

ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS

SERVIZI DI MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPO ELETTRA

MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA

INDAGINI SULLA COLONNA D'ACQUA

Rapporto annuale 2020

RAPPORTO n. 19

OPERATORE SCIENTIFICO:

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

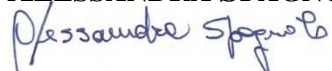
COORDINATORE:

GIANNA FABI



RESPONSABILE SCIENTIFICO:

ALESSANDRA SPAGNOLO



RAPPORTO A CURA DI:

ALESSANDRA SPAGNOLO

GIANNA FABI

MIRENO BORGHINI

MARIA SAGGIOMO

GIUSEPPE SIENA

LIDIA URBINI



PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

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

COMPARTO COLONNA D'ACQUA

V. Salvalaggio		Coordinatore e organizzatore delle attività tecnico-scientifiche in mare associate alle indagini lungo la colonna d'acqua
V. Salvalaggio	CNR - IRBIM	Campionamento in mare
M. Leonetti	CNR - IRBIM	Campionamento in mare
G. De Martino	SZN	Campionamento in mare
G. Zazo	SZN	Campionamento in mare
P. Ottoni	AGROLAB ambiente srl	Project Manager
F. Pieretti	AGROLAB ambiente srl	Responsabile qualità
L. Boschetti	AGROLAB ambiente srl	Reportistica
R. Contarino	AGROLAB ambiente srl	Responsabile di Laboratorio
G. Siena	OGS	Responsabile Scientifico comparto colonna d'acqua
V. Cardin	OGS	Campionamento in mare ed elaborazione dati CTD
L. Urbini	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
F. Relitti	OGS	Campionamento in mare, analisi ed elaborazione dati per ossigeno disciolto, nutrienti, TSM
C. Balestra	SZN	Analisi clorofille
A. Buondonno	SZN	Analisi clorofille
A. Passarelli	SZN	Elaborazione dati clorofille
F. Margiotta	SZN	Elaborazione dati clorofille
M. Saggiomo	SZN	Analisi, elaborazione e validazione dati, stesura relazione clorofille
M. Borghini	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria
P. Celentano	CNR - ISMAR	Raccolta, elaborazione e validazione dati correntometrici, stesura relazione correntometria

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	MATERIALI E METODI	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE	7
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI	9
2.2.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA	9
3.	RISULTATI.....	18
3.1.	INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA.....	18
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA	18
3.1.2.	NUTRIENTI	29
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO	40
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX	50
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO	57
3.1.6.	METALLI PESANTI	57
3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	66
3.1.7.1	Indagini fisiche, chimiche e biologiche	66
3.1.7.2	Indagini sugli inquinanti	69
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	79
4.	CONCLUSIONI	88
5.	BIBLIOGRAFIA	92
	ALLEGATO A STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE INDAGINI	i

1. INTRODUZIONE

In riferimento al DVADEC-2013-0000104 del 15/04/2013 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Elettra e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma al sea-line Bonaccia - Barbara C. Il monitoraggio a partire dal 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente srl di Carrara e UNIVPM.

La piattaforma Elettra è installata in Adriatico centrale, a circa 50 km dalla costa marchigiana al largo di Ancona nella zona delle sabbie siltose, su un fondale di circa 78 m. Le operazioni di posa sono iniziate a gennaio 2014 e sono ufficialmente terminate il 04/08/2014.

Al fine di ottenere un quadro esaustivo degli effetti indotti dall’installazione di Elettra, sulla base delle indicazioni riportate nel DVADEC-2013-0000104 e della tempistica delle operazioni di posa in opera fornite da ENI UPSTREAM DICS, nel programma di monitoraggio sono state previste le seguenti fasi (Tab. 1-D):

- a. Fase precedente alla posa in opera della struttura;
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi;
- c. Fase di produzione: indagini da condurre per 5 anni dopo la fine dei lavori di installazione delle strutture e perforazione dei pozzi. Proseguiranno per tutta la durata della produzione della piattaforma le indagini inerenti la colonna d’acqua.
- d. Fase di fine produzione:
 1. pre-smantellamento: si prevedono uno o più survey per ogni tipologia di indagini che verrà effettuato subito prima dell’inizio dei lavori di smantellamento;
 2. smantellamento: si prevede come minimo n. 1 survey che potrà essere ripetuto in funzione della durata dei lavori;
 3. post-smantellamento: la maggior parte delle indagini sarà effettuata per un periodo di 3 anni dallo smantellamento della piattaforma. Le indagini riguardanti la colonna d’acqua avranno la durata di 1 anno.

Per le fasi a) e b) sono stati previsti monitoraggi semplificati rispetto a quelli successivi all'installazione a causa dell'assenza fisica delle strutture (pre-survey) e di problemi tecnici e di sicurezza legati alla presenza dei mezzi di lavoro (durante lavori). Per quanto concerne la fase d), data la lunga durata della produzione di una piattaforma, si precisa che le modalità di monitoraggio e le indagini sono state redatte in base alle esperienze maturate sino ad oggi ma è verosimile che nel tempo gli approcci metodologici riguardanti sia la dismissione delle strutture che le metodiche di monitoraggio ambientale si evolveranno. Pertanto il piano proposto potrebbe necessitare di modifiche sulla base delle nuove conoscenze acquisite.

Riguardo agli aspetti da indagare, sulla base dell'esperienza pluriennale del CNR-IRBIM nel monitoraggio di strutture estrattive offshore poste in Adriatico settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020; 2021a; 2021b) e delle indicazioni riportate nel DVADEC-2013-0000104 si è ritenuto opportuno proporre, per quanto concerne la piattaforma, un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche idrologiche della colonna d'acqua (correnti, temperatura, salinità, ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, contaminanti, ecc.);
2. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti circostanti;
3. ecotossicologia e inquinanti in organismi marini nei sedimenti circostanti;
4. analisi di inquinanti, di biomarker e indagini ultrastrutturali nei mitili insediati sulle parti immerse della piattaforma;
5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;
6. evoluzione del popolamento ittico;
7. rilevamento del passaggio di cetacei.

Tutte le indagini sopra elencate sono state effettuate sino al 5° anno post installazione della piattaforma (ovvero sino a giugno 2019) e i relativi risultati e considerazioni sono stati riportati nel rapporto finale n. 16 (Spagnolo *et al.*, 2021c).

In base al parere n. 1056 CTVA del 12/10/2012 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, a partire dal 2° semestre 2019 e per tutta la durata di produzione della piattaforma dovranno proseguire le indagini riguardanti la colonna d'acqua.

Nel presente rapporto sono riportati i risultati delle indagini effettuate su tale comparto nel 2020 brevemente confrontati con quelli relativi all'anno precedente.

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

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

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

** Incluso nella fase di Esercizio

2. MATERIALI E METODI

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

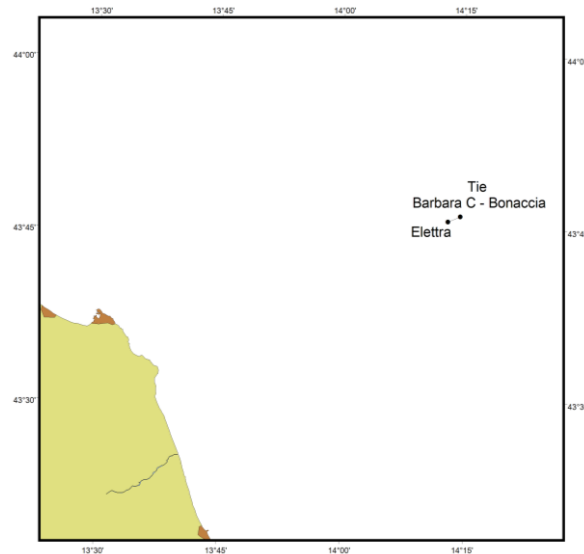


Fig. 2.1 - Posizione della piattaforma Elettra e della condotta di collegamento tra Elettra e il sea-line Bonaccia - Barbara C al largo della costa marchigiana.

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

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

2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

2.1.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

Per lo studio delle caratteristiche fisiche e biochimiche della colonna d'acqua nel 1° semestre 2020 è stata effettuata una sola campagna di misura nel mese di febbraio poiché, a causa dell'emergenza COVID-19 e del conseguente lungo periodo di lock-down che ha interessato l'intero territorio nazionale, tutte le attività sia in campo che in laboratorio sono state sospese; pertanto non è stato possibile condurre le altre due campagne previste. Nel 2° semestre, invece, sono state regolarmente condotte 3 campagne di misura in agosto, novembre e dicembre.

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato svolto presso 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dal punto di installazione della piattaforma e 4 a una distanza di circa 2000 m da esso (fig. 2.2; Tab. 2-II).

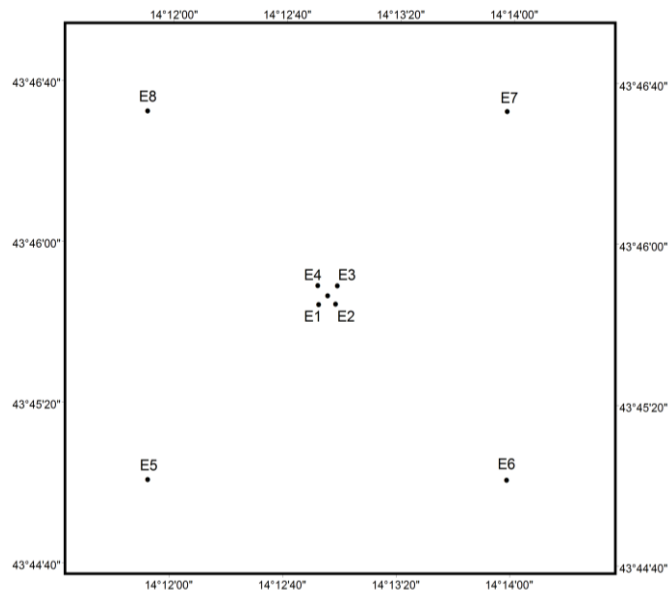


Fig. 2.2 - Schema di campionamento adottato nella fase di produzione della piattaforma Elettra per le indagini idrologiche.

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

STAZIONI DI CAMPIONAMENTO	LAT.	LONG.	DISTANZA DALLA STRUTTURA (m)	POSIZIONE RISPETTO ALLA STRUTTURA
E1	43°45'47'',28N	14°12'51'',90E	100	SW
E2	43°45'47'',46N	14°12'57'',72E	100	SE
E3	43°45'51'',84N	14°12'58'',26E	100	NE
E4	43°45'51'',96N	14°12'51'',48E	100	NW
E5	43°45'03'',42N	14°11'52'',02E	2000	SW
E6	43°45'04'',08N	14°13'58'',74E	2000	SE
E7	43°46'35'',82N	14°13'57'',72E	2000	NE
E8	43°46'35'',16N	14°11'50'',64E	2000	NW

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

della concentrazione di clorofilla *a* e per la determinazione simultanea del particolato sospeso (TSM), attraverso misure di retrodiffusione (backscattering). Completa la dotazione un altimetro Teledyne Benthos PSA-916, per l'utilizzo in sicurezza della sonda in prossimità del fondale. La sonda è stata sottoposta a calibrazione presso il laboratorio del Centro di Taratura e Metrologia Oceanografica (CTMO) dell'OGS per i parametri di temperatura e conducibilità prima di iniziare il monitoraggio. Ulteriori calibrazioni sono previste ogni 4 mesi di attività. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con i campioni raccolti in situ durante ogni campagna e analizzati rispettivamente per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per il contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico). La sonda ha una frequenza di acquisizione di 24 serie di dati al secondo (24 Hz).

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

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

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

- ossigeno disciolto tramite metodo Winkler;
- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofosfato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi totali (IT);

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

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

2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nel 1° semestre 2020 è stato possibile registrare dati correntometrici solo nel periodo 01/01 – 07/02/2020. In quest'ultima data erano stati effettuati il recupero e download dei dati e la successiva rimessa in mare dello strumento, ma al controllo successivo il correntometro non è stato rinvenuto in loco, probabilmente a causa del salpo ad opera di ignoti (Tab. 2-III). Nel 2° semestre 2020 si è invece verificato un problema tecnico che non ha consentito la registrazione di dati nel mese di luglio.

Tab. 3-III - Date di messa in mare e recupero dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Elettra nel 1° semestre 2020.

Data						
24/10/2019	immersione					
07/02/2020		recupero				
		immersione				
?			perdita			
01/07/2020				immersione		
31/08/2020					recupero	
					immersione	
31/01/2021						recupero
						immersione

Nel periodo in esame l'ormeggio correntometrico è stato posizionato a circa 76 m di profondità (Lat. 43°45,843'N, Long. 14°12,924'E). Esso era costituito da un correntometro acustico ADCP Teledyne RDI, del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3; All. A1-II). Il correntometro, oltre a misurare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati,

misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s.

Nel 1° semestre 2020 lo strumento è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 22 celle da 4 m, nel 2° semestre le registrazioni sono avvenute in 28 celle, coprendo con entrambi i settaggi gran parte della colonna d'acqua. I bin relativi agli strati più superficiali, nonché quelli relativi agli strati di aria al disopra della superficie libera del mare, sono stati eliminati per la presenza di dati non leggibili a causa dell'elevato rumore presente.

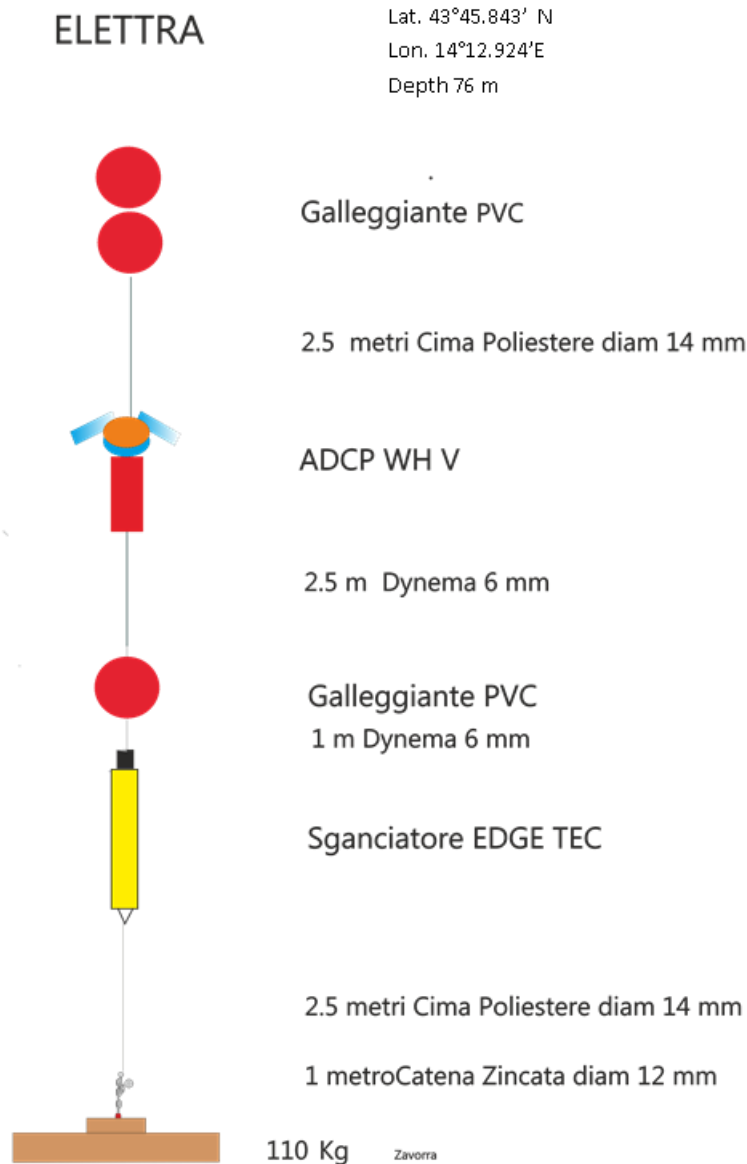


Fig. 2.3 - Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato presso la piattaforma Elettra.

2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

2.2.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

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

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

Ossigeno disciolto - La misura della concentrazione di ossigeno disciolto è stata effettuata mediante titolazione iodometrica secondo il metodo di Winkler (Carpenter, 1965), descritto da Saggiomo *et al.* (2010). Aliquote di acqua (60 ml circa) sono state fissate aggiungendo in rapida successione 0.3 ml di una soluzione di cloruro di manganese e 0,3 ml di una soluzione basica di ioduro di potassio. In tali condizioni, l'ossigeno presente ossida il manganese (II) a Mn (III) e Mn (IV) che precipita come ossido idrato. I campioni fissati sono stati conservati al buio a temperatura ambiente, per un tempo non superiore a 4 ore. Al momento della titolazione, 0,5 ml di acido solforico sono stati introdotti nel campione. In un ambiente così acidificato, lo ioduro, ossidato dal manganese a iodio elementare, è complessato dallo ioduro in eccesso per formare I_3^- . Lo ione complesso I_3^- è stato titolato con una soluzione di sodio tiosolfato (0,01M), precedentemente standardizzata. La concentrazione del tiosolfato è stata standardizzata con una soluzione standard di iodato di potassio fornita da OSIL (Ocean Scientific International Ltd, United Kingdom). La titolazione potenziometrica automatica è stata effettuata con titolatore Mettler Toledo T50 compact (All. A1-III); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in $ml\ l^{-1}$. I risultati delle analisi di ossigeno disciolto effettuate sono stati utilizzati per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

Sali nutritivi - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio,

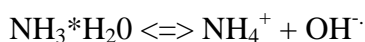
ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 μm), precombusti a 450°C per 4h, raccolti in contenitori in polietilene (pre-trattati con acido cloridrico 1M) e conservati a -20°C fino al momento dell'analisi.

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

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

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

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



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

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

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

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

I limiti di rilevabilità sono:

- NO_2 : 0,01 μM
- NO_3 : 0,02 μM
- NH_4 : 0,02 μM

- PO₄: 0,01 µM
- Si(OH)₄: 0,02 µM

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

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

Le analisi delle clorofille *a*, *b* e *c* sono state effettuate secondo il metodo Vidussi *et al.* (1996) mediante HPLC (High Performance Liquid Chromatography;) Agilent 1100 series (All. A1-V) dotato di Vacuum Degasser; Quaternary Pump; Thermostatted Column Compartment; Detector DAD (photodiode array detector) e Detector Fluorescence. È stata utilizzata una colonna *Hypersil MOS-2* della *Thermo Fisher Scientific* (100 mm x 4,6 mm 3 Å µM). I dati sono stati acquisiti e archiviati tramite PC interfacciato allo strumento mediante software HP ChemStations. L'estratto è stato iniettato attraverso un loop di 200 µl e l'eluizione ha previsto un flusso pari a 1 ml/min con un gradiente binario lineare fra il solvente A (metanolo:ammonio acetato 0,5 N, 70:30 v:v) e il solvente B (metanolo puro), avente il seguente programma (minuti, %A, %B): 0, 75, 25 - 1, 50,50 - 15, 0, 100 - 18,5, 0, 100 - 19, 75, 25. L'identificazione dei pigmenti è stata effettuata per confronto con standard esterni (DHI Laboratories) settando la lunghezza d'onda per la lettura a 440 nm.

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

TSM (solidi sospesi totali) - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F (Ø = 47 mm), pre-pesati su bilancia analitica Mettler XP6 e riposti in singoli portafiltri numerati. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri

sono stati conservati a -20°C fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a 60°C fino a peso costante, su bilancia analitica Mettler XP6, secondo le indicazioni riportate da Strickland e Parsons (1972). Il peso dei singoli filtri combustibili è stato sottratto al peso del filtro corrispondente su cui è stato filtrato il campione. Le concentrazioni di TSM sono state espresse in mg L^{-1} . I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

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

Metalli pesanti - Eccetto il silicio, per tutti gli altri metalli stata adottata la tecnica della spettrometria di massa a plasma accoppiato induttivamente, indicata con la sigla ICP-MS. Tale tecnica sfrutta l'utilizzo di una torcia al plasma ICP per produrre la ionizzazione del campione e uno spettrometro di massa separa e rileva gli ioni prodotti. La quantificazione avviene mediante confronto con retta di taratura, effettuata subito prima dell'analisi. Il campione viene acidificato con acido nitrico e caricato direttamente sullo strumento tarato. Lo strumento usato è ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X con Autocampionatore MASN8140044 ESI e sistema di eliminazione interferenze UCT, utilizzato in modalità KED (cella di collisione) (All. A1-VI).

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

Per la misurazione di questo metallo è stato utilizzato uno spettrometro simultaneo ad emissione atomica con plasma ad accoppiamento indotto ICP-OES 5100 SVDV, Agilent,

con autocampionatore SPS4 (All. A1-VII).

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

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

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

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

(All. A1-VIII).

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

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

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

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

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

Analisi frazione estraibile: utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0,9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di n-esano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico per scaricare la pressione in eccesso. Lo strato organico è stato lasciato separato dalla fase acquosa per un minimo di 10' e si è ripetuta l'estrazione per altre due volte con porzioni fresche di solvente; al termine di tali operazioni i tre estratti di solvente sono stati uniti. L'essiccazione del campione dell'estratto è avvenuta tramite passaggio dello stesso su colonna di vetro, riempita con 20 g di sodio solfato anidro. Successivamente è stata eseguita la concentrazione in evaporatore rotante per effettuare il cambio del

solvente per la successiva analisi cromatografica condotta mediante l'impiego di gascromatografo con rivelatore a fiamma (FID).

Gli idrocarburi totali sono determinati sommando le 2 componenti e moltiplicando il risultato per un fattore 1,1 fattore studiato per esprimere il dato come n-esano.

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

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

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

L'identificazione degli IA si è basata sul confronto con il tempo di ritenzione di soluzioni standard di n-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 $\mu\text{g l}^{-1}$. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta con successo. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A1-X).

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

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

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

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

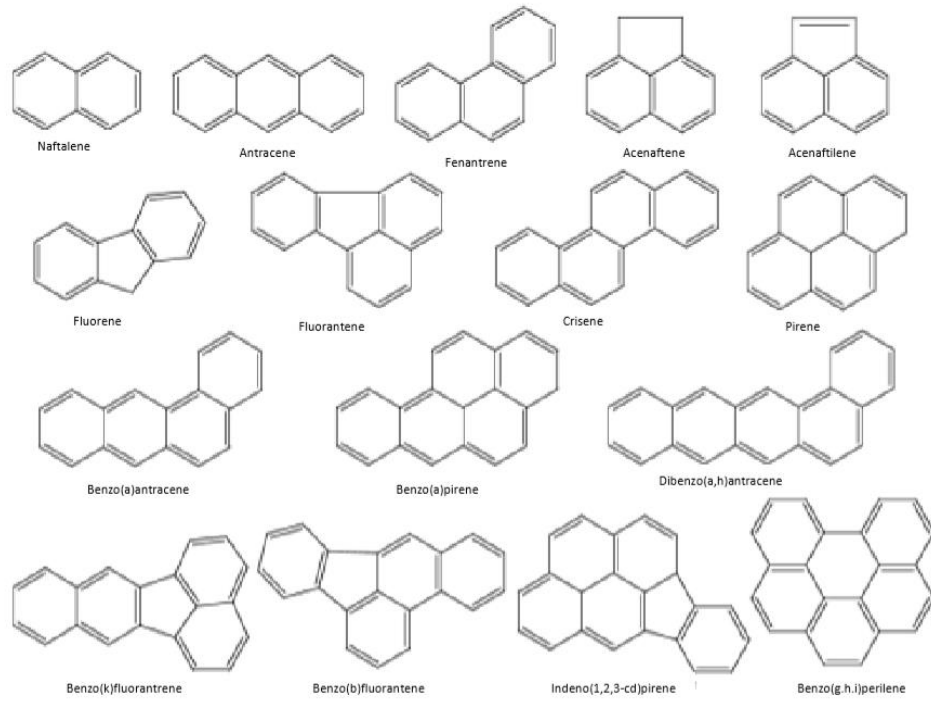


Fig. 2.4 – I 16 IPA prioritari secondo l'US-EPA.

3. RISULTATI

3.1. INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nel **febbraio 2020** (fig. 3.1) la distribuzione della temperatura è risultata tipicamente uniforme (media \pm dev.st.: $13,80 \pm 0,04^\circ\text{C}$); le due stazioni di controllo settentrionali hanno mostrato profili con valori in media leggermente più bassi ($\Delta t < 0,05^\circ\text{C}$). Per la distribuzione della salinità i profili verticali si possono considerare praticamente uniformi dalla superficie al fondo (media: $38,79 \pm 0,01$ psu), con differenze molto piccole rilevate tra le stazioni prossime alla piattaforma e le stazioni di controllo ($\Delta s < 0,03$ psu), in particolare in superficie.

Le mappe areali hanno confermato le distribuzioni di temperatura e salinità descritte dai profili verticali, evidenziando al contempo le minime differenze rilevate (fig. 3.2).

Valori uniformi sono stati riscontrati anche per la torbidità, determinata come backscattering ed espressa dopo calibrazione in mg l^{-1} (media: $0,9 \pm 0,0$ mg l^{-1}), e per l'ossigeno disciolto alla saturazione (media: $99,2 \pm 0,2\%$), molto prossimo al 100% dalla superficie al fondo (fig. 3.1).

Non ha fatto eccezione la fluorescenza, risultata in media poco superiore a $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$, con valori quasi nulli in superficie nelle stazioni più prossime ad Elettra (fig. 3.3).

Nel mese di **agosto** (fig. 3.4) è risultata evidente la caratteristica stratificazione verticale stagionale in tutte le stazioni di campionamento, con valori massimi in superficie (massimo $27,48^\circ\text{C}$, stazione E7), un termocline ben sviluppato fino a circa 25 m di profondità e valori minimi uniformi al fondo (media $13,47 \pm 0,07^\circ\text{C}$).

Valori minimi di salinità sono stati invece rilevati in superficie con un minimo di 38,49 psu in E1, in rapido aumento fino a valori massimi tra 10 m e 20 m (massimo 38,92 psu a 13 m, stazione E6), seguiti da valori più bassi e variabili a partire da 20 m di profondità; valori piuttosto uniformi e $>38,8$ psu sono stati registrati a partire da 50 m fino al fondo (media $38,83 \pm 0,01$ psu).

Le mappe areali (fig. 3.5) hanno presentato una distribuzione orizzontale piuttosto omogenea di temperatura in superficie, con valori relativamente più elevati nelle stazioni

di controllo settentrionali ($\Delta t_{\max} \sim 1,7^{\circ}\text{C}$), mentre al fondo la differenza di temperatura tra i siti di campionamento si riduce notevolmente ($\Delta t_{\max} < 0,1^{\circ}\text{C}$). Per la salinità è stata rilevata una distribuzione piuttosto variabile tra le stazioni in superficie, con i valori più elevati registrati nelle stazioni di controllo occidentali ($\Delta s < 0,4$ psu); al fondo la salinità è stata maggiore e pressoché omogenea (media $38,84 \pm 0,00$ psu) come descritto con i profili.

La torbidità (fig. 3.4) ha fatto registrare valori molto bassi e omogenei in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 65 m di profondità (media $0,2 \pm 0,0$ mg l^{-1}), seguiti da un rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo $1,6$ mg l^{-1} , stazione E4).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.4) è stato $>100\%$ fino a ovunque fino a circa 40 m, con un picco intorno a 20 m (massimo $117,9\%$, stazione E7) e valori decrescenti verso il fondo, dove sono stati registrati i minimi (minimo $84,1\%$, stazione E7).

La fluorescenza (fig. 3.6) è stata $<0,1$ $\mu\text{g l}^{-1}$ in tutti i siti dalla superficie fino a circa 40 m, in rapido aumento alle quote inferiori fino ai valori massimi verso il fondo (massimo $1,5$ $\mu\text{g l}^{-1}$ a 72 m, stazione E7).

Ai **novembre** (fig. 3.7) i profili verticali di temperatura hanno evidenziato il progredire del rimescolamento stagionale, mostrando in tutte le stazioni uno strato omogeneo ben sviluppato fino a circa 50 m di profondità (media $18,63 \pm 0,05^{\circ}\text{C}$), seguito da una rapida diminuzione e da uno strato al fondo a temperatura minima uniforme (media $14,8 \pm 0,04^{\circ}\text{C}$). La salinità è risultata lievemente variabile in superficie fino a circa 30 m ($\Delta s < 0,1$ psu), con valori poi omogenei fino a circa 50 m, profondità alla quale la distribuzione è diventata piuttosto variabile raggiungendo valori massimi in tutte le stazioni (massimo $38,98$ psu), mentre al fondo sono stati rilevati valori omogenei (media $38,90 \pm 0,00$ psu). La stazione di controllo sud-occidentale (E5) ha fatto registrare valori più elevati della media dalla superficie fino a circa 50 m di profondità.

Anche le mappe areali (fig. 3.8) hanno mostrato una sostanziale omogeneità nella distribuzione di temperatura in superficie (media $18,60 \pm 0,06^{\circ}\text{C}$) e al fondo (media $14,84 \pm 0,02^{\circ}\text{C}$). Un debole gradiente Ovest-Est ($\Delta s < 0,1$ psu) è stato rilevato nella distribuzione superficiale di salinità, mentre la mappa areale della distribuzione al fondo è risultata omogenea con valori piuttosto elevati (media $38,88 \pm 0,00$ psu).

La torbidità (fig. 3.7) è apparsa uniforme ($<0,5$ mg l^{-1}) fino a circa 70 m in tutte le stazioni, in rapido aumento verso valori molto elevati al fondo (massimo $2,6$ mg l^{-1} , stazione E6).

Anche i profili verticali di ossigeno disciolto sono risultati omogenei in tutte le stazioni fino a circa 50 m di profondità (media $99,0 \pm 0,2\%$; fig. 3.7), variabili tra 50 e 65 m e quindi in rapida diminuzione fino ad uno strato uniforme di fondo, dove sono state registrate le percentuali minime (media $82,1 \pm 0,3\%$). Tutti i valori lungo la colonna d'acqua sono risultati $<100\%$.

La fluorescenza (fig. 3.9) è apparsa abbastanza omogenea e inferiore a $0,5 \mu\text{g l}^{-1}$ nei primi 50 m di profondità in tutte le stazioni (media $0,4 \pm 0,0$), in rapida diminuzione da 50 a 55 m e nuovamente uniforme con valori minimi molto bassi fino al fondo (media $0,2 \pm 0,0 \mu\text{g l}^{-1}$). A **dicembre** (fig. 3.10) è risultato evidente il forte rimescolamento verticale della colonna d'acqua dovuto alle dinamiche invernali, con profili completamente omogenei dalla superficie fin quasi al fondo, in particolare per la temperatura (media $16,04 \pm 0,11^\circ\text{C}$). La salinità ha fatto rilevare uno strato con profili piuttosto uniformi fino a circa 60 m (media $38,89 \pm 0,01$ psu), seguito da valori in lieve diminuzione e quindi nuovamente in aumento fino ai massimi al fondo (massimo di 38,94 psu, stazione E6).

Le mappe areali (fig. 3.11) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione dei parametri in esame ovunque. In particolare, per la temperatura la differenza massima tra le stazioni è stata di $0,12^\circ\text{C}$ in superficie e $0,29^\circ\text{C}$ al fondo, mentre la salinità ha fatto registrare una differenza massima tra le stazioni di 0,02 psu in superficie e di 0,06 psu al fondo.

La torbidità (fig. 3.10) è risultata mediamente non elevata e uniforme ovunque fino a circa 65 m (media $0,5 \pm 0,0 \text{ mg l}^{-1}$), per poi aumentare rapidamente fino al fondo (massimo $1,1 \text{ mg l}^{-1}$, stazione E4).

Anche l'ossigeno disciolto (fig. 3.10) ha presentato in tutte le stazioni valori pressoché costanti e $<100\%$ lungo la verticale fino a circa 65 m (media $96,8 \pm 0,6\%$), per diminuire rapidamente fino ai minimi al fondo (minimo $82,2\%$, stazione E4).

La fluorescenza (fig. 3.12) è stata più o meno uniforme e $<0,5 \mu\text{g l}^{-1}$ dalla superficie al fondo ovunque.

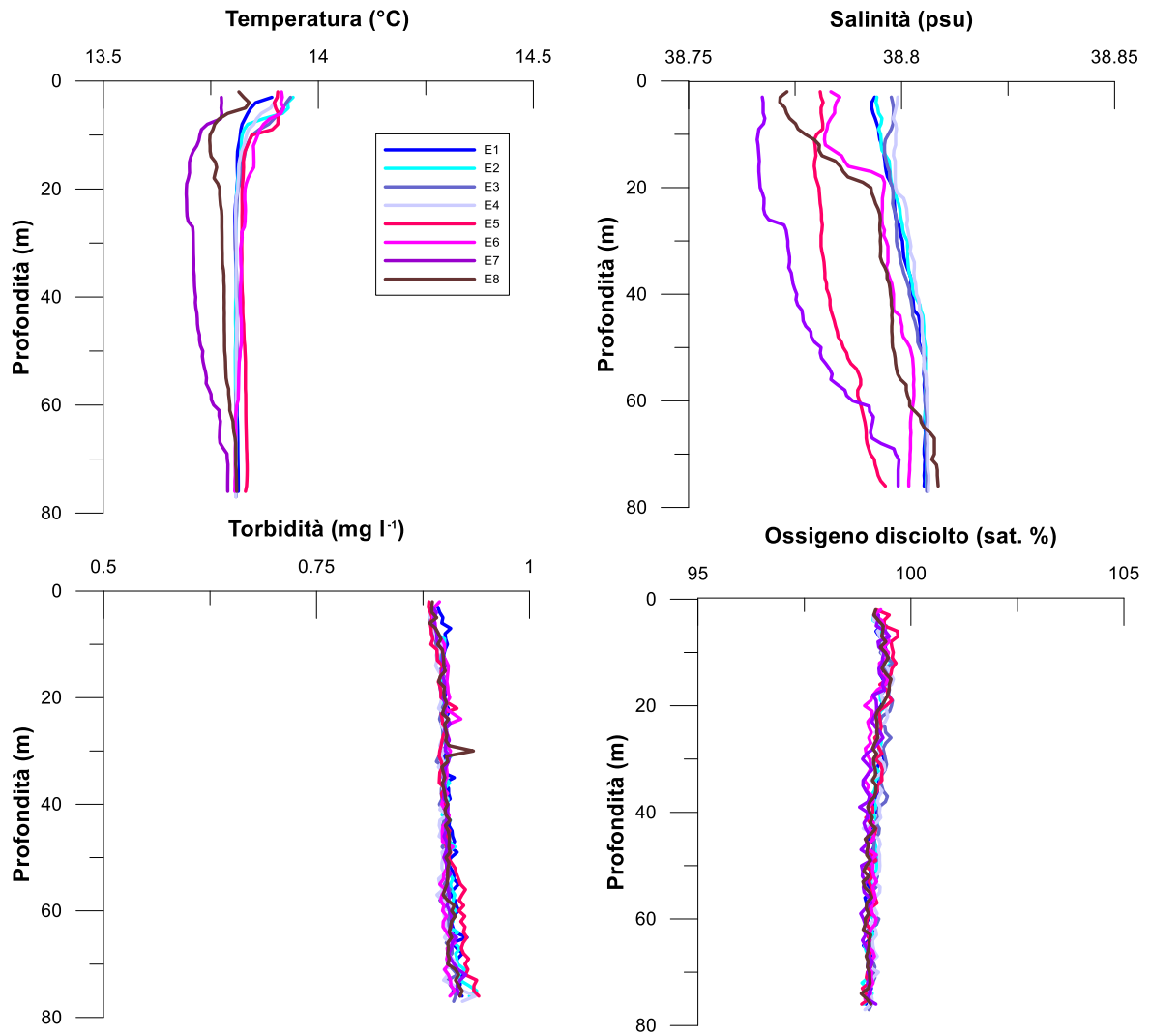


Fig. 3.1 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Febbraio 2020.**

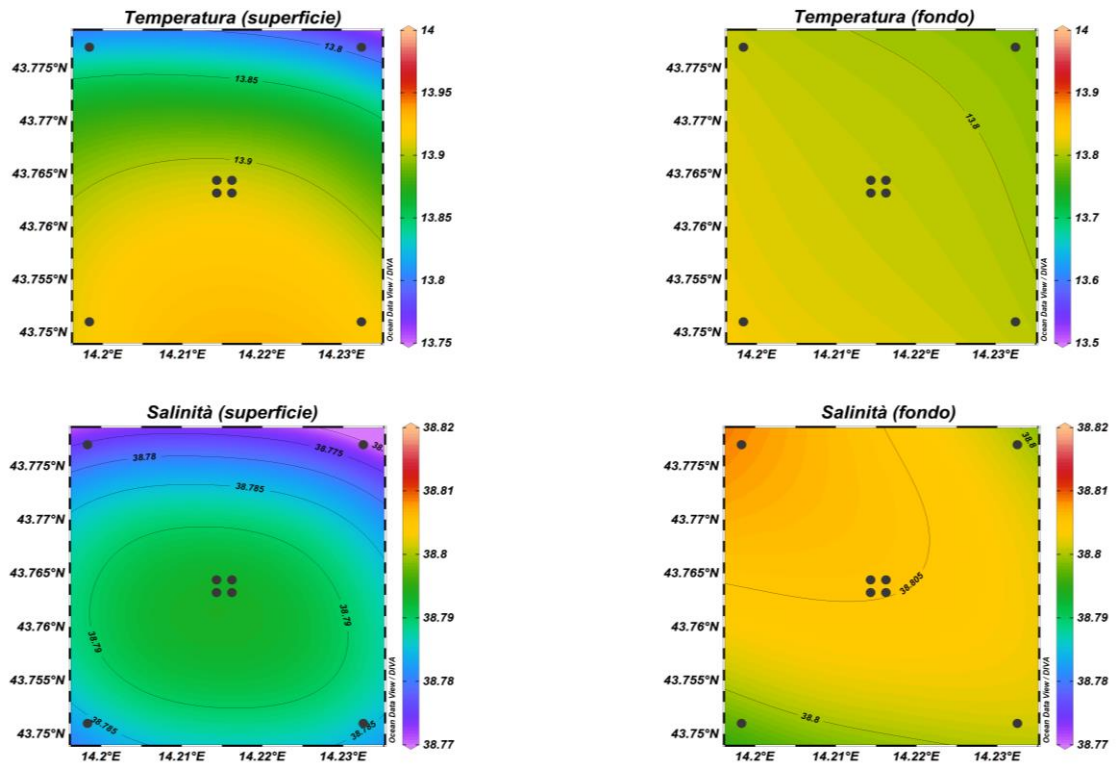


Fig. 3.2 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2020**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).

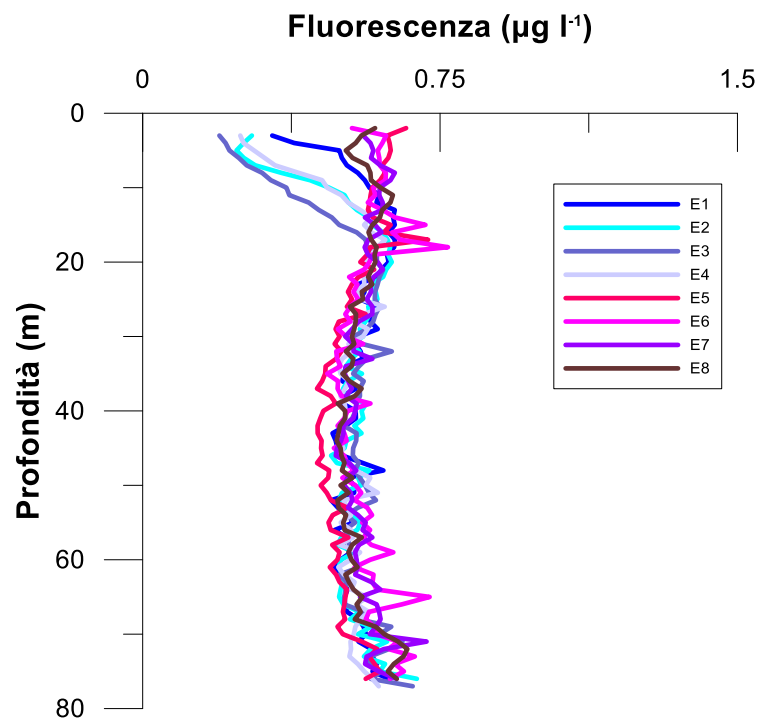


Fig. 3.3 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Febbraio 2020**.

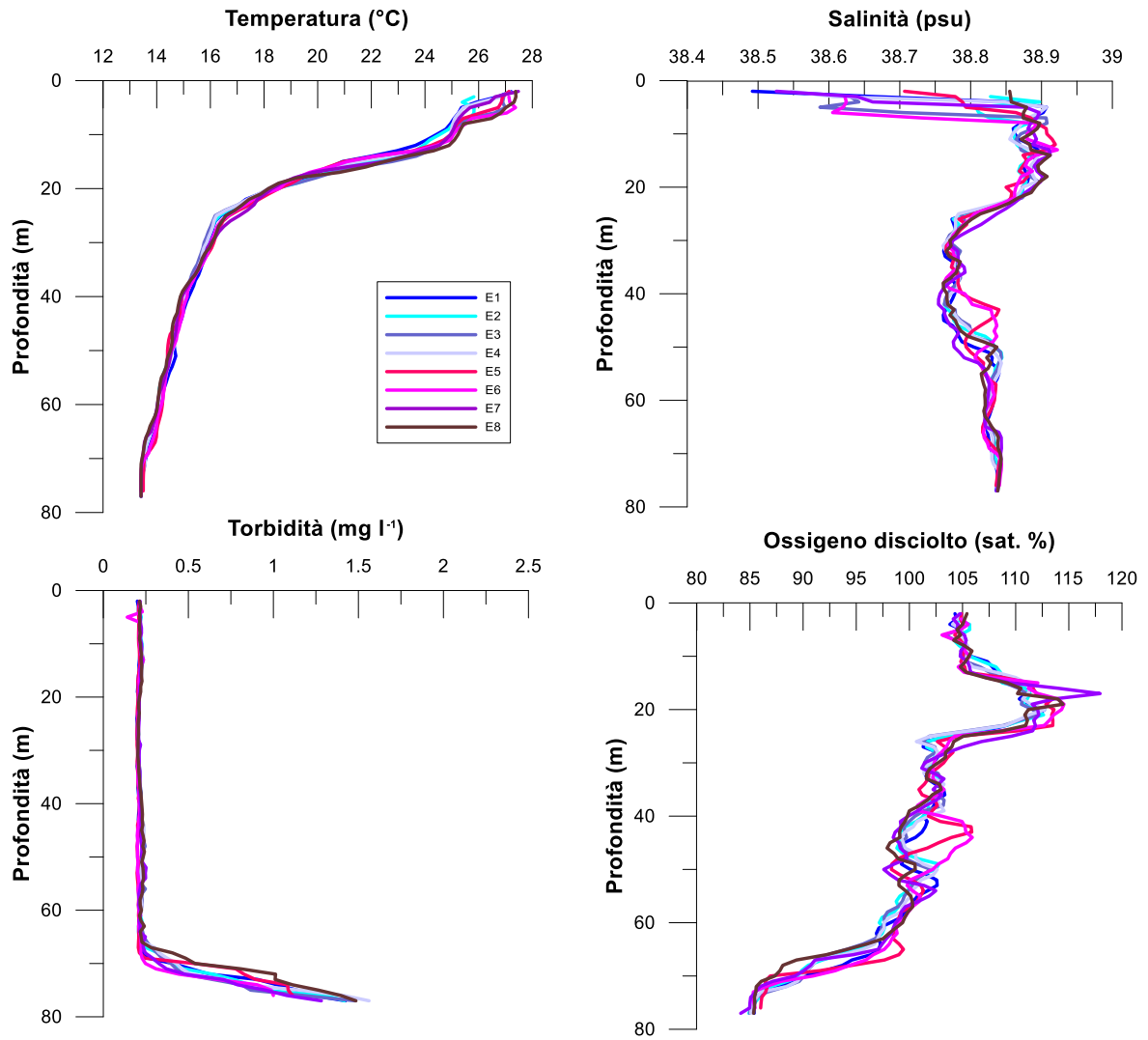


Fig. 3.4 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Agosto 2020.**

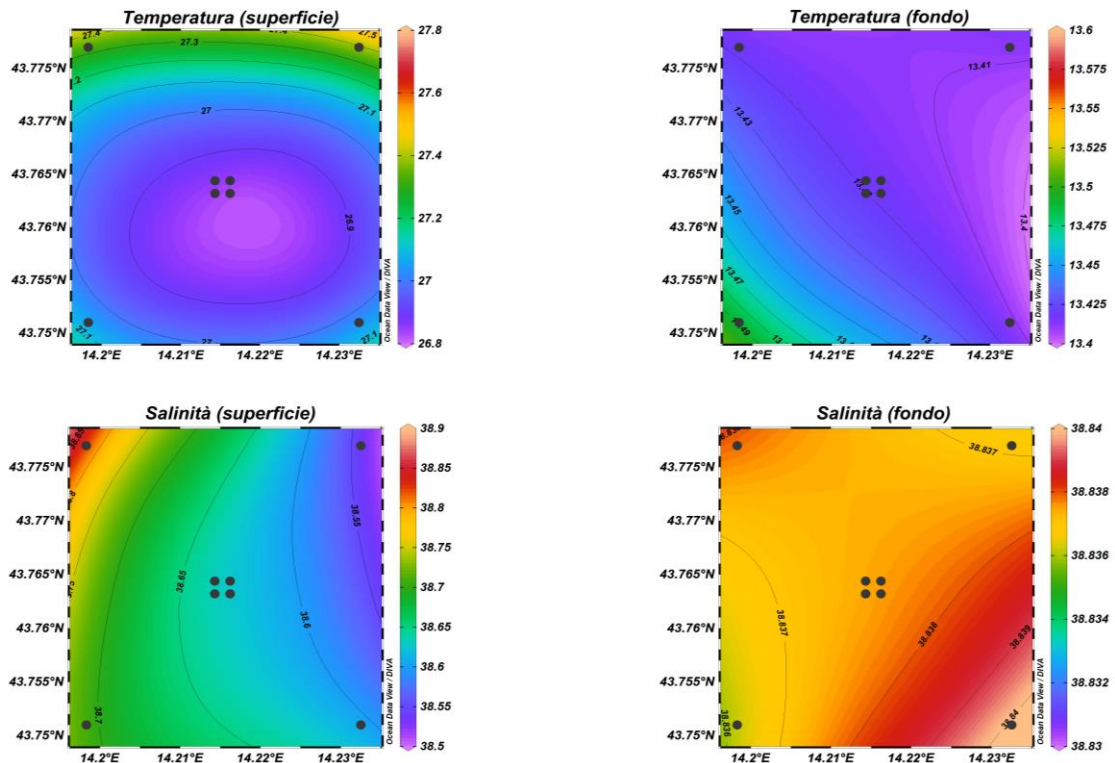


Fig. 3.5 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Agosto 2020**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).

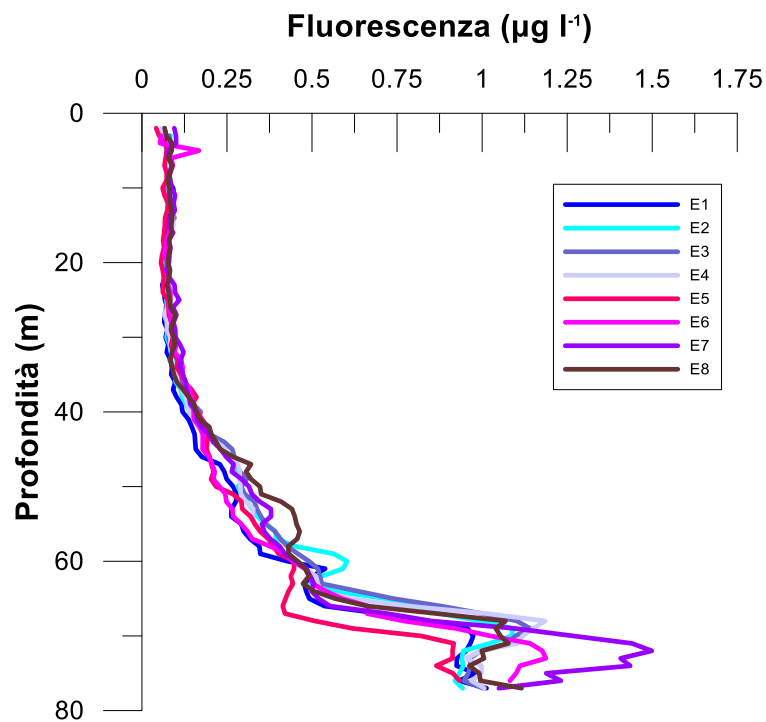


Fig. 3.36 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Agosto 2020**.

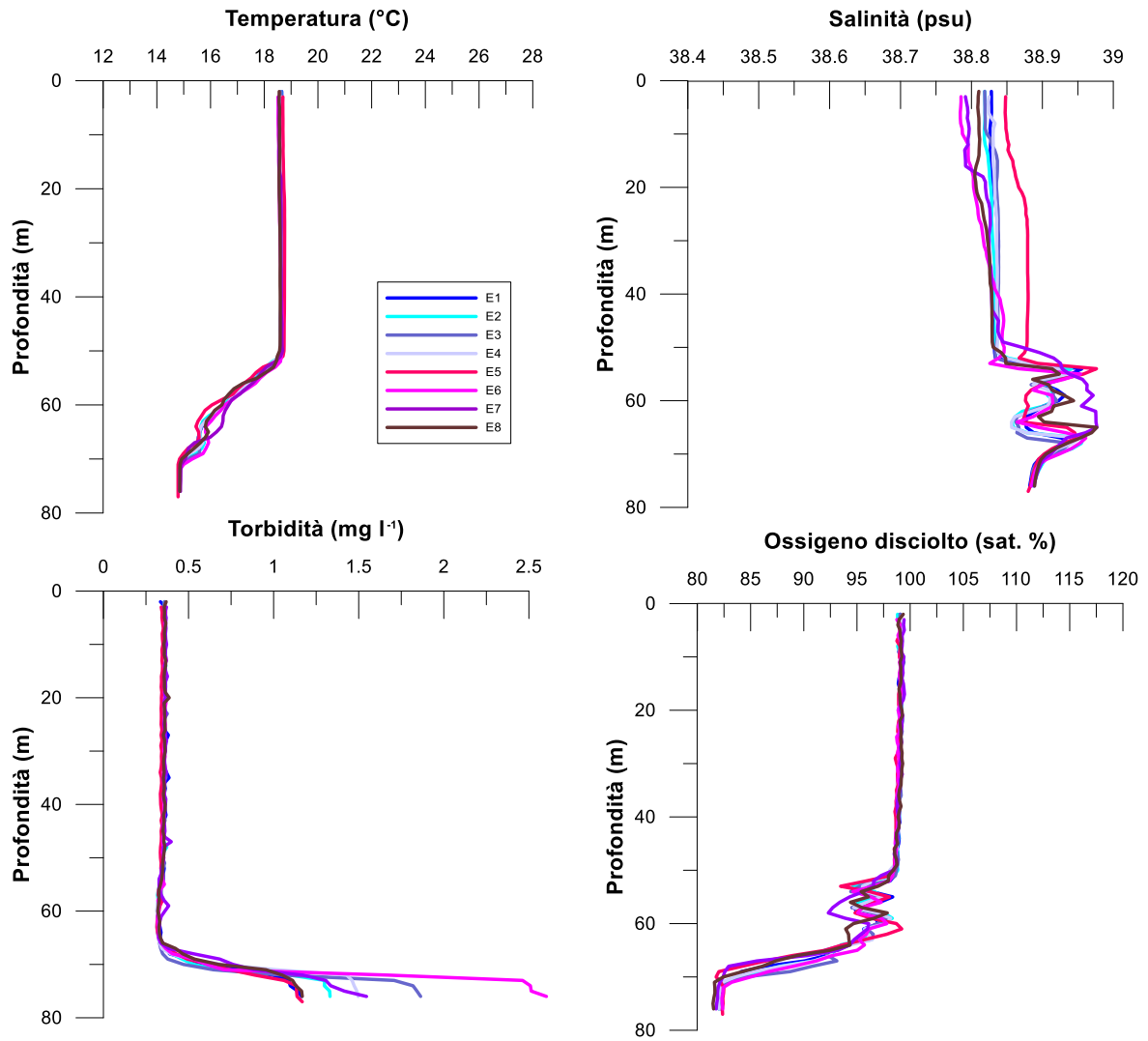


Fig. 3.7 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l⁻¹) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Novembre 2020.**

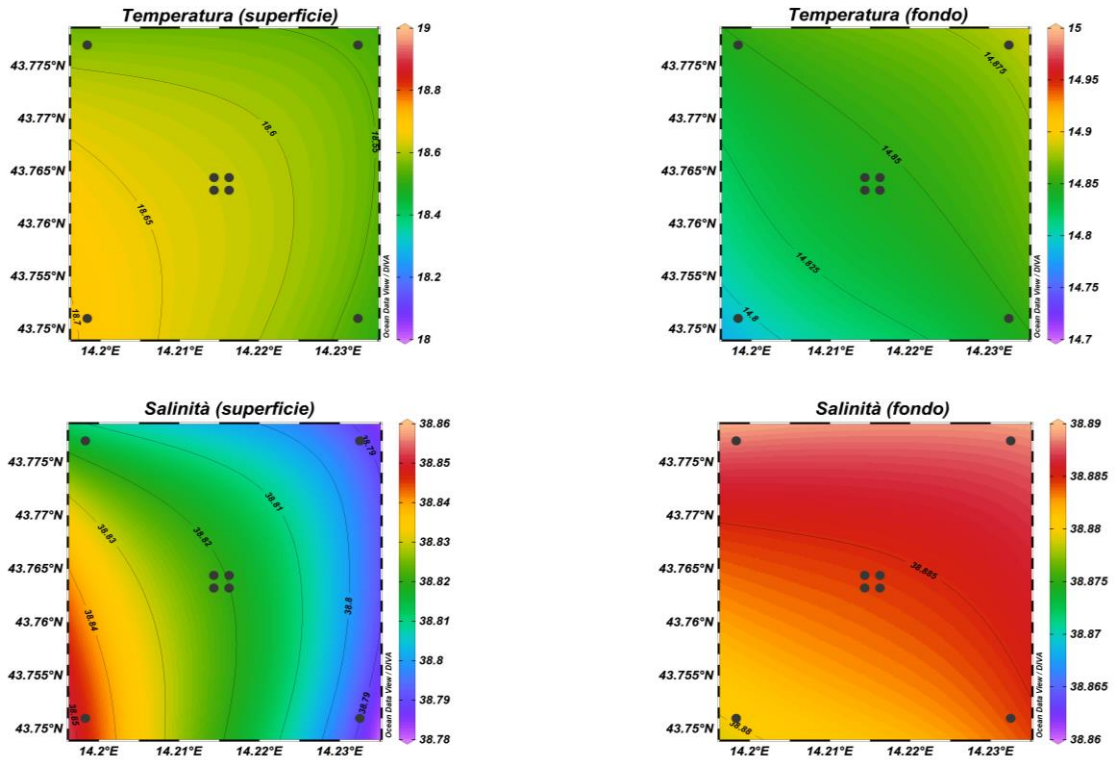


Fig. 3.8 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Novembre 2020**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

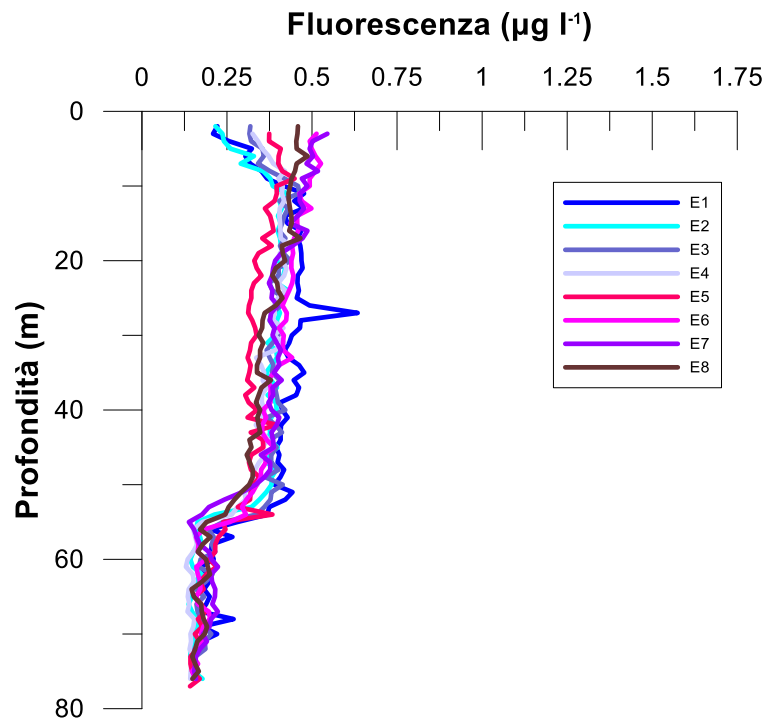


Fig. 3.9 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Novembre 2020**.

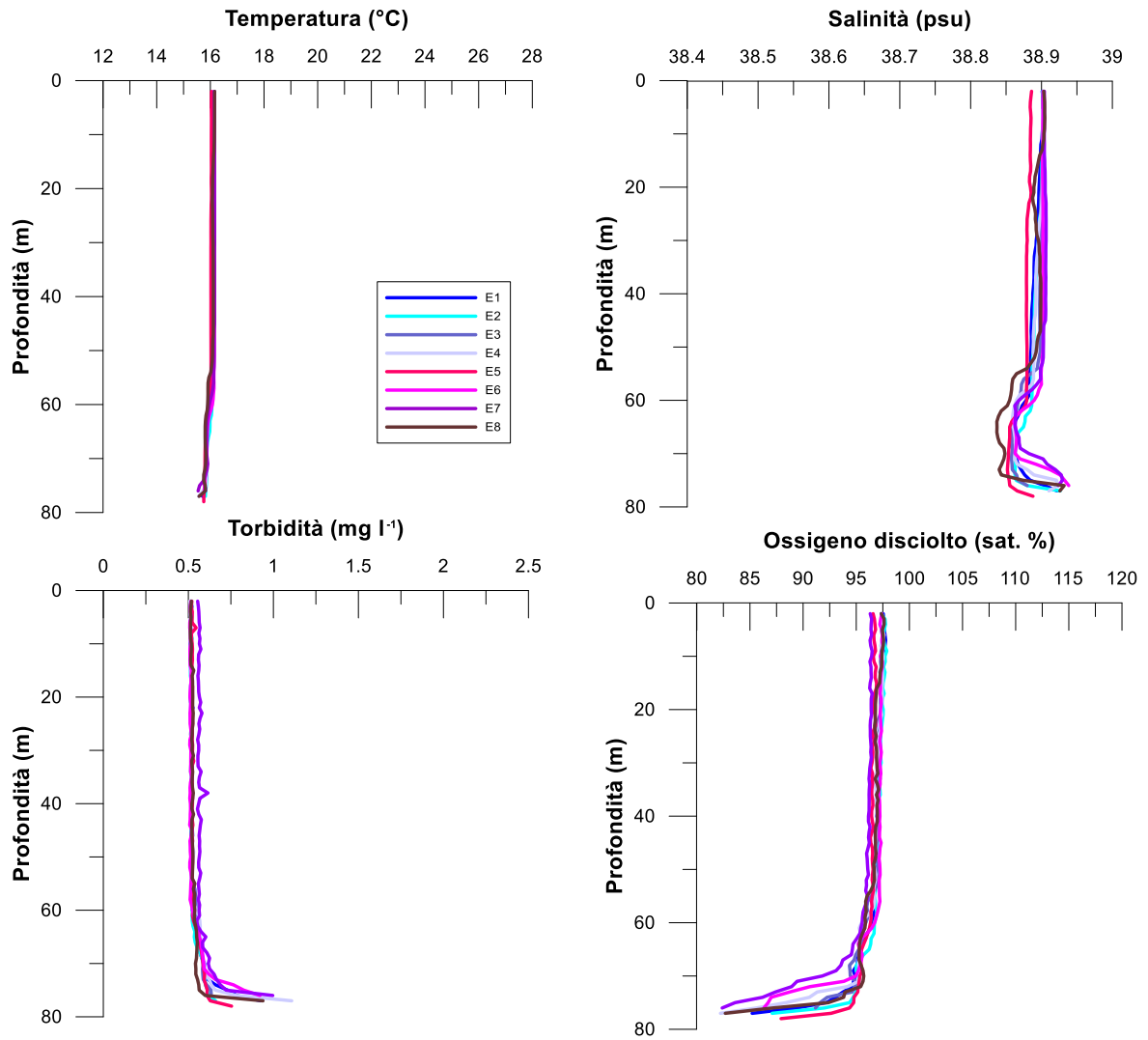


Fig. 3.10 - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg l-1) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Dicembre 2020.**

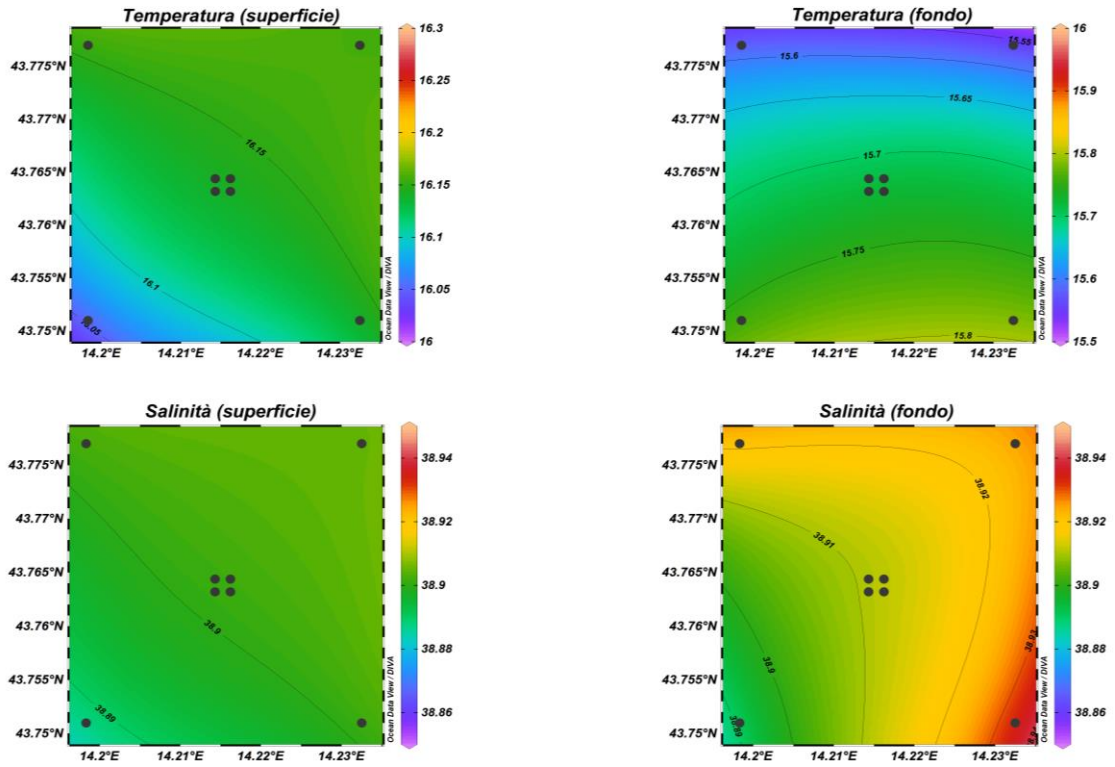


Fig. 3.11 - Mappe areali rappresentanti la temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Dicembre 2020**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).

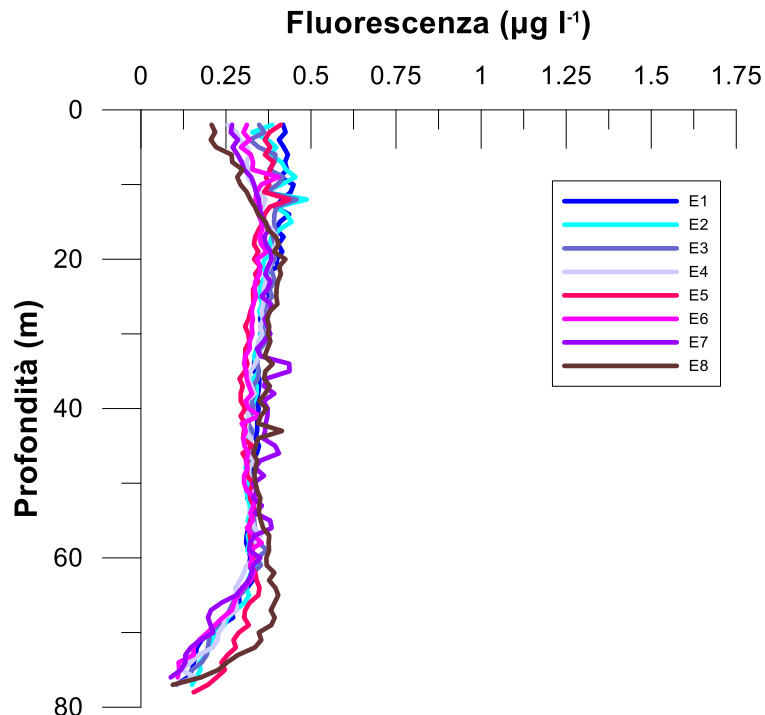


Fig. 3.12 - Profili di fluorescenza ($\mu\text{g l}^{-1}$). **Dicembre 2020**.

3.1.2. NUTRIENTI

Nel **febbraio 2020** (figg. 3.13a, 3.13b e 3.14) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,26 \pm 0,05 \mu\text{M}$ per i nitrati (NO_3), $0,40 \pm 0,02 \mu\text{M}$ per i nitriti (NO_2) e a $0,06 \pm 0,04 \mu\text{M}$ per l'ammonio (NH_4). Non è stato osservato alcun andamento particolare per questi tre composti. Il valore massimo di NO_3 ($0,47 \mu\text{M}$) è stato osservato a 40 m nella stazione E8, mentre il minimo ($0,21 \mu\text{M}$) è stato riscontrato al fondo della E6. La concentrazione massima di NO_2 ($0,46 \mu\text{M}$) è stata raggiunta a 20 m nella stazione E8 e a 40 m nella E7, la minima ($0,37 \mu\text{M}$) nella quota superficiale della E3. Il massimo contenuto di NH_4 ($0,19 \mu\text{M}$) è stato invece misurato a 40 m nella stazione E5, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati a quote variabili nei siti E1, E2, E3, E7 ed E8.

Le concentrazioni dei fosfati (PO_4) sono risultate contenute ed omogenee ($0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$), variando tra valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale a quote variabili di tutte le stazioni ad eccezione di E4 ed E8, e un massimo di $0,06 \mu\text{M}$ registrato in E2 ed E8, rispettivamente a 40 m ed al fondo.

Infine, il contenuto medio di silicati ($\text{Si}(\text{OH})_4$) è stato di $0,69 \pm 0,08 \mu\text{M}$, con un massimo di $0,92 \mu\text{M}$ al fondo della E4 e un minimo di $0,58 \mu\text{M}$ a 40 m nelle stazioni E1 ed E2.

Ad **agosto** (figg. 3.15a, 3.15b e 3.16) le concentrazioni medie di NO_3 , NO_2 e NH_4 sono risultate rispettivamente pari a $0,23 \pm 0,36 \mu\text{M}$, $0,05 \pm 0,07 \mu\text{M}$ e a $0,03 \pm 0,03 \mu\text{M}$. In generale, i valori più elevati di nitrati e nitriti sono stati rilevati nelle acque di fondo, mentre per l'ammonio non è stato osservato un andamento particolare. La concentrazione media di nitrati al fondo è risultata $0,84 \pm 0,04 \mu\text{M}$ con un massimo di $0,90 \mu\text{M}$ in E6, mentre concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono state riscontrate a quote variabili tra la superficie e i 40 m nelle stazioni E1, E2, E3, E4 ed E5. Il contenuto medio di NO_2 al fondo è risultato pari a $0,17 \pm 0,02 \mu\text{M}$, con un massimo di $0,19 \mu\text{M}$ raggiunto nelle stazioni E1, E3 ed E4; valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie e i 40 m ovunque. La concentrazione massima di NH_4 ($0,15 \mu\text{M}$) è stata invece misurata al fondo della E6, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato campioni prelevati nelle stazioni E2, E3, E4, E5, E6 ed E7 a quote variabili.

Le concentrazioni di PO_4 sono risultate contenute e omogenee ($0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$), variando tra valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale a 20 m e in superficie nella

stazione E7, e un massimo di 0,04 μM riscontrato al fondo della stazione E4.

La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata di $2,45 \pm 1,12 \mu\text{M}$. I valori più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo di tutte le stazioni, dove il contenuto medio è stato pari a $4,05 \pm 0,12 \mu\text{M}$. Il massimo ($4,20 \mu\text{M}$) è stato misurato a questa quota nella stazione E8, mentre il minimo ($1,10 \mu\text{M}$) è stato osservato in superficie sempre in E8.

A **novembre** (figg. 3.17a, 3.17b e 3.18) le medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,60 \pm 0,91 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,04 \pm 0,02 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,07 \pm 0,06 \mu\text{M}$ (NH_4). Per i NO_3 le concentrazioni più elevate sono state osservate al fondo ($2,15 \pm 0,04 \mu\text{M}$) dove il massimo ($2,18 \mu\text{M}$) è stato misurato in E3, E7 ed E8, mentre il valore minimo ($0,02 \mu\text{M}$) è stato riscontrato nella stazione E7. Per i NO_2 non è stato osservato un andamento particolare; il massimo di $0,10 \mu\text{M}$ è stato raggiunto nella stazione E6, mentre il minimo ($0,02 \mu\text{M}$) è stato riscontrato a quote variabili tra la superficie ed i 40 m in E1, E2 ed E3. Anche per l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare. Il massimo ($0,27 \mu\text{M}$) è stato misurato a 20 m nella E6, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati osservati a quote variabili nelle stazioni E1, E3, E6, E7 ed E8.

Per i fosfati le concentrazioni sono risultate omogenee e abbastanza contenute, con una media pari a $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$. Il valore massimo ($0,07 \mu\text{M}$) è stato osservato al fondo delle stazioni E3 ed E8, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale hanno interessato quote variabili tra la superficie e i 40 m ovunque.

La concentrazione media di silicati (Si(OH)_4) è stata di $2,22 \pm 1,94 \mu\text{M}$. Anche per i silicati le concentrazioni più elevate sono state osservate al fondo ($5,51 \pm 0,11 \mu\text{M}$), con un massimo di $5,67 \mu\text{M}$ in E1; il minimo ($0,90 \mu\text{M}$) è stato registrato in superficie nella stazione E7.

Infine, a **dicembre** (figg. 3.19a, 3.19b e 3.20) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a $0,57 \pm 0,47 \mu\text{M}$ (NO_3), $0,18 \pm 0,05 \mu\text{M}$ (NO_2) e a $0,05 \pm 0,06 \mu\text{M}$ (NH_4). I nitrati sono apparsi più elevati ancora una volta nelle acque di fondo, dove la media è stata di $1,26 \pm 0,49 \mu\text{M}$ e dove è stato registrato il massimo ($1,72 \mu\text{M}$) in E4 (minimo di $0,24 \mu\text{M}$ in E6). Per i nitriti e l'ammonio non è stato invece osservato alcun andamento particolare. I valori di NO_2 sono variati tra un massimo di $0,36 \mu\text{M}$, osservato a 40 m di profondità nella stazione E5, e un minimo di $0,13 \mu\text{M}$ riscontrato in superficie E4. La massima concentrazione di NH_4 ($0,32 \mu\text{M}$) ha interessato i 40 m di profondità della stazione E7,

mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili tra i 20 m e il fondo di E1, E2, E4 ed E5.

I PO_4 sono risultati mediamente presenti con $0,03 \pm 0,02 \mu\text{M}$; il massimo ($0,07 \mu\text{M}$) è stato osservato al fondo della E7, mentre valori vicini al limite di rilevabilità strumentale sono stati misurati in quote variabili delle stazioni E1, E2, E3, E4 ed E8.

La concentrazione media di Si(OH)_4 è stata di $1,87 \pm 0,66 \mu\text{M}$, con i tenori più elevati nelle acque di fondo ($2,83 \pm 0,64 \mu\text{M}$). Massimo ($3,45 \mu\text{M}$) e minimo ($1,39 \mu\text{M}$) sono stati misurati rispettivamente al fondo della E4 e in superficie della E6.

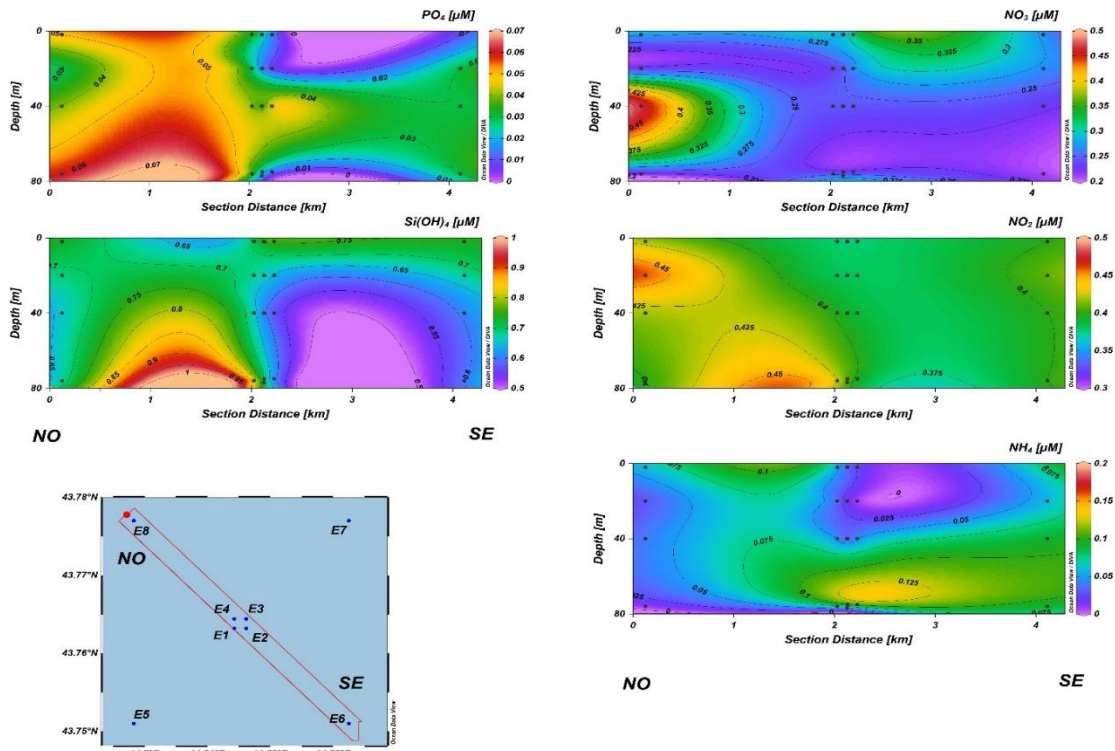


Fig. 3.13a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Febbraio 2020.

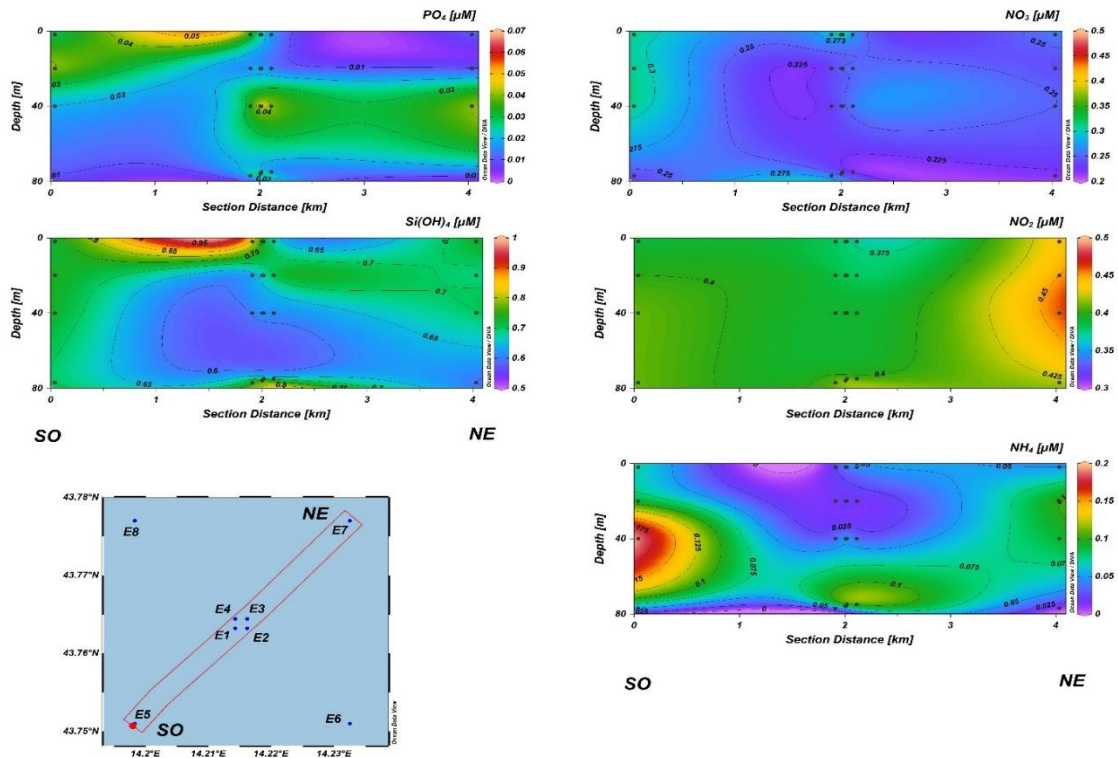


Fig. 3.13b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati ($Si(OH)_4$), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . Febbraio 2020.

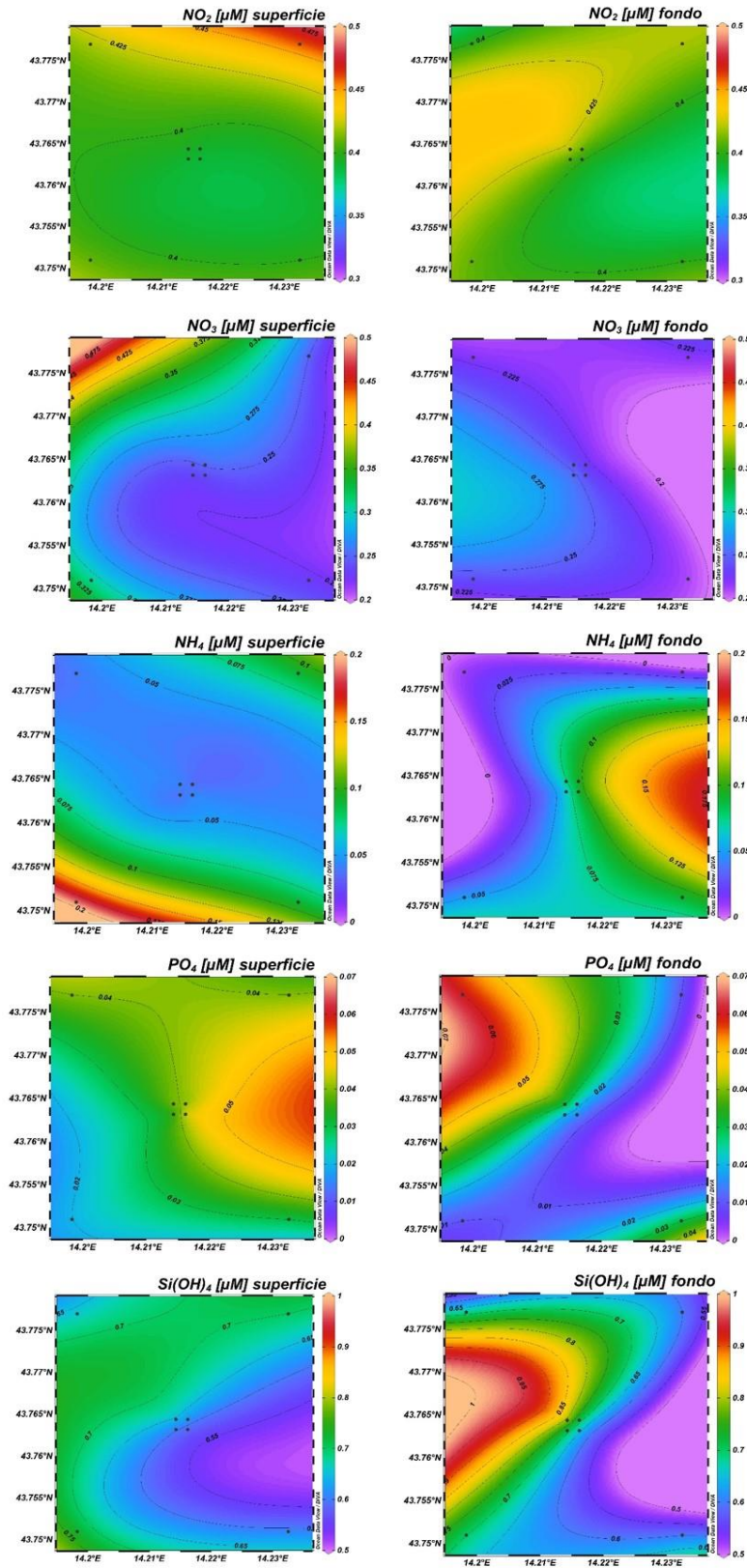


Fig. 3.14 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Febbraio 2020**.

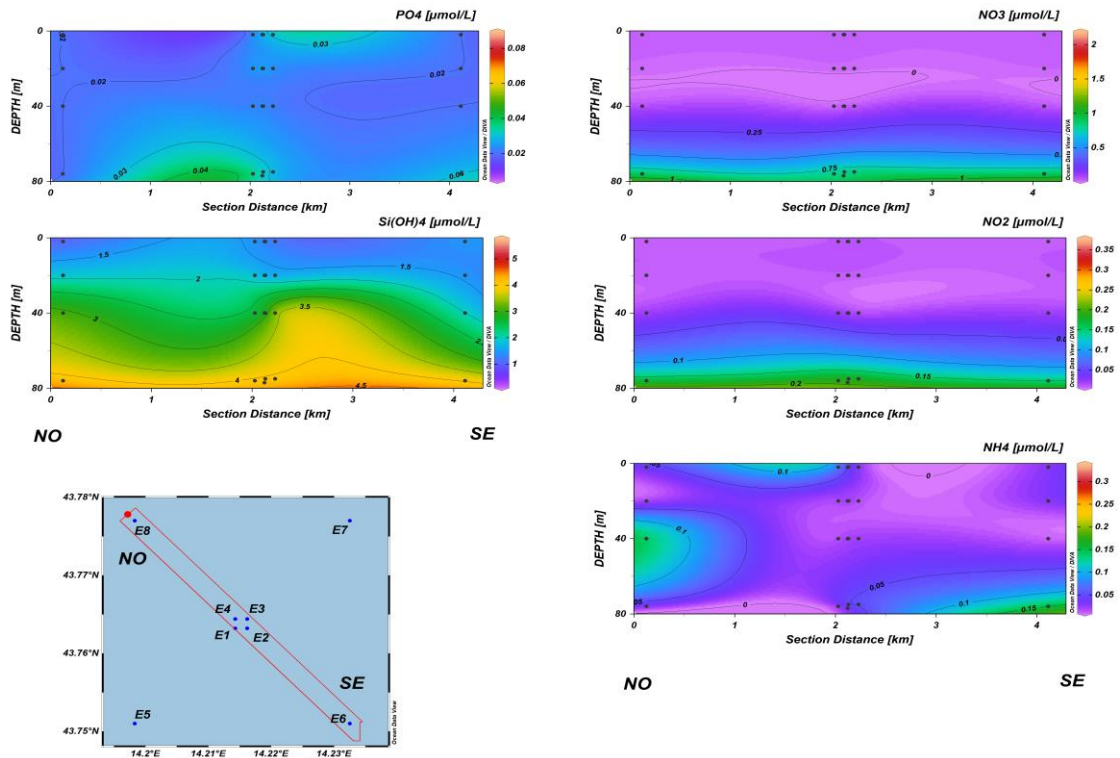


Fig. 3.15a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO4), silicati (Si(OH)4), nitrati (NO3), nitriti (NO2) e ammonio (NH4) espresse in μM . Agosto 2020.

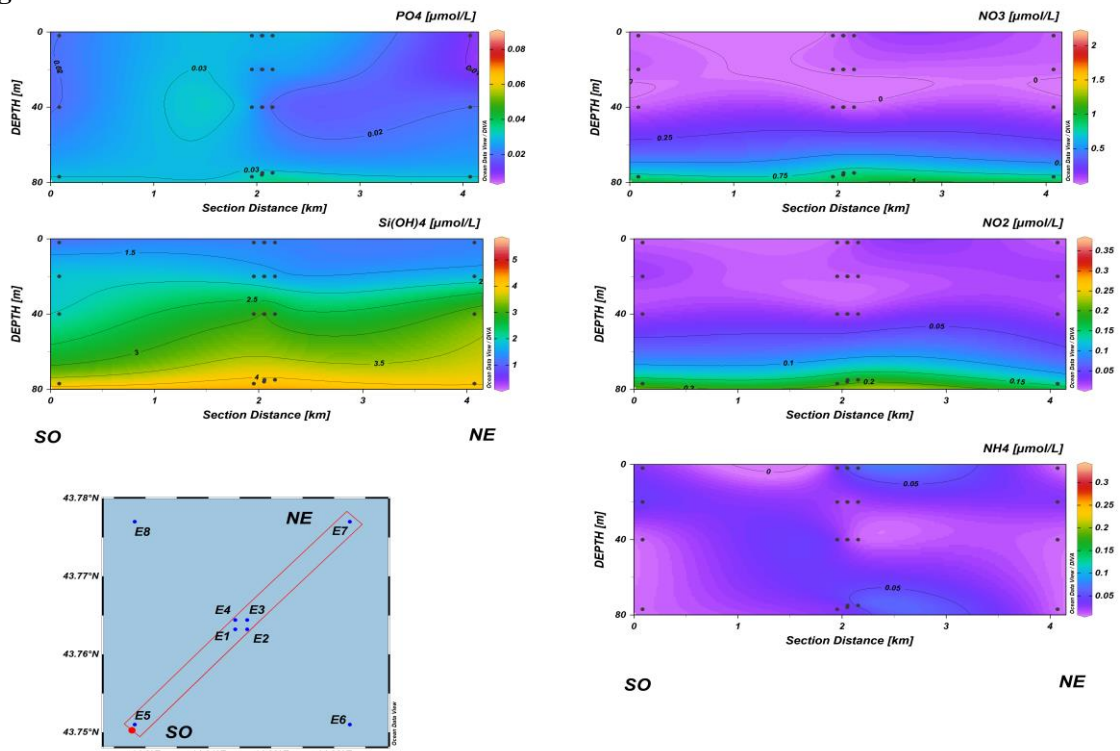


Fig. 3.15b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO4), silicati (Si(OH)4), nitrati (NO3), nitriti (NO2) e ammonio (NH4) espresse in μM . Agosto 2020.

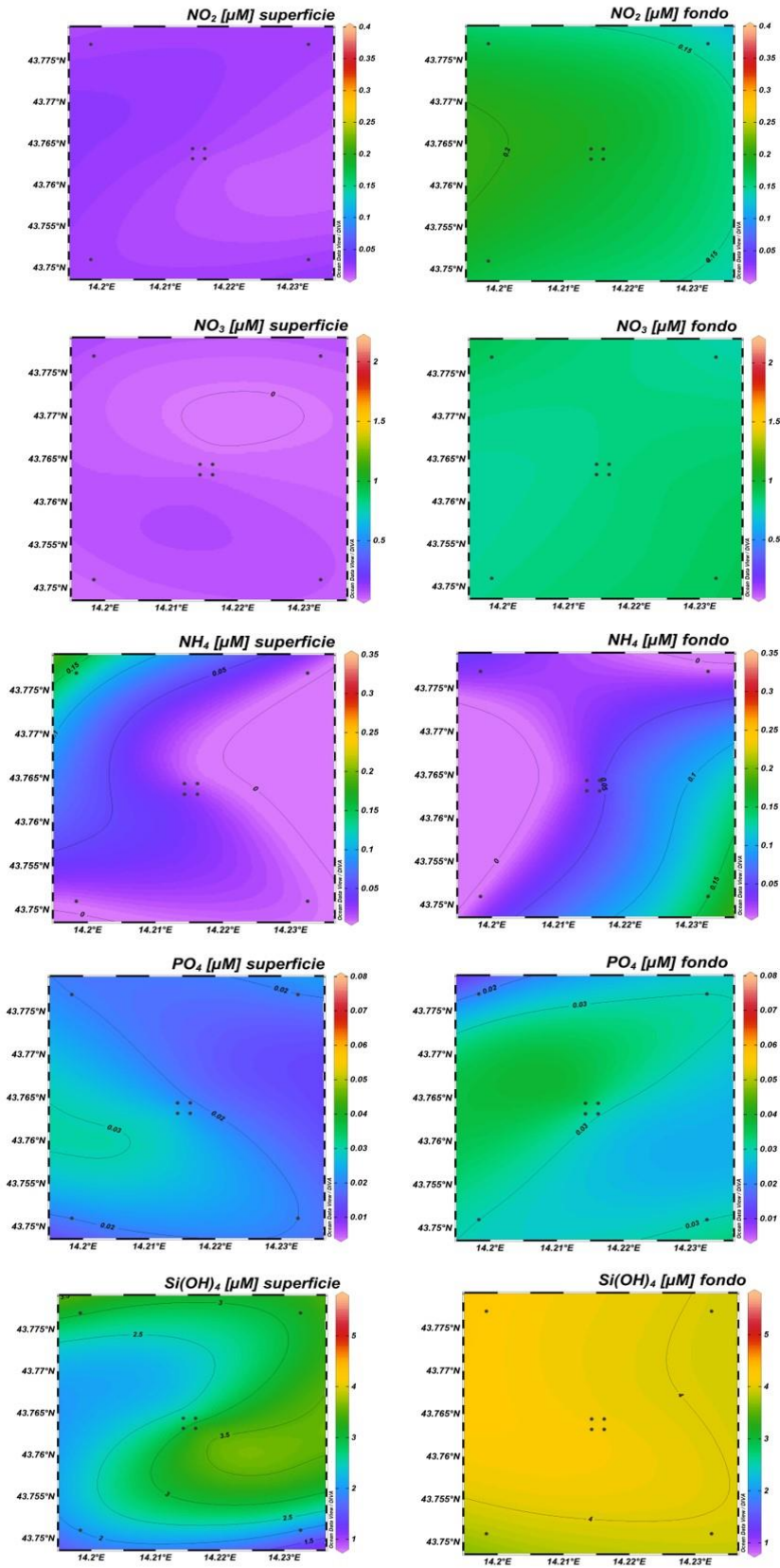


Fig. 3.16 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Agosto 2020.**

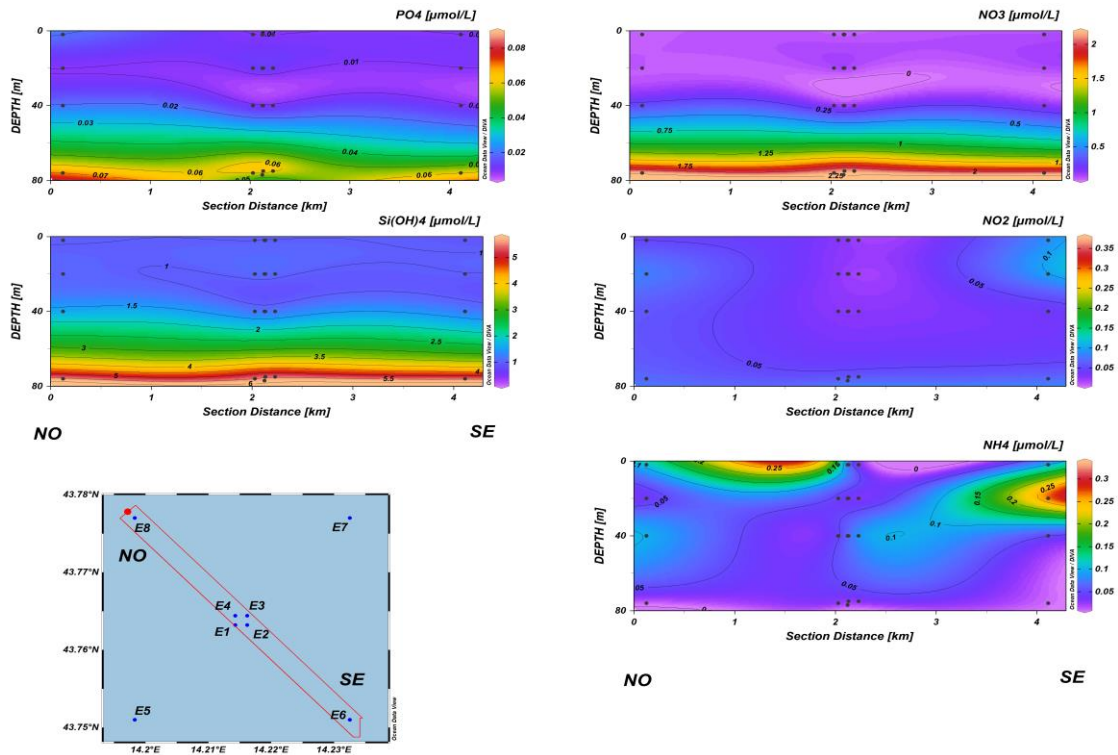


Fig. 3.17a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in µM. Novembre 2020.

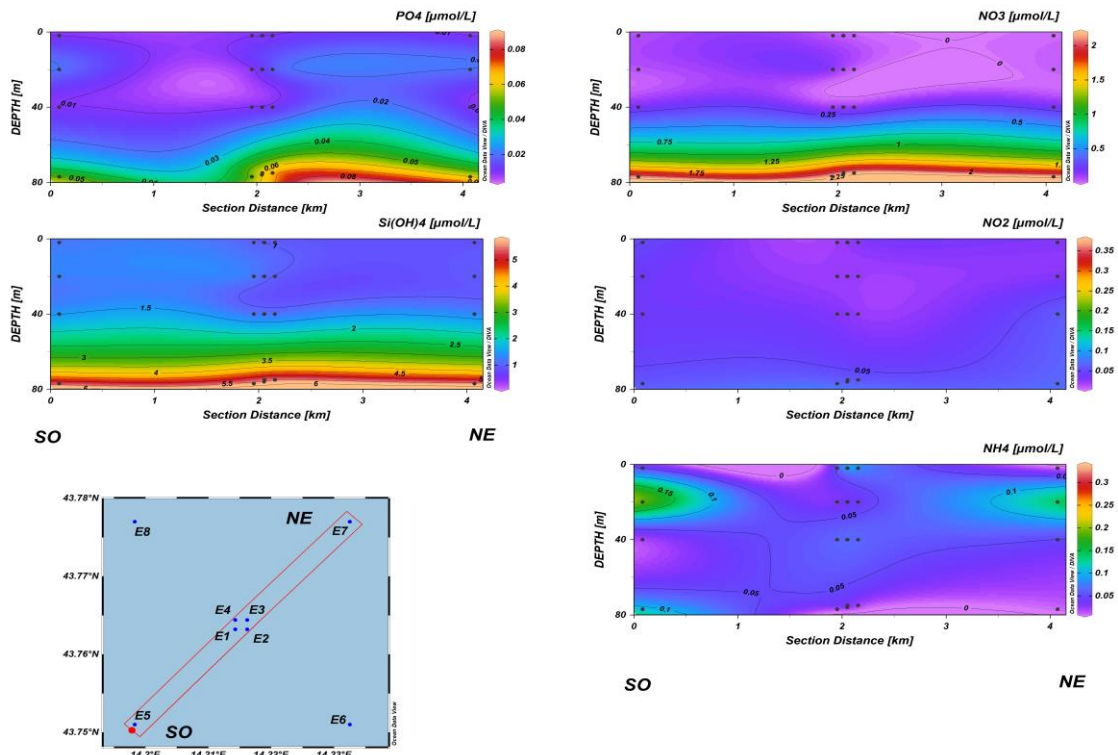


Fig. 3.17b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in µM. Novembre 2020.

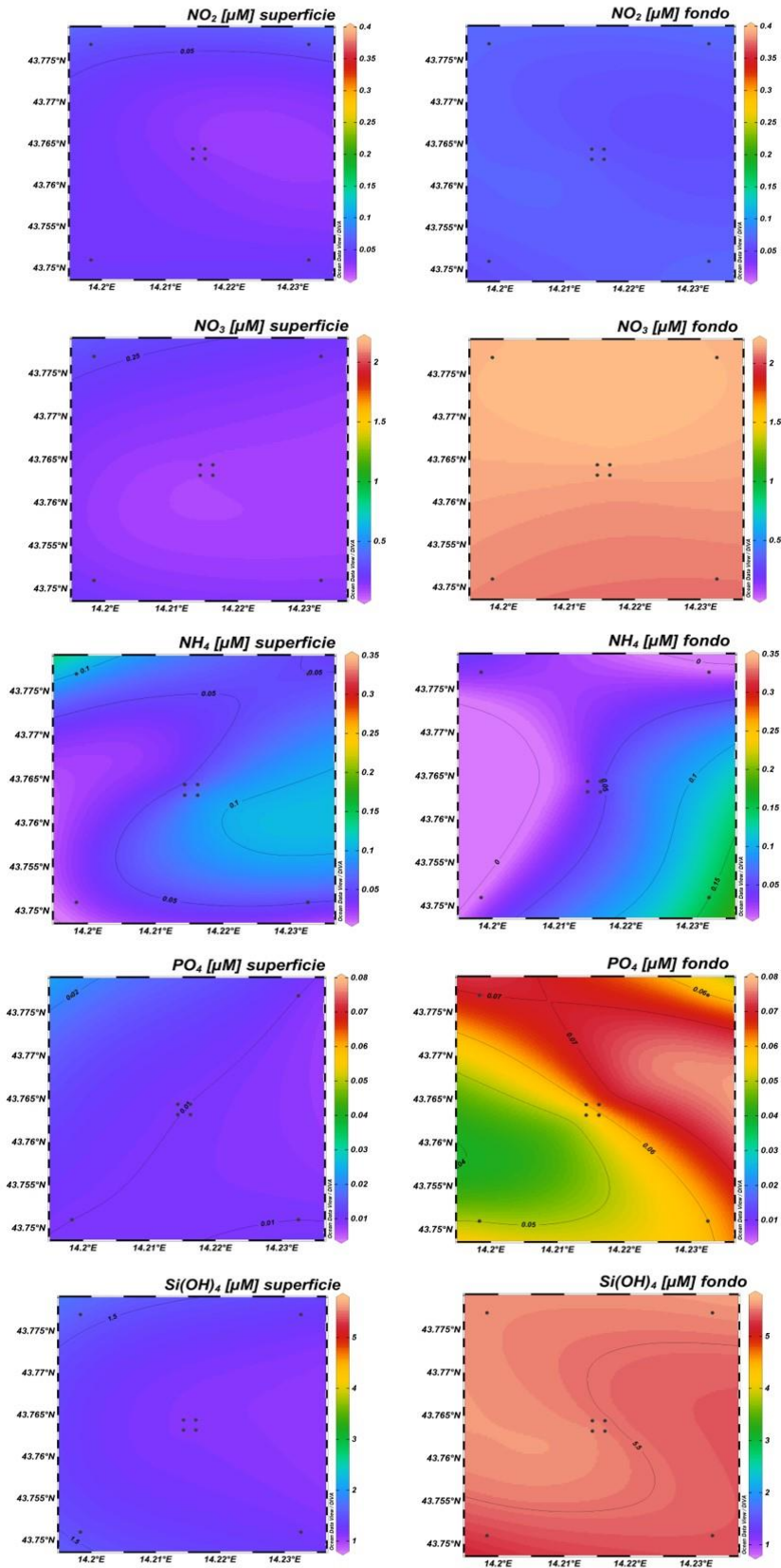


Fig. 3.18 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Novembre 2020.**

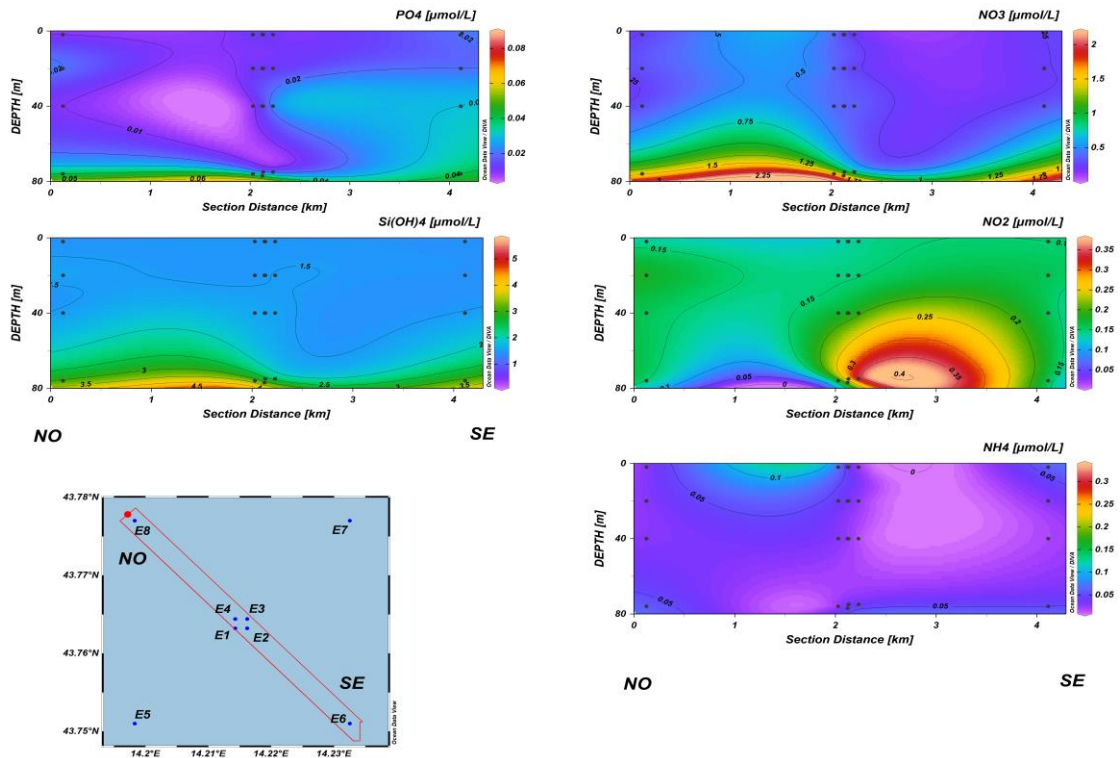


Fig. 3.19a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM . Dicembre 2020.

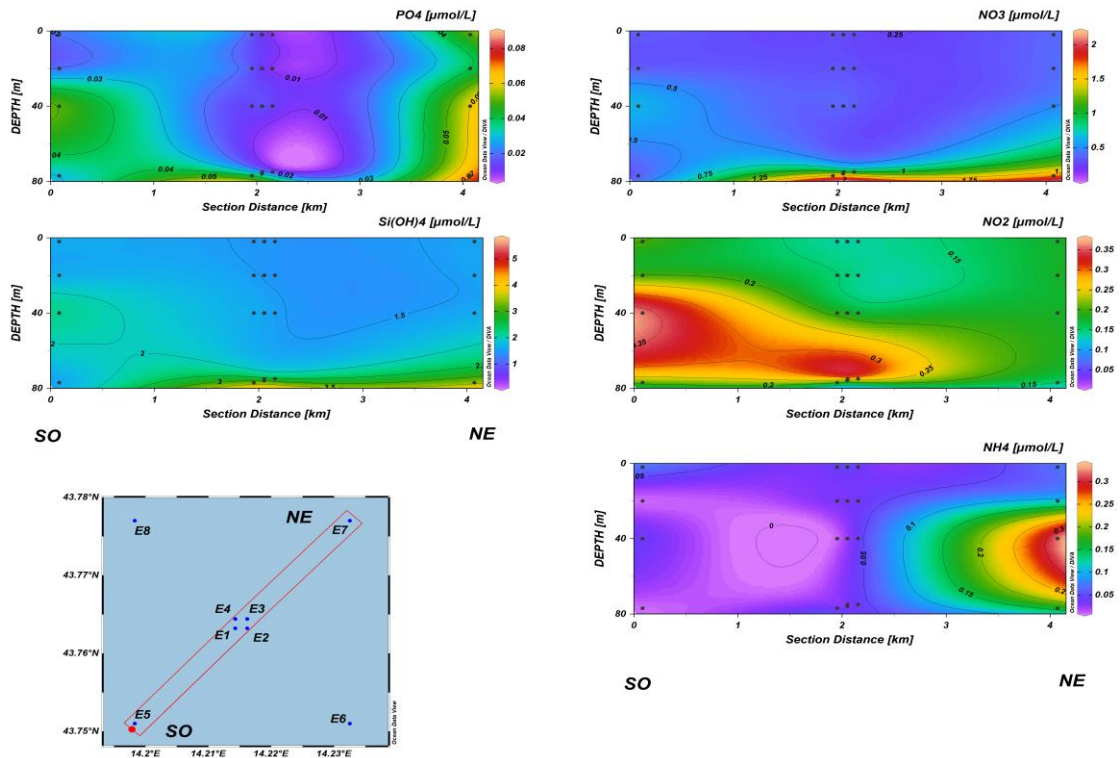


Fig. 3.19b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO₄), silicati (Si(OH)₄), nitrati (NO₃), nitriti (NO₂) e ammonio (NH₄) espresse in μM . Dicembre 2020.

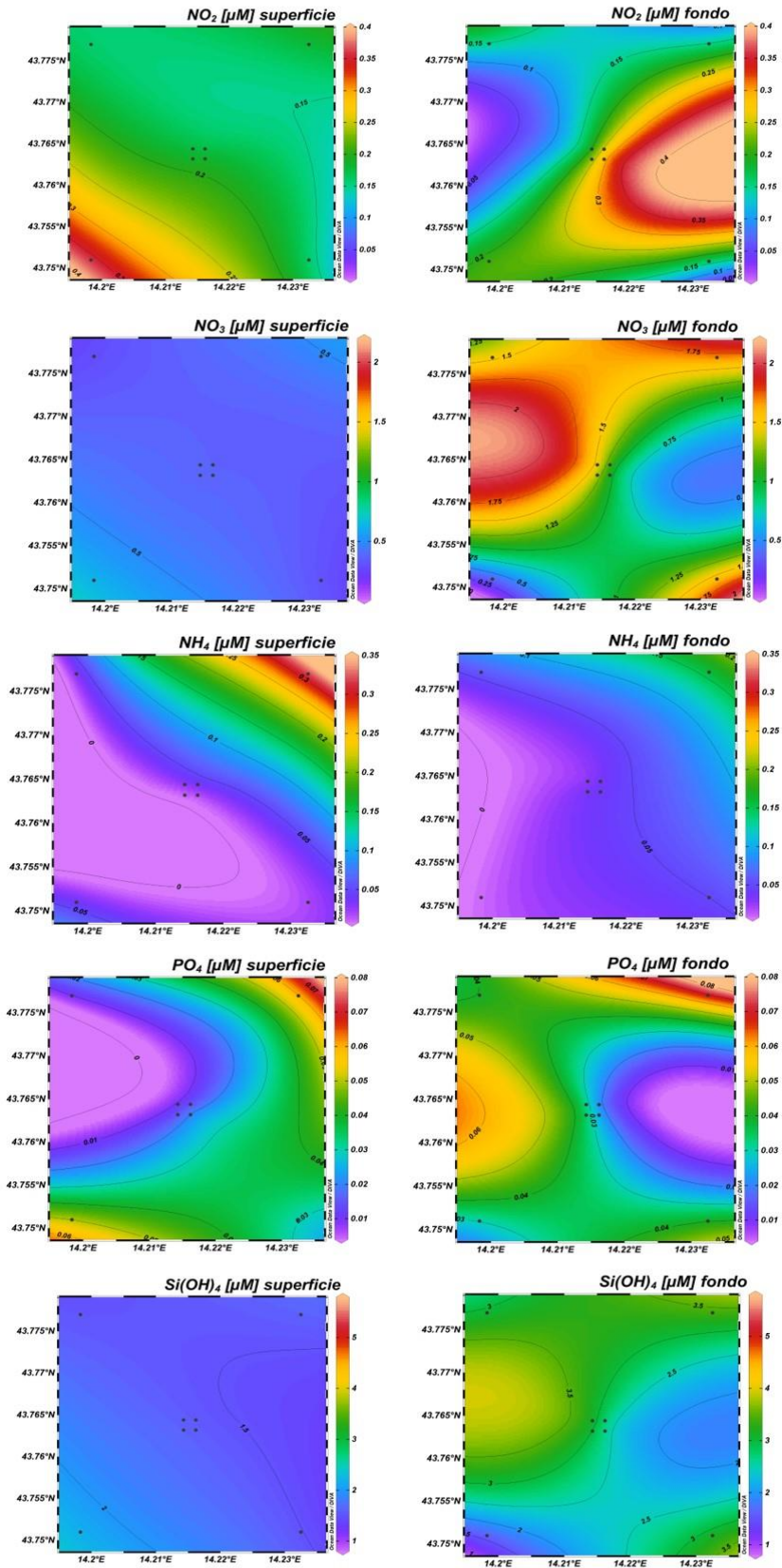


Fig. 3.20 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO_4), silicati (Si(OH)_4), nitrati (NO_3), nitriti (NO_2) e ammonio (NH_4) espresse in μM . **Dicembre 2020.**

3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2020** (figg. 3.21a, 3.21b, 3.22) la concentrazione della clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a $263,6 \pm 49,2 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $342,5 \text{ ng l}^{-1}$ misurato a 40 m di profondità nella stazione E1 ed un minimo di $171,3 \text{ ng l}^{-1}$ in superficie nella E7. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $30,8 \pm 6,1 \text{ ng l}^{-1}$ e $64,7 \pm 10,1 \text{ ng l}^{-1}$. Il massimo di Chl *b* ($41,3 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato a 20 m nella E3, mentre il minimo ($18,9 \text{ ng l}^{-1}$) ha caratterizzato la quota superficiale della E5. Chl *c* è variata da $80,8 \text{ ng l}^{-1}$, rilevati a 40 m di profondità nella stazione E1, come osservato per la Chl *a*, a $44,4 \text{ ng l}^{-1}$ misurati in superficie nella E5, analogamente alla Chl *b*.

Il materiale particellato (TSM), ha presentato una concentrazione media pari a $0,9 \pm 0,2 \text{ mg l}^{-1}$. Non è stato rilevato un andamento particolare. Il massimo ($1,5 \text{ mg l}^{-1}$) e il minimo ($0,6 \text{ mg l}^{-1}$) sono stati misurati nella stazione E3, rispettivamente a 20 m ed al fondo.

Ad **agosto** (figg. 3.23a, 3.23b, 3.24) in generale i valori maggiori dei pigmenti clorofilliani sono stati rilevati nelle acque di fondo. La concentrazione Chl *a* è risultata mediamente pari a $102,4 \pm 89,4 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $305,8 \text{ ng l}^{-1}$ e un minimo di $20,0 \text{ ng l}^{-1}$ misurati rispettivamente al fondo della stazione E8 e in superficie nella E5. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato contenuti medi rispettivamente pari a $11,8 \pm 14,7 \text{ ng l}^{-1}$ e $33,6 \pm 36,3 \text{ ng l}^{-1}$. La concentrazione massima di Chl *b* ($44,9 \text{ ng l}^{-1}$) è stata misurata al fondo della E8, come osservato per la Chl *a*, mentre valori prossimi allo zero sono stati riscontrati tra la superficie e i 20 m di tutte le stazioni ad eccezione della E4 e della E6. Come per Chl *a* e Chl *b*, il massimo di Chl *c* ($114,7 \text{ ng l}^{-1}$) è stato riscontrato al fondo della stazione E8, mentre la concentrazione minima ($5,1 \text{ ng l}^{-1}$) ha caratterizzato la quota superficiale della E5.

Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a $0,5 \pm 0,5 \text{ mg l}^{-1}$. Come per i pigmenti clorofilliani, generalmente anche il TSM è stato maggiore al fondo dell'area di campionamento. Il massimo ($1,9 \text{ mg l}^{-1}$) è stato misurato a questa quota nella stazione E3, il minimo ($0,1 \text{ mg l}^{-1}$) a 20 m nella E5.

A **novembre** (figg. 3.25a, 3.25b, 3.26) la Chl *a* è risultata mediamente pari a $159,7 \pm 51,0 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $217,3 \text{ ng l}^{-1}$ misurato a 20 m di profondità nella stazione E7 e un minimo di $59,5 \text{ ng l}^{-1}$ al fondo della E1. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente di $11,1 \pm 1,5 \text{ ng l}^{-1}$ e $37,7 \pm 10,1 \text{ ng l}^{-1}$. Il massimo di

Chl *b* ($15,5 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato in superficie nella E2, il minimo ($7,3 \text{ ng l}^{-1}$) al fondo della E1. Il massimo di Chl *c* ($50,7 \text{ ng l}^{-1}$) è stato invece riscontrato a 40 m nella stazione E4, mentre la concentrazione minima ($17,8 \text{ ng l}^{-1}$) ha caratterizzato il fondo della E1. Le concentrazioni di Chl *a* sono risultate decrescenti dalla superficie al fondo, mentre per la Chl *b* e la Chl *c* non è stato rilevato un andamento particolare.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente, con una media pari a $0,7 \pm 0,6 \text{ mg l}^{-1}$. Anche in questo caso le concentrazioni maggiori hanno caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento; il massimo ($2,9 \text{ mg l}^{-1}$) è stato registrato al fondo della E6.

Infine, a **dicembre** (figg. 3.27a, 3.27b, 3.28) la concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a $122,8 \pm 30,0 \text{ ng l}^{-1}$, con un massimo di $178,5 \text{ ng l}^{-1}$ misurato a 20 m nella stazione E4 ed un minimo di $52,2 \text{ ng l}^{-1}$ riscontrato al fondo della E7. La distribuzione di questo tipo di clorofilla è risultata più omogenea rispetto ai monitoraggi precedenti. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a $12,9 \pm 3,8 \text{ ng l}^{-1}$ e $38,3 \pm 8,9 \text{ ng l}^{-1}$. Massimo ($19,6 \text{ ng l}^{-1}$) e minimo ($5,2 \text{ ng l}^{-1}$) di Chl *b* sono stati misurati, nell'ordine, a 40 m nella stazione E1 e al fondo nella E7. Il massimo di Chl *c* ($51,5 \text{ ng l}^{-1}$) è stato misurato a 20 m nella stazione E8, mentre la concentrazione minima ($19,9 \text{ ng l}^{-1}$) è stata osservata al fondo della stazione E1.

Il TSM ha presentato un contenuto medio di $0,6 \pm 0,3 \text{ mg l}^{-1}$, risultando omogeneamente distribuito; il massimo ($1,5 \text{ mg l}^{-1}$) è stato registrato al fondo della stazione E6.

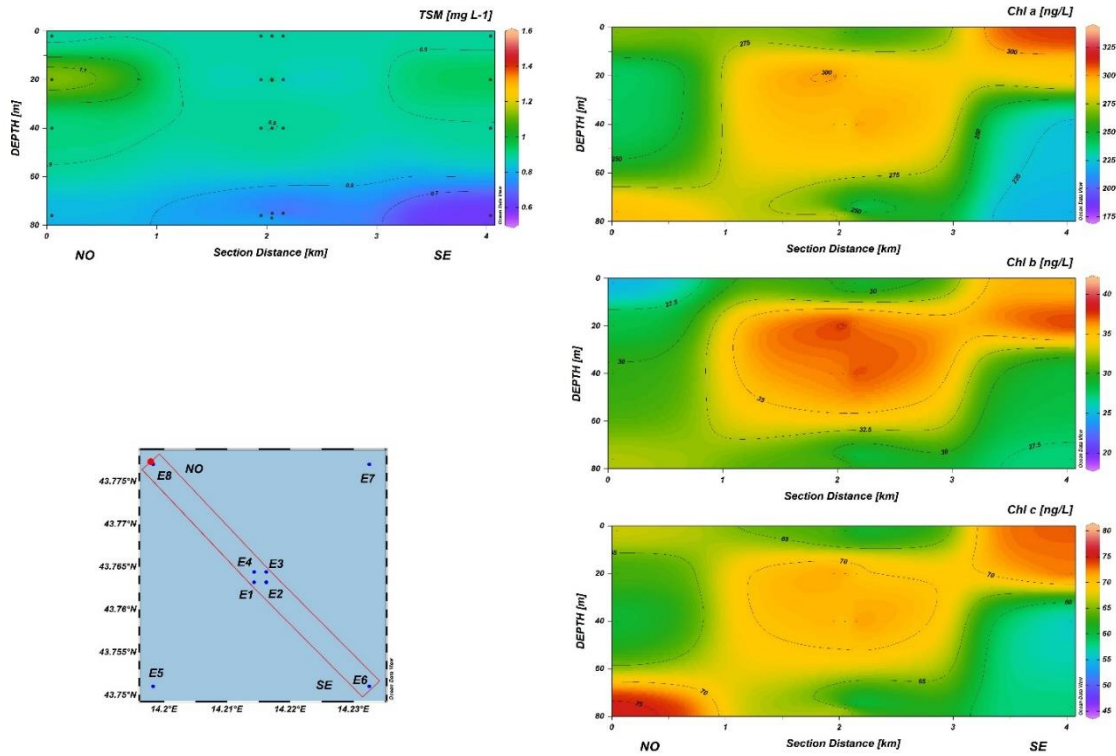


Fig. 3.21a – Sezione verticale delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2, E6, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l⁻¹. **Febbraio 2020.**

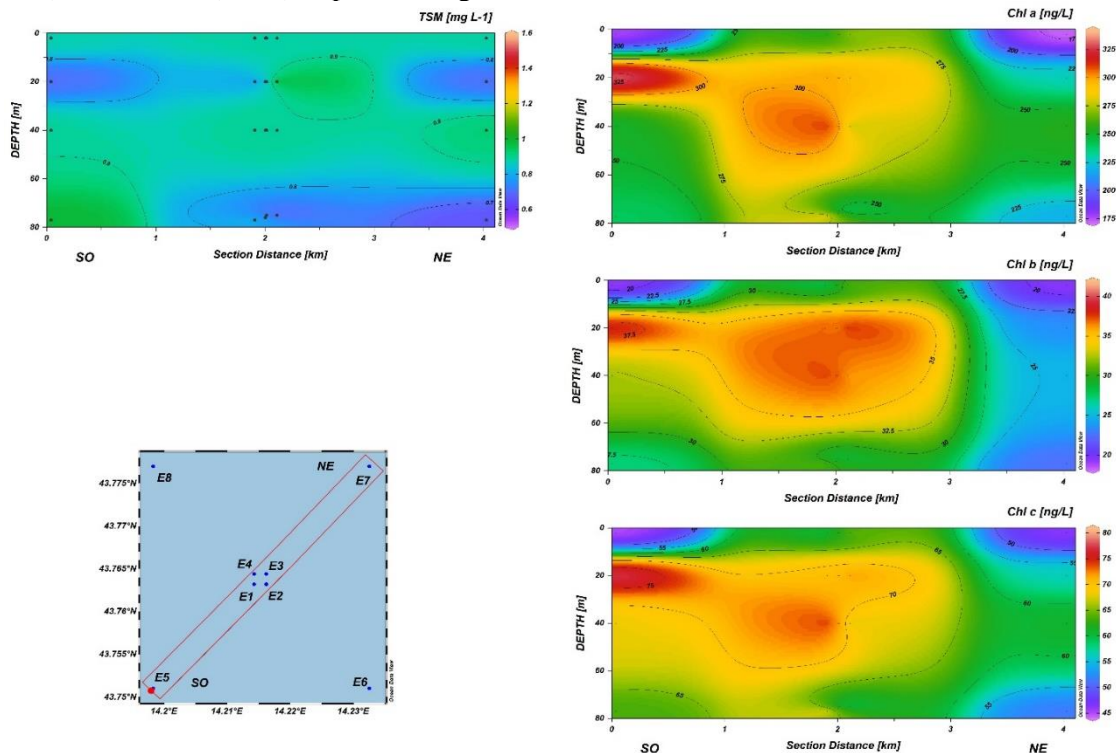


Fig. 3.21b – Sezione verticale delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3, E7, rappresentante le concentrazioni di particolato sospeso (*TSM*) espresso in mg l⁻¹, clorofilla *a* (*Chl a*), clorofilla *b* (*Chl b*), clorofilla *c* (*Chl c*), espresse in ng l⁻¹. **Febbraio 2020.**

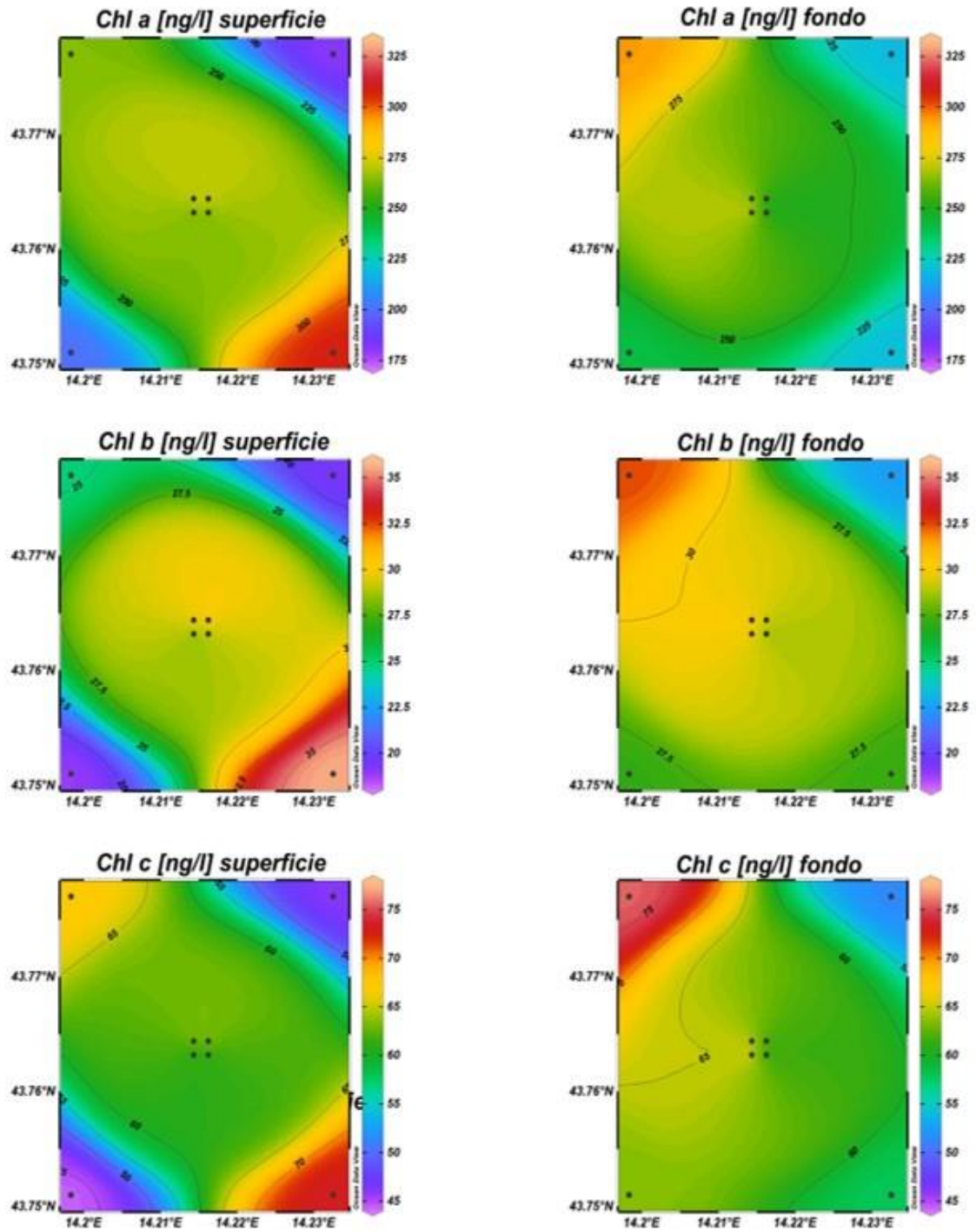


Fig. 3.22 – Distribuzione in superficie e al fondo delle concentrazioni della clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Febbraio 2020.**

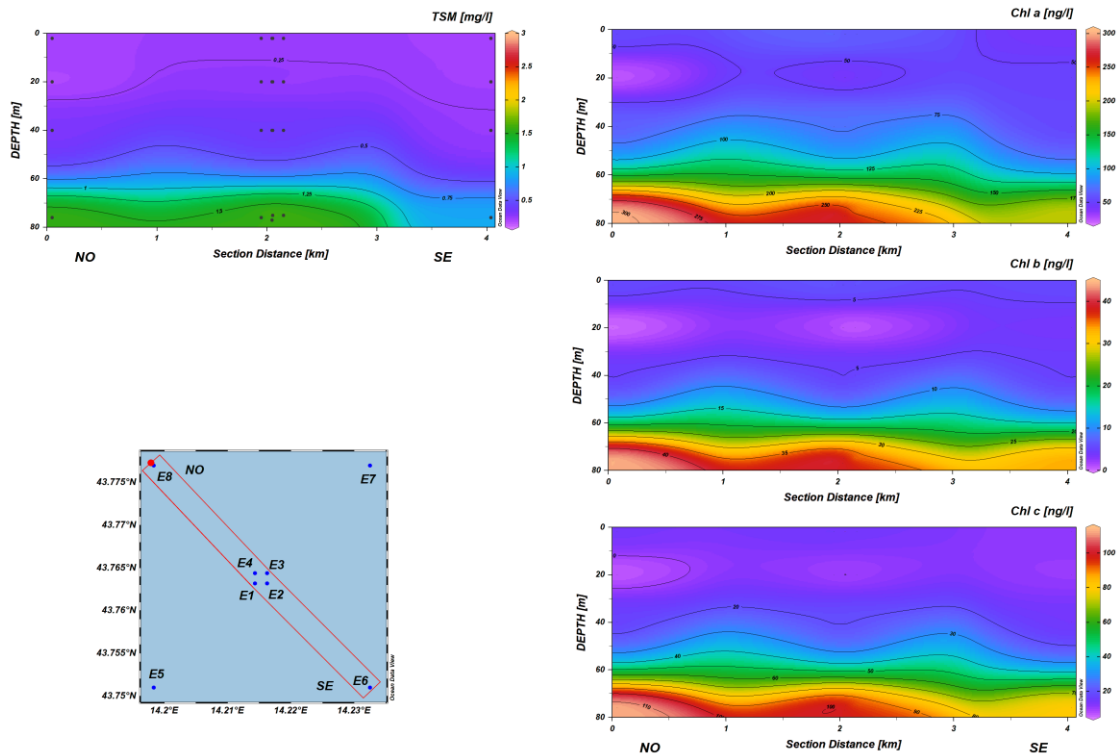


Fig. 3.23a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . Agosto 2020.

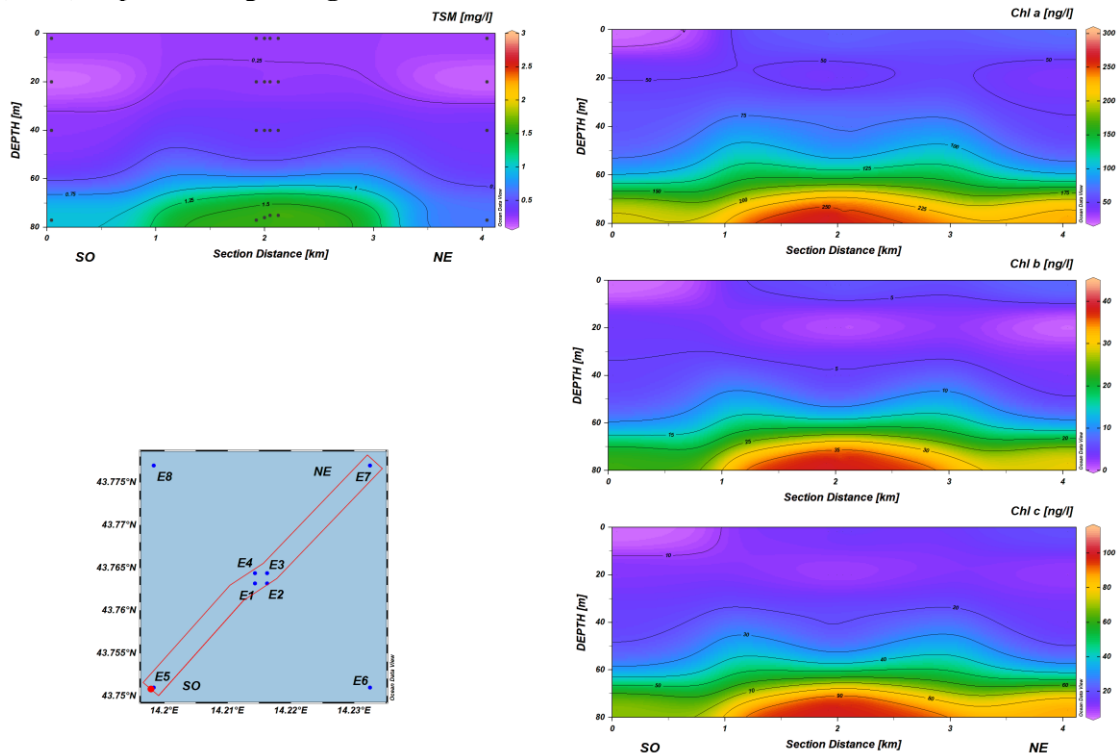


Fig. 3.23b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . Agosto 2020.

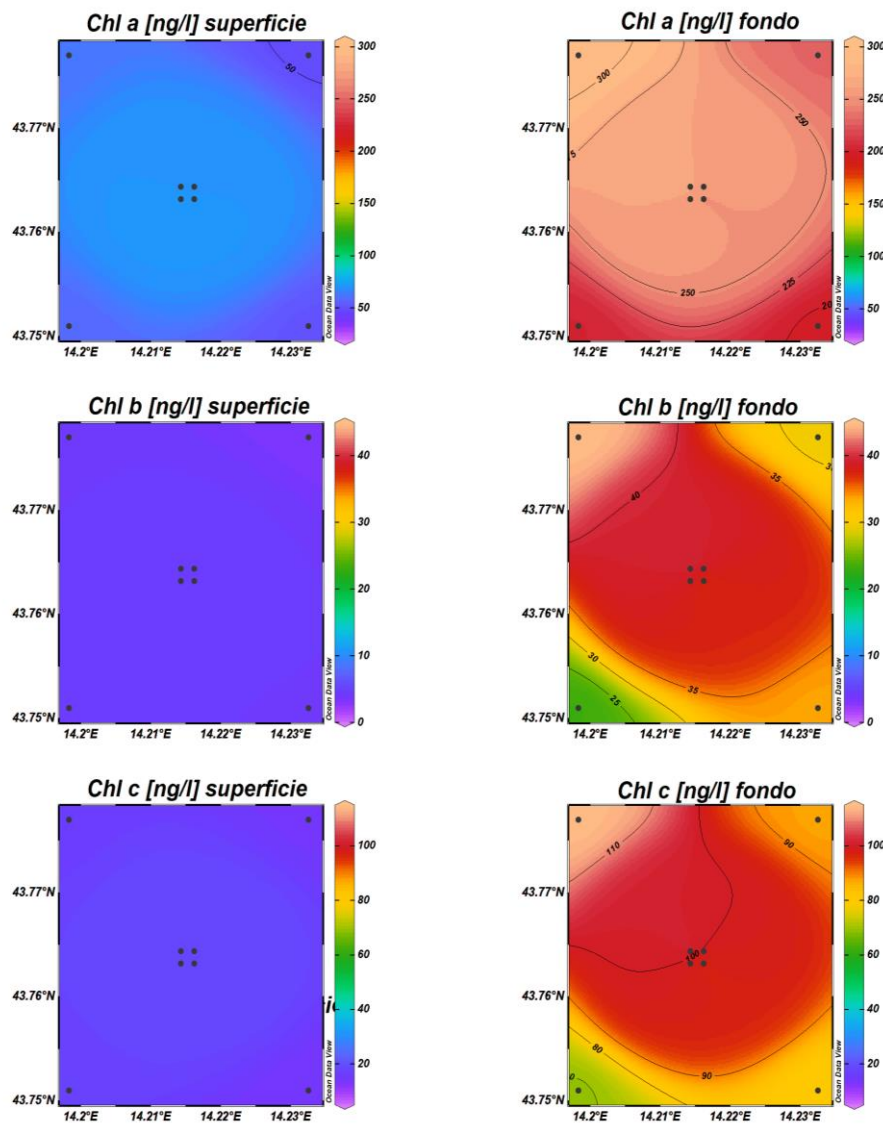


Fig. 3.24 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Agosto 2020.**

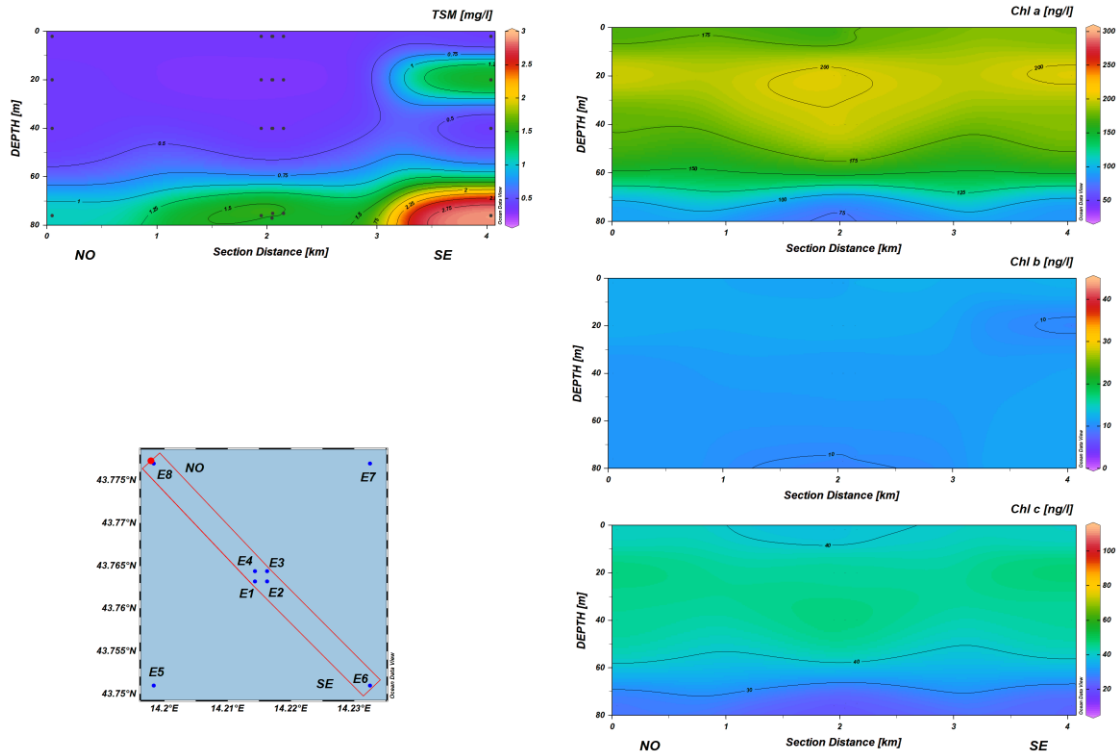


Fig. 3.25a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Novembre 2020.**

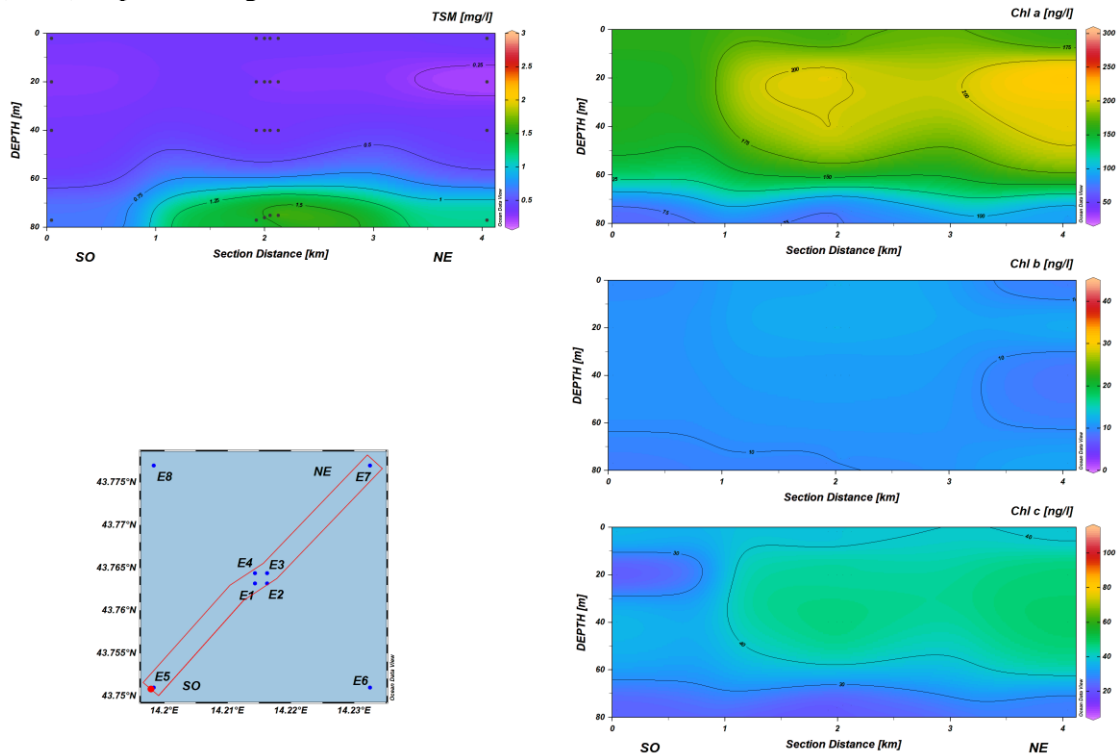


Fig. 3.25b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Novembre 2020.**

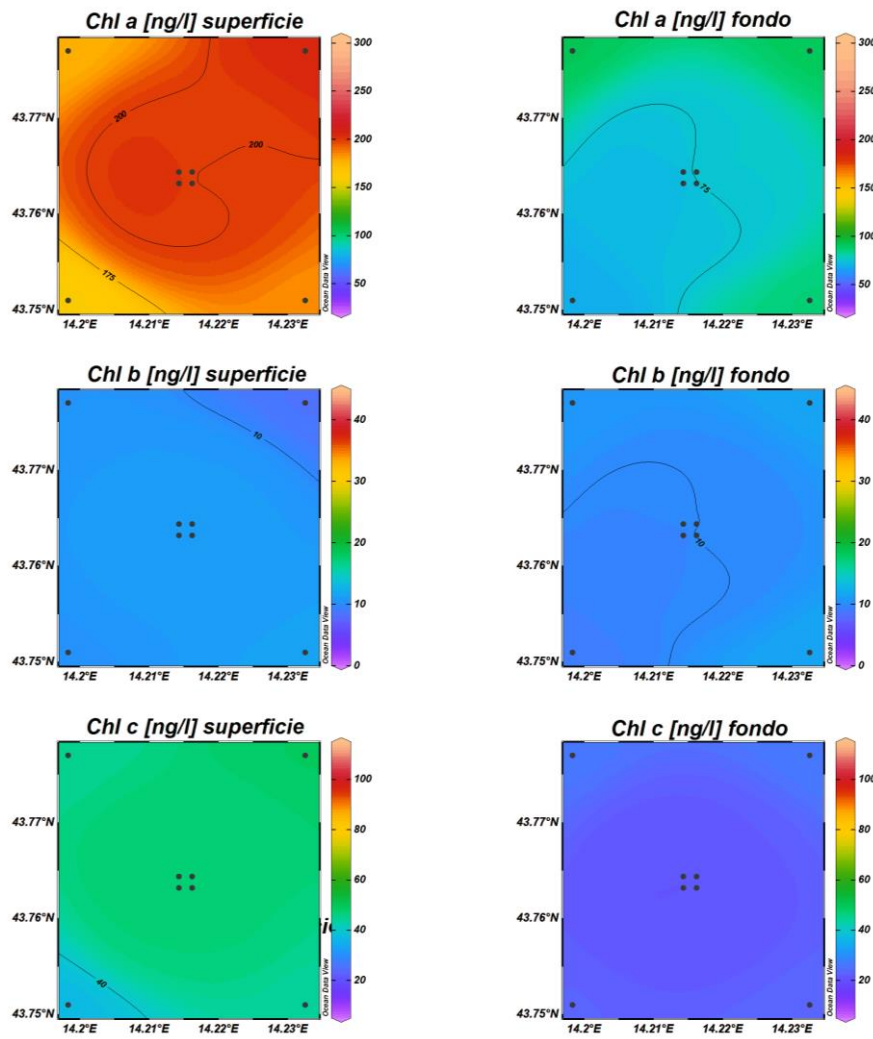


Fig. 3.26 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . **Novembre 2020.**

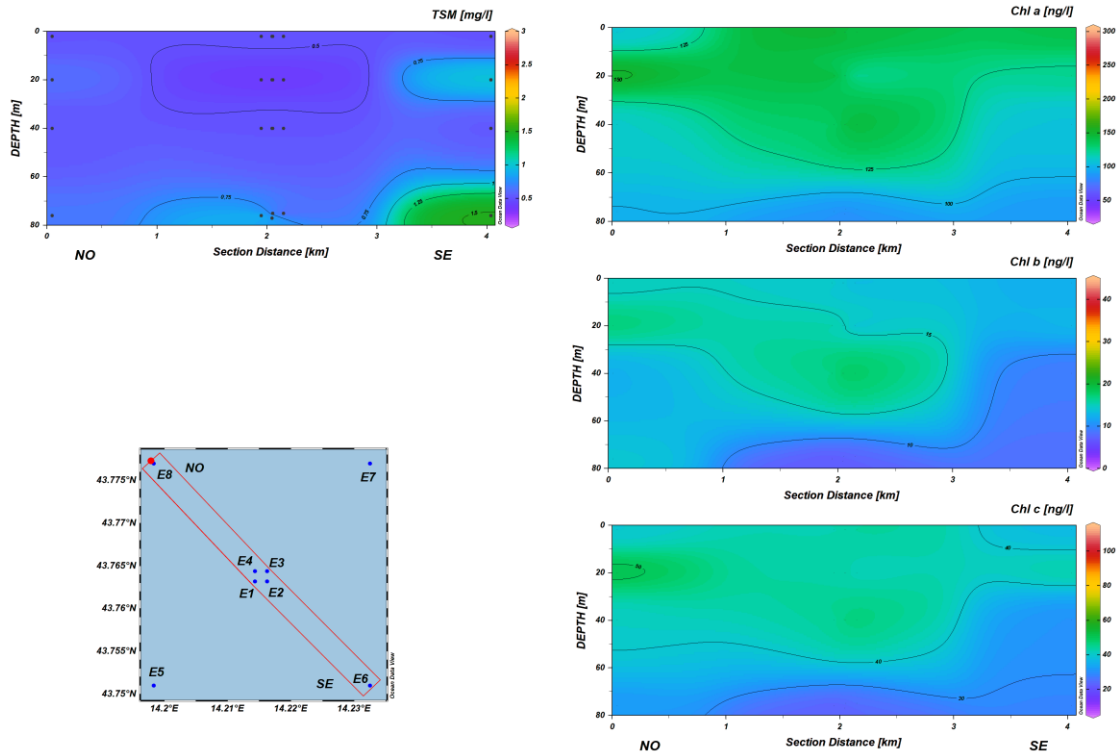


Fig. 3.27a - Sezioni NO-SE delle stazioni E8, E4, E1, E3, E2 e E6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . Dicembre 2020.

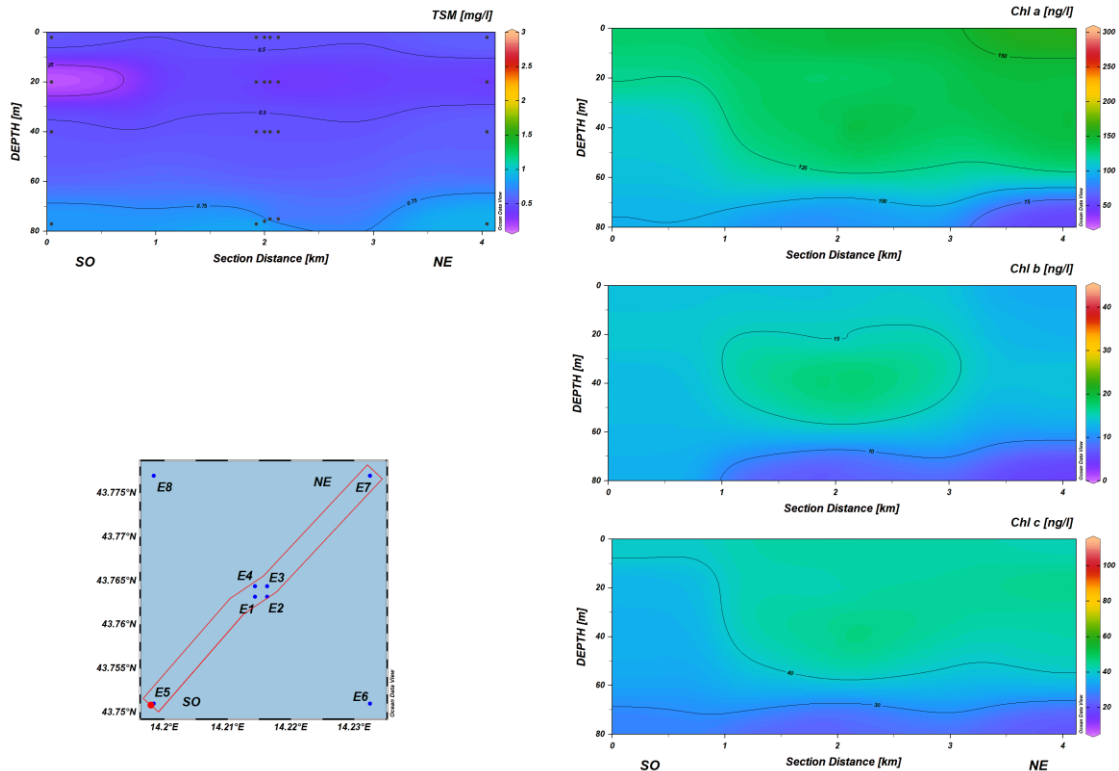


Fig. 3.27b - Sezioni SO-NE delle stazioni E5, E1, E2, E4, E3 e E7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg l^{-1} , clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*), espresse in ng l^{-1} . Dicembre 2020.

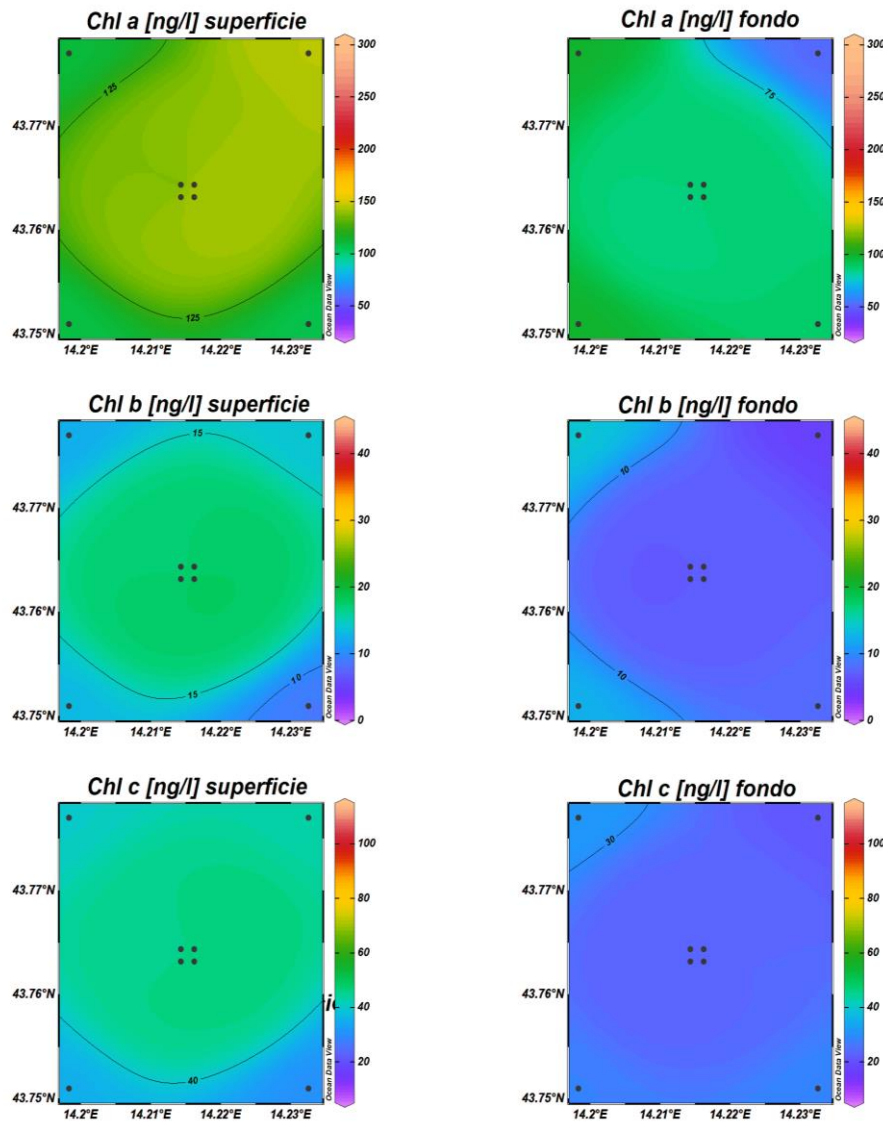


Fig. 3.28 - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*), clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng l^{-1} . **Dicembre 2020.**

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

I valori di concentrazione per gli Idrocarburi totali (IT), Idrocarburi Alifatici (IA) e Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA), relativi alle campagne di misura condotte nel 2020 sono riportati nelle Tabb. 3-I – 3-III.

A febbraio solo un valore di **IT** è risultato maggiore del LR, nella stazione E4 a 40 m (20 µg/L). Ad agosto sono stati registrati i massimi per il 2020. Pur essendo il valore medio delle stazioni di controllo (311±160 µg/L, range 160-760 µg/L) maggiore della media registrata nelle stazioni di piattaforma (178±79 µg/L, range 63-320 µg/L), la sovrapposizione delle deviazioni standard non permette di affermare una differenziazione statistica tra i due set di stazioni. Il massimo assoluto di 760 µg/L è stato rilevato nel controllo E8 sul fondo.

A novembre e dicembre si è notata una brusca diminuzione delle concentrazioni medie e una presenza di IT solo nelle stazioni di controllo, con media di 101±33 µg/L ad agosto e di 23±3 µg/L a dicembre, quando solo otto campioni (50%) sono risultati rilevabili.

Per quanto riguarda gli **IA**, a febbraio è stato rilevato un solo valore utile in E4, 40 m (6,6 µg/L). Ad agosto sono stati raggiunti i massimi anche per questi composti e si è registrata una media globale di 101±52 µg/L, con range di 7-270 µg/L (massimo in E8, fondo). La distribuzione dei valori è risultata geograficamente molto omogenea. Anche per gli IA si è riscontrata una diminuzione notevole dei valori a novembre e dicembre e una loro presenza solo nelle stazioni di controllo (eccetto a novembre in superficie della E4), con media di 6,7±4,5 µg/L ad agosto e 15±3 µg/L a dicembre quando, anche in questo caso, solo otto campioni sono risultati rilevabili.

Le concentrazioni di **IPA** sono state generalmente molto basse. A febbraio sono stati misurati su 18 campioni dei 32 totali, per la maggior parte provenienti dalle stazioni poste a 100 m dalla piattaforma, dove è stato registrato un range 0,0049-0,0190 µg/L con media di 0,009±0,004 µg/L. Nei siti di controllo gli IPA sono stati rilevati in tre campioni dove sono oscillati tra 0,0034 e 0,0044 µg/L.

Ad agosto solo 15 campioni sono risultati rilevabili, anche in questo caso per lo più provenienti dai siti a 100 m da Elettra, con valore medio complessivo comunque molto basso (0,003±0,002 µg/L).

Un lieve incremento è stato misurato a novembre (range globale di 0,002-0,330 µg/L, con

media di $0,024 \pm 0,068$ $\mu\text{g/L}$) quando gli IPA sono stati rilevati praticamente ovunque. Incrementi più sensibili sono stati rilevati a dicembre, concentrati nelle stazioni di piattaforma (E1-E4), con range di $0,0003$ - $4,2000$ $\mu\text{g/L}$ e media di $0,214 \pm 0,938$ $\mu\text{g/L}$. Da notare il massimo assoluto di $4,200$ $\mu\text{g/L}$ misurato in E1 in superficie, presumibilmente uno spike. Escludendo questo valore, la media complessiva risulta pari a $0,004 \pm 0,003$ $\mu\text{g/L}$.

Tab. 3-I - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Totali (n-esano) misurate nei 4 survey effettuati nel 2020.

Stazione	Febb	Ago	Nov	Dic	Stazione	Febb	Ago	Nov	Dic
E1 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	E5 sup	< 28	450	94	18
E1 20 m	< 28	210	< 28	< 28	E5 20 m	< 28	280	71	< 28
E1 40 m	< 28	270	< 28	< 28	E5 40 m	< 28	180	120	< 28
E1 fondo	< 28	190	< 28	< 28	E5 fondo	< 28	170	140	25
E2 sup	< 28	100	< 28	< 28	E6 sup	< 28	240	110	< 28
E2 20 m	< 28	98	< 28	< 28	E6 20 m	< 28	430	65	< 28
E2 40 m	< 28	72	< 28	< 28	E6 40 m	< 28	270	78	< 28
E2 fondo	< 28	210	< 28	< 28	E6 fondo	< 28	230	180	< 28
E3 sup	< 28	200	< 28	< 28	E7 sup	< 28	470	120	< 28
E3 20 m	< 28	320	< 28	< 28	E7 20 m	< 28	420	120	22
E3 40 m	< 28	110	< 28	< 28	E7 40 m	< 28	180	69	25
E3 fondo	< 28	150	< 28	< 28	E7 fondo	< 28	160	57	< 28
E4 sup	< 28	270	25	< 28	E8 sup	< 28	290	95	24
E4 20 m	< 28	250	< 28	< 28	E8 20 m	< 28	170	77	20
E4 40 m	20	63	< 28	< 28	E8 40 m	< 28	270	83	24
E4 fondo	< 28	160	< 28	< 28	E8 fondo	< 28	760	130	28

Tab. 3-II - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Alifatici (C10-C32) misurate nei 4 survey effettuati nel 2020.

Stazione	Febb	Ago	Nov	Dic	Stazione	Febb	Ago	Nov	Dic
E1 sup	< 1	6,7	< 1	< 1	E5 sup	< 1	130,0	5,2	12
E1 20 m	< 1	130,0	< 1	< 1	E5 20 m	< 1	87,0	2,2	< 1
E1 40 m	< 1	160,0	< 1	< 1	E5 40 m	< 1	52,0	5,1	< 1
E1 fondo	< 1	110,0	< 1	< 1	E5 fondo	< 1	61,0	17,0	18,0
E2 sup	< 1	55,0	< 1	< 1	E6 sup	< 1	93,0	9,6	< 1
E2 20 m	< 1	70,0	< 1	< 1	E6 20 m	< 1	130,0	2,7	< 1
E2 40 m	< 1	51,0	< 1	< 1	E6 40 m	< 1	85,0	5,0	< 1
E2 fondo	< 1	140,0	< 1	< 1	E6 fondo	< 1	75,0	12,0	< 1
E3 sup	< 1	130,0	< 1	< 1	E7 sup	< 1	140,0	12,0	< 1
E3 20 m	< 1	200,0	< 1	< 1	E7 20 m	< 1	130,0	5,6	16,0
E3 40 m	< 1	58,0	< 1	< 1	E7 40 m	< 1	52,0	1,2	14,0
E3 fondo	< 1	76,0	< 1	< 1	E7 fondo	< 1	51,0	< 1	< 1
E4 sup	< 1	140,0	20,0	< 1	E8 sup	< 1	100,0	8,6	20,0
E4 20 m	< 1	150,0	< 1	< 1	E8 20 m	< 1	54,0	4,5	16,0
E4 40 m	6,6	52,0	< 1	< 1	E8 40 m	< 1	99,0	1,6	16,0
E4 fondo	< 1	88,0	< 1	< 1	E8 fondo	< 1	270,0	8,9	11,0

Tab. 3-III - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$) di Idrocarburi Policiclici Aromatici misurate nei 4 survey effettuati nel 2020.

Stazione	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	0,0049	0,0046	0,0056	4,2000
E1 20 m	< 0,0028	0,0063	0,0075	0,0053
E1 40 m	0,0045	< 0,0028	0,0065	0,0024
E1 fondo	0,0094	0,0017	0,0048	0,0087
E2 sup	0,0065	0,0012	0,0059	0,0067
E2 20 m	0,0060	0,0047	0,0066	0,0140
E2 40 m	0,0190	0,0011	0,0110	0,0017
E2 fondo	0,0073	0,0045	0,0200	0,0023
E3 sup	0,0110	0,0011	0,0054	0,0022
E3 20 m	0,0080	0,0038	0,2100	0,0033
E3 40 m	0,0090	0,0045	0,0019	0,0056
E3 fondo	0,0071	0,0035	< 0,0028	0,0055
E4 sup	0,0065	0,00099	0,0052	0,0024
E4 20 m	0,0076	< 0,0028	0,0067	0,0065
E4 40 m	0,0190	0,0046	0,0018	0,0044
E4 fondo	0,0063	< 0,0028	0,0059	0,0078
E5 sup	< 0,0028	< 0,00056	0,0084	< 0,00056
E5 20 m	0,0043	< 0,00056	0,0053	0,00034
E5 40 m	< 0,0028	< 0,00056	0,0083	< 0,00056
E5 fondo	< 0,0028	< 0,00056	0,0074	0,0011
E6 sup	0,0044	< 0,00056	0,0060	< 0,00056
E6 20 m	< 0,0028	< 0,00056	0,0042	< 0,00056
E6 40 m	< 0,0028	< 0,00056	0,0150	< 0,00056
E6 fondo	0,0034	< 0,00056	0,0071	< 0,00056
E7 sup	< 0,0028	< 0,00056	0,0047	< 0,00056
E7 20 m	< 0,0028	0,00092	0,0050	< 0,00056
E7 40 m	< 0,0028	< 0,00056	0,0049	< 0,00056
E7 fondo	< 0,0028	< 0,00056	0,0063	< 0,00056
E8 sup	< 0,0028	< 0,00056	0,0055	< 0,00056
E8 20 m	< 0,0028	< 0,00056	0,0063	0,0013
E8 40 m	< 0,0028	0,0012	0,0071	< 0,00056
E8 fondo	< 0,0028	< 0,00056	0,3300	0,00076

I valori misurati per i **Solventi Organici Aromatici (BTEX)** sono riportati in Tab. 3-IV. In generale essi sono risultati bassi e solo un numero minimo di campioni è risultato al di sopra del LR.

Benzene – A febbraio è stato rilevato ovunque presentando una concentrazione media complessiva di $0,023 \pm 0,005 \mu\text{g/L}$ con un range di $0,018-0,035 \mu\text{g/L}$. Durante tutto il 2° semestre 2020 solo otto valori sono risultati maggiori del LR ad agosto, con un range globale di $0,010-0,017 \mu\text{g/L}$ (massimo in E4, superficie).

Etilbenzene – A febbraio è stato quantificato solo in 2 campioni (E1 in superficie, E7 a 20 m) con concentrazioni di $0,010$ e $0,011 \mu\text{g/L}$ e in agosto in 5, quando la media complessiva

è stata di $0,015 \pm 0,005$ $\mu\text{g/L}$. Le concentrazioni hanno poi mostrato un apparente lieve aumento nelle ultime due campagne: a novembre la media è stata di $0,014 \pm 0,006$ $\mu\text{g/L}$ con 20 valori sopra il LR, a dicembre è stata pari a $0,024 \pm 0,011$ $\mu\text{g/L}$ con 25 valori rilevati.

Stirene – Lo stirene è stato rilevato sempre e ovunque, presentando una distribuzione omogenea geograficamente e dal punto di vista temporale. A febbraio il range è stato pari a $0,013$ - $0,030$ $\mu\text{g/L}$ e la media complessiva a $0,022 \pm 0,004$ $\mu\text{g/L}$. Ad agosto il valore medio globale è stato di $0,016 \pm 0,005$ $\mu\text{g/L}$, a novembre di $0,036 \pm 0,027$ $\mu\text{g/L}$ (con massimo assoluto per il 2020 di $0,140$ $\mu\text{g/L}$ misurato in E6 a 20 m di profondità), e infine a dicembre di $0,023 \pm 0,004$ $\mu\text{g/L}$.

Toluene – questo composto è stato rilevato solo in 6 campioni a novembre, tutti nelle stazioni di controllo (range di $0,054$ - $0,260$ $\mu\text{g/L}$).

Xilene – A febbraio è stato quantificato solo in due campioni del controllo E7, prelevati a 20 ($0,037$ $\mu\text{g/L}$) e a 40 m di profondità ($0,010$ $\mu\text{g/L}$). Ad agosto solo 8 campioni sono risultati rilevabili, con range globale di $0,020$ - $0,065$ $\mu\text{g/L}$ e media di $0,033 \pm 0,019$ $\mu\text{g/L}$. A novembre solo 9 campioni erano al di sopra del LR, di cui due nelle stazioni di piattaforma e sette in quelle di controllo. I valori maggiori sono stati registrati nelle stazioni di controllo (range $0,027$ - $0,095$ $\mu\text{g/L}$), rispetto alle stazioni di piattaforma ($0,021$ - $0,022$ $\mu\text{g/L}$). A dicembre, sui 25 campioni rilevabili (range di $0,023$ - $0,078$ $\mu\text{g/L}$) è stata misurata una media di $0,040 \pm 0,017$ $\mu\text{g/L}$.

Tab. 3-IV - Continuo.

Stazione	Stirene				Toluene			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	0,042	0,015	0,026	0,027	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E1 20 m	0,022	0,012	0,022	0,027	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E1 40 m	0,019	0,014	0,035	0,026	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E1 fondo	0,024	0,011	0,020	0,028	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 sup	0,023	0,012	0,017	0,023	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 20 m	0,017	0,014	0,021	0,029	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 40 m	0,022	0,015	0,025	0,023	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E2 fondo	0,017	0,014	0,016	0,027	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 sup	0,023	0,015	0,021	0,028	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 20 m	0,020	0,015	0,019	0,019	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 40 m	0,025	0,013	0,015	0,028	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E3 fondo	0,022	0,013	0,029	0,025	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 sup	0,019	0,033	0,032	0,027	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 20 m	0,030	0,020	0,031	0,027	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 40 m	0,027	0,015	0,028	0,028	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E4 fondo	0,024	0,013	0,031	0,028	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E5 sup	0,025	0,017	0,110	0,024	< 0,05	< 0,05	0,21	< 0,05
E5 20 m	0,015	0,019	0,027	0,020	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E5 40 m	0,019	0,015	0,046	0,018	< 0,05	< 0,05	0,054	< 0,05
E5 fondo	0,016	0,015	0,042	0,020	< 0,05	< 0,05	0,069	< 0,05
E6 sup	0,018	0,015	0,032	0,021	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E6 20 m	0,017	0,014	0,140	0,017	< 0,05	< 0,05	0,26	< 0,05
E6 40 m	0,017	0,014	0,056	0,016	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E6 fondo	0,019	0,013	0,025	0,020	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E7 sup	0,021	0,015	0,031	0,020	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E7 20 m	0,029	0,035	0,046	0,018	< 0,05	< 0,05	0,057	< 0,05
E7 40 m	0,021	0,022	0,027	0,017	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E7 fondo	0,022	0,017	0,029	0,026	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E8 sup	0,013	0,022	0,025	0,026	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E8 20 m	0,021	0,014	0,081	0,017	< 0,05	< 0,05	0,19	< 0,05
E8 40 m	0,022	0,013	0,036	0,021	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05
E8 fondo	0,014	0,013	0,024	0,021	< 0,05	< 0,05	< 0,05	< 0,05

Tab. 3-IV - Continuo.

Stazione	Xilene			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,041
E1 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,035
E1 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,032
E1 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,035
E2 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,078
E2 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,071
E2 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,067
E2 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,036
E3 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,036
E3 20 m	< 0,02	0,021	< 0,02	0,029
E3 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,026
E3 fondo	< 0,02	< 0,02	0,023	0,025
E4 sup	< 0,02	0,063	0,021	0,069
E4 20 m	< 0,02	0,027	< 0,02	0,067
E4 40 m	< 0,02	0,021	< 0,02	0,052
E4 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,032
E5 sup	< 0,02	< 0,02	0,079	0,024
E5 20 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E5 40 m	< 0,02	< 0,02	0,028	< 0,02
E5 fondo	< 0,02	< 0,02	0,031	< 0,02
E6 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E6 20 m	< 0,02	< 0,02	0,095	< 0,02
E6 40 m	< 0,02	< 0,02	0,027	< 0,02
E6 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	< 0,02
E7 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,028
E7 20 m	0,037	0,065	0,028	0,023
E7 40 m	0,010	0,027	< 0,02	0,024
E7 fondo	< 0,02	0,021	< 0,02	0,023
E8 sup	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,033
E8 20 m	< 0,02	0,020	0,076	0,029
E8 40 m	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,036
E8 fondo	< 0,02	< 0,02	< 0,02	0,038

3.1.5. GLICOLE ETILENICO

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

Tab. 3-V - Concentrazioni (mg/L) di Glicole etilenico registrate nel 2020.

Stazione	Febb	Ago	Nov	Dic	Stazione	Febb	Ago	Nov	Dic
E1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
E4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	E8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2

3.1.6. METALLI PESANTI

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

Alluminio – L'alluminio in febbraio è risultato presente solo sul 62% dei campioni (20 su 32). Il range di concentrazioni è stato di 0,09-22,00 µg/L, con il massimo registrato alla quota superficiale della stazione E8. Non rilevabile ad agosto, a novembre il range globale è stato 0,09-200,00 µg/L, con media di 21,33±50,11 µg/L. L'elevata dispersione è dovuta anche alla presenza di tre valori particolarmente elevati: 200,00 µg/L nella stazione E3 a 20 m, 170,00 µg/L in E7 a 40 m e 120,00 µg/L in E8 in superficie. A dicembre è stata misurata una media complessiva di 16,50±13,58 µg/L, con dispersione più contenuta (range 0,76-63,00 µg/L); massimo in E8 a 40 m di profondità.

Arsenico – A febbraio è stata osservata una distribuzione omogenea, con valori nel range 0,19-0,42 µg/L e media complessiva di 0,23±0,04 µg/L. Ad agosto si riporta una media globale di 0,15±0,02 µg/L (range 0,12-0,18 µg/L), a novembre di 0,14±0,02 µg/L e range di 0,11-0,17 µg/L. Infine, a dicembre si è registrato un lieve incremento dei valori, con media globale di 0,19±0,05 µg/L e range di 0,03-0,33 µg/L, massimo rilevato in E8, 20 m.

Bario – Il bario è risultato distribuito omogeneamente in tutte le crociere. A febbraio il range è stato pari a 0,53-1,50 µg/L e la media globale a 0,73±0,22 µg/L. Valori simili sono stati rilevati ad agosto (media globale di 0,82±0,07 µg/L) e a dicembre (media globale di 1,08±0,32 µg/L), mentre a novembre si riporta un massimo assoluto di 15 µg/L nel controllo E8 sulla quota di fondo. Questo porta ad una elevata dispersione dei dati (media globale di 1,67±2,47 µg/L). Se si esclude il massimo assoluto, la media risulta più in linea con il resto dell'anno (1,24±0,44 µg/L, con range 0,81-2,40 µg/L).

Cadmio - Solo un valore è risultato superiore al LR, a dicembre (0,076 µg/L) nella stazione E6 a 40 m di profondità.

Cromo – Questo metallo è risultato rilevabile solo nel campione prelevato al fondo della stazione E1 (0,78 µg/L) a febbraio, in 14 campioni a novembre (9 entro 100 m da Elettra e 5 ai controlli) con media globale di 0,46±0,55 µg/L (valori molto dispersi), e a 40 m della stazione E7 a dicembre.

Ferro – A febbraio dal punto di vista spaziale il ferro è apparso omogeneamente distribuito se si eccettua il massimo di 7,20 µg/L registrato al fondo della E3; la media complessiva è stata pari a 2,64±1,42 µg/L. Valori molto bassi sono stati registrati ad agosto: media globale di 0,47±0,27 µg/L con range 0,07-1,10 µg/L. A novembre è avvenuto un incremento delle concentrazioni, con media globale di 4,56±2,68 µg/L e massimo di 12,00 µg/L in E8 in superficie. A dicembre l'aumento nella media complessiva (7,60±9,63 µg/L) non è degno di nota data l'elevata dispersione dei dati. Sono stati comunque registrati diversi valori al di sopra di 10 µg/L (range 0,12-50,00 µg/L; massimo in E5, 40 m).

Mercurio – A febbraio il mercurio è stato misurato solo in 13 campioni (4 nelle stazioni di piattaforma e 9 nel set di controllo). Il range è stato di 0,002-0,023 µg/L, con media complessiva di 0,008±0,006 µg/L. Nel 2° semestre 2020 ad agosto questo metallo è stato misurato solo nelle stazioni di piattaforma (E1-E4), con range 0,007-0,120 µg/L e media di 0,034±0,027 µg/L. A novembre e dicembre solo due e 1 valore rispettivamente erano maggiori del LR, tutti nelle stazioni di riferimento.

Nichel – Questo metallo è stato rilevato ovunque a febbraio eccetto in superficie della E4. Le concentrazioni sono apparse variabili oscillando tra 0,068 µg/L (E4, 40 m) e 1,200 µg/L (E1, fondo), con media di 0,45±0,27 µg/L. Al di sotto del LR ad agosto, a novembre è ricomparso praticamente ovunque con range di 0,046-0,450 µg/L e media globale di 0,15±0,11 µg/L. A dicembre sono stati 18 i valori al di sopra del LR, con un range di 0,05-

0,55 $\mu\text{g/L}$ e una media di $0,19\pm 0,15 \mu\text{g/L}$. Nelle ultime due campagne si è riscontrata un'elevata omogeneità geografica.

Piombo – A febbraio i valori utili erano solo 7, in maggioranza nelle stazioni a 100 m dalla piattaforma, con range di 0,024-0,140 $\mu\text{g/L}$. Ad agosto il piombo è stato rilevato solo in 11 campioni, tutti provenienti dalle stazioni di controllo e comunque bassi (range 0,023-0,066 $\mu\text{g/L}$, con media di $0,035\pm 0,012 \mu\text{g/L}$). A novembre vi è stata un'elevata dispersione determinata dal valore di 1,7 $\mu\text{g/L}$ misurato nella stazione E3 a 20 m di profondità. Se si esclude questo massimo, la media complessiva si abbassa da $0,154\pm 0,348 \mu\text{g/L}$ a $0,083\pm 0,090 \mu\text{g/L}$, con una sostanziale omogeneità geografica. A dicembre questo metallo è stato rilevato quasi ovunque presentando una media globale di $0,292\pm 0,170 \mu\text{g/L}$ generata da un range di 0,027-0,640 $\mu\text{g/L}$.

Rame – Il rame a febbraio è stato quantificato solo in tre campioni, in superficie della stazione E4 (0,720 $\mu\text{g/L}$) e in due quote del controllo E8 (superficie: 6,900 $\mu\text{g/L}$; fondo: 0,210 $\mu\text{g/L}$). Valori bassi e al di sotto di 1 $\mu\text{g/L}$ hanno caratterizzato i livelli di concentrazione durante il secondo semestre 2020. Ad agosto solo 4 valori sono stati misurati al di sopra del LR (range 0,06-0,26 $\mu\text{g/L}$). A novembre questo metallo era rilevabile in 24 campioni (11 a 100 m e 13 a 2000 m da Elettra), con media globale di $0,34\pm 0,76 \mu\text{g/L}$ e un range di 0,05-3,80 $\mu\text{g/L}$ massimo sul fondo della E1. A dicembre è stato quantificato quasi ovunque presentando una media di $0,60\pm 0,82 \mu\text{g/L}$ (range 0,09-4,40 $\mu\text{g/L}$).

Vanadio – Questo metallo è stato caratterizzato da una distribuzione molto omogenea in tutti i campionamenti. A febbraio il range è stato 0,13-0,31 $\mu\text{g/L}$ con media complessiva di $0,17\pm 0,04 \mu\text{g/L}$. Nel 2° semestre 2020 ha evidenziato un leggero trend temporale: ad agosto si è misurata una media di $0,15\pm 0,01 \mu\text{g/L}$, a novembre di $0,23\pm 0,03 \mu\text{g/L}$ e a dicembre di $0,30\pm 0,11 \mu\text{g/L}$.

Zinco - Lo zinco a febbraio è stato rilevato solo in tre campioni, due prelevati a 100 m dalla piattaforma e uno dal controllo E6, dove è stato registrato il massimo di 0,230 $\mu\text{g/L}$. Ad agosto è risultato presente quasi ovunque ma in basse concentrazioni, comprese tra 0,10 e 2,30 $\mu\text{g/L}$ (media globale di $0,85\pm 0,63 \mu\text{g/L}$). A novembre la dispersione dei valori è stata molto elevata; infatti, il range è oscillato tra 0,21 e 67,00 $\mu\text{g/L}$, massimo rilevato in E1 sul fondo e quasi certamente uno spike, con media complessiva di $5,90\pm 12,07 \mu\text{g/L}$. Anche a dicembre la dispersione è risultata elevata. Le misure sono ricadute nel range

0,19-46,00 $\mu\text{g/L}$ con media globale di $6,48 \pm 8,06 \mu\text{g/L}$.

Indio – Nel 2020 l'indio è stato rilevato solo a dicembre in 14 campioni equamente distribuiti tra stazioni a 100 e 2000 m dalla piattaforma. La media complessiva è stata di $0,45 \pm 0,24 \mu\text{g/L}$, con range di 0,11-0,92 $\mu\text{g/L}$.

Silicio – A febbraio il silicio è risultato rilevabile in 21 campioni (66%), in maggioranza nelle stazioni di piattaforma, presso le quali è stata registrata una media di $0,132 \pm 0,024 \text{ mg/L}$. Ad agosto è stato rilevato solo in 7 campioni tutti provenienti dalle stazioni di controllo E5 ed E6, con range di 0,08-0,16 mg/L , mentre a novembre e dicembre non è stato affatto rilevato.

Tab. 3-VI - Concentrazioni ($\mu\text{g/L}$; Si in mg/L) di Metalli Pesanti registrate nel 2020.

Stazione	Alluminio				Arsenico				Bario			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	0,60	< 0,081	11,00	7,40	0,19	0,14	0,12	0,18	0,68	0,81	1,60	0,88
E1 20 m	< 0,081	< 0,081	4,90	13,00	0,22	0,15	0,11	0,20	0,67	0,72	1,30	1,00
E1 40 m	0,78	< 0,081	2,70	42,00	0,26	0,18	0,15	0,18	0,69	0,74	0,98	0,92
E1 fondo	5,00	< 0,081	3,10	12,00	0,21	0,13	0,12	0,19	0,62	0,74	1,10	1,10
E2 sup	0,55	< 0,081	9,30	14,00	0,42	< 0,020	0,17	0,16	1,20	< 0,0056	1,20	1,10
E2 20 m	1,80	< 0,081	14,00	19,00	0,19	0,14	0,14	0,19	1,40	0,82	2,00	0,98
E2 40 m	< 0,40	< 0,081	2,20	2,80	0,23	0,17	0,15	0,24	0,62	0,79	1,90	1,40
E2 fondo	1,90	< 0,081	8,80	11,00	0,22	0,17	0,14	0,18	0,63	0,78	1,50	1,00
E3 sup	< 0,081	< 0,081	0,89	0,90	0,29	0,12	0,16	0,24	0,6	0,88	1,50	0,75
E3 20 m	0,46	< 0,081	200,00	1,10	0,27	0,14	0,14	0,19	0,71	0,73	0,83	1,10
E3 40 m	0,52	< 0,081	1,50	0,76	0,20	0,13	0,17	0,18	0,63	0,91	0,94	0,94
E3 fondo	0,20	< 0,081	1,90	6,70	0,21	0,14	0,14	0,23	0,66	0,82	1,00	0,98
E4 sup	4,70	< 0,081	0,15	19,00	0,22	0,14	0,16	0,18	0,66	0,78	0,85	1,10
E4 20 m	0,74	< 0,081	2,00	< 0,081	0,23	0,17	0,13	0,19	0,71	0,76	0,84	1,00
E4 40 m	2,00	< 0,081	3,30	< 0,081	0,24	0,15	0,17	0,18	0,66	0,84	0,98	0,78
E4 fondo	< 0,081	< 0,081	1,20	< 0,081	0,20	0,17	0,16	0,19	0,57	0,80	1,00	0,80
E5 sup	0,35	< 0,081	12,00	5,70	0,22	0,15	0,17	0,18	0,68	0,88	1,00	0,87
E5 20 m	< 0,081	< 0,081	3,00	6,50	0,24	0,16	0,15	0,20	0,65	0,85	1,10	0,82
E5 40 m	< 0,081	< 0,081	0,76	15,00	0,26	0,14	0,14	0,20	0,66	0,80	0,84	1,00
E5 fondo	< 0,081	< 0,081	6,60	27,00	0,23	0,16	0,15	0,17	0,66	0,91	1,20	1,80
E6 sup	< 0,081	< 0,081	< 0,081	15,00	0,22	0,15	0,12	0,16	0,66	1,00	1,00	1,10
E6 20 m	0,089	< 0,081	0,89	15,00	0,26	0,15	0,13	0,21	0,66	0,80	1,50	1,30
E6 40 m	< 0,081	< 0,081	0,33	17,00	0,19	0,12	0,14	0,25	0,53	0,72	0,96	2,10
E6 fondo	0,67	< 0,081	1,30	7,60	0,21	0,16	0,13	0,14	0,71	0,79	1,00	1,20
E7 sup	< 0,081	< 0,081	0,087	40,00	0,21	0,12	0,14	0,18	0,66	0,79	0,84	0,89
E7 20 m	11,00	< 0,081	4,70	21,00	0,22	0,16	0,12	0,16	0,77	0,79	1,10	0,91
E7 40 m	0,48	< 0,081	170,00	29,00	0,22	0,14	0,14	0,21	0,66	0,98	2,40	1,00
E7 fondo	0,53	< 0,081	49,00	20,00	0,25	0,18	0,15	0,19	0,63	0,79	1,50	0,87
E8 sup	22,00	< 0,081	120,00	12,00	0,25	0,18	0,15	0,025	0,83	0,90	2,40	0,66
E8 20 m	0,46	< 0,081	< 0,081	17,00	0,23	0,15	0,13	0,33	0,67	0,81	0,81	1,80
E8 40 m	< 0,081	< 0,081	2,70	63,00	0,22	0,16	0,12	0,20	0,69	0,83	1,20	1,40
E8 fondo	< 0,081	< 0,081	1,60	18,00	0,28	0,15	0,17	0,20	1,50	0,81	15,00	1,00

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Cadmio				Cromo				Ferro			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,14	< 0,10	3,50	0,14	8,80	4,70
E1 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,27	< 0,10	1,50	0,61	3,10	11,00
E1 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,60	0,40	7,00	3,50
E1 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,78	< 0,10	0,28	< 0,10	4,10	0,91	7,40	5,00
E2 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,18	< 0,10	2,60	< 0,035	4,80	10,00
E2 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,17	< 0,10	4,20	0,57	7,00	7,20
E2 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,20	< 0,035	2,20	1,60
E2 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,50	< 0,10	1,10	0,85	6,40	15,00
E3 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,60	0,56	2,00	< 0,036
E3 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	2,10	< 0,10	2,70	0,13	5,70	0,63
E3 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,40	0,37	2,80	1,10
E3 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,24	< 0,10	7,20	0,25	4,90	2,40
E4 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,60	0,53	2,00	4,40
E4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,40	0,40	1,40	0,12
E4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	5,70	0,16	4,50	< 0,036
E4 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,33	< 0,10	1,80	0,92	6,60	0,44
E5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	1,30	< 0,10	1,90	0,21	7,70	3,90
E5 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	4,10	0,49	5,10	0,24
E5 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,50	0,52	3,20	50,00
E5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,60	< 0,035	4,30	9,90
E6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,70	0,70	1,00	3,80
E6 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,40	0,069	3,30	5,50
E6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,076	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,30	0,098	1,70	22,00
E6 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	1,80	0,26	3,80	2,50
E7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,10	0,17	4,40	1,20
E7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,30	0,57	1,90	5,90
E7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,29	0,46	1,20	0,50	9,40	11,00
E7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,26	< 0,10	1,60	1,10	4,80	2,00
E8 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,01	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,33	< 0,10	2,40	0,65	12,00	16,00
E8 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,01	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,1	< 0,10	1,70	< 0,035	0,53	7,50
E8 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,01	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,1	< 0,10	4,70	0,66	3,10	13,00
E8 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,01	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,1	< 0,10	2,90	0,44	3,00	6,40

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Mercurio				Nichel				Piombo			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	< 0,0020	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	0,760	< 0,040	0,230	0,064	0,026	< 0,020	0,087	0,230
E1 20 m	< 0,0020	0,0470	< 0,0020	< 0,0020	0,930	< 0,040	0,140	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,120
E1 40 m	0,0081	0,0200	< 0,0020	< 0,0020	0,760	< 0,040	0,088	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,030	0,170
E1 fondo	< 0,0020	0,0190	< 0,0020	< 0,0020	1,200	< 0,040	0,130	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,400	0,220
E2 sup	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,680	< 0,040	0,200	0,200	0,140	< 0,020	0,068	0,260
E2 20 m	< 0,0020	0,0130	< 0,0020	< 0,0020	0,740	< 0,040	0,110	0,130	0,046	< 0,020	0,140	0,160
E2 40 m	< 0,0020	0,0160	< 0,0020	< 0,0020	0,670	< 0,040	0,110	0,073	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,140
E2 fondo	< 0,0020	0,0066	< 0,0020	< 0,0020	0,660	< 0,040	0,140	0,100	< 0,020	< 0,020	0,027	0,410
E3 sup	< 0,0020	0,0170	< 0,0020	< 0,0020	0,270	< 0,040	0,120	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,023	< 0,020
E3 20 m	< 0,0020	0,0490	< 0,0020	< 0,0020	0,250	< 0,040	0,320	< 0,040	< 0,020	< 0,020	1,700	0,150
E3 40 m	< 0,0020	0,1200	< 0,0020	< 0,0020	0,370	< 0,040	0,340	0,430	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,400
E3 fondo	< 0,0020	0,035	< 0,0020	< 0,0020	0,480	< 0,040	0,066	0,210	< 0,020	< 0,020	0,073	0,210
E4 sup	0,0120	0,038	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	< 0,040	0,068	< 0,040	0,045	< 0,020	< 0,020	0,220
E4 20 m	0,0050	0,039	< 0,0020	< 0,0020	0,068	< 0,040	0,140	< 0,040	0,024	< 0,020	0,022	0,055
E4 40 m	< 0,0020	0,039	< 0,0020	< 0,0020	0,230	< 0,040	0,052	< 0,040	0,067	< 0,020	0,030	< 0,020
E4 fondo	0,0023	0,024	< 0,0020	< 0,0020	0,095	< 0,040	0,086	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,027
E5 sup	0,0057	< 0,0020	< 0,0020	0,0220	0,350	< 0,040	0,150	0,072	< 0,020	0,031	0,053	0,290
E5 20 m	0,0034	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,350	< 0,040	0,092	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,059	0,330
E5 40 m	0,0030	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,450	< 0,040	0,088	0,130	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,510
E5 fondo	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,310	< 0,040	0,069	0,110	< 0,020	0,038	0,072	0,630
E6 sup	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,380	< 0,040	0,056	< 0,040	< 0,020	< 0,020	< 0,020	0,120
E6 20 m	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,340	< 0,040	0,120	0,140	< 0,020	0,023	0,093	0,340
E6 40 m	0,0120	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,250	< 0,040	< 0,040	0,230	< 0,020	0,033	< 0,020	0,590
E6 fondo	0,0050	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,250	< 0,040	0,097	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,059	0,200
E7 sup	0,0230	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,098	< 0,040	0,057	< 0,040	< 0,020	< 0,020	0,031	0,240
E7 20 m	0,0130	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,084	< 0,040	0,046	< 0,040	< 0,020	0,029	0,026	0,210
E7 40 m	0,0076	< 0,0020	0,049	< 0,0020	0,190	< 0,040	0,450	0,470	< 0,020	0,034	0,240	0,330
E7 fondo	0,0044	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,290	< 0,040	0,240	0,052	< 0,020	0,031	0,053	0,260
E8 sup	< 0,0020	< 0,0020	0,0870	< 0,0020	0,610	< 0,040	0,400	0,120	< 0,020	0,029	0,19	0,540
E8 20 m	< 0,0020	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	0,720	< 0,040	< 0,04	0,550	< 0,020	0,066	< 0,02	0,220
E8 40 m	< 0,0020	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	0,560	< 0,040	< 0,04	0,290	< 0,020	0,030	0,032	0,550
E8 fondo	< 0,0020	< 0,0020	< 0,002	< 0,0020	0,450	< 0,040	0,085	0,051	0,028	0,044	0,026	0,640

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Rame				Vanadio				Zinco			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	< 0,039	0,064	0,190	0,120	0,16	0,14	0,26	0,23	< 0,090	2,30	5,50	7,30
E1 20 m	< 0,039	< 0,039	0,059	0,170	0,16	0,14	0,23	0,23	< 0,090	0,35	8,30	1,40
E1 40 m	< 0,039	< 0,039	0,054	0,250	0,15	0,16	0,22	0,25	< 0,090	0,14	3,00	6,70
E1 fondo	< 0,039	< 0,039	3,800	0,420	0,17	0,15	0,23	0,27	0,23	0,20	67,00	3,50
E2 sup	< 0,039	< 0,039	0,170	0,310	0,31	< 0,10	0,21	0,38	< 0,089	< 0,090	22,00	6,10
E2 20 m	< 0,039	< 0,039	0,270	0,330	0,14	0,14	0,23	0,31	< 0,090	0,37	2,60	5,80
E2 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,098	0,13	0,13	0,20	0,30	< 0,090	0,31	7,20	8,40
E2 fondo	< 0,039	< 0,039	0,095	0,570	0,14	0,15	0,23	0,30	< 0,090	0,17	6,50	3,60
E3 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,18	0,14	0,22	0,21	< 0,090	0,39	2,20	< 0,090
E3 20 m	< 0,039	< 0,039	0,460	0,087	0,16	0,16	0,23	0,22	< 0,090	0,72	0,77	3,10
E3 40 m	< 0,039	< 0,039	0,078	4,400	0,13	0,14	0,21	0,23	< 0,090	2,30	1,90	10,00
E3 fondo	< 0,039	< 0,039	0,110	0,200	0,18	0,18	0,23	0,25	< 0,090	0,26	2,60	14,00
E4 sup	0,720	0,180	0,120	0,310	0,17	0,13	0,20	0,22	0,19	0,74	1,10	1,70
E4 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,15	0,15	0,23	0,21	< 0,090	0,24	4,80	0,57
E4 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,24	0,16	0,22	0,20	< 0,090	0,42	0,87	< 0,090
E4 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,13	0,13	0,22	0,23	< 0,090	0,10	2,80	0,19
E5 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,40	0,190	0,16	0,16	0,25	0,46	< 0,090	0,94	3,10	3,30
E5 20 m	< 0,039	< 0,039	0,150	< 0,039	0,14	0,14	0,20	0,25	< 0,090	0,54	3,90	0,51
E5 40 m	< 0,039	< 0,039	0,058	0,880	0,20	0,15	0,23	0,29	< 0,090	0,68	0,51	7,00
E5 fondo	< 0,039	< 0,039	0,100	0,650	0,16	0,13	0,22	0,26	< 0,090	0,81	2,10	46,00
E6 sup	< 0,039	< 0,039	0,170	0,530	0,18	0,16	0,20	0,24	< 0,090	1,00	0,72	6,40
E6 20 m	< 0,039	< 0,039	0,065	0,650	0,15	0,15	0,21	0,37	0,23	1,60	1,60	5,10
E6 40 m	< 0,039	0,260	< 0,039	0,740	0,18	0,13	0,21	0,76	< 0,090	1,10	0,57	9,00
E6 fondo	< 0,039	< 0,039	0,120	0,140	0,16	0,16	0,22	0,22	< 0,090	1,10	1,10	2,40
E7 sup	< 0,039	< 0,039	0,160	0,280	0,14	0,13	0,24	0,27	< 0,090	0,85	1,20	2,60
E7 20 m	< 0,039	< 0,039	0,062	0,280	0,17	0,15	0,23	0,24	< 0,090	2,20	0,59	5,40
E7 40 m	< 0,039	< 0,039	0,680	1,300	0,18	0,16	0,32	0,32	< 0,090	0,63	12,00	4,30
E7 fondo	< 0,039	0,110	0,250	0,600	0,19	0,13	0,23	0,22	< 0,090	1,00	7,00	6,10
E8 sup	6,900	< 0,039	0,780	0,980	0,15	0,14	0,29	< 0,10	< 0,090	1,80	13,00	6,40
E8 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,039	0,380	0,17	0,16	0,19	0,42	< 0,090	1,20	0,21	4,50
E8 40 m	< 0,039	< 0,039	0,060	0,710	0,15	0,15	0,24	0,50	< 0,090	1,00	0,53	7,60
E8 fondo	0,210	< 0,039	0,052	0,550	0,28	0,13	0,20	0,29	< 0,090	0,87	1,50	5,40

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Indio				Silicio			
	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre	Febbraio	Agosto	Novembre	Dicembre
E1 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,130	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E1 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,130	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E1 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,130	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E1 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,099	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E2 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,19	0,170	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E2 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,51	0,120	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E2 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,92	0,170	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E2 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,48	0,110	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E3 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,42	0,130	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E3 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,32	0,130	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E3 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,15	0,110	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E3 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,120	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E4 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,110	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E4 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,180	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E4 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,150	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E4 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,130	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E5 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,64	< 0,14	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E5 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,68	< 0,14	0,130	< 0,50	< 0,28
E5 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,57	< 0,14	0,100	< 0,50	< 0,28
E5 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	0,160	< 0,50	< 0,28
E6 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	0,091	< 0,50	< 0,28
E6 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,28	0,081	< 0,50	< 0,28
E6 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,22	< 0,14	0,100	< 0,50	< 0,28
E6 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,44	< 0,14	0,150	< 0,50	< 0,28
E7 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,140	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E7 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,160	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E7 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E7 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E8 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,67	0,084	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E8 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,130	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E8 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,11	0,085	< 0,50	< 0,50	< 0,28
E8 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,14	< 0,50	< 0,50	< 0,28

3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzate le distribuzioni verticali nel tempo dei parametri misurati nell'area della piattaforma Elettra durante le campagne di monitoraggio condotte a febbraio 2020 (ENI6_2020), agosto 2020 (ENI7_2020), novembre 2020 (ENI8_2020) e dicembre 2020 (ENI9_2020). Si riportano inoltre, per confronto, i dati relativi alle campagne effettuate nel corso del 2019.

3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

Dall'analisi della distribuzione verticale nel tempo della temperatura si distingue il caratteristico ciclo di variazione annuale (fig. 3.29).

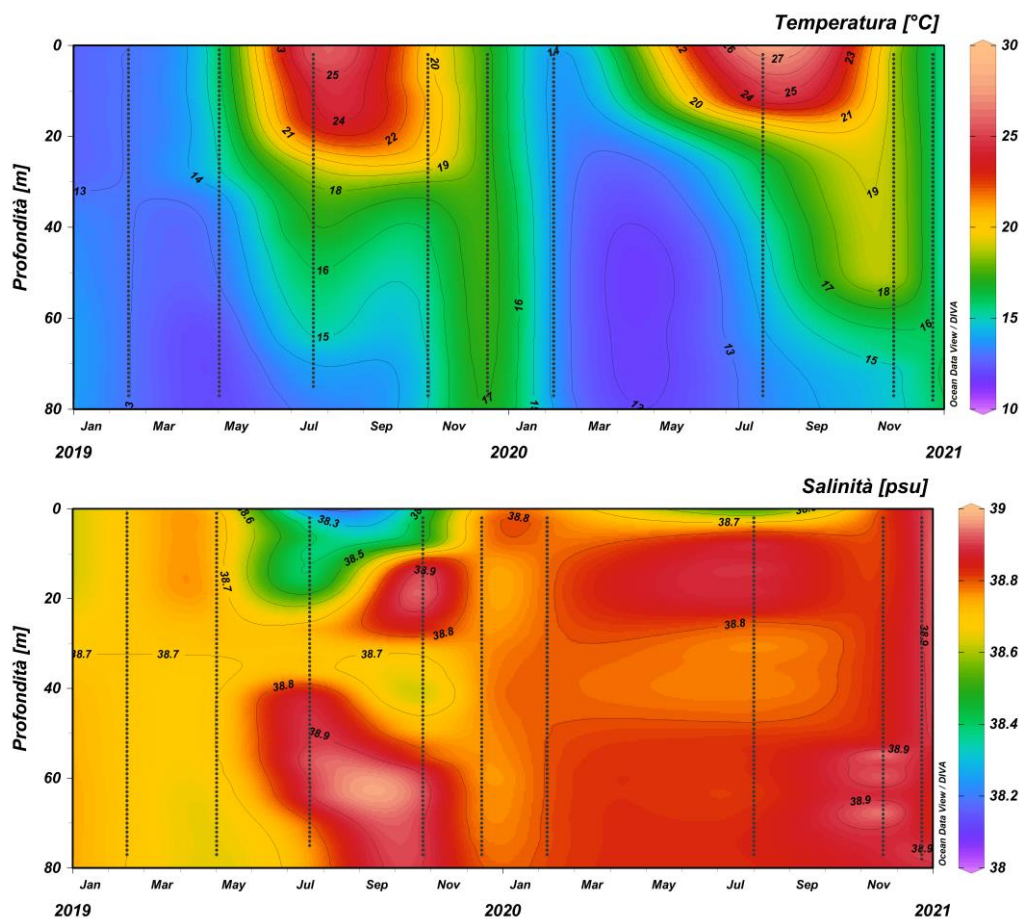


Fig. 3.29 - Andamento annuale della temperatura (°C) e della salinità (psu) per la piattaforma Elettra (da febbraio 2019 a dicembre 2020).

In particolare, il processo di rimescolamento invernale risulta evidente nella distribuzione omogenea a valori minimi su tutta la colonna d'acqua nel mese di febbraio 2020 (media $13,80 \pm 0,04^\circ\text{C}$). Nei mesi primaverili non sono state effettuate campagne di monitoraggio

per problemi correlati alla pandemia COVID-19 e non si è potuto apprezzare l'inizio della formazione del gradiente verticale di temperatura, il cui successivo approfondimento è però ben visibile dalla marcata stratificazione verticale presente nel mese di agosto, con i valori massimi registrati nello strato superficiale (massimo 27,48°C, stazione E7). In autunno, la regressione del termocline riflette l'inizio del processo di rimescolamento verticale, che precede il ritorno alla distribuzione omogenea del periodo invernale.

Similmente, anche la distribuzione verticale di salinità (fig. 3.29) mostra valori piuttosto omogenei su tutta la colonna d'acqua a febbraio 2020 (media 38,80±0,01°C). La variabilità lungo la verticale registrata a luglio 2019 risulta quasi del tutto assente nell'estate 2020. I valori massimi per il 2020 sono stati registrati nello strato sub-superficiale (massimo 38,92 psu a 13 m, stazione E6) e nello strato di fondo ad agosto, mentre valori massimi uniformi su tutta la colonna d'acqua sono presenti nelle misure effettuate a novembre (media 38,86±0,04 psu) e dicembre (media 38,89±0,02 psu).

Dal confronto dei dati reattivi ai due anni di campionamento, si riscontra un aumento generalizzato dei valori medi totali di temperatura (>0,15 °C) e di salinità (>0,1 psu) nel 2020 rispetto al 2019.

Dall'analisi dei campioni raccolti, la concentrazione di materiale sospeso per il 2020 (fig. 3.30) ha mostrato una distribuzione piuttosto omogenea su tutta la colonna d'acqua nei mesi di febbraio (media 0,9±0,2 mg l⁻¹) e dicembre (media 0,6±0,3 mg l⁻¹). Il valore massimo (2,9 mg l⁻¹, stazione E6) è stato riscontrato al fondo in novembre (media 0,7±0,6 mg l⁻¹). Ad agosto (media 0,5±0,5 mg l⁻¹) i valori più elevati hanno caratterizzato le quote di fondo.

L'ossigeno disciolto (fig. 3.30) ha fatto registrare valori alla saturazione di poco inferiori al 100% in tutta la colonna d'acqua a febbraio, valori >100% fino a circa 60 m di profondità nel mese di agosto (massimi >110% nei primi 25 m), valori minimi al fondo a novembre (<85%) e di nuovo una distribuzione piuttosto uniforme su quasi tutta la colonna d'acqua a dicembre (media 96,2±2,1%). La media complessiva sull'intero periodo è confrontabile con quella relativa al 2019.

L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in situ (fig. 3.30), ha mostrato valori di poco superiori a 0,5 µg l⁻¹ distribuiti uniformemente sulla colonna d'acqua a febbraio e dicembre. Valori ancora più bassi sono stati rilevati ovunque a novembre, mentre ad agosto sono stati riscontrati i massimi (>1 µg l⁻¹) nello

strato di fondo e valori molto bassi ($<0,3 \mu\text{g l}^{-1}$) nel resto della colonna d'acqua. Il confronto con il campionamento effettuato nel 2019 è disturbato dall'assenza di dati nel periodo primaverile, ma si può notare una concordanza nella distribuzione verticale stagionale.

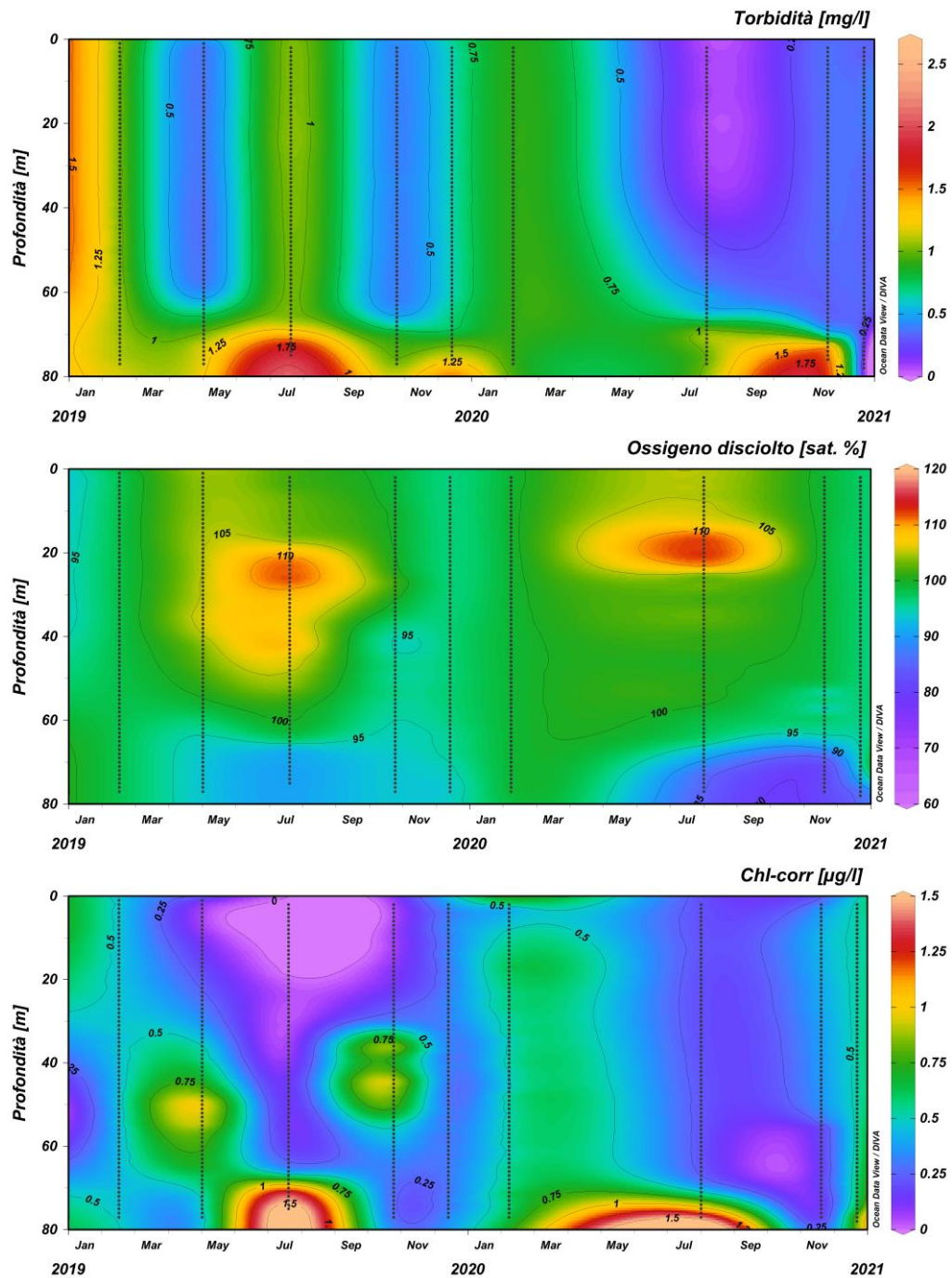


Fig. 3.30 - Andamento della torbidità (in mg l^{-1}), dell'ossigeno disciolto (in % di saturazione) e della fluorescenza in situ (espressa come $\mu\text{g l}^{-1}$ di clorofilla) per la piattaforma Elettra (da febbraio 2019 a dicembre 2020).

La concentrazione massima di clorofilla *a* ($342,5 \text{ ng l}^{-1}$) è stata misurata a 40 m di profondità nel mese di febbraio (stazione E1). Nello stesso mese è stata rilevata anche la concentrazione media più elevata ($263,6 \pm 49,2 \text{ ng l}^{-1}$). Valori medi più bassi ($< 200 \text{ ng l}^{-1}$) sono stati riscontrati in tutti i campionamenti successivi.

Anche per la clorofilla *b* la concentrazione media più elevata ($30,8 \pm 6,1 \text{ ng l}^{-1}$) è stata rilevata a febbraio, e valori medi più contenuti e confrontabili ($< 30 \text{ ng l}^{-1}$) hanno caratterizzato i campionamenti successivi. Il valore massimo è stato misurato ad agosto al fondo nella stazione E8 ($44,9 \text{ ng l}^{-1}$).

Come riscontrato per clorofilla *a* e *b*, la clorofilla *c* ha presentato la concentrazione media più elevata a febbraio ($64,7 \pm 10,1 \text{ ng l}^{-1}$) e medie più basse e confrontabili ($< 50 \text{ ng l}^{-1}$) nel 2° semestre dell'anno.

Il massimo contenuto di nitriti ($0,46 \text{ } \mu\text{M}$) è stato osservato a febbraio a 40 e 20 m (stazione E7 ed E8 rispettivamente), mese in cui è stata rilevata anche la concentrazione media più elevata ($0,40 \pm 0,02 \text{ } \mu\text{M}$). Medie più contenute hanno caratterizzato i mesi di agosto e novembre, mentre a dicembre è stato rilevato un contenuto intermedio rispetto a quelli delle altre campagne di misura. I mesi di novembre e dicembre sono stati caratterizzati dalle concentrazioni medie massime di nitrati ($0,60 \pm 0,91$ e $0,57 \pm 0,47 \text{ } \mu\text{M}$ rispettivamente), mentre medie inferiori e comparabili hanno caratterizzato i mesi di febbraio ed agosto. I contenuti medi di ammonio e fosfati sono risultati invece modesti e comparabili in tutti i mesi investigati. Mediamente i silicati sono stati più elevati nel 2° semestre ($> 1,8 \text{ } \mu\text{M}$), periodo durante il quale i massimi sono stati osservati sempre al fondo.

3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti

Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi policiclici aromatici

Nella seconda metà del 2020 le concentrazioni di **IT** e **IA** (fig. 3.31), dopo un massimo ad agosto, si sono fortemente ridotte nella colonna d'acqua. Anche il numero di campioni misurabili è sensibilmente diminuito. A dicembre sia gli IT che gli IA sono inoltre scomparsi dalle stazioni di piattaforma (E1-E4). I valori di concentrazione misurati nel 2020 sono da considerarsi in linea con i valori del 2019, a parte forse il massimo di agosto 2020.

Per quanto riguarda gli **IPA**, i valori registrati nei due anni sono stati generalmente bassi, e spesso questi composti sono stati rilevati in un numero limitato di campioni. Da notare che

il massimo di dicembre 2020 è dovuto ad un unico campione (4,2 µg/L, stazione E1, superficie) che, se considerato spike e quindi scartato, riporta la media globale ad un valore di 0,004±0,003 µg/L, omogeneo con i risultati del biennio.

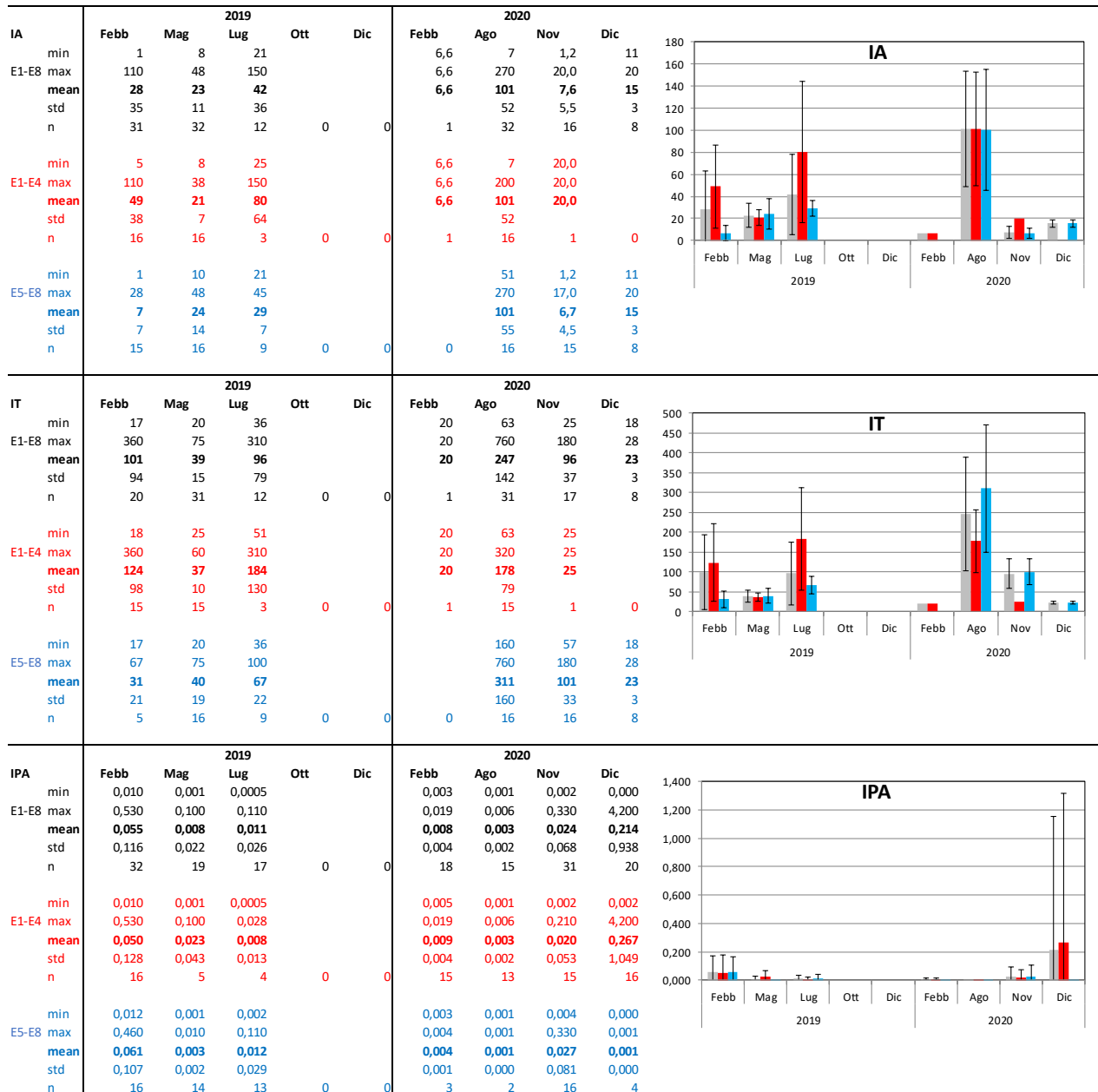


Fig. 3.31 - Andamento annuale degli IA, IT e IPA relativo al 2019-2020. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili in tutti i campioni (in nero nelle tabelle, in grigio nei grafici), nelle stazioni poste a 100 m da Elettra (E1-E4; in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (E5-E8; in azzurro).

Solventi organici aromatici (BTEX)

Per i BTEX (fig. 3.325) in generale non si riscontra un comune andamento annuale per il 2020, ma i valori possono essere considerati bassi. La distribuzione geografica non appare statisticamente differenziabile.

Nel 2019 le concentrazioni di **benzene** erano risultate omogenee, anche se nell'ultima parte dell'anno solo pochi campioni erano al di sopra del LR denotando quindi una parziale scomparsa. A febbraio 2020 si è registrato il massimo assoluto, con valori doppi rispetto all'anno precedente, dopodiché le concentrazioni sono diminuite fino al di sotto del LR nei mesi di novembre e dicembre 2020.

L'**etilbenzene** nel 2020 ha presentato nel tempo un aumento del numero di campioni con concentrazioni rilevabili, che sono risultate mediamente omogenee a causa della dispersione dei dati. Nel 2019 non è stato riscontrato un chiaro andamento annuale. Molto bassi i valori maggiori del LR in ottobre 2019, febbraio e agosto 2020.

Andamento analogo all'etilbenzene è stato registrato per lo **stirene**, con valori variabili nel 2019 (ma con ampie dispersioni) e concentrazioni molto basse e mediamente costanti nel 2020, senza alcuna differenziazione geografica apprezzabile.

Il **toluene** è risultato presente solo sporadicamente, in alcuni campioni a maggio (14) e luglio (1) 2019, e a novembre 2020 (6), tutti prelevati dalle stazioni di controllo (E5-E8) eccetto uno di maggio 2019. Per la maggior parte del biennio 2019-2020 il toluene non è stato quindi rilevato.

Infine, per **xilene** non è stato evidenziato alcun andamento particolare nei due anni in esame, essendo stato rilevato nella quasi totalità dei campioni solo a maggio (28) e dicembre (31) 2019, e a dicembre (25) 2020, mentre per il resto del biennio solo pochissimi campioni hanno superato la soglia del LR.

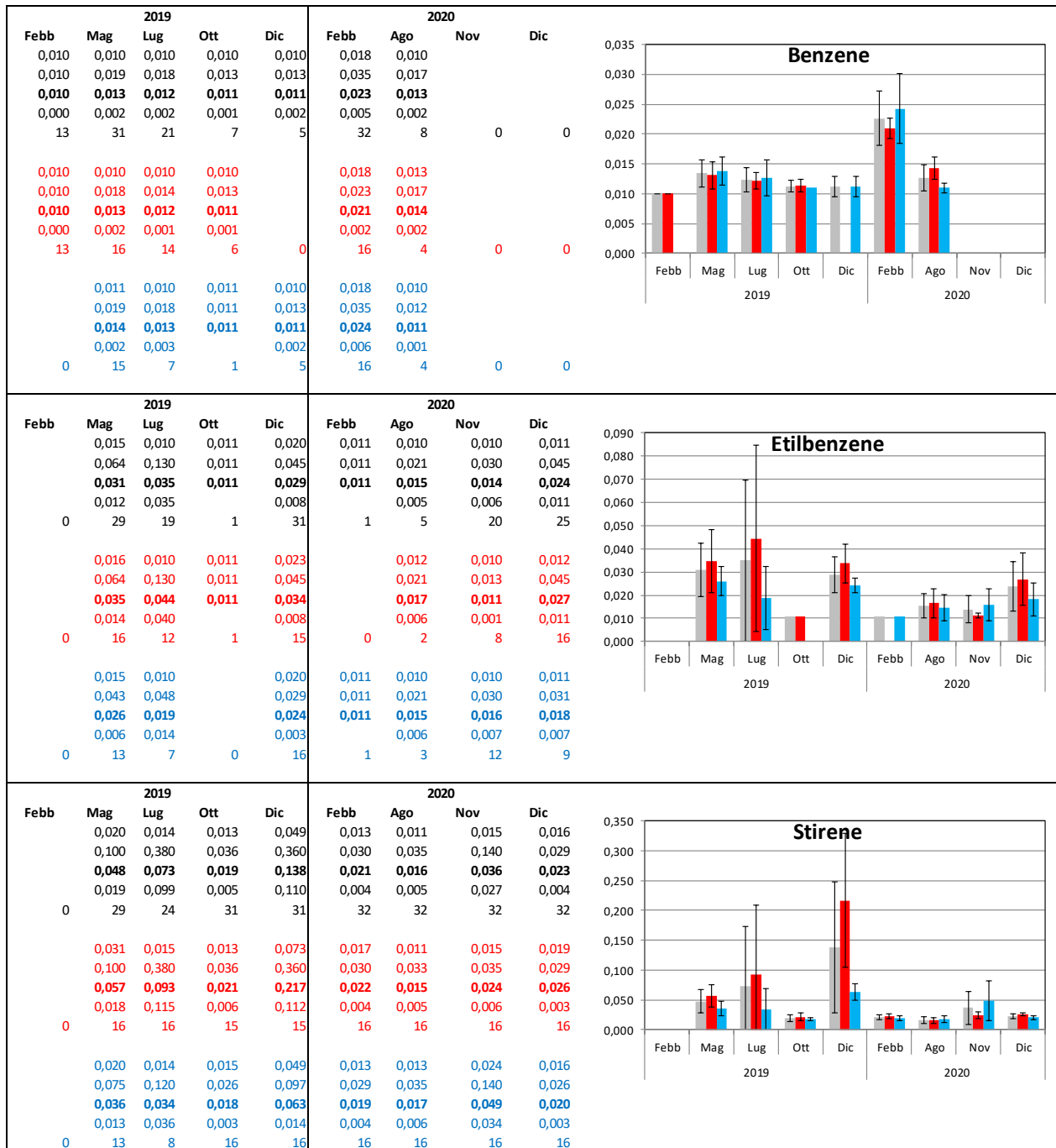


Fig. 3.32 - Andamento annuale del BTEX relativo al 2019-2020. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili in tutti i campioni (in nero nelle tabelle, in grigio nei grafici), nelle stazioni poste a 100 m da Elettra (E1-E4; in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (E5-E8; in azzurro).

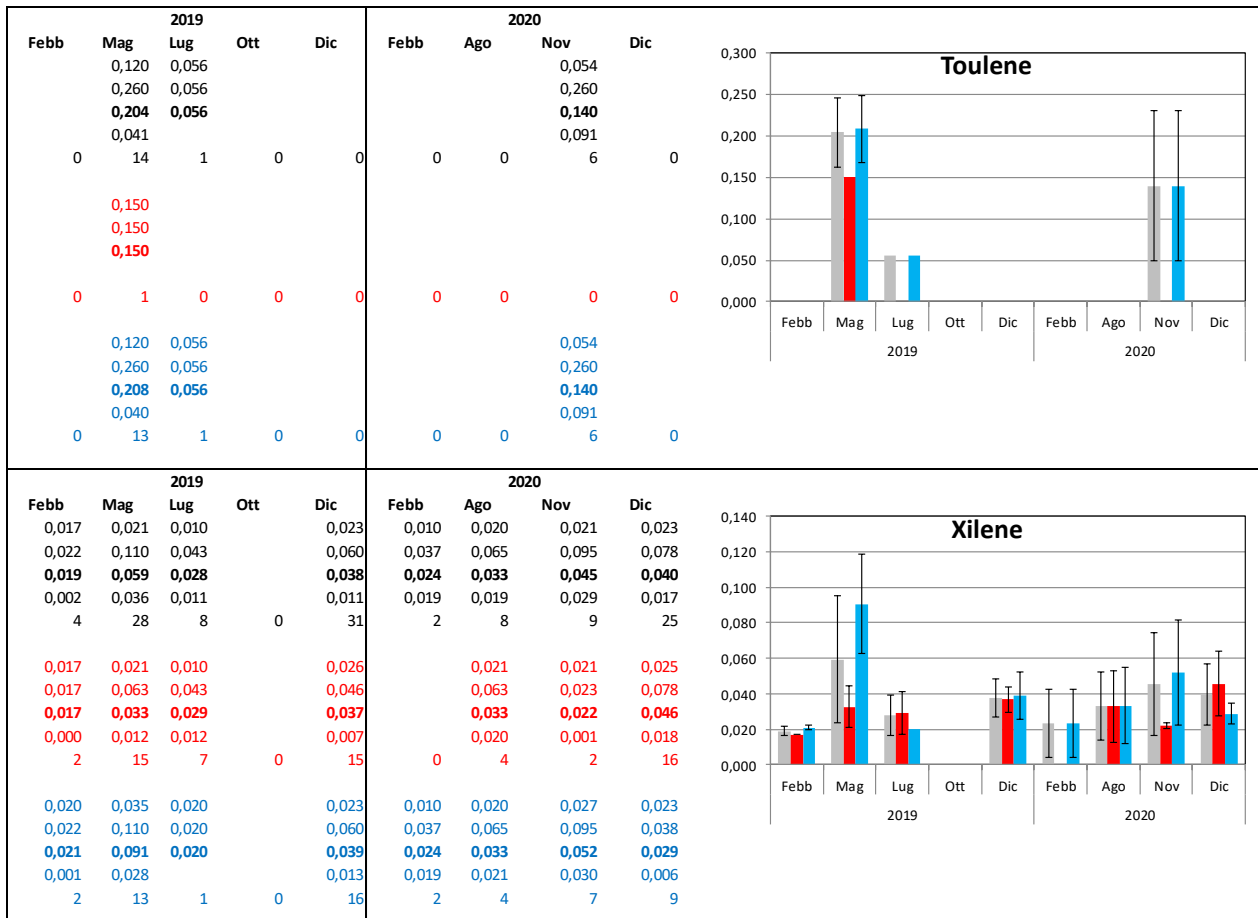


Fig. 3.32 – Continuo.

Glicole Etilenico

Per entrambi gli anni a confronto (2019 – 2020) il glicole etilenico non è risultato rilevabile.

Metalli pesanti

Per quanto riguarda i metalli pesanti (fig. 3.33), le concentrazioni misurate nel 2020 sono generalmente in linea con quelle del 2019. Nel caso di **arsenico**, **bario**, **mercurio**, **nichel** e **vanadio** si può rilevare un appiattimento dei valori e un ridotto numero di campioni al di sopra de LR a partire da luglio 2019 e per tutto il resto del periodo di indagine. Le concentrazioni medie massime del biennio si riscontrano per questi metalli durante le prime due campagne del 2019 (a febbraio e maggio).

Altri metalli (**ferro**, **piombo**, **zinco**) mostrano lo stesso andamento iniziale in diminuzione, con minime concentrazioni da ottobre 2019 ad agosto 2020 e anche un numero di campioni

utili (cioè al di sopra del LR) ridotto, seguito da un leggero aumento dei valori alla fine del biennio (novembre e dicembre 2020).

Analogo andamento è stato rilevato per l'**alluminio** con una precisazione: a febbraio 2019 sono state misurate concentrazioni molto elevate nelle stazioni di controllo, mentre in quelle di piattaforma nessun valore aveva superato il LR. La media complessiva molto elevata relativa a quella campagna ($146,56 \pm 202,02 \mu\text{g/L}$) era stata determinata dalle concentrazioni delle stazioni E7 e E8 (massimo di $780 \mu\text{g/L}$ in E8 in superficie). Comunque, anche nel caso non si considerino quei dati, la media dei siti E5 e E6 ammonterebbe a $22,47 \pm 15,26 \mu\text{g/L}$, valore massimo del biennio e simile a quelli misurati a fine periodo.

Cadmio, cromo, rame e indio non hanno mostrato particolari andamenti nei due anni. Spesso sono risultati presenti in modo sporadico, con pochi campioni al di sopra del LR (soprattutto cadmio, cromo e indio).

Infine, il **silicio** nel 2019 non era stato rilevato a luglio e durante il 2020 ha mostrato una graduale scomparsa come indicato dalla riduzione del numero di campioni rilevabili già a febbraio rispetto a dicembre 2019, con assenza totale a novembre e dicembre 2020.

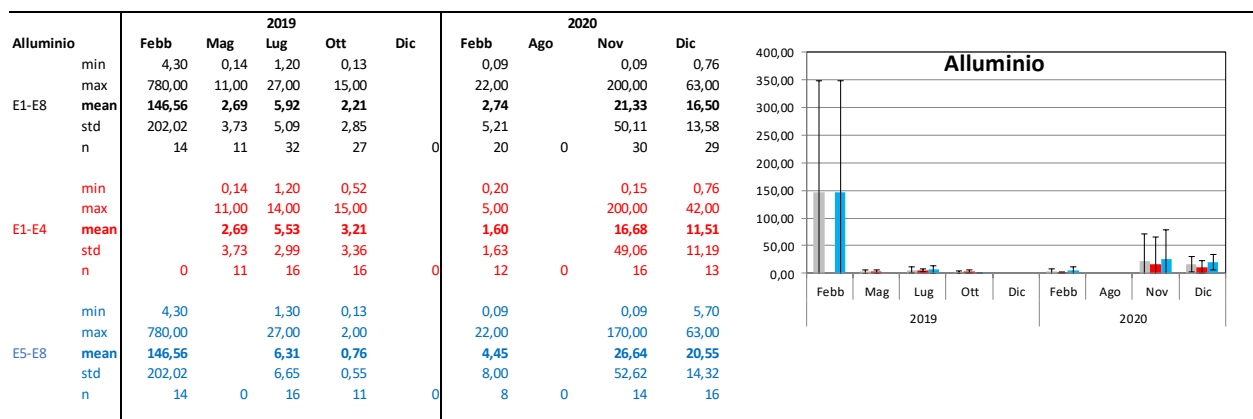


Fig. 3.33 - Andamento annuale dei **metalli pesanti** relativo al 2019-2020. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili in tutti i campioni (in nero nelle tabelle, in grigio nei grafici), nelle stazioni poste a 100 m da Elettra (E1-E4; in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (E5-E8; in azzurro).

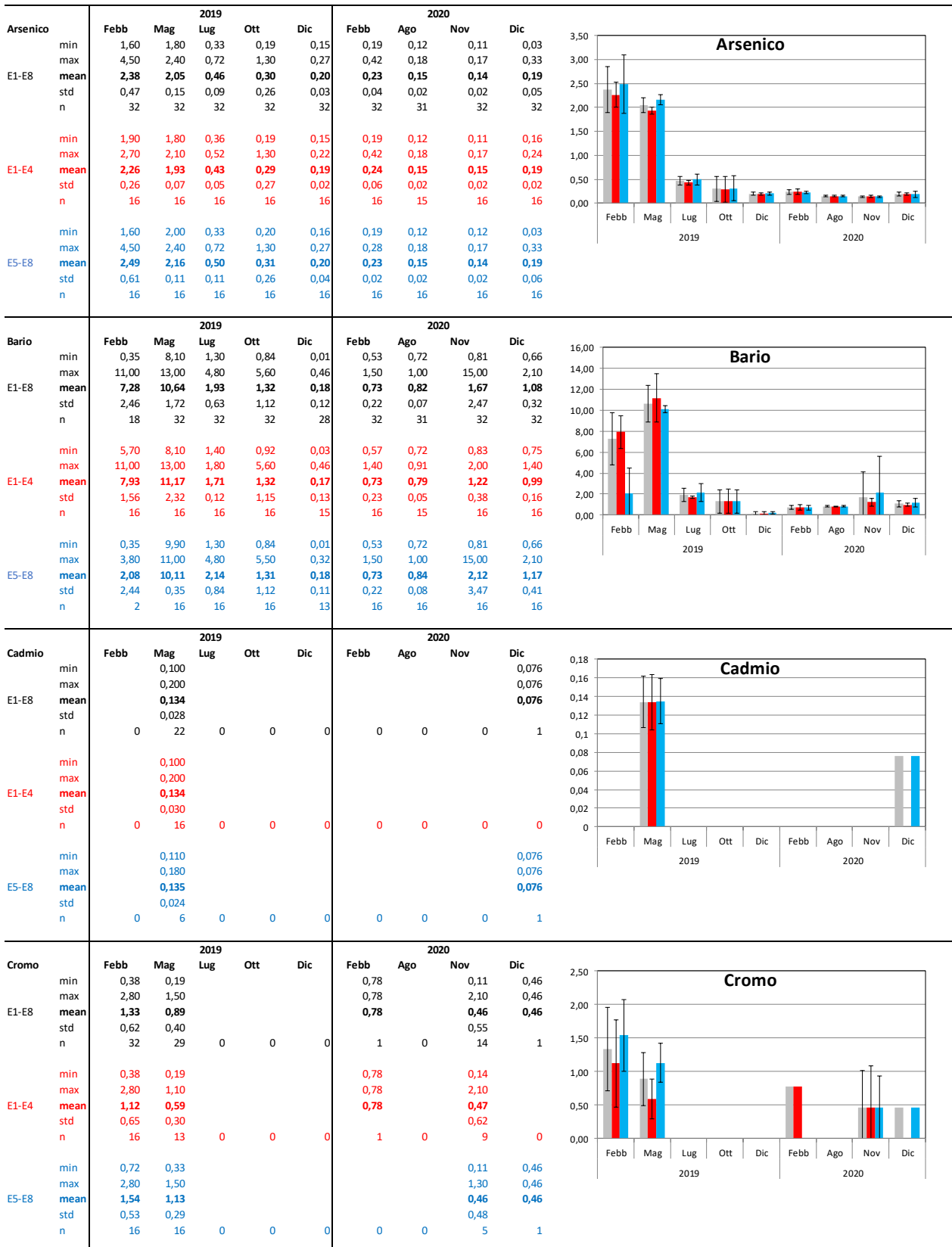


Fig. 3.33 – Continuo.

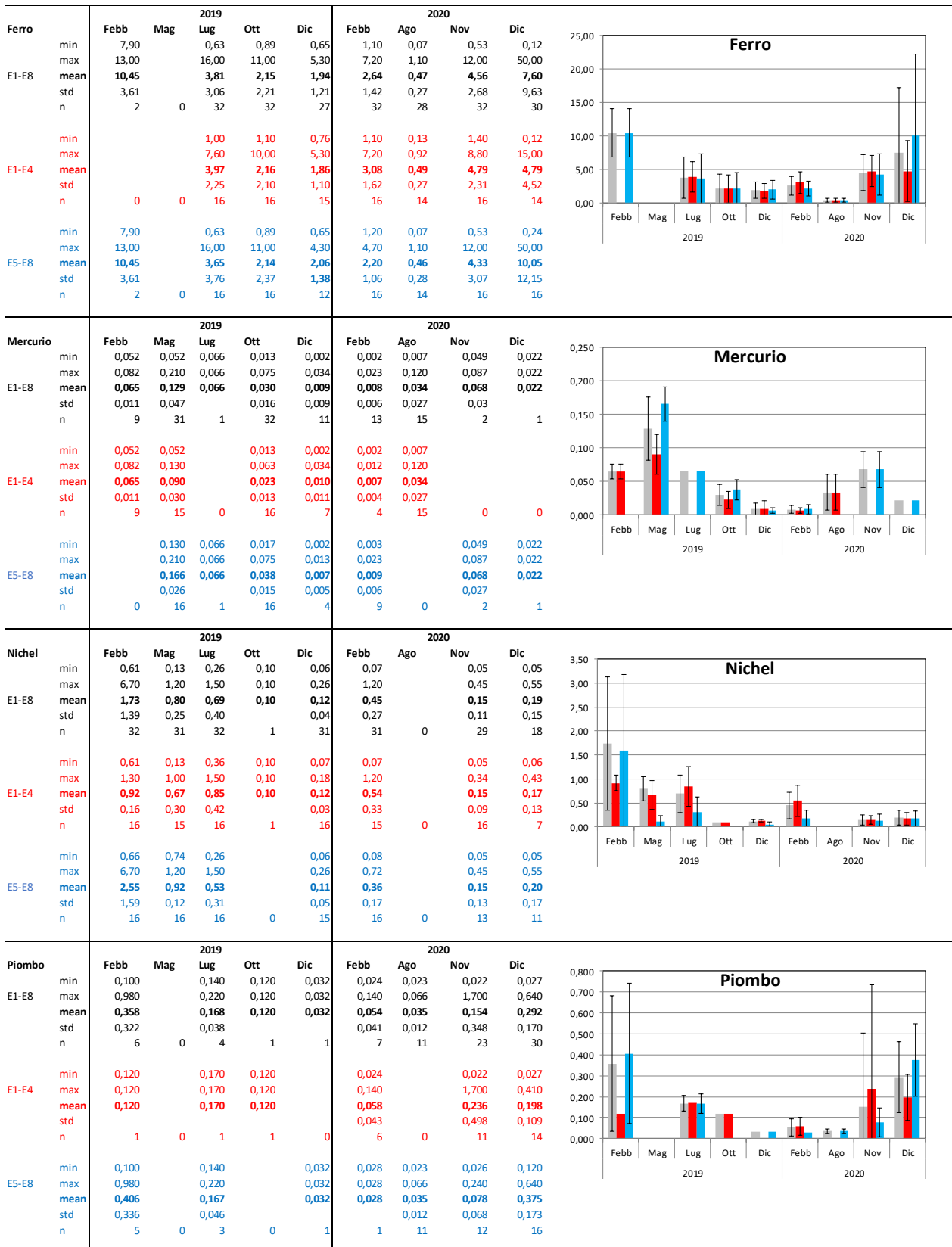


Fig. 3.33 – Continuo.

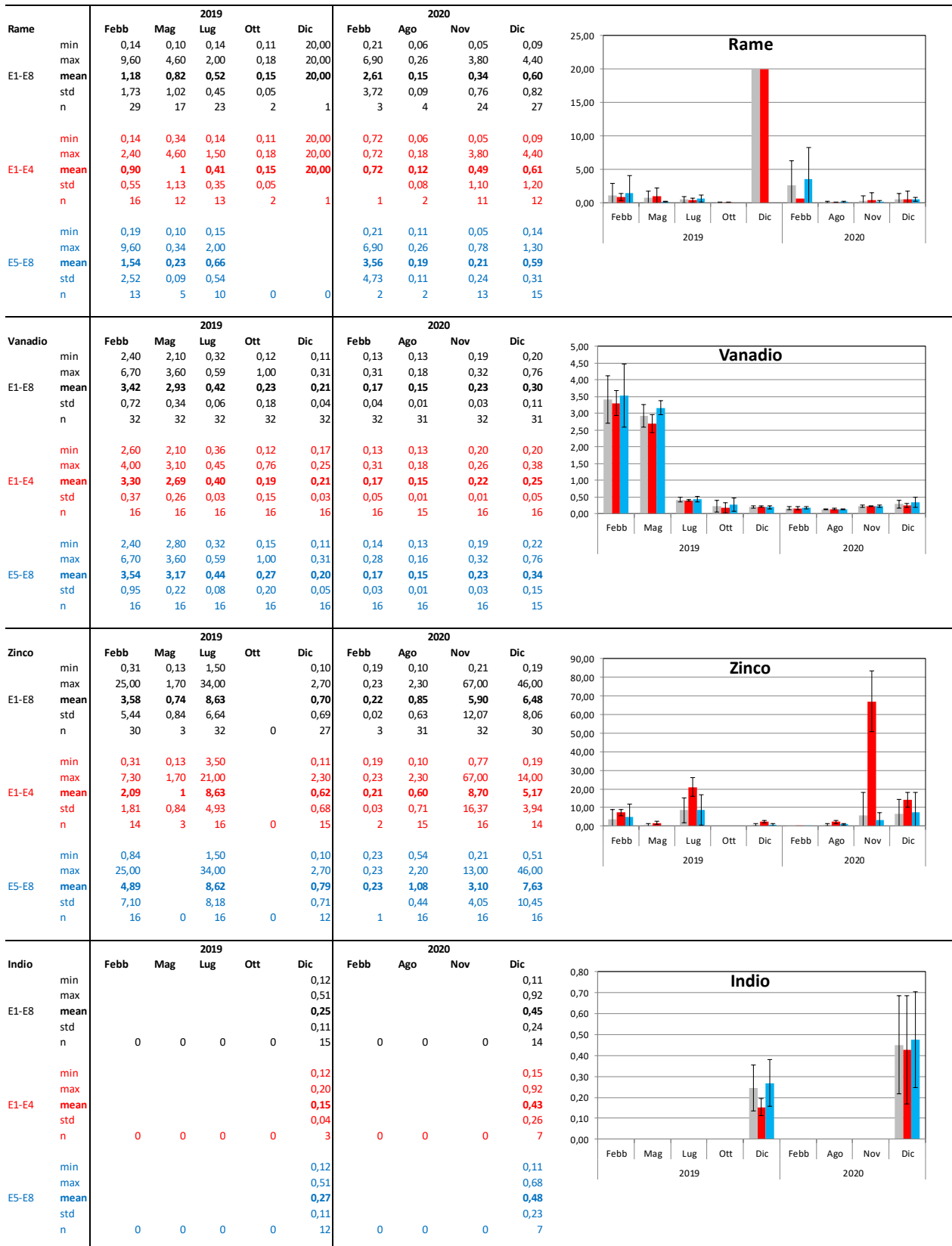


Fig. 3.33 – Continuo.



AGROLAB GROUP
Your labs. Your service.

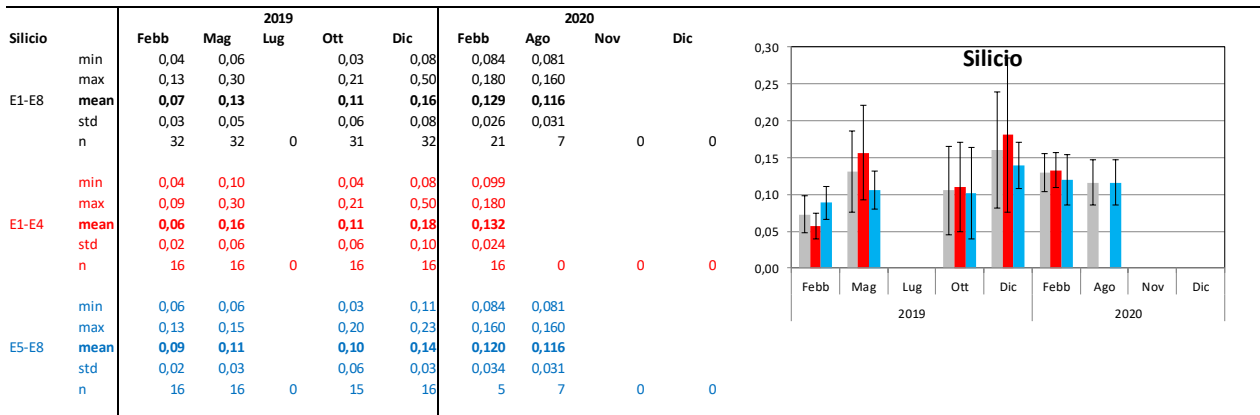


Fig. 3.33 – Continuo.

3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Dal 1° gennaio al 7 febbraio 2020 la corrente è stata caratterizzata da un andamento prevalentemente settentrionale con sporadiche rotazioni verso Sud-Est (figg. 3.34 – 3.36). In particolare, durante le prime due settimane di gennaio essa si è diretta verso Nord con successive rotazioni verso Sud-Est nella 3^a settimana, con picchi di velocità fino a 0,1 m/s. Nella 4^a settimana del mese la direzione della corrente è tornata ad essere prevalentemente settentrionale, con rotazioni verso Sud-Est e Sud-Ovest durante gli ultimi giorni, mantenendo una velocità media intorno a 0,1 m/s. Infine, durante i primi giorni di febbraio la direzione della corrente è stata nuovamente verso Nord, sempre con velocità di 0,1 m/s. In tutto il periodo è stata riscontrata una discreta omogeneità lungo la colonna d'acqua.

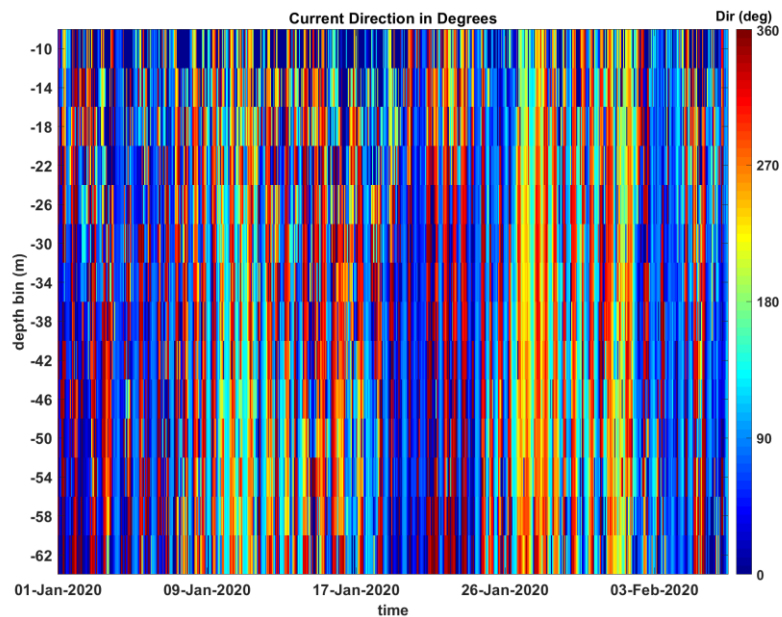


Fig. 3.34 - Contour Plot della direzione della corrente nel periodo 01/01 – 07/02/2020.

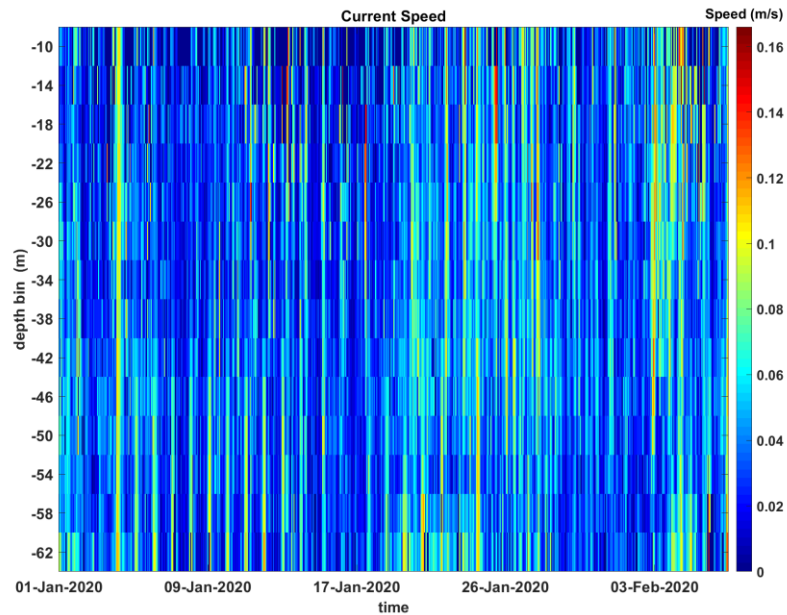


Fig. 3.35 - Contour Plot della velocità della corrente nel periodo 01/01 – 07/02/2020.

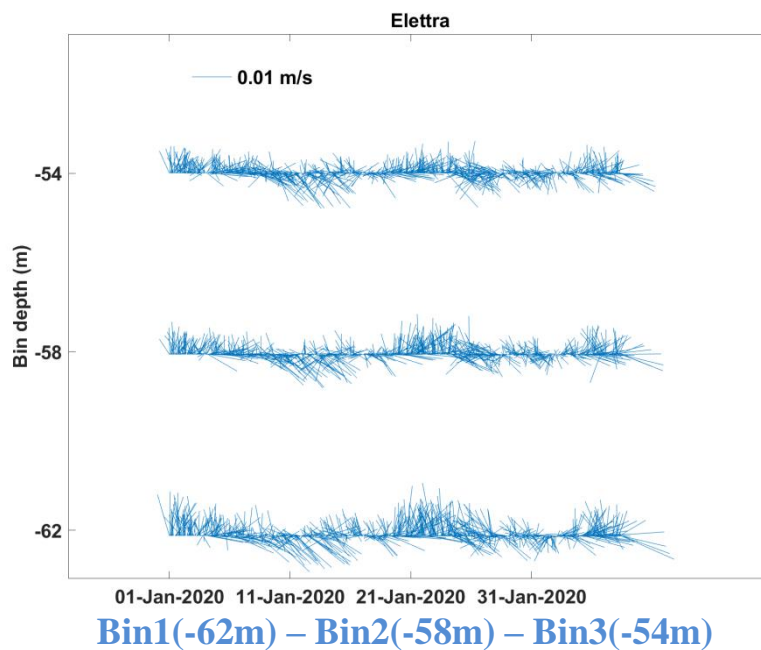


Fig. 3.36 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo 01/01 – 07/02/2020.

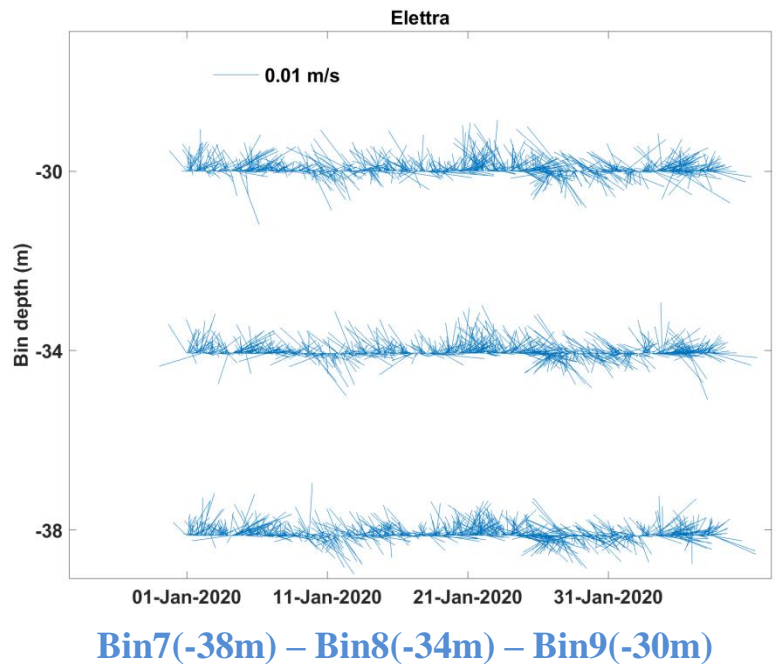
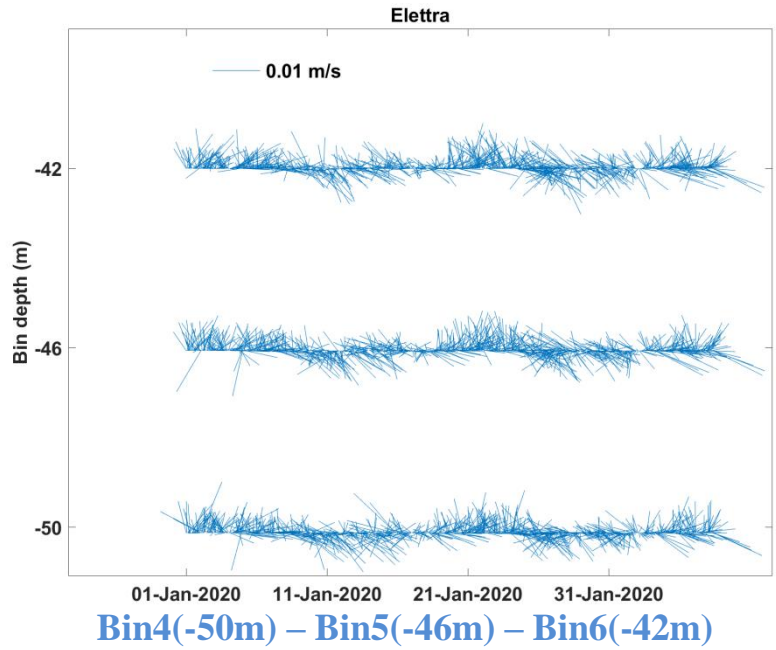


Fig. 3.36 – Continuo.

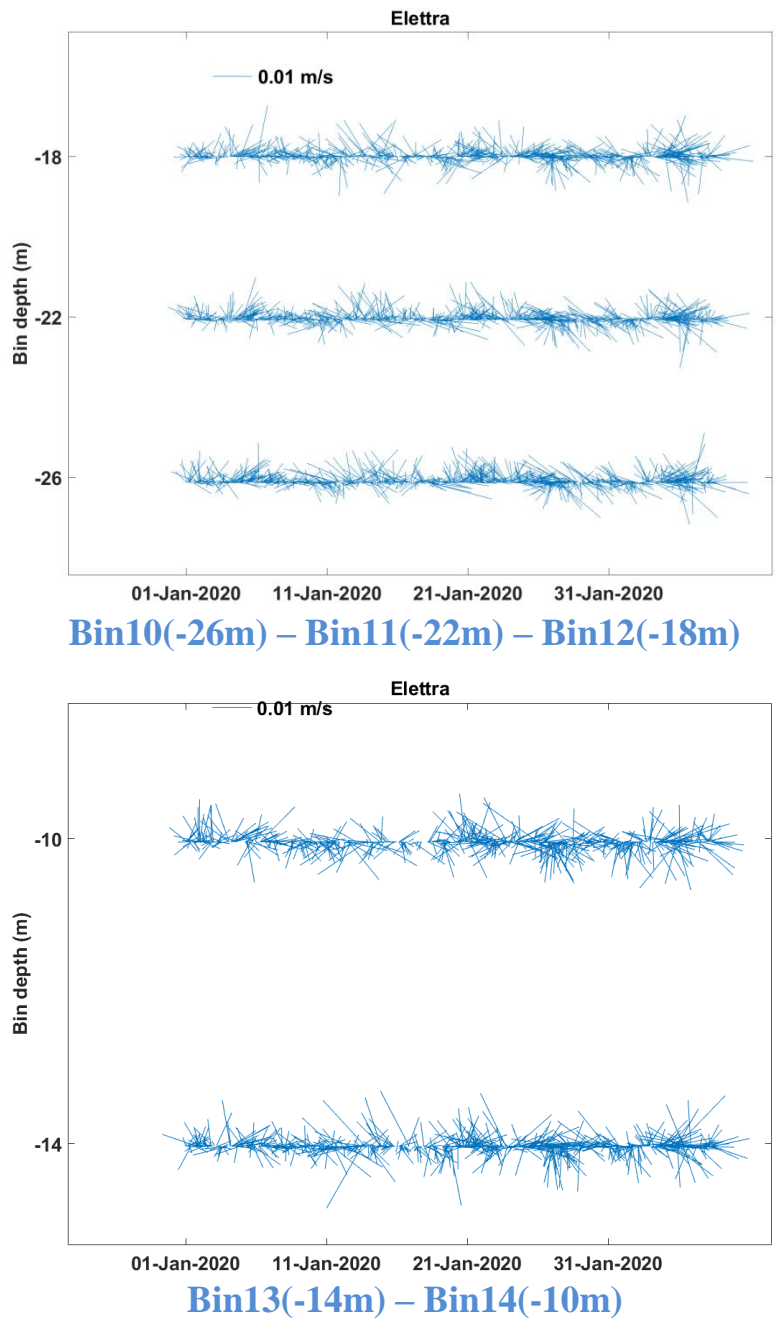


Fig. 3.36 – Continuo.

Nel 2° semestre 2020 (figg. 3.37 – 3.39), da agosto a dicembre, la corrente ha mantenuto un andamento prevalentemente settentrionale presentando anche in questo periodo sporadiche rotazioni verso Sud, anche se in agosto la situazione si è invertita essendo la direzione principale verso Sud con rotazioni verso Nord (velocità fino a 0,15 m/s). Durante il mese di settembre la direzione prevalente è tornata settentrionale con velocità fino a 0,2 m/s, ruotando poi verso Sud e Sud-Est in ottobre, quando sono stati registrati al massimo velocità di 0,15 m/s. Successivamente, nel mese di novembre la direzione della corrente è tornata prevalentemente verso Nord, con picchi

di velocità fino a 0,2 m/s negli strati superficiali. Infine, a dicembre è avvenuto un ulteriore cambiamento nella direzione, diventata verso Sud-Est con rotazioni verso Nord e velocità inferiori a 0,1 m/s.

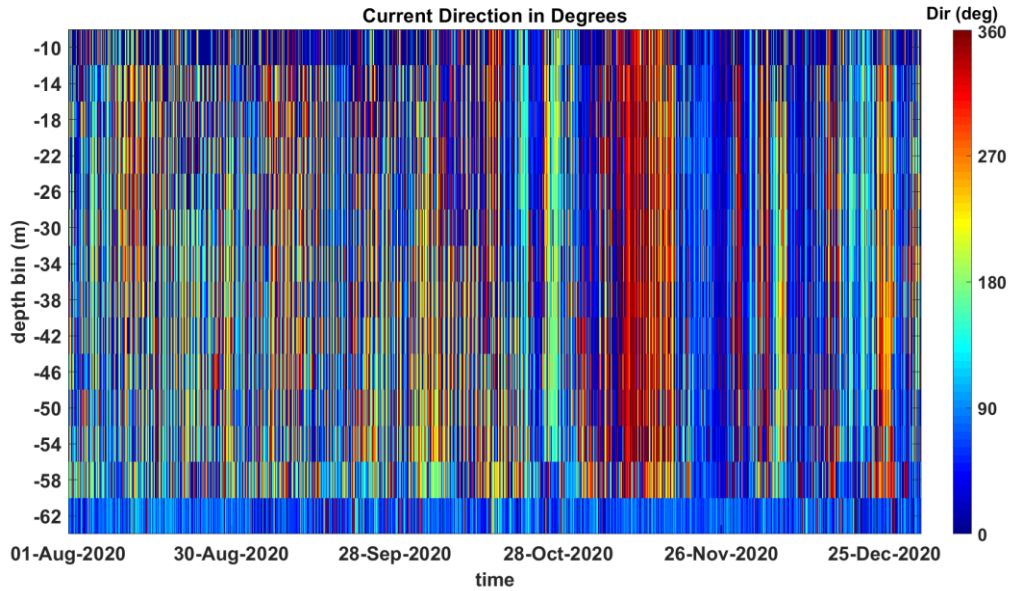


Fig. 3.37 - Contour Plot della direzione della corrente nel periodo 01/08 – 31/12/2020.

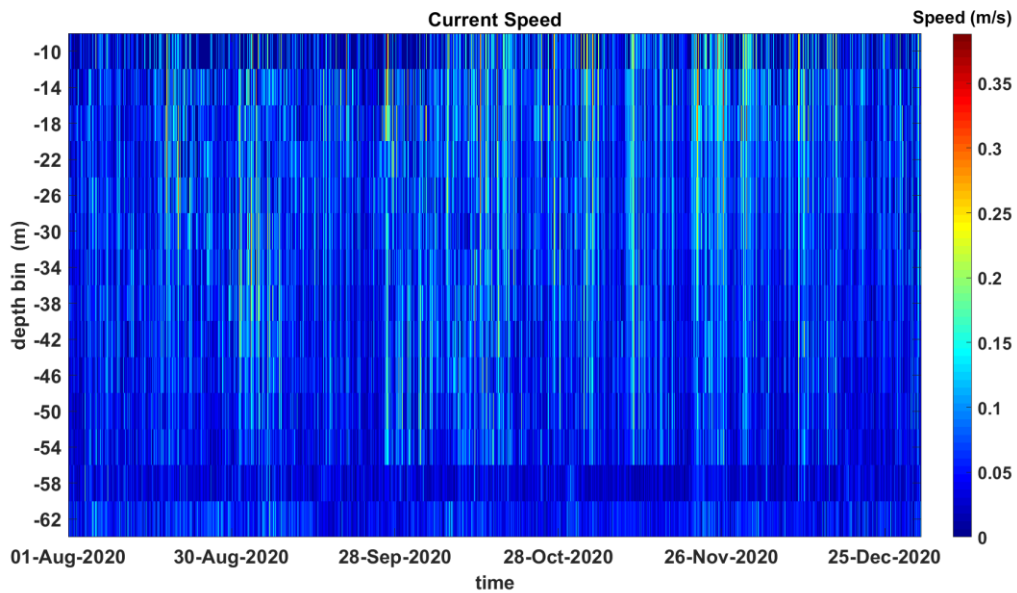


Fig. 3.37 - Contour Plot della velocità della corrente nel periodo 01/08 – 31/12/2020.

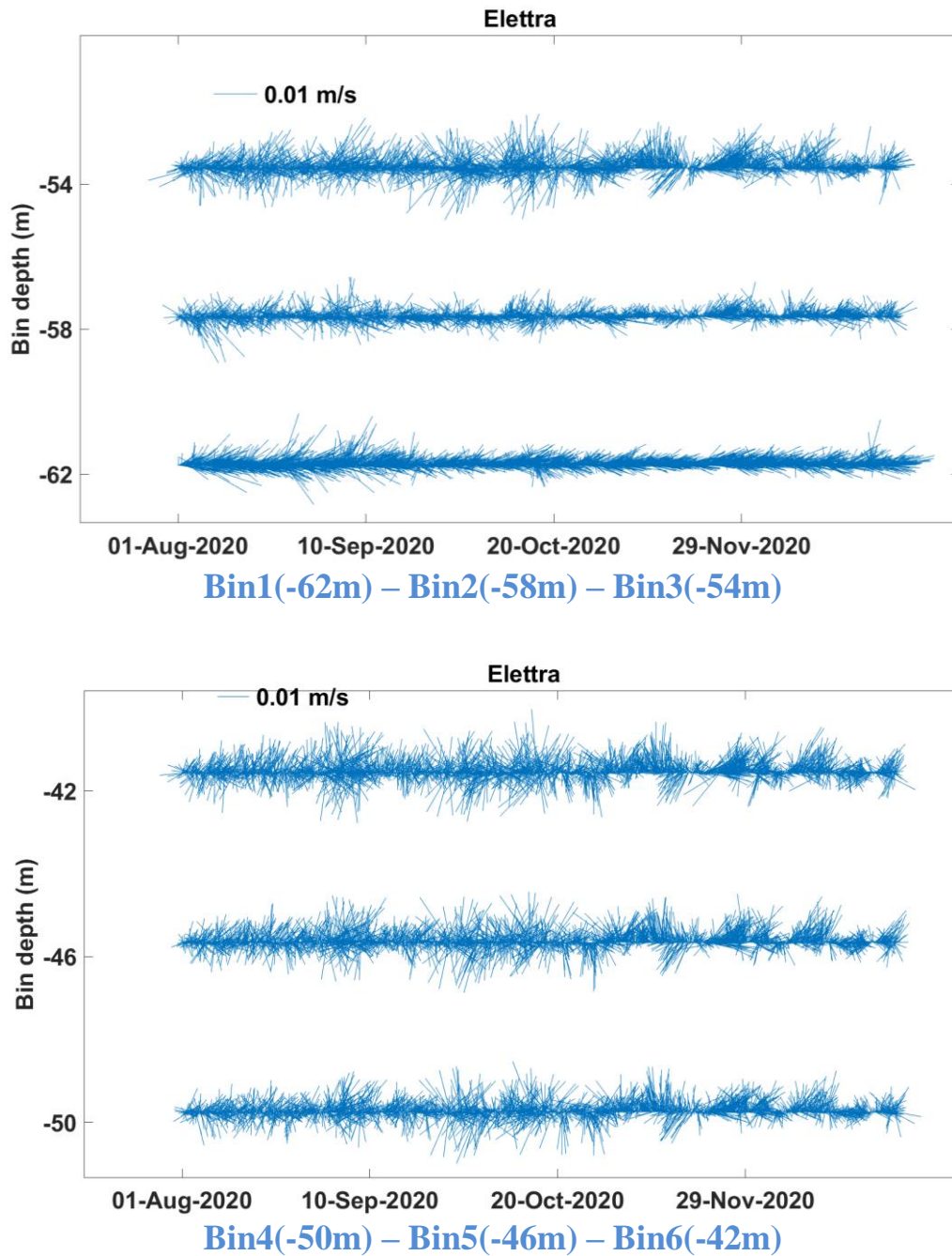


Fig. 3.39 - Stickplot delle correnti (medie giornaliere) lungo la colonna d'acqua (dal fondo verso la superficie) ottenuti con il correntometro ADCP nel periodo 01/08 – 31/12/2020.

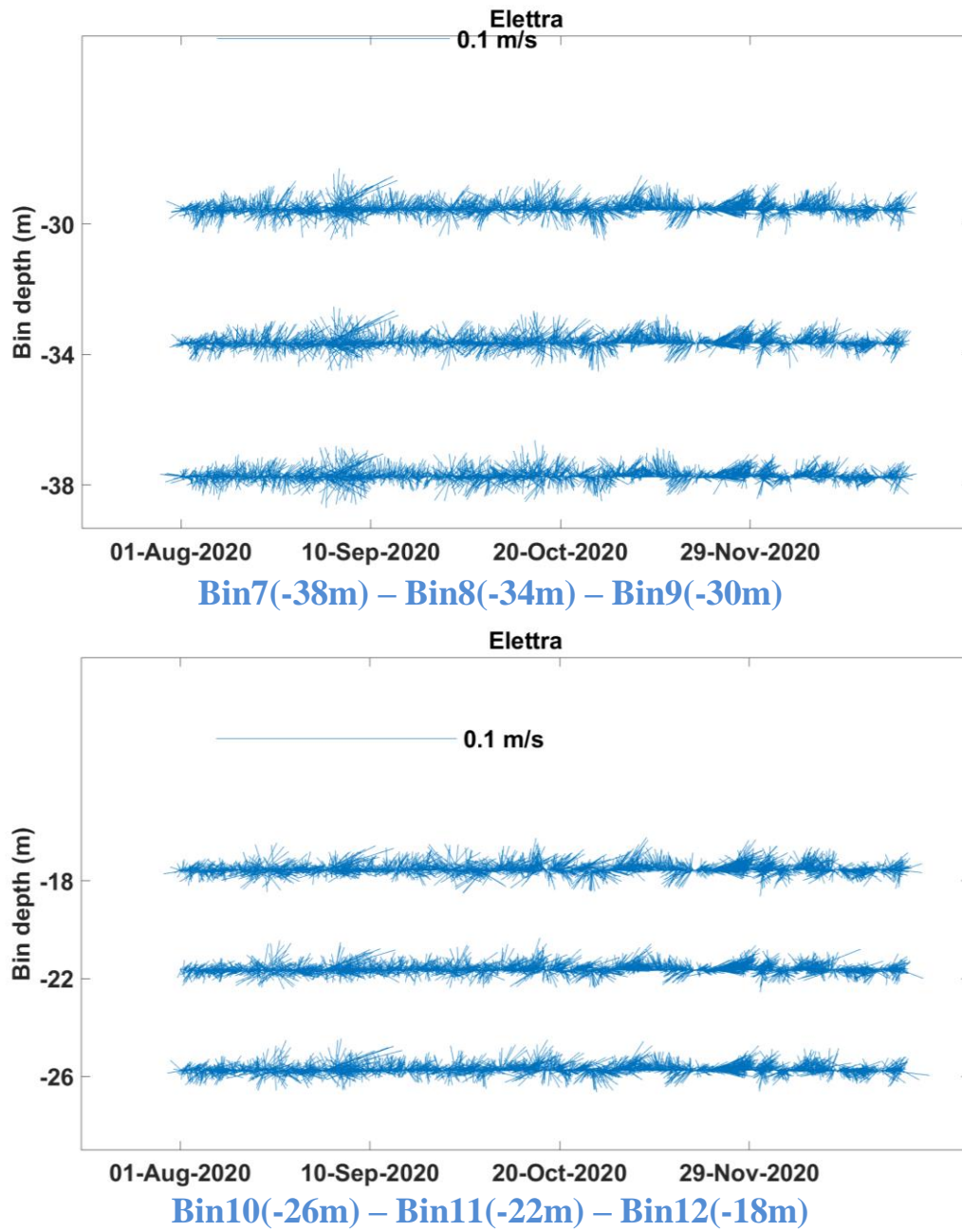


Fig. 3.39 – Continuo.

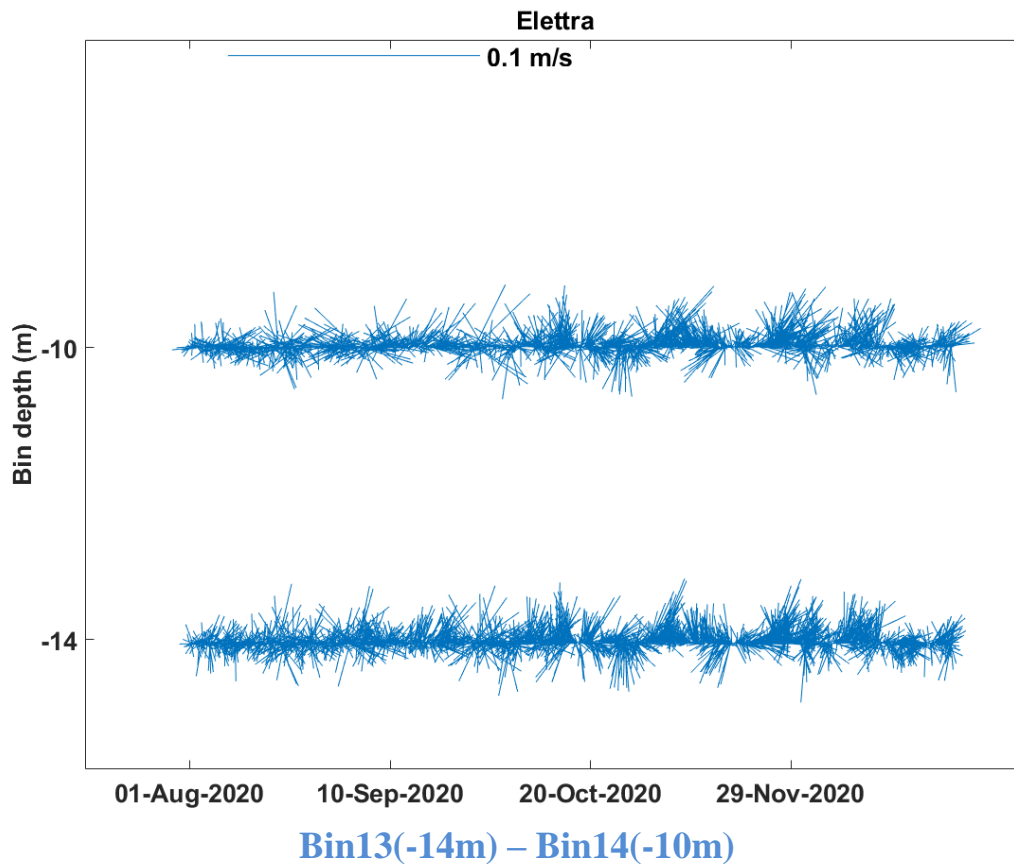


Fig. 3.39 – Continuo.

Infine, l'andamento della temperatura rilevata dall'ADCP alla quota di fondo (fig. 3.40) ha presentato un decremento dei valori pressoché costante durante il mese di gennaio passando da circa 16°C a 14,5°C, riducendosi più bruscamente a inizio febbraio di circa 0,5°C. Ad agosto sono stati registrati sul fondo 14°C che sono rimasti pressoché costanti sino a settembre (fig. 3.41). Ad ottobre è iniziato un riscaldamento dell'acqua nello strato di fondo sino a circa 15°C, diventato più consistente a novembre e dicembre quando la temperatura si è attestata intorno a 16°C confermando quanto registrato dal CTD, e quando sono stati raggiunti picchi di 18-19°C.

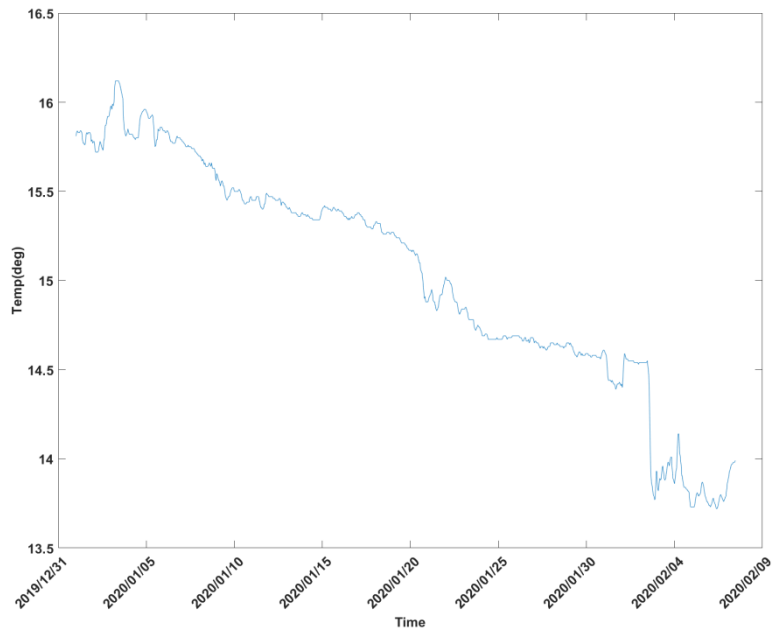


Fig. 3.40 - Andamento della temperatura registrata dal sensore dell'ADCP in prossimità del fondale nel periodo 01/01 – 07/02/2020.

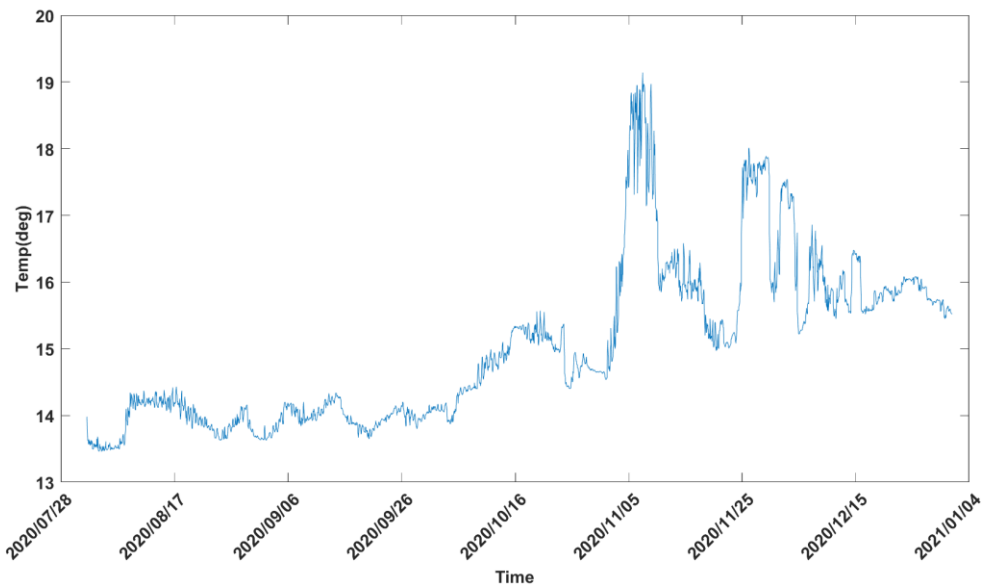


Fig. 3.41 - Andamento della temperatura registrata dal sensore dell'ADCP in prossimità del fondale nel periodo 01/08 – 31/12/2020.

4. CONCLUSIONI

In riferimento al DVADEC-2013-0000103 del 15/04/2013 emesso dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l'installazione della piattaforma Elettra e della condotta sottomarina collegante tale piattaforma al sea-line Bonaccia - Barbara C. Tale monitoraggio dal 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente srl di Carrara e UNIVPM.

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

Per quanto concerne la piattaforma, è stato proposto un monitoraggio comprendente indagini riguardanti la colonna d'acqua (caratteristiche fisiche e chimiche e studio delle correnti), i sedimenti (granulometria, idrocarburi policiclici aromatici, idrocarburi totali, metalli pesanti, sostanza organica, total organic carbon, ecotossicologia, bioaccumulo), la ricerca di inquinanti, lo studio di biomarkers e lo svolgimento di indagini ultrastrutturali in esemplari di *Mytilus galloprovincialis* insediati sulle parti sommerse della struttura, la composizione quali-quantitativa della comunità bentonica e del popolamento ittico, il rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini.

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

- a. Fase precedente alla posa in opera delle strutture (pre-survey);
- b. Fase di installazione della piattaforma e perforazione dei pozzi;

- c. Fase di esercizio;
- d. Fase di fine esercizio.

Nelle fasi di pre-survey e di costruzione sono stati condotti campionamenti semplificati in termini sia di numero di stazioni, sia di tipologia di indagine, rispetto alla fase post lavori.

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

Nel presente rapporto sono descritti i risultati conseguiti per la sola colonna d'acqua (inclusi quelli correntometrici) nel 2020, confrontati brevemente con quelli del 2019. Si specifica che nel 1° semestre vi è stata l'emergenza COVID-19 e il conseguente lockdown che ha interessato l'intero territorio nazionale, a causa del quale è stato possibile condurre solo una campagna di misure nel mese di febbraio. Nel 2° semestre le campagne previste sono state regolarmente condotte.

Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua – Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua osservate nel 2020 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Elettra sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2014; 2015b; 2016b; 2016c; 2016d; 2016e; 2017b; 2018a; 2018b; 2019; 20; Spagnolo *et al.*, 2021c; 20221d; 2021e).

Dal confronto dei valori medi annuali, nel 2020 è stato registrato un lieve aumento di temperatura e salinità rispetto al 2019 mentre sono risultati confrontabili l'attività fotosintetica e la distribuzione di ossigeno disciolto che non ha evidenziato condizioni di ipossia o anossia.

Le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998; Marini *et al.*, 2008). Non sono emerse differenze significative tra le stazioni in prossimità della piattaforma e quelle posizionate a 2000 m di distanza. Tutti i nutrienti hanno presentato mediamente concentrazioni contenute. Considerando il 1° semestre, i contenuti medi di ammonio e fosfati relativi al 2020 sono risultati comparabili a quelli osservati in febbraio 2019, mentre le concentrazioni di nitrati e silicati sono risultate moderatamente più basse in febbraio 2020 e quella di nitriti leggermente maggiore.

Considerando la seconda parte dell'anno, rispetto al medesimo periodo del 2019 sono state raggiunte concentrazioni moderatamente più elevate nel 2020 per quanto riguarda i composti azotati, mentre i silicati sono risultati comparabili. I fosfati sono risultati invece più contenuti nel 2020, in particolare a dicembre 2020 rispetto a dicembre 2019.

Anche il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti precedenti. I valori maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo, in particolare in agosto e novembre, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006). Sia la concentrazione media di clorofilla *a* che quelle di clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) a febbraio sono risultate comparabili a quelle osservate in febbraio 2019, mentre nel secondo semestre sono risultate più contenute rispetto all'anno precedente. A differenza dell'estate 2019, in cui i valori massimi sono stati osservati alle quote superficiali, nell'estate 2020 i valori massimi sono stati riscontrati al fondo in tutte le stazioni della piattaforma, come confermato dai profili di fluorescenza e da un aumento corrispondente di carico sospeso totale. Le concentrazioni sono rientrate comunque nei range precedentemente osservati e noti per il bacino (Zavatarelli *et al.*, 1998) 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 Elettra per per i vari parametri analizzati. In definitiva, non sono apparse evidenti delle alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Elettra, confermando i risultati precedenti.

Dall'analisi degli inquinanti rilevate nel 2020 non sono emerse particolari criticità così come nel 2019. Sostanzialmente le distribuzioni sono risultate spazialmente omogenee, anche perchè le differenziazioni statistiche molto spesso non sono state possibili a causa della dispersione dei dati. In particolare, non è stato possibile evidenziare una significativa diversità delle stazioni di piattaforma rispetto a quelle di controllo.

I valori di concentrazione sono risultati generalmente bassi, spesso al di sotto del limite di rilevabilità.

Alla luce di quanto osservato si può concludere che anche nel 2020 le concentrazioni di inquinanti lungo la colonna d'acqua e la loro distribuzione geografica non hanno



evidenziato effetti perturbativi significativi della piattaforma Elettra sull'ambiente marino.

Misure correntometriche - Nel 1° semestre 2020 è stato possibile analizzare i dati correntometrici solo nell'intervallo di tempo 01/01 – 07/02 a causa della perdita dello strumento causato dal recupero da parte di ignoti. Nel 2° semestre, invece, non sono disponibili i dati relativi al mese di luglio per problemi tecnici. Come già rilevato a partire dalla fase di produzione della piattaforma, anche nel 2020 la corrente sia superficiale che di fondo è risultata molto variabile in direzione, oscillando tra i quadranti settentrionali e quelli meridionali a causa della posizione di Elettra praticamente al centro dell'Adriatico, zona non influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell'Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Comunque, nel tempo la direzione prevalente è stata settentrionale. Le intensità sono sempre state relativamente costanti e modeste, intorno a 0,1-0,2 m/s.

5. BIBLIOGRAFIA

- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1492– 1514.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515– 1532.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake bay institute technique for the winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- 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., Boldrin A., Campanelli A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2014. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell’area interessata dall’installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. Pre-survey (ottobre-dicembre 2013). Indagini fisiche e chimiche della colonna d’acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1.* Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 119 + XXXI pp.

- Fabi G., 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., Boldrin A., De Ranieri S., Santelli A., Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Fase di installazione (I semestre 2014). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, Ecotossicologia e Indagini sulla comunità bentonica*. Rapporto n. 3. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 124 + XXVII pp.
- Fabi G., 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., Boldrin A., De Biasi A.M, Gaetani A., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2014)*. Rapporto n. 4. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 219 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Polidori P., Santelli A., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 1° anno della fase di produzione - Rapporto finale (luglio 2014 - giugno 2015)*. Rapporto n.5. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 241 + LV pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., Spagnolo A. 2016d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma e del sea-line collegante Elettra con la condotta Bonaccia - Barbara C. 2° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2015)*. Rapporto n.6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LXVI pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Leoni S., Spagnolo A. 2016e. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 2° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n.7*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 222 + LVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., 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., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale (luglio - dicembre 2016)*. Rapporto n.9. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 177 + LV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Ferrà Vega C., Gaetani A., Kozinkova L. 2018a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra*.

- Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 3° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 12.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 224 + XLVI pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Scanu M., Tasseti A.N. 2018b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale. Rapporto n. 13.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 188 + LV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Montagnini L., Scanu M., Tasseti A.N. 2019. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 4° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 14.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 273 + LVIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A., Scanu M. 2020. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto semestrale - Rapporto n. 15.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 179 + LVI pp.
- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- Khoo K.H., Culbertson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.
- Leonori I., De Marco R., Biagiotti I., Costantini I. 2014. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Elettra.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 94 pp.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113: C05S90. doi:10.1029/2007JC004370
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino.* Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020. *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., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto finale 4° anno (2019). Rapporto n. 15.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 303 + CXIX 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., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16.*

- Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G. 2021d. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua anno 2019. Rapporto n. 17.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 95 + X pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2021e. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Indagini sulla colonna d'acqua. Rapporto semestrale 2020. Rapporto n. 18.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 43 + X pp.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater.* Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data.* Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 pp.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 3225.
- Wang X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Contin. Shelf Res.*, 27(5): 613–633.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



ALLEGATO A

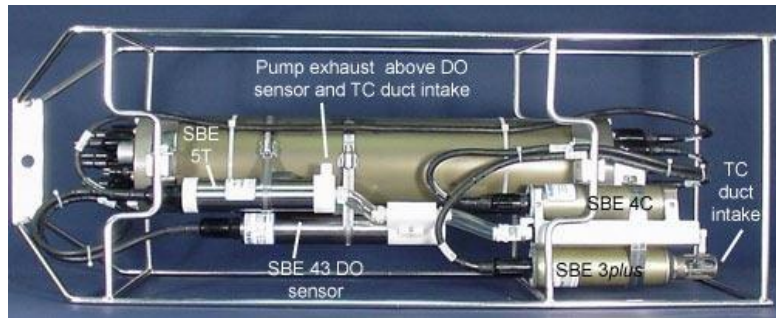
STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE

INDAGINI

A1

INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

A1-I SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Data ultima calibrazione
Temperatura	Sea Bird Electronics	SBE 3 plus	$\pm 0,001$ °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.

* with Reversing Thermometer Assembly

		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

A1-II ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



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

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



A1-III OSSIGENO DISCIOLTO

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



Potenzialità analitiche

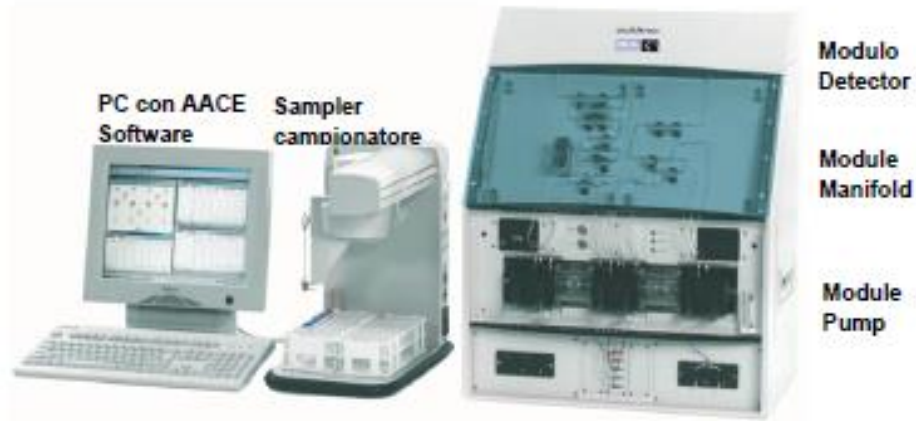
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria,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

Panoramica delle principali funzioni

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

A1-IV NUTRIENTI

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



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

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

A1-V HPLC

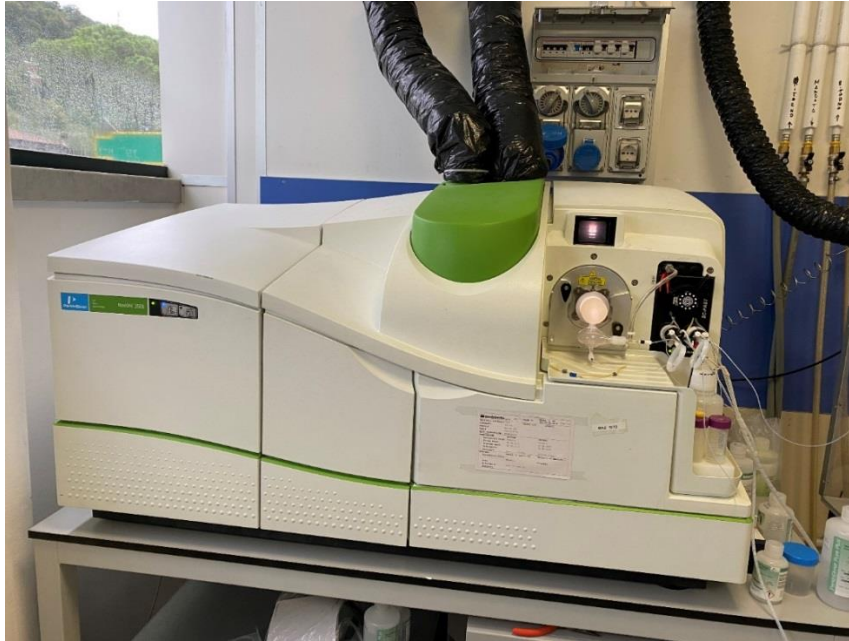
High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



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

A1-VI ANALISI METALLI PESANTI

Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X



Autocampionatore MASN8140044 ESI



A1-VII ANALISI SILICIO

Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV



A1-VIII ANALISI BTEX

Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B



A1-IX IDROCARBURI TOTALI

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



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



A1-X IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)

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

