

Contratto prot.n. 31572 si/gce/fbe

## RAPPORTO DI VALUTAZIONE STAZIONI FISSE PER IL RILIEVO DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO

# Periodo di riferimento: da inizio lavori a dicembre 2005

Zaggia L, Costa F, Simionato F (CNR-ISMAR)

Area: Matrice acqua

15 Maggio 2006

Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca inerenti il Sistema Lagunare di Venezia

**Palazzo Franchetti S. Marco 2847 30124 Venezia** Tel. +39.041.2402511 Fax +39.041.2402512

Supervisore macroattività Responsabile d'Area Approvazione

Prof. Luca Zaggia Prof. Giampaolo Di Silvio Ing. Pierpaolo Campostrini

#### CORILA

# ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

#### Indice

1.	INT	RODUZIONE	3
2.	1A N	MISURA DELLA TORBIDITÀ	4
3.		RETE DI STAZIONI FISSE PER LA MISURA DELLA Torbidità in continuo	
4.	Stru	ımentazione per la misura della torbiditÀ	10
	4.1.	Descrizione dell'attività di gestione della rete di stazioni fisse	11
5.	ME	TODOLOGIA PER IL TRATTAMENTO DEI DATI REGISTRATI	14
	5.1.	Procedura per la filtrazione dei picchi istantanei	15
	5.2.	Correzione per il fouling	17
6. CC		LIBRAZIONE DEI SENSORI DI TORBIDITÀ PER LA STIMA DELLA NTRAZIONE DI SPM	21
7.	7. S	ERIE TEMPORALI DELLA TORBIDITÀ/SPM	26
8. TC		ETTI DELLE ATTIVITÀ DI SCAVO SULLE REGISTRAZIONI DELLE STAZIONI IMETRICHE	38
9.	STR	UTTURA DELL'ARCHIVIO DEI DATI	43
10	. R	IFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	44

#### 1. INTRODUZIONE

Con riferimento all'accordo tra CVN (Consorzio Venezia Nuova), per conto del Magistrato alle Acque di Venezia, e il CORILA (Consorzio per la Gestione del Centro di Coordinamento delle Attività di Ricerca inerenti il Sistema Lagunare di Venezia) per l'esecuzione del Progetto "Attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari"; il CORILA, pur mantenendo la supervisione tecnico-scientifica ed il coordinamento, anche attraverso un Responsabile Scientifico appositamente incaricato, ha affidato all'Istituto di Scienze Marine del Consiglio Nazionale delle Ricerche di Venezia (ISMAR-CNR Venezia) la realizzazione di parte dell'attività necessaria al Piano di Monitoraggio, secondo quanto prescritto nel Capitolo 2.1 del Disciplinare Tecnico approvato dal Magistrato alle Acque il 21/09/2004 [1].

Tale Disciplinare prevede specifiche attività per la misura del flusso di particellato solido sospeso generato dalle attività di cantiere dentro e fuori le sezioni del canale di bocca.

Le attività descritte nel Disciplinare Tecnico prevedono, infatti, di monitorare la torbidità generata dalle operazioni di scavo come:

- A) torbidità prodotta direttamente dai sistemi di scavo (draghe);
- B) dispersione spaziale del particellato sospeso.

Nel caso A) le misure servono per determinare la torbidità prodotta direttamente dalle attività di cantiere allo scopo di descrivere le diverse tipologie di "sorgente" in periodi limitati ed in diverse condizioni operative [2].

Nel caso B) le acquisizioni si riferiscono, invece, alla misura della torbidità in continuo mediante strumenti fissi (torbidimetri), opportunamente posizionati, nelle aree di pertinenza dei tre canali di bocca, sia entro la laguna sia all'esterno delle bocche. In questo caso la misura puntuale della torbidità fornisce un'indicazione mediata della distribuzione spaziale del particellato sospeso al variare dei campi di corrente nei diversi cicli di marea.

Nel presente Rapporto viene descritta la rete di stazioni fisse finalizzata al rilievo in continuo dell'andamento e della variabilità del parametro torbidità nelle aree più prossime alle bocche, in cui sono previste le operazioni di dragaggio. Vengono, inoltre, presentati i dati relativi alle acquisizioni dei primi 6 mesi di attività (Maggio-Dicembre 2005) in ciascuna stazione.

#### 2. LA MISURA DELLA TORBIDITÀ

La determinazione del particellato solido in sospensione (Suspended Particulate Matter - SPM) e della torbidità in acqua è abitualmente prevista nei programmi di monitoraggio ambientale a seguito di operazioni di scavo e dragaggio di fondali.

L'SPM, che include sia la frazione organica che inorganica, è, di fatto, una misura del peso secco del materiale sospeso per unità di volume d'acqua e viene espresso in milligrammi di solidi per litro d'acqua (mg/l).

La misura della torbidità, invece, sfrutta la proprietà ottica dell'acqua di attenuare o disperdere un fascio di luce che attraversa un determinato volume (fenomeno di *scattering*). In questo caso la concentrazione del particellato solido sospeso, espressa in NTU (Nephelometric Turbidity Units) o FTU (Formazine Turbidity Units), viene determinata misurando l'attenuazione di un raggio di luce proiettato nell'acqua in direzione di una fotocellula (*lightscattering*), o la luce dispersa rispetto un angolo formato dal raggio incidente (*backscattering*).

Anche se non c'è una relazione generale tra torbidità e SPM, la misura di torbidità ha ormai sostituito quella di SPM nelle determinazioni puntuali, in tutti i casi in cui sia necessario disporre di valori in tempo reale, o nei monitoraggi, poiché la frequenza di campionamento richiederebbe il prelievo e l'analisi di un numero eccessivo di campioni d'acqua [3]. La misura della torbidità è, infatti, molto più agevole rispetto alla misura di SPM, che richiede la disponibilità di un laboratorio e tempi di esecuzione non compatibili con la necessità, spesso richiesta, di rilevare variazioni a breve scala temporale (dell'ordine dell'ora o inferiori), come nel caso del monitoraggio di attività di cantiere in corpi idrici soggetti all'escursione di marea.

Trattandosi di un argomento che esula dalle finalità di questo Rapporto, non viene qui approfondito il tema della correlazione fra torbidità ed SPM. Si ricorda, comunque, che i due parametri, pur essendo in relazione con gli stessi fenomeni, sono funzione di variabili differenti. La misura di SPM dipende, infatti, dal peso totale delle particelle in sospensione con diametro maggiore di 0.4 µm ed è, quindi, funzione diretta del numero, della dimensione e del peso specifico delle particelle. La torbidità, invece, è una funzione diretta del numero, della superficie e dell'indice di rifrazione delle particelle in sospensione, ma, nel contempo, è una funzione inversa delle dimensioni delle stesse.

È evidente, quindi, che la calibrazione di uno strumento ottico per la misura della torbidità sulla base dei valori di SPM presenta una serie di problemi legati, oltre che a fattori strumentali dovuti alla diversa risposta dei sensori, alla variabilità intrinseca delle diverse componenti della frazione sospesa nell'ambiente naturale. Per quanto riguarda l'ambiente lagunare, esistono, quindi, variazioni stagionali, che sono principalmente legate alla quantità e qualità della frazione organica, variazioni della dimensione e della quantità della componente inorganica, che riflettono la diversa provenienza dei materiali durante eventi particolari (piene dei corsi d'acqua, fenomeni di risospensione indotta da correnti, moto ondoso sui litorali e bassi fondali). A causa di queste variabilità una singola correlazione fra torbidità e SPM non può essere applicata a qualsiasi ambito. È preferibile considerare relazioni sito-specifiche, che descrivano il comportamento delle due variabili in una singola stazione, come nel caso delle stazioni fisse di misura in continuo del presente progetto. Inoltre, è indispensabile tenere conto sia delle variazioni stagionali della frazione organica - anche se il suo effetto condiziona in maniera evidente solo i valori più bassi delle variabili e diminuisce all'aumentare della componente inorganica al verificarsi di fenomeni di trasporto legati alla corrente, alle piene fluviali ed agli eventi meteomarini - sia delle variazioni nelle caratteristiche granulometriche dei materiali.

#### CORILA

## ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Le modalità di calibrazione per la conversione dei valori di torbidità (in FTU) misurati dalla strumentazione impiegata nel monitoraggio in valori della concentrazione di SPM (in mg/l), sono descritte in maniera più dettagliata in una specifica sezione riportata nel seguito.

### 3. LA RETE DI STAZIONI FISSE PER LA MISURA DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO

Per gli scopi descritti al punto B) dell'Introduzione, sono state previste ed installate 8 stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali di bocca.

Nella scelta della localizzazione delle stazioni si è tenuto conto del fatto che le aree di scavo in ciascuna bocca sono di diversa estensione e sono soggette a differenti regimi idrodinamici. Inoltre, è stato considerato che le aree potenzialmente interessate ad un aumento della torbidità avrebbero potuto comprendere ecosistemi "sensibili", presenti ad una certa distanza dalla zona delle operazioni. Sono stati perciò valutati i seguenti criteri:

- a. ricorso all'utilizzo di postazioni impiegate in precedenti studi, i cui risultati costituiscono un riferimento per la valutazione delle condizioni ante-operam [4, 5] e situate in posizioni considerate adatte anche per questa attività, con lo scopo di soddisfare l'esigenza di estendere le serie temporali di torbidità già esistenti;
- b. utilizzo di supporti fissi già esistenti per l'installazione della strumentazione di misura, al fine di contenere i costi di allestimento della rete.

La Figura 3.1 mostra la localizzazione delle stazioni di misura della torbidità per il monitoraggio in corso nelle aree dei cantieri alle bocche di porto. Nella Tabella 3.1 sono, invece, riassunte le caratteristiche delle 8 stazioni, e per ciascuna di queste, sono riportate le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84 e la profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri. La posizione del sensore è in tutti i casi alla quota di 1.5 metri dal fondo.



Figura 3.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.

Località	Tipo postazione	Sigla Identificativa	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84
CHIOGGIA	Post.	CHP	Comune VE	2.1	286559 E
Porto	mareografica	СПГ	CVN-MAV	2.1	5012376 N
MALAMOCCO	Post.	MAP	Comune VE	2.7	288410 E
Porto	mareografica	WAI	CVN-MAV	2.7	5024129 N
LIDO	Post.	LTP	MAV	2.0	299083 E
Canale Treporti	mareografica	LIF	IVIAV	2.0	5036390 N
LIDO	Post.	LSN	MAV	7.0	295624 E
Canale S. Nicolò	mareografica	LSIN	IVIAV	7.0	5034542 N
LIDO	Meda Rossa,	LMR	APAT	9.5	297740 E
Bocca di porto	Diga S	LIVIK	APA1	9.5	5033614 N
CHIOGGIA	Meda	CUM ( )	CVN-MAV	13.5	289952 E
Mare	segnalazione	CHM ( * )	CVN-IVIAV	13.3	5011996 N
MALAMOCCO	Post.	MAM	CVN-MAV	11.0	292432 E
Mare	mareografica	IVIAIVI	CVIN-IVIA V	11.0	5024099 N
LIDO	Post.	LIM	CVN-MAV	9.0	300744 E
Mare	mareografica	LIIVI	CVIN-IVIAV	9.0	5033387 N

(\*) Stazione operante fino al 26/01/2006 e successivamente spostata nella posizione CHM2

	CHIOGGIA Mare		Post. mareografica		CHM 2		CVN-MAV		13.0		290278 E 5013092 N	
CHIOGGIA Mare		Post. mareogra	afica	CHM 2		CVN-MA	AV	13.0		290278 E 5013092		

Tabella 3.1. Caratteristiche delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.

Come risulta dai dati in tabella, la rete è, quindi, costituita da due gruppi di stazioni: il primo gruppo costituito da 5 stazioni posizionate in aree vicine alle bocche di porto verso la laguna, ed il secondo da 3 stazioni posizionate, invece, in mare.

Le stazioni del primo gruppo sono state allestite utilizzando prevalentemente le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 3.2). Le stazioni LTP, LSN, MAP e CHP coincidono con le postazioni utilizzate nel precedente Studio B.6.78/I. Per la stazione LMR è stata, invece, sfruttata la struttura della meda di segnalazione del canale navigabile all'interno della bocca di Porto di Lido, lato Diga Sud (Figura 3.3).

Per le stazioni del secondo gruppo, quelle collocate a mare in aree prossime alle bocche, sono state utilizzate strutture già esistenti impiegate anch'esse come mareografi, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna (Figura 3.4). Le stazioni LIM e MAM coincidono con le stazioni usate nei precedenti studi [4]. Per la stazione CHM si è ricorsi, invece, ad una delle mede di segnalazione della testata nord della "lunata" realizzata alla bocca di Chioggia (Figura 3.5).



Figura 3.2. Stazione LTP.



Figura 3.4. Stazione LIM.



Figura 3.3. Stazione LMR.



Figura 3.5. Stazione CHM.

#### 4. STRUMENTAZIONE PER LA MISURA DELLA TORBIDITÀ

Per il rilievo della torbidità in continuo è stata utilizzata, per ogni stazione, una sonda multiparametrica autoregistrante Idronaut Mod. OceanSeven 304 CTD-T [6], equipaggiata con un sensore OBS (Optical Backscatter Sensor) del tipo Seapoint Turbidity Meter [7], che misura il backscattering ottico, generando una tensione di uscita proporzionale alla quantità di particellato solido sospeso lungo la colonna d'acqua. Il sensore scelto è controllato da un microprocessore che imposta automaticamente l'intervallo di misura e la risoluzione più appropriati alle caratteristiche delle acque in cui opera. Questa opzione è stata, tuttavia, disattivata a causa della presenza di un problema nel firmware, responsabile del malfunzionamento dello strumento e della registrazione di valori inattendibili. Dopo un breve periodo di test della strumentazione, in cui è stato riscontrato questo problema, si è, quindi, deciso di impostare per quasi tutti gli strumenti un intervallo di misura compreso fra 0 e 125 FTU. Questa scelta è stata giustificata dalla necessità di mantenere una sufficiente precisione nella descrizione dell'andamento della variabile nelle condizioni più frequentemente incontrate nelle bocche di porto, dove le concentrazioni tipicamente misurate sono dell'ordine di 10mg/l o inferiori. Sulla base dell'esperienza ormai decennale nella calibrazione di questo tipo di sensori, in laguna e nei canali del centro storico, i valori attesi per le letture della variabile in FTU ricadrebbero, infatti, per la gran parte entro l'intervallo selezionato.

Inoltre, grazie alle esperienze maturate nel corso delle prime campagne di monitoraggio, si è ipotizzato che, data la distanza delle postazioni dalle zone di scavo, la dispersione dei materiali movimentati nell'area di cantiere avrebbe difficilmente dato luogo a sensibili variazioni del valore della concentrazione in corrispondenza delle stazioni scelte. Era, quindi, necessario disporre di una buona sensibilità in modo da poter registrare le minime variazioni attese in corrispondenza delle stazioni di misura. La scelta operata ha comportato la perdita dei valori estremi in corrispondenza degli eventi meteomarini intensi, come quelli che si sono verificati nel periodo Novembre 2005-Dicembre 2005, per i quali, tuttavia, erano disponibili i dati di *backscattering* acustico acquisiti dall'ADCP fisso al fondo della bocca di Porto di Lido (come riferimento per la concentrazione entro le bocche di porto), e della stazione CHM (come riferimento per la concentrazione a mare), il cui sensore è stato programmato per registrare la torbidità nell'intervallo di misura 0-500 FTU.

Nella Tabella 4.1 sono riassunte le caratteristiche tecniche dei sensori utilizzati in 7 delle stazioni fisse.

Sensore	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.015%
Temperatura	-3 - +35 °C	0.005 °C	0.0006 °C
Conducibilità	0 - 64 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
	0 - 750 FTU	<2%	200 - 2 mV / FTU
	25 FTU	<2%	200 mV / FTU
Torbidimetro SEAPOINT	125 FTU	<2%	40 mV / FTU
	500 FTU	<2%	10 mV / FTU
	750 FTU	<2%	2 mV / FTU (•)

(•) oltre 750 FTU la risposta non è più lineare.

Tabella 4.1. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 CTD-T.

Nella stazione LMR è stata, invece, installata una sonda correntometrica InterOcean S4 [8], che consente di misurare la velocità e la direzione della corrente, la temperatura, la conducibilità

#### **CORILA**

## ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

dell'acqua e la torbidità grazie alla presenza di un sensore OBS. Le caratteristiche tecniche dello strumento sono riportate nella Tabella 4.2.

Sensore	Intervallo di misura	Accuratezza	Risoluzione
Velocità	0 <b>-</b> 350 cm/s	2%	0.03 <b>-</b> 0.35 cm/s
Direzione	0 <b>-</b> 360 °	± 2 °	0.5 °
Profondità	0 <b>-</b> 70 m	± 0.15 % f.s.	4 mm
Temperatura	-5 +45 °C	± 0.2 °C	0.05 °C
Conducibilità	0-70 mS/cm	± 0.2 mS/cm	0.1 mS/cm
Torbidità	0 <b>-</b> 100 FTU		

Tabella 4.2. Caratteristiche dei sensori montati sul correntometro S4.

#### 4.1. Descrizione dell'attività di gestione della rete di stazioni fisse

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte hanno funzionato ininterrottamente a partire dall'1 Maggio 2005, acquisendo 1 dato ogni 15 minuti. Il singolo dato viene rilevato come media delle 5 acquisizioni, effettuate una al minuto, all'inizio dell'intervallo temporale di 15 minuti. I file di dati registrati nella memoria di ciascun strumento sono stati scaricati con una frequenza di circa 15 giorni.

In occasione dello scarico dei dati è stata effettuata una serie accurata di operazioni in campo, che prevedono il recupero della sonda a bordo di una imbarcazione, lo scarico dei dati dalla memoria dello strumento, la pulizia dei sensori con particolare riguardo ai sensori di conducibilità e torbidità, il controllo e l'avvio di una nuova acquisizione dei dati, il prelievo di campioni d'acqua alla quota di posizionamento del sensore OBS, in sincronia con il periodo di acquisizione della sonda stessa.

Dato l'elevato fondale che caratterizza le 3 postazioni a mare (10-14 m) si è dovuto progettare un sistema di posizionamento [9] della strumentazione di misura, che consentisse un agile recupero della sonda per le operazioni di scarico dati, manutenzione, pulizia e riposizionamento alla quota di misura, fissata a 1,5 m dal fondo. Nella Figura 4.1.1 è mostrato uno schema di posizionamento e ancoraggio riferito alla stazione a mare CHM.

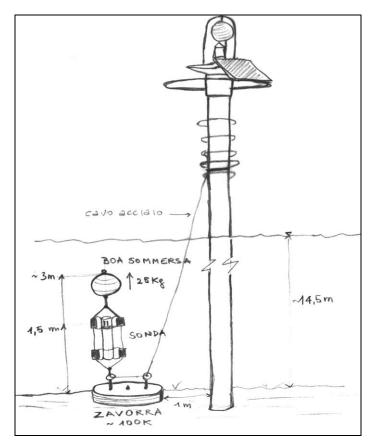


Figura 4.1.1. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare. Stazione CHM.

Tutte le operazioni in campo sono state registrate dagli operatori, su apposite schede, in occasione di ciascun scarico dei dati (Figura 4.1.2).

09-06-05 12:58 8.40 Cast 005 del 27-05-05 Cast5CHP_09.06 COND [ X ] 1) CHP 09/06 12:58 50  TORB [ X ] 2) CHP 09/06 13:30 50  OPERATORI: Curiel, Checchin, Simionato, Ruggeri		Г	Postazione Nome ( ID )		Nome ( ID )	CoordinateUTM	Fonda	ile (m.)		
Sensore   N. di Serie   Data di Installazione   (m)	FOTO		Mareog	grafo	CHP			2	.1	
OS304 CTD-T   50   29/04/2005   1			Sen	sore	N. di Serie	Data di installa	zione			
DATA gg/mm/aa         ORA solare hh:mm         Batteria VDC         CAST di memoria CTD-T (es: CHP_gg/mmaa)         Nome FILE scaricato (es: CHP_gg/mmaa)         Manutenzione Sensori         Campione acqua (es: CHP_gg/mm + hh:mm)           09-06-05         12:58         8.40         Cast 005 del 27-05-05         Cast5CHP_09.06         COND [X]         1) CHP 09/06 12:58 50           TORB         [X]         2) CHP 09/06 13:30 50   OPERATORI: Curiel, Checchin, Simionato, Ruggeri			OS304	CTD-T	50	29/04/	2005			
OPERATORI: Curiel, Checchin, Simionato, Ruggeri	SCARICAMI	ENTO DATI / C	CAMPIONAL	MENTO/	MANUTENZIONE					
TORB [ X ] 2) CHP 09/06 13:30 50  OPERATORI: Curiel, Checchin, Simionato, Ruggeri	COARTOAIN									
				CAST	di memoria CTD-T			е		
NOTE	DATA gg/mm/aa	hh:mm	VDC			(es: CHP_ ggmmaa )	Sensori		(es: CHP	_ gg/mm + hh:mm )
	DATA gg/mm/aa	hh:mm	VDC			(es: CHP_ ggmmaa )	Sensori COND TORB	[ X ]	(es: CHP 1) CHP 2) CHP	gg/mm + hh:mm ) 09/06 12:58 50 09/06 13:30 50
	DATA gg/mm/aa 09-06-05	hh:mm 12:58	8.40	Cast 0	05 del 27-05-05	(es: CHP_ ggmmaa )	Sensori COND TORB	[ X ]	(es: CHP 1) CHP 2) CHP	gg/mm + hh:mm ) 09/06 12:58 50 09/06 13:30 50
	DATA gg/mm/aa 09-06-05	hh:mm 12:58	8.40	Cast 0	05 del 27-05-05	(es: CHP_ ggmmaa )	Sensori COND TORB	[ X ]	(es: CHP 1) CHP 2) CHP	gg/mm + hh:mm ) 09/06 12:58 50 09/06 13:30 50
	DATA gg/mm/aa 09-06-05	hh:mm 12:58	8.40	Cast 0	05 del 27-05-05	(es: CHP_ ggmmaa )	Sensori COND TORB	[ X ]	(es: CHP 1) CHP 2) CHP	gg/mm + hh:mm ) 09/06 12:58 50 09/06 13:30 50

Figura 4.1.2. Esempio di scheda di campo riferita alla postazione di misura CHP.

#### **CORILA**

## ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Nei mesi estivi, in cui il problema del *fouling* è più accentuato, in particolare nelle postazioni con minor battente d'acqua, si è proceduto all'esecuzione di uscite mirate, oltre a quelle previste per lo scarico dei dati, al fine di assicurare ai sensori una pulizia con cadenza settimanale.

Poiché i valori di torbidità misurati dai sensori OBS vengono registrati come dati grezzi espressi in FTU e le risposte strumentali degli OBS sono differenti tra di loro, è necessario trasformare il dato grezzo in valori di concentrazione del particellato solido sospeso (in mg/l). Tale conversione avviene utilizzando le concentrazioni determinate nei campioni d'acqua appositamente prelevati in occasione dello scarico dei dati o nel corso del periodo di acquisizione dei dati, secondo le modalità descritte nella sezione 6.

Il prelievo dei campioni d'acqua viene effettuato per mezzo di una "bottiglia a sifone" da 1000 cc, alla quota di posizionamento del sensore OBS di ciascuna sonda ed in corrispondenza dell'intervallo di misura, pari a 5 minuti, dello strumento.

Le determinazioni dei solidi sospesi vengono eseguite in laboratorio utilizzando la metodica IRSA (Quaderno 100/2050/94). Tale metodica impiega per la filtrazione membrane in policarbonato (Millipore HTTP04700) con porosità di 0.4µm e diametro di 47 mm. Le membrane, attraverso le quali viene filtrato un determinato volume d'acqua (p.e. 200 ml), vengono pesate prima dell'uso, riposte in scatole Petri immediatamente dopo la filtrazione e conservate a +4°C. Dopo la filtrazione, le membrane vengono essiccate a +105°C per 12 ore, quindi raffreddate in essiccatore a vuoto ed infine ripesate. La concentrazione di SPM si ottiene come differenza dal peso iniziale della membrana rapportata al volume d'acqua filtrato. Tutte le operazioni di pesatura sono effettuate mediante l'utilizzo di una bilancia analitica.

Nella sezione 6 verranno riportate per ognuna delle postazioni di misura le specifiche rette di conversione.

#### 5. METODOLOGIA PER IL TRATTAMENTO DEI DATI REGISTRATI

La qualità dei dati registrati dagli strumenti per la misura della torbidità in continuo è fortemente condizionata dalle caratteristiche ambientali del corpo idrico nel quale gli stessi strumenti sono posti ad operare. Trattandosi di una misura ottica, qualsiasi ostacolo che si trovi nella regione spaziale investigata dal sensore è, infatti, in grado di produrre perturbazioni significative, che sono causa di errori, i quali molto spesso si traducono nell'impossibilità pratica di utilizzare le informazioni registrate. Questi fenomeni possono essere indotti dall'accumulo temporaneo, sui sensori o sull'armatura di protezione degli stessi, di materiale macroscopico (residui di piante acquatiche e macroalghe o breve stazionamento di organismi marini) oppure dalla crescita progressiva di fouling (alghe e organismi incrostanti, Figura 5.1). Normalmente il primo problema si risolve spontaneamente all'inversione della marea, quando la direzione della corrente cambia e il materiale si distacca dall'apparecchiatura. Nel secondo caso, invece, il problema si risolve soltanto dopo un'accurata pulizia dei sensori e del corpo della sonda. Si ricorda che nel presente progetto è stata prevista una serie di interventi di manutenzione e pulizia, spesso in concomitanza allo scarico delle registrazioni contenute nella memoria interna delle sonde. Nella programmazione di questi interventi si è tenuto conto di diversi fattori, fra cui la stagionalità; in generale, le operazioni di pulizia sono state intensificate nel periodo estivo fino ad arrivare, per alcuni strumenti e in alcuni periodi, ad uscite settimanali.

Nonostante queste precauzioni, in molti casi, specialmente nei periodi più caldi e per le stazioni in cui lo strumento operava a bassa profondità, la contaminazione da parte del *fouling* riprendeva dopo 1-2 giorni dall'intervento di pulizia, rendendo praticamente inutilizzabile l'intera serie di valori compresa fra due interventi di manutenzione.

La percentuale di informazioni utili dopo la procedura di filtrazione delle serie temporali dai dati spuri è, comunque, generalmente superiore al 50% ed è addirittura superiore al 70% per le stazioni LMR, LIM e MAM. La maggior copertura si riscontra per la stazione LMR (88%), mentre la stazione con la minore percentuale di dati utili è la stazione LSN (41%).

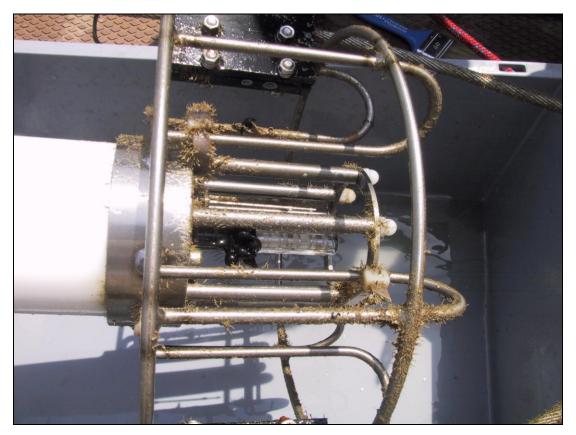
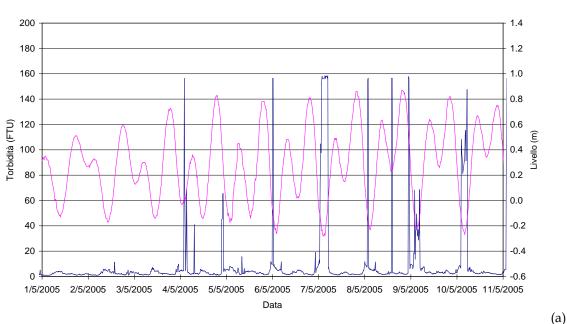


Figura 5.1. Particolare della testa di una sonda OceanSeven 304 CTD-T durante le operazioni di manutenzione in campo. Si notano diversi tipi di incrostazioni e la presenza di uova sul sensore al centro.

#### 5.1. Procedura per la filtrazione dei picchi istantanei

La procedura per la filtrazione dei picchi istantanei della torbidità, legati all'accumulo di depositi sullo strumento, è stata effettuata mediante un controllo sul dato istantaneo che viene automaticamente eliminato quando il suo valore si discosta di una quantità superiore al doppio della media dei valori nel suo intorno. Il risultato dell'applicazione di questa procedura per la stazione LMR è visualizzato in Figura 5.1.1. Non sempre il controllo risulta efficace, come nel caso di perturbazioni prolungate. Ad esempio in corrispondenza del picco del 7 Maggio 2005 si è reso necessario un intervento manuale per l'eliminazione dei picchi residui.





Stazione LMR

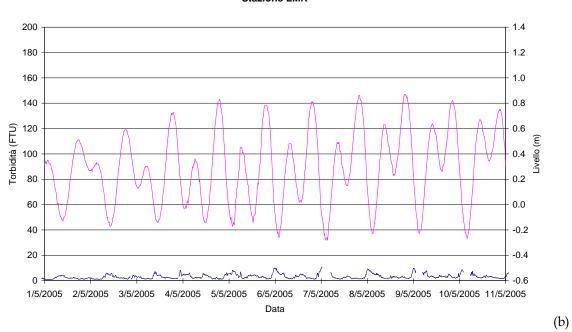


Figura 5.1.1. Particolare della serie temporale della torbidità alla stazione LMR prima (a) e dopo (b) l'applicazione del filtro per la rimozione dei picchi spuri.

Per rendere più stabile l'andamento della variabile, comunque soggetta a delle fluttuazioni naturali di breve periodo, si è, quindi, ritenuto opportuno applicare un ulteriore filtro alla serie temporale risultante, cioè una media oraria, centrata sul dato istantaneo, applicata all'intera serie. Per confronto, in Figura 5.1.2. è visualizzato l'aspetto della stessa serie rappresentata in Figura 5.1.1b dopo l'applicazione del filtro.

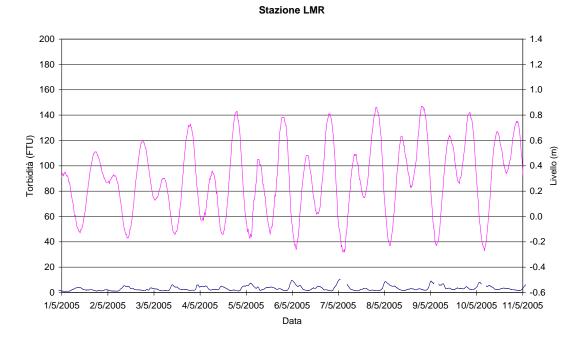
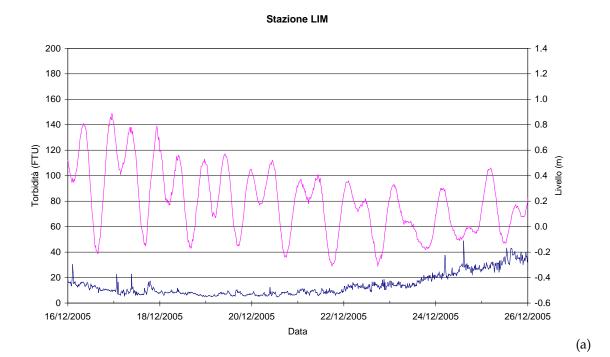


Figura 5.1.2. Particolare della serie temporale della torbidità alla stazione LMR dopo l'applicazione del filtro per la rimozione delle oscillazioni di breve periodo.

#### 5.2. Correzione per il fouling

La presenza di fouling sul sensore ottico per la misura della torbidità dà luogo ad effetti diversi sulla qualità delle informazioni registrate dalla strumentazione. Alcuni esempi delle condizioni più tipiche sono rappresentati nelle Figure 5.2.1 e 5.2.2. La situazione più frequente è quella di una deriva progressiva dei valori che aumentano seguendo un andamento che è approssimabile con una relazione lineare o, più spesso, con una relazione esponenziale o una polinomiale di secondo grado. Nel caso più semplice (probabilmente piccole incrostazioni che crescono lentamente sulla finestra ottica del sensore) questa deriva non comporta un aumento significativo delle oscillazioni istantanee (Figura 5.2.1a) ed è, quindi, sufficiente correggere la serie temporale sottraendone la polinomiale (generalmente di grado 1 o 2) che meglio descrive l'andamento dei valori della linea di base delle funzione originaria nel tratto interessato dal fenomeno. La procedura comporta effettivamente un certo grado di soggettività; tuttavia l'operazione viene svolta tenendo conto dei valori di controllo costituiti dalla concentrazione nei campioni d'acqua prelevati durante gli interventi di pulizia, corrispondenti alla fine dei tratti caratterizzati dalla deriva. La condizione a cui è soggetta la scelta della funzione correttiva è che quest'ultima restituisca un valore finale prossimo a quello del campione d'acqua prelevato nella stazione di misura. Il risultato tipico di questo intervento è mostrato nella Figura 5.2.1b.



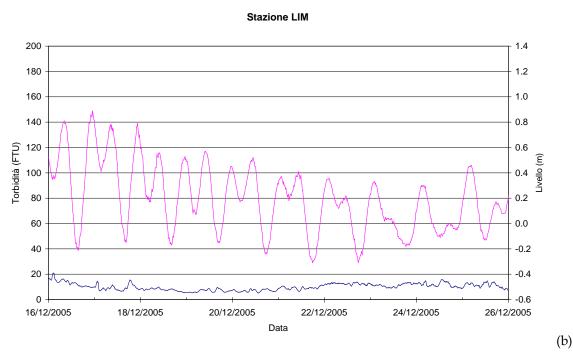
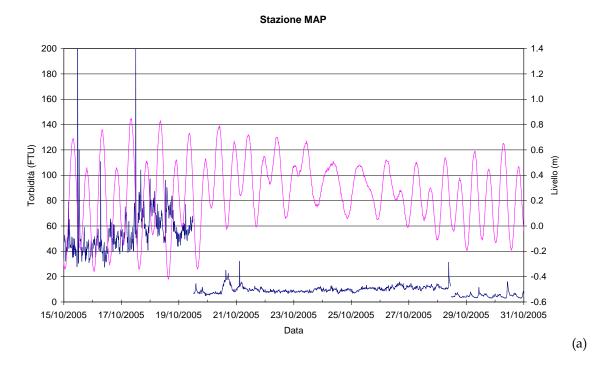


Figura 5.2.1. Particolare della serie temporale della Stazione LIM, prima (a) e dopo (b) l'applicazione della correzione per la deriva dovuta al *fouling* e del filtro precedentemente descritto.

In altri casi, invece, la deriva si accompagna ad un aumento significativo dell'ampiezza delle oscillazioni di breve periodo. La causa di questa perturbazione è probabilmente la presenza di organismi di dimensioni più grandi che si spostano sul sensore di rilevazione causando repentini sbalzi nella quantità di luce intercettata dallo stesso. Un tipico esempio è costituito dal tratto iniziale della serie rappresentata in Figura 5.2.2a (15-19 Ottobre 2005). In questi casi non vi è alcuna

possibilità di intervento e le corrispondenti acquisizioni vengono eliminate completamente dalla serie originaria.



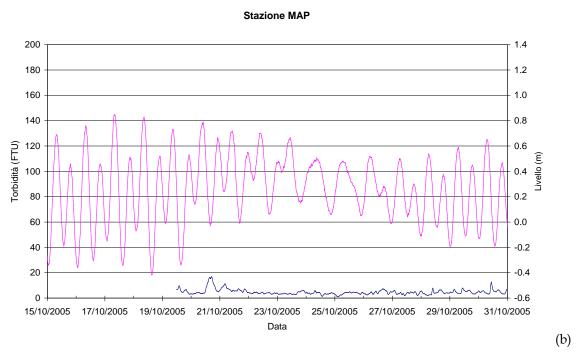


Figura 5.2.2. Particolare della serie temporale della stazione MAP, prima (a) e dopo (b) l'applicazione della correzione per la deriva dovuta al *fouling*.

Nella Figura 5.2.2a è anche visibile un'altra caratteristica meno frequente delle acquisizioni (19-29 Ottobre 2005). Si tratta di una serie di dati affetti da una deriva lineare piuttosto lenta, per la quale molto probabilmente l'intervento di pulizia effettuato il 19 Ottobre non ha comportato la completa eliminazione delle incrostazioni dal sensore. La curva risultante, quindi, oltre alla deriva, è anche

#### CORILA

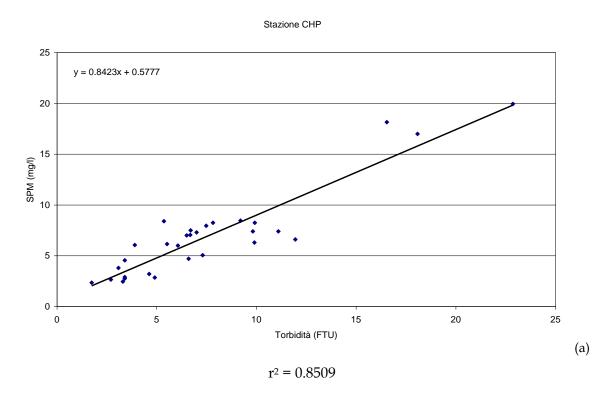
## ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

caratterizzata da una traslazione verticale causata dalla parziale occlusione dell'ottica da parte dei residui delle incrostazioni. Anche in questo caso la correzione può essere eseguita grazie al controllo rappresentato dai valori della concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in corrispondenza dei due interventi di manutenzione effettuati all'inizio e al termine del periodo. Il risultato dell'applicazione delle correzioni è mostrato nella Figura 5.2.2b.

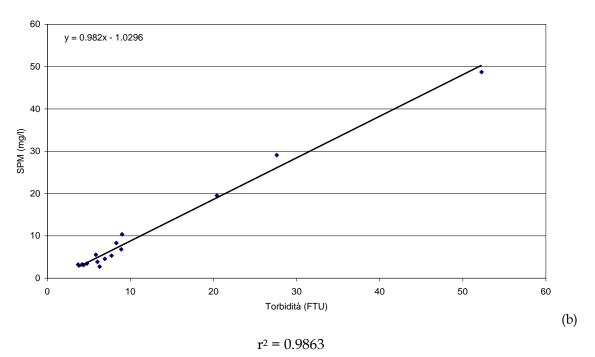
# 6. CALIBRAZIONE DEI SENSORI DI TORBIDITÀ PER LA STIMA DELLA CONCENTRAZIONE DI SPM

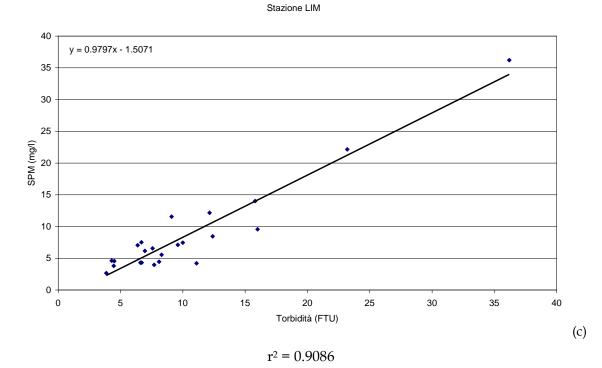
La calibrazione dei sensori per la misura della torbidità, ai fini della stima delle concentrazioni istantanee di SPM, è stata effettuata sulla base delle concentrazioni del particellato in sospensione misurate nei campioni d'acqua prelevati in corrispondenza ai numerosi interventi di manutenzione effettuati sulla strumentazione impiegata nelle diverse stazioni. Tuttavia, solo successivamente alla rimozione delle diverse perturbazioni presenti nelle serie temporali della torbidità è stato possibile ottenere delle rette di regressione sufficientemente affidabili per una stima della concentrazione di SPM, sulla base dei valori della torbidità istantanei acquisiti dagli strumenti. Conseguentemente, poiché una percentuale considerevole di dati della torbidità è stata rimossa dall'applicazione della procedura di correzione, solo un sottoinsieme delle coppie di valori di torbidità e concentrazione di SPM disponibili è stato utilizzato per la calibrazione. Tuttavia, per tutte le stazioni, la quantità di dati disponibili si può ritenere sufficiente per una stima piuttosto attendibile delle concentrazioni. Inoltre, in quasi tutti i casi, l'intervallo di valori utilizzati per la calibrazione è sufficiente a descrivere le concentrazioni più tipicamente riscontrate nei diversi settori del sistema considerato.

Le relazioni utilizzate per ciascuna delle stazioni sono visualizzate nelle Figure 6.1a-g. Si osserva come, in quasi tutti i casi, la pendenza della retta di regressione sia piuttosto vicina all'unità. L'unica deviazione è costituita dallo strumento posizionato nella stazione MAM, per il quale il valore del coefficiente angolare della retta di regressione è di poco inferiore a 0.6. Ciascuna di queste relazioni è stata utilizzata per derivare la serie temporale della concentrazione di SPM a partire dalle serie della torbidità della corrispondente stazione ottenute dalla procedura di correzione descritta nella precedente sezione.

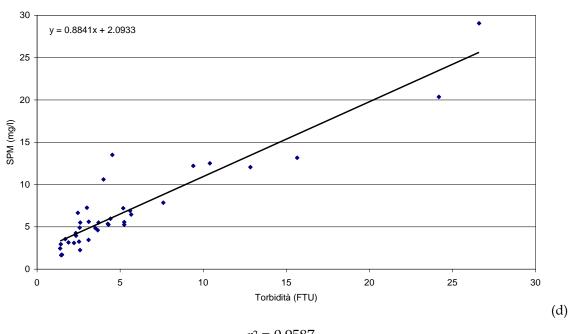






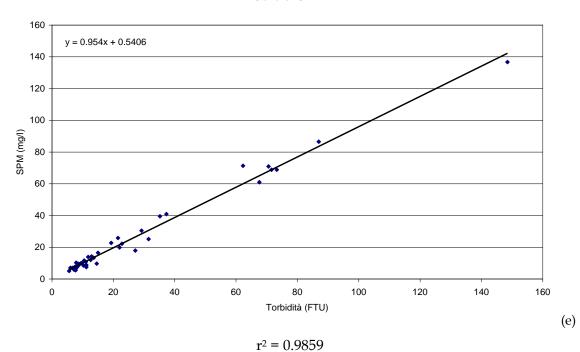




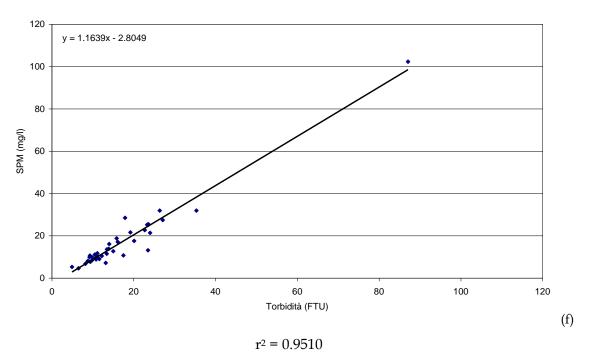


 $r^2 = 0.9587$ 

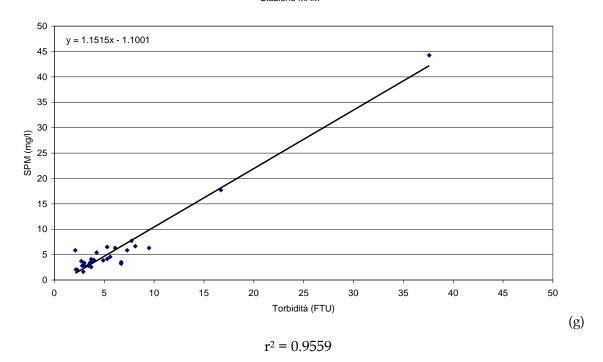
#### Stazione LSN







#### Stazione MAM



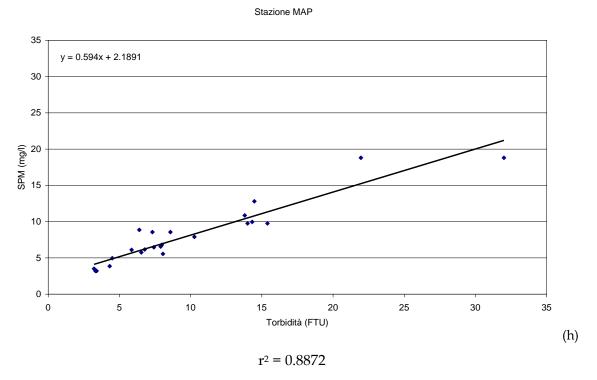


Figura 6.1. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde nelle diverse stazioni considerate ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. In calce ad ogni diagramma è indicato il valore di r².

#### 7. 7. SERIE TEMPORALI DELLA TORBIDITÀ/SPM

Le serie temporali del periodo Aprile-Dicembre 2005 ed i relativi grafici mensili della concentrazione del particellato in sospensione sono incluse nei file del database allegato al presente rapporto. Per quanto riguarda gli elaborati grafici mensili sono state prodotte due versioni: nella prima la concentrazione di SPM è rappresentata insieme alla curva di marea del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Lido, Diga Sud di Chioggia, Diga Nord di Malamocco - Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia), mentre nella seconda l'SPM è rappresentato insieme all'andamento orario della velocità del vento, misurato alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR.

Per motivi di spazio, l'intera serie temporale del periodo di osservazione per ciascuna di esse è rappresentata nelle Figure 7.1, insieme all'andamento del livello di marea. Per facilitare il confronto fra i valori delle diverse stazioni la scala della concentrazione è stata mantenuta uguale in tutte le figure ad eccezione di quella relativa alla stazione CHM, dove si raggiungono massimi dell'ordine di 700 mg/l per l'evento del 23-24 Novembre 2005. Questo picco della stazione CHM è marcatamente più elevato dei corrispondenti valori delle altre stazioni a mare o in laguna ed è molto probabilmente dovuto ad accumulo di depositi sull'ottica dello strumento di misura. Questo accumulo è iniziato alcuni giorni prima del verificarsi dell'evento (intorno al 16 Novembre) ed i suoi effetti si sono sovrapposti all'aumento dei valori della concentrazione dovuti al fenomeno naturale. Successivamente, i depositi sono stati rimossi ad opera delle correnti o del moto ondoso (piuttosto intenso in questo periodo) e i valori sono diminuiti spontaneamente nella fase finale dell'evento fino a raggiungere i livelli tipicamente riscontrati, peraltro confermati dai campioni d'acqua prelevati nel periodo successivo. Non è pertanto possibile separare la componente accidentale da quella naturale, legata al fenomeno della risospensione indotta dal moto ondoso, ed i valori estremi registrati dallo strumento in questo periodo sono da considerarsi come non affidabili. Risultano, invece, più realistiche le registrazioni dell'evento del 12-15 Dicembre 2005, che dimostrerebbero come questa stazione, per la sua posizione, sia comunque caratterizzata da concentrazioni piuttosto elevate in corrispondenza ai fenomeni di moto ondoso.

I risultati dell'elaborazione statistica preliminare delle informazioni disponibili per le otto stazioni sono riportati nella Tabella 7.1.

#### **Stazione CHM**

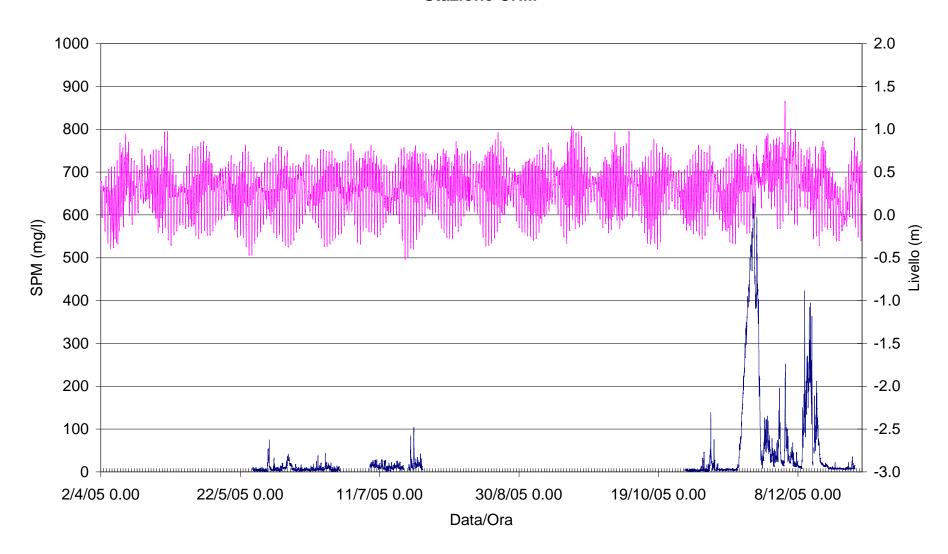


Figura 7.1 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHM nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

#### **Stazione CHP**

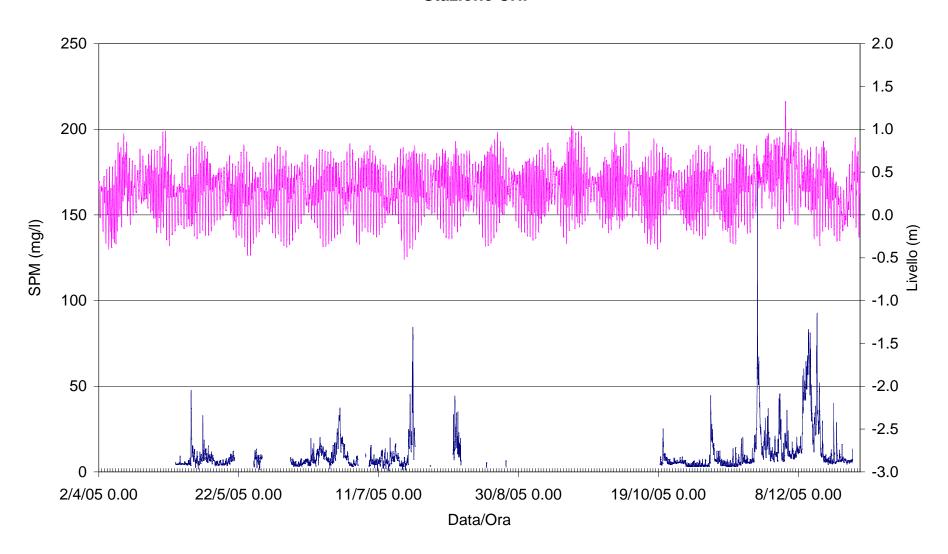


Figura 7.1 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione CHP nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

#### **Stazione LIM**

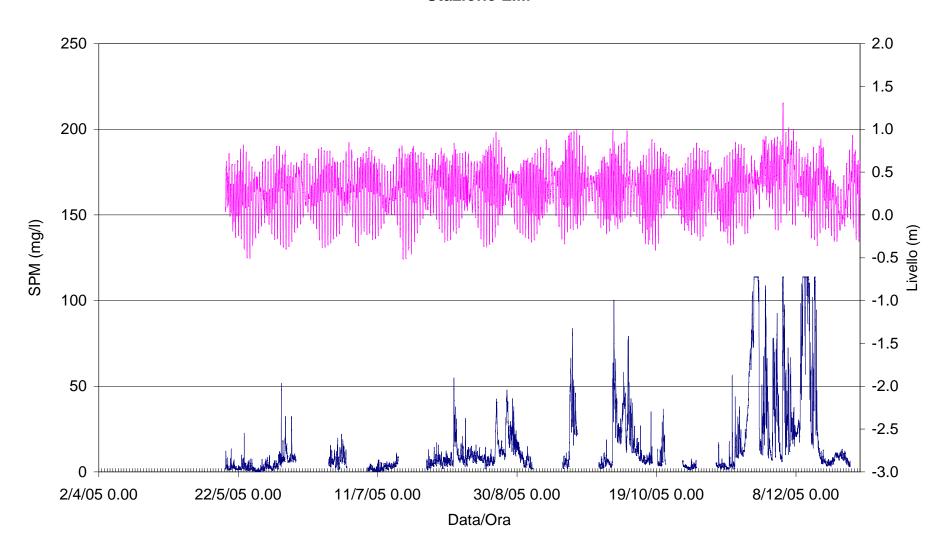


Figura 7.1 (c). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LIM nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

#### **Stazione LMR**

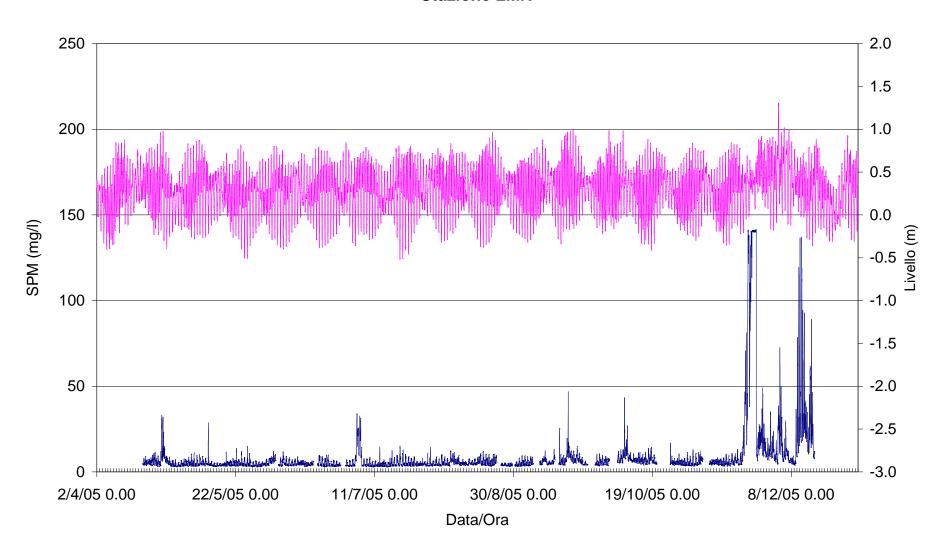


Figura 7.1 (d). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LMR nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

#### **Stazione LSN**

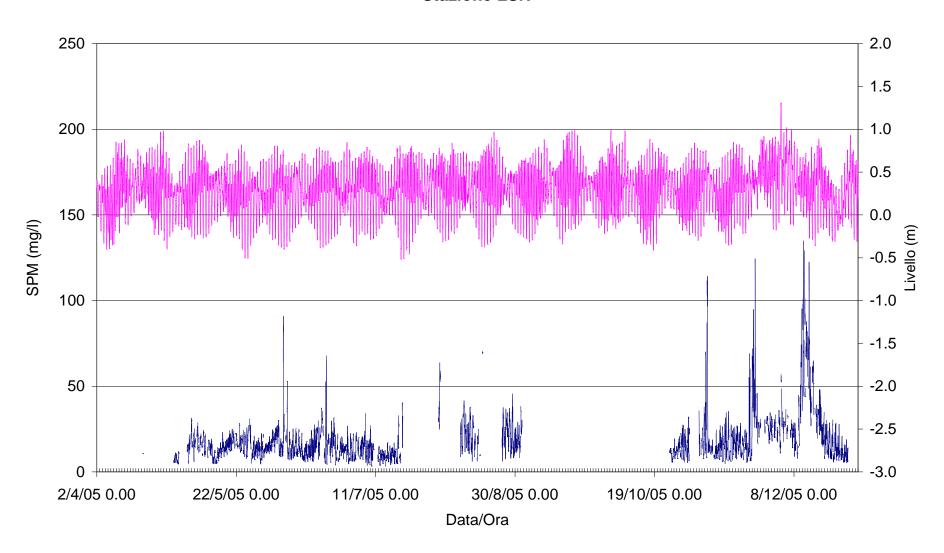


Figura 7.1 (e). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LSN nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

#### **Stazione LTP**

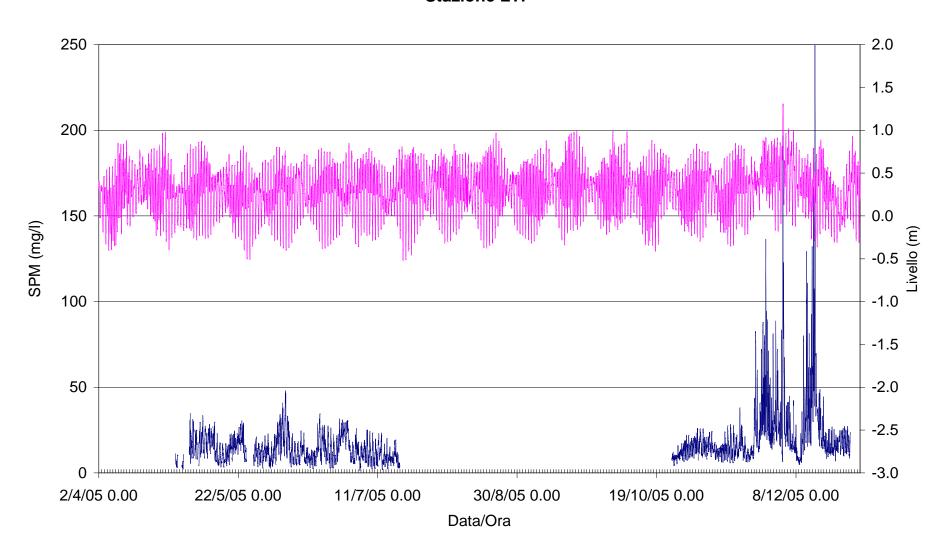


Figura 7.1 (f). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione LTP nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

#### **Stazione MAM**

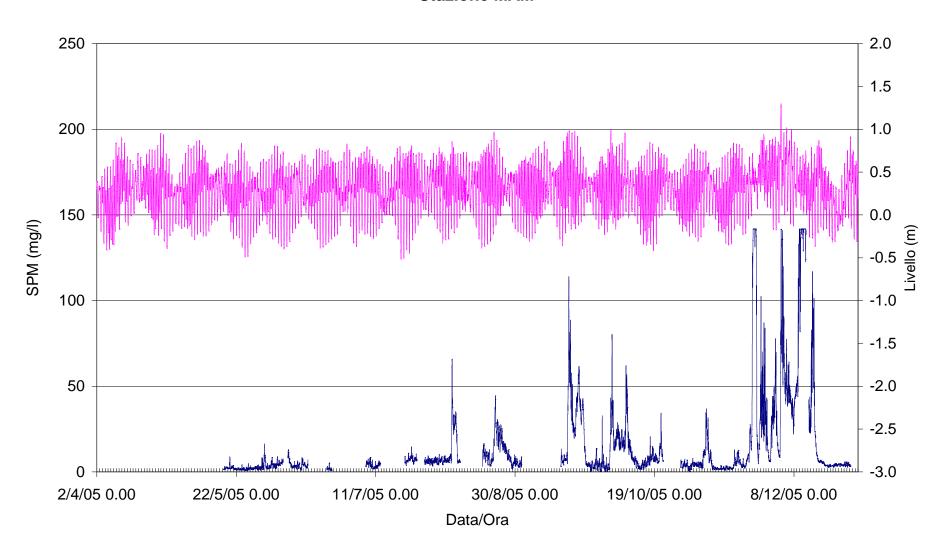


Figura 7.1 (g). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAM nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

#### **Stazione MAP**

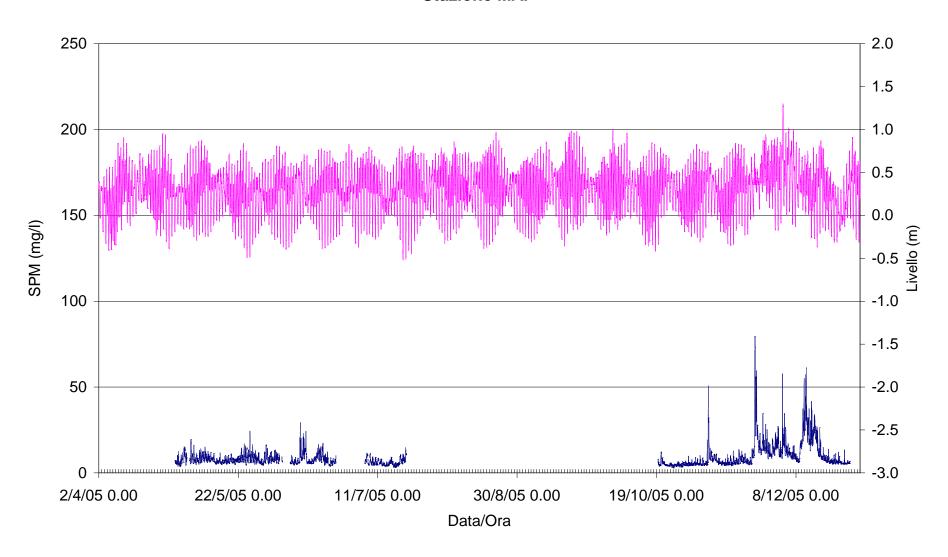


Figura 7.1 (h). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico alla stazione MAP nel periodo Aprile-Dicembre 2005.

	СНМ	СНР	LIM	LMR	LSN	LTP	MAM	MAP
N <sub>tot</sub>	9622	13110	15490	20758	11228	12936	15694	12863
Media	23.3	10.8	16.3	9.1	17.9	17.9	15.4	9.2
Max.	422.9	174.5	113.8	141.4	134.8	252.2	141.7	79.6
Min.	(*)	(*)	(*)	2.9	3.3	1.3	(*)	2.9
Dev. Std.	42.5	11.6	23.1	16.6	12.9	15.7	25.7	6.7
95° Percentile	98.7	33.7	70.1	23.2	37.2	40.7	61.2	21.4
III Quartile	19.4	11.2	16.9	7.4	20.9	20.5	14.1	10.1
II Quartile	9.0	6.8	7.6	5.3	14.7	14.5	5.9	7.2
I Quartile	5.2	5.0	4.0	4.1	10.7	9.9	3.4	5.6

#### (\*) Valori inferiori al limite strumentale

Tabella 7.1. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nelle stazioni di misura della torbidità. N<sub>tot</sub> è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono in mg/l. La serie su cui è stato effettuato il calcolo per la stazione CHM non comprende l'evento meteomarino del mese di Novembre 2005.

Sono stati esclusi dal calcolo i valori relativi all'evento del mese di Novembre 2005 per la stazione CHM per la quale l'attendibilità risulterebbe limitata, in base a quanto precedentemente descritto.

Per quanto riguarda i risultati, si osserva, in generale, come la mancanza di una percentuale considerevole di dati nel periodo estivo (Figure 7.1a-h), caratterizzato dall'assenza di eventi meteomarini significativi, comporti un maggior "peso" relativo degli eventi del periodo invernale, con la possibilità che i valori ottenuti rappresentino una sovrastima del dato reale.

Per quanto riguarda le medie, si evidenzia la somiglianza dei valori delle stazioni CHP, LMR, MAP, localizzate nei canali di bocca, i cui valori risultano tutti compresi nell'intervallo 9-11 mg/l. Decisamente più elevati sono, invece, i valori medi delle stazioni a mare (la media della stazione CHM è addirittura superiore a 23 mg/l) e delle stazioni localizzate in laguna, nelle aree laterali ai canali di marea principali.

Interessante è anche la distribuzione dei valori relativi al 95° percentile che individuano una serie di gruppi omogenei: un gruppo costituito dalle stazioni a mare, con concentrazioni superiori a 60mg/l (fino a quasi 100 mg/l per la stazione CHM), ed un gruppo costituito dalle stazioni nei canali di bocca, con concentrazioni comprese fra 21.4 e 33.7 mg/l. Le due stazioni in laguna presentano anch'esse valori simili del 95° percentile e si collocano in posizione intermedia fra i due gruppi precedenti con valori intorno a 40 mg/l.

I valori del I quartile rappresentano con una buona approssimazione le condizioni di assenza di perturbazioni nelle stazioni considerate ed è interessante osservare come le stazioni a mare e quelle collocate entro i canali di bocca presentino valori molto simili ed inferiori a 6 mg/l in tutti i casi. Questo dimostrerebbe come la qualità dell'acqua entro le bocche di porto sia prevalentemente influenzata dalle caratteristiche di qualità dell'acqua di mare nelle condizioni normali. I valori del I quartile delle stazioni localizzate in laguna, al margine dei canali di Treporti e di S. Nicolò, sono, invece, caratterizzati da concentrazioni più elevate, intorno ai 10 mg/l. Queste stesse considerazioni valgono anche per il II quartile, che rappresenterebbe le condizioni più

#### **CORILA**

## ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

frequentemente incontrate e per le quali le concentrazioni nelle stazioni a mare si discostano di poche unità da quelle nelle bocche di porto. I valori delle sei stazioni risultano, infatti, tutti compresi nell'intervallo 5.3-9.0 mg/l, mentre le concentrazioni relative ai siti in laguna raggiungono i 15 mg/l circa.

Queste considerazioni hanno, ovviamente, un carattere preliminare, essendo basate su un periodo di osservazione che, per alcune delle stazioni, è caratterizzato da soli 7 mesi di acquisizione continua. Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, viene visualizzata nel diagramma di Figura 7.2 l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti. Inoltre, a causa delle interferenze legate al *fouling*, si è resa necessaria l'eliminazione di una percentuale significativa di informazioni nella fase di elaborazione. È tuttavia possibile che una volta completate le serie temporali con le acquisizioni del periodo finale (Gennaio-Maggio 2006) si riscontrino variazioni anche significative nella stima dei valori medi e della ripartizione nelle singole classi di frequenza.



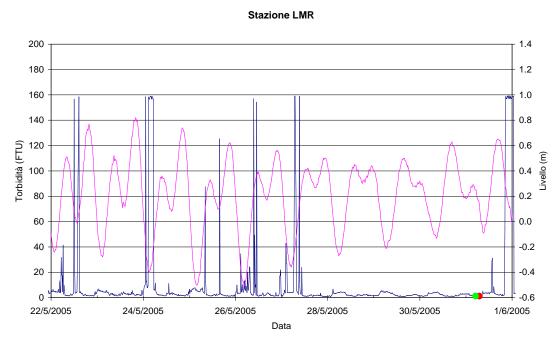
Figura 7.2. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle otto stazioni oggetto del monitoraggio.

# 8. EFFETTI DELLE ATTIVITÀ DI SCAVO SULLE REGISTRAZIONI DELLE STAZIONI TORBIDIMETRICHE

Nel periodo fra il 31 Maggio e Dicembre 2005 la draga idrorefluente a sfioro ASTRA ha operato quasi quotidianamente nella bocca di Porto di Lido, in prossimità dell'Isola Nuova in fase di costruzione. Lo scavo interessava la porzione del canale compresa fra l'isola stessa e il molo sud. Si è pensato pertanto di analizzare la serie temporale della stazione LMR, localizzata a circa 700 m verso mare rispetto all'area di cantiere, per verificare l'eventuale presenza di effetti significativi delle attività di scavo sulle registrazioni dello strumento. A questo scopo si è reso necessario acquisire gli orari precisi di lavoro dell'imbarcazione, in modo da poter posizionare gli intervalli di lavoro sulla serie temporale della torbidità per la verifica.

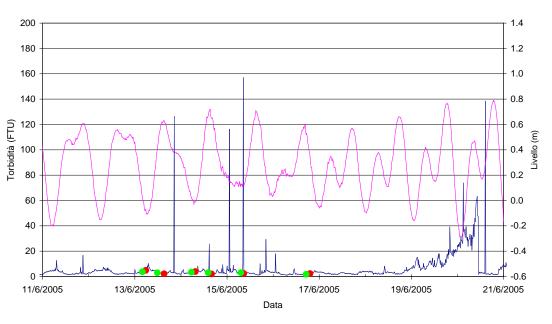
Alla data dell'avvio di questa fase di controllo erano stati resi disponibili dalla Direzione Lavori gli orari di lavoro coincidenti con le giornate di attività del monitoraggio della torbidità da parte dei gruppi di CNR-ISMAR ed OGS. Si tratta, quindi, di 36 casi sulla base dei quali le conclusioni non possono che essere a carattere preliminare.

La successione degli interventi di scavo di cui è stato possibile raccogliere le informazioni è riportata nelle Figure 8.1a-h, insieme all'andamento della torbidità e del livello di marea. La serie temporale della torbidità che è stata considerata è quella originariamente registrata dallo strumento e, quindi, non ancora sottoposta alle procedure di controllo e filtrazione, in modo da poter accertare l'eventuale presenza di picchi istantanei legati alla stessa attività di scavo piuttosto che ad accumulo di materiale sullo strumento. Come si può notare dalle figure, vi sono solo 5 casi su un totale di 36 nei quali l'intervallo di scavo coincide con la presenza di un picco della torbidità. Fra questi ve ne sono alcuni, in particolare il ciclo di scavo del 15 Settembre (13.50-18.20 UT) e quello del 28 Ottobre (12.20-14.30 UT) 2005, per i quali il picco presenta caratteristiche moto simili a quelle dei picchi anomali legati all'accumulo di depositi sullo strumento nella fase di minimo della marea, già riscontrati anche precedentemente all'inizio delle attività della draga ASTRA alla bocca di Lido.



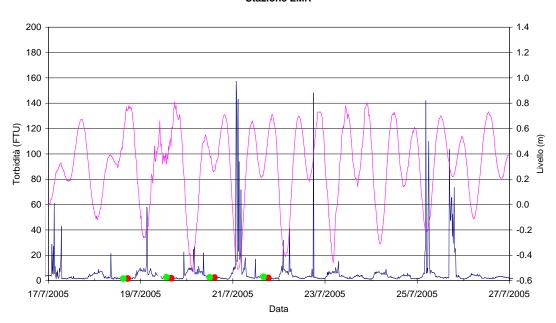
(a)

#### Stazione LMR



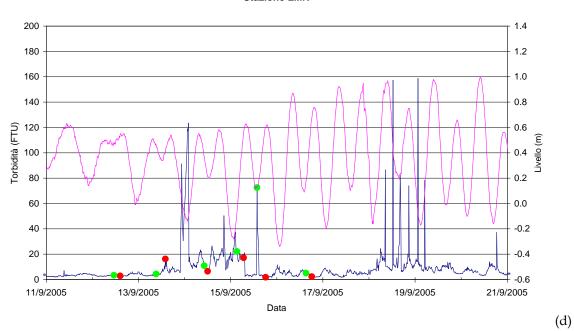
(b)

#### Stazione LMR

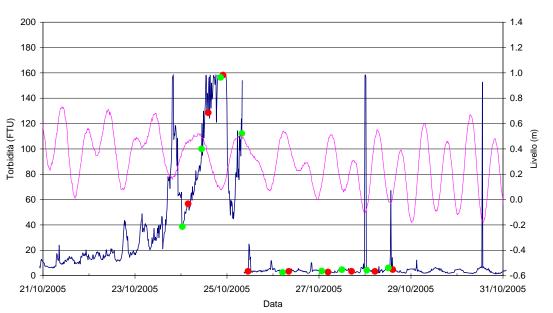


(c)

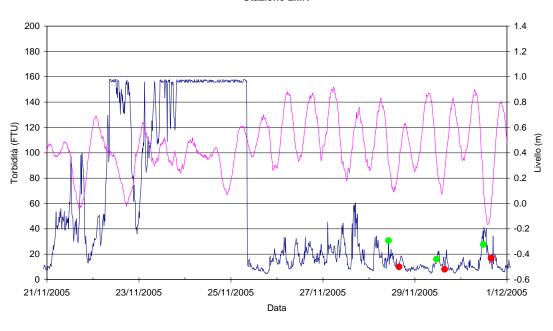
#### Stazione LMR



Stazione LMR

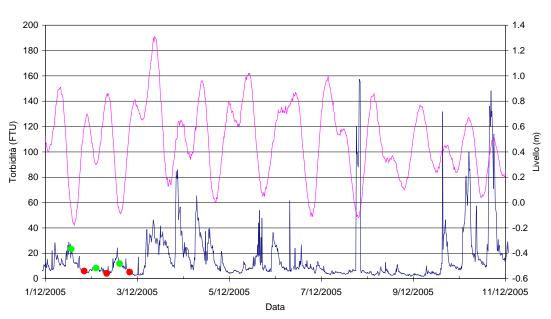


#### Stazione LMR



(f)

#### Stazione LMR



(g)

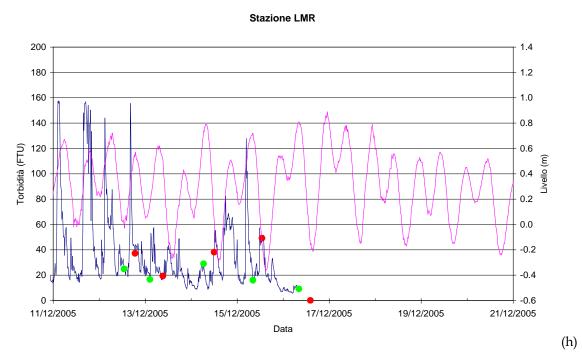


Figura 8.1. Sovrapposizione delle fasi di scavo della draga idrorefluente a sfioro ASTRA alla serie di torbidità della stazione LMR. Gli istanti iniziale e finale di ciascun periodo di scavo sono indicati, rispettivamente, con punti di colore verde e rosso. (a) 22 Maggio-01 Giugno 2005; (b) 11-21 Giugno 2005; (c) 17-27 Luglio 2005; (d) 11-21 Settembre 2005; (e) 21-31 Ottobre 2005; (f) 21 Novembre-01 Dicembre 2005; (g) 01-11 Dicembre 2005; (h) 11-21 Dicembre 2005.

Per quanto riguarda il periodo 21-25 Ottobre 2005, nel quale i dati di torbidità sono marcatamente influenzati dall'accumulo di *fouling* sul sensore, non è possibile discriminare la presenza di eventi significativi.

Sulla base dei soli dati disponibili al momento dell'elaborazione non sembra, quindi, si possa affermare che il pennacchio di torbida generato dall'imbarcazione al lavoro sia facilmente intercettato dallo strumento, per quanto la posizione della stazione LMR sia favorevole, essendo localizzata a valle della cella di scavo rispetto alle situazioni di corrente uscente. La limitata dispersione del pennacchio di torbida, peraltro già riscontrata in diverse occasioni nel monitoraggio con il correntometro acustico montato sull'imbarcazione, ridurrebbe, quindi, la probabilità dello strumento di rilevare incrementi temporanei della concentrazione del particellato sospeso ai soli casi in cui l'imbarcazione sta operando in prossimità del molo sud della bocca di Porto di Lido. Per le stesse ragioni sembra alquanto improbabile che la perturbazione possa riflettersi nelle acquisizioni degli strumenti delle stazioni a mare, per i quali, in questa fase, non si è ritenuto di effettuare lo stesso tipo di verifica poiché l'entità della variazione attesa è ancor più limitata e, data la distanza, la probabilità degli strumenti di intercettare il pennacchio dei materiali risospesi dall'attività di scavo è notevolmente inferiore.

Si tratta ovviamente di considerazioni che saranno meglio verificate con l'acquisizione dell'intero insieme dei dati relativi alla successione temporale dei cicli di scavo e che completeranno la fase di elaborazione dei dati del periodo Gennaio-Maggio 2006.

#### 9. STRUTTURA DELL'ARCHIVIO DEI DATI

L'archivio dei dati, allegato al presente rapporto, raggruppa le serie temporali di ciascuna delle otto stazioni. Le serie temporali sono organizzate in file, ciascuno dei quali contiene le acquisizioni di una singola stazione ed è identificato con la sigla della stazione stessa secondo lo schema della Tabella 3.1.

Ogni cartella, in formato Microsoft Excel comprende una serie di fogli che contengono:

- diagrammi mensili della concentrazione di SPM (mg/l) e dell'intensità del vento (m/s) alla piattaforma CNR (fogli identificati con la sigla abbreviata del mese, p.e. "Mag");
- diagrammi mensili della concentrazione di SPM (mg/l) e del livello di marea al mareografo più prossimo alla stazione di misura (fogli identificati con il nome del mese per esteso, p.e. "Maggio");
- un diagramma dell'intera serie temporale della concentrazione di SPM (mg/l) e dell'intensità del vento (m/s) alla piattaforma CNR (fogli identificati con l'intervallo temporale, p.e. Aprile-Dicembre)
- un grafico di regressione della torbidità (FTU) in funzione della concentrazione di SPM (mg/l) nei campioni prelevati per la calibrazione del sensore ottico e la corrispondente equazione della retta di regressione (foglio identificato con la dicitura Grafico1);
- foglio di lavoro contenente tutti i dati in successione temporale (foglio identificato con la sigla della stazione p.e. "CHP-tutti").

La struttura del foglio di lavoro contenente i dati è visualizzata nella Figura 9.1. Il foglio contiene un'intestazione con le informazioni relative alla posizione della stazione al tipo di sonda e la data/ora dell'inizio delle acquisizioni. È inoltre indicato il mareografo dal quale sono stati derivati i dati del livello idrico riportati nel file. I dati di marea sono relativi agli strumenti dell'Istituzione Centro previsione e Segnalazione Maree del Comune di Venezia posizionati nelle stazioni Diga Nord di Lido, Diga Nord di Malamocco, Diga sud di Chioggia. Le variabili sono riportate in colonne secondo lo schema e con le unità di misura visualizzati in Figura 9.1. Esse comprendono, oltre alla data, l'orario e il livello di marea, la temperatura dell'acqua (Temp), la conducibilità (Cond), la salinità (Sal), la torbidità (Torb), la torbidità filtrata secondo la procedura precedentemente descritta (Torb\*), la concentrazione di SPM derivata dalla torbidità filtrata in base alla curva di calibrazione ottenuta dai campioni (SPM), il valore della concentrazione di SPM nei campioni prelevati per la calibrazione (SPM camp), la velocità e direzione della corrente, solo per la stazione LMR (Velocità, Direzione), la velocità e direzione del vento alla piattaforma CNR (Vel vento, Dir vento). Per semplicità, ciascun file ha inizio alle 00.00 del 1 Aprile 2005 indipendentemente dall'inizio dell'acquisizione.

Stazione Sensore	<b>CHM</b> 304CTD-1			Torb*	Serie temporale torbidità filtrata							
Start Livello	0.40 Mareograf	26/05/05 fo diga sud C	Chioggia									
Data/Ora UT	Livello m	Temp deg C	Cond mS	Sal PSU	Torb FTU	Torb* FTU	SPM mg/l	SPM camp mg/l	Velocità cm/sec	Direzione deg	Vel vento m/s	Dir Vento deg

Figura 9.1. Struttura del foglio di lavoro contenente la serie temporale dei dati acquisiti da ciascuno strumento.

#### 10.RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- [1] Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/I Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Disciplinare Tecnico, Venezia, Settembre 2004.
- [2] "torbidita-II rapporto valutazione.pdf" (15 gennaio 2006). Studio B.6.72 B/I
- [3] ANPA. "Le principali metodiche di campionamento e analisi del particellato in sospensione in ambienti acquatici. Rassegna bibliografica", Serie Documenti 9/1999, Settembre 1999.
- [4] Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.78/I Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine", Disciplinare Tecnico CVN/Technital, Venezia, Giugno 2003.
- [5] Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72/A 1ª Fase Controllo degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale: lo stato di qualità attuale delle componenti ambientali", Venezia, Marzo 2005.
- [6] Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005.
- [7] Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005.
- [8] InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995.
- [9] F. Simionato. "Sistema di posizionamento della strumentazione utilizzato nelle stazioni a mare della rete di stazioni fisse per il rilievo della torbidità in continuo", Nota Tecnica T.N. n. 204, CNR-ISMAR Venezia, Aprile 2006 (in stampa).