minime sono invece state registrate in BO6 a 20 e 40 m per gli NO_3 ($0,43 \mu\text{M}$) e in superficie e a 20 m in BO1 e in superficie in BO2 per gli NO_2 ($0,09 \mu\text{M}$).

Per l'ammonio non è stato osservato un andamento particolare. La concentrazione massima ($0,13 \mu\text{M}$) è stata misurata al fondo della stazione BO4, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili in tutti i siti.

I fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti e omogenei ($0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$), con il massimo ($0,04 \mu\text{M}$) al fondo nella stazione BO4. Valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili ovunque.

La concentrazione media di silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stata di $1,78 \pm 0,26 \mu\text{M}$. I valori più elevati sono stati rilevati alla quota di fondo ($2,18 \pm 0,19 \mu\text{M}$) dove è stato raggiunto il massimo ($2,64 \mu\text{M}$) in BO4; il minimo ($1,56 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie nella stazione BO2.

Durante il campionamento di **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b e 3.19) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,27 \pm 0,05 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,09 \pm 0,03 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$ (NH_4). Nitriti e nitrati sono risultati omogenei lungo la colonna d'acqua, mentre l'ammonio è stato mediamente più elevato sul fondo. Il massimo di NO_3 ($0,51 \mu\text{M}$) è stato misurato nella stazione BO5 al fondo, il minimo ($0,18 \mu\text{M}$) a 40 m nella BO7. Per i NO_2 le concentrazioni sono variate tra un massimo di $0,21 \mu\text{M}$, misurato al fondo della stazione BO5, come osservato per i NO_3 , e un minimo di $0,06 \mu\text{M}$ rilevato in superficie nei siti BO2, BO6, BO7 e BO8. La concentrazione media di NH_4 in prossimità del fondale è risultata pari a $0,07 \pm 0,03 \mu\text{M}$, quota alla quale è stato raggiunto il massimo di $0,12 \mu\text{M}$ nella stazione BO8; valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili tra la superficie e i 40 m di tutti i siti di campionamento eccetto BO8.

I PO_4 sono risultati generalmente omogenei e contenuti lungo tutta la colonna d'acqua ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$). Il massimo ($0,05 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie e al fondo nella stazione BO5 e a 40 m nella BO1, mentre valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità

strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutti i siti entro 100 m dalla piattaforma, oltre ai controlli BO5 e BO8.

Anche i $\text{Si}(\text{OH})_4$ sono risultati abbastanza omogenei, con una media di $1,83 \pm 0,09 \mu\text{M}$, e moderatamente più elevati al fondo ($1,93 \pm 0,13 \mu\text{M}$) dove è stato osservato il massimo ($2,20 \mu\text{M}$) in BO5. Il minimo ($1,75 \mu\text{M}$) è stato rilevato a 40 m nella stazione BO8.

A **maggio** (figg. 3.20a, 3.20b e 3.21) le concentrazioni medie di NO_3 , NO_2 e NH_4 sono risultate ripettivamente pari a $0,34 \pm 0,52$, $0,06 \pm 0,09$ e $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$; i nitrati e i nitriti sono stati più elevati al fondo, come indicato dalle medie rilevate a questa quota (NO_3 : $1,22 \pm 0,06 \mu\text{M}$; NO_2 : $0,20 \pm 0,02 \mu\text{M}$), mentre l'ammonio è apparso omogeneamente distribuito.

Per i NO_3 le concentrazioni sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, osservati tra la superficie e i 20 m in tutte le stazioni, e un massimo di $1,29 \mu\text{M}$ misurato al fondo della BO1. Il valore maggiore di NO_2 ($0,23 \mu\text{M}$) è stato riscontrato al fondo della BO7, mentre concentrazioni uguali o inferiori al limite strumentale hanno caratterizzato i 20 m e la superficie di tutta l'area investigata. NH_4 è oscillato tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, a quote variabili in tutte le stazioni, e un massimo di $0,07 \mu\text{M}$ misurato a 40 m nella BO4.

Per i PO_4 non è stato osservato alcun andamento particolare; la concentrazione media è stata pari a $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$; il massimo ($0,07 \mu\text{M}$) ha caratterizzato la quota dei 40 m della stazione BO3, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati rilevati nella BO2 a 40 m e in BO3 e BO5 in superficie e a 20 m.

Infine, i $\text{Si}(\text{OH})_4$ sono risultati mediamente presenti con $1,91 \pm 0,44 \mu\text{M}$ e più abbondanti in prossimità del fondo. A questa quota, infatti, la media è aumentata a $2,65 \pm 0,06 \mu\text{M}$ ed è stato registrato il massimo ($2,75 \mu\text{M}$; BO6); il minimo ($1,54 \mu\text{M}$) ha invece interessato la superficie di BO5.

Nel mese di **luglio** (figg. 3.22a, 3.22b e 3.23) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,27 \pm 0,44 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,12 \pm 0,16 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,04 \pm 0,05 \mu\text{M}$ (NH_4). Le concentrazioni più elevate di NO_3 e NO_2 sono state rilevate al fondo ($1,01 \pm 0,13$ e $0,40 \pm 0,03 \mu\text{M}$ rispettivamente). Per i primi il massimo ($1,15 \mu\text{M}$) è stato misurato nella stazione BO7, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a differenti profondità tra la superficie e i 40 m in tutte le stazioni. La massima concentrazione di NO_2 ($0,43 \mu\text{M}$) è stata registrata in BO5 sul fondo, mentre altrove sono

risultate comprese tra 0,01 e 0,04 μM . Il massimo contenuto di NH_4 (0,27 μM) è stato misurato a 40 m di profondità nella BO7, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno interessato quote variabili di tutte le stazioni. Per questo nutriente non è stato osservato alcun andamento particolare.

I fosfati (PO_4) sono risultati generalmente contenuti e omogenei (0,04 \pm 0,05 μM), variando tra valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità osservati in tutte le stazioni a diverse quote, e un massimo di 0,05 μM sul fondo della BO6.

Le concentrazioni più elevate di $\text{Si}(\text{OH})_4$ hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni (3,67 \pm 0,08 μM), con un massimo di 3,79 μM misurato nella BO4. Nelle altre quote di campionamento i silicati sono variati tra 1,12 e 1,76 μM .

A **dicembre** (figg. 3.24a, 3.24b e 3.25) i nutrienti azotati sono risultati mediamente pari a 0,27 \pm 0,07 μM (NO_3), 0,15 \pm 0,05 μM (NO_2) e 0,18 \pm 0,25 μM (NH_4). La concentrazione media di NO_3 al fondo (0,37 \pm 0,04 μM) è risultata lievemente superiore a quella delle altre quote (0,24 \pm 0,04 μM); il massimo (0,43 μM) ha caratterizzato la quota di fondo della stazione BO6, il valore minimo (0,17 μM) la quota superficiale della BO7. Il massimo di NO_2 (0,28 μM) è stato misurato al fondo di BO1. Nelle altre quote di campionamento le concentrazioni sono risultate generalmente contenute ed omogenee (0,13 \pm 0,04 μM), con un minimo (0,08 μM) in superficie e a 20 m di profondità nella stazione BO7. La concentrazione massima di NH_4 (1,37 μM) è stata misurata in superficie nella BO1, mentre il minimo (0,05 μM) è stato riscontrato alla profondità di 40 m in BO4 e BO5. In generale non è stato osservato alcun andamento particolare.

Le concentrazioni di PO_4 sono risultate generalmente contenute e omogenee (\leq 0,02 μM), fatta eccezione per le stazioni BO1 (40 m e fondo) e BO2 (40 m) dove sono stati misurati valori di 0,04 e 0,08 μM .

La concentrazione media di $\text{Si}(\text{OH})_4$ è stata di 1,18 \pm 0,27 μM ; contenuti mediamente più elevati sono stati rilevati nelle acque di fondo (1,45 \pm 0,19 μM). Il massimo (1,84 μM) è stato misurato a questa quota nella stazione BO1, il minimo (0,82 μM) in superficie nella BO7.

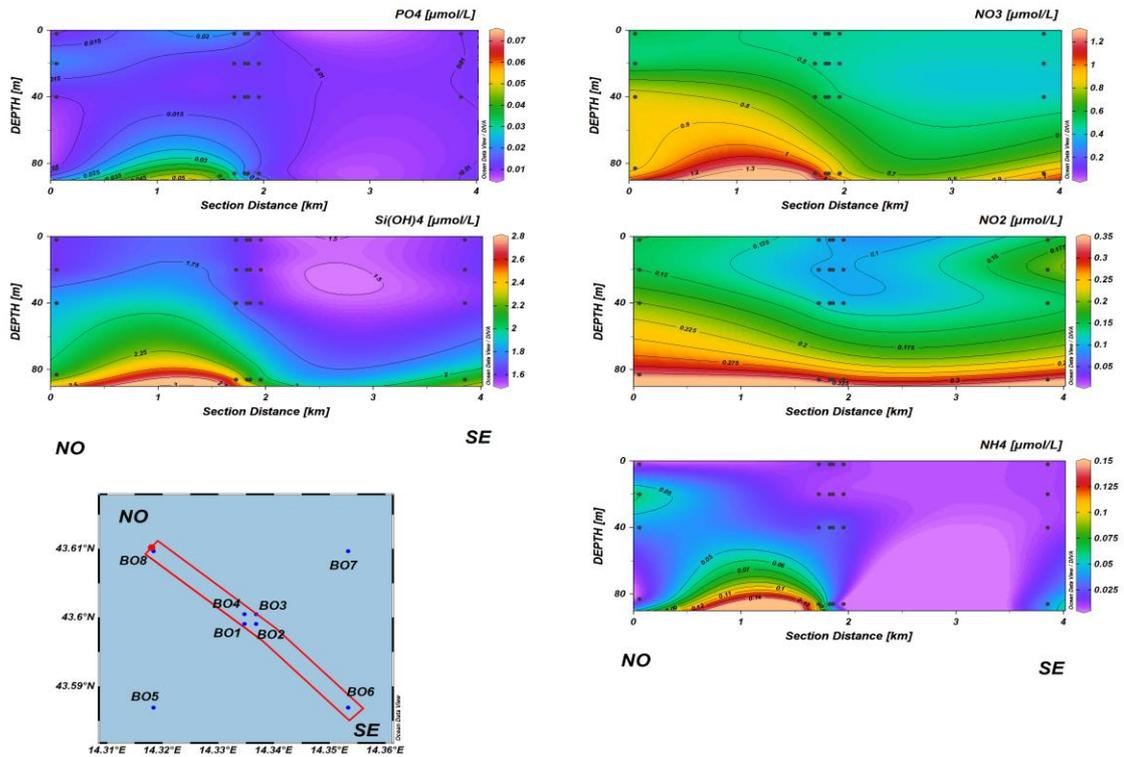


Fig. 3.16a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2021.**

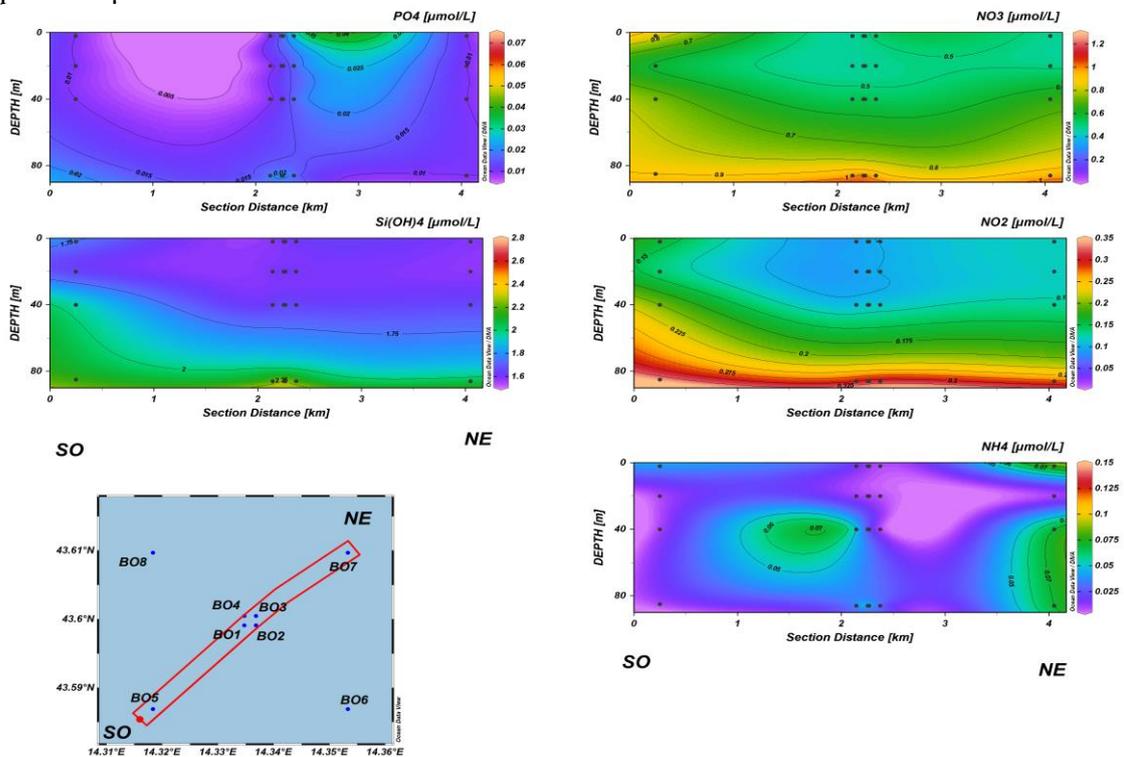


Fig. 3.16b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Febbraio 2021.**

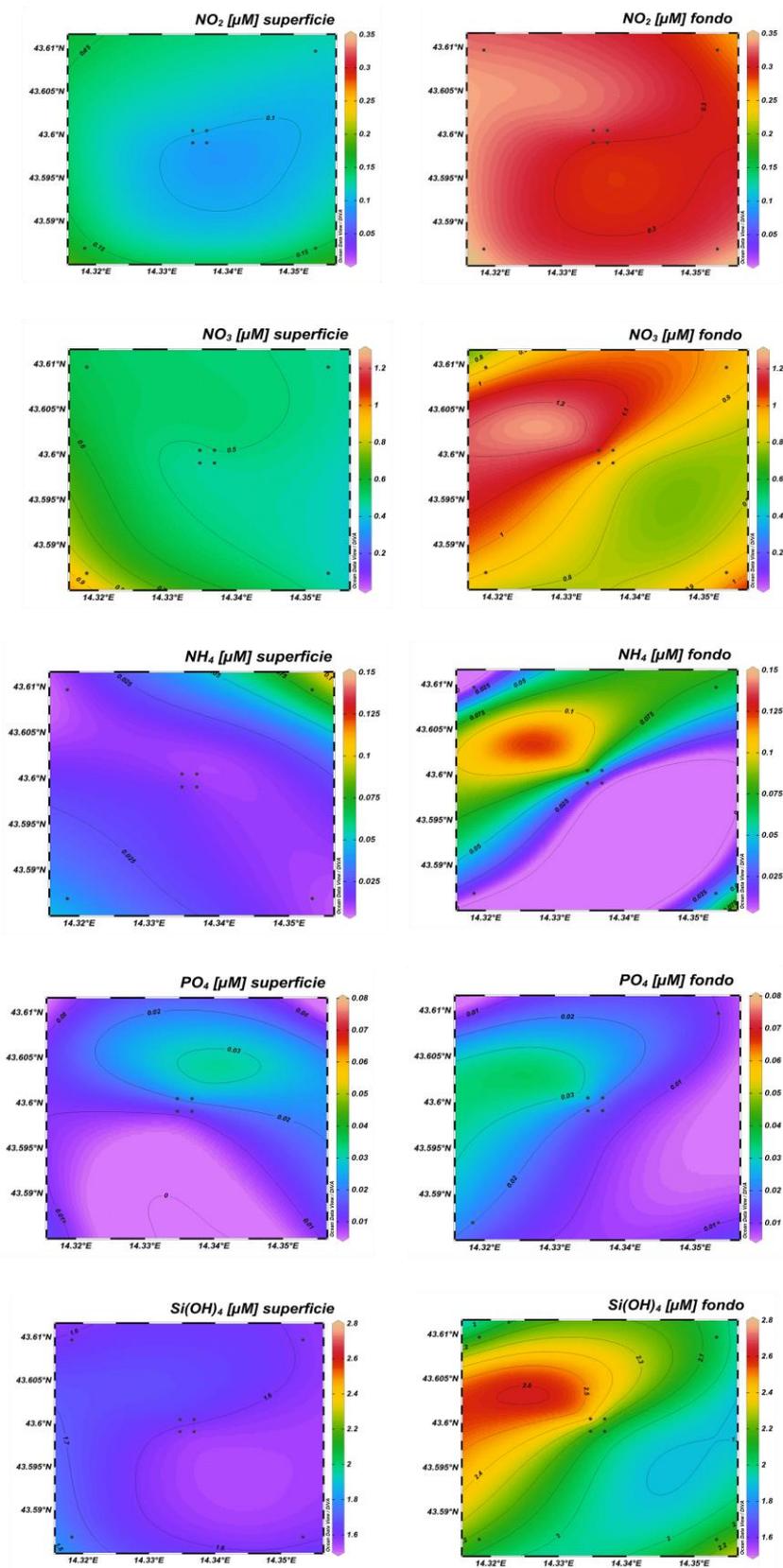


Fig. 3.17 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Febbraio 2021.**

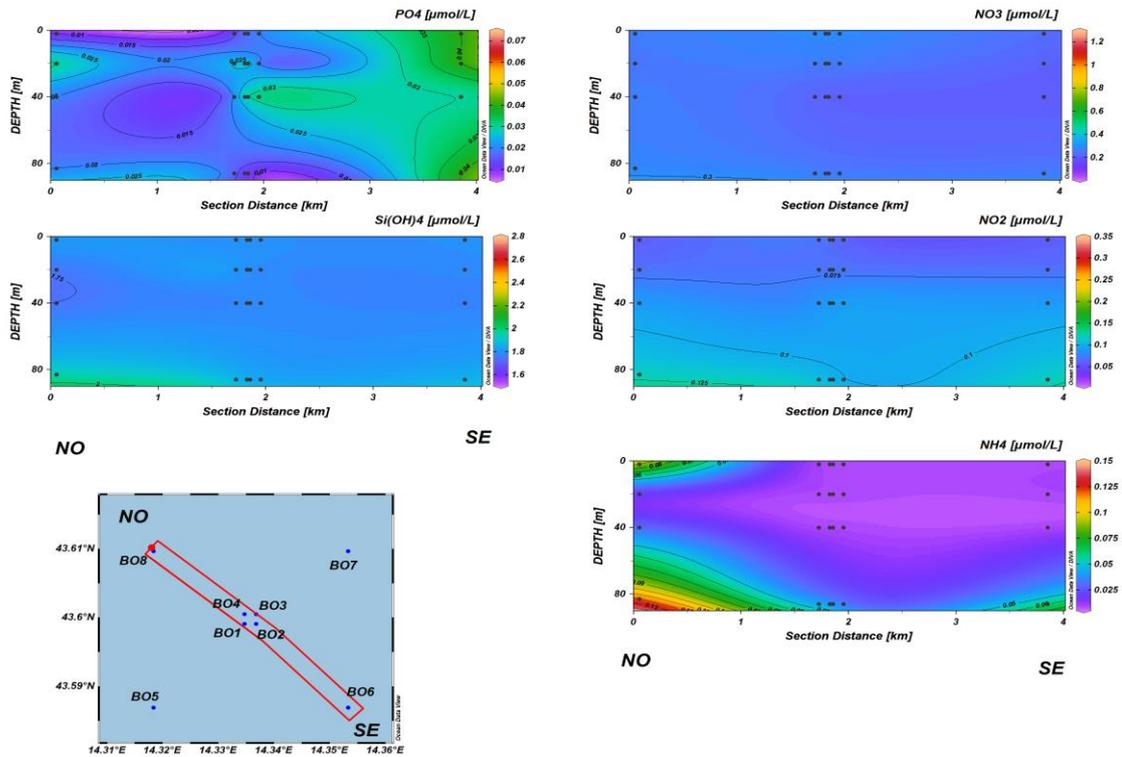


Fig. 3.18a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Marzo 2021.**

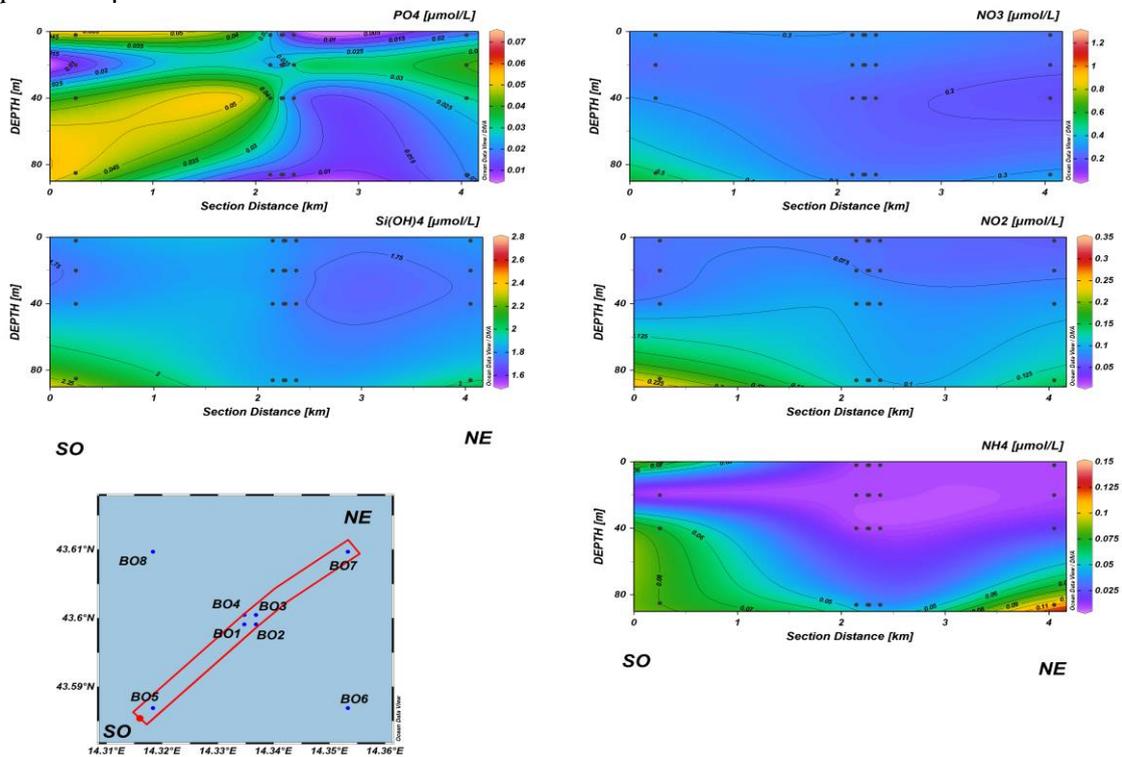


Fig. 3.18b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. **Marzo 2021.**

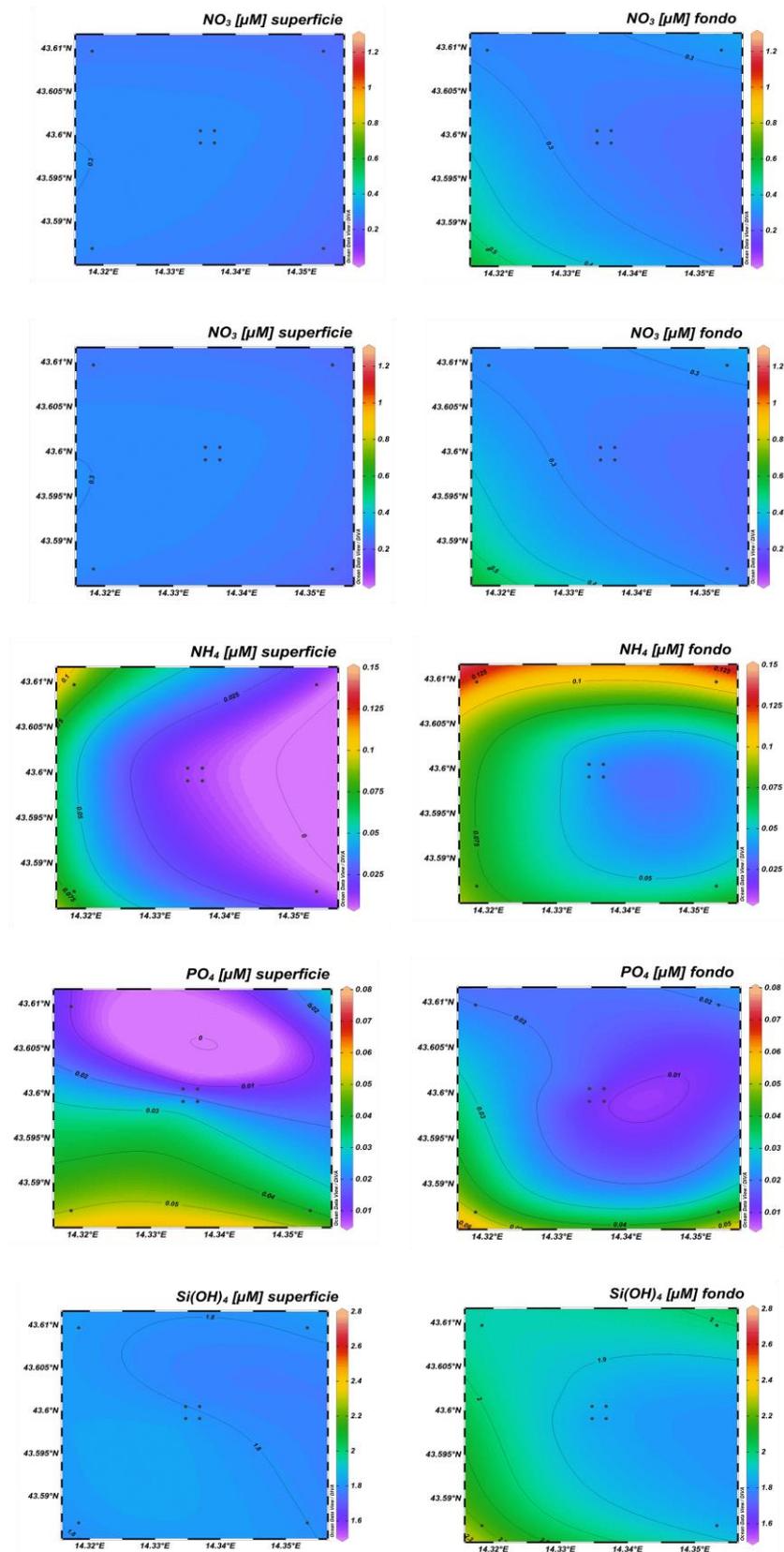


Fig. 3.19 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Marzo 2021.**

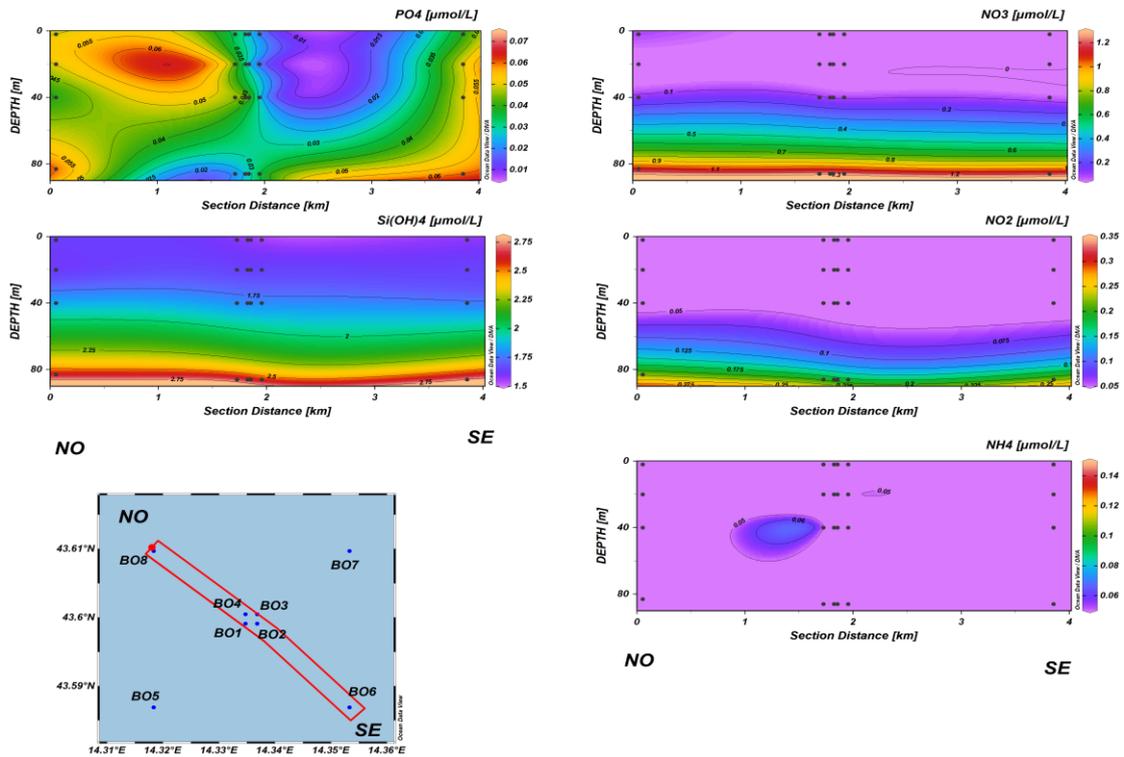


Fig. 3.20a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

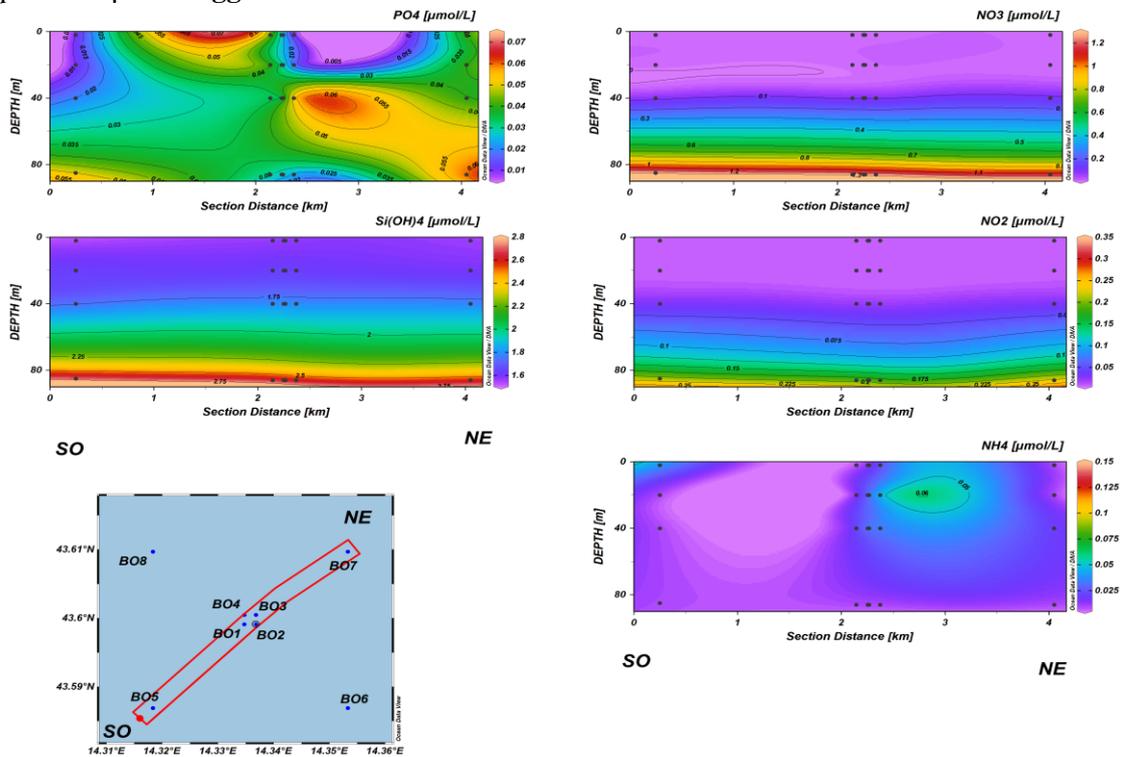


Fig. 3.20b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM. Maggio 2021.

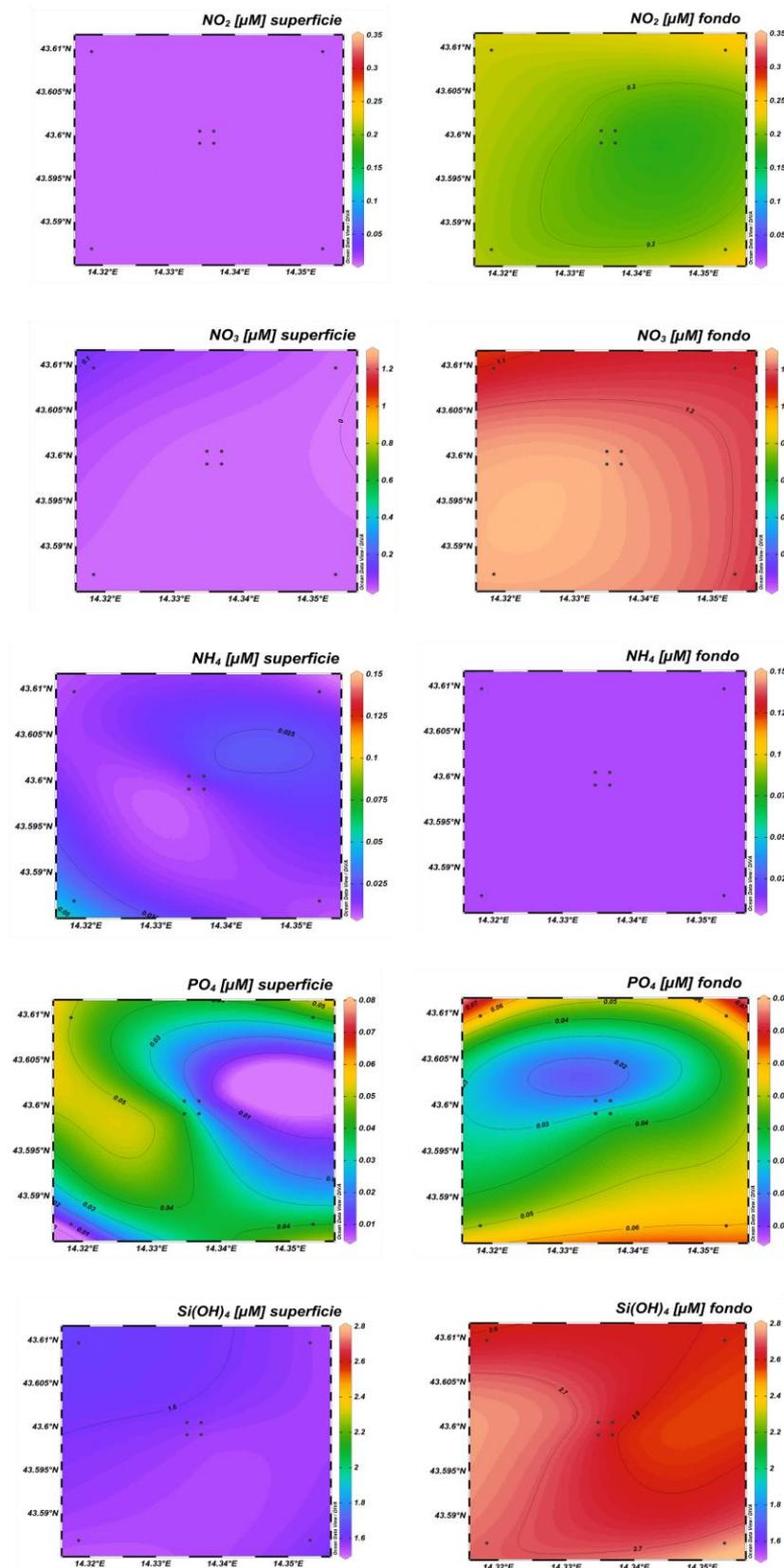


Fig. 3.21 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti (NO_2), nitrati (NO_3), ammonio (NH_4), fosfati (PO_4) e silicati (Si(OH)_4) espresse in μM . **Maggio 2021.**

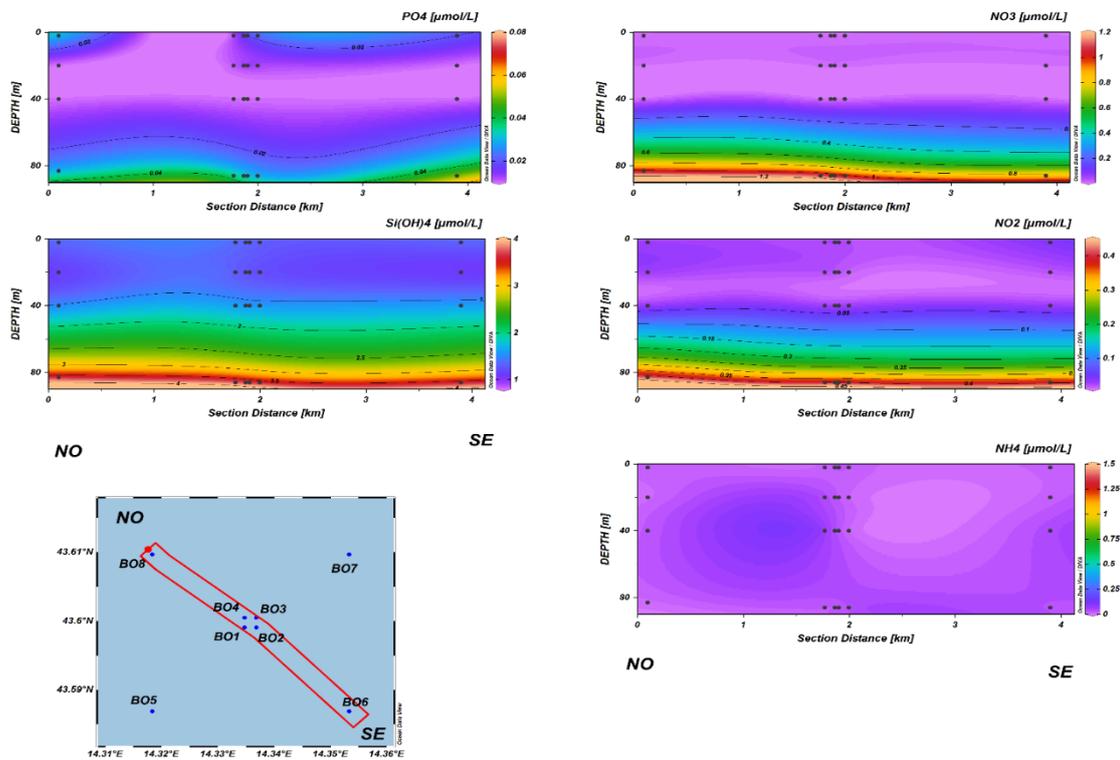


Fig. 3.22a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO4), silicati (Si(OH)4), nitrati (NO3), nitriti (NO2) e ammonio (NH4) espresse in μM . Luglio 2021.

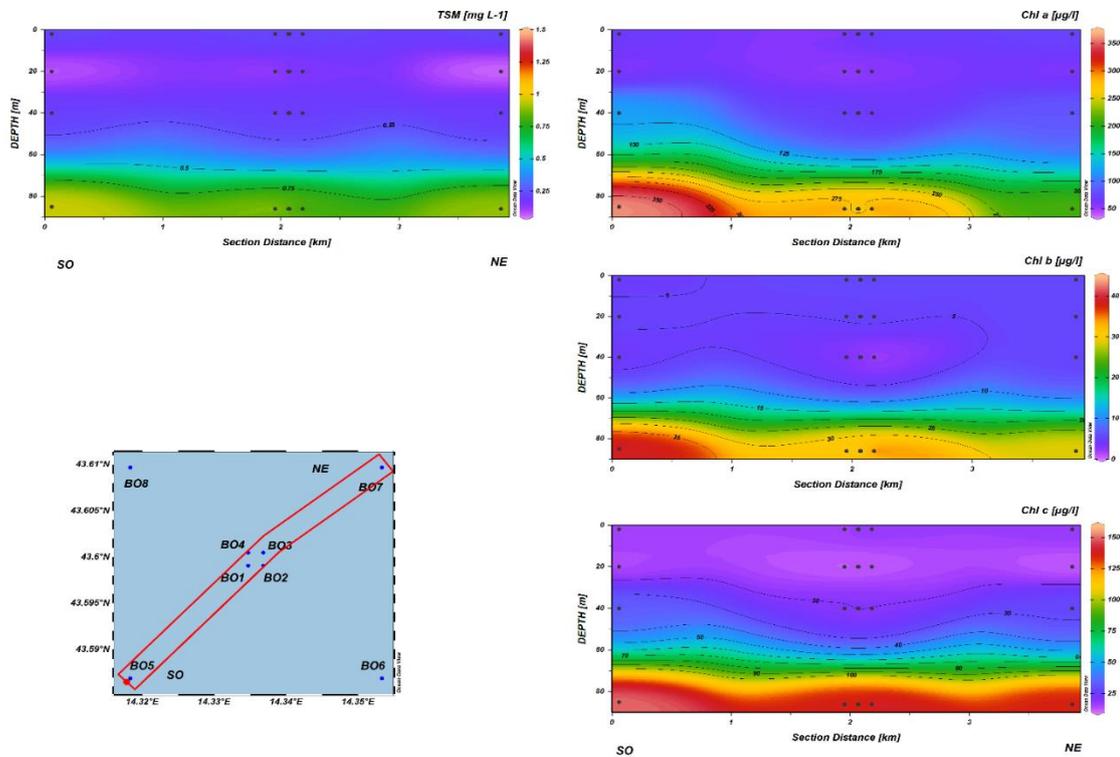


Fig. 3.22b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO4), silicati (Si(OH)4), nitrati (NO3), nitriti (NO2) e ammonio (NH4) espresse in μM . Luglio 2021.

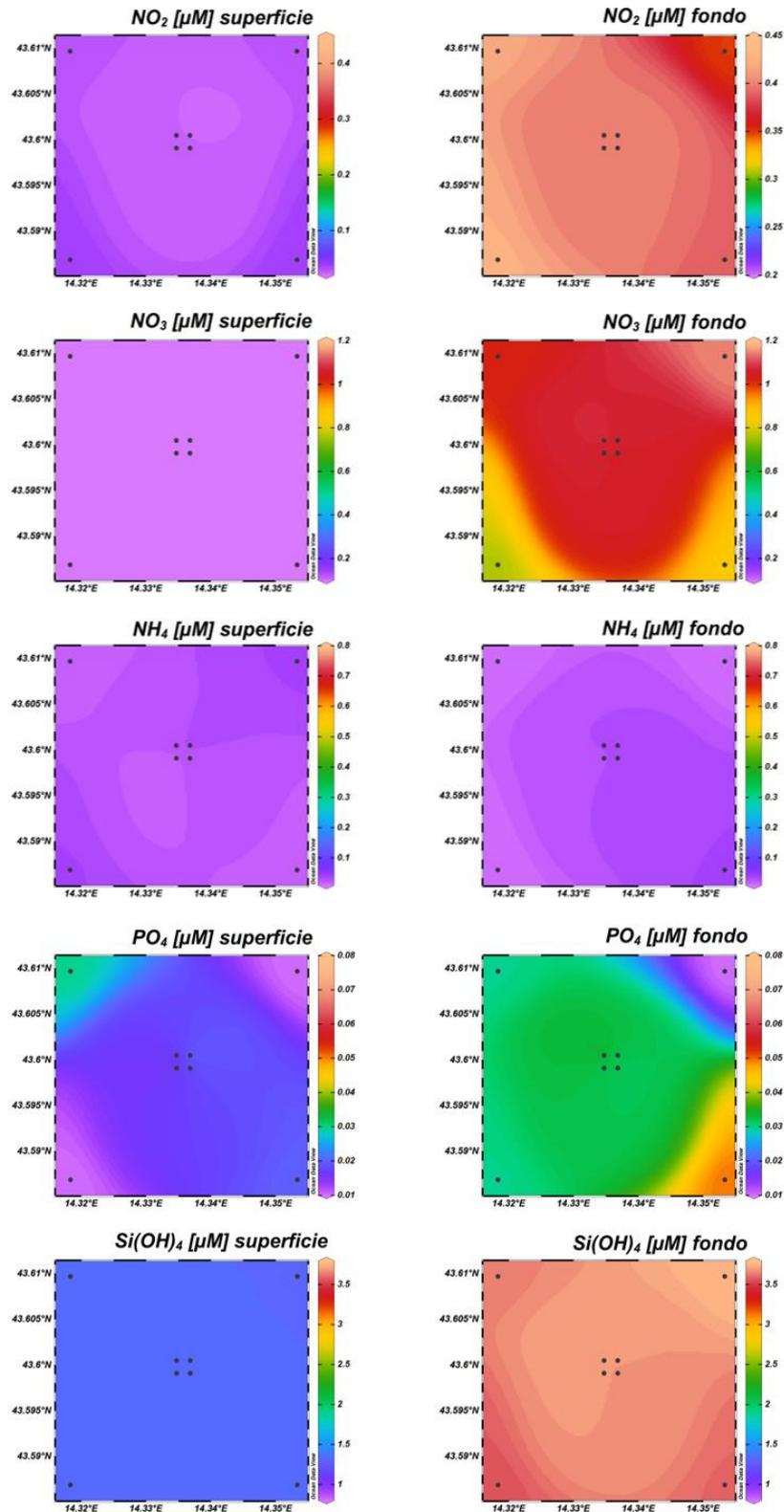


Fig. 3.23 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Luglio 2021.**

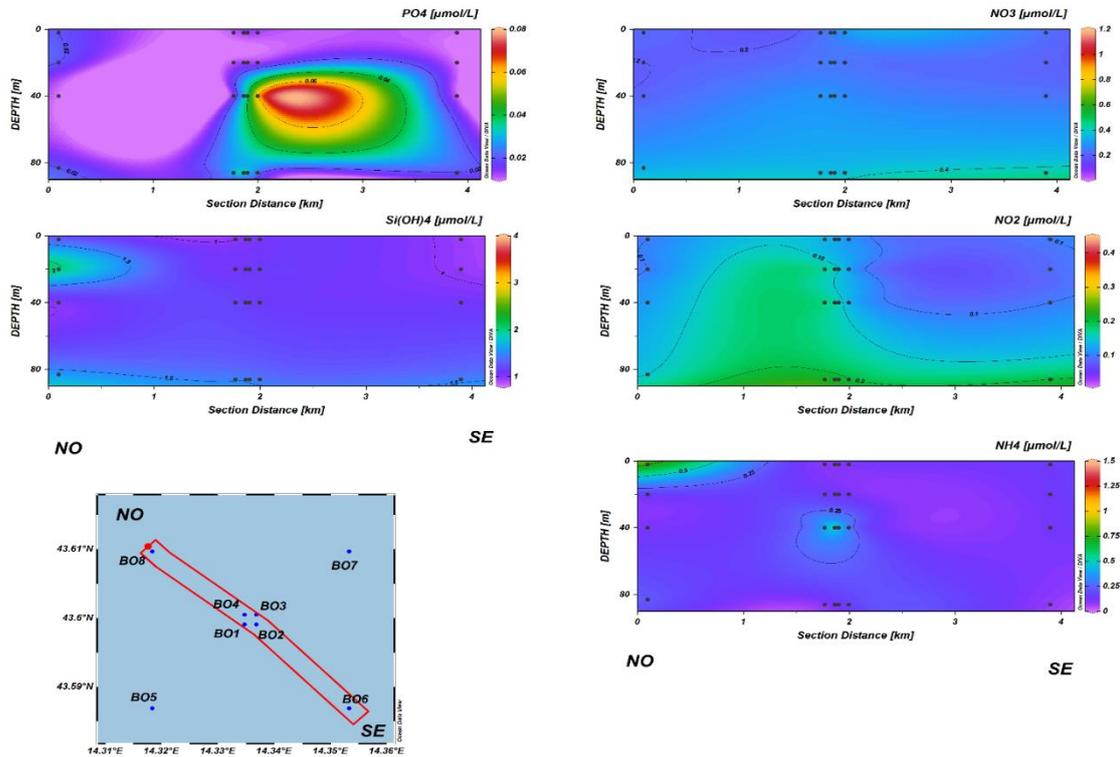


Fig. 3.24a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO4), silicati (Si(OH)4), nitrati (NO3), nitriti (NO2) e ammonio (NH4) espresse in μM . Dicembre 2021.

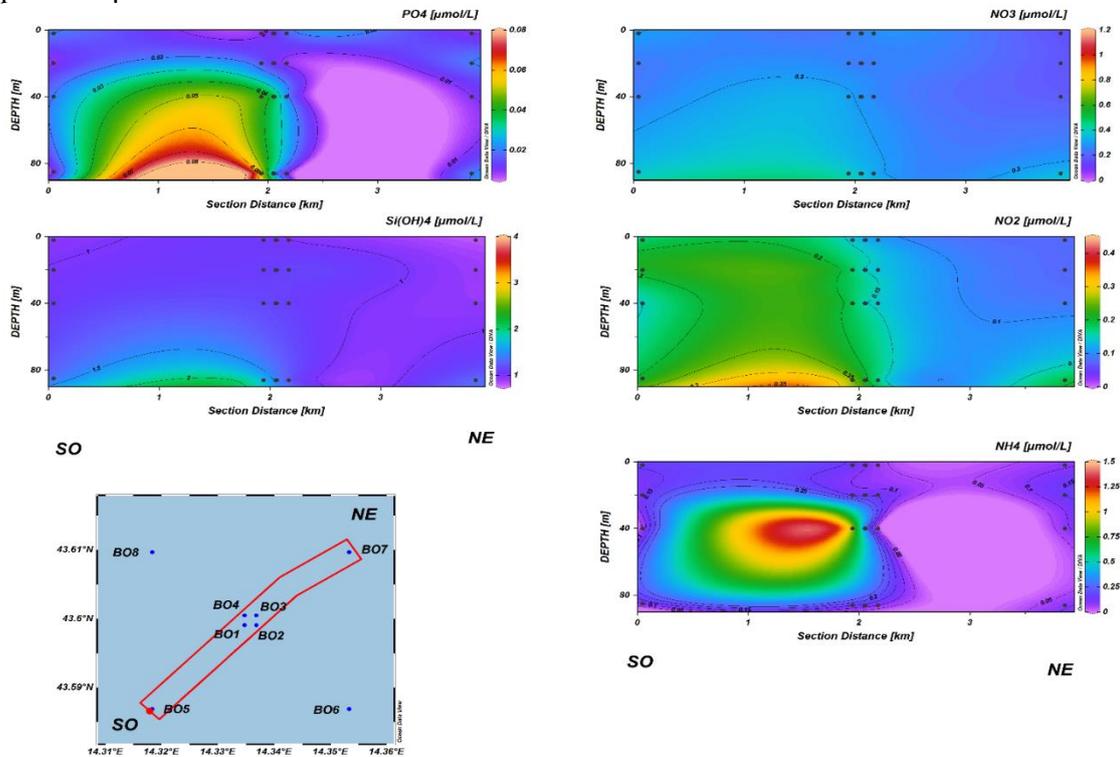


Fig. 3.24b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO4), silicati (Si(OH)4), nitrati (NO3), nitriti (NO2) e ammonio (NH4) espresse in μM . Dicembre 2021.

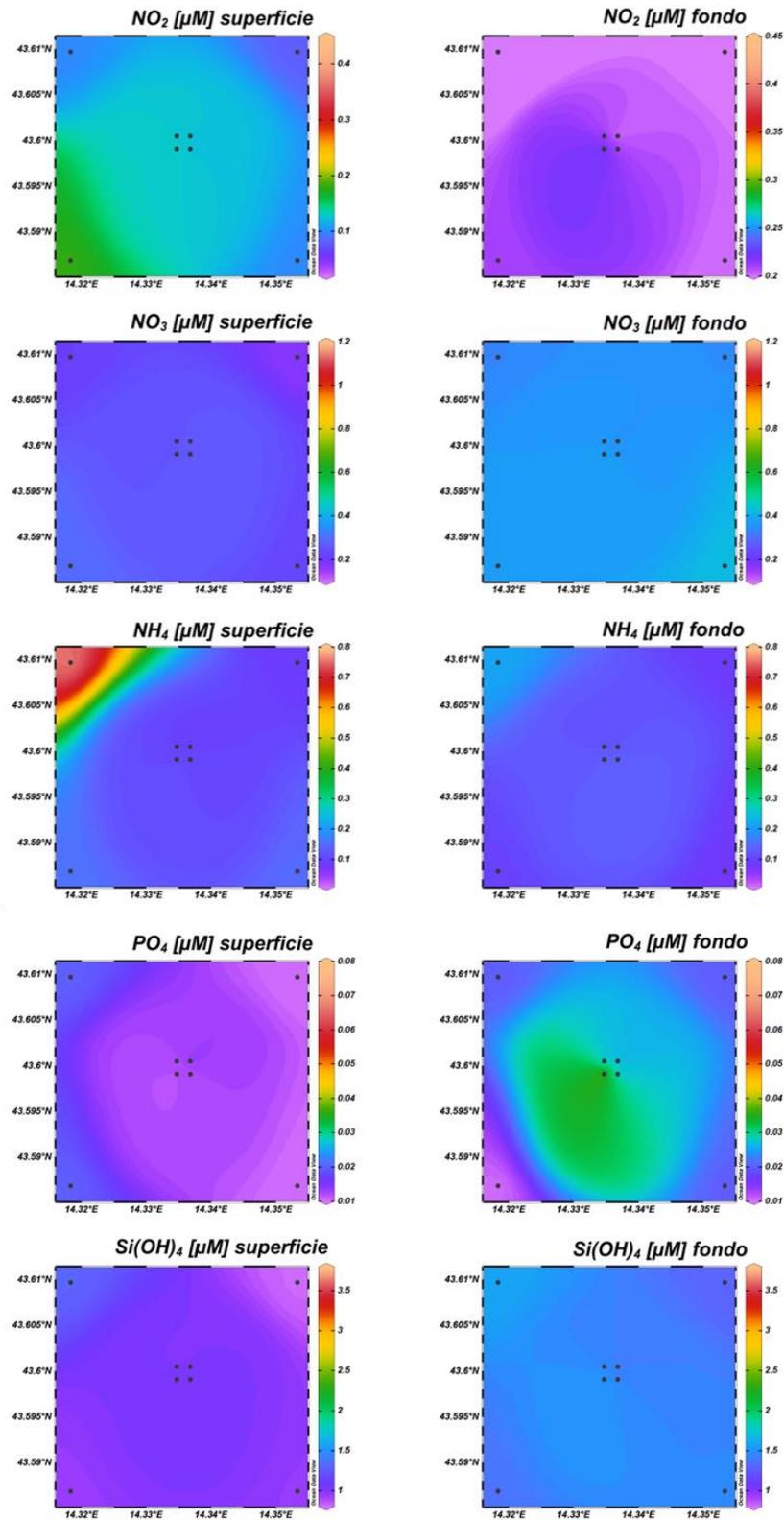


Fig. 3.25 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Dicembre 2021**.

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.26a, 3.26b, 3.27) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $253,3 \pm 40,1$ ng/l, con un massimo di 330,6 ng/l e un minimo di 152,7 ng/l misurati rispettivamente a 40 m nella stazione BO5 e al fondo della BO6. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $24,5 \pm 6,6$ e $70,2 \pm 10,4$ ng/l. Il massimo contenuto di Chl *b* (50,3 ng/l) è stato misurato a 40 m di profondità nella BO5, analogamente a quanto osservato per la Chl *a*; il più basso (16,8 ng/l) è stato riscontrato nella medesima stazione in superficie. Anche il massimo di Chl *c* (87,3 ng/l) è stato rilevato a 40 m nella BO5, mentre il minimo (48,4 ng/l) è stato misurato al fondo della BO8. In generale le concentrazioni di pigmenti clorofilliani sono risultate più elevate a 40 m di profondità.

Il materiale particellato (TSM), è risultato mediamente presente con $0,4 \pm 0,4$ mg/l ed è stato più abbondante al fondo dell'area di campionamento dove è stato misurato il massimo (1,4 mg/l) presso la stazione BO4 (minimo di 0,1 mg/l a 20 m in BO6).

A **marzo** (figg. 3.28a, 3.28b, 3.29) la concentrazione della Chl *a* è risultata mediamente pari a $189,8 \pm 31,2$ ng/l ed è variata tra 269,9 ng/l (BO7, 40 m) e 129,6 ng/l (BO8, superficie). La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $13,5 \pm 3,3$ e $45,5 \pm 11,7$ ng/l. Il massimo contenuto di Chl *b* (22,0 ng/l) è stato misurato al fondo della stazione BO5, il minimo (8,1 ng/l) nel medesimo sito in superficie. Il massimo di Chl *c* (79,6 ng/l) è stato riscontrato a 40 m nella BO7, mentre la concentrazione minima (23,6 ng/l) è stata misurata alla quota superficiale della BO8, analogamente a quanto osservato per la Chl *a*. In generale, per i pigmenti clorofilliani non è stato rilevato un andamento particolare.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente, con una concentrazione media di $0,4 \pm 0,3$ mg/l. Analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani, non è stato rilevato un andamento particolare: il massimo (1,1 mg/l) è stato registrato al fondo della stazione BO8, il minimo (0,1 mg/l) a 20 m di profondità nella BO6.

A **maggio** (figg. 3.30a, 3.30b, 3.31) la Chl *a* ha raggiunto una concentrazione media di $227,4 \pm 53,3$ ng/l, con un massimo di 410,2 ng/l misurato al fondo della stazione BO2 e un minimo di 153,7 ng/l a 20 m nella BO8. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato contenuti medi rispettivamente pari a $15,7 \pm 8,0$ e $60,2 \pm 18,7$ ng/l. La Chl *b* è oscillata tra 30,8 ng/l

(BO6, fondo) e 6,8 ng/l (BO4, superficie), la Chl *c* tra 99,1 ng/l (BO2, fondo) e 36,8 ng/l (BO1, superficie). In generale, le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo.

Il TSM era mediamente presente con $0,3 \pm 0,3$ mg/l; analogamente a quanto osservato per i pigmenti clorofilliani, le concentrazioni più elevate sono state osservate in prossimità del fondale dove è stato raggiunto il massimo (0,9 mg/l) in BO7; il minimo (0,1 mg/l) è stato misurato nella stazione BO6 a 20 m di profondità.

Nel mese di **luglio** (figg. 3.32a, 3.32b, 3.33) In generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo. La Chl *a* è risultata mediamente pari a $125,2 \pm 106,9$ ng/l, con un massimo di 372,1 ng/l e un minimo di 34,4 ng/l misurati rispettivamente al fondo della stazione BO3 e in superficie nella BO1. La Chl *b* e Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $12,1 \pm 13,4$ e 49,9 55,2 ng/l. Il massimo di Chl *b* (43,5 ng/l) è stato misurato al fondo della stazione BO3, mentre valori prossimi allo zero sono stati riscontrati a 40 m di profondità nelle BO2 e BO3. Il massimo di Chl *c* (156,9 ng/l) è stato riscontrato al fondo della BO3, il minimo (11,1 ng/l) a 20 m stazione BO1.

Il TSM è risultato mediamente presente con $0,4 \pm 0,3$ mg/l. Come per le clorofille, anche il TSM è stato più abbondante sul fondo, con un massimo di 1,1 mg/l nella stazione BO6; il minimo (0,03 mg/l) è stato rilevato a 20 m di profondità nella BO1.

A **dicembre** (figg. 3.34a, 3.34b, 3.35) non è stato possibile campionare tutte le stazioni a causa di un problema tecnico al sistema di filtraggio. la Chl *a* è risultata mediamente pari a $139,4 \pm 16,7$ ng/l, con un massimo di 159,2 ng/l al fondo della stazione BO1 e un minimo di 112,8 ng/l in superficie della stazione BO5. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $7,9 \pm 1,8$ e $36,7 \pm 2,6$ ng/l. Le concentrazioni massima (10,6 ng/l) e minima (5,0 ng/l) di Chl *b* sono state riscontrate in BO5, rispettivamente al fondo e in superficie. Nel medesimo sito sono stati rilevati anche il massimo (39,6 ng/l) e il minimo (31,7 ng/l) di Chl *c*, a 40 m e in superficie rispettivamente. Le concentrazioni di TSM ($0,9 \pm 0,2$ mg/l) sono risultate maggiori sul fondo anche in questo campionamento ($1,2 \pm 0,1$ mg/l) dove, presso BO4, è stato registrato il massimo.

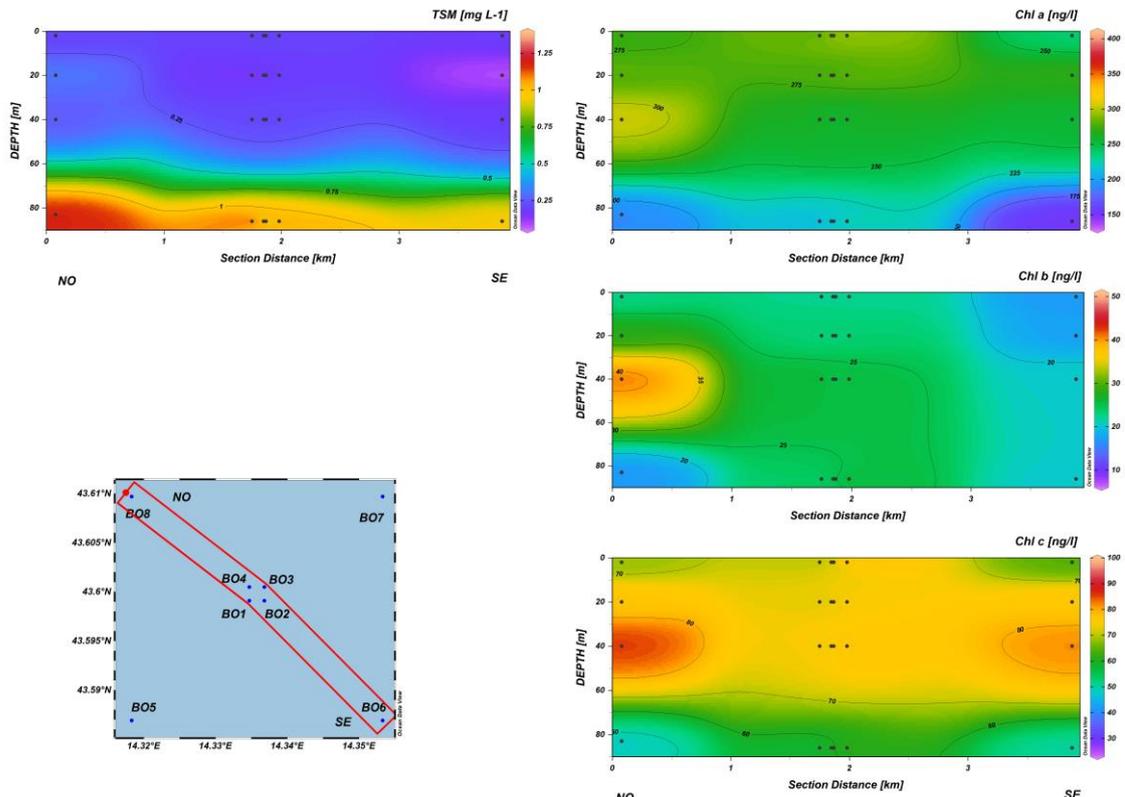


Fig. 3.26a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

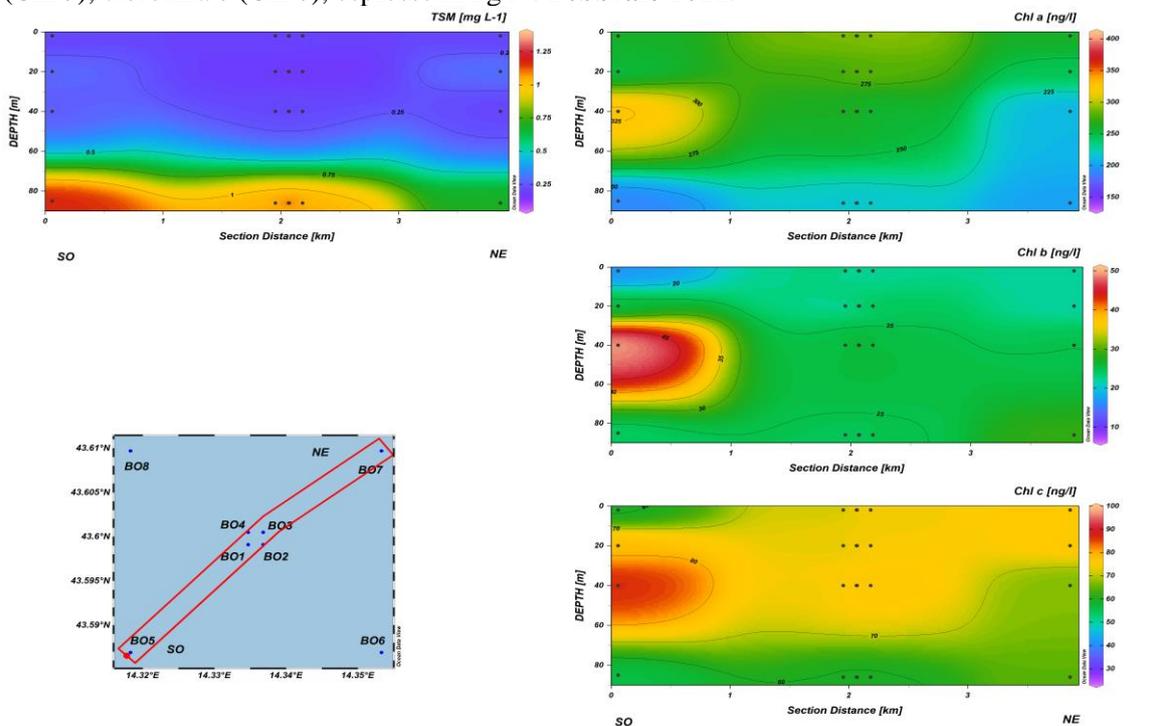


Fig. 3.26b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2021.**

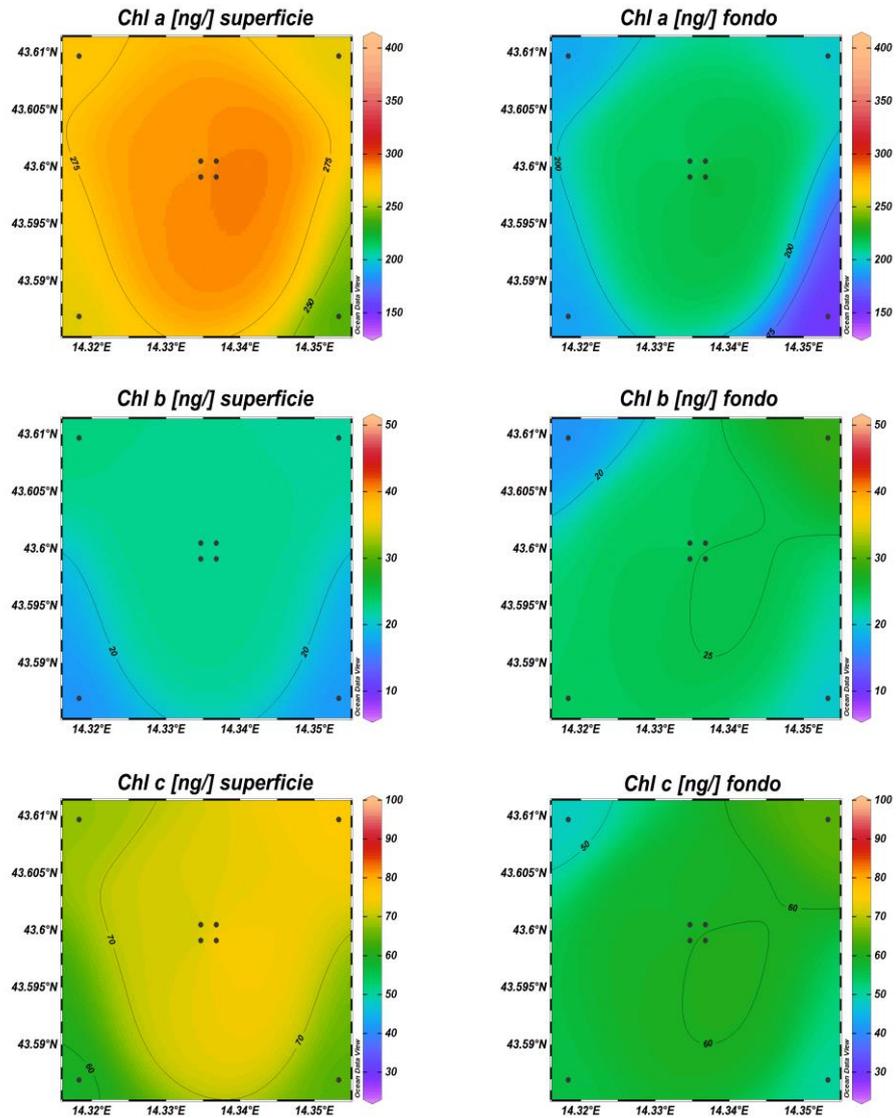


Fig. 3.27 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Febbraio 2021.**

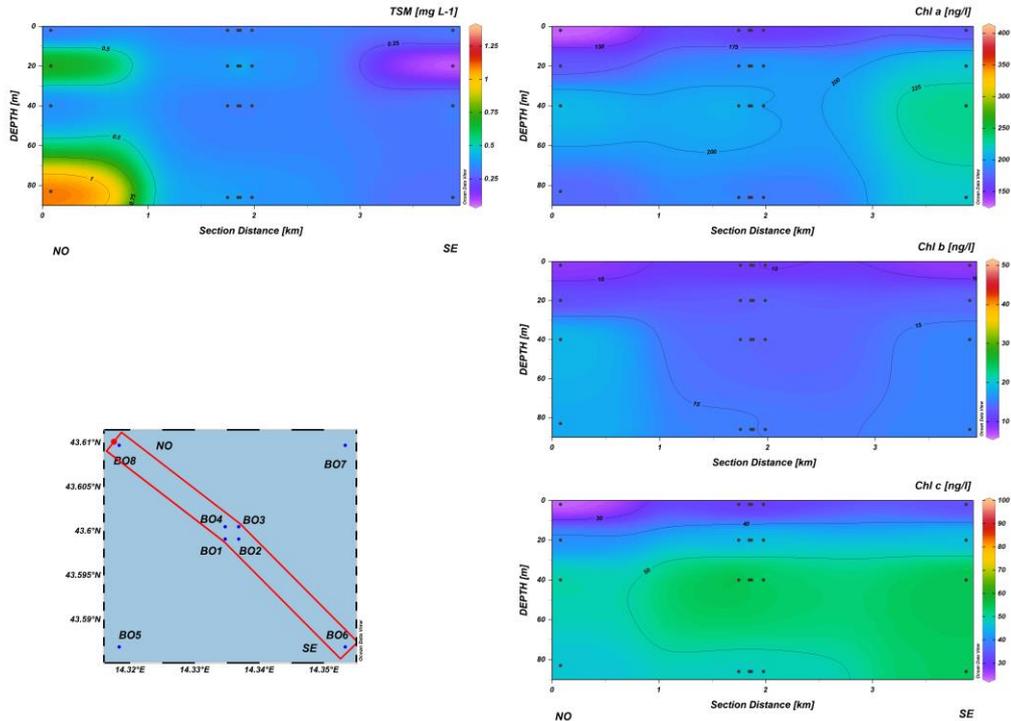


Fig. 3.28a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

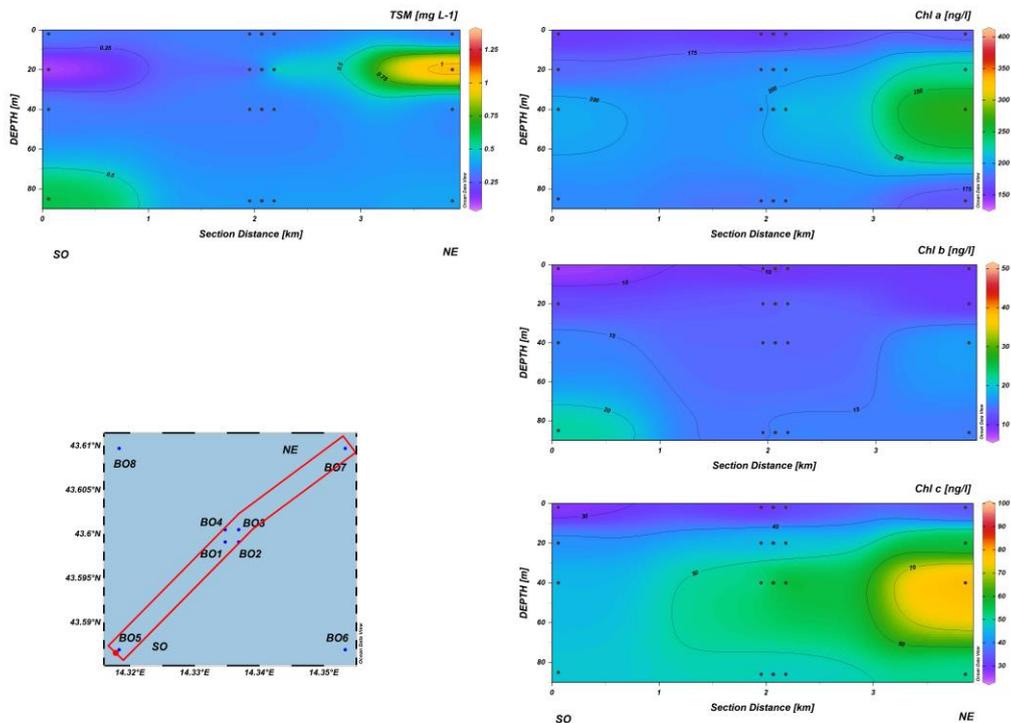


Fig. 3.28b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

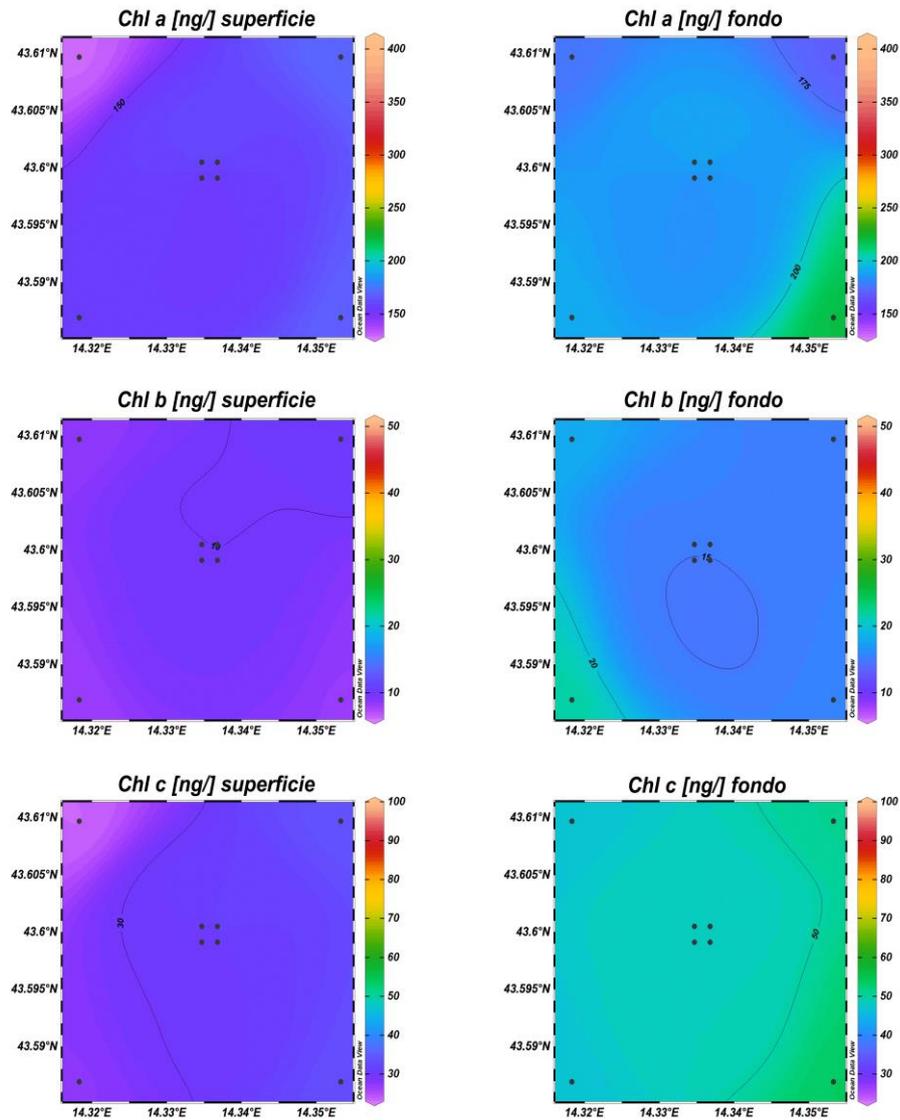


Fig. 3.29 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Marzo 2021.**

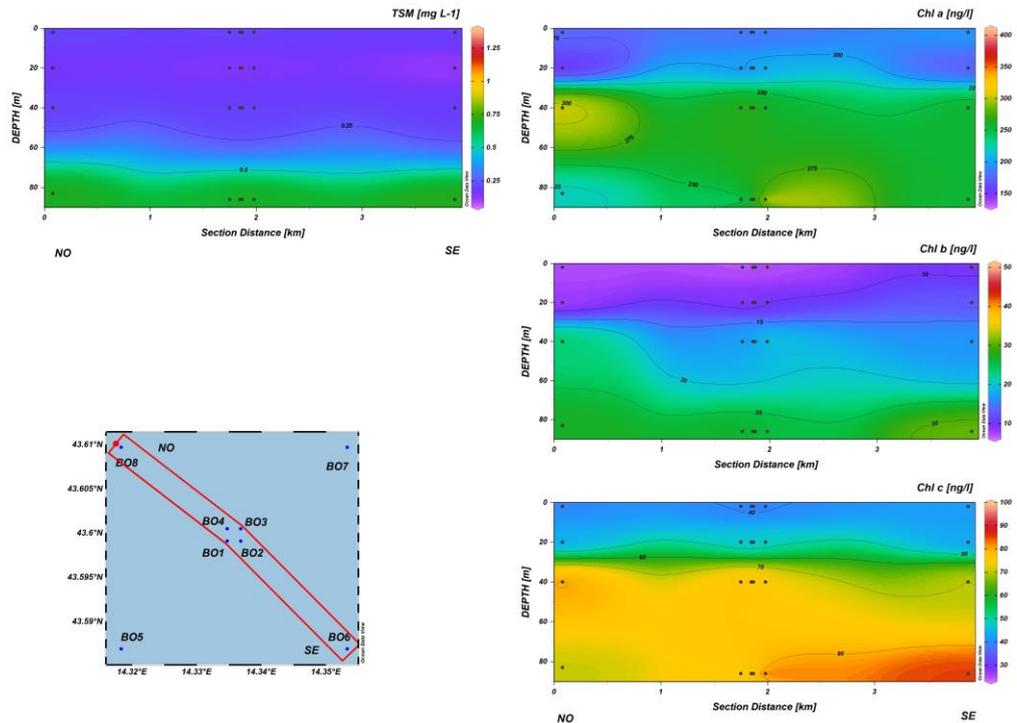


Fig. 3.30a – Sezione verticale delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2, BO6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l⁻¹. **Maggio 2021.**

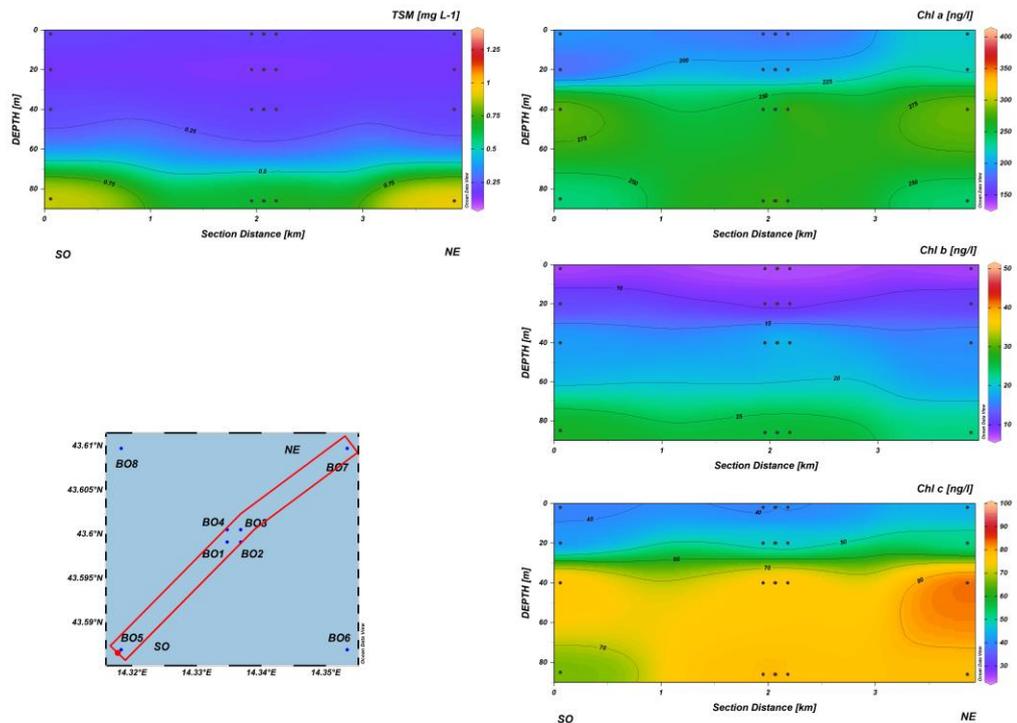


Fig. 3.30b – Sezione verticale delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3, BO7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, della clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l⁻¹. **Maggio 2021.**

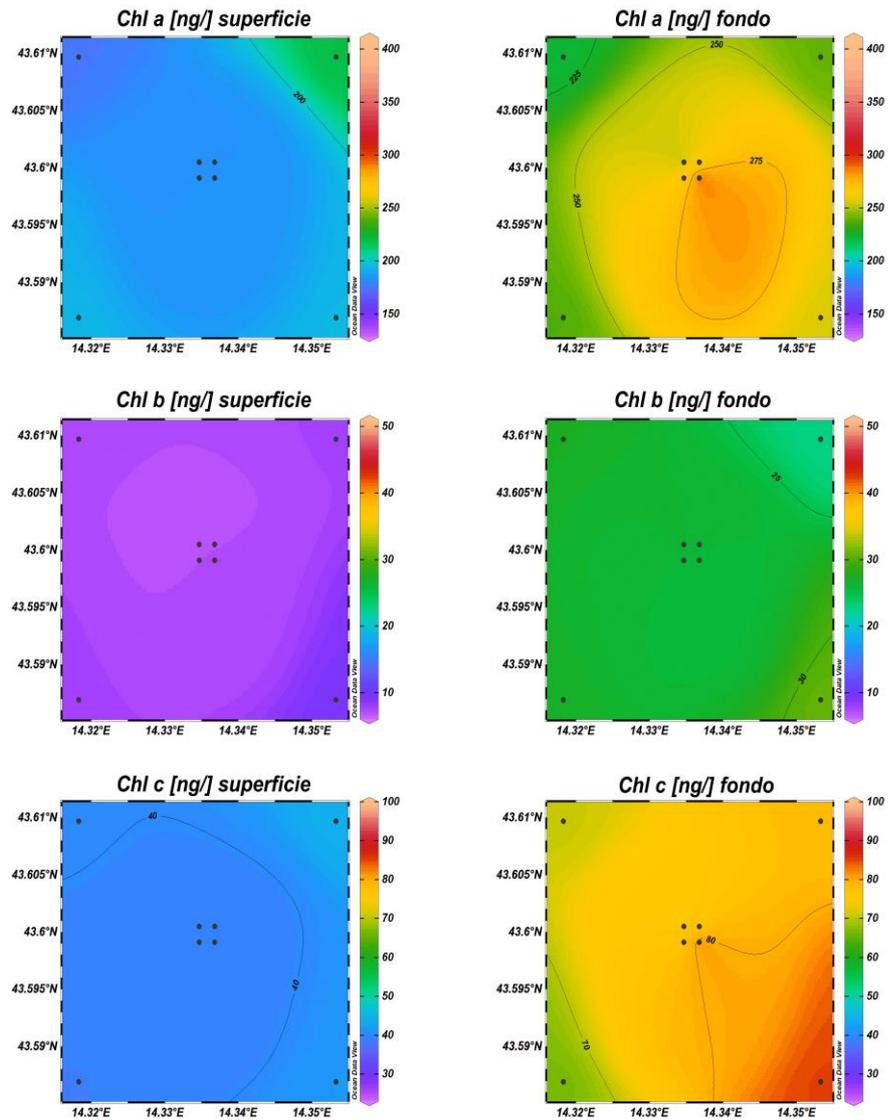


Fig. 3.31 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Maggio 2021.**

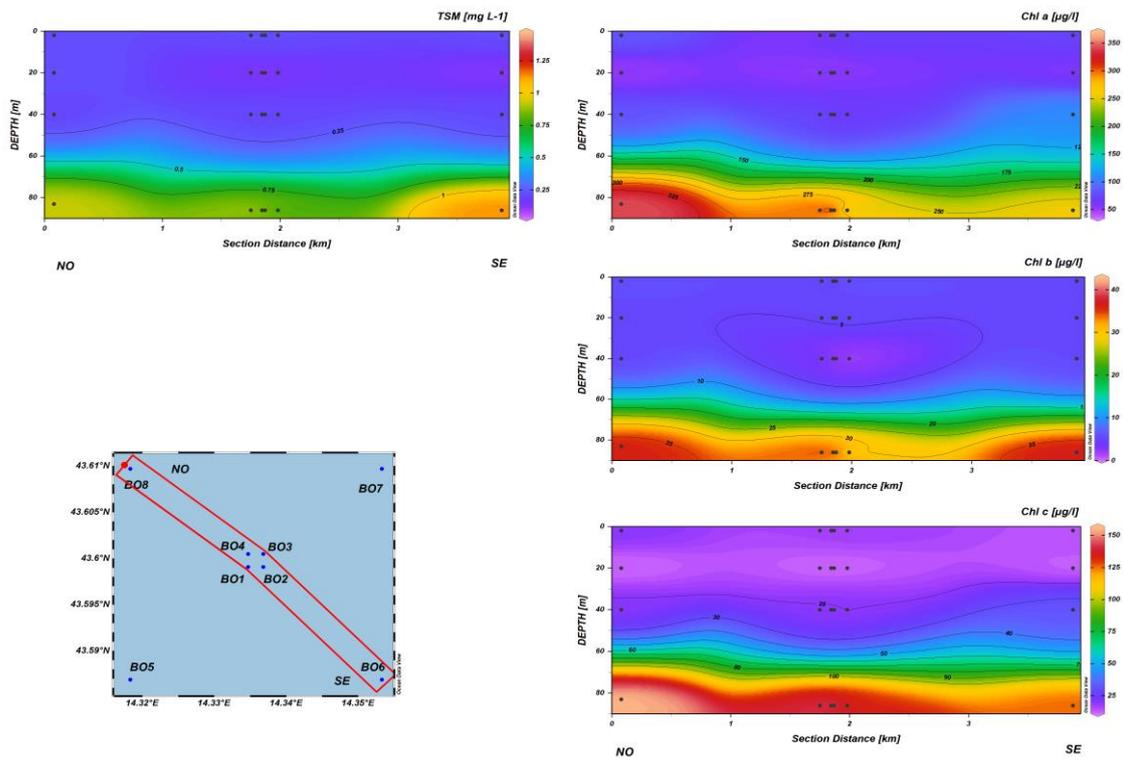


Fig. 3.32a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, della clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l⁻¹. **Luglio 2021.**

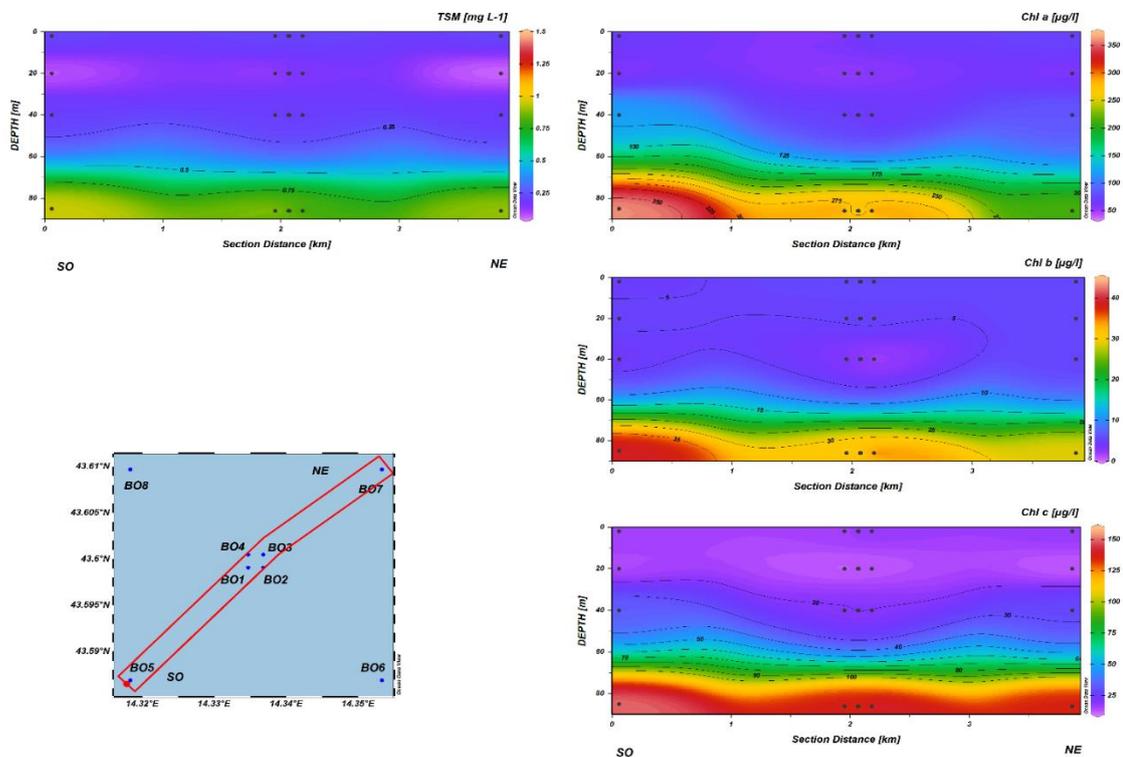


Fig. 3.32b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, della clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l⁻¹. **Luglio 2021.**

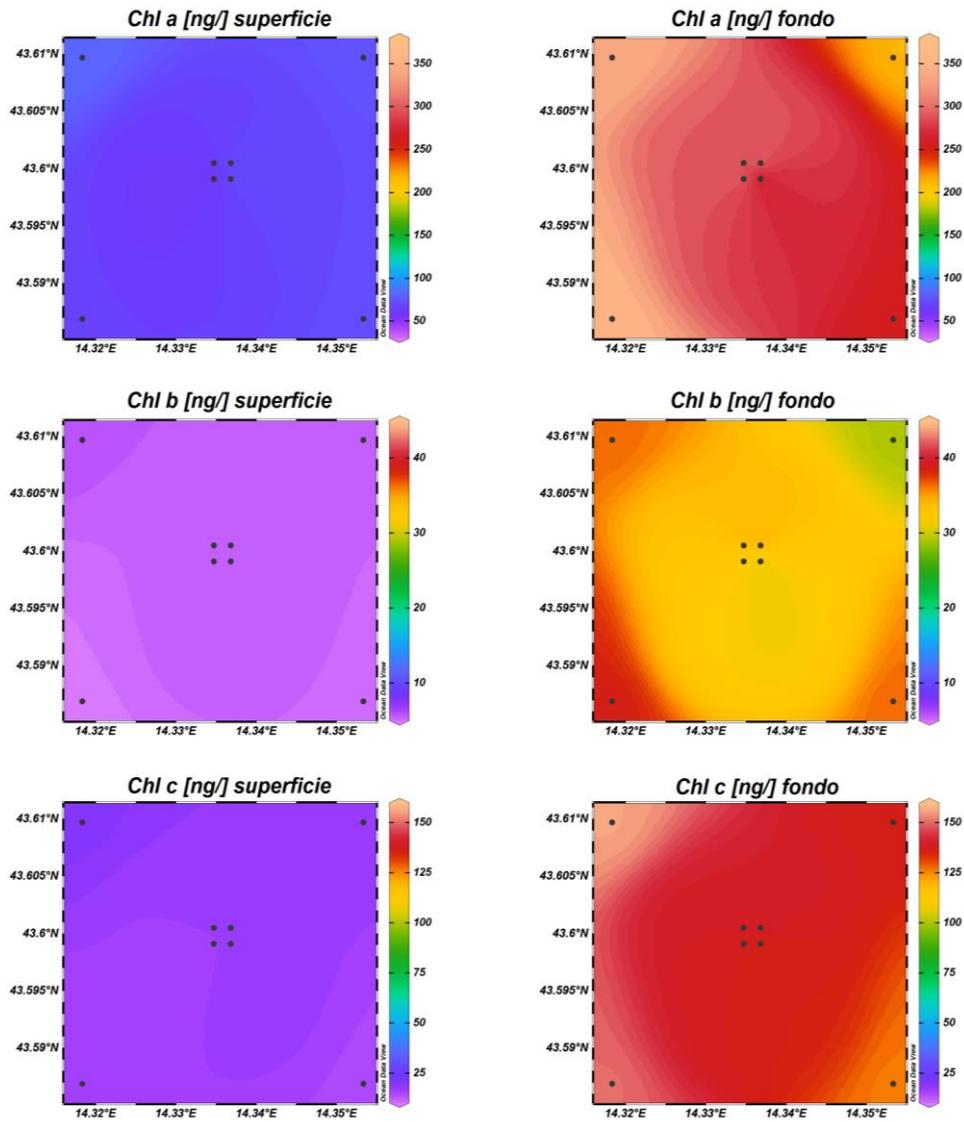


Fig. 3.33 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Luglio 2021.**

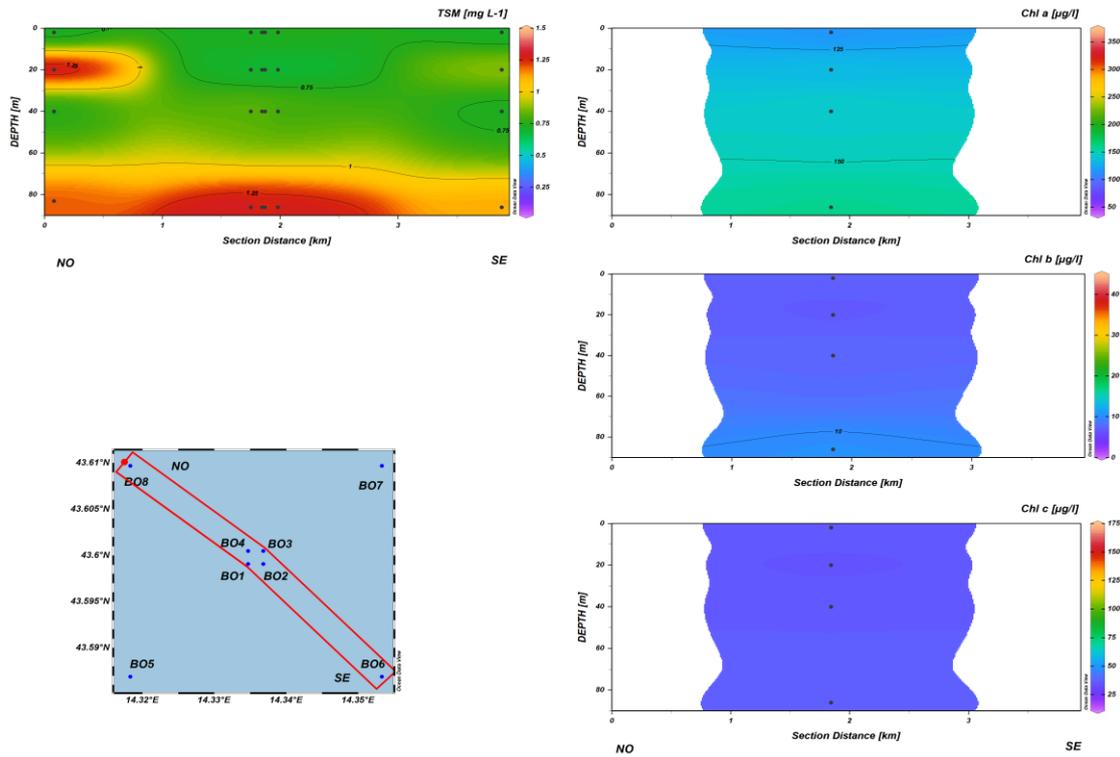


Fig. 3.34a - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, della clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l⁻¹. **Dicembre 2021.**

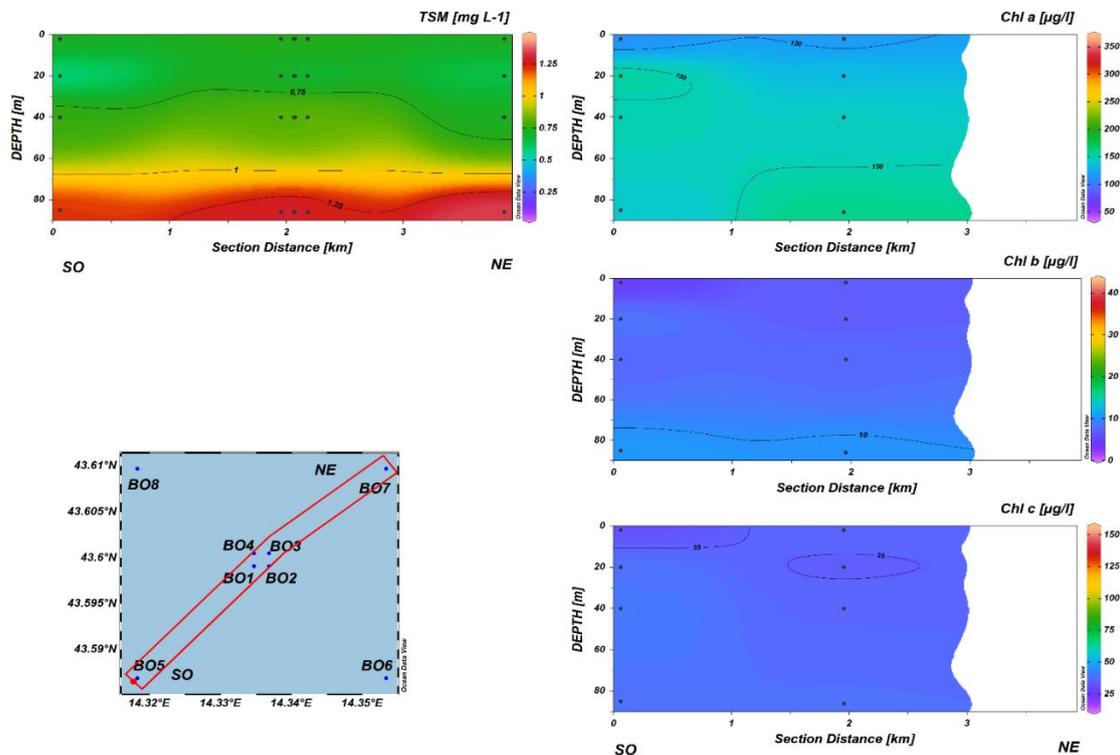


Fig. 3.34b - Sezioni SO-NE delle stazioni BO5, BO1, BO2, BO4, BO3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l⁻¹, della clorofilla a (Chl a), clorofilla b (Chl b), clorofilla c (Chl c), espresse in ng l⁻¹. **Dicembre 2021.**

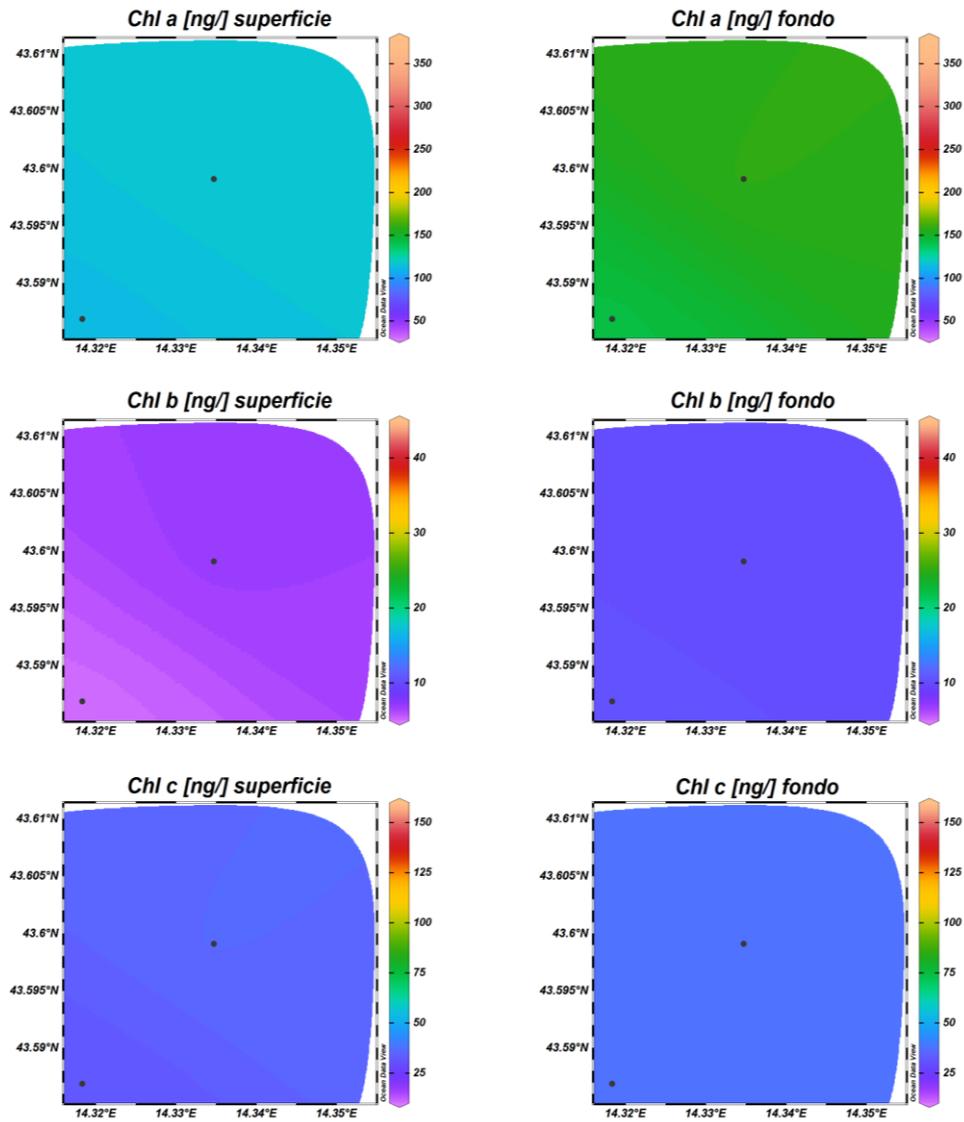


Fig. 3.35 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l⁻¹. **Dicembre 2021.**

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

Gli Idrocarburi totali (**IT**), gli Idrocarburi Alifatici (**IA**) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (**IPA**) rilevati nei 2 monitoraggi condotti nel 2° semestre 2021 sono riportati rispettivamente nelle Tab. 3-I - 3-III. Per comodità di confronto, nelle tabelle si riportano anche i valori del monitoraggio condotto nel 1° semestre (febbraio, marzo e maggio).

Per quanto riguarda gli **IT**, a luglio e dicembre le concentrazioni sono risultate pressoché costanti, con un progressivo incremento dei valori rilevabili: 12 a luglio e 25 a dicembre.

A luglio il range globale è stato di 18-65 µg/L (massimo in BO5, fondo), con media di 36±16 µg/L. A dicembre sono oscillati tra 19 e 57 µg/L (massimo in BO2, fondo; media di 28±10 µg/L).

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
BO1 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	28
BO1 20 m	< 28	< 28	< 28	22	27
BO1 40 m	< 28	96	< 28	< 28	47
BO1 fondo	< 28	21	< 28	< 28	27
BO2 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
BO2 20 m	38	64	< 28	< 28	29
BO2 40 m	< 28	32	< 28	24	22
BO2 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	57
BO3 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
BO3 20 m	50	110	< 28	< 28	28
BO3 40 m	< 28	39	< 28	21	25
BO3 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	20
BO4 sup	< 28	17	< 28	52	< 28
BO4 20 m	31	22	< 28	37	27
BO4 40 m	< 28	220	< 28	< 28	24
BO4 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	19
BO5 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	< 28
BO5 20 m	< 28	20	< 28	< 28	29
BO5 40 m	< 28	< 28	25	26	23
BO5 fondo	< 28	50	< 28	65	35
BO6 sup	< 28	23	< 28	18	19
BO6 20 m	< 28	22	< 28	< 28	< 28
BO6 40 m	< 28	66	52	< 28	23
BO6 fondo	< 28	29	110	50	20
BO7 sup	< 28	37	< 28	< 28	< 28
BO7 20 m	< 28	220	< 28	< 28	35
BO7 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	21
BO7 fondo	82	< 28	< 28	28	49
BO8 sup	< 28	18	< 28	< 28	< 28
BO8 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	22
BO8 40 m	< 28	340	< 28	53	19
BO8 fondo	150	< 28	< 28	33	19

Gli IA a luglio sono stati quantificati in 5 campioni provenienti dai siti BO1-BO4 e in 6 di controllo. il range globale è stato di 14-44 µg/L (massimo in BO4, superficie) con media di 27±10 µg/L. A dicembre sono stati quantificati quasi ovunque, in concentrazioni variabili tra 14 e 38 µg/L (massimo in BO2, fondo) e media di 19±6 µg/L.

Gli IPA a luglio sono leggermente diminuiti rispetto a maggio, con solo 17 campioni utili di cui 16 nelle stazioni di piattaforma (BO1-BO4), dove è stato registrato un range di 0,001-0,004 µg/L, con media di 0,002±0,001 µg/L.

A dicembre gli IPA sono praticamente scomparsi (solo un campione al di sopra del LR in BO7, 40 m).

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
BO1 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	17
BO1 20 m	4,4	< 1	< 1	20	17
BO1 40 m	5,4	50,0	< 1	< 1	33
BO1 fondo	4,0	12,0	< 1	< 1	17
BO2 sup	3,4	< 1	< 1	< 1	< 1
BO2 20 m	6,0	32,0	< 1	< 1	16
BO2 40 m	< 1	15,0	< 1	20	17
BO2 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	38
BO3 sup	3,4	< 1	< 1	< 1	< 1
BO3 20 m	2,3	47,0	< 1	< 1	16
BO3 40 m	< 1	19,0	< 1	18	19
BO3 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	14
BO4 sup	< 1	7,3	< 1	44	< 1
BO4 20 m	5,2	10,0	< 1	32	19
BO4 40 m	3,2	95,0	< 1	< 1	20
BO4 fondo	3,2	< 1	< 1	< 1	15
BO5 sup	3,5	< 1	< 1	< 1	< 1
BO5 20 m	< 1	6,4	< 1	< 1	16
BO5 40 m	< 1	< 1	22,0	19	20
BO5 fondo	< 1	23,0	< 1	40	19
BO6 sup	< 1	9,2	< 1	14	16
BO6 20 m	< 1	8,1	< 1	< 1	< 1
BO6 40 m	< 1	18,0	23,0	< 1	19
BO6 fondo	< 1	9,4	35,0	40	16
BO7 sup	< 1	9,7	< 1	< 1	< 1
BO7 20 m	< 1	31,0	< 1	< 1	18
BO7 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	14
BO7 fondo	9,2	< 1	< 1	20	27
BO8 sup	< 1	5,2	< 1	< 1	< 1
BO8 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	15
BO8 40 m	< 1	44,0	< 1	35	15
BO8 fondo	13,0	< 1	< 1	27	15

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
BO1 sup	< 0,0028	0,0010	< 0,0028	0,0014	< 0,0028
BO1 20 m	< 0,0028	0,0043	< 0,0028	0,0014	< 0,0028
BO1 40 m	< 0,0028	0,0048	< 0,0028	0,0020	< 0,0028
BO1 fondo	< 0,0028	0,0058	< 0,0028	0,0035	< 0,0028
BO2 sup	< 0,0028	0,0047	< 0,0028	0,00098	< 0,0028
BO2 20 m	< 0,0028	0,0015	0,0140	0,0025	< 0,0028
BO2 40 m	< 0,0028	0,0011	0,0063	0,0013	< 0,0028
BO2 fondo	< 0,0028	0,0015	0,0070	0,0022	< 0,0028
BO3 sup	< 0,0028	0,0044	< 0,0028	0,0038	< 0,0028
BO3 20 m	< 0,0028	0,0044	< 0,0028	0,0029	< 0,0028
BO3 40 m	< 0,0028	0,0012	< 0,0028	0,0026	< 0,0028
BO3 fondo	< 0,0028	0,0024	< 0,0028	0,0017	< 0,0028
BO4 sup	< 0,0028	0,0120	0,00071	0,0012	< 0,0028
BO4 20 m	< 0,0028	0,0011	< 0,0028	0,0030	< 0,0028
BO4 40 m	< 0,0028	0,0041	< 0,0028	0,0029	< 0,0028
BO4 fondo	< 0,0028	0,0011	< 0,0028	0,0030	< 0,0028
BO5 sup	0,0045	< 0,0028	0,0049	0,0029	< 0,0028
BO5 20 m	< 0,0028	0,0090	0,0030	< 0,00056	< 0,0028
BO5 40 m	0,0440	< 0,0028	0,0044	< 0,00056	< 0,0028
BO5 fondo	< 0,0028	0,00092	0,0062	< 0,00056	< 0,0028
BO6 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0042	< 0,00056	< 0,0028
BO6 20 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0057	< 0,00056	< 0,0028
BO6 40 m	0,0044	< 0,0028	0,0053	< 0,00056	< 0,0028
BO6 fondo	0,0036	< 0,0028	0,0053	< 0,00056	< 0,0028
BO7 sup	0,0035	< 0,0028	0,0061	< 0,00056	< 0,0028
BO7 20 m	0,0031	< 0,0028	0,0086	< 0,00056	< 0,0028
BO7 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0042	< 0,00056	0,0034
BO7 fondo	< 0,0028	< 0,0028	0,0056	< 0,00056	< 0,0028
BO8 sup	< 0,0028	< 0,0028	0,0046	< 0,00056	< 0,0028
BO8 20 m	0,0180	< 0,0028	0,0071	< 0,00056	< 0,0028
BO8 40 m	< 0,0028	< 0,0028	0,0036	< 0,00056	< 0,0028
BO8 fondo	0,0043	< 0,0028	0,0056	< 0,00056	< 0,0028

Per quanto concerne i **Solventi Organici Aromatici** (BTEX; Tab. 3-IV), il **benzene** è stato quantificato solo a luglio e in soli 6 campioni (4 a 100 m e 2 a 2000 m dalla piattaforma), risultando nel range 0,011-0,016 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO7, 20 m). L'**etilbenzene** a luglio è stato riscontrato solo su 7 campioni di cui 4 di controllo, con range 0,010-0,290 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO1, superficie). A dicembre è stato quantificato ovunque con valori compresi tra 0,026 e 0,100 $\mu\text{g/L}$ (massimo in BO5, fondo) e media di $0,060\pm 0,019$ $\mu\text{g/L}$. Lo **stirene** è stato rilevato solo in 6 campioni a luglio (range di 0,011-0,200 $\mu\text{g/L}$ con massimo in BO1, superficie) e in 3 a dicembre tutti prelevati da BO5 (range di 0,010-0,012 $\mu\text{g/L}$). Il **toluene** non è mai stato rilevato nel 2021, mentre lo **xilene** a luglio è stato misurato solo in 7 campioni con range di 0,027-1,200 $\mu\text{g/L}$. Il massimo assoluto, verosimilmente uno spike, è stato rilevato in BO1 in superficie, come per etilbenzene e stirene. A dicembre il range è stato di 0,021-0,100 $\mu\text{g/L}$ ($0,059\pm 0,023$ $\mu\text{g/L}$).

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

Campione	Benzene					Etilbenzene					Stirene					Toluene					Xilene				
	Feb	Mar	Mag	Lug	Dic	Feb	Mar	Mag	Lug	Dic	Feb	Mar	Mag	Lug	Dic	Feb	Mar	Mag	Lug	Dic	Feb	Mar	Mag	Lug	Dic
BO1 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	0,290	0,053	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,200	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	1,200	0,052
BO1 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	0,012	0,085	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,032	< 0,02	0,034	0,085
BO1 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	0,069	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,072
BO1 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,01	0,058	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,058
BO2 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	< 0,01	0,048	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,034
BO2 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	0,053	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,052
BO2 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	0,046	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,044
BO2 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	0,050	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,047
BO3 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	0,026	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,021
BO3 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,053	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,052
BO3 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,047	< 0,01	< 0,01	0,021	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,048
BO3 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	0,052	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,049
BO4 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,014	0,059	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,043	0,086
BO4 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,012	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,045	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,052
BO4 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,040	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,033
BO4 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,019	< 0,01	< 0,01	0,035	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,028
BO5 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	0,048	0,092	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,029	0,012	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,160	0,097
BO5 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,014	< 0,01	0,010	0,095	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	0,011	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,027	0,096
BO5 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,032	< 0,01	< 0,01	0,092	< 0,01	< 0,01	0,071	< 0,01	0,010	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,031	< 0,02	< 0,02	0,094
BO5 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	0,100	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,100
BO6 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,03	< 0,01	< 0,01	0,073	0,014	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,03	< 0,02	< 0,02	0,069
BO6 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,025	< 0,01	< 0,01	0,077	0,013	< 0,01	0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,023	< 0,02	< 0,02	0,073
BO6 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	< 0,01	0,073	0,013	< 0,01	0,087	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,070
BO6 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,017	< 0,01	< 0,01	0,075	0,012	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,072
BO7 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,029	< 0,01	< 0,01	0,039	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,031	< 0,02	< 0,02	0,029
BO7 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	0,018	< 0,01	0,014	0,075	< 0,01	< 0,01	0,012	0,020	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,086
BO7 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	0,011	0,071	< 0,01	< 0,01	0,011	0,014	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,074
BO7 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,016	< 0,01	< 0,01	0,070	< 0,01	< 0,01	0,120	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	0,063	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,069
BO8 sup	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,013	< 0,01	< 0,01	0,046	0,011	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,046
BO8 20 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,011	< 0,01	< 0,01	0,019	< 0,01	< 0,01	0,037	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,022	< 0,02	< 0,02	0,028
BO8 40 m	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,027	< 0,01	< 0,01	0,043	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	0,027	< 0,02	< 0,02	0,042
BO8 fondo	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	< 0,01	0,015	< 0,01	< 0,01	0,047	< 0,01	< 0,01	0,027	< 0,01	< 0,01	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,033

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

Il **Glicole Etilenico** è sempre risultato inferiore al limite di rilevabilità strumentale in tutti i survey (Tabella 3-V).

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
BO1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
BO8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli determinati nella colonna d'acqua nel 2° semestre 2021 sono riportate in Tab. 3-VI assieme a quelle del 1° semestre.

Alluminio - I valori registrati a luglio sono risultati in linea con quelli del 1° semestre; essi sono rientrati nel range 0,86-9,40 µg/L (massimo in BO1, superficie) con media globale di $4,84 \pm 1,82$ µg/L. A dicembre solo 6 valori sono risultati al di sopra del LR, equamente distribuiti tra siti BO1-BO4 e BO5-BO8. Il range è stato di 0,14-62,00 µg/L, ma il

massimo assoluto registrato nella stazione BO4 al fondo è sicuramente uno spike.

Arsenico - L'arsenico è stato sempre rilevato in tutto l'anno, presentando concentrazioni pressoché omogenee. A luglio il range è risultato 0,33-0,48 µg/L (massimo in BO6, superficie), con media complessiva di 0,41±0,04 µg/L, mentre a dicembre le concentrazioni sono diminuite (range 0,12-0,21 µg/L e media di 0,15±0,02 µg/L).

Bario - Anche il bario è stato sempre quantificato e ha mostrato una ancor più accentuata omogeneità spaziale e temporale. Il range di luglio è stato di 1,70-4,20 µg/L (massimo in BO5, superficie) con media complessiva pari a 2,16±0,47 µg/L, mentre a dicembre le concentrazioni sono diminuite oscillando tra 0,52 e 1,20 µg/L (media di 0,69±0,13 µg/L).

Cadmio - Il cadmio è stato quantificato raramente e solo nel 1° semestre.

Cromo – Analogamente al cadmio, solo pochi valori di cromo sono risultati superiori al LR in tutto l'anno. Nel 2° semestre, in particolare, è stato quantificato solo in 3 campioni a luglio, con un massimo di 0,25 µg/L in BO1, 20 m.

Ferro - A luglio le concentrazioni di ferro sono aumentate rispetto al 1° semestre: il range è stato pari a 6,20-15,00 µg/L, con massimo in BO7 sul fondo. A dicembre, invece, in generale le concentrazioni utili (25 su 32 totali) sono diminuite. Il range è stato 0,41-16,00 µg/L, ma questo massimo rilevato in BO4 sul fondo è senza dubbio un spike.

Mercurio – Nel 2° semestre 2021 il mercurio non è stato affatto rilevato.

Nichel - Le concentrazioni di nichel sono risultate geograficamente omogenee e in linea con quelle del 1° semestre. A luglio è stato misurato un range globale di 0,13-0,32 µg/L e media di 0,23±0,04 µg/L, mentre a dicembre il range è stato di 0,06-0,31 µg/L, con media di 0,10±0,05 µg/L, valori questi che rappresentano i più bassi dell'anno.

Piombo – Per il piombo sono state rilevate concentrazioni omogenee e non differenziabili a luglio, quando il range globale è stato 0,037-0,270 µg/L (massimo in BO8, 40 m) e la media 0,078±0,051 µg/L. A dicembre il piombo è risultato assente.

Rame - Valori bassi hanno caratterizzato il rame a luglio (range: 0,09-1,00 µg/L; media: 0,32±0,19 µg/L). A dicembre è stato quantificato solo sul fondo della stazione BO4 (1,10 µg/L).

Vanadio - Il vanadio è stato rilevato sempre e ovunque con due sole eccezioni a dicembre. Le concentrazioni sono state molto omogenee dal punto di vista geografico e pressoché costanti anche nel 2° semestre. A luglio sono risultate in aumento rispetto ai primi sei mesi del 2021, presentando un range complessivo di 0,43-1,60 µg/L (massimo in BO8, fondo) e

media di $0,58 \pm 0,19 \mu\text{g/L}$. A dicembre, invece, è avvenuta una riduzione che ha portato a un range di $0,11-0,22 \mu\text{g/L}$, e a una media di $0,15 \pm 0,03 \mu\text{g/L}$.

Zinco - A luglio le concentrazioni rientravano nel range complessivo di $0,41-11,00 \mu\text{g/L}$ (massimo in BO5 superficie, probabilmente uno spike) e media di $1,86 \pm 1,84 \mu\text{g/L}$, senza una differenziazione geografica tra le stazioni prossime alla piattaforma e quelle di controllo. A dicembre sono risultati al di sopra del LR solo 3 valori, rientranti nel range di $0,20-8,20 \mu\text{g/L}$.

Indio - Nel 2021 l'indio è stato rilevato esclusivamente a febbraio e in soli 6 campioni (4 a 100 m dalla piattaforma e 2 di controllo).

Silicio – Per il silicio si evidenzia un trend in diminuzione a partire da maggio 2021 sino a fine periodo, con un range globale di $0,27-0,48 \text{ mg/L}$ e media di $0,36 \pm 0,05 \text{ mg/L}$ a luglio e un range di $0,06-0,31 \text{ mg/L}$ e media di $0,09 \pm 0,04 \text{ mg/L}$ a dicembre.

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

Stazione	Alluminio					Arsenico					Bario				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
BO1 sup	< 0,081	5,90	10,00	9,40	< 0,062	0,120	0,200	0,180	0,380	0,130	0,710	0,900	2,300	1,900	0,660
BO1 20 m	< 0,081	3,40	10,00	1,60	< 0,062	0,057	0,170	0,190	0,400	0,160	0,790	0,930	0,690	1,700	0,730
BO1 40 m	8,00	0,68	4,30	7,30	< 0,062	0,150	0,170	0,170	0,460	0,130	0,830	0,670	0,720	2,100	0,560
BO1 fondo	< 0,081	11,00	3,20	2,70	3,50	0,098	0,180	0,190	0,440	0,130	10,00	0,920	0,760	3,200	0,590
BO2 sup	< 0,081	< 0,081	4,30	7,60	< 0,062	0,080	0,170	0,190	0,330	0,150	0,820	0,850	0,850	2,000	0,780
BO2 20 m	0,86	< 0,081	2,50	5,80	< 0,062	0,090	0,160	0,120	0,450	0,190	0,880	0,890	0,790	1,800	0,800
BO2 40 m	< 0,081	7,70	3,20	3,40	< 0,062	0,120	0,130	0,180	0,380	0,120	0,820	0,980	0,940	2,500	0,590
BO2 fondo	< 0,081	0,14	4,10	4,50	< 0,062	0,110	0,150	0,160	0,400	0,160	0,690	0,970	0,780	2,200	0,710
BO3 sup	< 0,081	3,50	3,90	4,00	0,74	0,110	0,400	0,160	0,410	0,150	1,100	1,000	0,820	1,900	0,560
BO3 20 m	8,10	2,90	3,30	5,00	< 0,062	0,110	0,320	0,160	0,330	0,150	0,770	1,000	0,780	1,900	0,550
BO3 40 m	0,69	7,40	3,60	7,40	< 0,062	0,140	0,410	0,230	0,460	0,160	0,920	1,200	0,760	2,000	0,610
BO3 fondo	1,00	8,20	3,40	7,00	< 0,062	0,110	0,280	0,190	0,440	0,150	0,770	1,100	0,780	2,000	0,520
BO4 sup	6,90	1,70	4,60	4,70	< 0,062	0,085	0,180	0,180	0,330	0,140	1,100	1,700	1,100	1,800	0,840
BO4 20 m	3,20	5,60	4,00	4,30	< 0,062	0,130	0,140	0,180	0,410	0,130	0,870	0,860	0,770	2,000	0,550
BO4 40 m	4,50	1,10	8,00	3,60	< 0,062	0,083	0,170	0,180	0,410	0,160	2,200	1,300	0,760	2,100	0,710
BO4 fondo	7,40	2,80	5,00	6,40	62,00	0,120	0,140	0,200	0,410	0,120	1,100	0,840	0,930	2,100	0,610
BO5 sup	< 0,081	0,79	7,10	0,86	< 0,062	0,130	0,170	0,160	0,440	0,170	0,790	1,200	2,100	4,200	0,730
BO5 20 m	< 0,081	0,63	6,20	1,80	< 0,062	0,089	0,180	0,160	0,410	0,150	0,940	0,810	0,890	2,100	0,720
BO5 40 m	16,00	< 0,081	3,20	6,00	< 0,0626	0,150	0,130	0,180	0,450	0,150	1,700	0,710	0,790	2,200	0,850
BO5 fondo	12,00	0,23	3,90	5,80	< 0,062	0,340	0,170	0,170	0,420	0,140	2,200	1,000	0,900	2,300	0,650
BO6 sup	< 0,081	2,10	7,10	5,50	< 0,062	0,071	0,210	0,180	0,460	0,170	0,810	1,200	0,900	2,200	0,670
BO6 20 m	1,00	3,00	2,10	4,60	< 0,062	0,120	0,160	0,150	0,360	0,170	0,650	1,000	0,950	2,300	0,630
BO6 40 m	< 0,081	2,60	4,20	4,80	1,70	0,100	0,200	0,140	0,480	0,120	0,810	1,200	0,720	2,000	0,640
BO6 fondo	6,30	1,30	3,20	5,90	< 0,062	0,093	0,200	0,150	0,420	0,180	1,000	1,100	0,760	2,400	0,850
BO7 sup	2,00	1,20	2,70	3,40	12,00	0,290	0,180	0,160	0,380	0,140	1,700	1,500	0,880	1,800	0,630
BO7 20 m	2,20	0,49	4,10	5,00	0,14	0,160	0,190	0,170	0,400	0,170	0,780	0,960	0,960	1,900	0,730
BO7 40 m	3,20	1,30	4,40	3,90	< 0,062	0,150	0,190	0,240	0,390	0,160	1,100	0,980	0,890	2,000	0,730
BO7 fondo	< 0,081	1,70	4,20	4,50	< 0,062	0,095	0,160	0,160	0,420	0,170	0,780	1,100	0,840	2,600	0,780
BO8 sup	2,30	0,10	3,90	5,20	< 0,062	0,160	0,190	0,200	0,410	0,210	1,000	1,200	1,100	1,900	1,200
BO8 20 m	1,10	8,20	3,00	4,20	< 0,062	0,140	0,190	0,170	0,360	0,200	0,880	0,870	0,910	1,800	0,650
BO8 40 m	< 0,081	3,50	2,10	5,00	< 0,062	0,130	0,170	0,200	0,430	0,150	0,730	0,920	0,730	2,100	0,590
BO8 fondo	< 0,081	2,20	8,90	3,70	< 0,062	0,150	0,170	0,230	0,420	0,170	0,730	1,100	1,000	2,200	0,610

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Cadmio					Cromo					Ferro				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
BO1 sup	< 0,010	0,015	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,39	0,18	5,30	6,90	0,62
BO1 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,25	< 0,10	< 0,036	< 0,036	1,30	8,90	0,48
BO1 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,20	< 0,036	2,20	13,00	< 0,40
BO1 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	0,57	3,20	1,60	9,80	0,41
BO2 sup	< 0,010	< 0,010	0,0180	< 0,010	< 0,010	0,16	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	3,20	13,00	< 0,40
BO2 20 m	< 0,010	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	1,20	1,20	6,30	0,59
BO2 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	2,90	7,00	0,75
BO2 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	2,10	6,50	0,66
BO3 sup	< 0,010	0,160	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,24	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	2,90	2,00	6,50	1,70
BO3 20 m	< 0,010	0,120	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,16	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,20	1,70	1,80	10,00	0,63
BO3 40 m	< 0,010	0,160	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,24	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,10	5,60	2,20	11,00	0,67
BO3 fondo	< 0,010	0,100	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,18	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	5,50	2,30	8,50	0,43
BO4 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	9,50	< 0,036	1,60	7,40	0,71
BO4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,62	< 0,036	2,50	7,50	0,63
BO4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,70	4,40	6,00	8,90	0,79
BO4 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,10	< 0,036	5,50	9,90	16,00
BO5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	1,10	4,80	11,00	0,48
BO5 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,20	< 0,10	0,12	< 0,10	< 0,10	1,80	0,66	6,40	7,20	< 0,40
BO5 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,00	< 0,036	1,10	11,00	0,57
BO5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,15	< 0,10	< 0,10	0,17	< 0,10	5,50	2,30	1,50	13,00	0,57
BO6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	1,80	2,70	9,60	< 0,40
BO6 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	0,73	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	1,60	2,10	10,00	< 0,40
BO6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	2,10	2,40	11,00	< 0,40
BO6 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,40	0,33	2,60	9,40	0,93
BO7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,19	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,00	2,20	2,10	8,80	0,58
BO7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,90	1,50	2,10	11,00	0,54
BO7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	8,20	< 0,036	2,10	8,00	< 0,40
BO7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	2,40	2,00	15,00	0,51
BO8 sup	< 0,010	0,0160	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	2,00	< 0,10	< 0,10	1,20	0,078	11,00	6,20	0,99
BO8 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,71	< 0,036	4,80	8,20	1,00
BO8 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,09	1,90	3,40	14,00	0,70
BO8 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,34	3,60	2,70	7,80	0,87

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Mercurio					Nichel					Piombo				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
BO1 sup	< 0,0020	0,0560	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,320	0,200	0,220	0,086	< 0,020	0,420	0,150	0,096	< 0,020
BO1 20 m	0,0023	0,0450	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,350	0,240	0,180	0,087	0,032	0,030	0,062	0,037	< 0,020
BO1 40 m	0,0055	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,280	0,170	0,220	0,070	0,024	< 0,020	0,037	0,058	< 0,020
BO1 fondo	< 0,0020	0,0420	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,160	0,260	0,055	< 0,020	0,092	0,045	0,180	< 0,020
BO2 sup	< 0,0020	0,0320	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,430	0,140	0,210	0,079	< 0,020	< 0,020	0,030	0,071	< 0,020
BO2 20 m	0,0220	0,0190	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,430	0,150	0,240	0,120	0,047	0,023	0,025	0,079	< 0,020
BO2 40 m	0,0170	0,0270	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,530	0,150	0,250	0,079	< 0,020	0,130	0,033	0,051	< 0,020
BO2 fondo	0,0140	0,0310	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,540	0,100	0,260	0,087	< 0,020	< 0,020	0,036	0,080	< 0,020
BO3 sup	0,0028	0,0710	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,450	0,130	0,200	0,076	< 0,020	0,160	0,035	0,054	< 0,020
BO3 20 m	0,0044	0,0810	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,410	0,220	0,260	0,110	0,030	0,110	0,042	0,055	< 0,020
BO3 40 m	0,0140	0,2700	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,500	0,170	0,220	0,120	0,022	0,180	0,038	0,071	< 0,020
BO3 fondo	0,0057	0,2300	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,180	0,200	0,085	< 0,020	0,150	0,041	0,081	< 0,020
BO4 sup	< 0,0020	0,0079	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,280	0,340	0,190	0,210	0,130	0,440	0,038	0,047	0,220	< 0,020
BO4 20 m	< 0,0020	0,0160	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,180	0,280	0,062	< 0,020	< 0,020	0,056	0,110	< 0,020
BO4 40 m	< 0,0020	0,0130	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,180	0,240	0,067	0,032	0,062	0,12	0,059	< 0,020
BO4 fondo	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,260	0,190	0,280	0,150	0,069	< 0,020	0,056	0,060	< 0,020
BO5 sup	0,0130	0,0220	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,630	0,200	0,230	0,068	< 0,020	0,038	0,100	0,055	< 0,020
BO5 20 m	0,0140	0,0230	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,046	0,570	0,220	0,180	0,092	< 0,020	< 0,020	0,130	0,052	< 0,020
BO5 40 m	0,0250	0,0340	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,610	0,130	0,220	0,080	0,082	< 0,020	0,038	0,058	< 0,020
BO5 fondo	0,0110	0,0270	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,320	0,640	0,170	0,300	0,059	0,140	0,064	0,038	0,076	< 0,020
BO6 sup	0,0087	0,0470	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,680	0,180	0,240	0,080	< 0,020	0,055	0,058	0,052	< 0,020
BO6 20 m	0,0020	0,0220	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,800	0,120	0,220	0,071	< 0,020	0,023	0,059	0,071	< 0,020
BO6 40 m	0,0065	0,0120	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,710	0,140	0,230	0,069	< 0,020	0,120	0,046	0,060	< 0,020
BO6 fondo	0,0041	0,0230	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,079	0,750	0,150	0,290	0,140	0,130	0,045	0,048	0,069	< 0,020
BO7 sup	0,0089	0,0200	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,230	0,550	0,260	0,210	0,076	< 0,020	0,039	0,091	0,039	< 0,020
BO7 20 m	< 0,0020	0,0170	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,500	0,140	0,230	0,110	0,072	0,022	0,051	0,054	< 0,020
BO7 40 m	0,0240	0,0470	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,660	0,160	0,260	0,310	0,045	< 0,020	0,058	0,069	< 0,020
BO7 fondo	0,0250	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,560	0,100	0,250	0,066	< 0,020	0,048	0,040	0,044	< 0,020
BO8 sup	0,0490	0,0550	0,0027	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,620	0,980	0,220	0,130	0,051	< 0,020	0,050	0,066	< 0,020
BO8 20 m	0,0160	0,0210	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,140	0,190	0,091	< 0,020	< 0,020	0,056	0,053	< 0,020
BO8 40 m	0,0180	0,0350	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,510	0,130	0,320	0,110	< 0,020	0,035	0,039	0,270	< 0,020
BO8 fondo	0,0210	0,0330	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,600	0,300	0,130	0,093	< 0,020	0,08	0,075	0,038	< 0,020

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Rame					Vanadio					Zinco				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
BO1 sup	< 0,039	< 0,039	0,140	0,510	< 0,0089	0,28	0,21	0,32	0,51	0,14	2,70	8,90	22,00	2,00	< 0,064
BO1 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,094	< 0,0089	0,24	0,17	0,30	0,52	0,16	3,30	8,30	< 0,064	0,44	< 0,064
BO1 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,160	< 0,0089	0,27	0,17	0,28	0,65	< 0,10	1,50	3,20	< 0,064	1,90	< 0,064
BO1 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,560	< 0,0089	0,25	0,23	0,28	0,57	0,12	0,75	16,00	< 0,064	2,40	< 0,064
BO2 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,490	< 0,0089	0,27	0,20	0,26	0,64	0,11	1,50	3,10	< 0,064	0,99	< 0,064
BO2 20 m	< 0,039	7,400	< 0,0089	0,330	< 0,0089	0,26	0,20	0,22	0,50	0,14	1,10	3,10	< 0,064	2,20	< 0,064
BO2 40 m	< 0,039	< 0,039	0,610	0,200	< 0,0089	0,27	0,23	0,26	0,55	0,14	1,60	9,40	< 0,064	0,41	< 0,064
BO2 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	1,000	< 0,0089	0,30	0,18	0,32	0,53	0,11	4,20	1,80	< 0,064	3,30	< 0,064
BO3 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,420	< 0,0089	0,30	0,46	0,31	0,54	0,12	1,00	3,40	< 0,064	3,30	< 0,064
BO3 20 m	< 0,039	< 0,039	0,180	0,280	< 0,0089	0,26	0,35	0,33	0,50	0,18	1,10	1,60	2,00	1,10	< 0,064
BO3 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,360	< 0,0089	0,34	0,46	0,28	0,58	< 0,10	0,77	3,40	< 0,064	0,86	< 0,064
BO3 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,470	< 0,0089	0,30	0,30	0,27	0,48	0,11	3,60	6,00	0,54	1,40	< 0,064
BO4 sup	0,170	< 0,039	< 0,0089	0,300	< 0,0089	0,26	0,19	0,29	0,56	0,15	4,40	5,20	< 0,064	2,70	< 0,064
BO4 20 m	< 0,039	0,140	< 0,0089	0,370	< 0,0089	0,25	0,19	0,35	0,55	0,14	1,90	2,50	< 0,064	1,20	< 0,064
BO4 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,350	< 0,0089	0,31	0,21	0,25	0,57	0,16	4,40	2,20	0,28	1,60	< 0,064
BO4 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,290	1,100	0,26	0,19	0,27	0,62	0,14	4,00	0,93	< 0,064	2,30	8,20
BO5 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,230	< 0,0089	0,22	0,20	0,30	0,54	0,20	1,60	9,30	< 0,064	11,00	< 0,064
BO5 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,130	< 0,0089	0,28	0,14	0,28	0,50	0,15	5,00	3,60	< 0,064	0,88	< 0,064
BO5 40 m	0,390	< 0,039	< 0,0089	0,460	< 0,0089	0,24	0,13	0,27	0,64	0,14	2,30	2,10	< 0,064	1,90	< 0,064
BO5 fondo	0,750	< 0,039	< 0,0089	0,280	< 0,0089	0,48	0,19	0,23	0,54	0,14	52,00	5,30	< 0,064	1,50	0,20
BO6 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,280	< 0,0089	0,20	0,19	0,29	0,53	0,16	3,40	5,00	< 0,064	1,60	< 0,064
BO6 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,310	< 0,0089	0,23	0,19	0,33	0,55	0,18	1,90	3,40	< 0,064	1,20	< 0,064
BO6 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,210	< 0,0089	0,25	0,24	0,25	0,58	0,14	1,90	9,90	0,64	1,40	< 0,064
BO6 fondo	0,540	< 0,039	< 0,0089	0,690	< 0,0089	0,30	0,17	0,32	0,57	0,22	25,00	5,10	< 0,064	2,30	< 0,064
BO7 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,270	< 0,0089	0,43	0,28	0,29	0,43	0,12	1,60	1,50	< 0,064	1,00	< 0,064
BO7 20 m	0,086	< 0,039	< 0,0089	0,230	< 0,0089	0,25	0,23	0,31	0,47	0,13	2,60	2,70	< 0,064	0,91	< 0,064
BO7 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,140	< 0,0089	0,26	0,17	0,27	0,52	0,22	7,50	2,30	< 0,064	1,10	< 0,064
BO7 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,110	< 0,0089	0,26	0,18	0,30	0,53	0,12	5,30	2,30	< 0,064	0,83	< 0,064
BO8 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,180	< 0,0089	0,37	0,22	0,32	0,60	0,22	4,50	2,40	< 0,064	1,30	2,10
BO8 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,170	< 0,0089	0,28	0,19	0,36	0,53	0,17	5,70	6,20	< 0,064	0,66	< 0,064
BO8 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,310	< 0,0089	0,24	0,20	0,30	0,58	0,12	2,00	6,10	< 0,064	2,90	< 0,064
BO8 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,130	< 0,0089	0,28	0,21	0,29	1,60	0,18	5,80	6,90	0,93	0,87	< 0,064

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Indio					Silicio				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio
BO1 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,330	0,094
BO1 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,390	0,077
BO1 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,410	0,100
BO1 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,440	0,091
BO2 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,200	< 0,50	0,480	0,410	0,057
BO2 20 m	0,14	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,330	0,071
BO2 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,490	0,320	0,110
BO2 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,390	0,310
BO3 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,370	0,084
BO3 20 m	0,35	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,780	0,340	0,080
BO3 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510	0,410	0,098
BO3 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,570	0,480	0,075
BO4 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,460	0,310	0,081
BO4 20 m	0,31	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470	0,350	0,086
BO4 40 m	0,26	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470	0,360	0,069
BO4 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,490	0,460	0,110
BO5 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,540	0,340	0,070
BO5 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,420	0,400	0,067
BO5 40 m	0,19	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,340	0,068
BO5 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,340	0,078
BO6 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,450	0,360	0,074
BO6 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,330	0,062
BO6 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,360	0,080
BO6 fondo	0,19	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,330	0,120
BO7 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,340	0,140
BO7 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,390	0,300	0,088
BO7 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510	0,270	0,057
BO7 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,560	0,430	0,093
BO8 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,490	0,350	0,140
BO8 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,440	0,290	0,068
BO8 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,540	0,350	0,076
BO8 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,400	0,092

3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzate le distribuzioni verticali nel tempo dei parametri misurati nell'area della piattaforma Bonaccia NW durante le campagne di monitoraggio condotte a febbraio 2021 (ENI10_2021), marzo 2021 (ENI11_2021), maggio 2021 (ENI12_2020), luglio 2021 (ENI13_2021) e dicembre 2021 (ENI14_2021). Si riportano inoltre, per confronto, i dati relativi alle campagne effettuate nel corso del 2019 e 2020.

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

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

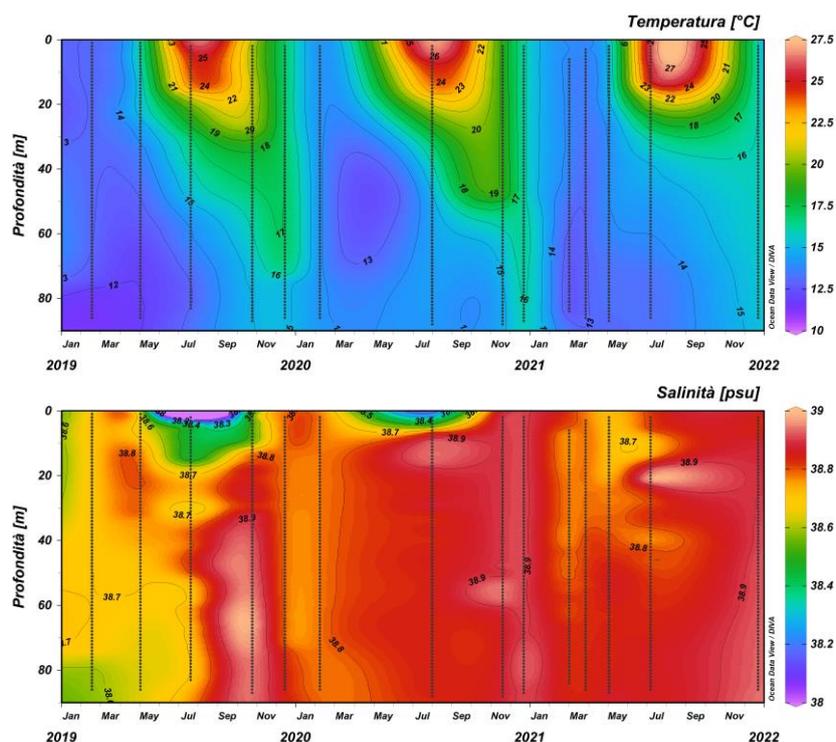


Fig. 3.36 - Andamento annuale della temperatura (°C) e della salinità (psu) per la piattaforma Bonaccia NW (da febbraio 2019 a dicembre 2021).

In particolare, il processo di rimescolamento invernale risulta evidente nella distribuzione omogenea, con valori minimi su tutta la colonna d'acqua nei mesi di febbraio (media $13,38 \pm 0,53^\circ\text{C}$) e marzo 2021 (media $13,23 \pm 0,31^\circ\text{C}$). A maggio (media $14,08 \pm 0,69^\circ\text{C}$) si è iniziato a registrare un aumento dei valori superficiali, segnale dell'inizio del processo di stratificazione, ben visibile dai profili effettuati a luglio, quando risulta ben evidente la presenza di un gradiente verticale sviluppato (termocline), con i valori massimi ($>27^\circ\text{C}$)

registrati nello strato superficiale. La penetrazione del termoclino appare ridotta in profondità se confrontata con le analoghe distribuzioni dei due anni precedenti, a causa dell'assenza di dati per il periodo autunnale, quando è possibile apprezzare l'inizio del processo di rimescolamento che precede il ritorno alla distribuzione omogenea invernale registrata effettivamente a dicembre (media $15,78 \pm 0,26^\circ\text{C}$).

La salinità (fig. 3.36) ha mostrato una distribuzione verticale con valori leggermente inferiori dalla superficie fino a quote intermedie (media $38,77 \pm 0,04^\circ\text{C}$), rispetto alle quote più profonde (media $38,83 \pm 0,02^\circ\text{C}$) in tutti i campionamenti invernali e primaverili. Anche a luglio si registra ancora una certa variabilità lungo la colonna d'acqua, con valori medi simili ai precedenti (media $38,83 \pm 0,05$ psu). Una certa omogeneità è stata infine rilevata a dicembre (media $38,91 \pm 0,03$ psu), quando sono stati registrati i valori medi più elevati dell'intero triennio, soprattutto alle quote intermedie e profonde.

Come negli anni precedenti la concentrazione di materiale sospeso nel 2021 (fig. 3.37) è risultata in generale maggiore alle quote di fondo, in particolare nel campionamento di luglio, con valori molto bassi o quasi nulli nel resto della colonna d'acqua, eccetto a dicembre quando, come di norma, è stata registrata una distribuzione piuttosto omogenea ovunque (media $0,8 \pm 0,1$ mg/l).

L'ossigeno disciolto (fig. 3.37) ha fatto registrare valori alla saturazione di poco superiori al 100% in quasi tutta la colonna d'acqua a febbraio e marzo, e valori più bassi a maggio a luglio, quando sono stati rilevati i minimi assoluti sul triennio nello strato di fondo (media $73,2 \pm 0,8\%$), nuovamente in aumento ovunque a dicembre.

L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in situ (fig. 3.37), è risultata molto modesta ($< 0,5$ $\mu\text{g/l}$) e uniforme a febbraio, marzo e maggio. Valori quasi nulli sono presenti in quasi tutta la colonna d'acqua a luglio, con i massimi ($> 0,7$ $\mu\text{g/l}$) registrati a quote profonde. Valori minimi e completamente omogenei (media $0,2 \pm 0,0$ $\mu\text{g/l}$) sono stati rilevati a dicembre.

La concentrazione massima di clorofilla *a* ($410,20$ ng/l) è stata misurata al fondo nel mese di maggio (stazione BO2), mentre la concentrazione media maggiore ($253,28 \pm 40,13$ ng/l) è stata rilevata a febbraio. Valori medi più bassi sono stati riscontrati rispettivamente in luglio e dicembre, mentre marzo e maggio sono stati caratterizzati da concentrazioni medie comparabili e intermedie rispetto alle precedenti.

Anche per la clorofilla *b* la concentrazione media maggiore ($24,55 \pm 6,64$ ng/l) è stata rilevata a

febbraio, quando si è anche raggiunta la massima (50,32 ng/l), mentre valori medi più contenuti e confrontabili (< 16 ng/l) hanno caratterizzato i campionamenti successivi.

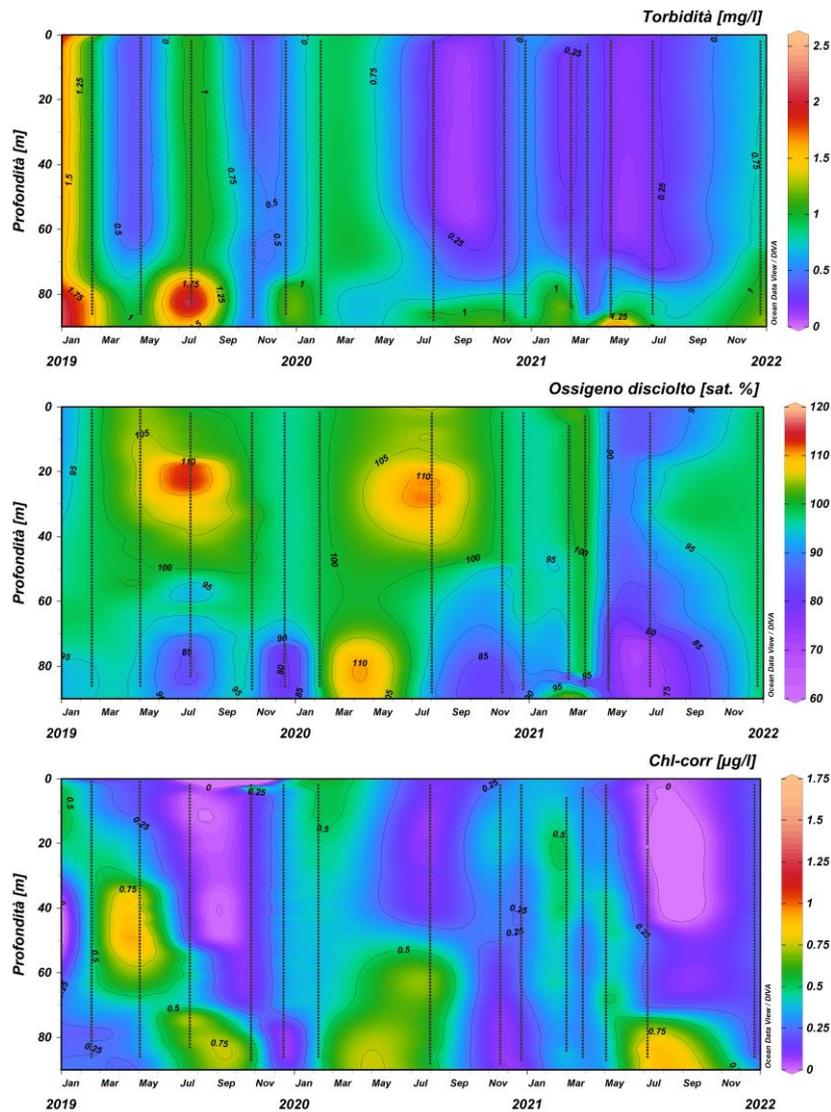


Fig. 3.37 - Andamento della torbidità (in mg/l), dell'ossigeno disciolto (in % di saturazione) e della fluorescenza in situ (espressa come $\mu\text{g/l}$ di clorofilla) per la piattaforma Bonaccia NW (da febbraio 2019 a dicembre 2021).

Anche la concentrazione media più elevata di clorofilla *c* è stata misurata a febbraio ($70,16 \pm 0,42$ ng/l), quella più bassa ($36,70 \pm 2,58$ ng/l) in dicembre. I campionamenti di marzo e luglio sono stati caratterizzati da concentrazioni medie comparabili tra loro e più contenute rispetto a maggio. Il massimo ($156,89$ ng/l) è stato osservato al fondo della stazione BO3 in luglio.

Il massimo contenuto di nitriti ($0,43 \mu\text{M}$) è stato rilevato a luglio al fondo (stazione BO5),

mentre le concentrazioni medie più elevate sono state osservate a febbraio e a dicembre (rispettivamente $0,17 \pm 0,09$ e $0,15 \pm 0,05$ μM). Concentrazioni medie più contenute ($< 0,09$ μM) hanno caratterizzato i campionamenti di marzo e maggio, mentre a luglio è stata osservata la variabilità maggiore. A febbraio è stato rilevato anche il contenuto medio maggiore di nitrati ($0,64 \pm 0,22$ μM), mentre il valore più elevato ha caratterizzato la quota di fondo della stazione B01 a maggio. L'ammonio è stato maggiore in dicembre, sia in termini di concentrazione media che di massimo assoluto ($0,18 \pm 0,25$ μM e $1,37$ μM), mentre negli altri mesi le medie sono risultate contenute e comparabili. I fosfati sono risultati invece mediamente contenuti e comparabili ($< 0,03$ μM) in tutti i mesi investigati. Il contenuto medio di silicati è risultato più elevato a maggio e luglio ($> 1,9$ μM), periodi in cui i massimi sono stati osservati al fondo, con il massimo assoluto ($3,79$ μM) a luglio nella stazione BO4. Una concentrazione media più contenuta ($1,18 \pm 0,27$ μM) ha caratterizzato il mese di dicembre. Infine, la concentrazione media maggiore di materiale particolato è stata osservata a dicembre ($0,9 \pm 0,3$ mg/l).

3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti

Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi policiclici aromatici

I valori medi degli **IT** (fig. 3.38) sono diminuiti dalla seconda metà del 2021 risultando più omogenei. I massimi erano stati raggiunti a luglio 2019 e agosto 2020, e a fine periodo sono stati rilevati i valori minori. Comunque, data la dispersione dei dati, il trend rilevato non ha un valore pienamente statistico.

Anche i massimi degli **IA** sono stati registrati nel luglio 2019 e nell'agosto 2020. Nel 2021 le concentrazioni medie sono apparse confrontabili tra di esse, anche se a maggio questi composti non sono stati rilevati a 100 m dalla piattaforma.

Le concentrazioni ottenute sia per gli **IT** che per gli **IA** al termine del triennio sono comunque risultate in linea con quanto rilevato nel 2019.

Per quanto riguarda gli **IPA**, i valori medi calcolati a fine 2021 e l'assenza di di questi composti a dicembre (solo un campione rilevabile), suggeriscono una diminuzione delle concentrazioni iniziata già a luglio.

Spesso il numero dei campioni in cui questi tre composti sono risultati rilevabili è stato notevolmente inferiore al totale di 32.

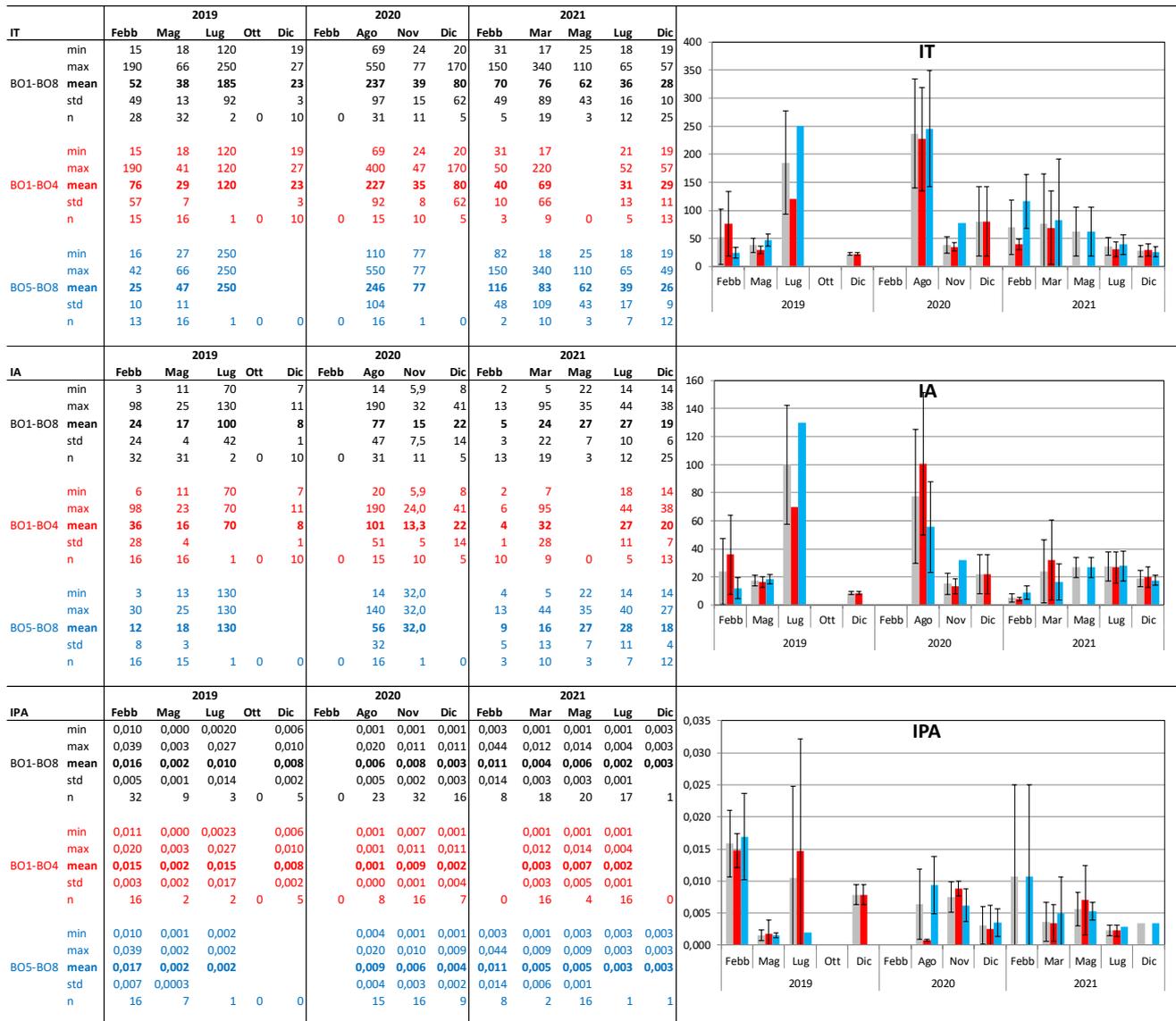


Fig. 3.38 - Andamenti degli IT, IA, IPA relativi al triennio 2019 - 2021. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Bonaccia NW (BO1-BO4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (BO5-BO8, in azzurro). Misure in µg/L.

Solventi organici aromatici (BTEX)

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

Benzene - I valori registrati nel 2021 evidenziano un'assenza pressoché totale, eccetto per 6 campioni prelevati a luglio, analogamente al 2° semestre 2020. Laddove presente, come nel

periodo febbraio 2019 - agosto 2020, i livelli di concentrazione media sono stati piuttosto costanti rientrando nel range 0,010-0,015 $\mu\text{g/L}$.

Etilbenzene - Durante il 2021 le concentrazioni di etilbenzene sono risultate basse o nulle nel 1° semestre, mentre nel 2° è stato registrato un aumento, soprattutto a dicembre, senza differenze tra siti a 100 e 2000 m dalla piattaforma. In generale, le concentrazioni medie del triennio 2019-2021 si attestano al di sotto di 0,25 $\mu\text{g/L}$, con un numero di campioni rilevabili spesso inferiore al totale di 32.

Stirene - Nel 2021 le concentrazioni medie sono risultate basse e comunque non differenziabili nè temporalmente, nè geograficamente. Il numero di campioni rilevabili è stato sempre notevolmente inferiore al totale di di quelli prelevati. Nel 2019 e 2020 i valori sono risultati talvolta superiori e, soprattutto, il numero di campioni rilevabili è stato quasi sempre al 100% (tranne a febbraio 2019, agosto e dicembre 2020). Si può quindi concludere che rispetto all'intero periodo di osservazione, la presenza di stirene nel 2021 è notevolmente diminuita.

Toluene - Nel 2021 il toluene è risultato praticamente assente, così come nel 2020. Nel 2019 invece era stato più rilevabile, soprattutto a maggio e luglio.

Xilene - E' stata osservata una maggiore presenza a fine 2021 in termini di numero di campioni rilevabili ma non in termini di contenuti, sempre molto modesti. In generale, i livelli di xilene si sono mantenuti bassi e costanti in tutto il triennio 2019-2021, spesso con pochi valori rilevabili rispetto al totale.

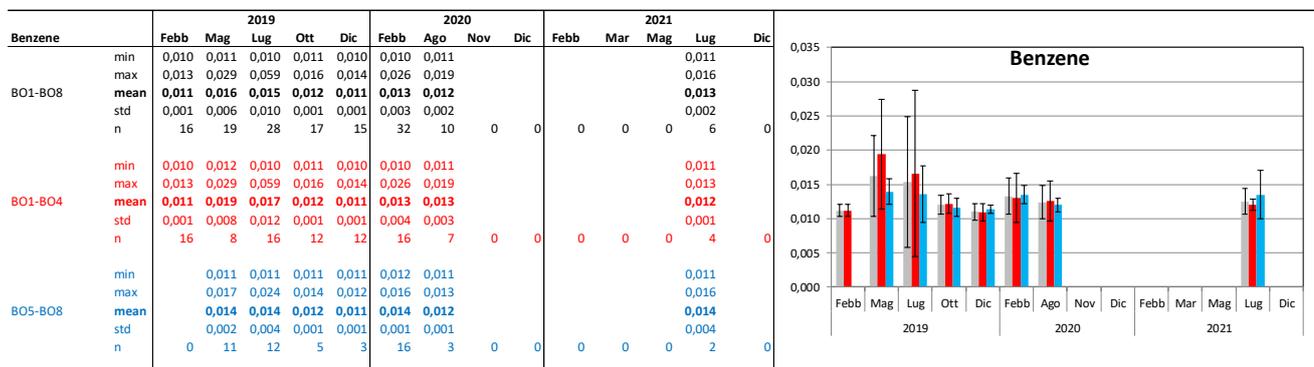


Fig. 3.39 - Andamenti dei **BTEX** relativi al triennio 2019-2021. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (BO1-BO8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da BONACCIA NW (BO1-BO4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (BO5-BO8, in azzurro). Misure in $\mu\text{g/L}$.

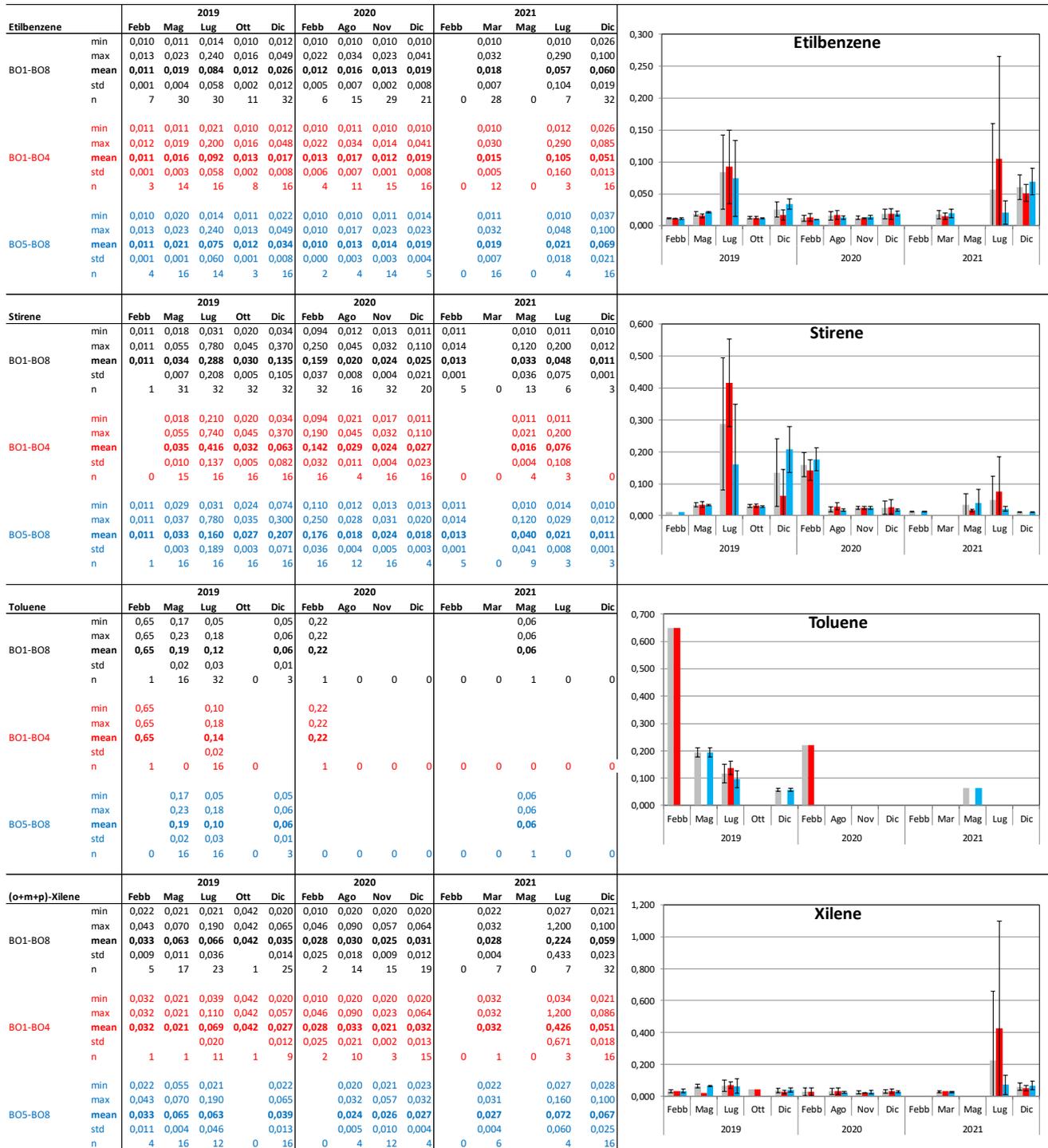


Fig. 3.39 - Continuo.

Glicole Etilenico

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

Metalli pesanti

Come già specificato altrove, le differenziazioni statistiche tra i due gruppi di stazioni (BO1-BO4 e BO5-BO8) e tra i risultati delle varie campagne durante il 2021 non sono pienamente attendibili data la dispersione dei dati, evidenziata nei grafici dalle barre indicanti le deviazioni standard (fig. 3.40).

Quindi, in termini generali, solo in rari casi è evidenziabile una differenziazione geografica o temporale durante il 2021 e più in generale durante il triennio.

Alluminio - Le concentrazioni medie relative al 2021 sono state costanti. A dicembre sono stati rilevati solo 6 valori e, tra questi il massimo assoluto dell'anno (62 $\mu\text{g/L}$). Considerando questo dato "fuori range" e scartandolo, la media globale diventa 3,62 $\mu\text{g/L}$, in linea con l'andamento annuale.

Per quanto riguarda l'intero triennio, quanto scritto in precedenza è valido anche per febbraio 2019. Considerando poi la dispersione dei dati, si può concludere che l'intero periodo di indagine è stato caratterizzato da valori bassi e costanti di alluminio, anche se lievemente maggiori a partire da novembre 2020.

Arsenico - Per questo metallo nel 2021 sono stati rilevati livelli molto omogenei dal punto di vista sia geografico che temporale, con un'interruzione a luglio quando si sono alzati ritornando poi a quelli del semestre precedente a dicembre.

Considerando il triennio 2019-2021, si evidenzia un massimo assoluto nei mesi di febbraio e maggio 2019, seguito da una brusca diminuzione e da un andamento pressoché costante sino a fine periodo.

Bario - Il bario ha presentato un andamento complessivo analogo a quello dell'arsenico.

A febbraio e maggio 2019 era stata evidenziata una differenziazione delle concentrazioni, con quelle delle stazioni prossime alla piattaforma (BO1-BO4) più elevate rispetto a quelle di controllo (BO5-BO8). Il resto del triennio, a partire dalla drastica diminuzione registrata a luglio 2019, è stato caratterizzato da tenori bassi e costanti.

Cadmio - La presenza di cadmio nel 2021 è stata sporadica, così come durante il triennio: nel 2020 è risultato completamente assente e solo a maggio 2019 il numero di campioni rilevabili ha superato il 50%. Il massimo assoluto del triennio evidenziato in ottobre 2019 si ritiene possa essere un dato anomalo considerando gli altri 3 misurati nella medesima campagna.

Cromo - Anche la presenza di cromo nel triennio è stata spesso sporadica: infatti, solo a maggio 2019 tutti i campioni sono stati al di sopra del LR. L'unico valore misurato a

dicembre 2020 (8,50 µg/L) deve essere considerato uno spike (nel grafico di fig. 340 è stato escluso perché completamente fuori scala).

L'andamento triennale mostra una diminuzione progressiva dei livelli di cromo dall'inizio del triennio con il raggiungimento di valori bassi e sporadici.

Ferro - Per quanto riguarda il ferro, nel 2021 i livelli sono stati piuttosto costanti eccetto in luglio quando è avvenuto un aumento sensibile, rientrato a dicembre.

Considerando la dispersione dei dati, si può concludere che nel triennio l'andamento è stato piuttosto costante, con valori medi quasi sempre al di sotto dei 5,00 µg/L.

Mercurio - Nel 2021 il mercurio è stato rilevato solo a febbraio e a marzo. La media massima assoluta per il triennio è stata registrata a maggio 2019 (0,158±0,070 µg/L). Comunque, l'intero periodo di osservazione è stato caratterizzato da un andamento irregolare.

Nichel - I livelli medi di questo metallo si sono mantenuti molto bassi in tutto il 2021. Anche nei due anni precedenti in generale le concentrazioni sono state modeste con qualche rara eccezione, e spesso hanno superato la soglia di rilevabilità solo pochi valori.

Piombo - Nel 2021 le concentrazioni medie si sono attestate nel range 0,05-0,09 µg/L e a dicembre questo metallo non è stato affatto rilevato.

Il piombo nel 2020 è stato spesso al di sotto del 50% dei campioni totali, con una presenza minima in agosto (un solo campione rilevabile). Anche nel 2019 il numero dei campioni quantificabili è stato al di sotto del 50%, e a maggio il metallo è risultato del tutto assente.

A parte alcuni picchi isolati, il livello medio di piombo è rimasto confinato al di sotto dei 0,100 µg/L.

Rame - Nel 2021 solo a luglio il numero dei campioni rilevabili è stato totale, con una concentrazione media comunque bassa. A parte il picco di marzo (7,40 µg/L), peraltro isolato, e l'unico valore di dicembre (1,10 µg/L), i valori medi sono risultati al di sotto dei 0,50 µg/L.

Il 2020 è stato caratterizzato da livelli bassi e omogenei, con pochi campioni al di sopra del LR. Un po' più elevate le concentrazioni del 2019, anche se molto variabili (anche in quell'anno spesso al di sotto del 50% del totale dei campioni prelevati).

Nel triennio si evidenzia, a parte alcuni picchi isolati, una diminuzione progressiva delle concentrazioni di rame nel 2019 e un andamento costante nei due anni successivi.

Vanadio - Come diversi altri metalli, anche il vanadio è rimasto pressoché basso e costante durante tutto il 2021 eccetto a luglio quando è aumentato. A dicembre si è ridotto portandosi ai minimi annuali.

Il biennio precedente (2019-2020) era iniziato con valori piuttosto elevati sino a maggio 2019 seguiti da una drastica riduzione a luglio, dopo la quale i valori medi sono rimasti bassi (inferiori a 0,25-0,50 $\mu\text{g/L}$), costanti e distribuiti in modo estremamente omogeneo in tutto il restante periodo di osservazione.

Zinco - Lo zinco è stato caratterizzato da un andamento poco chiaro, con dispersioni dei dati piuttosto elevate che non permettono una chiara differenziazione né geografica, né temporale.

Nel triennio c'è da evidenziare una presenza più sporadica del metallo nel 2019, con il periodo maggio-ottobre con un solo campione rilevato.

Indio - Nel 2021 l'indio è stato rilevato in soli 6 campioni a febbraio.

In generale la presenza di questo elemento è sempre stata sporadica, con un massimo isolato a luglio 2019 in un controllo.

Silicio - Nel 2021 è stato evidenziato un trend negativo dopo il massimo misurato a febbraio, relativo a un solo campione rilevabile. I valori di dicembre 2021 si sono riallineati con quelli degli anni precedenti, approssimativamente al di sotto di 0,20 mg/L . Da evidenziare che nel periodo agosto 2020 - marzo 2021 il silicio non è stato praticamente rilevato.

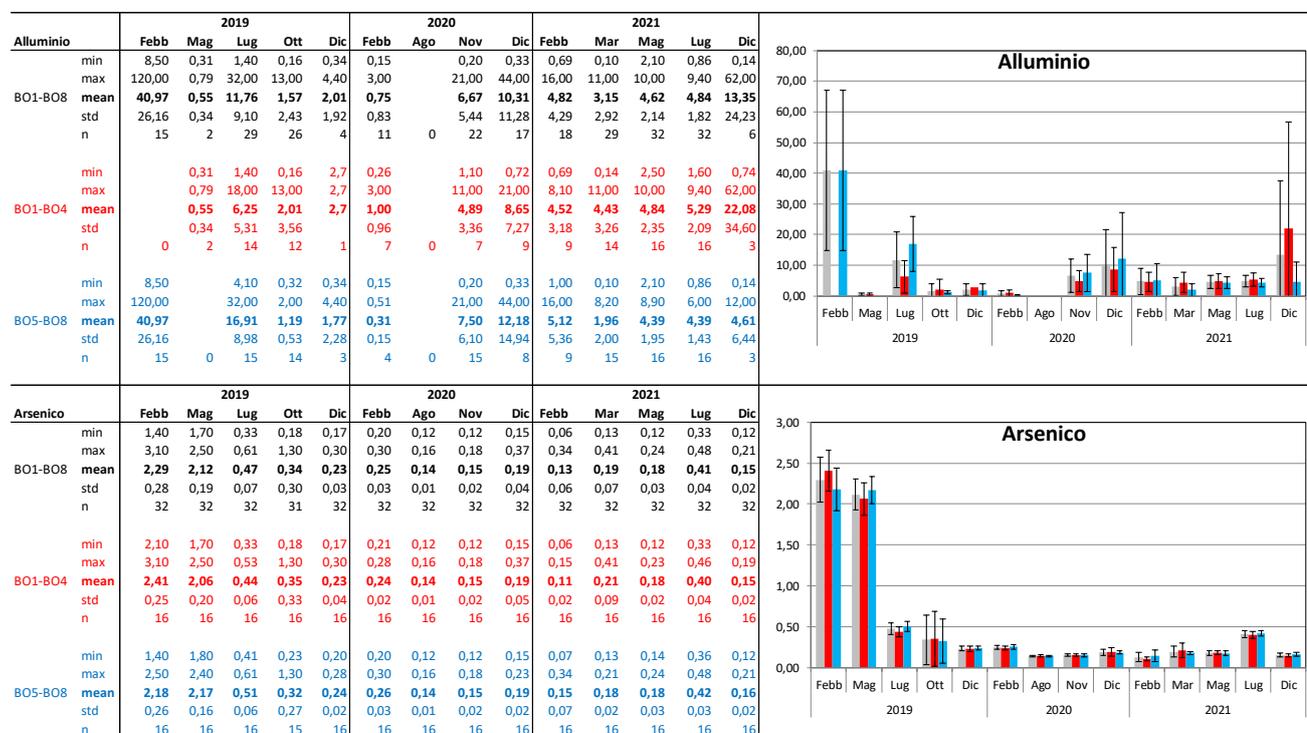


Fig. 3.40 - Andamenti dei metalli pesanti nel triennio 2019-2021. Nelle tabelle dei singoli metalli sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui il metallo è risultato rilevabile nell'intero areale (BO1-BO8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da BONACCIA NW (BO1-BO4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (BO5-BO8, in azzurro). Misure in $\mu\text{g/L}$; quelle del silicio in mg/L .

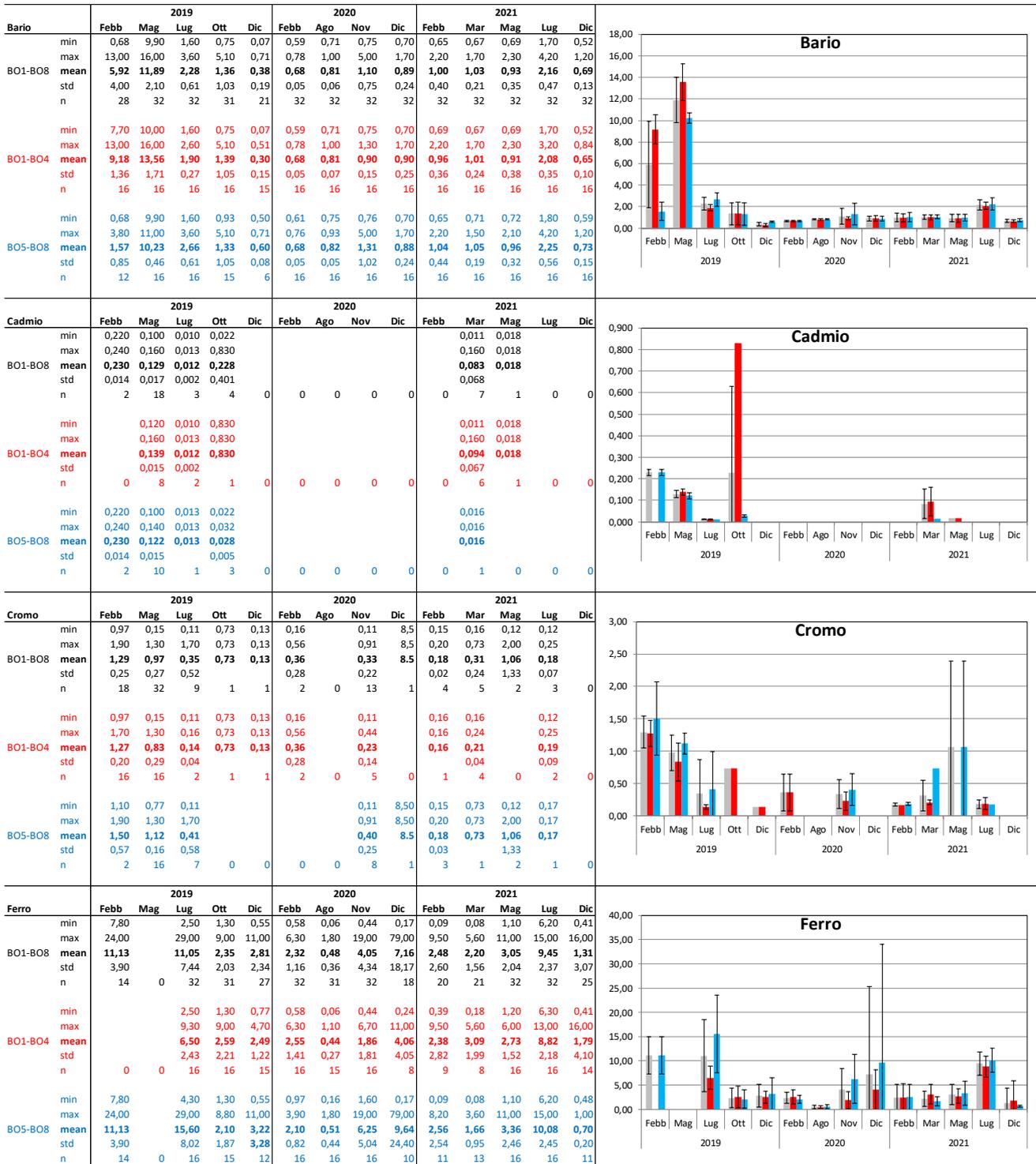


Fig. 3.40 - Continuo.

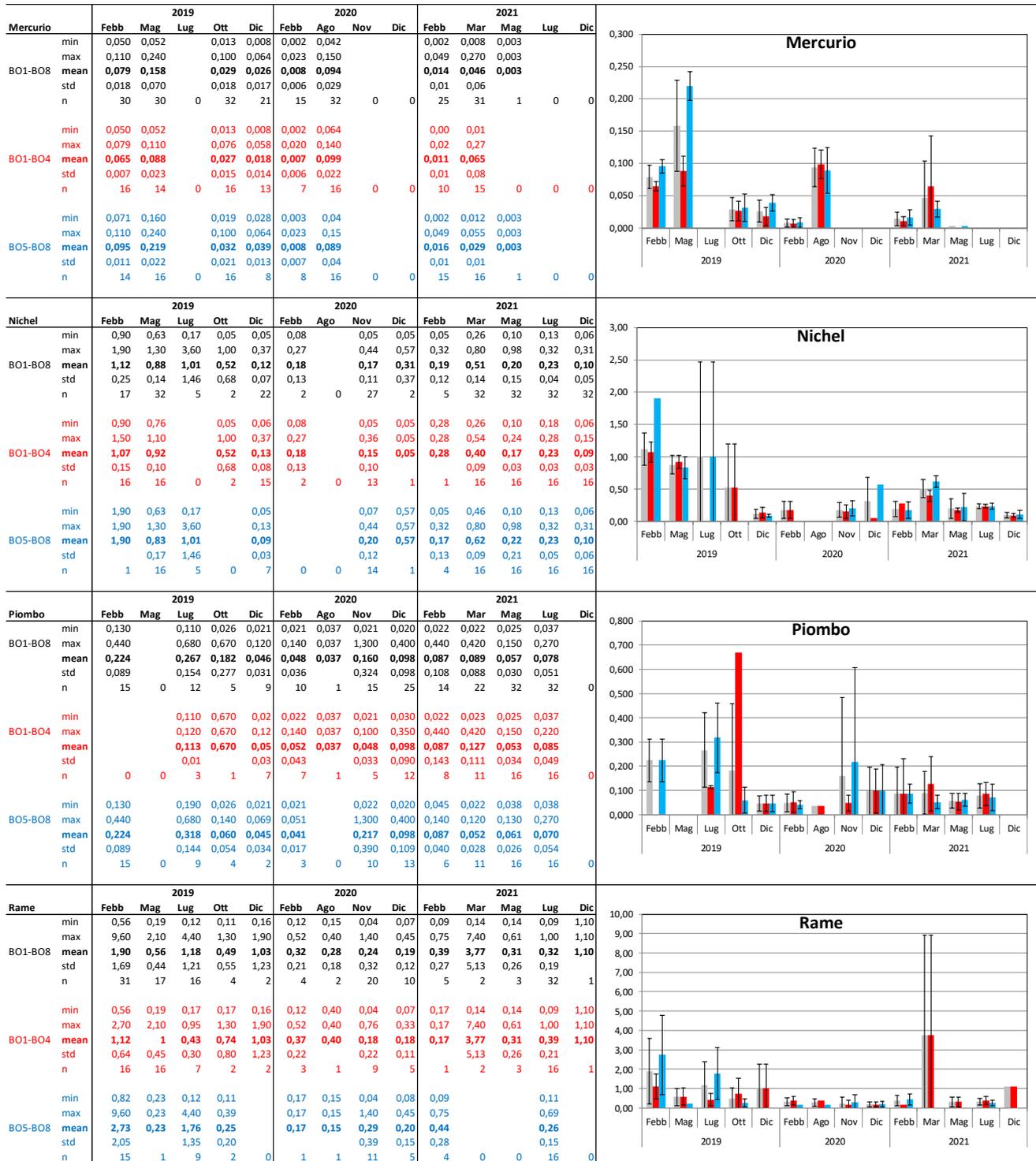


Fig. 3.40 - Continuo.

	2019					2020				2021					
	Febb	Mag	Lug	Ott	Dic	Febb	Ago	Nov	Dic	Febb	Mar	Mag	Lug	Dic	
Vanadio	min	2,60	2,50	0,34	0,12	0,17	0,15	0,12	0,18	0,19	0,20	0,13	0,22	0,43	0,11
	max	4,80	3,60	0,59	0,99	0,31	0,22	0,19	0,39	0,48	0,48	0,46	0,36	1,60	0,22
	mean	3,65	3,05	0,45	0,26	0,24	0,19	0,14	0,23	0,23	0,28	0,22	0,29	0,58	0,15
	std	0,43	0,25	0,07	0,23	0,04	0,02	0,02	0,03	0,05	0,06	0,08	0,03	0,19	0,03
	n	32	32	32	31	32	32	32	32	32	32	32	32	32	30
BO1-B08	min	3,10	2,50	0,34	0,12	0,17	0,15	0,12	0,18	0,20	0,24	0,17	0,22	0,48	0,11
	max	4,80	3,50	0,54	0,93	0,31	0,20	0,17	0,24	0,48	0,34	0,46	0,35	0,65	0,18
	mean	3,83	3,08	0,41	0,25	0,24	0,18	0,14	0,22	0,23	0,28	0,25	0,29	0,55	0,14
	std	0,40	0,26	0,05	0,26	0,04	0,02	0,02	0,02	0,07	0,03	0,10	0,03	0,05	0,02
	n	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16	14
BO1-B04	min	2,60	2,60	0,35	0,18	0,18	0,17	0,12	0,19	0,19	0,20	0,13	0,23	0,43	0,12
	max	3,90	3,60	0,59	0,99	0,31	0,22	0,19	0,39	0,30	0,48	0,28	0,36	1,60	0,22
	mean	3,47	3,01	0,49	0,26	0,25	0,19	0,14	0,23	0,24	0,29	0,20	0,29	0,61	0,16
	std	0,38	0,23	0,07	0,20	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,08	0,04	0,03	0,27	0,04
	n	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
BO5-B08	min	2,60	2,60	0,35	0,18	0,18	0,17	0,12	0,19	0,19	0,20	0,13	0,23	0,43	0,12
	max	3,90	3,60	0,59	0,99	0,31	0,22	0,19	0,39	0,30	0,48	0,28	0,36	1,60	0,22
	mean	3,47	3,01	0,49	0,26	0,25	0,19	0,14	0,23	0,24	0,29	0,20	0,29	0,61	0,16
	std	0,38	0,23	0,07	0,20	0,03	0,02	0,02	0,04	0,03	0,08	0,04	0,03	0,27	0,04
	n	16	16	16	15	16	16	16	16	16	16	16	16	16	16
Zinco	min	0,14	2,40	9,00	0,97	0,10	0,21	0,11	0,21	0,16	0,75	0,93	0,28	0,41	0,20
	max	13,00	2,40	9,00	0,97	5,00	23,00	2,00	23,00	3,20	52,00	16,00	22,00	11,00	8,20
	mean	2,67	2,40	9,00	0,97	1,33	11,61	0,62	6,12	1,23	5,19	4,79	4,40	1,86	3,50
	std	3,40	1,17	1,17	1,17	1,17	16,11	0,44	7,34	0,99	9,54	3,29	8,64	1,84	4,18
	n	25	1	1	1	22	2	21	28	12	32	32	6	32	3
BO1-B08	min	0,14	2,40	9,00	0,97	0,10	0,21	0,11	0,21	0,16	0,75	0,93	0,28	0,41	0,20
	max	13,00	2,40	9,00	0,97	5,00	23,00	2,00	23,00	3,20	52,00	16,00	22,00	11,00	8,20
	mean	1,12	0,97	1,34	0,97	1,34	0,21	0,75	6,67	1,58	2,36	4,94	6,21	1,76	8,20
	std	0,65	1,33	1,33	1,33	1,33	0,55	8,31	1,16	1,16	1,40	3,96	10,56	0,91	0,91
	n	16	0	0	1	15	1	10	12	7	16	16	4	16	1
BO1-B04	min	0,14	2,40	9,00	0,97	0,10	0,21	0,11	0,21	0,16	0,75	0,93	0,28	0,41	0,20
	max	13,00	2,40	9,00	0,97	5,00	23,00	2,00	23,00	3,20	52,00	16,00	22,00	11,00	8,20
	mean	1,12	0,97	1,34	0,97	1,34	0,21	0,75	6,67	1,58	2,36	4,94	6,21	1,76	8,20
	std	0,65	1,33	1,33	1,33	1,33	0,55	8,31	1,16	1,16	1,40	3,96	10,56	0,91	0,91
	n	16	0	0	1	15	1	10	12	7	16	16	4	16	1
BO5-B08	min	0,34	2,40	9,00	0,46	0,10	23,00	0,11	1,20	0,40	1,60	1,50	0,64	0,66	0,20
	max	13,00	2,40	9,00	2,70	23,00	23,00	0,96	23,00	1,40	52,00	9,90	0,93	11,00	2,10
	mean	5,42	2,40	9,00	1,30	23,00	0,51	5,70	0,75	0,75	8,01	4,63	0,79	1,96	1,15
	std	4,55	0,79	0,79	0,79	0,79	0,30	6,78	0,41	0,41	13,01	2,56	0,21	2,48	1,34
	n	9	1	1	0	7	1	11	16	5	16	16	2	16	2
Indio	min	9,40	9,40	9,40	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	max	9,40	9,40	9,40	0,53	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	mean	9,40	9,40	9,40	0,28	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
	std	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	n	0	0	1	0	18	2	0	0	0	6	0	0	0	0
BO1-B08	min	9,40	9,40	9,40	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	max	9,40	9,40	9,40	0,53	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	mean	9,40	9,40	9,40	0,28	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
	std	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	n	0	0	1	0	18	2	0	0	0	6	0	0	0	0
BO1-B04	min	9,40	9,40	9,40	0,11	0,10	0,10	0,11	0,10	0,10	0,14	0,14	0,14	0,14	0,14
	max	9,40	9,40	9,40	0,53	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	mean	9,40	9,40	9,40	0,28	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,24	0,24	0,24	0,24	0,24
	std	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,12	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
	n	0	0	1	0	11	2	0	0	0	4	0	0	0	0
BO5-B08	min	9,40	9,40	9,40	0,13	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
	max	9,40	9,40	9,40	0,53	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,35	0,35	0,35	0,35	0,35
	mean	9,40	9,40	9,40	0,30	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19	0,19
	std	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,13	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
	n	0	0	1	0	7	0	0	0	0	2	0	0	0	0
Silicio	min	0,03	0,07	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	1,20	0,39	0,27	0,06	0,06
	max	0,12	0,18	0,14	0,21	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	1,20	0,78	0,48	0,31	0,31
	mean	0,06	0,12	0,07	0,10	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	1,20	0,50	0,36	0,09	0,09
	std	0,02	0,03	0,04	0,06	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,06	0,06	0,05	0,04	0,04
	n	32	32	0	29	32	19	0	0	0	1	0	32	32	32
BO1-B08	min	0,03	0,07	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	1,20	0,39	0,27	0,06	0,06
	max	0,12	0,18	0,14	0,21	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	1,20	0,78	0,48	0,31	0,31
	mean	0,07	0,14	0,07	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,20	0,52	0,38	0,10	0,10
	std	0,02	0,03	0,04	0,06	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,08	0,08	0,05	0,06	0,06
	n	16	16	0	16	16	16	0	0	0	1	0	16	16	16
BO1-B04	min	0,03	0,07	0,03	0,05	0,05	0,04	0,04	0,04	0,04	1,20	0,39	0,27	0,06	0,06
	max	0,12	0,18	0,14	0,21	0,23	0,23	0,23	0,23	0,23	1,20	0,78	0,48	0,31	0,31
	mean	0,07	0,14	0,07	0,10	0,06	0,06	0,06	0,06	0,06	1,20	0,52	0,38	0,10	

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione relativo alle registrazioni effettuate nel 2021 (fig. 3.41) denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione, non essendo presenti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure. Le variazioni di pressione sono dovute ai recuperi e successive messe in mare dell'ormeggio.

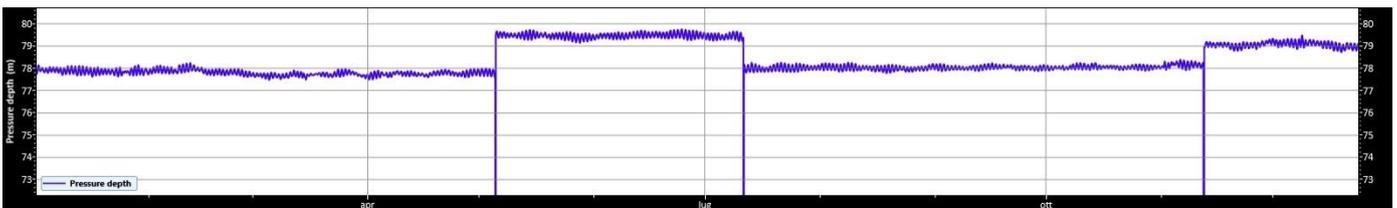


Fig. 3.41 - Pressione misurata dal correntometro posizionato presso Bonaccia NW nel periodo 01/01-31/12/2021.

Durante il periodo preso in esame la corrente è stata caratterizzata da una direzione prevalentemente settentrionale con sporadiche rotazioni verso Sud (figg. 3.42 - 3.44). A giugno la direzione della corrente è stata caratterizzata da una elevata variabilità. In tutto l'anno la velocità è stata abbastanza costante, con valori inferiori a 0,1 m/s, ma da fine febbraio alla metà di marzo vi sono state fasi di incremento fino a 0,15 m/s, mentre a metà agosto, in ottobre e a novembre sono stati registrati alcuni picchi sino a 0,20 - 0,25 m/s.

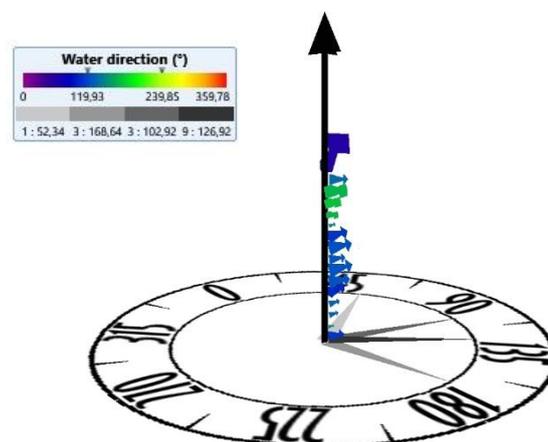


Fig. 3.42 - 3D plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2021.

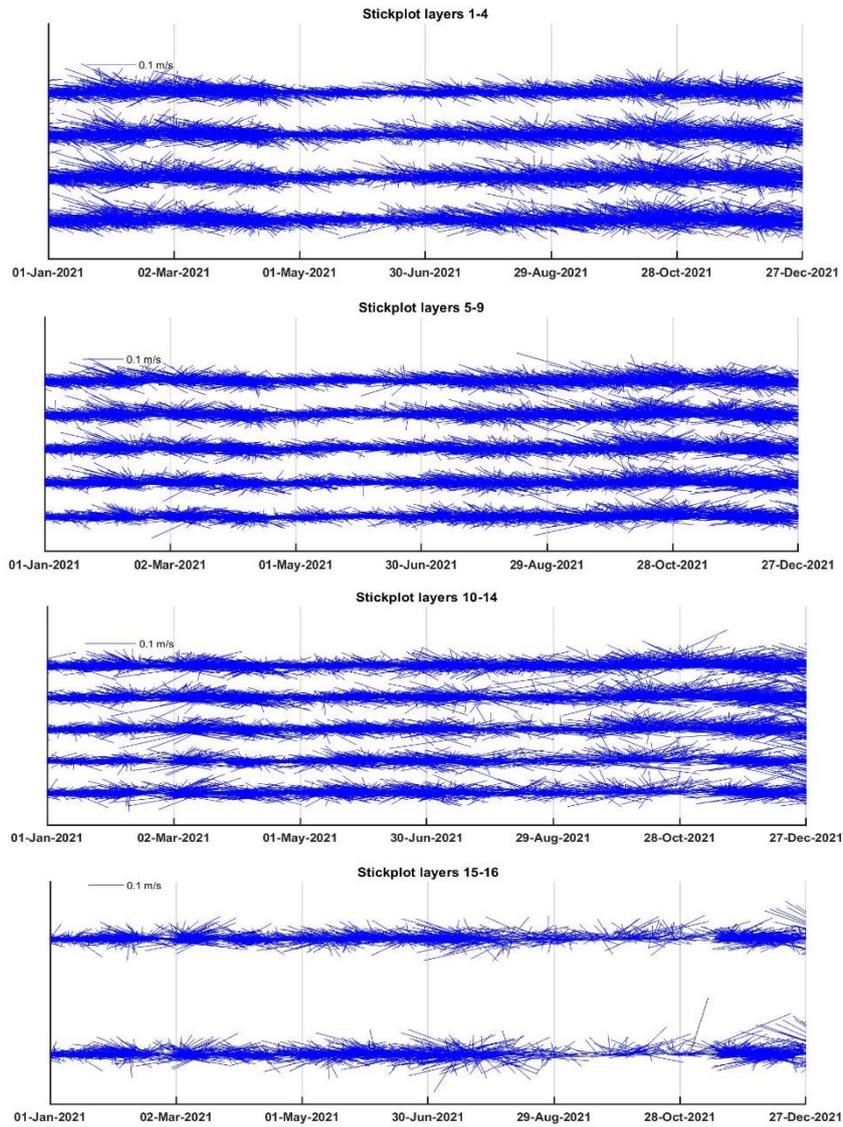


Fig. 3.43 - Stick plot della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2021.

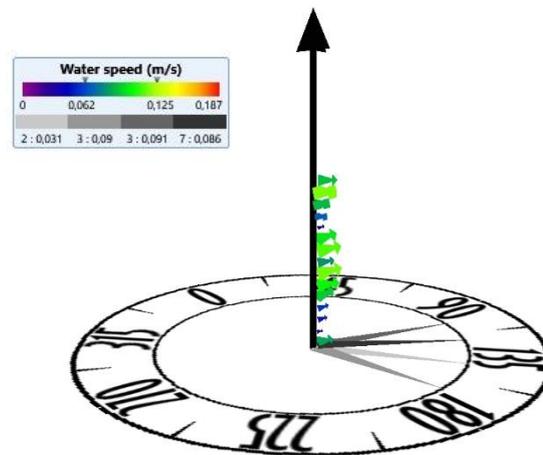


Fig. 3.44 - 3D plot della velocità della corrente lungo la colonna d'acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2021.

La temperatura rilevata in prossimità del fondo ha subito una diminuzione da gennaio sino alla seconda metà di febbraio, passando da circa 16°C a 12,5°C (fig. 3.45). Successivamente, sino a fine aprile l'andamento è stato piuttosto costante essendo le temperature variabili tra 12,5°C e 13°C, con brevi periodi sino a 13,5°C. A maggio l'andamento è stato più altalenante, con periodi caratterizzati da temperature di 14°C e altri da temperature di 13°C. A giugno è stata di nuovo riscontrata una certa omogeneità, con valori attorno a 13,5°C. Da luglio è iniziato un lento e costante incremento dei valori, con il raggiungimento di 16°C circa a metà ottobre che, seppure con delle oscillazioni, si sono mantenuti sino a fine dicembre, confermando quanto registrato dalla sonda durante la campagna oceanografica. I picchi che si notano a maggio, luglio e novembre sono dovuti al recupero del mooring per manutenzione.



Fig. 3.45 - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo gennaio - dicembre 2021.

4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000222 del 09/09/2014 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 Bonaccia NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Bonaccia. Tale monitoraggio a partire dal 2019 è stato condotto dal RTI di cui il CNR-IRBIM è Impresa Mandataria e che comprende come Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara e Università Politecnica delle Marche.

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 prescrizioni dell’ARPAM; c) 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; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-IRBIM 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, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra, Clara NW; Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004a; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022a); d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Bonaccia NW.

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d’acqua (studio delle correnti, caratteristiche fisiche e chimiche), le comunità fito- e zooplanctoniche (solo nelle fasi di pre-survey e durante i lavori di installazione), i sedimenti (granulometria, IPA, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, TOC, ecotossicologia, bioaccumulo e biomarker in policheti, quest’ultimo aspetto a partire dal 2019), la ricerca di inquinanti e lo studio di biomarker in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico il rilevamento di cetacei e rettili marini.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

- a. fase precedente alla posa in opera della piattaforma (pre-survey);

- b. fase di installazione e perforazione dei pozzi;
- c. fase di esercizio;
- d. fase di fine esercizio.

Nel dicembre 2020 è terminato il monitoraggio relativo alla fase di esercizio di Bonaccia NW per cui, a partire dal 1° semestre 2021, sarebbero dovute proseguire esclusivamente le campagne oceanografiche per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nonché la registrazione delle correnti. Tuttavia, nel 1° semestre 2020 parte delle indagini previste non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 che ha di fatto bloccato con il lockdown tutte le attività a partire dal 9 marzo (Spagnolo *et al.*, 2021c). Tali indagini non concluse sono state ripetute nel 1° semestre 2021 e i risultati sono riportati in Spagnolo *et al.*, 2022c.

Nella presente relazione, che rappresenta l'ultima da parte dell'RTI per scadenza del Contratto con ENI SpA., sono riportati i risultati relativi alle indagini oceanografiche condotte nel 2021 confrontati con quelli dei due anni precedenti.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua - Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua osservate nel 2021 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Bonaccia NW sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b; 2016b; 2016c; 2017b; 2017c; 2018, 2019a; 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020b; 2021b; 2021c; 2022b). Anche nel 2° semestre 2021 le concentrazioni dei nutrienti, tutte contenute, sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Per i nitrati i fosfati esse sono risultate più basse sia rispetto al 2° semestre del 2019 che a quello del 2020; anche i valori dei silicati osservati a dicembre sono risultati più contenuti rispetto a quelli dei due anni precedenti, mentre nel mese di luglio sono apparsi paragonabili a quelli ottenuti nel 2019 e nel 2020. I nitriti sono risultati moderatamente più elevati rispetto ai valori medi del 2° semestre 2019 e 2020, ma comparabili ai valori ottenuti nel dicembre 2020 e in luglio 2019. Per l'ammonio i valori ottenuti a luglio sono risultati paragonabili a quelli del medesimo periodo 2019 e 2020, mentre valori moderatamente più elevati hanno caratterizzato il mese di dicembre. Non sono comunque mai emerse differenze degne di nota tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza.

Anche il carico solido sospeso è rientrato nei limiti riscontrati nei campionamenti precedenti.

I valori maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Le concentrazioni medie di clorofilla *a* sono risultate più elevate a dicembre rispetto al campionamento estivo, e mediamente maggiori rispetto all'anno precedente, ma comparabili a quelle del 2019. Contrariamente a quanto osservato per la clorofilla *a*, le concentrazioni medie di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) sono state caratterizzate da valori più elevati nel periodo estivo, maggiori anche rispetto al 2° semestre 2020 ma paragonabili a quanto osservato nello stesso periodo del 2019; per il mese di dicembre invece si sono osservate concentrazioni più contenute e comparabili a quelle ottenute nei due anni precedenti. Anche le concentrazioni medie di clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono state caratterizzate da valori più elevati nel periodo estivo piuttosto che nel mese di dicembre. A luglio i valori sono risultati più elevati rispetto a quelli ottenuti negli anni precedenti, mentre a dicembre le concentrazioni sono risultate paragonabili. Nell'estate 2021 i valori massimi sono stati riscontrati al fondo in tutte le stazioni della piattaforma, come già osservato nell'estate 2020. Le concentrazioni sono rientrate comunque nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998) e non sono emerse differenze tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza.

In generale non sono emerse particolari differenze tra i siti vicini e quelli lontani da Bonaccia NW per i vari parametri analizzati e, in definitiva, non sono apparse evidenti delle alterazioni nelle caratteristiche oceanografiche e idrochimiche da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma, confermando i risultati precedenti.

Per quanto concerne la ricerca di inquinanti, i risultati ottenuti nel 2021 sono in linea con quelli del passato biennio 2019-2020. La dispersione statistica non permette una evidenziazione di trend temporali, anche se in alcuni casi sembra che rispetto all'inizio del 2019 le concentrazioni medie siano diminuite. Non è emersa neanche una differenziazione statisticamente valida tra le stazioni campionate a 100 m di distanza dalla piattaforma (BO1-BO4) e quelle di controllo (BO5-BO8), il che porta alla conclusione che l'effetto della presenza Bonaccia NW sull'ambiente marino circostante possa essere considerato trascurabile.

Misure correntometriche - In generale, l'area in cui è installata Bonaccia NW è



caratterizzata da correnti molto variabili in direzione, e tale variabilità è stata confermata anche nel 2021. La direzione prevalente è stata settentrionale e la velocità modesta, 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., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Boldrin A., Camatti E., De Biasi A., Kozinkova L., Salvalaggio V.,

- Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Pre-survey (dicembre 2014 - marzo 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, ecotossicologia dei sedimenti e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1. Rapporto per ENI S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 132 + XXX pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione). Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.*
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cassin D., De Biasi A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di posa in opera (aprile 2015 - gennaio 2016). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche, indagini sedimentologiche e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 2. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 152 + XXVI pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2016). Rapporto n. 3. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 162 + LIII pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013). Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Salvalaggio V. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto finale 1° anno (gennaio - dicembre 2016). Rapporto n. 3. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 233 + LIII pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2017c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW e della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - rapporto semestrale 2° anno (gennaio-giugno 2017). Rapporto n. 5. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 173 + LIII pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., De Biasi A.M., Kozinkova L., Salvalaggio V. 2018. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della condotta collegante Bonaccia NW a Bonaccia. Fase di produzione - Rapporto Finale 2° anno (dal pre-survey a dicembre 2017). Rapporto n. 7. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 87 + XIX pp.*
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Salvalaggio V., Tassetti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia*

- NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 3° anno. Rapporto n. 8. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 151 + XLIX pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Armelloni E.N., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Salvalaggio V. 2019b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 3° anno (dal pre-survey a dicembre 2018). Rapporto n. 10.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 263 + LII pp.
- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- Khoo K.H., Culbertson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.
- Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Bonaccia NW.* Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 133 pp.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113: C05S90. doi:10.1029/2007JC004370
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino.* Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 292 + CLXX pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 4° anno (2019). Rapporto n. 11.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 184 + Ivii pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Manarini T., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di produzione - Rapporto finale 4° anno (2019). Rapporto n. 13.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 295 + CXXXVIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Manarini T., Siena G., Saggiomo M., Urbini L. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 5° anno (2020). Rapporto n. 14.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 85 + XV pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 17.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS.

302 + CXXXVII pp.

- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Urbini L. 2022b. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 15. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 308 + CLIX pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova Regoli F., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Tassetti A.N., Urbini L. 2022c. Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 2021. Rapporto n. 16. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 227+ LII pp.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data*. Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 pp.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



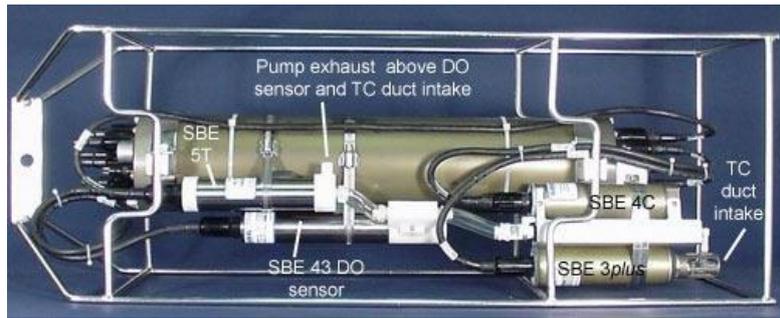
ALLEGATO A

STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

A1 SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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

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

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

Main Dimensions

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

* with Reversing Thermometer Assembly

A2 ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



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

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

A3 OSSIGENO DISCIOLTO

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



Potenzialità analitiche

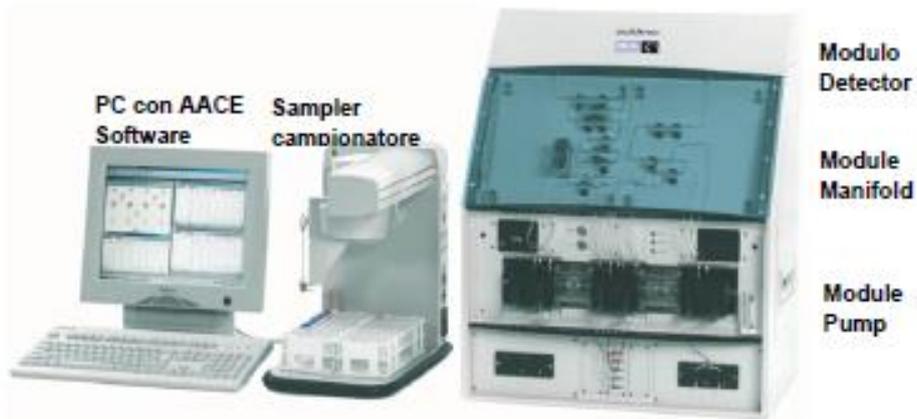
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria,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

Panoramica delle principali funzioni

One Click™ Titration	Tasti di scelta rapida per ciascun utente	12
	Numero utenti	30
Funzione Plug & Play	Riconoscimento automatico buretta	si
	Elettrodi	si
	Motore buretta	si
	Chiavetta USB	si, per metodi/risultati
	Scambiatore di campioni Rondo	si
	Stativo di titolazione autom. Rondolino	si
Motori per burette	Per titolazione	1 interno
	Per dosaggio	3 esterni
	Risoluzione motore buretta	1/20.000 volume buretta
	Volumi 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
	TTL I/O	1
Terminale	Controllo	Touch Screen
	Schermo	Display TFT a colori 5.7" ¼ VGA
	Risoluzione	320 x 240 pixel
	Inclinazione	Regolabile in tre posizioni

A4 NUTRIENTI

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



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

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

A5 HPLC

High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



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

A6 ANALISI METALLI PESANTI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X

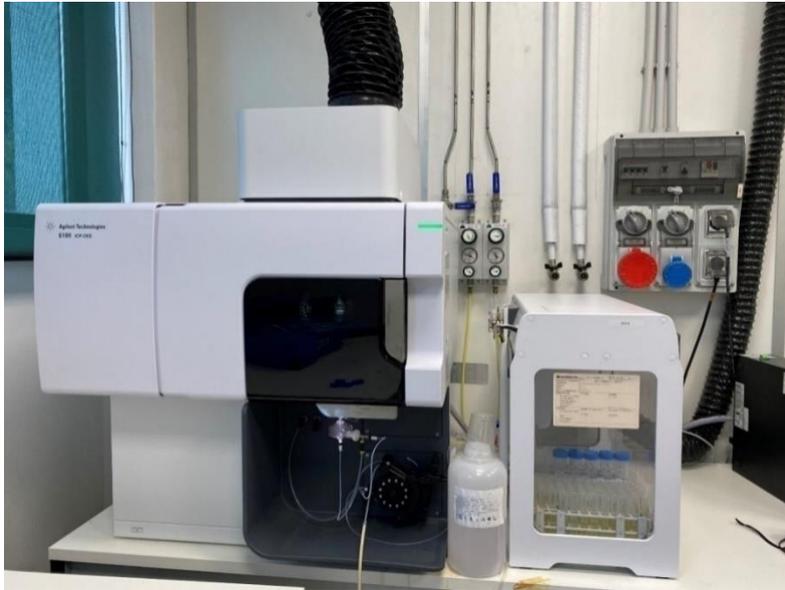


Autocampionatore MASN8140044 ESI



A7 ANALISI SILICIO

Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV



A8 ANALISI BTEX

Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B



A9 IDROCARBURI TOTALI

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



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



A10 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

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

