

IV SAL Piano Monitoraggio Lavori banchinamento Porto Canale	 <p>SARTEC SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</p>	AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	---	---------------------------------------

**STATO AVANZAMENTO
DEL PIANO DI MONITORAGGIO RELATIVO AI LAVORI DI
BANCHINAMENTO DEL BACINO DI EVOLUZIONE
DEL PORTO CANALE**

**IV TRIMESTRE
MAGGIO 2010 – LUGLIO 2010**

GRUPPO DI LAVORO

COORDINAMENTO SCIENTIFICO

Prof. Antonio Viola

RESPONSABILE SEZIONE INGEGNERIA AMBIENTALE

Ing. Davide Carta

RESPONSABILE SEZIONE ANALITICA

Dott. Edoardo Suardi

COORDINAMENTO ATTIVITA'

Dr. Felicina Trebini

INDICE

1.	ATTIVITÀ MONITORAGGIO PORTO CANALE	5
1.1	Obiettivi e sintesi delle attività	5
2.	ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELL'ARIA	9
2.1	ATTIVITÀ MONITORAGGIO POLVERI TOTALI	10
2.1.1	Materiali e metodi monitoraggio polveri totali	10
2.2	ATTIVITÀ MONITORAGGIO DEPOSIZIONI AL SUOLO	20
2.2.1	Materiali e metodi monitoraggio deposizioni atmosferiche	20
2.3	ATTIVITÀ MONITORAGGIO LABORATORIO MOBILE	32
2.3.1	Materiali e metodi monitoraggio laboratorio mobile	32
2.3.2	Risultati monitoraggio PM10, CO, SO2, NO2, Benzene, Toluene e Xilene con laboratorio mobile	34
3.	ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELLE ACQUE	43
3.1	MONITORAGGIO ACQUA	43
3.1.1	Materiali e metodi monitoraggio acqua	43
3.1.2	Risultati monitoraggio acque mare	46
3.1.3	Materiali e metodi monitoraggio sedimenti marini	51
3.1.4	Risultati monitoraggio sedimenti	52
4.	ATTIVITÀ MONITORAGGIO BIOCENOSI	54
4.1	MONITORAGGIO ZOOBENTHOS NEI SEDIMENTI MARINI	54
4.1.1	Materiali e metodi monitoraggio zoobenthos sedimenti	54
4.1.2	Risultati monitoraggio zoobenthos sedimenti	54
4.2	MONITORAGGIO FORAMINIFERI BENTONICI NEI SEDIMENTI MARINI	56
4.2.1	Materiali e metodi monitoraggio foraminiferi sedimenti	56

IV SAL PIANO MONITORAGGIO
LAVORI di BANCHINAMENTO del
PORTO CANALE



AUTORITÀ PORTUALE
CAGLIARI

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	--

1. ATTIVITÀ MONITORAGGIO PORTO CANALE

1.1 Obiettivi e sintesi delle attività

L'obiettivo del piano di monitoraggio è quello di verificare gli eventuali impatti sull'ambiente generati dai lavori svolti nell'ambito del piano di banchinamento del lato sud del bacino di evoluzione del Porto Canale.

È stata definita una metodologia e una procedura per il monitoraggio ambientale che prevede le seguenti attività:

- monitoraggio qualità dell'aria
 - ✓ misure polveri totali;
 - ✓ deposizioni aeree;
 - ✓ misure qualità aria con laboratorio mobile.

- monitoraggio qualità delle acque:
 - ✓ analisi delle acque;
 - ✓ misure di torbidità;
 - ✓ analisi sedimenti;
 - ✓ analisi biologica delle biocenosi.

Le attività sono finalizzate alla valutazione degli effetti dell'intervento nelle fasi Ante Operam (A.O.), della Fase Costruttiva (F.C.) e della Fase Post Operam (P.O.).

Le relazioni già consegnate contenevano i risultati delle attività di monitoraggio dei comparti ambientali nella fase Ante Operam e nella Fase Costruttiva (agosto-ottobre 2009; novembre-gennaio 2010; febbraio-aprile 2010). La presente relazione contiene i risultati delle attività di monitoraggio svolte nel quarto trimestre (maggio 2010-luglio 2010).

Sono attualmente ancora in corso le attività della Fase Costruttiva (figg. 1.1, 1.2). Al termine dei lavori di banchinamento inizieranno i monitoraggi della fase Post Operam per verificare sia eventuali impatti successivi alle attività sia gli effetti generati dalla fase di utilizzazione della banchina. Questo consentirà di avere una visione continua della qualità ambientale dell'area e, inoltre, di evidenziare eventuali variazioni tra la fase antecedente, la fase dei lavori e la fase successiva.

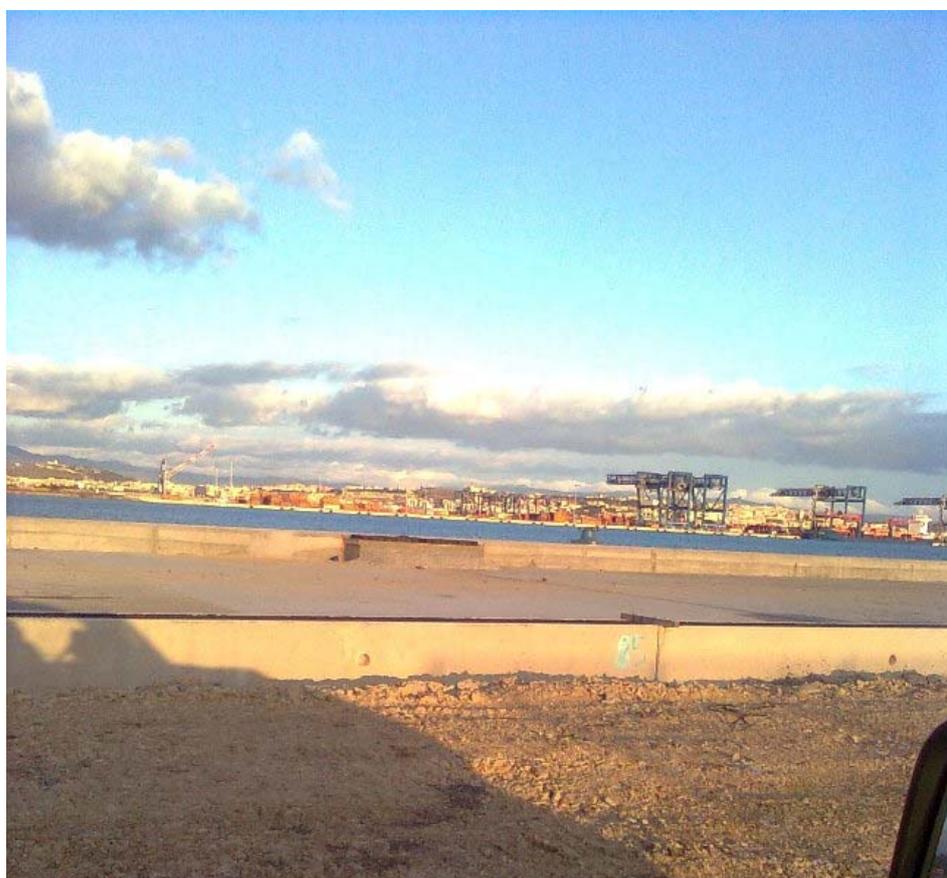


Fig. 1.1 - Evoluzione dei lavori nel Porto Canale, fase precedente (foto in alto) e fase attuale (foto in basso)



Fig. 1.2 – Situazione attuale dei lavori nel cantiere del Porto Canale (mare e banchina a sinistra del fotografo)



Fig. 1.3 – Situazione attuale dei lavori di banchinamento nel Porto Canale

2. ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELL'ARIA

Nel IV trimestre, secondo quanto previsto dal Piano di Monitoraggio Ambientale (P.M.A.), sono stati eseguiti i monitoraggi delle polveri totali, delle deposizioni al suolo e della qualità dell'aria con il laboratorio mobile.



Fig. 2.1 - Ubicazione stazioni monitoraggio aria con rosa dei venti.

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

2.1 ATTIVITÀ MONITORAGGIO POLVERI TOTALI

2.1.1 *Materiali e metodi monitoraggio polveri totali*

Per la determinazione delle polveri totali con strumentazione portatile è stato utilizzato il metodo NIOSH 0500. Le misurazioni sono state effettuate con gli strumenti Universal Pump Model 224-PCXR8 (campionatore elettronico con controllo automatico del flusso) della SKC Instruments Inc. in grado di individuare le polveri totali sospese (TSP). Si tratta di pompe volumetriche in grado di funzionare in modo continuo senza richiedere interventi per la manutenzione per un tempo ragionevolmente lungo con annesso un dispositivo che consente la regolazione della portata a valori stabiliti.

Il materiale particolato è stato determinato attraverso la filtrazione dell'aria con conseguente raccolta del particolato in sospensione.

Nelle stazioni prescelte (fig. 2.1) sono state posizionate ogni mese le pompe e lasciate in funzione per cinque giorni durante il tempo di attività del cantiere.

Sono stati utilizzati i seguenti strumenti:

- ✓ campionatore volumetrico a portata costante;
- ✓ bilancia analitica;
- ✓ ugello porta-filtro;
- ✓ filtro in cellulosa;
- ✓ tubi di raccordo.

L'obiettivo è stato quello di monitorare le polveri sollevate e diffuse durante gli interventi di realizzazione delle opere (demolizioni, scavi, movimentazione di inerti e transito di mezzi da lavoro). Prima di ogni misura è stata effettuata la taratura della strumentazione seguendo le indicazioni riportate nel manuale operativo fornito dal produttore.

La stazione esterna al cantiere (St. 1), per cause di forza maggiore, non è stata più monitorata dal mese di marzo. Infatti dopo l'ennesimo furto dell'attrezzatura di monitoraggio (1 Universal Pump Model 224-PCXR8 e 2 deposimetri) anche dopo aver inutilmente cambiato postazione (in zone più riparate e meno visibili) siamo stati costretti a non lasciare più materiale fuori dal cantiere.

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	--

2.1.2 Risultati monitoraggio polveri totali

Le polveri totali sospese sono costituite da una miscela complessa di sostanze organiche ed inorganiche che si presentano in fase liquida e solida. Le emissioni delle polveri potrebbero esser causate principalmente dai movimenti di terra, dagli spostamenti dei veicoli sulle superfici non pavimentate, dall'accumulo di materiali polverosi all'aperto e dalle principali operazioni di cantiere (demolizioni, carico e scarico). L'attività di cantiere è potenzialmente caratterizzata da polverosità di intensità non costante, dipendente dal numero e dal tipo di macchinari e attrezzature in uso, per cui anche in questo trimestre sono state poste in essere tutte le opere di mitigazione necessarie - durante le attività nel cantiere - per il contenimento dei potenziali impatti e previste dallo Studio di Impatto Ambientale, quali:

- ✓ limitazione della velocità dei mezzi in movimento;
- ✓ umidificazione delle aree di lavoro e i cumuli di materiale;
- ✓ bagnamento delle strade non pavimentate soprattutto nei periodi secchi.

I risultati relativi al terzo trimestre, così come quelli dei precedenti campionamenti, hanno mostrato valori sempre ben al di sotto del valore limite soglia di 3000 $\mu\text{g}/\text{m}^3$ individuato dall'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists) e riportato dal Giornale degli Igienisti Industriali nel Supplemento al Volume 34 n. 2 Aprile 2009.

Le concentrazioni delle polveri sono risultate nella maggior parte dei campionamenti al di sotto dei limiti di rilevabilità ($<0.001 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

I valori più elevati sono stati osservati nel mese di maggio (161 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) e nel mese di giugno (189.9 $\mu\text{g}/\text{m}^3$) entrambi nella stazione 3, i venti predominanti sono risultati rispettivamente da Est e da Nord Ovest (figg. 2.6-2.7), questo consente di ipotizzare influenze esterne al cantiere.

Il mese di luglio ha mostrato valori molto bassi, ben al di sotto dei limiti previsti.

Dal confronto con i risultati dei "bianchi" - ovvero dei monitoraggi effettuati a cantiere non attivo - continuano a non manifestarsi differenze significative.

In conclusione per le polveri totali non sono stati rilevati impatti di alcun tipo per l'ambiente e per le persone.

Tab 2.1 – concentrazioni polveri monitoraggio Ante Operam

	Conc. polveri tot. $\mu\text{g}/\text{m}^3$			
	St.1	St.2	St.3	St.4
Blank	1.06	1.08	1.07	1.07
Blank	6.28	39.95	21.94	21.74
Blank	13.91	56.39	12.79	54.78

Tab. 2.2 – Concentrazioni polveri monitoraggio quarto trimestre Fase Operativa

	Conc. polveri tot. $\mu\text{g}/\text{m}^3$		
	St.1	St.3	St.4
I camp. mag.	1.010	1.13	33.4
II camp. mag.	1.057	0.98	1.2
III camp. mag.	31.94	161.3	24.35
IV camp. mag.	14.59	19.1	21.64
V camp. mag.	28.6	21.64	31.71
I camp. giu.	1.26	1.25	35.35
II camp. giu.	1.75	1.24	1.3
III camp. giu.	42.2	189.8	41.7
IV camp. giu.	16.8	218	24.9
V camp. giu.	39.65	30.10	43.98
I camp. lug.	40.56	18.3	<0.001
II camp. lug.	0.30	0.31	0.4
III camp. lug.	1.19	1.20	1.22
IV camp. lug.	1.17	1.15	1.19
IV camp. lug.	<0.001	<0.001	<0.001



Figura 2.2 –Misuratore delle polveri totali St. 1 (ingresso cantiere Porto Canale)



Figura 2.3 – Deposimetro St. 1 (ingresso cantiere Porto Canale)



Figura 2.4 - Misuratore polveri totali nella stazione St. 3.



Figura 2.5 - Misuratore polveri totali e deposi metro (nello sfondo) nella stazione St. 3 (banchina e mare a destra)



Figura 2.6 – Misuratore polveri nella St. 4.

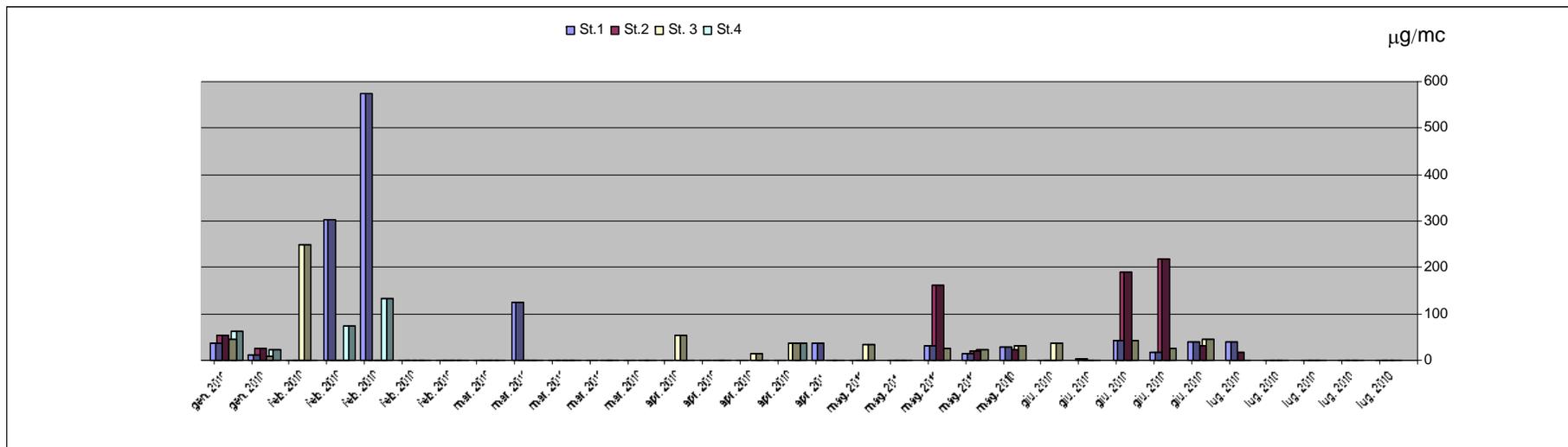


Figura 2.5 – Polveri totali misurate nel periodo gennaio 2010 – luglio 2010 (valore limite soglia di 3000 µg/m³).

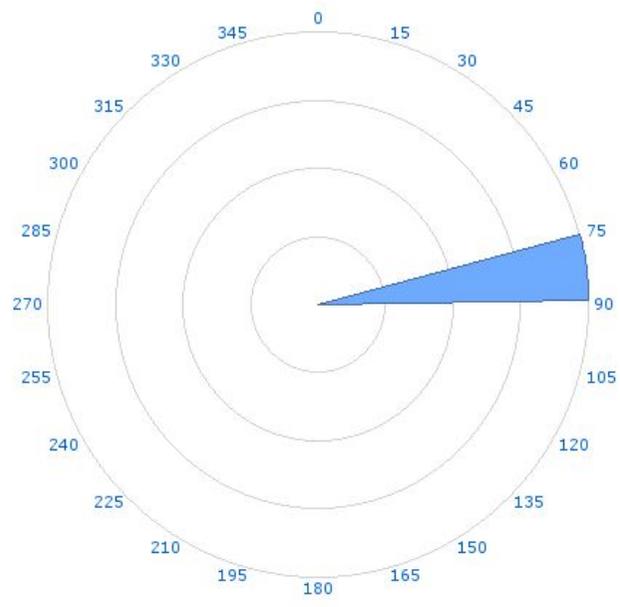
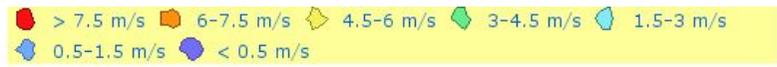


Figura 2.6 - Stazioni di monitoraggio e rosa dei venti nei giorni in cui sono stati rilevati i picchi maggiori (28 maggio 2010).

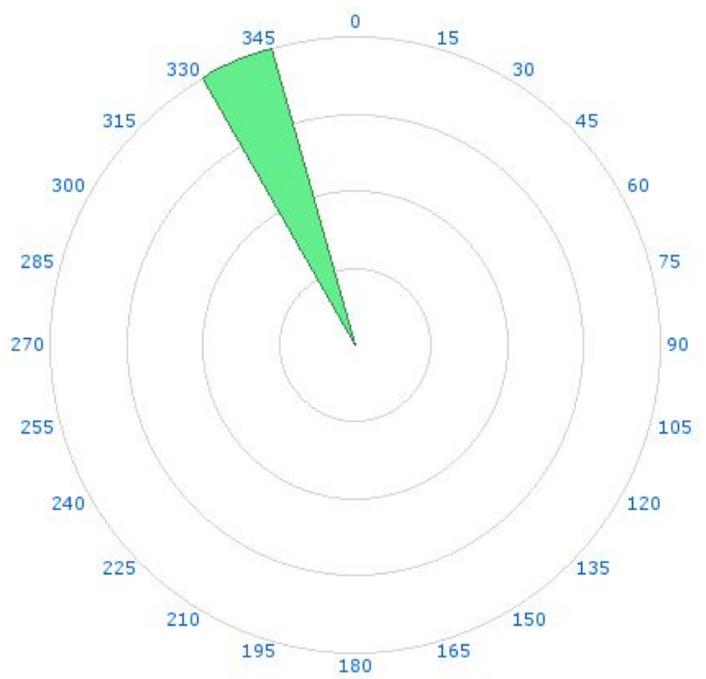
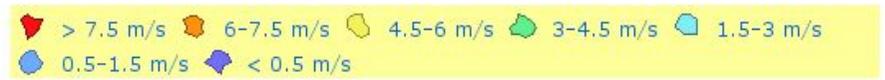


Figura 2.7 - Stazioni di monitoraggio e rosa dei venti nei giorni in cui sono stati rilevati i picchi maggiori (15 giugno 2010).

IV SAL Piano Monitoraggio Lavori banchinamento Porto Canale		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
---	--	-------------------------------

2.2 ATTIVITÀ MONITORAGGIO DEPOSIZIONI AL SUOLO

2.2.1 *Materiali e metodi monitoraggio deposizioni atmosferiche*

La deposizione atmosferica dell'aerosol e dei gas avviene secondo due modalità: umida e secca. La deposizione secca delle particelle avviene per impatto diretto e sedimentazione gravitazionale delle stesse su terra e acqua. La deposizione umida comprende l'acqua, i suoi gas disciolti, insieme a qualsiasi altro materiale particellare insolubile.

Per la determinazione delle deposizioni atmosferiche umide e secche sono stati utilizzati degli appositi strumenti composti da un raccoglitore - previamente decontaminato e accuratamente lavato - con un imbuto attraverso il quale raccogliere le deposizioni.

I deposimetri sono stati collocati nelle stesse stazioni di campionamento delle polveri totali, ma a circa 1.5 metri di altezza e sono stati sostituiti con una cadenza mensile.

Questi appositi strumenti raccolgono così per un intero mese tutte le acque piovane e le deposizioni.

Sono state eseguite le seguenti attività:

- ✓ recupero del materiale solido sedimentato mediante lavaggio con l'acqua piovana raccolta e/o acqua distillata a costituire un unico campione comprendente anche la fase solida;
- ✓ separazione delle fasi liquida e solida mediante filtrazione;
- ✓ analisi del sedimentato solido;
- ✓ analisi della fase liquida mediante prelievo di un'aliquota per la determinazione di: Residuo Solido Totale, metalli d'interesse tossicologico, fluoruri, magnesio, calcio, stronzio e bario, sodio e potassio.

2.2.2 *Risultati monitoraggio deposizioni atmosferiche*

La raccolta dell'acqua piovana, eseguita con specifici criteri, e con essa del particolato, sia esso di origine antropica, che di origine naturale (si pensi alle piogge "rosse" causate dal trasporto eolico di sabbie provenienti dal Nord Africa), costituiscono le basi del cosiddetto *monitoraggio delle deposizioni atmosferiche*.

L'indagine sulle deposizioni ha lo scopo di verificare le condizioni di ricaduta delle deposizioni atmosferiche costituite dalla frazione secca e da quella umida, le informazioni che possono essere dedotte da questa attività riguardano:

1. le quantità di sostanze saline in soluzione (cloruri di sodio e potassio, solfato di magnesio e metalli alcalino-terrosi, i tipici costituenti degli aerosol salini);

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

2. le quantità di metalli disciolti (metalli significativi per la salute);
3. le quantità di metalli presenti nel particolato raccolto;
4. le quantità totali di sali (somma dei parametri precedentemente descritti).

Sono state registrate mensilmente le ricadute al suolo nell'area del cantiere del Porto Canale e nella zona limitrofa da maggio 2010 a luglio 2010.

Poiché non esiste un riferimento normativo nazionale per le deposizioni è stato effettuato un confronto tra i risultati ottenuti nelle quattro stazioni e una valutazione delle variazioni temporali. La collocazione dei deposimetri (che ha coinciso con quella delle polveri totali) ha tenuto conto ovviamente delle esigenze di rappresentatività dei campioni all'interno del cantiere, anche se va comunque considerata la particolare posizione del Porto Canale – limitrofo ad un aeroporto, ad una strada statale, ad un porto, ad una zona industriale e al mare – che comunque può rendere di difficile interpretazione i dati ottenuti.

Le maggiori concentrazioni delle sostanze in soluzione sono state registrate nel mese di maggio 2010 (5809 kg/km²/mese nella St. 3).

Anche in queste deposizioni secche e umide è stata osservata l'influenza dell'aerosol marino con una netta prevalenza di NaCl (uno dei principali costituenti dell'aerosol marino) e a seguire di MgSO₄ e Ca.

Rispetto al monitoraggio del trimestre precedente non sono state osservate variazioni sostanziali delle deposizioni in tutti i tre mesi (sia delle sostanze saline in soluzione sia dei metalli) nonostante la tipologia delle attività fosse in parte cambiata e i lavori di dragaggio fossero terminati. Nell'interpretazione di questi risultati va dunque tenuto conto dei numerosi fattori che influiscono sulle deposizioni secche e umide (aerosol marino, condizioni meteorologiche, attività presenti nelle aree limitrofe, variabilità dei complessi meccanismi che influenzano la dispersione atmosferica) e quanto possano essere rilevanti anche eventuali influenze esterne.

IV SAL Piano Monitoraggio Lavori banchinamento Porto Canale	 SARTEC <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small>	AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
---	---	-------------------------------

**Campionamento mediante deposimetri
Sostanze saline in soluzione**

Maggio 2010								
Stazioni	MgSO ₄	Ca	Sr	Ba	NaCl	KCl	Volume	mg assoluti
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ml	
St.1	24710	28470	205	66	81432	5558	400	56
St. 3	134096	36500	698	38	412496	15284	370	222
St. 4	83408	44910	453	19	287782	64864	440	212

Tab. 2.2.1 - Sostanze saline in soluzione nel mese di maggio 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli in soluzione**

Maggio 2010									
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg	Volume	mg assoluti
	µg/l	ml							
St.1	3255	<3.5	1.2	1.6	1.5	16.9	0.2	400	1.31
St. 3	623	7.5	1200	1.6	1.5	8.9	0.2	370	0.24
St. 4	1300	2.9	1.2	1.6	1.5	92	0.2	440	0.62

Tab. 2.2.2 – Metalli in soluzione nel mese di maggio 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli su filtro**

Maggio 2010							
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg
	mg/kg						
St.1	10951	31.3	0.83	18.20	50.1	62.8	0.14
St. 3	8695	12	0.001	14.3	23.5	29.8	209.9
St. 4	24534	13.3	3.5	10	13.6	123.6	0.0001

Tab. 2.2.3 – Metalli su filtro nel mese di maggio 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Sostanze saline in soluzione**

Giugno 2010								
Stazioni	MgSO ₄	Ca	Sr	Ba	NaCl	KCl	Volume	mg assoluti
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ml	
St.1	5100	8250	80	11	19020	1000	55	2
St. 3	6940	11200	60	21	28500	1020	410	20
St. 4	7190	7535	46	20	33200	3860	250	13

Tab. 2.2.4 – Sostanze saline in soluzione nel mese di giugno 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli in soluzione**

Giugno 2010									
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg	Volume	mg assoluti
	µg/l	ml							
St. 1	40	1.2	0.1	1.5	0.6	5.7	0.15	55	0.003
St. 3	580	2.9	1.2	2.0	1.5	6	0.2	200	0.119
St. 4	2603	1.4	0.7	4	0.6	32	0	250	0.660

Tab. 2.2.5 - Metalli in soluzione nel mese di giugno 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli su filtro**

Giugno 2010							
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg
	mg/kg						
St.1	21.5	1.8	0.1	2.2	1.8	0.6	0.02
St. 3	5300	260	1	276	294	256	4
St. 4	46	5.1	0.4	1.3	3.1	10.9	3.1

Tab. 2.2.6 – Metalli su filtro nel mese di giugno 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Sostanze saline in soluzione**

Luglio 2010								
Stazioni	MgSO ₄	Ca	Sr	Ba	NaCl	KCl	Volume	mg assoluti
	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	µg/l	ml	
St.1	5	8200	80	11	19020	1000	50	1
St. 3	6900	11150	59	20	28300	1010	380	18
St. 4	710	7400	43	18	33100	3800	230	12

Tab. 2.2.7 – Sostanze saline in soluzione nel mese di luglio 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli in soluzione**

Luglio 2010									
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg	Volume	mg assoluti
	µg/l	ml							
St. 1	43	1.2	0.1	1.5	0.6	5.3	0.15	50	0.003
St. 3	582	2.8	1.2	2	1.5	6	0.2	380	0.23
St. 4	2600	1.4	0.7	3.9	0.6	31	0.02	230	1

Tab. 2.2.8 – Metalli in soluzione nel mese di luglio 2010

**Campionamento mediante deposimetri
Metalli su filtro**

Luglio 2010							
Stazioni	Zn	Pb	Cd	Ni	V	Cu	Hg
	mg/kg						
St.1	20	1.8	0.1	2.2	1.8	0.6	0.02
St. 3	5200	269	1	276	294	256	4
St. 4	42	5.1	0.4	1.3	3.1	10.9	3.1

Tab. 2.2.9 – Metalli su filtro nel mese luglio 2010

Campionamento con deposimetri - Ricadute totali trimestre

Mag-2010		
Stazione	Ricaduta sostanze solubili kg/km ² /mese	Ricaduta Corpuscolato kg/km ² /mese
St.1	2037	943
St. 2	4850	1132
St. 3	5809	676

Tab. 2.2.10 – Deposizioni totali nel mese di maggio 2010

giu-2010		
Stazione	Ricaduta sostanze solubili kg/km ² /mese	Ricaduta Corpuscolato kg/km ² /mese
St.1	46	1624
St. 2	666	227
St. 3	447	731

Tab. 2.2.11 – Deposizioni totali nel mese di giugno 2010

lug-2010		
Stazione	Ricaduta sostanze solubili kg/km ² /mese	Ricaduta Corpuscolato kg/km ² /mese
St.1	16	2436
St. 3	494	292
St. 4	224	325

Tab. 2.2.12 – Deposizioni totali nel mese di luglio 2010

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

2.3 ATTIVITÀ MONITORAGGIO LABORATORIO MOBILE

2.3.1 *Materiali e metodi monitoraggio laboratorio mobile*

Durante il trimestre di riferimento è stato effettuato periodicamente il monitoraggio in continuo dei parametri di qualità dell'aria (PM10, CO, SO2, NO2, Benzene, Toluene e Xileni). Tra febbraio e marzo il laboratorio mobile è stato posizionato nel Porto Canale nel sito stabilito in accordo con i due capo-cantiere e il responsabile della sicurezza.

Sono risultate necessarie alcune riunioni e diversi sopralluoghi per valutare i potenziali problemi del posizionamento del mezzo all'interno di un cantiere in piena attività. L'obiettivo di tali studi propedeutici è stato quello di individuare l'ubicazione idonea per le attività di monitoraggio che assicurasse lo svolgimento ottimale della raccolta dati e che, contemporaneamente, non ostacolasse il passaggio dei mezzi garantendo la sicurezza di tutti i lavoratori. Il laboratorio mobile è un Ducato cabinato e l'area che occupa è determinata dai tiranti del palo meteo di tipo telescopico (altezza massima di 10 m) posizionato sopra il mezzo, tale palo deve essere ancorato su almeno tre punti e la distanza dal mezzo di ognuno dei tiranti è di 5-6 m, di conseguenza occorre complessivamente uno spazio indicativo pari a 12x12m. È stato anche necessario predisporre una nuova cabina elettrica per garantire l'alimentazione del mezzo. Una volta stabilito il sito adeguato si è proceduto alla delimitazione dell'area attraverso il posizionamento di tubi nel suolo (grazie all'aiuto di una ruspa del cantiere) sui quali applicare la rete in plastica arancione per la sicurezza.

All'inizio il laboratorio è stato lasciato per un periodo decisamente più lungo rispetto a quanto previsto nella O.T. in modo da valutare le dinamiche dei diversi parametri nel tempo e poter analizzare gli andamenti anche nei giorni festivi in cui il cantiere è fermo ed evidenziare in questo modo eventuali influenze esterne sui risultati rilevati dagli strumenti.



Figura 2.3 – Immagini del laboratorio mobile posizionato nel cantiere per il monitoraggio della qualità dell'aria

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

2.3.2 Risultati monitoraggio PM10, CO, SO2, NO2, Benzene, Toluene e Xilene con laboratorio mobile

Le concentrazioni di **PM10** nei campionamenti effettuati nei mesi di maggio, giugno e luglio sono risultate sempre al di sotto del valore limite di 50 µg/m³. Non sono state osservate sostanziali differenze con i dati registrati nel fine settimana in cui il cantiere era inattivo, dunque i lavori nel cantiere non hanno mostrato impatti sulle dinamiche del parametro.

Le concentrazioni di **monossido di carbonio** sono risultate, in tutti i tre mesi, decisamente basse. La media mobile su 8 ore è sempre rimasta molto al di sotto del limite imposto dal DM 60/2002, pari a 10 mg/m³.

Le concentrazioni di **biossido di zolfo** sono risultate anch'esse, in tutti i tre mesi, decisamente basse con le medie orarie e le medie giornaliere sempre al di sotto dei limite di legge (rispettivamente di 350 µg/m³ e di 125 µg/m³).

Il **biossido di azoto**, come gli altri parametri non ha mai superato il valore limite di legge di 200 µg/m³. Le concentrazioni maggiori sono state registrate nel mese di maggio (50 µg/m³).

In generale i valori rilevati di **benzene, toluene e xileni** hanno mostrato basse concentrazioni. Il benzene si è mantenuto molto al di sotto del limite per la media annuale pari a 5 µg/m³ (DM 60/2002) ad eccezione di un unico picco pari a 8.9 µg/m³ registrato il 3 maggio (ore 10:00); va tuttavia evidenziato che si tratta di un valore puntuale che non va ad inficiare il valore medio annuo.

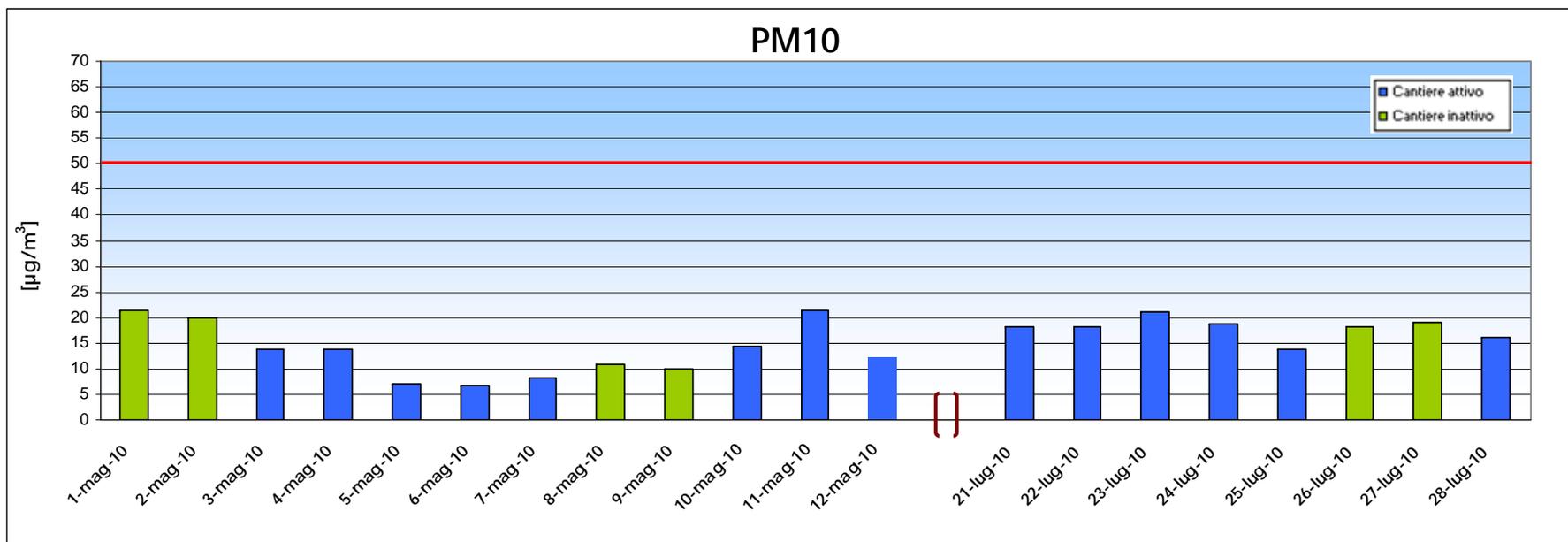


Fig. 2.3.1 - Andamento dei PM10 nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010 (in verde i giorni in cui il cantiere era inattivo)

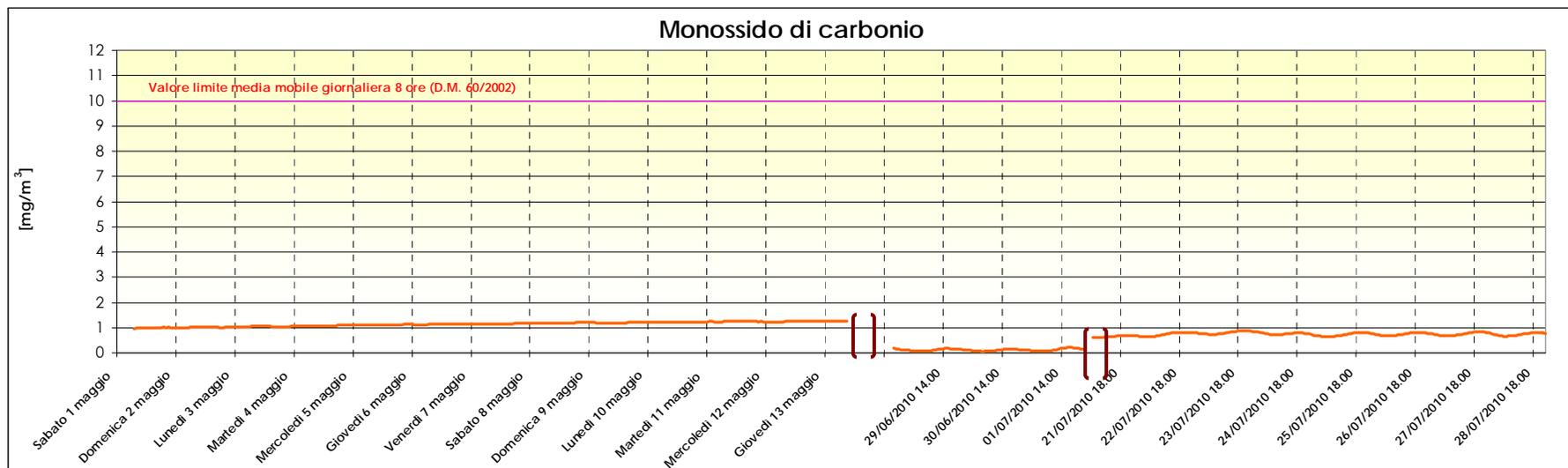


Fig. 2.3.2 – Media mobile CO nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010

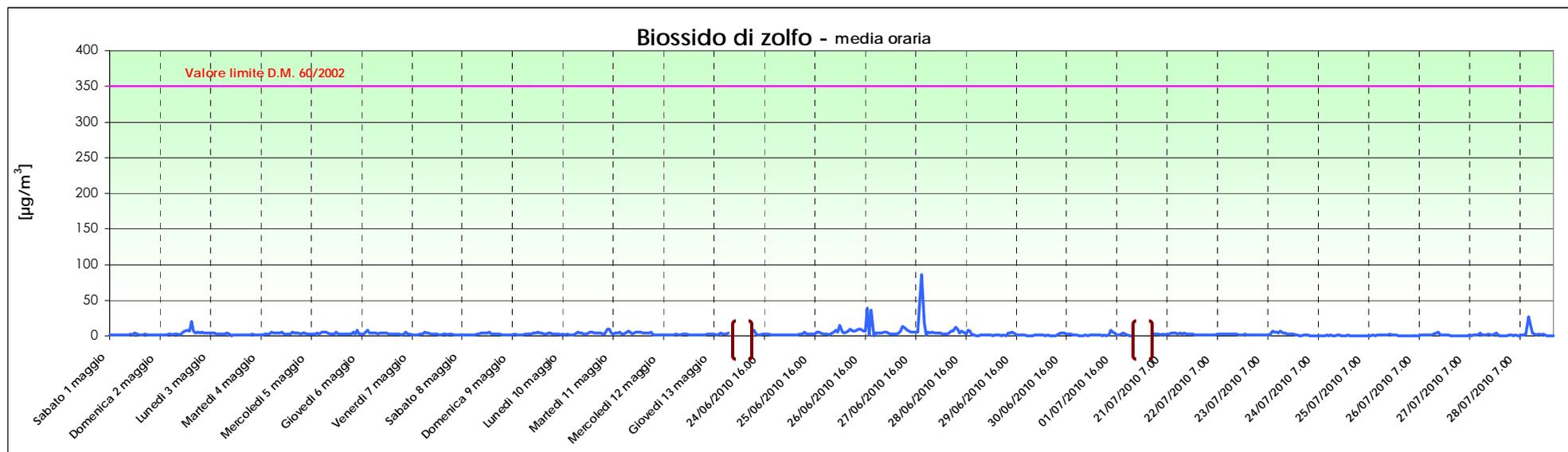


Fig. 2.3.3 – Media oraria biossido di zolfo nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010

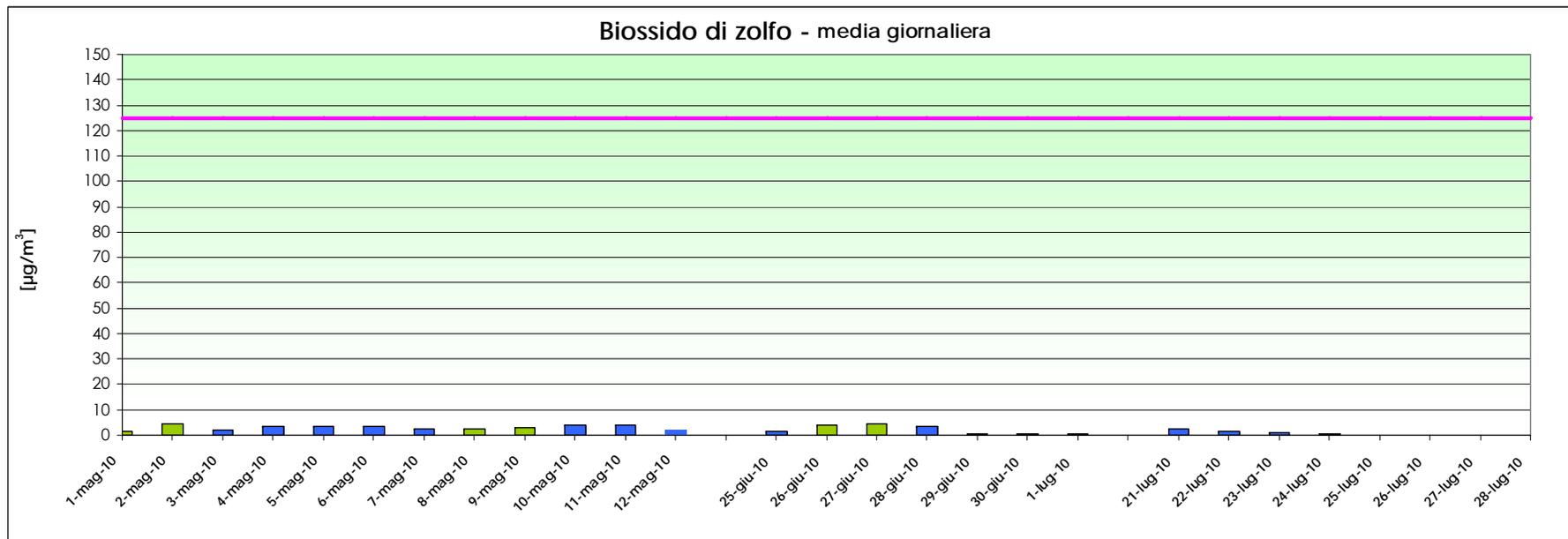


Fig. 2.3.4 - Media giornaliera biossido di zolfo nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010 (in verde i giorni in cui il cantiere era inattivo)

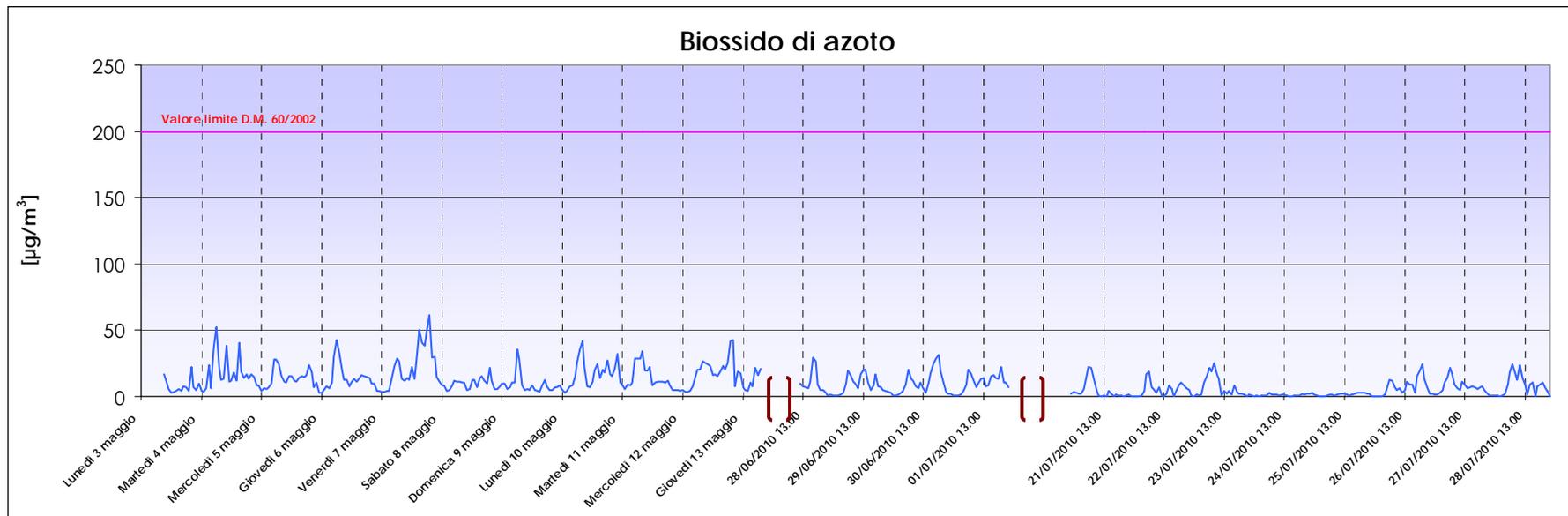


Fig. 2.3.5 – Media oraria biossido di azoto nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010

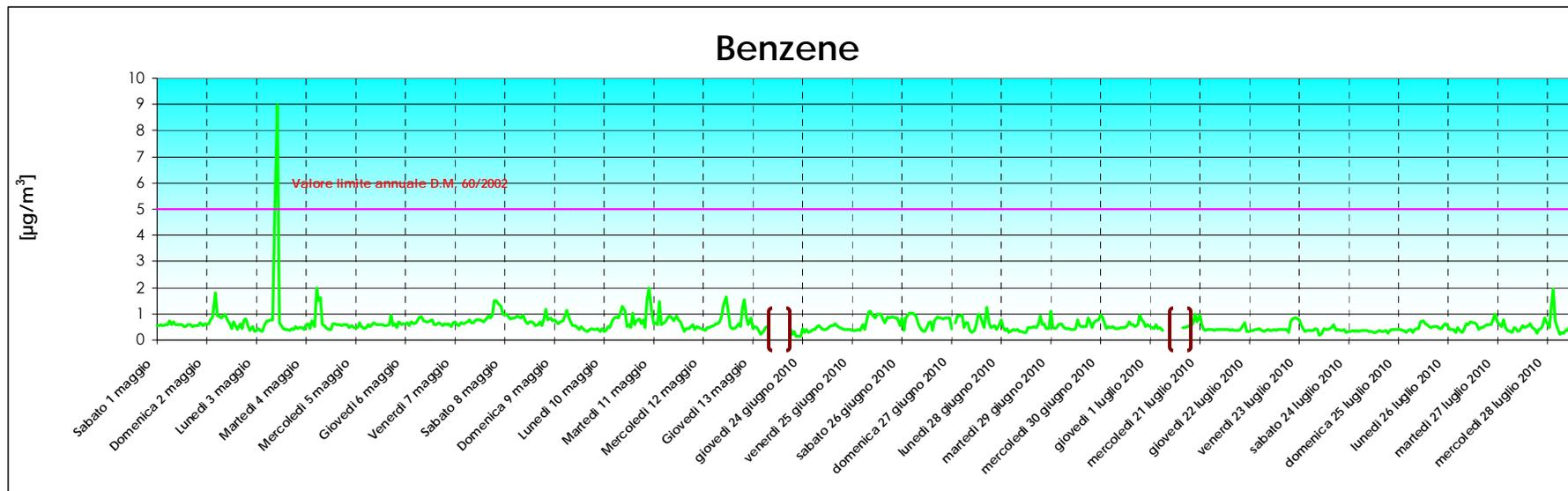


Fig. 2.3.6 - Dinamica del benzene nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010

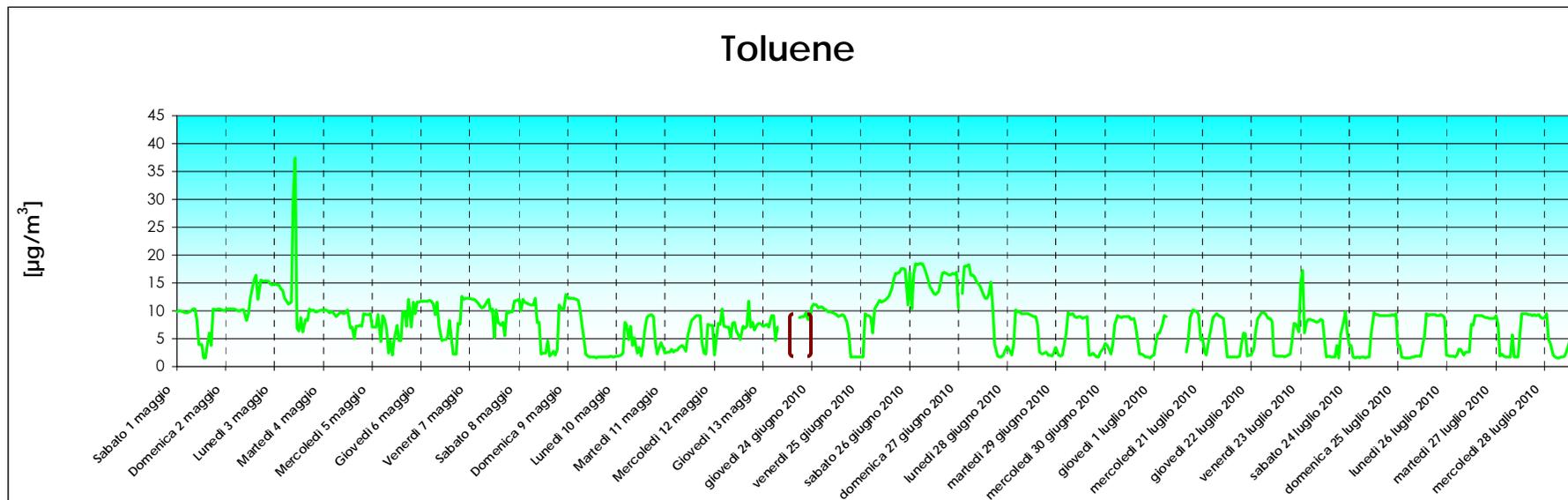


Fig. 2.3.7 – Dinamica del toluene nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010

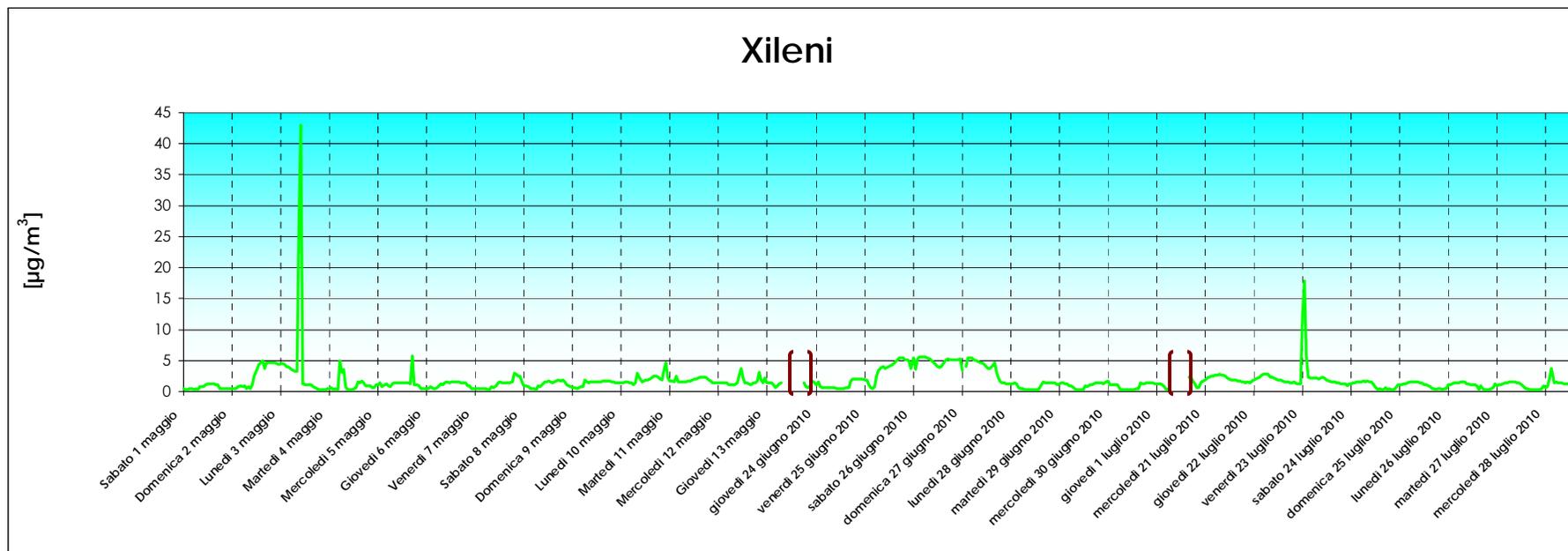


Fig. 2.3.8 - Dinamica xileni nei mesi di maggio, giugno e luglio 2010

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

3. ATTIVITÀ MONITORAGGIO QUALITÀ DELLE ACQUE

3.1 MONITORAGGIO ACQUA

Nel IV trimestre è stato effettuato il terzo campionamento della fase Costruttiva.

Il monitoraggio ha previsto le seguenti due fasi:

- ✓ prelievo dei campioni
- ✓ analisi chimica in laboratorio.

Sono state svolte le seguenti attività

- ✓ analisi chimiche acque marine;
- ✓ analisi dei sedimenti;
- ✓ analisi delle biocenosi bentoniche.

Di seguito si riportano i risultati dei monitoraggi delle acque nelle 3 stazioni (fig. 3.1) effettuati nella Fase Costruttiva.

3.1.1 Materiali e metodi monitoraggio acqua

Per il rilevamento dei parametri idrologici è stata utilizzata una sonda multiparametrica Idromar modello IM 7337. La sonda è stata allestita con i sensori per la misura dei seguenti parametri: temperatura, pH, conducibilità, ossigeno disciolto, torbidità e clorofilla. La trasparenza delle acque è stata misurata con il disco di Secchi.

Il campionamento delle acque di fondo è stato effettuato con una bottiglia Niskin della capacità di 5 litri. Nelle acque - in linea con quanto previsto dal D.Lgs 3 aprile 2006, n. 152 e dalla Water Framework Directive (2000/60/CE) - sono stati prelevati i campioni in 3 stazioni (riportate nella planimetria allegata) e a 3 profondità diverse (superficie a 0.5 m, intermedia a circa 7.5 m e fondo a circa 14 m).

Sono state individuate e monitorate le seguenti stazioni (fig. 3.1):

- St. 6, interna al Porto Canale di fronte all'area delle attività di banchinamento;
- St.11, interna tra il punto di restringimento del bacino e l'inizio del canale;
- St.7 tra la fine del canale e il bacino racchiuso dai moli.

Per ogni stazione sono stati determinati, sul campione medio composito, i parametri e le metodiche analitiche specifiche come riportato nella tabella 3.1.

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

Parametro	U.M.	Metodo di Riferimento
Azoto Ammoniacale	mg/l	IRSA/CNR 4010A
Azoto Nitroso	mg/l	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 133-138
Azoto Nitrico	mg/l	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 139-150
Solidi sospesi totali	mg/l	IRSA 2090/03
Ortofosfato	mg/l)	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 123-132
Fosforo totale	mg/l	NOVA THALASSIA - vol.11 (1990) 171-179
Fluoruri	mg/l	IRSA 4100 B
Cianuri liberi	µg/l	Met/084 Rev.0 -IRSA 4050/94 -EPA 9014 (1996)
PCB	µg/l	IRSA 5110 (2003)

Tab. 3.1 – Parametri e metodiche analizzati nelle acque



Fig. 3.1 - Ubicazione stazioni monitoraggio acque (St.6 - St.11 - St. 7)

3.1.2 Risultati monitoraggio acque mare

Le attività di monitoraggio in questo trimestre sono state finalizzate al controllo della situazione a seguito delle attività di dragaggio in mare effettuate nei mesi precedenti (fig. 3.3).

	Stazione 7	Stazione 11	Stazione 6
Coordinate	39°12' 14,4" 009°04'54,2"	39°12' 56,6" 009°03'51,5"	39°13' 01,4" 009°03'31,5"
Data rilevamento	23 giugno 2010	23 giugno 2010	23 giugno 2010
Ora	09,55	10,18	10,30
Cielo	sereno	sereno	sereno
Vento m/s	4	3	2
Vento direzione	NW	NW	NW
Distanza da terra m		50	110
Profondità m	15	15	15
Trasparenza m	2,3	2,1	2,1

Tab. 3.2 - Coordinate delle stazioni, dati meteo marini del giorno di campionamento



Fig. 3.2 - Draga meccanica in azione nelle acque del Porto Canale

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE	 SARTEC <small>SARAS RICERCHE E TECNOLOGIE</small>	AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	---	---------------------------------------

I valori di torbidità hanno oscillato tra 7.87 NTU nella St. 6 e 8.34 NTU nella St. 11 in superficie. Dal confronto con i valori rilevati nei precedenti campionamenti non sono emerse significative differenze in superficie mentre nel fondo è stata osservata una riduzione.

Nella St. 6, infatti, i valori di torbidità in prossimità del fondo sono diminuiti rispetto agli incrementi registrati durante la fase di dragaggio.

La clorofilla *a* ha continuato a non mostrare variazioni, risultando sempre piuttosto bassa.

stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
6	23/06/2010	10.30.10	0.51	18.4	37.8	8.16	99.1	7.87	0.02
6	23/06/2010	10.30.24	8.41	18.05	37.8	8.17	102.9	8.12	0.74
6	23/06/2010	10.30.40	14.46	17.88	37.91	8.17	101.79	10.02	0.31
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
6	30/03/2010	11:25	0.3	14.8	37.4	8.28	85.67	7.97	0.73
6	30/03/2010	11:25	10.49	14.4	37.5	8.27	87.06	18.78	1.36
6	30/03/2010	11:25	15.13	14.3	37.6	8.27	85.63	49.52	1.94
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
6	20/11/2009	12:08:38	0.53	17.8	37.6	8.24	71.98	9.31	1.2
6	20/11/2009	12:08:55	8.37	17.85	37.6	8.24	75.24	8.87	1.46
6	20/11/2009	12:09:11	15	17.83	37.6	8.24	75.68	9.5	1.31

stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a(mg/mc)
7	23/06/2010	09:56.34	0.57	18.53	37.9	8.21	98.73	8.28	0.23
7	23/06/2010	9:57.03	10.05	17.71	37.92	8.23	103.2	6.01	0.5
7	23/06/2010	9:57.32	15.26	17.62	37.9	8.22	102.71	9.83	0.5
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a(mg/mc)
7	30/03/2010	10:23	0.33	14.89	37.39	8.33	87.67	5.38	0.78
7	30/03/2010	10:23	10.18	14.61	37.5	8.32	90.5	5.92	2.02
7	30/03/2010	10:23	15.39	14.34	37.6	8.3	85.71	8.49	1.1
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
7	20/11/2009	11.49.30	0.63	17.82	37.5	8.25	72.06	12.69	3.31
7	20/11/2009	11.49.49	8.54	17.7	37.5	8.26	76.95	13.88	3.03
7	20/11/2009	11.50.08	15.13	17.68	37.59	8.26	76.88	19.75	2.94

stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
11	23/06/2010	10.18.15	0.54	18.33	37.9	8.18	98.04	8.34	0.05
11	23/06/2010	10.18.31	10.1	18.1	37.9	8.18	99.7	8.17	0.4
11	23/06/2010	10.18.50	14.4	18.06	37.9	8.18	95.99	9.73	0.34
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
11	30/03/2010	11:08	0.89	14.7	37.5	8.3	86.82	8.62	0.71
11	30/03/2010	11:08	10.25	14.5	37.5	8.3	87.5	9.08	1.72
11	30/03/2010	11:08	15.19	14.3	37.6	8.29	84.64	11.36	1.02
stazione	data	ora	Prof. (m)	T (°C)	Sal (psu)	pH	O2 (%)	torbidità (NTU)	clor.a (mg/mc)
11	20/11/2009	12:03:31	0.63	17.8	37.62	8.25	71.5	10.56	1.49
11	20/11/2009	12:03:31	9.56	17.8	37.6	8.25	74.8	11.62	1.37
11	20/11/2009	12:03:31	15.23	17.7	37.6	8.25	74	14.4	1.87

Tabella 3.3 – Confronto dati idrologici

Le concentrazioni dei nutrienti (fosforo e forme ammoniacali) non hanno mostrato variazioni rispetto ai risultati dei precedenti campionamenti. I valori del fosforo e delle tre forme dell'azoto sono state confrontate con i valori soglia indicati dalla letteratura (Smith et al., 1999) e con le curve di probabilità di Vollenweider (OECD, 1982) per la valutazione delle condizioni di eutrofizzazione delle acque (tab. 3.4 – fig. 3.5).

STAZIONE 6		
Parametro	Risultato	U.M.
Azoto Ammoniacale	0.004	mg/l
Azoto Nitroso	0.0012	mg/l
Azoto Nitrico	0.01	mg/l
Solidi sospesi totali	17.60	mg/l
Ortofosfato	0.003	mg/l
Fosforo totale	0.003	mg/l
Fluoruri	0.39	mg/l
Solfati	3681.4	µg/l
PCB	<0.005	µg/l

Tab. 3.6 – risultati analisi acque st. 6

STAZIONE 7		
Parametro	Risultato	U.M.
Azoto Ammoniacale	0.004	mg/l
Azoto Nitroso	0.0012	mg/l
Azoto Nitrico	0.01	mg/l
Solidi sospesi totali	12.70	mg/l
Ortofosfato	<0.003	mg/l
Fosforo totale	<0.003	mg/l
Fluoruri	0.4	mg/l
Solfati	3528	mg/l
PCB	<0.005	µg/l

Tab. 3.7 – risultati analisi acque st. 7

STAZIONE 11		
Parametro	Risultato	U.M.
Azoto Ammoniacale	0.004	mg/l
Azoto Nitroso	0.0012	mg/l
Azoto Nitrico	0.01	mg/l
Solidi sospesi totali	13.40	mg/l
Ortofosfato	<0.003	mg/l
Fosforo totale	<0.003	mg/l
Fluoruri	0.10	mg/l
Solfati	3498	mg/l
PCB	<0.005	µg/l

Tab. 3.8 – risultati analisi acque st. 11

Le concentrazioni degli ortofosfati sono risultate, in tutte le stazioni, ben al di sotto dei 3 mg/m³ stabiliti da Smith e dunque indicativi di uno stato di oligotrofia, confermate dalle curve di probabilità di Vollenweider. Anche l'azoto totale (come somma delle 3 forme) è risultato sempre molto al di sotto del valore soglia dell'oligotrofia di 260 mg/m³ e con elevata probabilità di condizioni oligotrofiche secondo le curve.

La clorofilla *a* ha mostrato concentrazioni inferiori ai limiti dell'oligotrofia in superficie e tendenti alla mesotrofia più in profondità in tutte le stazioni.

Le basse concentrazioni di nutrienti fanno escludere la possibilità di fenomeni eutrofici, anche perché la torbidità rende le condizioni ambientali poco adatte allo sviluppo algale (fitoplancton e macroalghe).

I valori dei fluoruri e dei cianuri sono risultati sempre inferiori ai limiti di legge (tab. 3, D.lgs 152/06). I valori di ossigeno disciolto sono stati quasi sempre prossimi alla saturazione e non sono mai scesi al di sotto del 71%.

Trophic state		TN (mg m-3)	TP (mg m-3)	chl a (mg m-3)	SD (mg m-3)
Lake	Oligotrophic	<350	<10	<3.5	>4
	Mesotrophic	350-650	10-30	3.5-9	2-4
	Eutrophic	650-1200	30-100	9-25	1-2
	Hypertrophic	>1200	>100	>25	<1
Stream	Oligotrophic	<700	<25	<10	<20
	Mesotrophic	700-1500	25-70	10-30	20-70
	Eutrophic	>1500	>75	>30	>70
Coastal Marin water				chl a (mg m-3)	SD (mg m-3)
	Oligotrophic	<260	<10	<1	>6
	Mesotrophic	260-350	10-30	1-3	3-6
	Eutrophic	350-400	30-40	3-5	1.5-3
	Hypertrophic	>400	>40	>5	<1.5

Tabella 3.4 – Valori utilizzati per valutare lo stato trofico dei laghi (Nurnberg, 1996), dei fiumi (Dodds et al, 1998) e delle acque costiere (Hakanson, 1994) - **N**: total nitrogen, **TP**: total phosphorus, **TIN**: total inorganic nitrogen, **Chl a**: chlorophyll a, **SD**: Secchi disk transparency

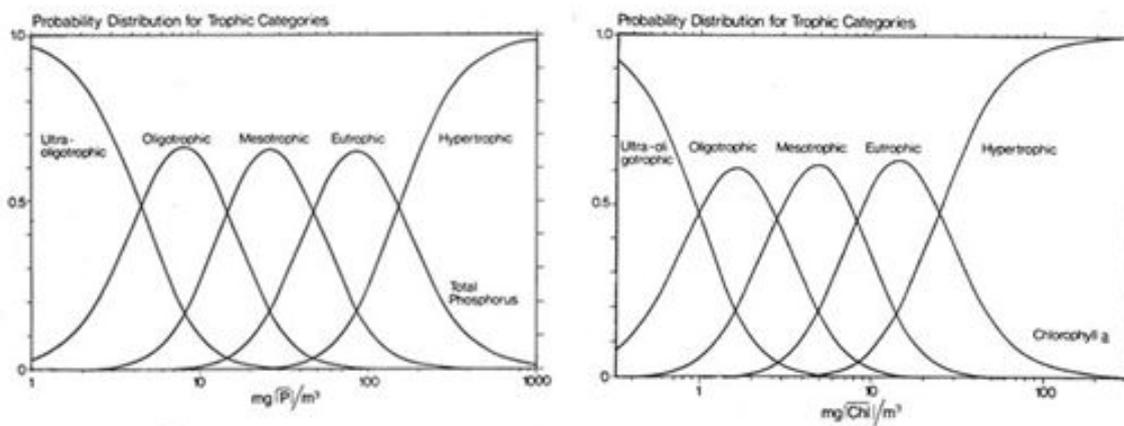


Fig. 3.5 - Probabilità di appartenenza alle diverse classi trofiche in base alle concentrazioni di P tot(%) e di clorofilla a (%).

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

3.1.3 *Materiali e metodi monitoraggio sedimenti marini*

Sono stati effettuati i campionamenti dei sedimenti superficiali con benna Vann Veen gestita sul fondo da sommozzatore.

Il monitoraggio ha previsto le seguenti due fasi:

- prelievo dei campioni;
- analisi chimica in laboratorio.

Nei sedimenti - seguendo i riferimenti normativi del "Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini ICRAM-APAT" - sono stati analizzati i parametri elencati di seguito con le relative metodiche :

As	mg/kg	EPA 6010C
Cd	mg/kg	EPA 6010C
Cr totale	mg/kg	EPA 6010C
Pb	mg/kg	EPA 6010C
Ni	mg/kg	EPA 6010C
Cu	mg/kg	EPA 6010C
V	mg/kg	EPA 6010C
Zn	mg/kg	EPA 6010C
PCB	mg/kg	UNI-EN 12766/1-2

3.1.4 Risultati monitoraggio sedimenti

Il monitoraggio dei sedimenti superficiali è stato effettuato nelle stesse stazioni delle acque di mare (fig. 3.1):

- st. 6, interna al Porto Canale di fronte all'area delle attività di banchinamento;
- st.11, interna tra il punto di restringimento del bacino e l'inizio del canale;
- st.7 tra la fine del canale e il bacino racchiuso dai moli.

Di seguito si riportano i risultati delle analisi dei sedimenti:

ST 6	mg/kg	Livello Chimico Limite (LCL) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini ISPRA-APAT (mg/kg)
As	13.06	32
Cd	0.16	0.8
Cr totale	30.45	360
Pb	20.9	70
Ni	0.04	75
Cu	17.02	52
V	57.25	-
Zn	59.34	170

Tab. 3.8 – risultati analisi sedimenti St. 6

ST 7	mg/kg	Livello Chimico Limite (LCL) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini ISPRA-APAT (mg/kg)
As	13.9	32
Cd	0.16	0.8
Cr totale	35.42	360
Pb	35.86	70
Ni	20.94	75
Cu	19.52	52
V	70.07	-
Zn	76.04	170

Tab. 3.9 – risultati analisi sedimenti St. 7

ST 6	mg/kg	Livello Chimico Limite (LCL) Manuale per la movimentazione di sedimenti marini ISPRA-APAT (mg/kg)
As	15.7	32
Cd	0.11	0.8
Cr totale	33.1	360
Pb	23.13	70
Ni	18.3	75
Cu	14.53	52
V	63.03	-
Zn	67.69	170

Tab. 3.10 – risultati analisi sedimenti St. 11

I dati sono stati confrontati con i livelli chimici limite definiti dal “Manuale per la movimentazione dei sedimenti marini” realizzato dall'ICRAM e dall'APAT.

Non sono stati osservati superamenti in nessuna delle tre stazioni.

4. ATTIVITÀ MONITORAGGIO BIOCEOSI

Di seguito si riportano i risultati del monitoraggio sulla comunità dello zoobenthos presente nei sedimenti.

4.1 MONITORAGGIO ZOOBENTHOS NEI SEDIMENTI MARINI

4.1.1 *Materiali e metodi monitoraggio zoobenthos sedimenti*

Il campionamento del macrozoobenthos è stato effettuato con benna *Vann Veen*; il materiale raccolto è stato setacciato *in loco* per trattenere tutti quegli organismi con diametro del corpo superiore a 0,5 mm.

Gli organismi così raccolti sono stati conservati in una soluzione di formalina e successivamente determinati e conteggiati allo stereomicroscopio.

Per ogni stazione sono state prelevate 2 distinte campionature che unite tra loro hanno costituito il campione.

4.1.2 *Risultati monitoraggio zoobenthos sedimenti*

Il monitoraggio delle biocenosi bentoniche è stata eseguita anch'essa nelle stesse postazioni individuate per le analisi delle acque di mare (St.6, St. 7, St.11).

I risultati delle analisi del benthos presente nel sedimento del bacino del Porto Canale hanno confermato quanto già osservato nel monitoraggio Ante Operam e nelle precedenti fasi operative, ovvero una scarsità di individui e taxa.

23/06/2010		St.6	St.7	St.11	
<i>Anellida Polychaeta</i>	n.d.	n°/m ²	133	330	233
	<i>Sternaspis scutata</i>	n°/m ²		33	33
<i>Mollusca Bivalvia</i>	<i>Corbula gibba</i>	n°/m ²	3933	933	3933
	Tellinidae sp.	n°/m ²	33		33
<i>Scaphopoda</i>	Dentalidae	n°/m ²	67		

Tab. 4.1 – Zoobenthos rilevato nei sedimenti

10/09/2009			St.6	St.7	St.11
<i>Anellida Polychaeta</i>	n.d.	n°/m ²	33	150	
	<i>Sternaspis scutata</i>	n°/m ²		67	
<i>Mollusca Bivalvia</i>	<i>Corbula gibba</i>	n°/m ²	4483	567	1183
	Tellinidae sp.	n°/m ²	17	17	17
30/03/2010			St.6	St.7	St.11
<i>Anellida Polychaeta</i>	n.d.	n°/m ²	467	233	567
	<i>Sternaspis scutata</i>	n°/m ²	100	33	100
<i>Mollusca Bivalvia</i>	<i>Corbula gibba</i>	n°/m ²	6100	867	3767
	Tellinidae sp.	n°/m ²	33	33	
<i>Crustacea</i>	Amphipoda Gammaridae sp.	n°/m ²		33	
	Brachyura (Metazoea)	n°/m ²	33		
<i>Echinodermata</i>	Ophiuridae sp.	n°/m ²	33		

Tab. 4.2 – Zoobenthos rilevato nei sedimenti nei campionamenti precedenti

Il bivalve *Corbula gibba*, una specie particolarmente resistente all'inquinamento (già presente nel monitoraggio Ante Operam e durante la fase di dragaggio), è stata rilevata anche in questo campionamento con una lieve diminuzione nel numero di presenze.

La modesta ricchezza specifica con la forte dominanza del mollusco lamellibranco *Corbula gibba* in genere è caratteristico di un ambiente bentonico fangoso con una forte instabilità sedimentaria e una frequente torbidità delle acque almeno presso il fondo.

Un popolamento con poche specie fortemente dominanti è caratteristico di ambienti instabili, quali possono essere quelli in cui è avvenuta una forte perturbazione, ed è tipico di stadi di colonizzazione iniziale.

In conclusione per la comunità dello zoobenthos non sono state dunque rilevate variazioni sostanziali tra i risultati dei campionamenti eseguiti sino ad ora compresa la Fase Ante Operam.

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

4.2 MONITORAGGIO FORAMINIFERI BENTONICI NEI SEDIMENTI MARINI

4.2.1 *Materiali e metodi monitoraggio foraminiferi sedimenti*

Di seguito si riportano i risultati ottenuti sulla base dell'analisi delle associazioni a foraminiferi bentonici su 3 campioni denominati rispettivamente PC6, PC7 e PC11 e coincidenti con le 3 stazioni di monitoraggio acque mare e sedimenti.

I campioni sono stati prelevati a mezzo benna Van Veen il 23/06/2010 nell'area del Porto Canale di Cagliari. I campioni al momento del prelievo sono stati colorati con il Rosa Bengala, per evidenziare l'eventuale presenza di protoplasma nei gusci dei Foraminiferi presenti. Tale metodica permette di distinguere le forme viventi al momento della campionatura (biocenosi) da quelle già morte (tanatocenosi). In laboratorio ogni campione è stato asciugato e pesato a secco. Da ogni campione sono stati prelevati circa 100g di sedimento secco per il trattamento in laboratorio. Successivamente ogni campione è stato sottoposto a lavaggio e separato mediante 6 setacci calibrati di dimensioni rispettivamente di 500 µm, 250 µm, 180 µm, 125 µm, 90 µm e 53 µm. Sulle frazioni ottenute da ogni campione è stato applicato il metodo della quartatura, consistente nella suddivisione del residuo in parti minori, che però conservano in modo proporzionale le componenti microfaunistiche (foraminiferi bentonici), necessarie per il conteggio statistico. Tale metodo viene comunemente utilizzato in questo tipo di analisi in quanto permette di conservare e analizzare in toto la biodiversità. Ogni parte splitata di ciascun campione è stata osservata e analizzata al microscopio ottico binoculare, per il riconoscimento tassonomico delle specie dei foraminiferi presenti. L'analisi ha messo in evidenza che non vi sono significative differenze rispetto ai dati relativi ai campioni precedentemente esaminati (campionamento effettuato in data 30/03/2010); anche in questo caso si registra un calo nel numero di individui e di specie costituenti la biocenosi a foraminiferi. La densità faunistica (numero di esemplari per 1 grammo di sedimento secco), anche se presenta valori di poco superiori rispetto ai precedenti, risulta ancora molto bassa: PC6 (0.748), PC7 (0.448), PC11 (2.703).

A causa del basso numero di esemplari viventi ritrovati non è stato possibile effettuare l'analisi quantitativa della biocenosi (associazione di esemplari vivi), la quale richiederebbe il conteggio di almeno 300 gusci di foraminiferi viventi per campione. Per questo motivo è stato calcolato il numero totale degli esemplari. L'associazione di esemplari non viventi è risultata invece ben diversificata e ricca. In totale sono state riconosciute e determinate 44 specie, appartenenti a 29 generi (Tab. 1).

Il 68% delle specie presenta guscio ialino, il 25% un guscio porcellaneo e il 7% un guscio arenaceo (Fig. 1).

	PC6	PC7	PC11	%PC6	%PC7	%PC11
<i>Articulina</i> sp.	0	0	1	0,00	0,00	0,31
<i>Adelosina cliarensis</i>	5	1	2	1,72	0,31	0,63
<i>Ammonia parkinsoniana</i>	0	1	0	0,00	0,31	0,00
<i>Ammonia tepida</i>	46	74	58	15,86	22,98	18,24
<i>Asterigerinata mamilla</i>	10	16	16	3,45	4,97	5,03
<i>Bolivina dilatata</i>	2	0	0	0,69	0,00	0,00
<i>Bolivina spathulata</i>	17	18	25	5,86	5,59	7,86
<i>Bolivina striatula</i>	4	1	10	1,38	0,31	3,14
<i>Bolivina variabilis</i>	2	6	4	0,69	1,86	1,26
<i>Bulimina elongata</i>	1	0	3	0,34	0,00	0,94
<i>Bulimina marginata</i>	0	1	1	0,00	0,31	0,31
<i>Cassidulina laevigata</i>	0	1	0	0,00	0,31	0,00
cf. <i>Adercotryma</i> sp.	1	1	1	0,34	0,31	0,31
cf. <i>Valvulineria</i> sp.	1	1	1	0,34	0,31	0,31
<i>Cornuspira involvens</i>	6	3	4	2,07	0,93	1,26
<i>Cycloforina</i> sp.	9	0	9	3,10	0,00	2,83
<i>Eggerelloides advenum</i>	0	1	7	0,00	0,31	2,20
<i>Elphidium advenum</i>	14	7	3	4,83	2,17	0,94
<i>Elphidium complanatum</i>	0	1	0	0,00	0,31	0,00
<i>Elphidium macellum</i>	2	2	0	0,69	0,62	0,00
<i>Elphidium oceanensis</i>	10	4	3	3,45	1,24	0,94
<i>Fissurina lucida</i>	1	2	0	0,34	0,62	0,00
<i>Fursenkoina punctata</i>	1	2	5	0,34	0,62	1,57
<i>Haynesina germanica</i>	11	26	25	3,79	8,07	7,86
<i>Lagena plumigera</i>	0	1	0	0,00	0,31	0,00
<i>Lagena striata</i>	0	1	2	0,00	0,31	0,63
<i>Lobatula lobatula</i>	12	4	5	4,14	1,24	1,57
<i>Lenticulina gibba</i>	2	1	0	0,69	0,31	0,00
<i>Miliolinella subrotunda</i>	5	3	2	1,72	0,93	0,63
<i>Neoconorbina nitida</i>	11	3	5	3,79	0,93	1,57
<i>Nonionella turgida</i>	2	10	1	0,69	3,11	0,31
<i>Planorbulina mediterraneensis</i>	1	1	0	0,34	0,31	0,00
<i>Quinqueloculina berthelotiana</i>	0	1	0	0,00	0,31	0,00
<i>Quinqueloculina bradyana</i>	0	5	0	0,00	1,55	0,00
<i>Quinqueloculina laevigata</i>	37	30	34	12,76	9,32	10,69
<i>Quinqueloculina seminula</i>	8	11	6	2,76	3,42	1,89
<i>Quinqueloculina stelligera</i>	34	38	49	11,72	11,80	15,41
<i>Reophax</i> cf. <i>nanus</i>	3	0	0	1,03	0,00	0,00
<i>Rosalina bradyi</i>	3	2	1	1,03	0,62	0,31
<i>Rosalina floridana</i>	21	25	28	7,24	7,76	8,81
<i>Rosalina globularis</i>	3	8	4	1,03	2,48	1,26
<i>Sigmoilinita costata</i>	2	4	0	0,69	1,24	0,00
<i>Siphonaperta aspera</i>	2	3	0	0,69	0,93	0,00
<i>Uvigerina</i> sp.	1	2	3	0,34	0,62	0,94

Tab. 1 – Elenco specie rinvenute nei campioni del Porto Canale, con il numero degli esemplari e loro relativa abbondanza

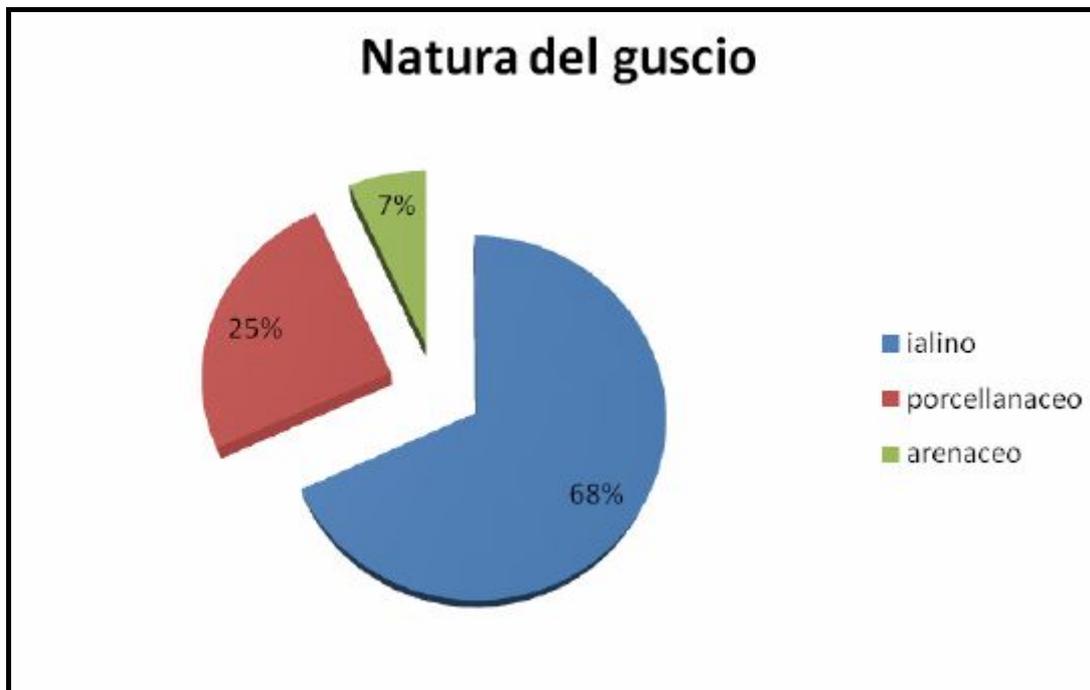


Fig. 1 - Diagramma mostrante la percentuale delle specie con guscio porcellanaceo, ialino e arenaceo, rinvenuti nei campioni del Porto Canale.

L'abbondanza relativa delle singole specie varia da stazione a stazione, con 7 specie che mostrano un'abbondanza superiore al 3% in almeno un campione (Tab. 1). L'associazione è dominata da *Ammonia tepida* (19%), *Quinqueloculina stelligera* (13%), *Quinqueloculina laevigata* (11%), *Rosalina floridana* (8%), *Haynesina germanica* (7%), *Bolivina spathulata* (6%) e *Asterigerinata mamilla* (4%) (Fig. 2).

Gli indici biotici non mostrano una elevata variabilità da campione a campione (Tab. 2).

In particolare S (diversità specifica) varia da 30 (PC11) a 39 (PC7). Il campione PC7 presenta il valore più alto per la Densità Faunistica (1400), mentre la media nell'area di studio è di 1294.64.

L'indice di Shannon-Weaver oscilla tra 2.71 (PC11) e 2.93 (PC6), Equitability (J) tra 0.77 (PC7) e 0.83 (PC6), Dominance (D) tra 0.8 (PC6) e 0.10 (PC7 e PC11), Evenness tra 0.42 (PC7) e 0.55 (PC6), infine Simpson (1-D) tra 0.90 (PC7 e PC11) e 0.92 (PC6). L'indice di Fisher a presenta un range di variabilità compreso tra 8.13 (PC11) e 11.62 (PC7), con un valore medio di 9.91.

Le anomalie morfologiche riscontrate sono attribuite a morfogenesi patologica.

Il FAI (Foraminiferal Abnormality Index) presenta valori variabili da stazione a stazione, in particolare il valore più basso è relativo al campione PC6 (2.76) e quello più alto al

campione PC11 (4.09), con una media di 3.63. L'FMI è compreso tra 11.76 (PC6) e 25.64 (PC7).

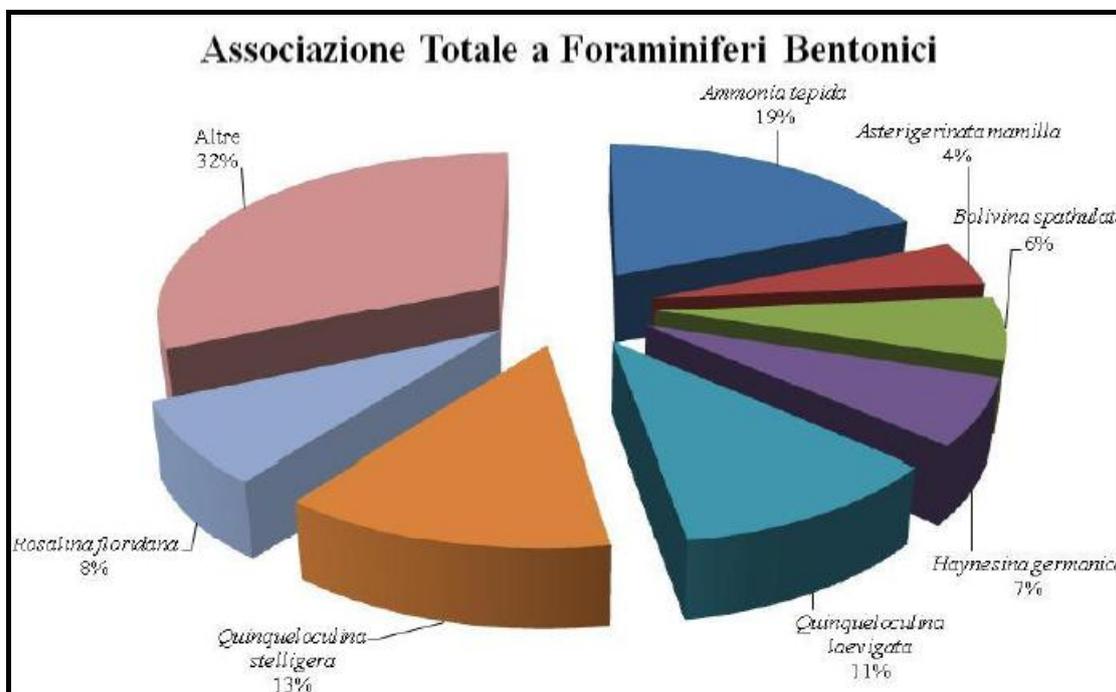


Fig. 2 - Specie dominanti (oltre 3%) la tanatocenosi a foraminiferi bentonici del Porto Canale

	PC6	PC7	PC11	MEAN
Diversità specifica - S	34	39	30	34
N° esemplari	290	322	318	310
Dominance - D	0,08	0,10	0,10	0,09
Shannon - H	2,93	2,81	2,71	2,82
Simpson - 1-D	0,92	0,90	0,90	0,91
Evenness - $e^{H/S}$	0,55	0,42	0,50	0,49
Menhinick	2,00	2,17	1,68	1,95
Margalef	5,82	6,58	5,03	5,81
Equitability - J	0,83	0,77	0,80	0,80
Fisher alpha	10,00	11,62	8,13	9,91
Berger-Parker	0,16	0,23	0,18	0,19
FAI	2,76	4,04	4,09	3,63
FMI	11,76	25,64	20,00	19,14
Densità faunistica - DF	1260,87	1400,00	1223,08	1294,65

Tab. 2 - Indici biotici relativi ai campioni analizzati e la relativa media

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

Sulla base delle analisi effettuate e dei dati ottenuti e confrontandoli con quelli delle precedenti campionature (campioni del 21.11.2009 e 30/03/2010) è stato osservato che la biocenosi risulta ancora assente, anche se i valori della densità faunistica si presentano leggermente superiori rispetto ai campioni della precedente campagna di campionamento (30/03/2010). Ciò potrebbe essere relazionato al ristabilirsi delle condizioni ambientali e di conseguenza ad una ripresa dell'associazione microfaunistica. La tanatocenosi risulta sempre ben diversificata e ricca, ma costituita da individui con guscio di piccole dimensioni <90 µm in tutti i campioni studiati.

Le specie spiraliformi (*Ammonia tepida* e *Haynesina germanica*) e con guscio di tipo miliolide (*Quinqueloculina spp.*) risultano dominanti nell'associazione totale, rispetto alle forme con guscio allungato (Bolivine, Bulimine, Uvigerine). I valori degli indici biotici indicano una leggera condizione di stress ambientale, in particolare i valori di Fisher a index e Shannon-Weaver risultano superiori rispetto ai precedenti campioni analizzati (tanatocenosi del 30/03/2010), con valori medi rispettivamente di 9,91 e 2,82. Invece, i due indici di anormalità FAI e FMI mostrano ancora valori >1%; secondo Alve (1991) questo è il valore limite di gusci anormali in un'associazione di ambiente non inquinato. Le anormalità riscontrate sono da attribuire a morfogenesi patologica.

Ammonia tepida risulta ancora la specie più abbondante; in letteratura è riportata come specie tipica di aree lagunari, zone deltizie e di ambienti marini costieri infralitorali, soggetti a rapide variazioni saline (p.e. Almogi-Labin et al., 1992; Debenay et al., 2000, 2005). È nota la sua grande tolleranza a varie tipologie di stress, come per esempio agenti chimici, metalli pesanti, variazioni di salinità, inquinamento termico, fertilizzanti etc. (Setty e Nigam, 1984; Yanko e Flexer, 1991; Coccioni, 2000; Ferraro et al., 2006, etc).

Rispetto ai dati relativi al precedente campionamento (30/03/2010) non sono state rilevate significative differenze, la biocenosi risulta ancora quasi assente o poverissima, anche se i valori della densità faunistica sono leggermente più alti, indicando l'inizio del ristabilimento delle condizioni ambientali, quali minore torbidità e la ripresa dell'associazione vivente a foraminiferi bentonici anche se in modo modesto. In un recente lavoro (Hess et al., 2010), presentato al Congresso Internazionale "Forams 2010" (Bonn, Germania), è stato riportato che in campioni provenienti dal fiordo di Oslo (Norvegia), sia la macrofauna che i foraminiferi bentonici mostrato una riduzione significativa nel numero dei taxa, nell'abbondanza e nella diversità con l'incremento dei depositi di tipo fangoso nel fondale. L'aumento del materiale fangoso influenza maggiormente la biocenosi a foraminiferi

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	-------------------------------

bentonici rispetto alla biocenosi della macrofauna, probabilmente a causa delle loro più piccole dimensioni e della loro maggiore sensibilità essendo organismi unicellulari non capaci di adottare idonee strategie di sopravvivenza.

In conclusione, allo stato attuale l'analisi dell'associazione a foraminiferi bentonici nell'area indagata denota un ambiente deposizionale ancora in fase di degrado, in quanto l'associazione rinvenuta è indicativa di condizioni di stress ambientale ma nel quale cominciano a evidenziarsi primi segnali di ripresa.

Ulteriori campionature nelle stesse stazioni potrebbero confermare tali segnali positivi e comunque fornire indicazioni sullo stato di salute dei fondali in relazione all'attività cantieristica. Mediante future analisi sulle biocenosi, analoghe a quelle già effettuate, si potrà verificare l'evoluzione temporale del grado di stress nell'ecosistema.

IV SAL PIANO MONITORAGGIO LAVORI di BANCHINAMENTO del PORTO CANALE		AUTORITÀ PORTUALE CAGLIARI
--	--	--

CONCLUSIONI

Le concentrazioni delle polveri totali sono risultate sempre molto al di sotto del valore limite soglia di 3000 µg/m³ individuato dall'ACGIH (American Conference of Industrial Hygienists). Il valore più elevato è stato osservato nel mese di giugno nella stazione 3 in concomitanza con vento di provenienza da Est rispetto al cantiere e questo consente di supporre che le eventuali influenze potessero essere principalmente esterne.

Il monitoraggio della qualità dell'aria con il laboratorio mobile ha consentito di rilevare le concentrazioni di PM10, CO, SO₂, NO₂, Benzene, Toluene e Xilene. Non sono mai stati rilevati superamenti per nessuno dei parametri durante il trimestre. Il rilevamento della qualità dell'aria nei giorni in cui il cantiere era chiuso non ha evidenziato nessuna sostanziale differenza con i valori registrati durante le attività.

Le deposizioni umide e secche non hanno mostrato variazioni di rilievo rispetto al precedente campionamento.

I risultati del monitoraggio delle acque, effettuati in fase costruttiva (successiva all'attività di dragaggio in mare) hanno confermato i dati dei precedenti campionamenti.

I valori di torbidità in superficie sono risultati elevati anche in questo campionamento senza grandi differenze rispetto alla fase Ante Operam. In prossimità del fondale, invece, la torbidità è diminuita rispetto alla fase di dragaggio ritornando ai valori simili a quelli rilevati nei campionamenti precedenti.

Le analisi dei sedimenti non hanno mostrato variazioni e sono risultati in linea con i valori previsti dalla normativa.

Le comunità di macrozoobenthos rilevate, così come le comunità di foraminiferi, sono risultate sempre indicative di un sistema perturbato e stressato già evidente nella fase Ante Operam.