



ISPRA

Istituto Superiore per la Protezione
e la Ricerca Ambientale



Sistema Nazionale
per la Protezione
dell'Ambiente



ATTIVITA' DI MONITORAGGIO PER LE OPERAZIONI DI BONIFICA E DRAGAGGIO DEI FONDALI DEL GOLFO DELLA SPEZIA

Febbraio 2018

Sommario

INTRODUZIONE.....	1
ATTIVITA' DI MONITORAGGIO.....	4
RISULTATI DEL MONITORAGGIO	8
Monitoraggio delle attività di bonifica/dragaggio dei fondali antistanti il Terminal Ravano (Dicembre 2006 - giugno 2010).....	12
Monitoraggio <i>ante operam</i>	12
Campagne di monitoraggio in corso d'opera (Agosto 2008 - Aprile 2009).....	30
Campagne di monitoraggio in corso d'opera (Maggio 2009 - Ottobre 2009).....	37
Campagne di monitoraggio in corso d'opera (Novembre 2009 - Giugno 2010).....	43
Monitoraggio stagionale effettuato dal 20 luglio 2010 al 18 giugno 2013.....	49
Monitoraggio delle attività di bonifica/dragaggio dei fondali antistanti il Bacino di Evoluzione (Ottobre 2013 - Luglio 2014).....	55
Monitoraggio del dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi (Dicembre 2014 – Giugno 2015).....	79
Monitoraggio del dragaggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli (Agosto 2015 – Gennaio 2016).....	103
Monitoraggio stagionale eseguito in assenza di attività di dragaggio (Marzo 2016 - Dicembre 2017).....	122
Monitoraggio del comparto biotico: prove di bioaccumulo effettuate sui mitili prelevati dagli impianti (2003 – 2010).....	131
Monitoraggio del comparto biotico: piano di sorveglianza sanitaria attuato dal 2003 al 2017	135
ANALISI INTEGRATA DEI DATI.....	144
CONCLUSIONI	157
BIBLIOGRAFIA	159
ALLEGATI.....	160

INTRODUZIONE

La presente relazione riporta una sintesi di tutti i risultati dei monitoraggi delle attività di dragaggio effettuati nel Golfo della Spezia dal dicembre 2006 al dicembre 2017, con particolare attenzione ai dati acquisiti nel corso delle operazioni di escavo dei fondali del Bacino di Evoluzione e dei fondali antistanti il Molo Garibaldi ed il Molo Fornelli Est, condotte dall'autunno 2013 al mese di dicembre 2015.

Tale documento ha come obiettivo la valutazione complessiva dei dati acquisiti, evidenziando eventuali variazioni dei parametri monitorati in concomitanza e/o per effetto delle attività di dragaggio.

Si precisa che tutti i dati dei monitoraggi sono già stati commentati dettagliatamente nelle relazioni trasmesse periodicamente ad Autorità Portuale da ARPAL ed ISPRA.

Le relazioni prodotte da ARPAL, di seguito elencate, sono consultabili e scaricabili dal sito MACISTE al seguente indirizzo <http://apsp.macisteweb.com/monitoraggio>.

- 1° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Molo Ravano. “Attività giugno 2003-luglio 2007. Campagne di bianco” - ARPAL
- 2° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Terminal Ravano. “Campagne di monitoraggio novembre 2007 – settembre 2008” - ARPAL
- 3° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Terminal Ravano. “Campagne di monitoraggio ottobre - dicembre 2008” - ARPAL
- 4° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Terminal Ravano. “Campagne di monitoraggio gennaio - maggio 2009” - ARPAL
- 5° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Terminal Ravano. “Campagne di monitoraggio giugno - agosto 2009” - ARPAL
- 6° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Terminal Ravano. “Campagne di monitoraggio settembre 2009 – giugno 2010” – ARPAL
- 7° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Terminal Ravano. “Campagne di monitoraggio luglio 2010 - luglio 2011” - ARPAL
- 8° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Molo Fornelli. “Campagne di monitoraggio settembre 2011 - dicembre 2011” - ARPAL
- 9° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Terminal Ravano. “Campagne di monitoraggio marzo 2012 - ottobre 2012” - ARPAL

- 10° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Bacino Evoluzione. “ Campagne di monitoraggio gennaio 2013 - dicembre 2013” - ARPAL
- 11° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Bacino Evoluzione. “ Campagne di monitoraggio gennaio 2014 - dicembre 2014” - ARPAL
- Relazione sugli esiti delle campagne di monitoraggio delle attività di dragaggio effettuate da Arpal nel corso del 2015 - ARPAL
- Relazione sugli esiti delle campagne di monitoraggio delle attività di dragaggio effettuate da Arpal nel corso del 2016 – ARPAL

Le relazioni prodotte da ISPRA sono state trasmesse ad Autorità Portuale ma al momento non sono presenti sul sito Maciste. Si riportano comunque di seguito i riferimenti a cui si rimanda per eventuali verifiche ed approfondimenti.

- Attività di monitoraggio per la bonifica dei fondali antistanti il terminal Ravano nel porto della spezia – Doc. ISPRA PM-EL-LI-P-01.11 del Luglio 2010
- Accordo di programma “per la gestione dei sedimenti negli ambiti portuali compresi nei siti di interesse nazionale di Pitelli – La Spezia e di Livorno”. Relazione delle attività di fase I (art. 2 b2, 2 c): monitoraggio ambientale delle attività di dragaggio dei sedimenti nel porto della spezia e di refluitamento dei sedimenti dragati nella vasca di raccolta già presente nel porto di Livorno – Doc. ISPRA del Dicembre 2011

ISPRA (allora ICRAM), a seguito dell’inserimento dell’area a mare interna alla diga foranea nella perimetrazione del SIN di Pitelli, era stata incaricata di predisporre il piano di caratterizzazione dei sedimenti e successivamente di redigere il relativo progetto preliminare di bonifica, presentato nel mese di marzo 2005 ed approvato nella Conferenza dei Servizi decisoria del 25/07/2005.

Autorità Portuale della Spezia con la duplice finalità di realizzare la messa in sicurezza/bonifica dei sedimenti di alcune aree individuate nel “Progetto preliminare di bonifica dell’area marina inclusa nella perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale di Pitelli” e di consentire l’accesso alle banchine portuali di navi porta container, carboniere e da crociera, di pescaggio e dimensioni sempre maggiori ha presentato una serie di progetti di bonifica, che sono stati autorizzati con specifici decreti del Ministero dell’Ambiente nel febbraio 2006. Tali progetti interessavano le seguenti aree:

- fondali antistanti il Terminal Ravano;
- fondali a radice del Molo Fornelli Est;
- fondali del Bacino di Evoluzione;
- fondali del Molo Italia;
- fondali esterni al palancolato del Molo Garibaldi;
- fondale compreso nel banchinamento del Molo Garibaldi Ovest- I fase;
- fondale compreso nel banchinamento del Molo Garibaldi Ovest- II fase;
- Molo Enel.

Nel corso di oltre 10 anni, Autorità Portuale ha avviato e concluso parte dei progetti secondo le tempistiche di seguito riportate:

- bonifica con interventi di Messa in Sicurezza di emergenza dei fondali antistanti il **Molo Garibaldi, interessati da successivo banchinamento** (periodo di attività da ottobre 2005 a luglio 2006 per un totale di circa 20.000 m³)
- bonifica dei fondali antistanti il **Terminal Ravano** (periodo di attività da luglio 2007 ad ottobre 2010, concentrato principalmente da giugno a ottobre 2009, per un totale di circa 115.000 m³ di sedimento asportati)
- bonifica dei fondali del **Bacino di Evoluzione** (periodo di attività da novembre 2013 a maggio 2014, per un totale di circa 215.000 m³ di sedimento asportati)
- bonifica dei fondali antistanti il banchinamento del **Molo Garibaldi** (periodo di attività da dicembre 2014 a giugno 2015 per un totale di circa 210.000 m³ di sedimento asportati preceduta da una prima fase di attività eseguita nei mesi di febbraio e marzo 2013 per un totale di circa 15.000 m³ di sedimento asportato)
- bonifica dei fondali antistanti il **Molo Fornelli Est** (periodo di attività da settembre 2015 a dicembre 2015 per un totale di circa 110000 m³, preceduta da una prima limitata fase di attività eseguita nel mese di novembre 2011). Le attività sono state sospese nel mese di gennaio 2016 a causa di un sequestro giudiziario dei fondali dell'area.

In aggiunta ai progetti approvati e realizzati, nel dicembre 2014 è stato eseguito il dragaggio di una porzione di fondale adiacente il **Molo Fornelli Ovest**, per un totale di circa 10.000 m³ di sedimento asportato.

Nel corso degli anni inoltre sono stati eseguiti alcuni interventi di messa in sicurezza/bonifica dei fondali a cura di soggetti privati, tra cui il principale a cura di ITN, eseguito sui sedimenti dei fondali antistanti il **Molo Mirabello** (periodo di attività da agosto 2008 a maggio 2009 per un totale di circa 80.000 m³ di sedimento rimosso).

Dalla fine del 2015 Autorità Portuale non ha più effettuato attività di dragaggio. Rimangono pertanto da completare alcune aree in prossimità della testata del Molo Garibaldi, dei fondali del Molo Fornelli ed effettuare gli interventi previsti sui fondali antistanti il Molo Italia ed il Molo Enel.

I sedimenti derivanti dalle attività di dragaggio dei fondali del Molo Ravano sono stati inizialmente trasferiti ad impianti di discarica transfrontalieri ed in seguito, in parte trasferiti e riutilizzati in vasca di colmata presso il porticciolo turistico Mirabello della Spezia sulla base dell'accordo tra Autorità Portuale ed ITN SpA), in parte trasferiti presso la vasca di colmata nel Porto di Livorno in base all'Accordo di Programma siglato nel mese di Novembre 2008.

I sedimenti derivanti dal dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione, del Molo Garibaldi e del Molo Fornelli Est sono stati trasferiti via mare e refluiti nella vasca di colmata del porto di Piombino. I sedimenti non aventi caratteristiche idonee per essere riutilizzati sono stati trasferiti ad impianti di discarica nazionali.

ATTIVITA' DI MONITORAGGIO

Per ciascun progetto di bonifica sono stati redatti specifici piani di monitoraggio desunti dai piani approvati dalle conferenze dei servizi relative ai dragaggi programmati ed autorizzati per il SIN di Pitelli. Tali piani prevedevano l'esecuzione di analisi sia sul comparto abiotico (colonna d'acqua) che sul comparto biotico (organismi degli impianti di mitilicoltura e itticoltura e biocenosi sensibili).

Le attività di monitoraggio del comparto abiotico prevedevano:

- l'acquisizione in continuo dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua (profondità, torbidità, temperatura, potenziale redox, pH, salinità, ossigeno disciolto, Clorofilla a) mediante l'impiego di 2 sonde multiparametriche posizionate su boe fisse, a circa 4 m di profondità, presso gli impianti di mitilicoltura interni alla diga ponente ed in prossimità dell'impianto di itticoltura delle Grazie;
- l'esecuzione di profili verticali con sonda multiparametrica in stazioni ubicate internamente al Golfo per l'acquisizione dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua (profondità, torbidità, temperatura, potenziale redox, pH, salinità, ossigeno disciolto, Clorofilla a);
- il prelievo di campioni d'acqua a due profondità (superficiale: a due metri di profondità e profondo: a 2 m dal fondale) per la determinazione dei parametri: Solidi in sospensione (TSS), Carbonio organico totale (TOC), Nutrienti (Nitriti, Nitrati, Ortofosfati, Ammoniaca, Fosforo totale), alcuni parametri microbiologici di interesse (coliformi fecali, streptococchi fecali, spore di clostridi solfitoriduttori) ed alcuni parametri chimici di interesse sul particolato, nel caso in cui fossero riscontrate concentrazioni significative di solidi in sospensione (As, Cd, Hg, Pb, Zn, V, PCB, IPA, TBT).

Il monitoraggio del comparto biotico prevedevano:

- l'esecuzione integrata di saggi biologici su campioni d'acqua a due profondità nelle stesse stazioni dove veniva effettuato il prelievo dei campioni d'acqua per l'esecuzione delle analisi chimiche e microbiologiche;
- l'esecuzione di prove di bioaccumulo per la ricerca di alcuni contaminanti (As, Cd, Hg, Pb, Zn, V, PCB, IPA, Idrocarburi C>12, TBT) sui mitili degli impianti interni ed esterni alla diga foranea, nonché dagli impianti lungo il Canale di Portovenere;
- l'esecuzione di prove di bioaccumulo ed analisi dei biomarkers sui pesci prelevati dall'impianto di itticoltura delle Grazie e dall'impianto al largo del comune di Lavagna utilizzato come controllo;
- l'esecuzione di indagini microbiologiche sugli organismi degli impianti di mitilicoltura e itticoltura su alcuni parametri ritenuti significativi dal punto di vista sanitario;
- l'esecuzione di transetti mediante ROV per il controllo qualitativo periodico dei popolamenti sensibili (popolamenti del precoralligeno o coralligeno e praterie di *Posidonia oceanica*) in aree circostanti il Golfo di La Spezia, al fine di evidenziare la presenza di eventuali alterazioni macroscopiche a carico delle specie sessili dovute ad un aumento di torbidità e al loro possibile infangamento.

Le sonde multiparametriche utilizzate per la determinazione dei parametri chimico fisici sono state acquistate da Autorità Portuale sulla base delle specifiche tecniche fornite da ARPAL. Dal 2007 fino all'estate del 2013 sono state utilizzate sonde IDRONAUT (Ocean Seven EA/89), equipaggiate con i sensori di pressione, temperatura, conducibilità, ossigeno, pH e potenziale redox, integrati con i sensori di torbidità e di clorofilla a.

Nell'agosto 2013 le sonde IDRONAUT sono state dismesse e sostituite, nel novembre 2013, con le sonde HYDROLAB DS5, fornite dalla ditta Corr-Tek. Su tali sonde sono stati montati i sensori per l'acquisizione degli stessi parametri monitorati in precedenza ad eccezione del sensore di Clorofilla a ritenuto scarsamente significativo. Le sonde HYDROLAB DS5 sono attualmente utilizzate e periodicamente inviate alla ditta fornitrice per necessarie operazioni di revisione e taratura.

Le sonde in modalità di acquisizione in continuo sono state posizionate in corrispondenza di due boe ad una profondità di 4 m, rappresentativa delle condizioni medie dello strato d'acqua di mare interessato dalla corrente in uscita dal Golfo (Gasperini et al, 2009) che sovrascorre sulla corrente entrante (dalla profondità di circa 9 m fino al fondale). La scelta di tale quota è stata pertanto dettata dalla necessità di posizionare lo strumento alla profondità che potrebbe essere interessata da eventuali fenomeni di torbida sopraggiunti dall'area di dragaggio. Le boe inoltre sono state equipaggiate con un sistema per il trasferimento dei dati ad una stazione ricevente sita presso il Dipartimento ARPAL della Spezia.

Le sonde utilizzate per l'acquisizione lungo i profili verticali sono state impostate per rilevare i parametri ogni 50 cm dalla superficie al fondo. La lettura dei parametri avviene contestualmente all'esecuzione del profilo.

Le specifiche tecniche relative alle sonde HYDROLAB DS5 sono riportate nel documento presente all'indirizzo <http://apsp.macisteweb.com/webgis-maciste>.

L'impiego delle sonde multiparametriche ad integrazione delle analisi sui campioni di colonna d'acqua, per i cui risultati sono necessari alcuni giorni di attività in laboratorio, è stato concordato tra gli enti impegnati nelle attività di monitoraggio, per avere risposte rapide e verificare contestualmente all'attività di monitoraggio, eventuali anomalie lungo la colonna d'acqua. In particolare il parametro torbidità, messo in relazione con la concentrazione di solidi sospesi determinata nei campioni d'acqua, consente di evidenziare l'eventuale presenza di particelle sedimentarie in sospensione.

I programmi di monitoraggio ambientale delle operazioni di dragaggio in aree marino costiere prevedono ormai abitualmente la determinazione del particolato solido in sospensione e della torbidità. Nel monitoraggio in questione la rilevazione della torbidità lungo profili verticali è stato stabilito per verificare l'eventuale torbidità prodotta nelle aree intorno al campo di dragaggio e la sua diffusione nelle restanti aree della Rada. La presenza di stazioni di acquisizione in continuo mediante strumenti fissi rende inoltre possibile misurare e valutare le variazioni di particolato sospeso al variare delle condizioni al contorno. Per tale motivo le due stazioni fisse sono state posizionate in prossimità degli impianti di ittiocoltura e mitilicoltura, obiettivi sensibili per cui è indispensabile un controllo continuo e costante.

La determinazione dei solidi sospesi effettuata sui campioni d'acqua costituisce il valore del peso secco a 105°C del materiale sospeso per unità di volume d'acqua e viene espressa in milligrammi

di solidi per litro d'acqua (mg/l). La misura della torbidità, invece, sfrutta la proprietà ottica di una soluzione di attenuare o disperdere un fascio di luce che la attraversa (fenomeno di scattering). La Torbidità, espressa in NTU (Nephelometric Turbidity Units) o FTU (Formazine Turbidity Units), viene determinata utilizzando un dispositivo ottico denominato torbidimetro che misura l'attenuazione di un raggio di luce proiettato nell'acqua in direzione di una fotocellula (lightscattering) o la luce dispersa rispetto un angolo formato dal raggio incidente (Backscattering).

Anche se non esiste una relazione generale tra torbidità e solidi sospesi, la misura della torbidità viene sempre più spesso utilizzata in tutti i casi in cui sia necessario disporre di valori in tempo reale. I due parametri, pur essendo in relazione con gli stessi fenomeni, sono funzione di variabili differenti. La misura dei solidi sospesi infatti dipende esclusivamente e direttamente dal peso totale delle particelle solide in sospensione con diametro maggiore di 0.45 μm ed è quindi funzione diretta del numero, della dimensione e del peso specifico delle particelle. Le proprietà ottiche di una soluzione sono invece influenzate direttamente dall'indice di rifrazione delle particelle sospese, che è funzione della loro quantità forma, colore e dimensioni, oltre che dalla pluralità di fattori che interagiscono col raggio incidente, nonché dalla lunghezza d'onda del raggio incidente (APAT-CNR-IRSA, 2004).

Sulla misura della torbidità pertanto, oltre che le caratteristiche morfologiche e tessiturali del sedimento, possono incidere significativamente sia la presenza di luce, che il materiale organico in sospensione, ma anche semplicemente la formazione di bolle d'aria generate dalle eliche delle imbarcazioni di passaggio (Baker and Lavelle, 1984; Capello *et al.*, 2010; Cutroneo *et al.*, 2012, Cutroneo *et al.*, 2013; Puig and Palanques, 1998). Nel momento in cui si procede alla valutazione delle misure acquisite dai sensori è pertanto estremamente importante discriminare i reali valori di torbidità da tutte quelle false misure che possono dipendere da fattori di disturbo quali quelli elencati in precedenza. Un accurato studio della torbidità media dell'area oggetto di monitoraggio, effettuato preliminarmente alle operazioni di movimentazione, risulta pertanto indispensabile, al fine di conoscere le caratteristiche medie dell'area e valutare le eventuali alterazioni discriminando quelle attribuibili alle movimentazioni del sedimento da quelle legate ad altri fattori.

Al fine di stabilire per la Rada della Spezia una correlazione tra i valori di torbidità misurati dalle sonde e la quantità di solidi sospesi, come previsto dal Piano di Monitoraggio, ARPAL ha eseguito, precedentemente all'avvio delle attività di dragaggio, una serie di prove sperimentali (da marzo 2007 a luglio 2007). Da tale studio è stata evidenziata una correlazione lineare abbastanza affidabile tra la concentrazione di solidi sospesi in campioni a "titolo noto" e le misure della torbidità. Non è stato invece possibile definire, soprattutto per bassi valori di torbidità, una correlazione tra le misure di torbidità effettuate in mare ed il valore di concentrazione dei solidi sospesi misurato nei campioni di acqua di mare prelevati a varie profondità nelle stesse stazioni. I risultati dettagliati di tale studio sono già stati commentati nella "1° Relazione attività di monitoraggio del Golfo della Spezia per il dragaggio dello specchio acqueo antistante Molo Ravano", riportata in <http://apsp.macisteweb.com/monitoraggio>.

Le prime attività di monitoraggio sono state effettuate da ISPRA (allora ICRAM) ed ARPAL nel 2003, in previsione della bonifica dei fondali antistanti il Terminal Ravano. Per l'esecuzione delle prime campagne di "bianco" sono state individuate alcune stazioni da cui prelevare campioni di acqua per le determinazioni analitiche di metalli e composti organici e stazioni in corrispondenza

degli impianti di mitilicoltura ed ittiicoltura da cui prelevare gli organismi da sottoporre a prove di bioaccumulo. Sono stati inoltre effettuati alcuni transetti con il ROV per la valutazione qualitativa dello stato delle biocenosi sensibili presenti esternamente alla Rada.

Nell'ambito di tali campagne sono stati eseguiti, a cura di ISS, dei test di rilascio, facendo riferimento alla Norma UNI 10802, utilizzando campioni di sedimento da dragare (un campione di sedimento superficiale ed uno prelevato alla profondità di 3 m). Prima dell'esecuzione dei test sui sedimenti sono state eseguite determinazioni delle concentrazioni totali di As, Cd, Co, Hg, Pb, Sn, V e Zn che erano risultati superiori ai limiti di intervento identificati per il SIN di Pitelli.

Le risultanze analitiche ottenute non hanno evidenziato in nessuna delle prove eseguite un evidente rilascio di inquinanti. Le variazioni di pH riscontrate, anche in seguito a 48 h dall'inizio del test, sono risultate contenute e non tali da mobilitare i microinquinanti inorganici.

Le determinazioni degli inquinanti sia organici (IPA e PCB) che inorganici (metalli) sono state eseguite sul particolato in quanto i metalli, dai risultati dei test di cessione eseguiti da ISS, risulta che non vengano rilasciati e i composti organici sono lipofili e, in acqua, tendono ad associarsi al particolato insieme alle sostanze oleose presenti.

Per la definizione delle stazioni di monitoraggio è stata creata, mediante l'impiego di sistemi GIS, una maglia di punti, distanti 500 m l'uno dall'altro, da cui selezionare le stazioni per il prelievo dei campioni d'acqua destinati alle analisi chimiche ed ecotossicologiche, le stazioni per l'esecuzione dei profili verticali con sonda multiparametrica, le stazioni per il prelievo dei mitili e l'esecuzione di prove di bioaccumulo e le stazioni per il prelievo pesci per le analisi sui biomarkers e di bioaccumulo (di cui una presso l'impianto ubicato al largo del comune di Lavagna utilizzato come controllo). Alle stazioni puntuali sono stati infine aggiunti 3 transetti per l'esecuzione di indagini qualitative sugli ecosistemi sensibili mediante R.O.V. (Prateria di *Posidonia oceanica* lungo il canale di Portovenere e biocenosi del precoralligeno e coralligeno lungo le falesie delle isole del Tino e del Tinetto).

Per l'attuazione dei piani di monitoraggio delle diverse aree sottoposte a bonifica sono stati redatti specifici Schemi Attuativi in cui sono state definite le stazioni di monitoraggio, le analisi da effettuare e le relative frequenze di indagine.

RISULTATI DEL MONITORAGGIO

Nei successivi paragrafi verranno discussi i risultati del monitoraggio effettuato sul comparto abiotico ed in particolare i risultati delle analisi chimiche condotte sui campioni di colonna d'acqua. Le misure effettuate con le sonde multiparametriche, utilizzate sia in modalità fissa che per l'esecuzione dei profili verticali, saranno utilizzate a corredo delle determinazioni analitiche. I risultati saranno discussi in relazione alle diverse attività di bonifica e dragaggio attuate dall'Autorità Portuale:

- Dragaggio dei fondali antistanti il Terminal Ravano (da dicembre 2006 a ottobre 2010)
- Periodo intermedio in assenza di attività di dragaggio (da luglio 2010 ad ottobre 2013)
- Dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione (da ottobre 2013 a luglio 2014)
- Dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi (da dicembre 2014 a giugno 2015)
- Dragaggio dei fondali ad est del Molo Fornelli (da settembre 2015 a gennaio 2016)
- Monitoraggio in assenza di attività di dragaggio (da marzo 2016 a dicembre 2017)

Per facilitare la lettura dei dati si è deciso di suddividerli in relazione alle diverse fasi di monitoraggio e distinguere i campioni superficiali dai profondi.

Le prove di bioaccumulo condotte sui mitili prelevati dagli impianti verranno invece discusse in un unico paragrafo in quanto, non avendo a disposizione dati sull'origine dei mitili presenti negli allevamenti né sul periodo trascorso in mare, non si ritiene di poter stabilire una relazione diretta tra eventuali fenomeni di bioaccumulo e le attività di dragaggio effettuate. Il commento ai dati analitici sarà pertanto strettamente descrittivo di quanto misurato.

Per quanto riguarda i risultati delle indagini condotte sui pesci provenienti dall'allevamento presente nel Seno delle Grazie, i risultati dei saggi ecotossicologici effettuati sui campioni d'acqua e la descrizione qualitativa dei transetti effettuati con il ROV in carico ad ISPRA fino al 2010, si rimanda alle relazioni citate nell'introduzione.

Tutti i risultati delle determinazioni analitiche condotte sui campioni d'acqua e le misure eseguite con le sonde multiparametriche (sia fisse che mobili) sono stati implementati ed organizzati in un sistema GIS ed associati alle rispettive stazioni di monitoraggio.

Per ciascun profilo verticale realizzato nelle diverse stazioni di monitoraggio è stata creata una matrice in cui per ciascuna riga sono stati riportati i valori dei parametri monitorati alle diverse profondità.

Per facilitare la rappresentazione dei diversi valori di torbidità si è deciso di raggruppare le misure in 6 classi corrispondenti ad altrettanti colori questa analisi è stata effettuata da ottobre 2013 quando è iniziato il dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione. Pertanto ogni misura di torbidità è stata associata al punto georeferenziato nella stazione di monitoraggio con il colore corrispondente alla classe di valori di appartenenza, come riportato di seguito:

- NTU < 1 (celeste chiaro)
- 1 < NTU < 3 (azzurro)
- 3 < NTU < 6 (verde)
- 6 < NTU < 12 (giallo)
- 12 < NTU < 24 (arancione)
- NTU > 24 (fucsia)

Per la rappresentazione delle misure si è stabilito di identificare delle fasce di profondità ed associare a ciascuna di esse il più alto valore misurato. Le fasce di profondità identificate sono le seguenti:

- superficiale (da 0.5 a 3 m)
- intermedia (da 3.5 a 7 m)
- profonda (da 7.5 a 10 m)
- molto profonda (da 10.5 m al fondo)

Per la visualizzazione dei risultati sono state create delle mappe di sintesi in cui sono stati rappresentati i dati rilevati nel corso delle diverse campagne di monitoraggio. Queste ultime sono state raggruppate sia in relazione alla fase di monitoraggio (ante operam, in corso d'opera e post operam) sia in relazione alla stagione in cui sono state effettuate. Per ogni gruppo di immagini pertanto sono state generate 4 mappe corrispondenti alle quattro fasce di profondità individuate.

I valori misurati dalle sonde fisse sono stati classificati rispettando le 6 classi utilizzate per le misure eseguite con la sonda mobile. Poiché le sonde sono ancorate a circa 4 m di profondità, le relative misure sono rappresentative dello strato intermedio (da 3.5 a 7 m). Poiché le sonde fisse restituiscono dati orari, ottenuti dalla media delle misure effettuate ogni 10 minuti, nella mappa relativa allo strato intermedio il colore del punto rappresentativo della stazione fissa corrisponde al più alto valore acquisito dalla sonda nel periodo considerato (ad esempio campagne in corso d'opera durante la stagione primaverile).

I risultati delle analisi chimiche sono stati organizzati in un GIS, sono state calcolate alcune statistiche descrittive e sono stati realizzati alcuni grafici di sintesi. Per importare i dati in GIS ed effettuare le elaborazioni, i valori inferiori al limite di quantificazione sono stati sostituiti con la metà del limite stesso.

Al fine di avere uno strumento di confronto per i principali parametri chimici ricercati, si è fatto riferimento anche, laddove presenti, ai valori medi annuali (SQA-MA) e massimi ammissibili (SQA-CMA) degli Standard di Qualità Ambientale indicati in TAB.1/A Allegato1 Parte III del D.Lgs 152/2006 "Standard di qualità nella colonna d'acqua per le sostanze dell'elenco di priorità" ed il relativo aggiornamento ai sensi del D.Lgs. 172/2015 che sono stati utilizzati a seconda del periodo di acquisizione dei dati di monitoraggio, riportati in Tabella 1. Si precisa però che tali valori sono applicabili ai corpi idrici marino costieri e non direttamente alle aree portuali.

Il Piano di Tutela delle Acque della Regione Liguria prevede infatti che la geometria dei corpi idrici marino-costieri escluda le aree interne ai porti commerciali, che in base ai criteri tecnici di individuazione e tipizzazione sono stati considerati come pressioni esterne ai corpi idrici. In particolare l'individuazione cartografica del corpo idrico marino "Golfo della Spezia" (cod.

IT07CW01101125) evidenza che la parte interna del Golfo tra Cadimare e santa Teresa non è classificata come corpo idrico e di conseguenza resta esclusa dall'applicazione degli standard di qualità ambientale.

Tabella 1 – Standard di qualità ambientale ai sensi del D. Lgs. 152/06 e del D.Lgs. 172/2015 per i parametri ricercati durante il monitoraggio

	Tab.1A D.Lgs. 152/06		Tab.1A modificata da D.Lgs. 172/2015	
	SQA-MA	SQA-CMA	SQA-MA	SQA-CMA
Cadmio (µg/l)	0.2	-	0.2	0.45-1.5
Arsenico (µg/l)	5		5	
Piombo e composti (µg/l)	7.2	-	1.3	14
Fluorantene (µg/l)	0.1	1	0.0063	0.12
Antracene (µg/l)	0.1	0.4	0.1	0.1
Benzo(a)pirene (µg/l)	0.05	0.1	0.00017	0.027
Benzo(b)fluorantene (µg/l)	Sommatoria 0.03	-	-	0.017
Benzo(k)fluorantene (µg/l)				0.017
Benzo(ghi)perilene (µg/l)	Sommatoria 0.02	-	-	0.00082
Indeno(123-cd)pirene (µg/l)				-
Mercurio e composti (µg/l)	0.01	0.06	-	0.07

Infine, per ogni fase del monitoraggio, al fine di studiare le variazioni temporali dei parametri chimici ricercati e renderle direttamente confrontabili con l'andamento delle concentrazioni dei solidi sospesi è stata effettuata una normalizzazione di tipo min-max.

In Tabella 2 si riportano i valori minimi, medi e massimi di ciascun parametro, calcolati per tutta la durata del monitoraggio ed utilizzati per effettuare la normalizzazione.

Tabella 2 – Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate per le campagne di monitoraggio effettuate dal 2006 al 2017

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	1	0.005	0.001	0.0001	0.010	0.013
	Massimo	31	0.306	0.630	0.300	9.985	8.330
	Media	11	0.054	0.006	0.008	0.501	1.101
Campioni profondi	Minimo	1	0.007	0.001	0.0001	0.010	0.075
	Massimo	37	1.480	0.060	1.000	12.563	16.200
	Media	12	0.068	0.005	0.012	0.466	1.073

I valori normalizzati dei parametri, per ciascuna fase di monitoraggio, sono stati infine rappresentati in singoli grafici, distinti per campioni superficiali e profondi. Sull'asse delle ascisse sono state riportate le stazioni, identificate per numero e campagna, nelle quali è stato eseguito il profilo analitico completo (solidi sospesi, arsenico, cadmio, mercurio, piombo, zinco ed IPA), mentre sulle ordinate i valori normalizzati dei parametri ricercati, su una scala compresa tra zero ed uno. Ciascuna linea del grafico è pertanto rappresentativa dell'andamento del relativo parametro per ciascuna stazione nel corso delle diverse campagne.

La scelta di questo tipo di rappresentazione ha consentito di confrontare gli andamenti delle concentrazioni dei diversi parametri e valutare se vi fossero corrispondenze tra le variazioni di solidi sospesi e quelle dei contaminanti ricercati.

Monitoraggio delle attività di bonifica/dragaggio dei fondali antistanti il Terminal Ravano (Dicembre 2006 - giugno 2010)

La bonifica dei fondali antistanti il Terminal Ravano, dopo svariati rinvii, è iniziata nel mese di dicembre 2007. I sedimenti, secondo quanto riportato nel progetto preliminare di bonifica di ICRAM, presentavano una contaminazione piuttosto contenuta e limitata ad alcune aree, dovuta essenzialmente al superamento dei limiti di intervento locali da parte di piombo e mercurio.

Monitoraggio *ante operam*

Preliminarmente alle attività di monitoraggio per la bonifica dei fondali antistanti il Terminal Ravano erano state effettuate 3 campagne di monitoraggio, rispettivamente nei mesi di giugno, luglio e dicembre 2003. Tali campagne erano state eseguite in previsione delle diverse attività di bonifica previste nella Rada, ma i dati acquisiti durante tali campagne non sono stati presi in considerazione nella presente relazione, sia perché troppo distanti dal punto di vista temporale, sia perché le misure erano state effettuate su stazioni diverse. Le determinazioni effettuate sono comunque state commentate nella prima relazione ARPAL

<http://apsp.macisteweb.com/monitoraggio>.

A causa del ripetuto procrastinarsi dell'inizio delle attività di escavo, al fine di acquisire lo stato di qualità ambientale al "tempo zero" ed avere uno strumento di confronto da utilizzare come riferimento per i monitoraggi in corso d'opera e *post operam*, sono state effettuate diverse campagne di bianco. Le prime campagne di bianco sono state condotte nei mesi di dicembre 2006, marzo e giugno 2007. Successivamente, nel mese di luglio 2007, in previsione di un imminente avvio delle operazioni di bonifica, sono state effettuate 4 campagne di monitoraggio a distanza di pochi giorni l'una dall'altra.

Il 9 luglio ed il 22 novembre 2007 sono state eseguite alcune prove di rimozione del sedimento e contestualmente due campagne di monitoraggio, considerate comunque campagne di bianco, poiché i quantitativi di sedimento rimossi erano estremamente ridotti (circa 200-300 m³) e pertanto trascurabili. Da dicembre 2006 a novembre 2007 sono state condotte in totale 9 campagne di monitoraggio *ante operam* (Tabella 3).

Tabella 3 – Campagne di monitoraggio da dicembre 2006 a novembre 2007

BONIFICA FONDALI TERMINAL RAVANO		
Quantitativi dragati (m ³)	Attività di monitoraggio <i>ante operam</i>	
	18-21/12/2006	Monitoraggio <i>ante operam</i>
	13/03/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i>
	06/06/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i>
400	09/07/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i> *
	12/07/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i>
	16/07/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i>
	19/07/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i>
200	22-23/11/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i> *
	28/11/2007	Monitoraggio <i>ante operam</i>

Come previsto dal Piano di monitoraggio, nella fase *ante operam* è stato messo a punto un sistema integrato di utilizzo di sonde fisse e sonde mobili per la rilevazione dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua. Dal 24 marzo 2007, sono stati acquisiti dalle sonde fisse, con frequenza oraria i dati di torbidità, potenziale redox, clorofilla a, pH, temperatura, conducibilità e salinità. Le sonde sono state collocate, ad una profondità di circa 4 m, al di sotto di 2 boe trasmettenti, ormeggiate rispettivamente presso l'impianto di itticoltura (BOA A stazione P0195) delle Grazie e nell'area antistante gli allevamenti di mitilicoltura di interno diga ponente (BOA B stazione P0199).

Durante ogni campagna di monitoraggio, a partire dal 22 novembre 2007, sono stati eseguiti profili verticali con sonda multiparametrica in corrispondenza di 30 stazioni georeferenziate individuate lungo transetti orizzontali distribuiti lungo tutta la Rada.

Nel corso delle campagne di monitoraggio è stato effettuato il prelievo di campioni d'acqua, a due profondità in 8 stazioni, per la determinazione dei solidi sospesi e dei parametri definiti nello schema attuativo (Figura 1).

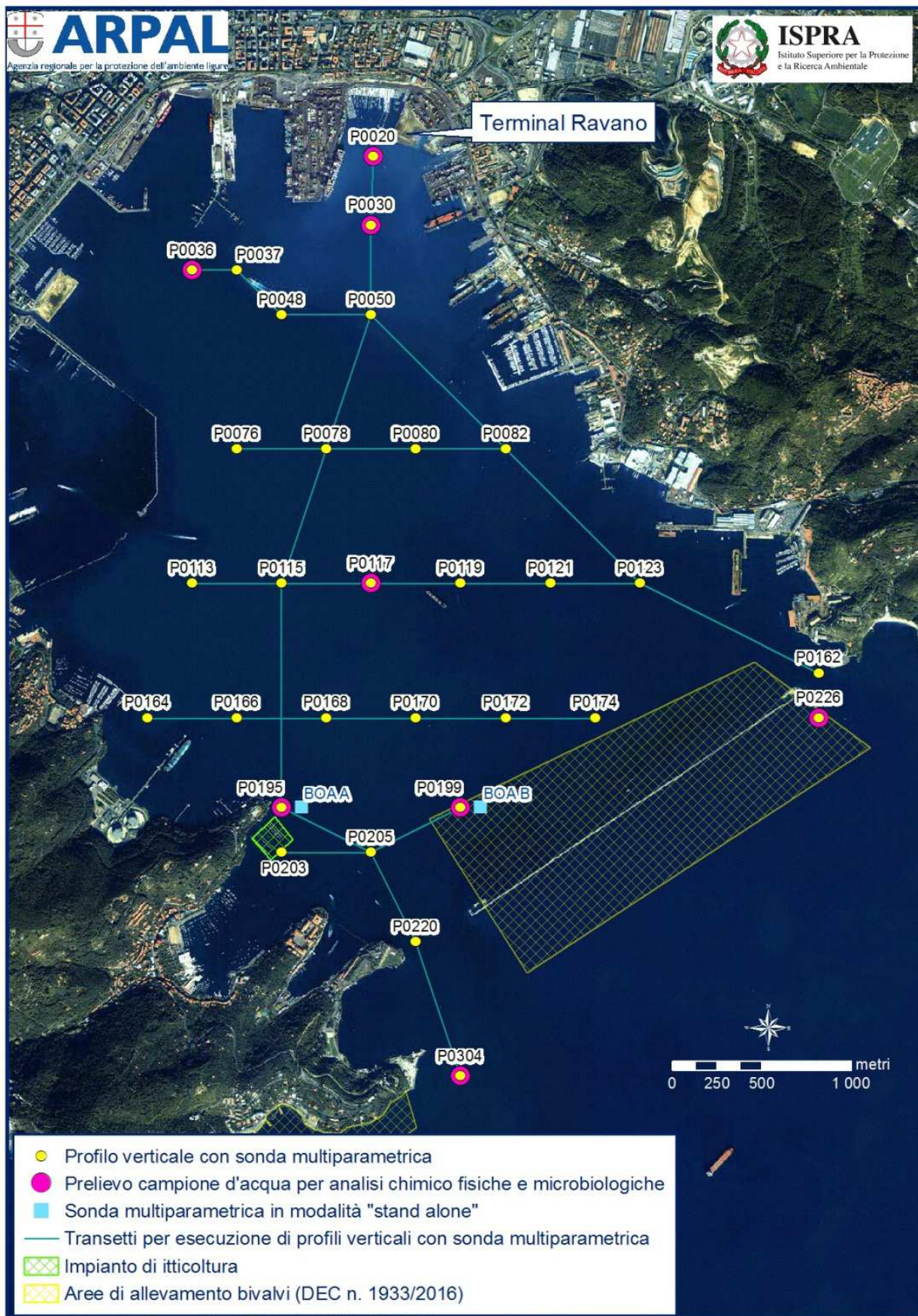


Figura 1 – Ubicazione delle stazioni di monitoraggio effettuate durante la bonifica dei fondali antistanti il Terminal Ravano.

Nei grafici a barre di Figura 2 e Figura 3 sono rappresentate le concentrazioni dei solidi sospesi misurate in ciascuna stazione durante le 9 campagne di monitoraggio *ante operam*, distinti per campione superficiale e profondo.

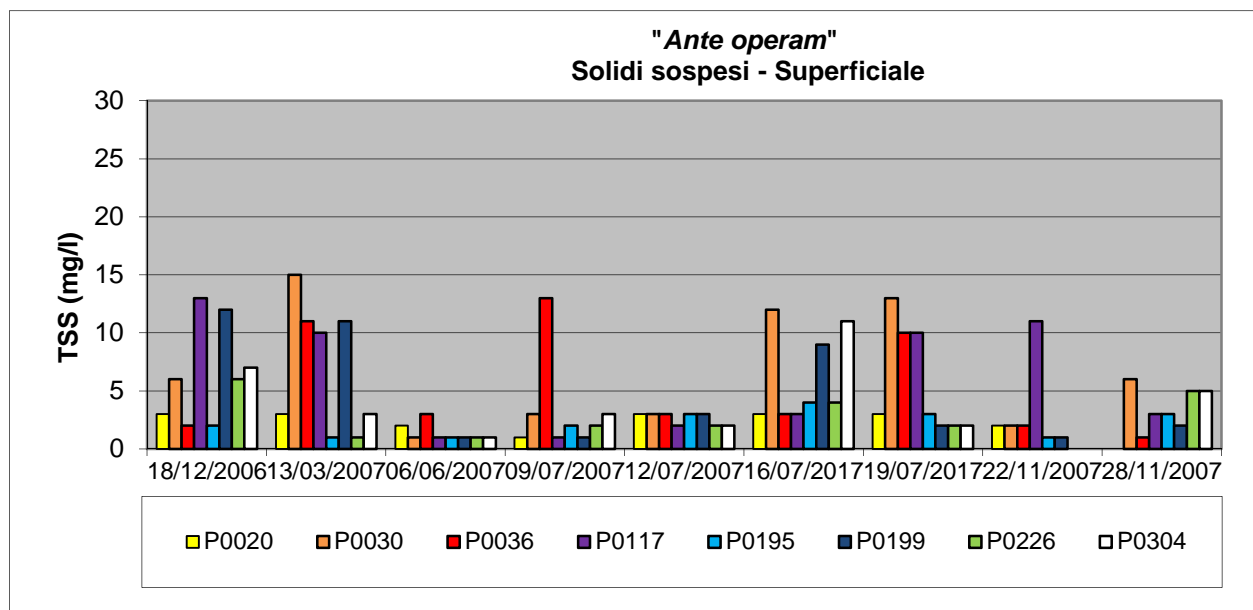


Figura 2 – Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

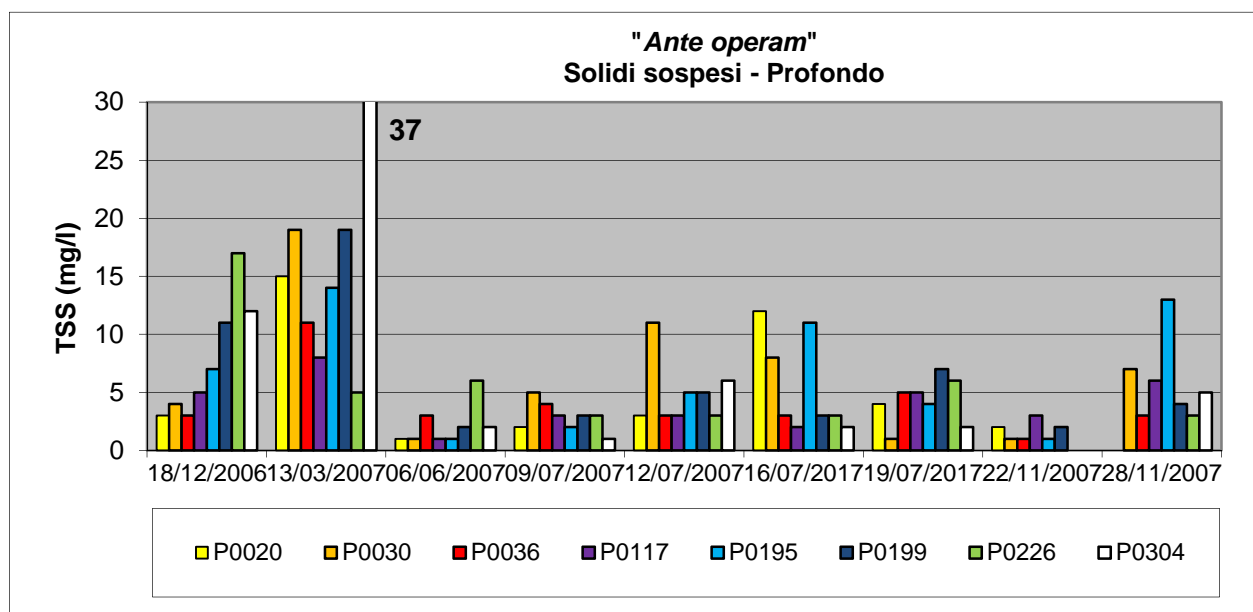


Figura 3 – Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

Analizzando i grafici si può osservare che in generale le concentrazioni sono risultate sempre generalmente basse (per lo più inferiori a 5 mg/l) e non hanno mai superato i 15 mg/l in superficie ed i 19 mg/l in prossimità del fondo.

Fa eccezione il campione profondo della stazione P0304, posizionata esternamente all'imboccatura di ponente della rada, prelevato durante la campagna di marzo, in cui la

concentrazione è risultata pari a 37 mg/l (Nel campione superficiale invece i solidi sospesi erano risultati pari a 3 mg/l).

Osservando il grafico si può comunque evidenziare che in tutti i campioni profondi prelevati nella stessa giornata i solidi sospesi sono risultati più alti rispetto alle altre campagne. Si segnala che nei giorni precedenti il campionamento sono spirati costantemente venti da nord ovest con velocità media di 10 m/s e punte di oltre 20 m/s che potrebbero avere determinato la formazione di correnti sul fondo e la conseguente risospensione dei sedimenti.

Escludendo l'unico valore piuttosto elevato sopra discusso, si può assumere che in assenza di attività di dragaggio, le concentrazioni di solidi sospesi siano generalmente inferiori a 20 mg/l. A tal riguardo si riporta come riferimento il testo *Michigan water quality standard* (http://www.michigan.gov/documents/deq/wb-npdestotalsuspendedsolids_247238_7.pdf) in cui, campioni d'acqua con concentrazioni di solidi sospesi inferiori a 20 mg/l, vengono ritenuti "puliti".

L'esecuzione di profili verticali con sonda multiparametrica nelle stazioni previste dal piano di monitoraggio, con acquisizione dei dati ogni 50 cm di profondità, è stata eseguita con continuità a partire dalla campagna di monitoraggio del 22 novembre 2007. Durante le campagne effettuate nel periodo in esame, i valori di torbidità rilevati lungo i profili verticali sono risultati in generale inferiori a 3 NTU. Fanno eccezione i valori acquisiti nei primi metri di profondità nella stazione P0115 (ubicata lungo il canale di accesso al centro del golfo) il 22 novembre 2007 in cui sono stati misurati, limitatamente allo strato più superficiale (fino a 2.5 m) valori di torbidità intorno a 30 NTU.

Anche la serie storica dei dati orari acquisiti in continuo dalle sonde fisse, dal 24/03/2007, ha evidenziato, in entrambe le stazioni di monitoraggio, valori in generale inferiori a 3 NTU. Solo in BOA B, nelle prime ore della mattina in data 12/09/2007 sono stati rilevati 8 successivi valori intorno a 12-13 NTU. Altri valori maggiori di 10 NTU sono stati riscontrati o in modo solo puntuale (e quindi scarsamente significativo), oppure nelle ore precedenti l'esecuzione degli interventi di pulizia della sonda (e quindi non realistici, perché immediatamente scesi al di sotto di 3 NTU, in seguito agli interventi di pulizia eseguiti a cura di ARPAL).

In Figura 4 sono state rappresentate le concentrazioni di Arsenico, determinate sul particellato nei campioni prelevati in prossimità del fondo. Il grafico relativo ai campioni superficiali non è stato riportato in quanto le concentrazioni, estremamente basse, sono rimaste costanti in tutte le stazioni per tutte le campagne di monitoraggio *ante operam*.

Circa il 95% dei valori misurati sia nei campioni superficiali che in quelli profondi, è risultato inferiore a 0.1 µg/l. Fanno eccezione le concentrazioni dei campioni profondi, prelevati durante la campagna di marzo. In particolare nelle stazioni P0030 (0.35 µg/l) e P0199 (0.653 µg/l) sono stati evidenziati i valori più alti. Tali valori si discostano nettamente dal valore medio calcolato su tutte le stazioni che è pari a 0.05 µg/l. Si precisa inoltre che il limite di quantificazione utilizzato è 0.025 µg/l.

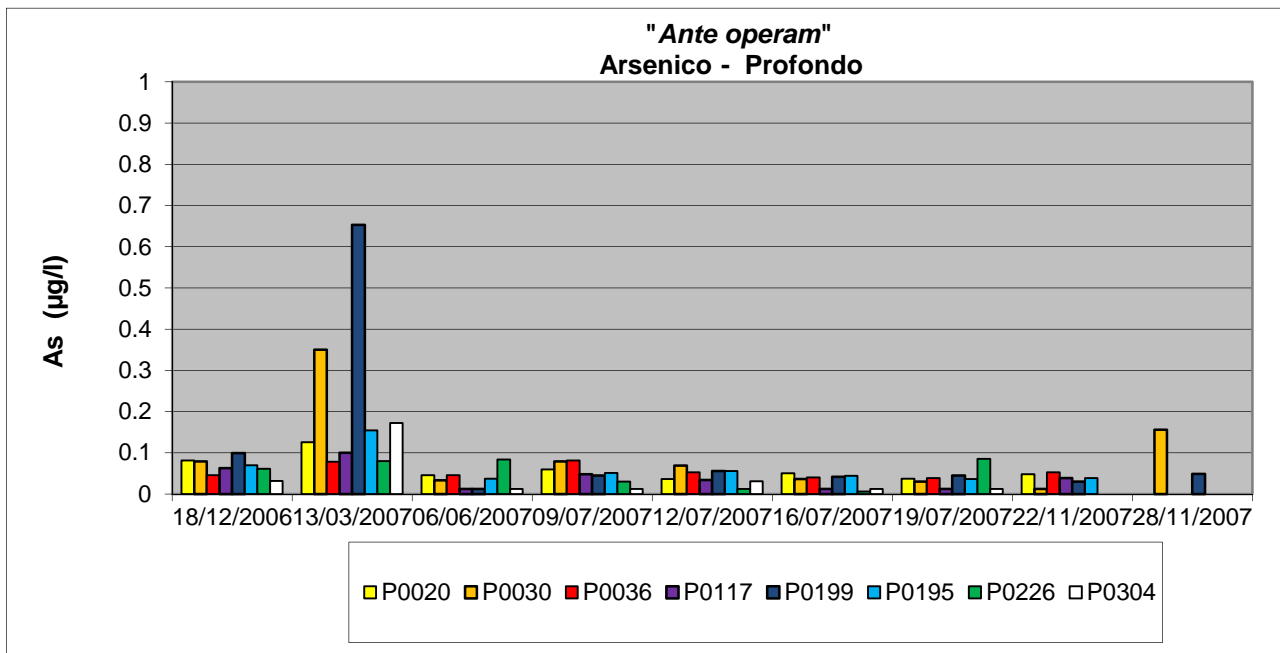


Figura 4 – Concentrazioni di arsenico misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

In Figura 5 sono riportate le concentrazioni di cadmio, determinate sul particellato nei campioni prelevati in prossimità del fondo. Il grafico relativo ai campioni superficiali non è stato riportato in quanto le concentrazioni, sono risultate sempre inferiori a 0.01 µg/l.

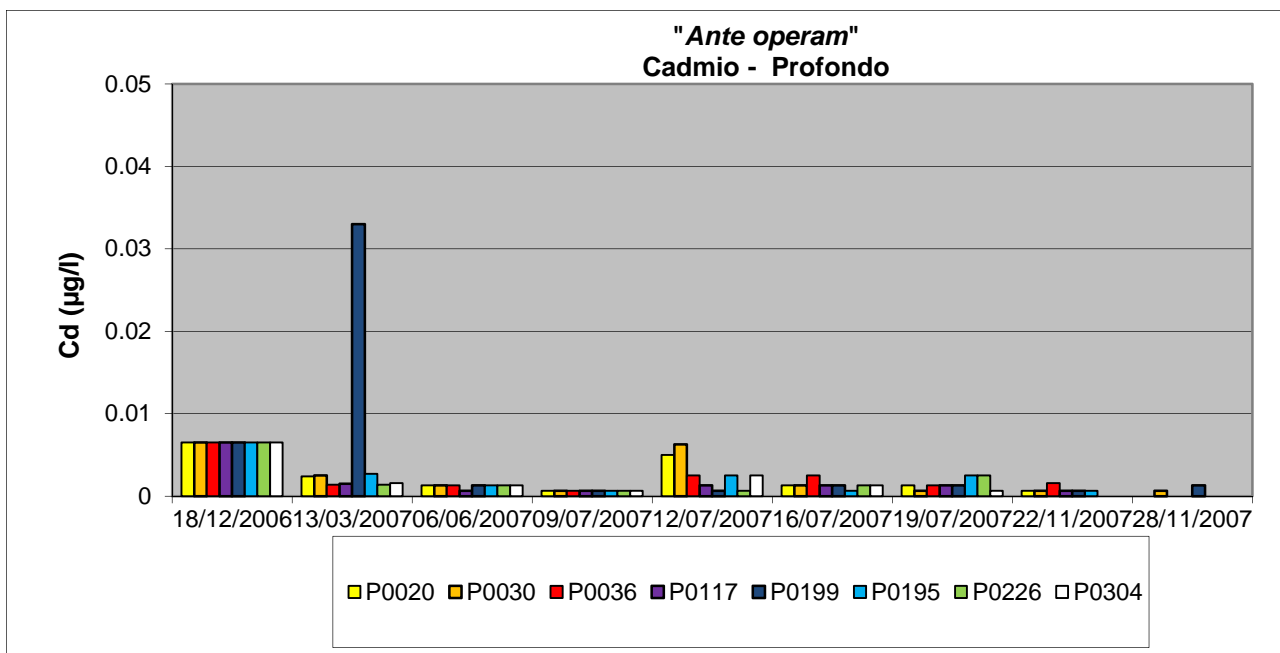


Figura 5 – Concentrazioni di cadmio misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

Dal grafico si evidenzia un unico valore, riscontrato durante la campagna di marzo e pari a 0.033 µg/l, circa un ordine di grandezza superiore al valore medio (0.002 µg/l). Nelle altre campagne la concentrazione del parametro si è mantenuta quasi sempre intorno al valore medio (i risultati relativi alla campagna del 18 dicembre 2006 sono risultati sempre inferiori al limite di

quantificazione, pari a 0.013 µg/l, un ordine di grandezza superiore a quello utilizzato nelle campagne successive (0.0013 µg/l).

In Figura 6 e Figura 7 sono riportate le concentrazioni di mercurio determinate nei campioni superficiali e profondi.

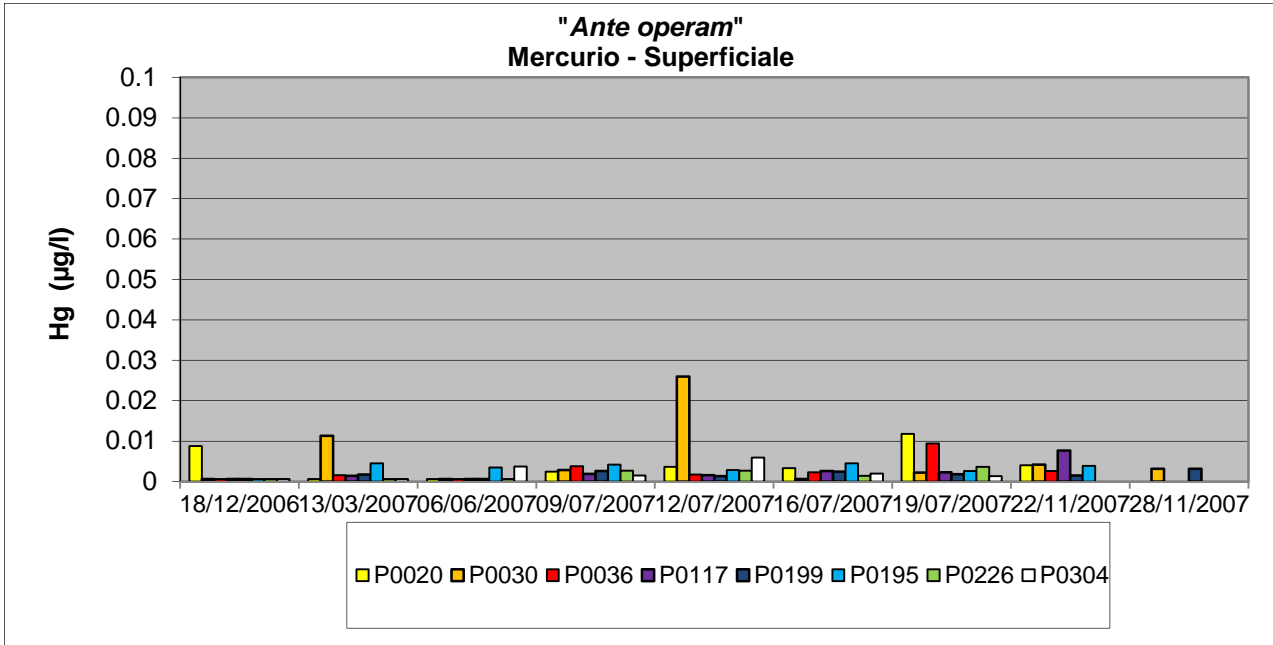


Figura 6 – Concentrazioni di mercurio misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

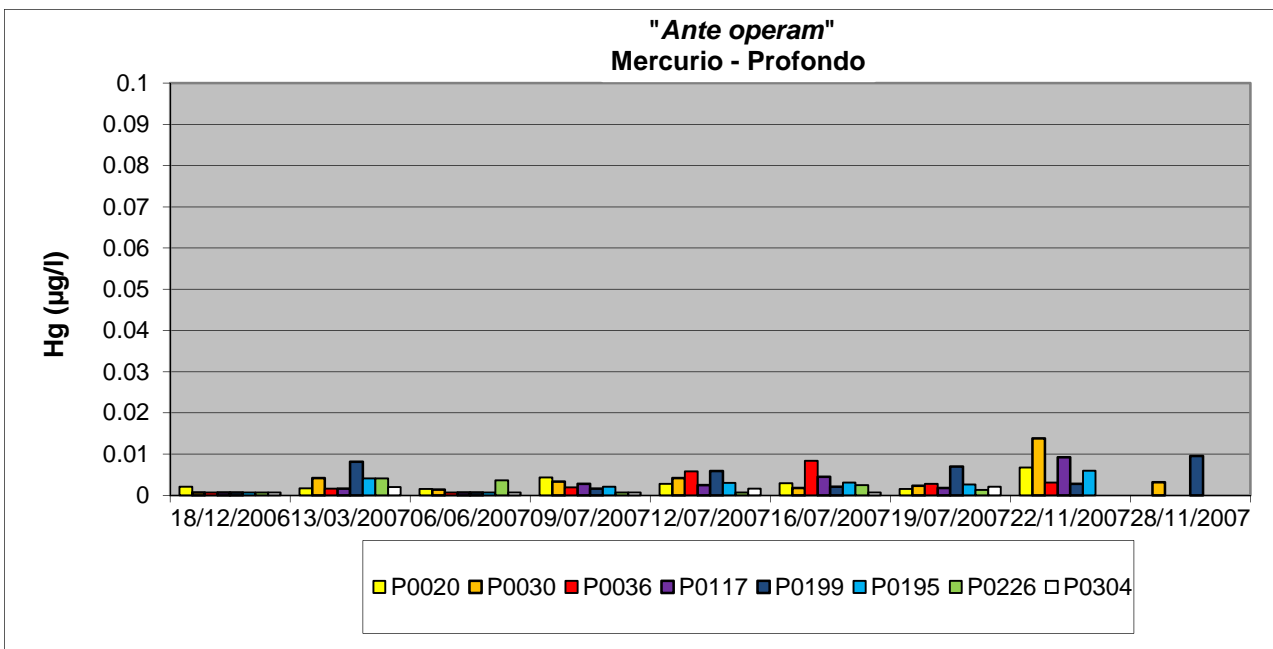


Figura 7 – Concentrazioni di mercurio misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

Tale parametro è risultato più variabile rispetto ad arsenico e cadmio, con oscillazioni indipendenti dalla stagione e dalla profondità. Il valore medio calcolato è risultato pari a 0.003 µg/l, mentre il massimo, misurato in P0030 (0.026 µg/l) era circa un ordine di grandezza superiore.

In Figura 8 e Figura 9 sono riportate le concentrazioni di piombo nei campioni superficiali e profondi.

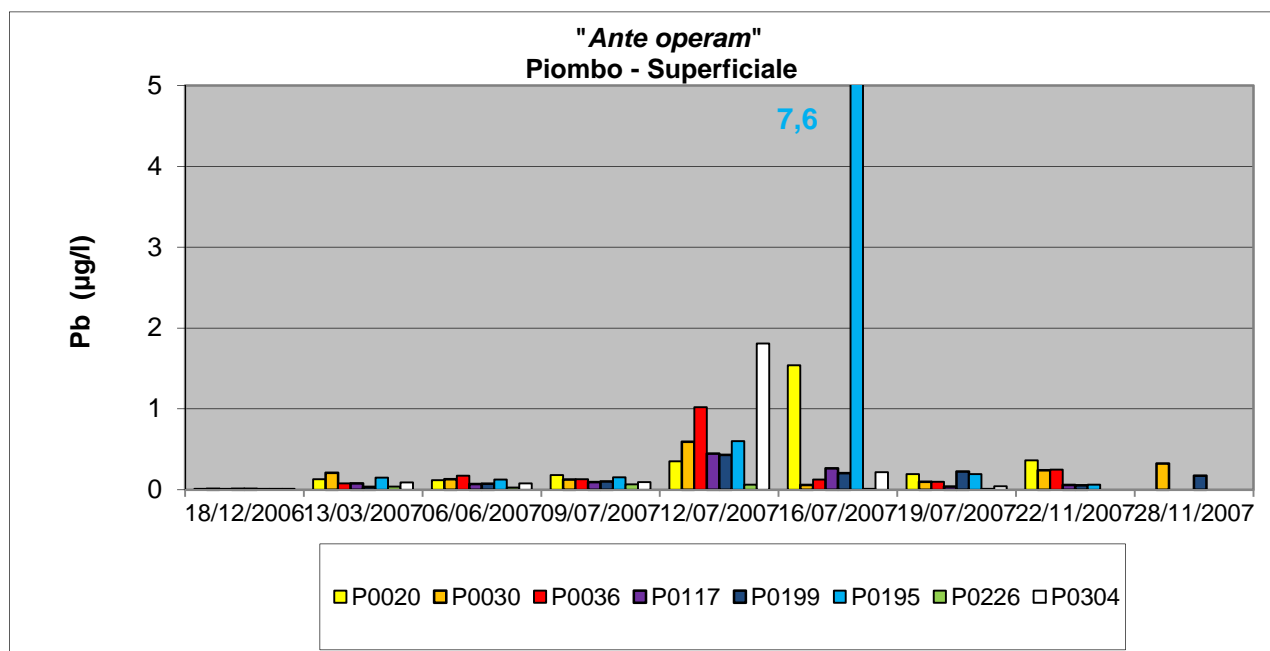


Figura 8 – Concentrazioni di piombo misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

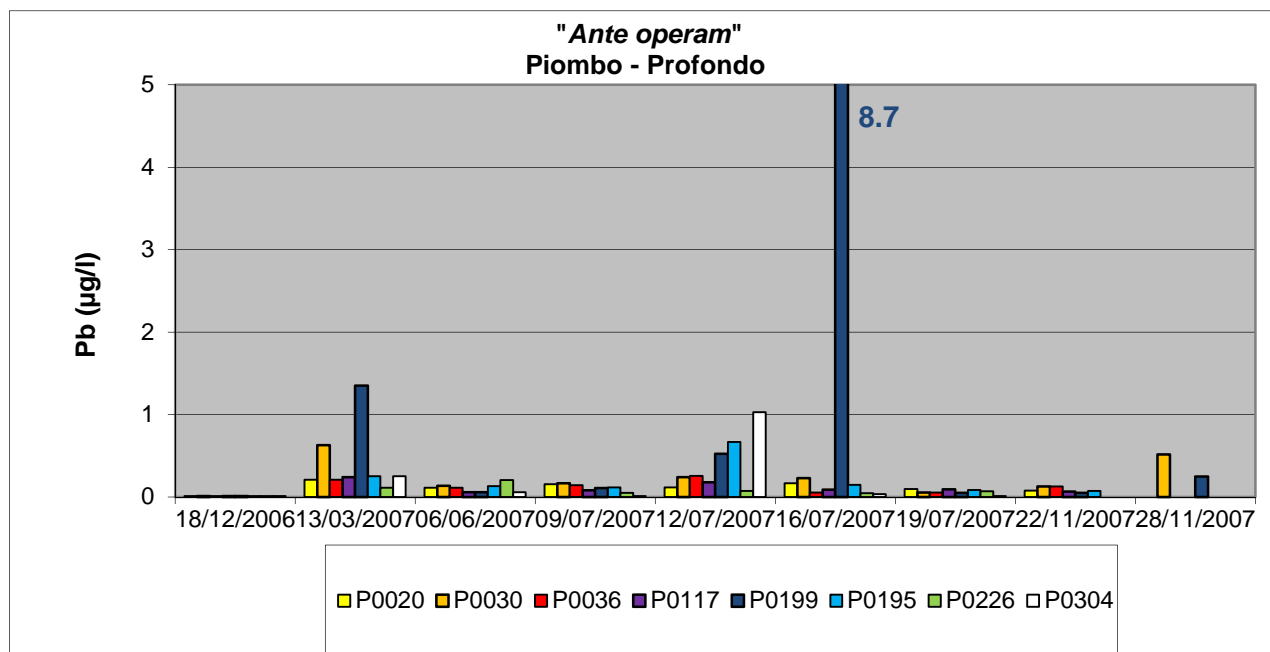


Figura 9 – Concentrazioni di piombo misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

Dall'osservazione dei grafici si possono mettere in evidenza concentrazioni più elevate nei campioni prelevati durante le campagne del 12 e 16 luglio. In particolare il 16 luglio nel campione superficiale della stazione P0195 e nel campione profondo della P0199 sono state misurate concentrazioni molto più alte, confrontabili con lo Standard di qualità Ambientale previsto dal D.Lgs. 152/06 (SQA-CMA 7 µg/l). Si precisa l'assenza di fenomeni meteo rilevanti nei giorni

precedenti. Ad eccezione del valore anomalo misurato durante la campagna di luglio, il valore medio è risultato comunque molto basso e pari a 0.3 µg/l. si segnala inoltre che nella campagna di dicembre le concentrazioni di piombo sono risultate sempre inferiori al limite di quantificazione (0.025 µg/l).

Si riportano in

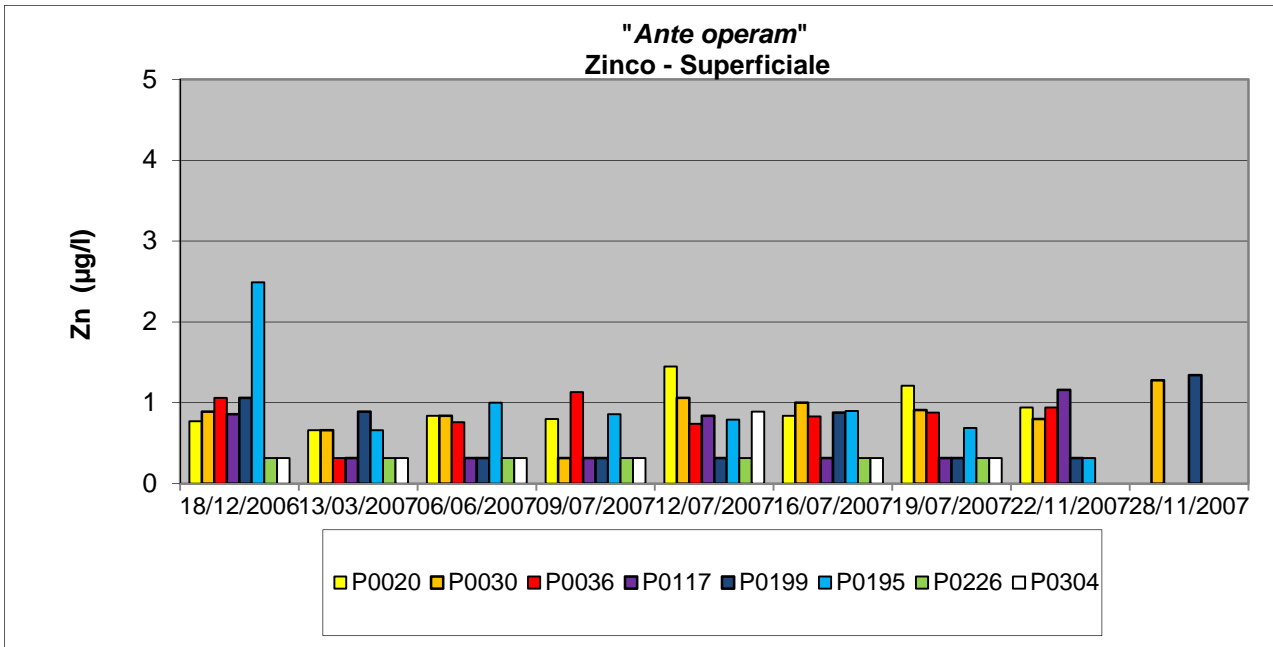


Figura 10 e Figura 11 le concentrazioni di zinco determinate nei campioni superficiali e profondi.

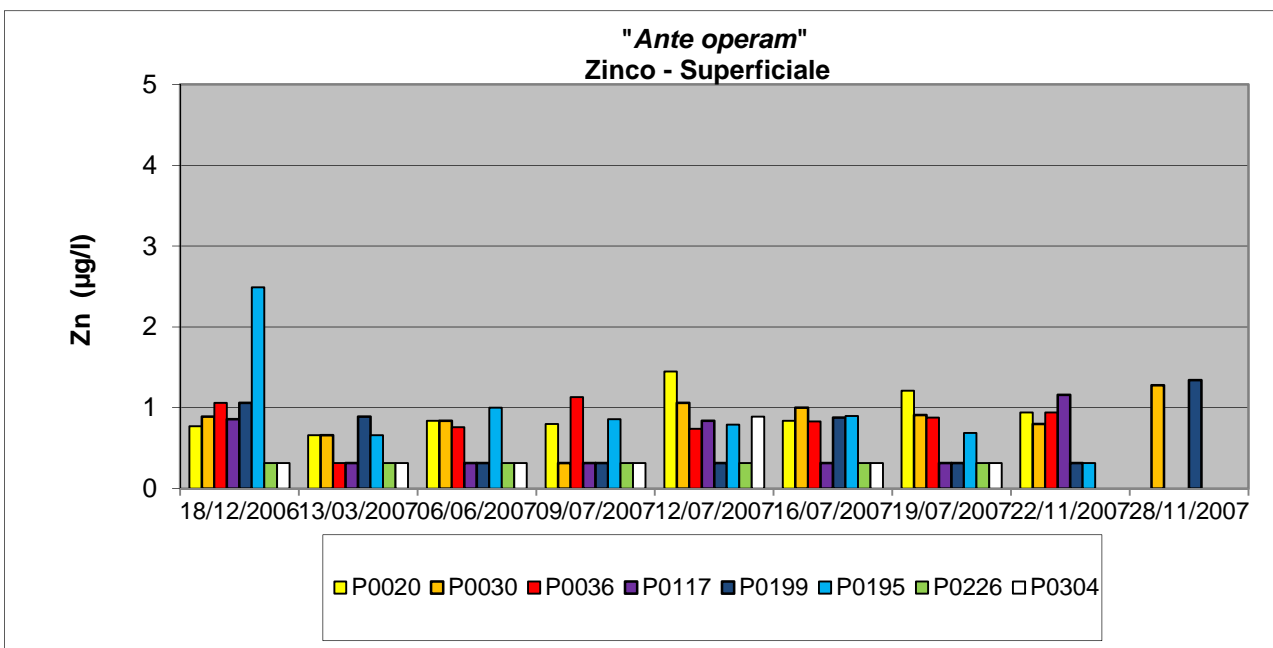


Figura 10 – Concentrazioni di zinco misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio ante operam (da dicembre 2006 a novembre 2007)

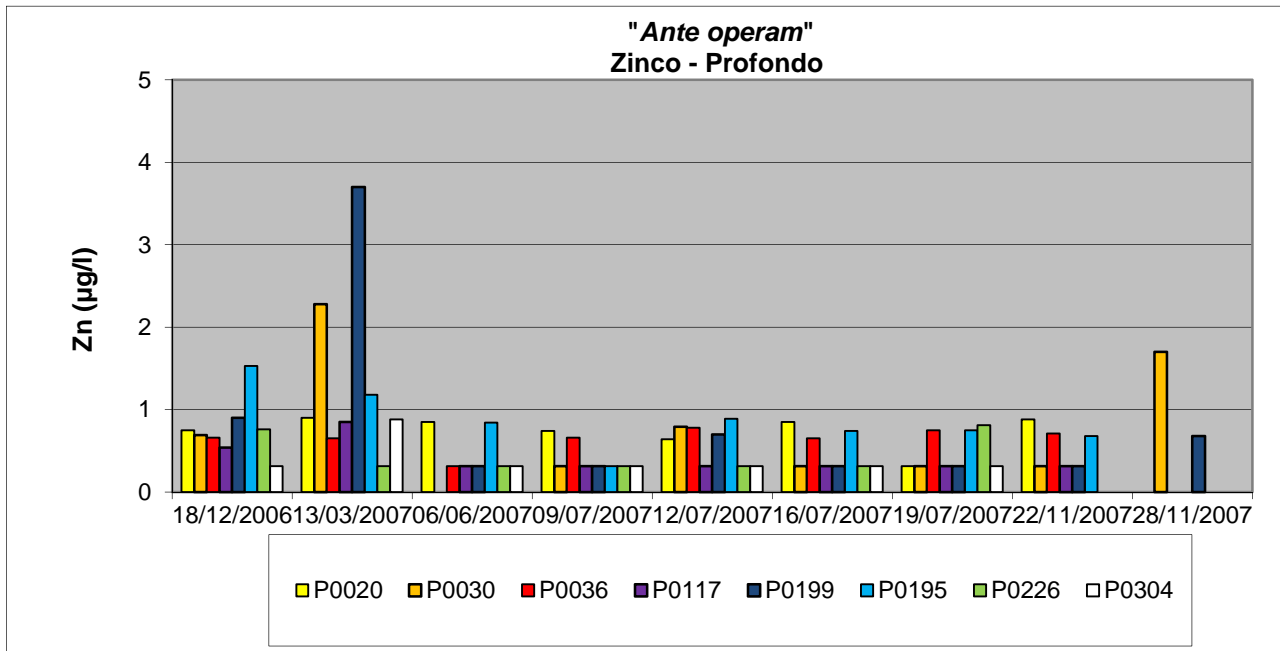


Figura 11 – Concentrazioni di zinco misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio *ante operam* (da dicembre 2006 a novembre 2007)

In circa la metà dei campioni la concentrazione di zinco è risultata inferiore al limite di quantificazione pari a 0.63 µg/l. Nei restanti campioni sono state generalmente misurate concentrazioni inferiori a 1 µg/l con l'eccezione solamente di pochi campioni in cui sono state determinate concentrazioni di poco superiori. I più alti valori di zinco misurati sono stati pari a 2.49 µg/l in superficie e 3.7 µg/l in prossimità del fondo.

Si segnala che durante la campagna di marzo 2007 nel campione profondo prelevato nella stazione P0199 non solo lo zinco ma anche gli altri metalli determinati sono risultati più alti dei valori medi. Nello stesso campione sono stati determinati 19 mg/l di solidi sospesi, valore piuttosto alto rispetto a quanto misurato durante le altre campagne ma in linea con i valori determinati nelle altre stazioni durante la stessa campagna di monitoraggio.

A completamento delle analisi sopra descritte, si riporta di seguito anche una sintesi dei risultati inerenti gli altri parametri ricercati.

I valori del vanadio e dello stagno sono risultati generalmente inferiori al limite di quantificazione strumentale, pari per entrambi i parametri a 0.15 µg/l. Per il Vanadio solo in alcuni casi sono state determinate concentrazioni maggiori al limite di quantificazione (valore massimo rilevato: 0.5 µg/l nel campione profondo della stazione P0304 il 13/03/2007), mentre per lo Stagno, le concentrazioni determinate sono risultate leggermente più alte (il valore più alto pari a 1.31 µg/l è stato determinato nel campione profondo della stazione P0036 nella campagna del 16 luglio 2007).

I valori dei PCB sono sempre risultati inferiori al limite di quantificazione pari a 0.005 µg/l.

Anche i singoli IPA ricercati sono risultati sempre inferiori ai rispettivi limiti di quantificazione ad eccezione di quelli determinati nel campione profondo della stazione P0304 prelevato durante la campagna del 06/06/2007 in cui il pirene è risultato pari a 0.031 µg/l (limite di quantificazione pari a 0.022 µg/l).

I valori di azoto ammoniacale e azoto nitroso sono risultati prossimi o inferiori al limite di rilevabilità in tutti i campioni, pari rispettivamente a 40 µg/l e 10 µg/l; valori maggiori, ma comunque in generale bassi, sono stati riscontrati per il parametro azoto nitrico (valore max pari a 122 µg/l nel campione superficiale della stazione P0203, ubicata in corrispondenza dell'impianto di itticoltura delle Grazie), ad evidenziare che le acque del golfo non presentano particolari problemi di ossigenazione. Analogamente i valori del fosforo totale e ortofosfato sono risultati in tutti i campioni prelevati (sia nelle stazioni interne che esterne alla diga foranea) e ad entrambe le profondità prossimi o inferiori al limite di rilevabilità, rispettivamente pari a 30 µg/l e 10 µg/l.

Le concentrazioni di carbonio organico totale sono risultate per lo più comprese tra 1 e 2 mg/l, in linea con i valori normalmente presenti nelle acque di mare. Nelle campagne del 12/07/2007 e del 16/07/2007 nei campioni delle stazioni ubicate in prossimità della diga foranea sono state misurate concentrazioni maggiori, intorno a 4-5 mg/l, indicative di una più significativa presenza di sostanza organica.

In merito ai parametri microbiologici durante le campagne *ante operam* non è stato riscontrato alcun valore significativo. Gli enterococchi (batterio chiaramente indicatore di un inquinamento di origine fecale) e l'Escherichia Coli (batterio indicatore di un inquinamento di origine fecale, ma più comune e diffuso degli Enterococchi) sono risultati in generale bassi ed anche inferiori ai valori limite individuati per le acque di balneazione (rispettivamente pari a 200 UFC/ml e 500 UFC/ml). Solo nei due campioni superficiali di P0278 (312 UFC/ml) e P0020 (216 UFC/ml) prelevati il 18/12/2006 sono stati rilevati superamenti (limitati) del valore limite del parametro enterococchi per le acque di balneazione.

Anche i valori delle spore di clostridi solfitoriduttori, indicatori di un ambiente anaerobio, sono risultati bassi, a conferma che le acque del golfo non presentano particolari problemi di ossigenazione.

In Tabella 4 infine si riportano le concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli determinate durante il monitoraggio *ante operam*, da utilizzare come riferimento per il commento dei risultati dei monitoraggi attuati in corso d'opera.

Tabella 4 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate durante il monitoraggio *ante operam* (dicembre 2006 – novembre 2007).

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	1	0.013	0.001	0.0007	0.015	0.315
	Massimo	15	0.094	0.007	0.0260	7.560	2.490
	Media	4	0.044	0.002	0.0031	0.319	0.701
Campioni profondi	Minimo	1	0.013	0.001	0.001	0.015	0.315
	Massimo	37	0.653	0.033	0.014	8.683	3.700
	Media	6	0.067	0.003	0.003	0.303	0.653

Campagne di monitoraggio in corso d'opera (Dicembre 2007 - Luglio 2008)

Le attività di bonifica sono iniziate nel mese di dicembre 2007, ma fino a luglio 2008 sono state molto limitate e discontinue. In tale arco di tempo sono stati rimossi circa 5.000 m³ di sedimento, per un totale di 12 giornate lavorative, come riportato in Tabella 5. In questo periodo sono state eseguite 12 campagne di monitoraggio, 3 delle quali durante le operazioni di escavo.

Le iniziali frequenze del monitoraggio della colonna d'acqua, che prevedevano campagne settimanali, sono state ricalibrate nel corso del tempo, poiché le operazioni di dragaggio non sono state continuative ma concentrate solo in alcuni periodi. Pertanto, anche a seguito di una accurata valutazione dei risultati acquisiti, ISPRA ed ARPAL hanno ritenuto opportuno ridurre le frequenze del monitoraggio effettuando, a partire dalla primavera del 2008, campagne quindicinali, anziché settimanali (Allegato 1 - Schema Attuativo Rev. n.15 del Novembre 2008).

Tabella 5 – Campagne di monitoraggio in corso d'opera da dicembre 2007 a luglio 2008

BONIFICA FONDALI TERMINAL RAVANO		
Da dicembre 2007 a luglio 2008 dragati circa 5.000 m³ di sedimento		
Quantitativi dragati (m³)	Attività di monitoraggio in corso d'opera	
400	04/12/2007	
	05/12/2007	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
250	12/12/2007	
200	18/12/2007	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
400	27/12/2007	
500	07/01/2008	
	09/01/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
300	14/01/2008	
	17/01/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
	23/01/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
400	29/01/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
	06/02/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
	11/03/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
300	31/03/2008	
	01/04/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
300	03/04/2008	
300	07/04/2008	
300	08/04/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
	13/05/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
	08/07/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
450	28/07/2008	

Le attività di dragaggio sono state condotte in modo saltuario, per un totale di 20 giorni di lavoro da novembre 2007 a settembre 2008. I sedimenti rimossi tramite benna sono stati insaccati in big bags e successivamente trasferiti sul Molo dove sono stati stoccati in apposite aree impermeabilizzate. Il trasporto dei big bags sulla nave è stato effettuato mediante camion dedicati.

Durante questa fase di monitoraggio ARPAL ha stabilito di effettuare la ricerca degli inquinanti soltanto nelle stazioni P0030 (prossima all'area di escavo) e P0199 (ubicata al centro del Golfo in prossimità dell'allevamento dei mitili). Nelle altre stazioni sono stati ricercati i solidi sospesi, il carbonio organico totale (TOC), i nutrienti (Nitriti, Nitrati, Ortofosfati, Ammoniaca, Fosforo totale), ed i parametri microbiologici (Enterococchi, *Escherichia coli betaglucuronidasi* positivo, Spore di clostridi solfito riduttori).

Dalla campagna di fine novembre non è stato più possibile effettuare il monitoraggio nella stazione P0020, in quanto interna alle panne di conterminazione del campo di dragaggio, mentre sono state mantenute le altre stazioni.

Al fine di valutare eventuali fenomeni di risospensione del sedimento sono riportati in Figura 12 e Figura 13 i valori dei solidi sospesi misurati rispettivamente nei campioni superficiali e profondi.

Le determinazioni dei solidi sospesi sono state messe in relazione con le attività di escavo, dedicando una particolare attenzione alle misure effettuate nella stazione P0030 esterna all'area di escavo e ad i risultati delle analisi effettuate durante le campagne di monitoraggio eseguite contestualmente al dragaggio e/o il giorno successivo. Come riportato in Tabella 5 le volumetrie movimentate sono sempre state molto ridotte e ciò fa presumere eventuali effetti molto limitati e circoscritti al campo di dragaggio.

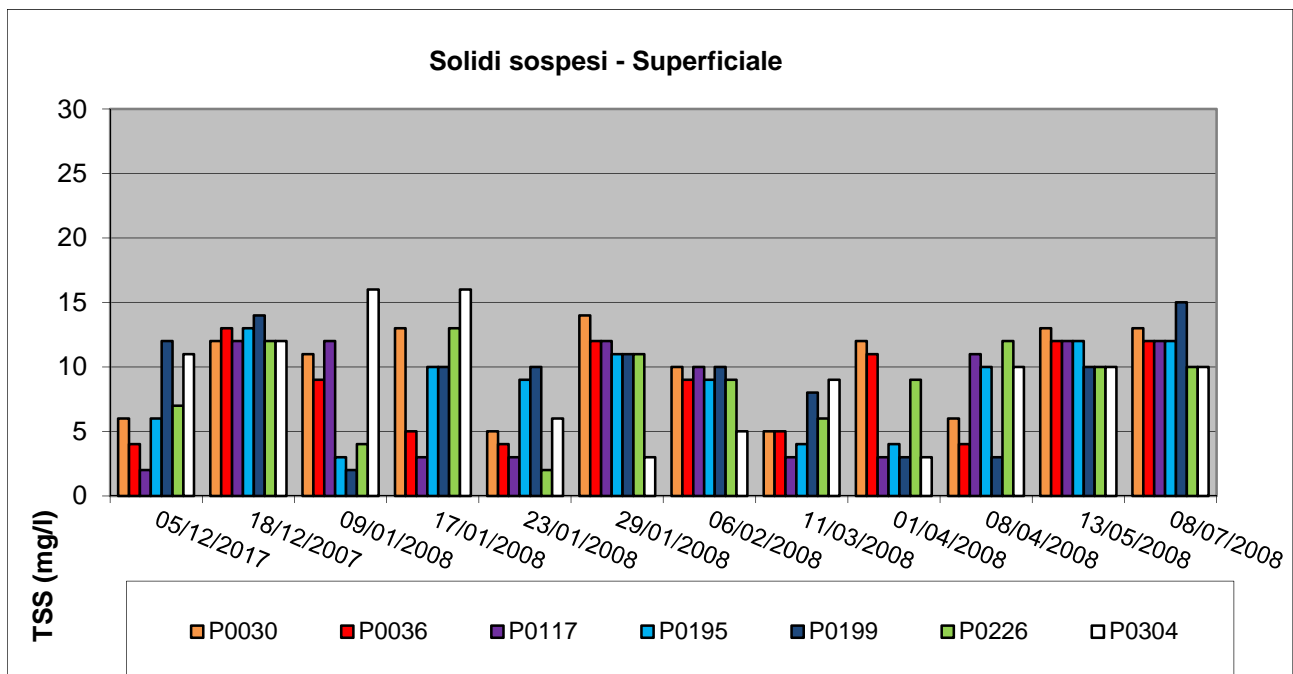


Figura 12 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da dicembre 2007 a luglio 2008)

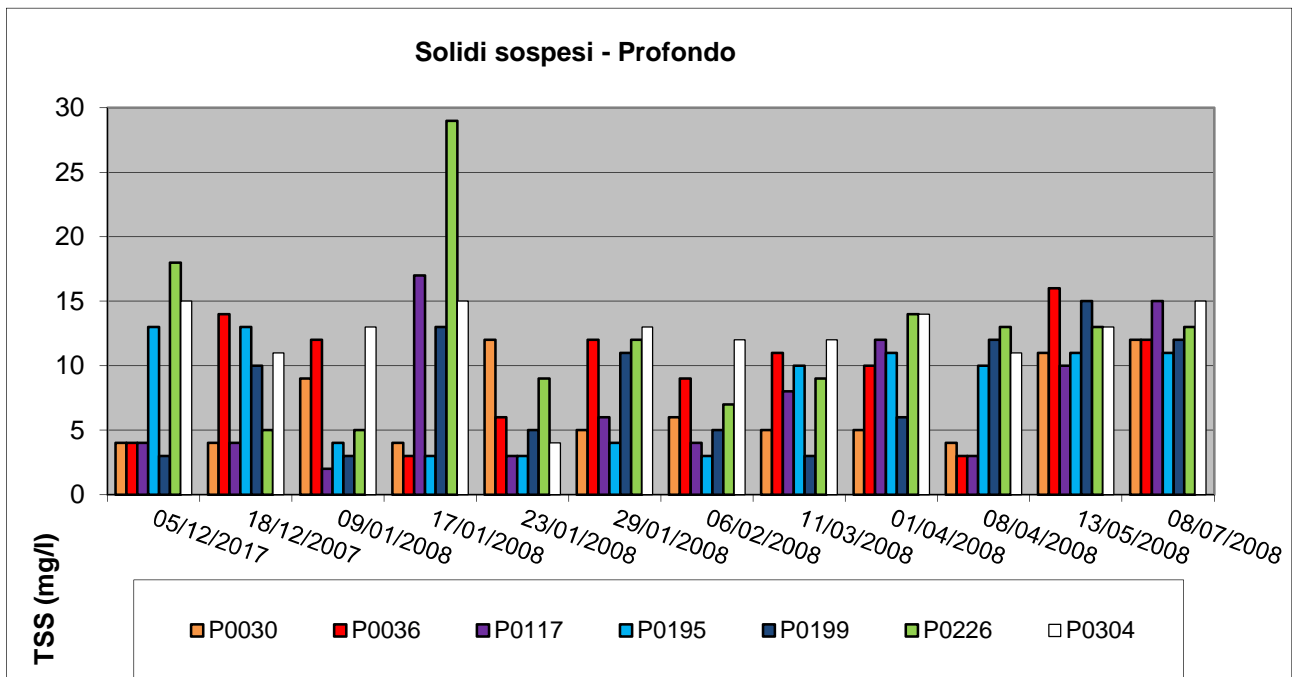


Figura 13 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da dicembre 2007 a luglio 2008)

In generale si può osservare come le concentrazioni misurate nei campioni superficiali siano risultate confrontabili con quanto rilevato durante il monitoraggio *ante operam*, con valori massimi quasi sempre inferiori a 15 mg/l ed una media di 8 mg/l. In circa la metà dei campioni superficiali (54%) sono state misurate concentrazioni comprese tra i 10 mg/l ed i 15 mg/l, con la sola eccezione della stazione P0304 esterna alla rada dove il 9 gennaio 2008 è stata misurata una concentrazione di poco superiore e pari a 16 mg/l.

Le concentrazioni di TSS misurate nei campioni profondi sono risultate più variabili, con un massimo di 29 mg/l rilevato nella stazione P0226 esterna alla rada. Anche nella stazione P0304, ubicata esternamente all'imboccatura di ponente sono state misurate alcune concentrazioni più alte rispetto alla media della rada. Ciò si è verificato inoltre nella stazione P0195, posizionata in prossimità dell'impianto di ittocoltura dove è stata misurata una concentrazione pari a 22 mg/l durante la prima campagna del mese di settembre 2008.

Studiando in dettaglio le concentrazioni di solidi sospesi misurate nella stazione P0030, si può sottolineare come in media le concentrazioni siano risultate più elevate nel campione superficiale (Figura 12), dove comunque non hanno mai superato i 14 mg/l e inferiori nei campioni profondi (Figura 13). In tutti i campioni superficiali prelevati contestualmente alle attività di dragaggio (18/12/2007, 29/01/2008 e 08/04/2008) nella stazione P0030 sono state rilevate concentrazioni di TSS comprese tra 6 e 15 mg/l, in linea con i dati acquisiti durante le campagne *ante operam*. In particolare le concentrazioni misurate nella campagna di aprile sono risultate molto basse e pari a 6 mg/l.

Nei campioni profondi delle stesse stazioni, le concentrazioni misurate sono risultate mediamente più basse ed inferiori a 12 mg/l. Fa eccezione il campione profondo della stazione P0226, ("diga levante esterno") prelevato durante la campagna del 17/01/2008, in cui la concentrazione è risultata pari a 29 mg/l. In considerazione dell'ubicazione del punto si ritiene che tale valore possa essere stato determinato da fenomeni meteo e in particolare dal trasporto eolico dato che,

nelle ore precedenti al campionamento sono spirati venti da nord con velocità media intorno a 10 m/s. Non essendo stata misurata la torbidità lungo la colonna d'acqua della stazione P0226 sono stati considerati come riferimento i valori di torbidità rilevati nella stazione adiacente P0162 (ubicata presso l'imboccatura della diga di levante) che sono risultati intorno a 10 NTU oltre i 7.5 m e superiori a quelli misurati nelle altre stazioni nello stesso giorno.

I dati orari delle sonde fisse sono risultati confrontabili con i dati *ante operam* ed in generale inferiori a 3 NTU.

In Tabella 6 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate dal dicembre 2007 al luglio 2008.

Tabella 6 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate durante il monitoraggio in corso d'opera (Dicembre 2007 - Luglio 2008)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	2	0.013	0.001	0.0015	0.043	0.315
	Massimo	15	0.128	0.003	0.012	9.985	3.450
	Media	10	0.043	0.002	0.003	0.356	0.677
Campioni profondi	Minimo	3	0.007	0.001	0.0013	0.025	0.075
	Massimo	29	0.326	0.060	0.337	12.563	3.080
	Media	9	0.084	0.003	0.023	0.736	1.034

Rispetto ai valori rilevati durante la fase *ante operam* (Tabella 4) non si evidenziano significative variazioni ed incrementi dei singoli parametri. In particolare i valori massimi misurati nei campioni superficiali sono risultati inferiori a quelli determinati precedentemente all'avvio del dragaggio, mentre i valori medi si possono considerare invariati. I campioni profondi riflettono invece una maggior variabilità delle concentrazioni di cadmio, mercurio e piombo, i cui valori massimi e medi sono risultati più elevati. Si precisa che la ricerca dei metalli, in questa fase del monitoraggio, è stata effettuata solo nelle stazioni P0030 e P0199, pertanto i grafici di sintesi sono stati realizzati.

Come premesso, in Figura 14 e Figura 15 sono rappresentati gli andamenti delle concentrazioni normalizzate per le campagne in corso d'opera, condotte da dicembre 2007 a luglio 2008.

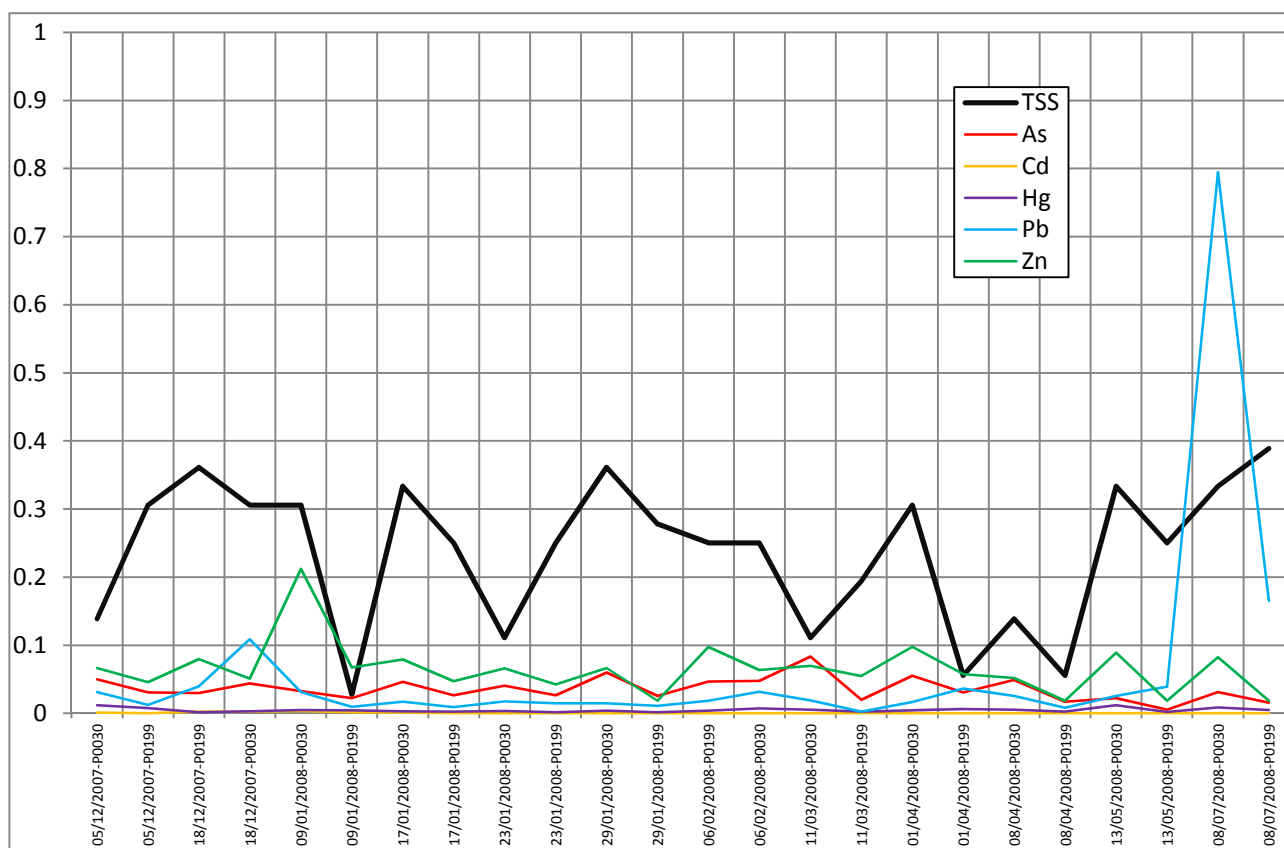


Figura 14 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d’opera (da dicembre 2007 a luglio 2008)

Il grafico riportato in Figura 14 mostra un andamento piuttosto variabile con differenze nelle concentrazioni dei solidi sospesi (rappresentati dalla linea nera) sia tra le stazioni che tra le campagne di monitoraggio, con valori più elevati alternati a valori più bassi. Le concentrazioni di cadmio (linea gialla) e mercurio (linea viola), si sono mantenute sempre piuttosto basse e pressoché costanti in tutte le stazioni, mentre è possibile mettere in evidenza alcune variazioni delle concentrazioni di piombo (linea azzurra), di zinco (linea verde) ed, in misura minore, di arsenico (linea rossa) sia durante l’attività di monitoraggio che tra le due stazioni.

In particolare si può mettere in evidenza un leggero aumento del piombo nella stazione P0030 durante la campagna del 18 dicembre 2007 ed aumento di zinco nella stazione P0030 durante la campagna del 9 gennaio. In entrambe i casi la concentrazione dei solidi sospesi misurata, come riportato nel grafico di Figura 12, è risultata in linea con i valori misurati durante le campagne *ante operam* e pari rispettivamente a 13 mg/l e 11 mg/l. Si segnala una evidente variazione di piombo nel campione prelevato in P0030 durante la campagna del 7 luglio, in assenza di attività di escavo. I solidi sospesi del campione erano comunque pari a 13 mg/l.

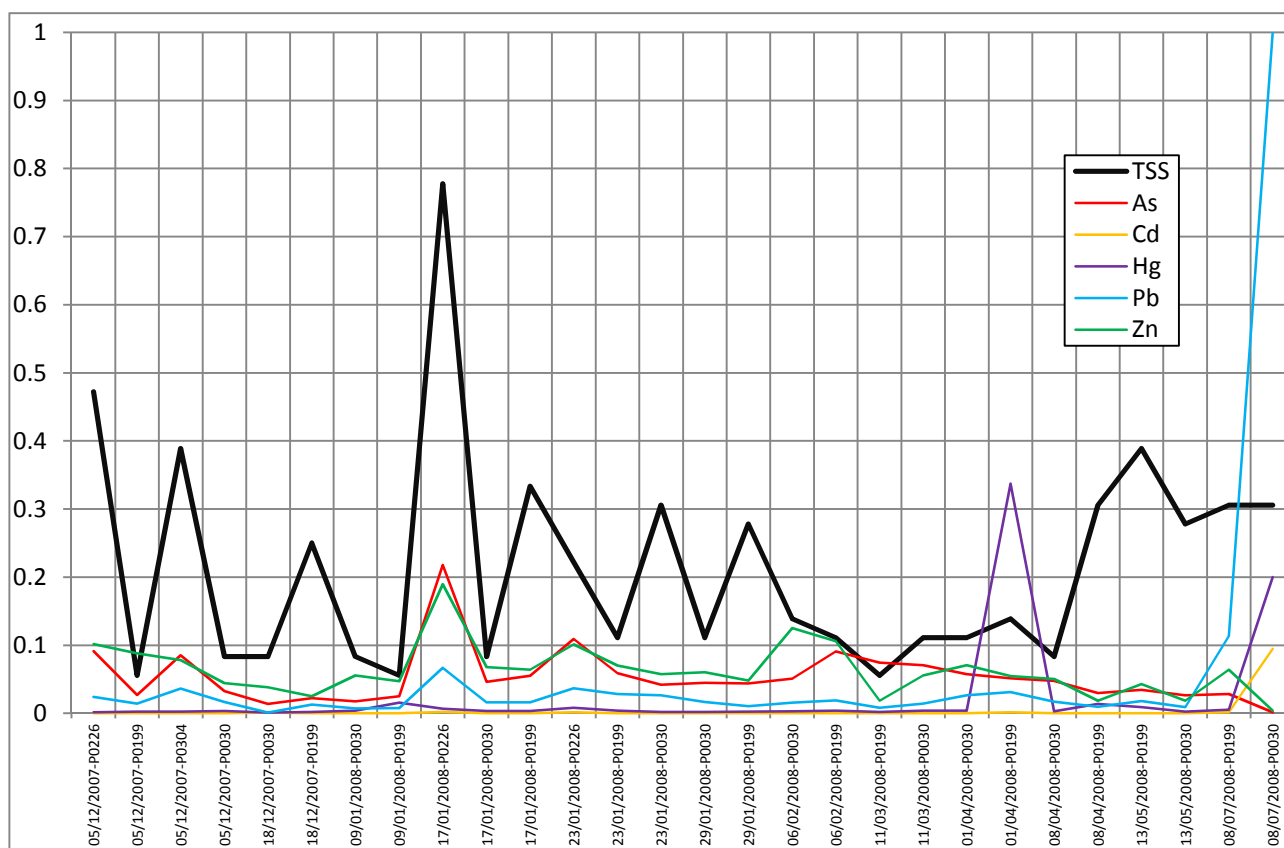


Figura 15 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d’opera (da dicembre 2007 a luglio 2008)

Il grafico relativo ai campioni profondi (Figura 15), descrive un andamento dei solidi sospesi più variabile rispetto a quanto determinato nei campioni superficiali. Si precisa che per la campagna del 5 dicembre, in aggiunta ai campioni prelevati in P0030 e P0199, sono stati analizzati anche i campioni profondi prelevati in P0226 e P0304 in quanto le concentrazioni dei solidi sospesi erano risultate più elevate e pari rispettivamente a 18 mg/l e 15 mg/l. Le determinazioni dei metalli sono state effettuate anche nei campioni prelevati il 17 e 23 gennaio nella stazione P0226, poiché il 17 gennaio i solidi sospesi misurati erano risultati pari a 29 mg/l. Il 17 gennaio all’aumento dei solidi sospesi corrisponde anche una significativa variazione dei metalli arsenico, zinco e piombo. Tali variazioni si dimezzano nel campione prelevato durante la successiva campagna quando anche il TSS si è notevolmente ridotto. Si segnala inoltre una variazione piuttosto significativa della concentrazione di mercurio nella stazione P0199 durante la campagna dell’01/04/2008 ed incremento significativo di piombo, mercurio e cadmio nella stazione P0030 il giorno 08/07/2008. Entrambe le campagne sono state eseguite in periodi in cui le attività di dragaggio erano totalmente assenti. Non si segnalano invece variazioni significative nei campioni prelevati durante le giornate di dragaggio.

In merito agli altri parametri non sono state evidenziate variazioni sensibili rispetto alle campagne *ante operam*.

I valori dello stagno sono risultati per lo più inferiori al limite di quantificazione strumentale pari a 0.15 µg/l o, raramente, poco più alti. Anche le concentrazioni del vanadio sono risultate piuttosto

basse con un valore massimo pari a 2.62 µg/l misurato nel campione profondo di P0226 nella campagna del 17/01/2008.

I valori dei PCB sono risultati sempre inferiori al limite di quantificazione strumentale (pari a 0.005 µg/l).

Le concentrazioni degli IPA sono risultate quasi sempre inferiori al limite di quantificazione, ad eccezione dei campione superficiali prelevati nella stazione P0030 durante la campagna del 05/12/2007 e nella stazione P0199 durante la campagna del 11/03/2008. In particolare nella stazione P0030 il Benzo(ghi)perilene era risultato pari a 0.038 µg/l rispetto al limite di quantificazione pari a 0.004 µg/l. Nel campione superficiale della stazione P0199 la sommatoria degli IPA era risultata pari a 3.9 µg/l, con concentrazioni dei singoli parametri pari a circa 0.5 µg/l. Tale valore è risultato il più elevato misurato nell'intero periodo di monitoraggio. Considerato che nel campione profondo della stessa stazione le concentrazioni di IPA erano risultate inferiori ai limiti di quantificazione, si ritiene probabile che i valori elevati del campione superficiale possano essere stati causati da una possibile anomala presenza di carburante rilasciato da un'imbarcazione nell'intorno della stazione di campionamento. Si fa inoltre presente che, come riportato in Tabella 5, le attività di escavo eseguite nei primi mesi del 2008 sono state ridotte e molto discontinue.

Per quanto riguarda i nutrienti, l'esame dei risultati ha evidenziato valori di azoto nitroso prossimi o inferiori al limite di rilevabilità, pari 10 µg/l, analogamente a quanto evidenziato nel periodo di bianco. I valori di azoto ammoniacale sono risultati per lo più compresi tra 10 e 20 µg/l, anche se sono state misurate alcune concentrazioni maggiori di 40 µg/l, con un massimo pari a 84 µg/l, nel campione superficiale della stazione P0195 nel corso della campagna del 13/05/2008 effettuata comunque in assenza di dragaggio (dal 08/04/2008 al 28/07/2008 le attività sono infatti state sospese). Si fa presente che dalla campagna del 18/01/2008 il limite di rilevabilità, fissato in precedenza a 40 µg/l, è stato abbassato a 10 µg/l. Le concentrazioni dell'azoto nitrico sono invece risultate più alte, mentre quelle di fosforo totale e ortofosfato prossime o inferiori al limite di rilevabilità, analogamente a quanto riscontrato nelle campagne di bianco.

I parametri microbiologici misurati sono sempre risultati bassi e, per quanto riguarda i parametri Enterococchi e di Escherichia Coli inferiori ai limiti identificati per le acque di balneazione. Anche i valori del parametro Spore di clostridi solfitoriduttori, indicatore di un ambiente anaerobio, sono risultati bassi e in particolare inferiori agli altri a conferma, dei valori di *ante operam*.

Infine il TOC è risultato sempre inferiore 2 mg/l, in linea con i valori misurati durante le campagne di bianco.

Campagne di monitoraggio in corso d'opera (Agosto 2008 - Aprile 2009)

Da agosto 2008 ad aprile 2009 le attività di escavo dei fondali antistanti il Terminal Ravano sono risultate estremamente ridotte (circa 2000 m³ di sedimento asportato) in quanto in questo periodo è stata eseguita la bonifica dei fondali del Molo Mirabello a cura di ITN che ha complessivamente comportato la rimozione di circa 80.000 m³ di sedimento. Le attività di bonifica dei fondali del Molo Mirabello sono avvenute con continuità per tutta la durata delle operazioni. Si fa presente che i sedimenti dei fondali del Molo Mirabello, rispetto a quelli del Molo Ravano, presentavano un diffuso grado di contaminazione, con la presenza non solo di sedimenti gialli e arancioni (cioè con valori di concentrazione maggiori dei "valori di Intervento" sito specifici definiti da ICRAM per metalli e PCB), ma anche di sedimenti "rossi" (cioè in concentrazioni eccedenti i limiti di "Colonna B" per Idrocarburi C>12 e, in aree più limitate anche di IPA).

Si precisa che tre campagne di monitoraggio, evidenziate in celeste nella Tabella 7 sono state eseguite nelle giornate in cui erano in corso sia le attività di escavo dei fondali antistanti il Terminal Ravano che la bonifica del Molo Mirabello. Tutte le altre campagne di monitoraggio sono avvenute contestualmente alle operazioni di bonifica dei fondali del Molo Mirabello. In totale, in questo periodo, sono state eseguite 16 campagne di monitoraggio durante le quali sono stati effettuati sia i profili verticali con la sonda multiparametrica che il prelievo di campioni d'acqua per le determinazioni analitiche. Le campagne di monitoraggio sono state condotte con frequenza variabile in relazione all'entità dei quantitativi dragati ed alle condizioni meteo marine.

Tabella 7 – Attività di escavo e campagne di monitoraggio da agosto 2008 ad aprile 2009

BONIFICA FONDALI TERMINAL RAVANO + BONIFICA FONDALI MOLO MIRABELLO			
Da agosto 2008 ad aprile 2009 dragati circa 80.000 m³ di sedimento dai fondali del Molo Mirabello e 2000 m³ dai fondali antistanti il Terminal Ravano			
Attività di escavo	Quantitativi rimossi (m³)	Attività di monitoraggio in corso d'opera	
04/08/2008	750 Molo Ravano	06/08/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
08/08/2008			
30/08/2008	2.000 Molo Mirabello		
05/09/2008	4.000 Molo Mirabello	02/09/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
08/09/2008		09/09/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
23/09/2008		16/09/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
24/09/2008			
27/09/2008			
30/09/2008			
29/09/2008	700 Molo Ravano	23/09/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
01/10/2008	500 Molo Ravano	14/10/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
06/10/2008			
07/10/2008	1.500 Molo Mirabello	28/10/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
08/10/2008			
09/10/2008			
10/10/2008			
05/11/2008	17.250	18/11/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
06/11/2008			
06/11/2008			
07/11/2008			
07/11/2008			

21/11/2008 26/11/2008 28/11/2008 29/11/2008			
09/12/2008 15/12/2008 19/12/2008	2.250	09/12/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
		17/12/2008	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
09/01/2009 13/01/2009 24/01/2009 26/01/2009 26/01/2009 26/01/2009	7.250	13/01/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
		28/01/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
03/02/2009 03/02/2009 03/02/2009 06/02/2009 06/02/2009 06/02/2009 25/02/2009 28/02/2009	12.625	23/02/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
07/03/2009 10/03/2009 12/03/2009 16/03/2009 17/03/2009	4.130	09/03/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
		24/03/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
03/04/2009 06/04/2009 09/04/2009 14/04/2009 16/04/2009 20/04/2009 22/04/2009 23/04/2009 24/04/2009	14.000	07/04/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni

In Figura 16 ed in Figura 17 si riportano i valori di solidi sospesi misurati nei campioni superficiali e profondi.

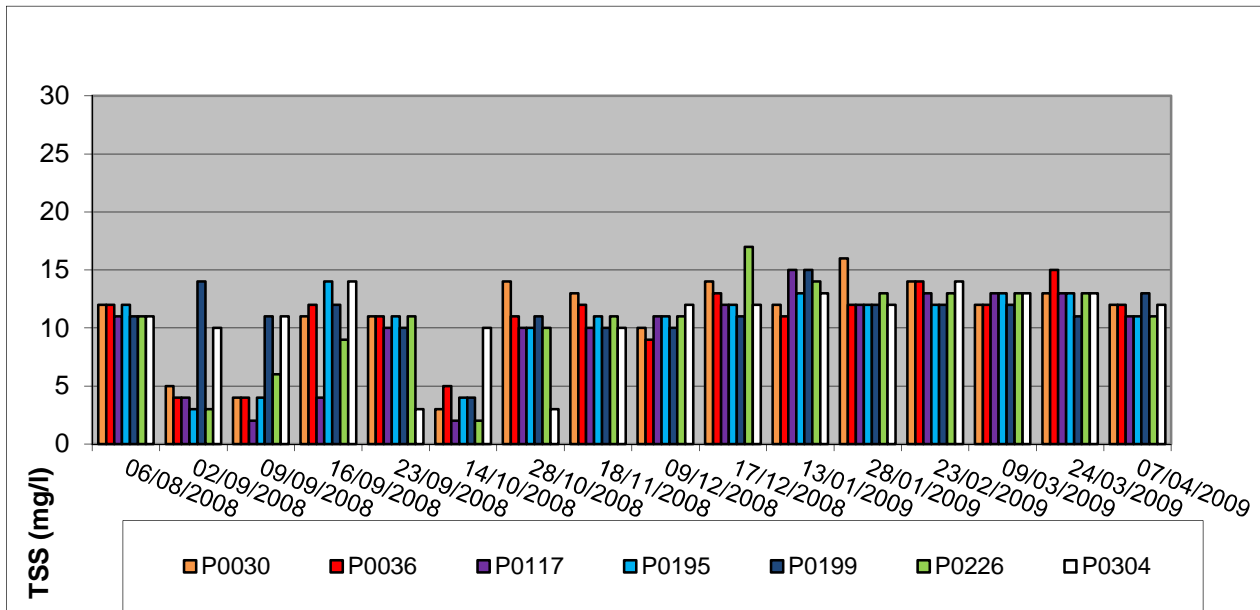


Figura 16 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da agosto 2008 ad aprile 2009)

Le concentrazioni misurate nei campioni superficiali di tutte le stazioni sono risultate generalmente comprese tra 10 e 15 mg/l per tutto il periodo monitorato. Fanno eccezione i campioni prelevati durante le campagne del 2 e 9 settembre e del 14 ottobre in tutte le stazioni eccetto la P0199 e P0304, in cui sono state determinate concentrazioni inferiori a 5 mg/l. Rispetto alle campagne condotte da nel periodo precedente, caratterizzato da una ridotta attività di dragaggio, si può evidenziare un andamento dei solidi sospesi superficiali piuttosto costante con valori medi un po' più elevati ed intorno ai 12 mg/l (in oltre il 90% dei campioni superficiali sono state misurate concentrazioni comprese tra i 10 mg/l ed i 15 mg/l. Si segnalano infine nella stazione P0304 (esterna all'imboccatura di ponente) durante le campagne del 23 settembre e del 28 ottobre due valori molto bassi (3 mg/l) rispetto a quanto misurato nelle altre stazioni, dove le concentrazioni sono risultate comprese tra i 10 ed i 14 mg/l.

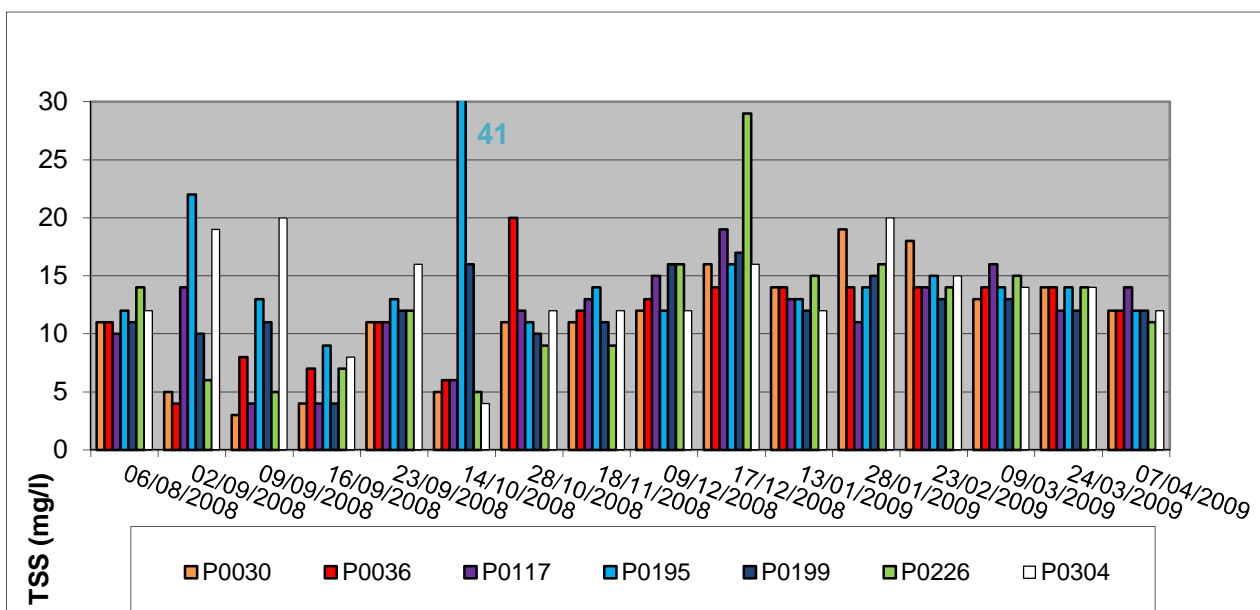


Figura 17- Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da agosto 2008 ad aprile 2009)

Le concentrazioni di TSS misurate nei campioni profondi sono risultate mediamente più elevate rispetto a quanto misurato nei campioni superficiali, con alcuni valori isolati piuttosto alti. In particolare si possono mettere in evidenza 6 campioni in cui la concentrazione è risultata pari a 20 mg/l con un massimo di 41 mg/l determinato in P0195, ubicata in prossimità dell'impianto di ittiocoltura, nel corso della campagna del 14/10/2008. In considerazione del fatto che nelle giornate precedenti alla data di campionamento non si sono verificati fenomeni meteo rilevanti e la profondità del fondale presso quella stazione è inferiore a 9 m ed è molto variabile, tale elevato valore potrebbe essere stato influenzato dalle modalità di campionamento. Si segnala infatti che le concentrazioni misurate nelle restanti stazioni durante la medesima campagna, erano risultate invece piuttosto basse e che il profilo verticale della torbidità eseguito nella stessa stazione non ha evidenziato valori significativi (da 2.6 a 5.0 NTU). In P0226 nel mese di dicembre è stata determinata una concentrazione di 29 mg/l che conferma la presenza di solidi sospesi in colonna d'acqua come già in parte evidenziato dalla concentrazione misurata nel campione superficiale risultata pari a 17 mg/l. Si fa presente che i profili verticali eseguiti nel corso di questa campagna hanno evidenziato, nelle stazioni più distanti dai bacini portuali, al di sotto degli 8 m di profondità, valori di torbidità compresi tra 10 e 20 NTU. Si segnala a tal proposito che nei giorni al campionamento sono spirati con una certa continuità venti da Nord Ovest, con velocità media intorno ai 10 m/s. Inoltre si segnala che nella stazione P0164 nella campagna del 14/10/2008 nei primi 2 m di profondità sono stati rilevati valori intorno a 45 NTU che si riducono intorno ai 3 NTU nei metri successivi e si mantengono tali fino al fondo. Poiché a questa stazione non è previsto il prelievo di campioni d'acqua per le determinazioni dei solidi sospesi, non è possibile verificare le misure effettuate con la sonda con l'effettiva presenza di particelle solide in sospensione. In considerazione del fatto che la stazione è estremamente vicina alla costa, si può ipotizzare che tali valori possano essere imputabili ad un fenomeno locale e puntuale, quale anche il passaggio di piccole imbarcazioni. I dati orari di torbidità rilevati da entrambe le sonde fisse, nel periodo in esame, non hanno evidenziato significative differenze rispetto ai periodi precedenti (valori di torbidità intorno a 3 NTU).

In Tabella 8 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate agosto 2008 ad aprile 2009.

Tabella 8 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate durante il monitoraggio in corso d'opera (agosto 2008 – aprile 2009)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	2	0.013	0.001	0.0017	0.061	0.315
	Massimo	16	0.306	0.002	0.0250	2.040	8.330
	Media	11	0.056	0.001	0.0057	0.516	1.282
Campioni profondi	Minimo	3	0.013	0.001	0.002	0.096	0.315
	Massimo	19	0.267	0.003	0.099	0.990	2.600
	Media	12	0.072	0.001	0.008	0.307	0.876

Rispetto ai valori rilevati durante la fase *ante operam* (Tabella 4) la concentrazione media di solidi sospesi sia in superficie che sul fondo è da considerarsi aumentata, mentre i valori massimi sono paragonabili. I valori massimi di arsenico ad entrambe le profondità sono più elevati ma il valore medio superficiale è comunque in linea con quello misurato durante la fase precedente al dragaggio. Le concentrazioni di cadmio e piombo sono invece lievemente più basse in entrambi i campioni. Il mercurio non sembra variare significativamente anche se in profondità appare di poco più elevato. Infine il massimo valore di zinco misurato in superficie è maggiore rispetto a quanto misurato in assenza di dragaggio, sebbene il valore medio sia comunque aumentato in modo poco significativo. Viceversa nei campioni profondi il più alto valore di zinco misurato è inferiore rispetto al valore ante operam, mentre la media appare più elevata.

In Figura 18 ed in Figura 19 si riportano i grafici delle concentrazioni normalizzate dei solidi sospesi e degli altri parametri misurati. Si precisa che nel grafico sono rappresentati gli andamenti delle concentrazioni misurate nelle stazioni P0030, P0117 e P0199, per le quali si dispone del profilo analitico completo.

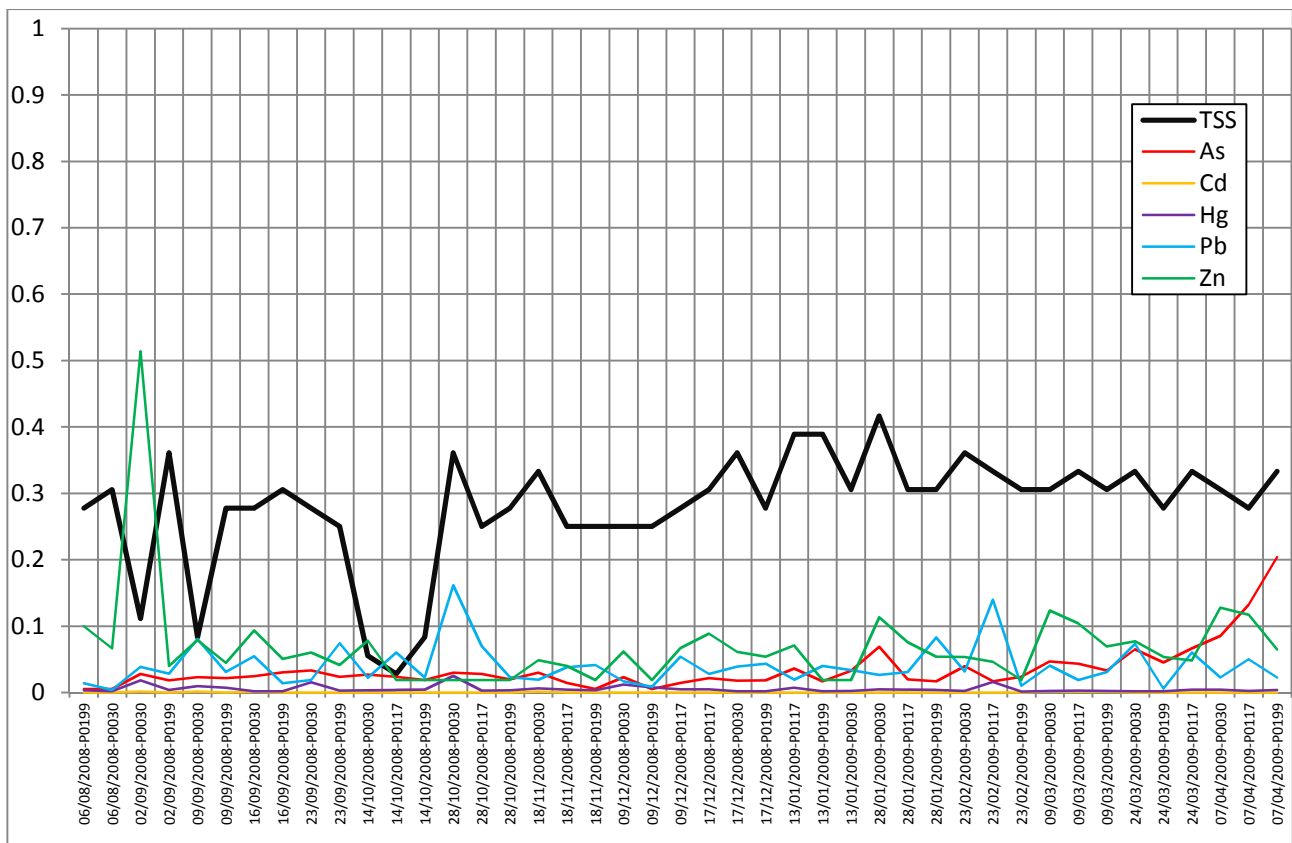


Figura 18 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d’opera (da agosto 2008 ad aprile 2009)

Come già messo in evidenza dall’istogramma rappresentativo delle concentrazioni dei solidi sospesi (Figura 16), durante le prime campagne di monitoraggio le concentrazioni sono risultate abbastanza variabili sia tra una stazione e l’altra sia da una campagna all’altra. Si segnala come nella stazione P0030 ad un valore piuttosto basso di TSS corrisponde invece una significativa presenza di zinco. Successivamente l’andamento del grafico risulta abbastanza costante, senza significative variazioni dei singoli parametri. Si può soltanto mettere in evidenza un picco di solidi sospesi nella stazione P0030 durante la campagna del 28/10/2008 a cui corrisponde anche un

incremento di piombo e mercurio. Osservando invece le linee che rappresentano l'andamento delle concentrazioni di Zn e As sembrerebbe delinearsi un lieve incremento nel corso del tempo.

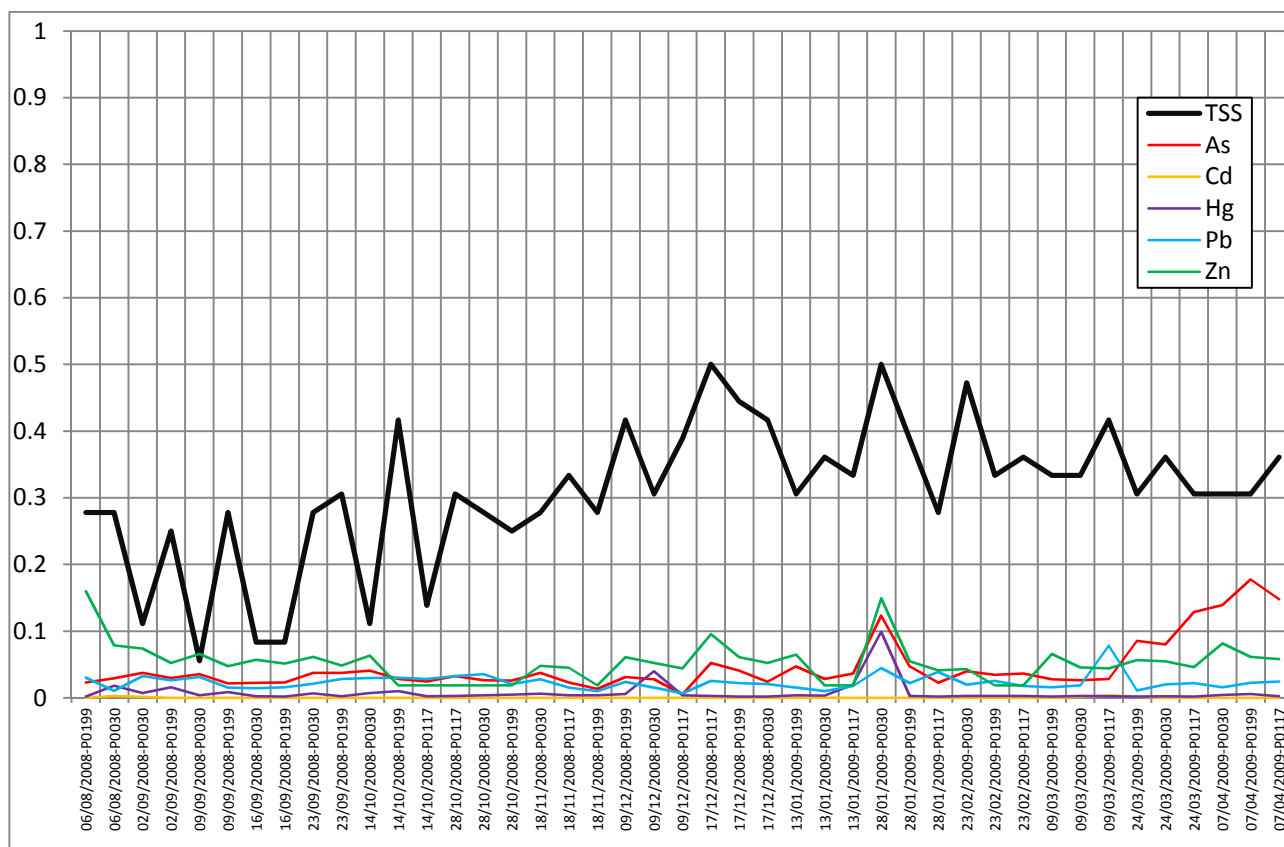


Figura 19 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da agosto 2008 ad aprile 2009)

L'andamento delle concentrazioni dei metalli nei campioni profondi sembra più costante rispetto a quanto misurato in superficie. Si segnala una variazione di solidi sospesi in corrispondenza della stazione P0030 durante la campagna del 28 gennaio, cui corrispondono anche variazioni delle concentrazioni di zinco, arsenico, mercurio e piombo.

Per quanto riguarda gli altri parametri, i valori del vanadio sono risultati, analogamente ai periodi precedenti, per lo più inferiori rispetto al limite di quantificazione. Analoghe considerazioni possono essere ripetute per lo stagno con l'eccezione della campagna del 29/01/2009 in cui tutte le concentrazioni sono state quantificate, con valori compresi tra 0.3 µg/l e 1.05 µg/l, misurato nel campione profondo della stazione P0117.

Per quanto riguarda il parametro PCB, si segnala che nel corso della campagna del 09/12/2008, nella stazione P0199, ad entrambe le profondità di campionamento, sono stati determinati valori di concentrazione pari a 0.8 µg/l, significativamente maggiori delle concentrazioni misurate nei periodi precedenti. In tutte le altre campagne i PCB sono risultati inferiori al limite di quantificazione ad eccezione che nel campione superficiale di P0030 nella campagna del 17/12/2008 e nel campione superficiale di P0117 nella campagna del 19/05/2009, durante le quali sono state determinate concentrazioni comunque inferiori a 0.1 µg/l.

I valori degli IPA sono sempre risultati inferiori o prossimi ai rispettivi limiti di rilevabilità strumentale ad indicare l'assenza di elementi di criticità come già verificato in precedenza.

Per quanto riguarda i nutrienti, i valori di fosforo totale, ortofosfato e azoto nitroso sono rimasti sempre inferiori al limite di rilevabilità; i valori di azoto ammoniacale sono risultati per lo più compresi tra 10 e 20 µg/l, anche se sono state misurate alcune concentrazioni maggiori di 40 µg/l, con un massimo pari a 90 µg/ nel campione superficiale della stazione P0036 nel corso della campagna del 28/10/2008. Per il parametro azoto nitrico sono stati riscontrati valori simili rispetto a quelli dell'azoto ammoniacale. Si evidenzia che a partire dalla campagna del 24/03/2009 è stato determinato anche il parametro azoto totale, i cui valori sono risultati abbastanza omogenei e compresi tra 100 e 300 µg/l.

Le concentrazioni dei parametri microbiologici sono sempre risultate basse e, per quanto riguarda gli Enterococchi ed l'Escherichia Coli, inferiori ai limiti normativi per le acque di balneazione. Infine il TOC è risultato sempre inferiore a 2 mg/l, (valore max: 2.1 mg/l nel campione superficiale della stazione P0030 durante la campagna del 09/03/2009), in linea con i valori misurati durante le campagne precedenti.

Campagne di monitoraggio in corso d'opera (Maggio 2009 - Ottobre 2009)

(Bonifica dei fondali antistanti il Molo Ravano e refluento nella cassa di colmata del Porto Mirabello e del Porto di Livorno e bonifica dei fondali del Molo Mirabello)

Le attività di bonifica dei fondali antistanti il Terminal Ravano più cospicue sono state effettuate in maniera continuativa da maggio 2009 ad ottobre dello stesso anno, con la rimozione di circa 100.000 m³ di sedimento. Durante tale periodo, considerata l'ingente quantità di sedimento escavato, le campagne di monitoraggio sono state effettuate ogni 2 settimane, così come riportato in Tabella 9. La tabella non riporta le date di escavo ed i quantitativi in quanto dalla fine del mese di maggio, come sopra premesso, l'attività è stata condotta in maniera continuativa.

Tabella 9 – Campagne di monitoraggio da maggio 2009 ad ottobre 2009

BONIFICA FONDALI TERMINAL RAVANO	
Da maggio 2009 ad ottobre 2009 dragati circa 100.000 m³ di sedimento dai fondali antistanti il Terminal Ravano	
05/05/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
19/05/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni
03/06/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
16/06/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
30/06/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
14/07/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
21/07/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
28/07/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
10/08/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
25/08/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
15/09/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
29/09/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni
12/10/2009	Profili Verticali in 23 stazioni + Prelievo campioni acqua in 5 stazioni
27/10/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni

Dalla fine di maggio ad agosto sono stati rimossi circa 67.500 m³ di sedimento parte dei quali sono stati utilizzati per il riempimento della vasca di colmata del Porto Mirabello. I restanti sedimenti sono invece stati conferiti nella vasca di colmata di Livorno.

L'attività di escavo è stata particolarmente intensa nell'ultima decade di luglio, durante la quale sono stati rimossi circa 30.500 m³ di sedimento.

Nell'arco dei sei mesi di attività sono state condotte 14 campagne di monitoraggio, indicativamente ogni due settimane, ad eccezione del periodo dal 14 al 28 luglio durante il quale sono state effettuate 3 campagne a distanza di una settimana l'una dall'altra, intensificate in relazione alla consistente attività di dragaggio.

In Figura 20 e Figura 21 sono riportati i valori dei solidi sospesi misurati nei campioni prelevati durante il monitoraggio effettuato da maggio ad ottobre. Si precisa che durante le campagne di giugno che non è stato effettuato il campione profondo nella stazione P0020.

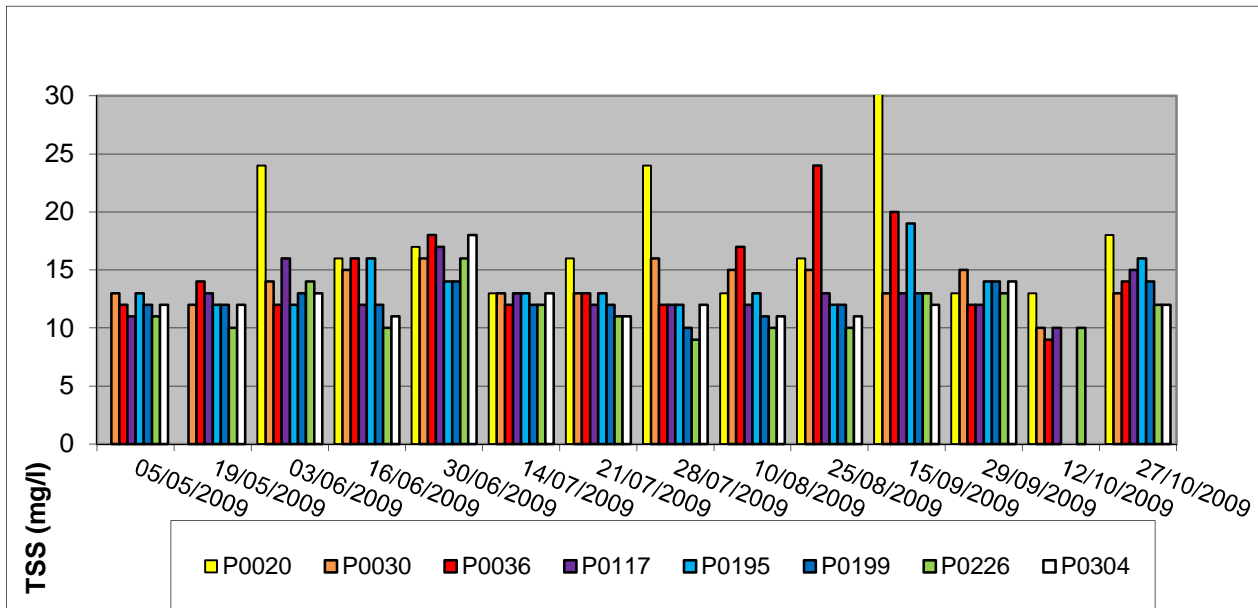


Figura 20 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da maggio 2009 ad ottobre 2009)

In generale sono state determinate concentrazioni comprese tra 10 e 15 mg/l, anche se in più stazioni in diverse campagne sono stati determinati valori di concentrazione maggiori di 15 mg/l; il valore medio misurato nei campioni superficiali è risultato pari a 14 mg/l, leggermente più elevato rispetto al periodo precedente.

Si distinguono nettamente le concentrazioni più elevate misurate in più di una campagna nei campioni superficiali della stazione P0020, ubicata esternamente al campo di dragaggio. Ciò è particolarmente evidente nei campioni prelevati il 03 giugno, 21 e 28 luglio, 15 settembre e 27 ottobre, periodo in cui l'attività di escavo era particolarmente intensa. In particolare durante la campagna del 28 luglio (periodo di massima attività) nella stazione P0020 sono stati misurati 24 mg/l di solidi sospesi e nella P0030, prossima al campo di dragaggio, un valore più alto rispetto alle altre stazioni (16 mg/l). Inoltre, anche i profili verticali di torbidità, eseguiti nella stazione P0020 il 28 luglio ed il 15 settembre hanno evidenziato, valori intorno a 30 NTU, maggiori rispetto alle altre stazioni, in generale intorno entro 3 NTU.

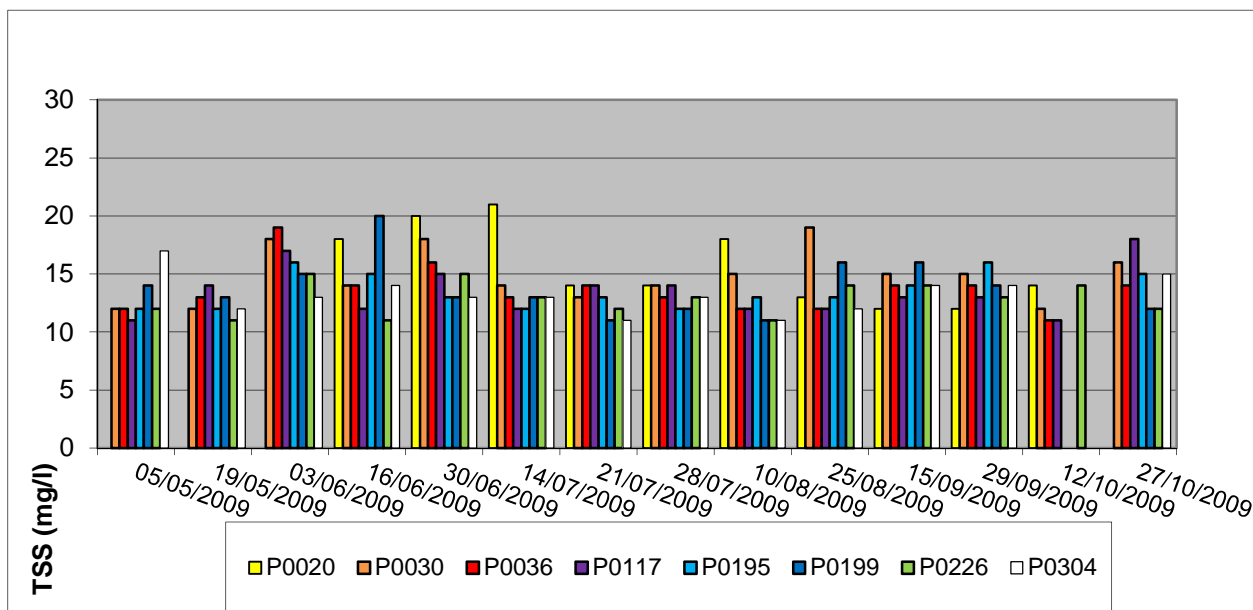


Figura 21 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da maggio 2009 ad ottobre 2009)

I campioni profondi in generale rispecchiano quanto rilevato in quelli superficiali, con alcuni valori più elevati in corrispondenza della stazione P0020 proprio durante le campagne di luglio, ovvero nel periodo in cui le attività di dragaggio erano più consistenti. In questa stazione nelle tre campagne di luglio il valore medio rilevato nei campioni profondi è risultato pari a 17.6 mg/l, leggermente più basso rispetto ai campioni superficiali dove la concentrazione media è risultata pari a 19.6 mg/l. A differenza di quanto misurato nei campioni superficiali si segnalano inoltre due valori di concentrazione pari a 20 mg/l nella stazione P0199 prossima agli impianti di mitilicoltura durante le campagne del 16 giugno e del 10 novembre. Nella stessa stazione la concentrazione misurata in superficie era invece inferiore al valore medio. I dati orari di torbidità rilevati nelle stazioni fisse in questo periodo sono risultati confrontabili con i periodi precedenti, senza evidenziare dati anomali.

In Tabella 10 sono riportati i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate da maggio 2009 a ottobre 2009.

Tabella 10 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate durante il monitoraggio in corso d'opera (maggio 2009 - ottobre 2009)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	10	0.009	0.001	0.0007	0.108	0.315
	Massimo	31	0.270	0.031	0.053	2.578	3.580
	Media	14	0.063	0.003	0.007	0.570	1.336
Campioni profondi	Minimo	11	0.007	0.001	0.0017	0.124	0.315
	Massimo	21	0.340	0.027	0.012	0.940	2.700
	Media	15	0.065	0.002	0.005	0.351	0.995

Rispetto ai valori rilevati durante la fase ante operam (Tabella 4) le concentrazioni di solidi sospesi sono risultate più elevate, ad eccezione del valore massimo determinato nel campione profondo (nella fase *ante operam* era stato rilevato un massimo pari a 37 mg/l).

Le concentrazioni dei metalli sono in linea con quanto rilevato nei precedenti periodi e soprattutto durante la fase *ante operam*. Si segnalano soltanto i valori massimi più elevati di arsenico nel campione profondo e cadmio nel superficiale, mentre le concentrazioni medie sono rimaste confrontabili.

In Figura 22 ed in Figura 23 sono riportati i grafici relativi alla variazioni dei parametri ottenuti dai valori normalizzati. Le stazioni per cui si dispone del profilo completo sono la P0020, P0030, P0117 e P0199.

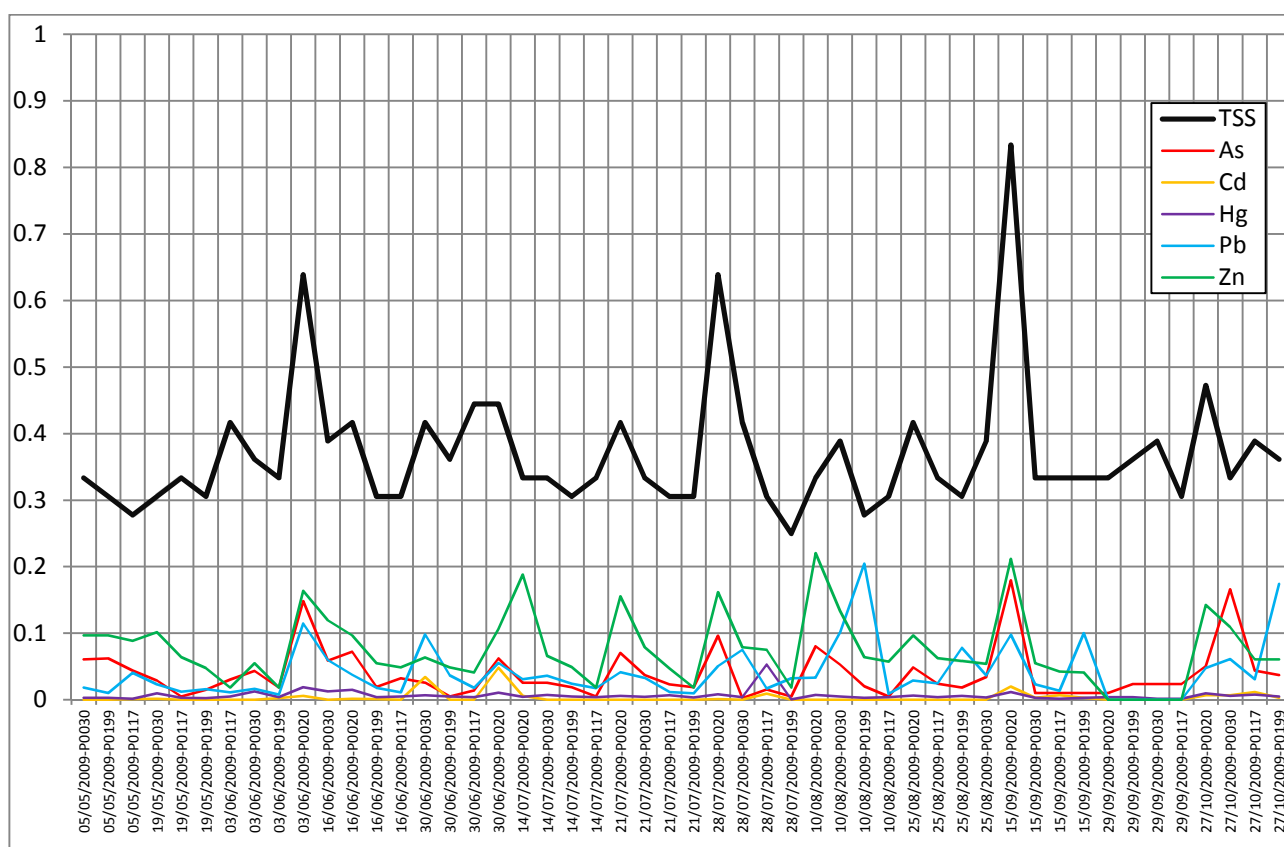


Figura 22 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d’opera (da maggio 2009 a novembre 2009)

Osservando il grafico relativo ai campioni superficiali si possono mettere in evidenza, nel corso delle campagne effettuate durante il periodo estivo, alcune significative variazioni, sia dei solidi sospesi che dei metalli, nei campioni prelevati in corrispondenza della stazione P0020, prossima all’area di dragaggio. Le variazioni più evidenti si sono verificate nei campioni prelevati durante le campagne del 3 giugno, 21 e 28 luglio, 25 agosto e 15 settembre. Nello specifico durante la campagna di giugno si possono sottolineare significative variazioni per tutti i parametri, così come durante la campagna di settembre. All’innalzamento dei valori di TSS verificatosi il 28 luglio corrisponde un aumento solo per l’arsenico e lo zinco. Si segnala inoltre nella stazione P0030 una variazione, sebbene meno significativa, il 30 giugno, a cui corrispondono concentrazioni più elevate di piombo e cadmio che non si verificano la stessa giornata nelle altre stazioni.

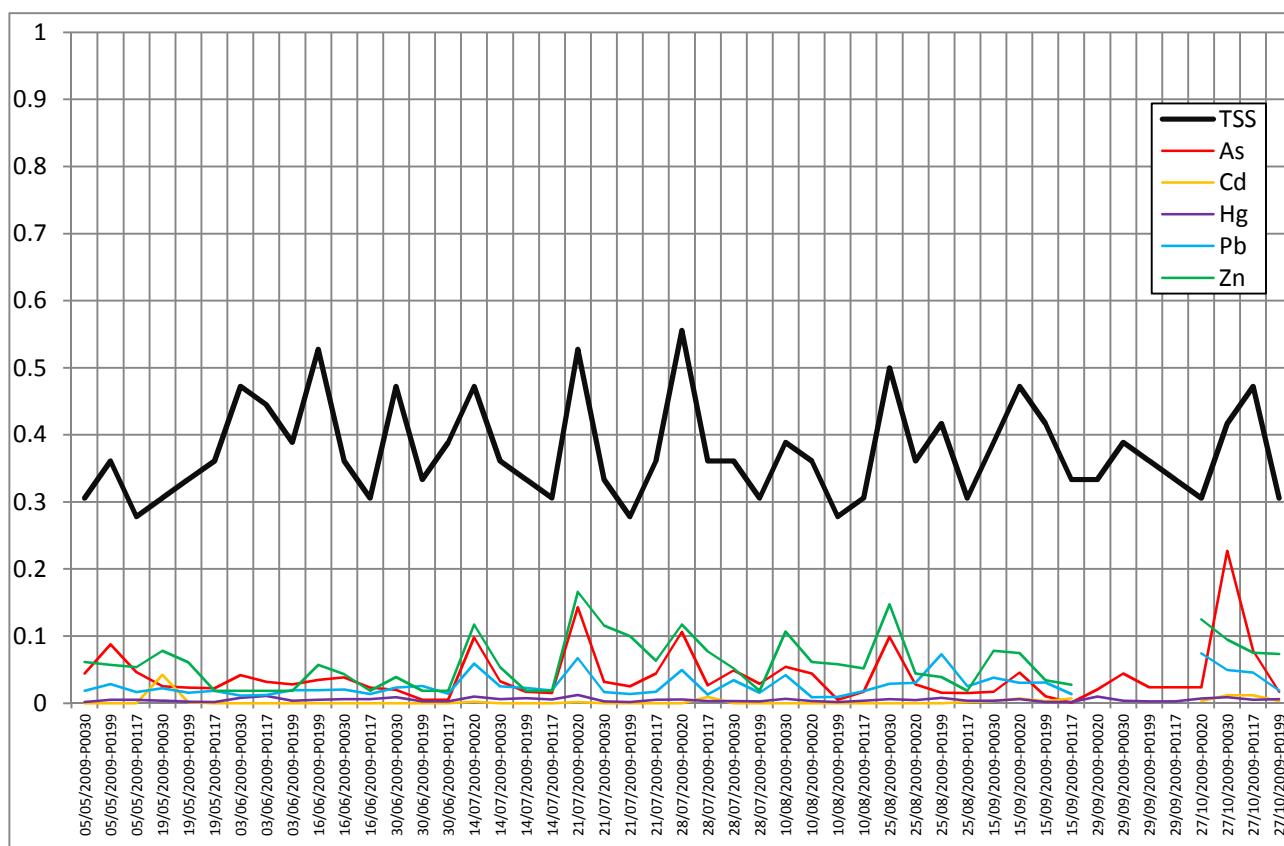


Figura 23 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d’opera (da maggio 2009 a novembre 2009)

In merito agli altri parametri non sono state evidenziate variazioni sensibili rispetto al periodo precedente.

I valori dello stagno sono risultati per lo più inferiori al limite di quantificazione strumentale che a partire dalla campagna del 15 settembre 2009 è stato portato a 0.02 µg/l. Si segnala un unico valore più elevato, pari a 0.64 µg/l nel campione superficiale di P0020, misurato nella campagna del 10 agosto 2009.

Le concentrazioni del vanadio sono in generale risultate poco più alte del limite di quantificazione fissato a 0.01 µg/l a partire dalla campagna del 15/09/2009. Valori più elevati, intorno a 1 µg/l, sono stati determinati nei campioni prelevati in P0199 durante la campagna del 19 maggio 2009 e nel campione superficiale della stazione P0020 prelevato il 3 giugno 2009.

I valori del parametro PCB sono risultati per lo più inferiori al limite di quantificazione strumentale (pari a 0.005 µg/l); nel corso della campagna del 30/06/2009 è stato determinato un unico valore più elevato, pari a 0.3 µg/l nella stazione P0065, ubicata presso la foce del torrente Lagora, inserita solo per il monitoraggio della costruzione del porto turistico Mirabello.

Per quanto riguarda gli IPA le determinazioni hanno evidenziato valori sempre molto bassi e per lo più inferiori ai limiti di quantificazione dei singoli composti.

Per quanto riguarda i nutrienti, l’esame dei risultati ha evidenziato come per le campagne pregresse, valori di fosforo totale, ortofosfato e azoto nitroso inferiori o prossimi al limite di quantificazione. Le concentrazioni di azoto ammoniacale sono risultate per lo più comprese

tra 10 e 20 µg/l. Come nelle campagne pregresse sono stati determinati alcuni valori più elevati, con un massimo pari a 106 µg/l nel campione superficiale della stazione P0195 nella campagna del 10 novembre 2009. I valori di azoto totale sono risultati, anche in questo periodo, piuttosto omogenei e compresi tra 100 e 300 µg/l.

Anche per quanto riguarda i parametri microbiologici le determinazioni hanno evidenziato valori molto bassi ed in particolare, per quel che riguarda gli enterococchi e l'Escherichia Coli, inferiori ai limiti indentificati per le acque di balneazione. Le spore di Clostridi Solfitoriduttori, sono risultate molto basse ed in generale inferiori alle concentrazioni degli altri parametri microbiologici. Infine le determinazioni del carbonio organico totale sono risultate sempre inferiori a 2 mg/l, ad eccezione di un unico valore pari a 2.2 mg/l misurato nel campione superficiale di P0020 nella campagna del 14 luglio 2009, in linea con i valori misurati durante le campagne precedenti sia in corso d'opera che durante la fase *ante operam*.

Campagne di monitoraggio in corso d'opera (Novembre 2009 - Giugno 2010)

Le operazioni di bonifica dei fondali antistanti il Molo Ravano, sono proseguite fino al mese di maggio 2010 con la rimozione di circa 10.000 m³ di sedimento. Durante tale periodo le operazioni di movimentazione sono state estremamente limitate rispetto a quanto avvenuto nella fase precedente e pertanto le campagne di monitoraggio sono state effettuate ogni due settimane fino alla conclusione della bonifica. Inoltre, dal mese di novembre fino alla fine di gennaio, le attività di dragaggio sono state temporaneamente sospese. Da novembre fino a marzo le campagne di monitoraggio sono state eseguite ogni 2 settimane, come riportato in Tabella 11, in attesa della ripresa delle attività. Le successive campagne di monitoraggio sono state effettuate con cadenza mensile in relazione alle attività estremamente ridotte. Il completamento della bonifica dei fondali è avvenuto in due momenti successivi, nel mese di febbraio e nei mesi di aprile e maggio.

Tabella 11 – Campagne di monitoraggio da novembre 2009 a giugno 2010

BONIFICA FONDALI TERMINAL RAVANO	
Da novembre 2009 ad agosto 2010 dragati circa 10.000 m³ di sedimento dai fondali antistanti il Terminal Ravano	
10/11/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
24/11/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
09/12/2009	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
21/12/2009	Profili Verticali in 22 stazioni + Campioni in 4 stazioni
12/01/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
26/01/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
09/02/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
23/02/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
09/03/2010	Profili Verticali in 22 stazioni + Campioni in 4 stazioni
23/03/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
19/04/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
18/05/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
22/06/2010	Profili Verticali in 29 stazioni + Campioni in 8 stazioni

L'attività di escavo è stata realizzata mediante la draga "Giuseppe Cucco", avente capacità di carico pari a circa 500 m³ ed i fanghi asportati, dopo essere stati caricati sulla motodraga "Gino Cucco", mediante l'utilizzo della benna, sono stati trasferiti in vasca di colmata nel Porto di Livorno, compatibilmente con le condizioni meteo-marine, nel rispetto dell'Accordo di Programma siglato da MATTM, Regione, Provincia, Comune e AP di La Spezia e Livorno nel mese di Novembre 2008.

In Figura 24 ed Figura 25 si riportano gli istogrammi delle concentrazioni dei solidi sospesi, misurate rispettivamente nei campioni superficiali e profondi.

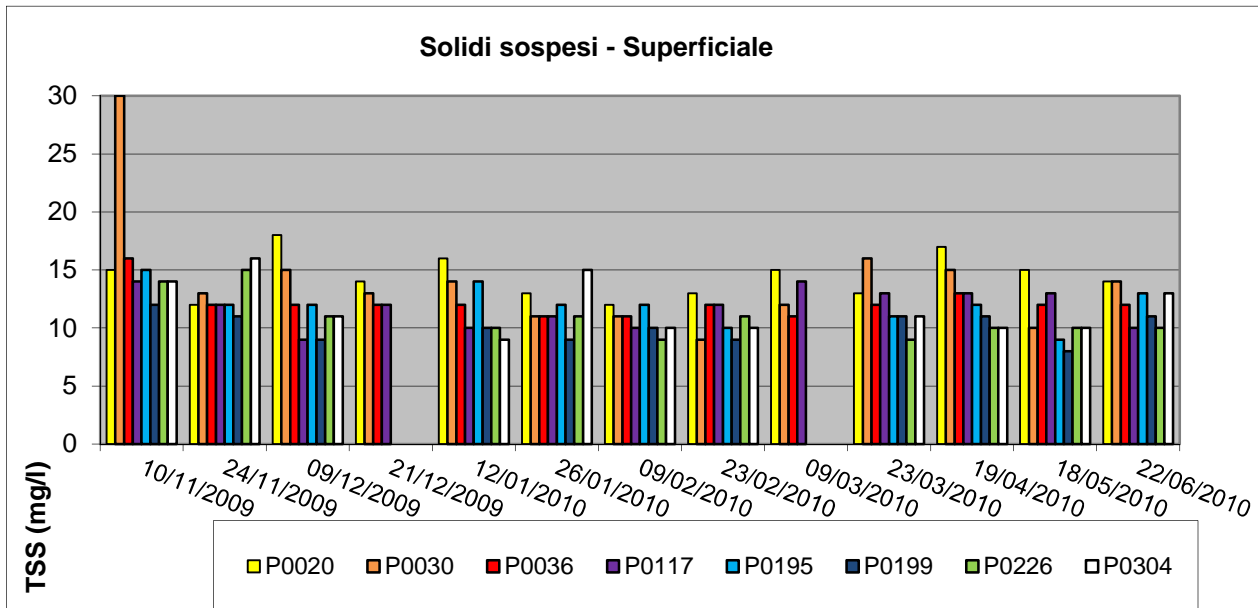


Figura 24 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera e *post operam* (da novembre 2009 a giugno 2010)

Nell'arco dei 7 mesi di monitoraggio le concentrazioni dei solidi sospesi sono risultate indicativamente comprese tra i 10 ed i 15 mg/l, con valori medi leggermente più bassi rispetto a quelli misurati nel periodo precedente e pari a circa 12 mg/l in superficie e 13 mg/l sul fondo. In generale i valori più alti nei campioni superficiali, sono stati misurati nella stazione P0020 e nella stazione P0030, prossime all'area di escavo, anche durante i periodi caratterizzati da una limitata attività di dragaggio. Si rileva che i valori di torbidità misurati con la sonda multiparametrica nelle stesse stazioni durante la campagna del 10 novembre 2009 sono risultati intorno a 5 NTU, mentre nella campagna del 9 dicembre 2009 i valori sono risultati maggiori ed intorno a 20 NTU. Nella stazione P0050 (ubicata nell'area di evoluzione delle navi), durante la campagna del 9 febbraio 2010, sono stati rilevati valori di torbidità crescenti dalla superficie al fondo ed in particolare dai 4.5 m intorno ai 100 NTU. Tali valori elevati potrebbero essere stati determinati dalla presenza di sedimento in sospensione risollevato dal fondo dalle manovre di evoluzione effettuate da 2 navi mercantili transitate circa 1 ora prima dell'esecuzione del profilo verticale.

Considerando che le ultime attività di dragaggio sono state svolte nel mese di maggio, la campagna di giugno 2010 è da considerarsi *post operam*. Confrontando i risultati acquisiti nel corso di tale campagna con quanto misurato durante i monitoraggi precedenti, non si evidenziano differenze significative nelle concentrazioni di solidi sospesi.

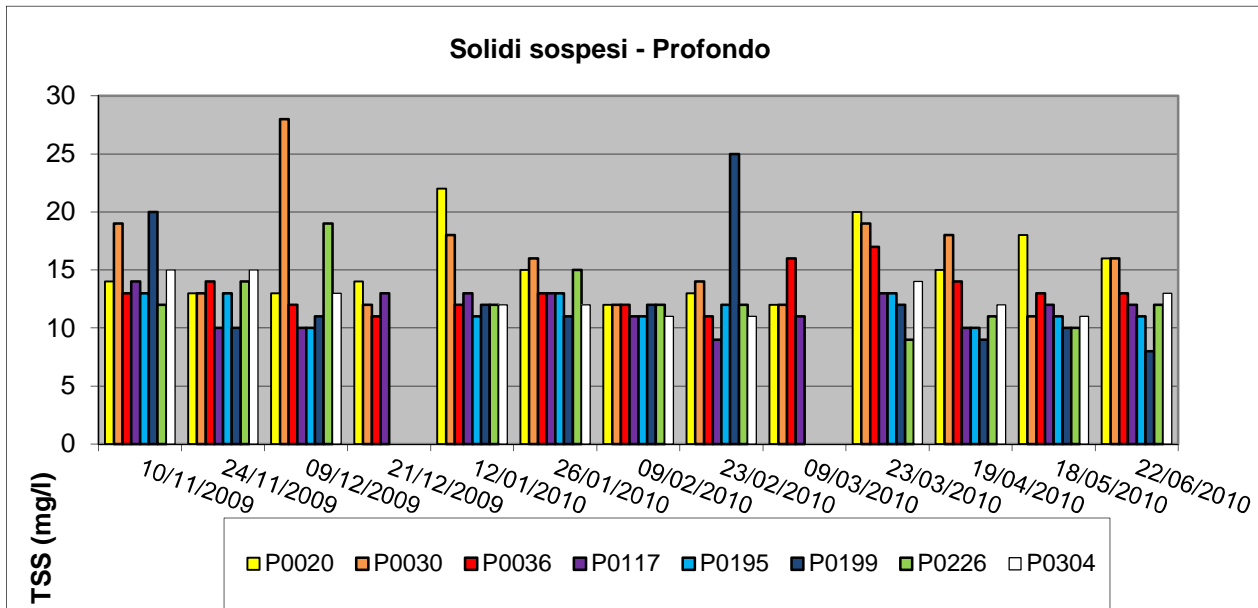


Figura 25 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera e post operam (da novembre 2009 a giugno 2010)

Le concentrazioni misurate nei campioni profondi sono risultate più variabili, sebbene comunque più elevate nelle stazioni P0020 e P0030. Il valore medio misurato sul fondo è risultato pari a 13 mg/l in linea con quanto misurato nei campioni superficiali. In particolare si può evidenziare un aumento di solidi sospesi nella stazione P0030 durante la campagna del 9 dicembre e valori abbastanza elevati nelle stazioni P0020 e P0030 durante la campagna del 12 gennaio. Si sottolinea infine un elevato valore il 23 febbraio in corrispondenza della stazione P0199, posta in prossimità degli impianti di mitilicoltura, mentre i valori di torbidità rilevati dalla sonda multiparametrica, sono risultati intorno a 3 NTU. Si precisa che durante la campagna del 21 dicembre 2009 e del 9 marzo 2010 non è stato possibile eseguire il campionamento delle stazioni P0195, P0199, P0226 e P0304 a causa delle condizioni meteo marine avverse.

I dati orari delle sonde fisse sono risultati confrontabili con i precedenti, senza evidenziare anomalie.

In Tabella 12 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate da novembre 2009 a giugno 2010.

Tabella 12 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate durante il monitoraggio in corso d'opera (novembre 2009 – giugno 2010)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	8	0.007	0.003	0.0003	0.160	0.505
	Massimo	30	0.222	0.015	0.0161	3.240	3.160
	Media	13	0.067	0.007	0.0061	0.670	1.233
Campioni profondi	Minimo	8	0.007	0.003	0.000	0.150	0.530
	Massimo	28	0.239	0.016	0.015	1.800	7.970
	Media	14	0.072	0.007	0.006	0.533	1.346

Rispetto ai valori rilevati durante la fase *ante operam* (Tabella 4) si evidenzia un aumento del valore medio dei solidi sospesi ed, in misura meno significativa, anche dei parametri piombo e zinco.

A completamento delle riflessioni condotte, si riportano in Figura 26 e Figura 27 i grafici relativi alle variazioni dei parametri misurati da novembre 2009 a giugno 2010.

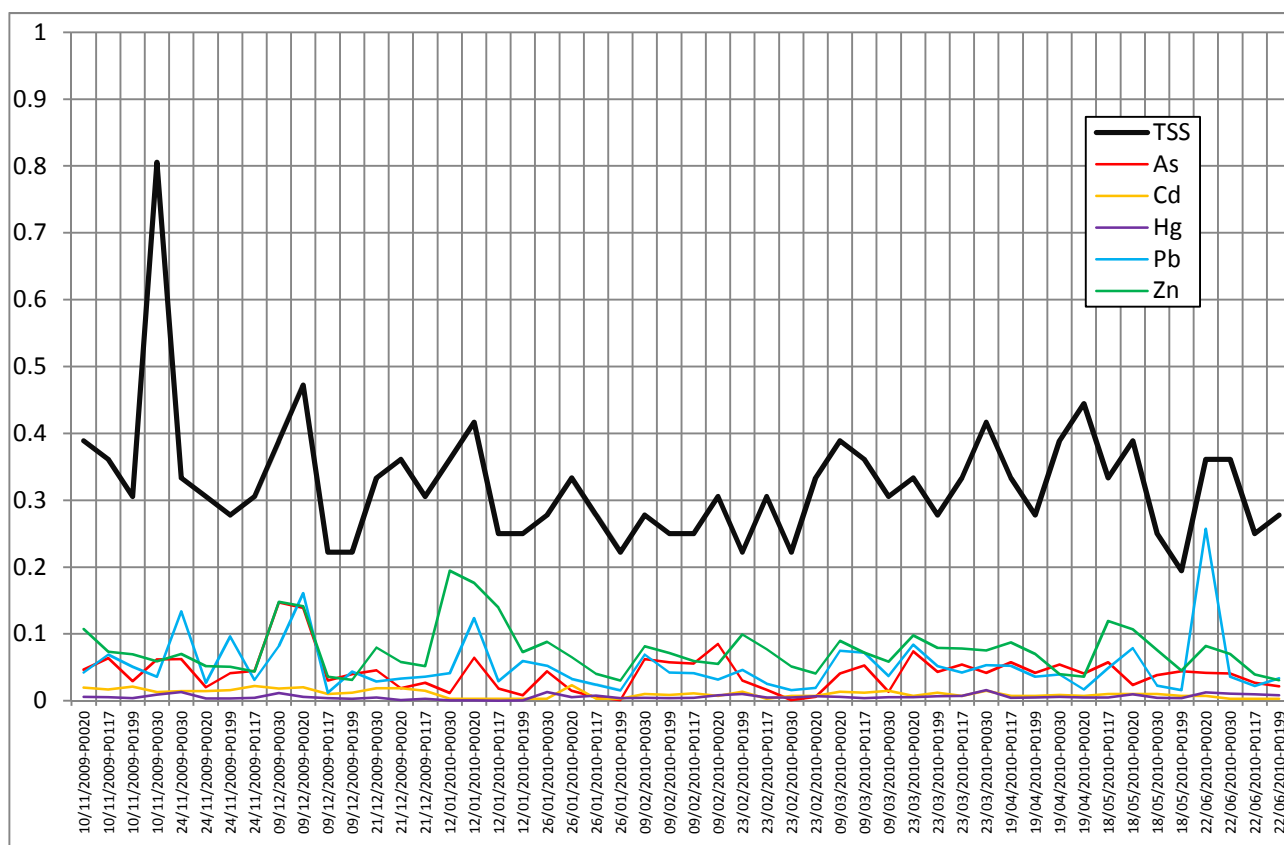


Figura 26 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera e *post operam* (da novembre 2009 a giugno 2010)

Dall'osservazione del grafico non emergono significative variazioni dei metalli in funzione dell'aumento dei solidi sospesi. Si segnala comunque che durante le campagne del 9 dicembre, 12 gennaio e 9 marzo, in corrispondenza della stazione P0020 ad un incremento dei solidi sospesi corrisponde anche una variazione, seppur non significativa, delle concentrazioni di piombo, arsenico (nella campagna di gennaio l'arsenico non è stato determinato) e zinco. Durante le campagne del 26 gennaio e del 14 aprile, nella stessa stazione, invece, ad un incremento dei solidi sospesi non corrisponde analoga variazione delle concentrazioni dei metalli. Si segnala inoltre un notevole incremento di piombo in P0020 il 22 giugno, in assenza di dragaggio, sebbene i solidi sospesi non siano risultati particolarmente significativi.

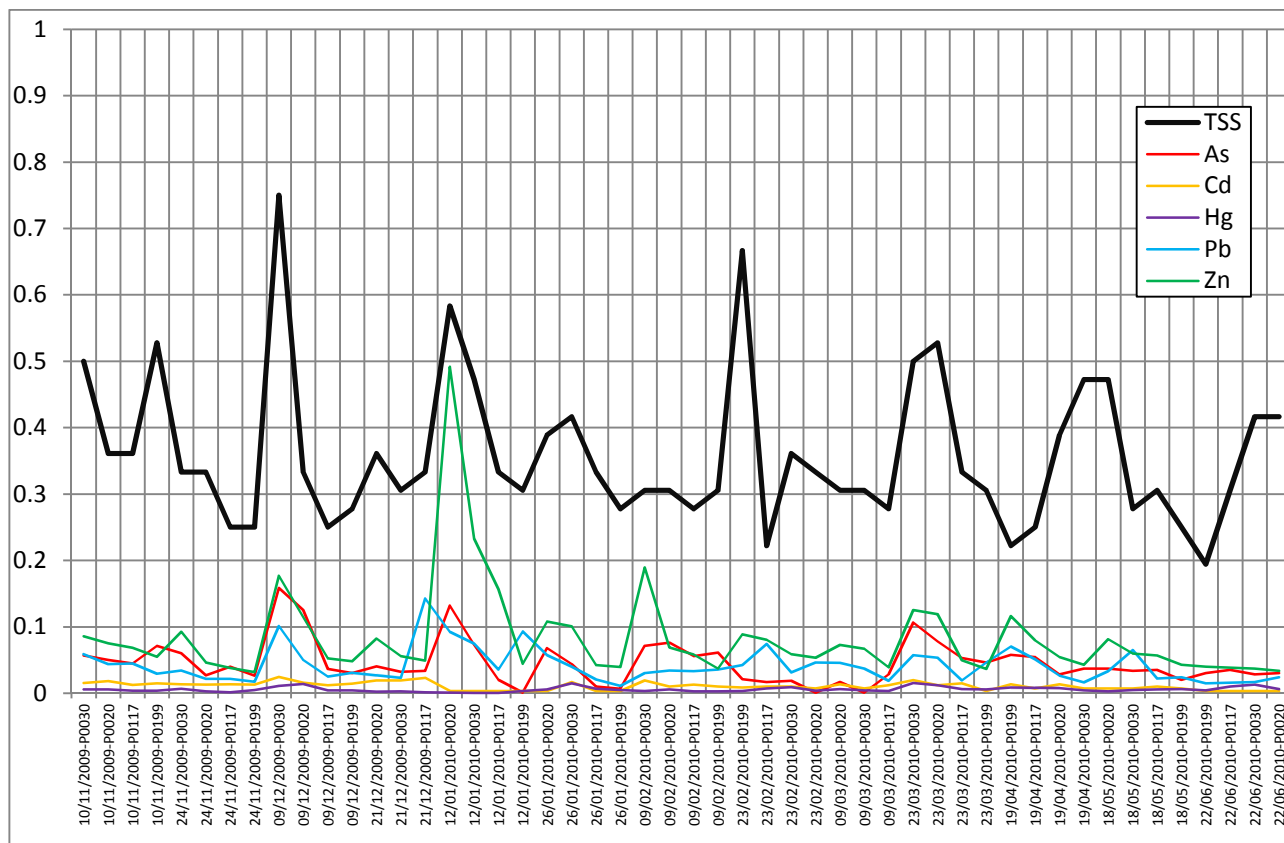


Figura 27 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera e *post operam* (da novembre 2009 a giugno 2010)

A differenza di quanto commentato per il periodo di monitoraggio precedente, si può notare una maggiore variabilità nei campioni prelevati in prossimità del fondo, in particolare in merito alle concentrazioni dei solidi sospesi. Come già evidenziato nell'istogramma relativo ai solidi sospesi (Figura 25), si possono mettere in evidenza nella stazione P0020 durante la campagna del 10 gennaio e nella P0030 nelle campagne del 9 dicembre, 9 febbraio e 23 marzo alcuni aumenti di solidi sospesi a cui corrispondono incrementi nelle concentrazioni dei metalli.

In merito agli altri parametri, i valori di concentrazione determinati nel periodo in esame sono rimasti in generale bassi e in linea con i risultati pregressi.

I valori di concentrazione del parametro Stagno sono risultati per lo più inferiori o appena maggiori del limite di quantificazione strumentale e i valori del parametro Vanadio sono risultati sempre molto bassi (ampiamente inferiori a 1 µg/l).

Le concentrazioni dei PCB sono risultate sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale (pari a 0.01 µg/l dalla campagna del 27/10/2009)

Le concentrazioni di IPA sono risultate per lo più inferiori ai limiti di rilevabilità strumentale, ad eccezione che nelle campagne del 19 aprile e 22 giugno 2010, appena maggiori del limite di quantificazione. Si segnala che a partire dalla campagna del 9 marzo 2010, per tutti gli IPA, così come per i PCB, il limite di quantificazione strumentale è stato uniformato a 0.01 µg/l.

Le concentrazioni di fosforo totale, ortofosfato e azoto nitroso sono risultate inferiori o prossime al limite di rilevabilità strumentale. I valori di azoto ammoniacale sono rimasti per lo più compresi tra 10 e 20 µg/l anche se, come già avvenuto in precedenza, nel campione superficiale di P0195 è stato determinato un valore più alto, pari a 87 µg/l, durante la campagna del 18 maggio 2010. Le concentrazioni di azoto totale misurate sono risultate comprese tra 100 e 300 µg/l, con un valore più elevato pari a 376 µg/l, nel campione superficiale della stazione P0036, misurato durante la campagna del 23 febbraio 2010.

Le concentrazioni dei parametri microbiologici sono rimaste in generale basse ed inferiori ai limiti indetificati per le acque di balneazione, ad eccezione delle concentrazioni di Enterococchi nel campione profondo di P0020 (205 UFC/100 ml) e nel campione superficiale di P0036 (340 UFC/100 ml) nella campagna del 12 gennaio 2010, poco superiori ai limiti normativi. Nel campione superficiale di P0036 è stata determinata una concentrazione di Escherichia Coli pari a 500 UFC/100 ml, esattamente pari al valore limite previsto per le acque di balneazione.

Le concentrazioni del parametro TOC sono risultate quasi sempre inferiori a 2 mg/l, con un massimo pari a 2.4 mg/l nel campione superficiale di P0020 durante la campagna del 9 dicembre 2009, in linea con i valori misurati durante le campagne precedenti.

Monitoraggio stagionale effettuato dal 20 luglio 2010 al 18 giugno 2013.

Dalla conclusione delle attività di bonifica dei fondali del Molo Ravano fino alle attività di bonifica dei fondali del Bacino di Evoluzione sono trascorsi circa tre anni, durante i quali sono state eseguite piccole operazioni di escavo in corrispondenza della banchina Revel (maggio 2012), dei cantieri Baglietto (novembre 2012 e marzo 2013) e dei fondali antistanti il Molo Fornelli Est. Attività di dragaggio sono state eseguite anche sui fondali ad ovest del Molo Garibaldi per la rimozione di circa 15.000 m³ di sedimento, condotte nei mesi di febbraio e marzo 2013.

Durante tale periodo ARPAL ha continuato le attività di monitoraggio, effettuando campagne stagionali, come previsto dallo schema attuativo, per garantire un costante controllo della qualità dell'ambiente marino anche in assenza di significative operazioni di dragaggio.

Dopo la conclusione della bonifica dei fondali antistanti il Terminal Ravano, sono state eseguite due campagne di monitoraggio nei mesi di luglio ed agosto 2010. Per i successivi 7 mesi, non sono stati condotti monitoraggi in quanto anche le operazioni di escavo sono rimaste ferme. In seguito il monitoraggio è proseguito con campagne attuate indicativamente ogni due, tre mesi, per un arco temporale di circa due anni e mezzo.

I risultati acquisiti nel corso delle 14 campagne di monitoraggio (Tabella 13) hanno permesso di definire un quadro medio delle condizioni della rada in assenza di movimentazioni o comunque in concomitanza di operazioni molto ridotte, utile come base di riferimento per i monitoraggi effettuati contestualmente alle operazioni di escavo dei fondali del Bacino di Evoluzione, del Molo Garibaldi e del Molo Fornelli.

Tabella 13 – Campagne di monitoraggio da luglio 2010 ad giugno 2013

MONITORAGGIO INTERMEDIO TRA LA FINE DELLA BONIFICA DEI FONDALI ANTISTANTI IL MOLO RAVANO E LA BONIFICA DEI FONDALI DEL BACINO DI EVOLUZIONE	
Piccoli interventi di escavo in corrispondenza della banchina Revel, dei cantieri Baglietto e del Molo Fornelli Est. Prime attività di escavo del Molo Garibaldi	
20/07/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
24/08/2010	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
09/03/2011	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 7 stazioni
27/07/2011	Profili Verticali in 6 stazioni + Campioni in 8 stazioni
27/09/2011	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
06/12/2011	Profili verticali non effettuati * - Campioni in 6 stazioni
13/03/2012	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
19/06/2012	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
20/08/2012	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 9 stazioni
03/10/2012	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 7 stazioni
14/11/2012	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 9 stazioni
16/01/2013	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 7 stazioni
05/03/2013	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni
18/06/2013	Profili Verticali in 30 stazioni + Campioni in 8 stazioni

* profili verticali non eseguiti a causa di problemi di funzionamento della sonda.

A partire dalla campagna di monitoraggio del 5 marzo 2013, la stazione P0020 in cui veniva effettuato il prelievo dei campioni d'acqua per le determinazioni analitiche, è stata sostituita dalla

stazione P0048, ritenuta più rappresentativa in previsione dei dragaggi da effettuare sui fondali del Bacino di Evoluzione e sui fondali antistanti il Molo Garibaldi ed il Molo Fornelli.

In Figura 28 e Figura 29 sono riportati i grafici relativi alle concentrazioni di solidi sospesi misurati rispettivamente nei campioni superficiali e profondi durante i monitoraggi effettuati dal luglio 2010 a giugno 2013.

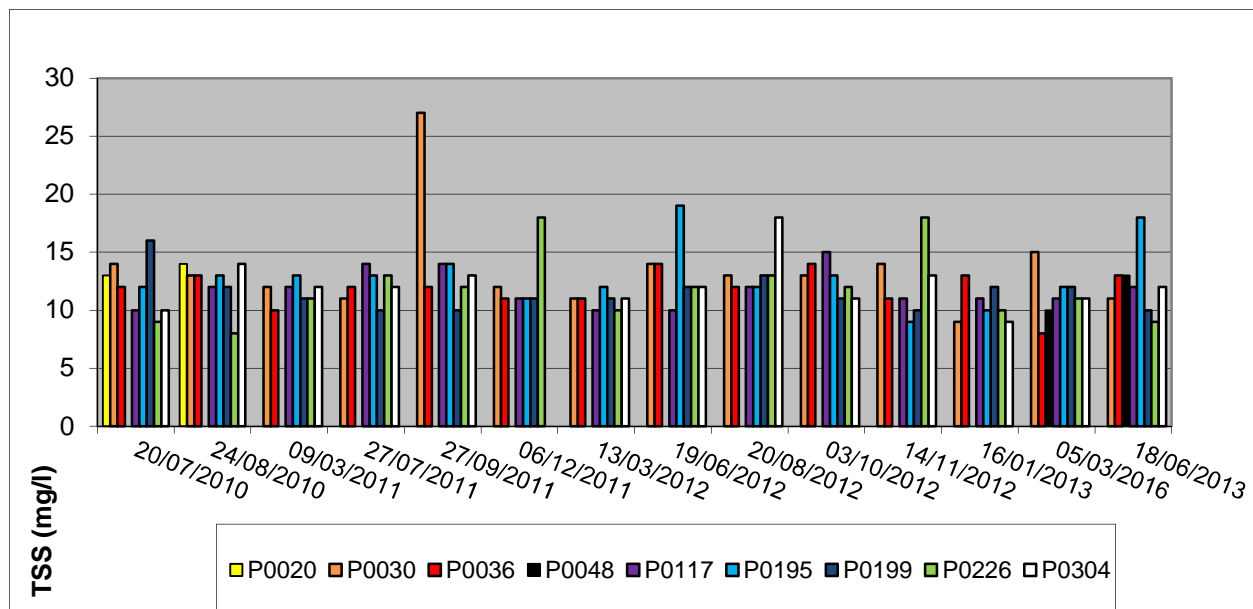


Figura 28 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da luglio 2010 a giugno 2013)

In generale si può affermare che le concentrazioni di solidi sospesi misurate siano risultate abbastanza costanti e quasi sempre comprese tra i 10 ed i 15 mg/l, con rari valori più elevati misurati in alcune stazioni nel corso di diverse campagne. Si segnala un valore molto alto, maggiore di 25 mg/l in corrispondenza della stazione P0030, misurato sia nel campione superficiale che in quello profondo, durante la campagna del 27 settembre 2011, eseguita in assenza di attività di escavo. A conferma delle determinazioni analitiche si precisa che i dati rilevati con la sonda multiparametrica sono risultati crescenti dalla superficie al fondo con valori di torbidità compresi tra 13 e 20 NTU. Altri due valori alti sono stati misurati sempre nella stazione P0030 ma solamente nel campione profondo, durante le campagne del 27 luglio 2011 e del 19 giugno 2012, in assenza di dragaggi. Si ricorda che la stazione P0030 è posizionata nell'area del Bacino di Evoluzione e pertanto fortemente influenzata dal passaggio e dalle manovre delle navi che ormeggiano presso il Molo Fornelli. Sempre il 27 luglio nel campione profondo della stazione P0304, ubicata esternamente all'imboccatura di ponente e pertanto soggetta alle condizioni meteomarine al di fuori della rada, la concentrazione dei solidi sospesi determinata era risultata pari a 21 mg/l, un po' più alta rispetto ai valori medi misurati in questa fase del monitoraggio. Per un malfunzionamento della sonda multiparametrica in tale stazione non è stato eseguito il profilo verticale e pertanto non è possibile effettuare un confronto con i valori di torbidità.

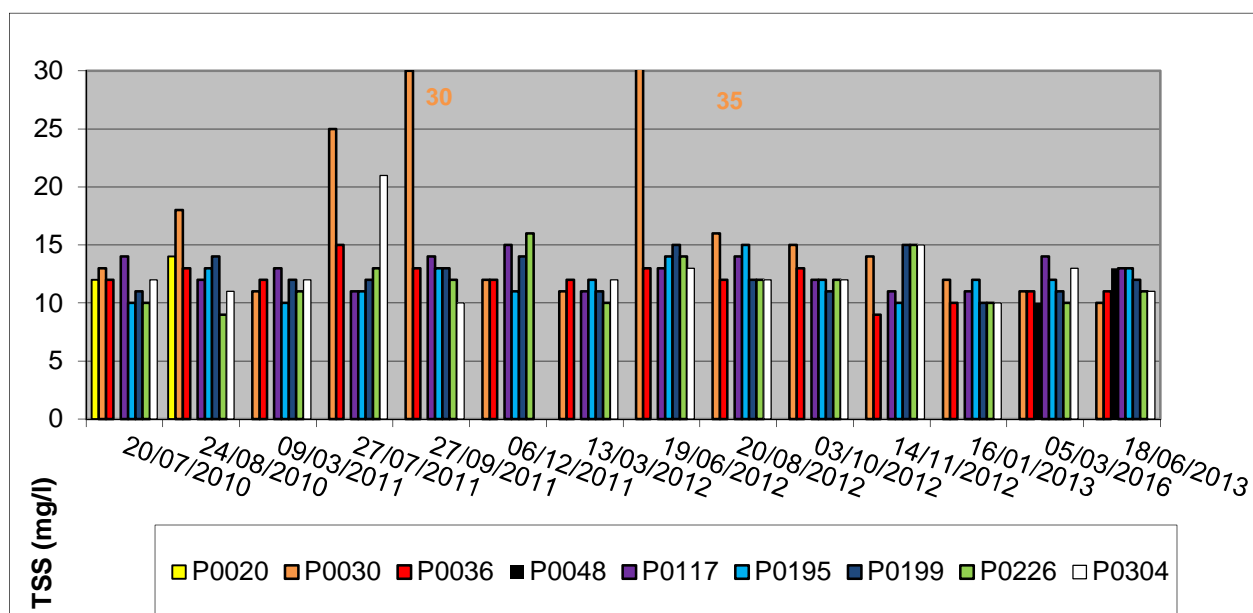


Figura 29 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio in corso d'opera (da luglio 2010 a giugno 2013)

In merito alle determinazioni eseguite sui campioni profondi della stazione P0030 durante le campagne del luglio 2011 e giugno 2012, si fa presente che la sonda multiparametrica ha registrato in prossimità del fondo valori di torbidità intorno ai 3-4 NTU.

Si segnala che i valori di torbidità acquisiti durante la campagna del 18 giugno 2013 sono risultati, in tutte le stazioni ed a tutte le profondità, intorno 15 NTU. In tale campagna i valori dei solidi sospesi erano compresi tra 10 e 15 mg/l, ad eccezione del campione superficiale prelevato in P0195 dove la concentrazione misurata era pari a 18 mg/l. I valori di NTU rilevati potrebbero essere pertanto riconducibili alla significativa presenza di mucillagini segnalate nel golfo.

Infine i dati orari acquisiti dalle sonde fisse sono risultati confrontabili con quelli misurati durante i periodi precedenti e generalmente inferiori a 3 NTU.

In Tabella 14 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate da luglio 2010 a giugno 2013.

Tabella 14 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate durante il monitoraggio effettuato da luglio 2010 a giugno 2013

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	9	0.005	0.002	0.0010	0.100	0.013
	Massimo	27	0.250	0.630	0.032	1.600	3.400
	Media	12	0.069	0.019	0.007	0.420	1.185
Campioni profondi	Minimo	10	0.007	0.002	0.0009	0.105	0.320
	Massimo	35	0.490	0.022	0.015	3.100	16.200
	Media	13	0.081	0.008	0.006	0.550	1.551

In generale le concentrazioni misurate possono considerarsi confrontabili con i dati pregressi. La naturale variabilità dei parametri si manifesta comunque con concentrazioni di solidi sospesi un po' più elevate rispetto a quelle misurate durante i monitoraggi *ante operam* effettuati per i dragaggi del Molo Ravano, in particolare per quel che riguarda i campioni superficiali. Ciò si riscontra in parte anche nei massimi valori misurati per i singoli metalli, mentre il valore medio non subisce significative variazioni. Il valore di zinco pari a 16.2 µg/l è stato misurato nel campione profondo della stazione P0020 durante la campagna del 20 luglio 2010. Tale concentrazione corrisponde alla massima rilevata durante tutte le campagne di monitoraggio.

Di seguito si riportano i grafici relativi alle concentrazioni normalizzate di solidi sospesi e metalli ricercati per i campioni superficiali (Figura 30) e profondi (Figura 31) delle stazioni P0020 (fino a giugno 2012), P0030, P0117 e P0199.

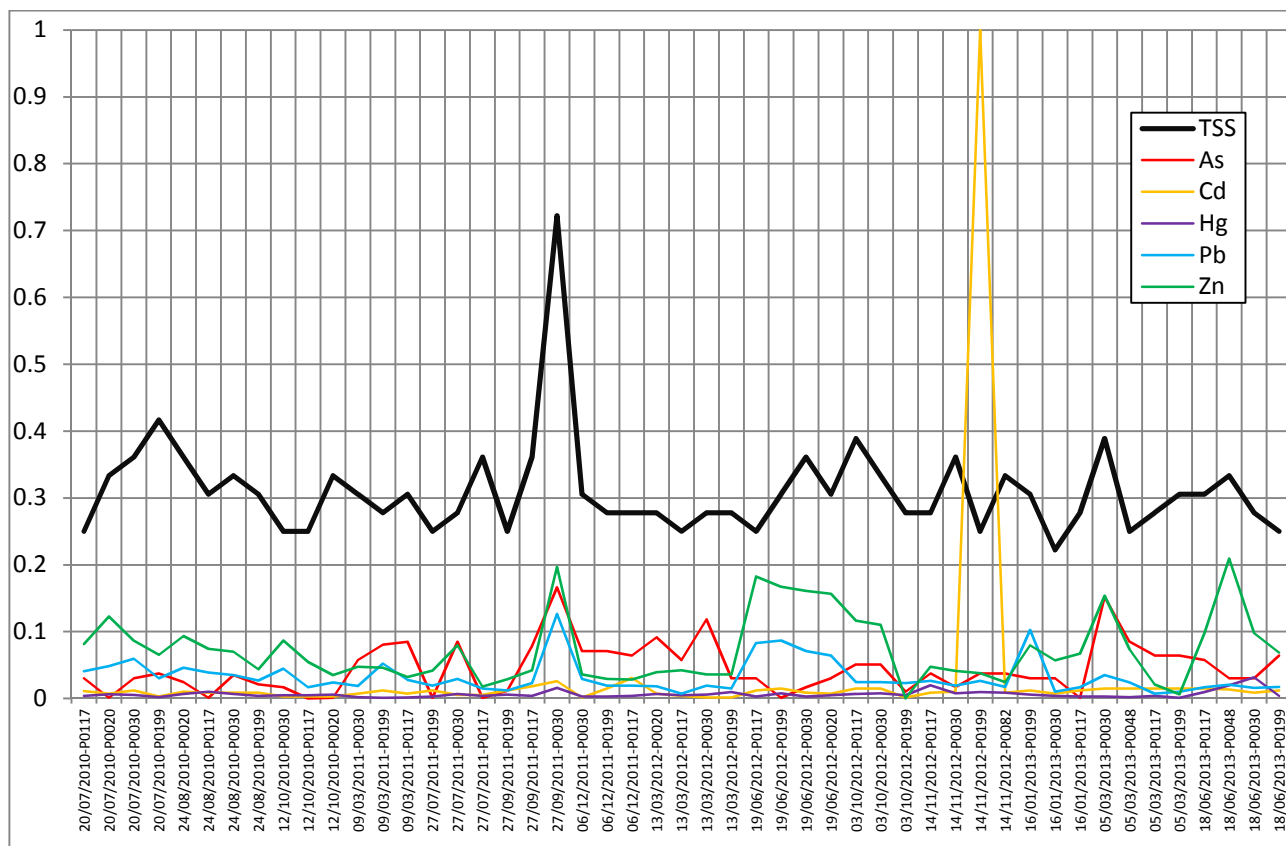


Figura 30 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio stagionali (da luglio 2010 a giugno 2013)

Dalla visualizzazione degli andamenti dei singoli parametri si può osservare come l'incremento dei solidi sospesi misurato nella stazione P0030 durante la campagna del 27 settembre 2011 si rispecchi anche nella variazione delle concentrazioni dei metalli ricercati ed in maggior misura per il piombo, lo zinco e l'arsenico. Analoga condizione si è verificata anche nel campione profondo (Figura 31). Nel campione superficiale prelevato nella stazione P0199 durante la campagna del 14 novembre 2012 si può osservare invece una significativa variazione del cadmio alla quale però non corrisponde un incremento né di solidi sospesi né degli altri metalli. Sebbene meno evidente, si segnala una variazione di arsenico, zinco ed in misura minore piombo, correlata all'aumento dei

solidi sospesi, nel campione superficiale della stazione P0030 nella campagna del 5 marzo 2013 e soltanto per lo zinco nella stazione P0048 durante la campagna del mese di giugno 2013.

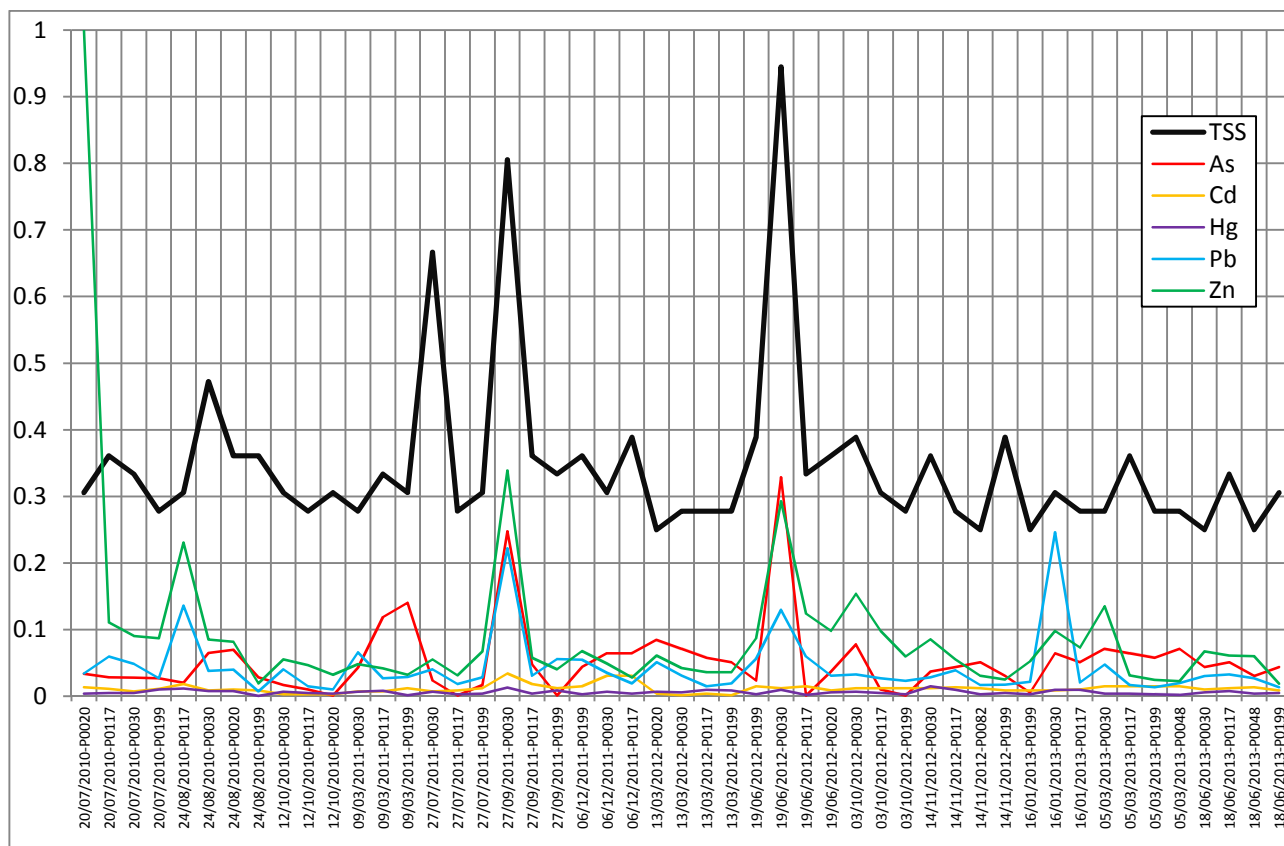


Figura 31 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio stagionali (da luglio 2010 a giugno 2013)

Nei campioni profondi (Figura 31) si può osservare una maggiore variabilità: si segnala innanzitutto nella stazione P0020, durante la campagna del luglio 2010, la presenza significativa di zinco rispetto agli altri parametri. Come precedentemente descritto a tale incremento corrispondente una concentrazione di solidi sospesi piuttosto contenuta e pari a 12 mg/l. Analoga situazione si è verificata, anche se in misura minore, per lo zinco ed il piombo nella stazione P0117 durante la campagna del 24 agosto 2010. Per più di una campagna è possibile mettere in evidenza nei campioni della stazione P0030 alcune significative variazioni di zinco, piombo ed in parte arsenico, sia contestualmente all'incremento dei solidi sospesi (27 settembre 2011, 19 giugno e 3 ottobre 2012, 16 gennaio 2013), sia in condizioni di concentrazioni di TSS piuttosto limitate (27 luglio 2011). Si ricorda che le campagne sono state condotte in assenza di attività di dragaggio e che la stazione P0030 è fortemente influenzata dal traffico navale.

Per quanto riguarda gli altri parametri i valori di concentrazione sono risultati sempre piuttosto bassi, senza particolari differenze rispetto ai dati pregressi.

I valori di concentrazione del parametro Stagno sono risultati per lo più inferiori o appena maggiori del limite di quantificazione strumentale ad eccezione di un unico valore più elevato, pari a 0.7 µg/l, determinato nella campagna del 19/06/2012 nel campione superficiale della stazione P0199 e i valori del parametro Vanadio sono risultati sempre molto bassi (ampiamente inferiori a 1 µg/l).

Le concentrazioni dei PCB sono risultate sempre inferiori al limite di rilevabilità strumentale (pari a 0.01 µg/l), con l'esclusione della campagna del 14 novembre 2012 in cui nelle stazioni P0117 P0199 e P0082 (stazione specificamente monitorata per l'esecuzione dei lavori di bonifica dei fondali del cantiere Baglietto) sono state misurate concentrazioni appena maggiori (intorno a 0.03 µg/l). Le concentrazioni degli IPA sono risultate per lo più inferiori al limite di quantificazione, ad eccezione della sola campagna del 27 settembre 2011, limitatamente al campione superficiale prelevato nella stazione P0199, in cui sono stati determinati valori di crisene e pirene rispettivamente pari a 0.31 a 0.18 µg/l eccedenti di oltre un ordine di grandezza il limite di quantificazione (pari a 0.01 µg/l).

Per quanto riguarda le concentrazioni dei nutrienti, non si evidenziano significative differenze rispetto ai risultati in corso d'opera: i valori sono risultati sempre molto bassi. Si segnala il valore elevato del parametro fosforo totale, pari a 353 µg/l, determinato nel campione superficiale della stazione P0030, nella campagna del 16 gennaio 2013, il maggiore di tutto il monitoraggio.

Per quanto riguarda le concentrazioni dei parametri microbiologici in generale sono risultate basse e inferiori rispetto ai limiti per le acque di balneazione, ad eccezione che nel campione superficiale della stazione P0117 nella campagna del 16/01/2013 (e quindi non in periodo di balneazione) in cui sono state determinate concentrazioni di Enterococchi e di Escherichia coli rispettivamente pari 460 e 860 UFC/100 ml.

Le concentrazioni del carbonio organico totale sono infine risultate comprese tra 1 e 2 mg/l, in linea con i valori precedenti.

Monitoraggio delle attività di bonifica/dragaggio dei fondali antistanti il Bacino di Evoluzione (Ottobre 2013 - Luglio 2014)

Nel 2013, in relazione alle attività di dragaggio previste nei fondali del Bacino di Evoluzione, del Molo Garibaldi e successivamente del Molo Fornelli, è stato redatto da ISPRA ed ARPAL un nuovo schema attuativo (Allegato 2), da applicare sia durante le operazioni di bonifica/dragaggio, sia durante i periodi intermedi tra i diversi interventi in progetto. Lo schema attuativo definito nel febbraio del 2013 ed attualmente in vigore, non prevedeva attività di monitoraggio *ante operam*, in quanto sono stati considerati come riferimento i dati acquisiti nel corso dei monitoraggi pregressi ed in particolare quelli acquisiti nel corso degli ultimi anni di osservazioni continue. Come avvenuto in precedenza, le frequenze del monitoraggio sono state stabilite in relazione alle modalità di escavo ed ai quantitativi di sedimento movimentati, garantendo l'esecuzione di campagne stagionali durante le fasi intermedie.

Lo schema attuativo, riportato in Figura 32, prevedeva in dettaglio:

- l'esecuzione, in corrispondenza di 30 stazioni distribuite in tutto il golfo, di profili verticali con sonda multiparametrica per l'acquisizione dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua: temperatura (°C), conducibilità (mS/cm), salinità (ppt), ossigeno disciolto (%), saturazione di ossigeno (mg/l), pH, potenziale di ossido riduzione (mV) e torbidità (NTU);
- il prelievo di campioni di acqua a due profondità: superficiale (2 m al di sotto della superficie del mare) e profondo (2 m al di sopra del fondale) per l'esecuzione di analisi di laboratorio e la ricerca di solidi sospesi in 8 delle 30 stazioni in cui vengono eseguiti i profili con la sonda multiparametrica. In 4 delle 8 stazioni (P0030, P0048, P0117, P0199) era prevista l'esecuzione del profilo analitico completo con la ricerca di solidi sospesi, TOC, azoto totale, fosforo totale, nutrienti (nitriti, nitrati, ortofosfati, ammoniaca), E-coli, enterococchi fecali, spore di clostridi solfito riduttori e, sul particolato, le determinazioni di metalli (As, Cd, Hg, Pb, V, Sn, Zn), PCB ed IPA; nelle altre 4 stazioni (P0036, P0195, P0226, P0304) veniva eseguito un profilo analitico ridotto ovvero con l'esclusione delle determinazioni di metalli, IPA e PCB nel particolato;
- l'acquisizione in continuo dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua (temperatura (°C), conducibilità (mS/cm), salinità (ppt), ossigeno disciolto (%), saturazione di ossigeno (mg/l), pH, potenziale di ossido riduzione (mV) e torbidità (NTU)) mediante l'impiego di due sonde multiparametriche fisse poste al di sotto di boe fisse in prossimità delle aree adibite alla ittiocoltura (nell'area delle Grazie) e alla mitilicoltura (allevamenti interni alla diga di ponente)
- l'esecuzione del Piano di Sorveglianza della mitilicoltura, in collaborazione con IZS, per conto di ASL5 che prevede il monitoraggio periodico sia delle acque marine che dei molluschi bivalvi in 7 stazioni. Da luglio 2015 tale piano è stato integrato con la realizzazione di un progetto di biomonitoraggio in collaborazione con l'Università di Genova per il controllo dello stato di salute dei mitili.

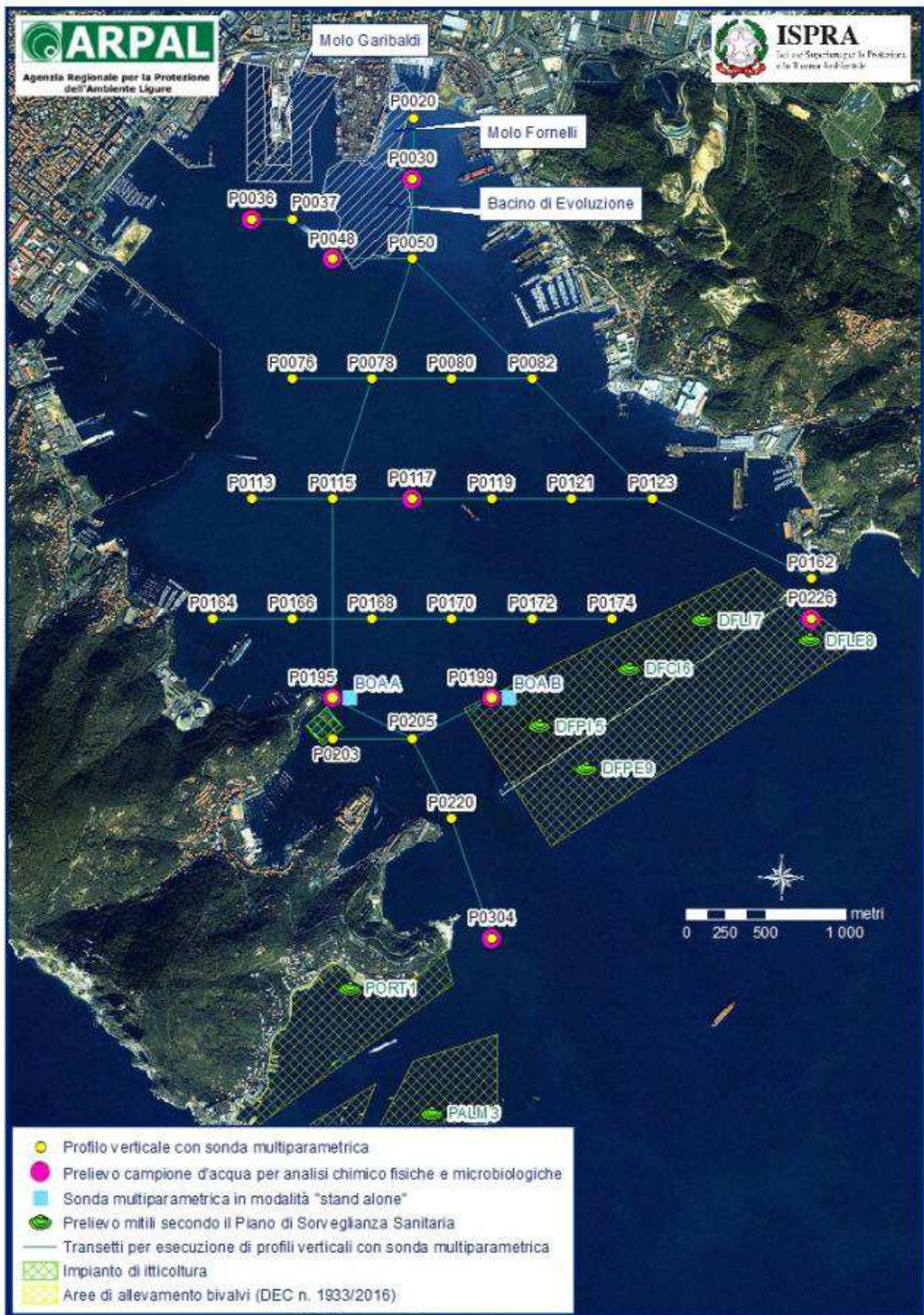


Figura 32 - Schema attuativo delle stazioni di monitoraggio per il dragaggio del Bacino di Evoluzione, del Molo Garibaldi e del Molo Fornelli Est

Rispetto alle pregresse attività di monitoraggio, dallo schema attuativo in vigore sono stati esclusi i saggi ecotossicologici sulla colonna d'acqua, le analisi sui pesci dell'impianto delle Grazie ed i transetti effettuati con il ROV nelle aree esterne alla rada, che venivano effettuate da ISPRA. Tale decisione è derivata dallo studio dei risultati acquisiti, che non hanno mai evidenziato alcun effetto sulle specie indagate associabile direttamente alle operazioni di escavo, ma bensì più strettamente legato alle normali fluttuazioni stagionali. ISPRA ed ARPAL si sono comunque riservati di reintrodurre le suddette analisi o inserirne delle nuove, qualora le attività di bonifica/dragaggio previste fossero tali da richiedere specifici ed approfonditi controlli oltre quelli in vigore.

Infine, le analisi originariamente previste sugli organismi degli impianti di mitilicoltura, non sono state incluse nello schema attuativo in quanto il controllo degli organismi era già garantito regolarmente (mensilmente in inverno e ogni 15 giorni d'estate) dai controlli effettuati nell'ambito del Piano di Sorveglianza Sanitaria della Molluschicoltura da ASL 5 Spezzina in collaborazione con ARPAL e Istituto Zooprofilattico.

Ad ISPRA, non più impegnata nelle attività di monitoraggio del comparto biotico, è rimasta la competenza nella progettazione, in collaborazione con ARPAL, degli schemi attuativi e la gestione dei risultati all'interno del database "Maciste", realizzato dall'Università di Genova (DISTAV).

Le attività di monitoraggio del comparto abiotico che prevedevano l'esecuzione di periodiche campagne per l'acquisizione dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua con sonda multiparametrica nelle 30 stazioni predefinite ed il prelievo di campioni d'acqua per le determinazioni analitiche, nonché la gestione dei dati orari acquisiti dalle sonde posizionate in BOA A e BOA B e l'esecuzione di periodici sopralluoghi intorno al campo panne, sono rimaste a cura di ad ARPAL.

Secondo quanto riportato nel progetto preliminare di bonifica, i fondali del Bacino di Evoluzione non presentavano livelli di contaminazione elevata, ma solo limitati superamenti in piccole aree dei limiti di intervento per i parametri mercurio, piombo, zinco ed rame. Inoltre poiché le attività di escavo presso il Bacino di Evoluzione sono state eseguite dopo oltre 10 anni dalla caratterizzazione ICRAM, prima dell'avvio degli interventi, ARPAL ha effettuato una nuova verifica sui sedimenti per la conferma dei risultati analitici pregressi e per la definizione della corretta gestione dei sedimenti escavati.

Le attività di bonifica/dragaggio dei fondali del Bacino Evoluzione sono state appaltate da Autorità Portuale alla Società Nuova Coedmar Srl che le ha effettuate in maniera continuativa dal 15 novembre 2013 al 4 giugno 2014. Le attività hanno interessato complessivamente la rimozione di circa 215.000 m³ di sedimento per lo più classificato come "verde", secondo il documento ICRAM "Progetto preliminare di bonifica dell'area marina inclusa nella perimetrazione del sito di bonifica di interesse nazionale di Pitelli Bol-Pr-LI-P-02.16" del marzo 2005. Per le attività di movimentazione sono state utilizzate la draga Annamaria Z e la draga Fabio Duò, impiegata anche per il trasporto, previo trasbordo e refluento, nella cassa di colmata del Porto di Piombino.

Al fine di contenere la dispersione dei sedimenti all'interno delle aree di escavo, sono state utilizzate panne galleggianti munite di gonne ancorate al fondale. In una prima fase durata fino al 19 febbraio 2014, sono stati allestiti campi panne rettangolari di grandi dimensioni entro i quali

operava la draga. Nelle prime fasi delle attività di dragaggio, ARPAL ha eseguito numerosi sopralluoghi intorno al campo panne effettuando profili verticali con la sonda multiparametrica (Allegato 3). In nessuna circostanza sono state segnalate criticità o anomalie dei parametri misurati lungo la colonna d'acqua nell'intorno dell'area di lavoro.

Successivamente, poiché il dragaggio avrebbe interessato aree soggette a frequente transito navale, la ditta incaricata ha stabilito, per motivi logistici, di ridurre le dimensioni del campo panne, affermando che tali modifiche non avrebbero inficiato la corretta conterminazione dell'area di lavoro (Allegato 4). Pertanto, dall'ultima decade del mese di febbraio 2014, le attività di dragaggio sono state condotte entro campi panne di dimensioni più ridotte e di forma triangolare, con la base di appoggio delle gonne costituita da un lato della draga ed il vertice opposto ancorato a corpi morti, presidiati da un rimorchiatore dotato di braccio meccanico per la movimentazione dei corpi morti stessi.

A seguito di tali modifiche ARPAL ha intensificato i sopralluoghi intorno all'area di lavoro. Poiché nei giorni 22, 23 e 24 febbraio sono state riscontrate alcune difficoltà operative nella gestione del campo panne, che hanno determinato, in alcuni tratti, la rottura delle giunzioni tra le gonne, nella settimana dal 21 al 28 febbraio ARPAL ha effettuato 6 sopralluoghi. Dai profili verticali eseguiti con la sonda multiparametrica sono stati acquisiti valori di torbidità anche superiori a 65 NTU (Allegato 5).

In seguito al ripristino del campo panne ed all'ottimizzazione delle attività, ARPAL ha ridotto la frequenza dei sopralluoghi, durante i quali non sono comunque più emerse criticità.

Le campagne di monitoraggio in corso d'opera sono state eseguite con cadenza mensile da dicembre 2013 fino a maggio 2014, per un totale di 6 campagne (Tabella 15). Precedentemente all'avvio delle operazioni era stata eseguita una campagna di bianco (due settimane prima), mentre a conclusione del dragaggio sono state effettuate due campagne *post operam*, la prima circa due settimane dopo il termine del dragaggio e l'altra nella seconda metà del mese di luglio.

Si ricorda inoltre che nel mese di novembre 2013 sono state installate le nuove sonde (Hydrolab DS5 fornite dalla ditta Corr-Teck), in corrispondenza delle due boe. La stessa tipologia di sonda è stata utilizzata anche per l'esecuzione dei profili verticali. Le sonde sono state equipaggiate con i sensori per l'acquisizione degli stessi parametri monitorati in precedenza ad eccezione del sensore di Clorofilla a. Le 2 boe trasmettenti (BOA A e BOA B), utilizzate in precedenza, sono state mantenute e riadattate al funzionamento delle nuove sonde.

Per ciascuna campagna sono stati eseguiti profili verticali con la sonda multiparametrica in 30 stazioni. La stazione P0020, specificatamente inserita per il monitoraggio del dragaggio dei fondali antistanti il Terminal Ravano, non è stata più effettuata in quanto ritenuta poco significativa per il monitoraggio dell'area sottoposta a dragaggio. Come già precisato per il prelievo dei campioni d'acqua la stazione P0020 è stata sostituita con la stazione P0048. Le restanti stazioni sono state mantenute.

Tabella 15 – Attività di dragaggio del Bacino di Evoluzione e relative campagne di monitoraggio

BACINO DI EVOLUZIONE		
29/10/2013	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Ante operam AUTUNNO
16/11/2013	Inizio dragaggio Bacino di Evoluzione	
03/12/2013	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
13/01/2014	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 7 stazioni	In corso d'opera INVERNO
12/02/2014	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	
17/03/2014	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	
08/04/2014	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera PRIMAVERA
14/05/2014	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni (12/05)	
04/06/2014	Fine dragaggio	
18/06/2014	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Post operam PRIMAVERA
22/07/2014	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Post operam ESTATE

Si riportano di seguito i grafici relativi alle concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali (Figura 33) e profondi (Figura 34) durante la campagna *ante operam*, le campagne in corso d'opera e le campagne *post operam*. Particolare attenzione nella lettura dei dati è stata dedicata alle stazioni prossime all'area di dragaggio (P0030 e P0048).

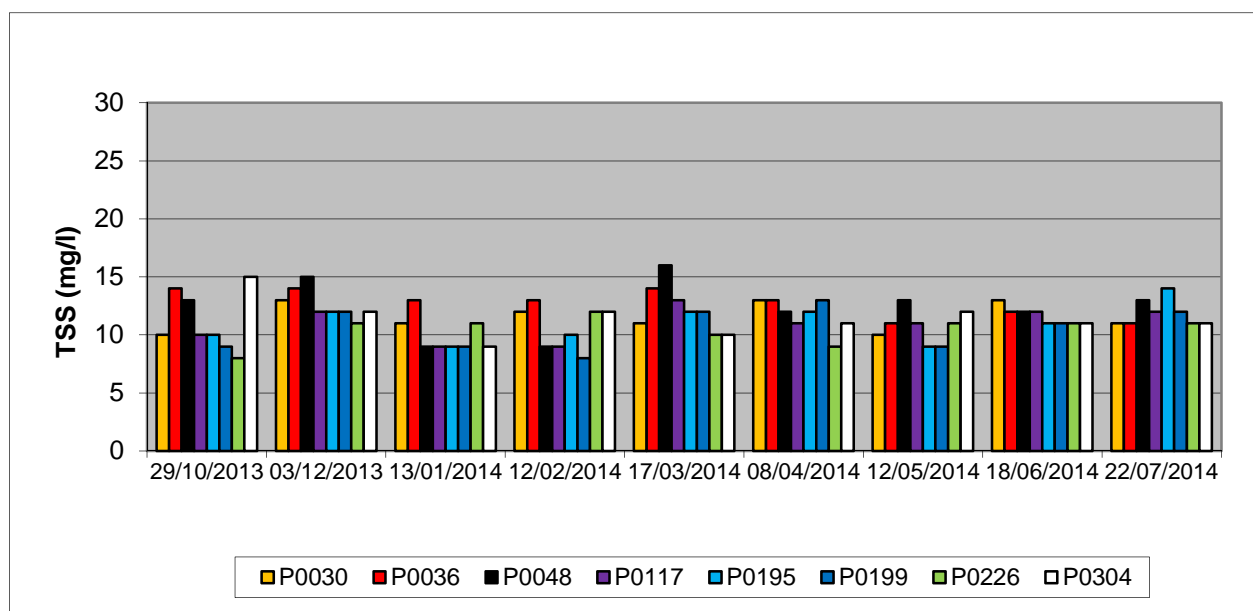


Figura 33 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione (da ottobre 2013 a luglio 2014)

Come si può osservare dal grafico, le concentrazioni rilevate durante le campagne effettuate contestualmente alle operazioni di dragaggio (da dicembre a maggio) sono risultate abbastanza uniformi per tutte le stazioni ed in linea con le concentrazioni misurate durante la campagna *ante operam* (ottobre 2013) e le campagne *post operam* (giugno e luglio 2014). I valori massimi di solidi

sospesi misurati nei campioni superficiali sono risultati generalmente inferiori ai 15 mg/l. In particolare, nelle stazioni P0030 e P0048, prossime all'area di dragaggio, i valori misurati durante le operazioni di escavo, compresi rispettivamente tra 13 e 16 mg/l (rilevato nella stazione P0048 durante la campagna del mese di marzo) sono risultati sufficientemente concordi con le misure effettuate durante la campagna *ante operam* (10 e 13 mg/l rispettivamente). Per quel che riguarda i campioni superficiali pertanto non vi sono da segnalare variazioni significative del parametro.

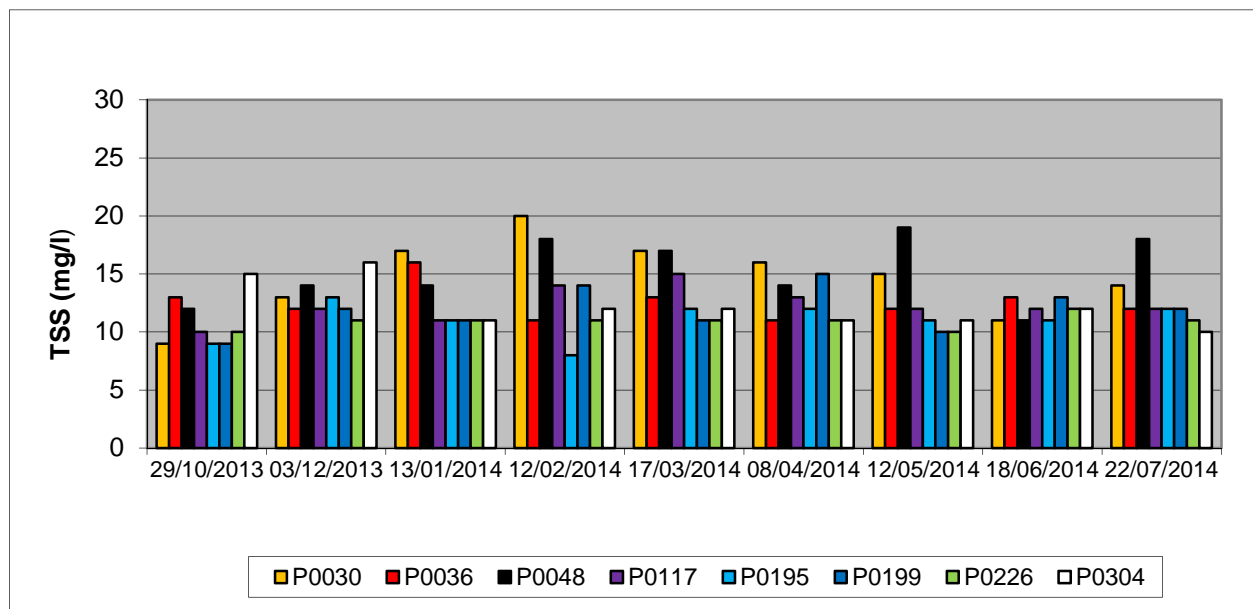


Figura 34 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione (da ottobre 2013 a luglio 2014)

Nei campioni profondi invece, oltre a valori massimi un po' più alti, prevedibili trattandosi di campioni prelevati in prossimità del fondo, sembrerebbe di poter descrivere per la stazione P0030 ed, in misura minore, per la stazione P0048, un andamento inizialmente crescente e successivamente decrescente nel corso delle diverse campagne. La massima concentrazione misurata in P0030 è risultata pari a 20 mg/l nella campagna di febbraio, mentre il più alto valore misurato in P0048, pari a 19 mg/l, è stato rilevato nel mese di maggio. In entrambi i casi i profili verticali di torbidità hanno invece evidenziato valori bassi ed omogenei lungo tutta la colonna d'acqua. Si fa inoltre presente che nelle giornate precedenti il campionamento del 12 febbraio si sono verificati eventi piovosi significativi (nelle giornate del 9 e del 10 febbraio sono state registrate precipitazioni complessivamente pari a circa 75 mm e velocità medie del vento di circa 10 m/s, con punte fino a 20 m/s circa).

In Tabella 16 si riportano i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni di solidi sospesi misurate nelle stazioni durante tutta l'attività di dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione. Tali valori sono stati confrontati con i valori assoluti misurati durante la campagna *ante operam* e la prima campagna *post operam*.

Tabella 16 – Concentrazioni medie, massime e minime di solidi sospesi calcolate durante le campagne di monitoraggio per le attività dragaggio del Bacino di Evoluzione.

		Ante operam	In corso d'opera			Post operam
		Valore assoluto	Media	Massimo	Minimo	Valore assoluto
P0030	Superficiale	10	12	14	9	13
	Profondo	9	16	20	13	11
P0036	Superficiale	14	13	14	11	12
	Profondo	13	13	16	11	13
P0048	Superficiale	13	12	16	9	12
	Profondo	12	16	19	14	11
P0117	Superficiale	10	11	13	9	12
	Profondo	10	13	15	11	12
P0195	Superficiale	10	11	12	9	11
	Profondo	9	11	13	8	11
P0199	Superficiale	9	11	13	8	11
	Profondo	9	12	15	10	13
P0226	Superficiale	8	11	12	9	11
	Profondo	10	11	11	10	12
P0304	Superficiale	15	11	12	9	11
	Profondo	15	12	16	11	12

Dalla lettura della tabella si può osservare come il valore medio, sia superficiale che fondo, sia leggermente più alto rispetto a quanto misurato durante la campagna *ante operam*. Tale valore è invece concorde con le misure effettuate nel *post operam*. In particolare ciò sembrerebbe verificarsi nelle stazioni P0030 e P0048, prossime all'area di escavo, dove, soprattutto nel campione profondo, sono state determinate le concentrazioni più elevate. Si evidenzia comunque che i valori dei solidi sospesi sono risultati quasi sempre inferiori a 15 mg/l, in linea con i periodi precedenti.

A supporto delle considerazioni fatte sulle concentrazioni di solidi sospesi, si riportano di seguito le mappe in cui sono stati rappresentati i valori di torbidità misurati con la sonda multiparametrica lungo i profili verticali. Per semplificare la rappresentazione, le misure acquisite sono state raggruppate in 4 strati, superficiale, intermedio, profondo e molto profondo, da cui sono state realizzate le mappe corrispondenti. Le mappe di sintesi sono state inoltre suddivise in relazione alle diverse fasi del monitoraggio ed alle stagioni in cui sono state effettuate le campagne. Il colore dei punti rappresentativi delle stazioni visualizzate in ciascuna mappa corrisponde alla classe a cui appartiene il più alto valore misurato nel periodo e nello strato preso in considerazione.

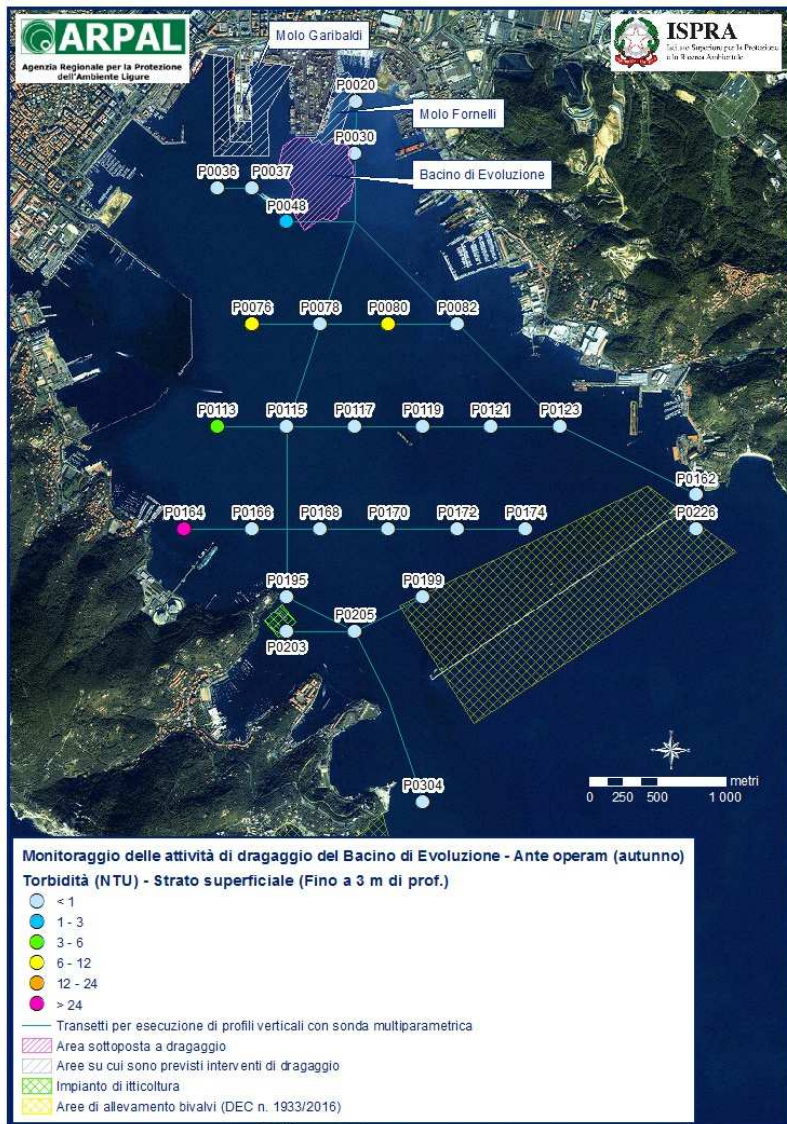


Figura 35 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante la campagna *ante operam* (autunno 2013)

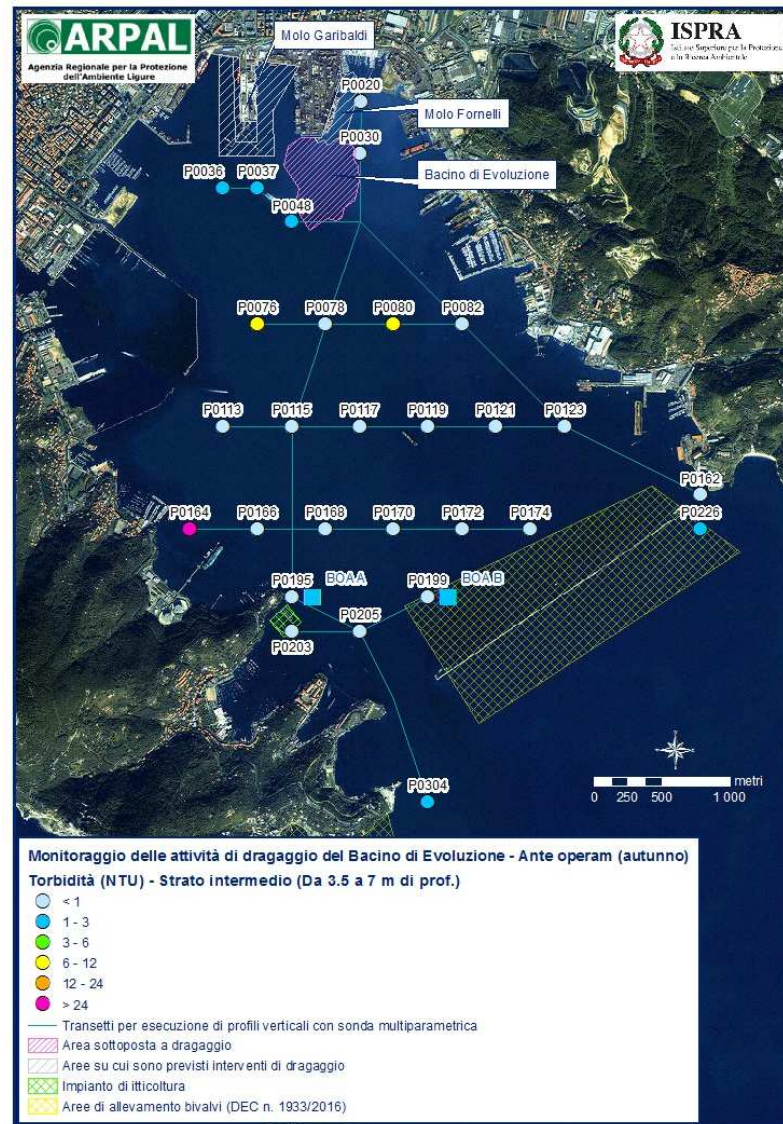


Figura 36 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante la campagna *ante operam* (autunno 2013)

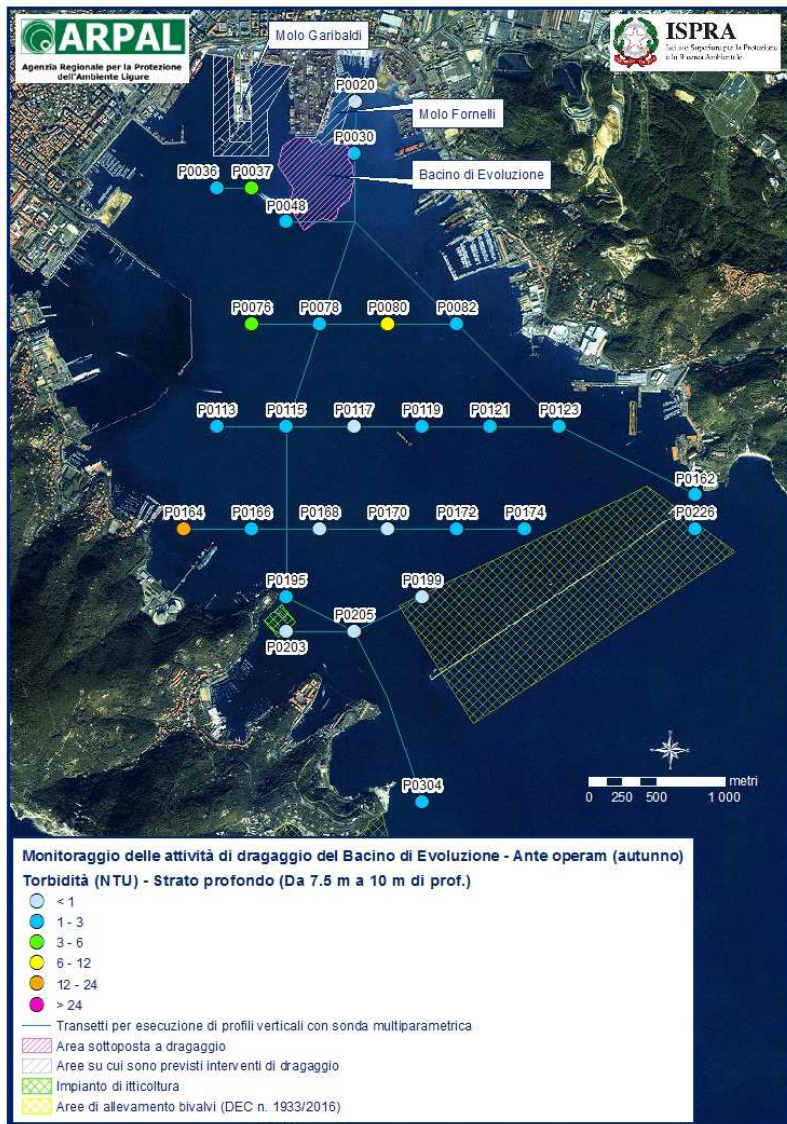


Figura 37 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante la campagna *ante operam* (autunno 2013)



Figura 38 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante la campagna *ante operam* (autunno 2013)



Figura 39 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante la campagna in corso d'opera (autunno 2013)

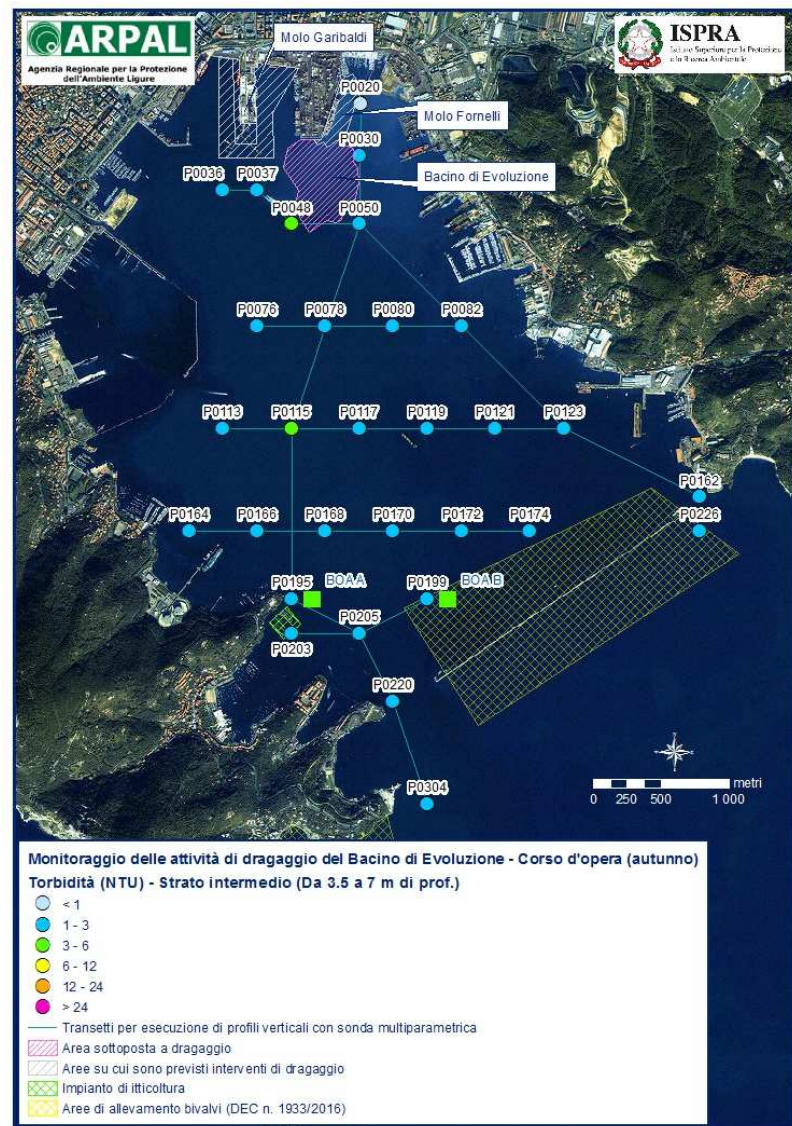


Figura 40 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante la campagna in corso d'opera (autunno 2013)

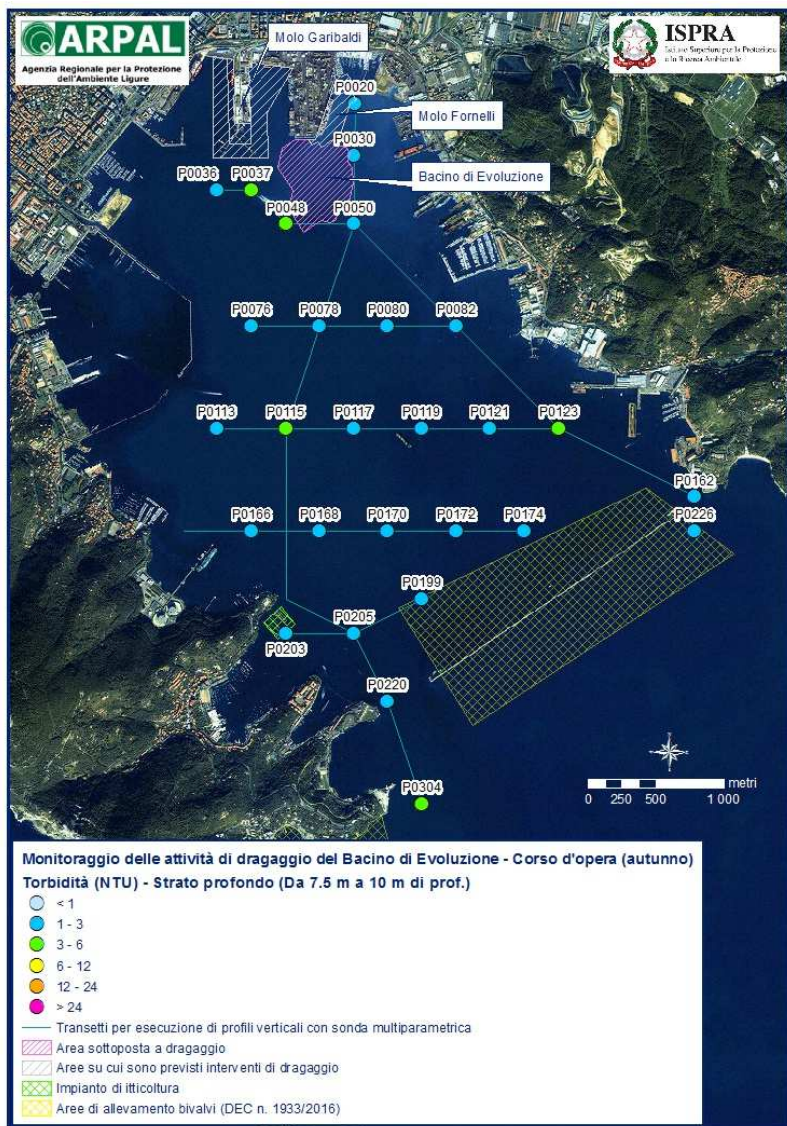


Figura 41 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante la campagna in corso d'opera (autunno 2013)

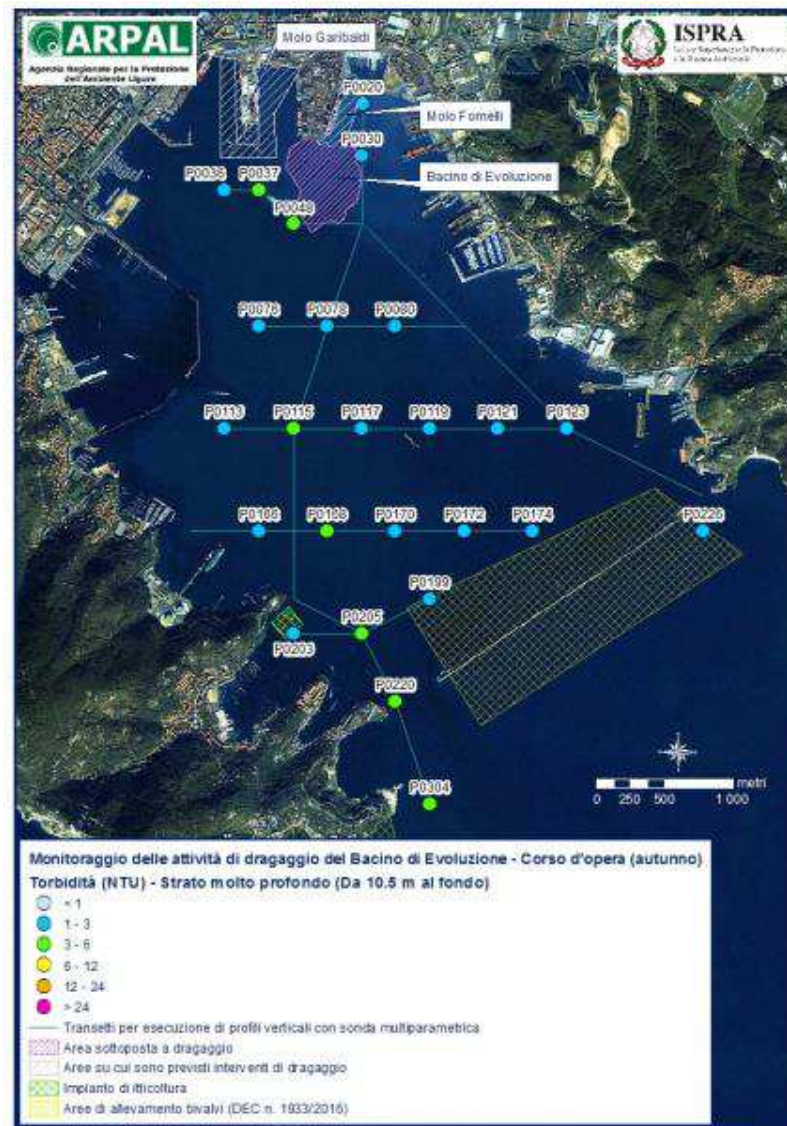


Figura 42 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2013)

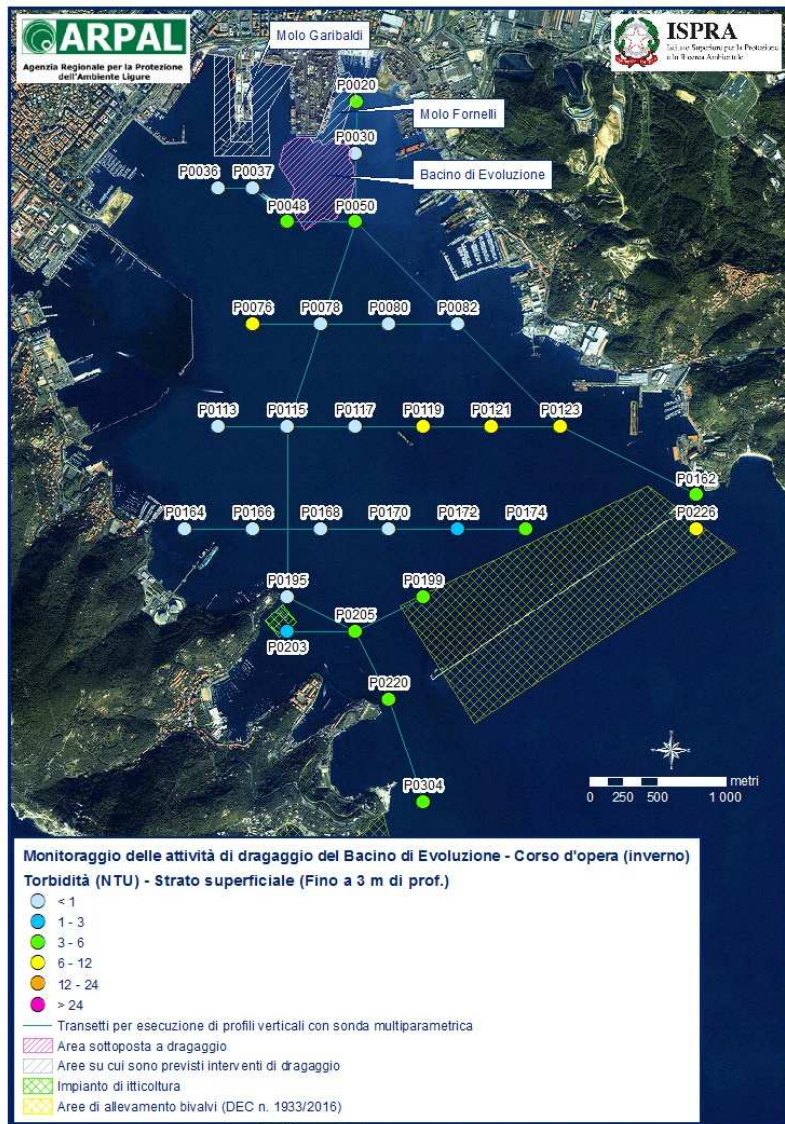


Figura 43 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio in corso d’opera (inverno 2014)

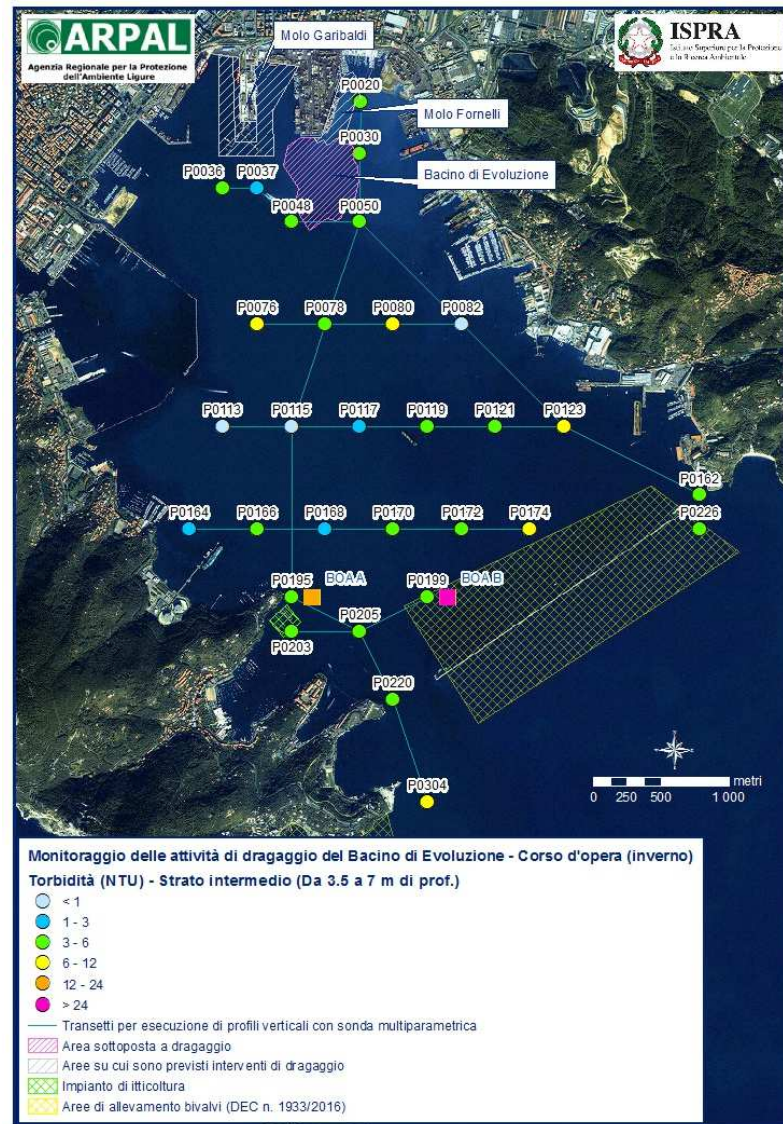


Figura 44 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio in corso d’opera (inverno 2014)

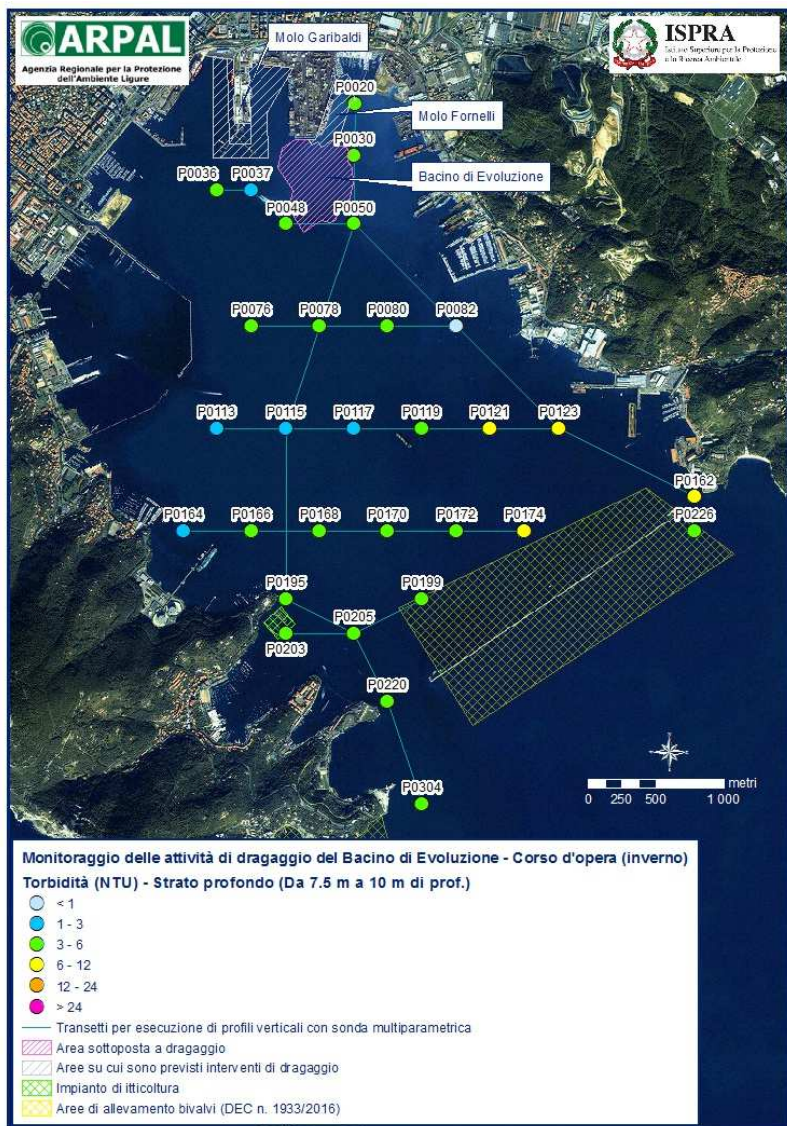


Figura 45 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2014)

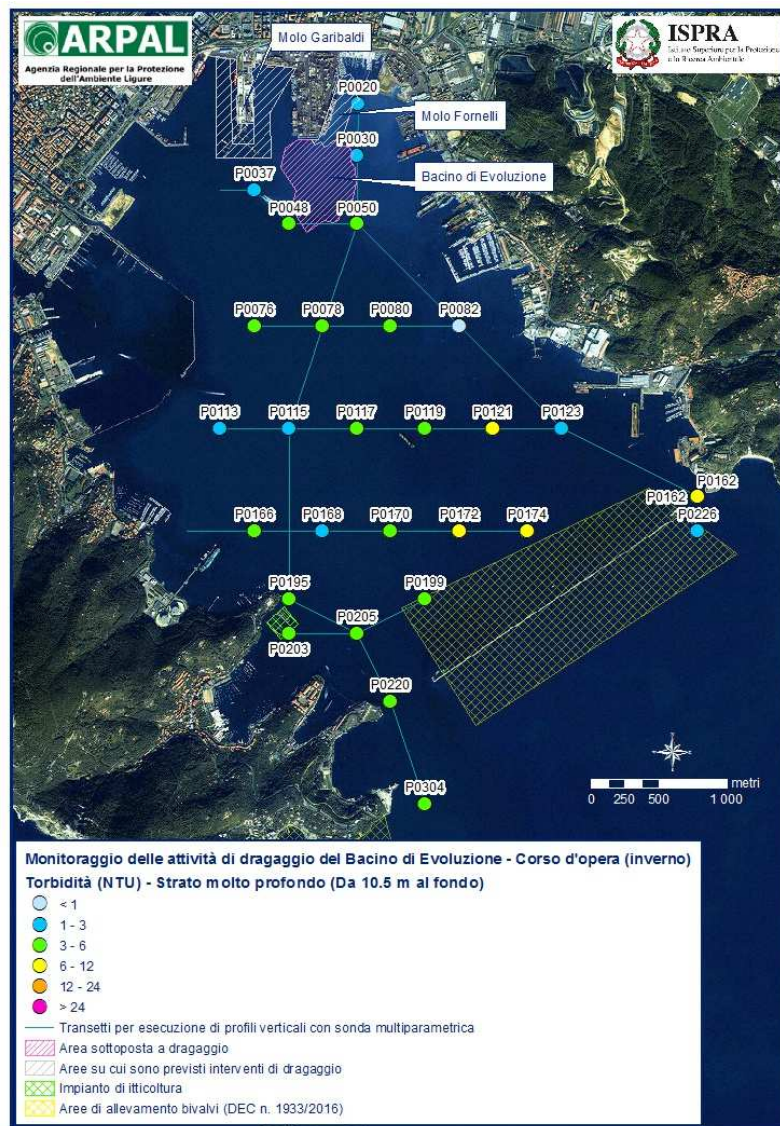


Figura 46 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2014)

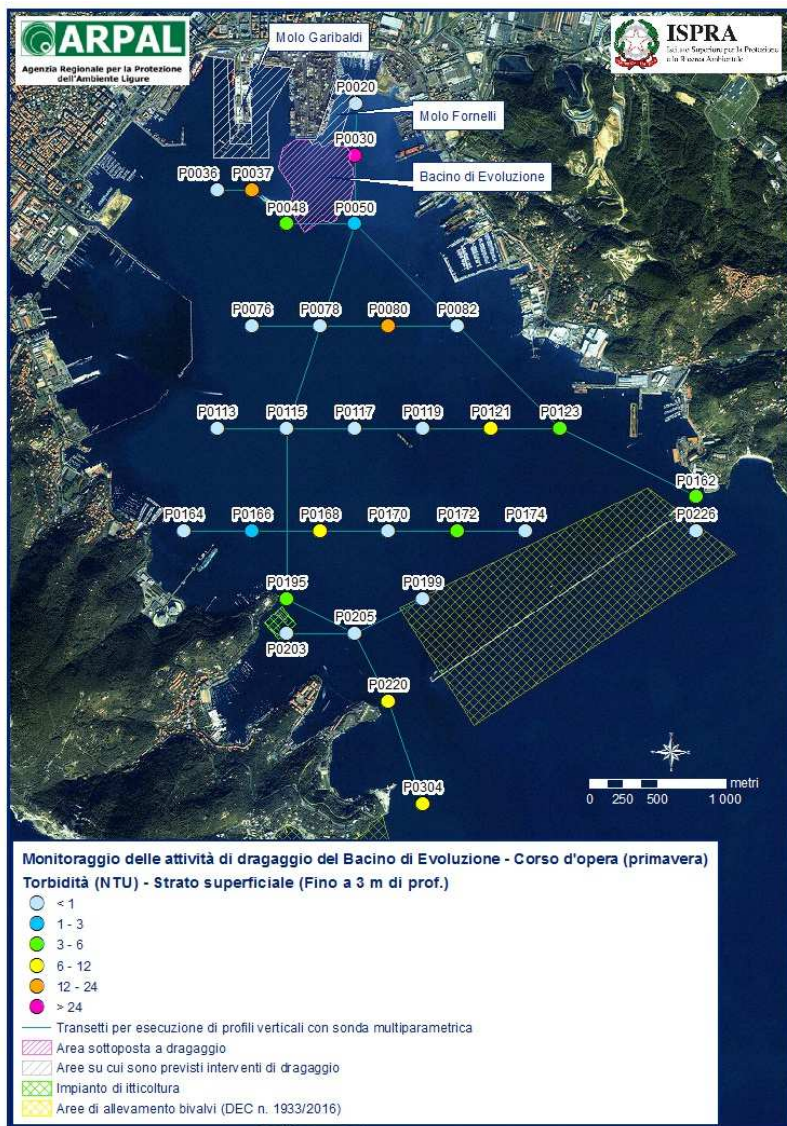


Figura 47 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio in corso d'opera (primavera 2014)

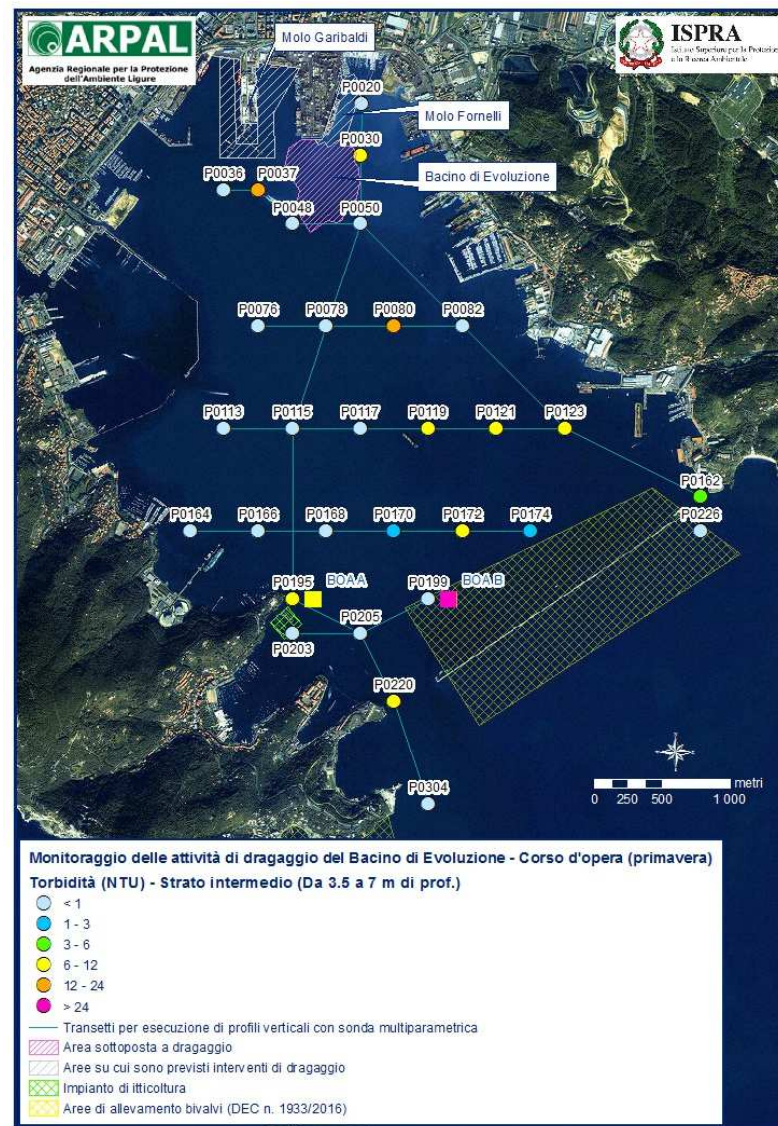


Figura 48 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio in corso d'opera (primavera 2014)

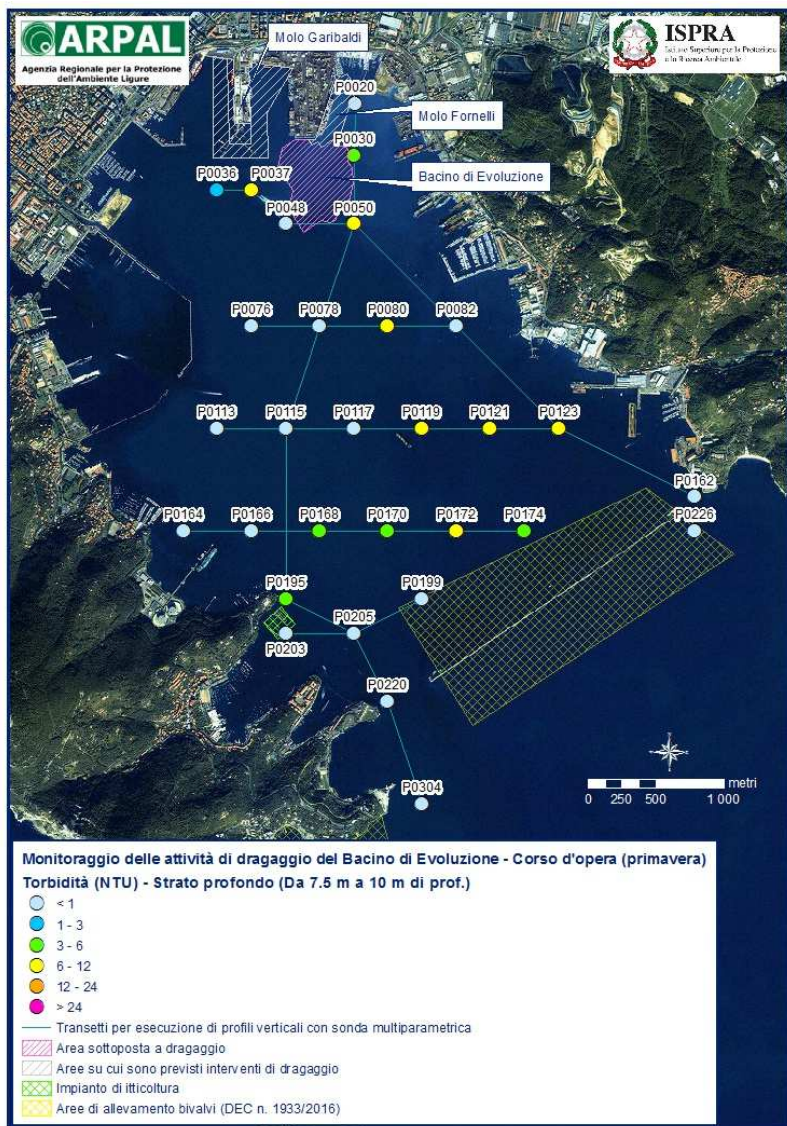


Figura 49 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (primavera 2014)

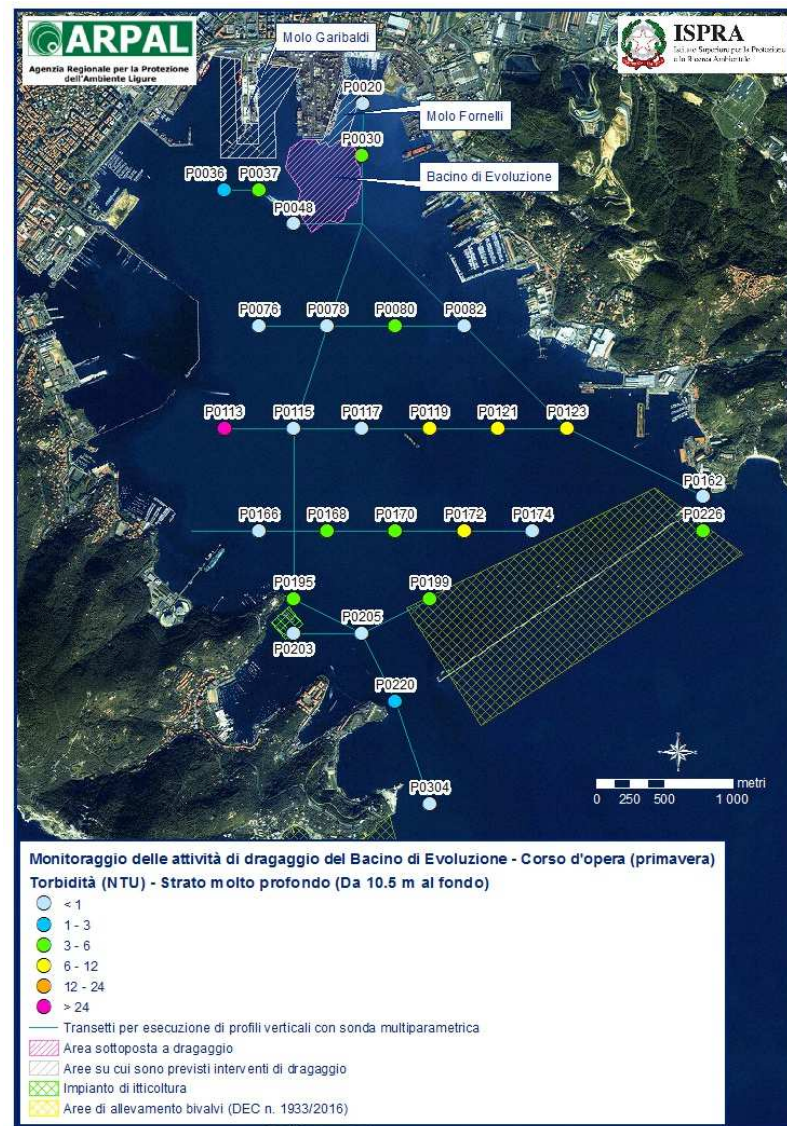


Figura 50 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (primavera 2014)

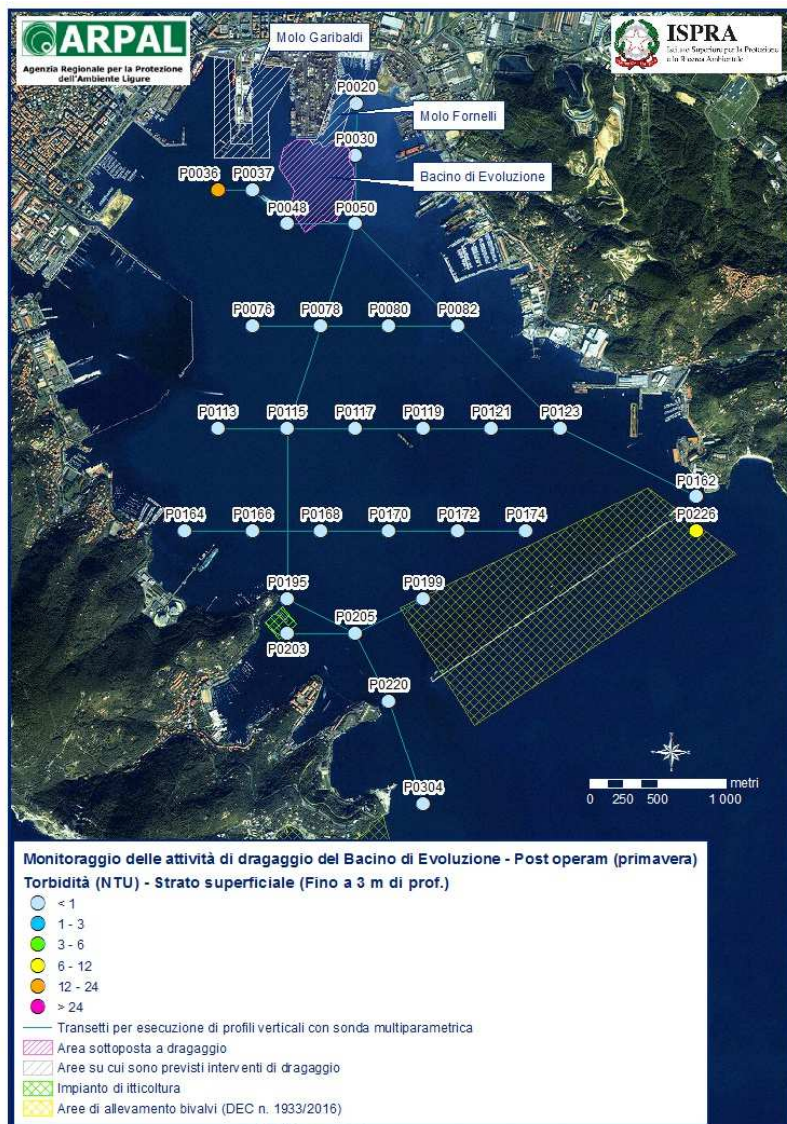


Figura 51 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio *post operam* (primavera 2014)

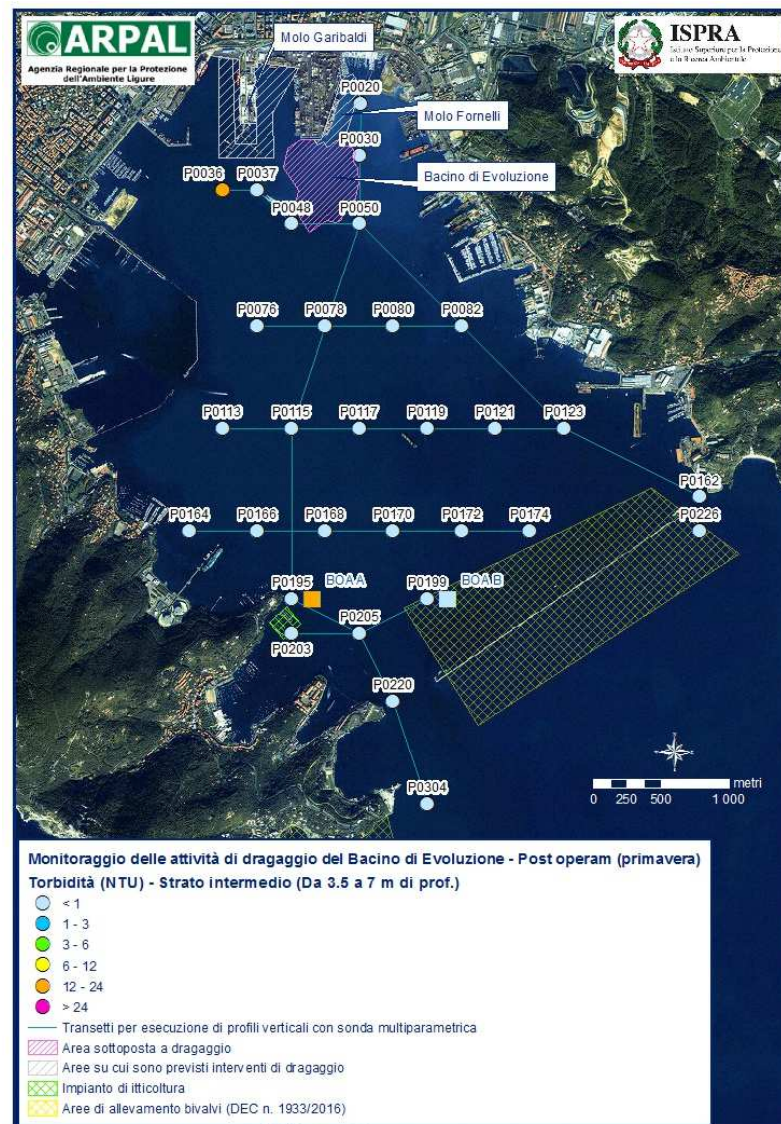


Figura 52 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio *post operam* (primavera 2014)

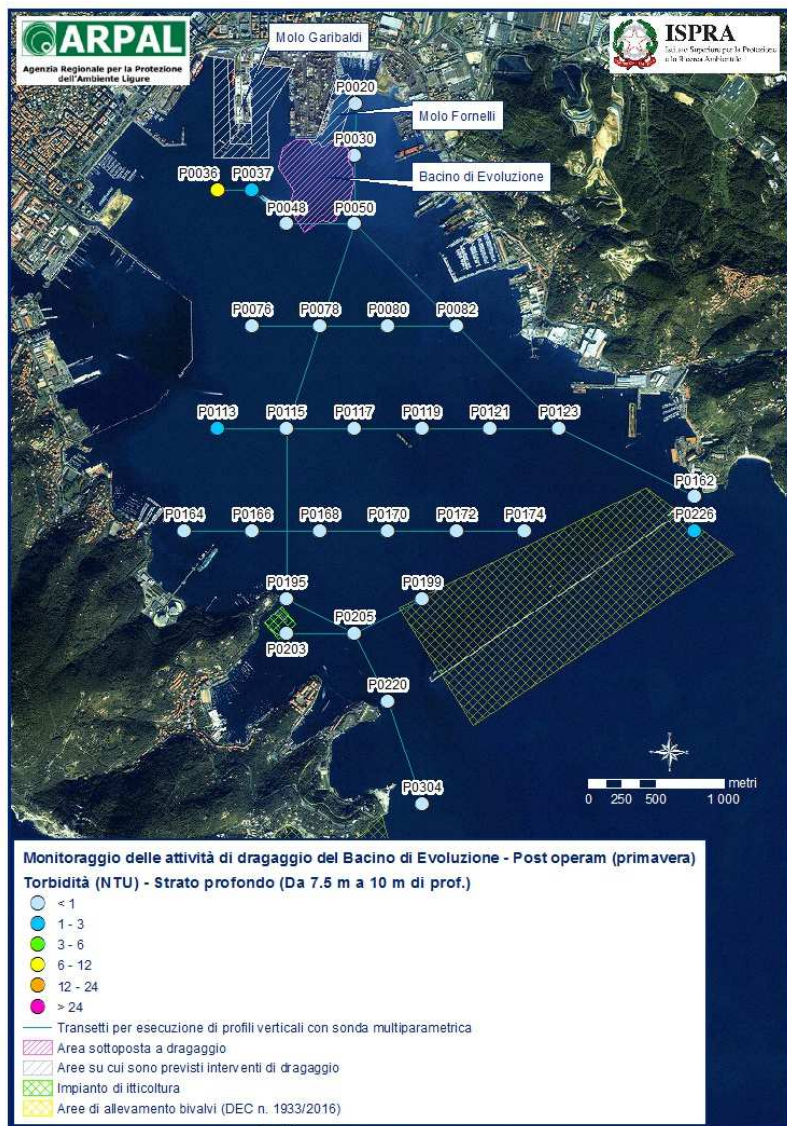


Figura 53 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio *post operam* (primavera 2014)

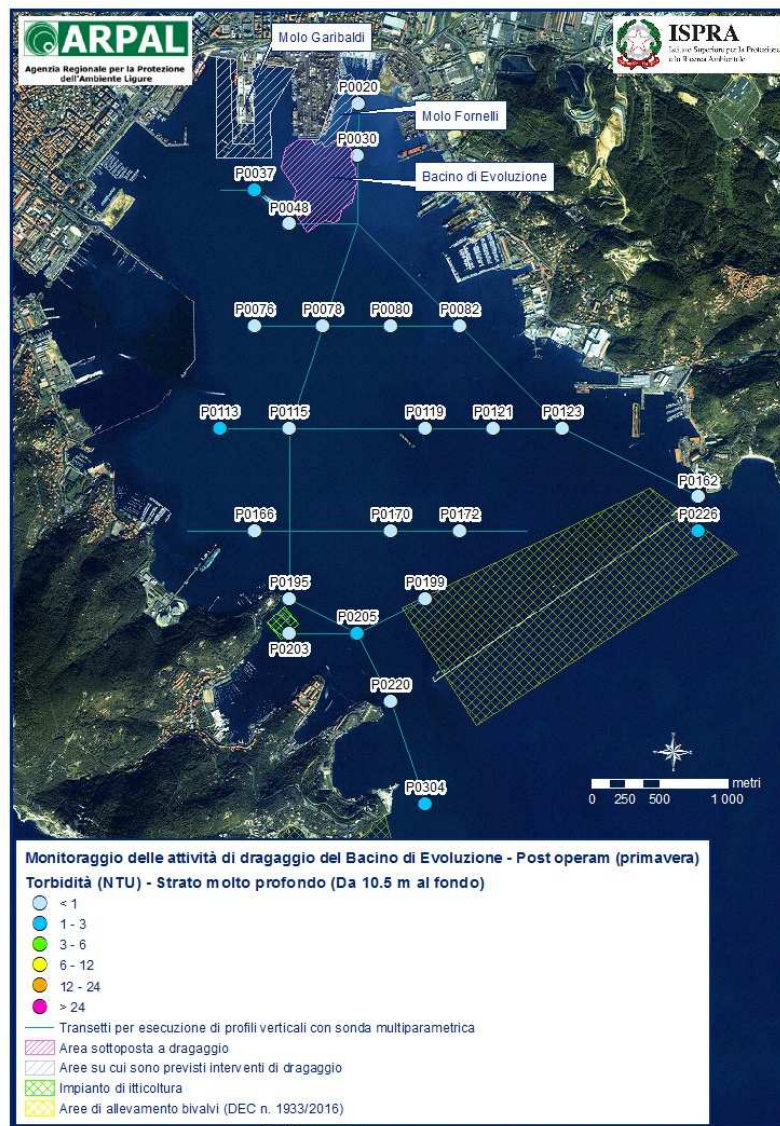


Figura 54 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio *post operam* (primavera 2014)

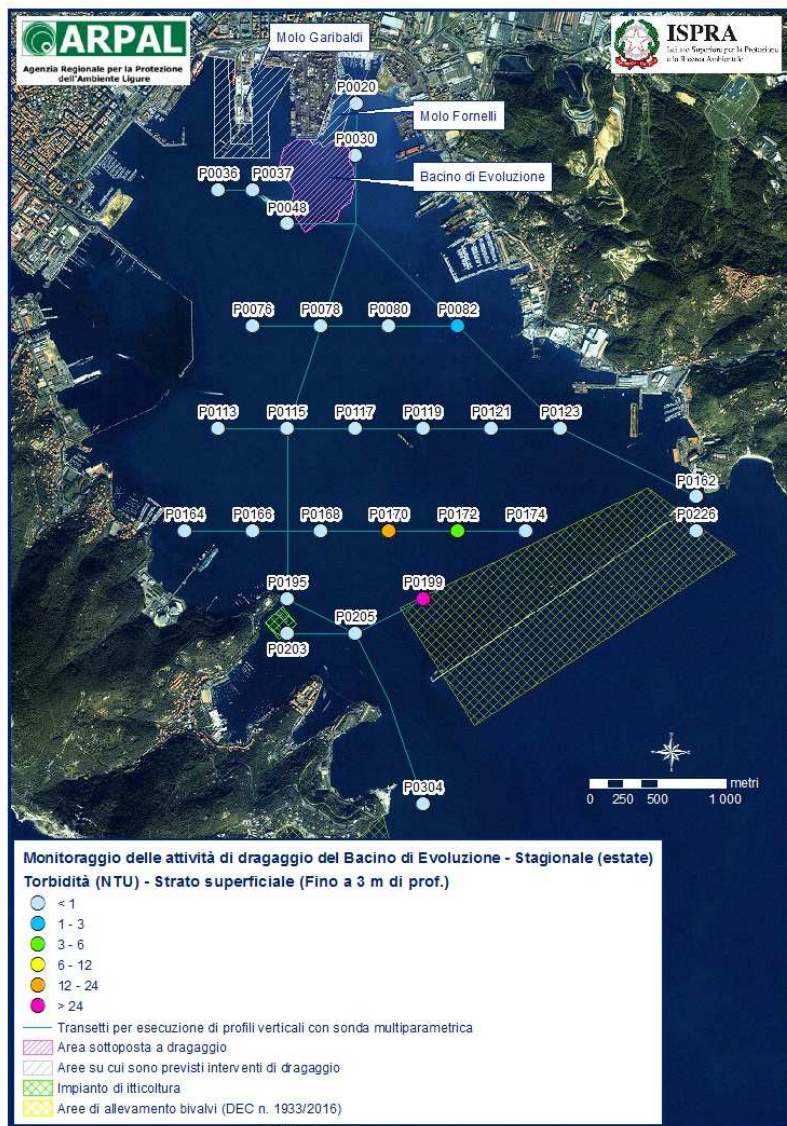


Figura 55 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio *post operam* (estate 2014)

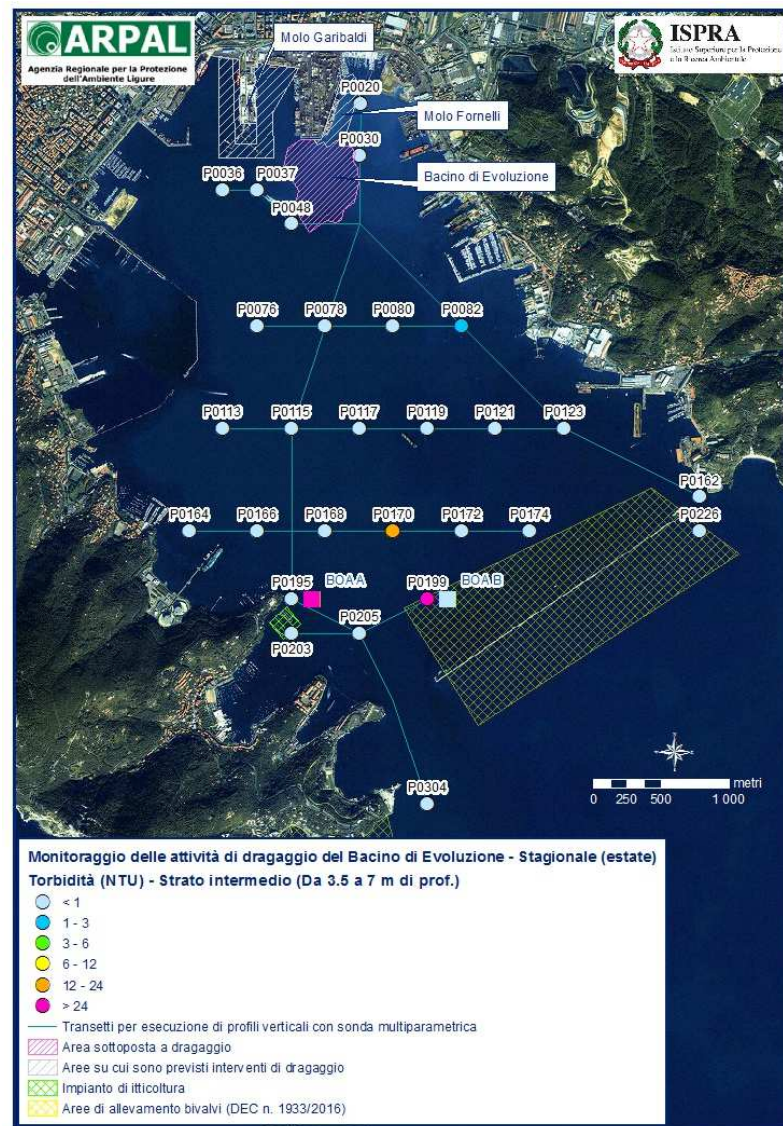


Figura 56 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio *post operam* (estate 2014)

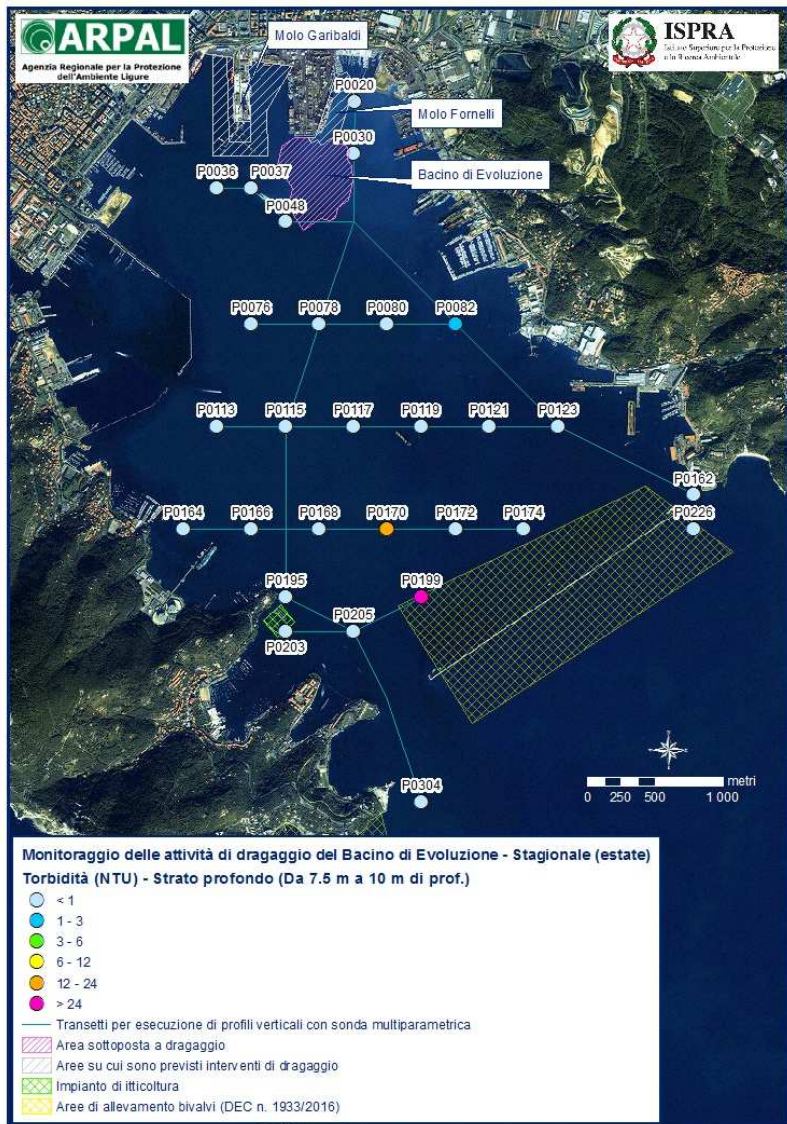


Figura 57 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio *post operam* (estate 2014)

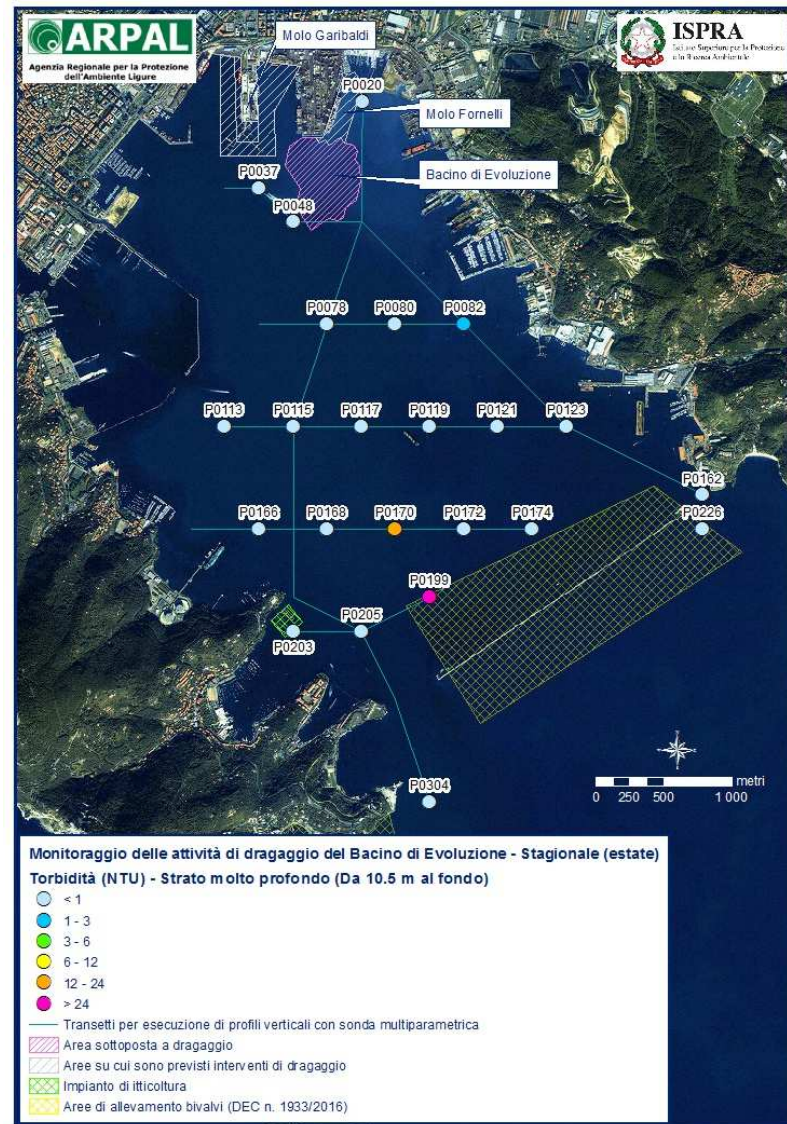


Figura 58 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio *post operam* (estate 2014)

Come si può osservare dalle figure relative alla campagna *ante operam* (Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38), i valori di torbidità misurati sia superficie che in prossimità del fondo sono risultati in quasi tutte le stazioni molto bassi, generalmente minori di 1 nello strato superficiale ed intermedio e minori di 3 negli strati più profondi. Fanno eccezione la stazione P0076 e la P0080 dove sono stati rilevati valori un po' più alti, compresi tra 6 e 12 NTU. Un unico isolato valore elevato è stato riscontrato in corrispondenza della stazione P0164 negli strati più superficiali. Si precisa che tale stazione è ubicata lungo la direttrice di accesso al porticciolo turistico del Seno del Fezzano e che pertanto le misure rilevate dalla sonda potrebbero essere state influenzate dal passaggio di un'imbarcazione. Inoltre in corrispondenza delle suddette stazioni non sono stati prelevati i campioni d'acqua, pertanto non è possibile avere un reale riscontro della torbidità misurata dalla sonda.

La prima campagna di monitoraggio in corso d'opera è stata eseguita dopo 18 giorni dall'inizio del dragaggio, iniziato il 15 novembre 2013. Durante tale campagna (Figura 39, Figura 40, Figura 41, Figura 42) non sono stati rilevati valori di torbidità significativi, rimasti generalmente inferiori a 3 NTU. Nella sola stazione P0048, lungo tutto il profilo, sono stati misurati livelli di NTU compresi tra 3 e 6. In questa stazione le concentrazioni di solidi sospesi si sono comunque mantenute al di sotto dei 15 mg/l. Si segnala inoltre per le stazioni ubicate lungo il canale di accesso (P0115, P0168, P0205, P0220, P0304) un lieve incremento della torbidità nello strato più profondo.

Nel periodo invernale sono state effettuate 3 campagne di monitoraggio in corso d'opera (Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46), a circa un mese di distanza una dall'altra. Analizzando i dati delle tre campagne nel loro complesso, si può osservare che in nessun caso i valori di torbidità hanno superato i 12 NTU, mentre solo nel 3% dei casi i valori hanno superato i 6 NTU. Tali valori sono stati misurati principalmente durante la campagna di febbraio, nelle stazioni P0121, P0123, P0162 e P0174, soprattutto negli strati intermedi e profondi. Per tali stazioni non era però previsto il prelievo dei campioni d'acqua per le indagini sui solidi sospesi.

Le sonde ubicate in corrispondenza delle boe fisse hanno misurato in soli 3 casi valori superiori a 12 NTU: i valori massimi di torbidità sono stati rilevati dalla sonda ubicata in BOA A nei giorni 25 dicembre alle ore 15:00 e 26 dicembre alle ore 12:00 e sono risultati rispettivamente pari a 14.9 e 12.3 NTU. In entrambi i casi tali valori sono stati preceduti e seguiti da valori medi orari più bassi, pari a 4.8 e 6.3 NTU il 25 dicembre e 8.1 e 6.5 NTU il 26 dicembre. La media dei valori di torbidità rilevata il 25 dicembre è di 3.4 NTU, mentre il 26 dicembre di 5.8 NTU. Osservando i valori delle altre giornate si segnala una torbidità sempre inferiore ad 1 NTU il 24 dicembre e una torbidità media pari a 2.9 NTU il 27 dicembre. I valori medi di torbidità rilevati dalla sonda in BOA A nell'intero periodo sono risultati per il 75% inferiori ad 1 NTU.

Il massimo valore acquisito dalla sonda in BOA B, pari a 24.8 NTU, è stato rilevato il 18 marzo alle ore 12:00. Soprattutto in questo caso si tratta di un valore isolato, preceduto e seguito da valori intorno a 1 NTU. Il valore medio di torbidità rilevato dalla sonda in BOA B è risultato circa 1 NTU calcolato su tutto il periodo di acquisizione.

Nel periodo primaverile sono state effettuate 2 campagne di monitoraggio, rispettivamente l'8 aprile ed il 14 maggio 2014 (Figura 47, Figura 48, Figura 49, Figura 50). Come rappresentato nella figura relativa allo strato superficiale, nella stazione P0030, durante la campagna di maggio, sono

stati misurati valori di NTU maggiori di 12 fino a 3 m di profondità, con un massimo ad 1.5 m pari a 31.8 NTU, mentre ad 1 m era risultata invece pari a 13.4 NTU. Il valore così elevato, misurato esclusivamente ad 1.5 m, non solo non è confermato da quanto misurato nello strato soprastante e sottostante, ma risulta in contraddizione con le concentrazioni di solidi sospesi misurate nel campione superficiale pari a 10 mg/l. Inoltre dai 4 m fino al fondo (15 m) la torbidità è diminuita molto rapidamente. Ciò può suggerire di non attribuire tali misure alla presenza di solidi sospesi in colonna d'acqua ma ad eventuali altre perturbazioni circoscritte e di brevissima durata. Nella stessa campagna nella stazione P0037, rappresentata con il colore arancione, sono stati misurati 17.4 NTU a 2.5 m; tale valore è diminuito gradualmente negli strati sottostanti fino ad un minimo di 3.5 NTU a 14.5 m, in prossimità del fondo. Nella stazione P0080 durante la campagna di aprile sono stati rilevati valori maggiori di 10 di NTU (massimo pari a 17.3 NTU ad 1 m) fino a 4.5 m di profondità, diminuiti fino a 5.3 NTU a 10.5 m di profondità. Durante la stessa campagna nelle stazioni P0119, P0121, P0123 e P0172 (colorate in giallo) dal livello intermedio sono stati misurati valori di NTU compresi tra 6 e 12, soprattutto negli strati più profondi, con valori massimi intorno a 9 nella stazione P0121 e P0123, rispettivamente ad 8 e 6 m. Il colore fucsia con il quale è rappresentata la stazione P0113 dipende invece da un unico ed isolato valore pari a 70 NTU rilevato a 10.5 m, seguito però da 4.3 NTU negli strati sottostanti e corrispondente ad un profilo in cui la torbidità si è sempre mantenuta inferiore a 2 NTU. Con molta probabilità tale valore è stato determinato da una perturbazione e non da solidi sospesi. Anche le sonde fisse non hanno registrato situazioni anomale, se non unici ed isolati valori più alti in corrispondenza della BOA B dove sono stati acquisiti due valori pari a 42.6 e 58 NTU, rispettivamente il 28 aprile ed il 28 maggio. Si ritiene di poter considerare tali misure poco significative in quanto la serie di valori precedenti e successivi in entrambe i casi era inferiore ad 1 NTU. Dall'analisi dei dati acquisiti dalla sonda in BOA B risulta che oltre l'81% dei dati era inferiore ad 1 NTU ed il 17% compreso tra 1 e 3 NTU e solo il 2% maggiore di 3 NTU. Infine il 97% dei valori acquisiti dalla sonda in BOA A è risultato inferiore ad 1 NTU e solo 3 valori isolati sono risultati compresi tra 6 e 12 NTU (da cui il colore giallo della stazione). Tali valori sono stati acquisiti in tre diversi giorni del mese di maggio e sono stati comunque preceduti e seguiti da una serie continua di valori inferiori ad 1 NTU.

Nelle stazioni monitorate durante la campagna *post operam* effettuata il 18 giugno (Figura 51, Figura 52, Figura 53, Figura 54), i valori di NTU sono risultati quasi sempre inferiori o prossimi ad 1, ad eccezione della stazione P0036 dove nei primi 4 m sono stati misurati valori maggiori di 12 NTU e della stazione P0226, colorata in giallo per il solo valore pari a 6.4 NTU rilevato ad 1 m (negli strati sottostanti la torbidità è risultata sempre minore di 3 NTU). Il 100% delle misure di BOA B ed il 98% di quelle in BOA sono risultate inferiori a 1 NTU; in soli 5 casi isolati sono stati rilevati in BOA A valori di NTU compresi tra 1 e 3 ed un solo valore maggiore di 12 NTU (23.2 NTU) in una serie di dati sempre inferiori ad 1 NTU. Tali misure con molta probabilità sono da ritenersi attribuibili a perturbazioni momentanee o ad errori strumentali.

In quasi tutte le stazioni monitorate durante la campagna *post operam* effettuata il 22 luglio (Figura 55, Figura 56, Figura 57, Figura 58) i valori di torbidità sono risultati inferiori o prossimi ad 1, ad eccezione della stazione P0170 in cui le cui misure variavano da un massimo di 23.2 NTU in superficie ad un minimo di 13 NTU in prossimità del fondo (11.5 m) e della stazione P0199, poco distante e prossima agli impianti di mitilicoltura, in cui la torbidità variava da un massimo di 39.5

NTU in superficie ad un minimo di 31.7 NTU in prossimità del fondo (12.5 m). Poiché la concentrazione dei solidi sospesi determinati in P0199 sia in superficie che in prossimità del fondo era inferiore a 15 mg/l, si ritiene che i valori di torbidità misurati dalla sonda multiparametrica non siano da collegarsi alla presenza di solidi sospesi ma siano stati determinati da altri fenomeni. A conferma di ciò le misure acquisite dalla sonda in BOA B nello stesso giorno sono risultate inferiori ad 1 NTU.

Le misure acquisite dalle sonde fisse sono risultate sempre inferiori ad 1 NTU in BOA B e nel 98% dei casi in BOA A. I valori superiori ad 1 NTU rilevati dalla sonda in BOA A sono comunque risultati compresi tra 1 e 3 NTU, con due soli valori pari a 56 NTU e 79.3 NTU rispettivamente il 27 giugno ed il 21 luglio. Come già osservato in precedenza, si tratta di valori isolati, derivanti peraltro dalla media di sei valori acquisiti ogni 10 minuti, che potrebbero essere la conseguenza di una perturbazione temporanea dovuta a qualsiasi evento (dal passaggio di un'imbarcazione a qualsiasi organismo o oggetto passato davanti al sensore).

In Tabella 17 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate ottobre 2013 a luglio 2014.

Tabella 17 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi e metalli calcolate durante il monitoraggio del dragaggio del Bacino di Evoluzione (ottobre 2013 – luglio 2014)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	8	0.007	0.002	0.0005	0.040	0.500
	Massimo	15	0.200	0.012	0.300	1.170	3.000
	Media	11	0.058	0.004	0.0172	0.405	0.996
Campioni profondi	Minimo	9	0.007	0.002	0.002	0.100	0.400
	Massimo	20	0.160	0.011	0.090	2.280	1.900
	Media	13	0.050	0.004	0.009	0.564	0.958

I valori riportati in tabella sono stati confrontati sia con i dati acquisiti nel triennio 2010 – 2013 sia con il monitoraggio effettuato per la bonifica dei fondali antistanti il Molo Ravano. I solidi sospesi, come già sottolineato più volte, in superficie non hanno mai superato i 15 mg/l, mentre sul fondo sono risultati poco più elevati ma pur sempre confrontabili con i dati pregressi. Anche per quel che riguarda le concentrazioni dei singoli metalli, ad eccezione del mercurio per cui durante la campagna di aprile 2014 è stata misurata una concentrazione pari a 0.3 µg/l, non si osservano particolari variazioni se non quelle legate alla naturale variabilità dei parametri.

Nei grafici riportati in Figura 59 ed in Figura 60 sono rappresentate le concentrazioni normalizzate dei solidi sospesi e dei metalli nelle stazioni P0030, P0048, P0117 e P0199 dove è stato effettuato il profilo analitico completo.

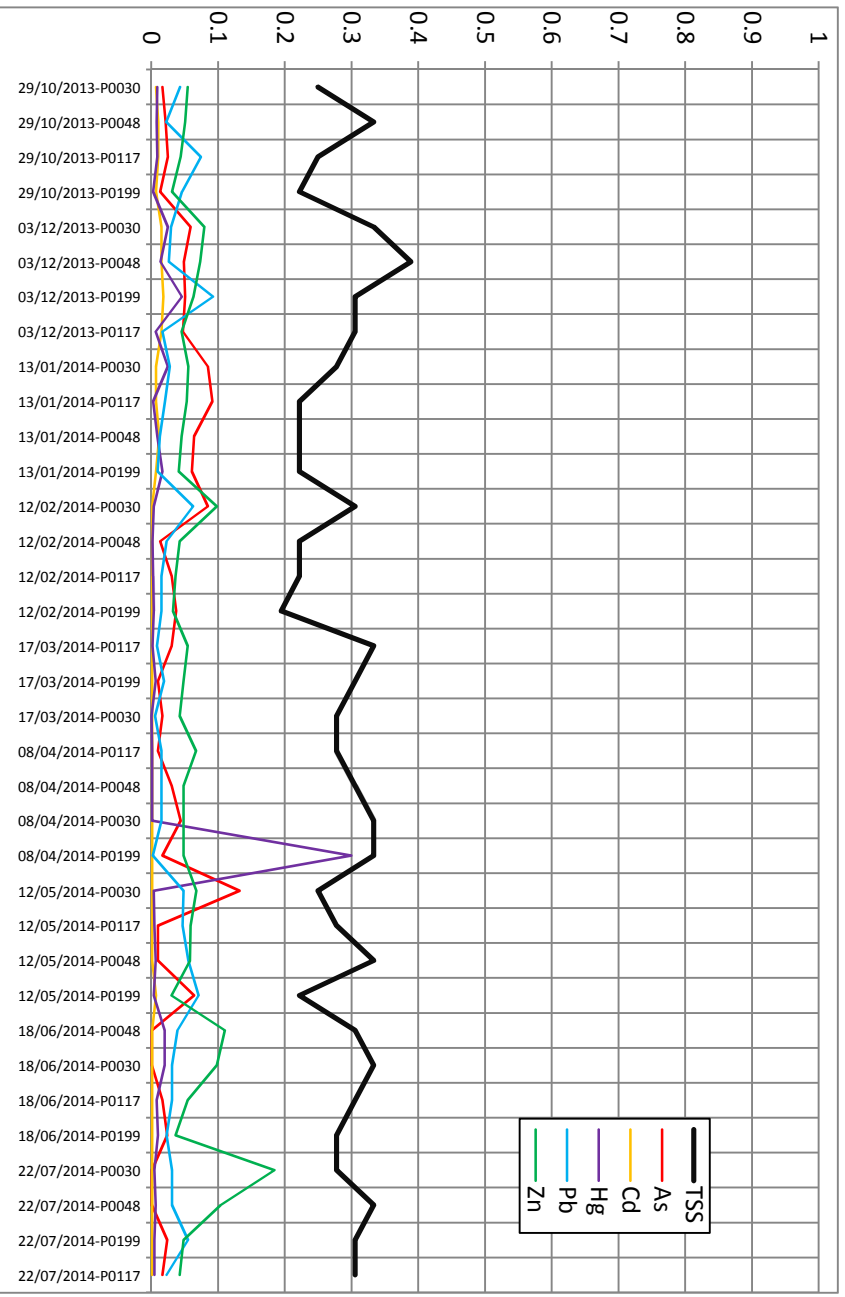


Figura 59 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione (da ottobre 2013 a luglio 2014)

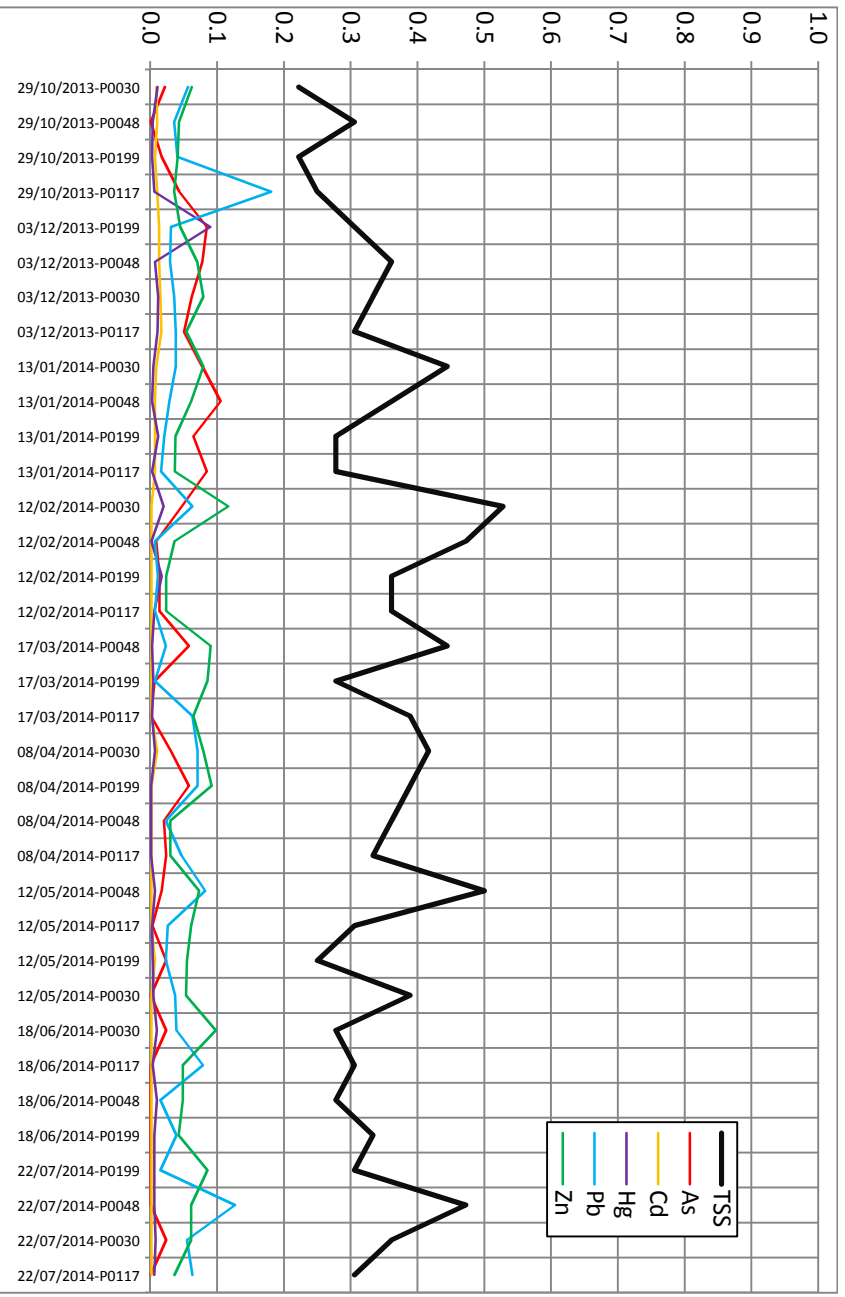


Figura 60 - Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione (da ottobre 2013 a luglio 2014)

Le variazioni dei metalli nei campioni superficiali nella maggior parte dei casi sembrano essere indipendenti dalla concentrazione dei solidi sospesi. In particolare ciò si è verificato nella stazione P0199 durante le campagne del 3 dicembre, 4 aprile e del 12 maggio: nella prima si può evidenziare un aumento di piombo e mercurio indipendente dall'andamento dei solidi sospesi, nella seconda un incremento piuttosto significativo di mercurio e nella terza di piombo ed arsenico. Nella stazione P0030, durante la campagna del mese di febbraio, la variazione dei metalli (As, Zn e Pb) sembra essere invece collegata all'incremento dei solidi sospesi. Nella stessa stazione durante la campagna in corso d'opera di maggio è stato misurato il valore più alto di arsenico, mentre durante la campagna di luglio, effettuata due mesi dopo la fine del dragaggio, un elevato valore zinco. In entrambe i casi i solidi sospesi erano invece piuttosto bassi.

Nei campioni profondi le variazioni dei diversi parametri non sembrano avere relazioni le une con le altre né con le variazioni di solidi sospesi. Si segnalano in corrispondenza della stazione P0048 prossima all'area di escavo, incrementi di zinco, piombo, arsenico ed, in misura minore, di mercurio durante le campagne del 17 marzo e del 12 maggio, correlate all'aumento dei solidi sospesi.

Per quanto riguarda le concentrazioni degli altri parametri, sono stati evidenziati, in generale, valori bassi e in linea con i risultati precedenti.

I valori di concentrazione dello stagno sono risultati per lo più inferiori o appena maggiori del limite di quantificazione strumentale e i valori del vanadio sono risultati sempre molto bassi (ampiamente inferiori a 1 µg/l).

Le concentrazioni dei PCB sono risultate sempre inferiori al limite di quantificazione (pari a 0.1 µg/l dalla campagna del 17 marzo 2014).

Le concentrazioni degli IPA sono risultate sempre inferiori al limite di quantificazione (pari a 0.01 µg/l), ad eccezione che nel campione superficiale della stazione P0030, nella campagna del 03 dicembre 2013 in cui è stato determinato un valore della sommatoria degli IPA pari a 0.28 µg/l.

Le concentrazioni di azoto ammoniacale sono risultate per lo più comprese tra 10 e 50 µg/l, con un massimo pari a 88 µg/l, nel campione superficiale della stazione P0048 nel corso della campagna del 12/02/2014. L'azoto totale è risultato, anche in questo periodo per lo più compreso tra 100 e 300 µg/l, con alcune concentrazioni un po' più alte misurate nella campagna del 12/02/2014 ed un massimo pari a 539 µg/l misurato nel campione superficiale della stazione P0048.

Le concentrazioni dei parametri microbiologici sono risultate basse e per quanto riguarda Enterococchi ed Escherichia coli in generale inferiori ai limiti previsti per le acque di balneazione. Si segnalano per le sole campagne del 13/01/2014 e del 17/03/2014 (quindi non in periodo di balneazione), nei campioni superficiali delle stazioni P0030 e P0048 alcune concentrazioni di parametri microbiologici superiori ai limiti consentiti dalla legge. Infine il TOC è risultato con concentrazioni quasi sempre inferiori a 2 mg/l, con un valore massimo pari a 2.3 mg/l nel campione superficiale di P0036 nella campagna del 14/04/2014 e pertanto in linea con i valori misurati durante le campagne precedenti sia in operam che ante operam.

Monitoraggio del dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi (Dicembre 2014 – Giugno 2015)

Nei fondali antistanti il Molo Garibaldi, secondo quanto riportato nel progetto preliminare di bonifica, era stata determinata una significativa contaminazione dei sedimenti, soprattutto per la presenza di idrocarburi pesanti, ma anche di IPA e metalli pesanti. Tale contaminazione non era limitata agli strati superficiali ma si estendeva anche in profondità. Il Molo Garibaldi infatti è stato il primo bacino portuale e, fino alla metà degli anni '80, costituiva l'attracco delle navi petroliere che alimentavano di greggio l'ex Raffineria IP della Spezia.

Come avvenuto per il dragaggio dei sedimenti del Bacino di Evoluzione, ARPAL ha effettuato la caratterizzazione dei sedimenti preliminarmente all'avvio delle operazioni di escavo.

Le attività di bonifica e dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi sono state appaltate da Autorità Portuale alla Società Intercantieri Vittadello. Le prime operazioni sono state effettuate nelle giornate del 12 e 16 dicembre e successivamente interrotte per consentire alla draga di lavorare sui fondali antistanti il Molo Fornelli Ovest, dove ha operato per circa 10 giorni. Il dragaggio dagli inizi di gennaio è proseguito in maniera continuativa fino al 21/06/2015. Le attività hanno interessato complessivamente la rimozione di circa 210.000 m³ di sedimento, avente diversi livelli di contaminazione, secondo quanto riportato nel sopraccitato documento ICRAM. Per le operazioni di rimozione sono state utilizzate la draga Annamaria Z, Fabio Duò e, a partire dal mese di febbraio, è stata inoltre utilizzata una terza draga (Angelo B). Per il trasporto ai siti di refluentamento, sono state impiegate la draga Arkturus e Blue Ship.

Per contenere la dispersione dei sedimenti, sono state utilizzate panne galleggianti munite di gonne ancorate al fondale. Nella prima fase, durata fino alla fine di gennaio 2015, le aree di escavo hanno riguardato i fondali antistanti la testata del molo, posti ad ovest rispetto al pontile SEPOR. L'attività è stata realizzata entro un campo panne trapezoidale delimitato da un lato con la testata del Molo Garibaldi con la draga operante al suo interno. In seguito, in considerazione del fatto che le aree ancora da dragare erano interessate da un maggior transito navale rispetto alle precedenti, le attività di dragaggio sono state condotte entro campi panne di dimensioni più ridotte e di forma triangolare, con la base di appoggio delle gonne costituita da un lato della draga e il vertice opposto, presidiato da un rimorchiatore, in analogia con quanto già effettuato durante la bonifica del Bacino di Evoluzione.

Come previsto dallo Schema Attuativo, nelle prime fasi delle attività di dragaggio, ARPAL ha eseguito frequenti sopralluoghi attorno al campo panne, con esecuzione di profili verticali, senza rilevare valori anomali dei parametri lungo la colonna d'acqua nell'intorno dell'area di lavoro.

In seguito alla comunicazione della ditta incaricata del dragaggio di proseguire l'attività con l'allestimento di campi panne di dimensioni più ridotte, ARPAL ha incrementato l'attività di verifica in campo. Poiché inizialmente sono state riscontrate alcune difficoltà operative nella gestione del campo panne, nel corso della prima settimana di febbraio ARPAL ha eseguito sopralluoghi con frequenza pressoché giornaliera. Durante l'attività della draga, sono stati eseguiti alcuni profili verticali con la sonda multiparametrica ed in particolare lungo un profilo sono stati misurati valori di torbidità fino a 300 NTU.

Poiché la sonda in BOA B nel mese di febbraio e fino alla prima metà di marzo ha registrato valori di NTU elevati e poiché i mitilicoltori hanno denunciato una anomala moria di mitili negli impianti interni alla diga foranea con la presenza di fango sulle reste, ARPAL ha stabilito di effettuare sopralluoghi nell'intorno dell'area di lavoro con frequenza quasi giornaliera.

Nel corso dei sopralluoghi non sono emerse anomalie nel campo panne, né sono stati rilevati valori elevati di torbidità intorno all'area conterminata.

Inoltre in data 18/03/2015 in accordo con gli enti locali e la Capitaneria di Porto, è stata installata una nuova sonda di acquisizione dati in continuo, ad una profondità di circa 4 m, presso una meda di segnalazione antistante il Molo Garibaldi. Si precisa che a differenza delle sonde poste in BOA A e BOA B la lettura dei dati non avveniva in tempo reale ma richiedeva lo scarico manuale a posteriori. L'installazione di tale sonda ha comunque consentito di monitorare con continuità eventuali variazioni dei parametri ed in particolare della torbidità. Dalle misure acquisite non sono mai stati riscontrati valori elevati di NTU, sebbene la sonda fosse nell'area antistante il campo di dragaggio.

Nel corso di alcuni sopralluoghi effettuati nel mese di aprile, ARPAL ha nuovamente constatato difficoltà nella gestione del campo panne, pertanto Autorità Portuale ha stabilito di sospendere il dragaggio fino al completo ripristino del sistema di conterminazione. ARPAL ha proseguito fino al completamento del dragaggio i sopralluoghi per verificare la corretta esecuzione delle attività.

Per il dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi non è stata condotta una specifica campagna di monitoraggio *ante operam*, in quanto le attività di escavo sono state avviate senza sufficiente preavviso. La quantità di dati acquisita negli anni precedenti, sia in assenza di dragaggio che durante le operazioni di escavo, è comunque da considerarsi un valido riferimento. La prima campagna di monitoraggio è stata condotta il 18 dicembre, due giorni dopo il dragaggio di una modesta quantità di sedimenti. Poiché tale campagna è stata condotta in una giornata in cui non erano in corso attività di escavo, può essere comunque presa come riferimento e confronto per le successive campagne eseguite in corso d'opera, quando il dragaggio avveniva in maniera cospicua e continua. Durante la prima campagna di dicembre sono stati eseguiti 30 profili verticali con la sonda multiparametrica e prelevati campioni d'acqua in 8 stazioni.

Durante le successive campagne, 7 campagne in corso d'opera ed una, a fine giugno, *post operam*, sono stati effettuati i profili verticali con la sonda multiparametrica ed è stato eseguito il prelievo dei campioni d'acqua destinati alle analisi chimiche nelle stesse 8 stazioni monitorate durante il dragaggio del Bacino di Evoluzione (Tabella 18).

Tabella 18 – Attività di dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi e relative campagne di monitoraggio

MOLO GARIBALDI		
12/12/2014	Inizio dragaggio Molo Garibaldi	
17/12/2014	Inizio dragaggio Molo Fornelli ovest	
18/12/2014	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
31/12/2014	Fine dragaggio Molo Fornelli ovest	
11/02/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera INVERNO
03/03/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	
30/03/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera PRIMAVERA
21/04/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	
21/05/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	
09/06/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	
21/06/2015	Fine dragaggio	
30/06/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Post operam ESTATE

Si riportano di seguito i grafici relativi ai solidi sospesi, misurati nei campioni superficiali (Figura 61) e profondi (Figura 62) nelle campagne in corso d'opera e nella campagna *post operam*. Particolare attenzione nella lettura dei dati è stata dedicata alle stazioni prossime all'area di dragaggio (P0036 e P0048) e P0048)

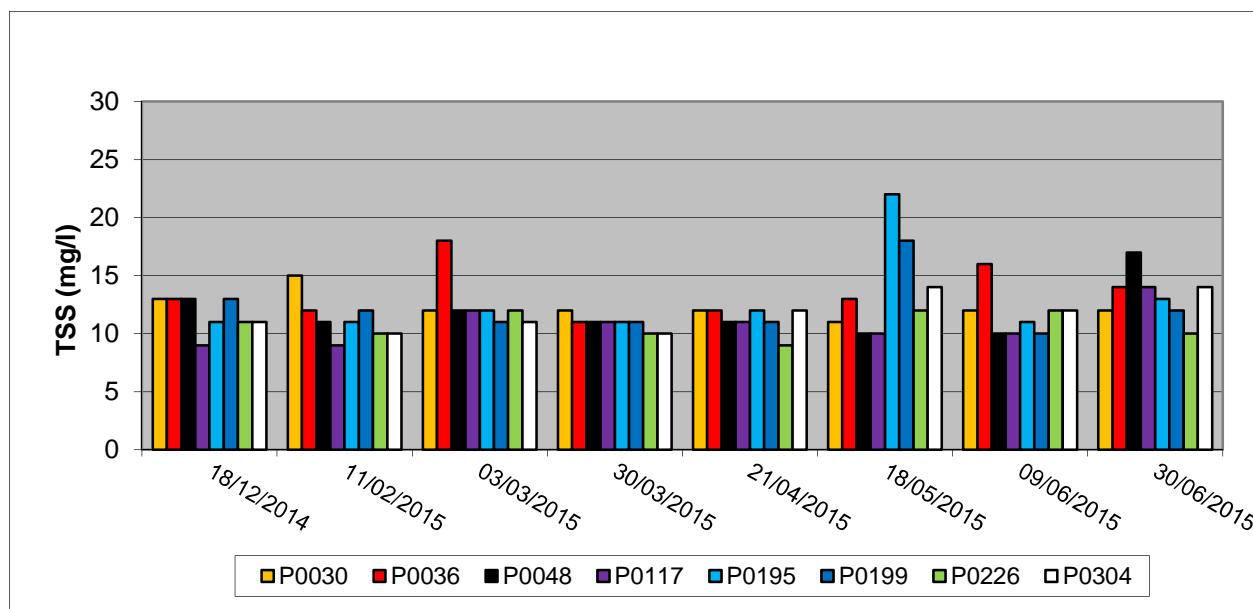


Figura 61 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Molo Garibaldi (da dicembre 2014 a giugno 2015)

I valori di concentrazione dei solidi sospesi misurati nei campioni superficiali sono rimasti piuttosto bassi e poco superiori ai 10 mg/l. Si segnala un valore più elevato in corrispondenza della stazione P0036 pari a 18 mg/l durante la prima campagna di marzo. In tale stazione il profilo verticale della torbidità ha però evidenziato valori bassi, in generale inferiori a 1 NTU. Altri due valori poco più

elevati rispetto alla media sono stati misurati nella stessa stazione durante la campagna di giugno e la campagna *post operam*. In entrambi i casi, i profili verticali della torbidità hanno evidenziato valori bassi, inferiori a 1 NTU. Altri due valori piuttosto alti sono stati misurati in corrispondenza delle due stazioni poste rispettivamente in prossimità dell'impianto di ittiocoltura e mitilicoltura durante la campagna condotta nel mese di maggio. Nelle altre stazioni monitorate durante la stessa campagna ed in particolare nelle stazioni prossime all'area di dragaggio le concentrazioni di TSS si sono mantenute piuttosto basse.

Nel grafico relativo ai campioni profondi si osservano invece valori più elevati nelle stazioni P0030 (prossima al bacino di Evoluzione), P0048 (prossima all'area di dragaggio) e P0304 (esterna alla rada) durante la campagna del mese di dicembre, eseguita comunque in una giornata di fermo delle attività. Nelle campagne successive, condotte durante le attività di escavo i solidi sospesi sono rimasti sempre al di sotto dei 15 mg/l, ad eccezione della stazione P0226 (esterna all'imboccatura di levante), dove le concentrazioni hanno superato i 20 mg/l nel campione prelevato il 18 maggio 2015 e nella stazione P0036 durante la campagna *post operam* del 30 giugno. Si segnala che nelle prime ore del 17 maggio (fino alle ore 08:00 circa) hanno spirato costantemente venti da Nord con una velocità media di circa 10 m/s, mentre nelle giornate precedenti il 30 giugno non si sono verificati eventi meteo significativi.

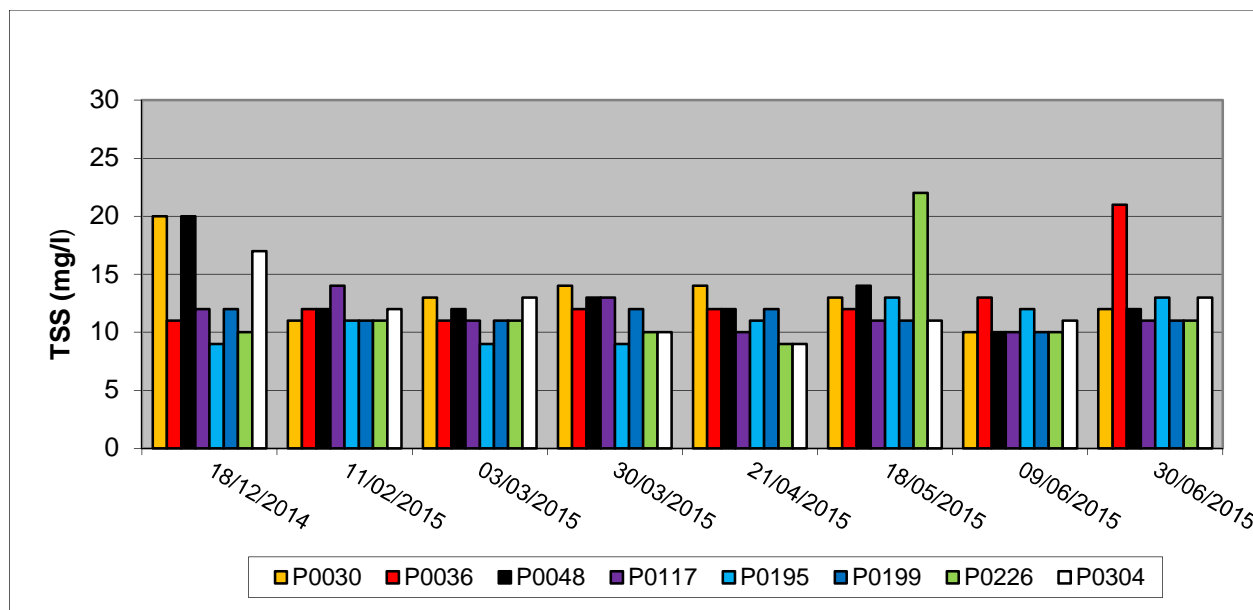


Figura 62 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Molo Garibaldi (da dicembre 2014 a giugno 2015)

In Tabella 19 si riportano inoltre i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni di solidi sospesi misurate nelle stazioni durante tutta l'attività di dragaggio.

Tabella 19 – Valore medio, massimo e minimo di solidi sospesi calcolati per ciascuna stazione monitorata durante le attività di dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi.

		Ante operam	In corso d'opera			Post operam
		Valore assoluto	Media	Massimo	Minimo	Valore assoluto
P0030	Superficiale	13	12	15	11	12
	Profondo	20	13	14	10	12
P0036	Superficiale	13	14	18	11	14
	Profondo	11	12	13	11	21
P0048	Superficiale	13	11	13	10	17
	Profondo	20	12	14	10	12
P0117	Superficiale	9	11	12	9	14
	Profondo	12	12	14	10	11
P0195	Superficiale	11	13	22	11	11
	Profondo	12	11	13	9	12
P0199	Superficiale	13	12	18	10	12
	Profondo	12	11	12	10	11
P0226	Superficiale	11	11	12	9	10
	Profondo	10	12	22	9	11
P0304	Superficiale	11	12	14	10	14
	Profondo	17	11	13	9	13

Le misure effettuate durante le attività di dragaggio non si discostano molto da quanto rilevato durante la prima campagna, quando erano invece stati misurati due valori abbastanza elevati di solidi sospesi nei campioni profondi della stazione P0030 e P0048. In generale i valori medi misurati, sia in superficie che sul fondo, sono sempre rimasti intorno ai 12-13 mg/l, in linea con quanto rilevato anche durante i monitoraggi precedenti.

Nelle figure seguenti sono rappresentati i valori di torbidità misurati con la sonda multiparametrica lungo i profili verticali, durante le campagne di monitoraggio, raggruppate in relazione alla stagione in cui sono state eseguite. Come già descritto per le attività inerenti i fondali del Bacino di Evoluzione, in ciascuna carta, relativa alla profondità rappresentata, il colore del punto corrisponde alla classe in cui ricade il massimo valore misurato nella stazione durante le campagne considerate. Si precisa anche in questo caso che la prima campagna, avvenuta nei primi giorni di dragaggio, sebbene sia stata definita campagna in corso d'opera, è comunque stata eseguita in assenza di dragaggio.



Figura 63 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2014)

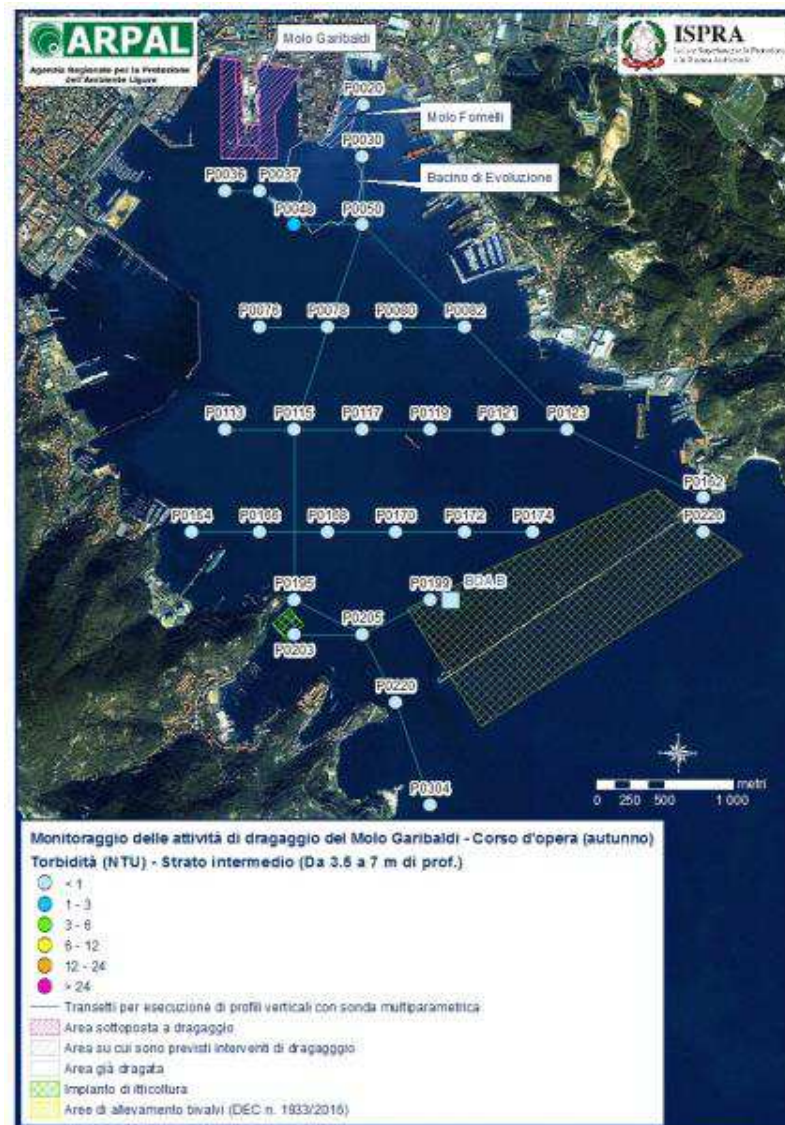


Figura 64 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2014)



Figura 65 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2014)

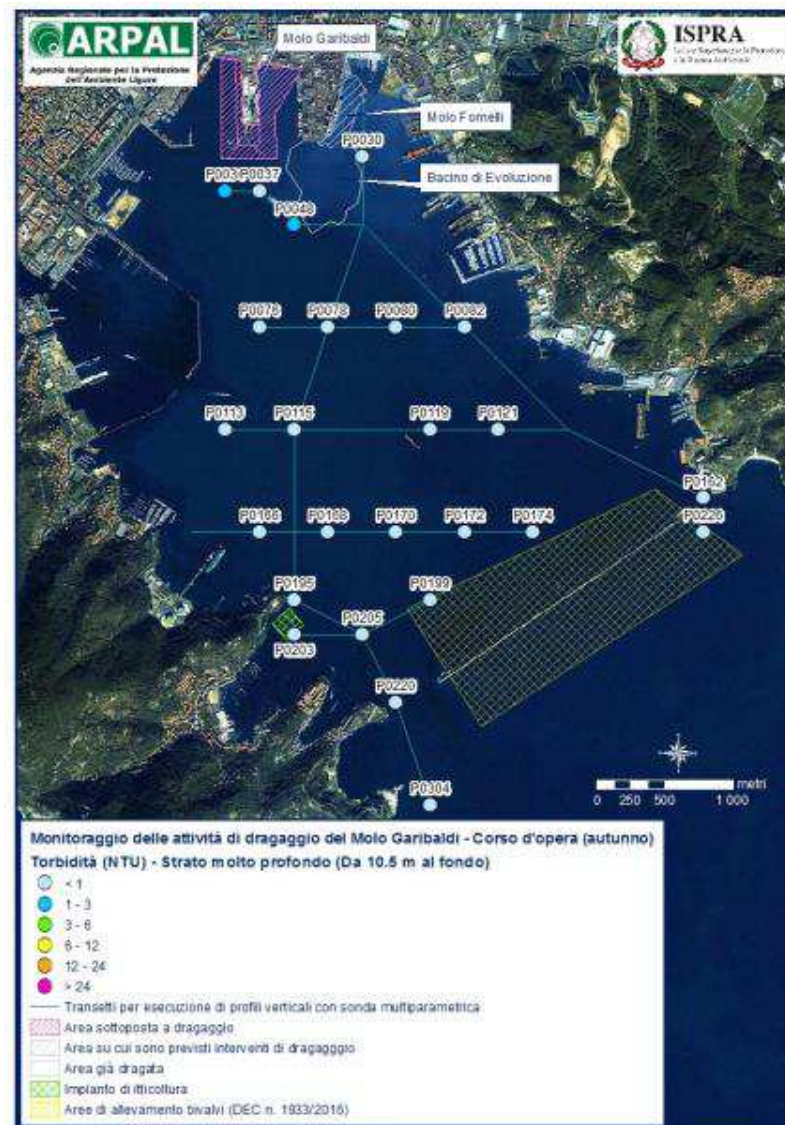


Figura 66 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2014)



Figura 67 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2015)

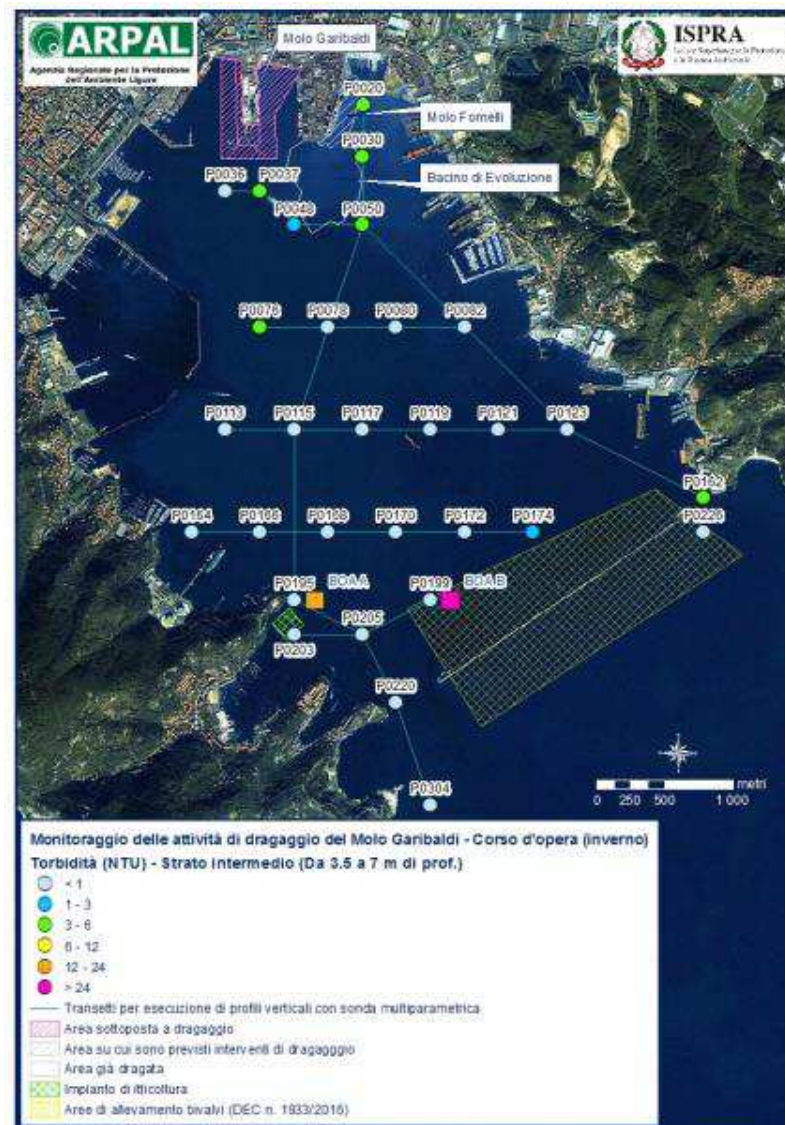


Figura 68 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2015)



Figura 69 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2015)

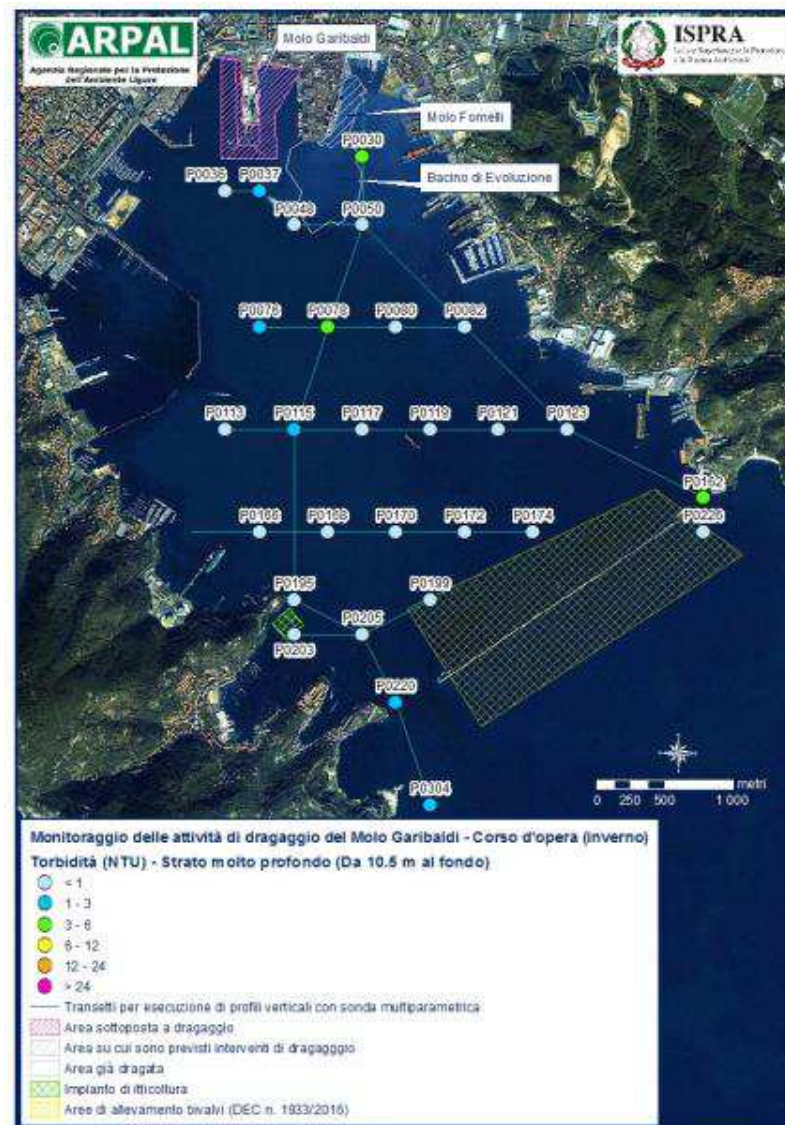


Figura 70 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2015)



Figura 71 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio in corso d'opera (campagne di marzo e maggio 2015)

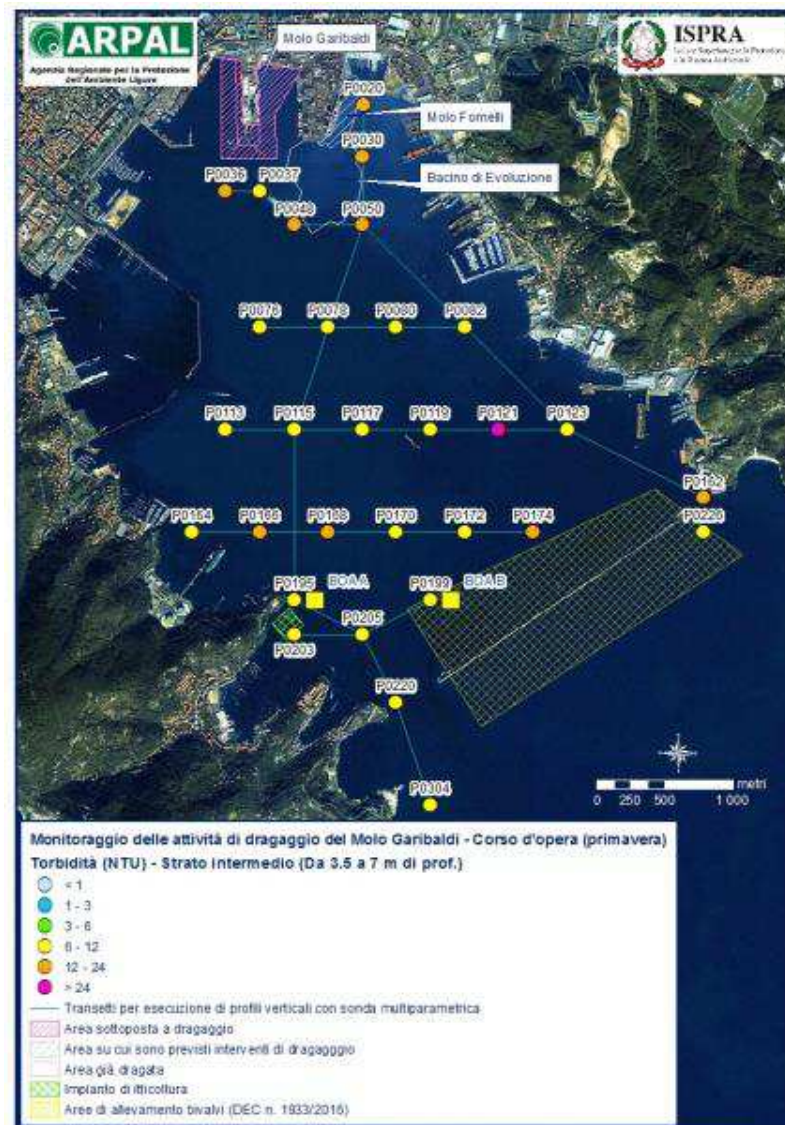


Figura 72 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio in corso d'opera (campagne di marzo e maggio 2015)



Figura 73 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (campagne di marzo e maggio 2015)

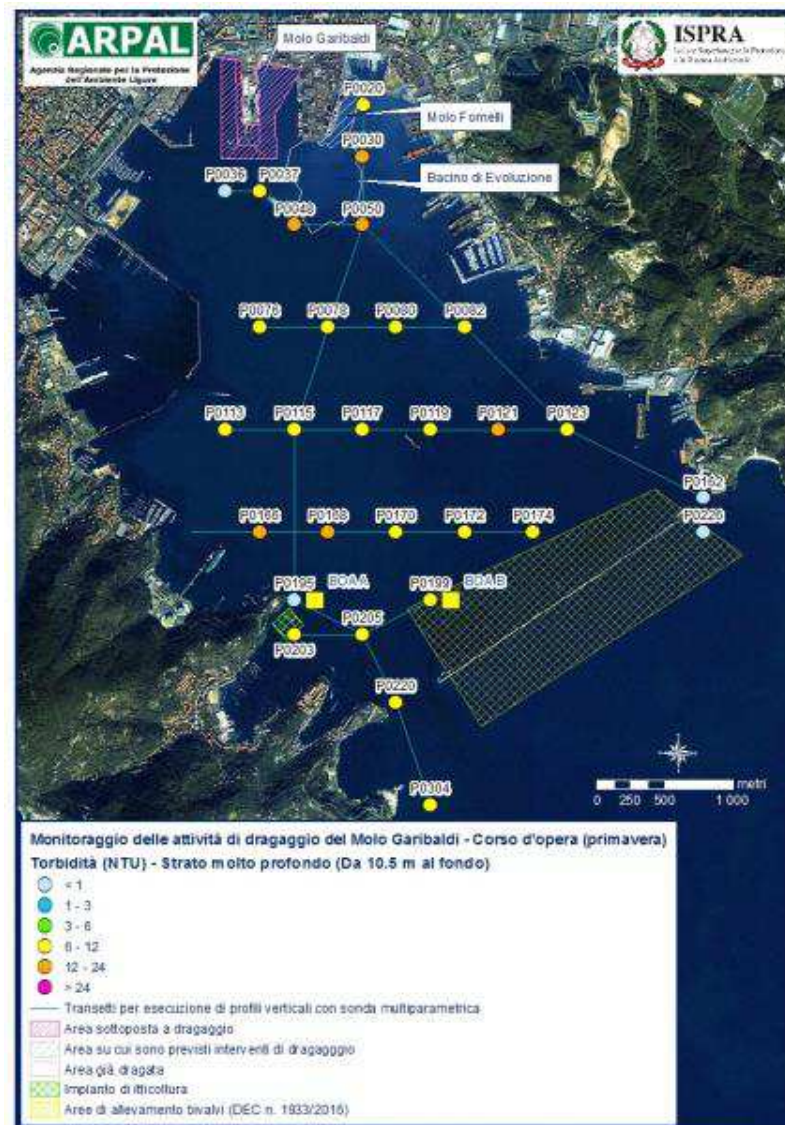


Figura 74 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (campagne di marzo e maggio 2015)



Figura 75 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio *post operam* (estate 2015)

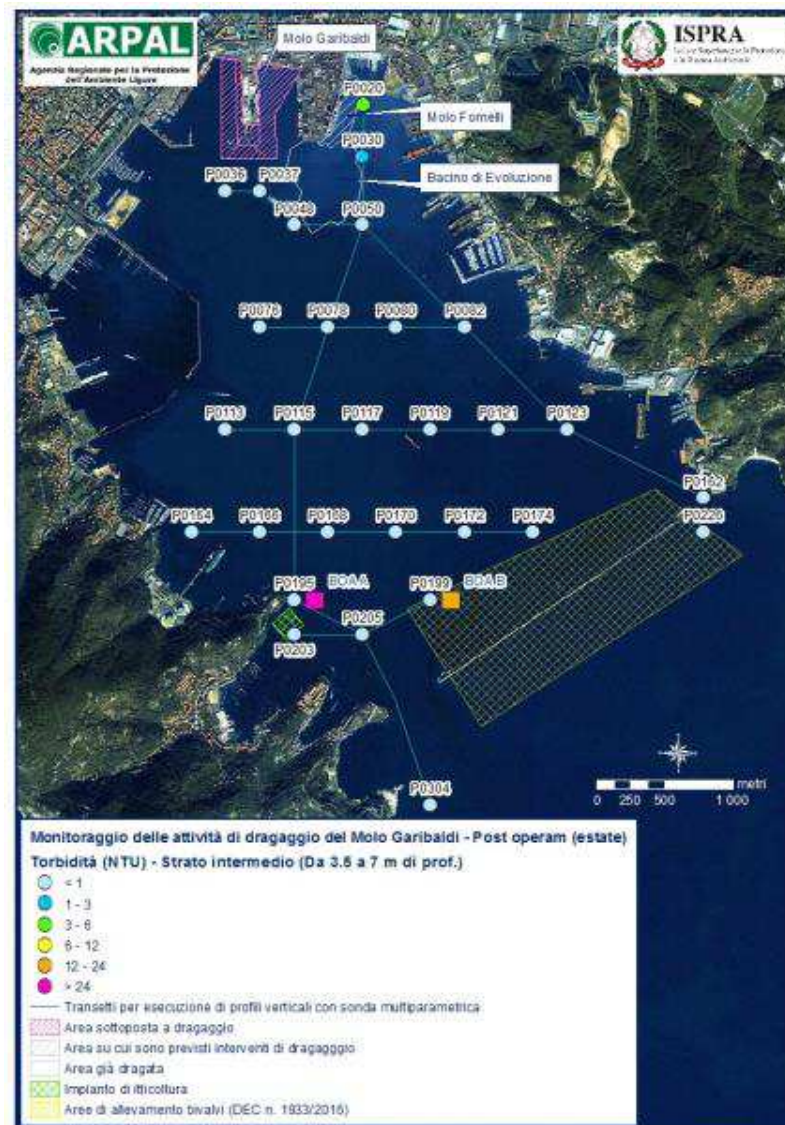


Figura 76 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio *post operam* (estate 2015)



Figura 77 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio *post operam* (estate 2015)

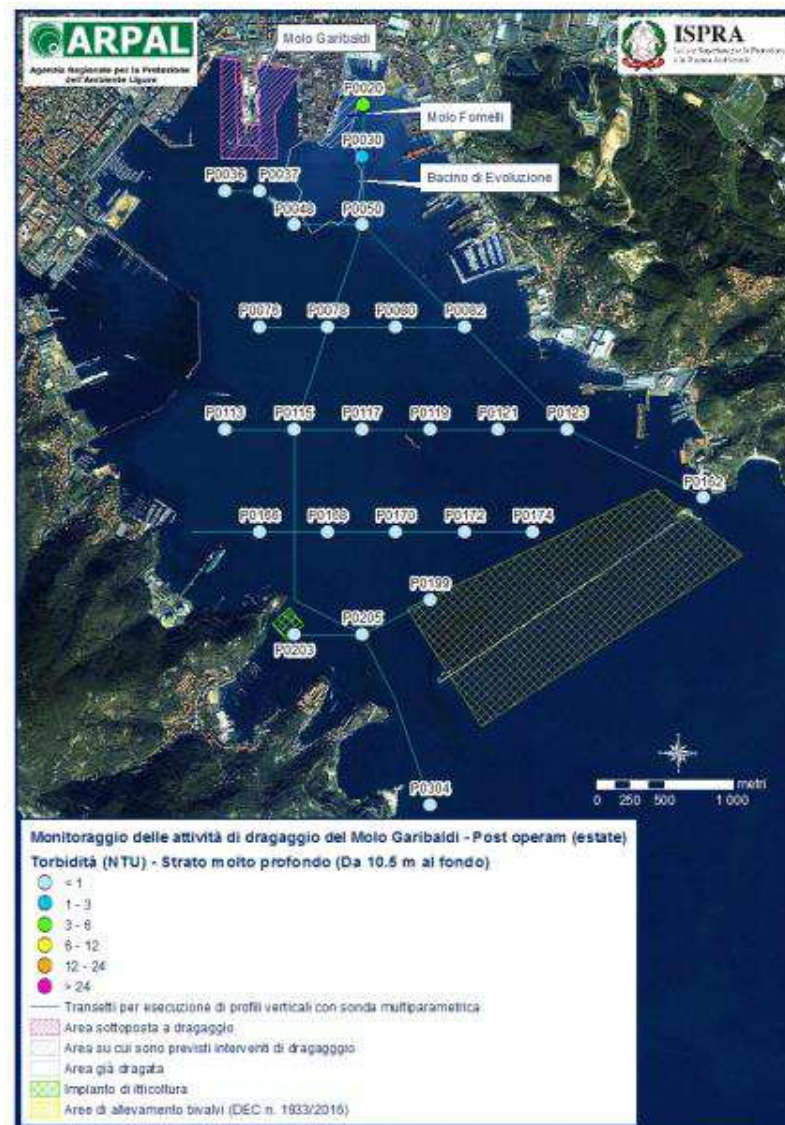


Figura 78 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio *post operam* (estate 2015)

I valori di torbidità misurati durante la prima campagna di monitoraggio (Figura 63, Figura 64, Figura 65, Figura 66) sono risultati molto bassi; il 91% di essi era inferiore ad 1 NTU su tutta la colonna d'acqua indagata. Il colore arancione attribuito alle stazioni P0036, P0048 e P0050 è stato determinato da isolati e puntuali valori di NTU misurati lungo profili caratterizzati prevalentemente da valori di torbidità inferiori ad 1.

Anche i valori rilevati dalla sonda fissa in BOA B confermano l'assenza di torbidità. Tutti i dati acquisiti sono risultati inferiori a 1 NTU. In tale periodo non sono stati acquisiti dati dalla sonda posizionata in BOA A poiché l'apparato si trovava in manutenzione.

Durante la stagione invernale sono state effettuate due campagne di monitoraggio, una nel mese di febbraio e l'altra nel mese di marzo (Figura 67, Figura 68, Figura 69, Figura 70). Come si può osservare dalle figure, alcuni isolati valori più elevati sono stati misurati in corrispondenza dei primi metri di profondità (stazioni colorate in fucsia, arancione e giallo): il colore arancione della stazione P0050 è dovuto ad un unico valore pari a 22.4 NTU rilevato ad 1 m di profondità nella campagna di febbraio. Analoga considerazione può essere fatta per le misure effettuate nelle stazioni P0078 e P0170 durante la campagna di marzo. In tali stazioni ad 1 m di profondità la torbidità è risultata pari rispettivamente a 19.5 NTU e 22.8 NTU, dimezzandosi nei successivi 50 cm, per poi decrescere gradualmente fino a valori molto bassi in prossimità del fondo. Le stazioni colorate in giallo (P0119 e P0203 per la campagna di febbraio e P0048 e P0174 per la campagna di marzo) hanno evidenziato un analogo comportamento, con valori comunque più bassi. Infine nella stazione P0162, ubicata presso l'imboccatura di levante, lungo tutto il profilo verticale sono stati acquisiti valori di torbidità intorno a 4 NTU, ad eccezione di un unico valore elevato pari a 43.1 NTU ad 1 m di profondità, da cui dipende il colore fucsia del punto che la rappresenta.

Per quanto riguarda le sonde fisse si precisa che la sonda in BOA A ha iniziato a funzionare in maniera regolare a partire dal 13 aprile. Nel periodo precedente si erano verificati alcuni problemi di galleggiamento, fino alla totale deriva della boa stessa.

Il 79% dei valori acquisiti dalla sonda in BOA B è risultato inferiore ad 1 NTU. Dal 21 dicembre fino al 3 febbraio le misure di torbidità sono risultate comprese tra 1 e 12 NTU. Successivamente sono stati invece registrati valori di torbidità elevati caratterizzati però dall'essere improvvisi e circoscritti. Nel grafico seguente (Figura 79), è rappresentato l'andamento della torbidità in BOA B nei giorni 3 e 4 febbraio. Osservando l'andamento del grafico possono essere messi in evidenza alcuni improvvisi aumenti di torbidità, fino ad un massimo di circa 260 NTU alternati a valori inferiori ad 1 NTU. I valori oscillanti di torbidità del 3 febbraio, culminati con il massimo pari a 257 NTU registrato nella serata, sono stati seguiti da valori minori di 1 sin dall'ora successiva e fino alla mattina seguente. Dalle 6 del mattino successivo e per tutta la giornata del 4 si è ripetuta una situazione pressoché analoga con un'alternanza di valori alti e bassi.

Secondo quanto riportato nei diari di dragaggio forniti dalla ditta, le attività di escavo erano state condotte il 2 febbraio dalle 11:45 alle 18:45 (per un totale di circa 2000 m³ rimossi), il 3 febbraio dalle 13 alle 16 (per un totale di circa 950 m³) ed il 4 febbraio dalle 16:30 fino alle 2 del mattino del giorno successivo, sempre in presenza di condizioni meteo favorevoli.

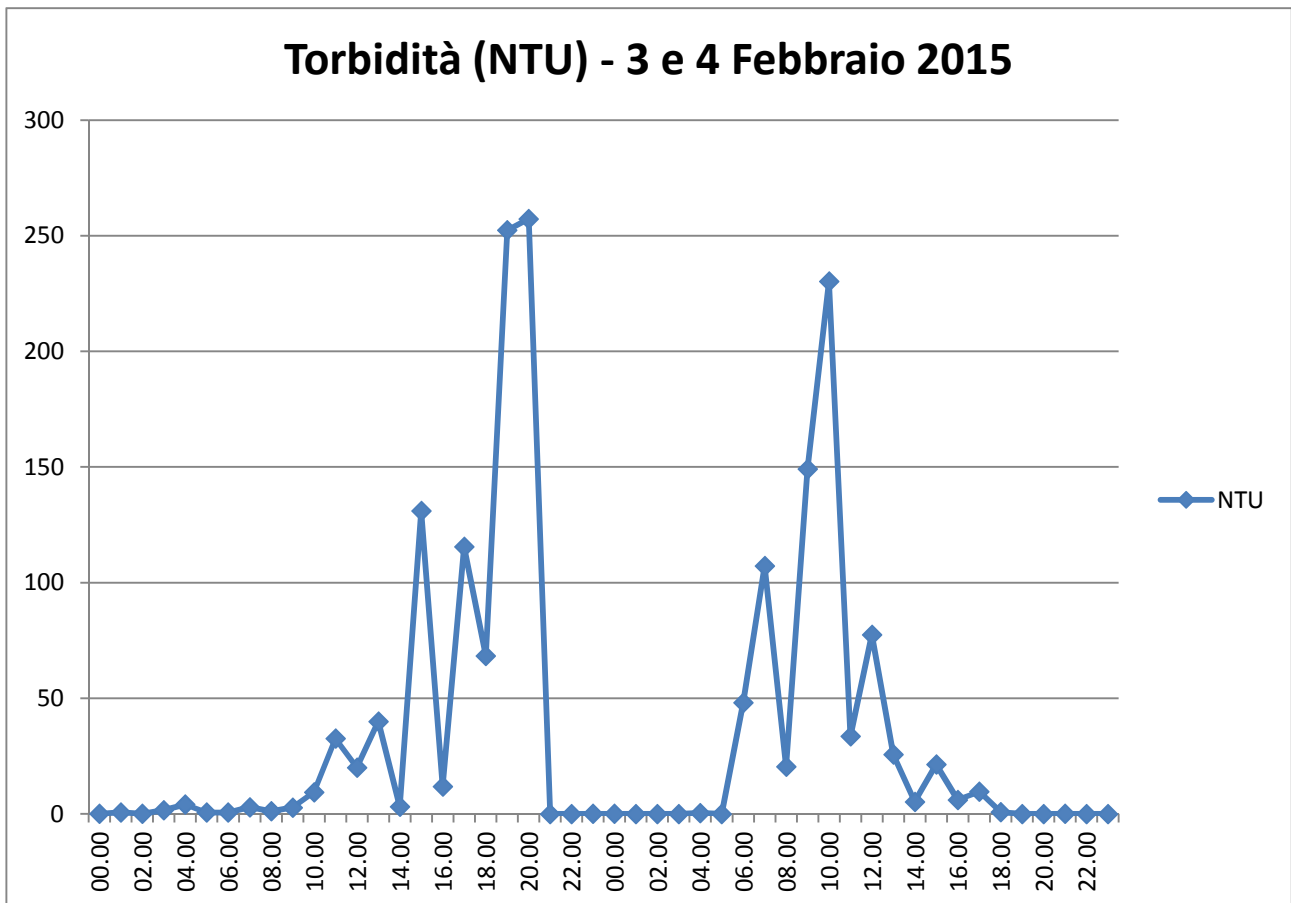


Figura 79 – Andamento della torbidità in BOA B nei giorni 3 e 4 febbraio 2015

Dal 4 al 10 febbraio non sono stati registrati dalla sonda di BOA B valori di torbidità elevati. Si segnala soltanto che il 10 febbraio dalle 8.00 alle 9.00 e dalle 13.00 alle 14.00 sono stati rilevati due valori maggiori di 24 NTU, rispettivamente, 33.6 e 29.8, preceduti e seguiti da valori piuttosto bassi. Si precisa che nelle giornate del 5 febbraio e, soprattutto del 6 febbraio, durante la quale la ditta ha dragato dalle 15:30 fino all'una della notte circa, il dragaggio è stato eseguito in condizioni meteo sfavorevoli, con venti da Nord con velocità media intorno a 6-8 m/s e punte fino a 20 m/s).

Il 17 febbraio, dalle 13.00 alle 16.00 sono stati nuovamente acquisiti due valori superiori alla media, 51.4 e 34.4 NTU, così come durante la notte tra il 20 ed il 21 febbraio (Figura 80) dalle 23.00 alle 3.00. Tali valori sono stati comunque isolati e limitati nel tempo in un insieme di misure inferiori a 1 NTU. Il 21 febbraio nella fascia oraria dalle 9.00 alle 13.00 è stato nuovamente registrato un valore molto alto. Tale valore, cui è seguita l'interruzione della trasmissione, potrebbe verosimilmente essere dipeso da un malfunzionamento del sensore che subito dopo ha smesso di acquisire misure.

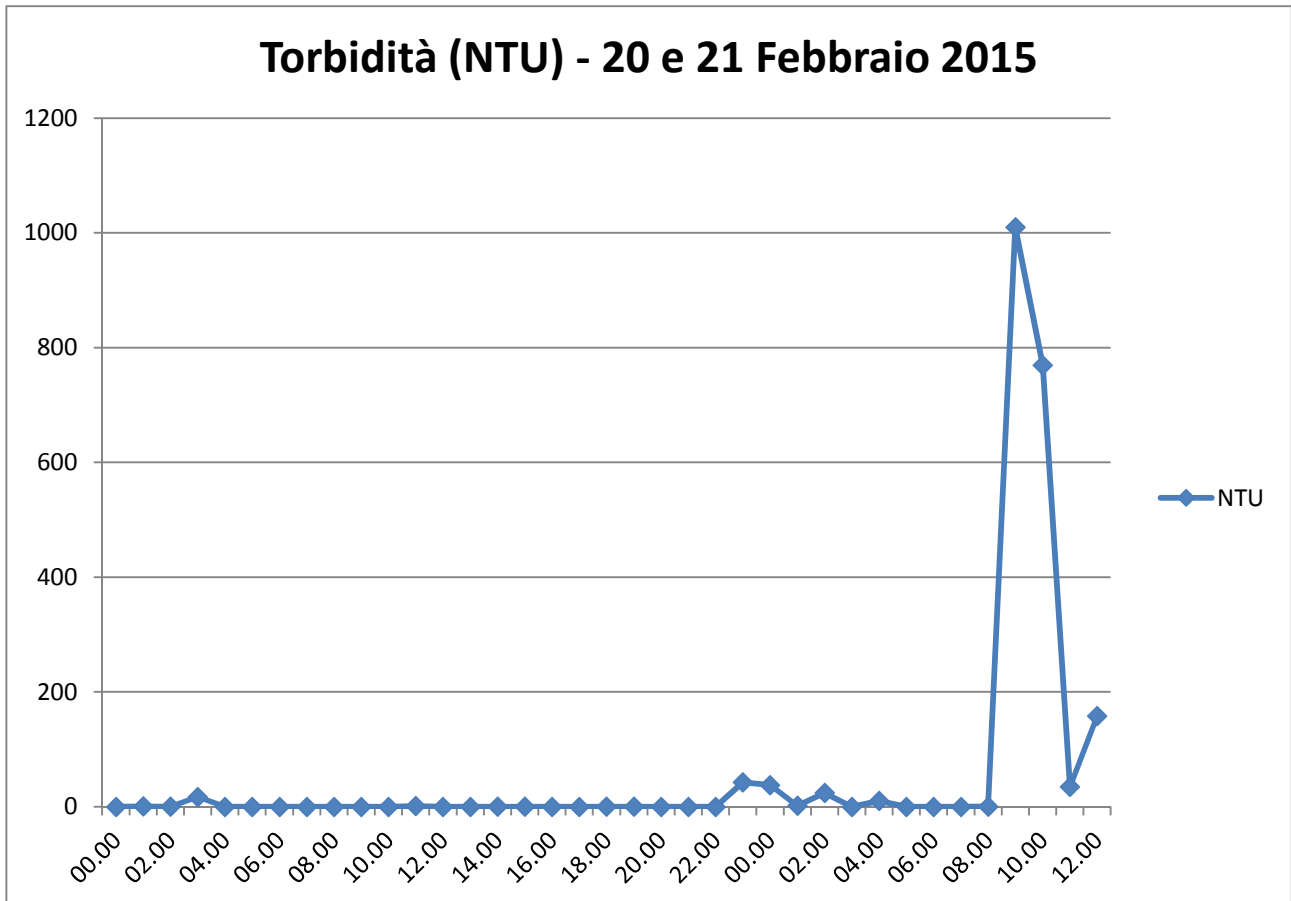


Figura 80 – Andamento della torbidità in BOA B nei giorni 20 e 21 febbraio 2015

Nei giorni successivi si sono verificate situazioni simili, con un’alternanza tra valori alti e valori inferiori a 1 NTU. Il 26 febbraio alle ore 23:00 è stato registrato un valore pari a 18.7 NTU preceduto e seguito da valori inferiori a 1 NTU, il 28 febbraio alle ore 16:00 la torbidità era inferiore a 1 NTU ed alle 17:00 pari a 56.3 NTU e successivamente di nuovo inferiore a 1 NTU.

Il 6 e 7 marzo, come rappresentato in Figura 81, la sonda ha rilevato nuovamente significative oscillazioni dei valori di torbidità con un massimo pari a 1083 NTU alle 5:00 del mattino del 7 marzo. Dal grafico si può comunque evidenziare come il dato di torbidità scenda di un ordine di grandezza nell’ora successiva e di 2 ordini di grandezza due ore dopo. Alle 8:00 il torbidimetro ha trasmesso 90 NTU, mentre nelle ore successive è stata trasmessa una sequenza continua di valori inferiori a 1 NTU. Pertanto il picco di 1083 NTU potrebbe considerarsi ragionevolmente un dato fuori scala imputabile ad un fattore di disturbo esterno non correlabile alla presenza di materiale solido in sospensione.

Durante tale periodo pertanto la sonda in BOA B ha acquisito valori elevati di torbidità sia nelle ore successive alle attività di dragaggio, sia in assenza di dragaggio. Inoltre la stessa sonda anche in presenza di attività di escavo ha misurato costantemente valori inferiori ad 1 NTU contestualmente alle operazioni di escavo. Pertanto dai dati disponibili non è stato possibile stabilire con certezza una relazione tra i valori di torbidità elevati e le attività di dragaggio in corso.

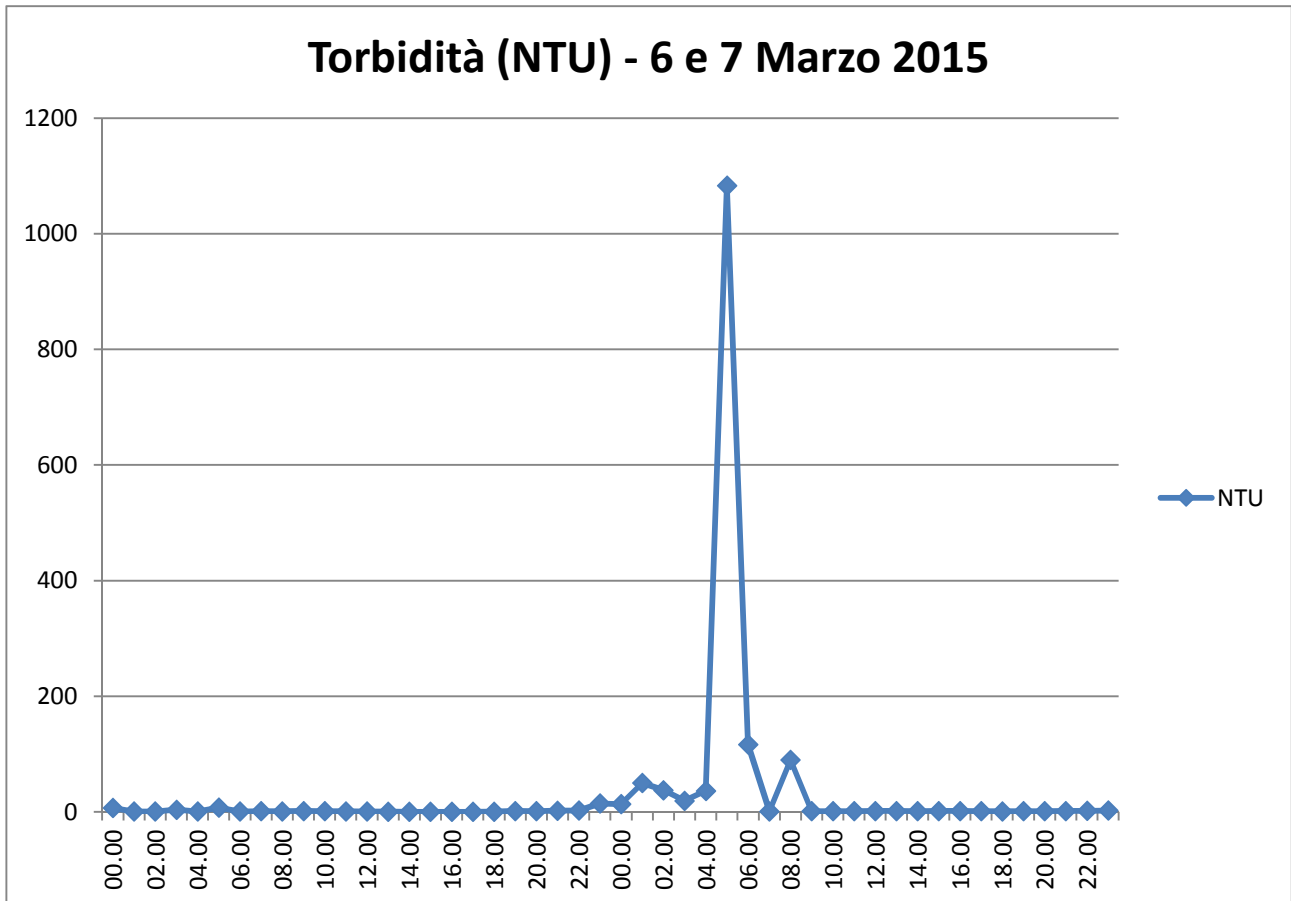


Figura 81 – Andamento della torbidità in BOA B nei giorni 6 e 7 marzo 2015

In Figura 82 sono infine riportati i valori di torbidità misurati dalla sonda dal 9 al 12 marzo. Come si può osservare anche in questi giorni si sono verificate evidenti e importanti oscillazioni dei valori rilevati dal sensore, che in intervalli di tempo piuttosto brevi (da un'ora alla successiva) ha acquisito valori prossimi minori di 1 NTU alternati misure superiori a 500-600 NTU. Oscillazioni così brusche, avvenute in un arco temporale molto breve (da un'ora alla successiva) non sembrerebbero essere legate a fenomeni di risospensione che dovrebbero ridursi gradualmente nel corso del tempo, ma bensì a perturbazioni del tutto indipendenti, quali il semplice oscuramento del sensore da parte di un oggetto che vi ha transitato davanti, o la presenza di bolle in acqua o semplicemente imputabili ad un malfunzionamento del sensore. Ciò è soprattutto ipotizzabile quando un valore molto alto è seguito nell'ora successiva da un valore inferiore a 1 NTU. Si ricorda inoltre che i dati orari acquisiti dalla sonda, derivano dalla media di dati rilevati ogni 10 minuti che però il sistema non ha mantenuto in memoria. Pertanto il valore rappresentato, potrebbe essere sia la media di 6 valori elevati, così come la media risultante da un valore molto elevato e valori bassi.

Valori di NTU così elevati sarebbero inoltre la diretta conseguenza di concentrazioni di solidi sospesi ben oltre superiori a quanto misurato in tutti i campioni prelevati durante il dragaggio, per cui non sono mai state determinate concentrazioni superiori a 20 mg/l. A conferma di ciò, da prove effettuate in laboratorio con acqua di mare, si precisa che per raggiungere valori di NTU superiori a 200 sarebbe necessario portare in sospensione un quantitativo di solidi sospesi che determina una

concentrazione pari a circa 1000 mg/l, cioè 20 volte maggiori dei massimi riscontrati in più di 100 campagne di monitoraggio e oltre 1500 campioni analizzati.

Nel corso delle stesse prove si è inoltre verificato che, creando artificialmente turbolenze in vasca e bolle d'aria, mediante l'utilizzo di una pompa ad immersione, le sonde registrano immediatamente valori di torbidità estremamente elevati, anche maggiori di 200 NTU, che si abbassano drasticamente non appena vengono ripristinate le condizioni di calma.

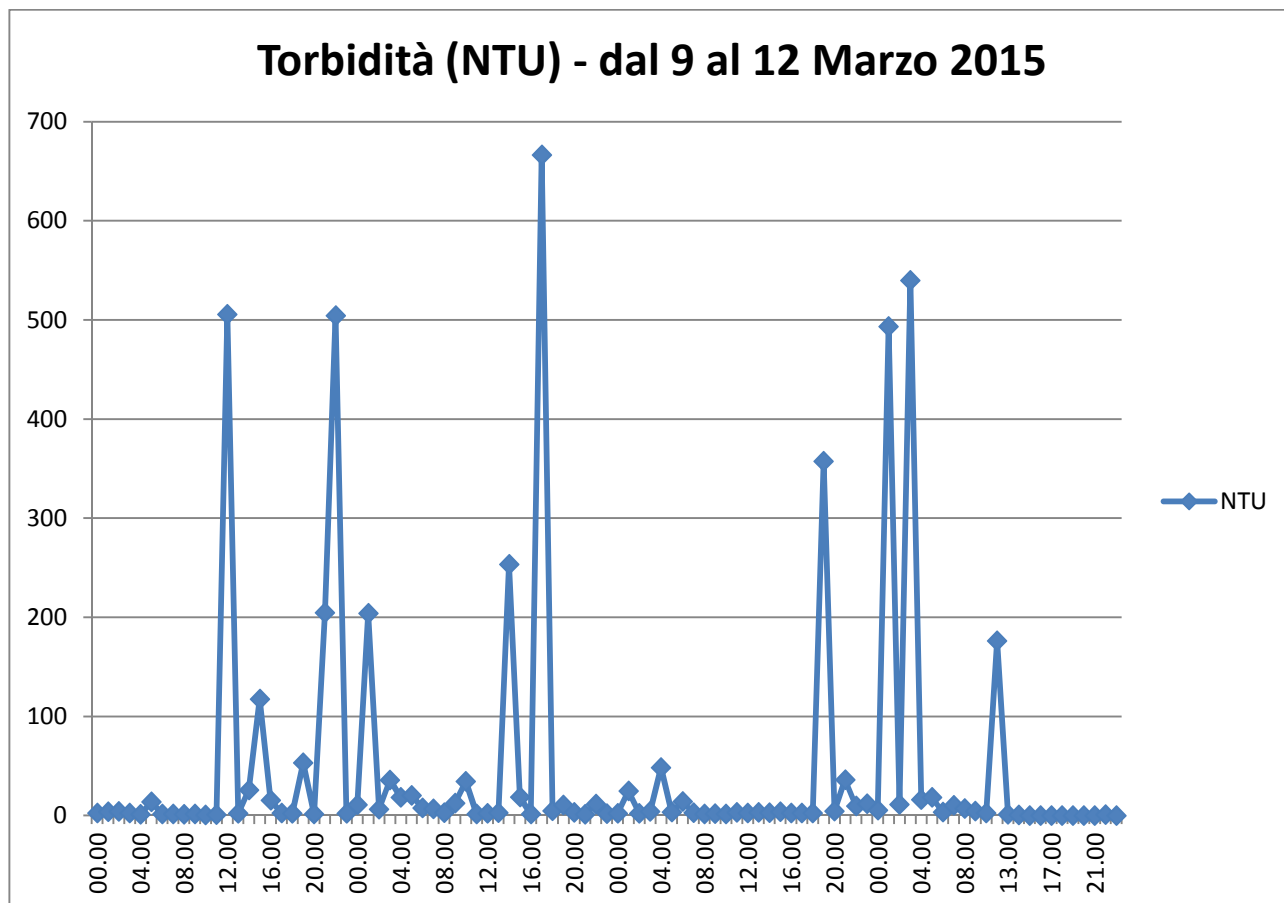


Figura 82 – Andamento della torbidità in BOA B nei giorni 9, 10, 11 e 12 marzo 2015

Durante la stagione primaverile sono state effettuate 4 campagne di monitoraggio, eseguite rispettivamente il 30 marzo, 21 aprile, 21 maggio e 9 giugno.

Si segnala che nella campagna del 21 aprile i profili verticali di torbidità in tutte le stazioni e a tutte le profondità hanno evidenziato valori intorno a 15 NTU. Tale situazione si è ripresentata solo in parte anche nelle rilevazioni eseguite nel mese di maggio. In considerazione del fatto che i valori dei solidi sospesi sono invece risultati in linea con i precedenti, compresi tra 10 e 15 mg/l, si ritiene verosimile che tali valori di torbidità possano essere attribuibili alla presenza di materiale organico in sospensione. Un'analogia condizione era stata rilevata durante la campagna del 18 giugno 2013.

Viceversa durante la campagna del 9 giugno il sensore ha restituito valori molto costanti e sempre inferiori ad 1 NTU, confermati anche dai valori acquisiti il medesimo giorno dalle due sonde fisse. Le carte di sintesi relative al monitoraggio primaverile pertanto sono state create prendendo come riferimento le campagne di marzo e maggio, durante le quali sono state rilevate misure di torbidità

molto simili. In entrambe le campagne infatti su tutte le stazioni sono stati riscontrati per tutto il profilo valori compresi tra 12 e 24 NTU, mediamente superiori ai valori medi rilevati in tutta la rada durante gli altri monitoraggi. In particolare le stazioni dell'area più interna della rada e cioè le stazioni P0020, P0030, P0036, P0037, P0048, P0050, P0076, P0078 e P0080 hanno mostrato un comportamento molto simile, valori mediamente più bassi in superficie e crescenti verso il fondo, durante la campagna di marzo e valori mediamente più elevati e decrescenti verso il fondo durante la campagna di maggio. Viceversa, nelle stazioni al centro della rada (P0082, P0113, P0115, P0117, P0119, P0121 e P0123) i valori di torbidità più elevati sono stati osservati durante la campagna di marzo, con massimi in corrispondenza della stazione P0121 (42.3 NTU in superficie e 19.7 NTU al fondo) e comunque sempre decrescenti dalla superficie al fondo. Un ulteriore gruppo di stazioni è rappresentato dalla P0166, P0168, P0170, P0172 e P0174, i cui valori, sempre decrescenti dalla superficie al fondo sono risultati più alti nel mese di maggio. Nella stazione P0162 durante la campagna di marzo sono stati acquisiti valori compresi tra 12 e 24 NTU (solo nel livello più superficiale il sensore ha rilevato 29 NTU), in linea con i valori di tutte le altre stazioni. Infine, tutte le stazioni nell'intorno dell'imboccatura di ponente (P0195, P0199, P0203, P0205, P0220 e P0304), sono rappresentate in giallo per i valori rilevati durante la campagna di marzo, poiché a maggio per tutte la torbidità è risultata inferiore ad 1.

I dati rilevati dalle sonde fisse sono prevalentemente minori di 1 NTU e rispettivamente l'86% dei dati della sonda in BOA A ed il 91% dei dati della sonda in BOA B. Il colore giallo con cui sono state identificate le due stazioni è determinato per la BOA A solo da 9 valori su 1639 compresi tra 6 e 12 NTU e per la BOA B da un unico valore pari a 8.8 NTU rilevato il 14 maggio.

Le attività di dragaggio sono state concluse il 21 giugno, mentre la campagna di monitoraggio *post operam* è stata effettuata il 30 giugno (Figura 75, Figura 76, Figura 77, Figura 78). Dall'osservazione delle carte risulta evidente come i valori di torbidità siano generalmente bassi e per lo più minori di 1 NTU (92% dei dati minore di 1 NTU). Si distinguono la stazione P0020 caratterizzata da una torbidità costante su tutto il profilo (4 NTU), che evidenzia un leggero fenomeno di sospensione e le stazioni P0174 e P0304 in cui ad 1.5 m il sensore ha rilevato un valore pari a 6.8 NTU e la stazione P0195 in cui nello strato intermedio il sensore ha misurato un valore isolato pari a 16.7. Si tratta di valori puntuali che possono essere stati determinati non da sedimento risollevato ma da minime perturbazioni della colonna d'acqua, dovute ad esempio alla turbolenza determinata dal passaggio di imbarcazioni anche piccole o alla presenza di organismi o oggetti in galleggiamento.

Infine il 99% dei valori rilevati dalla BOA B è risultato inferiore ad 1 NTU, con un unico valore elevato pari a 18.7 NTU, misurato il giorno 22 giugno alle ore 18:00.

Per la BOA A i valori rilevati dai sensori sono risultati bassi solo nel 69% dei casi. Il giorno 11 luglio sono stati registrati alcuni valori elevati dalle 10 alle 18 rappresentati nella Figura 83 (valore massimo: 545 NTU registrato alle ore 14) ed indicativi di un fenomeno che ha interessato parte della giornata e potrebbe essere stato legato all'impianto di ittiocoltura.

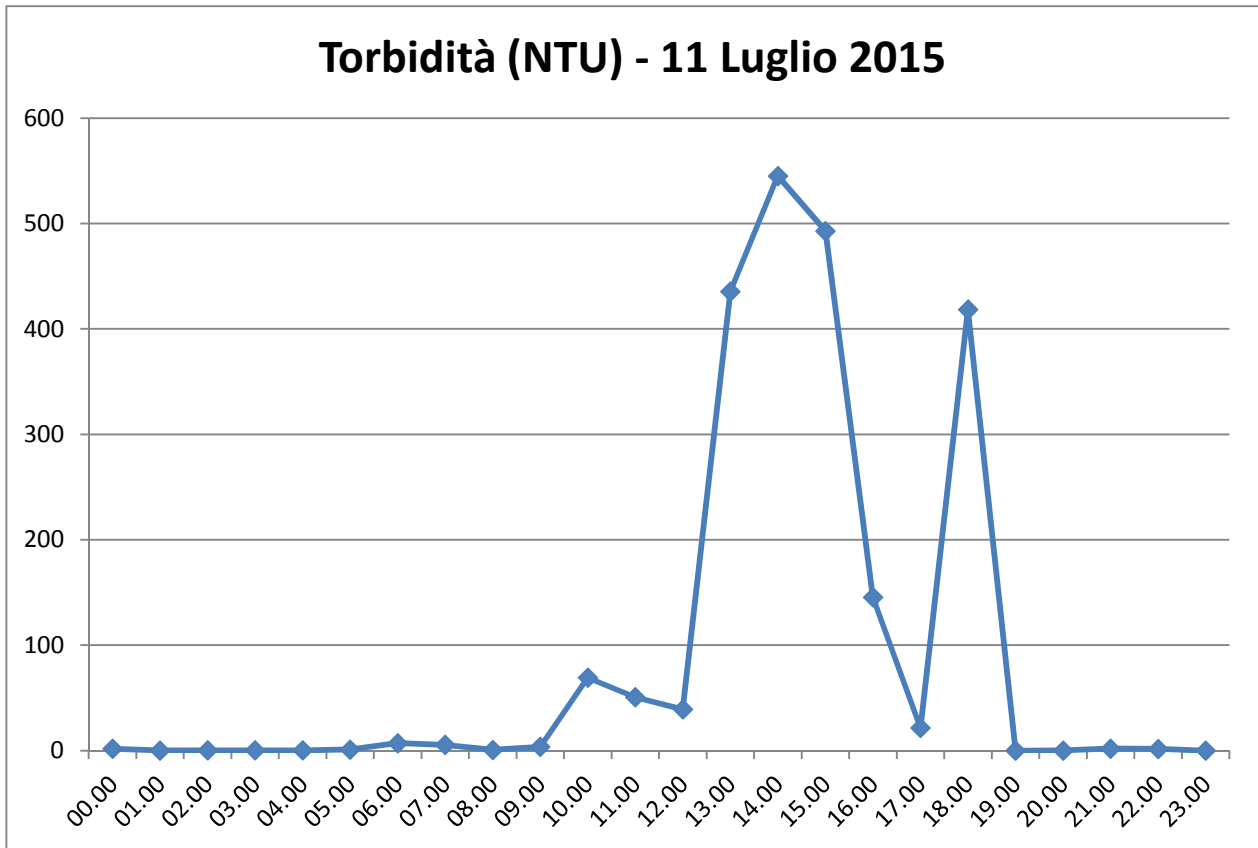


Figura 83 – Andamento della torbidità in BOA A il giorno 11 luglio 2015

Si fa inoltre presente che nel periodo maggio-giugno 2015, sono pervenute segnalazioni da parte dei pescatori, di un'anomala presenza di fango sulle reti a tramaglio utilizzate esternamente alla diga foranea. A seguito delle analisi eseguite sul fango prelevato dalle reti da operatori ARPAL si è accertato che il fango era costituito da una massa colloidale composta da fitoplancton, zooplancton e sedimenti aventi questi ultimi caratteristiche chimiche compatibili con quelle dei sedimenti presenti sui fondali esterni alla rada e notevolmente diversi per colore, odore e granulometria rispetto ai sedimenti portuali (di colore grigio scuro, granulometrie più grossolane con presenza di sabbia fine e inquinanti organici). Si è quindi concluso che il fango riscontrato sulle reti fosse la conseguenza di un anomalo sviluppo di aggregazioni mucillaginose risospese dal fondale che, movimentate dalle correnti, hanno inglobato al loro interno oltre a residui di macro alghe, fitoplancton e zooplancton anche materiale particolato inerte molto fine (<http://apsp.macisteweb.com/monitoraggio>).

In Tabella 20 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli e IPA misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate da dicembre 2014 a giugno 2015.

Tabella 20 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi, metalli ed IPA calcolate durante il monitoraggio del dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi (dicembre 2014 – giugno 2015)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)	IPA totali (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	9	0.007	0.002	0.0001	0.100	0.250	0.0005
	Massimo	18	0.200	0.010	0.300	1.520	2.360	0.208
	Media	12	0.044	0.008	0.020	0.393	0.836	0.027
Campioni profondi	Minimo	10	0.007	0.002	0.0001	0.100	0.125	0.0005
	Massimo	20	0.400	0.020	0.500	2.200	1.640	0.091
	Media	12	0.065	0.009	0.027	0.393	0.756	0.020

Come rilevato per il monitoraggio del dragaggio dei fondali del Bacino di Evoluzione, anche nei campioni prelevati durante il monitoraggio del dragaggio dei fondali antistanti il Molo Garibaldi sono state determinate concentrazioni di solidi sospesi confrontabili con i dati pregressi sia in termini di valori massimi che di valori medi. Analoghe considerazioni possono essere ripetute per tutti i metalli ad eccezione del mercurio, per cui si è evidenziato un incremento del valore medio, sia nei campioni superficiali che profondi, dovuto essenzialmente a concentrazioni più elevate misurate nella stazione P0030 e P0048.

In merito agli altri parametri ricercati si precisa che le concentrazioni dei parametri microbiologici, dei nutrienti e TOC sono risultate basse e in linea con i dati precedenti.

Per il vanadio, risultato sempre molto basso, si segnalano soltanto due concentrazioni moderatamente più alte e pari a 0.3 µg/l misurate nei campioni profondi delle stazioni P0048 e P0117 durante la campagna del 30 marzo.

Le concentrazioni di stagno e PCB sono risultate sempre inferiori al limite di quantificazione, rispettivamente pari a 0.25 µg/l e a 0.1 µg/l.

Per quanto riguarda gli IPA, come si può osservare dalla lettura dei dati statistici riportati in Tabella 20, è stata determinata, in generale, una maggior variabilità rispetto ai periodi precedenti, dovuta anche al fatto che il limite di quantificazione è stato abbassato da 0.01 µg/l a 0.001 µg/l. Inoltre nella campagna del 21 aprile, limitatamente ai campioni superficiali delle stazioni P0030 e P0048, sono state misurate concentrazioni più elevate rispetto al passato e rispettivamente pari a 0.208 µg/l e 0.171 µg/l.

In Figura 84 e Figura 85 infine è rappresentato l'andamento delle concentrazioni normalizzate di solidi sospesi, metalli ed IPA nelle stazioni P0030, P0048, P0117 e P0199 dove è stato effettuato il profilo analitico completo.

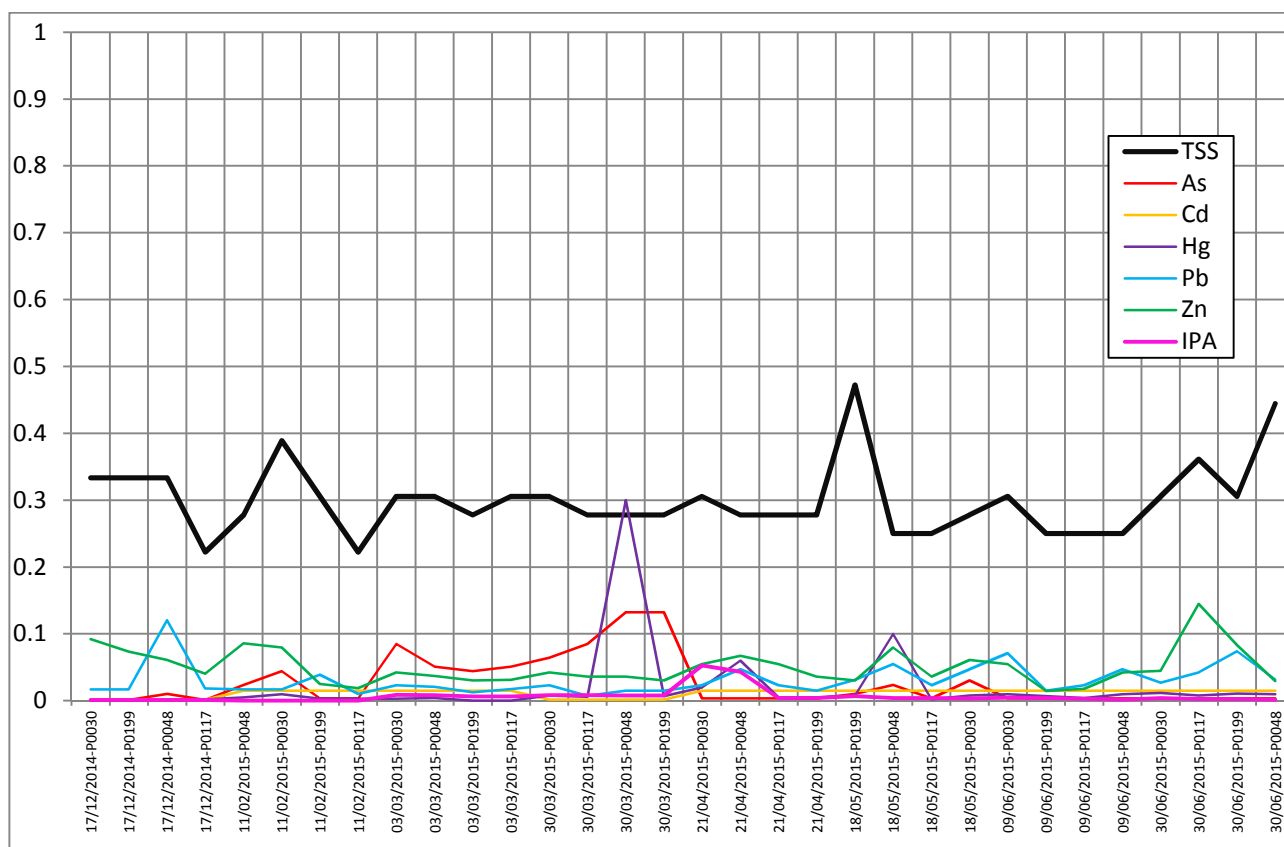


Figura 84 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi, metalli ed IPA misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Molo Garibaldi (da dicembre 2014 a giugno 2015)

Dalla valutazione dell'andamento delle concentrazioni si possono mettere in evidenza, alcune sensibili variazioni del mercurio in corrispondenza della stazione P0048, durante le campagne di marzo, aprile e maggio. In particolare si segnala l'incremento di mercurio nella stazione P0048 durante la seconda campagna del mese di marzo. Tali incrementi non sono però associati ad elevati valori di solidi sospesi che sono rimasti sempre inferiori ad 11 mg/l.

L'aumento dei solidi sospesi misurato nel campione superficiale della stazione P0030 durante la campagna del mese di febbraio viceversa non comporta l'aumento delle concentrazioni di metalli che sono rimaste piuttosto basse. Analoga situazione si è verificata nella stazione P0199 durante la campagna effettuata nel mese di maggio.

Come premesso il grafico riporta anche l'andamento della concentrazione degli IPA per cui si segnala un incremento in corrispondenza delle stazioni P0030 e P0048 durante la campagna del 21 aprile. In particolare nella stazione P0048 si può osservare che l'aumento di IPA è collegato a quello di mercurio e zinco, ma non ai solidi sospesi la cui concentrazione misurata era pari ad 11 mg/l.

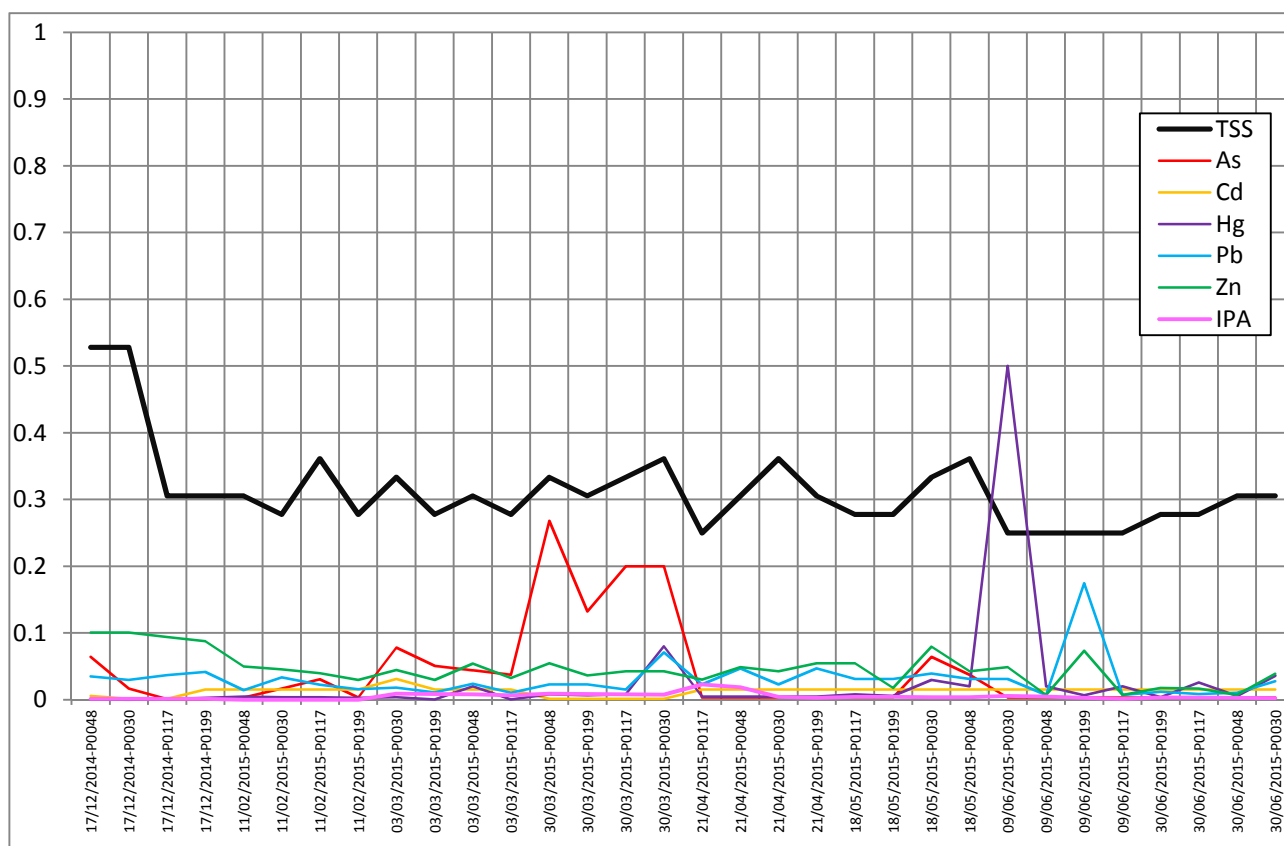


Figura 85 – Variazione delle concentrazioni di solidi sospesi, metalli ed IPA misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Molo Garibaldi (da dicembre 2014 a giugno 2015)

Dal grafico relativo ai campioni profondi si può osservare una sensibile variazione dell'arsenico in tutte le stazioni monitorate durante la campagna del 30 marzo. In queste stazioni i solidi sospesi sono però rimasti piuttosto bassi ed in linea con i valori medi. Molto evidente è inoltre la variazione di mercurio nella stazione P0030 durante la campagna di giugno.

Anche in questo caso l'aumento del parametro non è conseguente all'aumento dei solidi sospesi che invece sono risultati piuttosto bassi. Sempre durante la stessa campagna nella stazione P0199 si può notare un lieve incremento di piombo e zinco indipendente dai solidi sospesi.

A differenza di quanto segnalato per i campioni superficiali, l'andamento degli IPA nei campioni profondi è invece rimasto abbastanza costante e non ha presentato variazioni significative.

In considerazione della moria dei mitili segnalata nel mese di febbraio 2015, ad integrazione del monitoraggio previsto, ARPAL in collaborazione con ASL5 e IZS ha effettuato uno studio dettagliato sui tessuti dei mitili degli impianti e sul sedimento depositato sugli organismi, con l'obiettivo di stabilirne le caratteristiche e la provenienza (<http://apsp.macisteweb.com/monitoraggio>).

In tale ambito ARPAL ha eseguito campionamenti di fango prelevato dalle reste fissate in diverse aree degli impianti, sia internamente che esternamente alla diga foranea. Le analisi sui fanghi prelevati dagli organismi hanno messo in evidenza delle caratteristiche chimiche sensibilmente diverse rispetto a quelle dei sedimenti dell'area oggetto di dragaggio. In particolare le concentrazioni di idrocarburi pesanti, IPA e metalli sono risultate di un ordine grandezza inferiori rispetto alle concentrazioni misurate nei sedimenti durante la caratterizzazione avvenuta

precedentemente all'avvio delle operazioni di escavo, ma sono risultate più simili a quelle dei sedimenti dei fondali del centro del golfo e prossimi alla diga foranea.

Si fa presente inoltre che dalla consultazione delle immagini acquisite da una free webcam installata sul Monte La Castellana, che restituisce una panoramica completa del golfo, si è potuto verificare che il passaggio e le evoluzioni di navi ad alto pescaggio generavano una significativa risospensione del sedimento. Inoltre, poiché l'area antistante il Molo Garibaldi era sottoposta a dragaggio, le evoluzioni delle navi da crociera venivano effettuate anche nell'area antistante l'abitato di Fezzano sensibilmente più vicino agli allevamenti di itticultura e mitilicoltura.

Monitoraggio del dragaggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli (Agosto 2015 – Gennaio 2016)

Le attività di bonifica/dragaggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli Est sono state appaltate da Autorità Portuale alla Società Nuova Coedmar, che le ha effettuate dal 27/08/2015 alla fine di dicembre 2015, con una sospensione per le prime tre settimane di settembre.

Le attività hanno interessato complessivamente la rimozione di circa 110.000 m³ di sedimento, per lo più classificato come “verde” secondo il suddetto documento ICRAM del 2005. Gli unici superamenti, relativi ad arsenico ed idrocarburi pesanti, sono stati riscontrati in pochi campioni di sedimento prelevati in aree molto circoscritte.

Preliminarmente all'avvio delle operazioni di escavo ARPAL ha eseguito una verifica della precedente caratterizzazione dei sedimenti, che era stata effettuata oltre 10 anni prima.

Per le attività di escavo sono state utilizzate la draga Annamaria Z e Fabio Duò, impiegata anche per il trasbordo alla cassa di colmata del Porto di Piombino. In considerazione del fatto che tutte le aree soggette a dragaggio erano anche interessate dal frequente transito navale, la ditta incaricata ha specificato che avrebbe condotto l'intera attività di dragaggio mediante il posizionamento di campi panne triangolari di dimensioni ridotte, con la base di appoggio delle gonne costituita da un lato della draga ed il vertice opposto ancorato a corpi morti, presidiati da un rimorchiatore dotato di braccio meccanico per la movimentazione dei corpi morti, in analogia con quanto già effettuato durante gli altri interventi di bonifica.

Gli enti locali e la Capitaneria di Porto hanno incaricato ARPAL di verificare l'efficacia del campo panne. Tale attività è stata eseguita in data 26/08/2015 (Allegato 6). In analogia con quanto fatto per il dragaggio del Molo Garibaldi, è stata posizionata fin da subito, nell'area antistante il Molo Fornelli una sonda per l'acquisizione in continuo dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua.

Nel corso di alcune verifiche subacquee eseguite nel mese di dicembre 2015 da parte del personale della Guardia Costiera, contestualmente alle operazioni di escavo, per lo più condotte durante le ore notturne, è stato verificato che le gonne non erano correttamente ancorate al fondale e che i lavori erano eseguiti senza un'adeguata conterminazione. Di conseguenza, in data 05/01/2016 è stato disposto il sequestro giudiziario dei fondali del Molo Fornelli Est.

Successivamente Autorità Portuale non ha effettuato ulteriori operazioni di dragaggio, né nell'area in questione, né in altre aree di competenza. Non risultano infine operazioni di dragaggio effettuate dal 2016 alla data odierna da parte di privati concessionari.

Preliminarmente all'avvio delle operazioni di escavo ARPAL ha eseguito due campagne di monitoraggio *ante operam*, la prima nel mese di agosto e la successiva agli inizi di settembre. Il 27 e 28 agosto erano state effettuate ridotte attività di escavo immediatamente interrotte fino alla fine del mese di settembre. Le operazioni di dragaggio sono iniziate effettivamente il 24 settembre e proseguite in maniera continuativa fino alla fine dell'anno.

Durante le attività di dragaggio sono state effettuate 7 campagne di monitoraggio, 6 in autunno ed una in inverno, durante le quali sono stati eseguiti 30 profili verticali con la sonda multiparametrica e prelevati 8 campioni per le analisi chimico fisiche. Nelle 8 stazioni sono state eseguite le misure

sui solidi sospesi ed in 4 di queste ultime è stato effettuato il profilo analitico completo. Dopo l'interruzione del dragaggio è stata effettuata una campagna *post operam* nella seconda metà del mese di gennaio (Tabella 21).

Successivamente, a partire dal mese di aprile 2016, al fine di garantire un controllo della qualità delle acque della rada, ARPAL ha proseguito l'attività di monitoraggio effettuando campagne stagionali che verranno discusse nel capitolo successivo.

Tabella 21 – Attività di dragaggio del Molo Fornelli Est e relative campagne di monitoraggio

MOLO FORNELLI EST		
27 e 28/08/2015	Inizio attività di dragaggio limitata a soli due giorni	
24/08/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Ante operam ESTATE agosto
07/09/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Ante operam ESTATE autunno
24/09/2015	Inizio dragaggio Molo Fornelli est	
28/09/2015	Profili Verticali in 29 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
12/10/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
27/10/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
09/11/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
23/11/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
16/12/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera AUTUNNO
28/12/2015	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	In corso d'opera INVERNO
30/12/2015	Fine dragaggio Molo Fornelli est (area sequestrata il 04/01/2016)	
19/01/2016	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Post operam INVERNO

Di seguito si riportano i grafici relativi ai solidi sospesi, misurati sui campioni superficiali (Figura 86) e profondi (Figura 87) nelle campagne *ante operam*, in corso d'opera e nella campagna *post operam*. Particolare attenzione nella lettura dei dati è stata dedicata alle stazioni prossime all'area di dragaggio (P0030 e P0048).

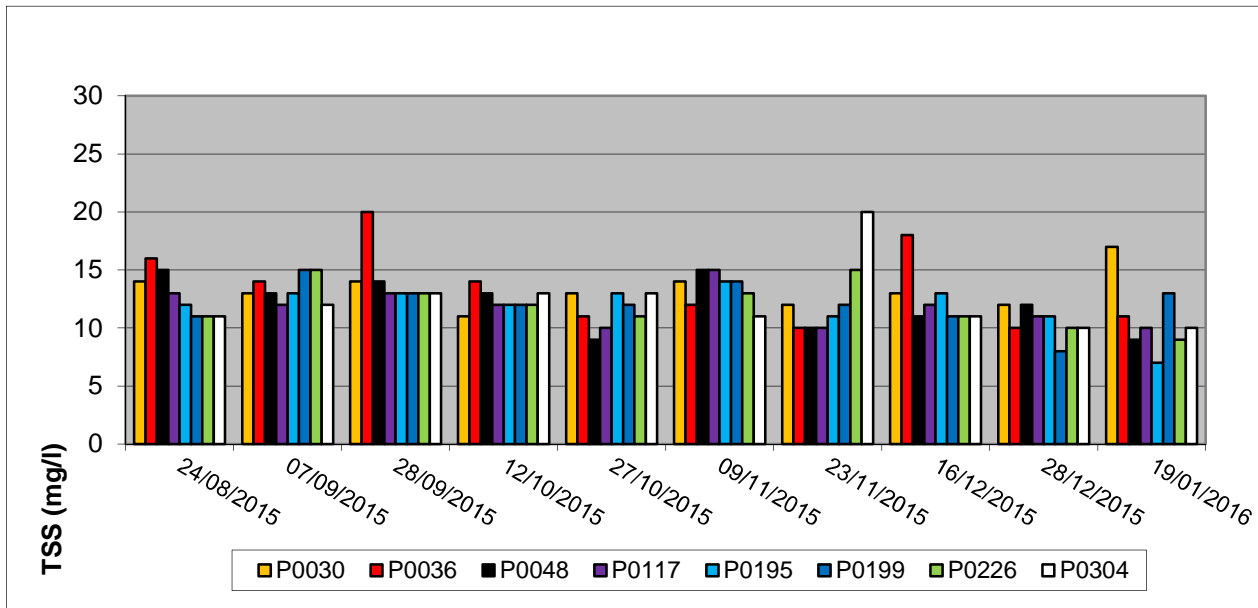


Figura 86 – Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le attività di monitoraggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli Est)

Le concentrazioni dei solidi sospesi misurate nei campioni superficiali sono risultate comprese generalmente tra i 10 ed i 15 mg/l. Rispetto al monitoraggio condotto durante il dragaggio del Molo Garibaldi le concentrazioni misurate sono risultate un po' più elevate ma pur sempre inferiori ai 15 mg/l ad eccezione di rari casi. Nella stazione P0036, sia durante la campagna *ante operam* eseguita durante il mese di agosto, sia durante le campagne in corso d'opera del 28 settembre e del 16 dicembre, sono stati misurati rispettivamente 16 mg/l, 20 mg/l e 18 mg/l di solidi sospesi. Nella stazione P0030 durante la campagna *post operam*, è stato determinato un valore di concentrazione del parametro pari a 17 mg/l. Inoltre nella stazione P0304 (esterna alla rada) durante la campagna del 23 novembre sono stati nuovamente determinati 20 mg/l di solidi sospesi; si precisa che nei due giorni precedenti erano soffiati venti da Nord con una velocità media intorno a 10 m/s.

I profili verticali di torbidità, acquisiti nelle stesse stazioni contestualmente ai campionamenti sopracitati hanno invece evidenziato valori bassi.

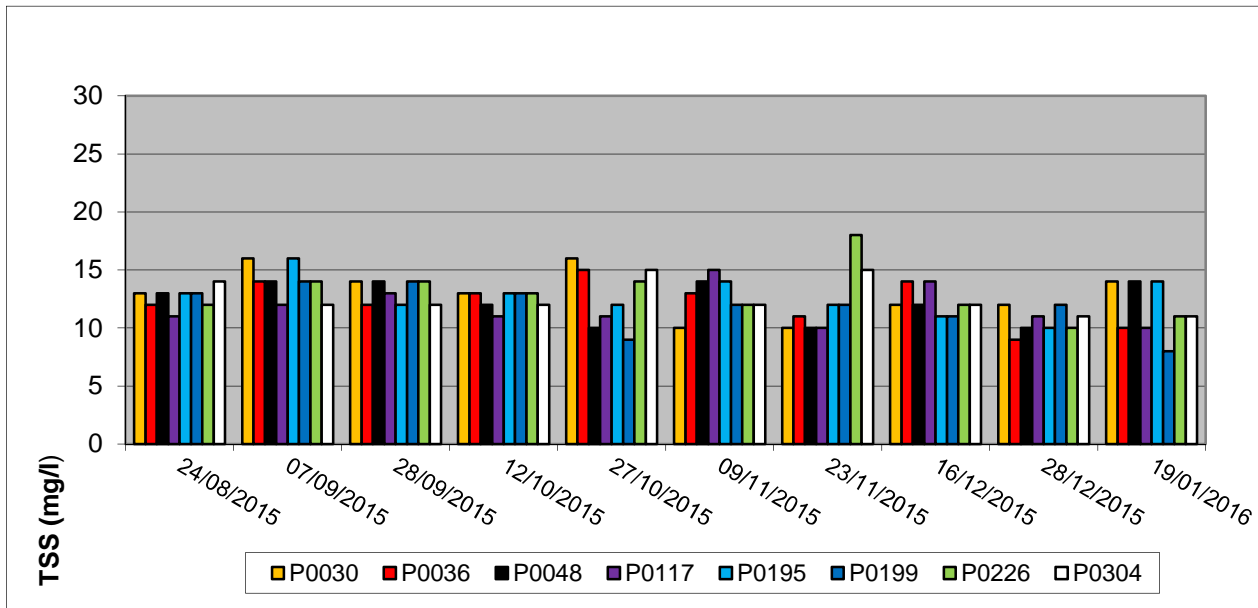


Figura 87 - Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le attività di monitoraggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli Est

Anche le concentrazioni misurate nei campioni profondi si sono mantenute generalmente inferiori ai 15 mg/l. Nella stazione P0030 sono stati misurati due valori leggermente più alti durante la seconda campagna *ante operam* eseguita a settembre e durante la campagna del 27 ottobre. In entrambe i casi sono stati misurati 16 mg/l. Infine nella campagna del 23 novembre nelle due stazioni esterne (P0226 e P0304) sono stati misurati valori un po' più elevati a conferma di quanto già messo in evidenza nei campioni superficiali, probabilmente imputabili alle condizioni meteo marine esterne alla rada.

In Tabella 22 si riportano i valori medi, massimi e minimi delle concentrazioni di solidi sospesi misurate durante le campagne di monitoraggio condotte per il dragaggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli Est. Si precisa che essendo state eseguite due campagne *ante operam*, nella tabella sono stati inseriti i valori medi calcolati sulle due campagne.

Ponendo a confronto i dati *ante operam* con quanto rilevato sia in corso d'opera che *post operam* si può affermare che non sono riscontrabili variazioni da un periodo all'altro: in particolare i valori medi misurati in corso d'opera risultano più bassi rispetto a quanto ottenuto dalle analisi eseguite nell'*ante operam*. Si segnalano due valori più elevati riscontrati nei campioni superficiali delle stazioni P0036 e P0304 pari a 20 mg/l, che si discostano dalle concentrazioni mediamente misurate nelle diverse stazioni monitorate. Le concentrazioni misurate nel *post operam* sono risultate invece in generale più basse sia di quanto misurato durante le campagne *ante operam* che durante il corso d'opera.

Tabella 22 – Valore medio, massimo e minimo di solidi sospesi calcolati per ciascuna stazione monitorata durante le attività di dragaggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli Est

		Ante operam	In corso d'opera			Post operam
			Media	Massimo	Minimo	Valore assoluto
P0030	Superficiale	14	13	14	11	17
	Profondo	15	12	16	10	14
P0036	Superficiale	15	14	20	10	11
	Profondo	13	12	15	9	10
P0048	Superficiale	14	12	15	9	9
	Profondo	14	12	14	10	14
P0117	Superficiale	13	12	15	10	10
	Profondo	12	12	15	10	10
P0195	Superficiale	13	12	14	11	7
	Profondo	15	12	14	10	14
P0199	Superficiale	13	12	14	8	13
	Profondo	14	12	14	9	8
P0226	Superficiale	13	12	15	10	9
	Profondo	13	13	18	10	11
P0304	Superficiale	12	13	20	10	10
	Profondo	13	13	15	11	11

Nelle figure seguenti sono rappresentati i valori di torbidità misurati con la sonda multiparametrica lungo i 30 profili verticali. In particolare la Figura 88, Figura 89, Figura 90 e Figura 91 si riferiscono alla campagna eseguita durante il mese di agosto, la Figura 92, Figura 93, Figura 94 e Figura 95 si riferiscono alla seconda campagna *ante operam* eseguita nel mese di settembre. Si è deciso di distinguere le carte relative alle due campagne *ante operam* in quanto rappresentative di due condizioni abbastanza diverse.

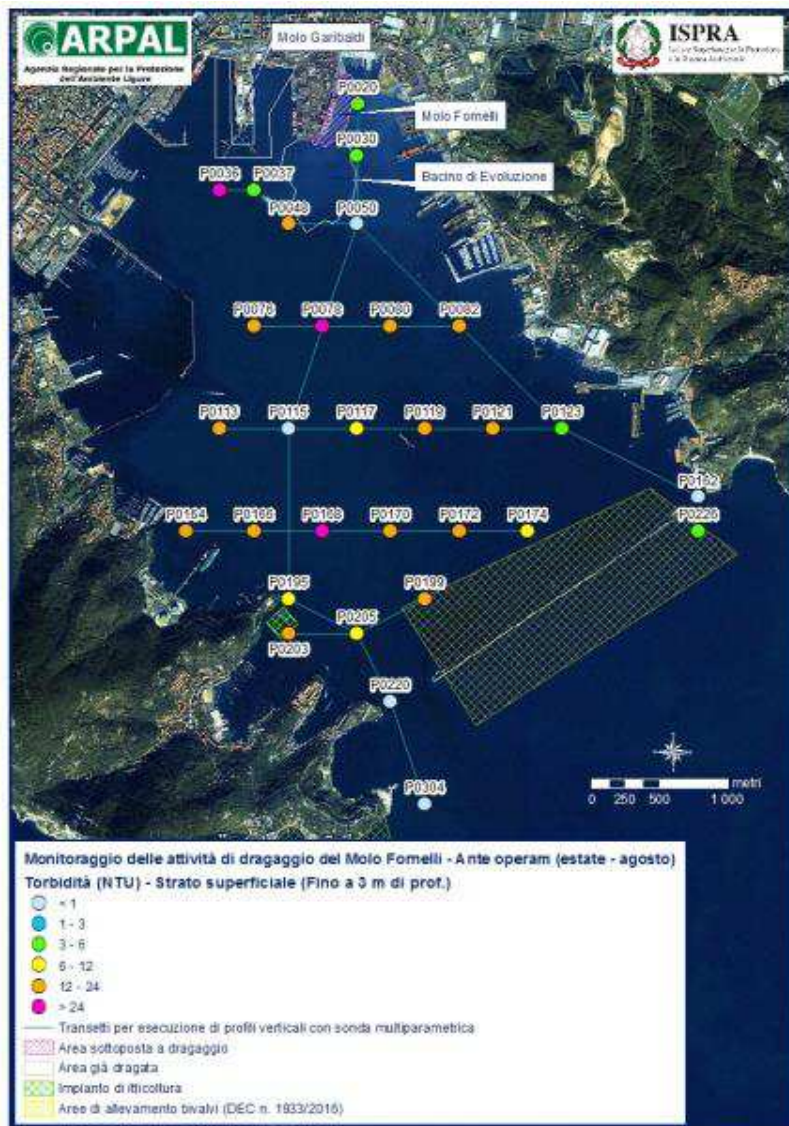


Figura 88 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio *ante operam* (agosto 2016)



Figura 89 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio *ante operam* (agosto 2016)



Figura 90 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio *ante operam* (agosto 2016)



Figura 91 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio *ante operam* (agosto 2016)



Figura 92 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio ante operam (settembre 2015)



Figura 93 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio ante operam (settembre 2015)



Figura 94 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio *ante operam* (settembre 2015)

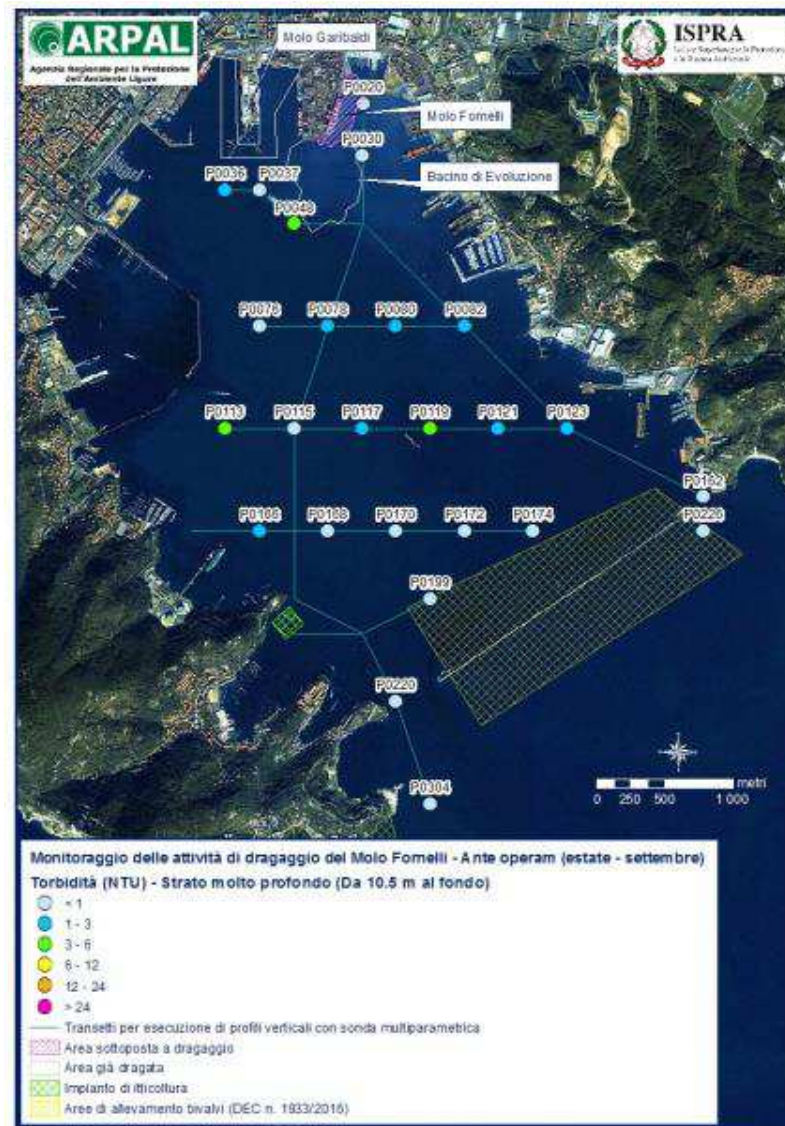


Figura 95 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio *ante operam* (settembre 2015)

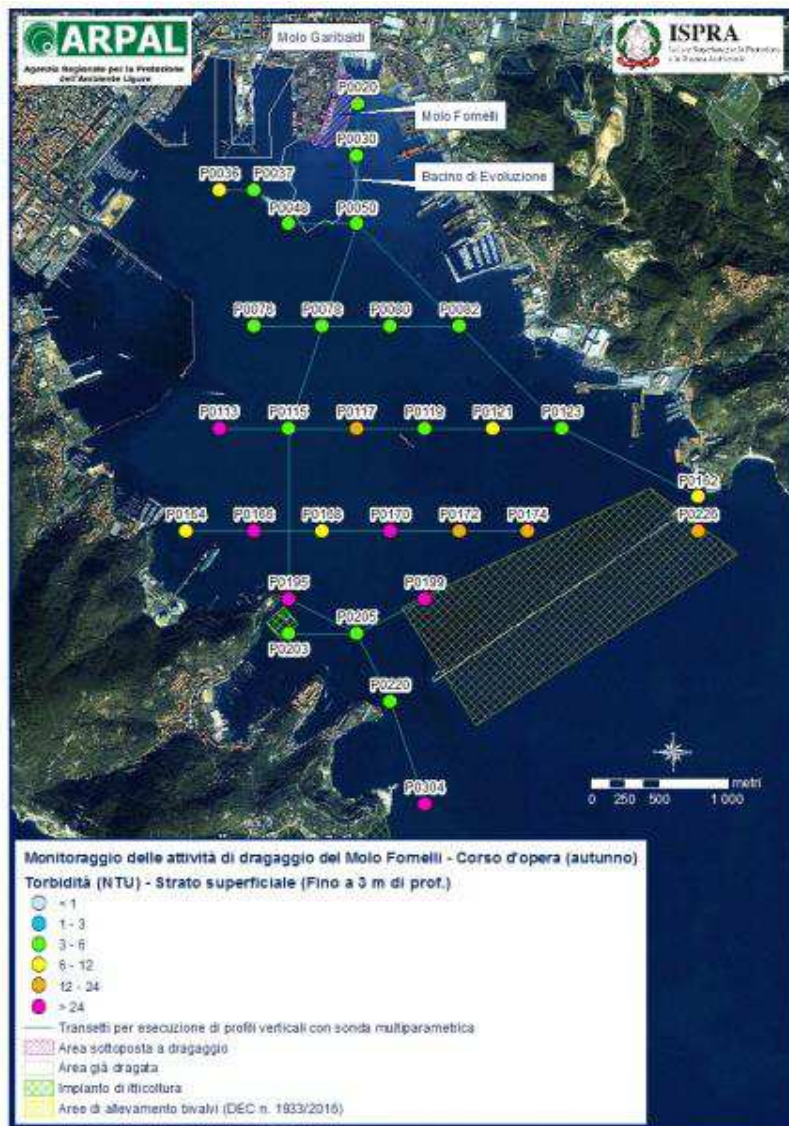


Figura 96 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2015)

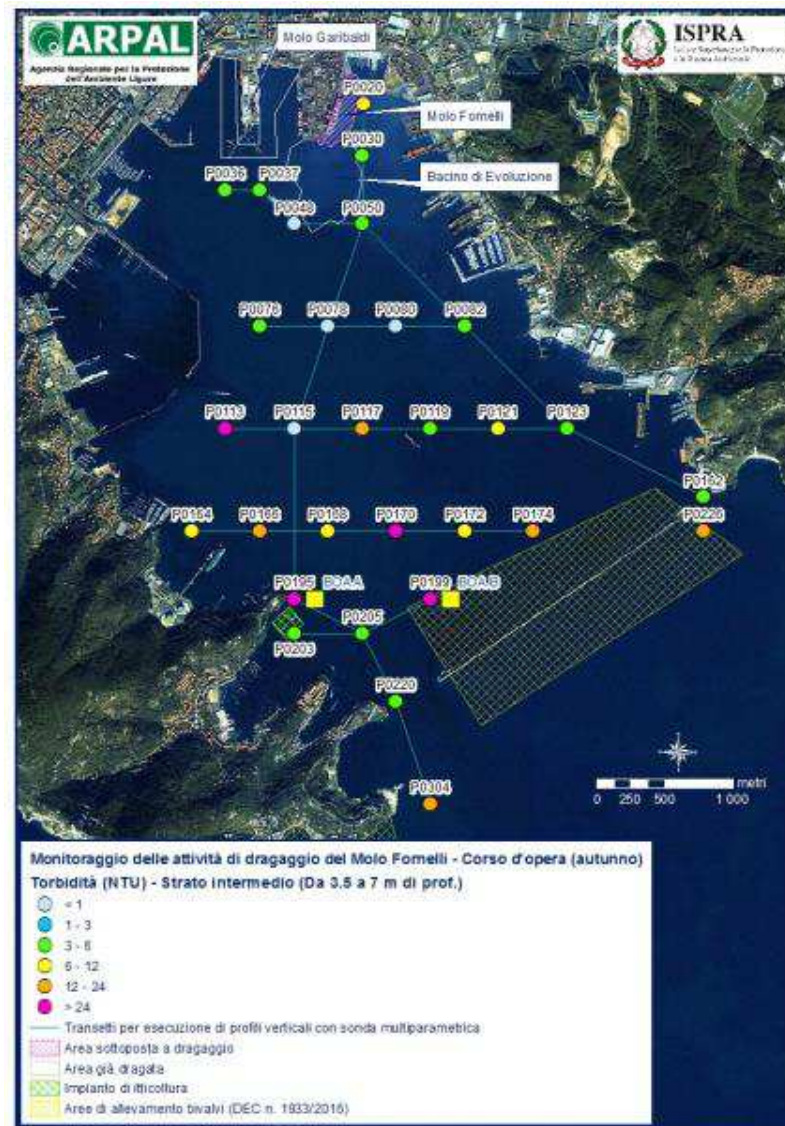


Figura 97 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2015)

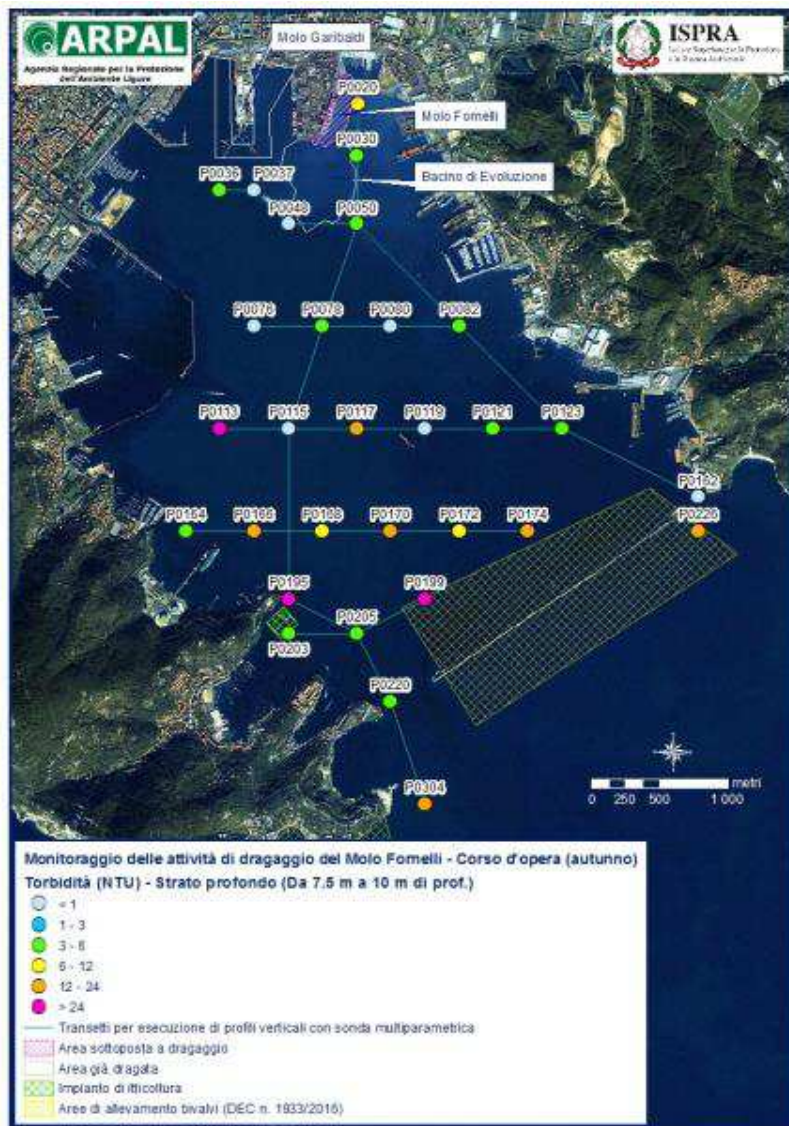


Figura 98 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2015)



Figura 99 - Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (autunno 2015)

Durante la campagna di monitoraggio *ante operam* effettuata nel mese di agosto, in particolare nello strato superficiale, il sensore ha rilevato valori di torbidità generalmente maggiori di 12 NTU ed in alcune stazioni superiori anche a 24 NTU (P0036, P0078, P0168). Tali valori sono però limitati generalmente al primo metro ed, in alcuni casi, metro e mezzo, in quanto negli strati sottostanti i valori di NTU si riducono drasticamente, attestandosi in parecchie stazioni su valori prossimi allo zero. Nello strato intermedio (Figura 89) la stazione P0115 è rappresentata in arancione a causa di un unico valore, pari a 12.5 NTU, rilevato dal sensore solo a 4.5 m, mentre negli strati sovrastanti e sottostanti la torbidità è risultata pressoché nulla. Negli strati profondo e molto profondo i valori di NTU sono risultati invece piuttosto bassi.

L'acquisizione dei dati con le sonde fisse è iniziata il 3 agosto e fino al 25 agosto circa l'85% dei valori di NTU rilevati dai sensori è risultato inferiore ad 1. Solo in due singoli casi le sonde fisse hanno rilevato valori di torbidità superiori a 12 NTU e pari rispettivamente a 15.8 NTU in BOA A il 4 agosto e 48.5 NTU in BOA B il 24 agosto.

Circa il 77% dei valori di torbidità rilevati dai sensori dal 28 agosto al 23 settembre è risultato minore di 1 NTU.

La sonda in BOA A ha rilevato solo in due casi puntuali e isolati due valori maggiori di 12 NTU e cioè 19.7 NTU e 13.2 NTU, rispettivamente il 19 e 22 settembre.

In corrispondenza della BOA B invece sono stati misurati alcuni valori isolati e puntuali maggiori di 24 NTU (fino a 75 NTU) ed, il 23 settembre, prima dell'avvio del dragaggio, una serie di valori elevati (fino a 198 NTU) a dalle ore 12:00 fino alle 20:00, preceduti da 5 valori di torbidità inferiore ad 1 NTU (Figura 100) e seguiti da una lunga serie di valori orari molto bassi e per lo più inferiori a 1 NTU.

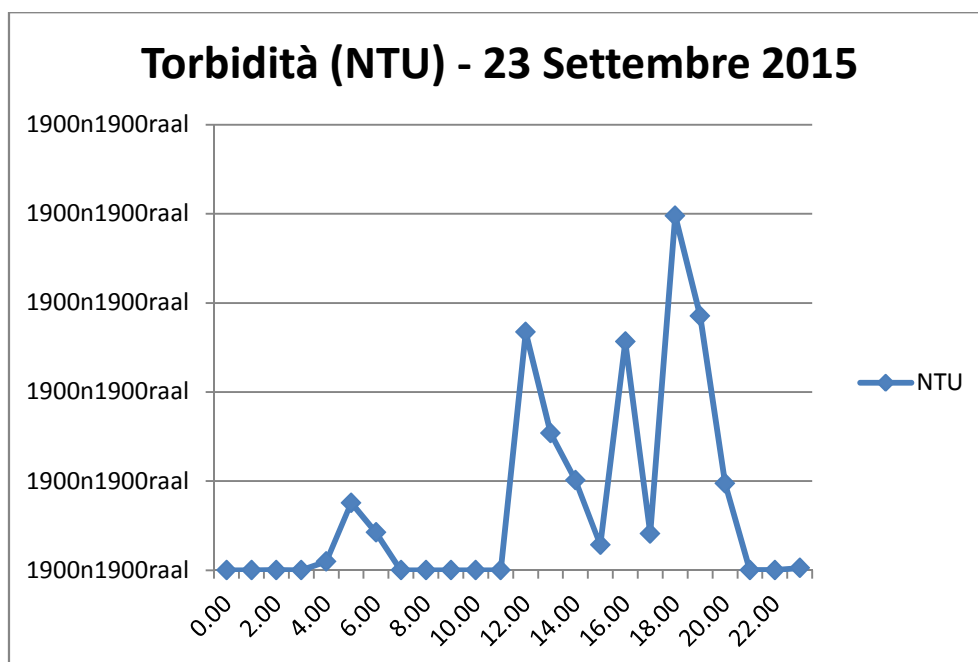


Figura 100 – Andamento della torbidità in BOA B il giorno 23 settembre 2015

Come già specificato, il dragaggio ha avuto inizio il 24 settembre ed è proseguito in maniera continuativa fino al 30 dicembre, coprendo tutta la stagione autunnale e qualche giorno dell'inverno.

Le campagne di monitoraggio sono state effettuate circa ogni due settimane, per un totale di 6 campagne autunnali ed una invernale svolte in corso d'opera. La prima campagna autunnale in corso d'opera è stata effettuata dopo 4 giorni dall'inizio del dragaggio, il 28 settembre, le altre campagne rispettivamente, il 12 e 27 ottobre, il 9 e 23 novembre ed il 16 dicembre. Dalle figure sopra riportate (Figura 96, Figura 97, Figura 98, Figura 99) in cui sono state sintetizzate tutte le campagne autunnali, mettendo in evidenza il più alto valore misurato, si osserva chiaramente come i valori di torbidità nelle stazioni intorno all'area di escavo siano risultati piuttosto bassi durante tutto il periodo considerato. La sola stazione in cui sono stati rilevati valori di NTU maggiori di 6 è la stazione P0020, in cui su tutto il profilo, nella campagna del 16 dicembre, sono stati misurati valori compresi tra 6 e 10 NTU. Valori intorno a 6 NTU sono stati rilevati nella stazione P0036 fino a 3.5 m nella campagna del 23 novembre.

Studiando in dettaglio le singole campagne di monitoraggio, si è osservato che i valori più elevati delle stazioni P0113, P0117, P0166, P0170 sono stati misurati principalmente nella campagna del 9 novembre: in tutte le 4 stazioni i valori superficiali erano pari a circa 25 NTU, mentre i valori rilevati al fondo variavano da un massimo di 19.5 NTU nella stazione P0170 a 12.3 NTU nella stazione P0113. Nella campagna del 16 dicembre, in corrispondenza delle stazioni P0195, P0199 e P0304, sono stati rilevati alti valori di torbidità, con un massimo superficiale di 32.8 nella stazione P0199. Nella stazione P0226 esterna alla diga e prossima agli impianti di mitilicoltura sono stati rilevati valori di NTU piuttosto alti sia nella campagna del 9 novembre (22.2 NTU in superficie e 15.7 NTU sul fondo) che in quella del 16 dicembre (20.2 NTU e 10.5 NTU). Nella stazione P0162, presso l'imboccatura di levante, sono sempre stati acquisiti valori inferiori a 6 NTU. Le due sonde fisse non hanno mai acquisito valori superiori a 12 NTU: il massimo valore rilevato dalla sonda in BOA A è stato 6.1 NTU il 25 ottobre, mentre 8 NTU e 6.2 NTU sono stati rilevati dalla BOA B il 27 e 29 novembre rispettivamente. Si sottolinea che le sonde fisse nei giorni 9 novembre e 16 dicembre, quando con i profili verticali sono stati rilevati valori di NTU anche maggiori di 24 hanno sempre dato risposte di NTU inferiori a 1. I valori misurati nelle stazioni distanti dall'area di escavo ma prossimi al canale di accesso potrebbero far ipotizzare una risospensione dovuta al passaggio di navi nei minuti precedenti l'esecuzione dei profili verticali con la sonda.

I valori di torbidità acquisiti durante l'unica campagna invernale, del 28 dicembre, (Figura 101, Figura 102, Figura 103, Figura 104) sono risultati per la quasi totalità minori di 1 NTU. Fa eccezione il profilo della stazione P0115, ubicata in prossimità del canale di accesso, lungo il quale la torbidità varia da 14.1 NTU in superficie a 10.4 sul fondo. Analoga considerazione può essere fatta per i dati acquisiti dalle sonde fisse. Solo la sonda in BOA A ha rilevato 5 valori puntuali isolati maggiori di 1, con un massimo pari a 19.3 NTU il 23 dicembre alle ore 23:00, tutti preceduti e seguiti da valori inferiori ad 1.

Come riportato nella relazione di ARPAL inerente il monitoraggio condotto nel 2016, per un problema occorso al sensore del parametro torbidità, le misure condotte il 19 gennaio 2016 non sono state validate.



Figura 101 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato superficiale durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2016)



Figura 102 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato intermedio durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2016)



Figura 103 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2016)

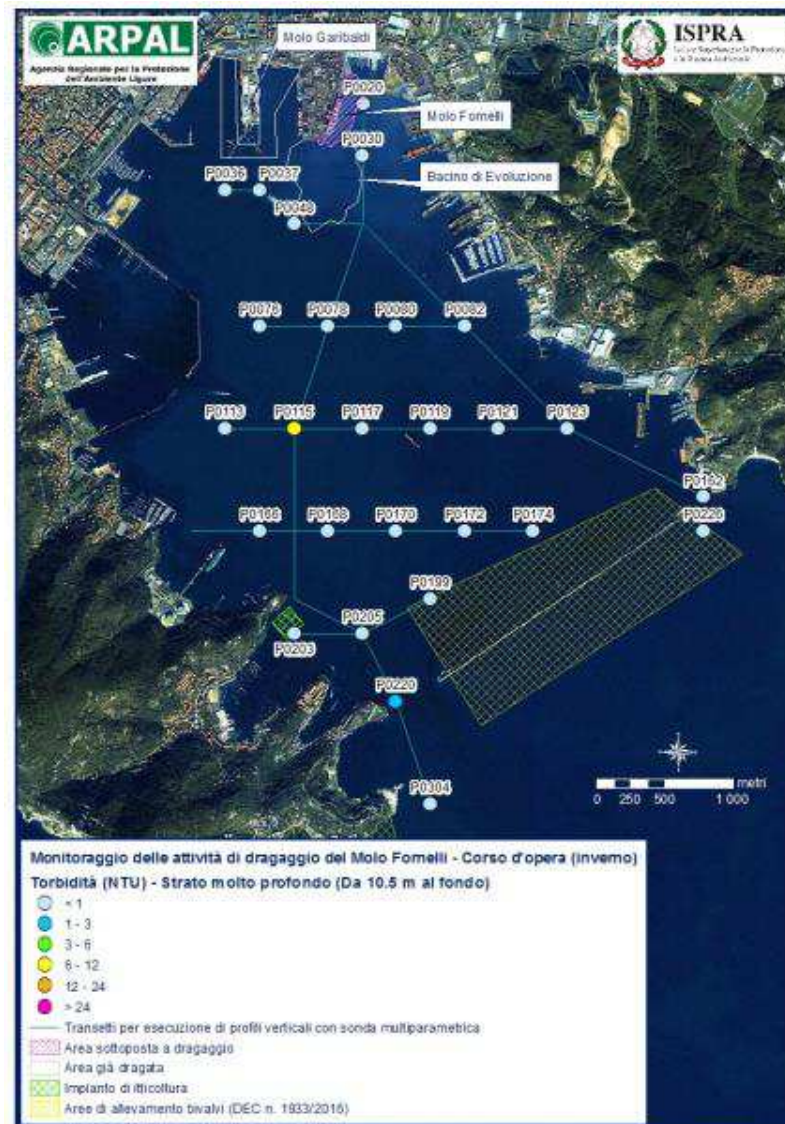


Figura 104 – Torbidità misurata con la sonda multiparametrica nello strato molto profondo durante il monitoraggio in corso d'opera (inverno 2016)

Infine, come già riportato, per tutto il periodo di attività dei fondali del Molo Fornelli sono stati monitorati con continuità i valori dei parametri chimico fisici acquisiti da una sonda multiparametrica fissa, installata in posizione antistante l'area di escavo. La sonda il 6 ottobre 2015, dalle ore 02:00 alle ore 10:00, contestualmente alle operazioni di dragaggio, ha misurato una serie di valori orari di torbidità piuttosto elevati con un massimo pari a 312 NTU alle 7 del mattino, a differenza delle sonde posizionate in BOA A e BOA B che durante il dragaggio non hanno mai acquisito valori significativi di torbidità.

In Tabella 23 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi e metalli misurate durante le campagne di monitoraggio effettuate da agosto 2015 a gennaio 2016.

Tabella 23 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi, metalli ed IPA determinate durante il monitoraggio del dragaggio del Molo Fornelli (agosto 2015 – gennaio 2016)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)	IPA totali (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	8	0.010	0.010	0.0020	0.190	0.430	0.0005
	Massimo	17	0.070	0.010	0.0560	1.710	3.500	0.372
	Media	12	0.028	0.010	0.0092	0.467	1.066	0.038
Campioni profondi	Minimo	8	0.010	0.010	0.002	0.170	0.300	0.005
	Massimo	16	0.080	0.010	0.140	2.500	5.900	0.135
	Media	12	0.036	0.010	0.012	0.474	1.210	0.019

I valori di concentrazione di solidi sospesi anche durante le operazioni di dragaggio dei fondali antistanti il Molo Fornelli si sono mantenuti nella media ed in particolare per i campioni profondi anche inferiori ai valori massimi riscontrati in precedenza. Le concentrazioni di arsenico, sia nel campione superficiale che in quello profondo sono risultate più basse che in passato. Le concentrazioni di mercurio che durante il dragaggio precedente erano risultate un po' più alte sono concordi con quanto misurato durante tutte le altre campagne di monitoraggio pregresse. Per il piombo e lo zinco non si segnalano variazioni significative rispetto ai dati medi.

I grafici di Figura 105 e Figura 106 riportano gli andamenti per i campioni superficiali e profondi, delle concentrazioni di solidi sospesi, metalli ed IPA normalizzate per le 4 stazioni dove è stato effettuato il profilo analitico completo.

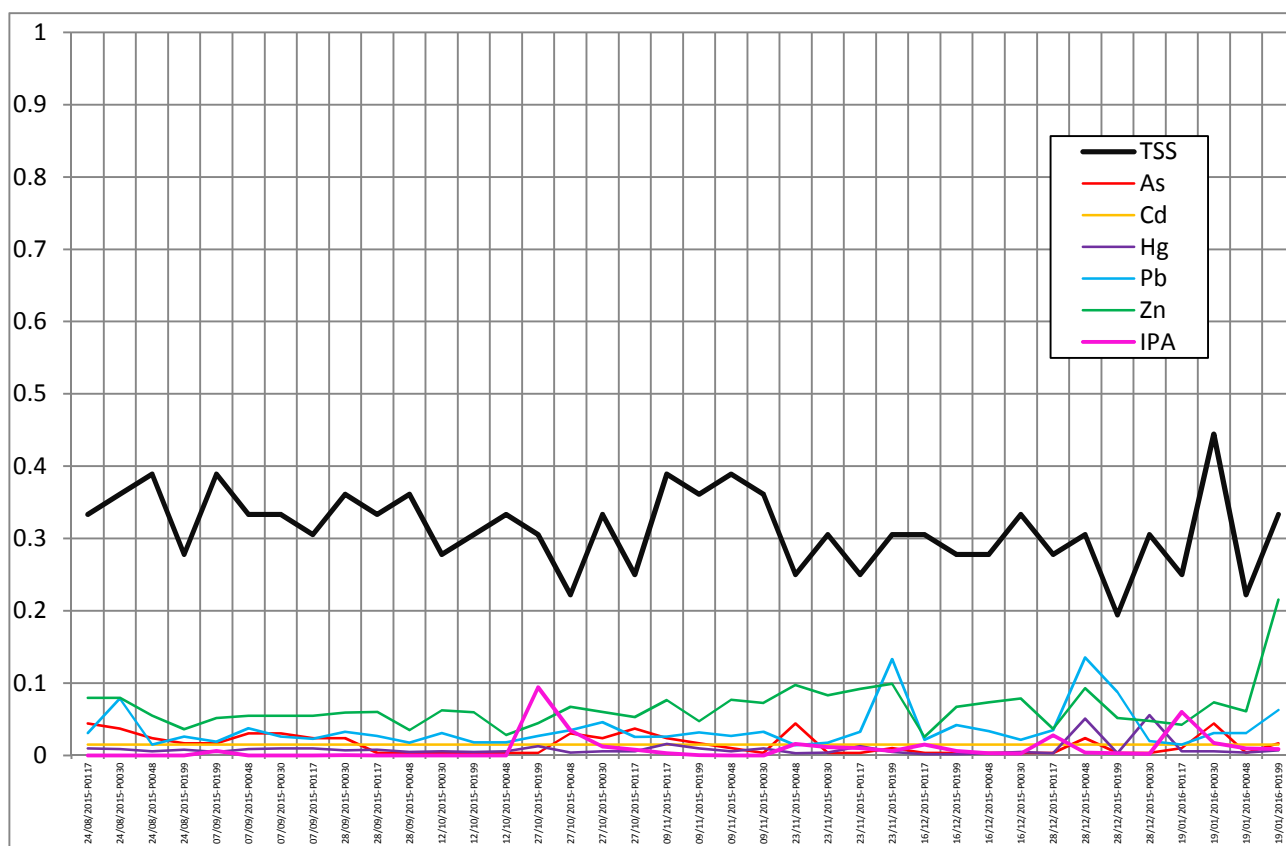


Figura 105 – Concentrazioni normalizzate dei solidi sospesi e dei metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Molo Fornelli Est (da agosto 2015 a gennaio 2016)

Nei campioni superficiali non sono stati evidenziati valori particolarmente elevati di solidi sospesi e ciò trova conferma nel grafico con le concentrazioni normalizzate. Si può evidenziare però che nel campione prelevato nella stazione P0048 durante la campagna del 28 dicembre si è verificato un incremento di quasi tutti i metalli (As, Hg, Pb e Zn), sebbene i solidi sospesi siano rimasti relativamente bassi. Nella stessa campagna si segnala un incremento di mercurio anche nella stazione P0030. Infine nella stazione P0030 durante la campagna *post operam* all'incremento di solidi sospesi corrisponde anche un incremento di arsenico e di zinco.

Come si può osservare dal grafico, è possibile segnalare anche delle variazioni nelle concentrazioni di IPA nelle stazioni P0199 e P0117. Il maggior incremento si è avuto nella stazione P0199 durante la campagna del mese di ottobre, mentre nella P0117, ubicata lungo il canale di accesso, aumenti delle concentrazioni sono stati rilevati nei campioni prelevati nelle tre campagne consecutive di dicembre e gennaio. In nessun caso l'incremento di IPA è associato ad un aumento di solidi sospesi. Si ricorda che la campagna di gennaio è da considerarsi *post operam* in quanto avvenuta dopo il sequestro dell'area di escavo.

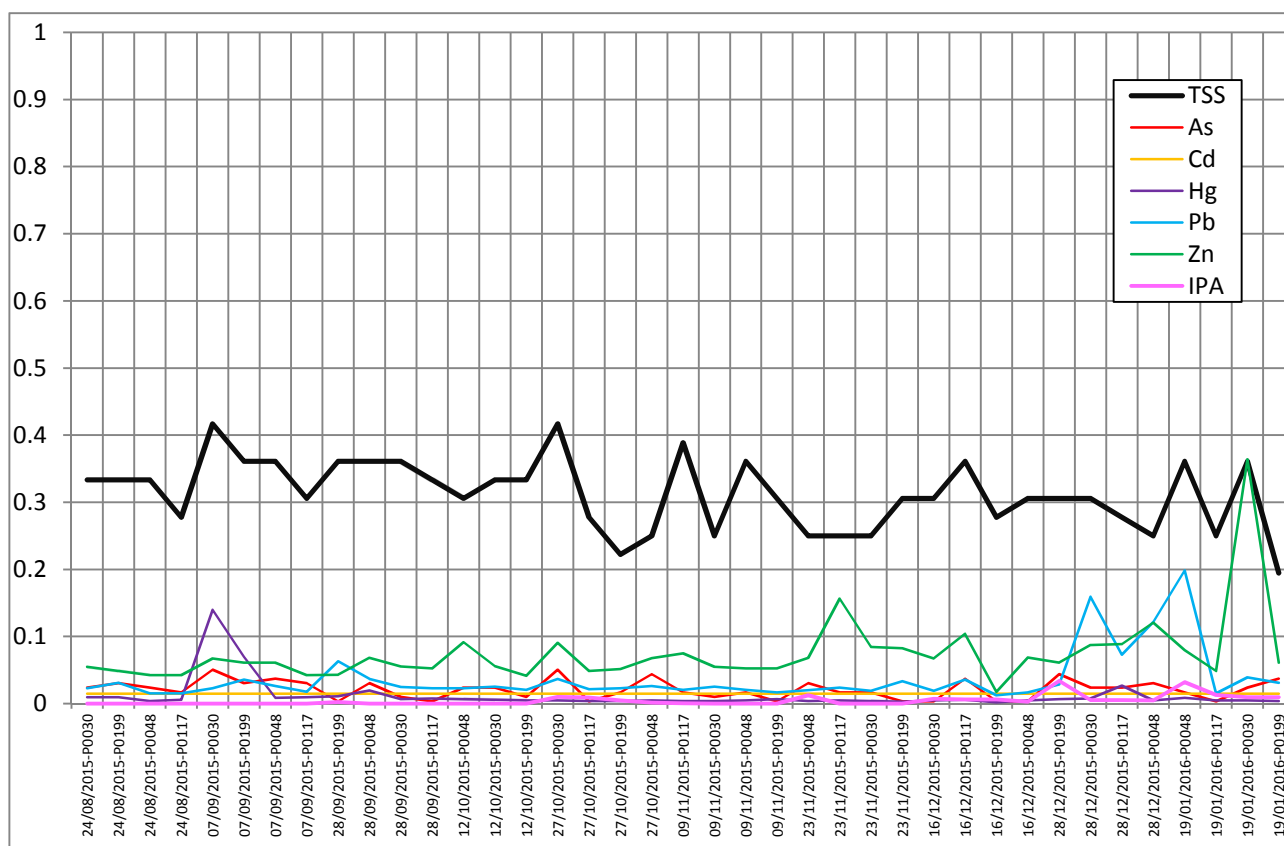


Figura 106 – Concentrazioni normalizzate dei solidi sospesi e dei metalli misurate nei campioni profondi durante le campagne di monitoraggio per il dragaggio dei fondali del Molo Fornelli Est (da agosto 2015 a gennaio 2016)

Per i campioni profondi si può evidenziare che in corrispondenza della stazione P0030 nella campagna *ante operam* di settembre 2015 e nella campagna del 27 ottobre, all'incremento dei solidi sospesi è correlabile anche un aumento di metalli ed in particolare di mercurio, zinco ed arsenico nella prima e zinco, arsenico e piombo nella seconda.

Durante la campagna del mese di dicembre si può mettere in evidenza un aumento di solidi sospesi in corrispondenza della stazione P0117, associato ad una variazione di zinco, arsenico e piombo. Infine nei campioni prelevati durante la campagna *post operam*, sia nella stazione P0048 che nella stazione P0030 si riscontrano valori più elevati rispettivamente di piombo e zinco, in concomitanza ad un aumento di solidi sospesi.

Rispetto ai campioni superficiali le concentrazioni di IPA misurate in profondità si sono mantenute più costanti. Si segnalano solo due incrementi nella stazione P0199 durante la campagna del 28 dicembre e nella stazione P0048 durante la campagna del 19 gennaio, effettuata in assenza di attività di escavo.

In merito agli altri parametri ricercati, le concentrazioni dei parametri microbiologici, nutrienti e TOC sono risultate basse e in linea con i dati precedenti. Si segnala che nella campagna *ante operam* del 24 agosto sono stati determinati valori dei parametri microbiologici maggiori che nelle altre campagne e, in due campioni, maggiori anche rispetto ai limiti per le acque di balneazione (280 UFC/100 ml di Enterococchi nel campione superficiale della stazione P0036 e 530 UFC/100 ml di Escherichia Coli nel campione superficiale della stazione P0117). Tali valori elevati sono con ogni

probabilità da mettere in relazione con gli eventi meteorici occorsi nelle ore precedenti l'esecuzione della campagna, circa 70 mm di precipitazione cumulata, valore significativo per il periodo estivo.

Le concentrazioni di stagno e PCB sono rimaste sempre inferiori al limite di quantificazione, rispettivamente pari a 0.25 µg/l e 0.1 µg/l.

Il vanadio è risultato molto sempre molto basso, con un valore massimo pari a 0.33 µg/l determinato nel campione profondo della stazione P0030 durante la campagna del 27 ottobre.

Monitoraggio stagionale eseguito in assenza di attività di dragaggio (Marzo 2016 - Dicembre 2017)

Come specificato nel paragrafo precedente, le attività di dragaggio sono state sospese all'inizio del 2016, a seguito del sequestro giudiziario dei fondali del Molo Fornelli Est, disposto dal Tribunale della Spezia in data 05/01/2016. A decorrere da tale data non sono state effettuate nuove attività di dragaggio. ARPAL ha comunque continuato ad eseguire campagne di monitoraggio con cadenza stagionale, come previsto dal Piano di Monitoraggio in vigore. Nel presente paragrafo verranno descritti i risultati acquisiti durante le campagne stagionali realizzate nel 2016 e nel 2017, di cui si riporta il dettaglio in Tabella 24.

Tabella 24 – Campagne di monitoraggio stagionali in assenza di attività di dragaggio

CAMPAGNE DI MONITORAGGIO STAGIONALI IN ASSENZA DI DRAGAGGIO		
17/03/2016	Profili Verticali in 30 stazioni	Stagionale INVERNO
18/04/2016	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Stagionale PRIMAVERA
29/08/2016	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Stagionale ESTATE
28/11/2016	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Stagionale AUTUNNO
13/03/2017	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Stagionale INVERNO
21/06/2017	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Stagionale PRIMAVERA
28/08/2017	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Stagionale ESTATE
20/12/2017	Profili Verticali in 30 stazioni + Prelievo campioni acqua in 8 stazioni	Stagionale AUTUNNO

Si precisa che nel mese di marzo 2016 sono stati eseguiti esclusivamente i profili verticali con la sonda multiparametrica.

Come avvenuto per i periodi pregressi, al fine di valutare la presenza di solidi sospesi lungo la colonna d'acqua, le relative concentrazioni sono state rappresentate sotto forma di istogramma, distinguendo i campioni superficiali (Figura 107) dai campioni profondi (Figura 108).

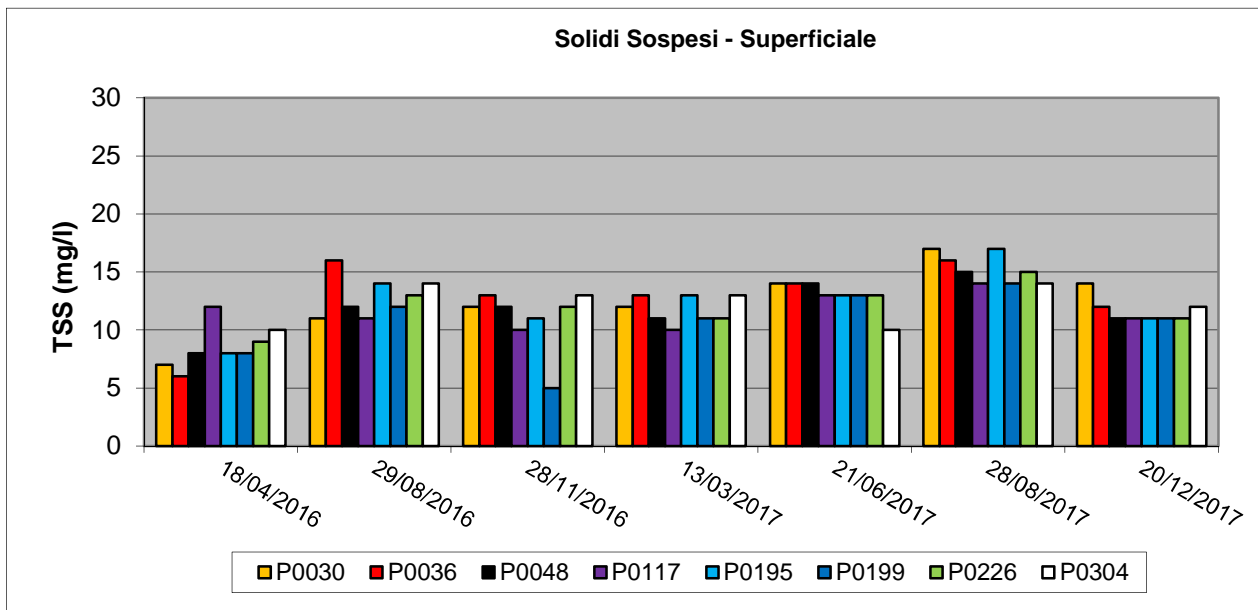


Figura 107 – Concentrazioni di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali durante le campagne stagionali in assenza di dragaggio (da agosto 2016 ad agosto 2017)

Nei campioni superficiali prelevati durante la campagna effettuata nella primavera del 2016 le concentrazioni di solidi sospesi sono risultate piuttosto basse ed inferiori a quanto rilevato nel corso dei monitoraggi pregressi. Le concentrazioni misurate, ad eccezione della stazione P0117, sono infatti risultate comprese tra i 5 ed i 10 mg/l. Valori così bassi non sono mai stati misurati durante i monitoraggi pregressi ad eccezione delle campagne *ante operam* condotte per il dragaggio dei fondali antistanti il Molo Ravano, durante le quali i solidi sospesi determinati erano risultati anche minori di 5 mg/l.

A tal riguardo si fa presente che nel periodo marzo-aprile le precipitazioni sono state pressoché assenti ed i venti sono sempre stati deboli o moderati.

Nelle successive campagne stagionali invece le concentrazioni misurate sono risultate concordi con quanto rilevato nei periodi precedenti ed in particolare durante le attività di dragaggio. Nei campioni superficiali della campagna eseguita ad agosto 2017 infine le concentrazioni sono risultate quasi sempre prossime a 15 mg/l ed anche superiori.

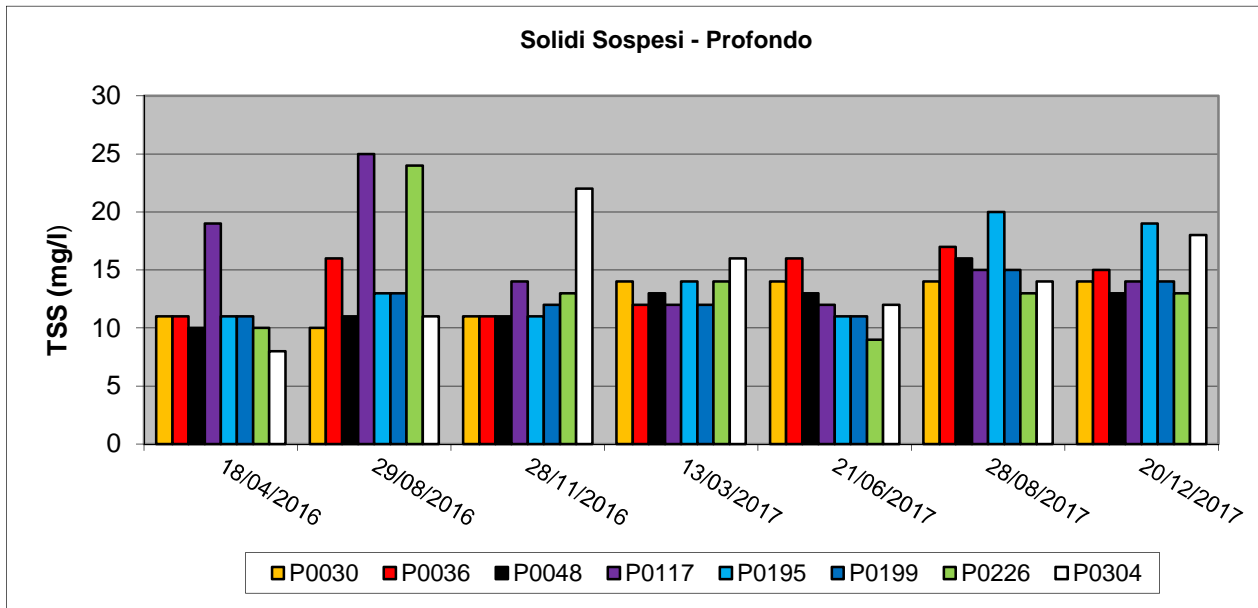


Figura 108 – Concentrazioni dei solidi sospesi misurate nei campioni profondi durante le campagne stagionali in assenza di dragaggio (da agosto 2016 ad agosto 2017)

Nei campioni profondi, come più volte riscontrato in precedenza, le concentrazioni sono risultate più variabili ed anche quelle misurate durante la prima campagna concordi con i valori medi riscontrati in passato. Quanto misurato durante i monitoraggi stagionali, confrontato con i dati pregressi, sia nelle campagne *ante operam* che in corso d'opera, conferma che mediamente le concentrazioni di solidi sospesi rilevate nella colonna d'acqua nella rada sono da considerarsi comprese tra i 10 ed i 15 mg/l. Valori di concentrazione superiori possono pertanto essere associate ad una maggiore presenza di sedimento in sospensione.

Nel periodo in esame sono state determinate in alcune stazioni ed in diverse campagne concentrazioni più elevate, anche oltre i 20 mg/l, in particolare nella stazione P0117 ubicata al centro del golfo, nelle stazioni P0226 e P0304 ubicate esternamente alla diga foranea e nella stazione P0195 prossima all'impianto di ittiocoltura.

I profili verticali effettuati nelle stesse stazioni in cui erano state misurate elevate concentrazioni di solidi sospesi non hanno invece rilevato significativi valori di torbidità. In particolare nella campagna del 18 aprile, le misure effettuate con la sonda multiparametrica in P0117, dove i solidi sospesi erano risultati rispettivamente 12 mg/l in superficie e 19 mg/l sul fondo, sono risultate comprese tra 1 e 2 NTU lungo tutta la colonna d'acqua. Nella stessa campagna i più alti valori di NTU sono stati misurati in P0304 (intorno a 20 NTU lungo tutta la colonna d'acqua), sebbene la concentrazione di solidi sospesi sia risultata inferiore a 10 mg/l, sia nel campione superficiale che in quello profondo.

Anche i valori di torbidità acquisiti durante la campagna del 29 agosto 2016, quando nei campioni profondi delle stazioni P0117 e P0226 erano state misurate concentrazioni di solidi sospesi intorno ai 25 mg/l, sono risultati piuttosto bassi e pari a circa 2 NTU lungo tutta la colonna d'acqua.

Analoghe considerazioni possono essere ripetute per il profilo acquisito in P0304, durante la campagna del 28 novembre 2016, lungo il quale sono stati misurati valori di torbidità compresi tra

2 e 3 NTU ed in P0195 nelle campagne del 28 agosto 2017 e del 20/12/2017 dove la torbidità misurata non ha superato i 4 NTU.

Si segnala infine che il 17 marzo 2017 sono stati eseguiti soltanto i profili verticali con la sonda multiparametrica e che i valori di torbidità sono risultati omogenei (intorno a 3 NTU) in tutta la rada, con la sola eccezione della stazione P0030 in cui sono stati misurati valori crescenti da 65 e 90 NTU dagli 8 m di profondità fino al fondo. Contestualmente all'esecuzione delle misure era stata osservata una estesa chiazza torbida, presumibilmente determinata dalla risospensione dei sedimenti per effetto di un precedente transito navale.

La maggior parte delle misure di torbidità acquisite dalla sonda in BOA A è risultata inferiore a 1 NTU. Fanno eccezione i valori acquisiti nelle giornate del 19 e 20 marzo (Figura 109). Durante tali giornate sono stati misurati valori piuttosto elevati, fino ad un massimo di 500 NTU, alternati a valori molto bassi.

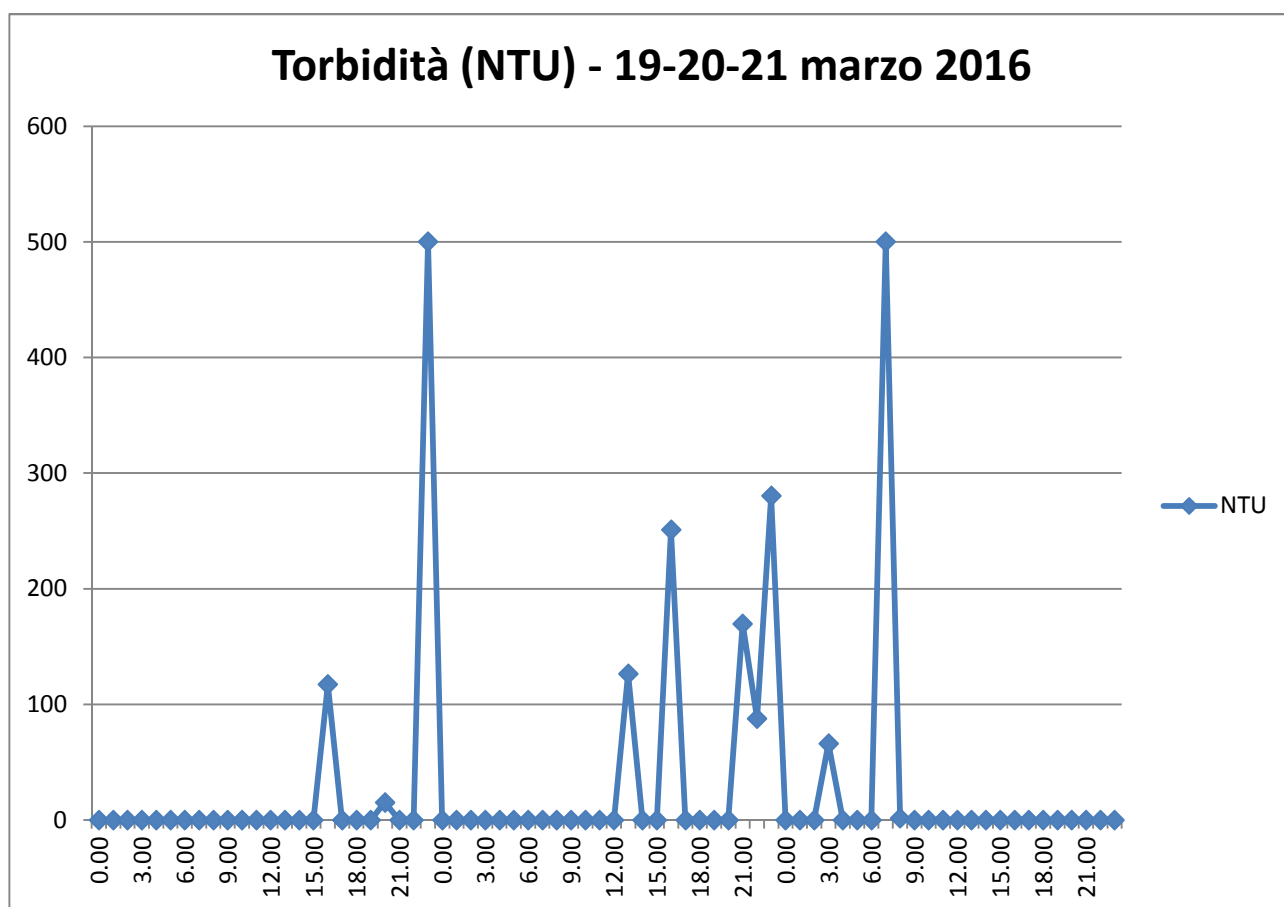


Figura 109 – Andamento della torbidità in BOA A il 19-20-21 marzo 2016

Dall'osservazione del grafico, in cui è molto evidente l'alternanza delle misure, si può facilmente ipotizzare che tali misure non siano da attribuire alla presenza di solidi in sospensione ma siano legate ad eventuali perturbazioni temporanee o addirittura ad un cattivo funzionamento del sensore di torbidità. A sostegno di ciò si precisa che nello stesso periodo le misure acquisite dalla sonda in BOA B sono risultate comprese tra 1 e 3 NTU con l'eccezione di un solo valore poco più alto, acquisito il 2 marzo, pari a 10.7 NTU.

Durante la campagna di monitoraggio stagionale primaverile, eseguita il 18 aprile 2016, i valori di torbidità rilevati sono risultati piuttosto bassi, ad eccezione delle stazioni prossime all'imboccatura di ponente (P0203, P0205 e P0304), dove sono stati misurati valori compresi tra 12 e 25 NTU, su tutto il profilo. In particolare nella stazione P0203 la torbidità variava da 19.1 NTU in superficie a 16.7 NTU a 10.5 m, nella stazione P0205 da 18.1 NTU in superficie a 15.7 NTU a 12 m e nella stazione P0304, esterna alla diga, da 25.2 NTU in superficie a 16.5 NTU a 13.5 m. Nella stazione P0174, interna e posizionata più a levante la torbidità rilevata era risultata pari a 15 NTU in superficie con una diminuzione graduale fino a 9.3 NTU a 12 m.

Nel periodo primaverile i valori rilevati dalla sonda in BOA A sono risultati per lo più minori di 1 NTU. Come avvenuto nel periodo precedente in alcuni giorni la sonda ha però acquisito isolati valori elevati, di cui si riportano i grafici in Figura 110, Figura 111 e Figura 112. In tutte queste circostanze è però evidente la fluttuazione da un'ora alla successiva delle misure di torbidità che potrebbero essere state determinate da interferenze di varia natura.

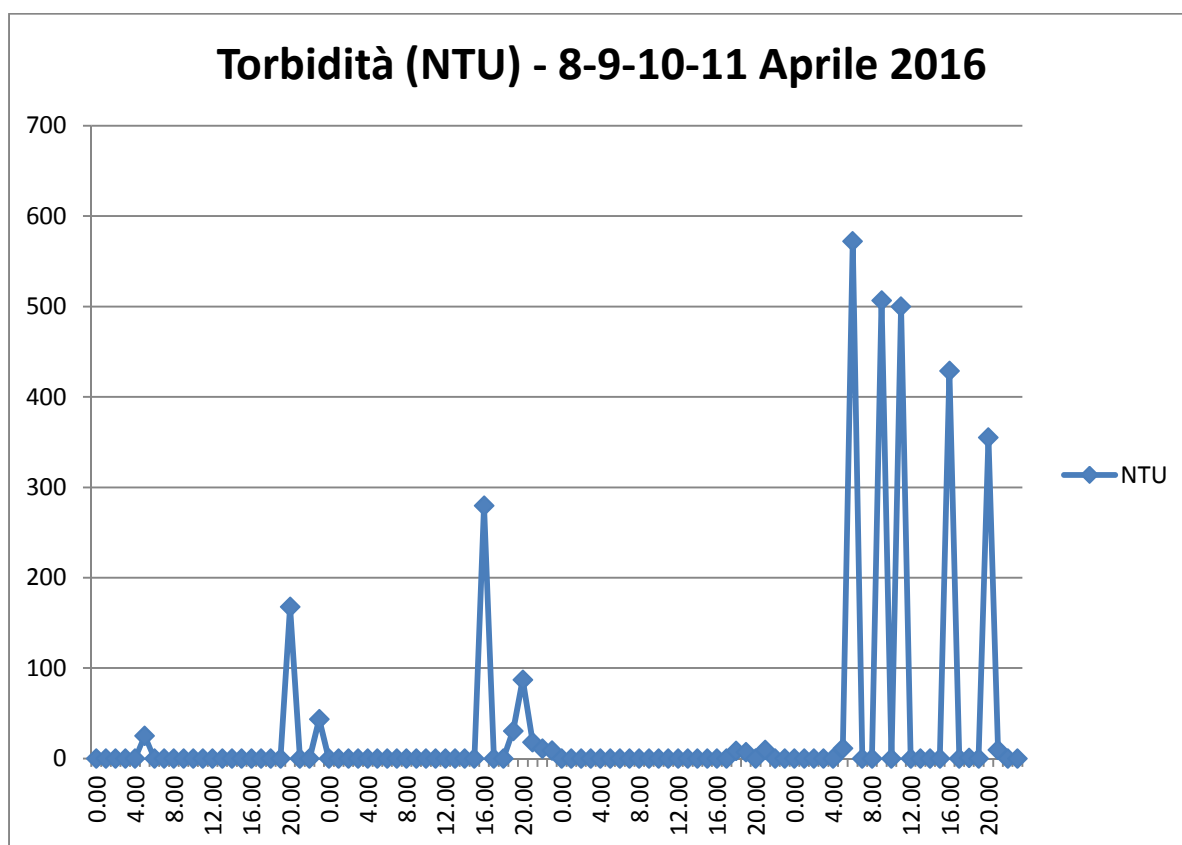


Figura 110 – Andamento della torbidità in BOA A nei giorni 8-9-10-11 aprile 2016

I valori di torbidità misurati in BOA B sono risultati per lo più inferiori ad 1 NTU ed in alcuni casi compresi tra 1 e 3 NTU. I restanti dati acquisiti corrispondono a valori più alti, inferiori a 100 NTU e sempre isolati. L'unico dato maggiore di 100 NTU è stato rilevato il 28 aprile, da considerarsi trascurabile in quanto nelle ore precedenti e successive i dati di torbidità sono sempre stati inferiori a 1 NTU.

Si fa infine presente che per tutto il 2016, anche in assenza di dragaggio, è stato garantito il funzionamento e l'acquisizione dati dalla sonda multiparametrica posizionata presso il Molo Fornelli. In particolare si segnala che il 6 settembre 2016, in assenza di condizioni meteo avverse, dalle ore 02:00 alle ore 12:00 circa è stata acquisita una serie di valori di torbidità elevati con un valore massimo di 767 NTU alle ore 11:30 circa. Si è verificato che dalle 05:00 alle 08:30 della stessa giornata, in prossimità della sonda, si è avuto il transito di 4 navi di cui 2 passeggeri e 2 portacontainer. Le due sonde fisse posizionate in BOA A e in BOA B non hanno evidenziato nelle stesse ore valori elevati di torbidità.

Si precisa infine che le sonde fisse hanno funzionato fino alla fine del 2016 e che successivamente sono state rimosse. Pertanto da inizio 2017 il monitoraggio è proseguito con l'attuazione delle sole campagne stagionali.

In Tabella 25 si riportano i valori massimi, minimi e medi delle concentrazioni di solidi sospesi, metalli ed IPA misurate durante le campagne di monitoraggio stagionali effettuate da aprile 2016 a dicembre 2017.

Tabella 25 - Concentrazioni minime, massime e medie di solidi sospesi, metalli ed IPA calcolate durante le campagne di monitoraggio stagionali (da aprile 2016 a dicembre 2017)

	Parametro	Solidi sospesi (mg/l)	Arsenico (µg/l)	Cadmio (µg/l)	Mercurio (µg/l)	Piombo (µg/l)	Zinco (µg/l)	IPA totali (µg/l)
Campioni superficiali	Minimo	5	0.010	0.010	0.0005	0.010	0.125	0.001
	Massimo	17	0.080	0.010	0.017	4.500	4.600	0.241
	Media	12	0.027	0.010	0.006	0.634	1.324	0.020
Campioni profondi	Minimo	10	0.010	0.010	0.0005	0.010	0.125	0.001
	Massimo	25	0.100	0.010	1.0000	7.000	2.340	0.197
	Media	13	0.033	0.010	0.043	0.644	0.871	0.021

I valori medi di concentrazione dei solidi sospesi misurati nel corso dei due anni di monitoraggio stagionale sono confrontabili con quelli misurati nel corso dei dragaggi effettuati dal 2013 alla fine del 2015. Si segnalano però maggiori variazioni dei valori minimi e massimi: in particolare è stato misurato un minimo pari 5 mg/l in prossimità della superficie ed un massimo di 25 mg/l in profondità.

Le concentrazioni degli altri parametri sono risultate in generale inferiori o confrontabili rispetto a quelle misurate durante il dragaggio dei fondali del Molo Fornelli.

Alcune determinazioni puntuali di mercurio ed IPA hanno invece evidenziato valori di concentrazione più elevati, sia rispetto ai valori medi, che rispetto ai valori di SQA. In particolare nel campione profondo della stazione P0030, durante la campagna del 29 agosto 2016, è stata determinata una concentrazione di mercurio pari a 1.0 µg/l. Tale valore non era mai stato misurato nel corso di tutte le campagne di monitoraggio.

Per quanto riguarda gli IPA, sia nel campione profondo che in quello superficiale della stazione P0030, durante la campagna del 20 dicembre 2017, sono stati misurati valori di concentrazione intorno a 0.2 µg/l, confrontabili con i valori più elevati determinati durante il dragaggio dei fondali del Molo Garibaldi. Nel corso della stessa campagna anche nel campione profondo di P0117 è stato determinato un valore di IPA non trascurabile e pari a 0.12 µg/l.

Di seguito si riportano i grafici rappresentativi dell'andamento delle concentrazioni normalizzate dei solidi sospesi e dei metalli nei campioni superficiali (Figura 113) e profondi (Figura 114) delle stazioni dove è stato effettuato il profilo analitico completo.

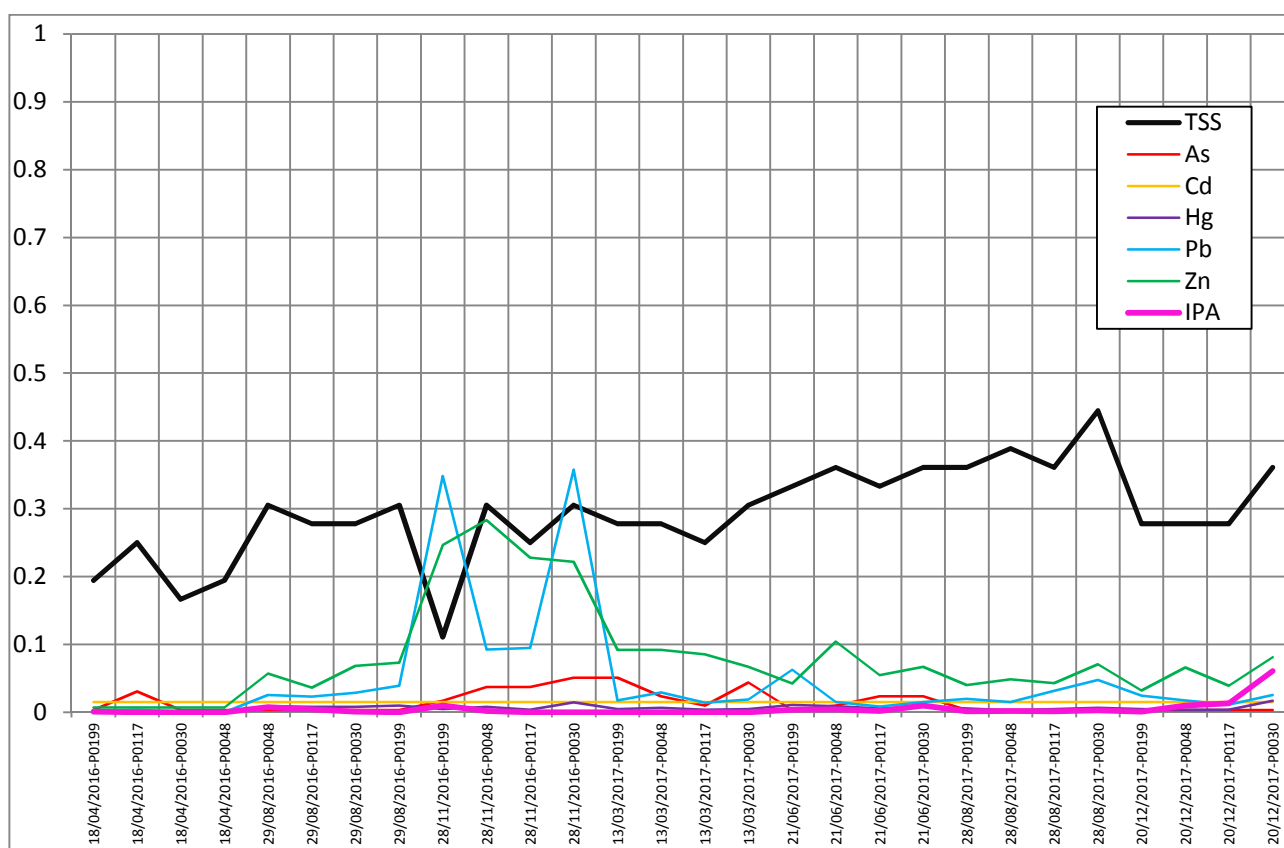


Figura 113 – Concentrazioni normalizzate dei solidi sospesi e dei metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne stagionali (da aprile 2016 a dicembre 2017)

Dal grafico risulta abbastanza evidente un incremento di zinco in tutti i campioni superficiali prelevati durante la campagna del 28 novembre 2016. Si notano anche in corrispondenza di P0030 e P0199 variazioni significative del piombo, sebbene in P0199 i solidi sospesi si siano mantenuti molto bassi e pari a 5 mg/l. La presenza dei metalli in soluzione sembrerebbe non essere associata a particelle di sedimento in sospensione. Si segnala inoltre un, seppur molto ridotto, incremento di arsenico a partire dalla campagna di novembre 2016 che trova conferma anche nei campioni profondi, ad eccezione di quello prelevato in P0117.

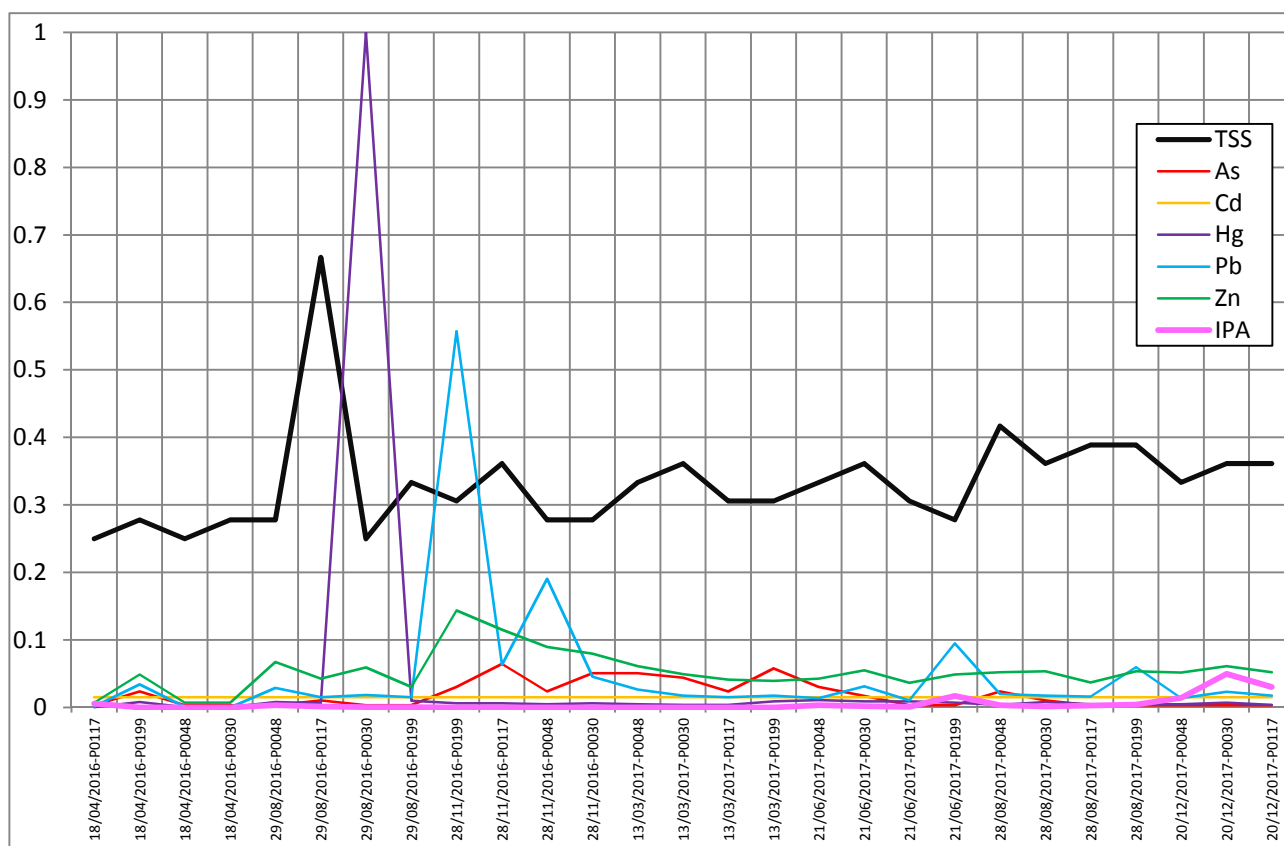


Figura 114 – Concentrazioni normalizzate dei solidi sospesi e dei metalli misurate nei campioni superficiali durante le campagne stagionali (da aprile 2016 a dicembre 2017)

In generale l'andamento dei parametri in profondità appare più variabile rispetto a quanto osservato in superficie. L'incremento di piombo messo in evidenza nei campioni superficiali di P0048 e P0199, prelevati durante la campagna del 28 novembre 2016, trova conferma anche nei campioni profondi. Anche in questo caso la presenza del piombo non sembrerebbe legata ai solidi in sospensione ma dovuta al metallo disciolto in acqua. Analogamente l'incremento di mercurio misurato in P0030 appare come valore isolato non associato ad un incremento di TSS.

Monitoraggio del comparto biotico: prove di bioaccumulo effettuate sui mitili prelevati dagli impianti (2003 – 2010)

Le attività di monitoraggio del comparto biotico sono state affidate ad ISPRA dal 2003 al 2010 e sono state articolate secondo quanto riportato nello schema attuativo del 2008 (Allegato 1). Per l'esecuzione delle analisi previste sul comparto biotico, l'ISPRA si è avvalso della collaborazione dell'Istituto Superiore di Sanità e dell'Università di Siena (Dipartimento di Scienze Ambientali "G. Sarfatti").

Successivamente, come già precisato, il monitoraggio del comparto biotico, è stato rimodulato con l'esclusione dei saggi ecotossicologici sulla colonna d'acqua, delle prove di bioaccumulo ed i test sui biomarkers sui pesci degli impianti di ittiocoltura ed i transetti ROV per l'analisi qualitativa delle biocenosi sensibili esterne alla Rada.

Per la lettura e discussione dei risultati del monitoraggio condotto da ISPRA si rimanda alle relazioni prodotte nell'ambito delle relative convenzioni.

Ai fini del presente documento, il cui obiettivo è quello di descrivere la qualità ambientale del Golfo della Spezia ed individuare eventuali specifici trend dei parametri analizzati, si ritiene utile comunque riportare una sintesi di quanto già ampiamente descritto nelle relazioni redatte da ISPRA, relativamente ai risultati delle prove di bioaccumulo eseguite sui mitili degli impianti interni ed esterni alla Rada, che sono state di competenza ISPRA fino al 2010 e successivamente di ARPAL, ASL e IZS nell'ambito del Piano di Sorveglianza Sanitaria.

Per l'esecuzione delle prove di bioaccumulo sui mitili degli impianti sono state individuate 4 stazioni, di cui 2 interne alla diga foranea (stazione P0176 in corrispondenza dell'imboccatura di levante e stazione P0200 in corrispondenza dell'imboccatura di ponente), 1 stazione esterna alla diga presso l'imboccatura di levante (P0226) ed una stazione composta da organismi prelevati dagli impianti di Porto Venere, Palmaria e Seno del Terrizzo (P0347).

A partire dal 2003, sono state effettuate 7 campagne di monitoraggio ante operam: 3 campagne nel 2003, nei mesi di giugno, luglio e dicembre, 1 campagna nel dicembre 2006, 3 campagne nel 2007, nei mesi di marzo, giugno e luglio. L'esecuzione di diverse campagne di bianco è stata determinata dalle continue proroghe dell'inizio delle attività di escavo. Pertanto, al fine di avere dati aggiornati e soprattutto il quadro ambientale al "tempo zero", ovvero immediatamente prima dell'inizio delle attività, è stato necessario ripetere le campagne di bianco fino all'effettivo inizio del dragaggio. L'ultima campagna di bianco è stata condotta nel mese di luglio, data fissata come inizio delle operazioni di escavo. Nonostante il dragaggio fosse stato nuovamente posticipato, non si è ritenuto necessario effettuare ulteriori analisi, avendo già comunque acquisito dati sufficienti ad identificare le condizioni ambientali al "tempo zero". A decorrere dal mese di novembre 2007, data di inizio ufficiale delle attività di escavo, fino a marzo 2010, sono state condotte 8 campagne di monitoraggio, più o meno contestuali alle attività di monitoraggio eseguite dal ARPAL.

In Tabella 26 si riportano per ciascuna stazione di prelievo i risultati delle prove di bioaccumulo, riferite al peso secco, condotte da ISPRA, in collaborazione con l'Istituto Superiore di Sanità. Si precisa che le concentrazioni dei metalli e degli idrocarburi pesanti sono espresse in mg/kg p.s., mentre quelle di IPA, PCB ed organostannici in ng/g p.s.. Come si può osservare dalla tabella, la ricerca di stagno, cobalto ed idrocarburi pesanti è stata effettuata soltanto nelle prime tre

campagne di bianco. Poiché per tali parametri sono stati rilevati valori estremamente bassi si è deciso di non proseguire la ricerca di tali parametri nelle successive campagne di monitoraggio. Per ciascun parametro sono stati evidenziati in rosso i valori di massimi concentrazione rilevati. Si ricorda che le prime sette campagne, da giugno 2003 a luglio 2007, sono state condotte prima dell'inizio delle attività di dragaggio.

Tabella 26 - Risultati analitici delle prove di bioaccumulo eseguite da ISPRA sui campioni di mitili prelevati dal 2003 al 2010 (*mg/kg p.s., **ng/g p.s.).

Stazione P0176	As*	Cd*	Hg*	Pb*	Zn*	V*	PCB**	IPA**	TBT**	Sn*	Co*	IC>12*
17/06/2003	9.6	0.4	0.1	2.7	111	<0.3	162	60	58	<0.4	0.3	170
22/07/2003	14	0.4	0.1	3	127	<0.3	108	58	25	<0.4	0.3	160
02/12/2003	16	0.6	0.2	7.7	148	<0.3	101	143	25	<0.4	0.8	160
19/12/2006	20.5	0.8	0.2	14	241	<0.3	96	164	568			
12/03/2007	24.6	0.5	0.2	24	216	<0.3	108	75	532			
06/06/2007	4.2	0.2	0.2	4.8	121	0.43	69	59	222			
09/07/2007	3	1	0.1	11	125	0.61	74	143	257			
22/11/2007	3.6	0.5	0.1	4.8	159	<0.3	124	194	213			
10/01/2008	3.6	0.8	0.1	6	205	<0.3	72	265	875			
14/02/2008	12.9	0.7	0.3	5.4	113	2.86	43	183	227			
08/10/2008	12.9	0.3	0.1	5.5	113	2.86	128	81	147			
03/03/2009	11.7	0.6	0.2	7	108	5.4	147	132	185			
29/09/2009	3.08	0.6	0.1	4.8	139.1	<0.3	118.4	50.2	125			
10/11/2009	3.9	0.4	0.1	6.4	198.4	<0.3	120.4	73.3	225			
24/03/2010	10.9	0.4	0.2	5.6	98.8	<0.3	117.85	180	277			
Stazione P0200	As*	Cd*	Hg*	Pb*	Zn*	V*	PCB**	IPA**	TBT**	Sn*	Co*	IC>12*
17/06/2003	9.5	0.26	0.07	1.79	83	<0.3	177	92	25	<0.4	0.26	190
22/07/2003	16.8	0.43	0.09	2.28	150	<0.3	140	57	16	1.11	0.55	150
02/12/2003	19.1	0.66	0.18	5.37	130	<0.3	42	131	16	<0.4	0.69	150
19/12/2006	19.5	0.58	0.18	8.5	180	<0.3	116	165	552			
12/03/2007	27.5	0.38	0.16	11.3	203	<0.3	152	93	574			
06/06/2007	3.7	0.11	0.09	5.3	127	3.45	89	55	314			
09/07/2007	2.9	0.56	0.05	8	130	3.75	126	50	188			
22/11/2007	3.1	0.46	0.05	6.5	122	<0.3	130	199	319			
10/01/2008	2.34	0.37	0.06	7.6	130	<0.3	100	253	594			
14/02/2008	12.8	0.73	0.15	3.3	119	1.6	85	233	429			
08/10/2008	12.8	0.23	0.14	3.3	119	1.6	144	86	96			
03/03/2009	15.1	0.6	0.19	4.9	138	4.4	116	104	160			
29/09/2009	3.25	0.42	0.05	6	128.02	<0.3	143.7	78	153			
10/11/2009	2.08	0.28	0.06	8	134.12	<0.3	197.5	118.2	131			
24/03/2010	10.61	0.46	0.14	3.57	77.51	<0.3	118.55	187	258			

Stazione P0226	As*	Cd*	Hg*	Pb*	Zn*	V*	PCB**	IPA**	TBT**	Sn*	Co*	IC>12*
17/06/2003	14.6	0.5	0.1	2.4	109	<0.3	59	38	210	<0.4	0.4	120
22/07/2003	17.8	0.4	0.1	2.6	133	<0.3	88	103	5	<0.4	0.6	30
02/12/2003	17	0.8	0.2	6.2	133	<0.3	48	98	94	<0.4	1.4	70
19/12/2006	22.4	0.5	0.1	13	175	<0.3	62	123	166			
12/03/2007	26.5	0.2	0.1	8.6	134	<0.3	124	44	209			
06/06/2007	1.7	0.2	0.1	8.7	190	4.25	49	44	71			
09/07/2007	1.8	0.7	0.1	6.8	177	3.98	67	80	792			
28/11/2007	2	0.3	0.1	5.8	149	<0.3	32	249	594			
10/01/2008	1.6	0.4	0.1	5.2	159	<0.3	38	253	305			
14/02/2008	15.8	0.6	0.2	3.8	95	2.9	28.7	154	117			
08/10/2008	15.2	0.2	0.1	3.8	95	2.9	91	81	107			
03/03/2009	16.2	0.5	0.2	4	83	3.9	89	115	107			
29/09/2009	2.15	0.4	0	5.4	138.3	<0.3	83.9	63.6	66			
10/11/2009	1.79	0.4	0.1	4.2	138.1	<0.3	108.6	87.9	102			
24/03/2010	10.78	0.5	0.1	1.8	80.26	<0.3	38.8	79	92			
Stazione P0347	As*	Cd*	Hg*	Pb*	Zn*	V*	PCB**	IPA**	TBT**	Sn*	Co*	IC>12*
17/06/2003	15.9	0.45	0.1	2.79	117	<0.3	136	23	9	<0.4	0.33	110
22/07/2003	17.2	0.65	0.1	3.6	168	<0.3	91	63	31	<0.4	0.55	110
02/12/2003	20.3	0.64	0.13	8.33	117	<0.3	49	132	31	<0.4	0.85	110
19/12/2006	23.8	0.74	0.16	14	178	<0.3	118	152	280			
12/03/2007	30.1	0.58	0.14	10.2	187	<0.3	94	62	281			
06/06/2007	2.6	0.24	0.06	10.4	155	<0.3	68	52	149			
09/07/2007	2.1	0.58	0.05	8.3	143	0.29	73	85	212			
28/11/2007	2.7	0.52	0.06	7.9	164	<0.3	66	161	185			
10/01/2008	2.1	0.46	0.07	7.2	174	<0.3	75	256	369			
14/02/2008	5.2	0.74	0.2	3.6	109	2.5	46	160	195			
08/10/2008	5.2	0.39	0.11	3.6	109	2.5	143	72	132			
03/03/2009	12.7	0.49	0.19	11.8	81	10.1	92	121	122			
29/09/2009	2.6	0.4	0.05	7.2	143.4	<0.3	122.2	68.8	79			
10/11/2009	2	0.45	0.07	6.2	163.2	<0.3	156.6	103.3	159			
09/03/2010	19.39	0.43	0.17	3.81	106.01	<0.3	75.53	170	127			

Durante il monitoraggio condotto da ISPRA non sono state rilevate concentrazioni dei parametri monitorati meritevoli di particolari attenzioni, infatti i valori misurati sono rimasti sempre molto simili, con variazioni attribuibili alle normali oscillazioni stagionali e fisiologiche degli organismi. Tra le misure effettuate durante le campagne di bianco e quelle in concomitanza con le attività di escavo non sono state rilevate evidenti differenze, a testimonianza che le attività di dragaggio effettuate non hanno avuto effetti rilevanti sul trasferimento in colonna d'acqua di eventuali contaminanti associati al sedimento e di conseguenza sul bioaccumulo da parte degli organismi monitorati. In particolare si è osservato come i valori più alti di concentrazione per molti parametri siano stati misurati nei campioni prelevati nelle fasi *ante operam* (As, Cd, Pb, Zn e PCB), mentre per Hg e V i valori massimi sono stati riscontrati generalmente nei campioni prelevati nei mesi di febbraio 2008 e marzo 2009 e per IPA e TBT a gennaio 2008. Si ribadisce comunque che, pur

trattandosi di valori più alti, le concentrazioni sono sempre state paragonabili a quelle rilevate durante le campagne *ante operam*.

Facendo un confronto tra le singole stazioni, si è osservato che la stazione P0176, ubicata nell'area interna alla diga foranea, di fronte agli ex-impianti della Pertusola, presenta generalmente le concentrazioni più elevate, sia in termini di composti organici che di metalli ed, in particolare, il Piombo. Si sottolinea che tali valori risultano comunque perfettamente confrontabili con i dati riscontrati nelle campagne di bianco. Viceversa la stazione P0226, ubicata esternamente all'imboccatura di levante della diga foranea, presenta in media valori più bassi rispetto alle altre 4 stazioni monitorate. Generalmente le massime concentrazioni sono state misurate negli organismi prelevati dalle stazioni P0176 e P0200 interne alla diga foranea. Gli organismi della stazione P0347, prelevati dai diversi impianti ubicati lungo il canale di Portovenere, presentano infine concentrazioni mediamente confrontabili con le stazioni interne alla rada.

Monitoraggio del comparto biotico: piano di sorveglianza sanitaria attuato dal 2003 al 2017

A decorrere dal giugno 2010 l'attività di monitoraggio e controllo sui mitili degli impianti interni ed esterni alla diga foranea è stata condotta da ARPAL, ASL ed IZS nell'ambito del preesistente Piano di Sorveglianza Sanitaria sui Molluschi Bivalvi. Tale piano è stato integrato nel 2013 con la ricerca di IPA e PCB, in analogia a quanto monitorato da ISPRA fino al 2010. Secondo quanto stabilito nel piano di sorveglianza sanitaria e come riportato in Figura 32, le analisi sono state condotte sugli organismi prelevati da 7 stazioni, 3 delle quali interne alla diga (DFPI5, DFCI6, DFLI7), 2 esterne alla diga (DFLE8 e DFPE9), 1 presso gli impianti di Portovenere (PORT1) ed una presso gli impianti della Palmaria (PALM1).

In Tabella 27 si riportano i risultati delle analisi chimiche riferite al peso fresco (e non al peso secco come per monitoraggi eseguiti da ISPRA) eseguite dal 2003 al 2017, con frequenza semestrale, sui campioni prelevati nelle 7 stazioni previste dal Piano. Il confronto dei risultati con quelli dei monitoraggi di ISPRA è possibile previa normalizzazione, considerato che il contenuto idrico nei mitili è circa pari all'82%. (Fonte INRAN Istituto nazionale di Ricerca per gli alimenti e la nutrizione). Per una trattazione più esaustiva si rimanda al già citato report "Attività ARPAL/ASL5/IZS relative a moria mitili anomala" datato 13 maggio 2015.

I risultati delle analisi chimiche del Piano di Sorveglianza riportati in Tabella sono stati integrati con i risultati delle analisi aggiuntive effettuate nel periodo settembre 2015 – luglio 2016 nell'ambito di un progetto commissionato dall'Autorità Portuale della Spezia ad ARPAL, ASL5 ed IZS, con la supervisione del DISTAV dell'Università di Genova ("Piano biomonitoraggio mitili La Spezia-Valutazione dello stato di salute di mitili"). Si precisa che non sono stati riportati tutti i risultati di PCB e PCDD del campionamento del 14/11/2017, in quanto le analisi sono ancora in corso. Al fine di valutare i dati acquisiti si riportano, laddove esistenti, i valori limite indicati dai relativi regolamenti U.E. per il consumo umano:

Metalli - Reg CE 1881/06 che definisce i tenori massimi di alcuni contaminanti nei prodotti alimentari e ss.mm.ii.

- Cadmio: 1 mg/kg di peso fresco
- Piombo: 1.5 mg/kg di peso fresco
- Hg: 0.5 mg/kg di peso fresco

Diossine e PCB - Reg UE 1259/11 che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 per quanto riguarda i tenori massimi per i PCB diossina-simili e i PCB non diossina-simili nei prodotti alimentari

- Somma di diossine e PCB diossina-simili (OMS-PCDD/F- PCB-TEQ): 6.5 pg/g di peso umido
- Somma di diossine (OMS-PCDD/F-TEQ): 3.5 pg/g di peso umido

IPA - Reg UE 835/2011 che modifica il regolamento (CE) n. 1881/2006 per quanto riguarda i tenori massimi di idrocarburi policiclici aromatici nei prodotti alimentari

- Sommatoria IPA 30 µg/kg ovvero ng/g; Benzo(a)pirene 5 µg/kg ovvero ng/g.

Tabella 27 - Risultati analitici delle prove di bioaccumulo eseguite nell'ambito del Piano di Sorveglianza Sanitaria dal 2003 al 2017 (*mg/kg, °pcg/g, #ng/g) espressi sul peso fresco.

PORT1	As*	Cd*	Cr*	Cu*	Hg*	Ni*	Pb*	Zn*	PCDD PCDF°	PCDD PCDF PCB d.I.°	Benzo (a)pire ne#	PCB#	IPA#
14/04/2003		0.06			0.02		0.38						
14/07/2003		0.05			0.01		0.16						
27/05/2004	0.02	0.04	0.12	0.8	0.01	0.16	0.24	11.6	0.33				
23/11/2004	1.4	0.06	0.9	1	0.02	0.7	0.4	9	0.75				
25/05/2005	2.4	0.08	0.1	0.9	0.02	0.1	0.5	15.8	0.42				
26/10/2005	1.89	0.05	0.19	0.94	0.01	0.27	0.33	13.3	0.21				
29/06/2006	2.7	0.07	0.2	1.4	0.01	0.4	0.3	13.4	0.24				
26/10/2006	2.5	0.07	0.4	1.8	0.01	0.4	0.6	12.3	0.32				
06/06/2007	3.54	0.1	0.22	1.73	0.02	0.26	0.46	28.1	0.57	3.38	0.4		
02/10/2007	4.3	0.09	0.36	1.5	0.05	0.3	0.5	34.4	0.67	3.97	0.5		
12/06/2008	3.26	0.09	0.15	1.7	0.03	0.18	0.35	22.3	0.93	4.02	4.3		
09/09/2008	4.66	0.11	0.23	1.18	0.02	0.25	0.37	32.3	0.52	2.59	2.8		
12/05/2009	5.9	0.11	0.21	1.45	0.03	0.31	0.43	18	0.29	2.81	1.4		
08/09/2009	1.4	0.07	0.47	1.4	0.01	0.5	0.62	64	0.78	4.94	0.3		
08/06/2010	2.6	0.09	0.46	3	0.03	1	0.5	34.5	0.33	2.73	<0.05		
21/09/2010	1.1	0.09	0.6	1.9	0.01	0.2	0.6	37	0.65	4.13	1.5		
12/04/2011	3.1	0.07	0.22	1.6	0.02	0.29	0.58	18	0.299	2.19	0.2		
11/10/2011	3.4	0.06	0.39	1.8	0.03	0.33	0.5	27	0.61	4.06	0.3		
08/05/2012	3.9	0.1	0.5	2.5	0.03	0.4	0.9	39	0.18	1.8	0.1		
23/10/2012	3	0.05	0.34	1.4	0.04	0.3	0.6	47	0.805	4.1	0.2		
21/05/2013	2.2	0.07	0.26	1	0.05	0.27	0.44	17.7	0.3	2.2	2.5	14.4	11.2
24/09/2013	3.2	0.07	0.34	0.96	0.03	0.26	0.44	38.9	0.6	2.48	1.1	16.1	4.3
12/06/2014	4	0.09	0.2	1	0.02	0.3	0.6	34	0.761	3.86	0.2	20.4	2.7
24/11/2014	2.7	0.06	0.7	1.2	0.02	0.3	0.4	25	0.382	1.46	0.2	22.9	2.8
11/05/2015	3	0.1	0.8	1.6	<0.037	0.7	0.7	32	0.28	2.38	0.2	17.3	7.2
22/09/2015	3.7	0.1	0.7	1.2	<0.037	0.4	0.6	29	0.45	2.63	0.8	20.9	2.0
10/11/2015	2	0.1	1	2	<0.037	0.5	0.7	24		1.65	0.3	19.78	1.3
18/01/2016	1	0.05	0.8	1	<0.037	0.4	0.5	36			0.8		5.6
14/03/2016	2	0.05	1	1	<0.037	0.7	0.6	25			0.2	12.8	1.4
09/05/2016	3.3	0.05	1.4	1.9	<0.037	0.5	0.6	28	0.34	2.34	<0.2	19	1.2
13/07/2016	2	0.07	<0.05	1	<0.037	0.3	0.4	25			0.3		4.4
14/11/2016	1.6	0.04	0.59	1.03	<0.037	0.36	0.56	21			0.3		3.3
24/05/2017	2.3	0.08	0.61	1.0	0.016	0.30	0.66	44	0.26	1.39	0.2	11.3	3.4
14/11/2017	2.67	0.05	0.81	1.50	0.024	0.37	0.78	46	0.36	1.52	0.3	20.26	6.6

PALM3	As*	Cd*	Cr*	Cu*	Hg*	Ni*	Pb*	Zn*	PCDD PCDF°	PCDD PCDF PCB d.I.°	Benzo (a)pire ne#	PCB#	IPA#
14/04/2003		0.044			0.012		0.36						
14/07/2003		0.04			0.01		0.04						
27/05/2004	0.03	0.04	0.13	0.65	0.01	0.18	0.31	16.3	0.18				
23/11/2004	1.1	0.04	0.2	1	0.03	0.2	0.7	8	0.76				
25/05/2005	2.7	0.08	0.2	1.1	0.01	0.2	0.5	12.8	0.23				
26/10/2005	2.39	0.05	0.2	1.2	0.005	0.4	0.3	12.6	0.43				
29/06/2006	2.9	0.06	0.2	1.1	0.02	0.5	0.3	12.9	0.55				
26/10/2006	2.9	0.07	0.3	1.6	0.02	0.3	0.5	12	0.65				
06/06/2007	3.13	0.08	0.13	1.64	0.02	0.21	0.35	19.4	0.65	4.14	0.3		
02/10/2007	3.8	0.06	0.39	1.2	0.04	0.2	0.4	26	0.78	5.38	0.4		
12/06/2008	3.06	0.09	0.16	1.8	0.03	0.16	0.39	26.1	0.53	4.68	1.6		
09/09/2008	4.25	0.11	0.23	1.22	0.016	0.22	0.3	36.7	0.74	4.2	0.3		
12/05/2009	6.7	0.13	0.31	1.71	0.03	0.34	0.47	21	0.46	2.92	0.2		
08/09/2009	2.2	0.065	0.5	1	0.019	0.5	0.7	34	0.62	4.97	0.5		
08/06/2010	2.3	0.105	0.78	3.7	0.041	0.73	1.8	79	0.36	2.64	0.1		
21/09/2010	0.7	0.07	0.4	1.8	0.004	0.2	0.8	35	0.66	4.3	0.1		
12/04/2011	3.5	0.07	0.29	1.3	0.02	0.36	0.6	16	0.296	2.05	0.2		
11/10/2011	2.9	0.06	0.42	1.5	0.03	0.29	0.49	30	0.764	4.44	0.2		
08/05/2012	3.7	0.1	0.4	2.3	0.03	0.3	1.1	49	0.4	2.3	0.17		
23/10/2012	3.3	0.05	0.3	2	0.03	0.3	0.5	43	0.83	4.7	1.1		
21/05/2013	1.7	0.07	0.11	0.6	0.05	0.2	0.4	11.6	0.3	3.4	0.3	16.7	2.2
24/09/2013	2.5	0.07	0.5	1.1	0.03	0.4	0.5	42	0.42	3.27	0.26	23.3	2.3
12/06/2014	5	0.1	0.3	1.3	0.03	0.6	0.5	33	0.634	4.99	0.2	29.4	2.4
24/11/2014	3	0.08	0.7	1.3	0.02	0.3	0.4	29	1.07	2.64	0.2	22.9	3.1
11/05/2015	3.1	0.08	0.5	1.2	<0.037	0.1	0.5	26	0.053	2.59	0.1	21.2	2.5
22/09/2015	3	0.1	0.5	1.1	<0.037	0.3	0.5	30	0.53	3.11	1.1	24.8	2.4
09/05/2016	2.9	0.08	1.1	1.4	<0.037	0.7	0.8	39	0.24	1.46	<0.2	14.8	0.6
14/11/2016	2.1	0.06	0.5	1.2	<0.037	0.4	0.5	24			0.2		3.6
24/05/2017	2.3	0.07	0.40	1.0	0.016	0.2	0.47	39	0.24	1.60	0.2	12.0	3.0
14/11/2017	3.8	0.07	1.2	2.0	0.020	0.68	0.95	51	0.52	2.07	0.4	29.5	12.5

DFCI6	As*	Cd*	Cr*	Cu*	Hg*	Ni*	Pb*	Zn*	PCDD PCDF°	PCDD PCDF PCB d.I.°	Benzo (a)pire ne#	PCB#	IPA#
14/04/2003		0.063			0.004		0.17						
14/07/2003		0.02			0.01		0.06						
27/05/2004	0.2	0.04	0.11	0.67	0.01	0.11	0.2	13.6	0.16				
23/11/2004	0.9	0.05	0.2	1	0.02	0.3	0.3	8	0.84				
25/05/2005	1.7	0.07	0.2	1	0.02	0.2	0.6	15.2	0.69				
26/10/2005	1.87	0.04	0.2	1.3	0.009	0.24	0.43	13.9	0.71				
29/06/2006	2.8	0.08	0.2	1.3	0.01	0.6	0.5	12.7	0.18				
26/10/2006	2.4	0.07	0.2	1.5	0.01	0.2	0.4	13.6	0.25				
06/06/2007	3.2	0.08	0.19	1.75	0.02	0.18	0.42	22.1	0.7	5.13	0.2		
02/10/2007	3.2	0.07	0.21	1.3	0.05	0.2	0.5	27.6	0.96	5.18	0.2		
12/06/2008	3.16	0.07	0.16	2.3	0.04	0.17	0.39	21.4	2.13	6.64	1.5		
09/09/2008	3.29	0.11	0.14	1.2	0.016	0.19	0.3	32.3	0.64	4.31	0.2		
12/05/2009	4.78	0.13	0.41	1.89	0.04	0.25	0.83	24	0.77	4.03	0.2		
08/09/2009	1.7	0.06	0.8	2.8	0.012	0.8	1	56	1.08	4.17	0.2		
08/06/2010	2.1	0.072	0.5	6	0.012	0.98	0.61	36.7	0.44	3.85	2.2		
21/09/2010	1	0.1	0.5	2.6	0.028	0.2	0.8	47	0.93	4.19	0.3		
12/04/2011	2.6	0.09	0.66	30	0.03	1.03	0.91	30	0.545	3.13	1.7		
11/10/2011	2.1	0.07	0.23	1.4	0.03	0.2	0.72	31	0.875	4.52	0.1		
08/05/2012	2.4	0.1	0.3	1.7	0.03	0.3	0.7	34	0.28	1.9	0.22		
23/10/2012	2.2	0.04	0.3	1.2	0.4	0.2	0.7	52	1.15	6	1.2		
21/05/2013	0.4	0.08	0.1	0.3	0.04	<0.005	0.7	2.3	0.5	2.4	0.4	25.3	2.3
24/09/2013	2.5	0.06	0.3	1.4	0.02	0.3	0.5	42	0.7	5.27	0.15	29.6	2.4
12/06/2014	6	0.07	0.2	2	0.02	0.5	0.5	27	0.717	5.13	0.2	29.3	2.9
24/11/2014	2.4	0.06	1.2	1.3	0.02	0.4	0.8	35	0.766	3.47	0.5	43.6	4.8
11/05/2015	2.6	0.1	1	1.3	<0.037	0.2	0.9	33	0.43	2.57	0.1	26.9	3.9
22/09/2015	2	0.1	0.4	0.1	<0.037	0.4	0.1	30	0.64	3.24	0.9	32.6	1.9
09/05/2016	3.6	0.07	1.2	2.4	<0.037	0.5	1	42	0.43	3.02	<0.2	25	1.6
14/11/2016	1.5	0.04	0.4	1	<0.037	0.3	0.5	23			0.3		3.8
24/05/2017	2.0	0.04	0.55	1.1	0.015	0.18	0.57	34	0.31	2.74	<0.2	24.4	4.3
14/11/2017	2.1	0.05	0.70	1.7	0.021	0.33	0.92	65	0.56	2.01	0.3	30	11.5

DFPI	As*	Cd*	Cr*	Cu*	Hg*	Ni*	Pb*	Zn*	PCDD PCDF°	PCDD PCDF PCB d.I.°	Benzo (a)pire ne#	PCB#	IPA#
14/04/2003		0.053			0.067		0.56						
14/07/2003		0.03			0.01		0.07						
27/05/2004	0.06	0.05	0.24	0.67	0.01	0.23	0.34	15.8	0.22				
23/11/2004	1.1	0.04	0.3	1	0.02	0.3	0.7	10	0.62				
25/05/2005	1.6	0.08	0.1	0.9	0.02	0.2	0.6	14.9	0.57				
26/10/2005	2.31	0.05	0.14	1.3	0.01	0.23	0.46	19	0.59				
29/06/2006	2.5	0.05	0.1	1	0.01	0.4	0.4	13	0.4				
26/10/2006	2.4	0.06	0.3	2.4	0.02	0.3	0.5	13.7	0.26				
06/06/2007	3.06	0.1	0.26	2	0.03	0.3	0.61	30.8	0.83	4.39	0.7		
02/10/2007	2.9	0.08	0.28	1.3	0.04	0.2	0.4	24.7	1.25	5.77	0.6		
12/06/2008	2.75	0.08	0.17	1.9	0.04	0.2	0.61	24.4	0.89	4.29	1.4		
09/09/2008	3.21	0.08	0.17	1.43	0.014	0.24	0.3	29.7	1.01	5.46	0.2		
12/05/2009	5.32	0.12	0.48	1.72	0.03	0.31	0.81	21	1.01	4.32	0.2		
08/09/2009	1	0.07	0.9	3	0.01	1.5	1	57	0.88	5.63	6.6 ± 2.9		
08/06/2010	3	0.097	0.44	3.3	0.017	0.42	0.7	42.5	0.45	4.07	4.2		
21/09/2010	0.8	0.08	0.7	2.6	0.008	0.2	0.7	69	0.58	2.93	1.2		
12/04/2011	2.6	0.06	0.26	1.4	0.02	0.51	0.7	19	0.384	3.57	0.2		
11/10/2011	2.5	0.08	0.16	1.2	0.03	0.14	0.76	37	0.803	4.4	0.1		
08/05/2012	3.3	0.1	0.3	2	0.04	0.3	0.9	38	0.32	2.5	0.26		
23/10/2012	2.5	0.04	0.2	1.3	3.6	0.2	0.6	44	1.56	8.4	0.16		
21/05/2013	0.3	0.08	0.09	0.3	0.04	<0.005	0.05	3.8	0.4	2.3	0.2	18.3	1.6
24/09/2013	2.6	0.06	0.3	1.4	0.02	0.3	0.4	41	0.67	5.1	0.24	30.8	3.7
12/06/2014	5	0.08	0.2	1	0.03	0.5	0.5	24	0.482	2.39	0.1	15.8	1.8
24/11/2014	2.4	0.07	1.1	1.2	0.02	0.3	0.7	34	0.676	3.46	0.4	40.1	4.6
26/02/2015	5	0.14	1.2	2	0.03	0.5	1	46			0.3		4.3
11/05/2015	2	0.08	0.8	1	<0.037	0.08	0.7	33	0.41	3.26	0.1	28.5	3.4
22/09/2015	2.4	0.1	0.5	2	<0.037	0.4	1	45	0.65	3.68	1	33.9	2.1
10/11/2015	2	0.1	0.9	2	<0.037	0.5	0.9	27		4.1	0.3	33.3	1.7
18/01/2016	0.8	<0.05	1	1	<0.037	0.3	0.3	38			0.4		2.8
14/03/2016	1.6	<0.05	1	1	<0.037	0.5	0.6	33			0.3	21.2	2.3
09/05/2016	2.3	0.06	0.9	1.7	<0.037	0.4	0.6	39	0.34	2.98	<0.2	22.5	1.5
13/07/2016	2.5	0.05	<0.05	1.1	<0.037	0.3	0.5	24			0.3		25.6
14/11/2016	1.5	0.03	0.3	1	<0.037	0.2	0.5	21			0.4		5.7
24/05/2017	2.2	0.04	0.52	1.2	0.012	0.13	0.52	34	0.30	3.20	0.2	26.3	6.9
14/11/2017	2.6	0.05	0.74	1.7	0.018	0.30	0.99	59			0.5		21.3

DFLI	As*	Cd*	Cr*	Cu*	Hg*	Ni*	Pb*	Zn*	PCDD PCDF°	PCDD PCDF PCB d.I.°	Benzo (a)pire ne#	PCB#	IPA#
14/04/2003		0.048			0.045		0.54						
14/07/2003		0.05			0.01		0.39						
27/05/2004	0.2	0.04	0.2	0.71	0.02	0.18	0.32	11	0.27				
23/11/2004	0.8	0.06	0.4	1	0.02	0.4	0.7	14	0.93				
25/05/2005	1.9	0.07	0.2	1	0.02	0.2	0.6	14.6	0.64				
26/10/2005	2.1	0.05	0.13	1.3	0.01	0.23	0.43	13.8	0.78				
29/06/2006	2.5	0.06	0.2	1	0.01	0.6	0.5	12	0.52				
26/10/2006	2.3	0.07	0.2	2	0.01	0.2	0.4	13.3	0.32				
06/06/2007	3.27	0.11	0.13	1.71	0.02	0.21	0.46	29.5	0.8	5.52	0.9		
02/10/2007	3.7	0.1	0.26	1.8	0.04	0.2	0.5	25.3	0.8	4.98	0.7		
12/06/2008	3.27	0.09	0.3	2.7	0.04	0.31	0.67	20.5	1.19	3.94	3.1		
09/09/2008	3.76	0.09	0.17	1.03	0.019	0.23	0.49	28.8	0.86	5.09	0.3		
12/05/2009	4.76	0.13	0.19	1.99	0.03	0.21	0.6	20	0.53	3.79	6.1		
08/09/2009	1.6	0.059	0.4	0.8	0.025	0.3	0.9	41	0.83	4.88	1.6		
08/06/2010	1.2	0.074	0.45	1.9	0.021	0.56	0.68	40	0.6	4.06	<0.05		
21/09/2010	0.9	0.1	0.7	2.6	0.028	0.3	1.1	52	0.89	5.35	0.1		
12/04/2011	2.8	0.08	0.45	1.6	0.04	0.37	1	23	0.59	3.52	0.2		
11/10/2011	2.7	0.08	0.33	1.6	0.03	0.26	0.91	41	0.93	5.25	1.3		
08/05/2012	2.2	0.1	0.3	1.4	0.04	0.2	1.2	50	0.47	2.7	0.2		
23/10/2012	2.3	0.06	0.3	1.5	0.07	0.2	0.8	46	0.83	3.8	0.12		
21/05/2013	0.28	0.07	0.09	0.28	0.03	<0.005	0.8	2.6	0.45	2.1	1.2	22.2	5
24/09/2013	2.5	0.06	0.3	0.9	0.02	0.2	0.4	45	0.62	4.28	0.16	28.4	1.8
12/06/2014	4	0.07	0.2	1	0.02	0.3	0.5	37	0.681	4.16	0.11	29.8	2.4
24/11/2014	2.5	0.07	0.9	1.3	0.02	0.2	0.7	41	0.979	4.28	0.3	44.7	3.9
11/05/2015	2.3	0.06	0.6	1.3	<0.037	0.08	0.5	20	0.43	3.3	0.5	33.8	5.3
22/09/2015	2	0.1	0.3	1	<0.037	0.3	0.8	26	0.44	1.95	1.2	20.6	2.3
10/11/2015	2	0.1	1	2	<0.037	0.6	0.9	24		3.02	0.8	36.79	5.6
18/01/2016	0.7	0.05	0.6	1	<0.037	0.3	0.4	31			0.8		4.2
16/03/2016	1.4	0.08	0.7	0.9	<0.037	0.4	0.7	35			0.3	9.34	2.1
09/05/2016	2.3	0.07	0.7	1.7	<0.037	0.4	0.7	29	0.34	2.56	<0.2	20.3	1.1
13/07/2016	1.7	0.05	<0.05	0.9	<0.037	0.3	0.4	20			<0.2		3.1
14/11/2016	1.3	0.04	0.2	0.9	<0.037	0.2	0.5	21			0.3		4.6
24/05/2017	2.5	0.06	0.46	1.6	0.014	0.17	0.61	38	0.31	2.86	<0.2	24.1	4.3
14/11/2017	1.8	0.05	0.76	2.6	0.034	0.41	1.2	59			0.3		7.1

DFLE8	As*	Cd*	Cr*	Cu*	Hg*	Ni*	Pb*	Zn*	PCDD PCDF°	PCDD PCDF PCB d.I.°	Benzo (a)pire ne#	PCB#	IPA#
14/04/2003		0.052			0.004		0.63						
14/07/2003		0.04			0.01		0.07						
27/05/2004	0.09	0.04	0.26	0.56	0.01	0.29	0.27	9.9	0.21				
23/11/2004	1.1	0.05	0.5	1	0.01	0.4	0.5	10	0.5				
25/05/2005	1.6	0.05	0.1	1	0.01	0.1	0.4	6	0.38				
26/10/2005	2.44	0.05	0.14	1	0.005	0.26	0.39	15.6	0.32				
29/06/2006	2.9	0.08	0.3	0.8	0.02	0.5	0.4	15.7	0.35				
26/10/2006	2.5	0.07	0.4	1.8	0.01	0.4	0.6	12.3	0.38				
06/06/2007	2.6	0.1	0.49	1.38	0.02	0.37	0.46	15.5	0.34	2.11	48.2		
02/10/2007	3.5	0.07	0.45	1.4	0.04	0.3	0.6	21.6	0.38	2.73	0.4		
12/06/2008	2.98	0.08	0.15	1.4	0.03	0.17	0.37	17.4	1.17	2.84	2.1		
09/09/2008	4.4	0.1	0.27	1.35	0.02	0.27	0.64	31.1	0.53	3.19	15.7 ± 6.9		
12/05/2009	7.07	0.15	0.35	1.44	0.03	0.35	0.59	23	0.27	1.7	0.1		
08/09/2009	2.2	0.058	0.4	0.9	0.092	0.3	0.9	35	0.51	3.42	0.2		
08/06/2010	1.8	0.098	0.47	3.8	0.015	0.38	0.65	29.5	0.34	1.92	2.5		
21/09/2010	1.9	0.08	0.8	2.1	0.025	0.3	0.7	31	0.46	2.44	0.1		
12/04/2011	2.5	0.09	0.18	1.2	0.05	0.2	1.6	30	0.577	3.17	0.2		
11/10/2011	2.1	0.11	0.23	1.1	0.03	0.17	0.78	54	0.723	3.91	2.6		
08/05/2012	2.8	0.1	0.3	1.6	0.03	0.3	0.8	35	0.26	1.8	0.2		
23/10/2012	2.2	0.05	0.2	1	0.2	0.1	0.6	50	1.03	4.8	<0.1		
21/05/2013	0.12	0.09	0.08	0.42	0.03	<0.005	0.82	6.5	0.43	3.3	0.2	19.2	1.9
24/09/2013	2.6	0.06	0.2	1	0.03	0.2	0.6	53	0.73	4.37	0.16	28.9	2.3
12/06/2014	5	0.06	0.2	1	0.02	0.4	0.5	26	1.39	5.52	1.1	40.8	6.2
24/11/2014	2.6	0.08	0.9	1.1	0.02	0.5	0.7	29	1.67	3.14	0.3	22.4	3.5
11/05/2015	3	0.09	0.9	1.2	<0.037	0.3	0.5	21	0.18	1.84	0.1	13.6	1.2
22/09/2015	2.5	0.1	0.9	1.4	<0.037	0.9	1.1	37	0.4	2.06	0.9	15.9	2.1
09/05/2016	2.4	0.05	0.8	1.7	<0.037	0.4	0.6	19	0.29	1.75	<0.2	13.3	0.5
14/11/2016	1.7	0.04	0.5	1.1	<0.037	0.4	0.5	18			0.2		2.4
24/05/2017	4.3	0.09	0.62	1.4	0.016	0.36	0.73	31	0.19	1.32	0.2	10.2	2.6
14/11/2017	2.3	0.06	0.61	1.5	0.034	0.36	0.98	35			0.2		

DFPE9	As*	Cd*	Cr*	Cu*	Hg*	Ni*	Pb*	Zn*	PCDD PCDF°	PCDD PCDF PCB d.l.°	Benzo (a)pire ne#	PCB#	IPA#
12/06/2014	3	0.05	0.1	0.6	0.01	0.3	0.2	16	0.451	3.09	0.1	18	1.6
24/11/2014	2.7	0.07	0.8	1.2	0.02	0.7	0.6	36	1.08	4.52	0.3	39	4.3
11/05/2015	2.8	0.08	0.7	1.1	<0.037	0.3	0.4	21	0.25	1.82	0.1	13.7	1.5
22/09/2015	2.3	0.1	0.8	1.2	<0.037	0.8	1	34	0.4	2.16	0.9	16.3	2
10/11/2015	2	0.1	0.5	2	<0.037	0.3	0.4	14		1.51	<0.2	13.98	0.6
18/01/2016	1	<0.05	0.4	0.8	<0.037	0.3	0.2	10			0.4		3
14/03/2016	2	0.07	1.3	1	<0.037	0.9	0.8	21			0.3	6.53	1.2
09/05/2016	3.1	0.09	0.7	1.5	<0.037	0.5	0.5	24	0.21	1.36	<0.2	11.7	<0.4
13/07/2016	2.5	0.06	<0.05	0.9	<0.037	0.4	0.3	21			<0.2		1.9
14/11/2016	1.3	0.04	0.6	0.8	<0.037	0.4	0.4	19			<0.2		1.3
24/05/2017	2.2	0.06	0.39	0.93	0.014	0.23	0.34	20	0.15	0.89	<0.2	6.91	1.1
20/11/2017	3.2	0.09	1.2	1.6	0.014	0.7	0.8	42			0.2		1.6

In generale dall'analisi dei risultati riportati nella tabella non si evidenziano, in nessuna stazione, particolari criticità, né tantomeno incrementi nel corso del tempo. Ad eccezione di alcune sporadiche determinazioni puntuali, indicate in colore rosso, i valori di concentrazione sono risultati ovunque piuttosto omogenei e conformi ai limiti normativi.

I valori di concentrazione sono risultati quasi sempre ampiamente conformi ai valori limite delle normative sanitarie, ad eccezione di alcune isolate determinazioni (Hg nel campionamento del 23/10/2012 in DFPI, Pb nel campionamento del 08/06/2010 in PALM 3, Benzo(a)pirene nel campionamento del 06/06/2007 e del 09/09/2008 in DFLE e nel campionamento del 12/05/2009 in DFLI), che hanno comportato da parte dell'autorità competente l'adozione delle misure cautelari previste dalla normativa.

Nei mesi di febbraio e marzo 2015, a seguito della sopra citata moria di mitili, pur in assenza di superamenti normativi tali da comportare l'applicazione delle misure cautelari sanitarie, la competente ASL 5 ha emanato ordinanze di sospensione temporanea e cautelativa della raccolta dei molluschi bivalvi negli allevamenti interni alla diga. Tali ordinanze sono state revocate dalla stessa ASL 5 in data 09/06/2015, a seguito del completamento degli accertamenti congiunti eseguiti da ARPAL, ASL5 e IZS.

Successivamente, l'Autorità Portuale della Spezia ha commissionato uno specifico studio all'Università di Genova, in collaborazione con ARPAL, ASL5 e IZS, volto a definire lo stato di salute dei mitili nell'arco di un intero ciclo annuale. Le indagini sono state eseguite nel periodo ottobre 2015-settembre 2016. Il piano di biomonitoraggio annuale di mitili campionati in 4 diversi siti nel porto di La Spezia è stato effettuato su campioni prelevati con cadenza mensile da Ottobre 2015 a Settembre 2016 (11 mesi, escluso il mese di Agosto 2016). I campionamenti sono stati effettuati da ASL 5 Spezzino. Sui mitili sono state condotte una serie di analisi biologiche (fisiopatologiche, batteriologiche, virologiche, parassitologiche) condotte da UNIGE, IZS, UNIPD, e chimiche, svolte dal Dipartimento ARPAL della Spezia. I risultati ottenuti hanno permesso di valutare, in modo integrato, lo stato di salute di mitili campionati in diversi siti nel porto di La

Spezia. Per alcuni dei parametri biologici considerati sono state osservate variazioni temporali da porsi in relazione alle variazioni stagionali connesse al ciclo riproduttivo dei mitili e non allo stress indotto da potenziali inquinanti presenti nell'ambiente nei diversi siti. Nel complesso, i risultati delle indagini biologiche e chimiche condotte sui campioni provenienti dai diversi siti previsti dal piano di biomonitoraggio non hanno evidenziato particolari criticità nei siti di campionamento oggetto nel periodo considerato. Dallo studio è stato però possibile isolare alcuni ceppi appartenenti al gruppo polifiletico *Vibrio splendidus*, contenenti fattori di virulenza e quindi potenzialmente patogeni, anche se nessun ceppo ha però mai mostrato positività ad entrambi i fattori di virulenza ricercati, la cui contemporanea presenza può determinare episodi di mortalità come riportato in alcuni studi presenti in (Balbi et al., 2013; Duperthuy et al., 2010; Rojas et al., 2015). Tuttavia dal momento che si è accertata la diffusione di ceppi potenzialmente patogeni nelle zone di allevamento dei mitili e che il verificarsi di determinate condizioni ambientali potrebbero causare un indebolimento del sistema immunitario degli animali favorendo così la patogenicità dei ceppi di *Vibrio* circolanti, si ritiene necessario effettuare controlli periodici sia dei parametri ambientali, che di quelli microbiologici per poter individuare precocemente fattori di rischio che potrebbero portare ad episodi di mortalità anomale.

ANALISI INTEGRATA DEI DATI

Il monitoraggio delle attività di dragaggio ha comportato nel corso del periodo 2006-2017 l'esecuzione di una serie di indagini sul comparto abiotico, così come previsto dal Piano di Monitoraggio e dai relativi Schemi Attuativi. In particolare da dicembre 2006 a dicembre 2017 sono state complessivamente realizzate 114 campagne di monitoraggio per le indagini sulla colonna d'acqua, di cui 27 per il monitoraggio delle attività di escavo eseguite sui fondali del Bacino di Evoluzione, Molo Garibaldi e Molo Fornelli Est. Le ultime 8 campagne di monitoraggio sono state condotte con cadenza stagionale e successivamente alla conclusione delle suddette attività di dragaggio.

Si evidenzia che prima dell'avvio delle attività di dragaggio, nella Rada della Spezia transitavano navi portacontainer fino a 6500 TEU. Nel corso del tempo il traffico navale è molto cambiato: dal 2011 accedono regolarmente al Porto mercantile navi di oltre 14000 TEU e, dal 2013, anche navi da crociera. Inoltre, dalla consultazione del sito di Autorità di sistema Portuale dove è riportato l'andamento del traffico container, risulta che dal 2002 al 2017 il traffico container è cresciuto da 1.000.000 a 1.500.000 circa di TEU.

Di seguito verranno riportati per solidi sospesi, metalli ed IPA, alcuni grafici riepilogativi in cui, per ciascuna fase del monitoraggio, sono state rappresentate le concentrazioni minime, medie e massime dei relativi parametri.

In Figura 115 e Figura 116 sono riportate le concentrazioni dei solidi sospesi.

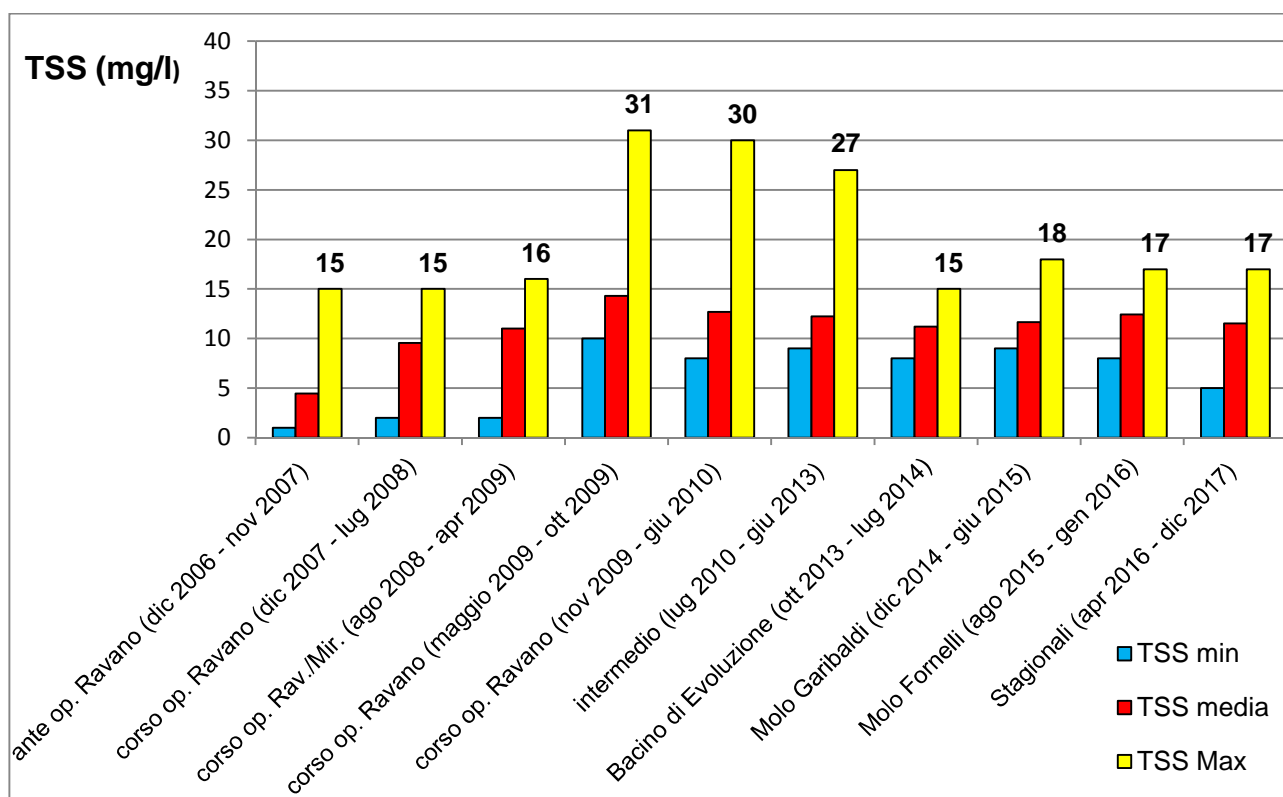


Figura 115 - Concentrazioni minime, medie e massime di solidi sospesi misurate nei campioni superficiali nelle diverse fasi del monitoraggio

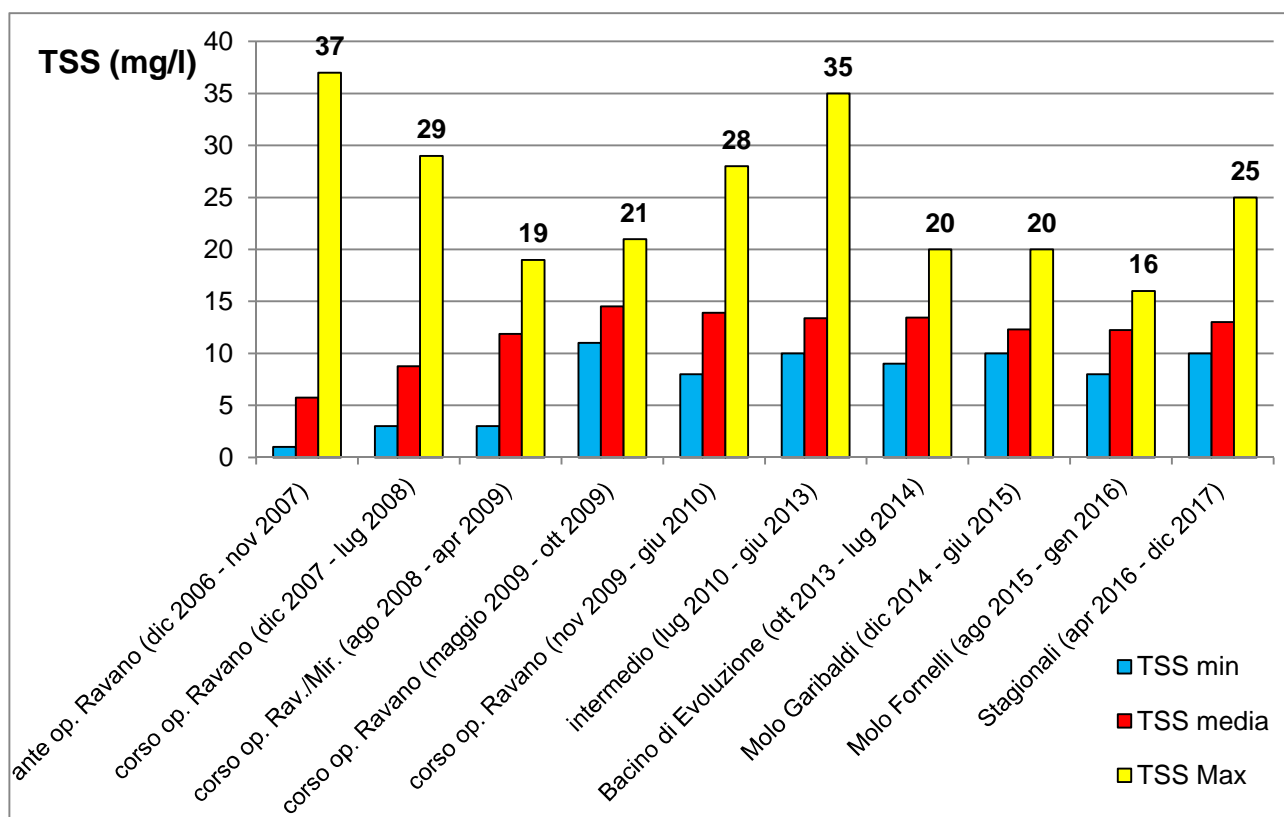


Figura 116 - Concentrazioni minime, medie e massime di solidi sospesi misurate nei campioni profondi nelle diverse fasi del monitoraggio

Le concentrazioni medie dei solidi sospesi misurate prima dell'avvio delle operazioni di dragaggio dei fondali del Molo Ravano erano risultate decisamente più basse rispetto a quanto determinato durante i monitoraggi successivi. Il valore medio, sia nei campioni superficiali che in quelli profondi, era infatti pari a circa 5 mg/l. Tale valore è cresciuto durante le diverse fasi di dragaggio del Molo Ravano, seppur rimanendo entro i 15 mg/l. Anche le concentrazioni massime, sono generalmente rimaste al di sotto dei 20 mg/l con alcune rare eccezioni, legate ai singoli campioni, soprattutto quelli prelevati in prossimità del fondo, dove non si può escludere anche un'influenza dovuta alla modalità di campionamento.

Si pongono in evidenza invece alcune concentrazioni superiori ai 25 mg/l misurate nelle stazioni P0020 e P0030 durante campagne differenti, sia in concomitanza delle operazioni di dragaggio che in assenza di attività. Gli elevati valori rilevati nella stazione P0020 durante le campagne del 3 giugno, 28 luglio e 15 settembre 2009 erano coincisi con il periodo in cui l'attività di escavo dei fondali del Molo Ravano era particolarmente intensa. In particolare durante la campagna del 28 luglio, periodo di massima attività, i solidi sospesi elevati avevano trovato riscontro anche nelle misure effettuate con la sonda multiparametrica, che aveva acquisito valori di NTU intorno ai 30. Tali incrementi potrebbero essere stati determinati proprio dall'attività di dragaggio in corso, anche se non è da escludere, essendo circoscritti alla sola stazione P0020, che siano stati la conseguenza delle manovre di una nave in fase di accosto o disormeggio dal Molo Fornelli. In tutte le altre stazioni, compresa la P0030, poco distante, sia i solidi sospesi che la torbidità misurata con la sonda multiparametrica erano risultati invece piuttosto bassi e nell'ordine dei valori mediamente attribuibili a condizioni di assenza di perturbazioni. Le concentrazioni elevate misurate in P0030 durante la campagna del 10 novembre 2009 non hanno invece trovato riscontro nelle misure

effettuate con la sonda multiparametrica, che ha acquisito valori di torbidità inferiori ai 5 NTU. Durante la campagna del 27 settembre 2011, nella stazione P0030 elevate concentrazioni di solidi sospesi erano state misurate sia nel campione superficiale che in quello profondo. Tali misure avevano trovato conferma anche nei dati rilevati con la sonda multiparametrica che erano risultati crescenti dalla superficie al fondo, con valori di torbidità compresi tra 13 e 20 NTU. Si precisa però che tale campagna era stata eseguita in assenza di attività di escavo e che in quella zona effettuano le manovre le navi portacontainer, che ormeggiano presso il Molo Fornelli, che potrebbero aver determinato la risospensione del sedimento.

Durante le attività di dragaggio condotte dal 2013 sui fondali del Bacino di Evoluzione, Molo Fornelli e Molo Garibaldi, non sono mai state misurate concentrazioni di solidi sospesi elevate come avvenuto invece in precedenza. I valori massimi sia in superficie che sul fondo si sono sempre mantenuti al di sotto dei 20 mg/l ed i valori medi inferiori ai 12 mg/l. Si ricorda che a differenza delle operazioni di dragaggio condotte sui fondali del Molo Ravano, dove la draga operava all'interno di campi panne di estese dimensioni, non essendo le aree interessate da traffico navale, per le operazioni di dragaggio eseguite a partire dal 2013, le ditte incaricate hanno operato anche con campi panne più piccoli e di conseguenza di più difficile gestione. Nonostante le maggiori criticità che tali modalità operative comportavano, le concentrazioni di solidi sospesi non hanno mai subito incrementi, né variazioni significative.

Si segnalano infine due elevati valori di solidi sospesi nei campioni profondi delle stazioni P0117 e P0226 misurati durante la campagna del 29 agosto 2016, condotta in assenza di operazioni di dragaggio. Tali valori potrebbero essere stati determinati sia dal passaggio di un'imbarcazione precedentemente al prelievo del campione oppure da perturbazioni del fondale generate dalla modalità di campionamento stessa. Nei corrispondenti campioni superficiali infatti erano state misurate concentrazioni molto più basse inferiori a 15 mg/l.

In Figura 117 e Figura 118 si riportano gli istogrammi relativi alle concentrazioni minime, medie e massime di arsenico misurate durante tutto il monitoraggio.

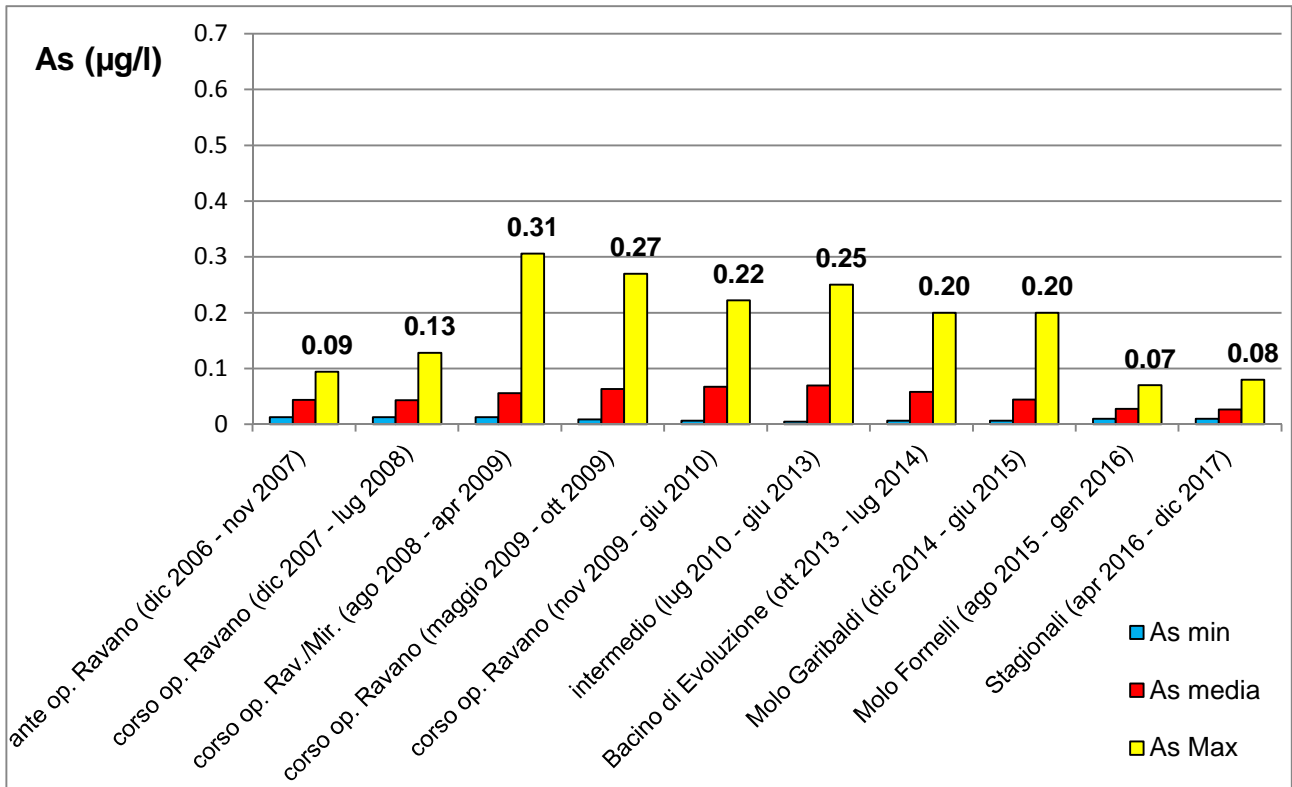


Figura 117 - Concentrazioni minime, medie e massime di arsenico misurate nei campioni superficiali nelle diverse fasi del monitoraggio

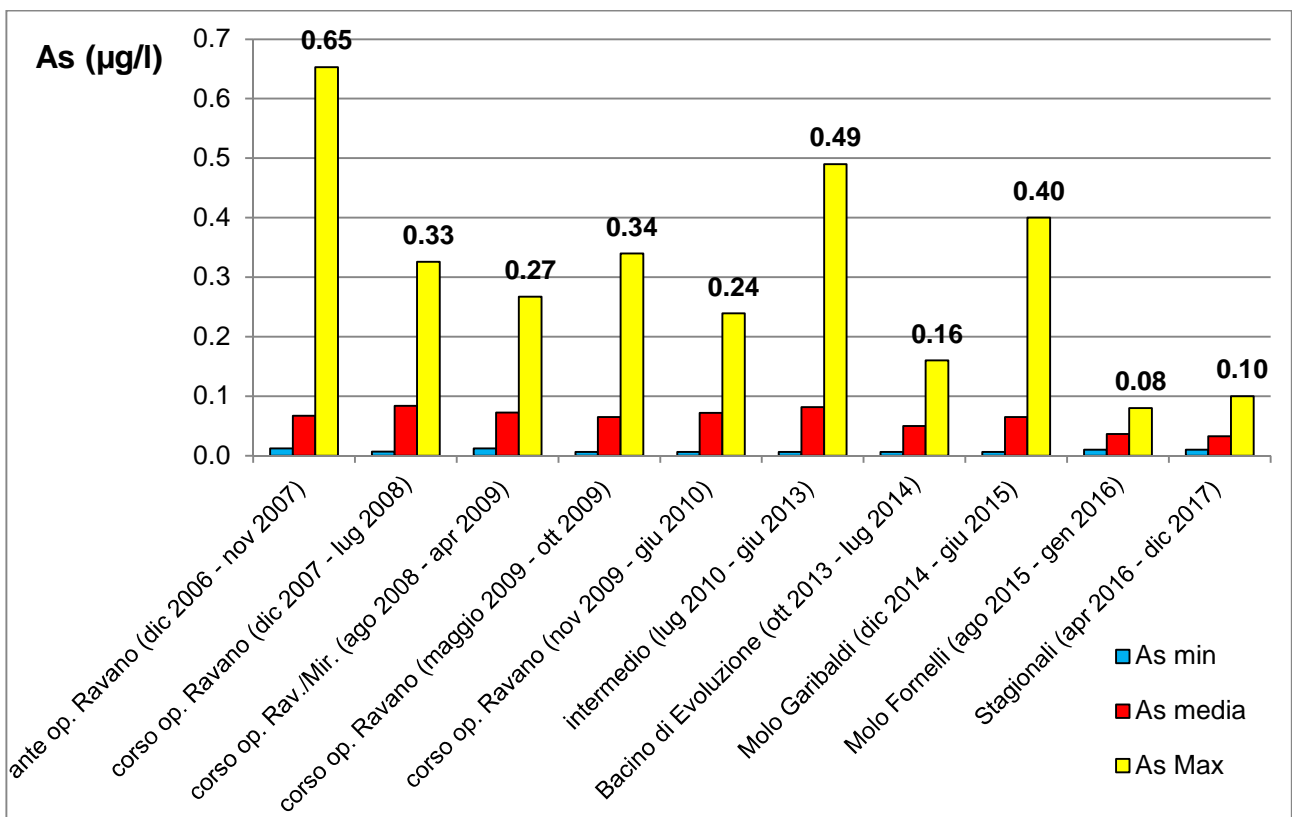


Figura 118 – Concentrazioni minime, medie e massime di arsenico misurate nei campioni profondi nelle diverse fasi del monitoraggio

Come si può osservare dai grafici, le concentrazioni medie sono rimaste sempre abbastanza costanti ed inferiori a 0.1 µg/l. Si segnalano soltanto alcuni sporadici valori più elevati che non hanno mai superato la concentrazione di 0.3 µg/l nei campioni superficiali e 0.7 µg/l nei campioni profondi. Per tale parametro, così come per lo zinco, è risultata piuttosto evidente, sin dai campionamenti eseguiti in fase *ante operam*, una corrispondenza con l'andamento della concentrazione dei solidi sospesi. Infatti l'arsenico, come lo zinco ed il piombo, è presente in concentrazioni significative nei sedimenti antistanti la costa orientale del golfo, in particolare nel tratto compreso tra l'area Ex Pertusola e l'area Fincantieri. Si precisa che in determinate condizioni meteo marine, le correnti profonde che entrano dall'imboccatura di levante determinano una maggiore risospensione ed trasporto dei sedimenti e pertanto costituiscono la causa principale della variazione della concentrazione di arsenico legato ai solidi sospesi nella colonna d'acqua. Sebbene in alcuni rari campioni siano state misurate concentrazioni più elevate, anche contestualmente alle attività di dragaggio, si ricorda che tali valori sono risultati ben al di sotto (circa un ordine di grandezza) degli Standard di Qualità Ambientale indicati in TAB.1/A Allegato1 Parte III del D.Lgs 152/2006 e del relativo aggiornamento ai sensi del D.Lgs. 172/2015. Tali valori, definiti per i corpi idrici marino costieri e non direttamente per le aree portuali, indicano per l'arsenico un valore di riferimento medio annuale pari a 5 µg/l, significativamente più alto di quanto misurato mediamente all'interno della rada. Si precisa inoltre che per l'arsenico i suddetti decreti non hanno definito un limite massimo ammissibile ma soltanto un limite medio annuale. Analogamente i valori di bioaccumulo misurati nei mitili degli impianti, non hanno evidenziato alcuna variazione significativa durante le attività di dragaggio.

In Figura 119 e Figura 120 sono riportati gli istogrammi delle concentrazioni di cadmio misurate durante le varie fasi del monitoraggio.

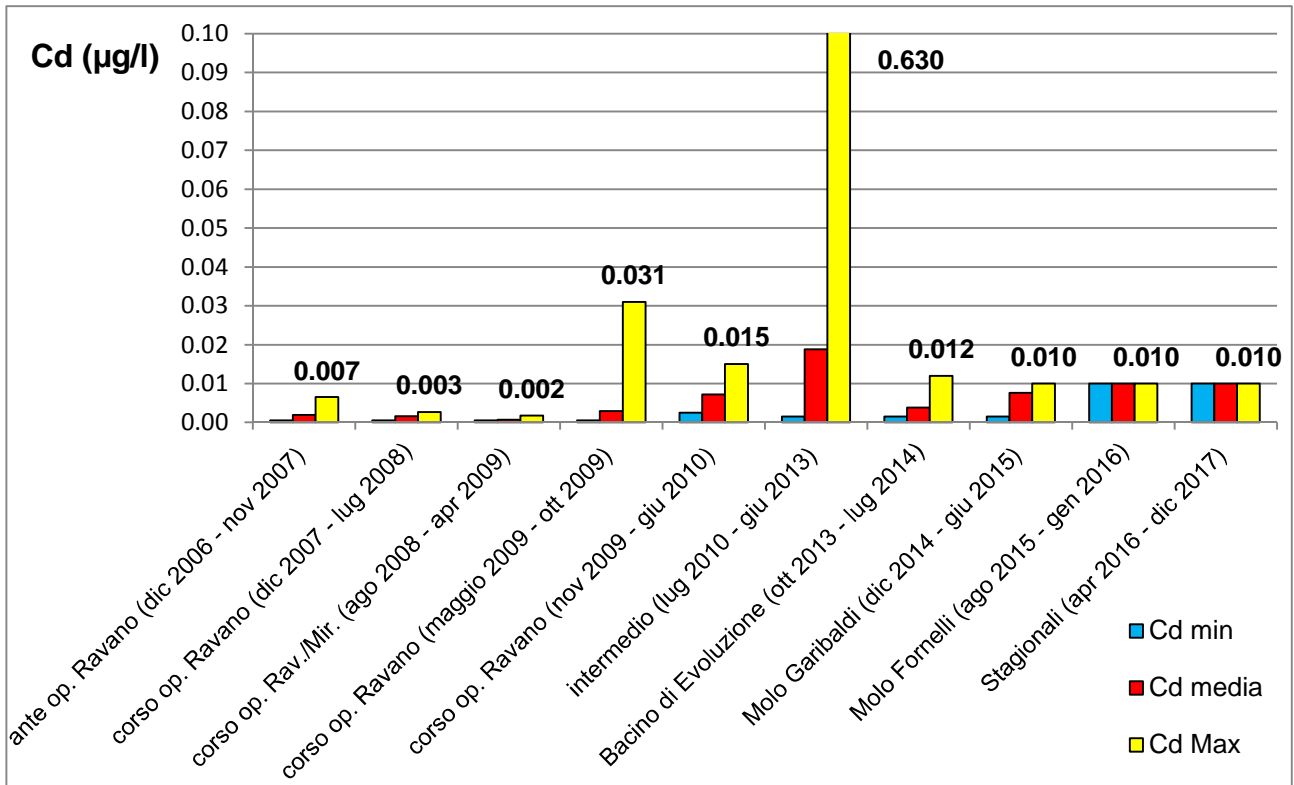


Figura 119 - Concentrazioni minime, medie e massime di cadmio misurate nei campioni superficiali nelle diverse fasi del monitoraggio

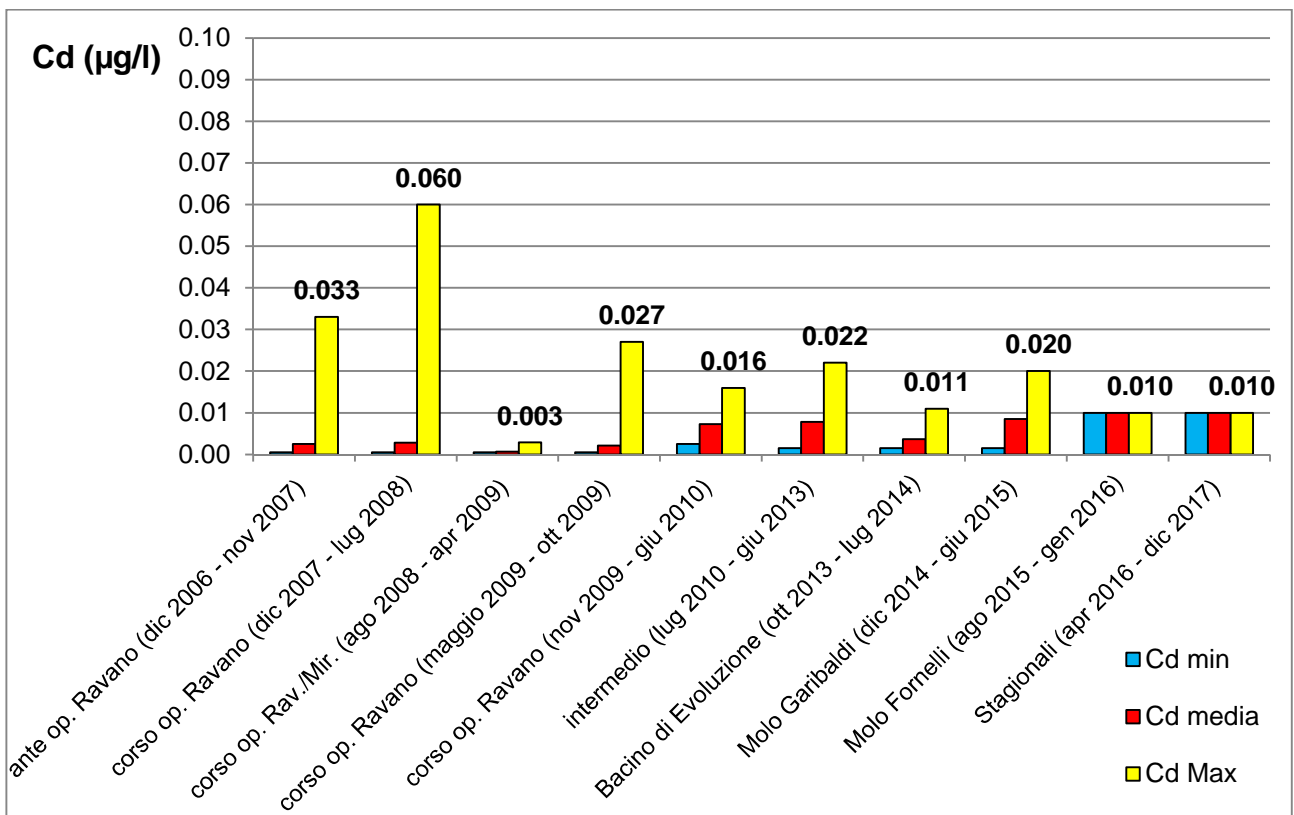


Figura 120 - Concentrazioni minime, medie e massime di cadmio misurate nei campioni profondi nelle diverse fasi del monitoraggio

Come si può osservare dai grafici, ad eccezione di un unico elevato valore, determinato nel campione superficiale della stazione P0199 nel corso della campagna del 14 novembre 2012, le concentrazioni massime di cadmio sono risultate sempre inferiori non solo al valore di SQA-MA, pari a 0.2 µg/l ma, soprattutto nei campioni superficiali, inferiori anche al limite di quantificazione (0.02 µg/l). Nei campioni profondi, sebbene i valori medi siano sempre stati molto bassi, possono essere posti in evidenza due valori un po' più elevati ma comunque scarsamente significativi. Anche il valore più alto, pari a 0.63 µg/l misurato in P0199, è comunque risultato circa la metà rispetto al valore di SQA-CMA applicabile nelle acque marino costiere (pari a 1.5 µg/l). Tale valore è comunque stato misurato dopo più di due anni dalla conclusione delle attività di escavo dei fondali antistanti il Terminal Ravano e nella stazione P0199, ubicata presso gli impianti di mitilicoltura prossimi all'imboccatura di ponente. Si precisa che in quel periodo era in corso da parte del concessionario la bonifica/dragaggio dei fondali adiacenti i Cantieri Baglietto, che ha comportato la rimozione di circa 400 m³ di sedimento. Sia la quantità esigua di sedimento rimosso, sia le caratteristiche del sedimento stesso in cui il cadmio era risultato inferiore al limite di intervento, possono far supporre che la presenza di cadmio nel campione superficiale non sia correlabile alle attività di escavo. Ciò trova conferma anche nelle concentrazioni molto basse misurate nel campione profondo.

In Figura 121 Figura 122 e sono riportati gli istogrammi delle concentrazioni di mercurio misurate durante le varie fasi del monitoraggio.

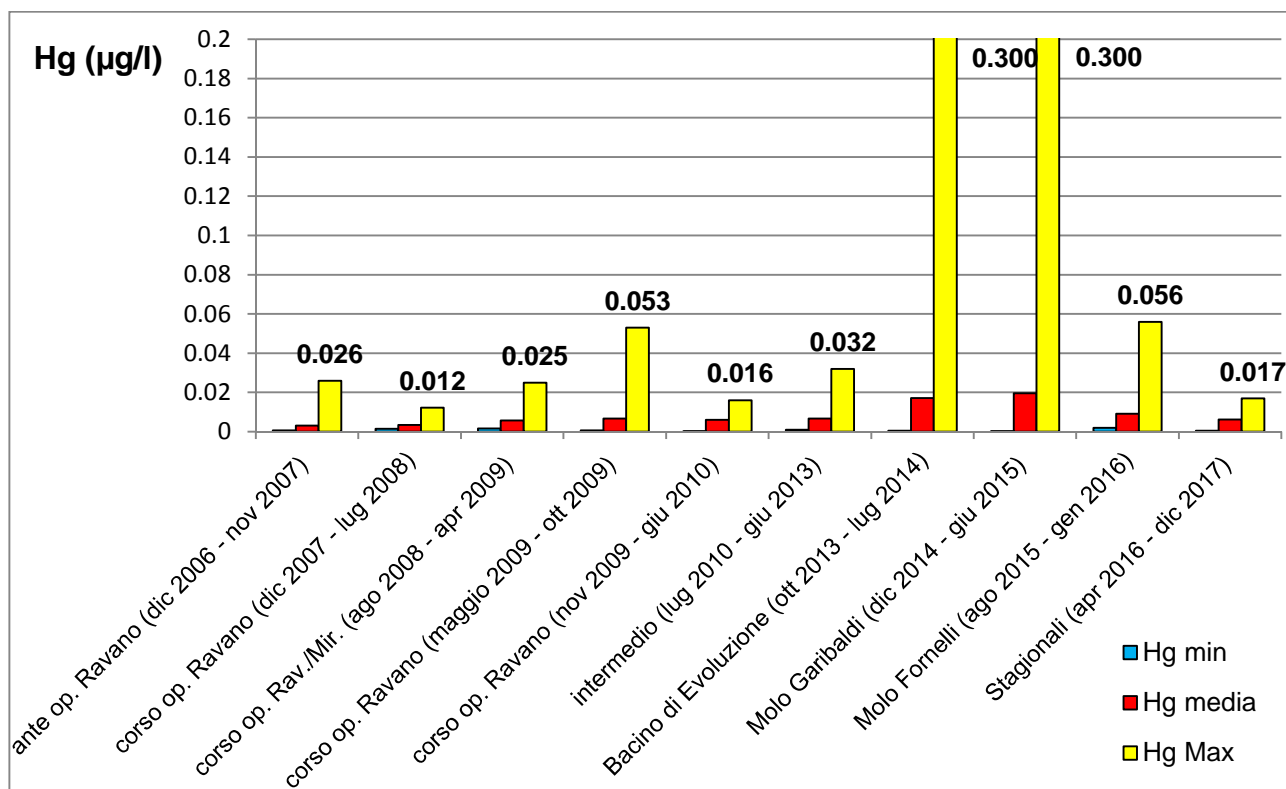


Figura 121 - Concentrazioni minime, medie e massime di mercurio misurate nei campioni superficiali nelle diverse fasi del monitoraggio

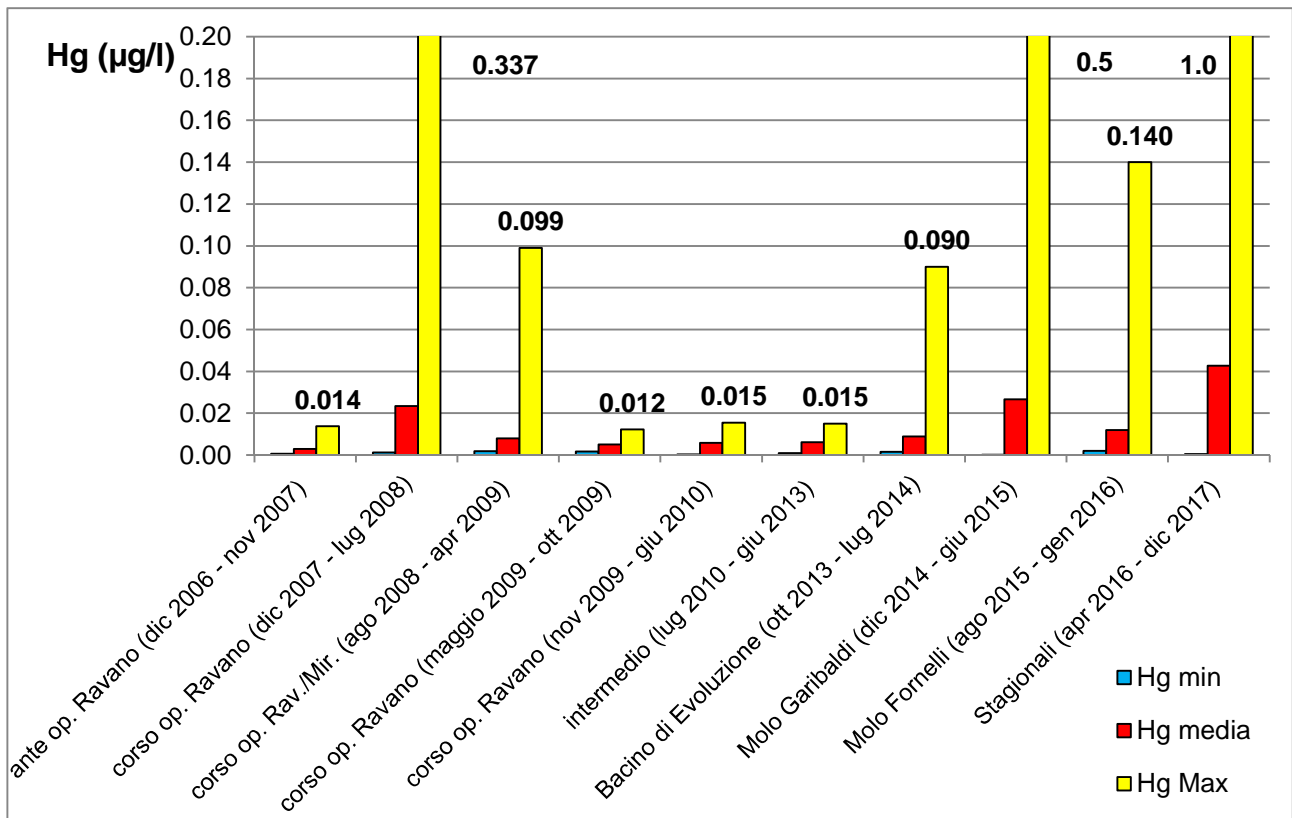


Figura 122 - Concentrazioni minime, medie e massime di mercurio misurate nei campioni profondi nelle diverse fasi del monitoraggio

Le concentrazioni di mercurio sono risultate, in generale, piuttosto basse e prossime al limite di quantificazione. Tuttavia nel corso del monitoraggio sono stati riscontrati, soprattutto nei campioni profondi, alcuni valori elevati, fino ad un ordine di grandezza maggiore del valore di SQA-CMA pari a 0.07 µg/l. Tali valori sono stati misurati sia contestualmente alle operazioni di dragaggio, che in totale assenza di attività di escavo. In particolare il valore più alto di mercurio, pari a 1 µg/l è stato misurato dopo parecchi mesi dalla conclusione di tutte le attività di dragaggio. Confrontando le variazioni delle concentrazioni di mercurio con l'andamento dei solidi sospesi è risultato molto evidente come le fluttuazioni del mercurio non siano da associarsi agli incrementi dei solidi sospesi, ma siano generalmente indipendenti.

In Figura 123 e Figura 124 sono riportati gli istogrammi delle concentrazioni di piombo misurate durante le varie fasi del monitoraggio.

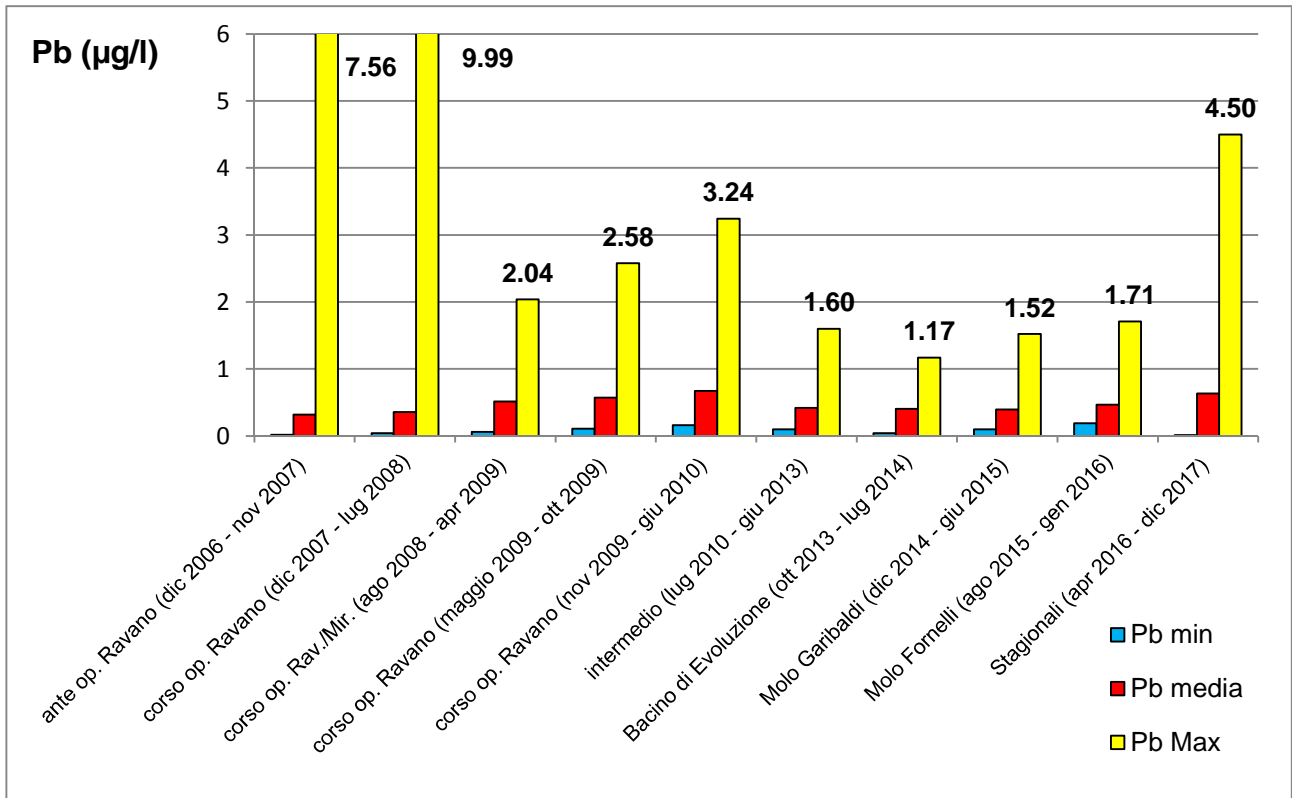


Figura 123 - Concentrazioni minime, medie e massime di piombo misurate nei campioni superficiali nelle diverse fasi del monitoraggio

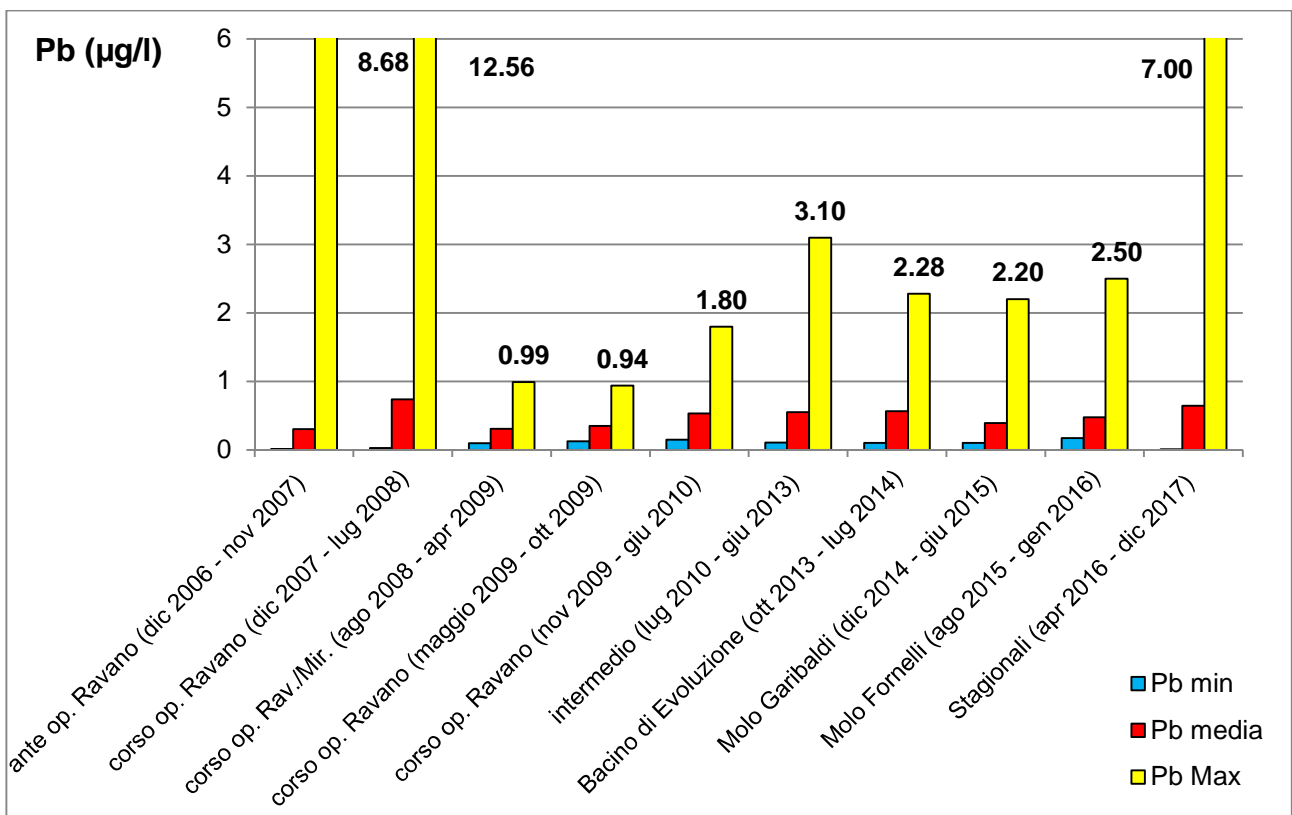


Figura 124 - Concentrazioni minime, medie e massime di piombo misurate nei campioni profondi nelle diverse fasi del monitoraggio

Le concentrazioni medie di piombo sono sempre risultate piuttosto basse ed inferiori ad 1 µg/l. Pertanto se confrontate con i limiti per i corpi idrici che prevedono allo stato attuale una concentrazione media annuale massima pari a 1.3 µg/l si può affermare che i valori medi sono nella norma. Generalmente le concentrazioni massime sono risultate inferiori a 7 µg/l, ovvero inferiori alla metà del limite massimo ammissibile, pari a 14 µg/l, introdotto dal D.Lgs 172/2015. Tale limite non è mai stato superato. Anche i valori più alti di piombo, misurati sia in presenza che in assenza di dragaggio, sono pertanto da considerarsi nella norma, soprattutto in considerazione del fatto che non sono da associarsi in modo evidente come per l'Arsenico e lo Zinco ad incrementi di solidi sospesi.

In Figura 125 e Figura 126 sono riportati gli istogrammi delle concentrazioni di **Zinco** misurate durante le varie fasi del monitoraggio.

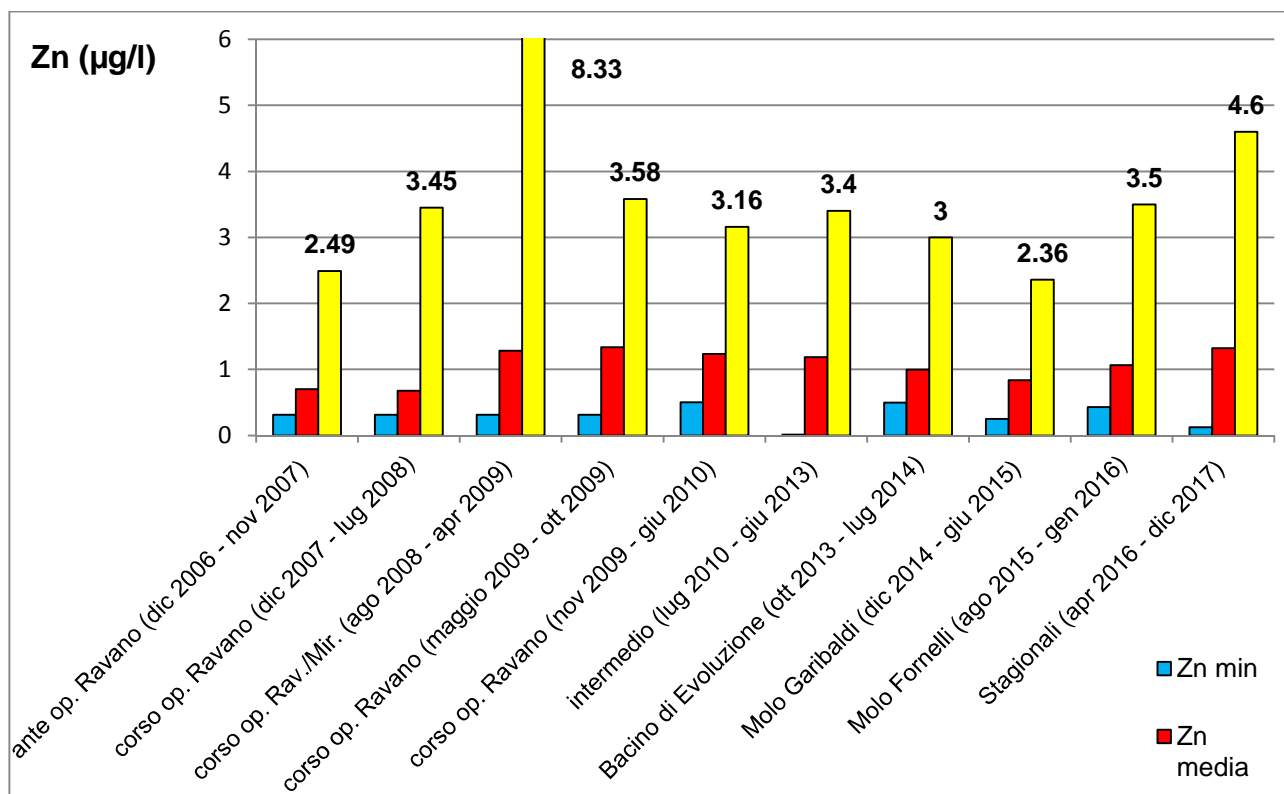


Figura 125 - Concentrazioni minime, medie e massime di zinco misurate nei campioni superficiali nelle diverse fasi del monitoraggio

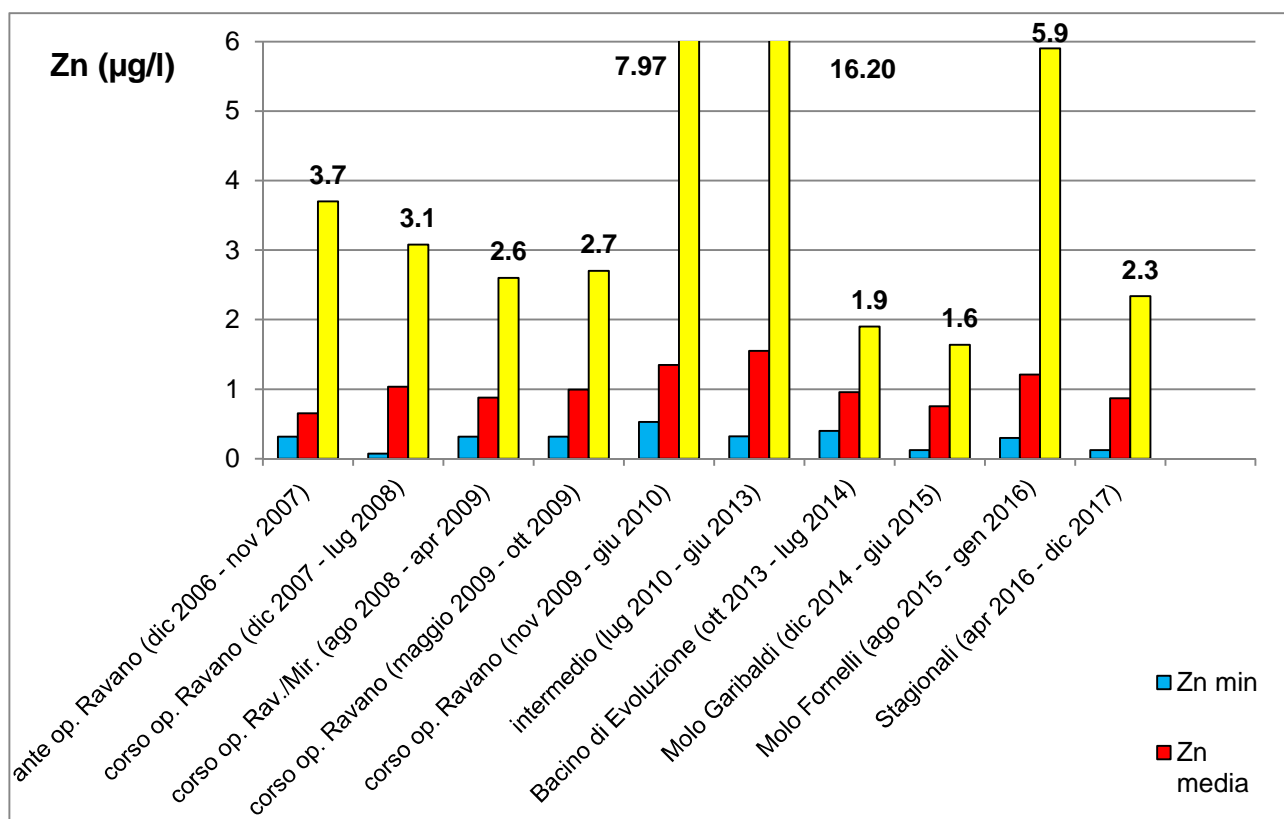


Figura 126 - Concentrazioni minime, medie e massime di zinco misurate nei campioni profondi nelle diverse fasi del monitoraggio

Analogamente a quanto già evidenziato per il piombo, le concentrazioni di zinco sono risultate più variabili durante tutta la durata del monitoraggio. Le concentrazioni medie non hanno superato 1.5 µg/l. Si segnalano alcuni valori elevati, sia nei campioni superficiali che in quelli profondi, con un massimo pari a 16.2 µg/l determinato durante una campagna eseguita in assenza prolungata di dragaggio per cui si può escludere qualsiasi influenza da parte delle attività di escavo. Come già riportato per l'Arsenico, in alcuni casi l'aumento di zinco è risultato associato ad un incremento di solidi sospesi, sia durante le operazioni di dragaggio che in totale assenza di movimentazioni. Per tale parametro non sono disponibili riferimenti normativi di SQA; si segnala però che nel sito governativo canadese della British Columbia è riportato un valore guida per la vita acquatica in ambiente marino pari a 10 µg/l (<https://www2.gov.bc.ca/gov/content/environment/air-land-water/water/water-quality>).

Tale valore guida è stato solo raramente superato e mai nelle fasi di maggior attività di dragaggio, nonostante che nel corso del monitoraggio si sia verificata una correlazione tra le concentrazioni del parametro e quelle dei solidi sospesi e che lo zinco sia un inquinante piuttosto diffuso nei sedimenti della rada della Spezia.

In Figura 127 e Figura 128 e sono riportati gli istogrammi delle concentrazioni di IPA, espressi come sommatoria di Antracene, Benzo(a)antracene, Benzo(a)pirene, Benzo(b)fluorantene, Benzo(ghi)perilene, Benzo(k)fluorantene, Crisene, Dibenzo(a,h)antracene, Fluorantene ed Indeno(1,2,3-c,d)pirene.

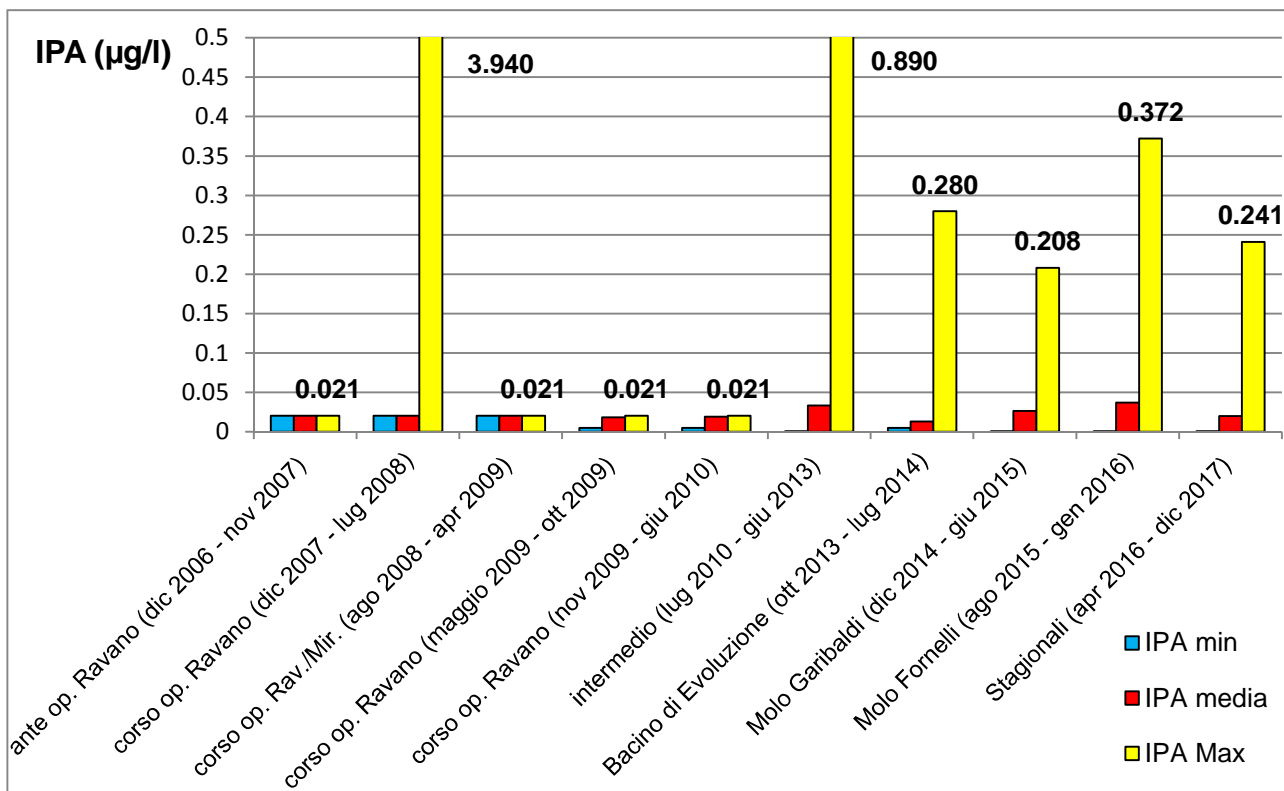


Figura 127 – Concentrazioni minime, medie e massime di IPA misurate nei campioni superficiali nelle diverse fasi del monitoraggio

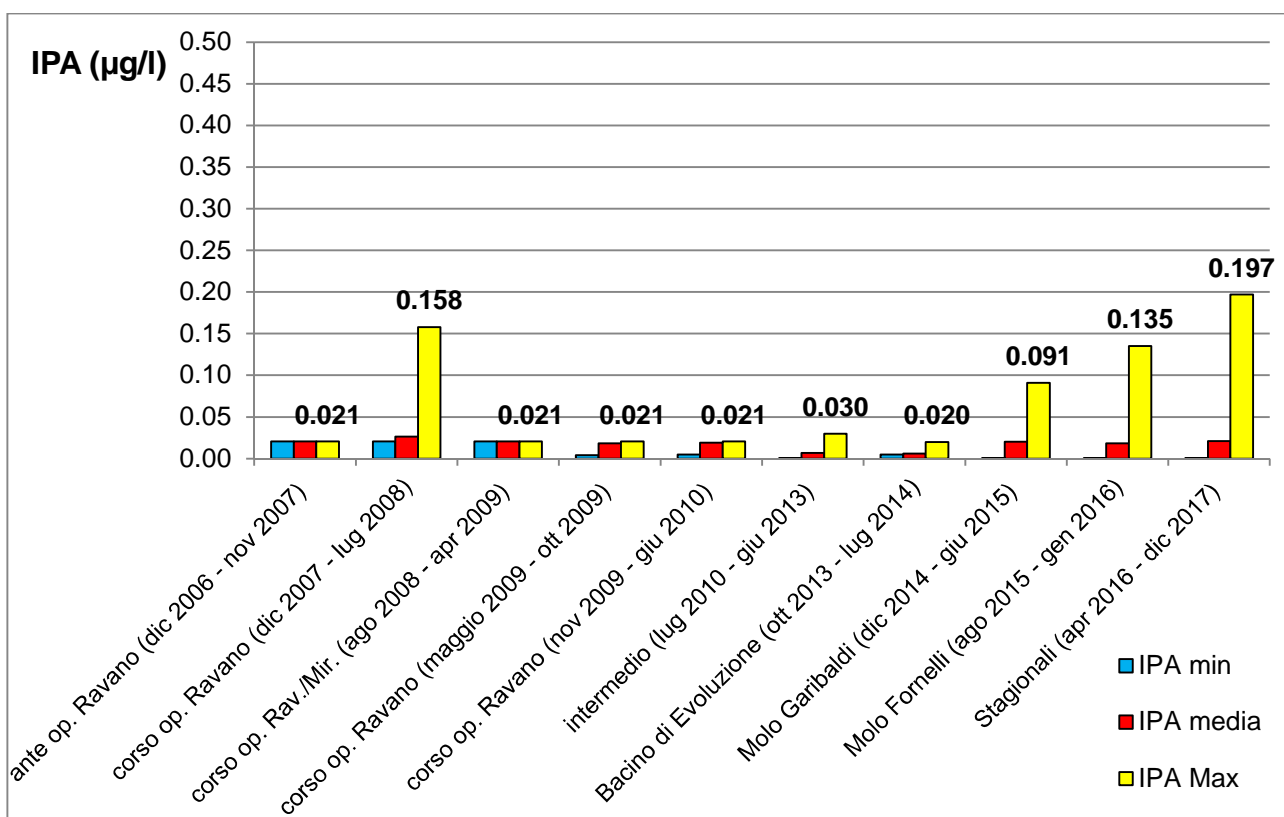


Figura 128 - Concentrazioni minime, medie e massime di IPA misurate nei campioni profondi nelle diverse fasi del monitoraggio

Come si può osservare dai grafici, le concentrazioni medie di IPA sono rimaste sempre al di sotto di 0.05 µg/l e, nella maggior parte dei casi, sono risultate anche inferiori al limite di quantificazione. A tal riguardo si precisa che dal 2015 il limite di quantificazione dello strumento è stato abbassato da 0.01 a 0.001 µg/l. Ciò ha permesso di misurare concentrazioni in precedenza non quantificabili. Nel corso del monitoraggio sono state determinate, in alcuni campioni superficiali delle stazioni P0030 e P0048 concentrazioni anche superiori ai riferimenti normativi di SQA individuati per i singoli composti. Si tenga presente che i valori standard individuati dal D.Lgs 172/2015 per i singoli IPA sono particolarmente bassi. Tali condizioni si sono verificate sia in presenza che in assenza di attività di escavo.

CONCLUSIONI

La presente relazione, come richiesto da Autorità di Sistema Portuale, ha inteso fornire una sintesi di tutti i risultati dei monitoraggi effettuati dal 2006 al 2017, dedicando particolare attenzione alle campagne eseguite nel corso dei dragaggi attuati sui fondali del Bacino di Evoluzione, Molo Garibaldi e Molo Fornelli, avvenuti dal 2013 fino alla fine del 2015.

I risultati delle analisi chimiche eseguite sui campioni di colonna d'acqua, integrati con le misure condotte con la sonda multiparametrica, hanno permesso di acquisire un'approfondita conoscenza della qualità ambientale delle acque della Rada della Spezia.

L'esecuzione dei monitoraggi, sia in concomitanza delle operazioni di bonifica/dragaggio, che in assenza di movimentazione, ha consentito di confrontare quanto rilevato in presenza di condizioni che avrebbero potuto determinare perturbazioni ed alterazioni dei parametri che caratterizzano la colonna d'acqua con le caratteristiche medie della stessa.

Come ampiamente descritto nei precedenti capitoli, ad eccezione di rari e circoscritti valori più elevati dei parametri indagati, dalla trattazione completa dei dati non è emersa, per l'intero periodo di monitoraggio, alcuna rilevante alterazione dei parametri fisico chimici della colonna d'acqua, né tanto meno si è evidenziato un andamento crescente nel tempo, né fenomeni di accumulo di contaminanti negli organismi allevati negli impianti di mitilicoltura.

In particolare le concentrazioni dei nutrienti e dei parametri microbiologici sono rimaste molto basse per tutta la durata del monitoraggio e le uniche significative variazioni sono state riscontrate nel periodo invernale in concomitanza di condizioni meteo marine avverse. Inoltre per quanto riguarda i parametri microbiologici, si fa presente che negli anni 2016 e 2017 i campioni prelevati in corrispondenza delle quattro stazioni individuate per il controllo dei parametri ai fini della balneazione ai sensi del D.Lgs. 116/2008 ("Santa Teresa", "Diga Ponente Interno", "Diga Levante Interno", "Rotonda della Chiesa delle Grazie") sono risultati "eccellenti". Nel 2016 è stata individuata una nuova stazione di campionamento per le acque di balneazione denominata "Le Grazie arenile Piazza del Monumento" per la quale sono in corso i campionamenti preliminari alla classificazione. Alla luce dei risultati ottenuti si esclude, per questi parametri, una qualsiasi influenza delle attività di dragaggio e di conseguenza non si ravvisa la necessità di proseguire nelle future campagne di monitoraggio con le loro determinazioni.

Analoghe considerazioni possono essere ripetute anche i metalli stagno e vanadio e per i PCB, questi ultimi risultati per tutto il monitoraggio sempre inferiori a 0.1 µg/l (attuale limite di quantificazione) con esclusione della sola campagna del 09 dicembre 2008 in cui nel campione superficiale e profondo della stazione P0199 sono stati determinati valori di concentrazione pari a 0.8 µg/l.

Per gli altri parametri chimici determinati, pur registrando concentrazioni più variabili, non sono stati rilevati incrementi associati alle attività di dragaggio; infatti valori elevati sono stati determinati sia contestualmente alle operazioni di escavo che in periodi prolungati di fermo cantiere.

In conclusione l'analisi attenta ed approfondita della notevole mole di dati ha fornito gli strumenti per poter desumere quanto segue:

- Le caratteristiche della colonna d'acqua non hanno subito alterazioni dal 2006 al 2017, ovvero nel corso dell'intera attività di monitoraggio, in quanto i valori medi di tutti i parametri chimici sono rimasti pressoché costanti.
- Eventuali incrementi dei parametri ricercati ed analizzati sono da associarsi a perturbazioni limitate sia nel tempo che nello spazio e non direttamente associabili alle attività di dragaggio. Ne sono testimonianza le concentrazioni elevate di solidi sospesi ed, in alcuni casi di contaminanti, misurate anche in totale assenza di operazioni di dragaggio.
- I valori medi di solidi sospesi in assenza di perturbazioni sono risultati compresi tra i 10 ed i 15 mg/l.
- I valori medi di torbidità, in assenza di perturbazioni e di condizioni meteo marine avverse, sono generalmente compresi tra 1 NTU negli strati superficiali e 10 NTU in prossimità del fondo. Valori superiori sono conseguenza di perturbazioni per le quali sono stati necessari approfondimenti.
- Gli incrementi puntuali dei parametri fisico chimici riscontrati durante alcune campagne di monitoraggio sono da ritenersi imputabili a fenomeni locali, in quanto circoscritti alle singole stazioni di monitoraggio. Si segnala che in almeno due campagne, entrambe eseguite in primavera, sono stati misurati valori di torbidità, su tutta la rada e lungo tutta la colonna d'acqua, intorno a 15 NTU. Tale situazione è stata messa in relazione alla accertata diffusa presenza di mucillaggini nelle acque del golfo.
- L'impiego delle sonde multiparametriche fisse in prossimità degli impianti di acquacoltura ed in particolare di mitilicoltura è sicuramente un valido strumento di controllo dei diversi parametri ed in particolare della torbidità, ma richiede una costante ed attenta manutenzione dei sensori della sonda e verifica delle misure che sono frequentemente influenzate dalle condizioni nell'intorno dello strumento. Una qualsiasi perturbazione della colonna d'acqua, come il passaggio di un pesce, di un'imbarcazione, anche piccola, che con le eliche crea turbolenza, o semplicemente di un qualsiasi oggetto in sospensione lungo la colonna d'acqua può essere rilevata dal sensore come una significativa variazione della misura. Solo un'attenta analisi dei dati può consentire di distinguere un dato di torbidità reale da un eventuale effetto di disturbo. Pertanto l'integrazione ed il confronto con i valori di solidi sospesi misurati nella colonna d'acqua risulta essere un valido strumento di verifica di tali misure.
- L'installazione di un ulteriore sonda fissa in prossimità delle aree di dragaggio, attuata in corso d'opera, è risultata estremamente utile nella valutazione delle eventuali alterazioni dell'ambiente marino nell'area circostante il campo di lavoro, sebbene i dati venissero scaricati a posteriori. Pertanto si ritiene che un'implementazione dell'utilizzo di una o più sonde in prossimità delle zone di dragaggio con la lettura e la trasmissione dei dati in tempo reale sia indispensabile per un controllo immediato di eventuali alterazioni dei parametri della colonna d'acqua.

Infine va ricordato che la Rada della Spezia è caratterizzata da un intenso traffico navale aumentato nel corso del monitoraggio con il transito di navi sempre più grandi e con maggiore pescaggio che determinano ad ogni passaggio e durante le operazioni di evoluzione e manovra risospensione anche significativa dei sedimenti.

BIBLIOGRAFIA

APAT, IRSA-CNR, 2004. Metodi analitici per le acque, pp 1153

E.T. Baker and J.W. Lavelle, The effect of particle size on the light attenuation coefficient of natural suspensions. *J. Geoph. Res.* 89 (1984), pp 8197-8203

P. Puig and A. Palanques. Nepheloid structure and hydrographic control on the Barcelona continental margin, northwestern Mediterranean. *Mar. Geol.* 149 (1-4) (1998), pp. 39-54

M. Capello, L. Cutroneo, M. Castellano, M. Orsi, A. Pieracci, R.M. Bertolotto, P Povero and S. Tucci. Physical and sedimentological characterization of dredged sediments. *Chemistry and Ecology*. Vol. 26, Supplement (2010), pp. 359-369

L. Cutroneo, M. Castellano, A. Pieracci, P. Povero, S. Tucci and M. Capello. The use of a combined monitoring system for following a turbid plume generated by dredging activities in a port. *J Soils Sediments* (2012), 12 pp. 797–809

L. Cutroneo, M. Castellano, M.P. Ferranti, P. Povero, S. Tucci and M. Capello. Use of optical and acoustic instruments to study the turbid plumes generated by three different types of dredges during dredging activities inside and outside of a port. *J Soils Sediments* (2013), 13 pp. 1645-1654

G.P. Gasperini et. Al., 2009. pag. 11-12 Circulation and biomass distribution during warm season in the Gulf of La Spezia (north-western Mediterranean) *Journal of Marine Systems*

Balbi T, Fabbri R, Cortese K, Smerilli A, Ciacci C, Grande C, Vezzulli L, Pruzzo C, Canesi L. Interactions between *Mytilus galloprovincialis* hemocytes and the bivalve pathogens *Vibrio aestuarianus* 01/032 and *Vibrio splendidus* LGP32. *Fish Shellfish Immunol.* 2013 Dec;35(6):1906-15

ALLEGATI

Allegato 1 - Schema Attuativo Rev. n.15 del Novembre 2008

Allegato 2 - Schema Attuativo Rev. del 2013

Allegato 3 - Ispezioni con esecuzione di misure di torbidità nell'area di dragaggio del Bacino di Evoluzione – Report attività 15/11/2013-31/12/2013

Allegato 4 - Nota Nuova Co.ed.mar. prot text 2438c14.255 del 19/02/2014 “Bonifica e successivo escavo fondali bacino di Evoluzione Navi”

Allegato 5 - Ispezioni con esecuzione di misure di torbidità nell'area di dragaggio del Bacino di Evoluzione – Report attività 01/01/2014-04/06/2014

Allegato 6 - Bonifica/dragaggio Molo Fornelli Est - Sopralluogo ARPAL del 26/08/2015 per test Allegato preventivo verifica efficacia campo panne