



**7° RELAZIONE
ATTIVITA' DI MONITORAGGIO DEL
GOLFO DELLA SPEZIA
PER IL DRAGAGGIO DELLO SPECCHIO
ACQUEO ANTISTANTE
TERMINAL RAVANO**



**Campagne di monitoraggio
Luglio 2010 - Luglio 2011**

INDICE

| | |
|---|----|
| 1 INTROduZIONE | 3 |
| 2 descriZIONE delle ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO | 4 |
| 3 descriZIONE delle attività di monitoraggio svolte | 5 |
| 3.1 Campioni e Analisi della campagna del 20 Luglio 2010 | 5 |
| 3.2 Campioni e Analisi della campagna del 24 Agosto 2010 | 6 |
| 3.3 Campioni e Analisi della campagna del 09 Marzo 2011 | 7 |
| 3.4 Campioni e Analisi della campagna del 27 Luglio 2011 | 8 |
| 4 RISULTATI CAMPAGNE DI MONITORAGGIO | 10 |
| 4.1 Risultati della campagna del 20 Luglio 2010 | 10 |
| 4.2 Risultati della campagna del 24 Agosto 2010 | 12 |
| 4.3 Risultati della campagna del 09 Marzo 2011 | 20 |
| 4.4 Risultati della campagna del 27 Luglio 2011 | 23 |
| 5 Analisi DELLE rappresentazioni GRAFICHE DEI TRANSETTI ESEGUITE CON OCEAN DATA VIEW | 20 |
| 5.1 Analisi elaborazioni dei transetti nella campagna del 20 Luglio 2010 | 20 |
| 5.2 Analisi elaborazioni transetti nella campagna del 24 Agosto 2010 | 21 |
| 5.3 Analisi elaborazioni transetti nella campagna del 09 Marzo 2011 | 22 |
| 6 ANALISI DEI RISULTATI ANALITICI | 23 |

**Allegato 1: Rappresentazione grafica transetti Campagne Monitoraggio
Luglio 2010 - Luglio 2011**

Allegato 2: Elaborazione dati analitici Campagne Luglio 2010 - Luglio 2011

1 INTRODUZIONE

Nel seguente documento viene descritta l'attività tecnica eseguita da ARPAL nel periodo Luglio 2010 - Luglio 2011, durante il quale ARPAL ha svolto attività di monitoraggio dello specchio acqueo antistante il Molo Ravano nel Porto della Spezia secondo quanto riportato nel documento denominato "Piano di Monitoraggio" approvato da Ministero dell'Ambiente nella Conferenza dei Servizi decisoria del Sito di interesse Nazionale di Pitelli del 25 luglio 2005.

Nel periodo in esame sono state realizzate quattro campagne di monitoraggio giornaliere:

- Campagna di Monitoraggio 20 Luglio 2010
- Campagna di Monitoraggio 24 Agosto 2010
- Campagna di Monitoraggio 09 Marzo 2011
- Campagna di Monitoraggio 27 Luglio 2011

Tali campagne rientrano nella fase del monitoraggio denominata "Post-operam" nel Piano di monitoraggio, in quanto realizzate al termine delle attività di bonifica e dragaggio del Molo Ravano.

Le campagne di monitoraggio durante il periodo di escavo del Molo Ravano (settembre 2009 - marzo 2010) sono state realizzate secondo la frequenza quindicinale mentre nel periodo successivo (aprile - agosto 2010) con frequenza mensile come previsto dallo Schema Attuativo del monitoraggio delle attività di bonifica e dragaggio del Molo Ravano.

In considerazione che le attività di bonifica e dragaggio del Molo Ravano sono state sospese nel mese di maggio 2010 e non sono ancora iniziate attività analoghe nelle aree portuali adiacenti, le tempistiche del monitoraggio della fase "post operam", a seguito di accordi tra gli organi di controllo, sono state ridotte a bimestrali e verranno incrementate in relazione a quanto rilevato nel corso del monitoraggio.

2 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITÀ DI DRAGAGGIO

Le attività di bonifica e dragaggio dei fondali antistanti il Terminal Ravano si sono svolte nel periodo luglio 2007- maggio 2010 ed hanno interessato n. 15 settori di lato 50 m x 50 m, dall' R1 all' R15, sui quali nel 2004 ICRAM aveva realizzato il Piano di caratterizzazione.

I volumi di sedimento complessivamente asportati nell'intero periodo di dragaggio (luglio 2007 - maggio 2010) sono circa 130.000 m³ di cui:

- 1.250 m³ di sedimenti "rossi" compresi nel settore R11, sottoposto a Messa in sicurezza d'emergenza eseguita da luglio a dicembre 2007 ed in seguito trasportati in discarica transfrontaliera (Germania)
- 24.625 m³ di sedimenti "arancioni" nel settore R3 e "gialli" nell' R1, R3, R9 ed R10 sottoposti a bonifica eseguita da gennaio ad ottobre 2008
- restanti 90.000 m³ circa di sedimenti "verdi" trasportati in parte (32.000 m³) presso la vasca di colmata del Porticciolo Mirabello in conformità al Decreto autorizzativo della Regione Liguria n. 1799 del 13/07/2009 ed in parte (80.000 m³ circa) presso la vasca di colmata nel Porto di Livorno, in seguito ad Accordo di Programma Quadro siglato da MATTM, Regione, Provincia, Comune, Autorità Portuale di La Spezia e di Livorno nel novembre 2010.

Tale accordo ha previsto la verifica preventiva delle caratteristiche dei sedimenti del Molo Ravano, ai sensi della Legge Regionale Toscana n. 19/2003 per il conferimento in cassa di colmata in quanto l'ultima caratterizzazione risaliva a più di 2 anni (ICRAM, 2004).

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 successivamente trasferiti in vasca di colmata nel Porto di Livorno, compatibilmente con le condizioni meteo-marine, nel rispetto dell'Accordo di Programma.

Per quanto concerne l'attività di dragaggio del Molo Mirabello, nel periodo in oggetto, non sono ancora iniziate le operazioni di escavo della parte terminale del Canale Lagora, ARPAL nel periodo in oggetto ha eseguito il monitoraggio dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua nelle n.3 stazioni di monitoraggio (P0044, P0046, P0065) previste.

3 DESCRIZIONE DELLE ATTIVITA' DI MONITORAGGIO SVOLTE

Durante le campagne giornaliere di monitoraggio ARPAL esegue il prelievo di campioni di acqua in corrispondenza di due profondità (superficiale e profondo) per l'esecuzione di analisi chimico-fisiche e microbiologiche di:

- inquinanti (quali As, Cd, Hg, Pb, Zn, V, Sn, PCB e IPA) eseguiti sul campione tal quale prelevato in n.4 stazioni strategiche: P0020 ubicato immediatamente all'esterno delle panne galleggianti di conterminazione, P0030 situato in prossimità delle panne e vicino al P0020, P0117 situato al centro del Golfo e P0199 posizionato in prossimità dell'allevamento dei mitili; nelle restanti n.4 stazioni di monitoraggio: P0036, P0195, P0226, P0304 le analisi sul particolato vengono eseguite solo in caso di rilevamento di valori elevati (superiori a 10 FTU) del parametro torbidità misurato in tempo reale tramite sonda multiparametrica.
- solidi in sospensione (TSS), carbonio organico totale (TOC), Fosforo totale e parametri microbiologici (streptococchi fecali, coliformi fecali, spore di clostridi solfito-riduttori) eseguiti sempre sul campione tal quale prelevato in tutte le stazioni di monitoraggio previste dal Piano
- nutrienti (Nitriti, Nitrati, Ortofosfati, Ammoniaca) rilevati sul campione filtrato prelevato nelle n.8 stazioni previste dal Piano di monitoraggio.

Inoltre ARPAL esegue n.30 profili verticali per il rilevamento dei parametri chimico-fisici (profondità, temperatura, conducibilità, salinità, ossigeno percentuale e disciolto, pH, potenziale redox, clorofilla, torbidità) nella colonna d'acqua di cui:

- n.8 in corrispondenza dei punti di prelievo di campioni di acqua (P0020, P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304)
- n.22 (P0037, P0048, P0050, P0076, P0078, P0080, P0082, P0113, P0115, P0119, P0121, P0123, P0164, P0166, P0168, P0170, P0172, P0174, P0203, P0205, P0162, P0220) in punti appartenenti ai n.7 transetti orizzontali (T0016, T0017, T0018, T0019, T0020, T0021, T0022).

3.1 Campioni e Analisi della campagna del 20 Luglio 2010

Il giorno 20 Luglio 2010, ARPAL ha eseguito il campionamento in 8 stazioni (P0020, P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304), dove sono stati anche eseguiti i profili verticali con la sonda multiparametrica per il rilevamento dei parametri chimico-fisici.

I prelievi sono stati effettuati a due profondità lungo la colonna d'acqua: a -2 metri dalla superficie e a +2 metri dal fondo.

Sui 16 campioni prelevati, sono state eseguite analisi in laboratorio dei solidi in sospensione (TSS), del carbonio organico totale (TOC), dei nitriti, nitrati, azoto totale, ortofosfati, azoto ammoniacale, fosforo totale e dei parametri microbiologici (streptococchi fecali, coliformi fecali, spore di clostridi solfito-riduttori).

L'analisi degli inquinanti (As, Cd, Hg, Pb, V, Zn, IPA, PCB) è stata eseguita su 8 campioni prelevati nelle stazioni P0020, P0030, P0117 e P0199.

Tab.1 Tabella esplicativa stazioni di campionamento:

| CodicePunto | Sigla verbale | Data | Profondità | CodicePunto | Sigla verbale | Data | Profondità |
|-------------|---------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|------------|
| P0020 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 | P0195 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 |
| P0020 | C067B | 20/07/2010 | 09.0 | P0195 | C067B | 20/07/2010 | 06.0 |
| P0030 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 | P0199 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 |
| P0030 | C067B | 20/07/2010 | 10.0 | P0199 | C067B | 20/07/2010 | 10.0 |
| P0036 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 | P0226 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 |
| P0036 | C067B | 20/07/2010 | 06.5 | P0226 | C067B | 20/07/2010 | 09.0 |
| P0117 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 | P0304 | C067A | 20/07/2010 | 02,0 |
| P0117 | C067B | 20/07/2010 | 09.0 | P0304 | C067B | 20/07/2010 | 10.0 |

Nella stessa giornata sono state eseguite calate verticali con la sonda multiparametrica in n. 29 stazioni di monitoraggio per la definizione di n. 7 transetti previsti dallo Schema Attuativo:

T0016-P0036, P0037, P0048, P0050

T0017-P0076, P0078, P0080, P0082

T0018-P0113, P0115, P0117, P0119, P0121, P0123

T0019-P0164, P0166, P0168, P0170, P0172, P0174

T0020-P0203, P0205, P0199

T0021-P0020, P0030, P0050, P0082, P0123, P0162

T0022-P0020, P0030, P0050, P0078, P0115, P0195, P0205, P0220, P0304.

3.2 Campioni e Analisi della campagna del 24 Agosto 2010

Il giorno 24 Agosto 2010, ARPAL ha svolto l'attività di campionamento delle acque in n. 8 stazioni puntuali (P0020, P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304), dove i campioni sono stati prelevati a due profondità: a -2 metri dalla superficie e a +2 metri dal fondo.

Su tutti i campioni sono state eseguite analisi della concentrazione dei solidi in sospensione (TSS), del carbonio organico totale (TOC), dei nutrienti (Nitriti, Nitrati, Azoto totale, Ortofosfati, Ammoniaca, Fosforo totale), dei parametri microbiologici (Enterococchi, Escherichia coli betaglucuronidasi positivo, Spore di clostridi solfito riduttori); l'analisi degli inquinanti (As, Cd, Hg, Pb, V, Zn, IPA, PCB) è stata eseguita solo su 8 campioni prelevati in 4 stazioni: P0020, P0030, P0117 e P0199.

Tab.2 Tabella esplicativa stazioni di campionamento:

| CodicePunto | Sigla verbale | Data | Profondità | CodicePunto | Sigla verbale | Data | Profondità |
|-------------|---------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|------------|
| P0020 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 | P0195 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 |
| P0020 | C068B | 24/08/2010 | 09,0 | P0195 | C068B | 24/08/2010 | 06,0 |
| P0030 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 | P0199 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 |
| P0030 | C068B | 24/08/2010 | 10,0 | P0199 | C068B | 24/08/2010 | 10,0 |
| P0036 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 | P0226 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 |
| P0036 | C068B | 24/08/2010 | 06,5 | P0226 | C068B | 24/08/2010 | 09,0 |
| P0117 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 | P0304 | C068A | 24/08/2010 | 02,0 |
| P0117 | C068B | 24/08/2010 | 09,0 | P0304 | C068B | 24/08/2010 | 10,0 |

Lo stesso giorno sono state eseguite calate verticali con la sonda multiparametrica in n. 29 stazioni di monitoraggio per la definizione di n. 7 transetti previsti dallo "Schema Attuativo del Monitoraggio delle Attività di Bonifica del Molo Ravano" redatto da ARPAL, ASL5 Spezzina, ICRAM, ISS:

T0016-P0036, P0037, P0048, P0050

T0017-P0076, P0078, P0080, P0082

T0018-P0113, P0115, P0117, P0119, P0121, P0123

T0019-P0164, P0166, P0168, P0170, P0172, P0174

T0020-P0203, P0205, P0199

T0021-P0020, P0030, P0050, P0082, P0123, P0162

T0022-P0020, P0030, P0050, P0078, P0115, P0195, P0205, P0220, P0304.

3.3 Campioni e Analisi della campagna del 09 Marzo 2011

Il giorno 9 Marzo 2011 ARPAL ha svolto attività di campionamento acque in n. 7 stazioni di monitoraggio nelle quali sono stati eseguiti i profili verticali con la sonda con le stesse modalità precedentemente descritte.

I campioni (P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304) sono stati prelevati alle profondità di -2 metri dalla superficie e a +2 metri dal fondale.

In questa campagna nella stazione P0020, ubicata "ad hoc" immediatamente all'esterno delle panne galleggianti di conterminazione, per il controllo dell'assenza di diffusione degli inquinanti, è stato eseguito il monitoraggio dei parametri chimico-fisici della colonna d'acqua (profondità, temperatura, conducibilità, salinità, ossigeno percentuale e disciolto, pH, potenziale-redox, clorofilla, torbidità) ma non il campionamento poiché l'attività di dragaggio dei fondali antistanti il Terminal Ravano è terminata nel mese di maggio 2010.

Sono state eseguite analisi dei solidi in sospensione (TSS), carbonio organico totale (TOC), nutrienti e parametri microbiologici.

Sui tre campioni prelevati nei punti P0030, P0117 e P0199, in entrambe le profondità, si è effettuata l'analisi dei contaminanti (As, Cd, Hg, Pb, Sn, V, Zn, PCB e IPA).

Tab.3 Tabella esplicativa stazioni di campionamento:

| CodicePunto | Sigla verbale | Data | Profondità | CodicePunto | Sigla verbale | Data | Profondità |
|-------------|---------------|------------|------------|-------------|---------------|------------|------------|
| P0030 | C069A | 09/03/2011 | 02,0 | P0199 | C069A | 09/03/2011 | 02,0 |
| P0030 | C069B | 09/03/2011 | 10,0 | P0199 | C069B | 09/03/2011 | 09,0 |
| P0036 | C069A | 09/03/2011 | 02,0 | P0226 | C069A | 09/03/2011 | 02,0 |
| P0036 | C069B | 09/03/2011 | 06,5 | P0226 | C069B | 09/03/2011 | 09,0 |
| P0117 | C069A | 09/03/2011 | 02,0 | P0304 | C069A | 09/03/2011 | 02,0 |
| P0117 | C069B | 09/03/2011 | 09,0 | P0304 | C069B | 09/03/2011 | 10,0 |
| P0195 | C069A | 09/03/2011 | 02,0 | | | | |
| P0195 | C069B | 09/03/2011 | 06,0 | | | | |

Sui campioni sono state eseguite analisi della concentrazione dei solidi in sospensione (TSS), del carbonio organico totale (TOC), dei nutrienti (Nitriti, Nitrati, Azoto totale, Ortofosfati, Ammoniaca, Fosforo totale), dei parametri microbiologici (Enterococchi, Escherichia coli betaglucuronidasi positivo, Spore di clostridi solfito riduttori).

L'analisi dei parametri chimici di interesse sul particolato (As, Cd, Hg, Pb, Sn, V, Zn, PCB e IPA) è stata effettuata esclusivamente sui campioni prelevati nelle stazioni P0030, P0117 e P0199, ad entrambe le profondità di campionamento (-2 metri dalla superficie e +2 metri dal fondo).

Lo stesso giorno sono stati effettuati n.23 per la definizione di n.6 transetti:

T0016-P0036, P0037, P0048, P0050

T0017-P0076, P0078, P0080, P0082

T0018-P0113, P0115, P0117, P0119, P0121, P0123

T0019-P0164, P0166, P0168, P0170, P0172, P0174

T0020-P0203, P0205, P0199

T0021-P0020, P0030, P0050, P0082, P0123, P0162

T0022-P0020, P0030, P0050, P0078, P0115, P0195, P0205, P0220, P0304.

3.4 Campioni e Analisi della campagna del 27 Luglio 2011

Il giorno 27 Ottobre 2009, ARPAL ha svolto attività di campionamento acque in n. 8 stazioni di monitoraggio nelle quali sono stati eseguiti i profili verticali con la sonda.

I campioni (P0020, P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304) sono stati prelevati alle profondità di -2 metri dalla sup. e +2 metri dal fondo.

Sono state eseguite analisi dei solidi in sospensione (TSS), carbonio organico totale (TOC), nutrienti e parametri microbiologici.

Sui quattro campioni prelevati nei punti P0020, P0030, P0117 e P0199, in entrambe le profondità, si è effettuata l'analisi dei contaminanti (As, Cd, Hg, Pb, Sn, V, Zn, PCB e IPA).

Tab.4 Tabella esplicativa stazioni di campionamento:

| CodicePunto | Sigla verbale | Data | Profondità | Codice Punto | Sigla verbale | Data | Profondità |
|-------------|---------------|------------|------------|--------------|---------------|------------|------------|
| P0030 | C070A | 27/07/2011 | 02,0 | P0199 | C070A | 27/07/2011 | 02,0 |
| P0030 | C070B | 27/07/2011 | 10,0 | P0199 | C070B | 27/07/2011 | 10,0 |
| P0036 | C070A | 27/07/2011 | 02,0 | P0226 | C070A | 27/07/2011 | 02,0 |
| P0036 | C070B | 27/07/2011 | 06,5 | P0226 | C070B | 27/07/2011 | 09,0 |
| P0117 | C070A | 27/07/2011 | 02,0 | P0304 | C070A | 27/07/2011 | 02,0 |
| P0117 | C070B | 27/07/2011 | 09,0 | P0304 | C070B | 27/07/2011 | 10,0 |
| P0195 | C070A | 27/07/2011 | 02,0 | | | | |
| P0195 | C070B | 27/07/2011 | 06,0 | | | | |

Nella stessa giornata sono state eseguite calate verticali con la sonda in n.6 stazioni di monitoraggio appartenenti ai transetti T0016 e T0021, non è stato possibile eseguire il monitoraggio delle restanti stazioni a causa di un guasto tecnico al PC portatile connesso alla sonda:

T0016-P0036, P0037, P0048, P0050

T0021-P0020, P0030

T0022-P0020, P0030, P0050.

4 RISULTATI CAMPAGNE DI MONITORAGGIO

4.1 Risultati della campagna del 20 Luglio 2010

La tabella seguente mostra i risultati analitici della campagna del 20 Luglio 2010 eseguiti su 8 campioni di acqua (P0020, P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304).

Nella prima colonna sono descritti i parametri standard, microbiologici e i contaminanti, nelle colonne successive i valori ottenuti dalle analisi ed i rispettivi limiti di rilevabilità.

I risultati sono rappresentati graficamente nell'Allegato 3 mediante istogrammi che mostrano l'andamento dei parametri chimici indagati.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 7 alla fig.10 si osserva l'andamento dei metalli (As, Hg, Pb, Z, V, Sn, Cd) in 4 stazioni di campionamento (P0020, P0030, P0117 e P0199); IPA e PCB non sono rappresentati in quanto risultano inferiori al limite di rilevabilità dello strumento nel maggior numero di Campagne effettuate.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 8 a 12 si visualizzano le elaborazioni grafiche (istogrammi) della concentrazione dei Solidi in sospensione (TSS), della torbidità (FTU), del Carbonio Organico Totale (TOC), dell'Azoto totale, dell'Azoto ammoniacale e dell'Azoto Nitrico.

Tab.18 Tabella dei risultati analitici della campagna del 20 Luglio 2010

| | | | Campagna 20/07/2010 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------|---------------------|--------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|
| Parametri | uM | LdR | P0020 | | P0030 | | P0036 | | P0117 | | P0195 | | P0199 | | P0226 | | P0304 | |
| | | | C067A | C067B | C067A | C067B | C067A | C067B | C067A | C067B | C067A | C067B | C067A | C067B | C067A | C067B | C067A | C067B |
| Azoto ammoniacale come N | µg/l | 10 | 22 | 12 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | 21 |
| Azoto nitrico come N | µg/l | 10 | 16 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Azoto nitroso come N | µg/l | 10 | 16 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Azoto totale | µg/l | | 160 | 140 | 150 | 128 | 177 | 180 | 143 | 117 | 153 | 141 | 151 | 137 | 118 | 107 | 172 | 176 |
| Fosforo totale come P | µg/l | 30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Ortofosfato come P | µg/l | 10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Solidi sospesi totali | mg/l | 2 | 13 | 12 | 14 | 13 | 13 | 12 | 10 | 14 | 12 | 10 | 16 | 11 | 9 | 10 | 10 | 12 |
| Carbonio organico totale (TOC) | µg/l | 0.5 | 1.4 | 1.3 | 1.6 | 1.4 | 1.7 | 1.5 | 1.7 | 1.3 | 1.5 | 1.3 | 1.6 | 1.5 | 1.5 | 1.3 | 1.5 | 1.3 |
| Enterococchi | UFC/100 ml | 1 | 56 | 8 | 32 | 20 | 28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 |
| Escherichia coli betaglucuronidasi positivo | UFC/100 ml | 1 | 34 | 8 | 2 | 16 | 2 | 6 | 0 | 0 | 8 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| Spore di clostridi solfito riduttori | UFC/100 ml | 1 | 4 | 4 | 10 | 2 | 18 | 12 | 6 | 4 | 0 | 2 | 0 | 2 | 2 | 4 | 0 | 0 |
| Arsenico come As | | 0.0013 | <0.013 | 0.055 | 0.05 | 0.046 | | | 0.05 | 0.047 | | | 0.06 | 0.045 | | | | |
| Cadmio come Cd | µg/l | 0.005 | 0.005 | 0.009 | 0.008 | 0.005 | | | 0.0075 | 0.0075 | | | <0.005 | 0.008 | | | | |
| Mercurio come Hg | µg/l | 0.00025 | 0.0067 | 0.004 | 0.006 | 0.005 | | | 0.004 | 0.0052 | | | 0.002 | 0.01 | | | | |
| PCB | µg/l | 0.005 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | | | | | | | <0.01 | <0.01 | | | | |
| Piombo come Pb | µg/l | 0.015 | 0.62 | 0.44 | 0.755 | 0.62 | | | 0.525 | 0.76 | | | 0.39 | 0.35 | | | | |
| Stagno come Sn | µg/l | 0.02 | 0.275 | 0.212 | 0.257 | 0.227 | | | 0.222 | 0.205 | | | 0.252 | 0.22 | | | | |
| Vanadio come V | µg/l | 0.01 | 0.102 | 0.107 | 0.165 | 0.057 | | | 0.08 | 0.082 | | | 0.127 | 0.197 | | | | |
| Zinco come Zn | µg/l | 0.023 | 2 | 16.2 | 1.41 | 1.48 | | | 1.33 | 1.8 | | | 1.07 | 1.42 | | | | |
| IPA | µg/l | 0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | <0.001 | | | 0.01 | <0.001 | | | <0.001 | <0.001 | | | | |

4.2 Risultati della campagna del 24 Agosto 2010

La tabella seguente mostra i risultati analitici della campagna del 24 Agosto 2010 eseguiti su 8 campioni di acqua (P0020, P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304).

Nella prima colonna sono descritti i parametri standard, microbiologici e i contaminanti, nelle colonne successive i valori ottenuti dalle analisi ed i rispettivi limiti di rilevabilità.

I risultati sono rappresentati graficamente nell'Allegato 3 mediante istogrammi che mostrano l'andamento dei parametri chimici indagati.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 7 alla fig.10 si osserva l'andamento dei metalli (As, Hg, Pb, Z, V, Sn, Cd) in 4 stazioni di campionamento (P0020, P0030, P0117 e P0199); IPA e PCB non sono rappresentati in quanto risultano inferiori al limite di rilevabilità dello strumento nel maggior numero di Campagne effettuate.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 8 a 12 si visualizzano le elaborazioni grafiche (istogrammi) della concentrazione dei Solidi in sospensione (TSS), della torbidità (FTU), del Carbonio Organico Totale (TOC), dell'Azoto totale, dell'Azoto ammoniacale e dell'Azoto Nitrico.

Tab.19 Tabella dei risultati analitici della campagna del 24 Agosto 2010

| | | | Campagna 24/08/2010 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Parametri | uM | LdR | P0020 | | P0030 | | P0036 | | P0117 | | P0195 | | P0199 | | P0226 | | P0304 | |
| | | | C068A | C068B | C068A | C068B | C068A | C068B | C068A | C068B | C068A | C068B | C068A | C068B | C068A | C068B | C068A | C068B |
| Azoto ammoniacale come N | µg/l | 10 | <10 | 21 | <10 | 12 | <10 | <10 | <10 | <10 | 43 | 22 | <10 | 17 | <10 | 13 | <10 | <10 |
| Azoto nitrico come N | µg/l | 10 | 26 | 12 | 11 | 11 | 13 | <10 | <10 | <10 | <10 | 12 | <10 | 12 | 25 | 14 | <10 | <10 |
| Azoto nitroso come N | µg/l | 10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Azoto totale | µg/l | | 183 | 174 | 162 | 142 | 200 | 157 | 163 | 188 | 282 | 173 | 159 | 153 | 167 | 164 | 119 | 109 |
| Fosforo totale come P | µg/l | 30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Ortofosfato come P | µg/l | 10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Solidi sospesi totali | mg/l | 2 | 14 | 14 | 13 | 18 | 13 | 13 | 12 | 12 | 13 | 13 | 12 | 14 | 8 | 9 | 14 | 11 |
| Carbonio organico totale (TOC) | µg/l | 0.5 | 1.3 | 1 | 1.3 | 1.1 | 1.4 | 1.2 | 1.4 | 1.6 | 1.4 | 1.1 | 1.3 | 1.2 | 1.1 | 1.1 | 1.2 | 1.1 |
| Enterococchi | UFC/100 ml | 1 | 30 | 4 | 14 | 2 | 30 | 4 | <2 | 6 | 26 | 60 | <2 | 14 | <2 | 2 | 6 | <2 |
| Escherichia coli betaglucuronidasi positivo | UFC/100 ml | 1 | 140 | 14 | 38 | 4 | 78 | 12 | <2 | <2 | 14 | <2 | <2 | 2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Spore di clostridi solfito riduttori | UFC/100 ml | 1 | 48 | 10 | 8 | 6 | 82 | 4 | 2 | 2 | 24 | 20 | 4 | 10 | <2 | 6 | <2 | <2 |
| Arsenico come As | µg/l | 0.0013 | 0.041 | 0.108 | 0.057 | 0.101 | | | <0.013 | 0.035 | | | 0.036 | 0.047 | | | | |
| Cadmio come Cd | µg/l | 0.005 | 0.007 | 0.007 | 0.006 | 0.006 | | | 0.006 | 0.012 | | | 0.006 | 0.006 | | | | |
| Mercurio come Hg | µg/l | 0.00025 | 0.0068 | 0.008 | 0.007 | 0.008 | | | 0.0102 | 0.0119 | | | 0.004 | 9E-04 | | | | |
| PCB | µg/l | 0.005 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | | | | | | | | | | | | |
| Piombo come Pb | µg/l | 0.015 | 0.59 | 0.51 | 0.45 | 0.49 | | | 0.5 | 1.72 | | | 0.35 | 0.105 | | | | |
| Stagno come Sn | µg/l | 0.02 | 0.06 | 0.06 | 0.08 | 0.1 | | | 0.1 | 0.13 | | | 0.13 | 0.16 | | | | |
| Vanadio come V | µg/l | 0.01 | 0.09 | 0.17 | 0.11 | 0.26 | | | 0.04 | 0.08 | | | 0.08 | 0.04 | | | | |
| Zinco come Zn | µg/l | 0.023 | 1.53 | 1.34 | 1.15 | 1.39 | | | 1.22 | 3.75 | | | 0.72 | 0.33 | | | | |
| IPA | µg/l | 0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | <0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | | |

4.3 Risultati della campagna del 09 Marzo 2011

La tabella seguente mostra i risultati analitici della campagna del 9 Marzo 2011 eseguiti su 7 campioni di acqua (P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304).

Nella prima colonna sono descritti i parametri standard, microbiologici e i contaminanti, nelle colonne successive i valori ottenuti dalle analisi ed i rispettivi limiti di rilevabilità.

I risultati sono rappresentati graficamente nell'Allegato 3 mediante istogrammi che mostrano l'andamento dei parametri chimici indagati.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 7 alla fig.10 si osserva l'andamento dei metalli (As, Hg, Pb, Z, V, Sn, Cd) in 4 stazioni di campionamento (P0020, P0030, P0117 e P0199); IPA e PCB non sono rappresentati in quanto risultano inferiori al limite di rilevabilità dello strumento nel maggior numero di Campagne effettuate.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 8 a 12 si visualizzano le elaborazioni grafiche (istogrammi) della concentrazione dei Solidi in sospensione (TSS), della torbidità (FTU), del Carbonio Organico Totale (TOC), dell'Azoto totale, dell'Azoto ammoniacale e dell'Azoto Nitrico.

Tab.20 Tabella dei risultati analitici della campagna del 9 Marzo 2011

| | | | Campagna 09/03/2011 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Parametri | uM | LdR | P0020 | | P0030 | | P0036 | | P0117 | | P0195 | | P0199 | | P0226 | | P0304 | |
| | | | C069A | C069B | C069A | C069B | C069A | C069B | C069A | C069B | C069A | C069B | C069A | C069B | C069A | C069B | C069A | C069B |
| Azoto ammoniacale come N | µg/l | 10 | | | 14 | <10 | 56 | 13 | 17 | <10 | 53 | 33 | 22 | <10 | 11 | <10 | 22 | 10 |
| Azoto nitrico come N | µg/l | 10 | | | 29 | 20 | 44 | 23 | 27 | 16 | 43 | 33 | 29 | 15 | 22 | <10 | 30 | 18 |
| Azoto nitroso come N | µg/l | 10 | | | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Azoto Totale | µg/l | | | | 175 | 169 | 234 | 160 | 163 | 136 | 224 | 200 | 207 | 115 | 142 | 127 | 173 | 137 |
| Fosforo totale come P | µg/l | 30 | | | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Ortofosfato come P | µg/l | 10 | | | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Solidi sospesi totali | mg/l | 2 | | | 12 | 11 | 10 | 12 | 12 | 13 | 13 | 10 | 11 | 12 | 11 | 11 | 12 | 12 |
| Carbonio organico totale (TOC) | µg/l | 0.5 | | | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.99 | 1.1 | 1.1 | 1.1 | 0.99 | 0.99 | 1 | 1.1 | 1 |
| Enterococchi | UFC/100 ml | 1 | | | 4 | <2 | 60 | 8 | 2 | <2 | 6 | 22 | <2 | 2 | <2 | <2 | 4 | 4 |
| Escherichia coli betaglucuronidasi positivo | UFC/100 ml | 1 | | | <2 | <2 | 18 | 2 | <2 | <2 | <2 | 18 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Spore di clostridi solfito riduttori | UFC/100 ml | 1 | | | 4 | 10 | 48 | 8 | 14 | 2 | 10 | 16 | 6 | <2 | 2 | <2 | <2 | 8 |
| Arsenico come As | | 0.013 | | | 0.09 | 0.068 | | | 0.13 | 0.18 | | | 0.124 | 0.212 | | | | |
| Cadmio come Cd | µg/l | 0.005 | | | 0.005 | 0.005 | | | 0.005 | 0.005 | | | 0.008 | 0.008 | | | | |
| Mercurio come Hg | µg/l | 0.00025 | | | 0.002 | 0.007 | | | 0.0018 | 0.0084 | | | 0.001 | 0.002 | | | | |
| PCB | µg/l | 0.005 | | | <0.01 | <0.01 | | | | | | | | | | | | |
| Piombo come Pb | µg/l | 0.015 | | | 0.248 | 0.84 | | | 0.36 | 0.35 | | | 0.668 | 0.372 | | | | |
| Stagno come Sn | µg/l | 0.02 | | | 0.02 | 0.02 | | | 0.02 | 0.02 | | | <0.02 | <0.02 | | | | |
| Vanadio come V | µg/l | 0.01 | | | 0.09 | 0.16 | | | 0.11 | 0.265 | | | 0.08 | 0.148 | | | | |
| Zinco come Zn | µg/l | 0.023 | | | 0.782 | 0.792 | | | 0.535 | 0.69 | | | 0.758 | 0.535 | | | | |
| IPA | µg/l | 0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | | |

4.4 Risultati della campagna del 27 Luglio 2011

La tabella seguente mostra i risultati analitici della campagna del 27 Ottobre 2009 eseguiti su 8 campioni di acqua (P0020, P0030, P0036, P0117, P0195, P0199, P0226, P0304).

Nella prima colonna sono descritti i parametri standard, microbiologici e i contaminanti, nelle colonne successive i valori ottenuti dalle analisi ed i rispettivi limiti di rilevabilità.

I risultati sono rappresentati graficamente nell'Allegato 3 mediante istogrammi che mostrano l'andamento dei parametri chimici indagati.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 7 alla fig.10 si osserva l'andamento dei metalli (As, Hg, Pb, Z, V, Sn, Cd) in 4 stazioni di campionamento (P0020, P0030, P0117 e P0199); IPA e PCB non sono rappresentati in quanto risultano inferiori al limite di rilevabilità dello strumento nel maggior numero di Campagne effettuate.

Nell'Allegato 2 dalla fig. 8 a 12 si visualizzano le elaborazioni grafiche (istogrammi) della concentrazione dei Solidi in sospensione (TSS), della torbidità (FTU), del Carbonio Organico Totale (TOC), dell'Azoto totale, dell'Azoto ammoniacale e dell'Azoto Nitrico.

Tab.21 Tabella dei risultati analitici della campagna del 27 Luglio 2011

| | | | Campagna 27/07/2011 | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|------------|---------|---------------------|-------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|-------|-------|--------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Parametri | uM | LdR | P0020 | | P0030 | | P0036 | | P0117 | | P0195 | | P0199 | | P0226 | | P0304 | |
| | | | C070A | C070B | C070A | C070B | C070A | C070B | C070A | C070B | C070A | C070B | C070A | C070B | C070A | C070B | C070A | C070B |
| Azoto ammoniacale come N | µg/l | 10 | | | 25 | 38 | 29 | 33 | 30 | 19 | 21 | 32 | 12 | 14 | 19 | 16 | 16 | 11 |
| Azoto nitrico come N | µg/l | 10 | | | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Azoto nitroso come N | µg/l | 10 | | | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Azoto totale | µg/l | | | | 233 | 306 | 310 | 294 | 357 | 195 | 236 | 1001 | 346 | 215 | 245 | 220 | 184 | 172 |
| Fosforo totale come P | µg/l | 30 | | | <30 | <30 | <30 | <30 | 83 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 | <30 |
| Ortofosfato come P | µg/l | 10 | | | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 | <10 |
| Solidi sospesi totali | mg/l | 2 | | | 11 | 25 | 12 | 15 | 14 | 11 | 13 | 11 | 10 | 12 | 13 | 13 | 12 | 21 |
| Carbonio organico totale (TOC) | µg/l | 0.5 | | | 1.3 | 1.5 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1.3 | 1.3 | 1.4 | 1.2 | 1.2 | 1 | 1.3 | 1.5 |
| Enterococchi | UFC/100 ml | 1 | | | 10 | <2 | 54 | 62 | 2 | <2 | 34 | 10 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 | <2 |
| Escherichia coli betaglucuronidasi positivo | UFC/100 ml | 1 | | | 24 | 2 | 72 | 108 | 2 | <2 | 62 | 50 | <2 | <2 | 2 | 6 | <2 | <2 |
| Spore di clostridi solfito riduttori | UFC/100 ml | 1 | | | 10 | 4 | 20 | 14 | 4 | <2 | 24 | 20 | 4 | 6 | <2 | 2 | 12 | <2 |
| Arsenico come As | µg/l | 0.013 | | | 0.13 | 0.04 | | | <0.013 | <0.013 | | | <0.013 | 0.03 | | | | |
| Cadmio come Cd | µg/l | 0.005 | | | 0.004 | 0.005 | | | 0.004 | 0.006 | | | 0.008 | 0.008 | | | | |
| Mercurio come Hg | µg/l | 0.00025 | | | 0.007 | 0.007 | | | 0.004 | 0.003 | | | 0.003 | 0.004 | | | | |
| PCB | µg/l | 0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | <0.01 | <0.01 | | | | |
| Piombo come Pb | µg/l | 0.015 | | | 0.38 | 0.52 | | | 0.2 | 0.24 | | | 0.25 | 0.37 | | | | |
| Stagno come Sn | µg/l | 0.02 | | | <0.02 | 0.02 | | | 0.02 | 0.02 | | | 0.02 | 0.02 | | | | |
| Vanadio come V | µg/l | 0.01 | | | 0.18 | 0.12 | | | 0.07 | 0.08 | | | 0.08 | 0.07 | | | | |
| Zinco come Zn | µg/l | 0.023 | | | 1.3 | 0.91 | | | 0.3 | 0.52 | | | 0.69 | 1.1 | | | | |
| IPA | µg/l | 0.01 | | | <0.01 | 0.01 | | | <0.01 | 0.01 | | | 0.01 | <0.01 | | | | |

5 ANALISI DELLE RAPPRESENTAZIONI GRAFICHE DEI TRANSETTI ESEGUITE CON OCEAN DATA VIEW

I dati rilevati da ARPAL nelle n.29 stazioni di monitoraggio previste dal Piano di monitoraggio sono stati elaborati con il software Ocean Data View versione 3.3 che permette di interpolare i valori misurati e visualizzarli in grafico.

Tra i parametri chimico-fisici rilevati dalla sonda sono stati valutati nel presente studio gli andamenti di Temperatura, Salinità, Ossigeno% e Torbidità per ogni singola stazione, rilevati ogni 0.5 metri di profondità ed elaborati in modo da avere un valore mediato rappresentativo del dato a una delle seguenti profondità:

- superficiale (0.5-1 metro)
- intermedio (3-5 metri)
- profondo (7-9 metri).

Il SW permette di rappresentare, mediante una scala di colori, il valore rilevato nella singola stazione interpolandolo con il valore rilevato nelle stazioni adiacenti.

Si ottiene una visualizzazione del Golfo della Spezia con la distribuzione, relativa ad una delle tre profondità studiate, del parametro indagato.

Una seconda visualizzazione, ottenuta selezionando le stazioni che formano il transetto (direzione NE - SO e direzione NO-SE), permette di analizzare la sezione della colonna d'acqua alle varie profondità sino al fondo, localizzando i dati rilevati, mediati ogni 50 cm.

5.1 Analisi elaborazioni dei transetti nella campagna del 20 Luglio 2010

Nella campagna in esame si rileva un gradiente termico verticale, caratteristico del periodo estivo, la temperatura è massima nello strato superficiale pari a 28.5°C e minima in profondità dove si raggiunge un valore di 22.5°C.

In superficie i valori sono mediamente compresi tra 26.7°C misurato nel P0162 appartenente al transetto T0016, situato in corrispondenza della diga presso l'imboccatura di Levante e 27.7°C nel P0076, posizionato alla foce del Canale Lagora nel transetto T0017.

Come nei precedenti reports si osserva un picco di temperatura nella zona antistante la Centrale Enel, in corrispondenza delle stazioni P0020 e P0030 dove si raggiungono massimi di 28.5°C.

Nello strato intermedio, compreso tra 3-5 m., non si osservano i massimi di temperatura nella zona di scarico della Centrale ENEL che si registrano invece nello strato superficiale; la temperatura è compresa tra 24.4°C registrati nel punto P0162 come in superficie e 26.6°C nel P0037.

Nello strato più profondo (7-9 m.) la temperatura raggiunge valori minimi di 22.5°C e misura in media 23°C nell'intera area monitorata.

La disposizione stratigrafica del parametro temperatura, caratteristica del periodo estivo, si può osservare nelle sezioni verticali rappresentate in Fig.4 (Allegato 1) rispettivamente dei transetti T0021 e T0022.

Per quanto riguarda l'andamento della salinità l'intervallo di valori registrati nello strato superficiale ed intermedio è compreso tra 36.9 e 37.4 ppt ed i valori sono uniformemente

distribuiti nell'intera area monitorata; nello strato profondo si osserva un aumento dei valori con un range di 37.3 - 37.8 ppt.

A differenza del parametro temperatura non si osserva un gradiente orizzontale nello strato superficiale.

Per quanto concerne l'ossigeno percentuale si riscontrano valori piuttosto bassi in superficie intorno al 113% con minimi dell'87% e 99% nel P0030 e P0195.

Nello strato intermedio e profondo la percentuale media di ossigeno è del 124% , i valori più alti si riscontrano nelle stazioni situate in prossimità della diga dove si registrano valori del 130% .

La torbidità nella campagna in esame risulta piuttosto variabile nello strato superficiale con valori più alti (pari a circa 12 FTU) in zone localizzate del Golfo e limitate al primo metro e mezzo di profondità (P0113, P0118, P0121, P0166); nello strato intermedio e profondo la torbidità risulta molto bassa e sempre inferiore a 3 FTU, si osservano due zone con torbidità diversa, una più interna con valori medi di 2.5 FTU e una più esterna in prossimità della diga con valori medi di 1.5 FTU.

5.2 Analisi elaborazioni transetti nella campagna del 24 Agosto 2010

Anche in questa campagna, dall'analisi della sezione dei transetti T0021 e T0022 si osserva la stratificazione della temperatura.

In superficie la temperatura è massima nella zona della Centrale Enel dove si raggiungono valori di 28,1°C nel P0030 dovuti allo scarico di un getto idraulico caldo nelle acque del Golfo, i valori minimi di 25.3 e 25.1°C si registrano invece nelle stazioni P0162 e P0304 situate all'ingresso della diga rispettivamente a levante e ponente; infine nella zona centrale del Golfo la temperatura media misurata è di 26.2°C.

Nello strato intermedio (3-5 m.) non si rileva l'influenza della Centrale Enel infatti la temperatura nel P0020 e P0030 è rispettivamente di 24.2 e 24.6°C, nella zona centrale del Golfo la temperatura media è di 25.1°C, quella massima si registra nelle due stazioni esterne alla diga (P0162 e P0304) con valori rispettivamente di 25.2 e 24.8°C.

Anche nello strato profondo compreso tra 7 e 9 m., così come nell'intermedio si osserva ad un'inversione del gradiente orizzontale di temperatura che aumenta verso la diga foranea, la temperature infatti sono minime nel P0020 (23.8°C) e massime nel P0162 e P0304 pari a 24.2 e 24°C; la temperatura media registrata in profondità è di 23.9°C.

La salinità segue un gradiente verticale che aumenta con la profondità, in superficie il valore medio è di 36.8 ppt, il valore minimo si registra nella stazione più interna del Golfo (P0020), in corrispondenza dello scarico della Centrale ENEL, pari a 36.5 ppt mentre il valore massimo di 37 ppt nella stazione P0162 situata in corrispondenza dell'apertura di Levante della diga foranea, esiste quindi un gradiente orizzontale di salinità che aumenta con la distanza dalla costa.

Nello strato compreso tra 3 e 5 m. si assiste ad un'inversione del gradiente orizzontale di salinità, nel punto P0020 (più interno al Golfo) la salinità è massima e pari a 37.6 ppt mentre nel P0162 esterno alla diga si misurano 37 ppt, si osserva una zona centrale in cui la salinità raggiunge valori minimi di 36.5 ppt nella stazione P0164 e valori altrettanto bassi nelle stazioni adiacenti (P0166, P0113 e P0115).

Nello strato più profondo si osservano valori di salinità superiori rispetto agli strati sovrastanti, a conferma del gradiente verticale di salinità, il valore minimo si registra nel P0020 pari a 37.6 ppt ed il massimo nella zona più esterna del Golfo pari a 37.9 ppt nel P0170.

In superficie i valori di ossigeno percentuale risultano compresi tra il 93.7% e il 120%, si osservano due zone con valori medi di ossigeno differenti, quella di ponente con valori medi del 115% e quella di levante con valori medi del 94%.

Nello strato intermedio il range di valori di ossigeno oscilla tra il 100% in corrispondenza del P0020 e il 128% nel P0113.

Infine nello strato più profondo l'intervallo dei valori registrati varia tra il 95% nel P0020 e 121% nel P0170 mentre il valore medio nell'intero strato analizzato è del 110%; non si rilevano invece variazioni verticali lungo la colonna d'acqua in entrambe le sezioni esaminate (T0016 e T0017).

La torbidità registrata in tale campagna è risultata costante e pari a 2.5 FTU in tutto il Golfo, si osservano, limitatamente allo strato superficiale due massimi di torbidità nel P0050 e nel P0172 con valori maggiori di 10 FTU (Fig.8).

Nelle sezioni di Fig.14 si osserva un aumento dei valori di torbidità con l'aumento della profondità, passando da 2.5 FTU nello strato superficiale ed intermedio a 7 FTU in quello profondo.

5.3 Analisi elaborazioni transetti nella campagna del 09 Marzo 2011

La temperatura segue un andamento stagionale, si registra infatti una diminuzione di circa 10°C rispetto alla precedente campagna estiva, la temperatura media registrata è di 12°C nei tre strati esaminati.

In tale campagna non si rileva il gradiente termico verticale, tipico del periodo estivo, ma si assiste al rimescolamento delle acque con valori costanti lungo tutta la colonna d'acqua.

Nello strato superficiale si osserva un gradiente termico orizzontale di 3°C tra le stazioni più interne del Golfo, P0020 e P0030 dove si misurano 15°C e quelle più esterne P0162 e P030, situate in prossimità della diga foranea, in cui si misura una temperatura di 12°C.

Tale gradiente è dovuto alla presenza dello scarico della Centrale Termica ENEL che riversa un getto idraulico caldo nelle acque del Golfo.

Anche per il parametro salinità, si osserva un gradiente orizzontale, limitatamente allo strato superficiale, con valori minimi di 37.1 ppt in prossimità delle stazioni P0020 e P0030 antistanti il Molo Ravano dovuti allo scarico della Centrale ENEL, nella restante zona del Golfo la salinità è costante sui 37.2 ppt.

La salinità aumenta lievemente con la profondità, nello strato intermedio si rilevano valori medi di 37.3 ppt ed in quello profondo di 37.4 ppt, non si esiste quindi un vero e proprio gradiente verticale che caratterizza invece le campagne estive.

L'intervallo di valori di Ossigeno percentuale registrati oscilla tra l'87% e il 97%, i valori maggiori si registrano in prossimità delle stazioni P0020 e P0030, antistanti il Molo Ravano e quelli minimi in prossimità delle stazioni P0162 e P0304, situate rispettivamente all'imboccatura di levante e ponente della diga foranea.

La torbidità è piuttosto bassa in tutte le stazioni esaminate con valori compresi tra 3 e 5 FTU in tutte le profondità analizzate, si assiste ad un picco nella stazione P0174 limitato allo strato superficiale.

6 ANALISI DEI RISULTATI ANALITICI

Nell' **Allegato 2** sono rappresentati i grafici che mostrano l'andamento dei parametri solidi in sospensione, torbidità, TOC, azoto totale, azoto ammoniacale e azoto nitrico e dei metalli (As, Hg, Pb, Sn, V, Zn) analizzati nelle n.4 stazioni di campionamento:

- P0020 situata immediatamente al di fuori dell'area di conterminazione delle panne intorno al Molo Ravano
- P0030 posizionato nella zona adiacente al precedente lungo i transetti T021 e T022
- P0117 situato nella parte centrale del Golfo lungo il transetto T018
- P0199 situato in prossimità della diga foranea a protezione dell' Impianto di Mitilicoltura in cui vengono monitorati di continuo anche i parametri chimici-fisici (profondità, temperatura, conducibilità, salinità, ossigeno, pH, potenziale redox, clorofilla e torbidità) con sonda multiparametrica installata sulla boa fissa a 4 m.di profondità.

Gli andamenti sono stati analizzati a due profondità (a - 2 m dalla superficie in nero nel grafico ed a + 2 m dal fondale in colore verde) per l'intero periodo del monitoraggio ossia dal 18/12/2006 al 09/03/2011 per un totale di n.67 campagne di monitoraggio eseguite.

I grafici mostrano inoltre l'istogramma con i quantitativi di fanghi asportati durante il suddetto periodo per le attività di MISE, bonifica e dragaggio dell'area antistante il Porticciolo Mirabello (di colore azzurro nel grafico) e del Molo Ravano (colore rosso nel grafico) tali quantitativi corrispondono rispettivamente a circa 65.500 m³ e 116.000 m³.

Il campionamento della stazione P0020 è stato inserito "ad hoc" per monitorare la dispersione degli inquinanti nella zona immediatamente fuori dalle panne del Molo Ravano per cui è stato eseguito nel periodo 18/12/2006-28/11/2007 e 16/06/2009 09/03/2011 mentre nella stazione P0117 il campionamento è stato eseguito dal 18/12/2006-28/11/2007 e dal 14/10/2008 al 09/03/2011.

Come già esposto nel paragrafo introduttivo, nel periodo in esame (luglio 2010-luglio 2011) non sono state effettuate attività di dragaggio nei fondali del Proto Mercantile della Spezia.

6.1 Analisi dei parametri solidi in sospensione e torbidità

Nel periodo in oggetto si osserva limitatamente alla stazione P0030 un unico picco di solidi sospesi pari a 25 mg/l a 9 metri di profondità mentre nelle 3 restanti stazioni esaminate i valori risultano inclusi nel range di valori rilevati nelle campagne precedenti.

Dall'analisi dei valori medi registrati nell'intero periodo di dragaggio si osserva che i valori medi nel P0020 sono risultati superiori rispetto a quelli rilevati nelle altre stazioni di monitoraggio: infatti nel P0020 si registrano valori medi pari a 13.1 e 13 mg/l a 2 e 9 metri di profondità, nel P0030 pari a 11.6 e 12.2 mg/l, nel P0117 di 10.3 e 10.4 mg/l infine nel P0199 di 10.2 e 11.1 mg/l.

I valori massimi si evidenziano nella stazione P0020 il 15/09/2009, a 2 metri di profondità, pari a 31 mg/l e nella stazione P0030 il 10/11/2009, a 2 metri di profondità, pari a 30 mg/l ed il 09/12/2009 a 10 metri di profondità, pari a 28 mg/l. Tali valori, riscontrati al termine

di attività di dragaggio, sono comunque rientrati nella media durante le campagne successive. Si osserva un incremento dei solidi sospesi a 10 metri non evidente a 2 metri, ciò potrebbe indicare un'influenza del dragaggio su tale parametro ed un abbattimento più efficace dei

solidi in sospensione ad opera delle panne di contenimento in superficie piuttosto che sul fondo.

Per quanto riguarda l'analisi del parametro torbidità rilevato con la sonda multiparametrica si può osservare che per tutto il periodo di osservazione la torbidità è risultata maggiore alla profondità di 10 m con una elevata variabilità dei dati non correlabile con l'aumento dei quantitativi di sedimento dragato.

La causa per cui non si è evidenziata correlazione tra i valori di torbidità e dei solidi sospesi può essere imputabile ai diversi principi fisici su cui si basano le due metodologie di misure dei parametri (riflessione della luce per la torbidità e concentrazione volumetrica per i solidi sospesi).

In conclusione si può osservare che la notevole mole di dati reperiti durante tutta l'attività di monitoraggio ha permesso di garantire un costante controllo sull'attività di dragaggio, evidenziando in particolare un ridotto impatto ambientale sulla matrice acque di mare all'interno del Golfo della Spezia, ottenuto anche grazie all'efficacia dei sistemi di contenimento messi in atto durante tutte le operazioni di escavazione e trasporto dei sedimenti dragati.

6.2 Analisi del parametro Arsenico

Nel periodo in oggetto nelle stazioni situate in prossimità del Molo Ravano (P0020 e P0030) i valori riscontrati sono risultati costanti ed ampiamente inclusi nel range di valori rilevati nel periodo precedente.

Nelle stazioni P0117 e P0199 si è riscontrato un picco di arsenico in data 09/03/2011, in particolare nei campioni eseguiti in profondità con valori rispettivamente di 0.18 e 0.212 µg/l mentre nella campagna successiva del 27/07/2011 i valori sono risultati in linea con i precedenti.

Tale picco non è correlabile con l'attività di escavo, sospesa dal mese di maggio 2010.

I valori medi di arsenico calcolati per l'intero periodo del monitoraggio (2006-2011), nei campioni superficiali (2 m) delle n.4 stazioni di monitoraggio P0020, P0030, P0117, P0199 diminuiscono procedendo verso la diga foranea. Precisamente nelle due stazioni più interne (P0020 e P0030) situate in prossimità del Molo Ravano i valori medi registrati sono risultati pari a 0.07 µg/l, nella stazione centrale del Golfo (P0117) pari a 0.058 µg/l ed in quella più esterna (P0199) di 0.048 µg/l (valore minimo).

Per quanto riguarda l'andamento dei valori nei campioni profondi, così come in superficie, i massimi si osservano nella zona del Molo Ravano (pari a 0.08 µg/l in entrambe le stazioni monitorate) mentre nella stazione al centro del Golfo si registra il valore medio più basso (corrispondente a 0.064 µg/l), infine nel P0199 il valore medio è risultato pari a 0.07 µg/l.

Dall'analisi dell'andamento rappresentato in grafico, si può notare che per l'intero periodo di monitoraggio (18/12/2006-27/07/2011) i valori rilevati nei campioni profondi, eseguiti a 9 e 10 m di profondità, sono risultati confrontabili con quelli eseguiti in superficie ad eccezione della stazione P0199 ove si rilevano valori maggiori a 10 m di profondità.

In generale si può osservare che i valori rilevati sono risultati sempre inferiori a 0.35 µg/l ad eccezione di un "picco" di 0.65 µg/l che si è registrato il 13/03/2007 nella stazione P0199 a 10 m di profondità, tale valore è stato registrato durante la fase di monitoraggio pre-operam corrispondente alle campagne di bianco per cui non influenzato dall'attività di dragaggio.

6.3 Analisi del parametro Mercurio

Nel periodo in oggetto nelle 4 stazioni di monitoraggio i valori riscontrati non evidenziano un trend, risultando ampiamente inclusi nel range di valori rilevati nel periodo precedente.

Come osservato in precedenza per l'arsenico anche i valori medi di mercurio calcolati nel campione superficiale subiscono un decremento verso la zona più esterna del Golfo, infatti i valori medi più alti si registrano nelle stazioni P0020 e P0030, in prossimità dell'area di dragaggio, rispettivamente di 0.0065 µg/l e di 0.007 µg/l, mentre nella zona centrale (P0117) ed in corrispondenza dell'Impianto di Mitilicoltura i valori medi sono risultati inferiori e precisamente 0.0057 µg/l e 0.004 µg/l.

Dall'analisi dei risultati analitici del campione eseguito in profondità si osserva un'inversione dell'andamento dei valori medi che in questo caso risultano massimi nella stazione più esterna P0199 (pari a 0.01 µg/l) mentre risultano inferiori nel P0020 (pari a 0.0055 µg/l) e nel P0117 (pari a 0.0047 µg/l).

Solo nella stazione P0030 i valori medi risultano confrontabili nel campione eseguito a 2 metri ed a 10 metri di profondità pari a 0.007 µg/l.

Inoltre si può notare che, per le stazioni P0030 e P0117, la curva dei valori superficiali (colore nero) rimane al di sopra della curva dei valori in profondità (colore verde) per la maggior parte delle campagne eseguite mentre nel P0199 si verifica l'inversione degli andamenti, così come osservato per l'arsenico.

In conclusione si deduce che i valori di mercurio rilevati nell'intero periodo di monitoraggio nelle n.4 stazioni oggetto di monitoraggio (P0020, P0030, P0117, P0199) sono piuttosto bassi ed inferiori agli SQA-CMA di 0.06 µg/l indicati in Tab. 1/A del DM 56/2009 ad eccezione di due picchi che sono stati evidenziati il 01/04/2008 nel P0199 a 10 m di profondità pari a 0.3374 µg/l ed il 28/01/2009 nel P0030 a 10 m di profondità pari a 0.099 µg/l.

Nel primo caso il superamento non è imputabile al dragaggio in quanto nei due mesi antecedenti la campagna e precisamente dal 29/01/2008 l'attività era sospesa. Il secondo superamento, registrato in data 28/01/2009, nella stazione P0030, durante l'attività di escavo dei fondali del Molo Mirabello, consiste in un evento puntuale in quanto i valori della campagna antecedente (13/01/2009) e successiva (23/02/2009) sono risultati ampiamente al di sotto dell' SQA-CMA pari a 0.06 µg/l indicato in Tab. 1/A del DM 56/2009 (precisamente 0.0034 µg/l e 0.0031 µg/l); si fa presente che i valori registrati a 2 metri di profondità in tutte e tre le campagne di monitoraggio (corrispondenti a 0.0027 µg/l il 13/01/2009, 0.0048 µg/l il 28/01/2009 e 0.0025 il 23/02/2009) sono risultati molto inferiori ai limiti di legge.

6.4 Analisi del parametro Piombo

Nel periodo in oggetto nelle 4 stazioni di monitoraggio i valori riscontrati non evidenziano un trend, risultando ampiamente inclusi nel valore SQA-CMA pari a 7.2 µg/l indicato in Tab. 1/A

del DM 56/2009. In particolare nel P0020 si osserva una netta diminuzione dei valori rispetto al picco di 3.24 µg/l registrato a 2 metri in data 22/06/2010.

I valori medi calcolati per l'intero periodo del monitoraggio (2006-2011), nei campioni superficiali (2 m) delle n.4 stazioni di monitoraggio P0020, P0030, P0117, P0199 diminuiscono procedendo verso la diga foranea. Precisamente nelle due stazioni più interne

(P0020 e P0030) situate in prossimità del Molo Ravano i valori medi registrati sono risultati pari a 0.7 µg/l e 0.66 µg/l, nella stazione centrale del Golfo (P0117) pari a 0.4 µg/l ed in quella più esterna (P0199) di 0.48 µg/l.

Analogamente per quanto riguarda i campioni profondi, il valore medio più alto di 0.54 µg/l si rileva nel P0030 ed il valore minimo nel P0117 a 9 metri di profondità pari a 0.373 µg/l.

A differenza dei metalli analizzati in precedenza la concentrazione di piombo osservata nei campioni superficiali (2 metri di profondità) è maggiore rispetto a quella nei campioni eseguiti in profondità (a 9 e 10 metri) per tutte quattro le stazioni esaminate.

In conclusione dall'analisi dei grafici emerge che i risultati analitici del piombo sono risultati inferiori all'SQA-CMA pari a 7.2 µg/l indicato in Tab. 1/A del DM 56/2009 ad eccezione di due eventi puntuali che si sono registrati il 16/07/2007 nella stazione P0199 con valori di 8.683 µg/l rilevati nel campione profondo e l'08/07/2008 nella stazione P0030 a 2 metri e 10 m di profondità con valori di 9.985 e 12.563 µg/l.

Per quanto riguarda il primo superamento si evidenzia che il dato è stato rilevato durante la fase pre-operam corrispondente al periodo di campagne di bianco per cui in assenza di attività di bonifica e dragaggio e che i risultati analitici dei monitoraggi eseguiti nei giorni antecedenti e posteriori cioè il 12/07/2007 ed 19/07/2007 nella medesima stazione e profondità non hanno mostrato criticità (0.525 µg/l e 0.051 µg/l).

Anche i superamenti registrati l'08/07/2008 non sono riconducibili all'attività di escavo in quanto ferma da 3 mesi rispetto la data di campionamento. Il campione effettuato in corrispondenza dell'ultima attività di escavo aveva evidenziato, a 2 e 10 metri di 0.332 e 0.224 µg/l mentre nella campagna di monitoraggio successiva dell'06/08/2008 i valori di piombo erano di 0.061 e 0.14 µg/l quindi decisamente inferiori ai limiti di legge.

6.5 Analisi del parametro Stagno

Nel periodo in esame si osserva un picco in data 20/07/2010 (attività di dragaggio sospesa da circa 2 mesi) in tutte le stazioni pari a circa 0.2 µg/l, ad entrambe le profondità. Tale picco non si rileva più nelle tre successive campagne.

Nell'intero periodo del monitoraggio i risultati analitici dello stagno nei campioni di acqua prelevati in corrispondenza delle n.4 stazioni di monitoraggio (P0020, P0030, P0117 e P0199) hanno evidenziato valori inferiori al limite di rilevabilità strumentale di 0.15 µg/l nella maggior parte delle campagne.

Il valore massimo pari a 0.64 µg/l si è osservato nel P0020, in corrispondenza delle panne del Molo Ravano, il 10/08/2009 a due metri di profondità (mentre a 9 metri il valore era inferiore al limite di rilevabilità, nelle altre tre stazioni non si sono riscontrati valori superiori al limite di rilevabilità strumentale in questa data ad entrambe le profondità.

Tale dato, evidenziato durante il periodo di dragaggio più intenso, si può considerare un evento puntuale in quanto nelle successive campagne sono stati riscontrati valori sempre inferiori al limite di rilevabilità.

6.6 Analisi del parametro Vanadio

Nel periodo in esame nelle stazioni situate in prossimità del Molo Ravano (P0020 e P0030) e nella stazione P0199 i valori riscontrati sono risultati costanti ed ampiamente inclusi nel range di valori rilevati nel periodo precedente. Solo nel P0117 in data 09/03/2011, nel campione profondo, si è rilevato un picco pari a 0.265 µg/l non giustificabile con l'attività di dragaggio in quanto ferma da maggio 2010.

I valori di vanadio rilevati sono maggiori nelle stazioni P0020 e P0030 rispetto a quelli nel P0117 e P0199 infatti nelle prime due i valori medi risultano rispettivamente di 0.22 µg/l e 0.19 µg/l a 2 metri di profondità e di 0.25 µg/l a 9 e 10 metri in entrambe le stazioni mentre nelle due stazioni più lontane dalla zona di dragaggio i valori misurati sono pari a 0.15 µg/l e 0.13 µg/l a 2 metri di profondità ed a 0.13 µg/l e 0.26 µg/l a 9 e 10 m di profondità.

Come evidenziato in precedenza per lo stagno anche in questo caso la maggior parte dei valori di vanadio registrati, in particolare nelle stazioni P0117 e P0119, sono inferiori al limite di rilevabilità strumentale pari a 0.15 µg/l.

Dall'analisi dei grafici si osserva, nelle stazioni P0030 e P0199, un periodo iniziale (dal 28/11/2007 al 13/05/2008) in cui si registrano valori medi di vanadio maggiori rispetto alla media generale pari a 0.32 µg/l e 0.21 µg/l nei campioni superficiali e 0.34 µg/l e 0.0.38 µg/l nei campioni eseguiti in profondità.

Tale periodo coincide con periodo di dragaggio molto limitato in cui i quantitativi di sedimento asportati dal fondale marino antistante il Molo Ravano sono in media circa 375 m³ al giorno, di gran lunga inferiori a quanto indicato dall'Autorità Portuale nel progetto di bonifica presentato ed approvato con Decreto in data 16/12/2005 dal Ministero dell'Ambiente di concerto con Ministero delle Attività Produttive e della Salute che indica un sistema operativo che consente di asportare un quantitativo di sedimento pari a circa 1500 m³ al giorno.

Il valore massimo pari a 1.5 µg/l si è registrato il 13/03/2007 nel P0199 a 10 metri di profondità, anche in questo caso si tratta di un evento puntuale non attribuibile all'attività di dragaggio in quanto rilevato durante la fase pre-operam di "campagne di bianco", i restanti valori ricadono all'interno del valore di 0.72 µg/l.

6.7 Analisi del parametro Zinco

Nel periodo in esame si osserva in data 20/07/2010 nella stazione P0020 un picco di zinco di 16.2 µg/l a 9 metri di profondità (attività di dragaggio sospesa da circa 2 mesi) mentre

nelle altre 3 stazioni i valori sono risultati costanti ed ampiamente inclusi nel range di valori del periodo precedente.

Inoltre in data 24/08/2010 nel P0117 si osserva un picco di zinco pari a 3.75 µg/l a 9 metri di profondità mentre nelle altre 3 stazioni i valori rientrano ampiamente nei range riscontrati in precedenza. Anche in questo caso il picco non è legato al dragaggio in quanto le attività sono sospese dal mese di maggio 2010.

Dall'analisi dell'andamento del parametro zinco nei campioni prelevati nelle n.4 stazioni previste dal Piano di monitoraggio, si registra un aumento dalla zona più interna del Golfo procedendo verso la diga foranea, nel P0020 i valori medi risultano 1.58 µg/l (a 2 metri) e 1.95 µg/l (a 9 metri), nel P0030 1.42 µg/l (a 2 metri) e 1.25 µg/l (a 10 metri), nel P0117 1.07 µg/l e 1.05 µg/l infine nel P0199 0.97 µg/l e 1.01 µg/l.

Si osserva che nelle due stazioni più interne del Golfo sono superiori i valori rilevati a 2 metri di profondità al contrario in quelle situate in prossimità della diga foranea sono maggiori i valori misurati a 9 e 10 metri di profondità.

In conclusione si osserva che i valori rilevati sono mediamente compresi tra 1 e 2 µg/l, solo in tre campagne sono stati registrati valori decisamente maggiori rispetto alla media, il 02/09/2008 nel P0030 alla profondità di 2 metri si osserva un valore di 8.33 µg/l mentre il 12/01/2010 ed il 24/08/2010 nel P0020 a 9 metri di profondità si registrano rispettivamente valori pari a 7.97 µg/l e 16.2 µg/l.

Il valore relativo al P0030 si può considerare un evento puntuale in quanto nelle giornate successive eseguite il 09 ed il 16/09/2008 i valori sono rientrati nella media (1.29 µg/l e 1.53 µg/l) inoltre i quantitativi di sedimenti scavati pari a 1300 m³ rientrano in quelli dichiarati nel progetto approvato pari a 1500 m³.

Anche i due picchi registrati nella stazione P0020 a 9 metri di profondità rientrano nei range durante le due campagne successive infatti si rilevano valori di 1.76 µg/l il 26/01/2010 e 1.34 µg/l il 24/08/2010, si evidenzia inoltre che tali aumenti non sono imputabili all'attività di dragaggio in quanto nei periodi antecedenti, precisamente dal 10/11/2009 al 12/01/2010 e dal 22/06/2010 al 20/07/2010 l'attività di escavo sono sospese.