



**Università  
di Genova**

**DISTAV** DIPARTIMENTO  
DI SCIENZE DELLA TERRA,  
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA

**PROGETTO P.3062**

**“AMPLIAMENTO DELLA DIGA FORANEA DEL PORTO DI GENOVA”**

**RELAZIONE DELLA FASE IN CORSO D'OPERA  
AGOSTO 2023**

Monitoraggio della torbidità, dell'ossigeno disciolto e della dinamica durante i lavori relativi all'ampliamento della diga foranea del Porto di Genova

**Il Responsabile Scientifico del DISTAV**

Prof. Marco Capello

(Firmato digitalmente)

## **INTRODUZIONE**

Nell'ambito delle operazioni costruzione della nuova Diga foranea del Porto di Genova (Codice Perizia 3062), il Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita dell'Università degli Studi di Genova è stato incaricato di effettuare il monitoraggio della torbidità, dell'ossigeno disciolto e della dinamica durante le attività, prima nella fase "campi prova" e, a seguito dell'inizio dei lavori, nella fase "corso d'opera"

Per questo motivo a partire dal 4 maggio 2023 si è provveduto a compiere campagne di monitoraggio a mezzo barca e il monitoraggio h24 tramite il sistema automatico formato da stazioni fisse. Di seguito, quindi, riportiamo gli esiti delle campagne oceanografiche effettuate nel mese di AGOSTO 2023.

## **CORSO D'OPERA**

Durante le campagne di monitoraggio a mezzo barca sono stati impiegati i seguenti strumenti e indagati i seguenti parametri:

- sonda multiparametrica CTD, con i sensori di temperatura, conducibilità, torbidità e ossigeno disciolto, calata lungo la colonna d'acqua per l'acquisizione in tempo reale di profili verticali dei diversi parametri;
- correntometro acustico profilante ad effetto Doppler (V-ADCP) con applicazione bottom track posizionato a scafo per la misura di direzione, intensità e verso delle correnti lungo una direttrice verticale che attraversa la massa d'acqua sotto lo strumento.

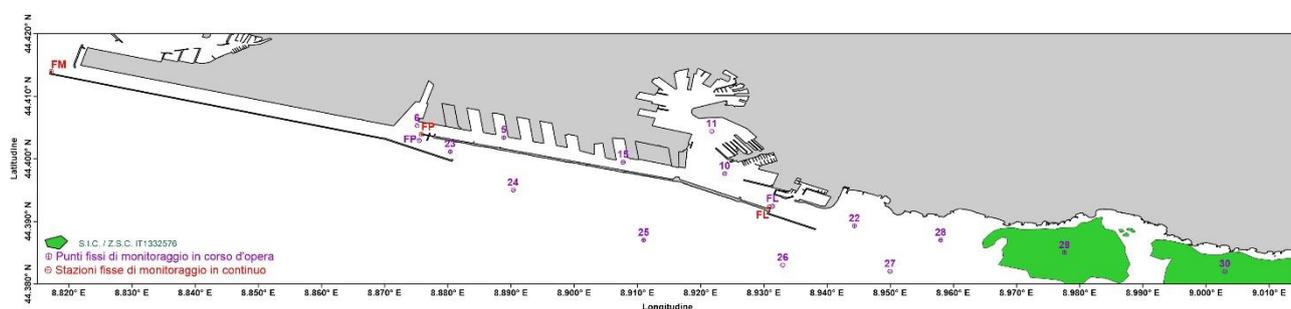
Il piano di monitoraggio ha previsto la realizzazione di due uscite a settimana con l'acquisizione di dati in diversi punti diffusi nell'area d'indagine, alcuni fissi, determinati dal piano di monitoraggio e contrassegnati da numeri o sigla fissa (si vedano mappa e tabella riportate di seguito), e alcuni mobili contrassegnati dalla lettera finale "A" (es. 001A), per avere un quadro più dettagliato delle caratteristiche della colonna d'acqua e della diffusione della torbida all'interno dell'area dei lavori.

Inoltre, il piano di monitoraggio ha previsto il controllo in continuo di torbidità, ossigeno disciolto e correnti grazie alle stazioni fisse di misura installate sulla diga all'ingresso di levante del porto (FL), all'ingresso di ponente (FP) e, dal 6 Giugno 2023, anche all'ingresso

di ponente del Canale di calma dell'aeroporto verso Multedo (FM). Le stazioni fisse sono dotate di:

- sonda multiparametrica con sensore di torbidità e ossigeno disciolto, e
- correntometro Acoustic Doppler Current Profiler orizzontale (H-ADCP) per la misura di direzione, intensità e verso delle correnti lungo una direttrice orizzontale che attraversa la massa d'acqua davanti allo strumento.

Di seguito sono riportate la mappa con la posizione delle stazioni fisse e dei punti fissi, e la tabella con le coordinate dei punti fissi del monitoraggio da barca.



Mappa dei punti fissi e delle stazioni fisse di misura.

Stazione	Latitudine (°)	Longitudine (°)
FL	44.392421	8.931382
FP	44.402911	8.875466
5	44.403407	8.888859
6	44.405302	8.875104
10	44.397620	8.923817
11	44.404389	8.921761
15	44.399463	8.907728
22	44.389268	8.944355
23	44.401148	8.880362
24	44.394991	8.890319
25	44.386996	8.910999
26	44.382996	8.933000
27	44.381997	8.949999
28	44.386996	8.957992
29	44.384994	8.977591
30	44.381998	9.002988

Alcuni punti mobili di misura possono essere effettuati durante il monitoraggio anche all'interno dell'area di cantiere delimitata dalle boe: questi punti sono effettuati solo quando non sono presenti mezzi all'interno dell'area, come da ordinanza emessa dalla Capitaneria di Porto.

## MONITORAGGIO A MEZZO BARCA – AGOSTO 2023

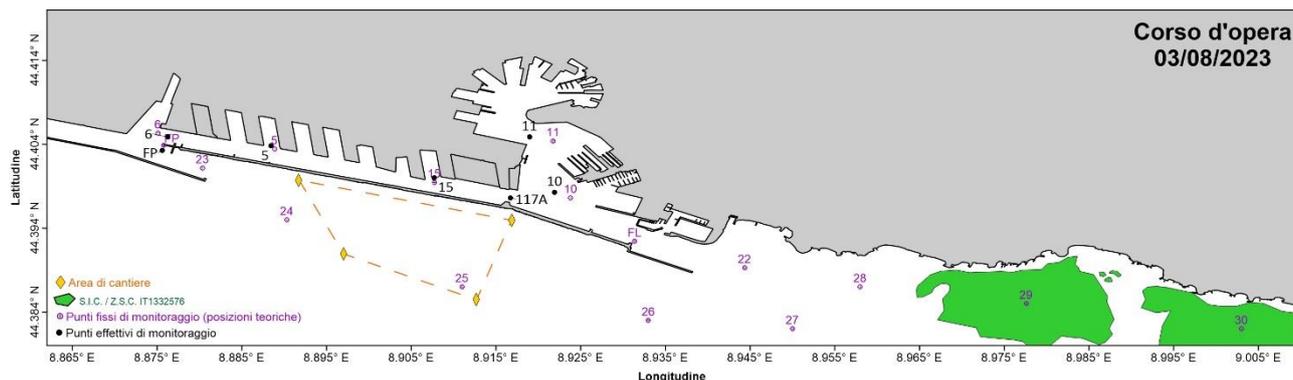
**01/08/2023**

Durante la mattinata si è provveduto a effettuare la manutenzione delle stazioni fisse; successivamente, a causa del progressivo peggioramento delle condizioni meteo-marine, che hanno portato a mare mosso, cielo coperto e forte vento da SE con raffiche di 25 Kn, non è stato possibile effettuare le operazioni di monitoraggio. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Capo Nord Oceanic dei Barcaiooli di Multedo. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Laura Cutroneo, Dr.ssa Irene Geneselli.

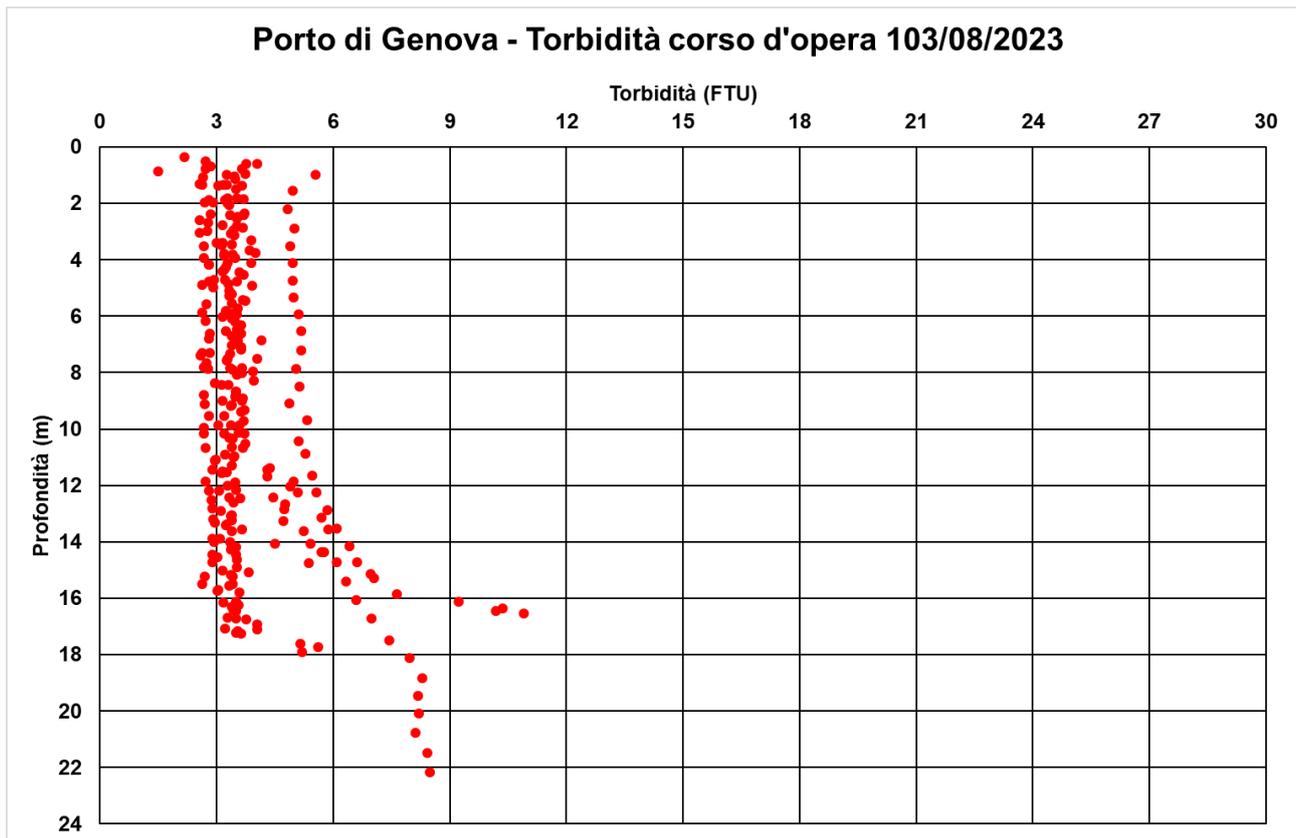
**03/08/2023**

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di forte vento da SE, mare mosso anche in porto e cielo nuvoloso. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr.ssa Irene Geneselli, Sig. Valter Capicchioni.

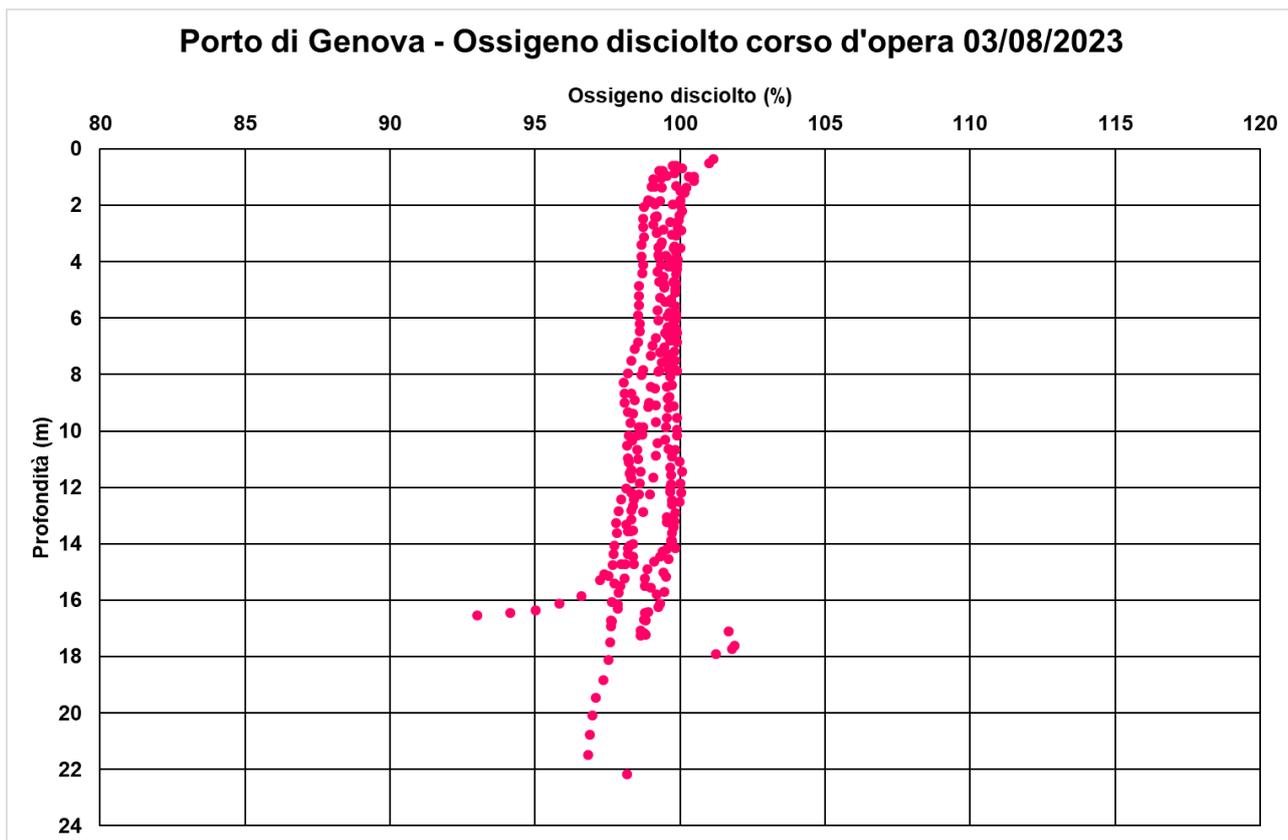
Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 7 punti tra fissi e mobili solo all'interno del porto a causa del moto ondoso e non è stato possibile effettuare misure correntometriche. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.



Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio. La torbidità ha mostrato valori compresi tra 1.5 e 10.9 FTU. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



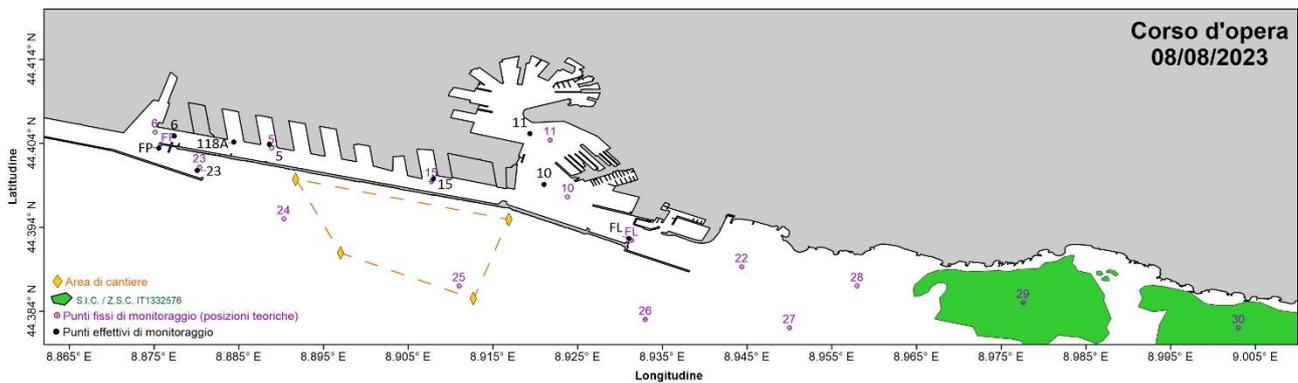
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 93 e 102%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



**08/08/2023**

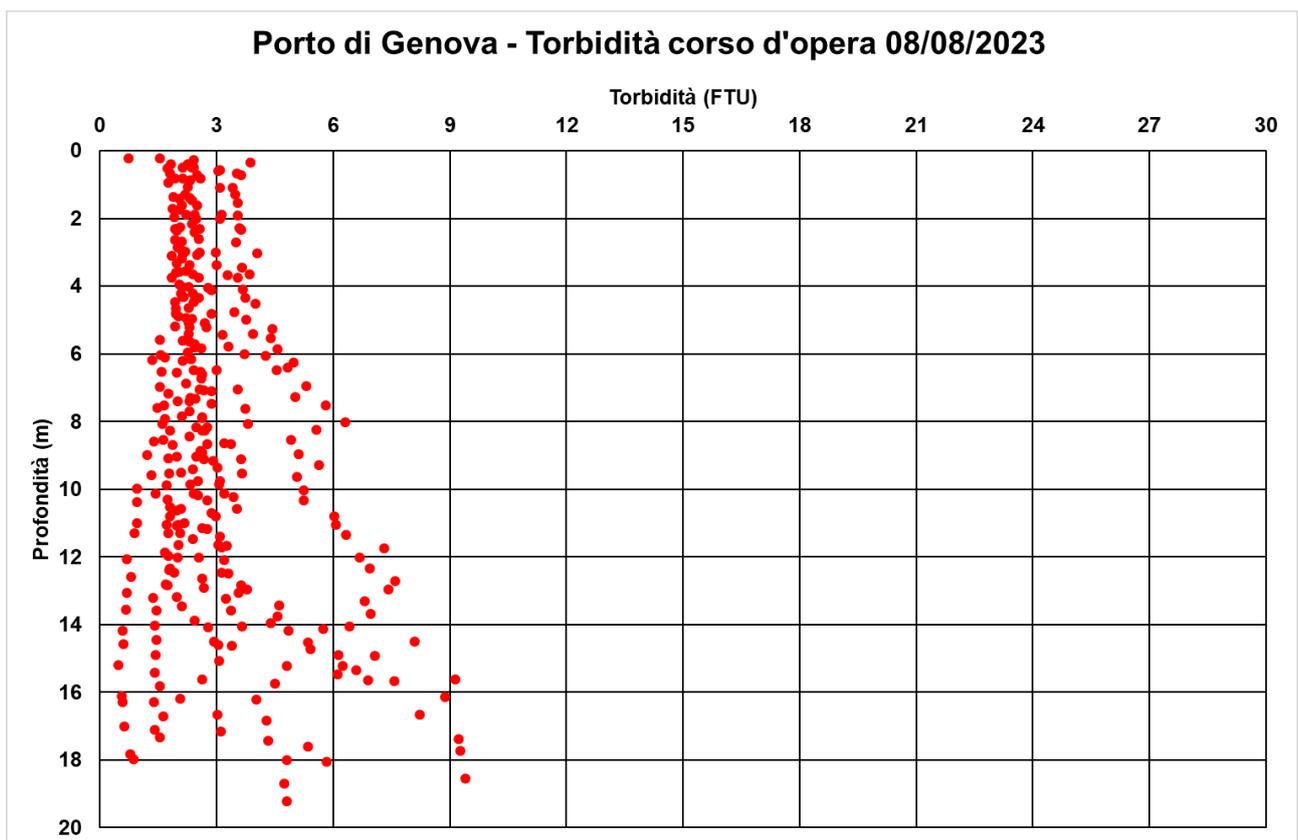
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di forte vento da SE, mare mosso e cielo variabile. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Miriana della Servizi Ecologici Porto di Genova. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr.ssa Irene Geneselli, Sig. Valter Capicchioni.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 9 punti tra fissi e mobili solo all'interno del porto a causa del moto ondoso e non è stato possibile effettuare misure correntometriche. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

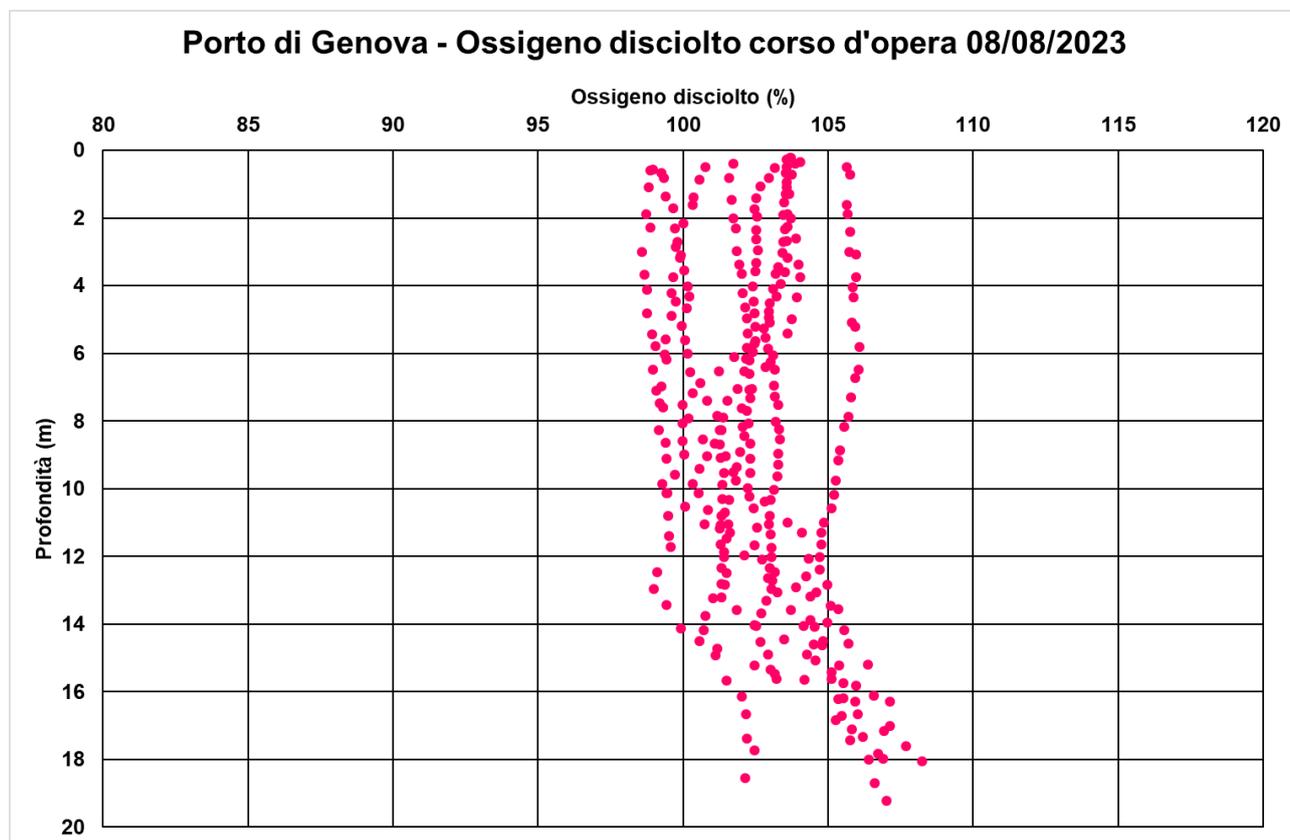


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.5 e 9.4 FTU. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



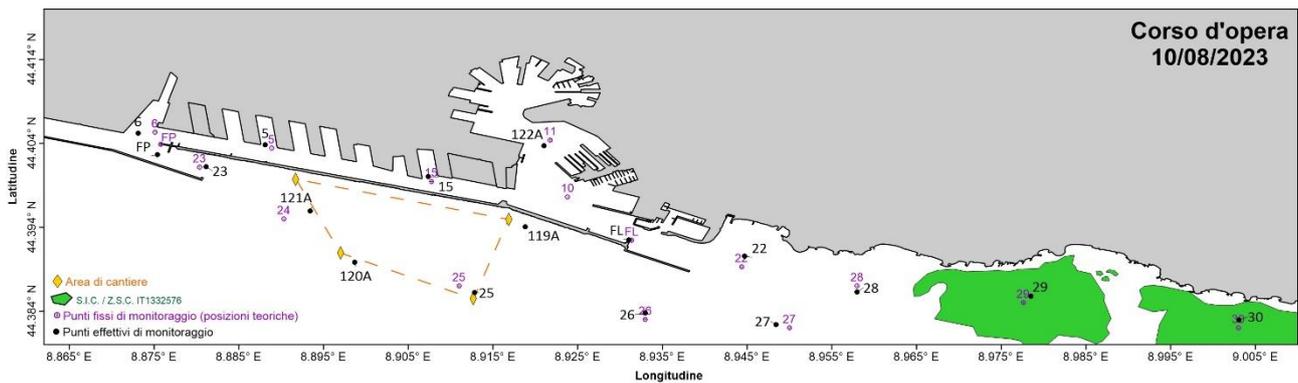
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 99 e 108%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



### **10/08/2023**

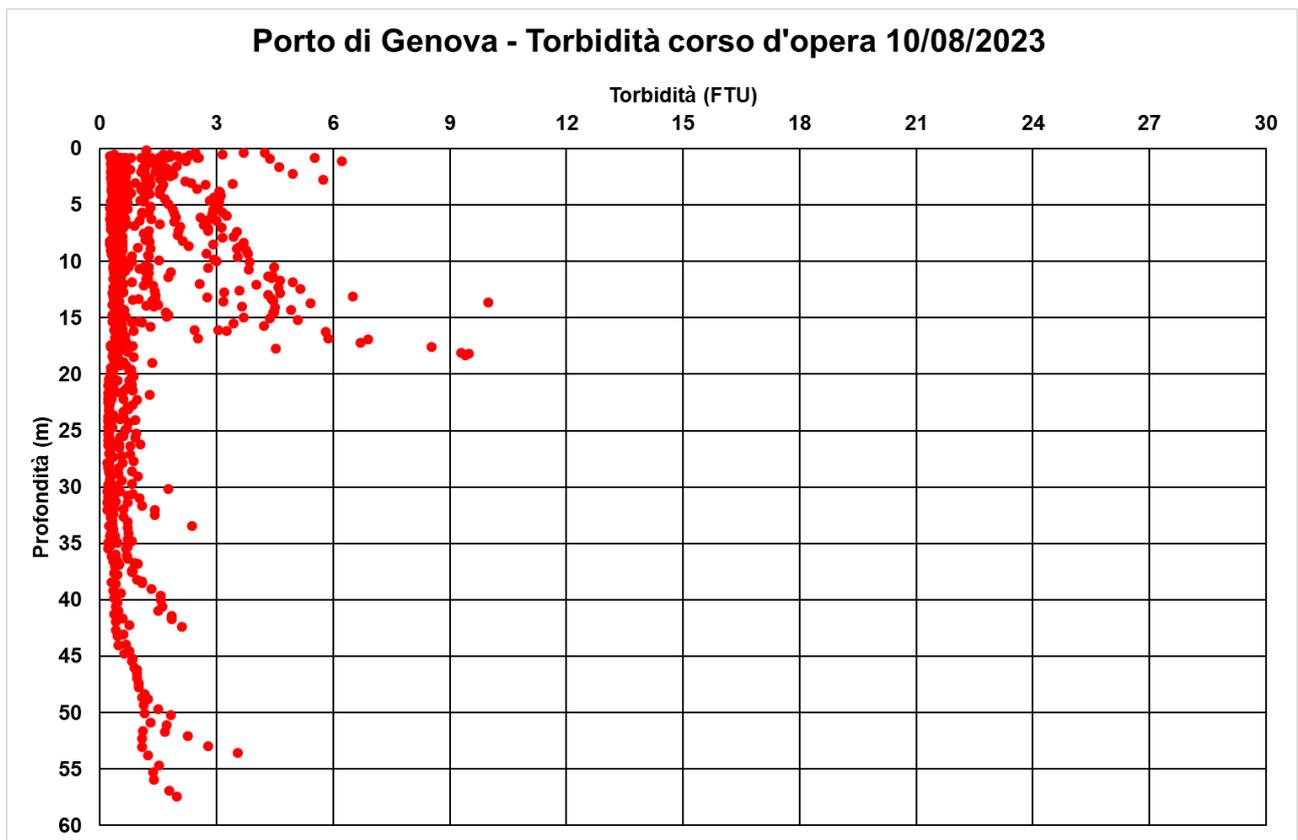
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di calma di vento, mare calmo e cielo sereno. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Capo Nord Oceanic dei Barcaoli di Multedo. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Irene Geneselli.

Sono state effettuate misure di corrente lungo la colonna d'acqua in 5 punti e acquisizione con sonda multiparametrica in 17 punti tra fissi e mobili. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

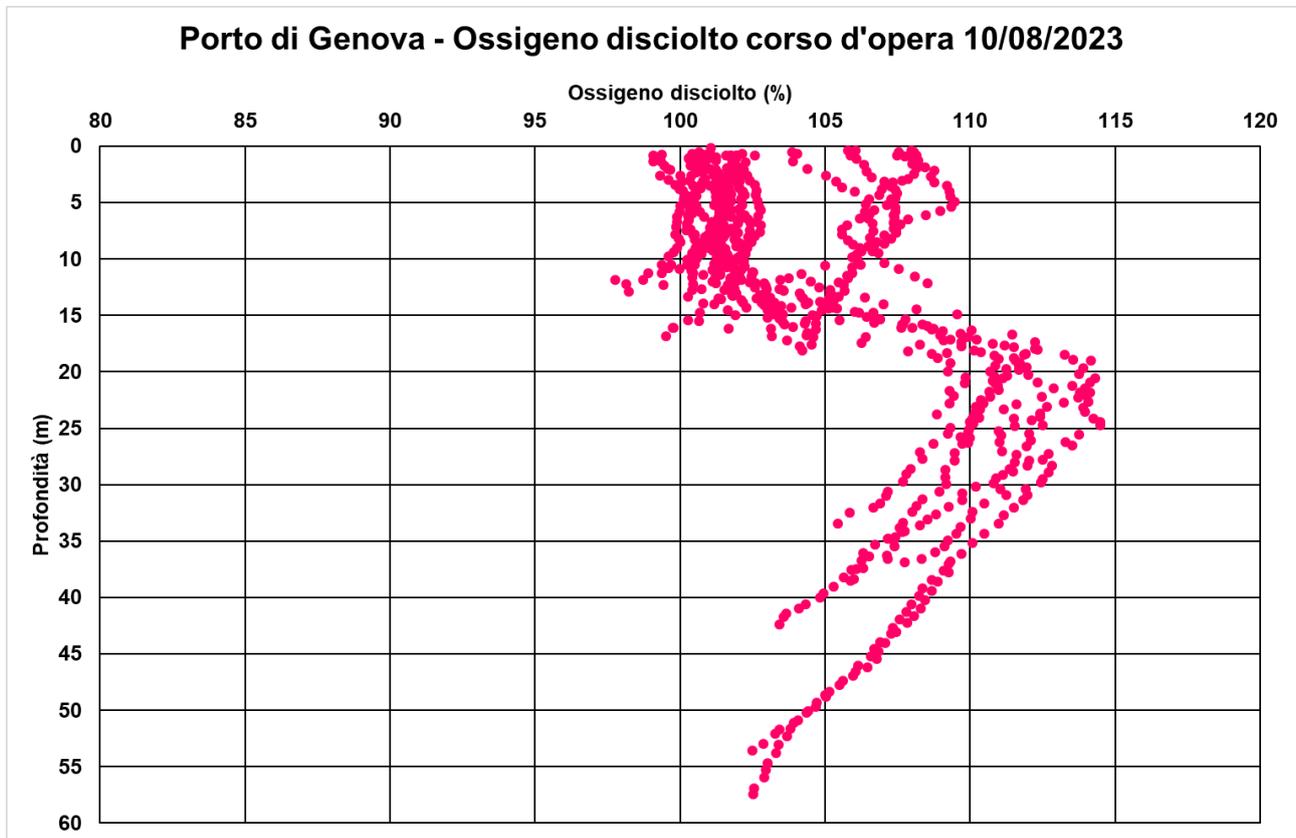


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

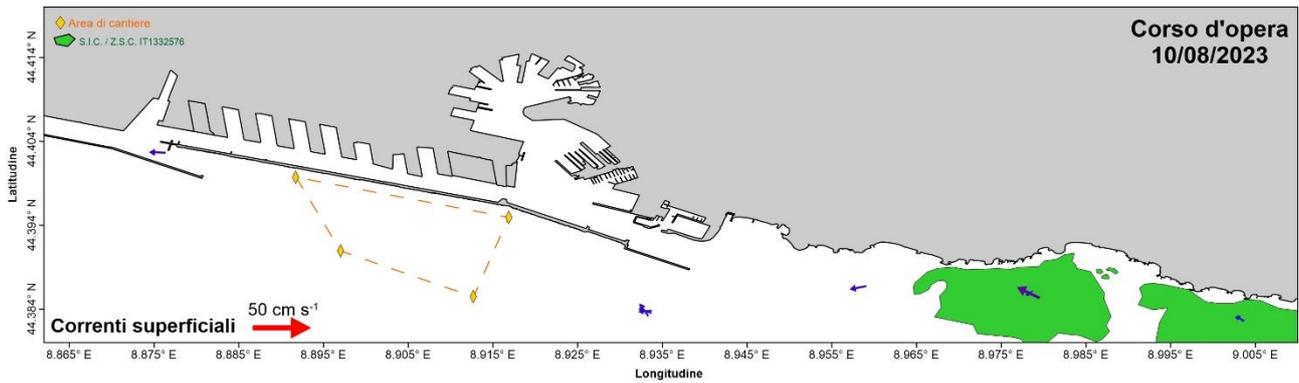
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 10.0 FTU. I valori più alti sono stati misurati in prossimità del fondo all'interno del porto (punto FP e 122A). Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



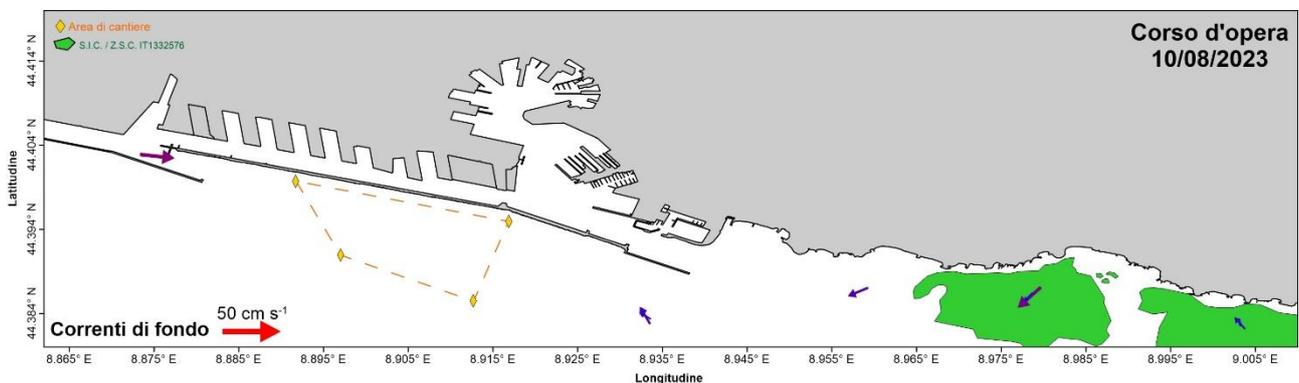
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 98 e 114%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.5 e 26.9 cm s<sup>-1</sup> lungo tutta la colonna d'acqua; la direzione delle correnti era prevalente W sia nello strato superficiale sia in quello di fondo, ad eccezione che all'ingresso di ponente del porto, dove la corrente sul fondo tendeva ad uscire dal porto. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.



Vettori corrente nello strato di fondo.

### 14-18/08/2023

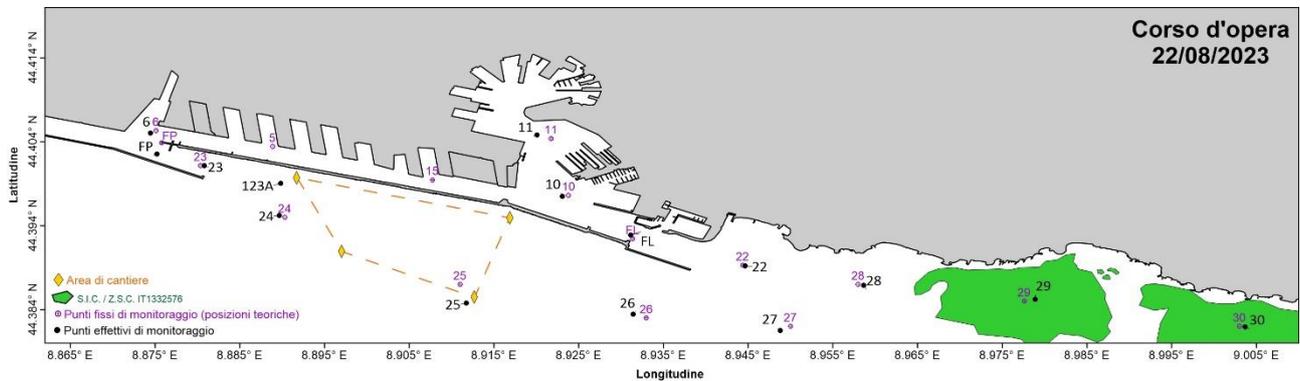
Nella settimana di ferragosto le attività di monitoraggio si sono temporaneamente interrotte a causa della chiusura del Dipartimento.

### 22/08/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di debole vento da N, mare calmo e cielo sereno. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Laura Cutroneo.

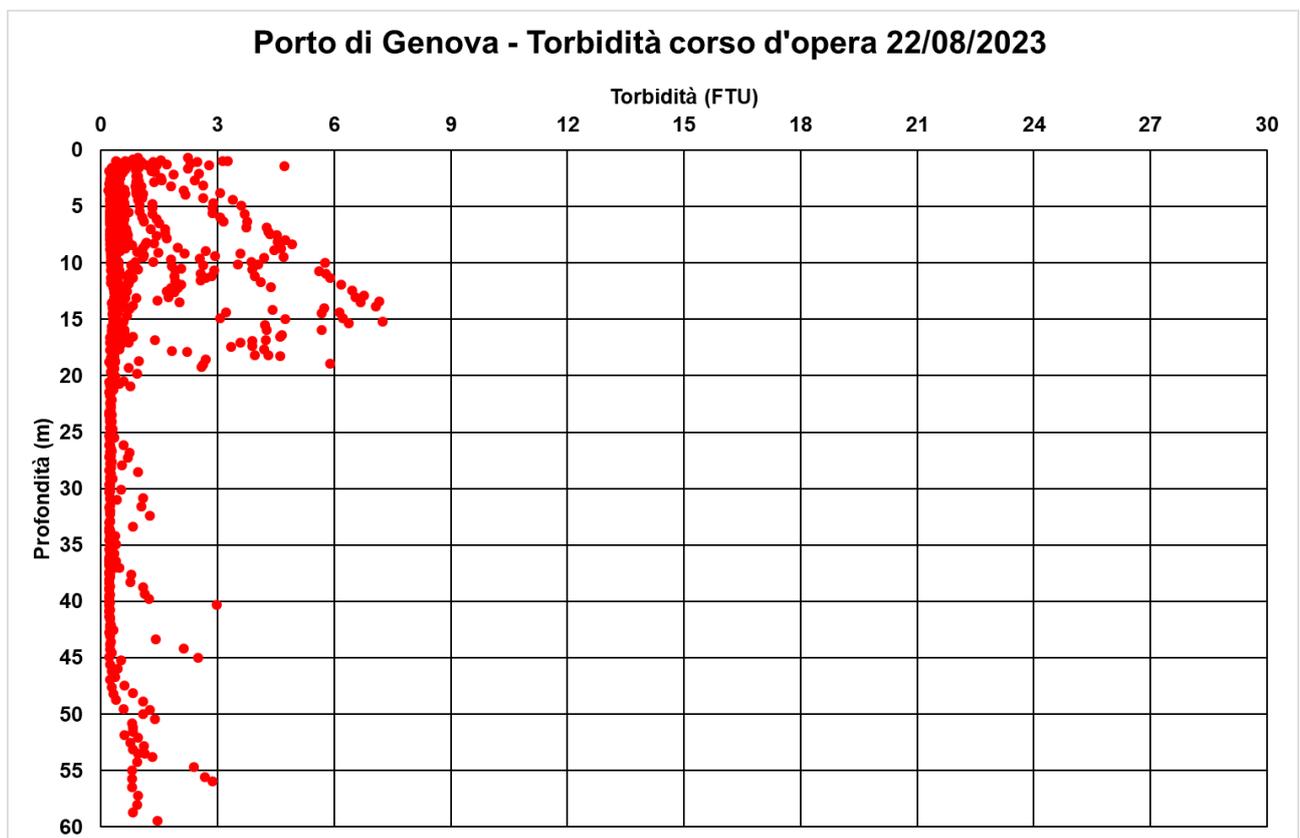
La bettolina Aurora era impegnata nello scarico della ghiaia nell'area dei campi prova. Sono state effettuate misure correntometriche in 8 punti e misure con sonda

multiparametrica in 15 punti tra fissi e mobili. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

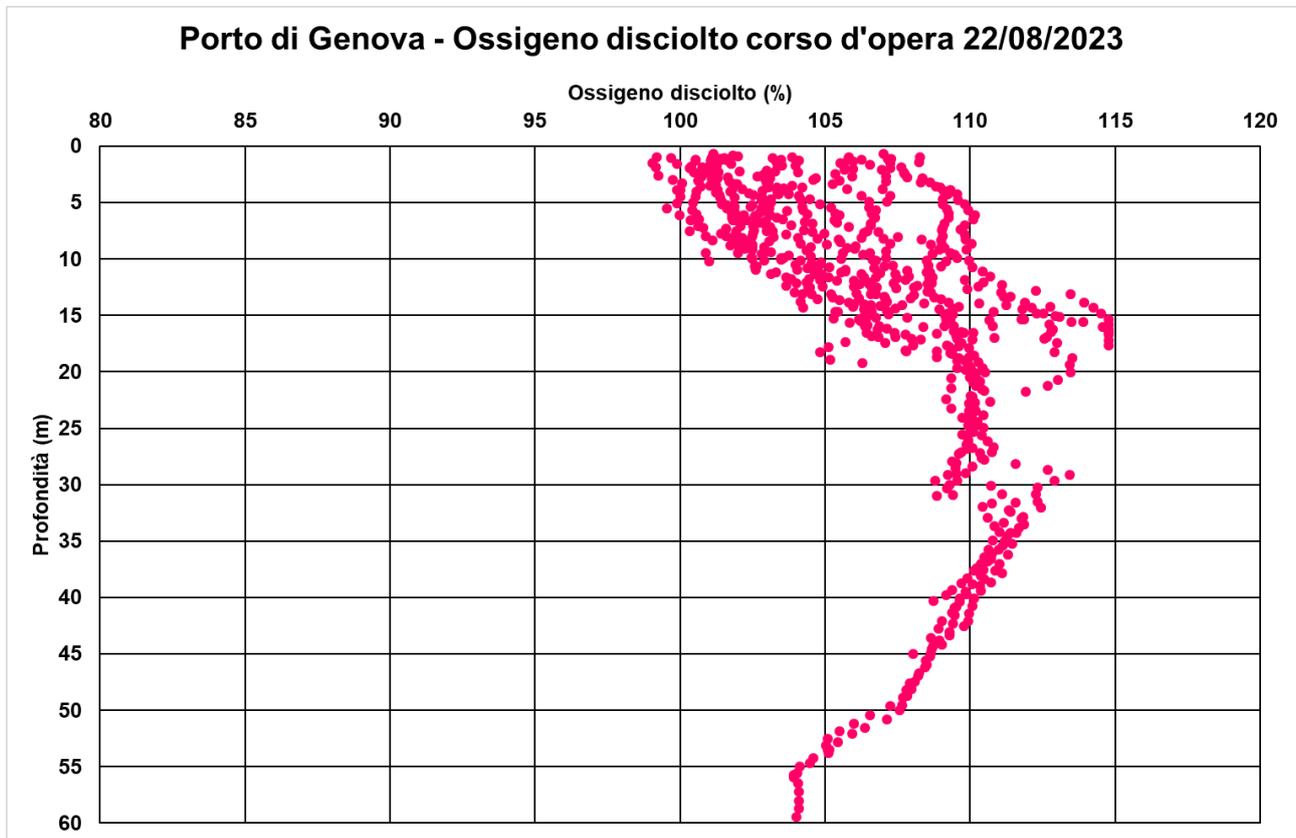


Mapa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

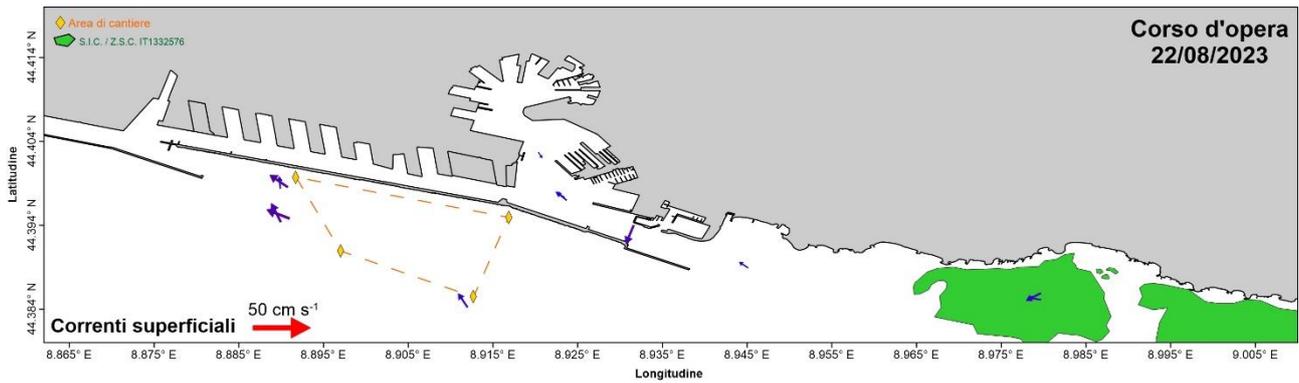
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 7.2 FTU. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



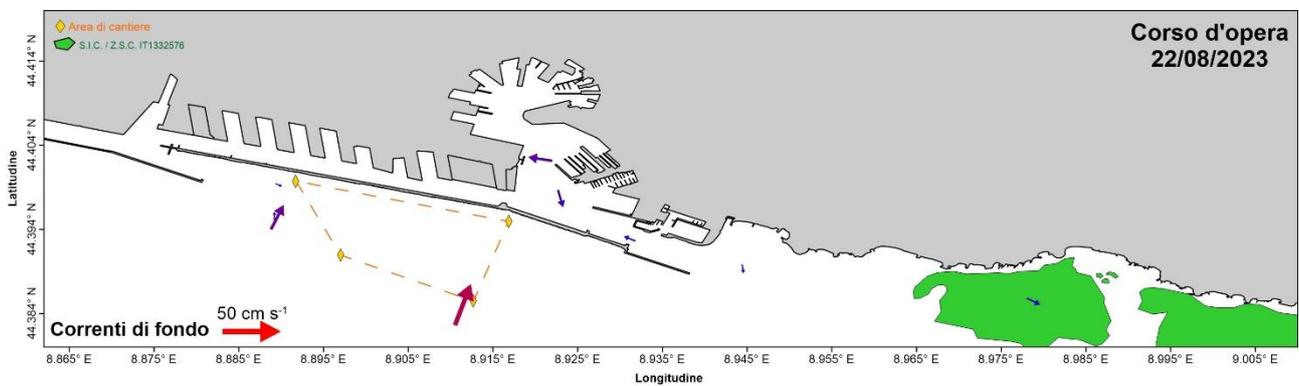
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 99 e 115%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.6 e 47.1 cm s<sup>-1</sup> lungo tutta la colonna d'acqua; la direzione delle correnti era prevalente verso W nello strato superficiale e variabile in quello di fondo. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello di fondo.



Vettori corrente nello strato superficiale.

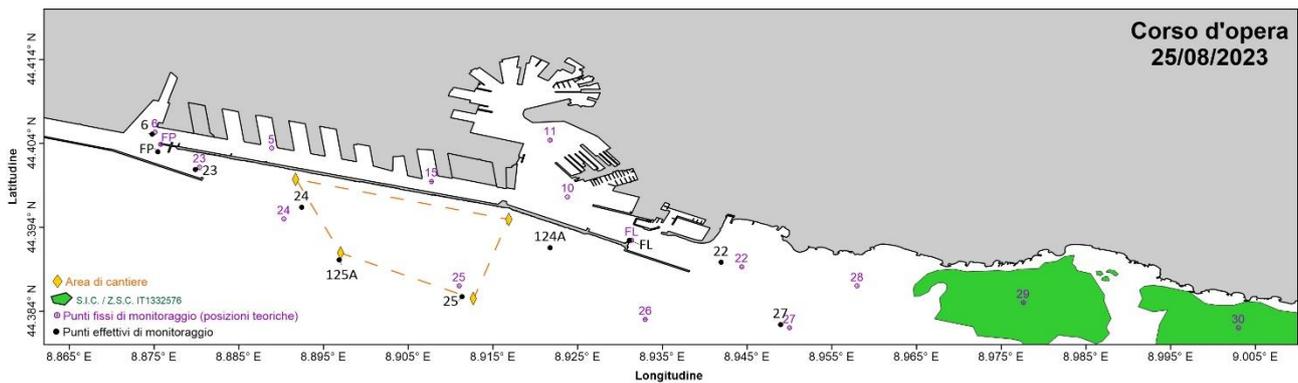


Vettori corrente nello strato di fondo.

## 25/08/2023

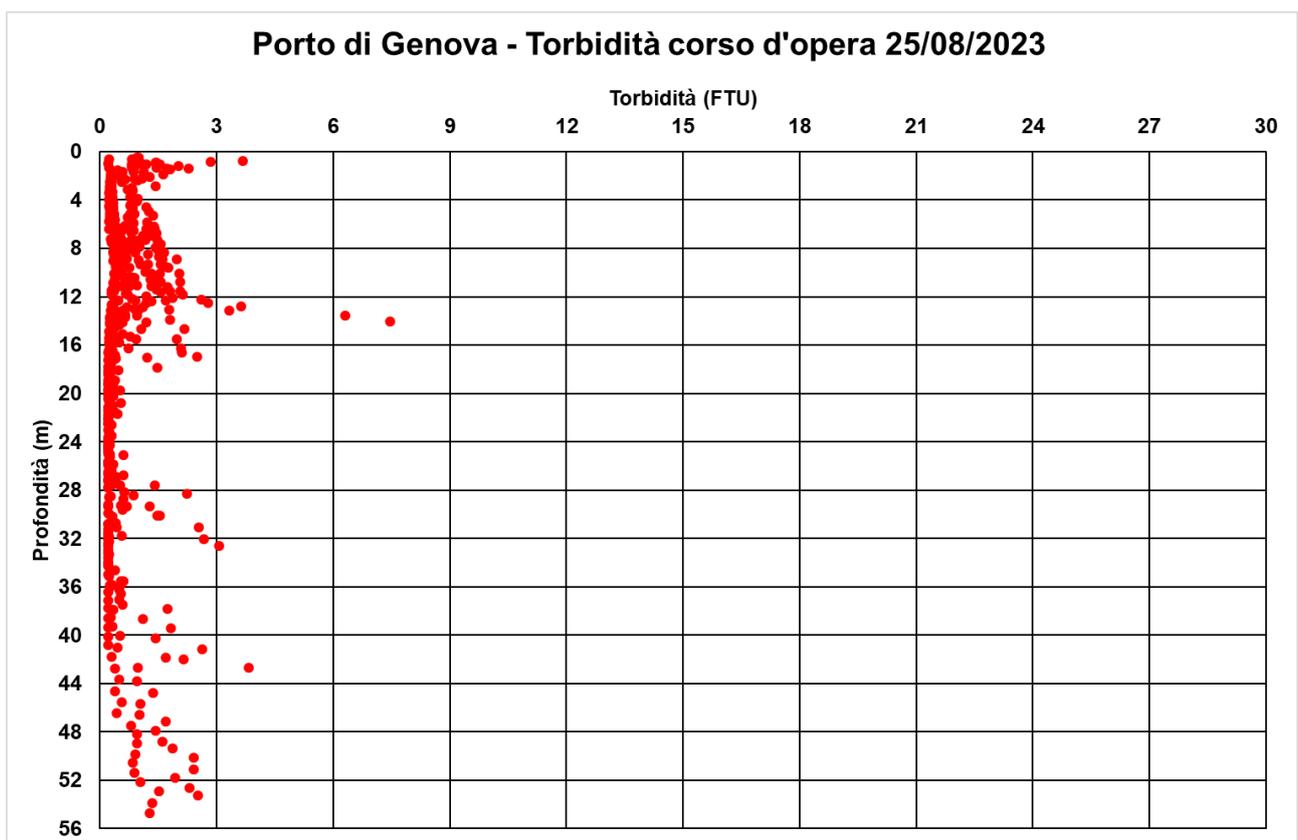
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di vento da SE, mare poco mosso in aumento e cielo sereno. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Capo Nord Oceanic dei Barcaiooli di Multedo. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Laura Cutroneo.

La bettolina Aurora era impegnata nello scarico della ghiaia nell'area dei campi prova. Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 10 punti tra fissi e mobili; non è stato possibile effettuare misure correntometriche. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

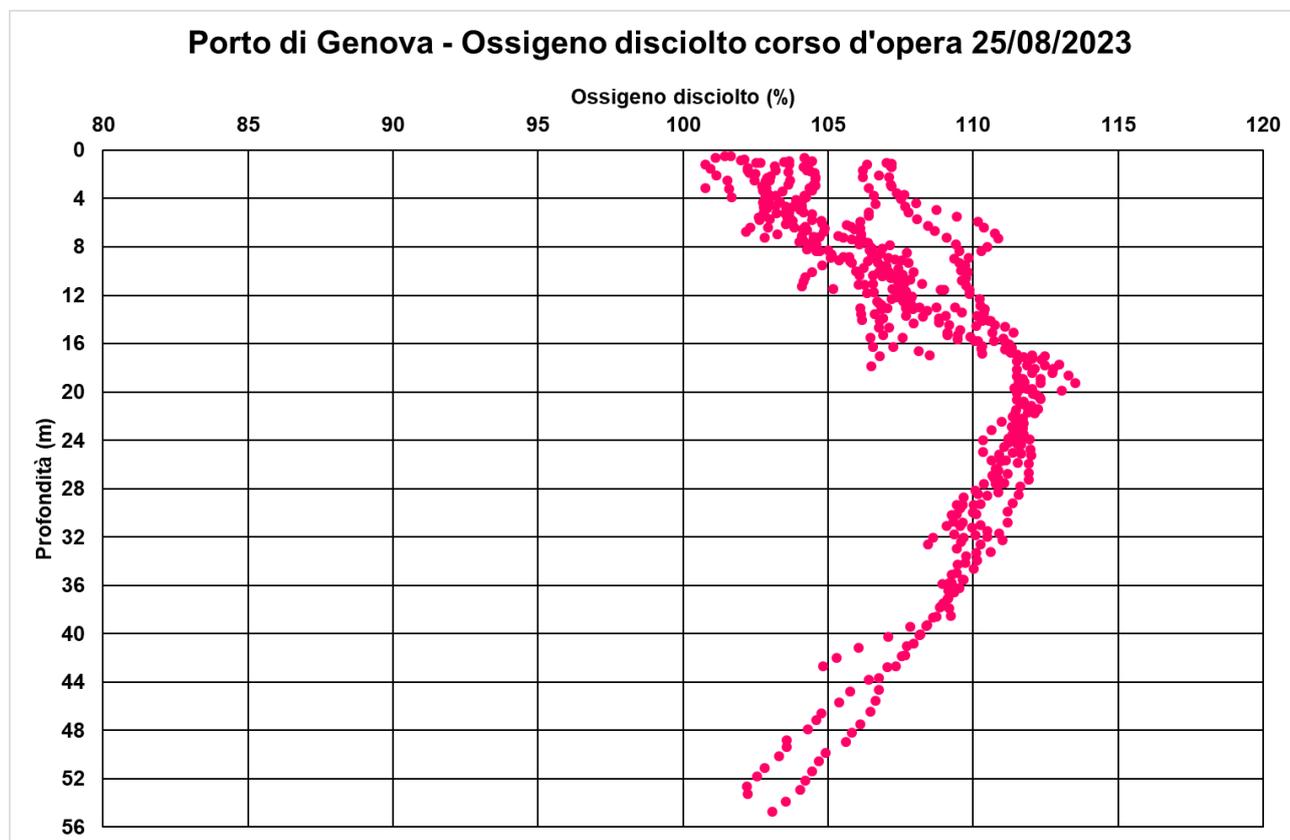


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 7.5 FTU. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 101 e 114%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



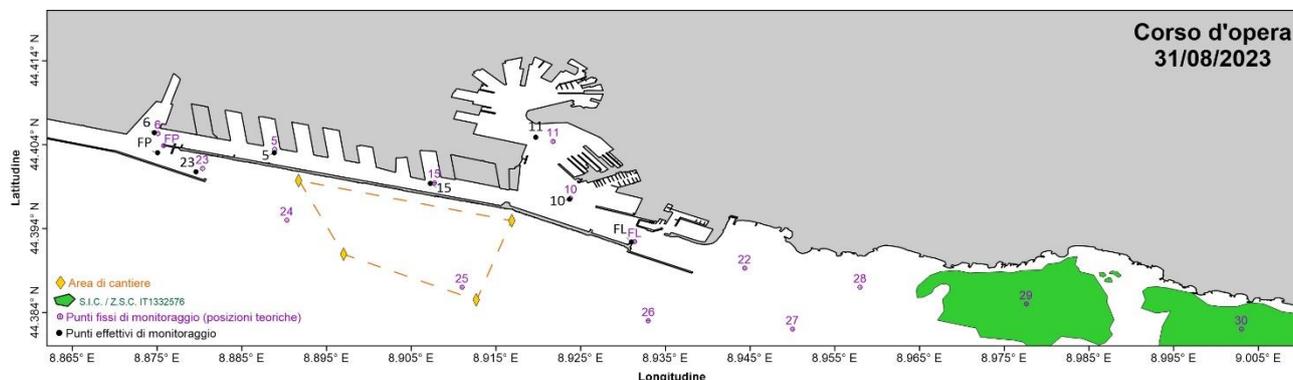
### **28-29/08/2023**

Le operazioni di monitoraggio non si sono svolte a causa delle pessime condizioni meteorologiche che hanno caratterizzato questi giorni (Allerta gialla e arancione emessa da Regione Liguria per forti piogge e vento).

### **31/08/2023**

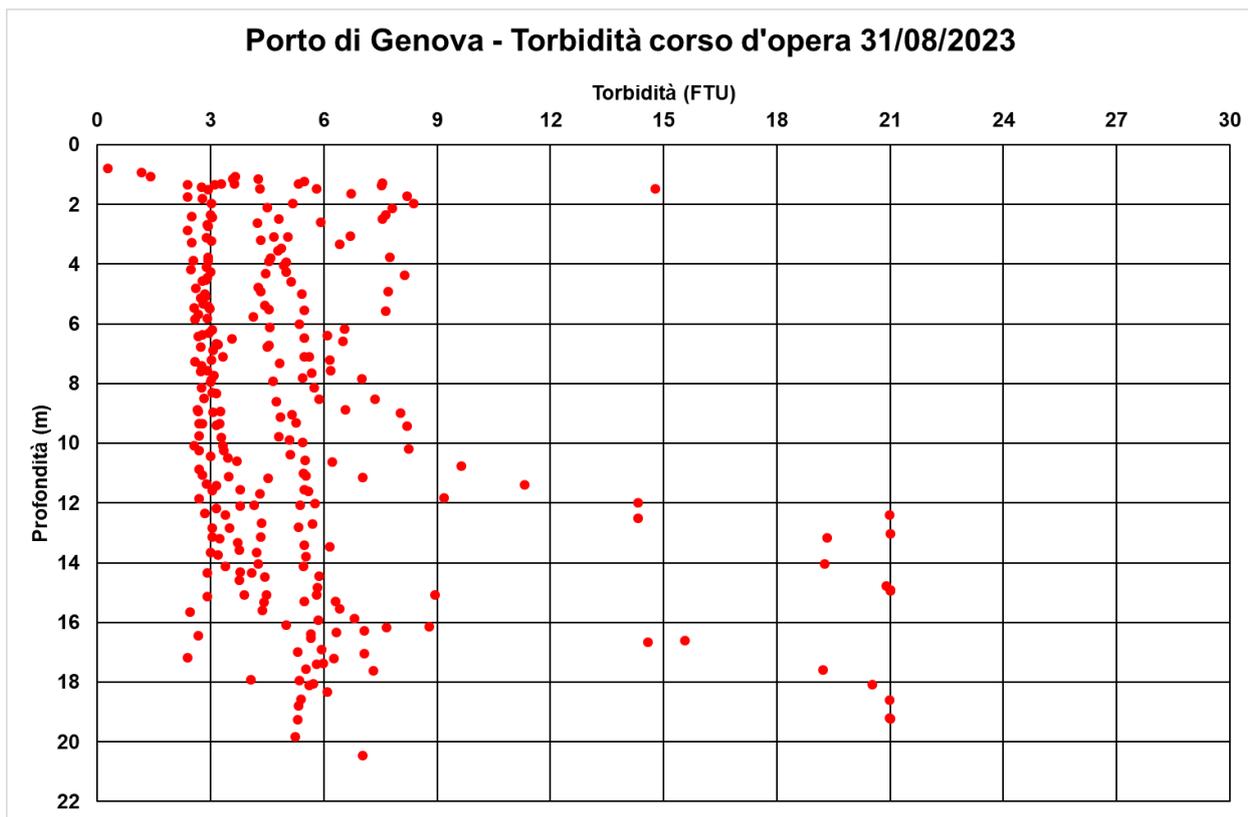
Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di vento in rotazione da N a S, mare da poco mosso in porto a mosso fuori dal porto e cielo molto variabile con piogge a tratti. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Capo Nord Oceanic dei Barcaoli di Multedo. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Prof. Marco Capello, Dr.ssa Laura Cutroneo.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 8 punti tra fissi e mobili solo all'interno del porto e non è stato possibile effettuare misure correntometriche. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

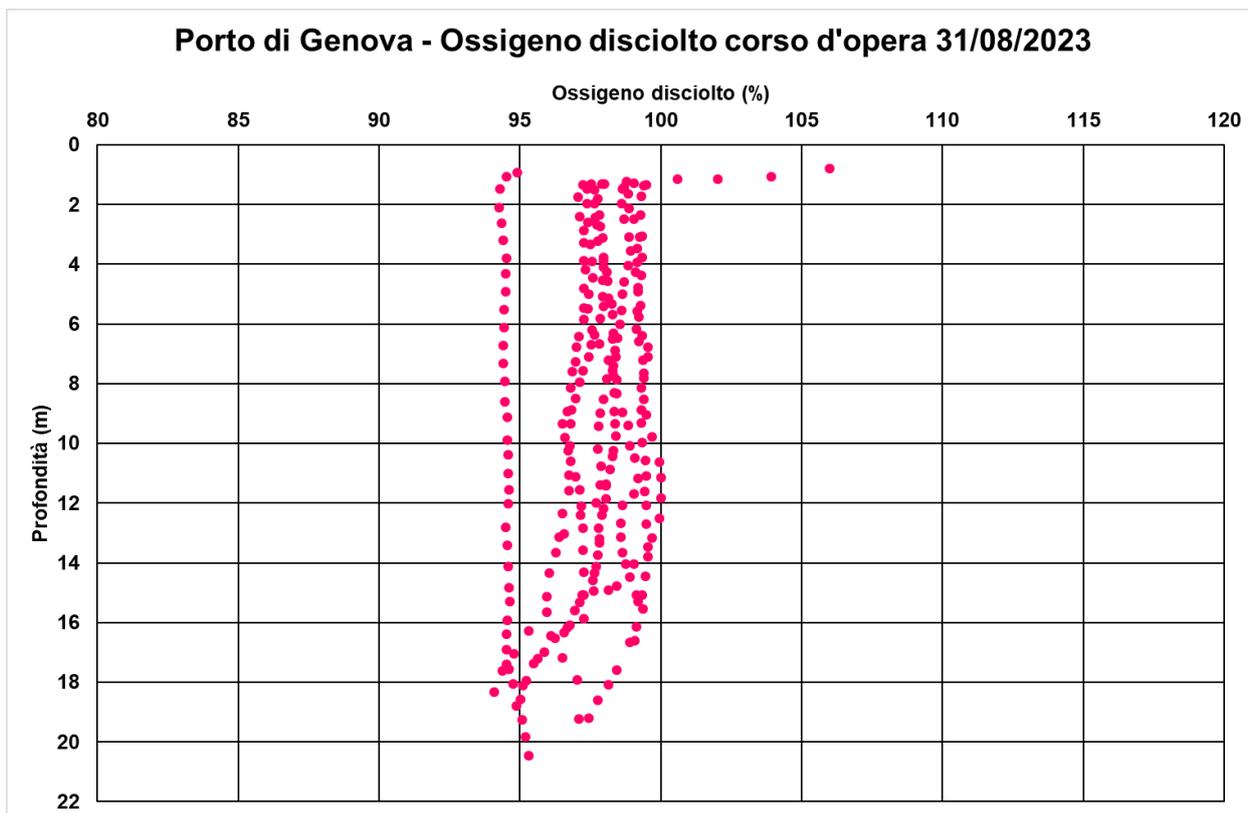


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.3 e 21.0 FTU. I valori più alti sono stati misurati nel Canale di Sampierdarena (nello strato superficiale del punto 15) e in prossimità della foce del Torrente Polcevera a seguito delle forti piogge dei giorni precedenti alle misure (in prossimità del fondo nei punti 6, FP, 23). Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 94 e 106%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.

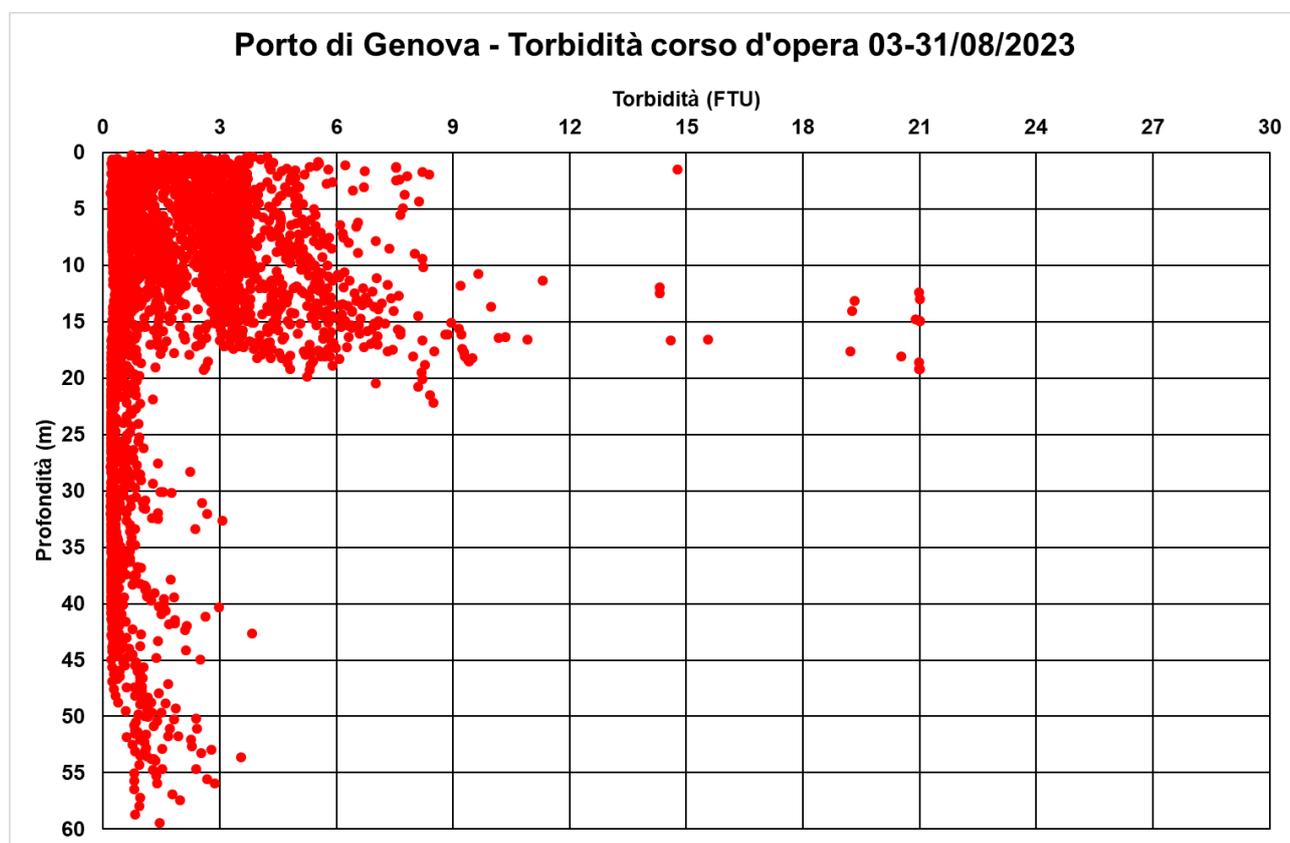


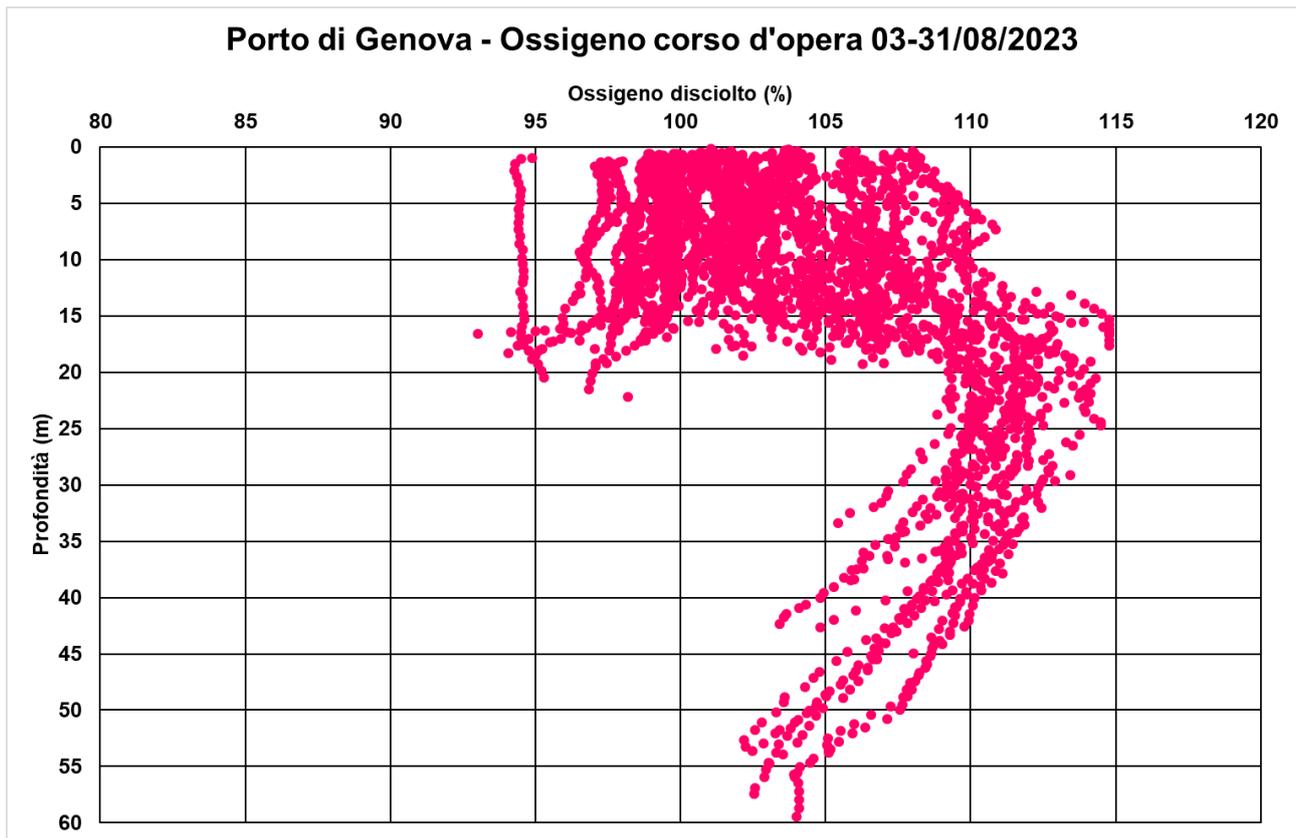
## CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DEL MONITORAGGIO A MEZZO BARCA: MESE DI AGOSTO

Nel complesso del periodo di monitoraggio compreso tra il 3 e il 31 Agosto, la torbidità misurata ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 21.0 FTU. I valori più alti di torbidità hanno interessato in particolare le aree interne al porto, in particolare a causa delle cattive condizioni meteorologiche con forti piogge che hanno caratterizzato il mese.

L'ossigeno disciolto misurato ha mostrato valori compresi tra 93 e 115%.

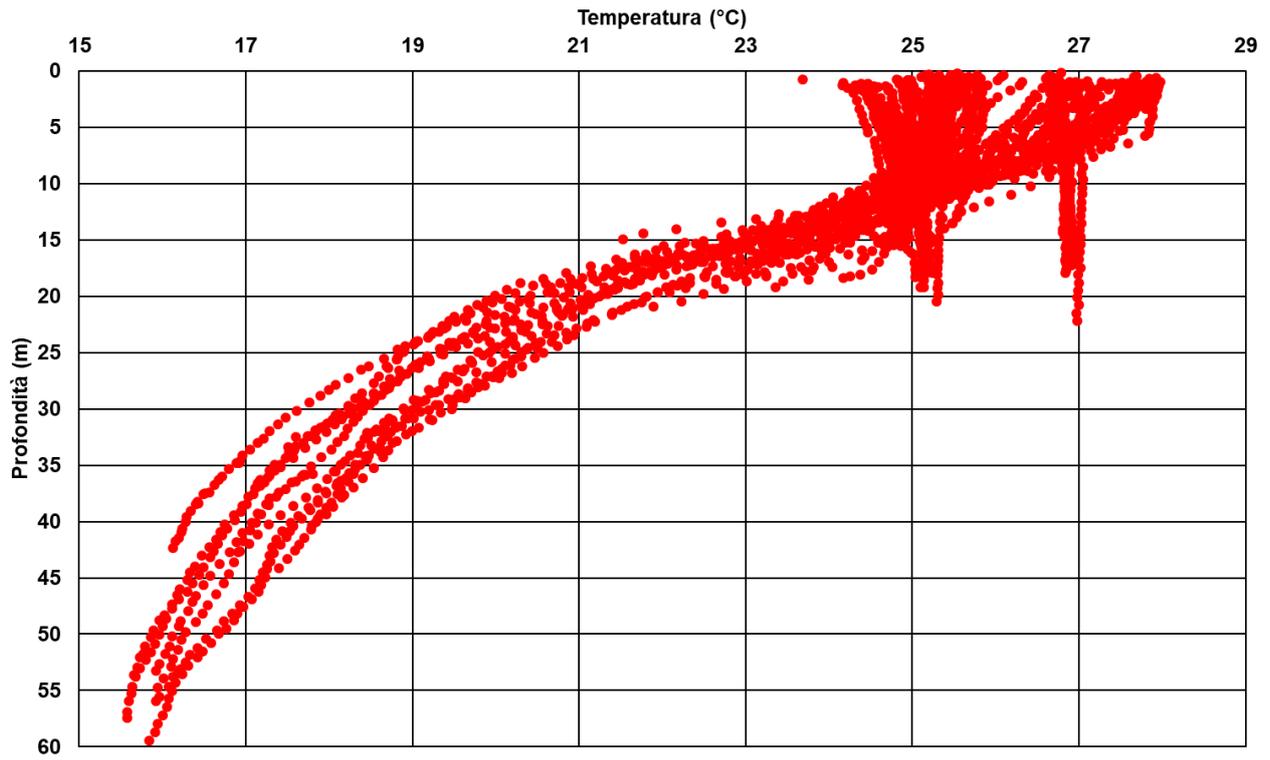
Di seguito sono riportati i grafici complessivi dei valori di torbidità e ossigeno disciolto misurati nel mese di Agosto.



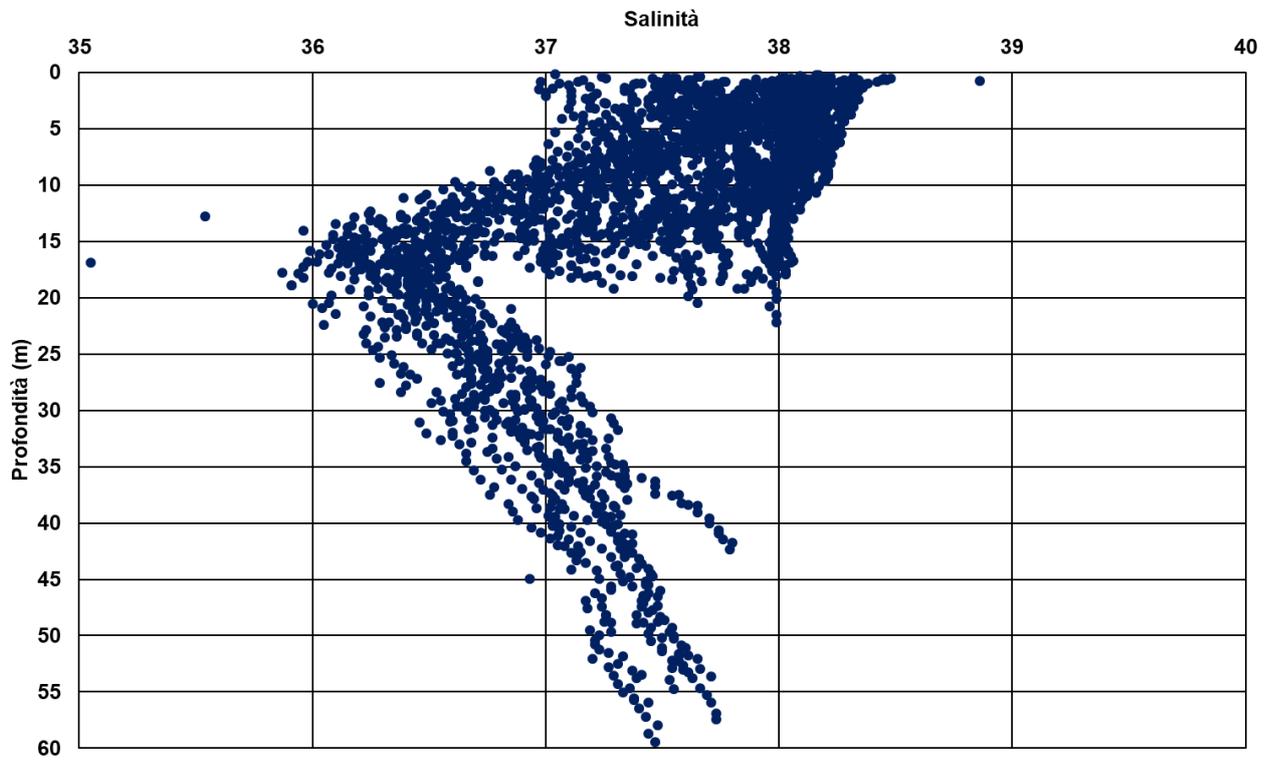


Per completezza dei dati monitorati e della caratterizzazione delle masse d'acqua, si riportano di seguito anche i grafici complessivi dei valori di temperatura e salinità misurati. La temperatura ha mostrato valori compresi tra 15.6 e 28.0°C, ad evidenza di un progressivo generale riscaldamento dell'acqua superficiale dovuto al progressivo e stagionale aumento delle temperature dell'aria, e della presenza del termoclino intorno a 10-15 m nelle calate più profonde effettuate fuori dalla diga. La salinità ha mostrato valori compresi tra 35.1 e 38.9.

### Porto di Genova - Temperatura corso d'opera 03-31/08/2023



### Porto di Genova - Salinità corso d'opera 03-31/08/2023



## **MONITORAGGIO A MEZZO STAZIONI FISSE**

### **MANUTENZIONE DELLE STAZIONI FISSE**

Per garantire il corretto funzionamento della strumentazione installata sulla diga e una corretta misura da parte dei sensori, indicativamente ogni 15 giorni (quando le condizioni meteo-marine lo permettono), il personale del DISTAV effettua una manutenzione degli strumenti, provvedendo alla pulizia degli strumenti e dei sensori e all'applicazione di una pasta protettiva *anti-fouling* sui trasduttori dei correntometri.

**01/08/2023**

È stata effettuata la manutenzione alla strumentazione presente nelle stazioni FL (ingresso di levante) e FP (ingresso di ponente-Polcevera). Per un serio danneggiamento allo spazzolino della sonda della stazione FL (si veda foto riportata di seguito) e un malfunzionamento allo spazzolino della sonda della stazione FP, si è deciso di rimuovere entrambe le sonde dalle stazioni per una manutenzione straordinaria. Visto il problema riscontrato nella stazione FL si è deciso di rimontarla al termine del periodo estivo, così da evitare che si danneggiasse nuovamente a causa del *biofouling*. Nel periodo estivo la crescita algale e di altri organismi marini è molto alta e veloce e i sensori, insieme alla struttura della sonda e allo spazzolino, ne subiscono fortemente l'effetto non permettendo misure corrette dei parametri dell'acqua. La decisione di rimuovere la sonda è stata supportata anche dal fatto che i lavori di costruzione della nuova diga foranea si stavano svolgendo solo all'esterno della diga attuale. Al contrario, poiché il correntometro subisce meno l'effetto del *fouling*, essendo uno strumento di tipo acustico che viene facilmente protetto con una pasta ad alto contenuto di ossido di Zinco, è stato lasciato in opera.

Non è stato possibile fare la manutenzione della stazione FM (canale di calma ponente-Multedo) a causa dell'onda che non ha permesso al personale DISTAV di scendere sulla diga in sicurezza.



Correntometro (sopra) e sonda (sotto) della stazione FL.

**03/08/2023**

È stata ripristinata la sonda sulla stazione fissa FP e contestualmente, fatta la manutenzione al correntometro.

**10/08/2023**

È stata ripristinata la sonda nella stazione FM e fatta la manutenzione al correntometro.

**25/08/2023**

È stata effettuata la manutenzione alle stazioni FL, FP e FM e si è deciso di rimuovere anche le sonde dalle stazioni FP e FM, come già fatto per la stazione FL, a causa della eccessiva copertura di *fouling* sviluppatasi sopra i sensori e sui corpi delle sonde.

### **VERIFICA DELLA CORRETTA ACQUISIZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI DALLE STAZIONI FISSE: AGOSTO 2023**

Il personale del DISTAV ogni giorno feriali, tre volte al giorno, effettua un controllo della corretta acquisizione dei dati da parte degli strumenti delle stazioni fisse e della corretta ricezione dei dati dal sistema di allarme e visualizzazione dati sulla pagina web dedicata. Il controllo viene effettuato sul terminale dedicato che è situato presso il DISTAV e che riceve i dati dagli strumenti. Nei giorni festivi e in qualsiasi altro momento necessario, il personale del DISTAV controlla i valori misurati dalle stazioni fisse ed il loro corretto funzionamento grazie alla pagina internet dedicata (<https://s4sinapsi.it/Stazioni/#/adcp02>).

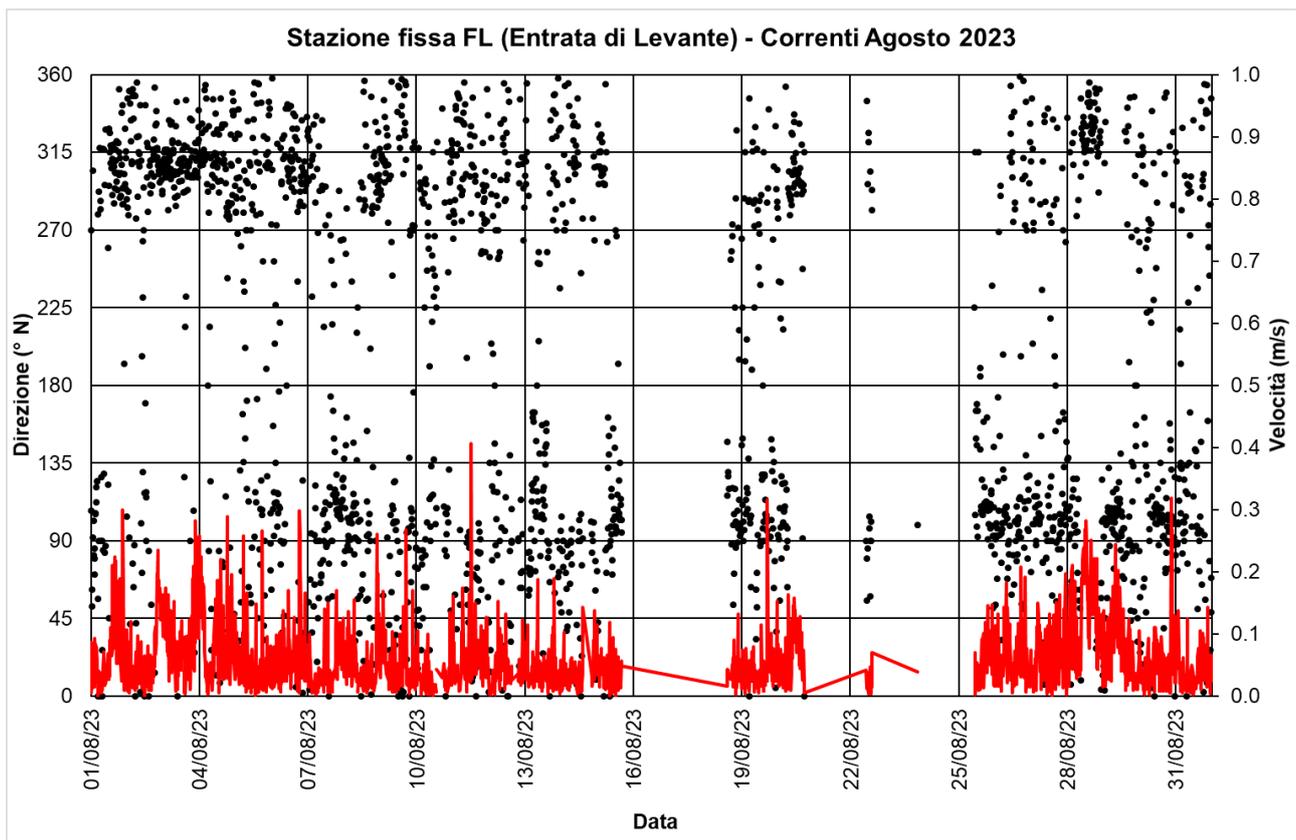
Grazie a questo continuo controllo, è stato possibile individuare i malfunzionamenti dei sensori dovuti al *fouling* e anche problemi di alimentazione nelle stazioni.

### **ANALISI DEI DATI DI TORBIDITA', OSSIGENO DISCIOLTO E CORRENTI REGISTRATI DALLE STAZIONI FISSE: PERIODO AGOSTO 2023**

#### Stazione di levante FL

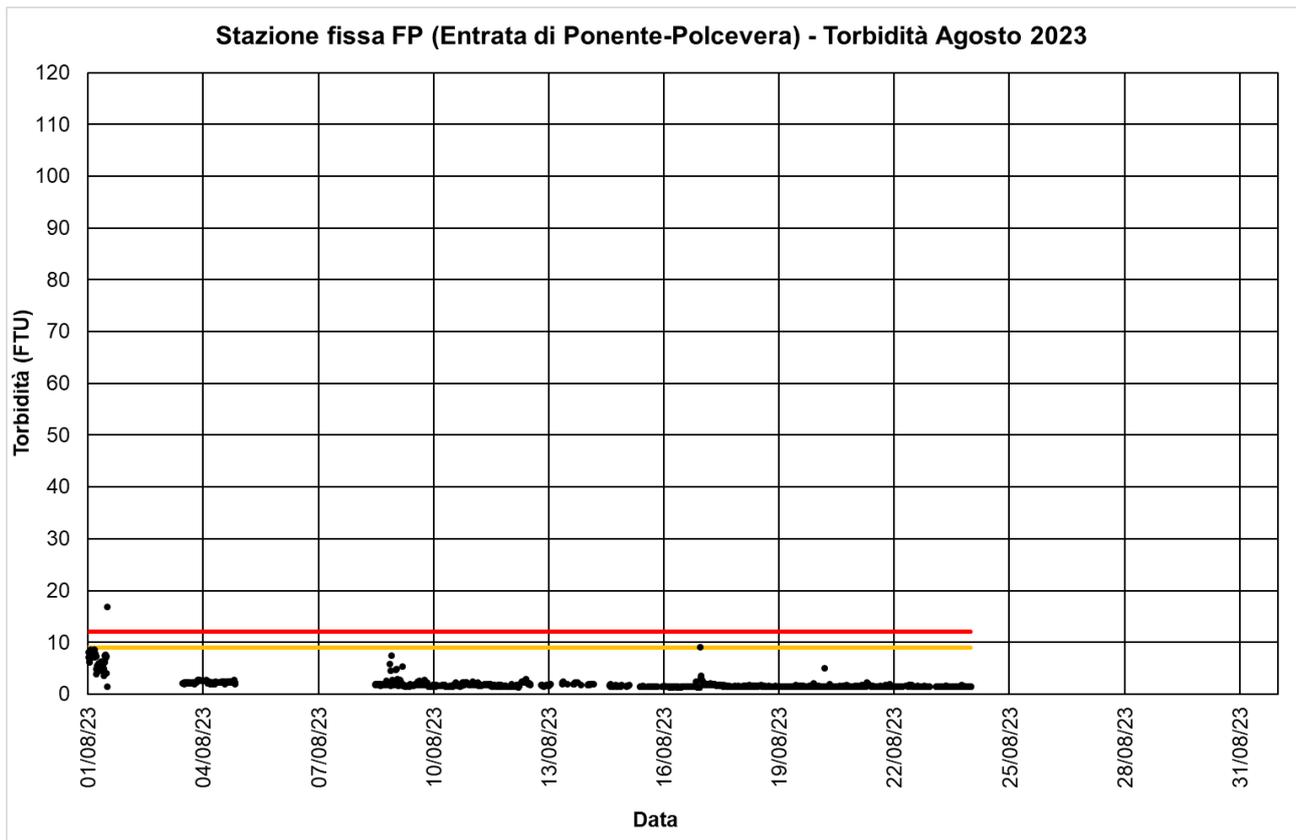
Come detto precedentemente la sonda della stazione FL è stata rimossa in data 01/08 e pertanto non è possibile riportare i valori di torbidità e ossigeno disciolto.

Le correnti hanno mostrato intensità comprese tra 0 e 0.41 m s<sup>-1</sup>, con direzione variabile SE e NW (cella 5 di riferimento). Come si può notare dal grafico sottostante nel mese di Agosto ci sono state due interruzioni nella trasmissione dei dati, dovute a problemi di alimentazione della stazione.

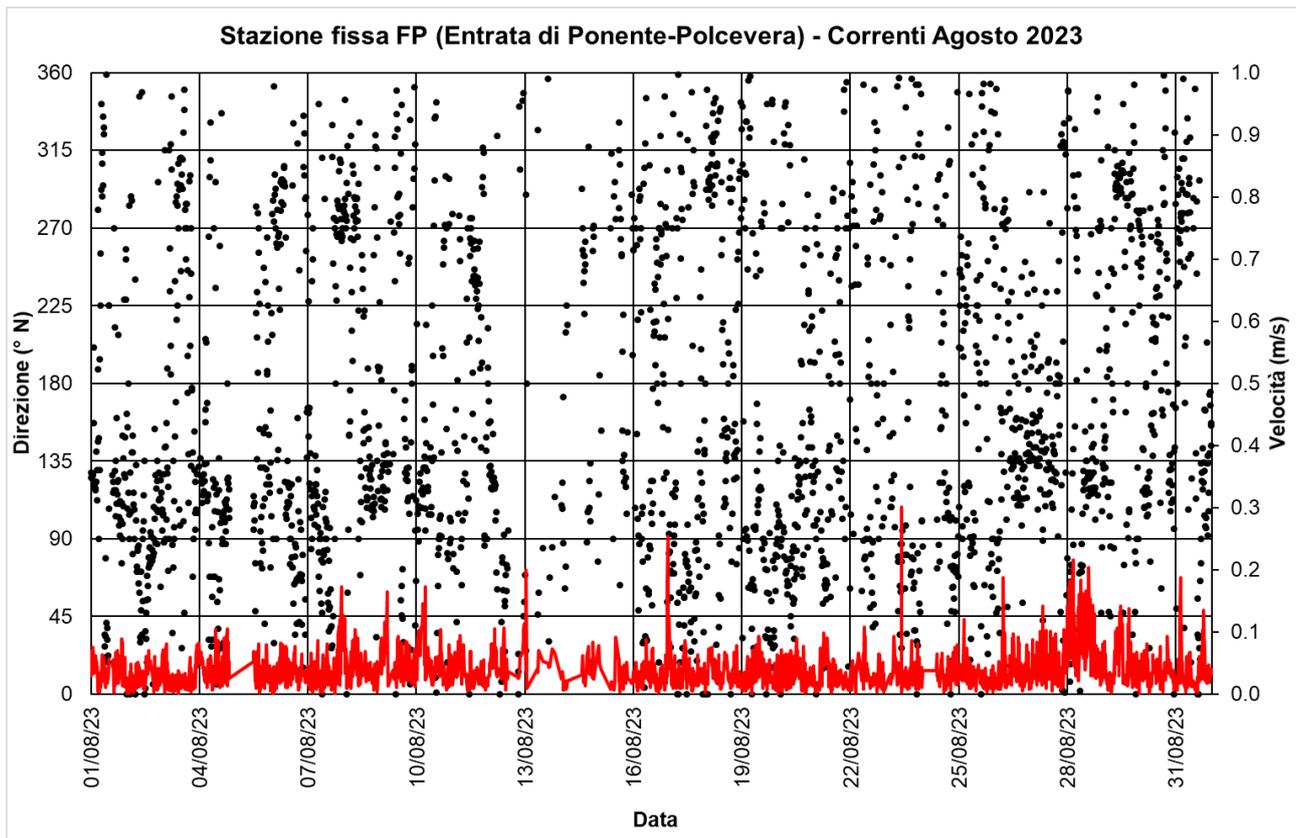


### Stazione di ponente-Polcevera FP

Nel mese di Agosto 2023 (fino al 23/08 quando è stato rilevato un malfunzionamento nella sonda che ha portato alla sua rimozione il 25/08), la torbidità della stazione fissa di ponente-Polcevera ha mostrato valori compresi nell'intervallo 1.3-16.9 FTU. Il valore più alto è probabilmente dovuto a uno *spike* perché è preceduto e seguito da valori bassi. L'ossigeno disciolto ha mostrato valori molto bassi (compresi nell'intervallo 17-39%), mettendo in evidenza l'effetto del *biofouling* sul sensore. Non si riporta il grafico relativo all'ossigeno perché i dati misurati non corrispondono al reale tenore di ossigeno dell'acqua.

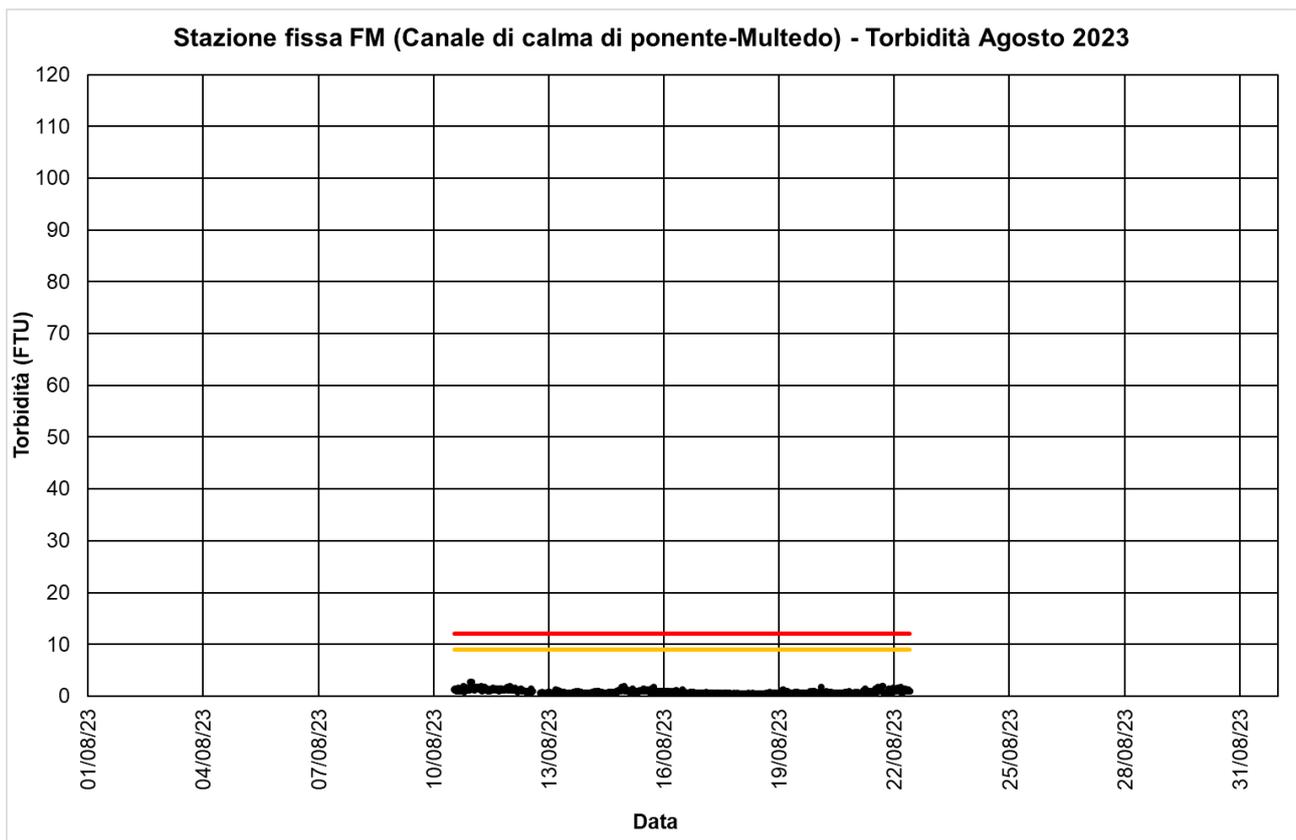


Le correnti hanno mostrato nel mese di agosto intensità comprese tra 0 e 0.30 m s<sup>-1</sup>, con direzione variabile caratterizzata dalla prevalenza di E-SE e W-NW (cella 5 di riferimento).



### Stazione di Multedo FM

Nel mese di Agosto 2023, dal 10/08 (data di ripristino) al 22/08 quando per un malfunzionamento la sonda ha smesso di comunicare (fatto che ha portato alla decisione di rimuovere la sonda il 25/08), la torbidità della stazione fissa FM ha mostrato valori compresi nell'intervallo 0.4-2.8 FTU.



L'ossigeno disciolto ha mostrato valori iniziali di 86% dopo la messa a mare del 10/08, ma già il giorno dopo era calato a valori intorno a 30% a causa del *fouling*. Non si riporta il grafico, in quanto i valori misurati non corrispondono al reale tenore di ossigeno dell'acqua.

Le correnti hanno mostrato intensità comprese tra 0 e 0.36 m s<sup>-1</sup>, con direzione prevalente W-NW e brevi inversioni da E (cella 5 di riferimento).

