



**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
OTTOBRE 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 di 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 OTTOBRE 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.

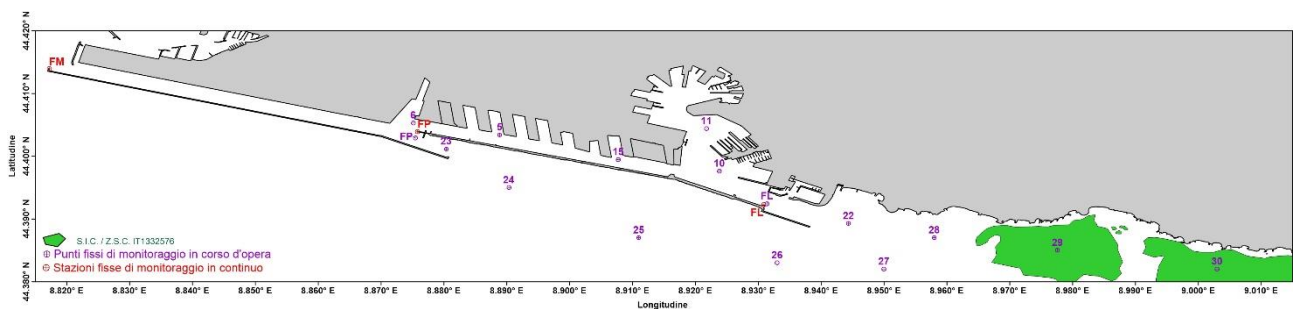
Il piano di monitoraggio ha previsto la realizzazione di due uscite a settimana con l'acquisizione di dati in diversi punti diffusi nell'area d'indagine, alcuni fissi, determinati dal piano di monitoraggio e contrassegnati da numeri o sigla fissa (si vedano mappa e tabella riportate di seguito), e alcuni 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

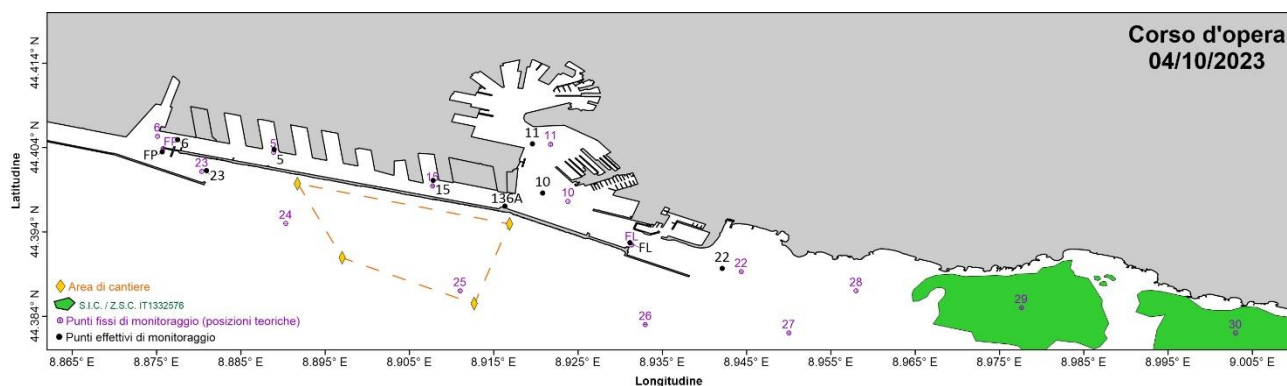
Alcuni punti mobili di misura possono essere effettuati durante il monitoraggio anche all'interno dell'area di cantiere delimitata dalle boe: questi punti sono effettuati solo quando non sono presenti mezzi all'interno dell'area, come da ordinanza emessa dalla Capitaneria di Porto.

MONITORAGGIO A MEZZO BARCA – OTTOBRE 2023

04/10/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di calma di vento, mare mosso fuori dal porto e calmo dentro il 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 e misure correntometriche in 7 punti tra fissi e mobili. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

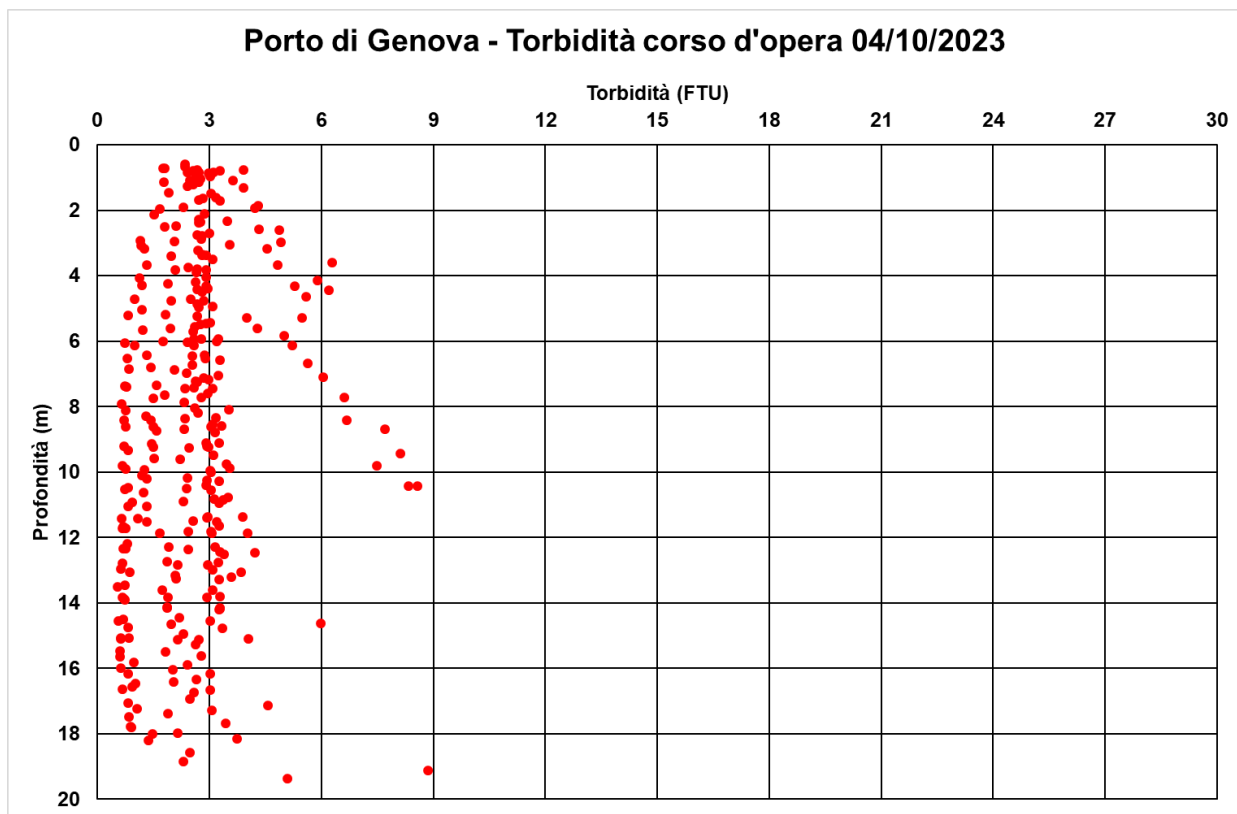


Mapa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

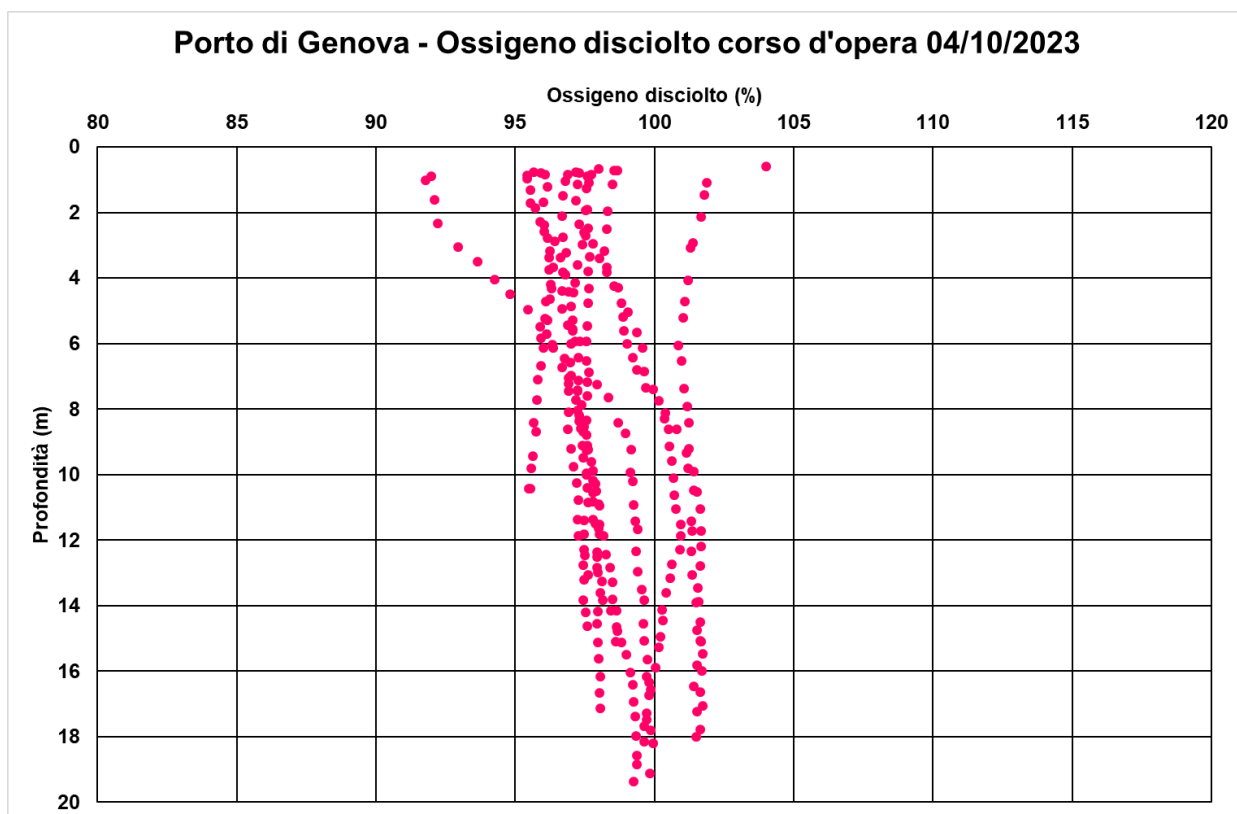
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.5 e 8.9 FTU.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

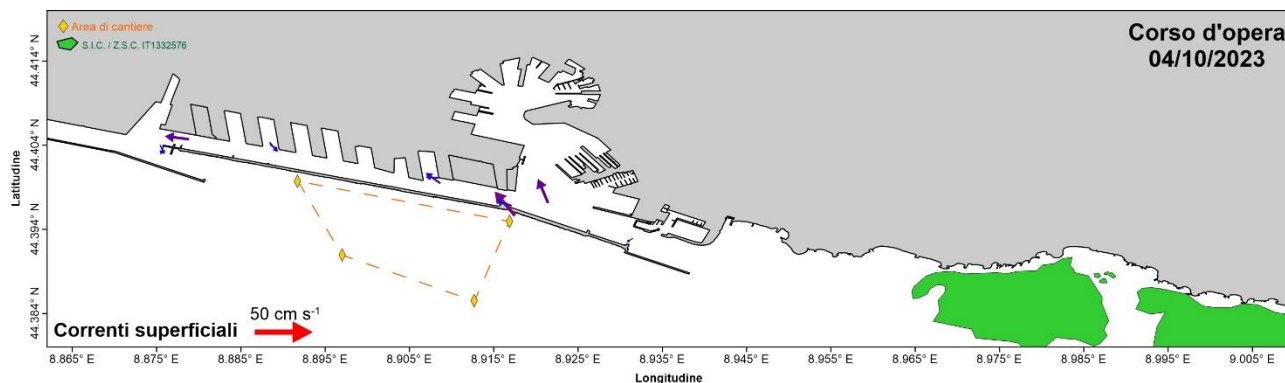
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



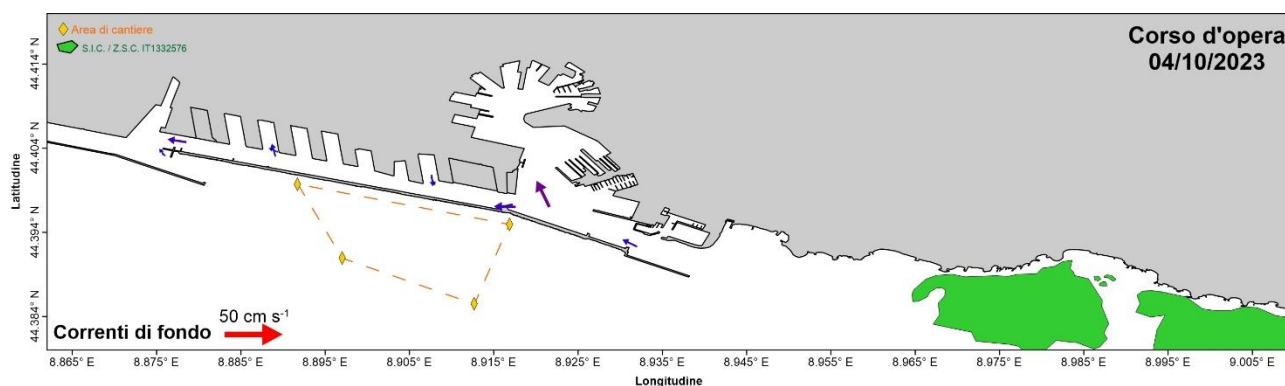
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 92 e 104%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.1 e 27.2 cm s^{-1} lungo tutta la colonna d'acqua; la direzione delle correnti era prevalente verso W sia nello strato superficiale sia 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.

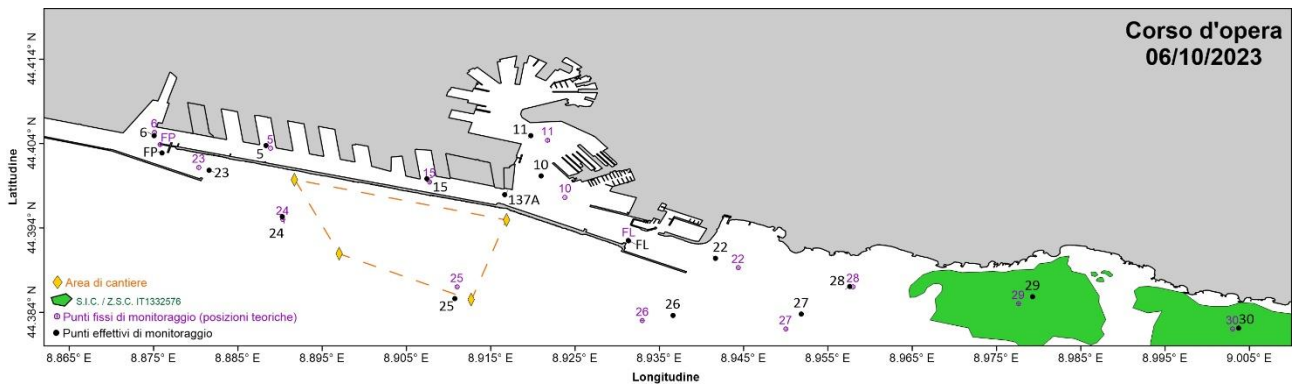


Vettori corrente nello strato di fondo.

06/10/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di debole vento da SE, mare poco mosso 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: Dr.ssa Irene Geneselli, Sig. Valter Capicchioni.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 17 punti tra fissi e mobili e misure correntometriche in 11 punti dentro il porto e lungo costa, ma non fuori diga a causa dell'onda. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

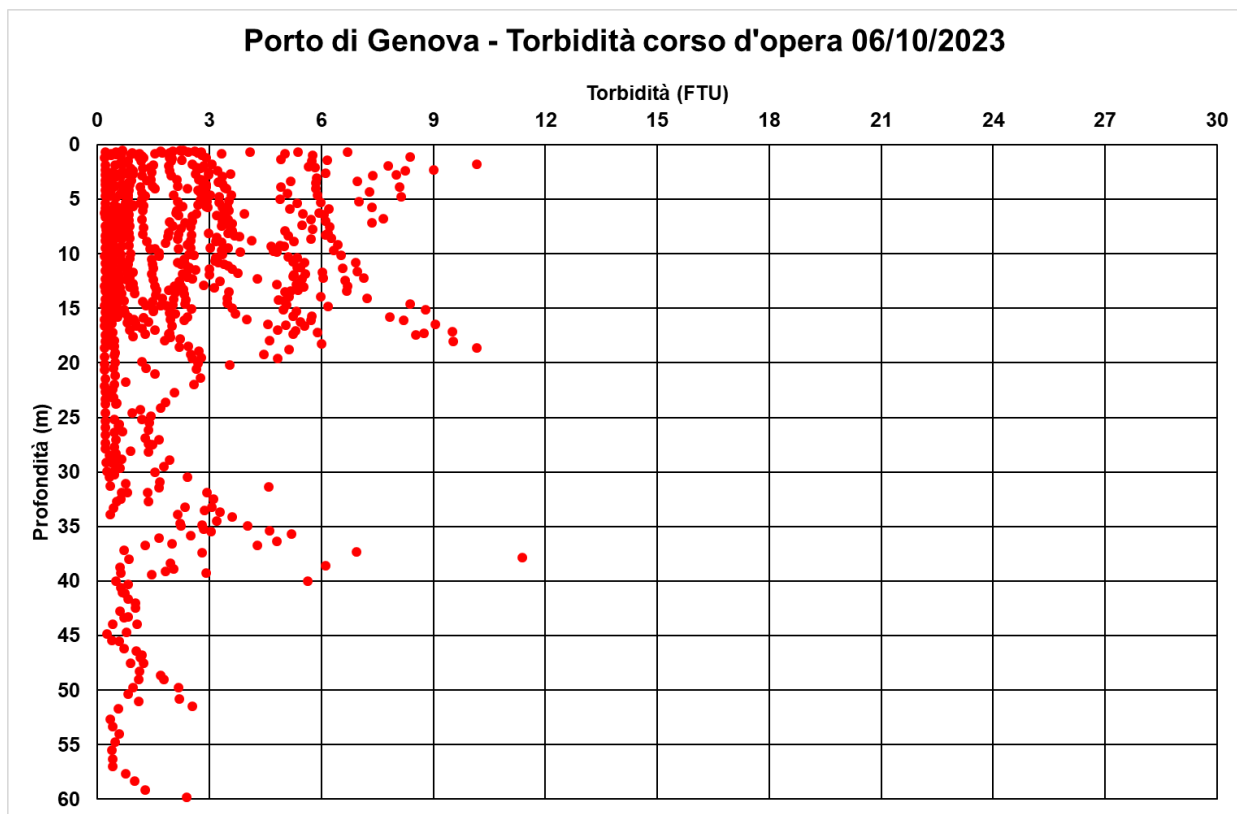


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

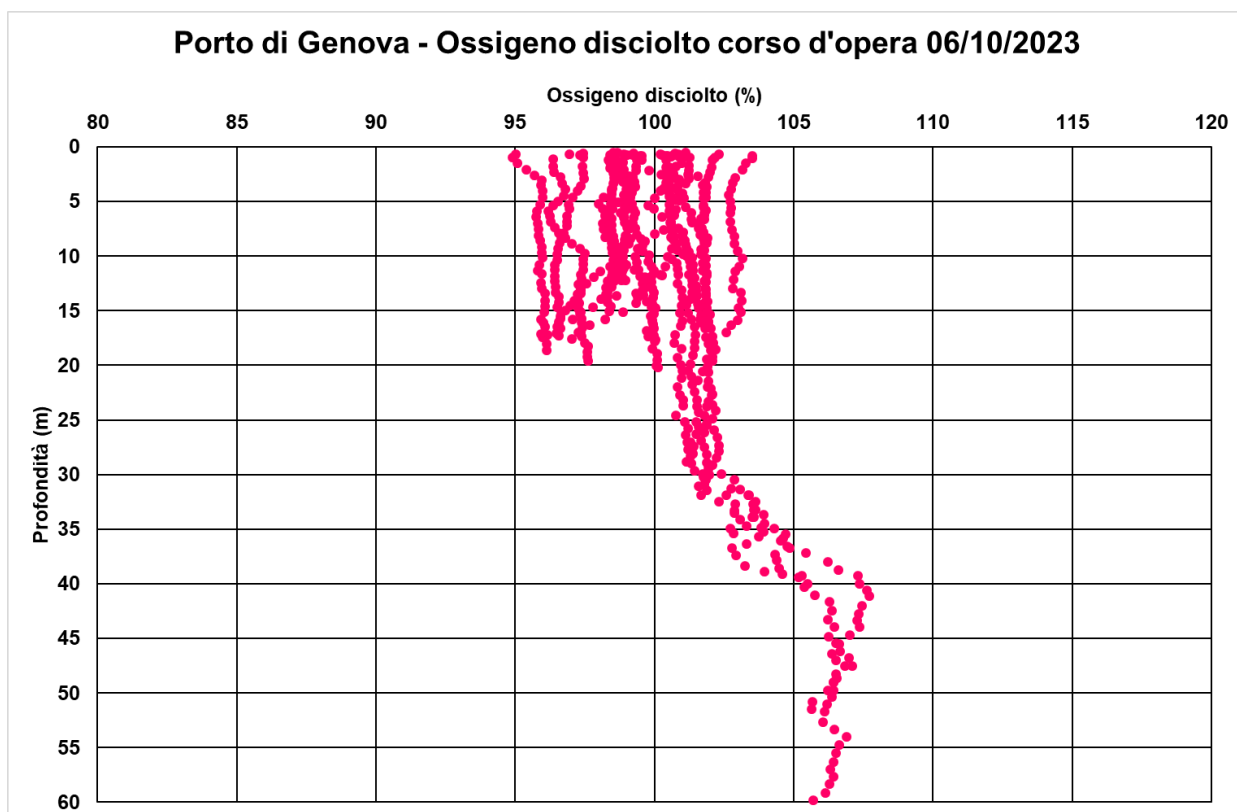
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 11.4 FTU. Nei punti di misura fuori diga il valore massimo di 11.4 FTU è stato misurato nel punto 26 alla profondità di 38 m; in tutte le altre stazioni esterne alla diga (24-25, 27-30) la torbidità massima è risultata di 5.6 FTU misurati in prossimità del fondo del punto 24.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

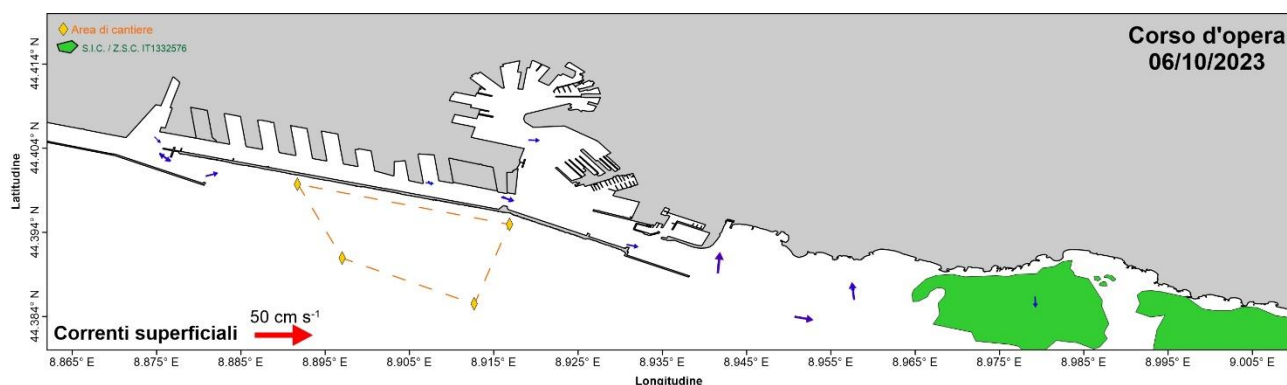
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



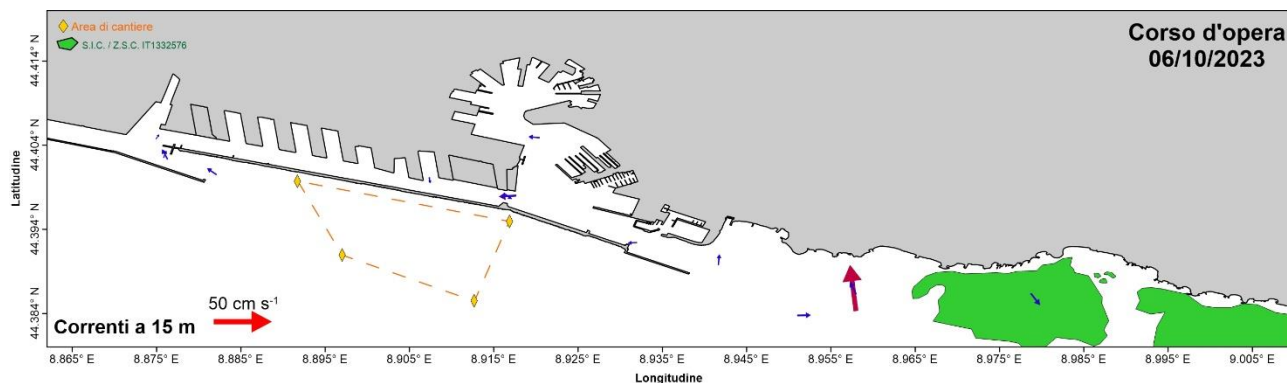
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 95 e 108%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Per quanto riguarda le correnti, le misure sono state effettuate con un ADCP 1200 kHz e pertanto, nelle stazioni fuori diga, è stato possibile misurare le correnti solo fino alla profondità di circa 15 m. Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.2 e 37.6 cm s^{-1} ; la direzione delle correnti era prevalente verso E nello strato superficiale e verso W a 15 m di profondità all'interno del porto, mentre all'esterno era variabile. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello a 15 m di profondità.



Vettori corrente nello strato superficiale.

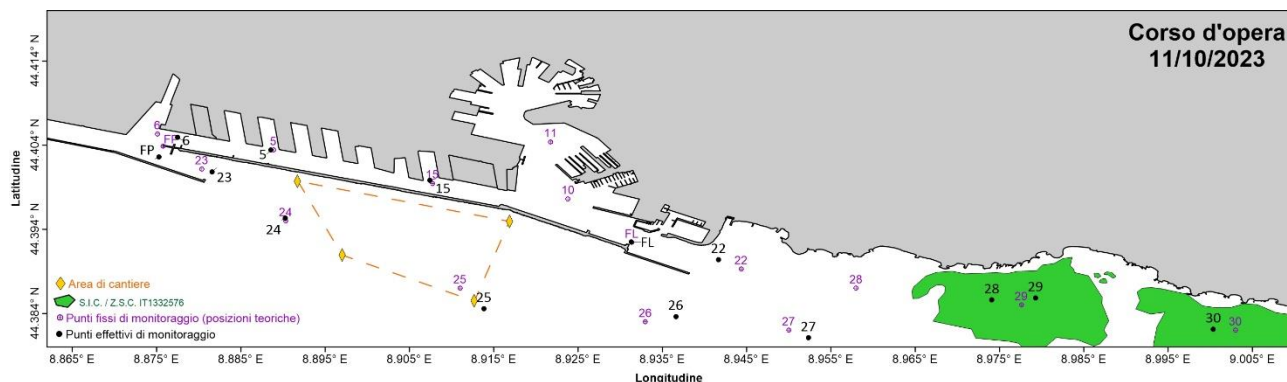


Vettori corrente a circa 15 m di profondità.

11/10/2023

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 Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr. Luigi Mucerino, Dr.ssa Dorian Sicurelli.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica lungo la colonna d'acqua in 14 punti e acquisizione di corrente in 8 punti. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

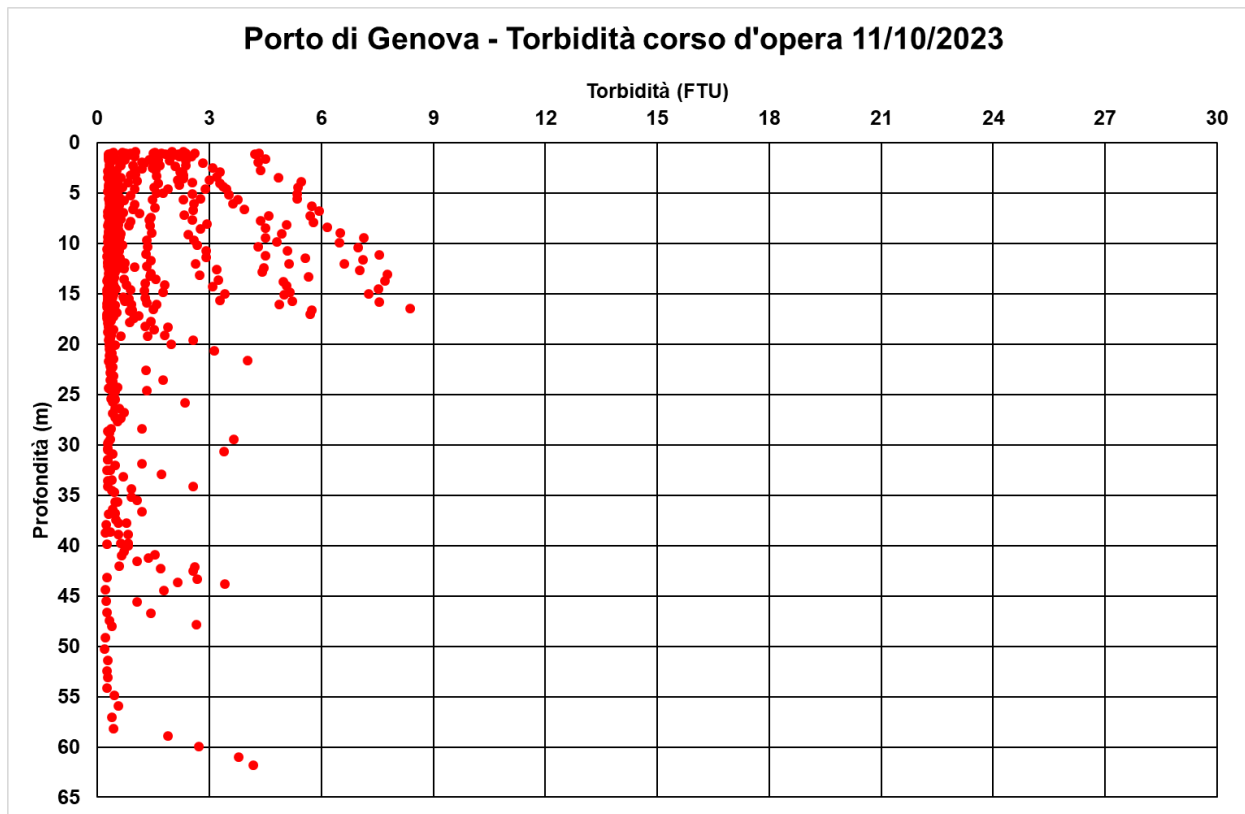


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio. Si fa notare che la posizione del punto 28 è stata temporaneamente spostata verso levante a causa di altre attività presenti in area.

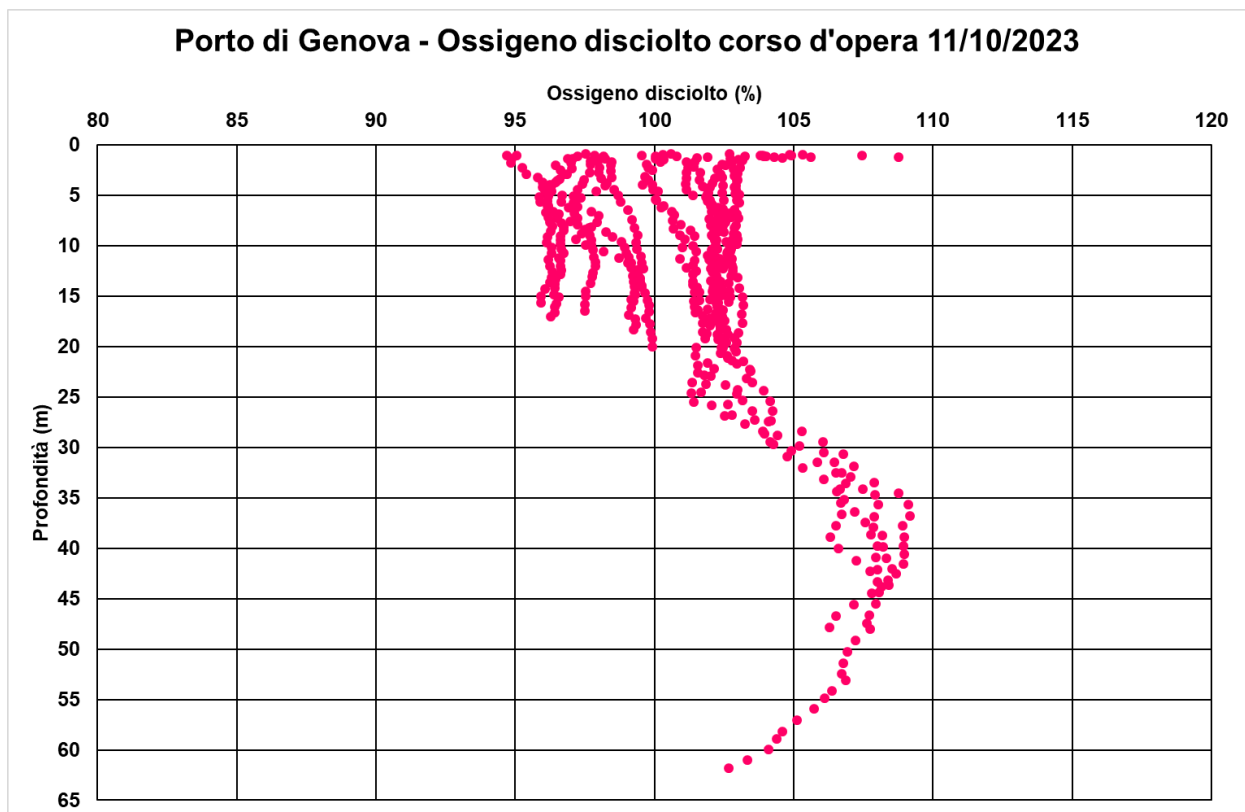
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 8.4 FTU.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

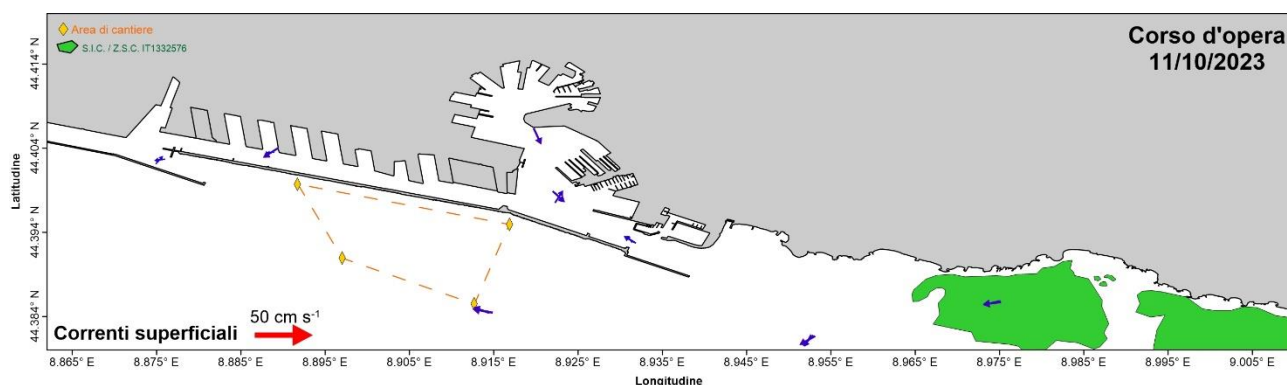
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



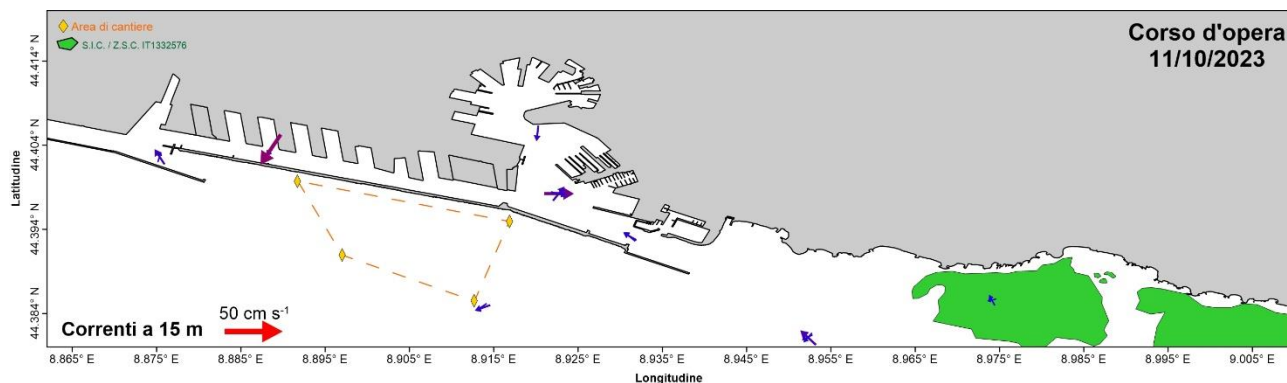
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 95 e 109%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Per quanto riguarda le correnti, le misure sono state effettuate con un ADCP 1200 kHz e pertanto, nelle stazioni fuori diga, è stato possibile misurare le correnti solo fino alla profondità di circa 15 m. Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.2 e 28.3 cm s^{-1} ; la direzione delle correnti era prevalente verso W sia nello strato superficiale sia in quello a 15 m fuori dal porto, mentre era variabile all'interno. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello a 15 m di profondità.



Vettori corrente nello strato superficiale.

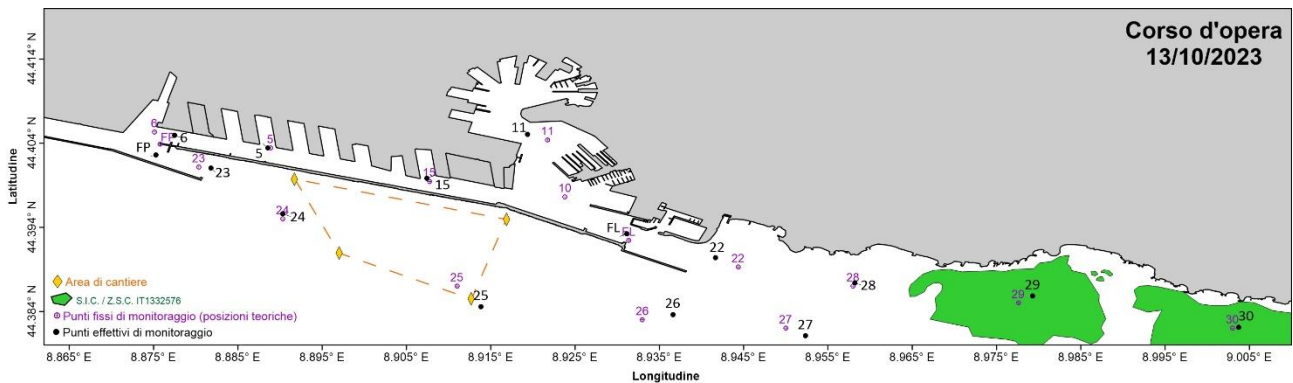


Vettori corrente a 15 m di profondità.

13/10/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di vento moderato, mare poco mosso e cielo coperto. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Orca di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr. Luigi Mucerino, Dr. Luca Carpi.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 15 punti e misure correntometriche in 5 punti. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

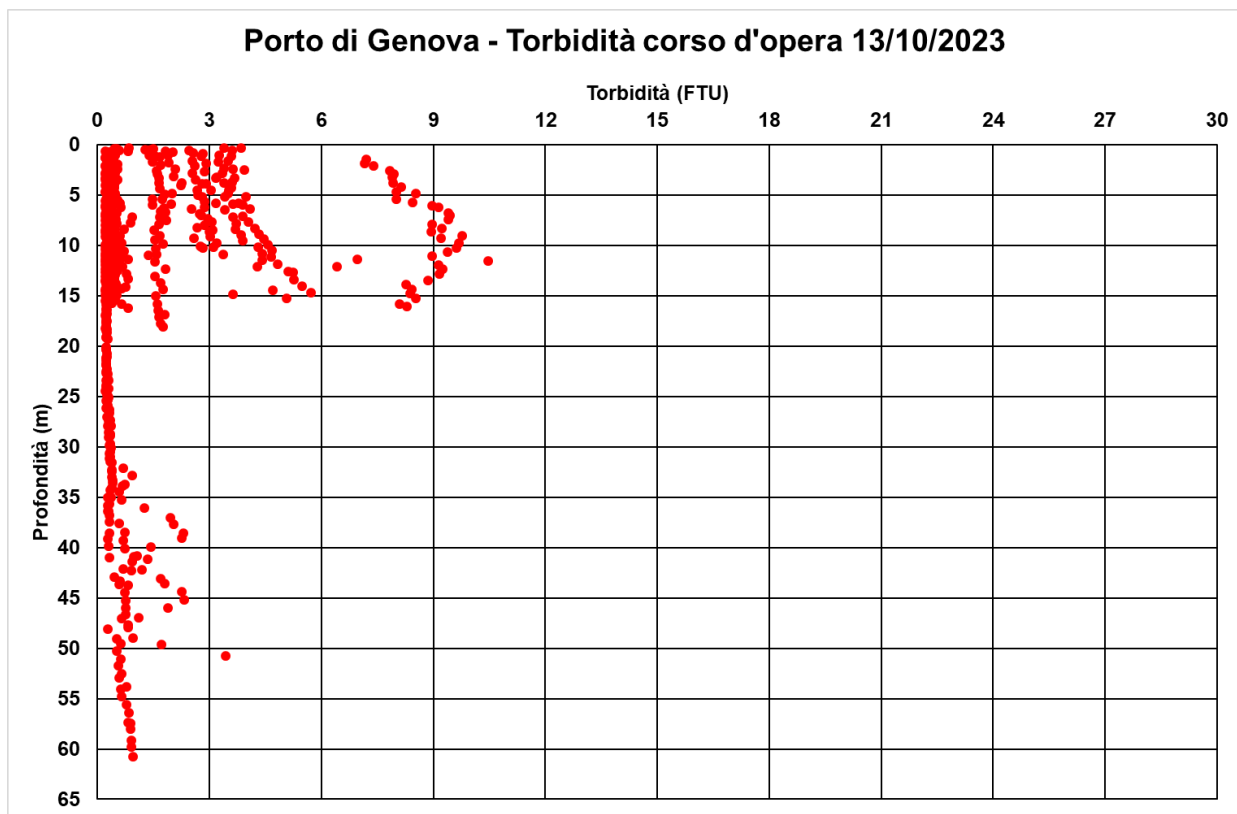


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

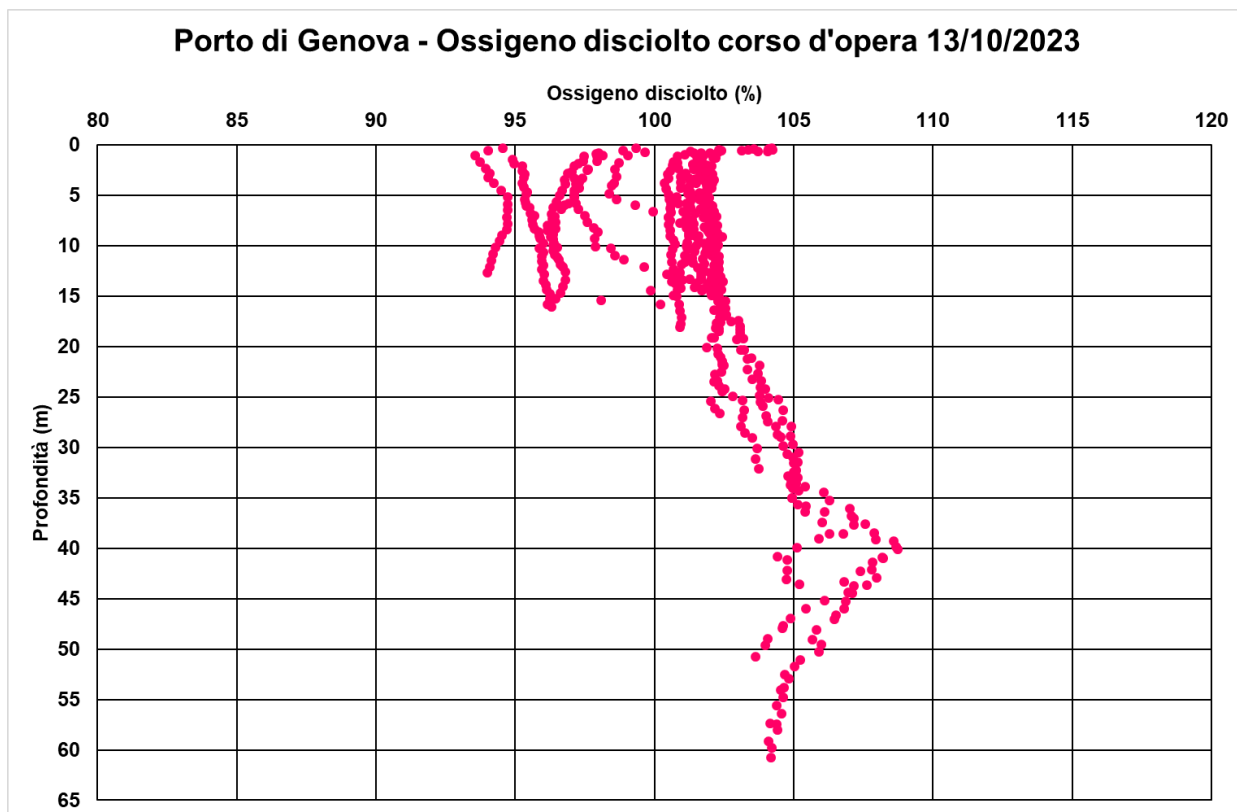
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 10.5 FTU. I valori più alti sono stati misurati nel punto 11 all'interno del porto.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

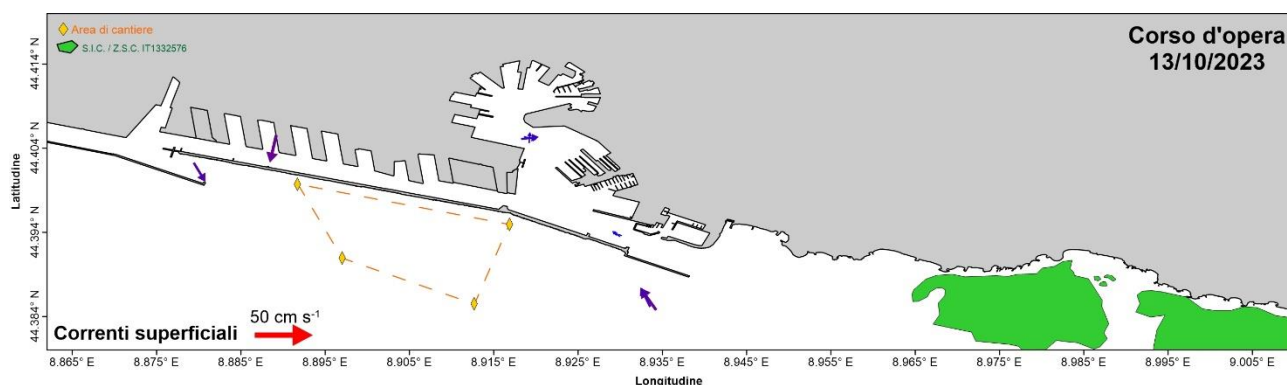
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



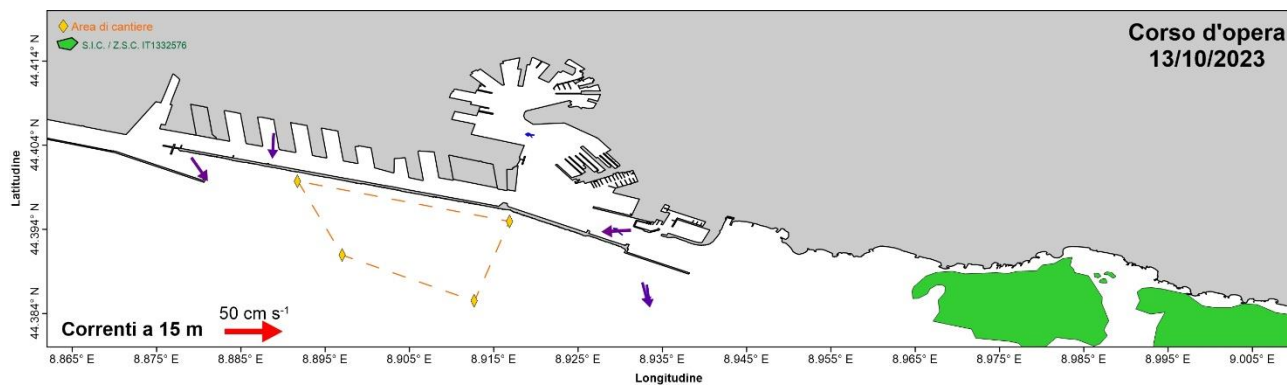
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 94 e 109%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Per quanto riguarda le correnti, le misure sono state effettuate con un ADCP 1200 kHz e pertanto, nelle stazioni fuori diga, è stato possibile misurare le correnti solo fino alla profondità di circa 15 m. Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.2 e 37.0 cm s^{-1} ; la direzione delle correnti era variabile all'interno del porto e in particolare con direzione entrante all'ingresso di levante e uscente dall'ingresso di ponente. Di seguito sono riportate le distribuzioni dei vettori di corrente nello strato superficiale e in quello a 15 m.



Vettori corrente nello strato superficiale.

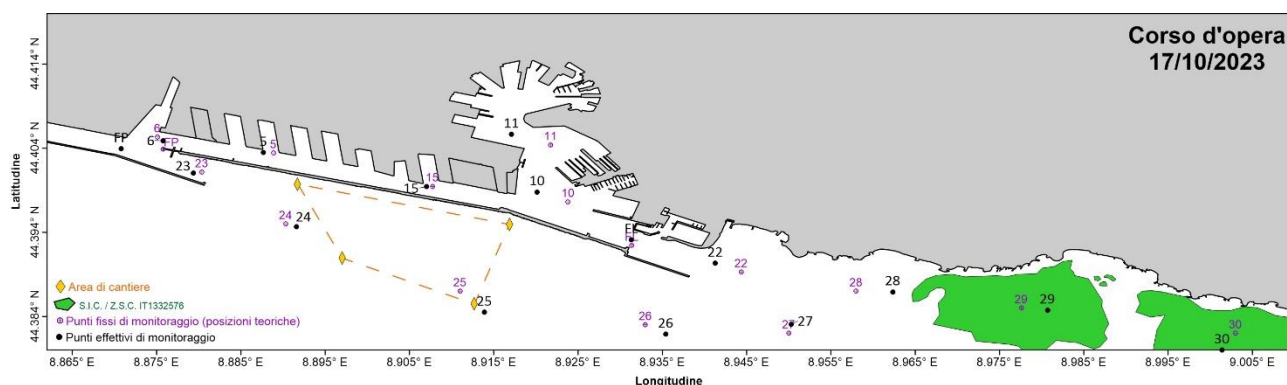


Vettori corrente a 15 m di profondità.

17/10/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di vento da N, mare calmo, cielo sereno. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Maso di Arco89. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr. Luigi Mucerino, Dr. Luca Carpi.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 16 punti e misure con correntometro in 4 punti. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

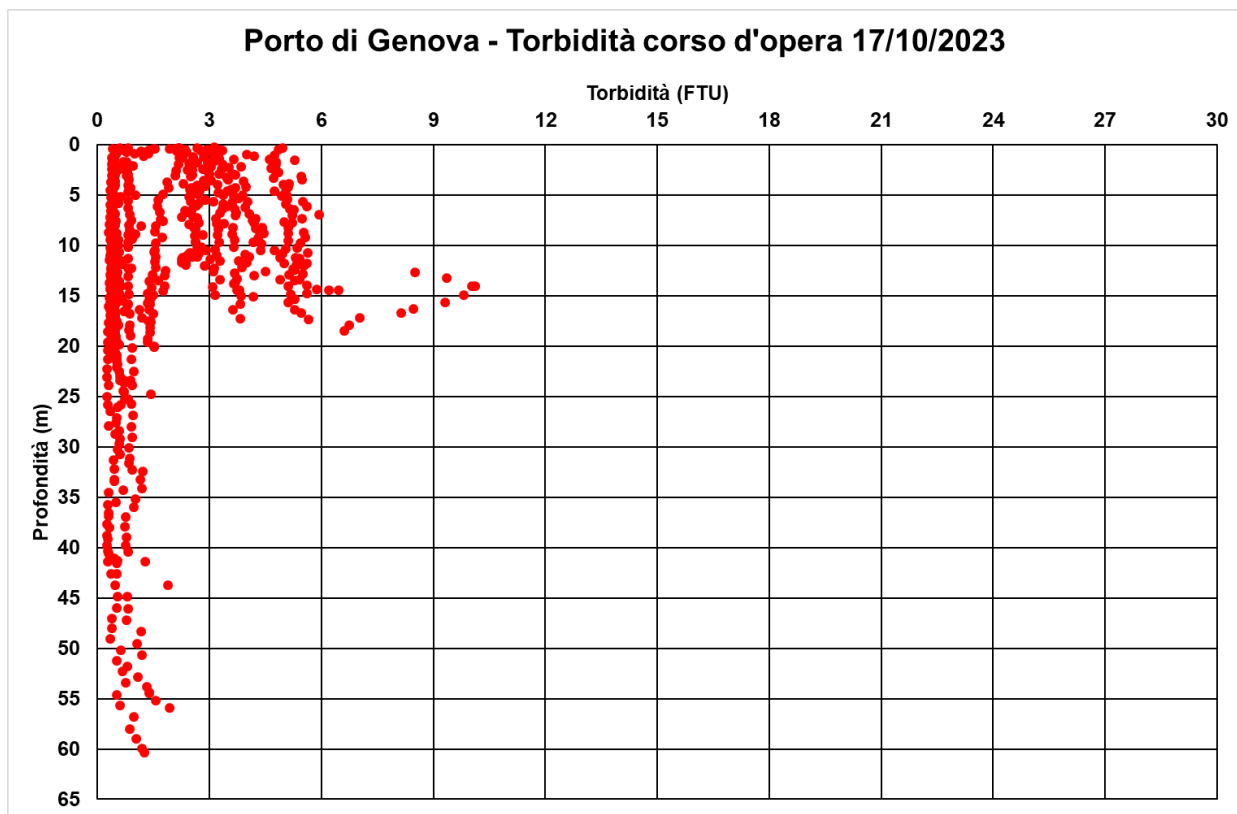


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

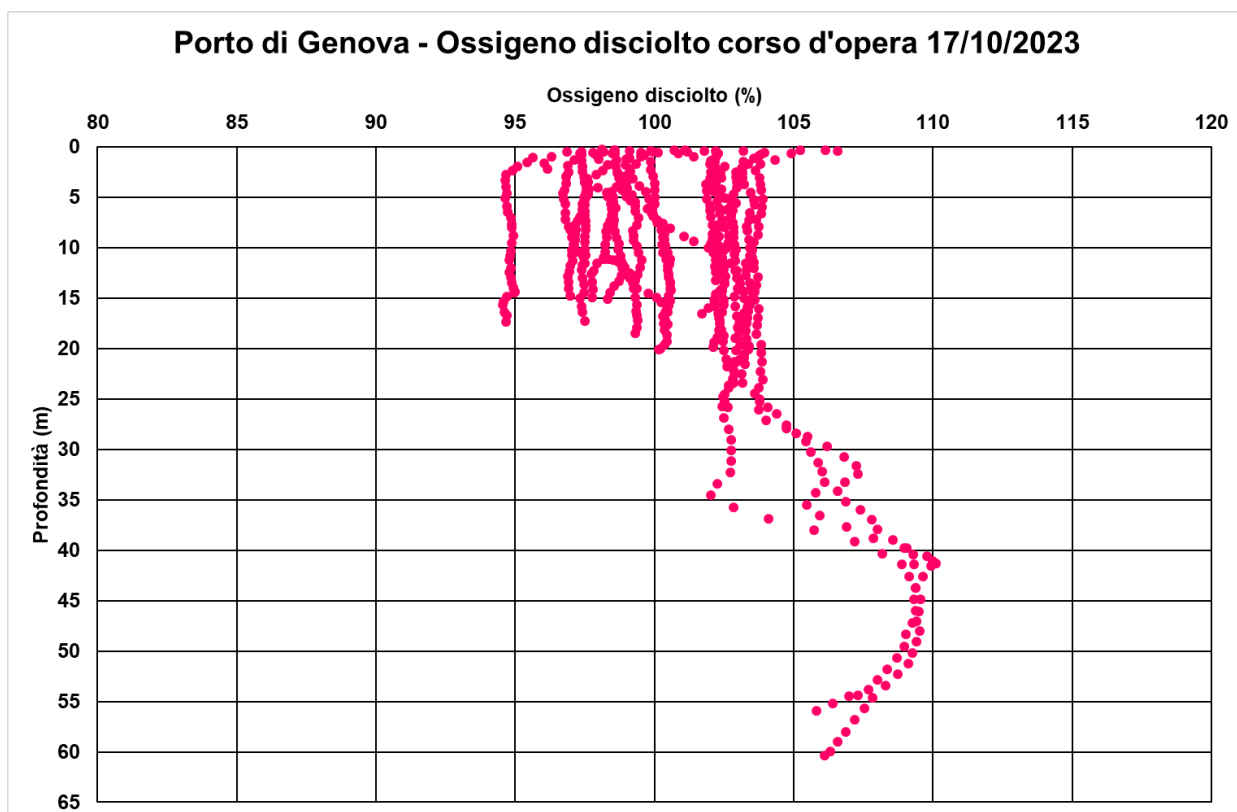
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 0.3 e 10.1 FTU. I valori più alti sono stati misurati in prossimità del fondo nei punti 23 e FP, nell'area all'ingresso di ponente del porto.

Nessun superamento della soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

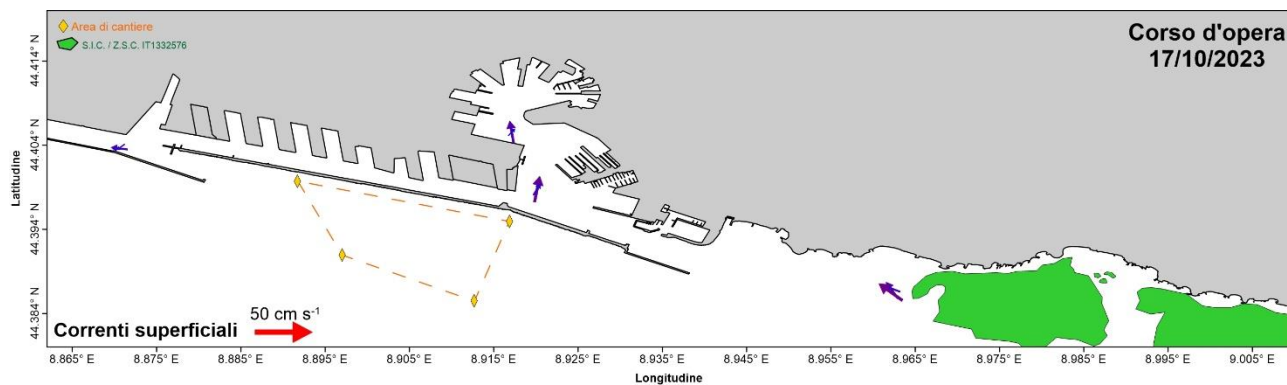
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



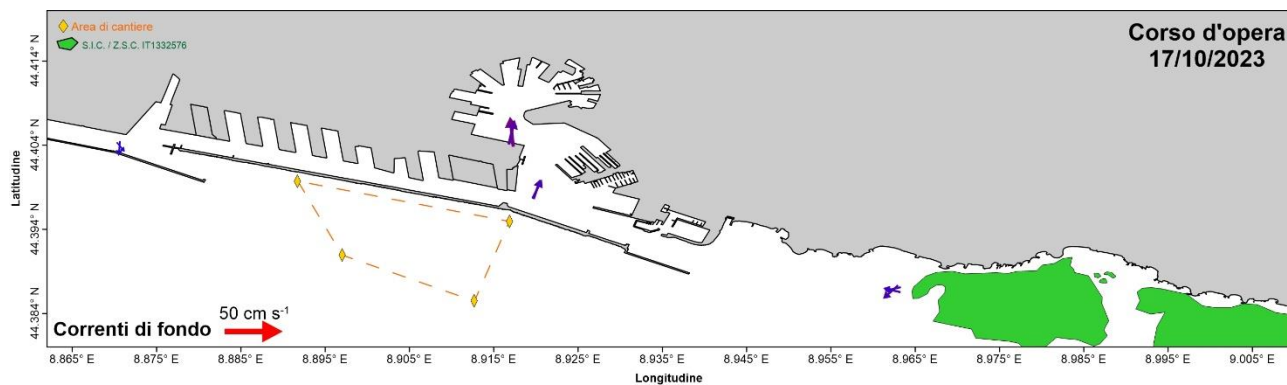
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 95 e 111%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.5 e 27.6 cm s^{-1} lungo tutta la colonna d'acqua; la direzione delle correnti era prevalente verso N nella parte centrale del porto e verso W lungo la costa fuori 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.

18-25/10/2023

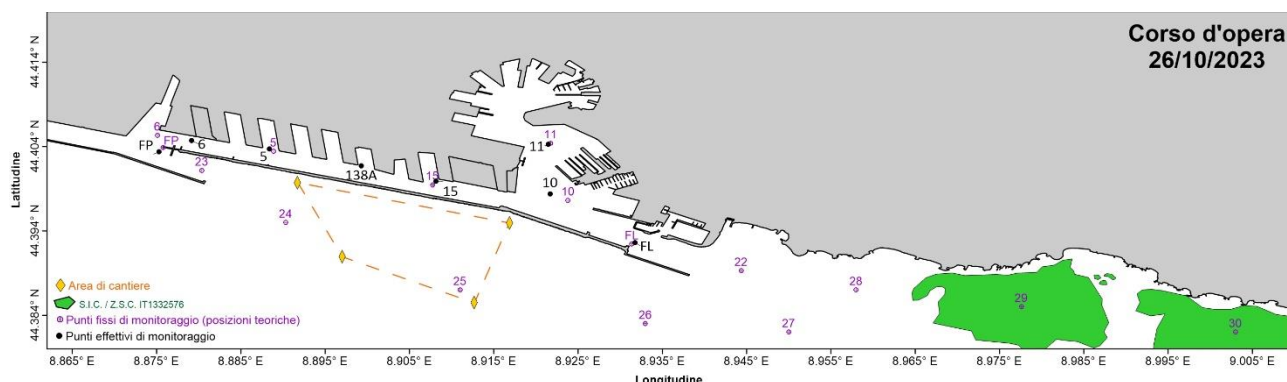
Nei giorni 18-20 Ottobre, Regione Liguria ha emesso una serie di allerte anche arancioni per il territorio Genovese e pertanto il monitoraggio è stato temporaneamente sospeso.

26/10/2023

Le operazioni di monitoraggio si sono svolte in condizioni di vento moderato, mare mosso e cielo nuvoloso. Le operazioni si sono svolte a bordo della M/B Capo Nord Oceanic dei

Barcaioli di Multedo. Alle operazioni ha partecipato il seguente personale del DISTAV: Dr. Luigi Mucerino, Dr. Luca Carpi.

Sono state effettuate misure con sonda multiparametrica in 8 punti tra fissi e mobili e misure correntometriche in 3 punti solo all'interno del porto. La distribuzione effettiva dei punti di misura è mostrata nella seguente figura.

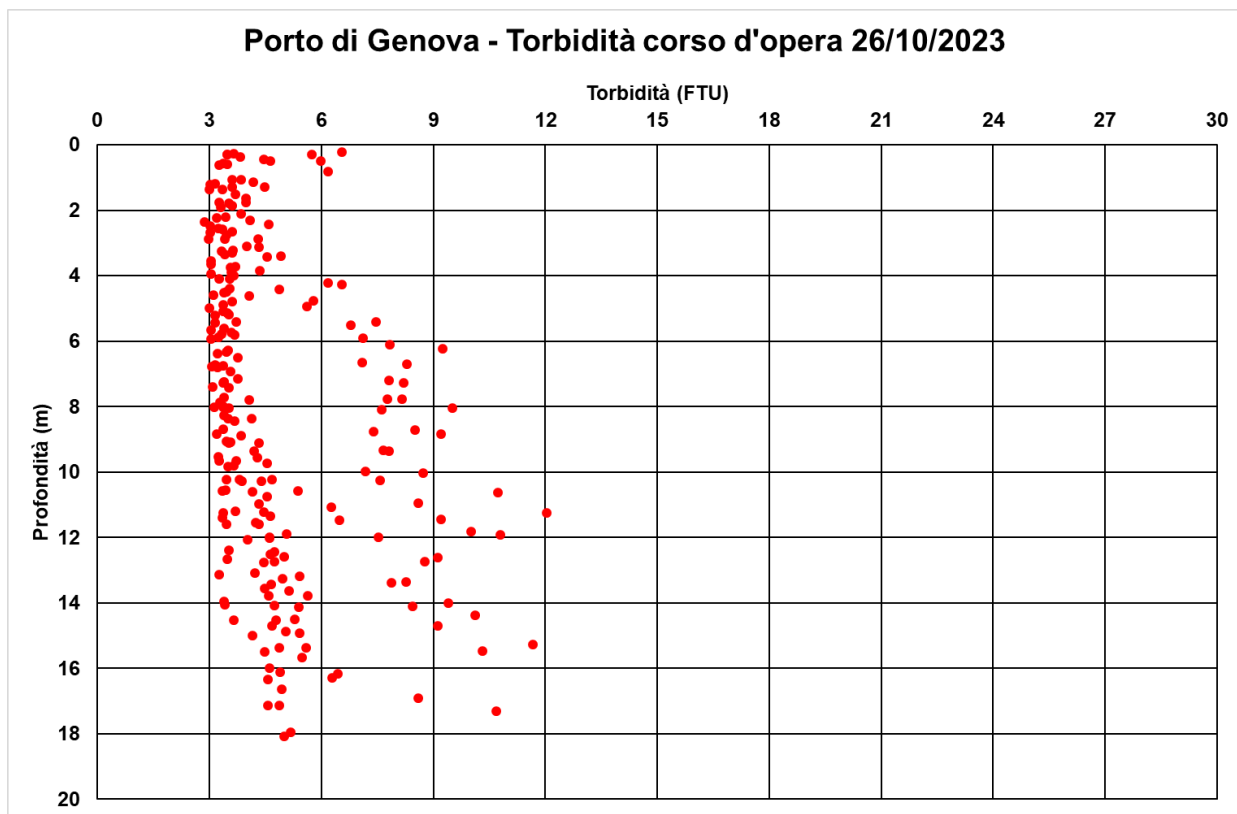


Mappa dei punti di misura: in viola la posizione teorica dei punti fissi, in nero la posizione effettiva dei punti di misura effettuati durante la giornata di monitoraggio.

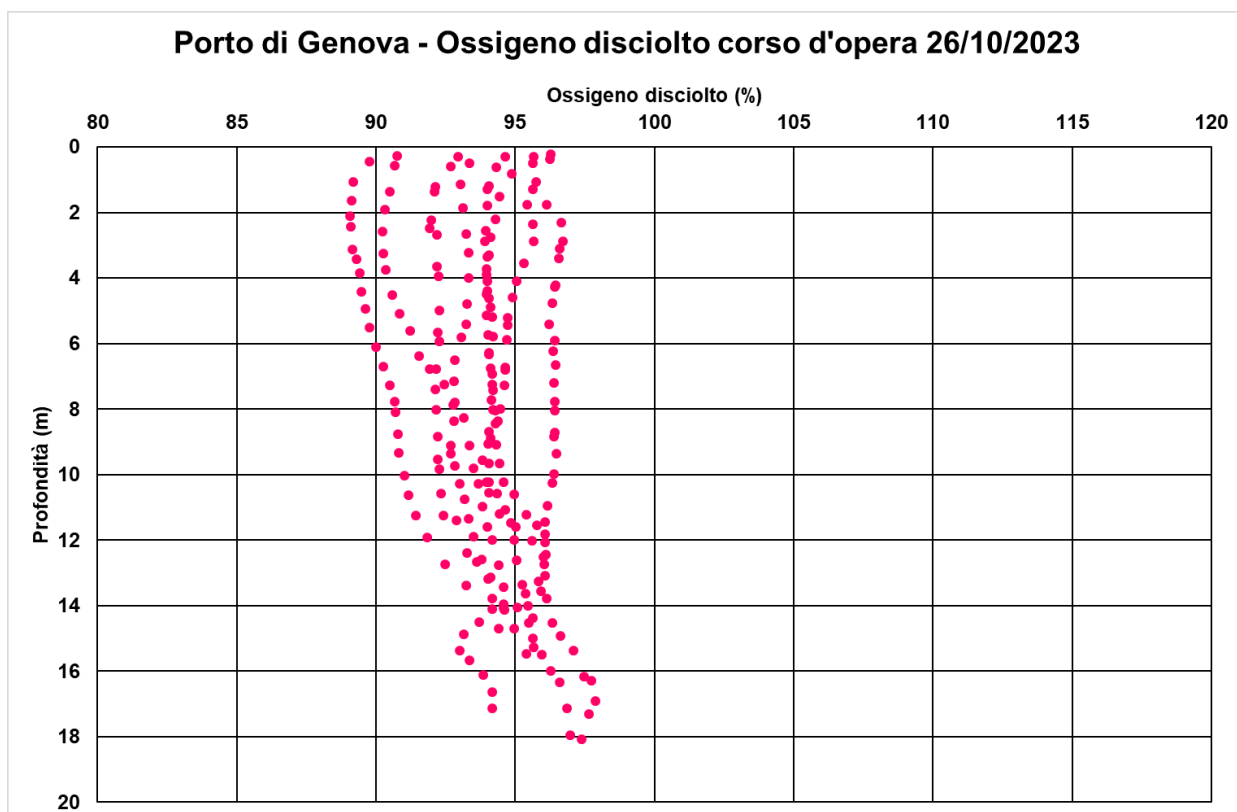
La torbidità ha mostrato valori compresi tra 2.9 e 12.0 FTU. I valori più alti sono stati misurati in corrispondenza del fondo nei punti 11 e FL nel settore di levante del porto e in prossimità del fondo nei punti 6 e FP nel settore di ponente del porto. I valori alti erano dovuti agli apporti dei torrenti e dei rii cittadini a seguito delle ingenti piogge che hanno caratterizzato i giorni precedenti alle misure.

Nessun superamento soglia di torbidità è stato rilevato intorno all'area di cantiere.

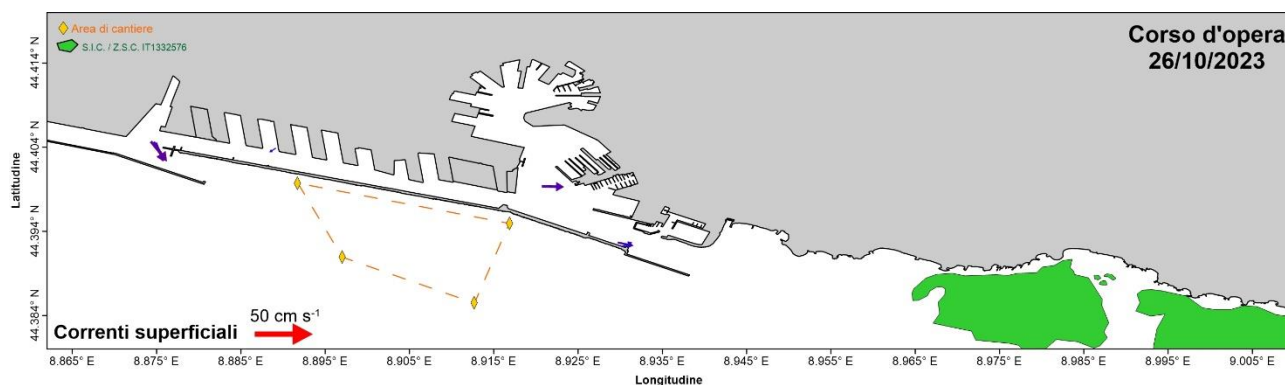
Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di torbidità in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



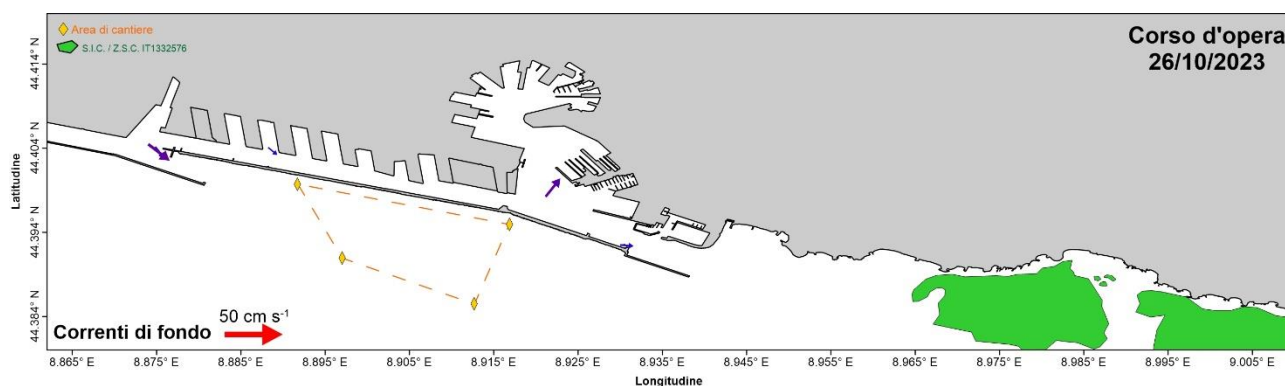
L'ossigeno disciolto ha mostrato valori compresi tra 89 e 98%. Di seguito è riportato il grafico complessivo della distribuzione dei valori di ossigeno disciolto in tutti i punti effettuati durante la giornata di misura.



Le velocità delle correnti erano comprese tra 0.4 e 28.4 cm s^{-1} lungo tutta la colonna d'acqua; la direzione delle correnti era prevalente verso W sia nello strato superficiale sia 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.

30-31/10/2023

I giorni 30 e 31 Ottobre sono stati caratterizzati da forti perturbazioni. Regione Liguria ha emesso stato di allerta anche arancione e pertanto i monitoraggi sono stati temporaneamente interrotti. Inoltre, a seguito delle forti piogge e degli apporti solidi dei torrenti Bisagno e Polcevera, le misure non avrebbero restituito dati significativi in relazione ai lavori. Di seguito è riportata l'immagine presa dalla webcam di Punta Vagno del Comune di Genova, che inquadra l'ingresso di levante del porto e l'area antistante la foce del Bisagno: è visibile la estesa nuvola torbida generata dagli apporti del torrente.

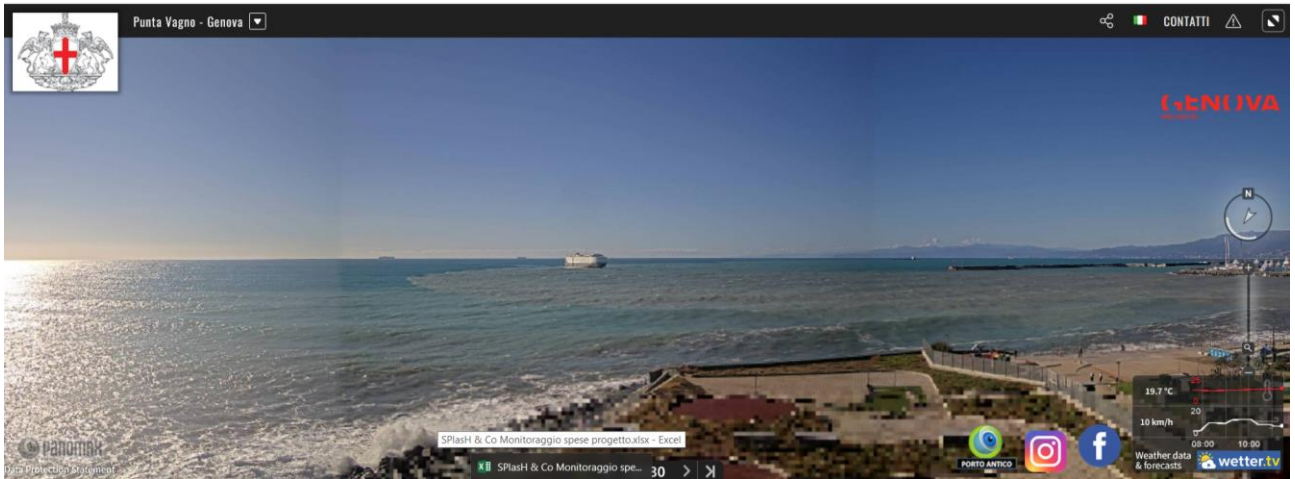


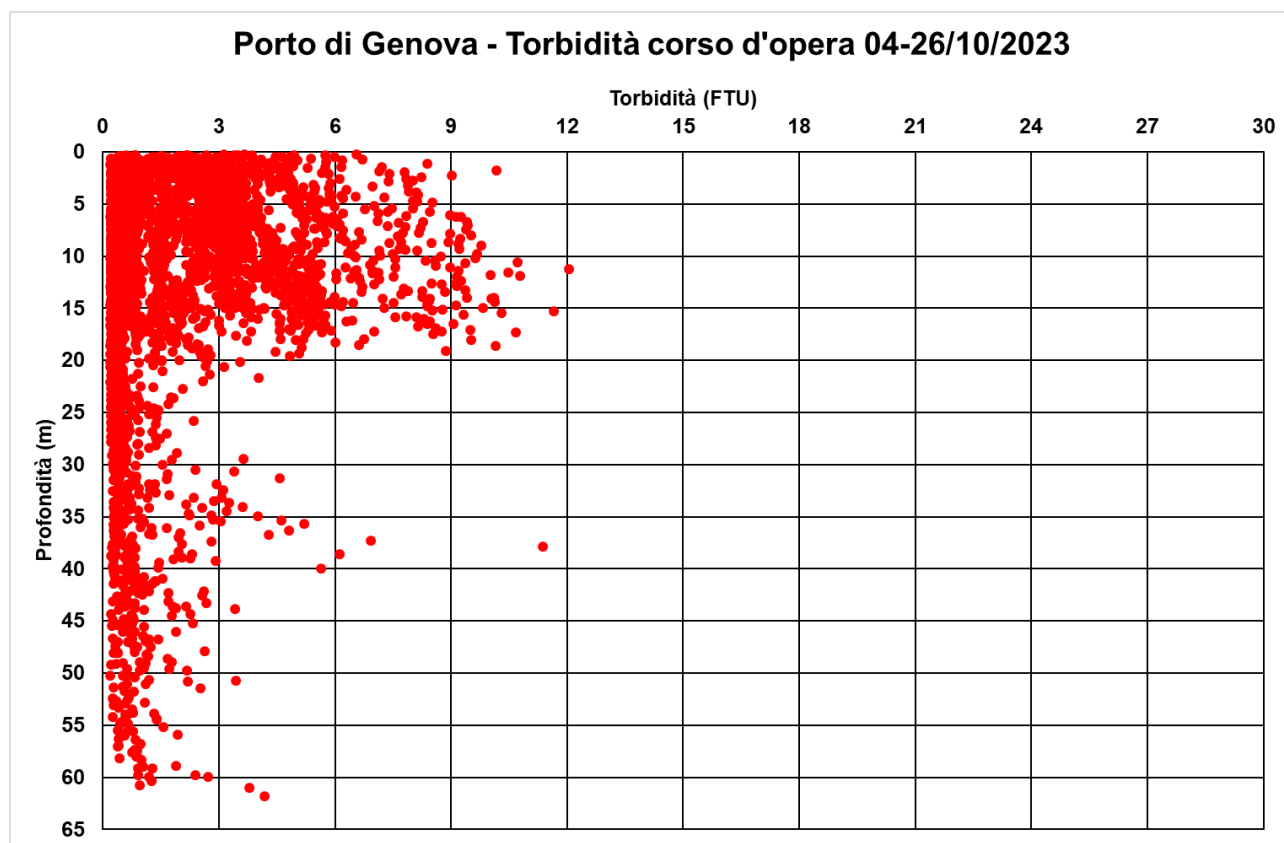
Immagine della webcam di Punta Vagno del Comune di Genova del 31/10/2023 alle 11:31.

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE DEL MONITORAGGIO A MEZZO BARCA: MESE DI OTTOBRE

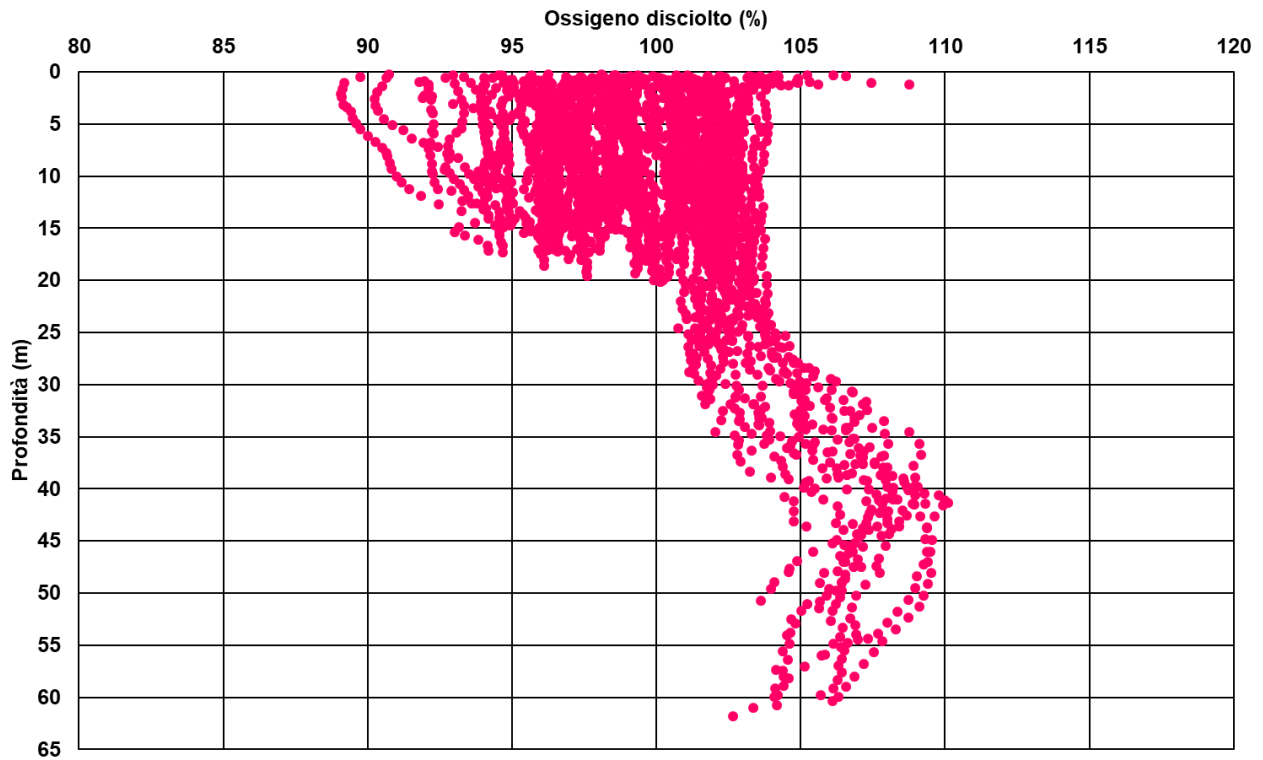
Nel complesso del periodo di monitoraggio compreso tra il 4 e il 26 Ottobre, la torbidità misurata ha mostrato valori compresi tra 0.2 e 12.0 FTU. I valori più alti di torbidità hanno interessato in particolare le aree interne al porto e quelle nei pressi della foce del Polcevera. Il 26 Ottobre i valori di torbidità erano relativamente più alti sia nell'area di levante sia in quella di ponente del porto a causa delle ingenti piogge dei giorni prima. Solo il giorno 6 Ottobre sono stati misurati valori alti nei pressi del punto 26 esterno alla Diga, valori comunque entro il limite di 12 FTU.

L'ossigeno disciolto misurato ha mostrato valori compresi tra 89 e 110%.

Di seguito sono riportati i grafici complessivi dei valori di torbidità e ossigeno disciolto.

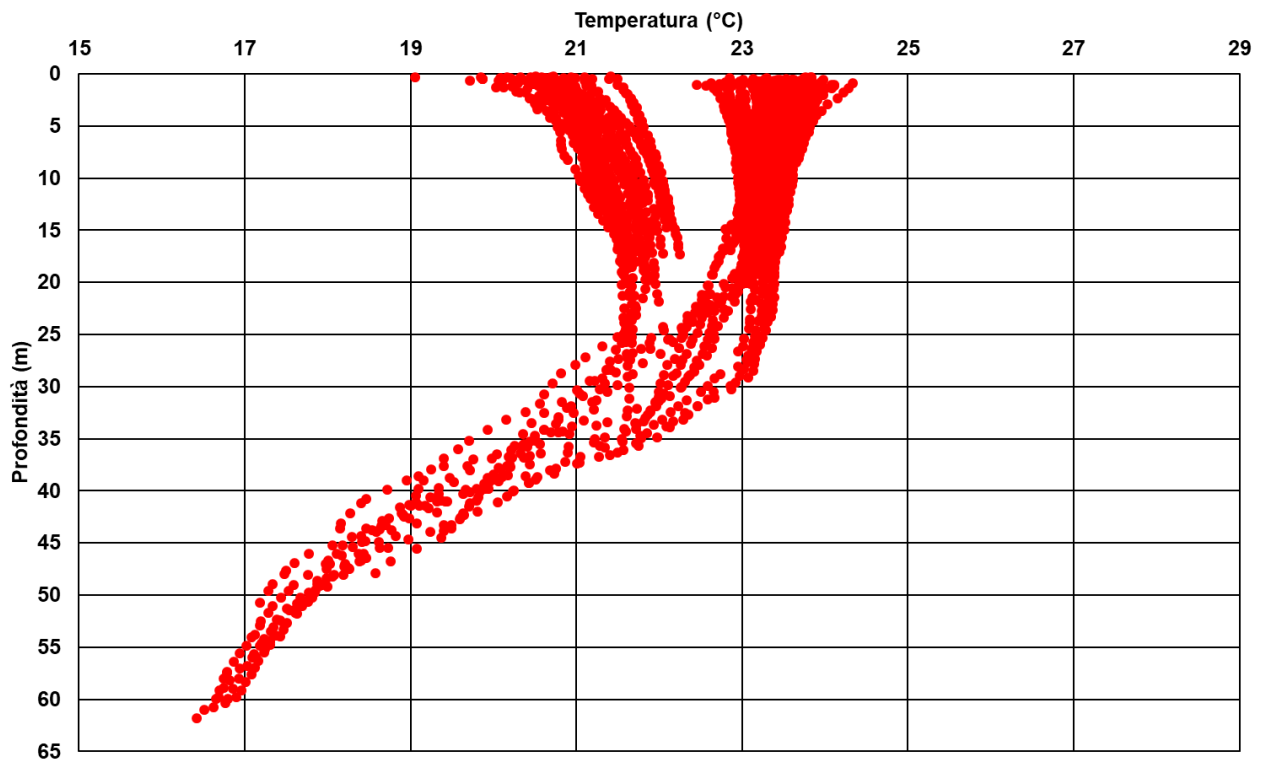


Porto di Genova - Ossigeno corso d'opera 04-26/10/2023

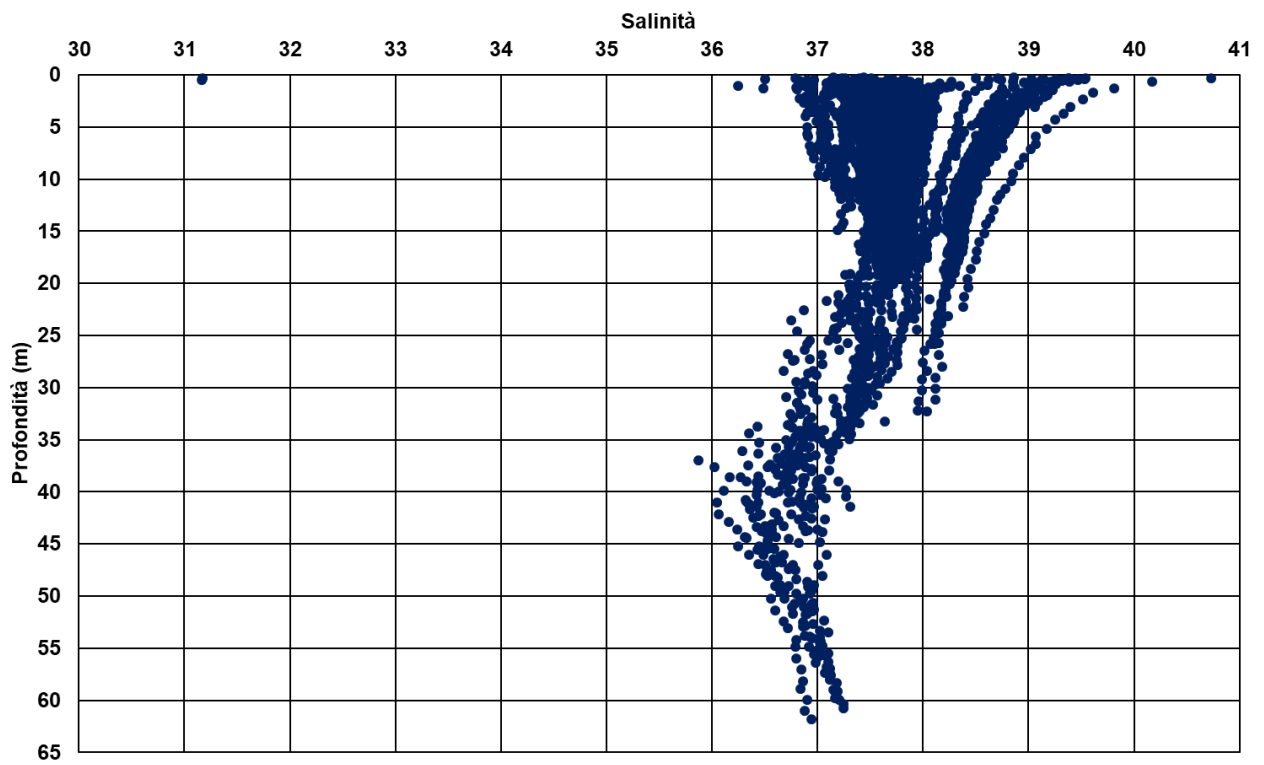


Per completezza dei dati monitorati e della caratterizzazione delle masse d'acqua, si riportano di seguito anche i grafici complessivi dei valori di temperatura e salinità misurati. La temperatura ha mostrato valori compresi tra 16.4 e 24.3°C ed ha evidenziato una netta differenza tra i valori registrati nello strato superficiale prima e dopo il 17 Ottobre. La salinità ha mostrato valori compresi tra 31.2 e 40.7, con il minimo registrato nello strato superficiale nella zona antistante la foce del Torrente Polcevera il 26 Ottobre dopo le forti piogge dei giorni precedenti alle misure.

Porto di Genova - Temperatura corso d'opera 04-26/10/2023



Porto di Genova - Salinità corso d'opera 04-26/10/2023



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.

La manutenzione è stata effettuata il 27 Settembre, mentre nel mese di Ottobre non è stato possibile effettuare manutenzioni a causa delle cattive condizioni meteo-marine che si sono instaurate nella seconda metà del mese.

VERIFICA DELLA CORRETTA ACQUISIZIONE E TRASMISSIONE DEI DATI DALLE STAZIONI FISSE: OTTOBRE 2023

Il personale del DISTAV ogni giorno ferialo, 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>).

Nessuna interruzione nell'acquisizione e trasmissione dei dati è stata individuata durante il mese di Ottobre.

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

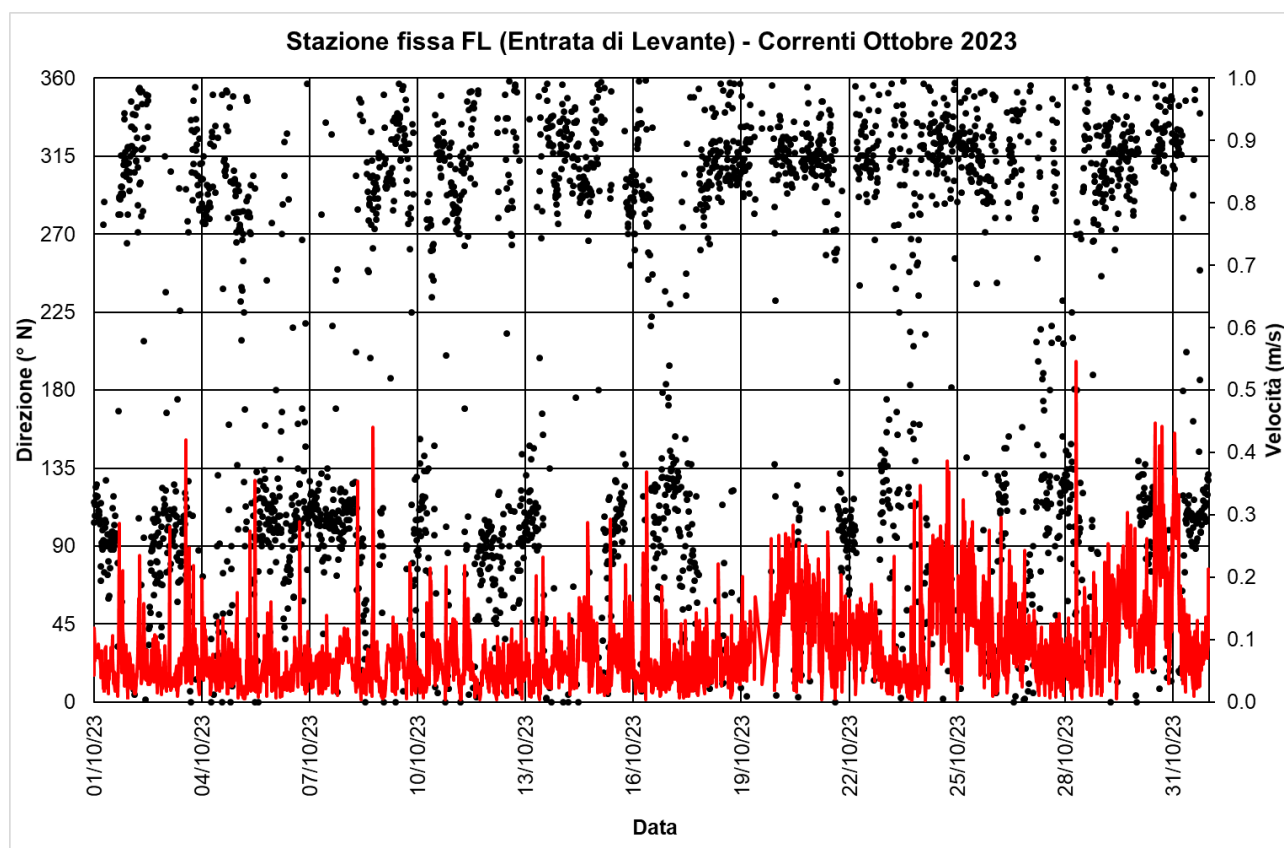
Si ricorda che nel mese di Agosto 2023, approfittando del fatto che i lavori di costruzione della nuova diga si svolgono solo all'esterno del porto in questa fase, le sonde sono state tolte dalle stazioni fisse per una manutenzione straordinaria e per evitare la misura di

dati anomali non reali, e per evitare anche che l'elevata crescita estiva di alghe e altri organismi potesse danneggiare i sensori.

Le sonde verranno ripristinate appena le condizioni meteo-marine lo permetteranno.

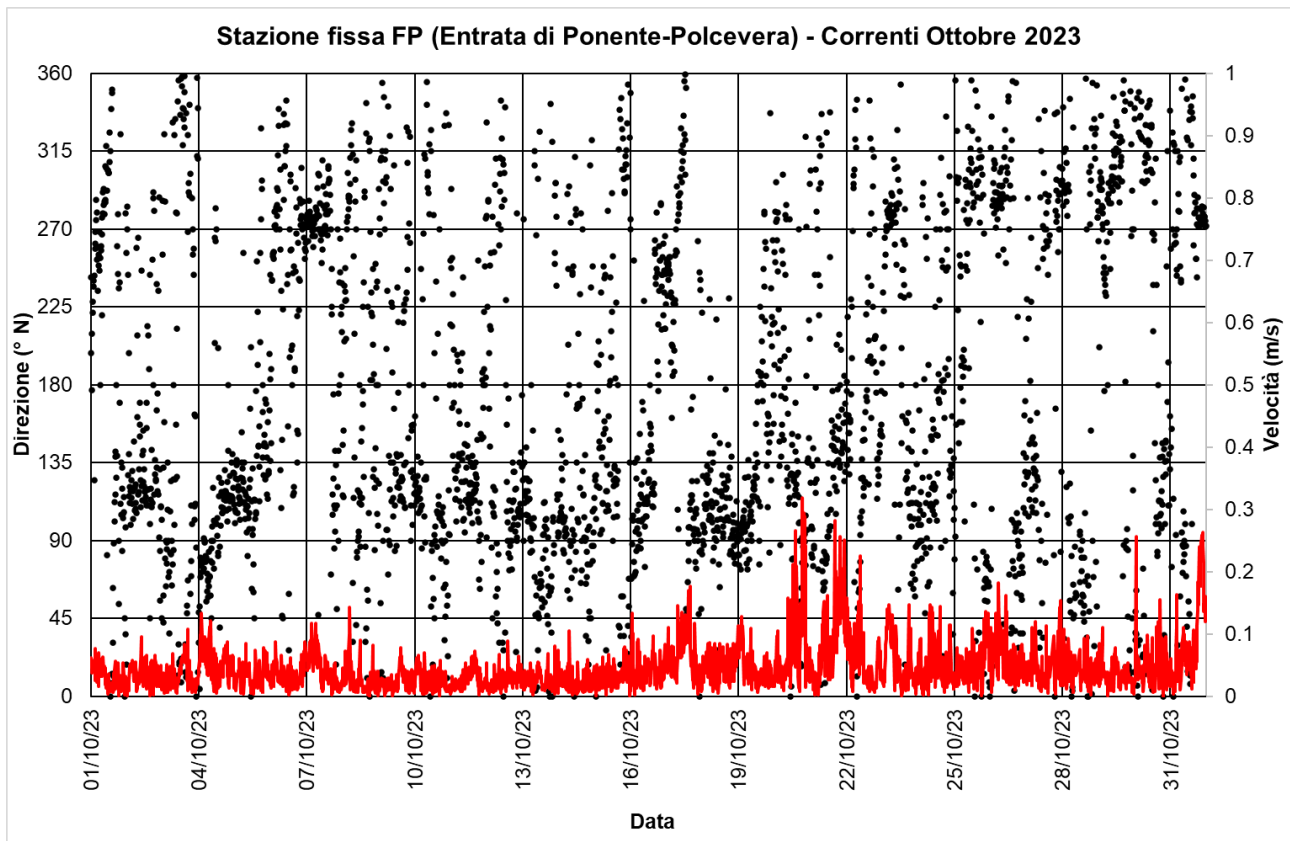
Stazione di levante FL

Le correnti hanno mostrato intensità comprese tra 0 e 0.55 m s^{-1} , con direzione variabile E-SE e NW (cella 5 di riferimento). È visibile nell'andamento della velocità delle correnti, un aumento dei valori a partire dal 19 Ottobre dovuto alle cattive condizioni meteo-marine e alle mareggiate da scirocco che hanno interessato il periodo.



Stazione di ponente-Polcevera FP

Le correnti hanno mostrato intensità comprese tra 0 e 0.32 m s^{-1} , con direzione variabile caratterizzata dalla prevalenza di SE e NW (cella 5 di riferimento).



Stazione di Multedo FM

Le correnti hanno mostrato intensità comprese tra 0 e 1.31 m s^{-1} , con direzione prevalente W-NW (cella 5 di riferimento). Si notano a partire dal 20 Ottobre un aumento della velocità delle correnti e un'alta variabilità nella direzione delle correnti dovuti alle pessime condizioni meteo-marine che hanno caratterizzato la fine del mese.

