



**AGROLAB GROUP**  
Your labs. Your service.



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

# MONITORAGGIO AMBIENTALE CAMPO CLARA NW

### MONITORAGGIO DELL'AREA INTERESSATA DALL'INSTALLAZIONE DELLA PIATTAFORMA CLARA NW

FASE DI PRODUZIONE

RAPPORTO FINALE 2021  
COLONNA D'ACQUA

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

MARTINA KRALJ

MARIA SAGGIOMO

VERA SALVALAGGIO

GIUSEPPE SIENA

ANCONA, 2022



## PARTECIPANTI AL PROGRAMMA

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

## COMPARTO COLONNA D'ACQUA

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

## INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	MATERIALI E METODI.....	4
2.1.	CAMPIONAMENTO IN MARE.....	4
2.1.1.	CARATTERISTICHE CHIMICHE E FISICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	4
2.1.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	7
2.2.	ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI .....	8
3.	RISULTATI.....	17
3.1.	CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA .....	17
3.1.1.	TEMPERATURA, SALINITÀ, TORBIDITÀ, OSSIGENO DISCIOLTO E FLUORESCENZA INDOTTA .....	30
3.1.2.	NUTRIENTI.....	31
3.1.3.	PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO .....	43
3.1.4.	IDROCARBURI TOTALI, IDROCARBURI ALIFATICI, IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI, BTEX .....	54
3.1.5.	GLICOLE ETILENICO .....	60
3.1.6.	METALLI PESANTI.....	60
3.1.7.	CONSIDERAZIONI DI SINTESI.....	67
3.1.7.1	Indagini fisiche, chimiche e biologiche.....	68
3.1.7.2	Indagini sugli inquinanti.....	71
3.2.	MISURE CORRENTOMETRICHE.....	82
4.	CONCLUSIONI .....	86
5.	BIBLIOGRAFIA .....	90
	ALLEGATO A Strumentazione utilizzata nelle indagini .....	I

## 1. INTRODUZIONE

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. - UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Clara NW della condotta sottomarina collegante tale piattaforma alla già esistente Calipso. Tale monitoraggio dal 2019 è stato condotto dal RTI costituito dal CNR-IRBIM (Mandatario) e dai Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, UNIVPM e AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara.

Clara NW è installata in Adriatico centrale, a circa 45 km in direzione Est dalla costa marchigiana al largo di Ancona su un fondale siltoso di circa 75 m. La condotta collegante le piattaforme Clara NW e Calipso si estende per circa 13 km in direzione ESE-WNW e ricade nella stessa fascia sedimentologica di Clara NW.

L’area in cui sono poste le strutture è particolarmente interessante dal punto di vista idrodinamico in quanto, trovandosi sulla mid-line, non è influenzata in maniera consistente dalla circolazione generale dell’Adriatico (verso Nord nel versante croato e verso Sud in quello italiano). Tuttavia, in alcuni periodi dell’anno può essere soggetta a un maggiore idrodinamismo dovuto al passaggio sul fondo di acque dense formatesi nel Nord Adriatico durante la stagione invernale con proprietà chimico-fisiche differenti da quelle presenti in zona e che possono modificare le caratteristiche biogeochimiche e la distribuzione spaziale dei sedimenti. La parte più superficiale, vista l’ubicazione della piattaforma, può essere interessata da eventi di Bora anche abbastanza consistenti, che possono determinare variazioni brusche di correnti nella parte più superficiale della colonna d’acqua (10-20 m). Sulla base di tali considerazioni e delle esperienze condotte e/o tuttora in corso dal CNR-IRBIM presso strutture analoghe situate in Adriatico centrale e settentrionale (Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022a) e delle prescrizioni dell’ARPAM, per quanto concerne la piattaforma si è ritenuto opportuno proporre un programma di monitoraggio comprendente le seguenti indagini:

1. caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d’acqua (correnti, temperatura, salinità,

- ossigeno disciolto, sali nutritivi, fluorescenza, inquinanti, ecc.);
2. caratteristiche delle comunità fito- e zooplanctoniche (come da indicazioni ARPAM del 06/02/2015, Prot. 003920);
  3. caratteristiche fisiche e chimiche dei sedimenti presenti nel fondo mobile circostante;
  4. ecotossicologia dei sedimenti circostanti;
  5. caratteristiche delle comunità bentoniche presenti nei sedimenti circostanti;
  6. analisi di inquinanti in organismi marini (*Hediste diversicolor*);
  7. analisi di inquinanti e di biomarker in organismi marini insediati sulle parti sommerse della piattaforma (*Mytilus galloprovincialis*);
  8. evoluzione del popolamento ittico;
  9. rilevamento del passaggio di cetacei e rettili marini.

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

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

In base a quanto riportato nel Decreto n. 0000227 del Ministero Ambiente a partire dal 1° semestre 2021, corrispondente al 6° anno post lavori di installazione della piattaforma, sarebbero proseguiti esclusivamente i campionamenti della colonna d'acqua. Tuttavia, nel 1° semestre 2020 le indagini relative agli aspetti fisici, chimici ed ecotossicologici dei sedimenti e quelle sul bioaccumulo e biomarker in organismi marini (*Hediste diversicolor* e *Mytilus galloprovincialis*) non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 (Spagnolo *et al.*, 2022b). Dunque, esse sono state ripetute nel 2021 (Spagnolo *et al.*, 2022c).

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

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

Fase	Comparti d'indagine	Piattaforma Clara NW
<b>Ante operam</b>	Colonna acqua	1-3 survey
	Comunità planctoniche	1-3 survey
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Rilevamento cetacei	3-5 survey
<b>Cantiere</b>	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Comunità planctoniche	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei	*
<b>Esercizio</b>	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
<b>Pre smantellamento</b>	Colonna d'acqua	**
	Sedimenti	1 survey
	Ecotossicologia dei sedimenti	1 survey
	Comunità bentonica	1 survey
	Comunità ittica	3 survey
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
<b>Smantellamento</b>	Colonna acqua	Per tutta la durata della fase
	Sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Ecotossicologia dei sedimenti	Per tutta la durata della fase
	Comunità bentonica	Per tutta la durata della fase
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione
<b>Post smantellamento</b>	Colonna acqua	1 anno
	Sedimenti	3 anni
	Ecotossicologia dei sedimenti	3 anni
	Comunità bentonica	3 anni
	Comunità ittica	3 anni
	Rilevamento cetacei	Ad ogni occasione

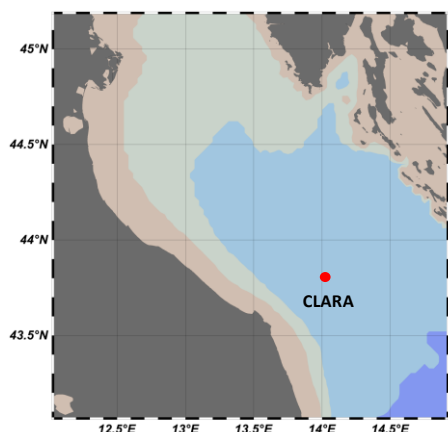
\* Monitoraggio in continuo da parte di operatori MMO (rif. DM punto A.7-a) (risultati in Leonori *et al.*, 2016)

\*\* Incluso nella fase di Esercizio

## 2. MATERIALI E METODI

Come già accennato nel Cap. 1, la piattaforma Clara NW è ubicata a circa 45 km al largo di Ancona a una profondità di circa 75 m (fig. 2.1). Le coordinate del punto in cui è avvenuta l'installazione della struttura sono riportate in Tab. 2-I.

I lavori di messa in opera sono iniziati nel maggio 2015 e sono terminati a fine dicembre dello stesso anno.



**Fig. 2.1** - Ubicazione della piattaforma Clara NW.

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

Sito	Coordinate Geografiche
Piattaforma Clara NW	43° 48' 07,723''N 14° 01' 23,862''E

### 2.1. CAMPIONAMENTO IN MARE

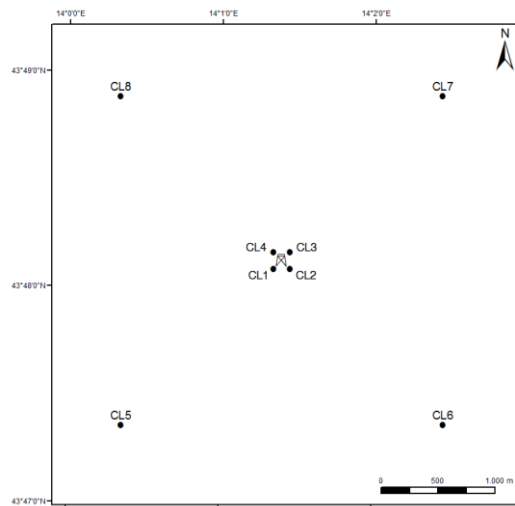
#### 2.1.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Il campionamento, come da disciplinare tecnico, è stato effettuato in 8 stazioni disposte a croce lungo le direttrici NW-SE e NE-SW e aventi come punto di intersezione la piattaforma, di cui 4 poste entro un raggio di 100 m dalla piattaforma stessa e 4 a una distanza di circa 2000 m da essa (fig. 2.1; Tab. 2-I).



In tutte le stazioni sono stati misurati parametri in continuo mediante una sonda multiparametrica SEA-BIRD modello SBE 911plus CTD (All. A1) che, in aggiunta ai sensori standard di pressione, temperatura e conducibilità, è stata equipaggiata con un sensore di ossigeno SBE43 per la determinazione della concentrazione di ossigeno disciolto, ed un fluorimetro/turbidimetro WET-Labs ECO FLNTURTD per la misurazione della concentrazione di clorofilla *a* e per la determinazione simultanea del particolato sospeso (TSM), attraverso misure di retrodiffusione (backscattering). Completa la dotazione un altimetro Teledyne Benthos PSA-916, per l'utilizzo in sicurezza della sonda in prossimità del fondale. La sonda è stata sottoposta a calibrazione presso il laboratorio del Centro di Taratura e Metrologia Oceanografica (CTMO) dell'OGS per i parametri di temperatura e conducibilità prima di iniziare il monitoraggio. Ulteriori calibrazioni sono previste ogni 4 mesi di attività. I sensori di ossigeno disciolto, fluorescenza e torbidità sono stati calibrati con i campioni raccolti *in situ* durante ogni campagna e analizzati rispettivamente per il contenuto di ossigeno disciolto (metodo Winkler), di pigmenti clorofilliani (Chl, metodo HPLC) e per il contenuto di materiale particolato totale (TSM, metodo gravimetrico). La sonda ha una frequenza di acquisizione di 24 serie di dati al secondo (24 Hz).



**Fig. 2.2** - Schema di campionamento adottato per le indagini idrologiche nella fase di produzione di Clara NW.

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

- profondità (pressione);
- temperatura;

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

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

Nome Stazione	Distanza da Clara NW (m)	Posizione rispetto alla piattaforma	Coordinate geografiche
CL1	100	SW	43° 48' 05"N 14° 10' 21"E
CL2	100	SE	43° 48' 05"N 14° 10' 27"E
CL3	100	NE	43° 48' 10"N 14° 10' 27"E
CL4	100	NW	43° 48' 10"N 14° 10' 21"E
CL5	2000	SW	43° 47' 21"N 14° 00' 21"E
CL6	2000	SE	43° 47' 22"N 14° 20' 28"E
CL7	2000	NE	43° 48' 54"N 14° 20' 26"E
CL8	2000	NW	43° 48' 53"N 14° 00' 20"E

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

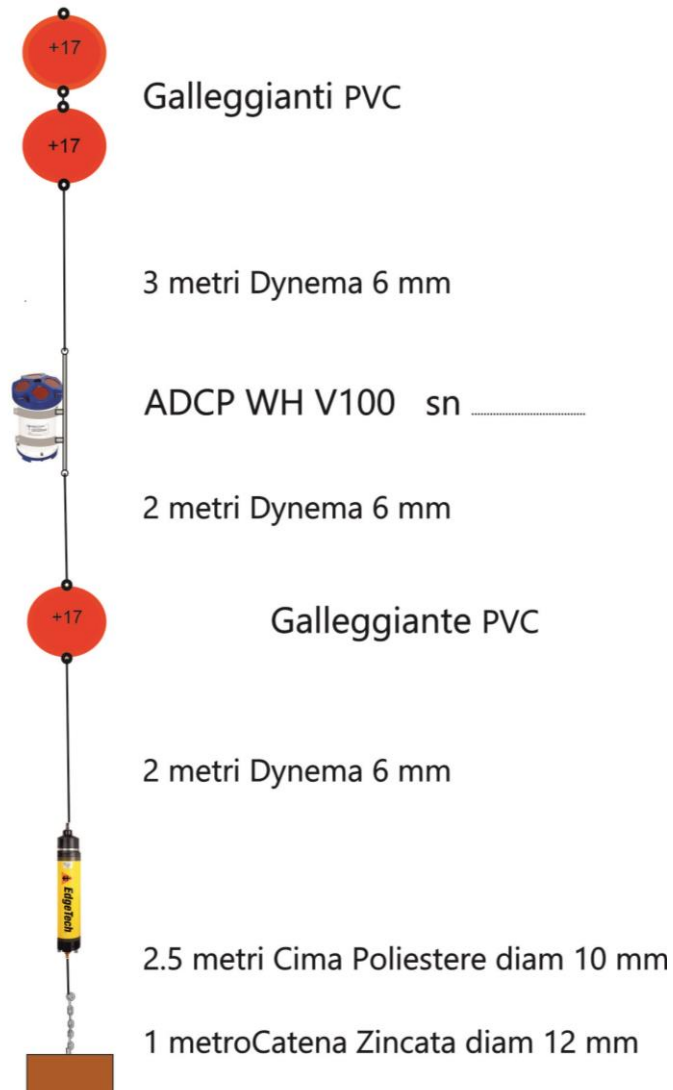
- ossigeno disciolto tramite metodo Winkler;
- azoto inorganico come Ammoniaca, Nitriti e Nitrati;
- fosforo inorganico disciolto come Ortofosfato;
- silicio inorganico disciolto come Ortosilicato;
- carico solido totale come peso secco;
- concentrazione di pigmenti clorofilliani;
- Idrocarburi totali;
- Idrocarburi alifatici (IA);
- Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA);
- Solventi organici aromatici (BTEX);
- metalli pesanti (alluminio, arsenico, bario, cadmio, cromo, ferro, indio, mercurio, nichel, piombo, rame, silicio, vanadio, zinco);
- glicole etilenico.

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

delle analisi. I campioni dei nutrienti e i filtri per i solidi sospesi e per i pigmenti clorofilliani sono stati conservati a  $-20^{\circ}\text{C}$  fino al momento dell'analisi.

### 2.1.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Nel 2021 è stato posizionato un ormeggio correntometrico in prossimità di Clara NW (coordinate dell'ormeggio:  $43^{\circ}48,150'N$ ,  $14^{\circ}01,436'E$ ) a circa 75 m di profondità. Tale ormeggio era costituito da un correntometro acustico Teledyne RDI (All. A2) del peso in acqua di circa 13 kg, da tre boe di spinta in materiale plastico con spinta positiva di circa 20 kg ciascuna, da uno sganciatore acustico Edge Tech e da una zavorra di ferro a perdere di circa 110 kg (fig. 2.3).



**Fig. 2.3** - Schema dell'ormeggio correntometrico utilizzato per la misurazione delle correnti presso la piattaforma Clara NW.

Lo strumento è stato periodicamente controllato e i dati sono stati scaricati. Il correntometro acustico (ADCP), oltre a registrare la direzione e la velocità della corrente nei vari strati, misura la temperatura e la pressione nel luogo in cui è posizionato. La sua accuratezza è di circa 0,3 cm/s e la risoluzione di 0,1 cm/s. Lo strumento è stato settato per effettuare registrazioni ogni ora in 21 celle da 4 m, coprendo in questo modo gran parte della colonna d'acqua. A causa di un guasto tecnico i dati disponibili per il 2021 sono relativi al periodo 22 febbraio - 31 dicembre.

## 2.2. ANALISI DI LABORATORIO E ANALISI DEI DATI

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

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

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

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

concentrazione del tiosolfato è stata standardizzata con una soluzione standard di iodato di potassio fornita da OSIL (Ocean Scientific International Ltd, United Kingdom). La titolazione potenziometrica automatica è stata effettuata con titolatore Mettler Toledo T50 compact (All. A3); la concentrazione di ossigeno disciolto è stata espressa in ml/l. I risultati delle analisi di ossigeno disciolto effettuate sono stati utilizzati per calibrare i valori misurati dal sensore SBE 43 installato sulla sonda SBE 911plus CTD.

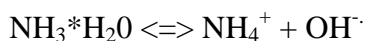
**Sali nutritivi** - Per la determinazione dei nutrienti inorganici (nitriti, nitrati, ammonio, ortofosfati e silicati), i campioni d'acqua di mare sono stati filtrati a bordo, su filtri in fibra di vetro (Watman GF/F, porosità nominale 0,7 µm), precombusti a 450°C per 4 h, raccolti in contenitori in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

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

La concentrazione dei nitriti (NO<sub>2</sub>) è stata determinata attraverso una reazione di diazocopolazione che produce un composto azotato rosso-violaceo, letto a 520 nm.

I nitrati (NO<sub>3</sub>) 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 ammoniacale.

L'equilibrio tra l'ammoniaca (NH<sub>3</sub>) e l'ammonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) 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<sub>4</sub><sup>+</sup>) e solo il 5% si trova come ammoniacale (NH<sub>3</sub>). A una temperatura di 10°C il contributo dell'ammoniaca si riduce al 2%. Per questo motivo nei risultati ci si riferisce all'azoto ammoniacale con ammonio (NH<sub>4</sub>).

Il fosforo reattivo (PO<sub>4</sub>) 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:

- $\text{NO}_2$ : 0,01  $\mu\text{M}$
- $\text{NO}_3$ : 0,02  $\mu\text{M}$
- $\text{NH}_4$ : 0,02  $\mu\text{M}$
- $\text{PO}_4$ : 0,01  $\mu\text{M}$
- $\text{Si}(\text{OH})_4$ : 0,02  $\mu\text{M}$

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  $\mu\text{m}$ ;  $\text{Ø}$  = 47 mm), immediatamente dopo il prelievo, in quantità variabile tra 3 e 4 L, in relazione alla concentrazione del particolato microalgale. Dopo la filtrazione i filtri, posti in crio-vials, sono stati rapidamente congelati in azoto liquido fino al momento delle analisi. La filtrazione è stata effettuata per depressione dove la differenza di pressione fra la parte inferiore e quella superiore del filtro non superava -25 KPa (circa 150 mm Hg) al fine di evitare la rottura delle cellule vegetali con la conseguente perdita di pigmenti.

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

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

**TSM (solidi sospesi totali)** - I campioni d'acqua per la determinazione dei solidi sospesi totali sono stati filtrati a bordo sotto leggera depressione su filtri in fibra di vetro Whatman GF/F ( $\varnothing = 47$  mm), pre-pesati su bilancia analitica Mettler XP6 e riposti in singoli portafiltri numerati. Per eliminare i residui salini il filtro è stato risciacquato nella fase finale della filtrazione del campione con acqua Milli-Q. Al termine della filtrazione i filtri sono stati conservati a  $-20^{\circ}\text{C}$  fino al momento dell'analisi. La determinazione in laboratorio del peso secco totale è avvenuta per via gravimetrica, dopo essiccazione a  $60^{\circ}\text{C}$  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. I valori di TSM sono stati utilizzati per calibrare i dati del sensore di torbidità WET-Labs ECO FLNTURTD installato sulla sonda SBE 911plus CTD per i profili in continuo.

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

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

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

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

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

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

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

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



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

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

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

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

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

- a) i composti che, dopo i processi di estrazione e purificazione, sono rivelati mediante GC-FID, su colonna capillare non polare con tempi di ritenzione compresi tra quelli del n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>22</sub>) e del n-tetracontano (C<sub>40</sub> H<sub>82</sub>) (frazione estraibile);
- b) i singoli idrocarburi, determinati mediante spazio di testa e analisi in gascromatografia con rivelatore FID, compresi tra n-pentano (C<sub>5</sub> H<sub>12</sub>) e n-decano (C<sub>10</sub> H<sub>12</sub>) inclusi (frazione volatile).

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

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

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

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

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

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

Lo strumento utilizzato è un Agilent, CTC PAL RSi 85, GC 7890B con detector FID, colonna DB-624 (All. A9).

**Idrocarburi Alifatici (IA)** - I campioni di acqua sono stati preparati utilizzando la stessa metodica di laboratorio appena descritta per l'analisi della frazione estraibile degli

Idrocarburi totali. Gli IA sono stati analizzati mediante gascromatografia accoppiata a rivelatore a fiamma (FID).

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

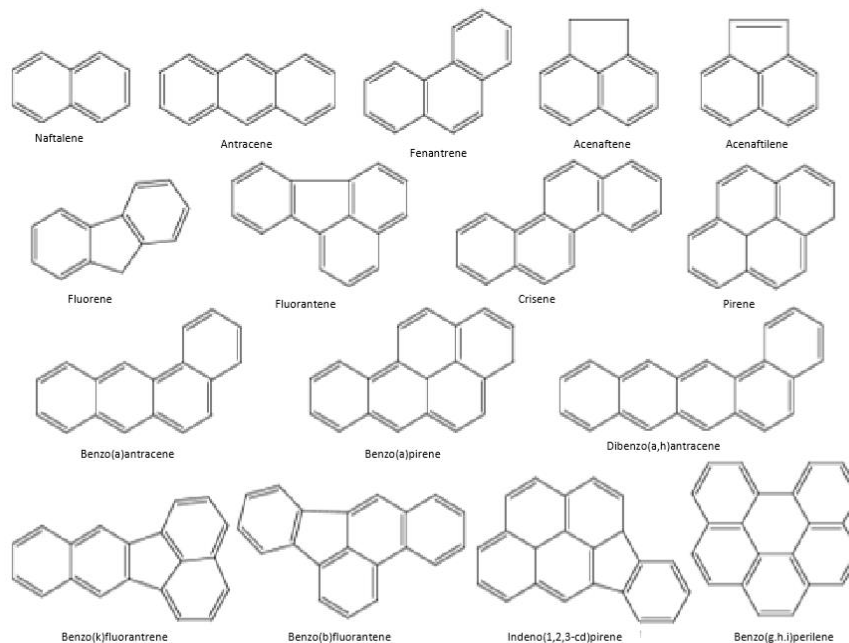
**Idrocarburi Policiclici Aromatici (IPA)** - Utilizzando un cilindro graduato si sono misurati 0.9 l di campione che sono stati travasati dal cilindro nell'imbuto separatore. Qui sono stati aggiunti 40 ml di diclorometano. Tale imbuto è stato agitato energicamente per circa 2', con sfiato periodico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

La concentrazione di 16 IPA (priority pollutants per la USEPA) (Naftalene, Acenaftene, Acenaftilene, Fluorene, Fenantrene, Antracene, Fluorantene, Pirene, Benzo(a)antracene, Crisene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(k)fluorantene, Benzo(a)pirene, Dibenzo(a,h)-antracene, Benzo(g,h,i)perilene, Indenopirene) (fig. 2.4) è stata determinata con sistema GC-MS/MS.

La colonna cromatografica utilizzata è la DB-EUPAH e il rivelatore uno spettrometro di massa a triplo quadrupolo. Il limite di rilevabilità è compreso fra 0,0001 e 0,0006 µg/l. Campioni di bianco sono stati eseguiti per l'intera procedura. Recupero e precisione sono stati validati con campioni di riferimento certificati e verificati per ogni sequenza analitica con appositi campioni QC. L'introduzione in fase di estrazione di uno standard surrogato garantisce che per ciascun campione l'estrazione sia stata condotta con successo. La metodica è stata ulteriormente verificata tramite periodica attività di intercalibrazione internazionale.

Lo strumento utilizzato è un sistema GC-MS/MS (triplo quadrupolo) Agilent con

autocampionatore G4513A, GC 7890B, QqQ 7000C con montata colonna DB-EUPAH (All. A10).



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

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

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

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

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

### 3. RISULTATI

#### 3.1. CARATTERISTICHE FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

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

Nella campagna di **febbraio** (fig. 3.1) la distribuzione della temperatura è risultata piuttosto uniforme, con valori in lieve diminuzione dalla superficie (media  $\pm$  dev.st.;  $13,61 \pm 0,09^\circ\text{C}$ ) al fondo ( $12,71 \pm 0,04^\circ\text{C}$ ).

Valori piuttosto costanti lungo l'intera colonna d'acqua sono stati rilevati anche per la distribuzione della salinità in tutte le stazioni ( $38,89 \pm 0,01$  psu).

L'omogeneità di questi due parametri è stata confermata anche dalle mappe areali (fig. 3.2).

La torbidità (fig. 3.1) ha fatto registrare valori molto bassi e uniformi in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni fino circa 60 m di profondità ( $0,2 \pm 0,0$  mg/l), in rapido aumento fino ai massimi al fondo (massimo 1,3 mg/l, stazione CL6).

Anche l'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.1) è stato omogeneo e  $>100\%$  ovunque fino a circa 30 m di profondità, generalmente decrescente verso valori minimi e uniformi al fondo (media  $95,6 \pm 0,4\%$ ).

La fluorescenza (fig. 3.3) è risultata bassa in superficie ( $\leq 0,6$   $\mu\text{g/l}$ ), in aumento fino a un debole picco registrato a circa 50 m di profondità (massimo 0,9  $\mu\text{g/l}$ , stazione CL2) e nuovamente in diminuzione verso il fondo.

Nel mese di **marzo** (fig. 3.4) la distribuzione verticale della temperatura non si è discostata in modo rilevante dal mese precedente, mostrando in tutte le stazioni profili piuttosto omogenei in tutta la colonna d'acqua, con piccole differenze tra la superficie ( $13,01 \pm 0,18^\circ\text{C}$ ) e il fondo (media  $12,66 \pm 0,02^\circ\text{C}$ ).

I profili di salinità hanno evidenziato una distribuzione generalmente uniforme ovunque su tutta la colonna d'acqua ( $38,89 \pm 0,03$  psu), con piccole differenze nei valori medi tra le stazioni ( $\Delta s_{\text{max}} = 0,13$  psu).

Le mappe areali (fig. 3.5) hanno confermato la distribuzione pressoché omogenea della temperatura e la presenza di valori leggermente più elevati in superficie rispetto al fondo.

Analogamente, la distribuzione della salinità è risultata uniforme ad entrambe le quote (superficie:  $38,88 \pm 0,03$  psu; fondo:  $38,93 \pm 0,01$  psu).

Anche la torbidità (fig. 3.4) è risultata omogenea e molto bassa dalla superficie al fondo, con valori attorno a 0,3 mg/l.

Situazione analoga per i profili verticali dell'ossigeno disciolto (fig. 3.4), che sono risultati confrontabili in tutte le stazioni ( $99,3 \pm 1,1\%$ ).

La fluorescenza (fig. 3.6) è apparsa caratterizzata da valori molto bassi in superficie (media 0,3  $\mu\text{g/l}$ ) e in lieve aumento verso il fondo (massimo 0,6  $\mu\text{g/l}$ , CL6).

A **maggio** (fig. 3.7) la distribuzione della temperatura ha riflettuto l'inizio del processo stagionale di stratificazione della colonna d'acqua, mostrando ovunque valori più elevati in superficie ( $15,27 \pm 0,22^\circ\text{C}$ ) in progressiva diminuzione verso i minimi al fondo ( $12,88 \pm 0,03^\circ\text{C}$ ).

La salinità è risultata piuttosto variabile tra le stazioni nei primi 20 m di profondità ( $\Delta s_{\text{max}} = 0,45$  psu), per poi diventare fortemente omogenea e in graduale aumento fino ai valori massimi in prossimità del fondale ( $38,89 \pm 0,00$  psu).

Le mappe areali (fig. 3.8) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando la sostanziale omogeneità nella distribuzione di temperatura in superficie e al fondo. Le mappe della salinità hanno evidenziato la presenza di un debole gradiente E-Wt in superficie ( $\Delta s \sim 0,3$  psu) e valori uniformi e più elevati alla quota maggiore.

La torbidità (fig. 3.7) è risultata omogenea e caratterizzata da valori molto bassi ovunque fino a circa 50 m di profondità ( $0,2 \pm 0,2$  mg/l), in rapido incremento fino ai massimi al fondo (massimo 1,8 mg/l, stazione CL8).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.7) è stato ovunque  $< 100\%$ , con una distribuzione piuttosto uniforme e con valori più elevati in superficie ( $90,7 \pm 0,2\%$ ) e minimi al fondo ( $82,1 \pm 0,5\%$ ).

La fluorescenza (fig. 3.9) è risultata molto bassa in superficie ( $< 0,2$   $\mu\text{g/l}$ ), in aumento fino a un picco intorno a 50 m di profondità (massimo 0,9  $\mu\text{g/l}$ , stazione CL2) e in successiva diminuzione fino al fondo.

A **luglio** (fig. 3.10) è stata rilevata la caratteristica stratificazione termica verticale stagionale ovunque, con valori massimi e omogenei in superficie (massimo  $26,66^\circ\text{C}$ , stazione CL3), un termoclino ben sviluppato attorno ai 15 m di profondità e valori decrescenti fino a uno strato omogeneo con temperature minime al fondo ( $13,34 \pm 0,01^\circ\text{C}$ ).

Per la salinità sono stati rilevati i minimi in superficie ovunque (minimo 38,16 psu, stazione CL4), in rapido e progressivo aumento fino a valori massimi e omogenei registrati a partire dallo strato intermedio fino al fondo (38,84±0,01 psu).

Le mappe areali (fig. 3.11) hanno mostrato un debole gradiente SE-NW ( $\Delta T < 0,5^{\circ}\text{C}$ ) nella distribuzione orizzontale della temperatura, che ha fatto registrare i valori massimi in superficie (massimo 26,76 in CL6), e una distribuzione alquanto omogenea a valori minimi al fondo (13,33±0,01°C). La distribuzione della salinità è risultata alquanto omogenea in entrambe le quote (superficie: 38,16±0,01 psu; fondo: 38,85±0,00 psu).

La torbidità (fig. 3.10) è risultata molto bassa e uniforme ovunque fino circa 65 m di profondità (0,2±0,0 mg/l), in rapido aumento fino ai valori massimi al fondo (massimo 1,1 mg/l, CL6).

L'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.10) è stato <100% in tutta la colonna d'acqua e in tutte le stazioni, con i valori massimi registrati intorno a 20 m di profondità (massimo 95,6%, stazione CL3) generalmente decrescenti fino ai minimi piuttosto bassi e omogenei in prossimità del fondale (76±0,3,0%).

I valori della fluorescenza (fig. 3.12) sono stati molto bassi o nulli fino a circa 20 m ovunque, in aumento graduale alle quote maggiori (massimo di 0,8 µg/l in CL5, fondo).

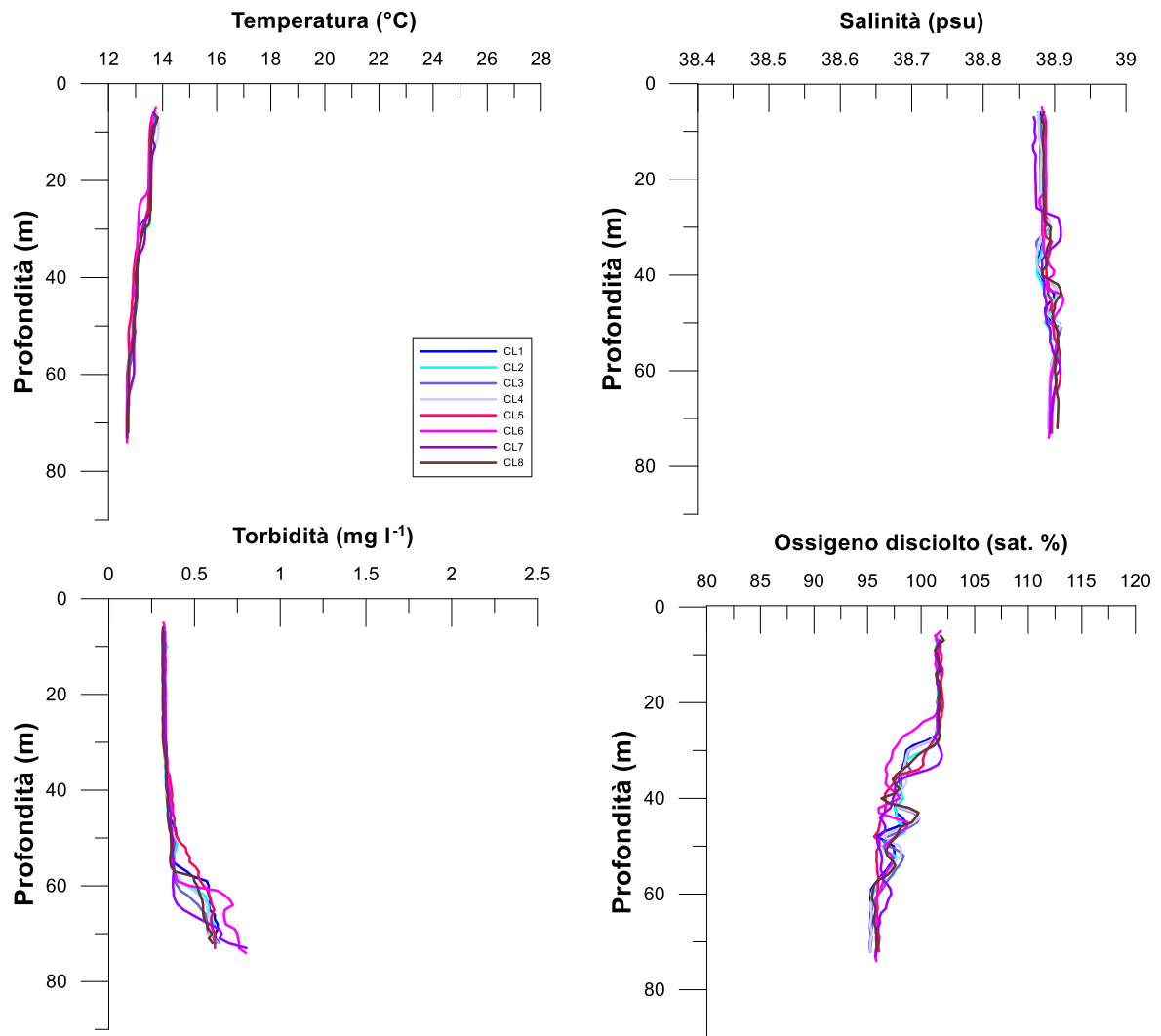
A **dicembre** (fig. 3.13) la forte dinamica invernale ha notevolmente rimescolato la colonna d'acqua e i profili verticali sono risultati quasi completamente omogenei per tutti i parametri misurati, in particolare per la temperatura (14,97±0,22°C) e la salinità (38,98±0,01 psu), per la quale, solo nello strato superficiale, è stato rilevato un valore debolmente inferiore nel controllo CL7.

Le mappe areali (fig. 3.14) confermano quanto osservato con i profili verticali, evidenziando piccole differenze in superficie tra le stazioni in temperatura ( $\Delta T \sim 0,5^{\circ}\text{C}$ ) e salinità ( $\Delta s < 0,3$  psu), mentre al fondo si rileva una completa omogeneità nella distribuzione sia della temperatura (14,79±0,01°C) che della salinità (con un lieve discostamento a NE in superficie causato dal valore leggermente inferiore in CL7).

Anche la torbidità (fig. 3.13) è risultata omogenea ovunque in tutta la colonna d'acqua (0,8±0,1 mg/l), in lieve aumento verso il fondo (massimo di 1,1 mg/l, CL3).

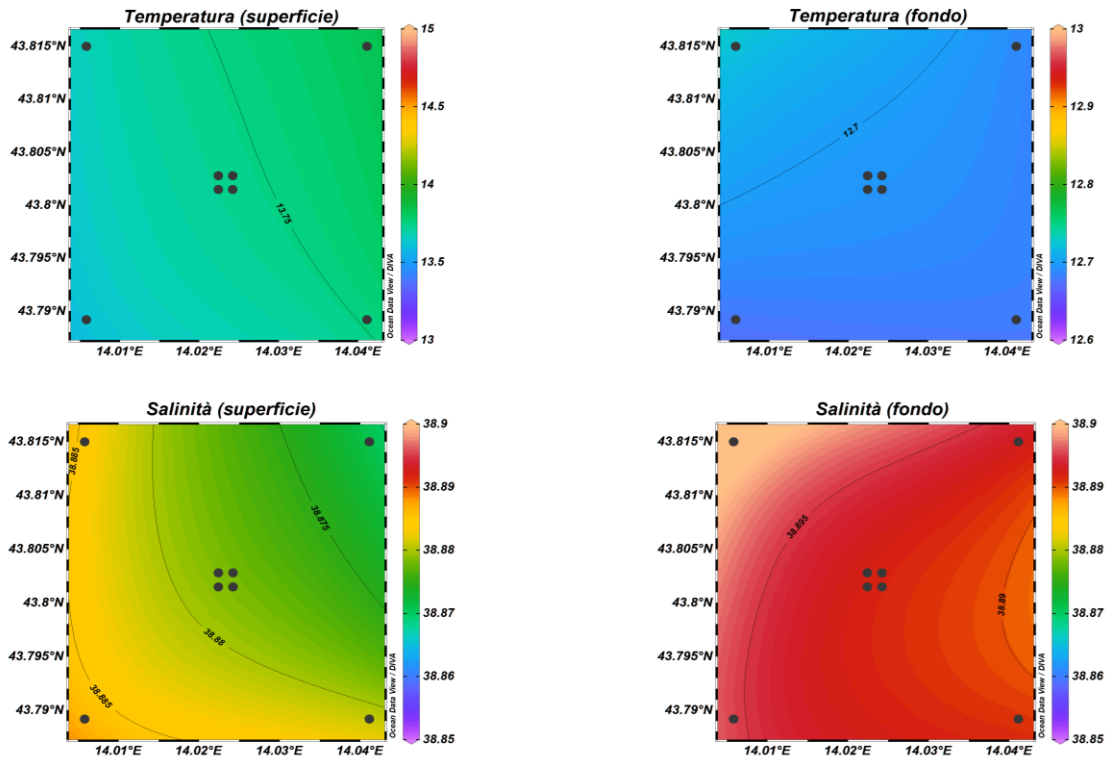
Analogamente, l'ossigeno disciolto alla saturazione (fig. 3.13) è risultato omogeneo con valori <100% in tutte le stazioni dalla superficie al fondo (97,9±0,3%).

La fluorescenza (fig. 3.15) è risultata bassa (<0,5 µg/l) e uniforme ovunque.

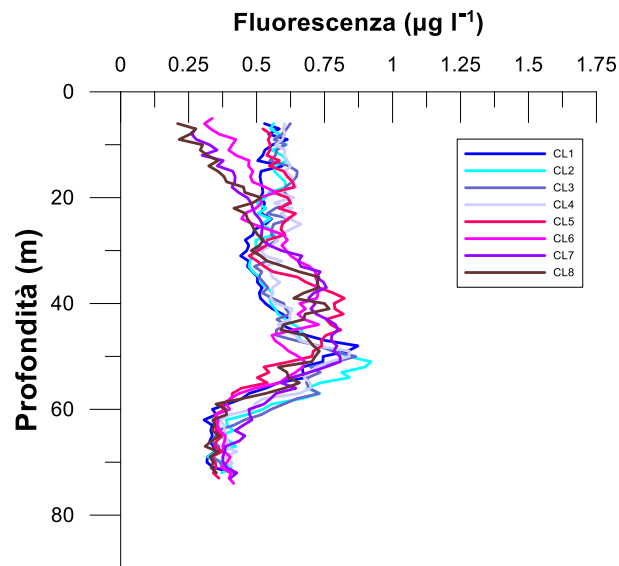


**Fig. 3.1** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Febbraio 2021.**

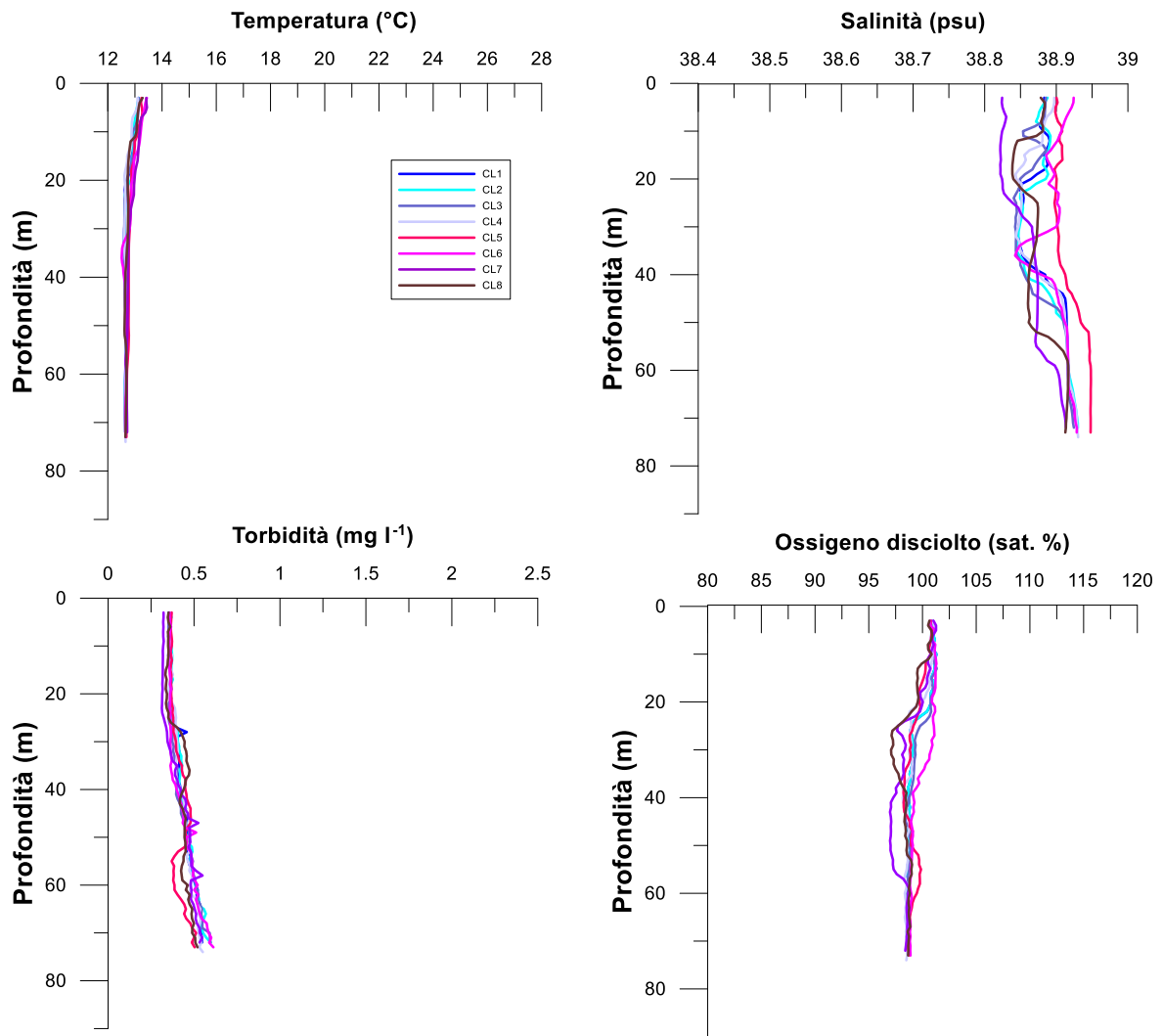




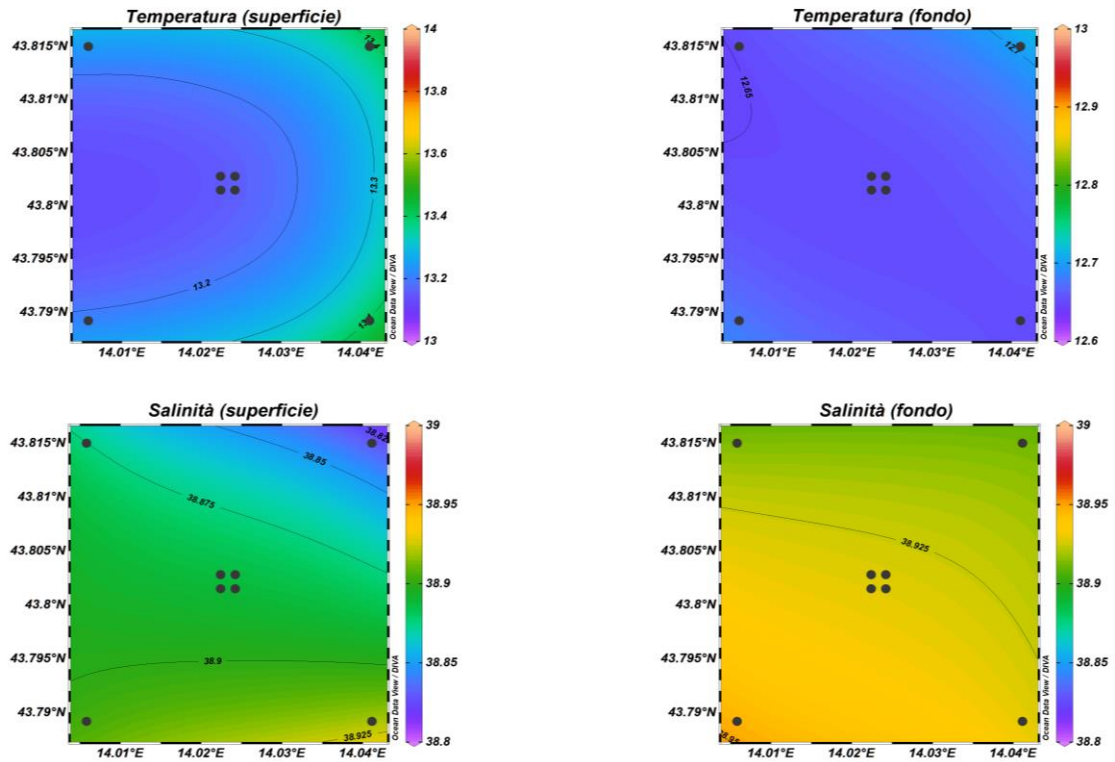
**Fig. 3.2** - Mappe areali rappresentanti la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Febbraio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



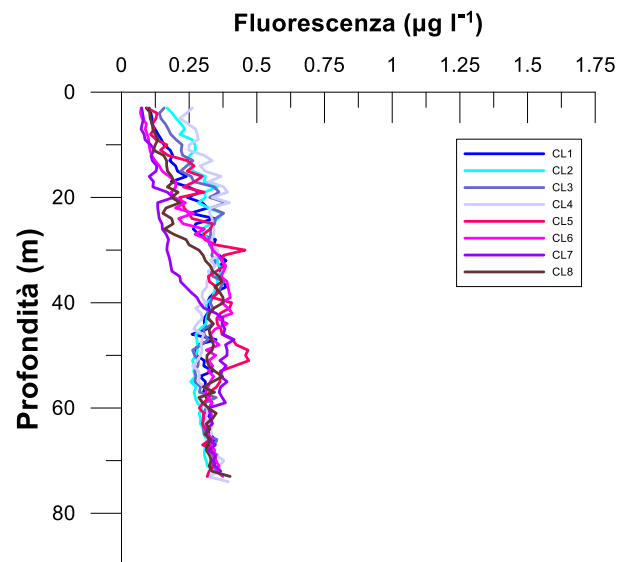
**Fig. 3.3** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ). **Febbraio 2021**.



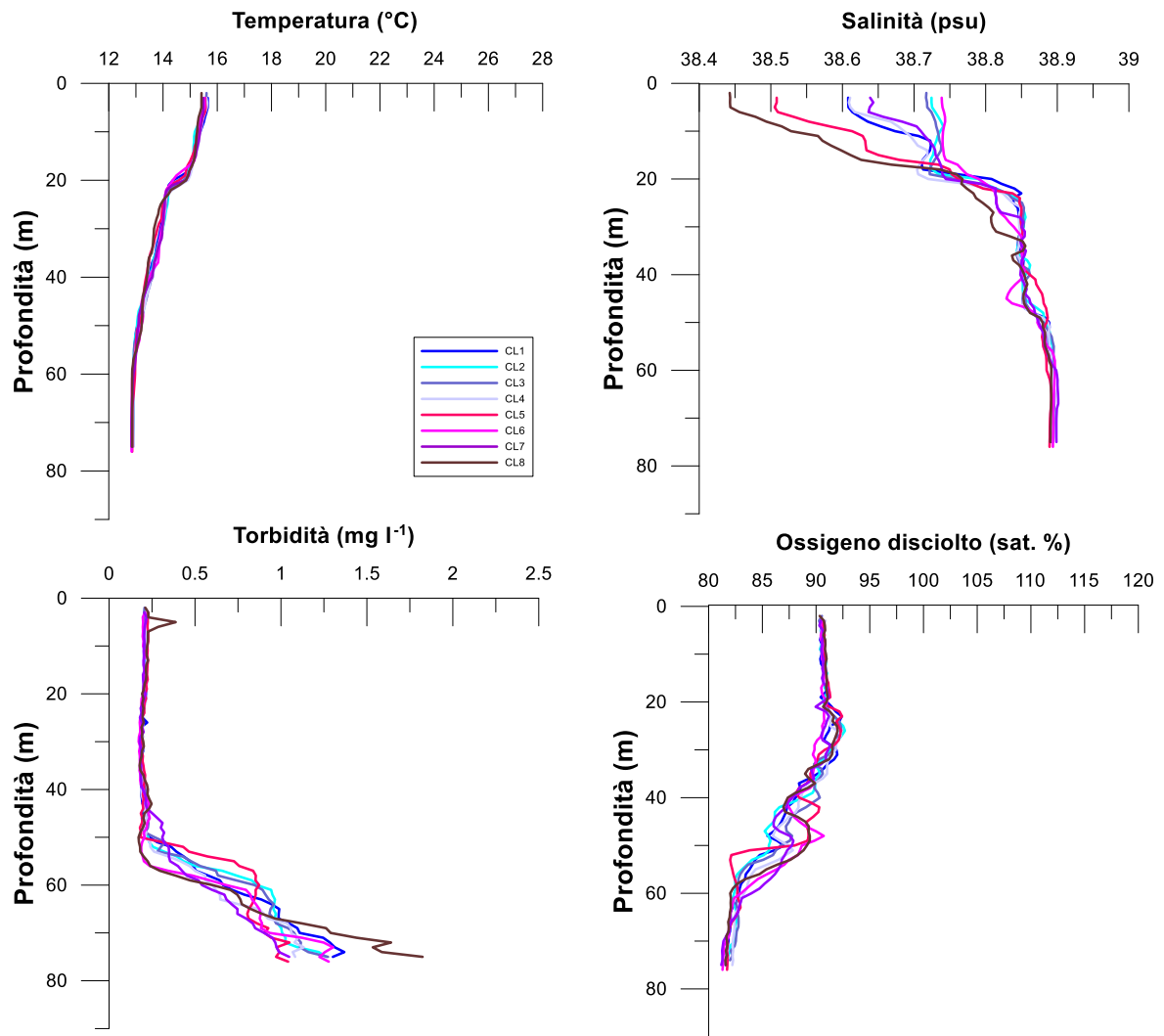
**Fig. 3.4** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Marzo 2021.**



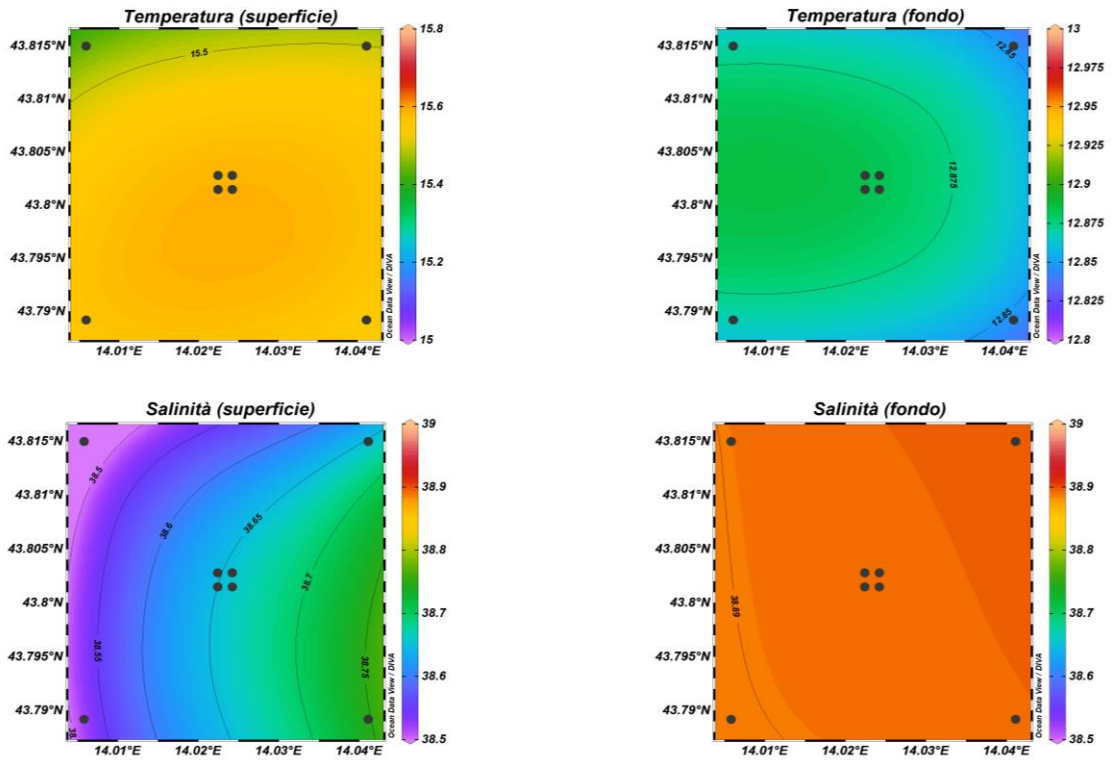
**Fig. 3.5** - Mappe areali rappresentanti la temperatura (°C) e la salinità (psu) in superficie e al fondo. **Marzo 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (© 2016 Reiner Schlitzer).



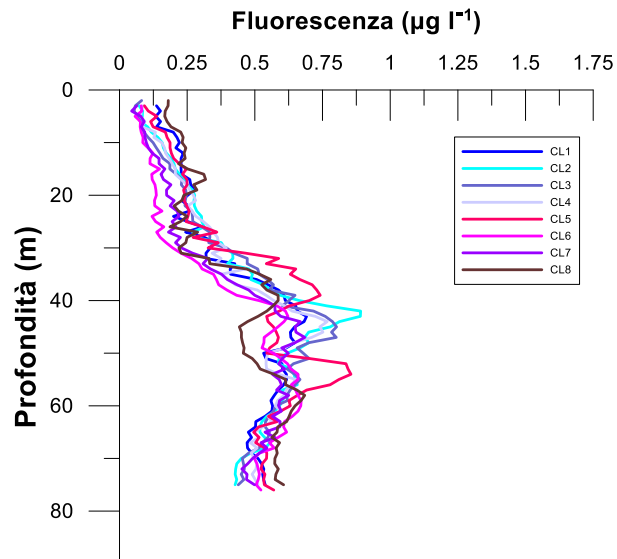
**Fig. 3.6** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ). **Marzo 2021**.



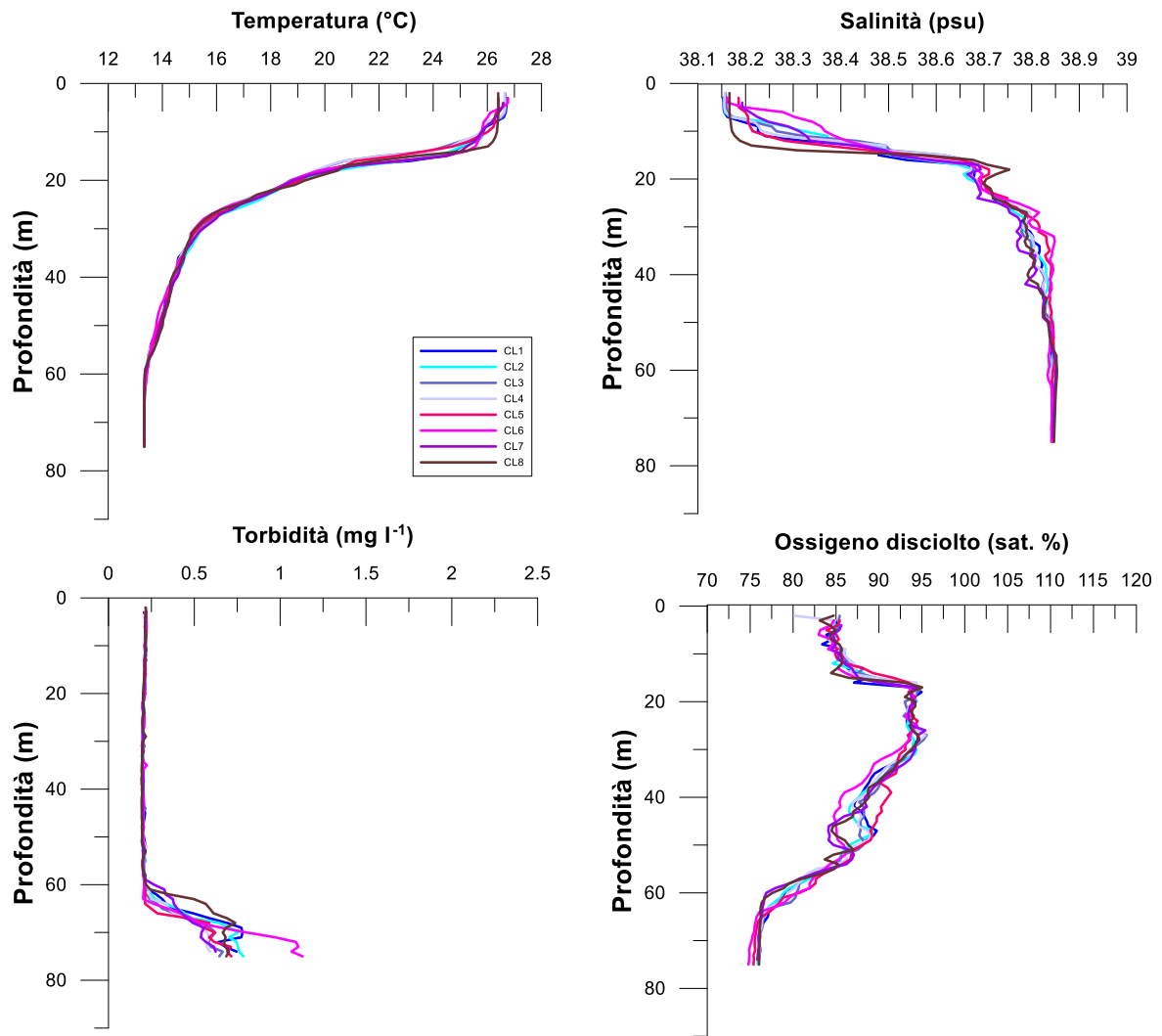
**Fig. 3.7-** Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Maggio 2021.**



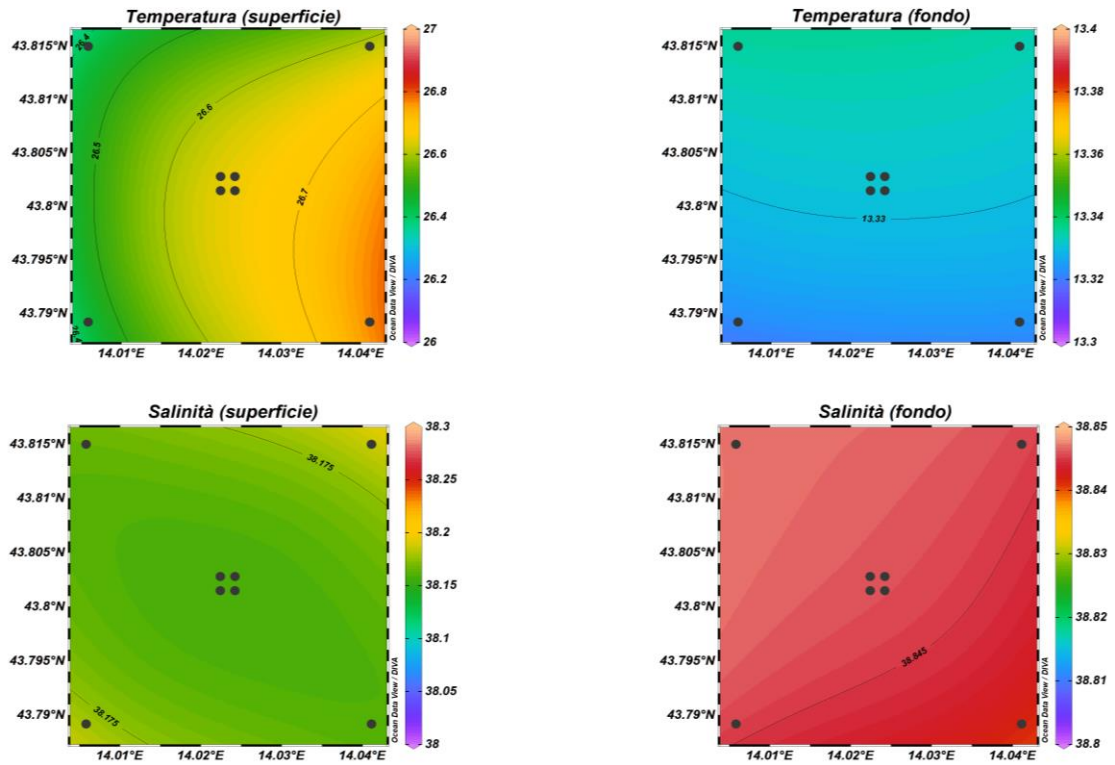
**Fig. 3.8** - Mappe areali rappresentanti la temperatura ( $^{\circ}\text{C}$ ) e la salinit  (psu) in superficie e al fondo. **Maggio 2021**. Grafico realizzato mediante il software Ocean Data View – ODV (  2016 Reiner Schlitzer).



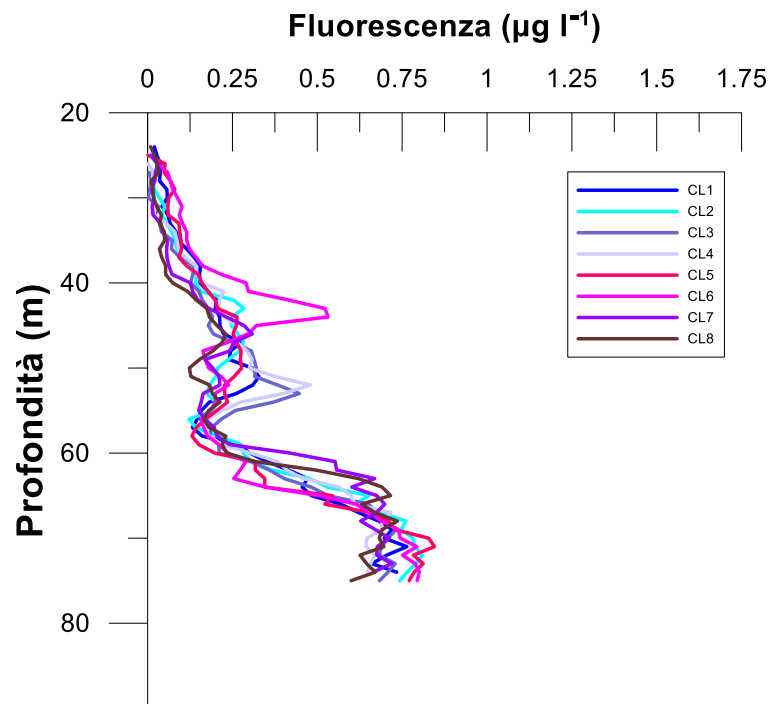
**Fig. 3.9** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ). **Maggio 2021**.



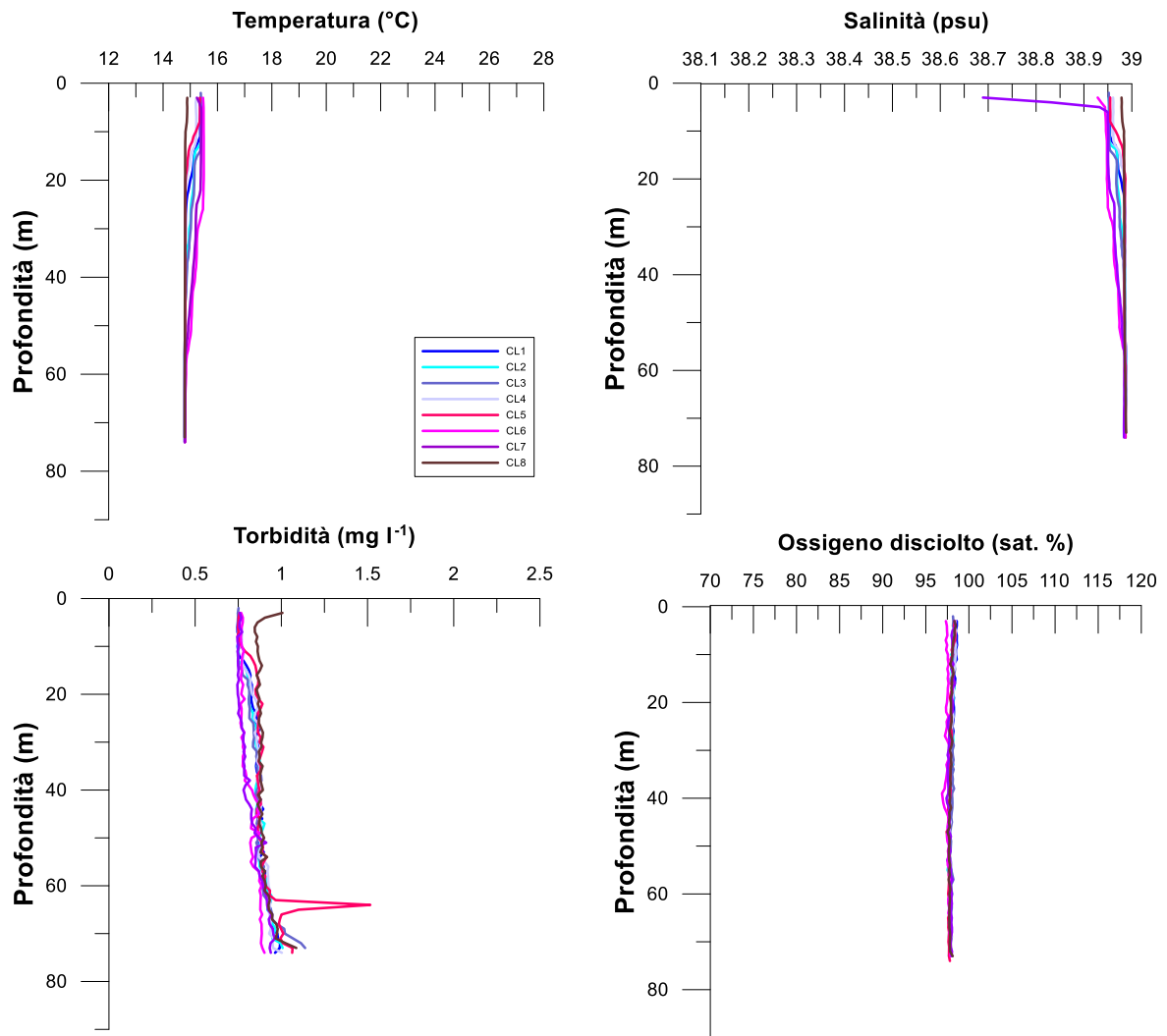
**Fig. 3.01** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (% sat). **Luglio 2021.**



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

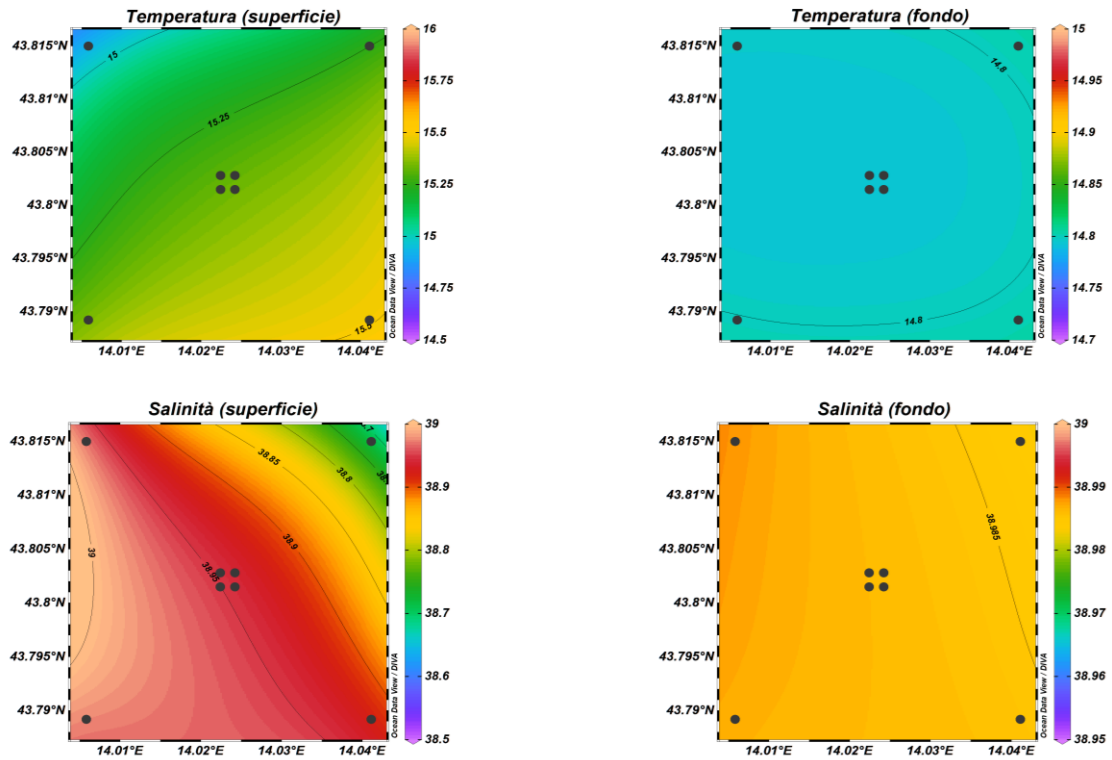


**Fig. 3.12** - Profili di fluorescenza ( $\mu\text{g/l}$ ). **Luglio 2021**.

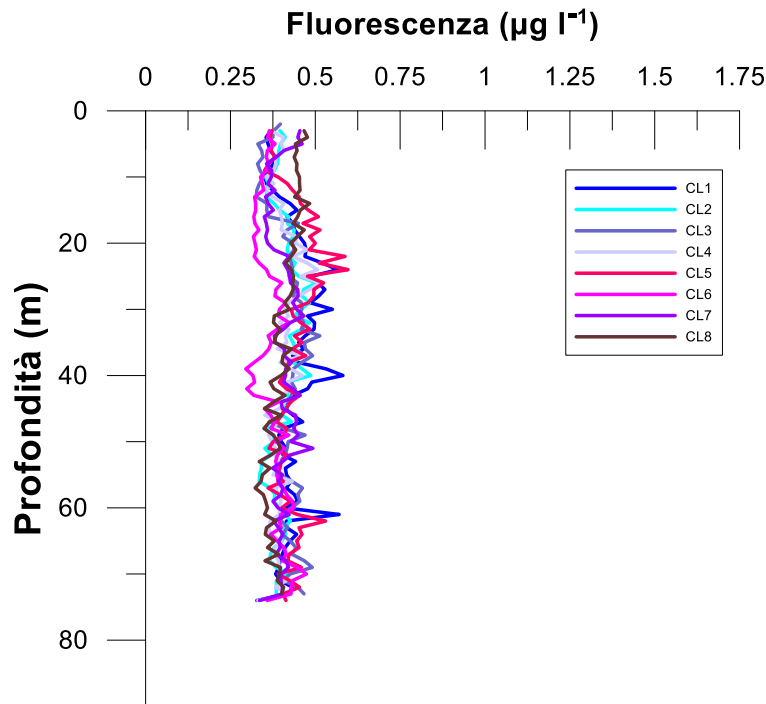


**Fig. 3.13** - Profili di temperatura (°C), salinità (psu), torbidità (mg/l) e ossigeno disciolto in % di saturazione (sat %). **Dicembre 2021.**





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



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

### 3.1.2. NUTRIENTI

Nel campionamento condotto nel **febbraio 2021** (figg. 3.16a, 3.16b e 3.17) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,34 \pm 0,17 \mu\text{M}$  per i nitrati ( $\text{NO}_3$ ),  $0,21 \pm 0,17 \mu\text{M}$  per i nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e a  $0,02 \pm 0,03 \mu\text{M}$  per l'ammonio ( $\text{NH}_4$ ). In generale, i valori più elevati di  $\text{NO}_2$  sono stati rilevati nelle acque di fondo ( $0,50 \pm 0,02 \mu\text{M}$ ), dove è stato registrato il massimo ( $0,52 \mu\text{M}$ ) in CL1, CL4 e CL8; il minimo ( $0,08 \mu\text{M}$ ) è stato riscontrato in superficie nella stazione CL5.

Gli  $\text{NO}_3$  sono stati più abbondanti a 40 m ( $0,52 \pm 0,06 \mu\text{M}$ ); la concentrazione maggiore ( $0,59 \mu\text{M}$ ) è stata osservata a questa quota nelle stazioni CL7 e CL8, la minima ( $0,15 \mu\text{M}$ ) in superficie nella CL5.

Per  $\text{NH}_4$  non è stato osservato alcun andamento particolare. Il maggior contenuto di questo nutriente ( $0,14 \mu\text{M}$ ) è stato misurato al fondo in corrispondenza di CL4, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato quote variabili di tutte le stazioni ad eccezione di CL8.

Anche i fosfati ( $\text{PO}_4$ ) non hanno presentato un andamento particolare: essi sono risultati generalmente contenuti ( $0,01 \pm 0,01 \mu\text{M}$ ), variando tra valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale a quote variabili in tutte le stazioni, e un massimo di  $0,03 \mu\text{M}$  nella CL3 (20 m, 40 m e fondo) e in CL8 (fondo).

La concentrazione media di  $\text{Si}(\text{OH})_4$  è stata di  $1,67 \pm 0,21 \mu\text{M}$ ; valori moderatamente più elevati ( $1,98 \pm 0,06 \mu\text{M}$ ) hanno caratterizzato le quote di fondo di tutta l'area investigata. Il massimo ( $2,07 \mu\text{M}$ ) è stato misurato a questa quota nella stazione CL8, mentre il minimo ( $1,45 \mu\text{M}$ ) è stato osservato in superficie presso CL5, CL6 e CL8.

Nel campionamento di **marzo** (figg. 3.18a, 3.18b e 3.19) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,17 \pm 0,08 \mu\text{M}$  ( $\text{NO}_3$ ), a  $0,13 \pm 0,03 \mu\text{M}$  ( $\text{NH}_2$ ) e a  $0,07 \pm 0,06 \mu\text{M}$  ( $\text{NH}_4$ ). La concentrazione massima di  $\text{NO}_3$  ( $0,49 \mu\text{M}$ ) è stata riscontrata a 40 m di profondità nella stazione CL7, la minima ( $0,07 \mu\text{M}$ ) a 20 m di profondità nella CL6. I  $\text{NO}_2$  sono risultati generalmente contenuti e omogenei e sono oscillati tra  $0,17 \mu\text{M}$  (CL7, 40 m) e  $0,07 \mu\text{M}$  (CL5, superficie). La concentrazione massima di  $\text{NH}_4$  ( $0,20 \mu\text{M}$ ) è stata misurata al fondo della stazione CL4, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie e i 40 m in tutte le stazioni ad eccezione della CL4.

I  $\text{PO}_4$  sono risultati generalmente contenuti ( $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$ ) e non hanno presentato un

andamento particolare. La concentrazione massima ( $0,03 \mu\text{M}$ ) è stata rilevata in superficie e a 40 m nella stazione CL4, a 20 m nelle CL1, CL2 e CL6 e al fondo della CL3, mentre valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato campioni prelevati a quote variabili nelle stazioni CL1, CL3, CL5, CL6, CL7 e CL8.

I  $\text{Si(OH)}_4$  sono infine risultati abbastanza omogenei ( $1,91 \pm 0,12 \mu\text{M}$ ), variando tra un massimo di  $2,17 \mu\text{M}$  misurato a 40 m in CL7 e un minimo di  $1,52 \mu\text{M}$  a 20 m in CL3.

A **maggio** (figg. 3.20a, 3.20b e 3.21) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,25 \pm 0,29 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,11 \pm 0,14 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$  e a  $0,02 \pm 0,02 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . I maggiori contenuti dei primi due nutrienti sono stati osservati al fondo, mentre l'ammonio non ha presentato un andamento particolare. La concentrazione media di  $\text{NO}_3$  al fondo è risultata pari a  $0,71 \pm 0,08 \mu\text{M}$ , dove è stato registrato il massimo ( $0,79 \mu\text{M}$ ) nelle stazioni CL7 e CL8. Valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno caratterizzato la superficie di CL2, CL3 e CL6 e i 20 m di CL1, CL2, CL4 e CL6. La concentrazione media di  $\text{NO}_2$  al fondo è risultata pari a  $0,34 \pm 0,03 \mu\text{M}$ , con un massimo di  $0,39 \mu\text{M}$  in CL7; valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati rilevati alla quota superficiale delle stazioni CL2 e CL3 e a 20 m in CL1, CL2 e CL6. Le concentrazioni di  $\text{NH}_4$  sono variate tra valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale, riscontrati in tutte le stazioni a quote variabili, e un massimo di  $0,06 \mu\text{M}$  misurato a 20 m nella CL2 e al fondo di CL3 e CL8.

I  $\text{PO}_4$  hanno avuto un andamento variabile: la concentrazione media è risultata pari a  $0,04 \pm 0,02 \mu\text{M}$  e il massimo ( $0,08 \mu\text{M}$ ) è stato misurato nella stazione CL8 al fondo, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili tra la superficie e i 40 m in CL2, CL3 e CL5.

I  $\text{Si(OH)}_4$  sono risultati mediamente presenti con  $2,07 \pm 0,38 \mu\text{M}$ . Le concentrazioni più elevate sono state rilevate nelle acque di fondo ( $2,66 \pm 0,11 \mu\text{M}$ ) dove è stato osservato il massimo ( $2,80 \mu\text{M}$ ) in CL8, mentre il minimo ( $1,68 \mu\text{M}$ ) ha caratterizzato la quota superficiale della CL3.

Nel mese di **luglio** (figg. 3.22a, 3.22b e 3.23) le concentrazioni medie dei nutrienti azotati sono risultate pari a  $0,09 \pm 0,12 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_3$ ,  $0,09 \pm 0,12 \mu\text{M}$  per  $\text{NO}_2$  e a  $0,04 \pm 0,04 \mu\text{M}$  per  $\text{NH}_4$ . In generale, le concentrazioni più elevate di nitrati e nitriti sono state rilevate ancora una volta nelle acque di fondo, mentre per l'ammonio non è stato osservato alcun andamento particolare. Il massimo di  $\text{NO}_3$  ( $0,51 \mu\text{M}$ ) è stato osservato al fondo della

stazione CL6, mentre valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a 20 m in CL1, e a 20 e 40 m nelle stazioni CL3, CL4, CL5, CL7 e CL8. La concentrazione media al fondo di  $\text{NO}_2$  è stata pari a  $0,30 \pm 0,01 \mu\text{M}$ , con il massimo ( $0,31 \mu\text{M}$ ) in CL5; valori inferiori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati registrati tra la superficie e i 40 m delle stazioni CL1, CL2, CL5, CL6, CL7 e CL8. Il massimo contenuto di  $\text{NH}_4$  ( $0,21 \mu\text{M}$ ) è stato misurato in CL7 a 40 m di profondità, mentre concentrazioni inferiori al limite di rilevabilità strumentale hanno interessato i 20 m delle stazioni CL5, CL7 e CL8 e i 20 e 40 m delle CL1, CL2, CL3, CL4 e CL6.

I  $\text{PO}_4$  sono risultati generalmente contenuti e omogenei ( $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$ ), variando tra valori uguali o inferiori al limite di rilevabilità strumentale a quote variabili in tutte le stazioni eccetto CL6 e un massimo di  $0,05 \mu\text{M}$  riscontrato a 20 m nella CL8.

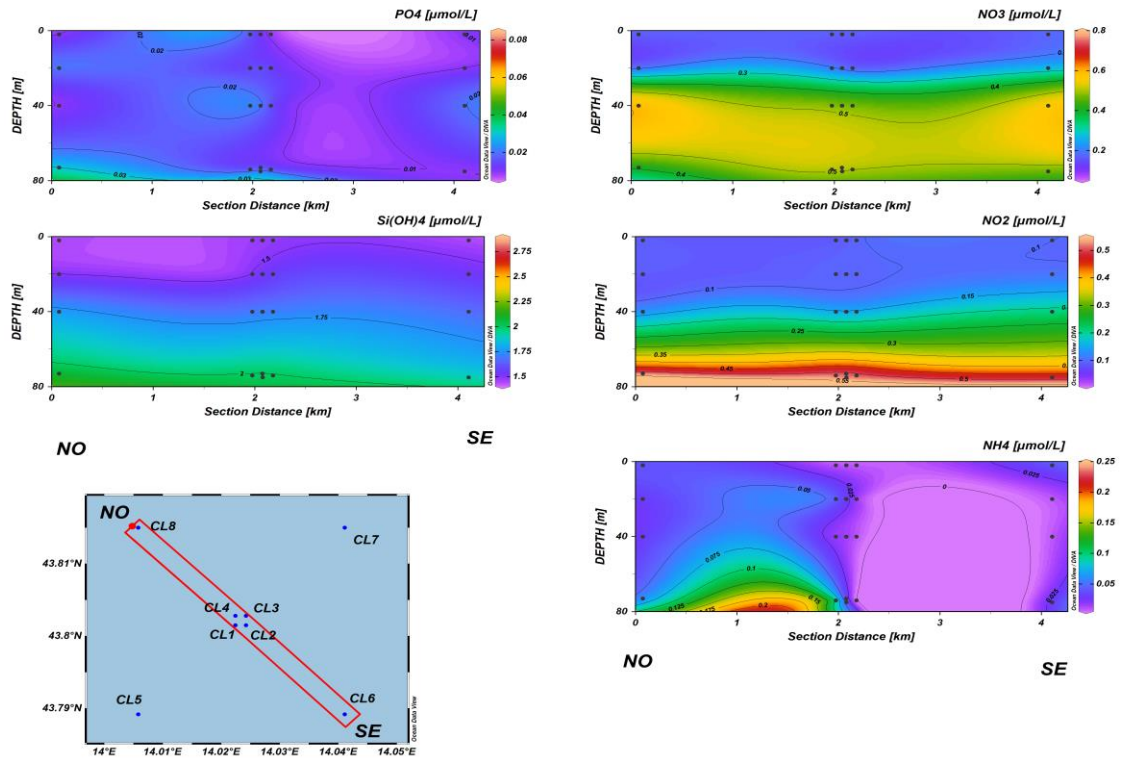
La concentrazione media di  $\text{Si}(\text{OH})_4$  è stata pari a  $2,10 \pm 0,80 \mu\text{M}$ ; valori più elevati ( $3,45 \pm 0,15 \mu\text{M}$ ) hanno caratterizzato anche a luglio le quote di fondo di tutte le stazioni, con il massimo ( $3,79 \mu\text{M}$ ) in CL6; il minimo ( $1,49 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a 20 m in CL8.

A **dicembre** (figg. 3.24a, 3.24b e 3.25) per  $\text{NO}_3$  ( $0,26 \pm 0,04 \mu\text{M}$ ) e  $\text{NH}_4$  ( $0,09 \pm 0,04 \mu\text{M}$ ) non è stato osservato alcun andamento particolare, mentre gli  $\text{NO}_2$  ( $0,18 \pm 0,05 \mu\text{M}$ ) sono stati caratterizzati da un lieve gradiente di concentrazione decrescente W-E.

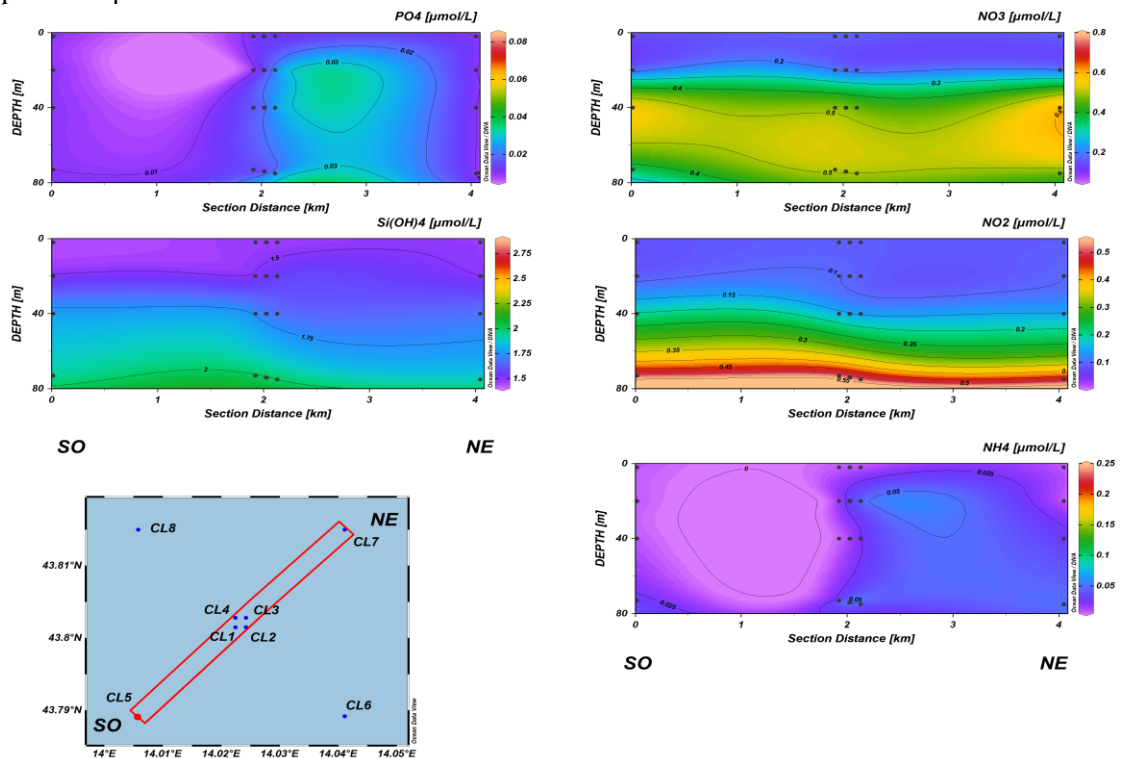
Le concentrazioni più elevate dei  $\text{NO}_3$  sono state rilevate in superficie della stazione CL7 ( $0,43 \mu\text{M}$ ) e in CL6 tra la superficie e i 40 m ( $0,32 \pm 0,02 \mu\text{M}$ ), mentre altrove le concentrazioni sono risultate piuttosto omogenee ( $0,26 \pm 0,02 \mu\text{M}$ ). Il massimo contenuto di  $\text{NO}_2$  ( $0,24 \mu\text{M}$ ) è stato misurato a 40 m in CL4 e a 40 m e al fondo della stazione CL8, mentre il più basso ( $0,09 \mu\text{M}$ ), molto più elevato dei minimi riscontrati a luglio, è stato osservato in superficie nella CL7, dove è stata misurata la massima concentrazione di  $\text{NH}_4$  ( $0,20 \mu\text{M}$ ); per quest'ultimo nutriente nella medesima stazione è stato rilevato un valore inferiore al limite di rilevabilità strumentale a 40 m di profondità.

Per i  $\text{PO}_4$  ( $0,02 \pm 0,01 \mu\text{M}$ ) non è stato osservato alcun andamento particolare: il massimo ( $0,07 \mu\text{M}$ ) è stato registrato nella stazione CL1 al fondo, mentre valori minori o uguali al limite di rilevabilità strumentale sono stati riscontrati a quote variabili in tutte le stazioni ad eccezione di CL3 e CL8.

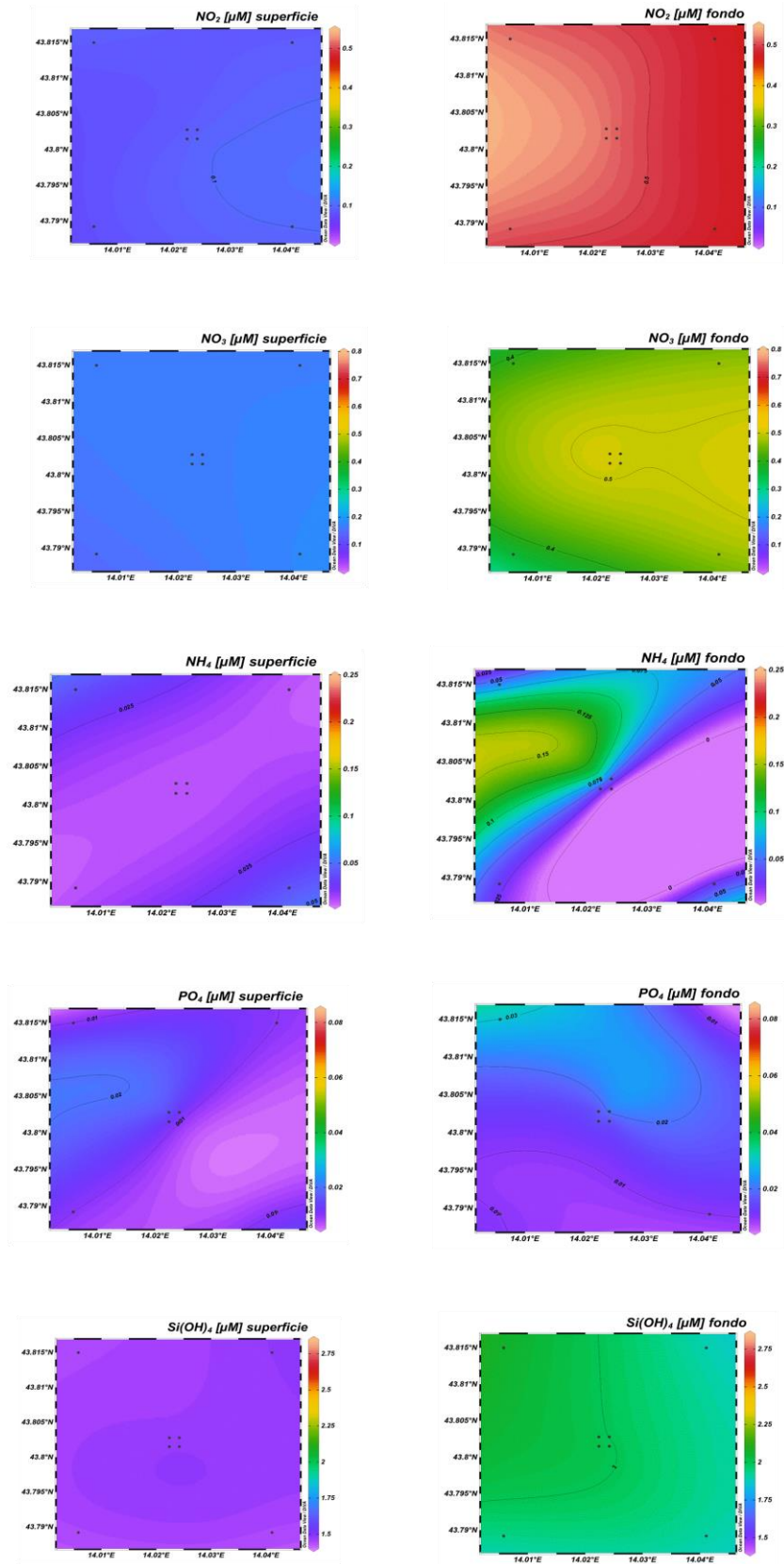
Infine, i  $\text{Si}(\text{OH})_4$  sono risultati piuttosto omogenei ( $1,35 \pm 0,10 \mu\text{M}$ ). Il massimo ( $1,61 \mu\text{M}$ ) è stato misurato nella stazione CL6, mentre il minimo ( $1,23 \mu\text{M}$ ) è stato osservato in CL4, entrambi a 40 m di profondità.



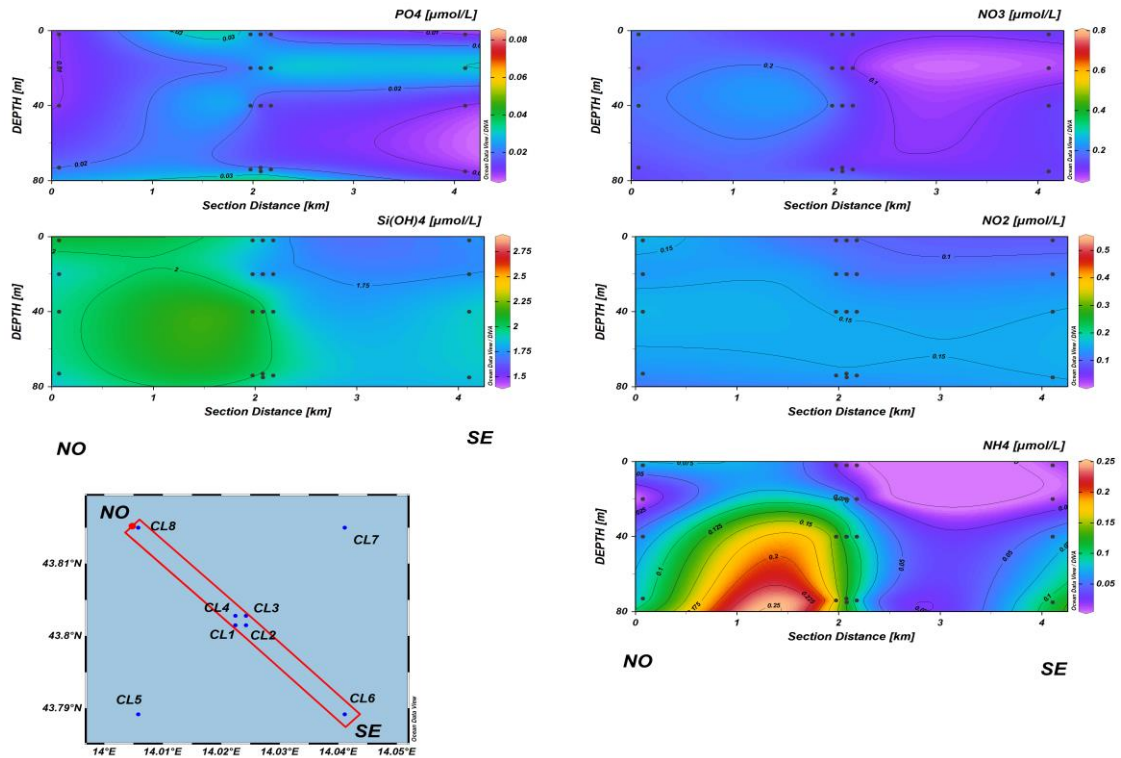
**Fig. 3.16a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. **Febbraio 2021.**



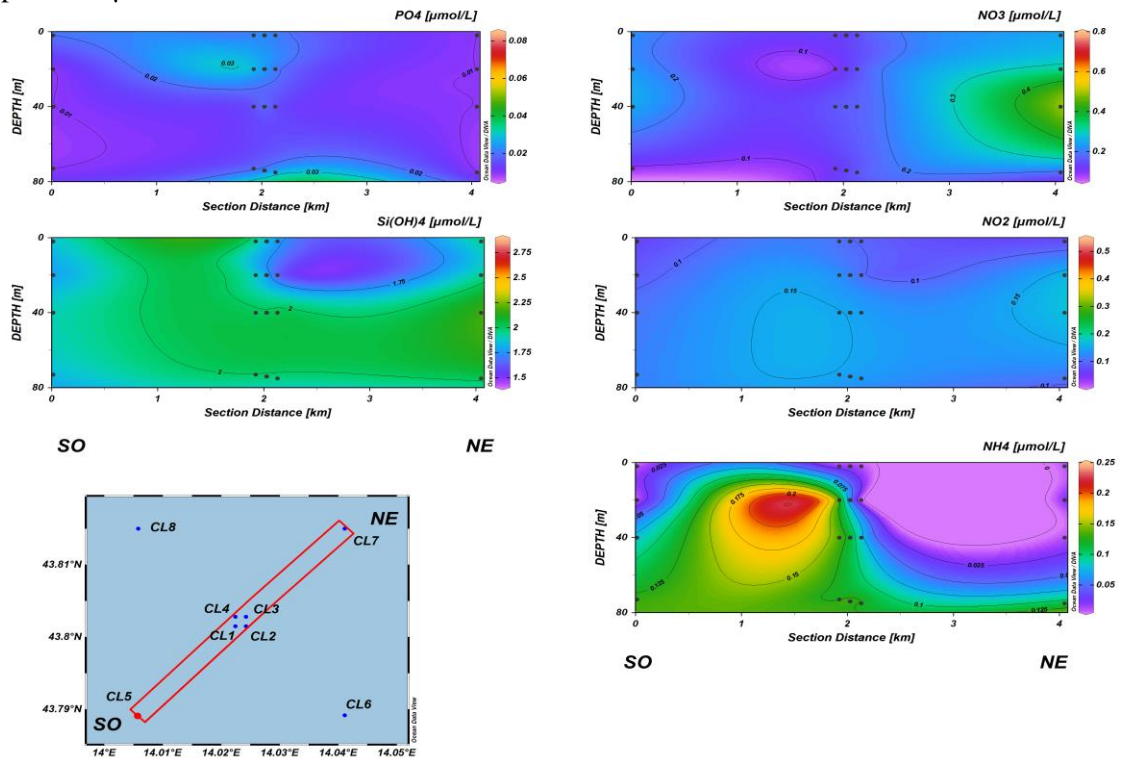
**Fig. 3.16b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. **Febbraio 2021.**



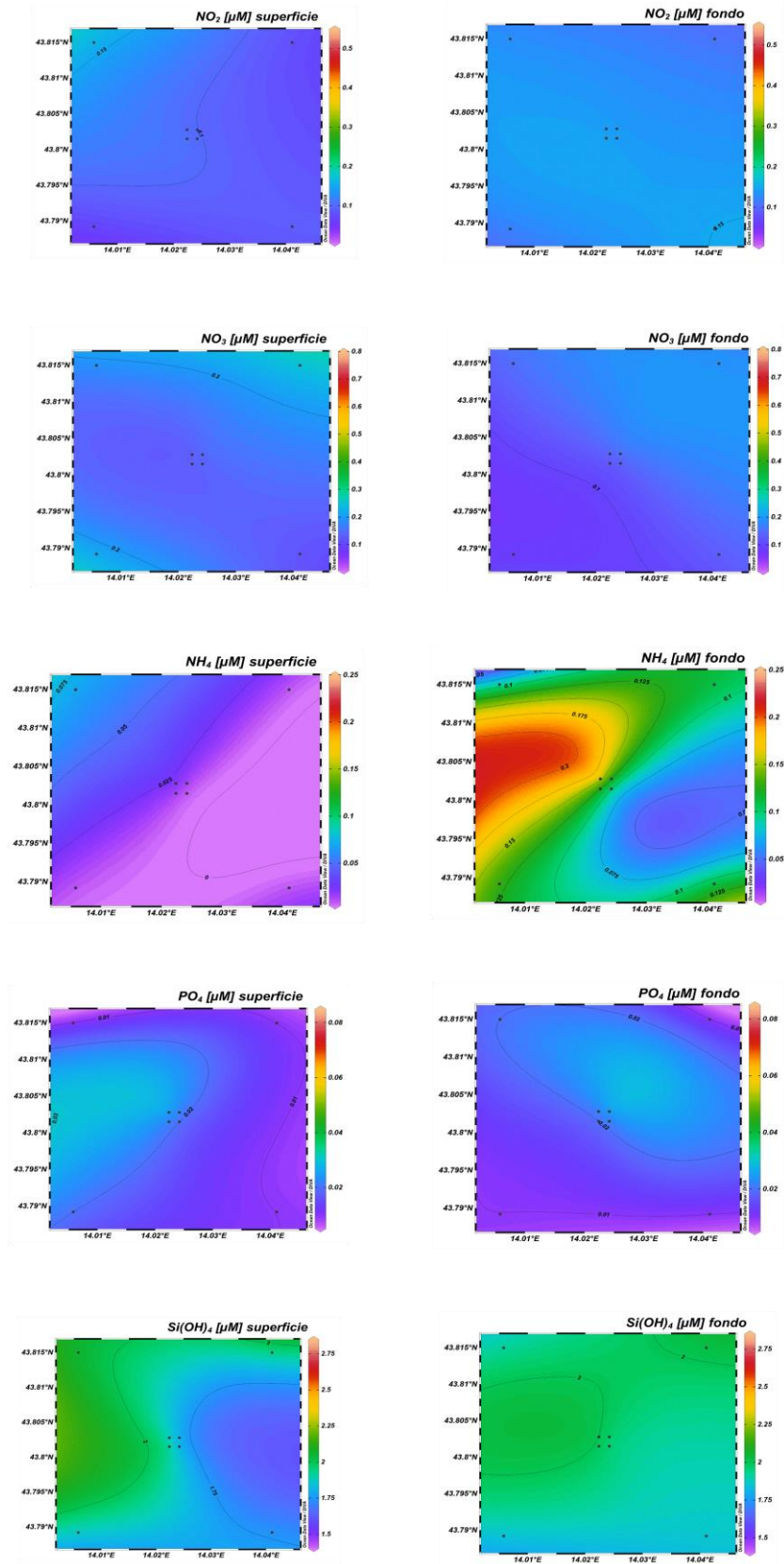
**Fig. 3.17** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ammonio ( $\text{NH}_4$ ), fosfati ( $\text{PO}_4$ ) e silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Febbraio 2021.**



**Fig. 3.18a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. **Marzo 2021.**

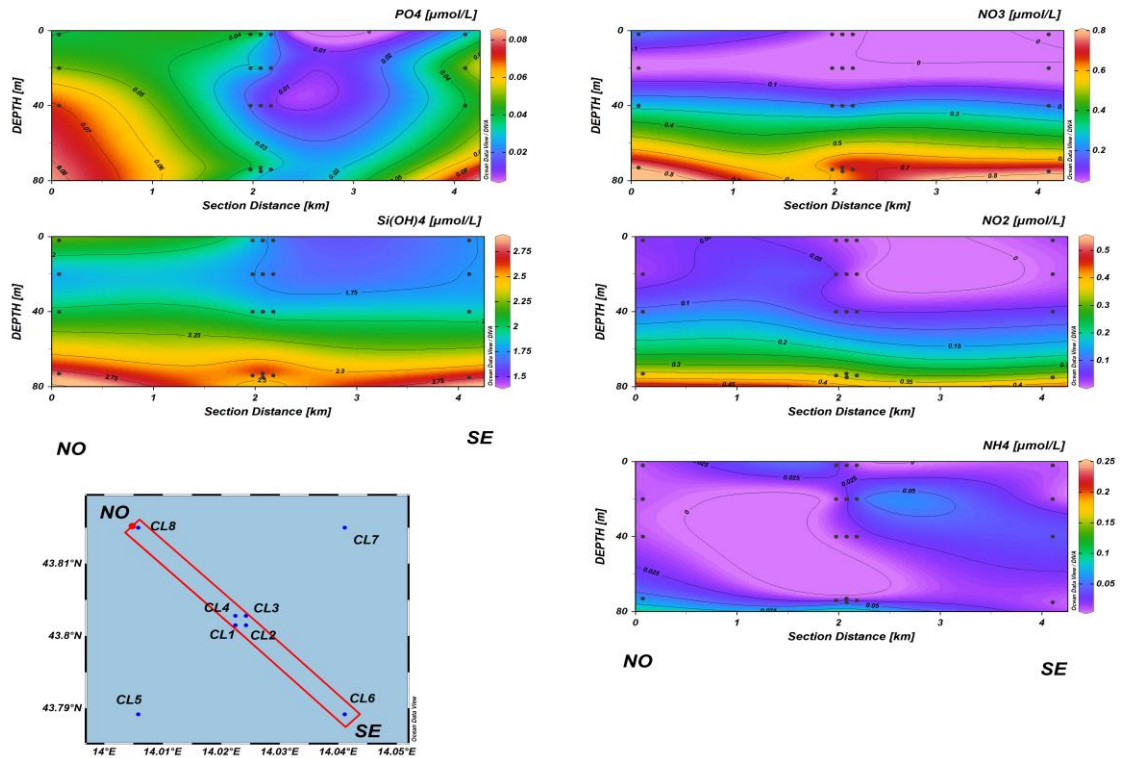


**Fig. 3.18b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. **Marzo 2021.**

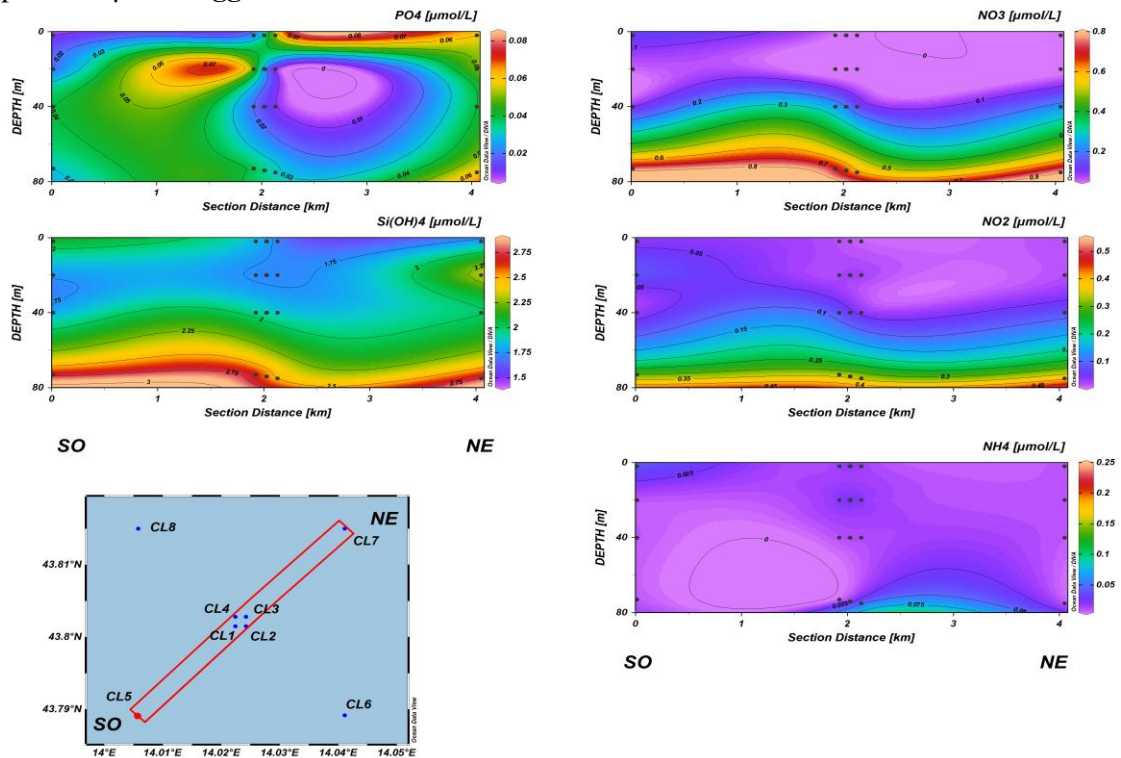


**Fig. 3.19** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ammonio ( $\text{NH}_4$ ), fosfati ( $\text{PO}_4$ ) e silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Marzo 2021.**

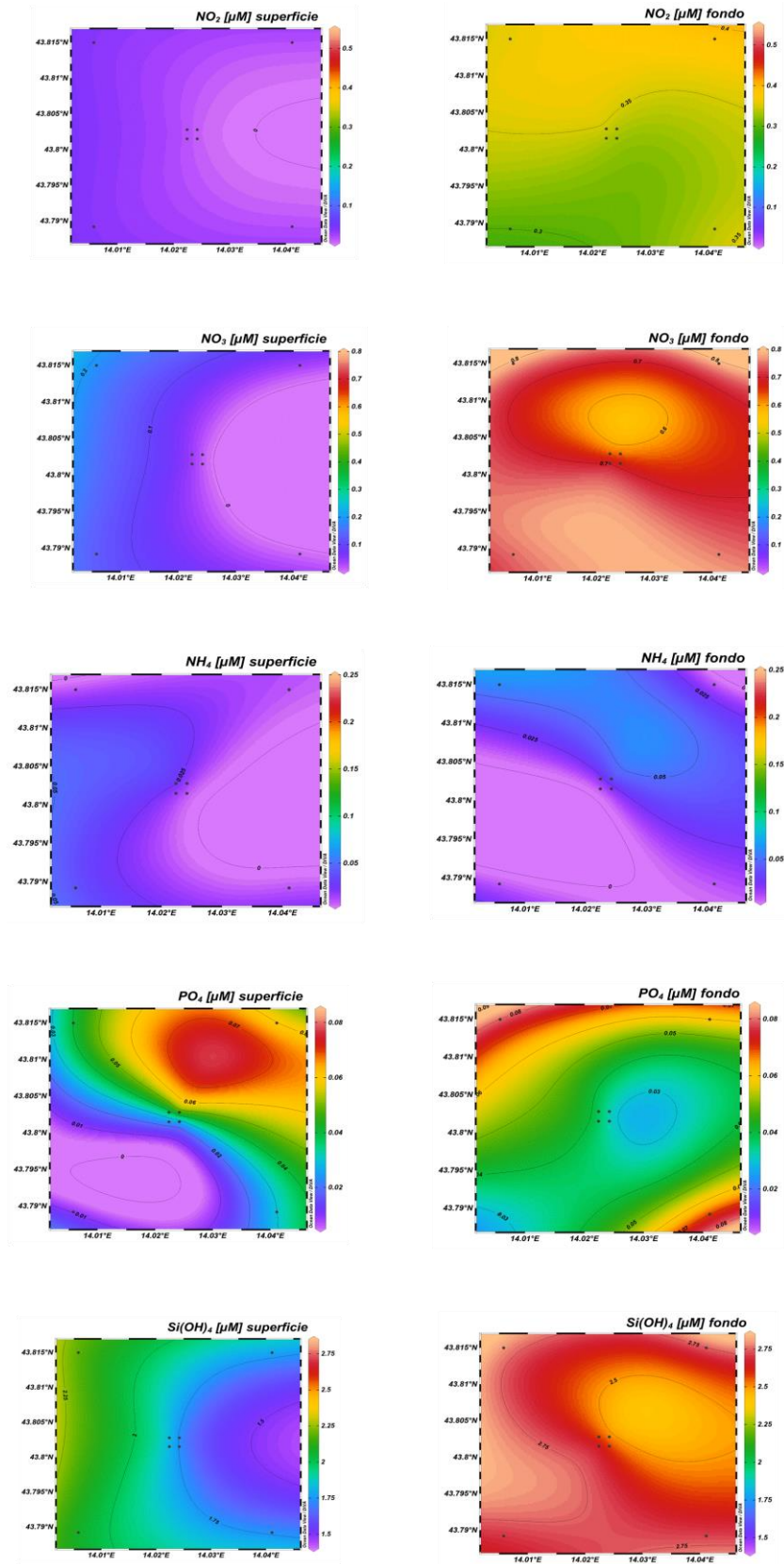




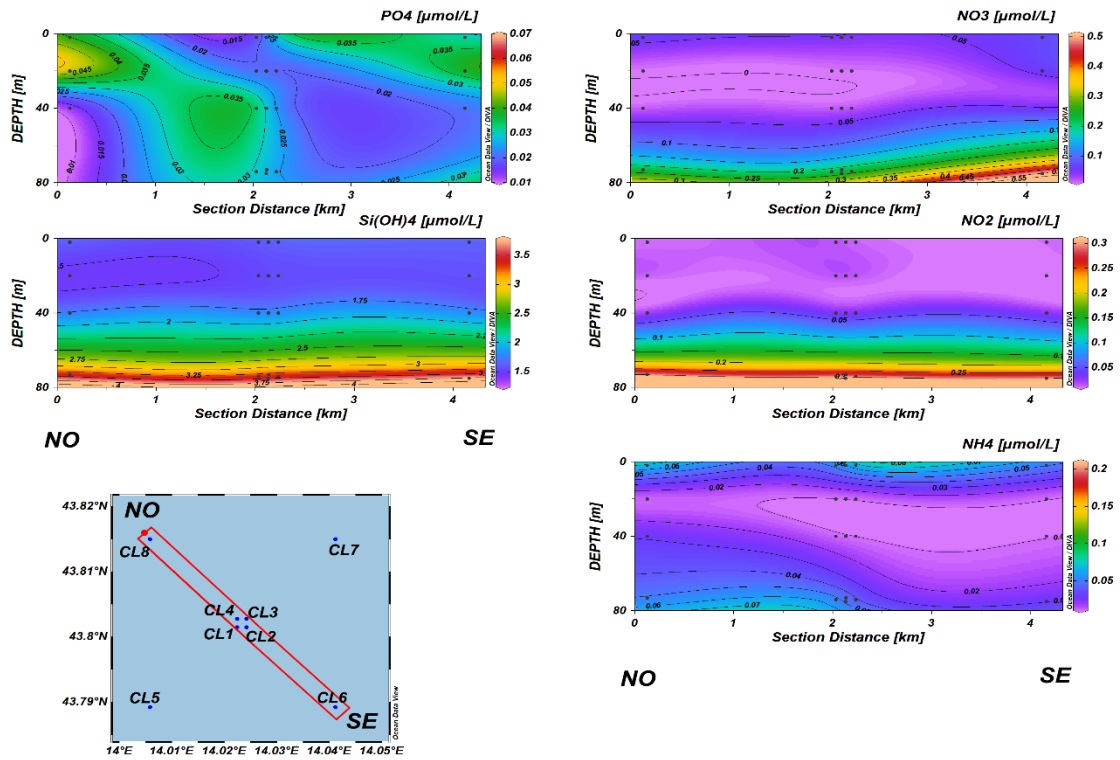
**Fig. 3.20a** - Sezioni NO-SE delle stazioni BO8, BO4, BO1, BO3, BO2 e BO6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. Maggio 2021.



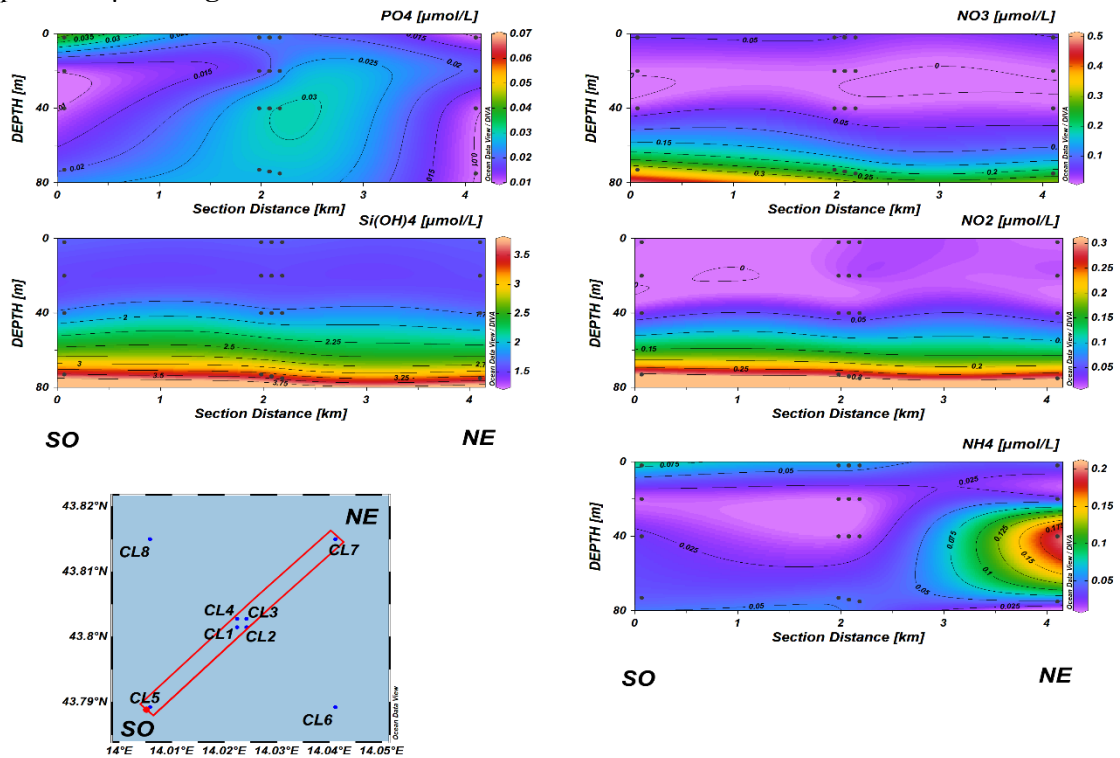
**Fig. 3.20b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. Maggio 2021.



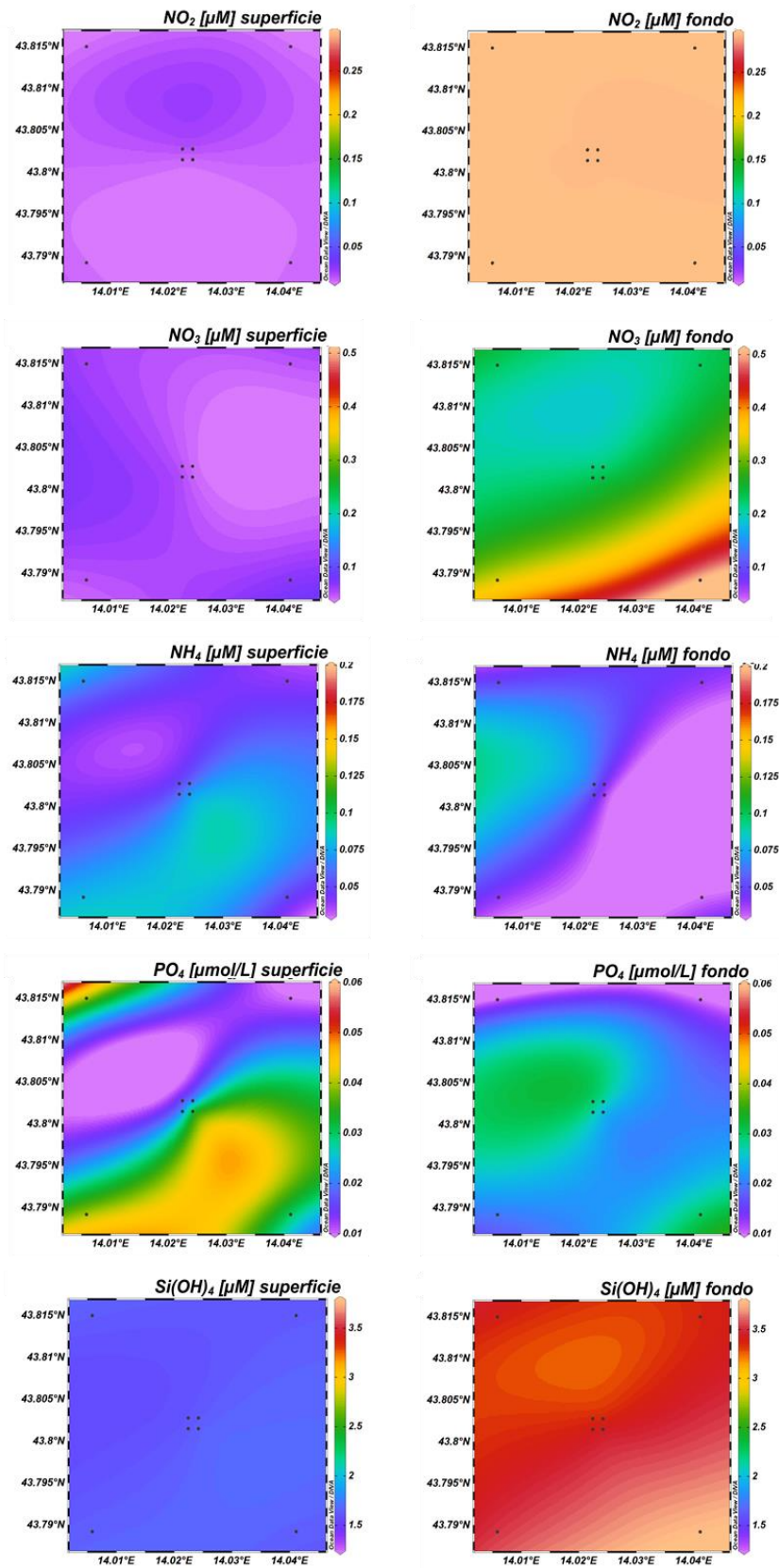
**Fig. 3.21** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di nitriti ( $\text{NO}_2$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), ammonio ( $\text{NH}_4$ ), fosfati ( $\text{PO}_4$ ) e silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Maggio 2021.**



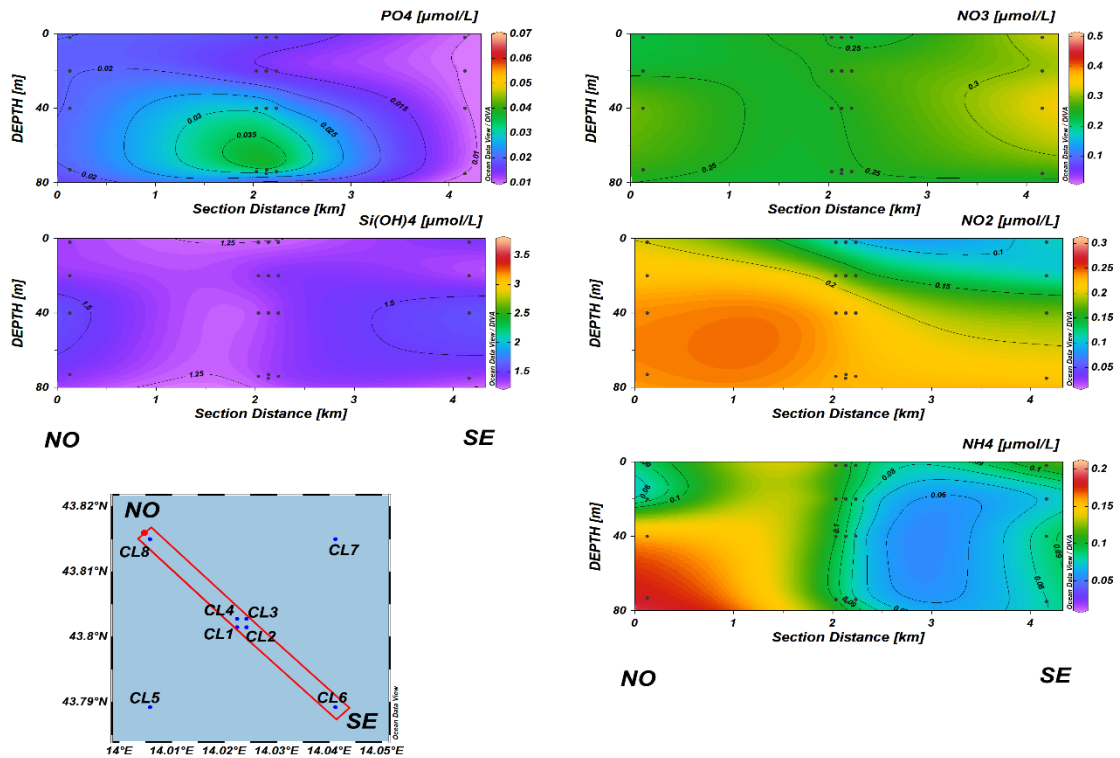
**Fig. 3.22a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. Luglio 2021.



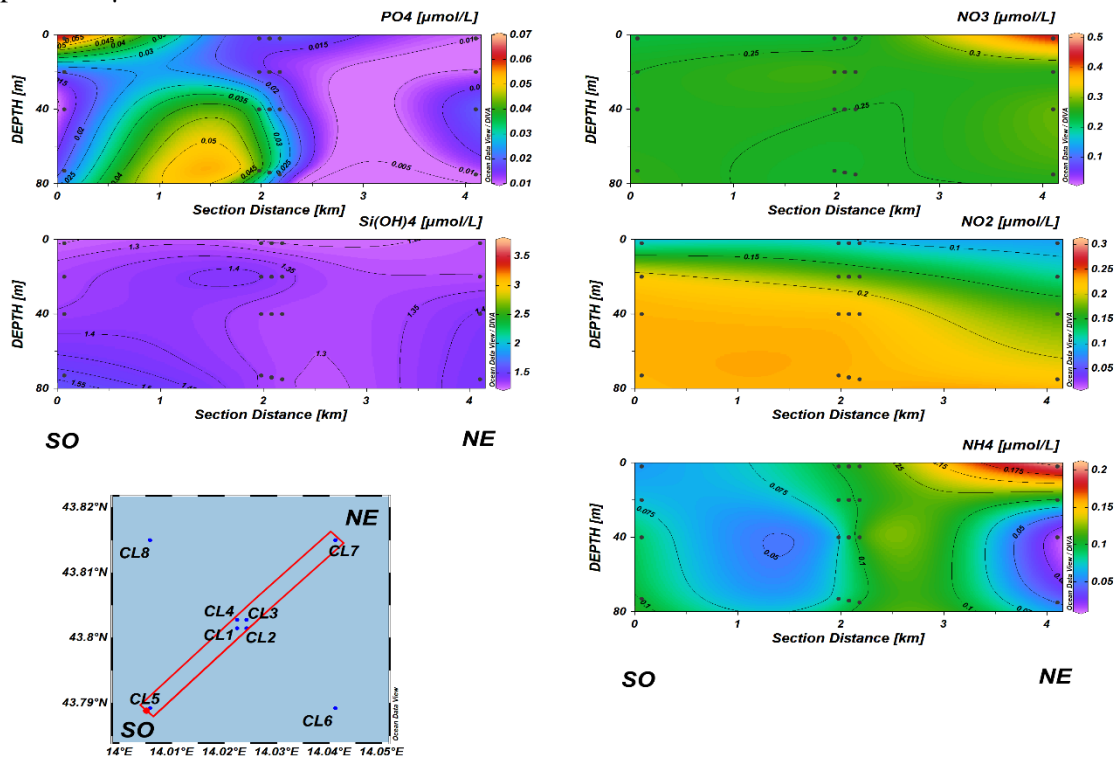
**Fig. 3.22b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati (PO<sub>4</sub>), silicati (Si(OH)<sub>4</sub>), nitrati (NO<sub>3</sub>), nitriti (NO<sub>2</sub>) e ammonio (NH<sub>4</sub>) espresse in μM. Luglio 2021.



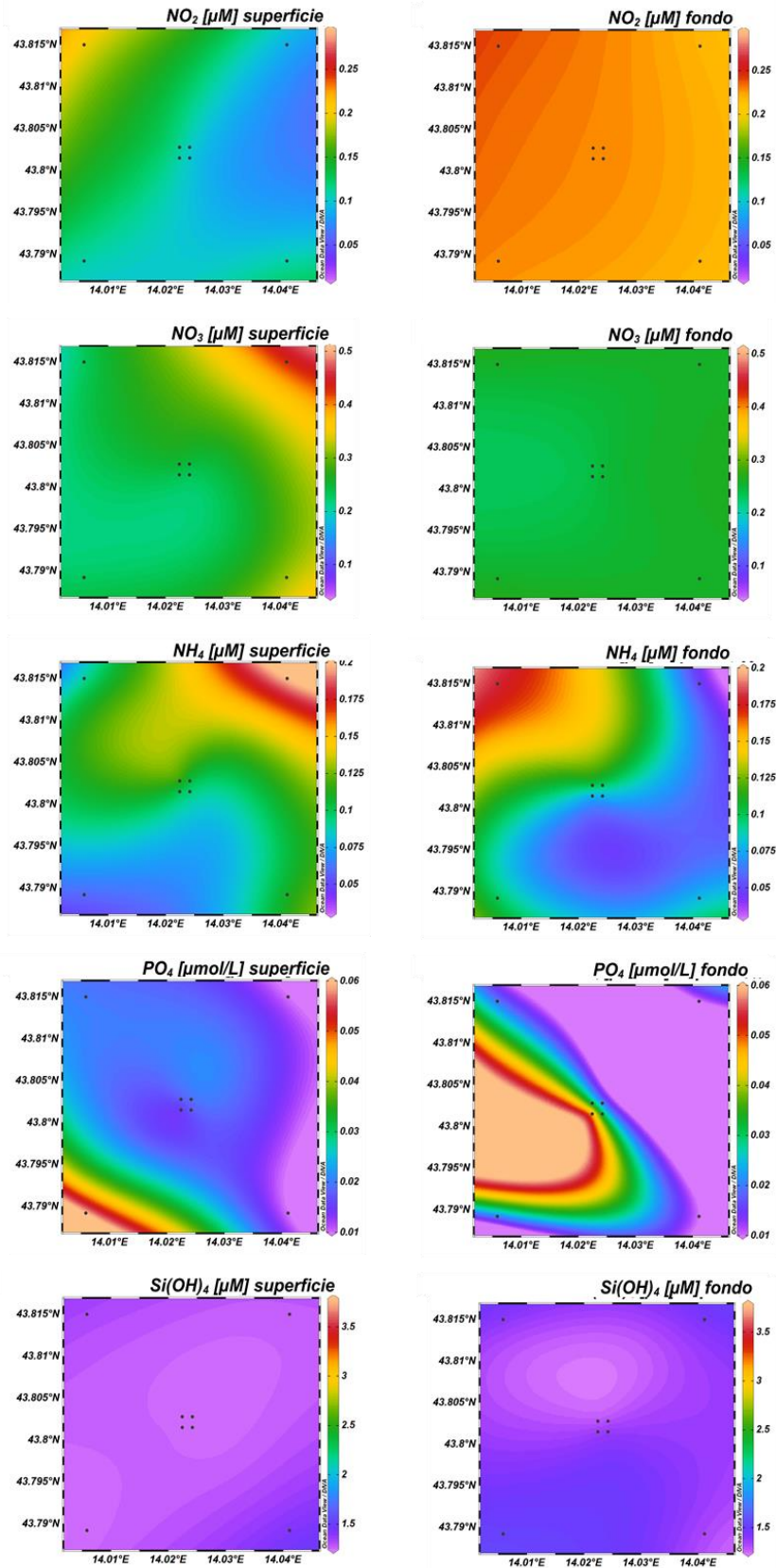
**Fig. 3.23** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Luglio 2021.**



**Fig. 3.24a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Dicembre 2021.



**Fig. 3.24b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e BO7 rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $PO_4$ ), silicati ( $Si(OH)_4$ ), nitrati ( $NO_3$ ), nitriti ( $NO_2$ ) e ammonio ( $NH_4$ ) espresse in  $\mu M$ . Dicembre 2021.



**Fig. 3.25** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di fosfati ( $\text{PO}_4$ ), silicati ( $\text{Si(OH)}_4$ ), nitrati ( $\text{NO}_3$ ), nitriti ( $\text{NO}_2$ ) e ammonio ( $\text{NH}_4$ ) espresse in  $\mu\text{M}$ . **Dicembre 2021**.

### 3.1.3. PIGMENTI CLOROFILLIANI E PARTICELLATO SOSPESO

Nel **febbraio 2021** (figg. 3.26a, 3.26b, 3.27) la clorofilla *a* (Chl *a*) è risultata mediamente pari a  $285,5 \pm 45,4$  ng/l, con un massimo di 389,7 ng/l e un minimo di 203,7 ng/l misurati rispettivamente a 40 m nella stazione CL1 e al fondo nella CL2. La clorofilla *b* (Chl *b*) e la clorofilla *c* (Chl *c*) sono state mediamente pari a  $25,3 \pm 17,5$  e  $79,0 \pm 15,5$  ng/l. Il massimo di Chl *b* (66,4 ng/l) è stato misurato a 40 m nella stazione CL5, il minimo (8,1 ng/l) in superficie nella CL7. Il massimo (111,7 ng/l) e il minimo (61,5 ng/l) di Chl *c* sono invece stati registrati rispettivamente a 40 m nella CL7 e alla quota superficiale della CL2. In generale, le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate a 40 m di profondità.

Il materiale particellato (TSM), ha presentato un contenuto medio di  $0,4 \pm 0,3$  mg/l ed è risultato maggiormente presente sul fondo dell'area di campionamento dove è stato registrato il massimo (1,3 mg/l) presso CL6; il minimo (0,1 mg/l) è stato riscontrato a 20 m in CL7.

A **marzo** (figg. 3.28a, 3.28b, 3.29) la Chl *a* è risultata in media pari a  $199,6 \pm 32,6$  ng/l ed è variata tra 246,9 e 121,1 ng/l (CL6, rispettivamente 40 m e superficie). La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie di  $13,4 \pm 4,5$  e  $48,0 \pm 10,1$  ng/l. Il contenuto maggiore di Chl *b* (22,0 ng/l) è stato misurato a 40 m nella stazione CL7, mentre un valore prossimo allo zero ha caratterizzato la superficie della CL8. Il massimo di Chl *c* (75,4 ng/l) è stato riscontrato al fondo della stazione CL8, il minimo (29,9 ng/l) in superficie nella CL5. I tre pigmenti clorofilliani non hanno presentato un andamento particolare, ma in generale le concentrazioni più basse sono state rilevate in superficie.

Il TSM è risultato paragonabile al mese precedente presentando un contenuto medio di  $0,4 \pm 0,2$  mg/l. Concentrazioni moderatamente più elevate hanno caratterizzato lo strato di fondo dell'area di campionamento, dove in CL3 è stato raggiunto il massimo (0,9 mg/l); il minimo (0,1 mg/l) è stato invece registrato alla quota di 20 m nella stazione CL8.

A **maggio** (figg. 3.30a, 3.30b, 3.31) i pigmenti clorofilliani hanno presentato un andamento crescente verso le quote più profonde. La concentrazione media di Chl *a* è risultata pari a  $285,8 \pm 74,4$  ng/l, con il massimo di 399,7 ng/l a 40 m nella stazione CL2 e il minimo di 159,0 ng/l in superficie nella CL6. La Chl *b* e la Chl *c* sono state mediamente pari a  $21,7 \pm 12,0$  ng/l e a  $75,6 \pm 27,4$  ng/l. Il contenuto maggiore di Chl *b* (42,9 ng/l) è stato riscontrato al fondo della stazione CL8, il minimo (5,3 ng/l) in superficie della CL6.

Massimo (115,3 ng/l) e minimo (36,3 ng/l) di Chl *c* sono stati invece misurati rispettivamente a 40 m nella CL2 e a 20 m nella CL6.

Il TSM è stato mediamente pari a  $0,6 \pm 0,6$  mg/l, risultando più elevato sul fondo ( $1,5 \pm 0,4$  mg/l) dove è stato registrato il massimo (2,3 mg/l) in CL6.

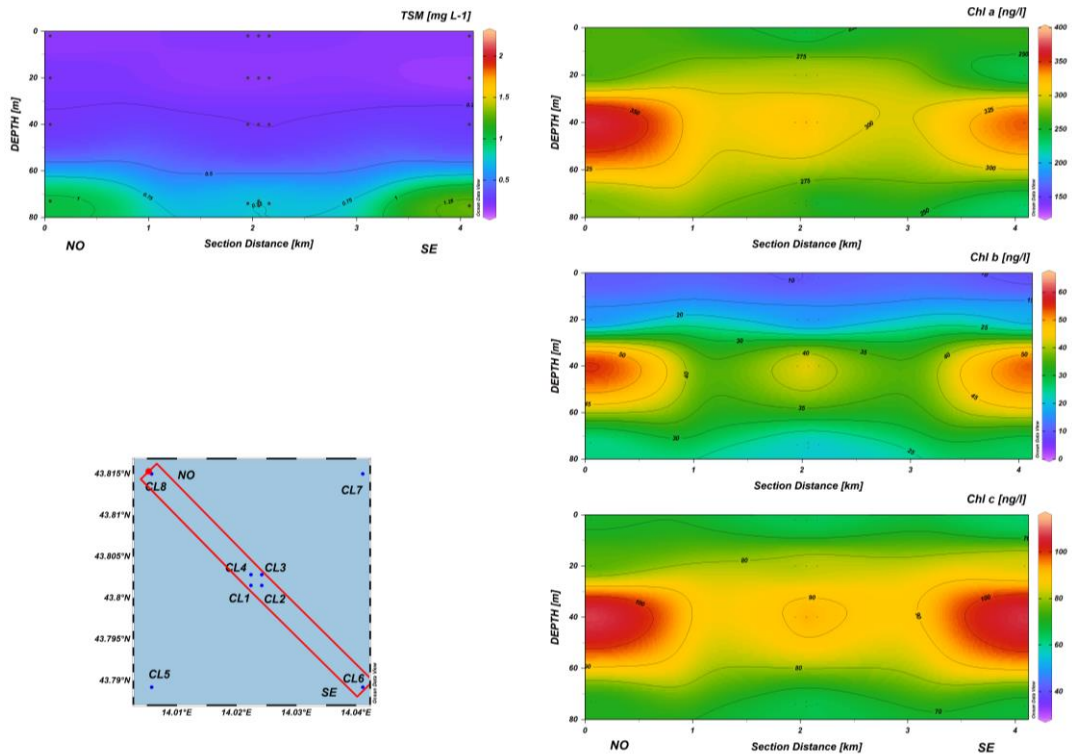
Anche a **luglio** (figg. 3.32a, 3.32b, 3.33) in generale le concentrazioni più elevate di pigmenti clorofilliani sono state rilevate nelle acque di fondo. La Chl *a* è risultata mediamente pari a  $141,3 \pm 111,1$  ng/l, oscillando tra 392,7 ng/l e 46,1 ng/l misurati rispettivamente al fondo della stazione CL6 e a 20 m nella CL8. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $11,9 \pm 16,1$  e  $49,8 \pm 50,5$  ng/l. Anche il contenuto maggiore di Chl *b* (47,5 ng/l) è stato misurato al fondo della CL6, mentre valori prossimi allo zero sono stati riscontrati a 20 e 40 m nelle stazioni CL4, CL5, CL6 e CL7 e CL8 (in quest'ultimo sito anche in superficie). Come per la Chl *a* e per la Chl *b*, anche il massimo di Chl *c* (154,7 ng/l) è stato riscontrato al fondo della CL6, mentre la concentrazione minima (10,3 ng/l) è stata misurata in superficie nella CL4.

Il TSM è risultato mediamente presente con  $0,3 \pm 0,3$  mg/l. Come per i pigmenti clorofilliani, in generale è stato più abbondante in prossimità del fondale dove, presso CL1, è stato registrato il massimo (1,4 mg/l); il minimo (0,06 mg/l) è stato rilevato a 20 m nelle stazioni CL3 e CL4.

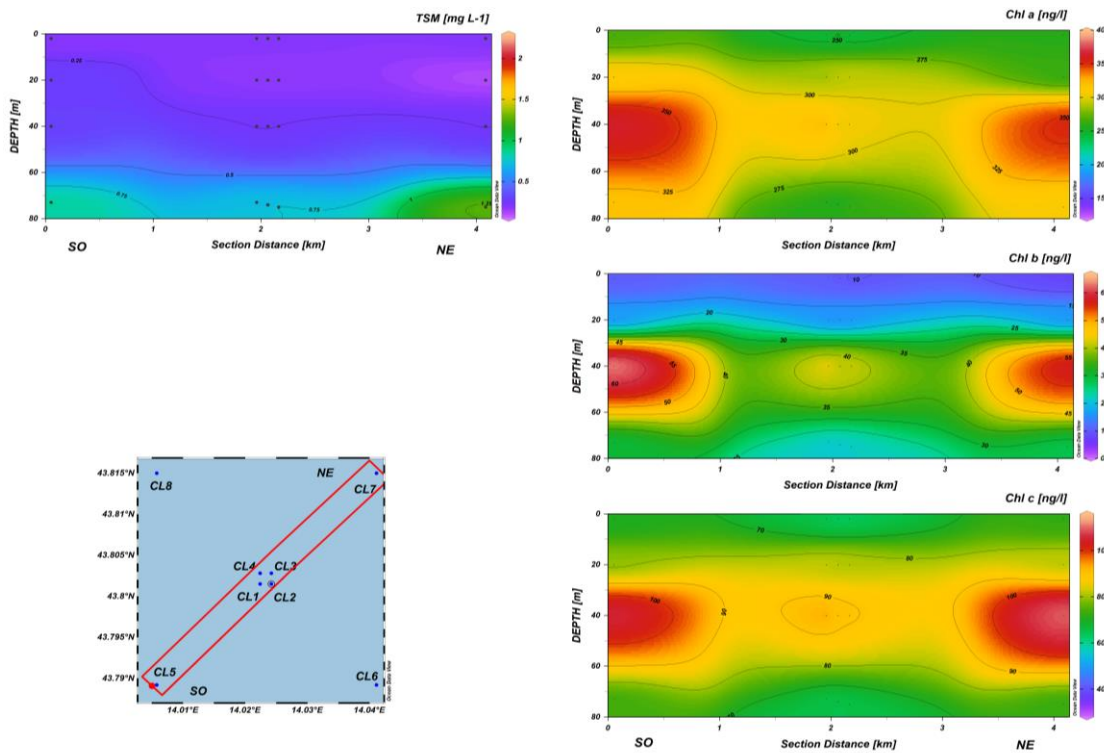
A **dicembre** (figg. 3.34a, 3.34b, 3.35) i pigmenti clorofilliani sono risultati piuttosto omogenei tra le stazioni e lungo la colonna d'acqua e non è stato rilevato alcun andamento particolare. La Chl *a* ( $233,7 \pm 33,0$  ng/l) era compresa tra 306,7 e 165,0 ng/l, valori registrati rispettivamente al fondo e in superficie nella stazione CL2. La Chl *b* e la Chl *c* hanno presentato concentrazioni medie rispettivamente pari a  $18,3 \pm 4,1$  e  $65,6 \pm 7,1$  ng/l. Il massimo contenuto di Chl *b* (23,8 ng/l) è stato misurato alla profondità di 40 m nella stazione CL2, il minimo (9,1 ng/l) in superficie presso la CL1. La maggiore concentrazione Chl *c* (76,1 ng/l) ha caratterizzato il fondo di CL2, la minore (47,4 ng/l) è stata misurata in superficie nella stazione CL4.

Il TSM ha presentato una concentrazione media pari a  $0,9 \pm 0,2$  mg/l e, ancora una volta, è risultato più abbondante nello strato di fondo dell'area di campionamento dove è stato registrato il massimo (1,3 mg/l) presso la stazione CL7.

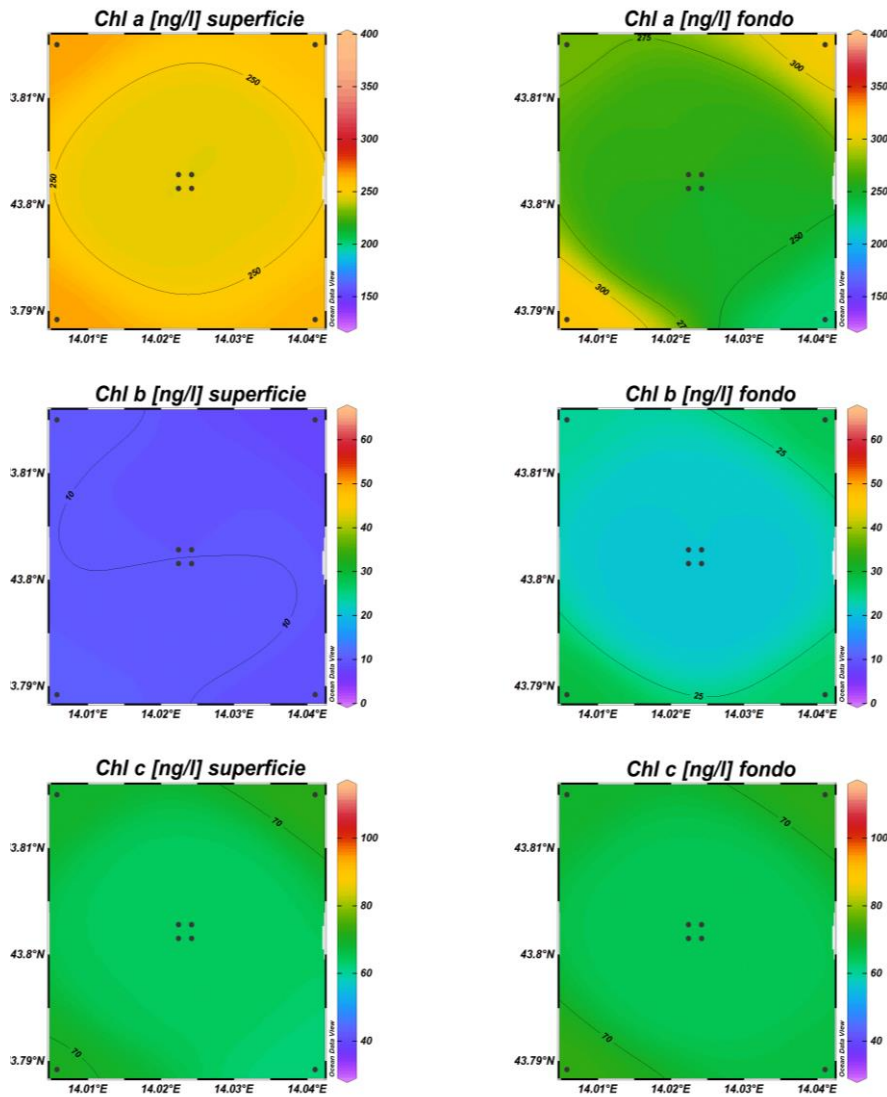




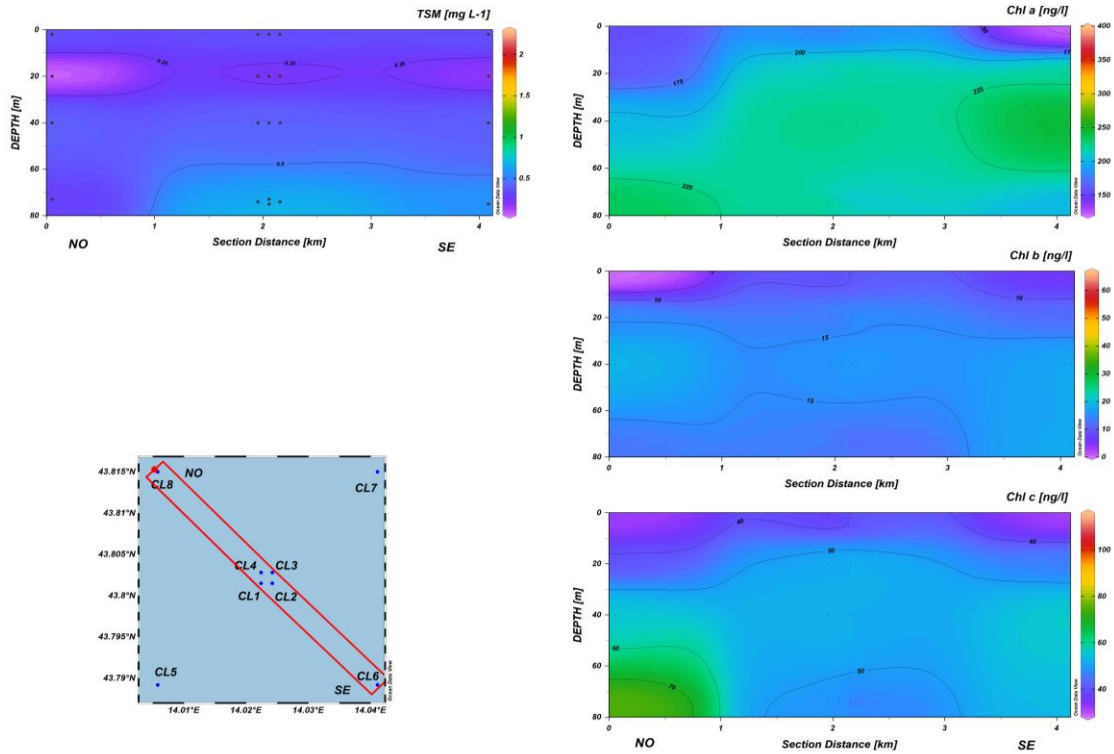
**Fig. 3.26a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**



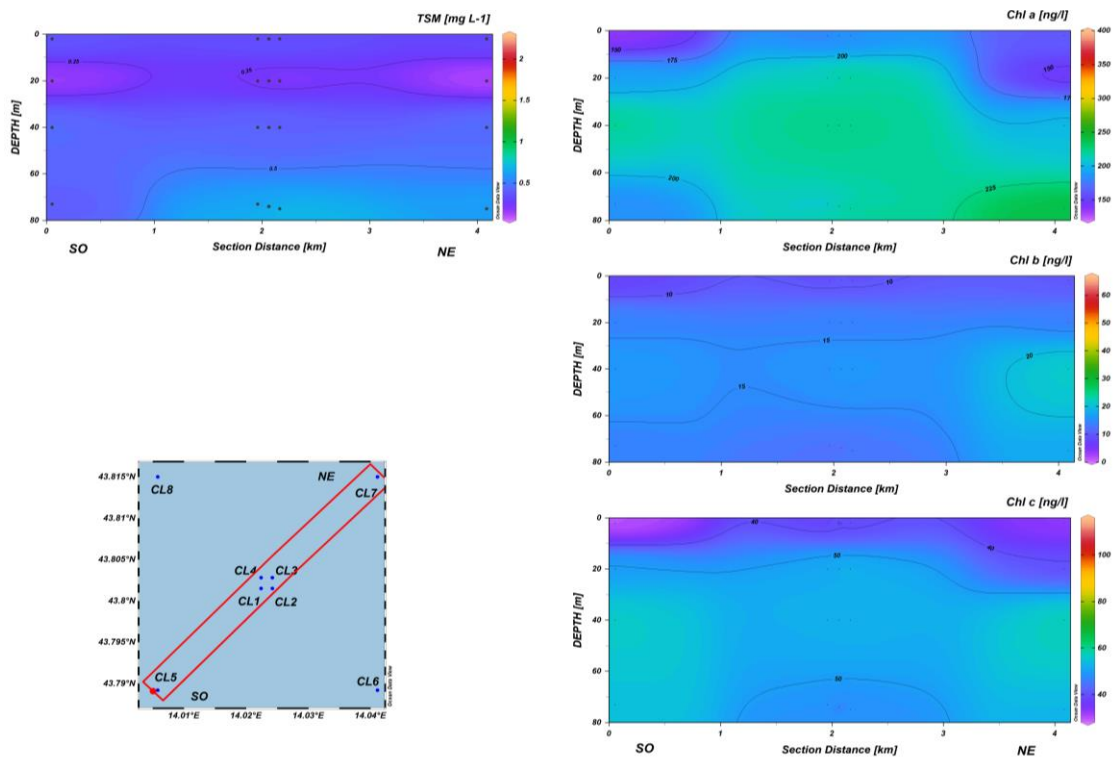
**Fig. 3.26b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**



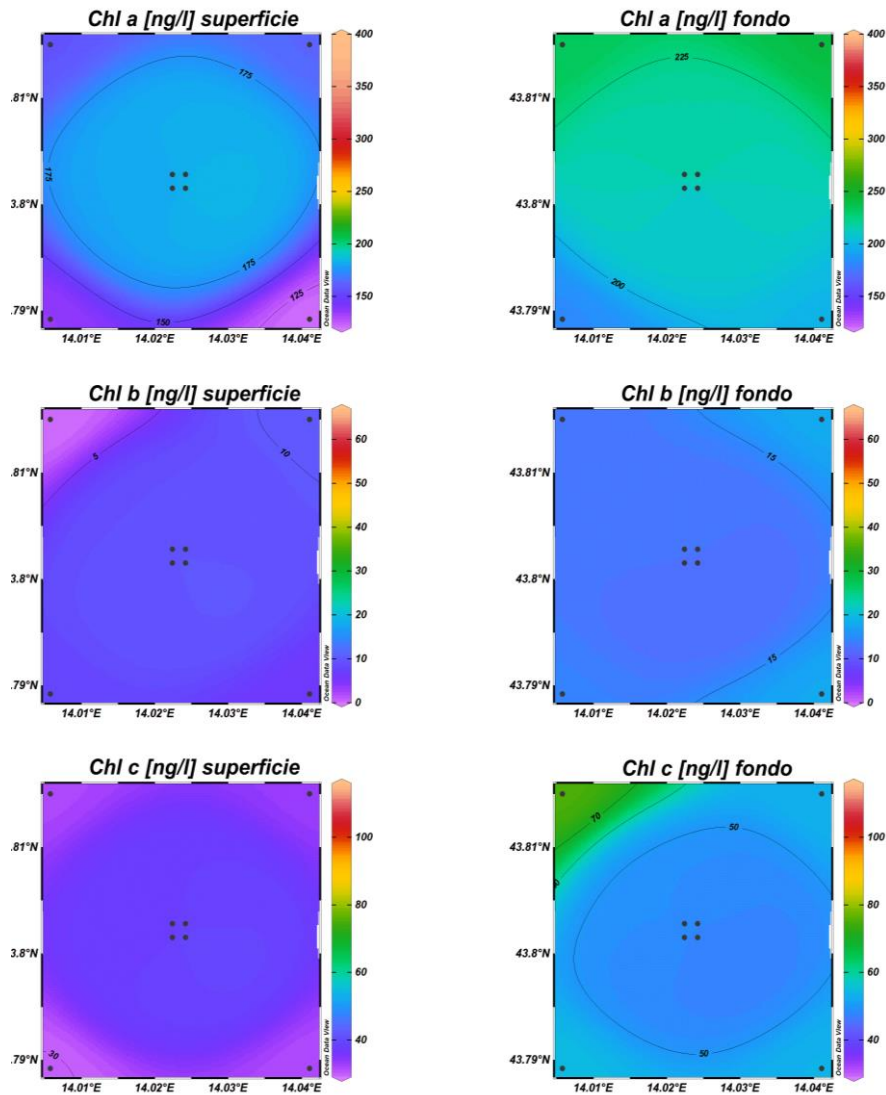
**Fig. 3.27** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Febbraio 2021.**



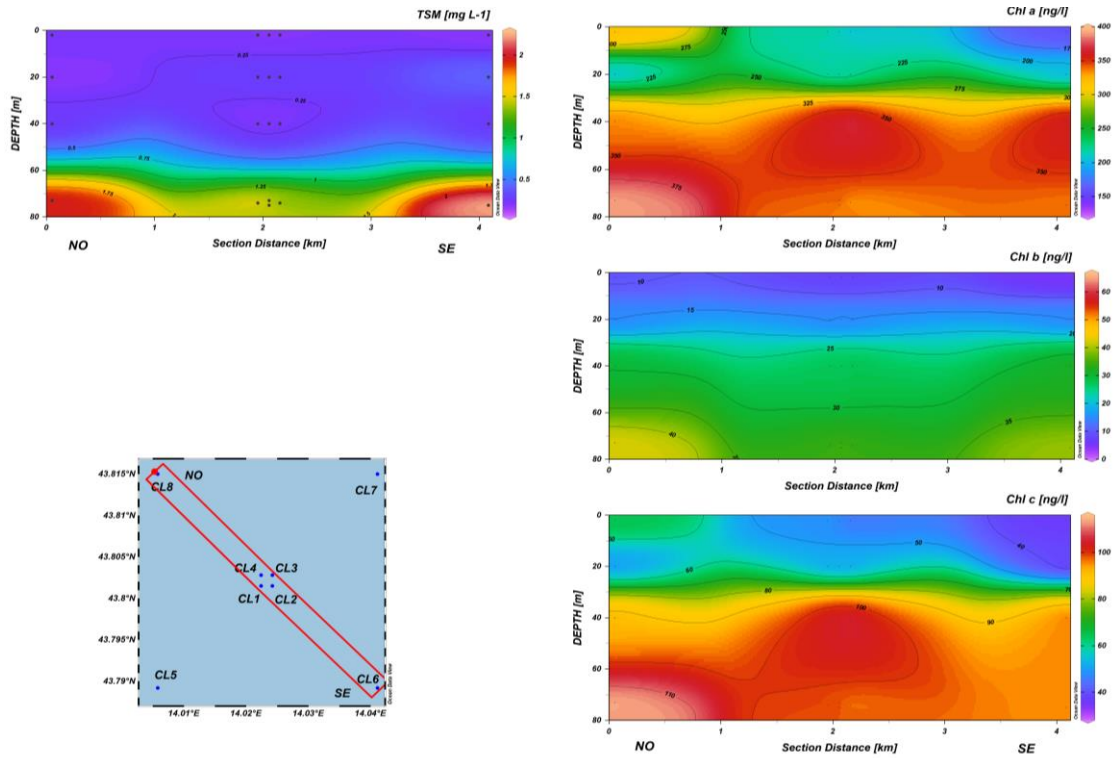
**Fig. 3.28a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Marzo 2021.**



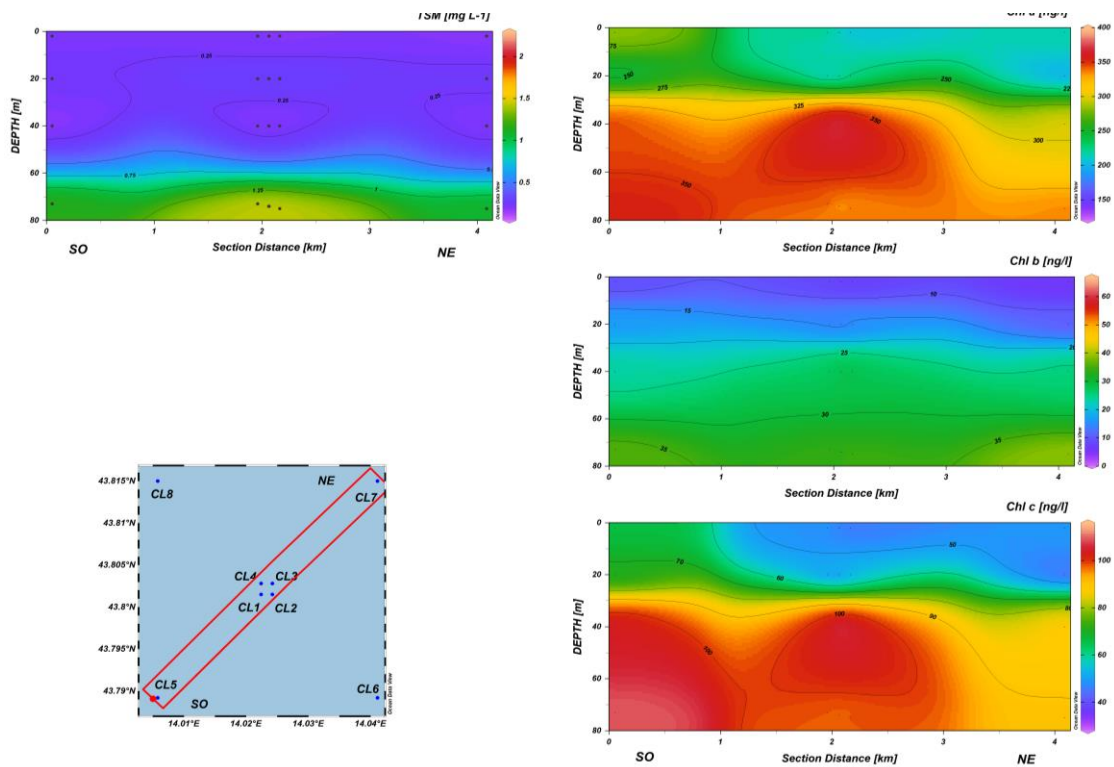
**Fig. 3.28b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Marzo 2021.**



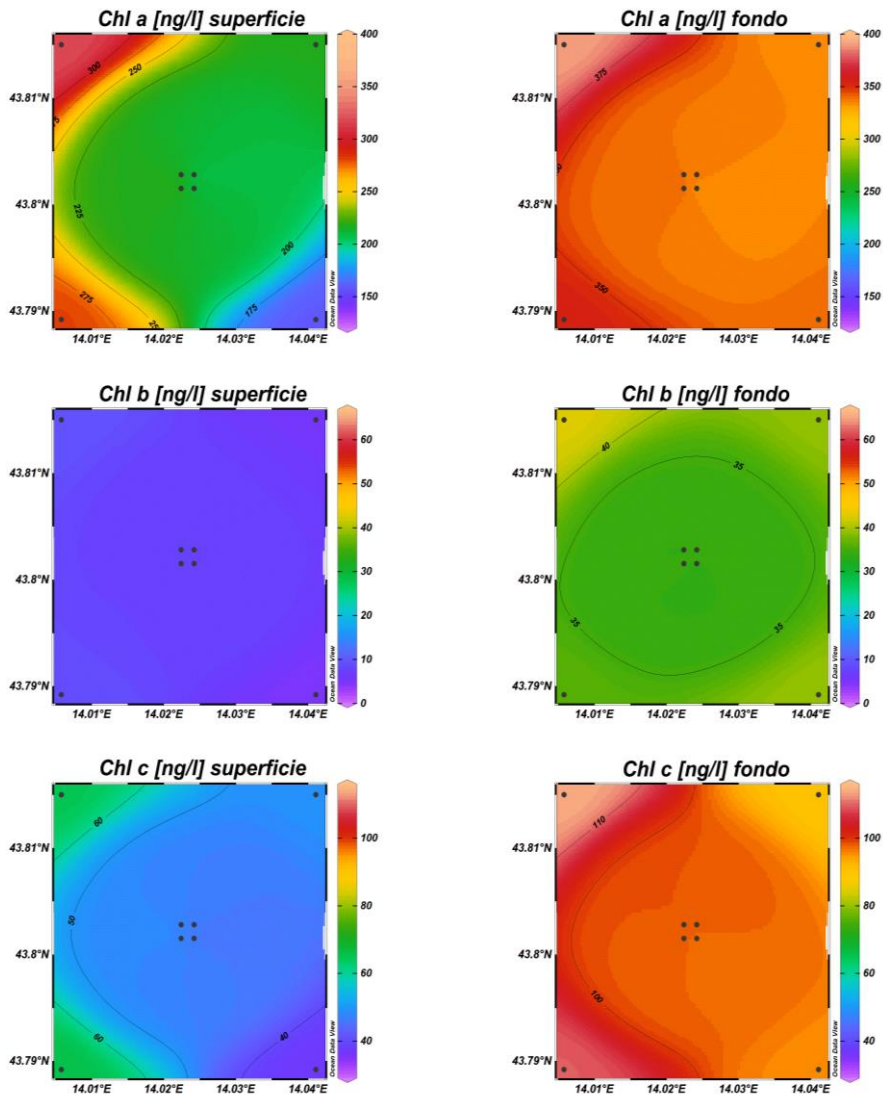
**Fig. 3.29** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Marzo 2021.**



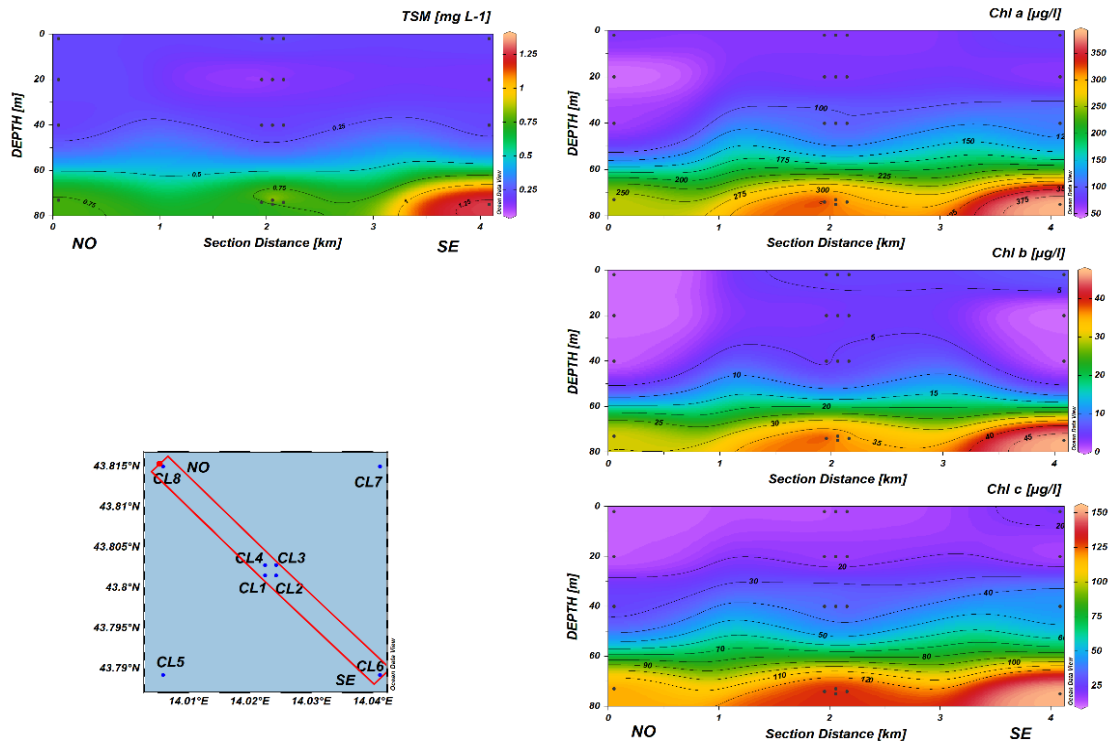
**Fig. 3.30a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Maggio 2021.**



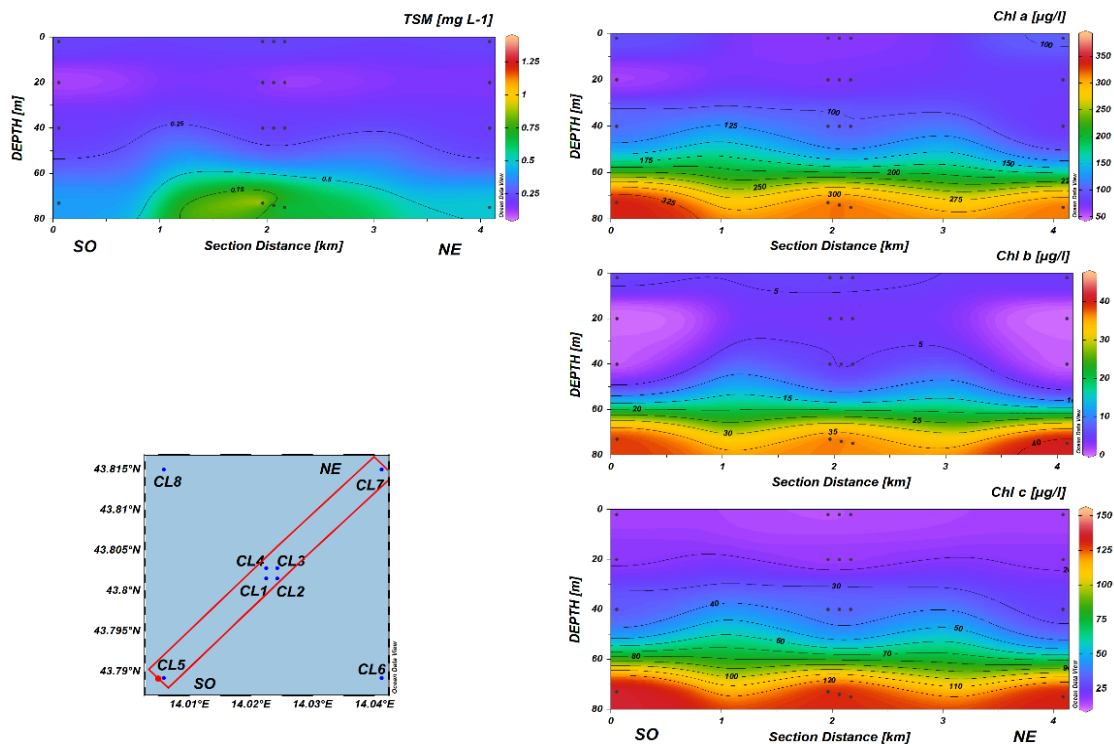
**Fig. 3.30b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Maggio 2021.**



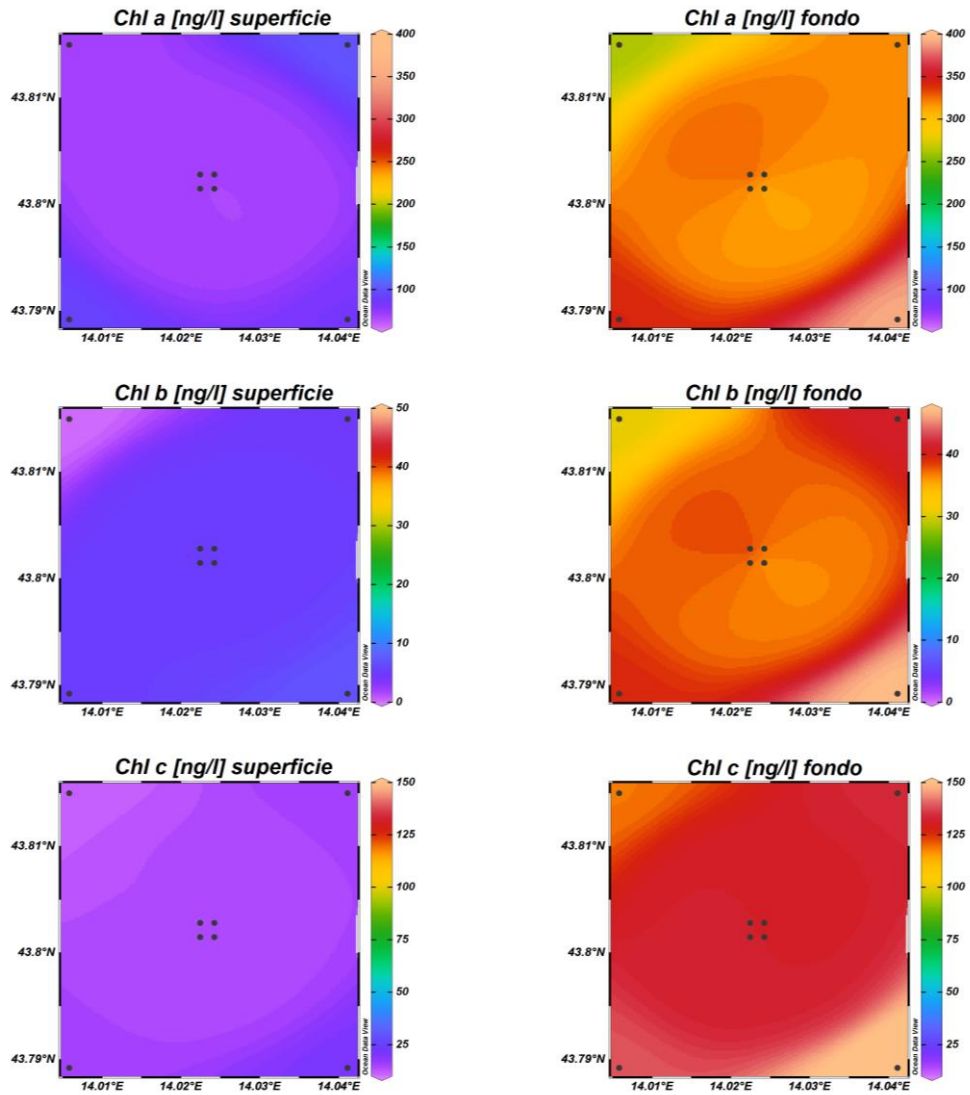
**Fig. 3.31** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Maggio 2021.**



**Fig. 3.32a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

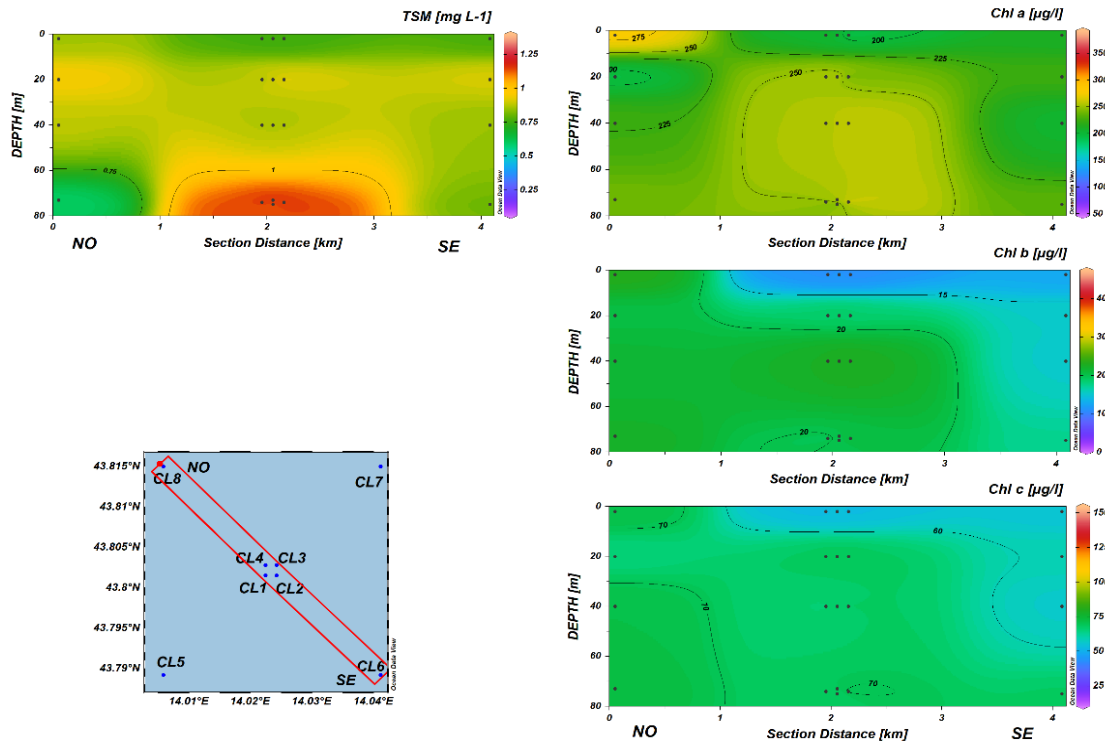


**Fig. 3.32b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

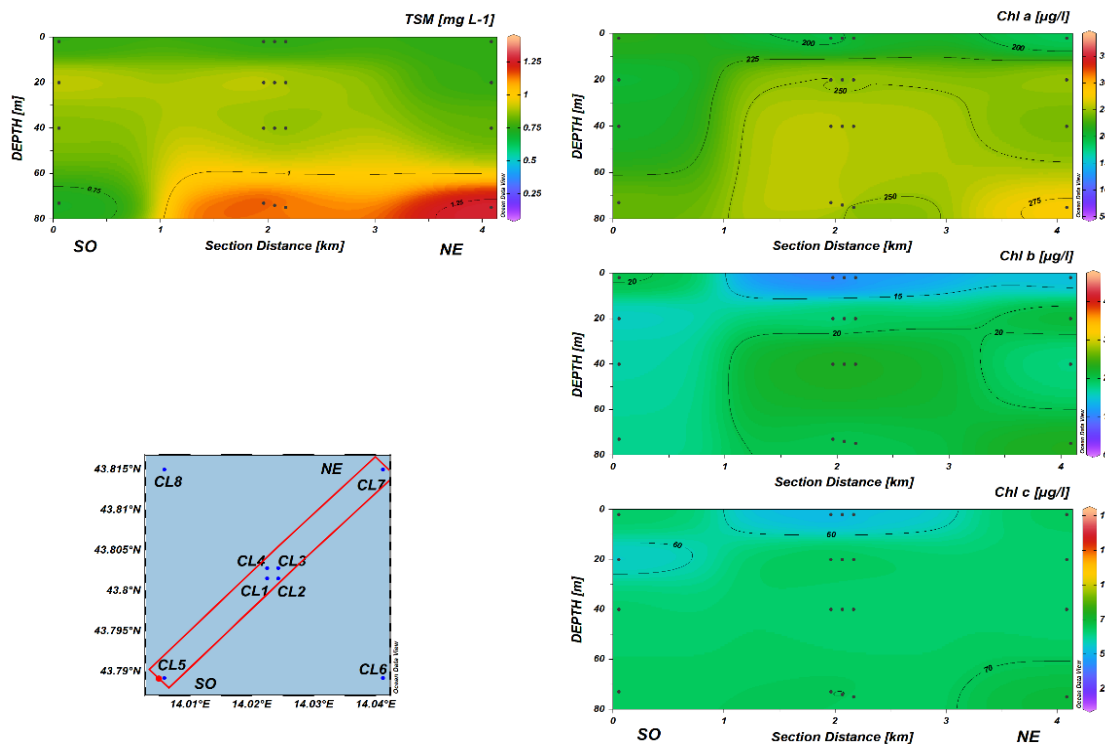


**Fig. 3.33** - Mappe areali in superficie e al fondo rappresentanti le concentrazioni di clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in ng/l. **Luglio 2021.**

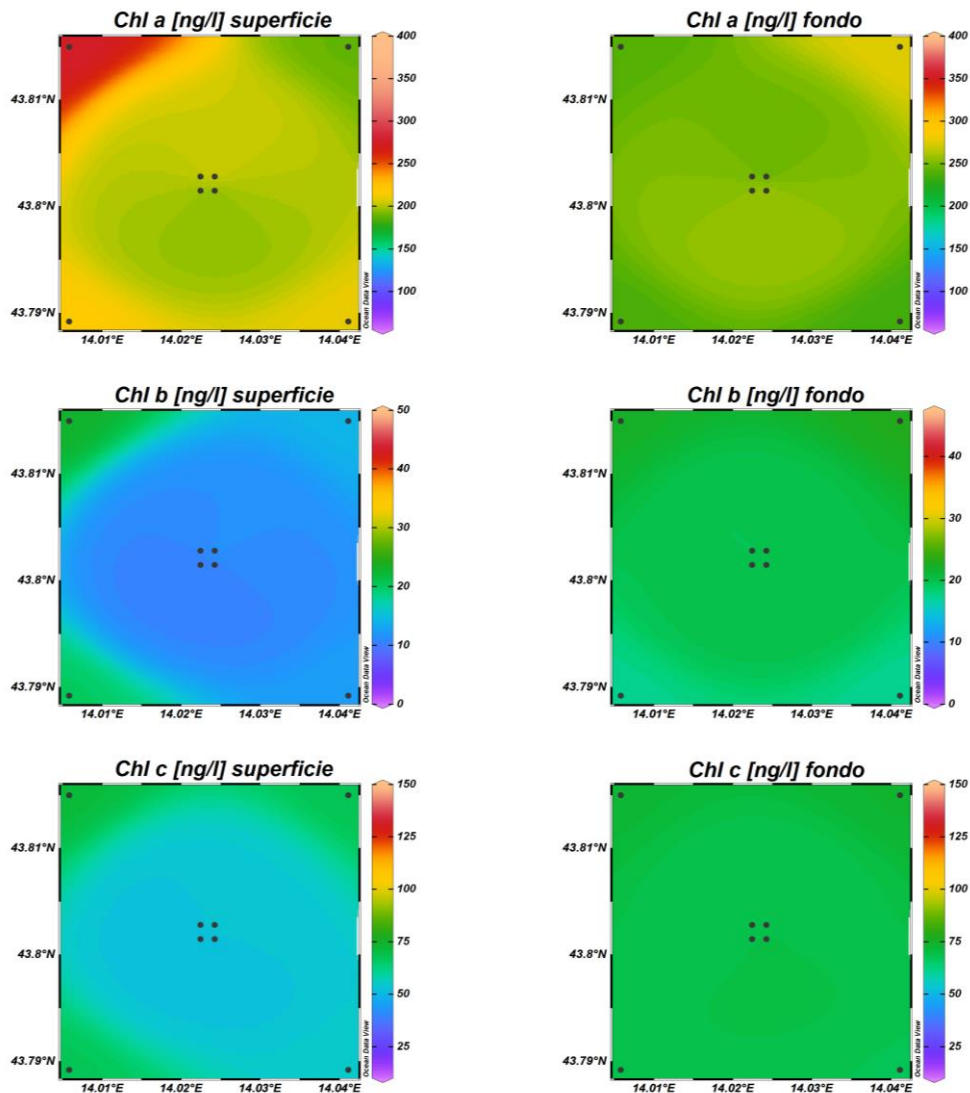




**Fig. 3.34a** - Sezioni NO-SE delle stazioni CL8, CL4, CL1, CL3, CL2 e CL6 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in µg/l. **Dicembre 2021.**



**Fig. 3.34b** - Sezioni SO-NE delle stazioni CL5, CL1, CL2, CL4, CL3 e CL7 rappresentanti le concentrazioni di particolato sospeso (TSM) espresso in mg/l, clorofilla *a* (Chl *a*), clorofilla *b* (Chl *b*) e clorofilla *c* (Chl *c*) espresse in µg/l. **Dicembre 2021.**



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

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

Gli Idrocarburi totali (**IT**), gli Idrocarburi Alifatici (**IA**) e gli Idrocarburi Policiclici Aromatici (**IPA**) rilevati nei due monitoraggi del 2° semestre 2021 nei pressi della piattaforma CLARA NW sono riportati nelle Tab. 3-I - 3-III. Per comodità di confronto, nelle tabelle si riportano anche i valori relativi al 1° semestre (febbraio, marzo e maggio).

Gli **IT**, già poco presenti nel 1° semestre, a luglio sono risultati assenti, mentre a dicembre sono stati quantificati quasi ovunque (media  $\pm$  dev. st.;  $32 \pm 12$   $\mu\text{g/L}$ ) oscillando tra 19 e 58  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL6, superficie). I due gruppi di stazioni (piattaforma CL1-CL4,

controllo CL5-CL8) non sono risultati differenziabili.

Risultati analoghi sono stati ottenuti per gli IA. Assenti o scarsamente presenti sino a luglio, a dicembre sono comparsi quasi ovunque con un range di concentrazioni pari a 15-35 µg/L (massimo in CL5, fondo) e media di  $21 \pm 5$  µg/L. Anche in questo caso i due gruppi di stazioni non sono risultati differenziabili.

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
CL1 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	27
CL1 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	20
CL1 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	36
CL1 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	24
CL2 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	23
CL2 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	26
CL2 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	36
CL2 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	21
CL3 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	30
CL3 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	19
CL3 40 m	< 28	< 28	< 28	< 28	34
CL3 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	24
CL4 sup	< 28	< 28	68	< 28	26
CL4 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	40
CL4 40 m	< 28	< 28	44	< 28	< 28
CL4 fondo	31	< 28	< 28	< 28	< 28
CL5 sup	< 28	28	63	< 28	26
CL5 20 m	< 28	< 28	< 28	< 28	51
CL5 40 m	< 28	56	28	< 28	49
CL5 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	56
CL6 sup	< 28	< 28	< 28	< 28	58
CL6 20 m	< 28	68	< 28	< 28	34
CL6 40 m	< 28	44	< 28	< 28	51
CL6 fondo	< 28	< 28	< 28	< 28	27
CL7 sup	< 28	24	55	< 28	30
CL7 20 m	< 28	24	< 28	< 28	< 28
CL7 40 m	< 28	120	< 28	< 28	< 28
CL7 fondo	< 28	29	36	< 28	< 28
CL8 sup	< 28	35	< 28	< 28	22
CL8 20 m	< 28	190	21	< 28	30
CL8 40 m	< 28	89	< 28	< 28	20
CL8 fondo	< 28	49	< 28	< 28	19

Gli IPA sono leggermente diminuiti a luglio rispetto a maggio, presentando un range di 0,001-0,009 µg/L (massimo in CL3, 40 m) e media di  $0,003 \pm 0,002$  µg/L. Si evidenzia una leggera differenziazione tra le stazioni prossime alla piattaforma ( $0,005 \pm 0,002$  µg/L) e quelle di controllo ( $0,002 \pm 0,001$  µg/L). A dicembre gli IPA sono praticamente scomparsi

(solo due campioni al di sopra del LR entrambi di controllo, con valori molto bassi).

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
CL1 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	18
CL1 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	17
CL1 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	18
CL1 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	17
CL2 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	19
CL2 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	23
CL2 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	22
CL2 fondo	3,5	< 1	< 1	< 1	15
CL3 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	23
CL3 20 m	< 1	< 1	< 1	< 1	20
CL3 40 m	< 1	< 1	< 1	< 1	26
CL3 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	22
CL4 sup	< 1	< 1	49	< 1	23
CL4 20 m	2,8	< 1	< 1	< 1	26
CL4 40 m	< 1	< 1	34	< 1	< 1
CL4 fondo	2,5	< 1	< 1	< 1	< 1
CL5 sup	< 1	13	53	< 1	18
CL5 20 m	7,7	< 1	< 1	< 1	22
CL5 40 m	< 1	31	24	< 1	26
CL5 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	35
CL6 sup	< 1	< 1	< 1	< 1	22
CL6 20 m	< 1	37	< 1	< 1	21
CL6 40 m	< 1	25	< 1	< 1	33
CL6 fondo	< 1	< 1	< 1	< 1	20
CL7 sup	< 1	12	49	< 1	18
CL7 20 m	< 1	12	< 1	< 1	< 1
CL7 40 m	< 1	64	< 1	< 1	< 1
CL7 fondo	< 1	15	27	< 1	< 1
CL8 sup	< 1	20	< 1	< 1	17
CL8 20 m	< 1	83	17	< 1	20
CL8 40 m	< 1	41	< 1	< 1	17
CL8 fondo	< 1	25	< 1	< 1	17

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
CL1 sup	0,0035	0,0130	0,0074	0,0032	< 0,0028
CL1 20 m	0,0033	0,0082	0,0091	< 0,0028	< 0,0028
CL1 40 m	0,0100	0,0067	0,0120	< 0,0028	< 0,0028
CL1 fondo	0,0089	0,0084	0,0092	0,0044	< 0,0028
CL2 sup	0,0110	0,0100	0,0078	0,0056	< 0,0028
CL2 20 m	0,0077	0,0140	< 0,0025	0,0060	< 0,0028
CL2 40 m	0,0064	0,0760	0,0074	< 0,0028	< 0,0028
CL2 fondo	0,0050	0,0063	0,0150	0,0031	< 0,0028
CL3 sup	0,0031	0,0077	0,0066	0,0043	< 0,0028
CL3 20 m	0,0035	0,0150	0,0078	0,0032	< 0,0028
CL3 40 m	0,0033	0,0087	0,0160	0,0085	< 0,0028
CL3 fondo	0,0033	0,0120	0,0089	< 0,0028	< 0,0028
CL4 sup	0,0034	0,0420	< 0,0028	0,0043	< 0,0028
CL4 20 m	< 0,0028	0,0200	0,0140	0,0066	< 0,0028
CL4 40 m	< 0,0028	0,0097	0,0140	0,0046	< 0,0028
CL4 fondo	0,0033	0,0071	0,0060	0,0051	< 0,0028
CL5 sup	0,0150	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0056	< 0,0028
CL5 20 m	< 0,0028	0,00095	< 0,0028	0,0012	< 0,0028
CL5 40 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
CL5 fondo	< 0,0028	0,00092	< 0,0028	0,0035	0,0016
CL6 sup	< 0,0028	0,00097	< 0,0028	0,0017	< 0,0028
CL6 20 m	< 0,0028	< 0,0028	< 0,0028	0,0016	< 0,0028
CL6 40 m	< 0,0028	0,0071	< 0,0028	0,0016	< 0,0028
CL6 fondo	< 0,0028	0,0015	< 0,0028	0,0016	< 0,0028
CL7 sup	0,0250	0,0015	< 0,0028	< 0,00056	0,0004
CL7 20 m	< 0,0028	0,0013	< 0,0028	< 0,0056	< 0,0028
CL7 40 m	0,0053	0,0012	< 0,0028	0,0015	< 0,0028
CL7 fondo	0,0140	0,0120	< 0,0028	0,00099	< 0,0028
CL8 sup	< 0,0028	0,0110	< 0,0028	< 0,00056	< 0,0028
CL8 20 m	< 0,0028	0,0100	< 0,0028	< 0,0056	< 0,0028
CL8 40 m	0,0170	0,0009	< 0,0028	0,0010	< 0,0028
CL8 fondo	< 0,0028	0,0007	< 0,0028	0,0012	< 0,0028

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

Il **benzene** nel 1° semestre è stato rilevato solo a febbraio e solo su 2 campioni delle stazioni di controllo, con valori comunque prossimi al LR, mentre nel 2° semestre è stato quantificato solo a luglio in 5 campioni (di cui 4 provenienti dalle stazioni prossime a Clara NW) con range globale di 0,011-0,013  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL1, 20 m).

L'**etilbenzene**, rilevato nei primi 6 mesi del 2021 su un solo campione a febbraio (CL8, 40 m), a luglio è stato quantificato su 10 campioni prevalentemente di controllo, con range 0,012-0,080  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL5, 20 m). A dicembre, invece, è stato rilevato ovunque, presentando un'ampia dispersione delle concentrazioni soprattutto tra le stazioni di controllo a causa del valore elevato presso la quota superficiale della stazione CL5 (0,450  $\mu\text{g/L}$ ). Il range complessivo è stato di 0,051-0,450  $\mu\text{g/L}$ , con media di  $0,104 \pm 0,069 \mu\text{g/L}$ .

Per quanto riguarda lo **stirene**, rilevato in un solo campione a febbraio e marzo e in 14 a maggio, per lo più di controllo, nel 2° semestre è stato quantificato solo in 9 campioni a luglio con range di 0,010-0,049 µg/L (massimo in CL5, 20 m) e in 3 a dicembre, quando è oscillato tra 0,011 e 0,095 µg/L (massimo in CL5, superficie).

Il **toluene** non è stato affatto rilevato in tutto il 2021 mentre lo **xilene**, praticamente assente nel 1° semestre essendo stato quantificato solo in un campione a marzo e maggio, entrambi provenienti da stazioni di controllo, a luglio è stato misurato su 10 campioni di cui 8 di controllo, in un range di 0,035-0,310 µg/L (massimo in CL5, 20 m), mentre a dicembre è comparso ovunque. In questo monitoraggio il range globale è stato di 0,048-0,470 µg/L, con il massimo sempre in CL5 ma in superficie, e la media pari a  $0,100 \pm 0,072$  µg/L.



### 3.1.5. GLICOLE ETILENICO

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

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

Stazione	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
CL1 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL1 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL1 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL1 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL2 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL3 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL4 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL5 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL6 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL7 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 sup	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 20 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 40 m	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2
CL8 fondo	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2	< 2,2

### 3.1.6. METALLI PESANTI

Le concentrazioni dei metalli pesanti determinate nei monitoraggi effettuati nel 2021 sono riportati in Tab. 3-VI.

**Alluminio** - Le concentrazioni di alluminio rilevate a luglio sono risultate in linea con quelle del 1° semestre, con medie simili nei due gruppi di stazioni. Il range globale è stato 1,20-12,00 µg/L (massimo in CL5, 40 m) e la media pari a  $4,85 \pm 2,55$  µg/L. A dicembre è



stato rilevato solo in tre campioni in concentrazioni comprese tra 2,90 e 4,70  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL5, fondo).

**Arsenico** - Le concentrazioni di questo metallo sono risultate sempre molto omogenee geograficamente. A luglio è avvenuto un aumento generalizzato, con concentrazioni variabili tra 0,34 e 0,49  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL7, 40 m) e media complessiva di  $0,40 \pm 0,04$   $\mu\text{g/L}$ , la maggiore del 2021. A dicembre è avvenuto un decremento che ha portato a valori simili a quelli del 1° semestre; il range globale è stato 0,13-0,22  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL2, fondo) e la media  $0,17 \pm 0,02$   $\mu\text{g/L}$ .

**Bario** - Anche il bario ha presentato un'accentuata omogeneità spaziale. A luglio le concentrazioni sono aumentate, rientrando nel range 1,70-3,70  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL8, 40 m) che ha portato a una media complessiva di  $2,18 \pm 0,41$   $\mu\text{g/L}$ , la maggiore del 2021.

A dicembre è avvenuto un notevole decremento: infatti, i tenori sono variati tra 0,53 e 1,30  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL2, fondo) determinando una media di  $0,73 \pm 0,15$   $\mu\text{g/L}$ .

**Cadmio** - In tutto il 2021 il cadmio è stato rilevato solo sporadicamente (2 campioni in febbraio e 1 a marzo) e con valori prossimi al LR.

**Cromo** - Anche il cromo è risultato poco presente: infatti, è stato rilevato solo in 3 campioni a febbraio (range 0,14-1,00  $\mu\text{g/L}$ ), in 7 a maggio (range 0,11-0,63  $\mu\text{g/L}$ ) e in 6 a luglio (range 0,11-0,25  $\mu\text{g/L}$ ).

**Ferro** - Anche il ferro è aumentato a luglio rispetto al 1° semestre, presentando un range di 4,20-37,00  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL7, 40 m) e media di  $9,66 \pm 5,71$   $\mu\text{g/L}$ . A dicembre le concentrazioni sono diminuite drasticamente nel range di 0,51-2,70  $\mu\text{g/L}$  (media di  $0,82 \pm 0,39$   $\mu\text{g/L}$ ).

**Mercurio** - Già non rilevabile a maggio, nel 2° semestre 2021 il mercurio è stato quantificato solo sul fondo della stazione CL5 a dicembre.

**Nichel** - Eccetto a febbraio, il nichel è stato quantificato sempre e ovunque senza particolari differenze geografiche. A luglio le concentrazioni sono aumentate rispetto a maggio e sono rientrate nel range 0,18-0,56  $\mu\text{g/L}$  (massimo in CL2, 40 m) fornendo una media di  $0,27 \pm 0,07$   $\mu\text{g/L}$ , mentre a dicembre i livelli sono diminuiti diventando i più bassi dell'anno (range 0,06-0,30  $\mu\text{g/L}$ , media di  $0,11 \pm 0,04$   $\mu\text{g/L}$ ).

**Piombo** - A luglio i valori sono stati molto modesti e non differenziabili tra i due gruppi di stazioni, oscillando tra 0,033-0,300  $\mu\text{g/L}$  ( $0,076 \pm 0,049$   $\mu\text{g/L}$ ). A dicembre il piombo è risultato praticamente assente (un solo campione quantificabile).

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

Stazione	Alluminio					Arsenico					Bario				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
CL1 sup	0,71	3,00	3,00	2,60	< 0,062	0,170	0,180	0,150	0,430	0,160	0,86	1,10	0,75	2,10	0,62
CL1 20 m	< 0,081	3,80	13,00	11,00	< 0,062	0,120	0,170	0,190	0,420	0,140	0,93	0,91	0,89	2,10	0,53
CL1 40 m	< 0,081	0,60	3,70	4,80	< 0,062	0,160	0,150	0,200	0,400	0,180	0,73	0,77	0,87	2,90	0,67
CL1 fondo	1,70	12,00	5,90	6,00	< 0,062	0,076	0,150	0,220	0,410	0,160	0,86	1,20	1,10	2,00	0,69
CL2 sup	0,58	4,20	3,00	3,50	< 0,062	0,120	0,140	0,170	0,390	0,150	0,77	1,10	0,88	2,80	0,77
CL2 20 m	2,70	1,80	4,60	4,00	< 0,062	0,160	0,140	0,210	0,370	0,140	0,79	0,80	1,60	2,00	0,82
CL2 40 m	11,00	12,00	3,20	3,40	< 0,062	0,140	0,170	0,190	0,390	0,170	1,10	0,99	0,63	2,10	0,64
CL2 fondo	< 0,081	0,59	3,80	1,50	2,90	0,120	0,140	0,160	0,440	0,220	0,95	1,00	0,75	2,20	1,30
CL3 sup	< 0,081	0,56	9,50	2,20	< 0,062	0,120	0,150	0,160	0,350	0,190	0,97	1,20	0,80	1,80	0,82
CL3 20 m	0,39	< 0,081	11,00	3,00	< 0,062	0,120	0,160	0,140	0,350	0,170	0,80	0,98	0,80	1,70	0,67
CL3 40 m	< 0,081	1,00	7,30	3,40	< 0,062	0,150	0,160	0,160	0,400	0,190	0,77	0,99	0,78	2,10	0,64
CL3 fondo	9,50	< 0,081	5,20	2,30	3,20	0,095	0,160	0,150	0,480	0,200	1,80	1,20	0,70	2,10	1,00
CL4 sup	11,00	0,65	6,40	8,10	< 0,062	0,100	0,160	0,170	0,360	0,160	2,90	0,86	0,75	2,20	0,67
CL4 20 m	1,10	< 0,081	4,50	5,50	< 0,062	0,110	0,160	0,150	0,400	0,160	0,88	0,85	0,74	1,80	0,62
CL4 40 m	2,60	< 0,081	4,80	8,200	< 0,062	0,140	0,130	0,140	0,430	0,200	0,98	0,82	0,63	2,00	0,61
CL4 fondo	1,50	0,26	3,20	7,10	< 0,062	0,081	0,160	0,180	0,380	0,190	1,00	0,91	0,80	2,00	0,70
CL5 sup	2,30	< 0,081	4,90	5,60	< 0,062	0,100	0,180	0,140	0,410	0,190	0,77	0,96	0,82	2,20	0,85
CL5 20 m	1,20	< 0,081	3,50	6,00	< 0,062	0,110	0,200	0,170	0,370	0,140	0,98	0,91	0,99	2,20	0,70
CL5 40 m	< 0,081	1,50	3,00	12,00	< 0,062	0,072	0,150	0,170	0,370	0,170	0,77	0,98	0,70	1,90	0,74
CL5 fondo	2,60	0,79	4,40	5,10	4,70	0,150	0,150	0,150	0,380	0,150	0,85	0,94	0,73	2,20	0,62
CL6 sup	5,70	< 0,081	5,20	7,70	< 0,062	0,140	0,200	0,180	0,340	0,150	0,98	0,97	0,88	1,80	0,61
CL6 20 m	< 0,081	< 0,081	3,90	5,90	< 0,062	0,130	0,170	0,170	0,450	0,160	0,71	0,88	0,91	1,90	0,68
CL6 40 m	< 0,081	4,90	15,00	3,40	< 0,062	0,087	0,140	0,180	0,400	0,150	0,64	1,80	0,90	1,90	0,59
CL6 fondo	1,50	1,90	4,90	3,80	< 0,062	0,087	0,160	0,200	0,410	0,130	0,80	0,80	0,78	2,00	0,72
CL7 sup	< 0,081	20,00	2,30	4,00	< 0,062	0,091	0,160	0,180	0,360	0,140	0,82	0,87	0,64	2,50	0,72
CL7 20 m	< 0,081	2,30	5,00	4,00	< 0,062	0,170	0,210	0,160	0,450	0,200	1,00	0,85	0,86	2,00	0,75
CL7 40 m	6,00	< 0,081	4,50	3,80	< 0,062	< 0,020	0,150	0,170	0,490	0,150	0,21	0,78	0,65	2,00	0,71
CL7 fondo	< 0,081	0,46	4,30	3,00	< 0,062	0,260	0,160	0,190	0,480	0,160	1,60	0,97	1,30	2,30	0,72
CL8 sup	1,50	11,00	4,10	1,20	< 0,062	0,100	0,160	0,160	0,390	0,180	0,82	0,95	0,87	2,90	0,89
CL8 20 m	2,50	3,70	3,50	2,80	< 0,062	0,084	0,180	0,190	0,390	0,130	0,87	1,40	0,74	2,00	0,55
CL8 40 m	24,00	3,80	3,50	6,80	< 0,062	0,120	0,180	0,200	0,440	0,180	0,70	1,30	0,82	3,70	0,78
CL8 fondo	< 0,081	3,90	3,60	3,40	< 0,062	0,110	0,180	0,160	0,420	0,160	0,85	0,90	0,93	2,40	0,81

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Cadmio					Cromo					Ferro				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
CL1 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,10	< 0,036	2,100	6,600	9,800	0,870
CL1 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,16	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	5,800	13,000	0,990
CL1 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,860	0,250	2,200	8,600	0,850
CL1 fondo	< 0,010	< 0,010	0,011	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,300	0,190	3,400	7,500	0,800
CL2 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,620	3,000	1,700	12,000	0,720
CL2 20 m	< 0,010	< 0,010	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,10	< 0,10	0,880	0,900	4,900	7,500	0,780
CL2 40 m	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	5,600	< 0,036	1,400	6,600	0,970
CL2 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,10	2,700	< 0,036	4,700	12,000	2,700
CL3 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	5,500	6,400	6,100	0,820
CL3 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	2,700	5,900	0,690
CL3 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,470	< 0,036	3,000	9,900	0,600
CL3 fondo	0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,25	< 0,10	< 0,10	0,16	< 0,10	11,000	< 0,036	2,200	11,000	0,830
CL4 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	2,000	11,000	0,900
CL4 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	1,00	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	13,000	< 0,036	2,100	11,000	0,540
CL4 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	3,300	< 0,036	1,700	8,000	0,600
CL4 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,096	0,830	3,200	10,000	1,100
CL5 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,600	< 0,036	2,600	8,100	0,830
CL5 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	0,14	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	5,700	0,056	1,800	6,200	0,970
CL5 40 m	< 0,010	0,017	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	2,500	2,300	7,400	0,530
CL5 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	0,240	2,600	6,900	< 0,40
CL6 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,18	0,11	< 0,10	2,200	< 0,036	11,000	10,000	0,620
CL6 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,12	0,21	< 0,10	0,400	< 0,036	4,900	8,400	0,640
CL6 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,63	< 0,10	< 0,10	0,290	20,000	4,500	4,200	0,610
CL6 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	2,500	< 0,036	1,900	12,000	0,720
CL7 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	< 0,036	4,000	7,300	0,920
CL7 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	1,400	< 0,036	3,300	11,000	0,790
CL7 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,12	< 0,10	6,900	< 0,036	4,700	37,000	0,530
CL7 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,240	1,400	2,100	7,300	0,630
CL8 sup	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,10	0,680	0,950	3,100	5,300	0,510
CL8 20 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,036	0,230	1,900	5,000	0,570
CL8 40 m	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,25	< 0,10	< 0,036	1,500	3,400	17,000	1,100
CL8 fondo	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,010	< 0,10	< 0,10	0,11	< 0,10	< 0,10	0,560	0,360	3,000	6,000	0,700

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Mercurio					Nichel					Piombo				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre
CL1 sup	0,0320	0,0058	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,290	0,180	0,330	0,110	0,021	0,270	0,032	0,180	< 0,020
CL1 20 m	0,0160	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,200	0,290	0,074	< 0,020	< 0,020	0,091	0,090	< 0,020
CL1 40 m	0,0280	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,130	0,370	0,100	< 0,020	0,021	0,043	0,130	< 0,020
CL1 fondo	0,0310	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,350	0,230	0,200	0,100	0,024	0,064	0,140	0,058	< 0,020
CL2 sup	< 0,0020	0,0140	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,170	0,270	0,071	< 0,020	0,041	0,049	0,071	< 0,020
CL2 20 m	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,280	0,210	0,220	0,170	< 0,020	< 0,020	0,088	0,070	< 0,020
CL2 40 m	0,0370	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,200	0,260	0,130	0,560	0,092	0,120	< 0,020	0,035	0,060	< 0,020
CL2 fondo	0,0110	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,820	0,160	0,230	0,300	< 0,020	< 0,020	0,064	0,077	0,061
CL3 sup	0,0250	0,0180	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,051	0,210	0,460	0,220	0,120	< 0,020	0,028	0,150	0,033	< 0,020
CL3 20 m	0,0190	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,160	0,400	0,078	< 0,020	0,660	0,068	0,041	< 0,020
CL3 40 m	0,0200	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,460	0,250	0,078	< 0,020	< 0,020	0,093	0,054	< 0,020
CL3 fondo	0,0057	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,120	0,230	0,160	0,290	0,120	3,300	0,055	0,039	0,086	< 0,020
CL4 sup	0,0047	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,270	0,130	0,250	0,099	< 0,020	< 0,020	0,052	0,068	< 0,020
CL4 20 m	0,0430	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	3,600	0,210	0,160	0,230	0,093	1,100	< 0,020	0,034	0,066	< 0,020
CL4 40 m	0,0130	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,092	0,390	0,140	0,210	0,100	< 0,020	< 0,020	0,025	0,061	< 0,020
CL4 fondo	0,0038	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,210	0,150	0,310	0,110	0,030	0,055	0,039	0,070	< 0,020
CL5 sup	< 0,0020	0,0081	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,830	0,670	0,190	0,210	0,140	0,081	< 0,020	0,035	0,048	< 0,020
CL5 20 m	0,0035	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,140	0,260	0,120	0,068	< 0,020	0,075	0,062	< 0,020
CL5 40 m	< 0,0020	0,0120	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,530	0,140	0,210	0,082	< 0,020	0,039	0,043	0,074	< 0,020
CL5 fondo	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,1800	< 0,040	0,410	0,150	0,260	0,095	< 0,020	< 0,020	0,031	0,085	< 0,020
CL6 sup	0,0160	0,0260	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,350	0,330	0,170	0,350	0,082	0,073	< 0,020	0,051	0,047	< 0,020
CL6 20 m	0,0022	0,0210	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,200	0,260	0,077	0,022	< 0,020	0,065	0,070	< 0,020
CL6 40 m	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,400	0,580	0,210	0,110	< 0,020	0,530	0,110	0,085	< 0,020
CL6 fondo	< 0,0020	0,0210	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,320	0,160	0,280	0,082	0,036	< 0,020	0,044	0,065	< 0,020
CL7 sup	< 0,0020	0,0057	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,300	0,190	0,210	0,075	< 0,020	< 0,020	0,046	0,060	< 0,020
CL7 20 m	< 0,0020	0,0053	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,410	0,190	0,220	0,063	0,074	0,039	0,031	0,073	< 0,020
CL7 40 m	< 0,0020	0,0110	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,330	0,120	0,250	0,110	0,140	< 0,020	0,045	0,067	< 0,020
CL7 fondo	0,0021	0,0036	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,420	0,190	0,280	0,110	< 0,020	0,100	0,042	0,059	< 0,020
CL8 sup	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	0,058	0,820	0,140	0,180	0,110	0,072	0,080	0,120	0,046	< 0,020
CL8 20 m	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,520	0,190	0,230	0,110	< 0,020	0,045	0,039	0,052	< 0,020
CL8 40 m	0,0078	0,0110	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,490	0,180	0,280	0,100	0,038	0,057	0,066	0,300	< 0,020
CL8 fondo	< 0,0020	0,0022	< 0,0020	< 0,0020	< 0,0020	< 0,040	0,460	0,140	0,260	0,079	< 0,020	< 0,020	0,120	0,034	< 0,020

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Rame					Vanadio					Zinco				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio
CL1 sup	0,054	< 0,039	< 0,0089	0,520	< 0,0089	0,29	0,22	0,29	0,48	0,15	1,50	1,90	< 0,064	1,50	0,13
CL1 20 m	< 0,039	0,081	< 0,0089	0,320	< 0,0089	0,31	0,18	0,27	0,50	0,14	0,91	3,90	< 0,064	0,75	0,89
CL1 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,370	< 0,0089	0,25	0,19	0,26	0,64	0,15	1,20	1,90	< 0,064	1,40	< 0,064
CL1 fondo	< 0,039	1,200	0,014	0,150	< 0,0089	0,25	0,17	0,28	0,62	0,16	0,74	8,80	0,43	0,90	< 0,064
CL2 sup	< 0,039	0,210	< 0,0089	0,300	< 0,0089	0,21	0,19	0,24	0,45	0,15	1,80	3,00	< 0,064	1,20	< 0,064
CL2 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,220	< 0,0089	0,27	0,13	0,34	0,50	0,14	50,00	0,76	< 0,064	2,10	0,43
CL2 40 m	0,330	< 0,039	< 0,0089	0,210	< 0,0089	0,24	0,20	0,22	0,62	0,15	2,80	9,80	< 0,064	0,69	< 0,064
CL2 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,240	0,250	0,26	0,17	0,28	0,59	0,23	0,60	0,46	< 0,064	1,10	14,00
CL3 sup	0,190	< 0,039	0,750	0,190	< 0,0089	0,26	0,22	0,28	0,37	0,17	2,10	0,95	7,20	0,68	< 0,064
CL3 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,150	< 0,0089	0,26	0,16	0,29	0,51	0,15	1,30	1,20	5,30	0,28	< 0,064
CL3 40 m	< 0,039	< 0,039	1,900	0,170	< 0,0089	0,25	0,21	0,27	0,65	0,14	0,68	3,80	9,10	1,20	< 0,064
CL3 fondo	0,700	< 0,039	< 0,0089	0,180	< 0,0089	0,33	0,15	0,27	0,55	0,17	16,00	3,40	< 0,064	0,61	1,00
CL4 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	3,000	< 0,0089	0,26	0,20	0,21	0,65	0,14	9,90	0,68	< 0,064	1,90	< 0,064
CL4 20 m	1,500	< 0,039	< 0,0089	0,300	< 0,0089	0,26	0,15	0,26	0,38	0,17	2,20	< 0,090	< 0,064	5,80	< 0,064
CL4 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,530	< 0,0089	0,25	0,15	0,28	0,51	0,19	6,40	< 0,090	< 0,064	2,30	< 0,064
CL4 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,310	< 0,0089	0,24	0,15	0,28	0,50	0,20	3,90	0,56	< 0,064	2,90	< 0,064
CL5 sup	0,087	< 0,039	< 0,0089	0,200	< 0,0089	0,27	0,19	0,28	0,60	0,15	1,00	0,92	0,10	1,30	< 0,064
CL5 20 m	0,460	< 0,039	0,030	0,170	< 0,0089	0,28	0,17	0,26	0,56	0,11	0,61	0,55	0,33	2,20	< 0,064
CL5 40 m	< 0,039	0,120	< 0,0089	0,510	< 0,0089	0,24	0,21	0,29	0,56	0,22	0,72	2,60	< 0,064	0,59	< 0,064
CL5 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,320	< 0,0089	0,27	0,19	0,28	0,55	0,14	4,30	3,30	< 0,064	9,00	< 0,064
CL6 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,710	< 0,0089	0,27	0,19	0,33	0,40	0,18	3,70	0,73	2,30	10,00	< 0,064
CL6 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,330	< 0,0089	0,26	0,20	0,29	0,59	0,13	1,10	1,30	< 0,064	24,00	< 0,064
CL6 40 m	< 0,039	0,065	0,260	0,260	< 0,0089	0,24	0,25	0,25	0,51	0,11	1,10	2,20	31,00	1,40	0,13
CL6 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,230	< 0,0089	0,23	0,15	0,25	0,57	0,12	1,70	0,32	2,00	1,90	0,07
CL7 sup	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,180	< 0,0089	0,26	0,14	0,25	0,59	0,16	0,58	0,92	< 0,064	1,80	< 0,064
CL7 20 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,190	< 0,0089	0,31	0,17	0,29	0,54	0,15	3,10	1,10	2,20	1,30	< 0,064
CL7 40 m	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,240	0,100	< 0,10	0,18	0,27	0,58	0,14	1,70	0,68	< 0,064	29,00	< 0,064
CL7 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,200	< 0,0089	0,51	0,19	0,30	0,59	0,13	1,10	< 0,090	4,70	0,98	< 0,064
CL8 sup	< 0,039	1,300	< 0,0089	0,270	< 0,0089	0,27	0,17	0,30	0,58	0,17	2,20	23,00	< 0,064	1,70	1,30
CL8 20 m	< 0,039	0,210	< 0,0089	0,140	< 0,0089	0,26	0,18	0,25	0,57	0,10	2,20	7,00	< 0,064	0,95	< 0,064
CL8 40 m	< 0,039	0,044	< 0,0089	0,910	< 0,0089	0,20	0,23	0,27	0,75	0,19	0,91	10,00	1,80	5,00	< 0,064
CL8 fondo	< 0,039	< 0,039	< 0,0089	0,270	< 0,0089	0,26	0,15	0,25	0,63	0,15	< 0,090	3,70	0,96	2,30	< 0,064

Tab. 3-VI - Continuo.

Stazione	Indio					Silicio				
	Febbraio	Marzo	Maggio	Luglio	Dicembre	Maggio	Febbraio	Marzo	Maggio	Febbraio
CL1 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470	0,410	0,079
CL1 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,450	0,320	0,068
CL1 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,440	0,065
CL1 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,400	0,071
CL2 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470	0,280	0,063
CL2 20 m	< 0,10	< 0,10	0,13	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,410	0,074
CL2 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,460	0,260	0,064
CL2 fondo	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,430	0,390	0,054
CL3 sup	0,40	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,055	< 0,50	0,500	0,380	0,070
CL3 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,055	< 0,50	0,410	0,260	0,077
CL3 40 m	0,41	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,410	0,600	0,086
CL3 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,540	0,530	0,095
CL4 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,110	< 0,50	0,450	0,690	0,072
CL4 20 m	0,45	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,076	< 0,50	0,460	0,250	0,072
CL4 40 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,240	< 0,50	0,500	0,200	0,067
CL4 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	0,091	< 0,50	0,470	0,370	0,062
CL5 sup	0,41	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,410	0,390	0,070
CL5 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,510	0,320	0,100
CL5 40 m	0,18	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,380	0,110
CL5 fondo	0,25	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,490	0,450	0,110
CL6 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,450	0,300	0,071
CL6 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,350	0,073
CL6 40 m	0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,520	0,340	0,086
CL6 fondo	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,530	0,490	0,098
CL7 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,500	0,280	0,070
CL7 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,460	0,310	0,170
CL7 40 m	0,84	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,350	0,084
CL7 fondo	0,23	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,480	0,360	0,070
CL8 sup	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,470	0,400	0,070
CL8 20 m	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,410	0,400	0,062
CL8 40 m	0,39	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,460	0,260	0,076
CL8 fondo	0,60	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 0,10	< 1,0	< 0,50	0,400	0,430	0,066

**Rame** - Nel 1° semestre il rame era stato rilevato in 7 campioni a febbraio, in 8 a marzo e in 5 a maggio. A luglio è stato invece quantificato ovunque ma in basse concentrazioni, comprese tra 0,14 e 3,00 µg/L (massimo in CL4, superficie) con media di  $0,38 \pm 0,51$  µg/L. A dicembre è stato rilevato solo in CL2 sul fondo e in CL7 a 40 m, anche in questo caso con valori molto bassi.

**Vanadio** - Valori molto omogenei hanno caratterizzato il vanadio in entrambi i semestri. Per quanto concerne il 2°, a luglio è avvenuto un aumento ovunque: le concentrazioni sono oscillate tra 0,37-0,75 µg/L (massimo in CL8, 40 m) presentando una media di  $0,55 \pm 0,08$  µg/L. A dicembre anche il vanadio è diminuito rientrando nel range 0,10-0,23 µg/L e presentando la media più bassa del 2021 ( $0,15 \pm 0,03$  µg/L).

**Zinco** - Lo zinco ha presentato nel 2° semestre un'elevata dispersione dei dati che non permette una differenziazione statistica né geografica, né temporale. A luglio le concentrazioni rientravano nel range globale di 0,28-29,00 µg/L (massimo in CL7, 40 m) con media di  $3,71 \pm 6,42$  µg/L. A dicembre sono risultati quantificabili solo 8 campioni, di cui 5 prelevati entro 100 m dalla piattaforma, con concentrazioni nel range di 0,07-14,00 µg/L (massimo in CL2, fondo). I massimi in entrambi i survey sono verosimilmente degli spike.

**Indio** - In tutto il 2021 l'indio è stato rilevato solo a febbraio in 12 campioni (4 a 100 m da Clara NW e 8 di controllo) e a maggio in un campione.

**Silicio** - Nel 1° semestre il silicio era stato stato quantificato ovunque solo a maggio e nelle due campagne del 2° semestre ha continuato ad essere rilevabile in tutti i campioni, mostrando un trend in diminuzione sino a fine periodo. A luglio il range è stato pari a 0,20-0,69 mg/L (massimo in CL4, superficie) e la media a  $0,38 \pm 0,10$  mg/L; a dicembre il range è stato 0,05-0,17 mg/L (massimo in CL7, 20 m) e la media  $0,08 \pm 0,02$  mg/L.

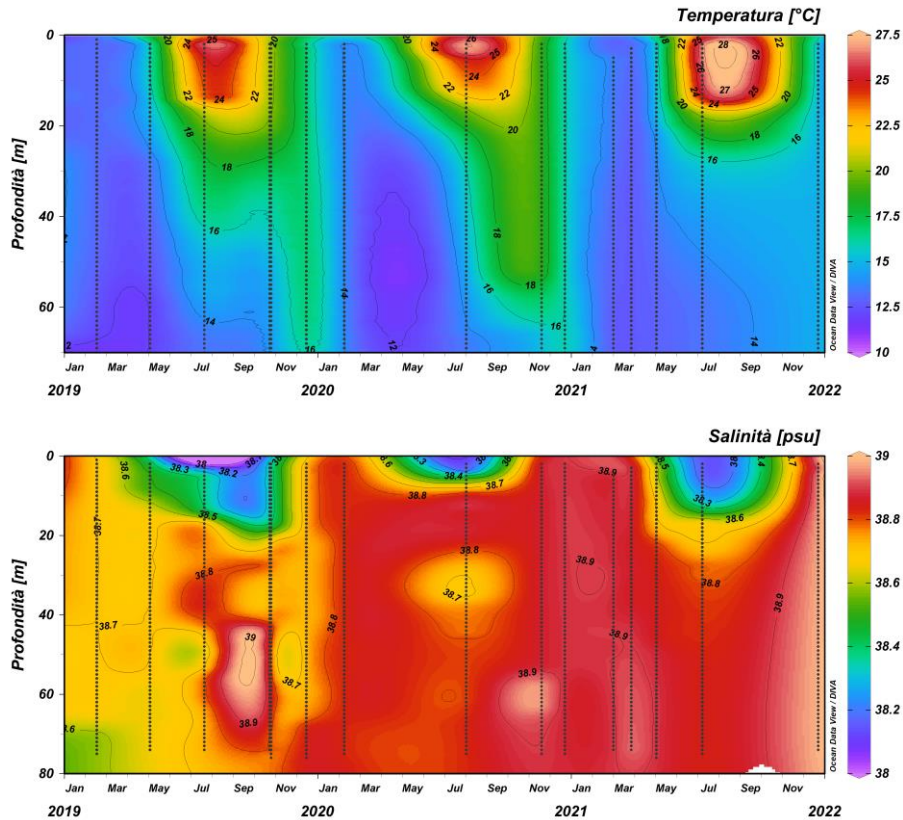
### 3.1.7. CONSIDERAZIONI DI SINTESI

In questo capitolo vengono analizzate le distribuzioni verticali nel tempo dei parametri misurati nell'area della piattaforma Clara NW durante le 5 campagne di monitoraggio condotte nel 2021 a febbraio (ENI10\_2021), marzo (ENI11\_2021), maggio (ENI12\_2020), luglio (ENI13\_2021) e dicembre (ENI14\_2021). Si riportano inoltre, per confronto, i dati acquisiti nel 2019 e nel 2020.

### 3.1.7.1 Indagini fisiche, chimiche e biologiche

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

In particolare, il processo di rimescolamento invernale risulta evidente nella distribuzione omogenea a valori minimi su tutta la colonna d'acqua nei mesi di febbraio (media  $13,15 \pm 0,35^\circ\text{C}$ ), marzo ( $12,77 \pm 0,18^\circ\text{C}$ ) e maggio ( $13,88 \pm 0,92^\circ\text{C}$ ), quando si è iniziato a registrare un aumento dei valori superficiali, segnale della ripresa del processo di stratificazione verticale stagionale ben visibile dai profili effettuati a luglio; in questo survey, infatti, è stata notata la presenza di un gradiente verticale sviluppato (termoclino), con i valori massimi ( $>27,5^\circ\text{C}$ ) nello strato superficiale e i minimi al fondo. La penetrazione del termoclino appare ridotta in profondità, se confrontata con le analoghe distribuzioni dei due anni precedenti, a causa dell'assenza di dati per il periodo autunnale. A dicembre si riscontra nuovamente la tipica distribuzione omogenea invernale ( $14,98 \pm 0,23^\circ\text{C}$ ).



**Fig. 3.36** - Andamento annuale della temperatura ( $^\circ\text{C}$ ) e della salinità (psu) per la piattaforma Clara NW (da febbraio 2019 a dicembre 2021).



Anche la distribuzione verticale di salinità (fig. 3.36) riflette il processo di rimescolamento verticale, con valori medi piuttosto elevati e molto simili a febbraio e marzo in tutta la colonna d'acqua (media  $38,89 \pm 0,01$  psu), mentre a maggio e luglio è possibile rilevare la presenza di acqua meno salata ( $< 38,3$  psu) negli strati superficiali. Valori elevati e uniformi su tutta la colonna d'acqua sono presenti anche nelle misure effettuate a dicembre ( $38,98 \pm 0,02$  psu). Nel 2020 e 2021 si è verificato un incremento generalizzato della salinità rispetto al 2019.

La concentrazione di materiale sospeso (fig. 3.37) è risultata generalmente molto bassa ( $< 0,5$  mg/l) in tutta la colonna d'acqua per quasi tutto il 2021 e la distribuzione piuttosto uniforme, con valori  $> 0,75$  mg/l a dicembre. I massimi sono stati come sempre registrati al fondo, ma con valori meno elevati rispetto agli anni precedenti.

Le percentuali di saturazione dell'ossigeno disciolto (fig. 3.37) sono state  $> 100\%$  in quasi tutta la colonna d'acqua a febbraio e marzo, mentre a maggio erano  $< 100\%$  ovunque; a luglio sono stati registrati dei minimi piuttosto bassi nello strato più profondo ( $< 75\%$ ), mentre a dicembre i valori sono tornati su medie più elevate ( $> 100\%$ ).

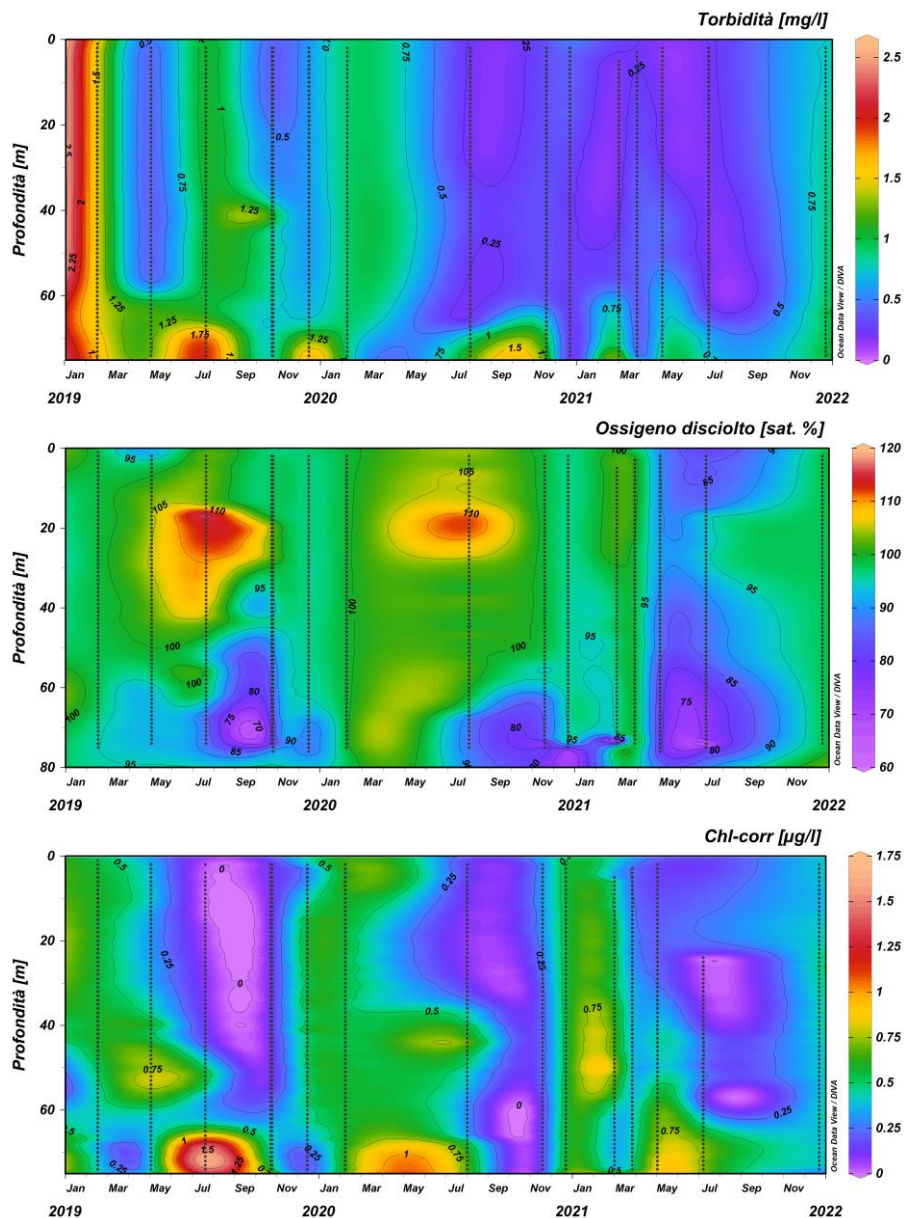
L'attività fotosintetica, come evidenziato dall'andamento nel tempo della fluorescenza in situ (fig. 3.37), è risultata relativamente poco elevata ( $< 0,75$   $\mu\text{g/l}$ ) e piuttosto uniforme a febbraio, marzo e maggio. A luglio sono stati registrati valori quasi nulli in quasi tutta la colonna d'acqua, con i massimi ( $> 0,75$   $\mu\text{g/l}$ ) registrati a quote profonde. A dicembre si è riscontrata una distribuzione omogenea con valori ancora piuttosto bassi ovunque (media  $0,4 \pm 0,0$   $\mu\text{g/l}$ ).

Le concentrazioni massime di clorofilla *a* (399,72 e 392,70 ng/l) sono state misurate rispettivamente a maggio a 40 m di profondità (stazione CL2) e a luglio al fondo (CL6); le medie più elevate ( $\sim 285$  ng/l) sono state rilevate a febbraio e nel mese di maggio. I valori medi più bassi ( $< 200$  ng/l) sono stati riscontrati nei campionamenti di fine marzo e in luglio.

Anche per la clorofilla *b* le concentrazioni medie più elevate ( $25,31 \pm 7,45$  e  $21,67 \pm 11,96$  ng/l) sono state rilevate rispettivamente a febbraio e a maggio, mentre valori medi più contenuti e confrontabili ( $< 14$  ng/l) hanno caratterizzato i campionamenti di marzo e luglio; a dicembre è stata riscontrata una concentrazione intermedia ( $18,3 \pm 4,1$  ng/l). Il valore massimo è stato misurato a febbraio a 40 m nella stazione CL5 (66,41 ng/l).

Come rilevato per le clorofille *a* e *b*, la clorofilla *c* ha presentato le concentrazioni medie

più elevate a febbraio e a maggio ( $78,96 \pm 14,48$  e  $75,64 \pm 27,35$  ng/l, rispettivamente) e medie più basse e confrontabili ( $< 50$  ng/l) a marzo e luglio. Il massimo, come per la clorofilla *a*, è stato misurato nel mese di luglio al fondo della stazione CL6.



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

Le concentrazioni medie maggiori di nitriti ( $0,21 \pm 0,17$  e  $0,18 \pm 0,05$  µM) sono state osservate rispettivamente a febbraio e dicembre, mentre quelle più contenute hanno

caratterizzato i campionamenti di marzo, maggio e luglio ( $<0,13 \mu\text{M}$ ). Il valore più elevato ( $0,52 \mu\text{M}$ ) ha caratterizzato le quote di fondo a febbraio (stazioni CL1, CL4 e CL8).

Il massimo di nitrati ( $0,79 \mu\text{M}$ ) è stato osservato a maggio nelle quote di fondo (CL7 e CL8), mentre la concentrazione media maggiore ( $0,34 \pm 0,17 \mu\text{M}$ ) è stata rilevata a febbraio. L'ammonio è risultato più abbondante a febbraio e a dicembre ( $0,07 \pm 0,06$  e  $0,09 \pm 0,04 \mu\text{M}$  rispettivamente) mentre nei restanti mesi le concentrazioni medie sono risultate piuttosto contenute ( $<0,04 \mu\text{M}$ ). Anche i fosfati sono stati poco abbondanti e comparabili in tutti i mesi investigati, raggiungendo il massimo ( $0,04 \pm 0,02 \mu\text{M}$ ) a luglio.

Il contenuto medio di silicati è risultato più elevato nei mesi di marzo, maggio e luglio ( $>1,9 \mu\text{M}$ ) e i massimi sono stati osservati sempre al fondo, con il massimo assoluto ( $3,79 \mu\text{M}$ ) in luglio nella stazione CL6.

Dall'analisi dei campioni raccolti, la concentrazione di materiale sospeso per il 2021 ha mostrato valori più elevati alle quote di fondo nei mesi di maggio, quando è stato registrato il massimo assoluto in CL6 sul fondo ( $2,3 \text{ mg/l}$ ), luglio e dicembre. La concentrazione media massima è stata osservata nel mese di dicembre ( $0,9 \pm 0,2 \text{ mg/l}$ ).

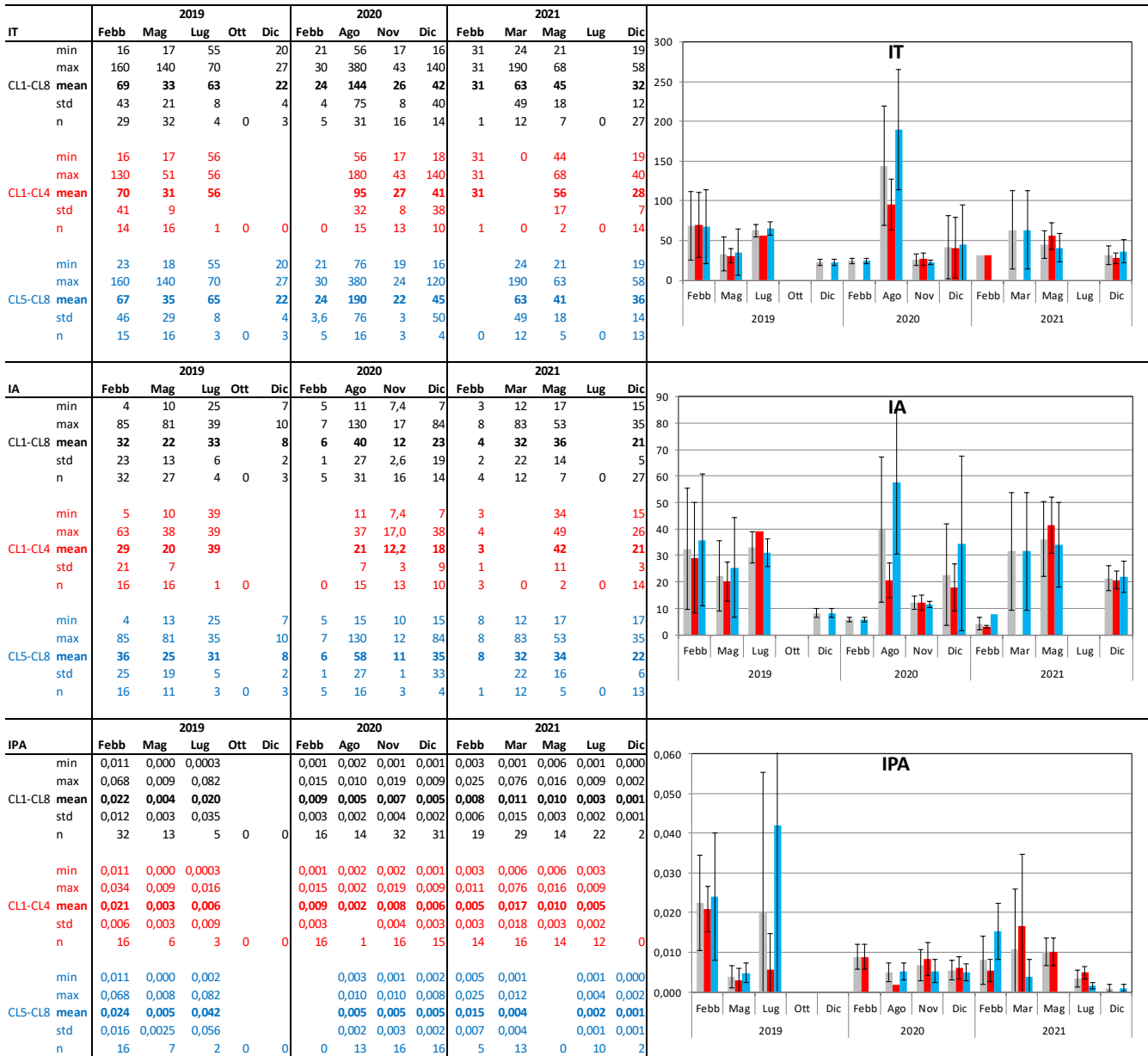
### 3.1.7.2 Indagini sugli inquinanti

In questo capitolo viene preso in considerazione tutto l'andamento annuale del 2021, integrato con un confronto con il biennio precedente.

#### **Idrocarburi totali, Idrocarburi alifatici, Idrocarburi policiclici aromatici**

Nel 2° semestre 2021 si è evidenziata l'assenza di **IT** e **IA** a luglio, e valori bassi a dicembre (fig. 3.38). Tutto il 2021 è stato caratterizzato da pochi campioni al di sopra del LR e spesso il loro numero è stato notevolmente inferiore al totale di 32 anche nel 2019 e nel 2020. Dopo un massimo ad agosto 2020, entrambi questi composti sono fortemente diminuiti nella colonna d'acqua raggiungendo a fine periodo concentrazioni in linea con quelle rilevate a inizio triennio.

Per quanto riguarda gli **IPA**, i valori medi calcolati a fine 2021 e la loro quasi totale scomparsa a dicembre 2021 suggeriscono una diminuzione delle concentrazioni a fine periodo.



**Fig. 3.38** - Andamento degli IT, IA, IPA relativo al 2021 e confronto con 2019 e 2020. Nelle tabelle sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui gli inquinanti sono risultati rilevabili nell'intero areale (CL1-CL8, in nero; in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Clara NW (CL1-CL4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (CL5-CL8, in azzurro). Misure in µg/L.

**Solventi organici aromatici (BTEX)**

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

**Benzene** - I valori registrati nel 2021 evidenziano una presenza molto sporadica di questo composto, con due campioni utili a febbraio e cinque a luglio. E' possibile osservare che a partire da novembre 2020 e sino alla fine del 2021 il benzene è stato pressoché assente. Laddove presente, come nel periodo febbraio 2019-agosto 2020, le concentrazioni medie sono state piuttosto costanti, nel range 0,010-0,015 µg/L, con un apparente massimo a maggio 2019.

**Etilbenzene** - Nel 2021 l'etilbenzene non è stato praticamente rilevato nel 1° semestre (un solo campione a febbraio), mentre nel 2° è stato registrato un aumento a luglio e soprattutto a dicembre. In generale, le concentrazioni medie del triennio 2019-2021 si attestano al di sotto di 0,25 µg/L, con un numero di campioni utili spesso inferiore al totale di 32.

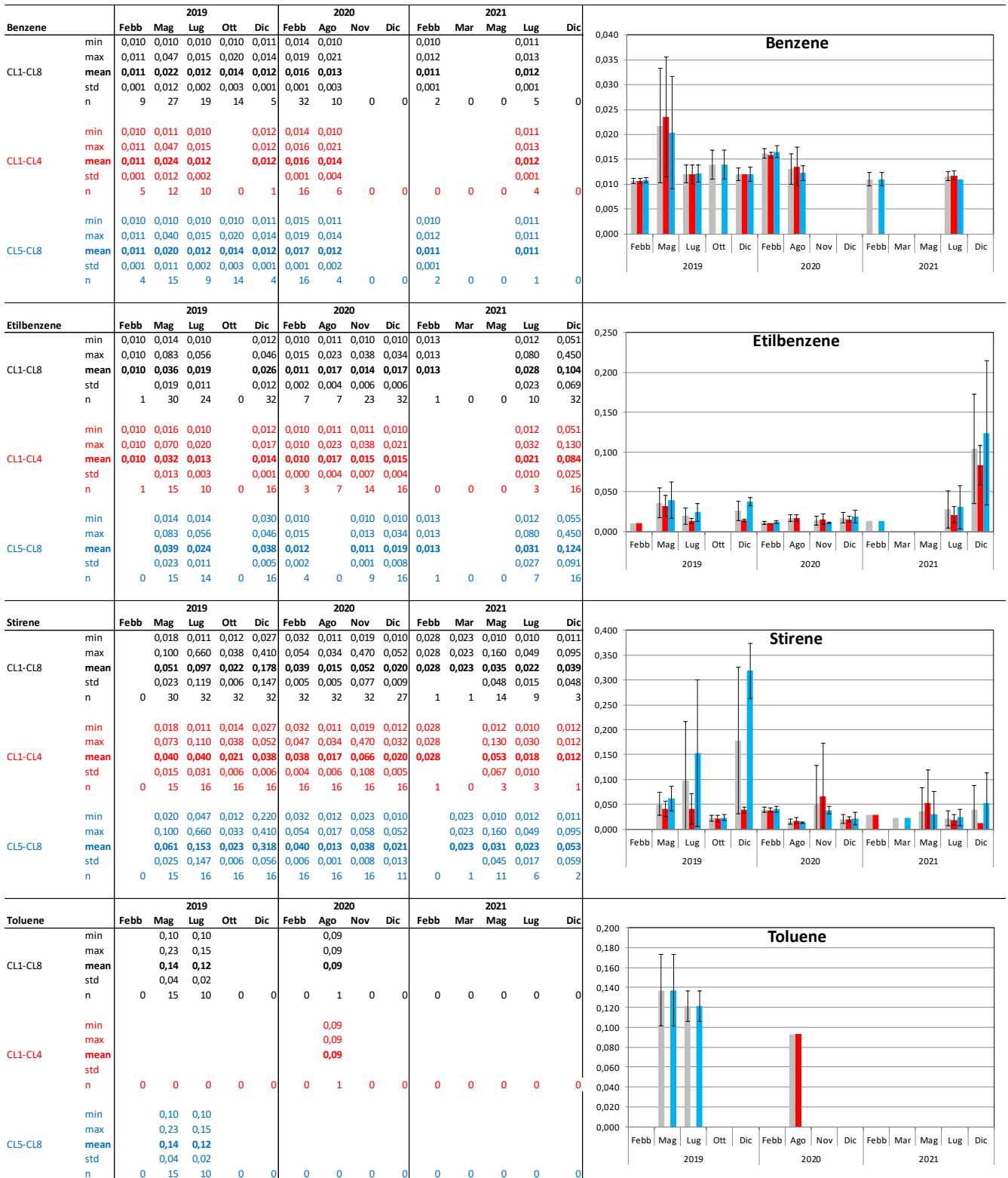
**Stirene** - Nell'ultimo anno le concentrazioni medie sono risultate basse e comunque non differenziabili nè temporalmente, nè geograficamente. Il numero di campioni rilevabili è stato sempre notevolmente inferiore al totale di 32. Nel 2019 e 2020 le concentrazioni sono risultate talvolta superiori, ma soprattutto il numero di campioni rilevabili è quasi stato sempre al 100% (tranne in febbraio 2019 quando è risultato assente). Si può quindi concludere che la presenza dello stirene a fine triennio è notevolmente diminuita.

**Toluene** - La presenza di questo composto nell'area indagata è molto scarsa. Infatti, è stato rilevato solo in due crociere nel 2019 e in una nel 2020 e sempre in un numero ridotto di campioni.

**Xilene** - E' stata rilevata una presenza più significativa a fine 2021. In generale, comunque, i livelli di xilene si sono mantenuti bassi (entro 0,050 µg/L) durante tutto il triennio, spesso con pochi valori rilevabili rispetto al totale. Inoltre, non è stato quantificato a luglio e ottobre 2019 e a febbraio 2021.

### **Glicole Etilenico**

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



**Fig. 3.39** - Andamento dei **BTEX** relativo al 2021 e confronto con il 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli composti sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui i BTEX sono risultati rilevabili nell'intero areale (CL1-CL8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Clara NW (CL1-CL4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (CL5-CL8, in azzurro). Misure in µg/L.

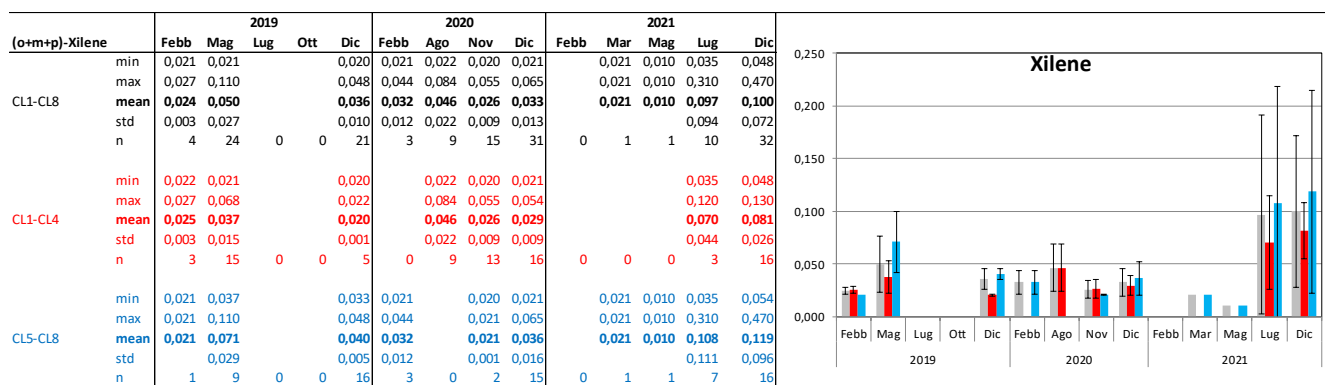


Fig. 3.39 - Continuo.

### Metalli pesanti

Come già specificato precedentemente, le differenziazioni statistiche tra i due gruppi di stazioni (CL1-CL4 e CL5-CL8) e tra i risultati delle varie campagne durante l'anno non sono pienamente attendibili data la dispersione dei dati, evidenziate nei grafici dalle barre di dispersione (fig. 3.40). Quindi, in termini generali, solo in rari casi è evidenziabile una differenziazione geografica o temporale nel 2021 e più, in generale, durante il triennio 2019-2021.

**Alluminio** - Il 2021 è stato caratterizzato da concentrazioni medie costanti, al di sotto di 5,00 µg/L. A dicembre sono stati rilevati solo tre valori.

Per quanto riguarda il triennio 2019-2021, pur con la solita cautela statistica dovuta alla dispersione dei dati, sembra che i livelli medi di alluminio siano aumentati con un "salto" da novembre 2020, sia come valori di concentrazione che come numero di campioni rilevabili, per ridursi nuovamente a fine periodo.

**Arsenico** - Per l'arsenico sono stati riscontrati livelli geograficamente molto più omogenei. Nel 2021 il massimo annuale è stato registrato a luglio, dopodiché le concentrazioni sono tornate a valori tipici del semestre precedente, attorno a 0,15-0,20 µg/L. Nell'intero periodo il massimo assoluto è stato registrato nei mesi di febbraio e maggio 2019 (attorno a 2,00 µg/L), seguito da una brusca diminuzione nel luglio successivo, dopo la quale l'andamento è rimasto pressoché costante fino a fine triennio.

**Bario** - Il bario ha avuto un andamento analogo a quello dell'arsenico sia annuale (2021) che triennale (2019-2021), con un massimo assoluto a maggio 2019 quando è stata evidenziata una differenziazione significativa tra i due gruppi di stazioni, con le concentrazioni minori in quelle a 100 m dalla piattaforma (CL1-CL4) rispetto ai controlli

(CL5-CL8). Nel febbraio precedente era stata rilevata una situazione opposta. Il resto del triennio, a partire dalla drastica di diminuzione registrata a luglio 2019, è stato caratterizzato da concentrazioni basse e costanti eccetto l'incremento a luglio 2021 rientrato a dicembre.

**Cadmio** - La presenza di cadmio nel 2021 è stata sporadica, così come durante il triennio: non rilevato affatto nel 2020, nel 2019 il numero di campioni rilevabili è stato sempre inferiore al 25%. Il massimo assoluto dell'intero periodo è stato registrato nelle prime due campagne del 2019, ma era basato solo su 2 e 8 campioni rilevabili.

**Cromo** - La presenza di cromo nel 2° semestre 2021 è stata sporadica, con livelli medi entro 0,20 µg/L a luglio e una totale assenza a dicembre. Anche negli anni precedenti questo metallo è stato raro; infatti, solo a febbraio e maggio 2019 sono stati al di sopra del LR quasi tutti i campioni, con concentrazioni significativamente maggiori ai controlli in quest'ultimo mese. L'andamento triennale mostra una diminuzione dei livelli di cromo dall'inizio del 2019, dopodiché le concentrazioni si sono attestate su valori più bassi e sporadici.

**Ferro** - Nel 2021 i livelli medi sono stati piuttosto costanti nel 1° semestre, mostrando poi un aumento sensibile a luglio e una drastica diminuzione a dicembre.

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

**Mercurio** - Nella seconda parte del 2021 il mercurio è risultato praticamente assente (un solo valore utile a dicembre, peraltro probabilmente anomalo). La media maggiore per il triennio è stata registrata a febbraio (0,066 µg/L) e maggio 2019 (0,095 µg/L). In generale, l'intero periodo è stato caratterizzato da un andamento irregolare, con valori medi comunque entro 0,020 µg/L e spesso non rilevabili.

**Nichel** - Questo metallo nel 2021 ha mostrato un trend decrescente nei livelli medi (da 0,66 µg/L di febbraio a 0,11 µg/L di dicembre), anche se statisticamente "debole", viste le dispersioni dei dati. Per quanto concerne il triennio, il 2019 è iniziato con un semestre di valori medi più elevati (comunque <1,00 µg/L) che sono poi diminuiti drasticamente (anche come numero di campioni utili) da ottobre 2019 a dicembre 2020, per aumentare a inizio 2021 con il trend già citato.

**Piombo** - Nel 2° semestre 2021 il contenuto di piombo è stato modesto, con una pressoché



totale scomparsa a dicembre (solo un campione utile). A febbraio il livello medio è stato massimo (anche se calcolato solo sul 47% dei campioni), per poi diminuire su livelli in linea con il triennio ( $<0,100 \mu\text{g/L}$ ). Da febbraio 2019 ad agosto 2020, quando presente, il piombo era risultato rilevabile solo su un numero sporadico di campioni.

**Rame** - In tutto il triennio il rame è stato quantificato in tutti i campioni solo due volte (novembre 2020 e luglio 2021). Da novembre 2020 a maggio 2021 si evidenzia un apparente trend positivo, seguito da una diminuzione a luglio e a dicembre (con soli due campioni rilevati). Nel resto del periodo l'andamento è stato irregolare, con valori medi (ottenuti però su un numero limitato di campioni) spesso al di sotto di  $0,50 \mu\text{g/L}$ .

**Vanadio** - Le concentrazioni sono rimaste pressoché basse e costanti durante tutto il 2021, con un raddoppio del valore medio a luglio e un minimo assoluto a dicembre analogamente ad altri metalli. Il biennio precedente era iniziato con massimi di concentrazione media a febbraio e maggio 2019 (intorno a  $3,00 \mu\text{g/L}$ ), per poi diminuire drasticamente a luglio ( $0,46 \mu\text{g/L}$ ). Da quel mese e sino alla fine del 2021 i valori medi sono risultati bassi (inferiori a  $0,25-0,50 \mu\text{g/L}$ ), costanti e distribuiti in modo estremamente omogeneo.

**Zinco** - Nel 2021 lo zinco è stato caratterizzato da un andamento poco chiaro, con dispersioni dei dati piuttosto elevate che non permettono una chiara differenziazione né geografica, né temporale. Nel triennio c'è da evidenziare che nel 2019 la presenza di zinco è stata più sporadica, con un solo campione rilevato a maggio e la totale assenza in ottobre. Come già detto non è possibile rilevare alcun trend temporale chiaro, se non un periodo a livelli medi minimi da dicembre 2019 a novembre 2020.

**Indio** - Questo metallo è stato rilevato solo sporadicamente; infatti, è stato quantificato al massimo in 12 campioni a febbraio 2021, con livelli compresi tra  $0,10$  e  $0,84 \mu\text{g/L}$ . In generale, vista la sporadicità dei campioni rilevabili, l'indio è stato scarsamente presente nel triennio 2019-2021.

**Silicio** - Nel 2021 il silicio ha presentato un trend negativo dopo il massimo assoluto del triennio misurato a maggio. I valori di dicembre 2021 si riallineano con quelli del 2019 e 2020, approssimativamente attorno a  $0,10 \text{ mg/L}$ . Da evidenziare il periodo febbraio 2020 - marzo 2021, in cui il silicio non è stato rilevato o è stato misurato solo sporadicamente (4 campioni a febbraio 2020 e 6 campioni a febbraio 2021).



**Fig. 3.40** - Andamento dei **metalli pesanti** nel 2021 e confronto con il 2019 e 2020. Nelle tabelle dei singoli metalli sono riportati i valori minimo e massimo, media e deviazione standard, oltre al numero di campioni in cui il metallo è risultato rilevabile nell'intero areale (CL1-CL8, in nero, in grigio nel grafico), nelle stazioni poste a 100 m da Clara NW (CL1-CL4, in rosso) e in quelle di controllo poste a 2000 m (CL5-CL8, in azzurro). Misure in µg/L; per il silicio in mg/L.

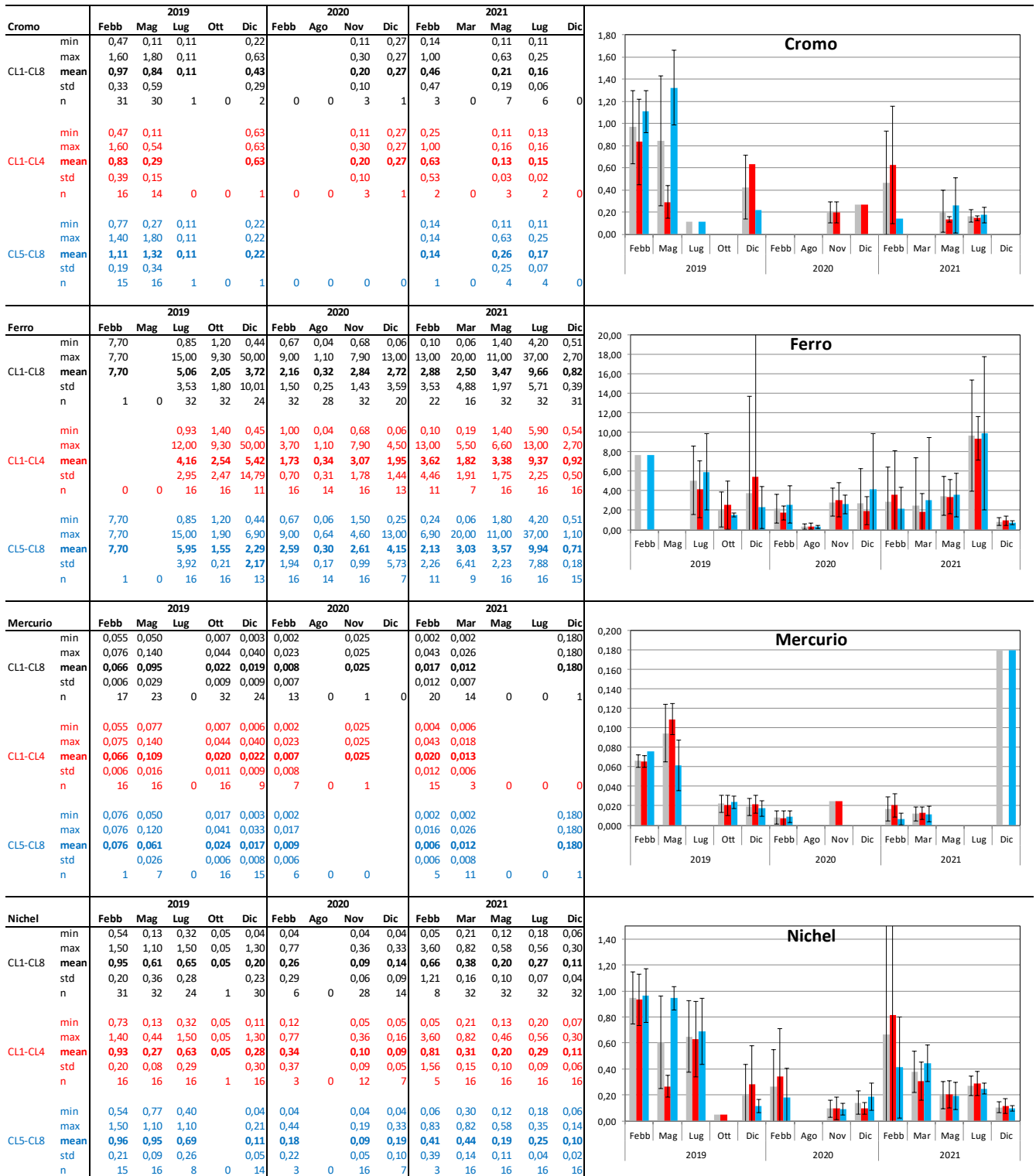


Fig. 3.40 - Continuo.

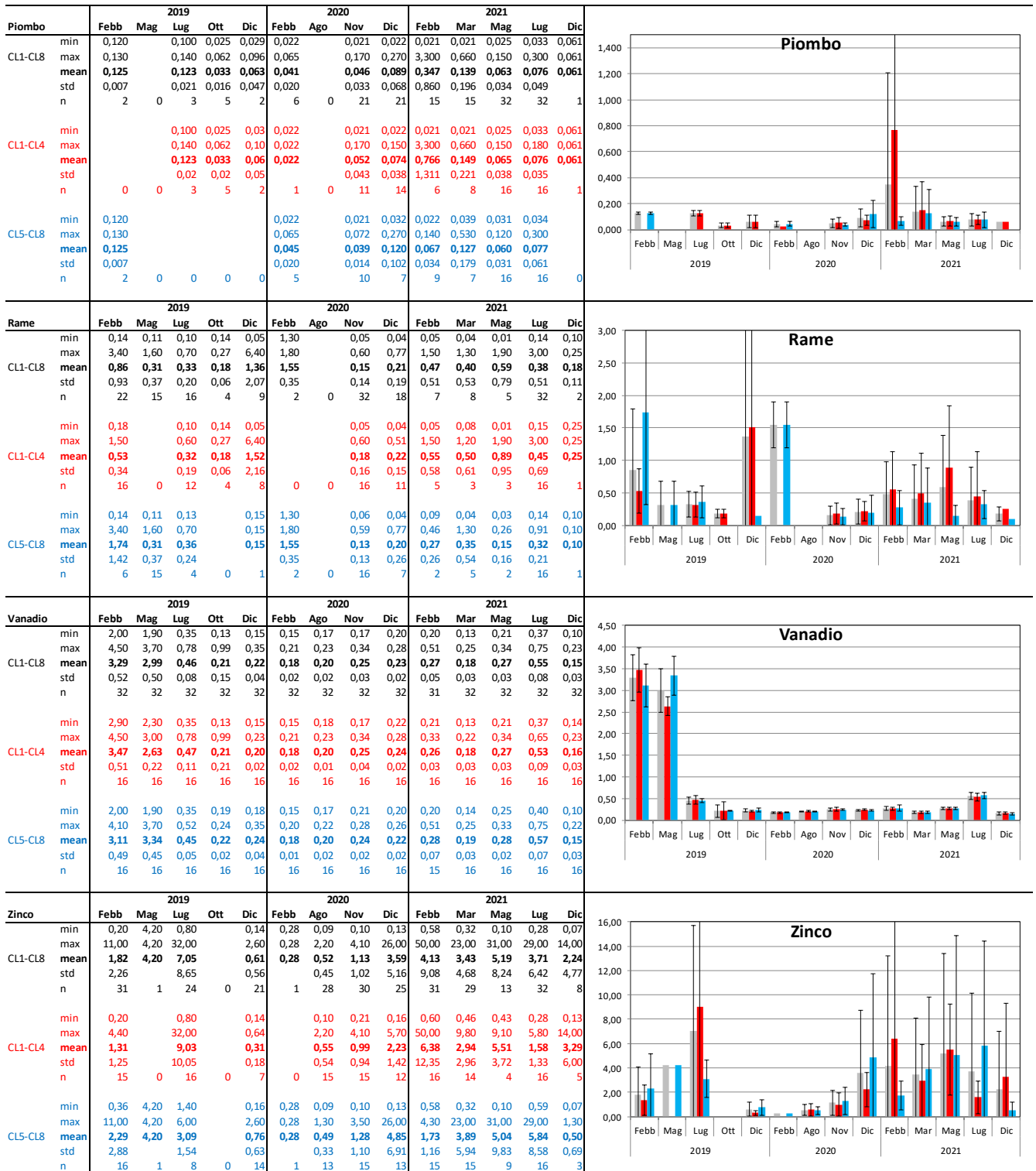


Fig. 3.40 - Continuo.

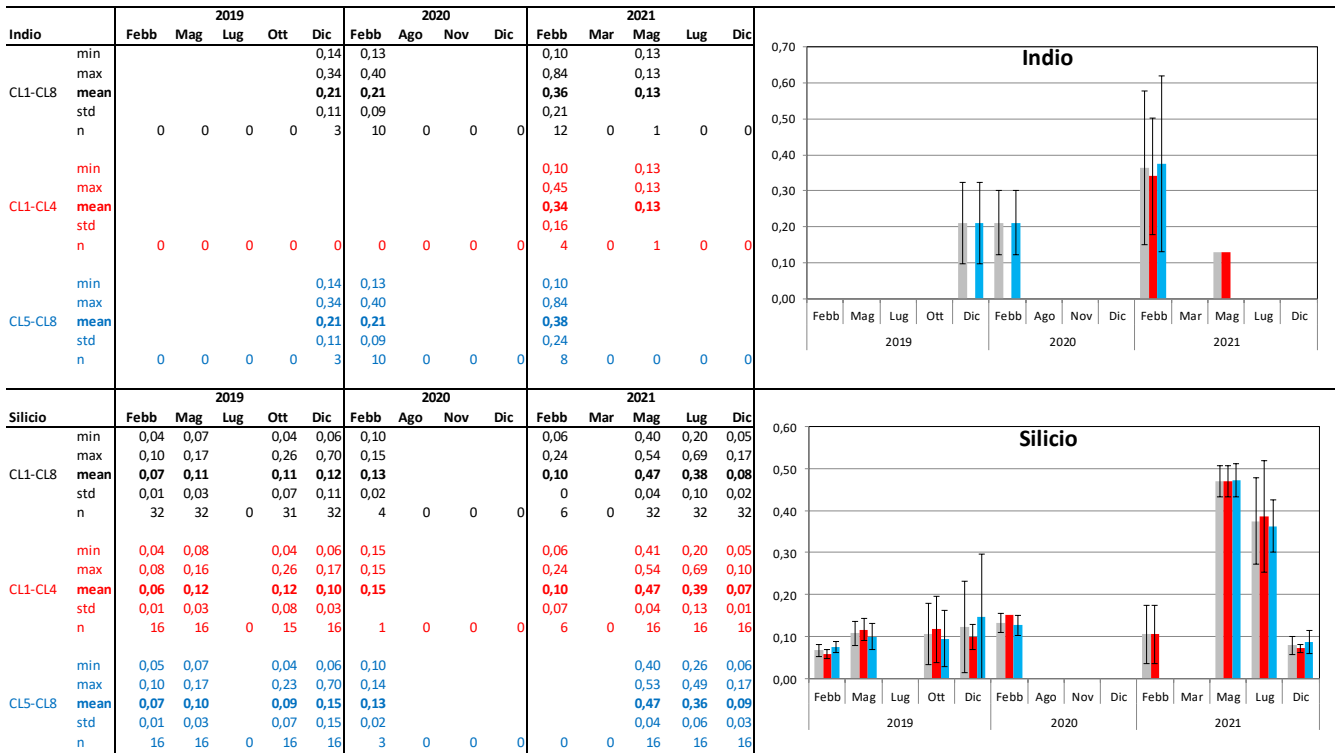


Fig. 3.40 - Continuo.

### 3.2. MISURE CORRENTOMETRICHE

Il grafico della pressione registrata dall'ADCP dal 22/02 al 31/12/2021 denota il buon equilibrio dell'ormeggio durante l'intero periodo di osservazione (fig. 3.41). Infatti, non sono avvenuti abbattimenti significativi del correntometro tali da poter creare problemi alle misure.

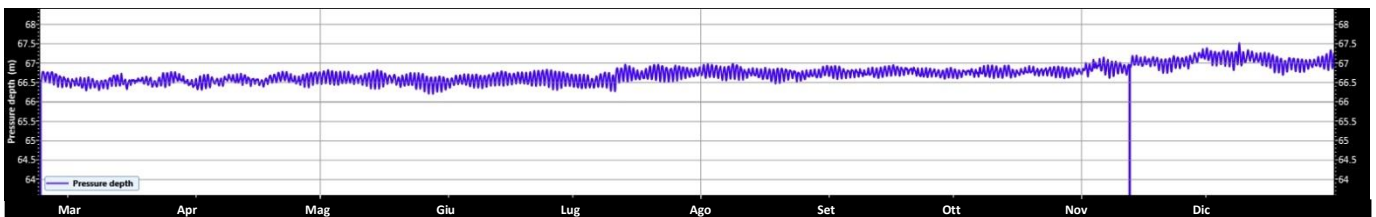


Fig. 3.41 – Andamento della pressione registrata dall'ADCP nel periodo 22/02 – 31/12/2021.

Nel 2021, analogamente agli anni di registrazione precedenti, la corrente ha avuto un andamento variabile, caratterizzato da oscillazioni tra le direzioni settentrionali e meridionali (figg. 3.42 – 3.46). Durante il mese di febbraio la direzione prevalente della corrente è stata Sud-Est con rotazioni verso Nord-Est e picchi di velocità fino a 0,2 m/s. A marzo e aprile la corrente ha avuto una direzione essenzialmente settentrionale, con rotazioni tra Nord-Est e Nord-Ovest e picchi fino a 0,5 m/s. Da maggio a inizio ottobre la direzione è stata prevalentemente verso Sud-Est come a inizio periodo, con sporadiche rotazioni verso Nord-Est e velocità inferiori a 0,1 m/s, eccetto per brevi periodi in cui si sono avuti picchi fino a 0,26 m/s. Da novembre a fine anno è avvenuto un aumento della velocità che, tuttavia, non è mai stata superiore a 0,2 m/s.

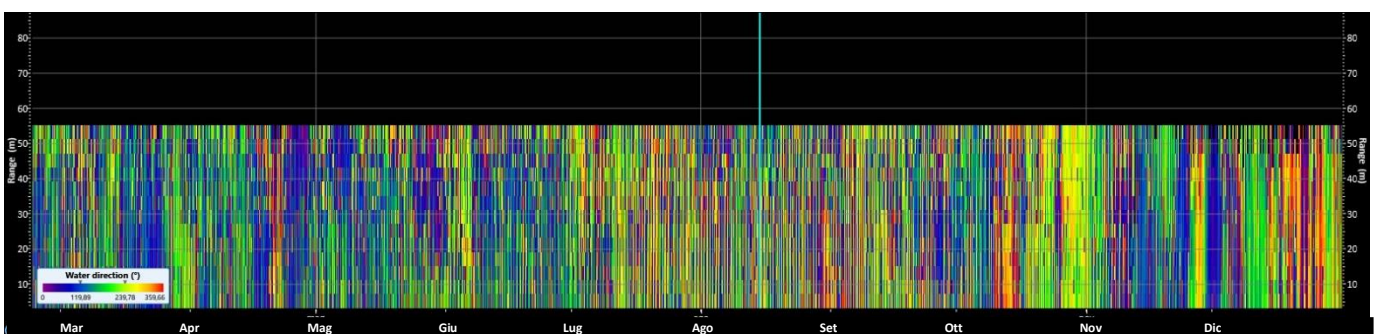
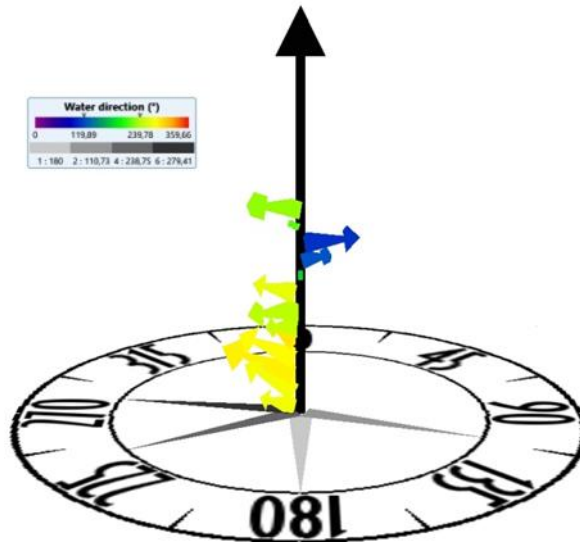
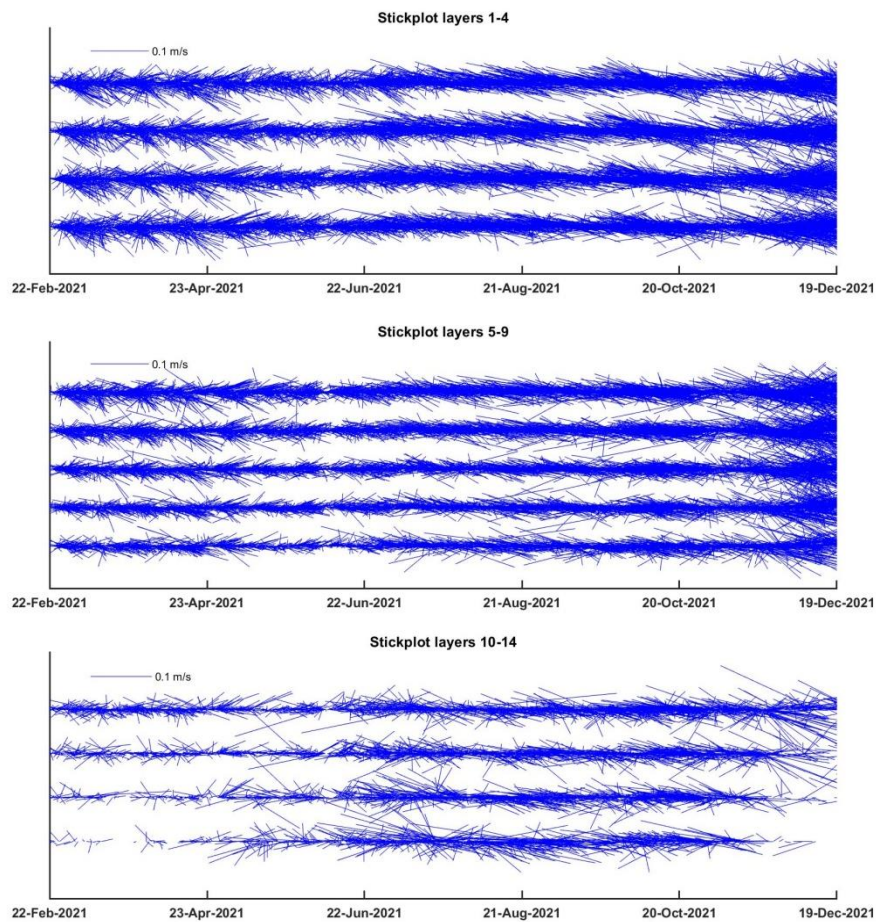


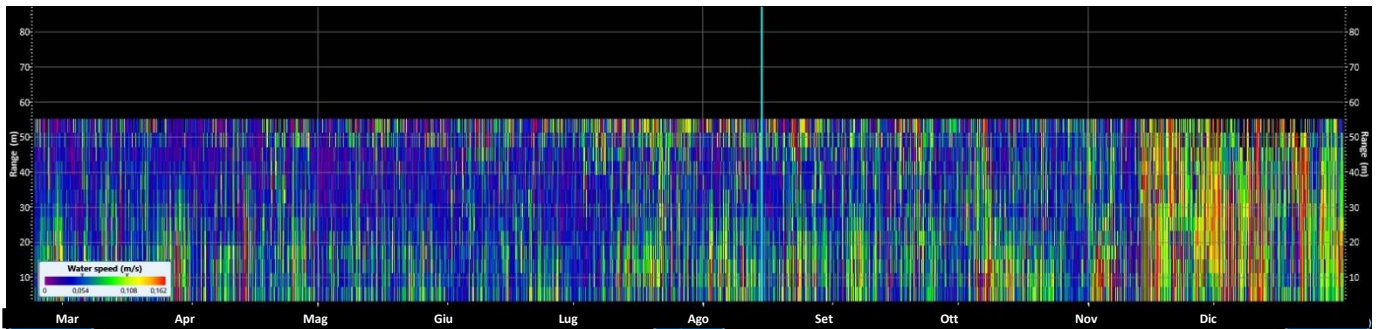
Fig. 3.42 - Contour plot della direzione della corrente lungo la colonna d'acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 31/12/2021.



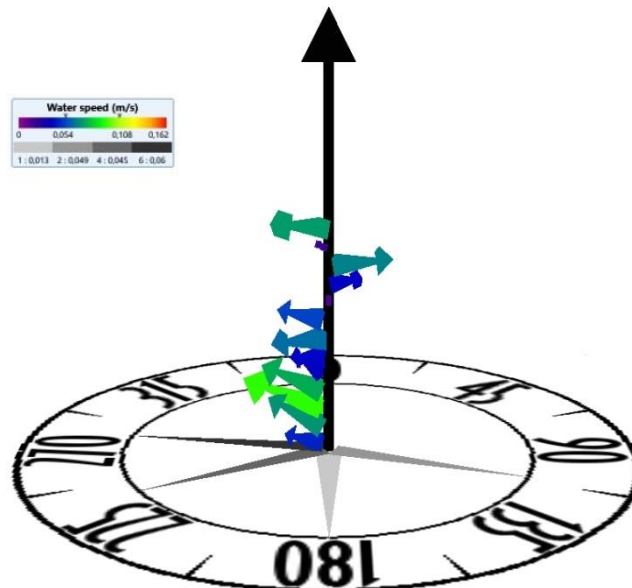
**Fig. 3.43** – 3D plot della direzione della corrente lungo la colonna d’acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 31/12/2021.



**Fig. 3.44** – Sick Plot della corrente lungo la colonna d’acqua registrata dal correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 31/12/2021.



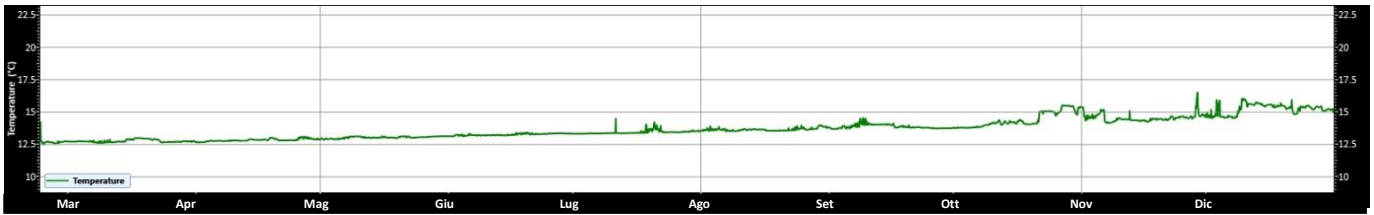
**Fig. 3.45** – Contour Plot della velocità della corrente lungo la colonna d’acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 31/12/2021.



**Fig. 3.46** – 3D plot della velocità della corrente lungo la colonna d’acqua ottenuto con il correntometro ADCP nel periodo 22/02 – 31/12/2021.

La temperatura rilevata in prossimità del fondo dal correntometro è oscillata tra 12,5°C e 13°C sino alla prima metà maggio, presentando una lieve tendenza all’aumento sino a raggiungere, a fine giugno, i 13,5°C circa, rimasti pressoché costanti sino alla prima settimana di ottobre (fig. 3.47). Nella restante parte del mese si è avuto un incremento, più consistente verso la fine, che ha portato a novembre a temperature attorno ai 15-15,5°C, che si sono poi mantenute pressoché costanti sino a fine periodo.





**Fig. 3.47** - Andamento della temperatura registrata in prossimità del fondale dall'ADCP nel periodo 22/02 – 31/12/2021.

#### 4. CONCLUSIONI

In riferimento al Decreto n. 0000227 del 17/09/2014 emesso dal Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare il CNR-IRBIM di Ancona è stato incaricato da ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS di effettuare un monitoraggio volto a valutare il potenziale impatto ambientale conseguente l’installazione della piattaforma Clara NW e della condotta sottomarina collegante tale struttura alla piattaforma Calipso. Tale monitoraggio dal 2019 è stato condotto dal RTI di cui il CNR-IRBIM è Impresa Mandataria e che comprende come Mandanti CIBM di Livorno, SZN di Napoli, OGS di Trieste, CONISMA, AGROLAB Ambiente S.r.l. di Carrara e Università Politecnica delle Marche.

Gli aspetti da indagare contemplati in tale monitoraggio sono stati scelti in base: a) alle specifiche riportate nel Decreto del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare; b) alle prescrizioni dell’ARPAM; c) alle conoscenze acquisite dal CNR-IRBIM di Ancona a partire dalla sua costituzione (1969) nel campo dell’oceanografia e della biologia marina in Adriatico e negli altri mari italiani; d) alle numerose esperienze effettuate dal CNR-ISMAR di Ancona dal 1998 ad oggi presso altri impianti di estrazione offshore installati in alto e medio Adriatico su diverse tipologie di fondale da 20 a 85 m di profondità (Regina, Anemone, Annalisa, Barbara NW, Calpurnia, Naomi-Pandora, PCMS-1, Calipso, Clara Est, Clara Nord, Naide, Tea, Annamaria B, pozzi sottomarini Bonaccia EST 2&3, Fauzia, Elettra Fabi *et al.*, 2001; 2003; 2004; 2005a; 2005b; 2006; 2010a; 2010b; 2013; 2015a; 2016a; 2017a; Spagnolo *et al.*, 2020a; 2021a; 2022a) d) alle caratteristiche idrologiche e sedimentologiche della zona in cui è installata Clara NW.

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

Il monitoraggio comprende diverse fasi:

- a. fase precedente alla posa in opera della piattaforma (pre-survey);
- b. fase di installazione e perforazione dei pozzi;
- c. fase di esercizio;
- d. fase di fine esercizio.

Nel dicembre 2020 è terminato il monitoraggio relativo alla fase di esercizio di Clara NW durato 5 anni per cui, a partire dal 1° semestre 2021, sarebbero dovute proseguire esclusivamente le campagne oceanografiche per lo studio delle caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua nonché la registrazione delle correnti. Tuttavia, nel 1° semestre 2020 parte delle indagini previste non sono state effettuate a causa dell'emergenza COVID-19 che ha di fatto bloccato con il lockdown tutte le attività a partire dal 9 marzo (Spagnolo *et al.*, 2021c). Tali indagini non concluse sono state ripetute nel 1° semestre 2021 e i risultati sono riportati in Spagnolo *et al.*, 2022c.

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

**Caratteristiche fisiche e chimiche della colonna d'acqua** - Le caratteristiche fisico-chimiche della colonna d'acqua osservate nel 2021 sono in accordo con la climatologia del bacino (Artegiani *et al.*, 1997a, 1997b; Zavatarelli *et al.*, 1998) e con quanto rilevato nei monitoraggi precedenti condotti presso la piattaforma Clara NW sin dal pre-survey (Fabi *et al.*, 2015b; 2016b; 2016c; 2017b; 2017c; 2018; 2019a; 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020b; 2021b; 2021c; 2022b) anche se, per quanto concerne la salinità, è stato rilevato un aumento generalizzato negli ultimi due anni. In tutto il periodo non sono mai stati osservati fenomeni di anossia o ipossia.

Le concentrazioni di nutrienti sono rientrate nei range dei valori noti per l'Adriatico (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 generalmente concentrazioni medie contenute. Per quanto riguarda i dati del 1° semestre, rispetto agli anni precedenti il contenuto medio di nitriti e silicati è risultato comparabile a quello del 1° semestre 2019. La concentrazione media di nitrati e fosfati è risultata comparabile a quella registrata nel 1° semestre sia del 2019 che del 2020, mentre quella dell'ammonio è risultata confrontabile con il 2020 e più contenuta rispetto al 2019. Per quanto riguarda invece il 2° semestre, nel 2021 sono state misurate

concentrazioni di ammonio e silicati comparabili a quelle degli anni precedenti, mentre i nitriti sono risultati moderatamente più elevati nel 2021. Il contenuto dei nitrati è risultato inferiore rispetto al 2019 e 2020, soprattutto nel mese di luglio. I fosfati sono apparsi comparabili a quelli del 2020.

Il carico solido sospeso è rientrato nei limiti dei valori riscontrati nei campionamenti del 2019 e 2020, risultando in media moderatamente più basso nei primi sei mesi rispetto allo ai due anni precedenti e al 2° semestre 2019. I valori maggiori sono stati osservati generalmente alle quote di fondo in tutto il periodo di osservazione, probabilmente a causa di processi di risospensione e trasporto di sedimenti di fondo (Wang e Pinardi, 2002; Wang *et al.*, 2006).

Rispetto al 2019 e al 2020, nel 2021 le concentrazioni medie di clorofilla *a*, clorofilla *b* (caratteristica delle alghe verdi -Prasinophyceae- e delle Euglenophyta) e clorofilla *c* (caratteristica delle diatomee) sono risultate simili nel 1° semestre e maggiori a quelle del 2020 nel 2° semestre. Comunque, tutte sono sempre rientrate 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 definitiva, non sono apparse evidenti delle alterazioni nei parametri oceanografici e idrochimici da attribuire alle attività di estrazione in corso sulla piattaforma Clara NW, confermando i risultati precedenti.

Per l'analisi degli inquinanti, in generale risultati ottenuti nel 2021 sono in linea con quelli del biennio 2019-2020. La dispersione statistica non permette una evidenziazione di trend temporali, anche se in alcuni casi sembra che rispetto all'inizio del 2019 le concentrazioni medie siano diminuite un po' per tutti i composti ricercati, raggiungendo per molti di essi le concentrazioni minime a fine periodo.

Non essendo emersa alcuna differenziazione statisticamente valida tra le stazioni campionate a 100 m di distanza dalla piattaforma (CL1-CL4) e quelle di controllo (CL5-CL8), è possibile confermare che l'effetto della presenza di Clara NW sull'ambiente marino circostante è senz'altro trascurabile.

**Misure correntometriche** - Le registrazioni effettuate nel 2021 hanno confermato quanto rilevato sino al 2020 (Fabi *et al.*, 2016c, 2017b, 2017c, 2018, 2019a, 2019b; Spagnolo *et al.*, 2020b, 2021b, 2021c, 2022b), ovvero che l'areale in cui è installata la piattaforma Clara NW è caratterizzato da un regime delle correnti molto variabile in direzione, tra



Nord e Sud, e di intensità generalmente debole, anche se in alcuni brevi periodi possono avvenire delle intensificazioni sino a raggiungere 0,5 m/s, situazione verificatasi sia nel 2020 che nel 2021.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- Artegiani A. 1996. Temperature and salinity measurements of seawaters, Handbook of method protocols. *MAST II Mediterranean Targeted Project*. 34 pp.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997a. The Adriatic Sea general circulation. Part I. Air-sea interactions and water mass structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1492–1514.
- Artegiani A., Bregant D., Paschini E., Pinardi N., Raicich F., Russo A. 1997b. The Adriatic Sea general circulation. Part II: Baroclinic Circulation Structure, *J. Phys. Oceanogr.*, 27: 1515–1532.
- Carpenter J.H. 1965. The Chesapeake bay institute technique for the winkler dissolved oxygen method. *Lim. Ocean.*, 10(1): 141-143.
- Fabi G., De Ranieri S., Grati F., Marini M., Spagnolo A. 2001. *Servizi di monitoraggio ambientale campo Regina. III Anno di indagine. Rapporto finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 185 + XXVII pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Panfili M., Scarcella G., Spagnolo A. 2003. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annalisa. III Anno di indagine. Rapporto Finale*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione AGIP, Distretto di Ravenna. 123 + XLVI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Scarcella G., Spagnolo A. 2004. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Barbara NW. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (2000 – 2002)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 228 + XLIX pp.
- Fabi G., Boldrin A., De Ranieri S., Manoukian S., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2005a. *Servizi di monitoraggio ambientale Piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Naomi-Pandora”. Rapporto conclusivo di due anni di indagine (2002-2003)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 201 + XXVIII pp.
- Fabi G., Ausili S., De Ranieri S., Nasci C., Spagnolo A. 2005b. *Servizi di monitoraggio ambientale piattaforma di estrazione di idrocarburi gassosi “Porto Corsini Mare Sud 1 (PCMS-1)”*. Rapporto conclusivo di due anni di indagine. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 95 + XI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Meneghetti F., Paschini E., Scarcella G., Spagnolo A. 2006. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Calipso. Rapporto finale di 4 anni di studio (2002-2005)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 224 + XLII pp.
- Fabi G. De Ranieri S., Grilli F., Nasci C., Spagnolo A. 2010a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Nord. Rapporto conclusivo di tre anni di indagine (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 240 + XLIII pp.
- Fabi G., Campanelli A., De Ranieri S., Nasci C., Polidori P., Punzo E. 2010b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara Est. Rapporto conclusivo di tre anni di monitoraggio (estate 2005 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 353 + XLI pp.
- Fabi G., De Ranieri S., Manoukian S., Marini M., Nasci C., Scarcella G., Spagnolo A. 2013. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Naide. Rapporto conclusivo di 4 anni di monitoraggio, dal pre-survey al terzo anno dopo la posa (estate 2004 - inverno 2008)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 397 + XLVI pp.
- Fabi G., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Penna P.G., Polidori P., Spagnolo A. 2015a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Tea - Rapporto conclusivo dal pre-survey al terzo anno successivo alla posa in opera della piattaforma (2006-2010)*. Rapporto per Eni S.p.A. – Divisione E&P, Distretto di Ravenna. 251 + XLIV pp.

- Fabi G., Bernardi Aubry F., Boldrin A., Camatti E., De Biasi A., Kozinkova L., Punzo E., Spagnolo A. 2015b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW e della condotta collegante Clara NW a Calipso. Pre-survey (dicembre 2014 - aprile 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, ecotossicologia dei sedimenti e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 1.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 144 + XXXII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A. De Biasi A.M., Gaetani A., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Polidori P., 2016a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Annamaria B - Piano Nazionale. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. Rapporto finale di sei anni di indagine (dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione).* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 258 + CXVIII pp.
- Fabi G., Bernardi Aubry F., Camatti E., Cassin D., De Biasi A., De Lazzari A., Kozinkova L., Punzo E., Spagnolo A. 2016b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di posa in opera (maggio - dicembre 2015). Indagini fisiche e chimiche della colonna d'acqua e dei sedimenti, indagini sulle comunità planctoniche e indagini sulla comunità bentonica. Rapporto n. 2.* Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 155 + XXVII pp.
- Fabi G., Borghini M., Cassin D., De Biasi A., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G., Punzo E., Spagnolo A. 2016c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW e della condotta collegante Clara NW a Calipso. Fase di produzione - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2016).* Rapporto n. 3. Rapporto per ENI S.p.A. – UPSTREAM DICS. 151 + LXIV pp
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Campanelli A., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gaetani A., Gomiero A., Kozinkova L. 2017a. *Monitoraggio ambientale Pozzi sottomarini Bonaccia Est 2 e Bonaccia Est 3. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione dei pozzi sottomarini e del sea-line collegante i pozzi con la piattaforma Bonaccia. Rapporto finale dal pre-survey al 3° anno post lavori di installazione (2009 - 2013).* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 236 + XCV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G., Punzo E. 2017b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 1° anno rapporto finale (gennaio-dicembre 2016).* Rapporto n. 4. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 179 + XLIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gaetani A., Kozinkova L., Pellini G. 2017c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW - Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 2° anno rapporto semestrale (gennaio-giugno 2017).* Rapporto n. 6. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM DICS. 144 + XLIII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Masnadi F., Montagnini L., Scanu M. 2018. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 2° anno - Rapporto finale. Rapporto n. 8.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 217 + XLV pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Kozinkova L., Masnadi F., Montagnini L., Tasseti A.N. 2019a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 3° anno - Rapporto semestrale (gennaio - giugno 2018).* Rapporto n. 11. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 160 + LII pp.
- Fabi G., Spagnolo A., Borghini M., Cassin D., De Biasi A.M., De Lazzari A., Gomiero A., Kozinkova L., Masnadi F., Minelli A., Montagnini L. 2019b. *Servizi di monitoraggio*

- ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - 3° anno - Rapporto finale (gennaio – dicembre 2018). Rapporto n. 12. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 263 + LIII pp.
- Hansen H.P., Koroleff F. 1999. Determination of nutrients. Methods of seawater analysis. *K Grasshof*: 159–228.
- Khoo K.H., Culbertson C.H., Bates R.G. 1977. Thermodynamics of the dissociation of ammonium ion in seawater from 5 to 40°C. *J. Solution Chem.*, 6(4): 281–290.
- Leonori I., Biagiotti I., Costantini I. 2016. *Progetto di monitoraggio cetacei durante la costruzione della piattaforma Clara NW*. Servizio di monitoraggio ambientale ENI S.P.A. Distretto Centro-Settentrionale (DICS). Rapporto Finale CNR-ISMAR Ancona. 140 pp.
- Marini M., Jones B.H., Campanelli A., Grilli F., Lee C.M. 2008. Seasonal variability and Po River plume influence on biochemical properties along western Adriatic coast. *J. Geophys. Res.*, 113: C05S90. doi:10.1029/2007JC004370
- Saggiomo V., Catalano G., Ribera d'Alcalà M. 2010. Ossigeno disciolto. Pagg. 21-32, in: Socal G., Buttino I., Cabrini M., Mangoni O., Penna A., Totti C. (Eds.), *Metodologie di studio del Plancton marino*. Manuali e Linee Guida 56/2010, ISPRA, SIBM Roma.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Siena G., Saggiomo M. 2020a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Fauzia. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale - Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 292 + CLXX pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2020b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 4° anno (2019). Rapporto n. 14*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 189 + LVII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Girasole M., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Elettra. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Elettra. 5° anno della fase di produzione - Rapporto finale. Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 283 + CXXIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Minelli A., Montagnini L., Regoli F., Saggiomo M., Siena G. 2021b. *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., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G. 2021c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 5° anno (2020). Rapporto n. 16*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 101 + XVIII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Ferrà Vega C., Gomiero A., Kozinkova L., Manarini T., Minelli A., Regoli F., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Urbini L. 2022a. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Bonaccia NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Bonaccia NW. Fase di produzione - Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 15*. Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 308 + CLIX pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., Ferrà Vega C., Minelli A., Montagnini L., Saggiomo M., Siena G., Urbini L. 2022b. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione -*



- Rapporto finale 5° anno (2020). Rapporto n. 17.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 302 + CXXXVII pp.
- Spagnolo A., Fabi G., Borghini M., De Biasi A.M., Gomiero A., Kozinkova L., Regoli F., Saggiomo M., Salvalaggio V., Siena G., Urbini L. 2022c. *Servizi di monitoraggio ambientale Campo Clara NW. Monitoraggio dell'area interessata dall'installazione della piattaforma Clara NW. Fase di produzione - Rapporto semestrale 2021. Rapporto n. 18.* Rapporto per Eni S.p.A. – UPSTREAM, DICS. 197 + XLVII pp.
- Strickland J.D.H., Parsons T.R. 1972. A practical handbook of seawater analysis. *Bull. Fish. Res. Bd. Canada*, 167. 310 pp.
- UNESCO. 1983. *Algorithms for computation of fundamental properties of seawater*. Tech. Pap. Mar. Sci., 44. 53 pp.
- UNESCO. 1988. *The acquisition, calibration, and analysis of CTD data*. Tech. Pap. Mar. Sci., 54. 59 pp.
- Vidussi F., Claustre H., Bustillos-Guzmán J., Cailliau C., Marty J.C. 1996. Determination of Chlorophylls and carotenoids of marine phytoplankton: separation of Chlorophyll a from divinylChlorophyll a and zeaxanthin from lutein. *J. Plankton Res.*, 18(12): 2377-2382.
- Wang, X.H., Pinardi N. 2002. Modeling the dynamics of sediment transport and resuspension in the northern Adriatic Sea. *J. Geophys. Res.*, 107(C12): 1-23.
- Wang, X.H., Pinardi N., Malacic V. 2006. Sediment transport and resuspension due to combined motion of wave and current in the northern Adriatic Sea during a Bora event in January 2001: A numerical modelling study. *Cont. Shelf Res.*, 27(5): 613 – 633.
- Whitfield M. 1974. The hydrolysis of ammonium ions in seawater - a theoretical study. *J. Mar. Biol. Ass. United Kingdom*, 54: 565-580.
- Zavatarelli M., Raicich F., Bregant D., Russo A., Artegiani A., 1998. Climatological biogeochemical characteristics of the Adriatic Sea. *J. Mar. Syst.*, 18: 227-26.



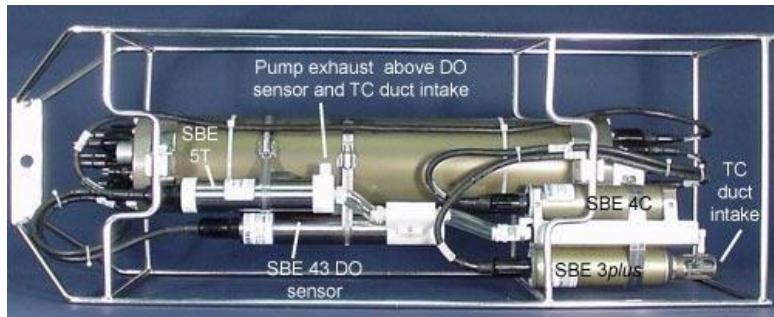
# **ALLEGATO A**

## **STRUMENTAZIONE UTILIZZATA NELLE**

### **INDAGINI**

## INDAGINI FISICHE E CHIMICHE DELLA COLONNA D'ACQUA

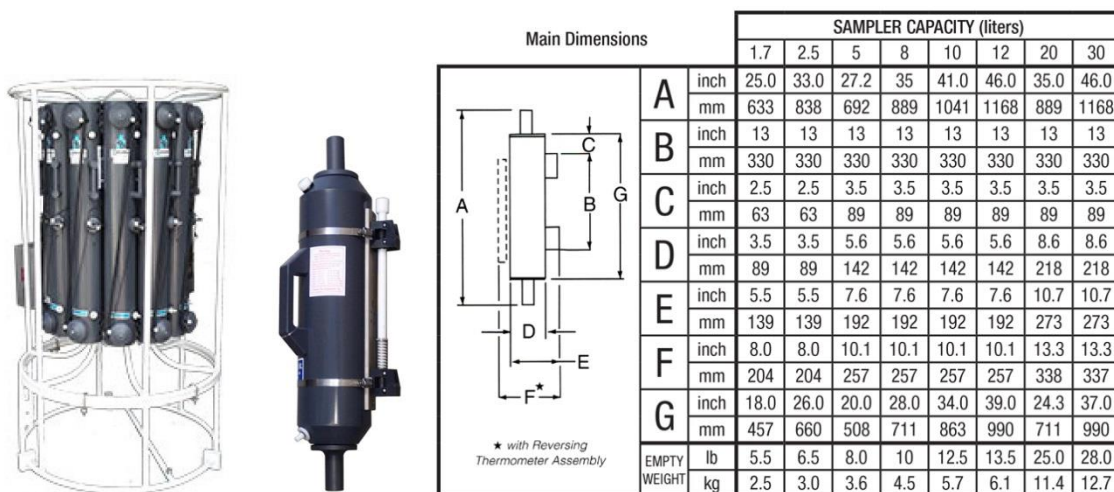
### A1 SONDA MULTIPARAMETRICA CTD e “ROSETTE”



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

Sensore	Costruttore	Modello	Accuratezza	Intervallo di misura	Data ultima calibrazione
Temperatura	Sea Bird Electronics	SBE 3 plus	$\pm 0,001$ °C	-5 : +35°C	21/05/2019
Conducibilità	Sea Bird Electronics	SBE 4C	$\pm 0,0003$ S m <sup>-1</sup>	0 : 7 S m <sup>-1</sup>	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 <sup>-1</sup>	0 : 50 µg L <sup>-1</sup>	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.



## A2 ADCP (ACOUSTIC DOPPLER CURRENT PROFILER)



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

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

## A3 OSSIGENO DISCIOLTO

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



### Potenzialità analitiche

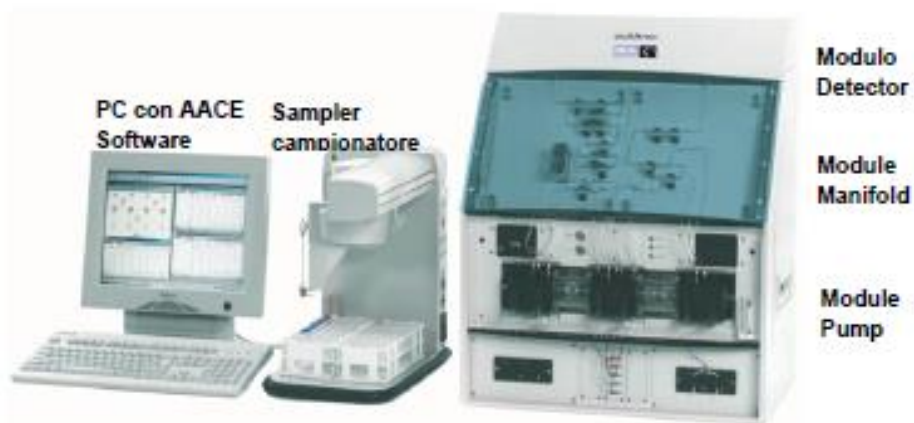
Tipi di titolazione	Acido-base acquose e non-acquose, precipitazione, redox, complessometria Titolazione diretta, retrotitolazione, determinazione del bianco, titolazione a due fasi
Modi di titolazione	Ai punti equivalenti, ai punti finali, pH-stat, Karl Fischer
Tipi di indicazione	Elettrochimica (potenziometria, voltammetria, amperometria) fotometrica, 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
	Volumi burette intercambiabili	1, 5, 10 e 20 mL
Metodi e serie	Titolazione auto-apprendimento	si
	Numero di campioni per serie	120
	Metodi METTLER TOLEDO predefiniti	> 30
	Numero max.metodi	120
Ingressi sensore	Potenziometrico	2
	Polarizzato	1
	Riferimento	1
	Temperatura PT1000	1
	Conducibilità	1 opzionale
Interfacce	Ethernet	1
	COM	3
	USB host	1
	USB client	1
	Bus CAN	si
	Pompa/agitatore/Solvent Manager™	3
	TTL I/O	1
Terminale	Controllo	Touch Screen
	Schermo	Display TFT a colori 5.7" ¼ VGA
	Risoluzione	320 x 240 pixel
	Inclinazione	Regolabile in tre posizioni

## A4 NUTRIENTI

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



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

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

## A5 HPLC

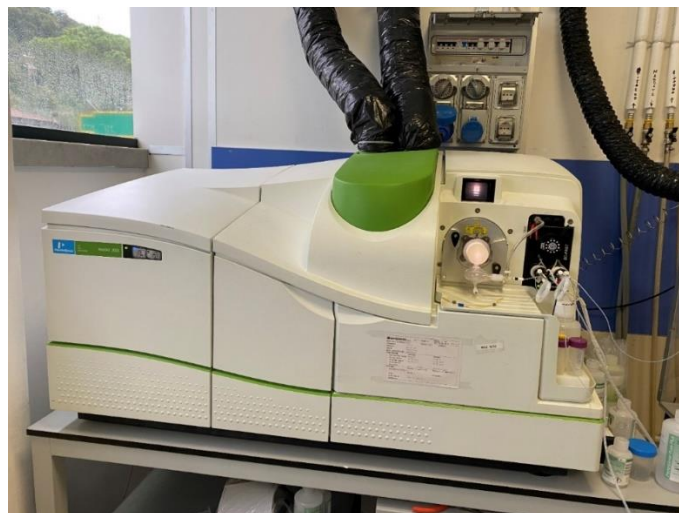
### High Performance Liquid Chromatography - Agilent 1100 series



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

## A6 ANALISI METALLI PESANTI

### Spettrofotometro di massa ICP-MS Perkin Elmer Nexion 350X



**Autocampionatore MASN8140044 ESI**



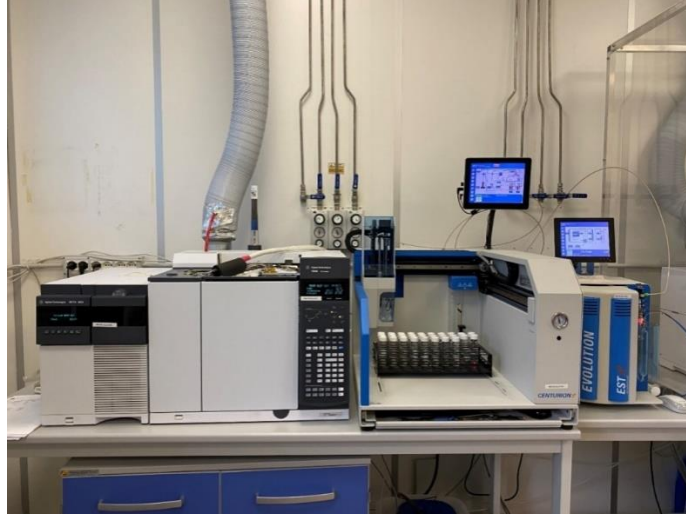
**A7 ANALISI SILICIO**

**Spettrometro a emissione atomica AGILENT - ICP-OES 5100 SVDV**



## **A8 ANALISI BTEX**

**Agilent – Sistema P&T Evolution, GC 7890B**



## **A9 IDROCARBURI TOTALI**

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





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



## **A10 IDROCARBURI POLICICLICI AROMATICI (IPA)**

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

