



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

Progetto **STUDIO B.6.72 B/3**

**ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL
MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI
DALLA COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE
BOCCHIE LAGUNARI**

Contratto prot.n. 16514 si/gce/fbe

Documento **MATRICE: ACQUA**
RAPPORTO FINALE

Versione **2.0**

Emissione **4 Luglio 2008**

Verifica

Dott. Miroslav Gačić
(OGS)

Verifica

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Verifica

Prof. Giampaolo Di Silvio

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE.....	4
2. STIMA DELLA PRODUZIONE DI TORBIDA E DEL TRASPORTO DI MATERIALE RILASCIATO DURANTE IL DRAGAGGIO e MISURE GRANULOMETRICHE DEL PARTICOLATO SOSPESO ESEGUITE IN SITU NELLA COLONNA D'ACQUA.....	6
2.1 Sommario delle campagne di misura effettuate.....	6
2.2 Bocca di porto di Lido	9
2.3 Bocca di porto di Malamocco	30
2.4 Bocca di porto di Chioggia	34
3. RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO.....	41
3.1 La rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	41
3.2 Analisi dei dati	46
3.2.1 <i>Serie temporali della torbidità/SPM</i>	52
3.2.2 <i>Analisi dei picchi di torbidità</i>	71
3.2.3 <i>Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche</i>	74
4. FLUSSI NETTI DI SEDIMENTI NELLA BOCCA DI LIDO E GRADIENTI DI CONCENTRAZIONE INTERMAREALE.....	77
5. CONCLUSIONI	79
6. BIBLIOGRAFIA.....	80

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

Alla stesura del presente rapporto hanno contribuito:

- F. Arena (OGS, Trieste)
- F. Costa (ISMAR - CNR, Venezia)
- C. Dabalà (CORILA)
- C. Dall' Angelo (CORILA)
- V. Defendi (ISMAR - CNR, Venezia)
- G. Di Silvio (IMAGE - UNIPD)
- S. Donà (ISMAR - CNR, Venezia)
- M. Gacic (OGS, Trieste)
- G. Lorenzetti (Università di Padova, Dipartimento di Geoscienze)
- G. Manfè (ISMAR - CNR, Venezia)
- F. Simionato (ISMAR - CNR, Venezia)
- L. Zaggia (ISMAR - CNR, Venezia)

1. INTRODUZIONE

I risultati delle indagini già effettuate negli Studi B.6.72 B/1 e 2 hanno mostrato come l'effetto più immediato delle attività di cantiere per la realizzazione delle opere di difesa alle bocche di porto della laguna di Venezia è l'aumento della risospensione di sedimenti lungo la colonna d'acqua dovuto ai dragaggi del fondale. L'intensità della perturbazione dipende dalle condizioni idrodinamiche, dal tipo di suolo dragato e, in misura rilevante, dalle modalità di dragaggio adottate.

Con l'esaurimento delle grosse attività di dragaggio dei fondali le attività di cantiere in grado di influenzare la torbidità sono limitate a lavori di posa di pietrame e alle opere di rifinitura dei fondali in prossimità dei moli e delle infrastrutture per il transito delle imbarcazioni nelle aree dei porti rifugio. Per le attività quali l'infissione di pali e palancolate non ci si aspettano invece significative perturbazioni per quanto riguarda la torbidità, e quindi non sono state sinora previste delle apposite indagini. Le informazioni sull'idrodinamica dei canali delle bocche di porto, derivanti dal monitoraggio ambientale, possono invece risultare utili ai fini dell'ottimizzazione delle procedure di posa dei cassoni in modo da limitare al massimo altri tipi di impatto che non coinvolgano necessariamente il comparto acqua. In quest'ultimo anno quindi l'attenzione è stata rivolta anche, in particolare a Lido e a Chioggia, agli approfondimenti sull'idrodinamica e il trasporto in sospensione.

Il Disciplinare Tecnico dello Studio B.6.72 B/3, come i precedenti prevede specifiche attività per la misura della concentrazione e del flusso di particellato solido sospeso generato dalle attività di cantiere dentro e fuori le sezioni del canale di bocca. Tali attività intendono monitorare la torbidità generata dalle operazioni di scavo in relazione ai seguenti parametri:

- A) torbidità prodotta direttamente dai sistemi di scavo (draghe);
- B) variabilità spaziale e temporale del particellato sospeso in condizioni naturali , cioè in assenza di dragaggio.

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. Per le bocche di porto di Lido e Chioggia, la sensibile riduzione delle attività di dragaggio ha consentito di riorientare una parte dell'attività sperimentale nella direzione dello studio del campo di corrente e delle caratteristiche del materiale solido in sospensione, fra cui anche la granulometria mediante lo strumento LISST (*Laser In Situ Scattering and Trasmisometry*). Questo approfondimento è utile alla caratterizzazione della variabilità spaziale e temporale dell'idrodinamica e delle caratteristiche del particellato e a valutare i cambiamenti indotti dalle opere già realizzate e come anticipato precedentemente, all'ottimizzazione delle procedure di posa dei manufatti da posizionare al fondo delle bocche.

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 della presenza del particellato sospeso al variare del campo di corrente nei diversi cicli di marea e del moto ondoso in laguna e in mare.

Nel Capitolo 2 del presente rapporto sono richiamate in forma sintetica tutte le campagne di misura di torbidità effettuate nel periodo ottobre 2007-aprile 2008 delle quali era stato peraltro riferito in dettaglio nei Rapporti di campagna già consegnati. I risultati vengono poi brevemente descritti nei successivi paragrafi, distinguendo rispettivamente quelli relativi alla bocca di porto di Lido (2.2), di Malamocco (2.3) e di Chioggia (2.4). I risultati dei rilievi del particellato sospeso nella

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

colonna d'acqua con l'apparecchiatura LISST (*Laser In Situ Scattering and Trasmisometry*) sono presentati in questo stesso capitolo.

Il Capitolo 3 è dedicato alle misure in continuo della torbidità alle bocche di porto, eseguite in otto stazioni fisse (sei situate nei canali di accesso alle bocche, due ubicate poco fuori della bocca di Lido e di Malamocco) nel periodo maggio 2007-aprile 2008. Il capitolo fornisce nei diversi paragrafi la descrizione della rete dei torbidimetri fissi (3.1), e i risultati dell'analisi statistica dei dati registrati (3.2). Le serie temporali della torbidità (3.2.1) sono analizzate sia in relazione alle condizioni meteorologiche (3.2.2), sia in relazione alle attività di scavo (3.2.3) mettendo in evidenza come i superamenti della soglia di 30 mg/l siano quasi invariabilmente da attribuirsi a sole cause naturali.

Il capitolo 4 riguarda l'analisi svolta sulle misure di torbidità in continuo effettuate alle bocche di porto nel periodo che va da aprile 2005 a maggio 2007. Si sintetizzano i risultati in due tabelle nelle quali si riportano le concentrazioni medie e le rispettive differenze fra i valori medi, distinti fra condizioni di riflusso e di flusso. Dall'osservazione di questi dati, suddivisi in base a quattro differenti condizioni di vento (no vento, bora, altri venti e tutte le precedenti insieme) si derivano delle considerazioni generali, relative ai tre bacini, sulla risospensione dei sedimenti e sull'andamento dei flussi entranti e uscenti dalle bocche. Non essendo stati, al momento della redazione del presente Rapporto, ancora elaborati i dati di portata del periodo maggio 2007-aprile 2008, non sono stati fatti oggetto della presente analisi i corrispondenti rilievi della concentrazione.

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) ed all'Istituto Nazionale di Oceanografia e Geofisica Sperimentale di Trieste (OGS) la realizzazione delle attività necessarie al Piano di Monitoraggio.

2. STIMA DELLA PRODUZIONE DI TORBIDA E DEL TRASPORTO DI MATERIALE RILASCIATO DURANTE IL DRAGAGGIO e MISURE GRANULOMETRICHE DEL PARTICOLATO SOSPESO ESEGUITE IN SITU NELLA COLONNA D'ACQUA

2.1 Sommario delle campagne di misura effettuate

Nell'ambito del monitoraggio delle attività di scavo per la costruzione delle opere alle bocche di porto della laguna di Venezia sono state svolte sei campagne di misura, eseguite da CNR-ISMAR e da OGS. In concomitanza con le campagne sono state svolte le misure granulometriche del particolato sospeso.

La seguente tabella specifica la bocca di porto interessata dalla campagna, il numero di transetti ADCP acquisiti, le calate CTD ed i campioni prelevati per l'analisi dei solidi sospesi, nonché la modalità con cui lo strumento LISST è stato utilizzato, e l'ente esecutore della campagna.

Nei paragrafi successivi sono riportati in sintesi le principali evidenze emerse nel corso delle attività di campo, suddivise per bocca di porto.

CORILA

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

Tabella 2.1: Elenco delle attività sperimentali eseguite nel corso del terzo anno di monitoraggio delle opere di scavo alle bocche di porto della laguna di Venezia.

Bocca di porto	Data	Ora	N. transetti	N. profili	N. campioni	Attività LISST	Esecutore
I campagna Chioggia	15/10/2007	08.00-14.00	10	5	15	Prelievo di campioni ed analisi in laboratorio	CNR-ISMAR
	16/10/2007	16.00 - 20.00	10	5	15		CNR-ISMAR
	17/10/2007	16.00 - 20.00	10	5	15		CNR-ISMAR
	18/10/2007	16.00 - 19.00	8	4	12		CNR-ISMAR
	19/10/2007	08.00-14.00	Trasferimento				CNR-ISMAR
I campagna Malamocco	19/11/2007	12.00 - 17.00	4	1	4	Prelievo di campioni ed analisi in laboratorio	OGS
	20/11/2007	07.00 - 16.00	19	5	21		OGS
	21/11/2007	07.00 - 16.00	23	5	22		OGS
	22/11/2007	07.00 - 15.30	16	4	18		OGS
	23/11/2007	07.00 - 12.00	8	2	7		OGS
II campagna Malamocco	26/02/2008	12.00 - 17.00	8	1	5	Prelievo di campioni ed analisi in laboratorio	OGS
	27/02/2008	07.30 - 16.00	12	4	18		OGS
	28/02/2008	07.00 - 16.30	24	6	27		OGS
	29/02/2008	07.00 - 16.00	15	4	17		OGS
	01/03/2008	07.30 - 12.00	3	2	8		OGS
I campagna Lido	03/03/2008	9.00- 16.00	Sopralluogo e verifica condizioni sperimentali			Prelievo di campioni ed analisi in laboratorio e Registrazione in situ	CNR-ISMAR
	04/03/2008	9.00- 13.00	6	2	2		CNR-ISMAR
	05/03/2008	9.00-20.00	18	8	18		CNR-ISMAR
	06/03/2008	9.00- 16.00	Prova LISST	Registrazione continua	12		CNR-ISMAR
	07/03/2008	9.00- 13.00	Recupero strumentazione				CNR-ISMAR
III campagna Malamocco	14/04/2008	10.00-15.00	7	3	10	Prelievo di campioni ed analisi in laboratorio	OGS
	15/04/2008	06.00-16.00	15	5	19		OGS
	16/04/2008	06.00-15.30	16	6	24		OGS
	17/04/2008	06.00-15.00	18	4	17		OGS
	18/04/2008	06.00-12.30	9	2	8		OGS

CORILA

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

Bocca di porto	Data	Ora	N. transetti	N. profili	N. campioni	Attività LISST	Esecutore
Il campagna Lido	14/04/2008	9.00-16.00	Sopralluogo e verifica condizioni sperimentali, Installazione S4			Prelievo di campioni ed analisi in laboratorio e Registrazione in situ	CNR-ISMAR
	15/04/2008	9.00-20.00	12	7	16		CNR-ISMAR
	16/04/2008	9.00-20.00	14+14	7+7	16+16		CNR-ISMAR
	17/04/2008	9.00-16.00	14	8	18		CNR-ISMAR
	18/04/2008	9.00-14.00	Recupero S4 e strumentazione				CNR-ISMAR

2.2 Bocca di porto di Lido

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - 3° fase (Studio B.6.72 B/3) il gruppo di studio del CNR-ISMAR ha effettuato nella Bocca di porto di Lido due campagne di misura. I periodi di esecuzione delle campagne sono, rispettivamente, 3-7 marzo 2008 e 14-18 aprile 2008.

Le lavorazioni di cantiere in questo periodo non prevedevano l'esecuzione di importanti opere di dragaggio. La maggior parte delle attività in grado di generare produzione di torbida erano infatti limitate a sistemazioni nelle aree di spalla e alla posa di massi di grandi dimensioni nel bacino del porto rifugio a Treporti. A S. Nicolò le principali attività comprendevano la posa di pietrame a rinforzo del molo sud e nella spalla nord sull'Isola Nuova e limitate attività di dragaggio nelle aree di posa dei cassoni e all'interno dei palancoati dei recessi.

Tutte queste attività sono state quindi condotte in aree per lo più isolate dalla circolazione mareale o comunque ai margini del canale di bocca e sono state condotte essenzialmente con draghe del tipo a benna i cui impatti, dal punto di vista della generazione di torbida, sono stati già verificati come non impattanti e descritti nelle precedenti fasi del monitoraggio.

Data l'assenza di attività di cantiere in grado di determinare un significativo aumento della torbidità nel canale di bocca così come nelle aree lagunari e marine attigue al sistema in esame, il monitoraggio è stato effettuato con la metodologia già sperimentata nell'ambito della fase precedente. Le modalità di esecuzione del monitoraggio sono state descritte dettagliatamente nel rapporto relativo alle Campagne Intensive di Ottobre 2006 alle bocche di porto di Lido e Chioggia [Campagna intensiva validazione modello, bocca di porto di Lido e di Chioggia, Studio B.6.72 B/1].

Sono state investigate la distribuzione delle velocità di corrente e delle caratteristiche granulometriche in sezioni del canale di bocca di particolare interesse per caratterizzare dal punto di vista idrodinamico e di solidi sospesi nelle aree prossime alle trincee che ospiteranno le schiere di paratoie mobili. Le acquisizioni sono utili alla costituzione di una base di dati relativamente all'andamento della velocità di corrente lungo il profilo verticale e delle caratteristiche dimensionali del particolato in sospensione a supporto di valutazioni modellistiche che consentano di approfondire le relazioni fra le variazioni nell'idrodinamica locale e i meccanismi di trasporto e sedimentazione.

In sintesi, nell'area della bocca di porto di Lido sono state individuate delle sezioni a monte e a valle della posizione corrispondente alle due schiere di paratoie mobili (Figura 2.1, Tabella 2.2) e in corrispondenza alla sezione dove è posizionato il profilatore acustico Doppler (ADCP) al fondo della bocca di porto. Una sezione aggiuntiva è stata localizzata nel canale retrostante l'Isola Nuova. In queste sezioni sono stati acquisiti transetti della velocità e direzione della corrente con un ADCP montato su imbarcazione. In corrispondenza alla parte centrale di ciascuna sezione su cui è stato acquisito il transetto con l'ADCP mobile sono state inoltre effettuate acquisizioni lungo il profilo verticale con una sonda CTD equipaggiata con un sensore ottico per la misura della torbidità ed un campionatore a rosetta. Durante la campagna di misura effettuata nel mese di aprile 2008, nella sezione retrostante l'Isola Nuova è stato inoltre impiegato correntometro elettromagnetico S4. Lo strumento, che ha acquisito in continuo, dalle ore 15.00 (UT) del 15 aprile fino alle ore 7.00 (UT) del 18 aprile, ha consentito di integrare e completare le informazioni nella zona a basso fondale, dove il correntometro acustico può acquisire solo un numero limitato di celle sulla verticale.

Su un'aliquota dei campioni d'acqua raccolti a tre diverse quote lungo lo stesso profilo sono state effettuate determinazioni della concentrazione del particolato solido in sospensione mediante determinazione gravimetrica su membrane pre-pesate. Questi dati sono stati utilizzati per l'implementazione della calibrazione del sensore ottico per la misura della torbidità (Figura 2.2).

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

La parte rimanente di ciascun campione d'acqua è stata destinata alla determinazione della distribuzione granulometrica mediante lo strumento LISST 100X. Lo stesso strumento è stato anche utilizzato per la determinazione della distribuzione granulometrica del materiale sospeso in situ.

Nella fase di elaborazione dei dati sono stati infine calcolati i valori medi della velocità e direzione della corrente lungo il profilo verticale in punti salienti di ciascun transetto. Il calcolo, che è stato effettuato successivamente all'applicazione di una procedura di controllo della qualità dei dati registrati, ha considerato un insieme di 20 *ensembles* centrato sul punto di interesse. Questi dati, insieme agli altri dati delle acquisizioni effettuate, sono stati trasmessi in formato digitale come allegato al rapporto relativo alla campagna di misura.



Figura 2.1. Immagine della bocca di Porto di Lido. Posizione degli estremi dei transetti e delle stazioni di acquisizione, lungo gli stessi transetti, dei profili verticali (T1 e T3 per il Canale di Treporti, L1 e L2 per il Canale di San Nicolò, 150 per il canale retrostante l'isola nuova, ADCP e 83 per la sezione ADCP fisso) durante la campagna di monitoraggio dei giorni 15, 16 e 17 aprile 2008. Le coordinate di questi punti sono riportate in Tabella 2.2.

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

Tabella 2.2. Coordinate Gauss-Boaga degli estremi delle sezioni e dei punti di esecuzione dei profili verticali durante la campagna del 15, 16 e 17 aprile 2008 alla bocca di Porto di Lido. Il punto 187 sostituisce il punto L1A, isolato dalla struttura in calcestruzzo visibile in Figura 2.1, immediatamente a sud del punto 187 stesso.

Punto	Est	Nord	Note
T1A	2317914.557	5035521.815	
T1B	2318224.909	5035363.825	
T1	2318106.705	5035423.642	profilo CTD
T3A	2317741.284	5034378.526	
T3B	2318171.291	5034505.882	
T3	2318063.628	5034473.995	profilo CTD
187	2317072.291	5034044.380	sostituisce L1A
L1A	2316823.360	5034038.022	
L1B	2317080.457	5034534.745	
L1	2317008.864	5034396.423	profilo CTD
L2A	2317399.366	5033826.169	
L2B	2317649.138	5034227.611	
L2	2317558.937	5034082.636	profilo CTD
149	2317543.298	5034549.395	
151	2317415.295	5034712.397	
150	2317447.296	5034677.396	profilo CTD
80	2318451.322	5032920.372	
82	2319026.331	5033468.389	
ADCP	2318670.325	5033128.378	profilo CTD
83	2318939.329	5033382.386	profilo CTD

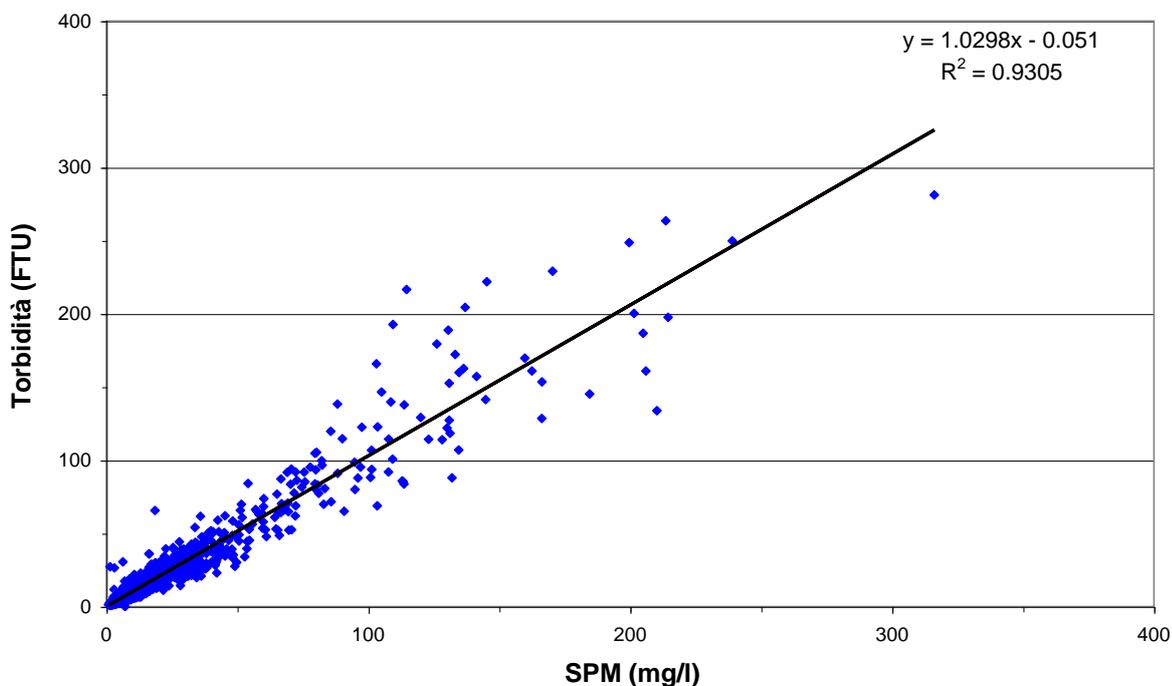


Figura 2.2. Curva di calibrazione del sensore di torbidità della sonda Idronaut utilizzata per le misure del particolato in sospensione lungo il profilo verticale nei giorni 15, 16 e 17 aprile 2008 alla bocca di porto di Lido. L'insieme dei dati di calibrazione è costituito dalle 2905 osservazioni sperimentali effettuate dall'inizio del monitoraggio. Sono riportati l'equazione della retta ed il valore di R².

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

Campagna di misura del 3-7 marzo 2008

Le misure idrodinamiche, effettuate nei giorni 4 e 6 marzo 2008 hanno consentito di ottenere una rappresentazione del campo di velocità durante la fase del calante principale, il giorno 4, e durante le fasi del calante e del crescente principale il giorno 5. Inoltre il giorno 6 marzo 2006 è stato dedicato alle misure della distribuzione granulometrica in situ, nel punto 150 appartenente alla sezione di misura individuata nel Canale retrostante l'Isola Nuova.

Nella Tabella 2.3, tratta dal rapporto di campagna [Relazione campagna Lido 3-7Marzo2008, Studio B.6.72 B/3] sono riassunti i principali risultati delle misure idrodinamiche effettuate con l'ADCP montato su imbarcazione. Nella Tabella 2.3 del presente rapporto sono riportati i risultati relativi ai giorni 4 e 5 marzo 2008. In questo periodo, prossimo alle condizioni di sizigie, le misure sono state effettuate nella prima parte del calante principale il giorno 4 marzo (escursione pari a circa 0.65 m) e nelle fasi di calante e crescente principale il giorno 5 marzo (escursioni pari a circa 80 e 75 cm rispettivamente). I risultati riportati sono espressi come media dei valori dei due transetti in andata e ritorno per ciascuna delle sezioni i cui estremi sono riportati nella Tabella 2.2.

Tabella 2.3. Valori della portata relativi ai transetti acquisiti i giorni 4 e 5 Marzo 2008 alla bocca di Porto di Lido.

Transetto ADCP	Data	Ora inizio	Ora fine	Sezione	Q _{tot}	Area sezione	Vel media
		(UT)	(UT)				
LM1_000r.000	04/03/2008	09.06	09.10	T1A→T1B	310.7	2655.3	0.12
LM1_001r.000	04/03/2008	09.10	09.15	T1B→T1A	391.7	2679.2	0.15
LM1_003r.000	04/03/2008	09.27	09.30	151→149	4.3	1036.6	0.00
LM1_004r.000	04/03/2008	09.30	09.33	149→151	15.4	1069.5	0.01
LM1_006r.000	04/03/2008	09.41	09.47	L1B→L1A	2231.6	5847.6	0.38
LM1_007r.000	04/03/2008	09.48	09.55	L1A→L1B	2263.7	5634.9	0.40
LIM1_000r.000	05/03/2008	09.52	09.57	T1A→T1B	315.2	2630.9	0.12
LIM1_001r.000	05/03/2008	09.57	10.01	T1B→T1A	438.2	2654.6	0.17
LIM1_003r.000	05/03/2008	10.13	10.16	149→151	87.9	971.6	0.09
LIM1_004r.000	05/03/2008	10.16	10.18	151→149	90.9	903.6	0.10
LIM1_006r.000	05/03/2008	10.26	10.32	L1B→L1A	3377.1	5808.4	0.58
LIM1_007r.000	05/03/2008	10.33	10.39	L1A→L1B	3476.1	5715.1	0.61
LIM1_009r.000	05/03/2008	10.49	10.55	L2B→L2A	3806.9	5016.2	0.76
LIM1_010r.000	05/03/2008	10.55	11.00	L2A→L2B	3790.1	5211.4	0.73
LIM1_011r.000	05/03/2008	11.03	11.07	T3A→T3B	1399.8	2681.8	0.52
LIM1_012r.000	05/03/2008	11.08	11.12	T3B→T3A	1446.4	2638.1	0.55
LIM1_014r.000	05/03/2008	11.24	11.29	T1B→T1A	1547.5	2202.9	0.70
LIM1_015r.000	05/03/2008	11.29	11.33	T1A→T1B	1818.6	2578.9	0.71
LIM1_017r.000	05/03/2008	11.40	11.43	149→151	350.5	931.2	0.38
LIM1_018r.000	05/03/2008	11.43	11.45	151→149	364.0	961.7	0.38
LIM1_020r.000	05/03/2008	11.51	11.56	L1B→L1A	3134.4	5712.9	0.55
LIM1_021r.000	05/03/2008	11.56	12.01	L1A→L1B	3112.1	5612.5	0.55
LIM1_023r.000	05/03/2008	12.10	12.13	149→151	355.8	886.5	0.40
LIM1_024r.000	05/03/2008	12.13	12.15	151→149	360.0	994.4	0.36
LIM1_026r.000	05/03/2008	16.40	16.44	T3B→T3A	-749.7	2513.9	0.30
LIM1_027r.000	05/03/2008	16.45	16.49	T3A→T3B	-772.1	2507.9	0.31
LIM1_029r.000	05/03/2008	16.58	17.04	L2B→L2A	-2664.6	5110.0	0.52
LIM1_030r.000	05/03/2008	17.04	17.09	L2A→L2B	-3082.5	5326.1	0.58
LIM1_032r.000	05/03/2008	17.20	17.27	L1A→L1B	-3336.5	5477.7	0.61

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

Transetto ADCP	Data	Ora inizio	Ora fine	Sezione	Q _{tot}	Area sezione	Vel media
		(UT)	(UT)		(m ³ /s)	(m ²)	(m/s)
LIM1_033r.000	05/03/2008	17.27	17.33	L1B→L1A	-3516.5	5595.3	0.63
LIM1_035r.000	05/03/2008	17.47	17.50	149→151	-178.5	819.3	0.22
LIM1_036r.000	05/03/2008	17.50	17.53	151→149	-181.1	1033.5	0.18
LIM1_038r.000	05/03/2008	18.02	18.07	T1A→T1B	-1635.7	2579.4	0.63
LIM1_039r.000	05/03/2008	18.07	18.11	T1B→T1A	-1657.1	2621.5	0.63

Non essendo stato possibile effettuare transetti in corrispondenza della sezione dell'ADCP fisso, non possiamo confrontare i valori delle portate misurati nei canali di S. Nicolò e Treporti con quelli del canale principale, come fatto per la bocca di porto di Chioggia (cfr. Tab 2.9). È interessante osservare la quasi esatta corrispondenza fra le portate della sezione L1 in condizioni di crescente e di calante il giorno 5 marzo. Le rilevazioni hanno preso in considerazione un semiciclo piuttosto simmetrico sono state svolte in condizioni paragonabili per quanto riguarda l'escursione.

Se si eccettuano le misure effettuate il giorno 4 marzo nelle sezioni 150 e T1, in condizioni di velocità molto basse, gli scarti fra le singole determinazioni della portata nei transetti in andata e ritorno, riportate nella Tabella 2.3, sono sempre inferiori al 16% del valore medio delle due determinazioni e nella gran parte dei casi sono addirittura inferiori al 3%. I risultati indicano quindi una buona rappresentatività delle misure di portata effettuate e delle stime della velocità media nell'intera sezione, ottenute come rapporto fra portata e area della sezione (Q/A) e riportata nella Tabella 2.4.

Tabella 2.4. Schema sintetico dei risultati delle misure idrodinamiche effettuate con l'ADCP montato su imbarcazione nelle sezioni che hanno per estremi i punti riportati nella Tabella 2.2. Q, portata, A, area della sezione; v_{med}, velocità media (Q/A).

	4 marzo 2008			5 marzo 2008-calante			6 marzo 2008-crescente		
	Q m ³ /s	A m ²	V _{med} m/s	Q m ³ /s	A m ²	V _{med} m/s	Q m ³ /s	A m ²	V _{med} m/s
T1	351	2667	0.14	377	2643	0.15	-1646	2600	0.63
T3				1423	2660	0.54	-746	2511	0.31
150	10	1053	0.01	89	938	0.10	-180	926	0.20
L1	2248	5741	0.39	3427	5762	0.60	-3427	5537	0.62
L2				3799	5114	0.75	-2874	5218	0.55
T1				1683	2391	0.71			
T3									
150				358	943	0.38			
L1				3123	5663	0.55			
L2									

Il fenomeno più importante relativamente al periodo di misura è stato il perdurare di condizioni di vento di forte intensità, con valori fino a 24 m/s dal quadrante di bora, nei giorni 5 e 6 marzo. Se, da un lato, queste condizioni hanno impedito di ottenere acquisizioni affidabili nella sezione dell'ADCP fisso, dove il moto ondoso disturbava le registrazioni dello strumento montato su imbarcazione, dall'altro hanno consentito di ottenere interessanti indicazioni sulle caratteristiche dimensionali del particellato presente nella colonna d'acqua in presenza di moto ondoso sui litorali.

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

Nel grafico di Figura 2.3, che mostra le concentrazioni medie sulla verticale del particolato sospeso (SPM) nelle sezioni del canale di Treporti (T1, T3) in relazione all'andamento del livello di marea e all'intensità del vento alla piattaforma oceanografica CNR-ISMAR, è evidente l'aumento delle concentrazioni associato all'intensificazione del vento. Si tratta di un evento di bora con velocità che si mantengono intorno al valore di 20 m/s per un periodo di circa tre giorni. Nella figura è anche evidente come le concentrazioni associate alla fase di marea calante siano molto più basse di quelle misurate nella fase del crescente, dove si superano i 130 mg/l. Le sezioni del canale di Treporti sono infatti maggiormente interessate dal trasporto di sedimenti risospesi lungo il litorale e veicolati entro il canale di bocca dall'azione combinata della corrente litoranea e della corrente di marea. Le concentrazioni misurate nelle sezioni del canale di S. Nicolò nello stesso periodo sono comunque elevate e raggiungono valori prossimi ai 70 mg/l (dati forniti in allegato al rapporto di campagna: Relazione campagna Lido 3-7Marzo2008, Studio B.6.72 B/3). Nella sezione retrostante l'Isola Nuova si raggiungono invece valori fino a 42 mg/l in corrispondenza della fase finale del crescente (dati forniti in allegato al rapporto di campagna: Relazione campagna Lido 3-7Marzo2008, Studio B.6.72 B/3).

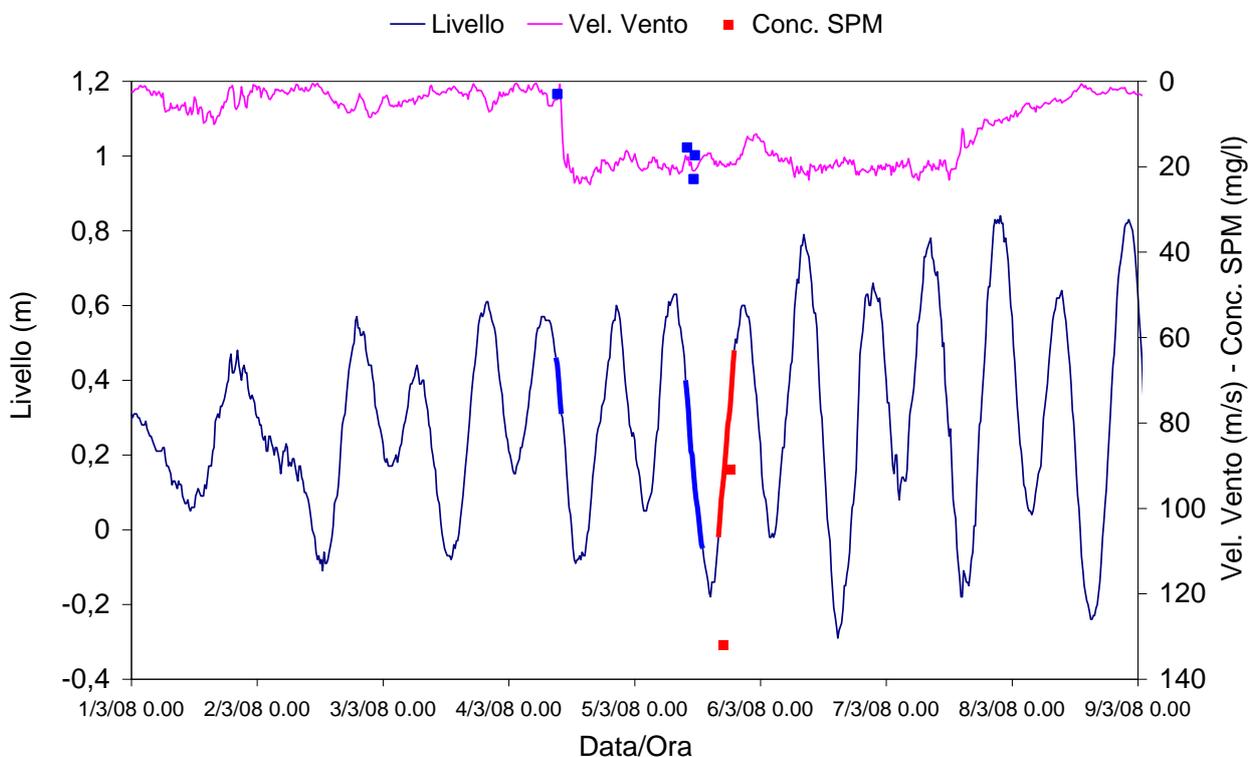


Figura 2.3. Andamento del livello di marea alla bocca di porto di Lido, dell'intensità del vento (valori medi orari, ora UT) registrati alla piattaforma CNR-ISMAR, e concentrazione media sulla verticale del particolato solido in sospensione (SPM) nelle sezioni del canale di Treporti, per il periodo di misura.

Nelle Figure 2.4 (a,b) sono riportati, a titolo di esempio, i profili verticali della concentrazione del particolato in sospensione, ottenuti dalle acquisizioni della torbidità della sonda CTD mediante la relazione di calibrazione mostrata nella Figura 2.2, per le sezioni che comprendono i punti T1 e T3 nel canale di Treporti. Entrambe le sezioni sono interessate dall'aumento della concentrazione a seguito dell'intensificazione del vento avvenuta a partire dalla seconda metà del giorno 4 marzo; tuttavia si osserva come la sezione T3, che risulta più vicina alla sorgente dei materiali nella fase crescente, raggiunge concentrazioni più elevate e la distribuzione dei materiali è meno uniforme con un massimo di più di 100 mg/l fra le profondità di 0.4 e 1.6 m.

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

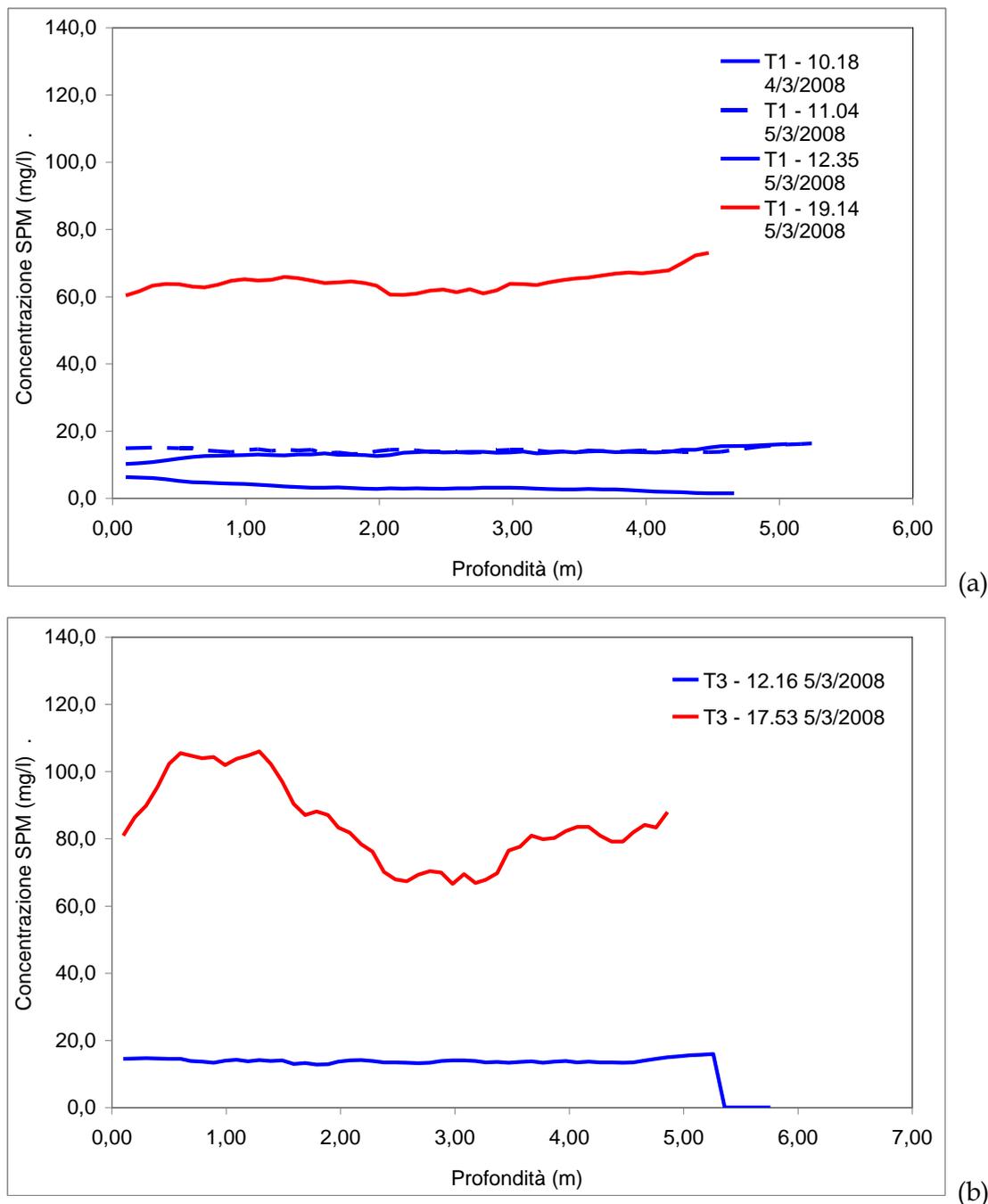


Figura 2.4. Profili verticali della concentrazione di SPM nelle sezioni individuate dai punti T1 (a) e T3 (b). In blu, dati relativi alla fase calante dei giorni 4 e 5 marzo; in rosso i dati relativi al crescente del giorno 5 marzo.

Alle variazioni osservate nella concentrazione del materiale in sospensione corrispondono significative modificazioni delle caratteristiche dei materiali. L'evoluzione della distribuzione granulometrica del particolato sospeso è chiaramente evidenziata dalle informazioni riportate nella Tabella 2.5. L'intensificarsi del moto ondoso indotto dal vento dà luogo ad una risospensione di materiali del fondo sia all'interno della laguna che sui litorali. Il materiale in sospensione nella colonna d'acqua passa quindi da prevalente limo (D_{50} 30-34 μm) il giorno 4 marzo a limo sabbioso (D_{50} 40-72 μm) nella fase calante del giorno 5 marzo. In seguito all'inversione del flusso, il materiale trasportato entro la laguna dalla corrente di marea si sposta ulteriormente verso il campo della sabbia limosa con valori del D_{50} compresi fra 63 e 87 μm). Queste trasformazioni sono bene evidenziate nel diagramma ternario di Figura 2.5.

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

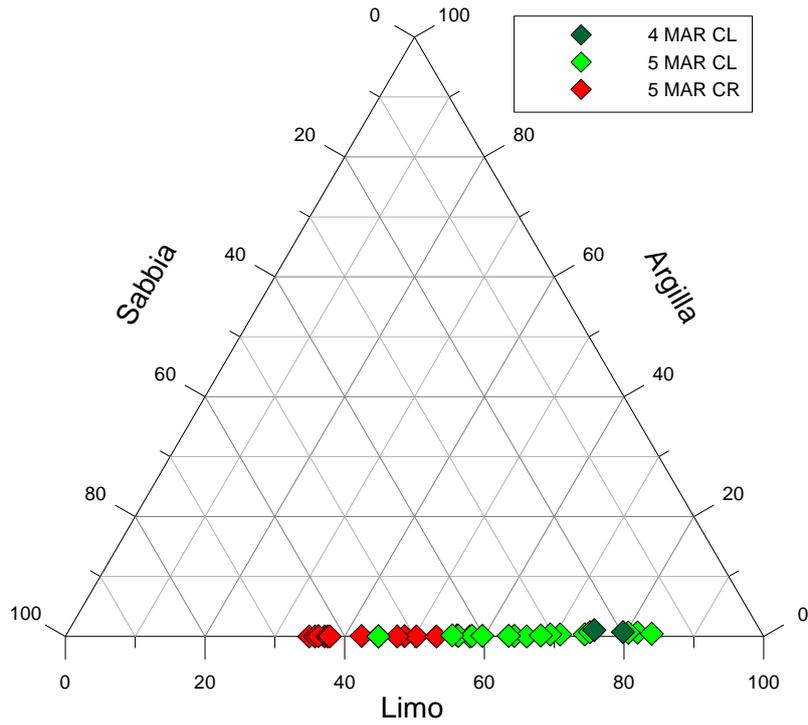


Figura 2.5. Diagramma di Shepard dei campioni prelevati alla bocca di Porto di Lido durante i giorni 4 e 5 marzo 2008.

CORILA

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

Tabella 2.5. Percentuali in volume delle frazioni granulometriche secondo la scala di Wentworth, classificazione secondo Shepard, D₅₀, concentrazione, misurata nei campioni (Concc) e ricavata dalla conversione dei dati di torbidità (Conct), del particolato solido in sospensione alla bocca di Porto di Lido i giorni 4 e 5 Marzo 2008.

Stazioni	Data	Ora (UT)	Profondità (m)	Scala Wentworth (1922)			Classificazione	D ₅₀ (µm)	Conc _c (mg/l)	Conc _t (mg/l)
				Argilla %	Limo %	Sabbia %	Shepard (1954)			
T1CL	04/03/2008	09.15	-2.00	1.1	75.2	23.7	limo	33.6	3.0	2.8
			-4.00	0.7	79.5	19.8	limo	29.6	2.2	2.2
	05/03/2008	10.05	-2.00	0.3	70.7	29.0	limo-sabbioso	49.6	15.6	14.0
			-4.00	0.7	81.6	17.7	limo	42.9	16.2	14.0
11.35		-2.00	0.4	83.7	15.8	limo	40.2	17.4	12.9	
		-4.00	0.6	80.3	19.1	limo	43.2	18.9	13.8	
T3CL		11.15	-2.00	0.3	69.3	30.4	limo-sabbioso	50.8	22.9	15.6
			-5.00	0.1	64.3	35.6	limo-sabbioso	54.5	29.0	17.8
L1CL	05/03/2008	10.40	-2.00	0.4	74.2	25.4	limo-sabbioso	47.8	20.2	15.9
			-4.00	0.0	66.1	33.9	limo-sabbioso	54.0	21.0	17.6
			-8.00	0.0	57.9	42.1	limo-sabbioso	59.7	27.0	21.5
		12.05	-2.00	0.0	44.8	55.2	sabbia-limosa	72.3	26.5	19.9
			-6.00	0.2	56.0	43.8	limo-sabbioso	61.0	26.7	20.7
			-8.00	0.1	56.2	43.7	limo-sabbioso	60.9	27.4	22.0
150CL	05/03/2008	10.20	-2.00	0.7	74.8	24.5	limo-sabbioso	8.45	19.9	19.1
			-3.00	0.2	68.0	31.8	limo-sabbioso	9.18	21.6	20.7
		11.50	-2.00	0.1	58.2	41.7	limo-sabbioso	59.4	32.7	21.6
			-3.00	0.2	55.3	44.5	limo-sabbioso	61.6	29.5	21.8
		12.20	-2.00	0.1	63.4	36.5	limo-sabbioso	55.2	25.5	20.2
			-3.00	0.1	59.7	40.2	limo-sabbioso	58.1	27.9	20.0

CORILA

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

Stazioni	Data	Ora (UT)	Profondità (m)	Scala Wentworth (1922)			Classificazione	D ₅₀ (µm)	Conc _c (mg/l)	Conc _t (mg/l)
				Argilla %	Limo %	Sabbia %	Shepard (1954)			
T1CR	05/03/2008	18.15	-2.00	0.0	37.1	62.9	sabbia-limosa	83.3	90.8	60.6
			-4.00	0.0	34.9	65.1	sabbia-limosa	87.3	103.4	67.4
T3CR		16.55	-2.00	0.0	35.8	64.2	sabbia-limosa	85.7	132.0	81.8
			-4.00	0.1	36.2	63.7	sabbia-limosa	84.8	113.7	83.6
L1CR		17.40	-2.00	0.0	44.8	55.1	sabbia-limosa	72.3	61.1	46.7
			-6.00	0.0	37.5	62.5	sabbia-limosa	82.7	69.7	49.7
			-8.00	0.0	37.8	62.2	sabbia-limosa	82.2	65.5	50.8
L2CR		17.15	-2.00	0.1	48.5	51.4	sabbia-limosa	68.1	54.7	43.6
			-6.00	0.0	50.3	49.7	limo-sabbioso	66.4	34.0	24.7
			-8.00	0.0	47.5	52.5	sabbia-limosa	69.3	38.4	26.5
150CR	17.55	-2.00	0.0	53.1	46.9	limo-sabbioso	63.8	42.5	36.3	
		-4.00	0.1	42.4	57.5	sabbia-limosa	75.4	\	\	

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

Il giorno 6 marzo 2008 è stato dedicato all'allestimento di una stazione di sperimentazione LISST, nel Canale retrostante l'Isola Nuova, punto 150, per la determinazione diretta e continua della granulometria del particolato solido in sospensione. Il LISST-100X è stato immerso in acqua in posizione orizzontale, alla quota di di 2 m su una profondità totale di circa 3.70 m, durante la fase di marea calante, in concomitanza dei valori di picco per la velocità. La misura è stata eseguita in modalità realtime [Rapporto di valutazione: da maggio 2006 ad aprile 2007, macroattività: misure granulometriche del particolato sospeso eseguite in situ nella colonna d'acqua, Studio B.6.72 B/2], ed i dati sono stati acquisiti in continuo, in un intervallo temporale di due ore (10.00 - 12.00 UT). Procedendo in questo modo è stato possibile verificare, in tempo reale, la qualità dei dati raccolti e la variazione delle dimensioni del particolato solido in sospensione in relazione alla variazione della velocità nella colonna d'acqua. La frequenza di campionamento è stata di circa 1 secondo e, per ciascuna misura, sono stati effettuati 50 campionamenti. I risultati del test sono riportati nella Tabella 2.5. L'intervallo investigato corrisponde alla fase centrale del calante, caratterizzata dalle massime velocità di corrente (escursione totale circa 1 m). In queste condizioni sono stati osservati materiali grossolani con D₅₀ compresi fra 100 e 146 µ con una progressiva transizione da prevalente sabbia a sabbia limosa.

Tabella 2.5. Percentuali in volume delle frazioni granulometriche secondo la scala di Wentworth, classificazione secondo Shepard e D₅₀ del particolato solido in sospensione ricavato dalle analisi in situ eseguite con il LISST-100X presso la bocca di Porto di Lido - Canale retrostante l'Isola Nuova, il 6 Marzo 2008.

Data	Ora UT	Stazione	Profondità (m)	Scala Wentworth (1922)			Classificazione Shepard (1954)	D ₅₀ (µm)
				Argilla %	Limo %	Sabbia %		
06/03/2008	10.00	150	-2.0 m	0.0	20.8	79.2	sabbia	127.3
	10.10			0.0	17.6	82.4	sabbia	141.2
	10.20			0.0	17.2	82.8	sabbia	146.7
	10.30			0.0	17.7	82.3	sabbia	143.4
	10.40			0.0	20.0	80.0	sabbia	131.2
	10.50			0.0	19.6	80.4	sabbia	132.7
	11.00			0.0	25.5	74.5	sabbia-limosa	111.0
	11.10			0.0	28.6	71.4	sabbia-limosa	102.6
	11.20			0.0	25.9	74.1	sabbia-limosa	109.5
	11.30			0.0	25.3	74.7	sabbia-limosa	111.4
	11.40			0.0	29.9	70.1	sabbia-limosa	100.1
	11.50			0.0	17.4	82.6	sabbia	145.1

Le differenze nella composizione dei materiali in sospensione rispetto a quelli misurati in laboratorio nei campioni prelevati il giorno precedente nella stessa posizione, evidenziate nel diagramma ternario di Figura 2.2.6. sembrano essere in relazione al trattamento effettuato per la misura in laboratorio piuttosto che ad una variabilità delle caratteristiche dei materiali nel tempo trascorso (vedi Rapporto di Campagna, Relazione campagna Lido 3-7Marzo2008, Studio B.6.72 B/3).

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

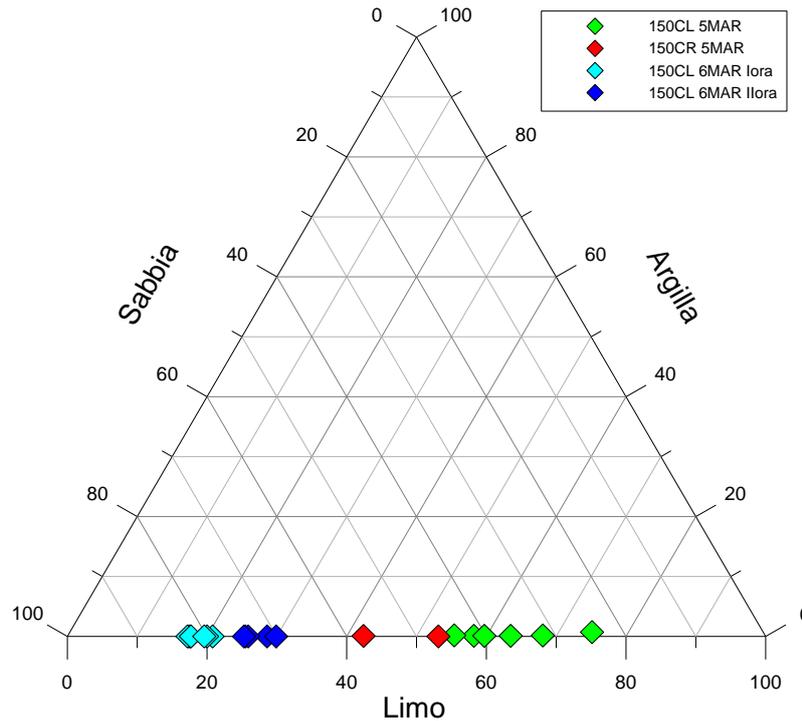


Figura 2.6. Diagramma di Shepard delle distribuzioni acquisite nella stazione 150 (sezione 149→151 in Figura 2.1), per i giorni 4, 5 e 6 marzo 2008, alla bocca di Porto di Lido.

Campagna di misura del 14-18 aprile 2008

Le attività di misura, effettuate nei giorni 15, 16 e 17 Aprile 2008, in condizioni di marea di sizigie hanno consentito di investigare due fasi di marea crescente (crescente principale), nei giorni 15 e 16 e due fasi di marea calante (calante secondario), nei giorni 15 e 17.

La Tabella 2.6, tratta dal rapporto di campagna [Relazione campagna Lido 14-18Aprile2008, Studio B.6.72 B/3], riassume i principali risultati delle misure idrodinamiche effettuate con l'ADCP montato su imbarcazione. Nella Tabella 2.7 del presente rapporto sono riportati i risultati relativi ai giorni 15-17 aprile 2008. L'escursione totale nel crescente del 15 aprile era pari a circa 70 cm, nel calante secondario dei giorni 16 e 17 aprile l'escursione era pari a circa 0.40 cm, nella fase del crescente principale del 16 aprile l'escursione ha invece raggiunto gli 80 cm circa. I risultati riportati sono espressi come media dei valori dei due transetti in andata e ritorno per ciascuna delle sezioni i cui estremi sono riportati nella Tabella 2.2.

Tabella 2.6. Valori della portata relativi ai transetti acquisiti i giorni 15, 16 e 17 Aprile 2008 alla bocca di Porto di Lido.

Transetto ADCP	Data	Ora inizio (UT)	Ora fine (UT)	Sezione	Q _{tot} (m ³ /s)	Area sezione (m ²)	Vel media (m/s)
LM1_000r.000	15/04/2008	14.44	14.55	82→80	-3901	7949	0.49
LM1_001r.000	15/04/2008	14.56	15.05	80→82	-4246	8068	0.53
LM1_004r.000	15/04/2008	15.21	15.29	T3B→T3A	-1171	2316	0.51
LM1_006r.000	15/04/2008	15.41	15.47	L2B→L2A	-3700	5128	0.72
LM1_007r.000	15/04/2008	15.48	15.54	L2A→L2B	-3837	5146	0.75
LM1_009r.000	15/04/2008	16.04	16.10	187→L1B	-3786	5152	0.74
LM1_010r.000	15/04/2008	16.11	16.17	L1B→187	-3637	5004	0.73
LM1_012r.000	15/04/2008	16.30	16.34	149→151	-220	746	0.30
LM1_013r.000	15/04/2008	16.34	16.37	151→149	-228	956	0.24

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Transetto ADCP	Data	Ora inizio (UT)	Ora fine (UT)	Sezione	Q _{tot} (m ³ /s)	Area sezione (m ²)	Vel media (m/s)
LM1_015r.000	15/04/2008	16.46	16.50	T1B→T1A	-1956	2557	0.77
LM1_016r.000	15/04/2008	16.50	16.54	T1A→T1B	-1996	2711	0.74
LM1_018r.000	16/04/2008	9.30	9.34	T1B→T1A	543	2469	0.22
LM1_019r.000	16/04/2008	9.34	9.39	T1A→T1B	632	2580	0.25
LM1_021r.000	16/04/2008	9.52	9.55	149→151	62	859	0.07
LM1_022r.000	16/04/2008	9.55	9.58	151→149	93	875	0.11
LM1_024r.000	16/04/2008	10.05	10.11	L1B→187	2187	4785	0.46
LM1_025r.000	16/04/2008	10.11	10.18	187→L1B	2243	5022	0.45
LM1_027r.000	16/04/2008	10.27	10.33	L2A→L2B	2959	4660	0.64
LM1_028r.000	16/04/2008	10.33	10.40	L2B→L2A	3288	4964	0.66
LM1_030r.000	16/04/2008	10.50	10.55	T3A→T3B	1277	2544	0.50
LM1_031r.000	16/04/2008	10.55	11.00	T3B→T3A	1295	2417	0.54
LM1_033r.000	16/04/2008	11.13	11.22	82→80	4441	7667	0.58
LM1_034r.000	16/04/2008	11.23	11.30	80→82	4164	7667	0.54
LM1_037r.000	16/04/2008	11.50	11.52	149→151	336	935	0.36
LM1_038r.000	16/04/2008	11.52	11.55	151→149	338	950	0.36
LM1_039r.000	16/04/2008	14.48	14.50	149→151	-38	677	0.06
LM1_040r.000	16/04/2008	14.50	14.53	151→149	-51	901	0.06
LM1_041r.000	16/04/2008	15.04	15.13	82→80	-4683	7902	0.59
LM1_042r.000	16/04/2008	15.13	15.22	80→82	-5136	7999	0.64
LM1_045r.000	16/04/2008	15.40	15.45	T3B→T3A	-1526	2633	0.58
LM1_046r.000	16/04/2008	15.45	15.50	T3A→T3B	-1559	2605	0.60
LM1_048r.000	16/04/2008	15.59	16.05	L2B→L2A	-4039	5181	0.78
LM1_049r.000	16/04/2008	16.05	16.10	L2A→L2B	-4202	5163	0.81
LM1_051r.000	16/04/2008	16.21	16.26	187→L1B	-3723	5011	0.74
LM1_052r.000	16/04/2008	16.26	16.33	L1B→187	-3686	4914	0.75
LM1_054r.000	16/04/2008	16.44	16.46	149→151	-282	998	0.28
LM1_055r.000	16/04/2008	16.46	16.49	151→149	-275	1012	0.27
LM1_057r.000	16/04/2008	16.59	17.02	T1B→T1A	-2192	2629	0.83
LM1_058r.000	16/04/2008	17.02	17.06	T1A→T1B	-2190	2632	0.83
LM1_060r.000	17/04/2008	8.35	8.38	151→149	-216	1061	0.20
LM1_062r.000	17/04/2008	8.41	8.43	149→151	-184	1116	0.17
LM1_063r.000	17/04/2008	9.34	9.38	T1B→T1A	-71	2403	0.03
LM1_064r.000	17/04/2008	9.38	9.43	T1A→T1B	9	1472	0.01
LM1_066r.000	17/04/2008	9.57	9.59	149→151	-34	987	0.04
LM1_067r.000	17/04/2008	9.59	10.02	151→149	-44	1097	0.04
LM1_069r.000	17/04/2008	10.10	10.15	L1B→187	2118	5015	0.42
LM1_070r.000	17/04/2008	10.18	10.24	187→L1B	2158	5048	0.43
LM1_072r.000	17/04/2008	10.33	10.38	L2A→L2B	2813	5162	0.55
LM1_073r.000	17/04/2008	10.38	10.44	L2B→L2A	2861	5097	0.56
LM1_075r.000	17/04/2008	10.54	10.59	T3A→T3B	1188	2643	0.45
LM1_076r.000	17/04/2008	10.59	11.04	T3B→T3A	1220	2598	0.47
LM1_078r.000	17/04/2008	11.18	11.27	82→80	4436	7906	0.56
LM1_079r.000	17/04/2008	11.27	11.36	80→82	4356	7981	0.55

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

Nell'ambito delle diverse misure idrodinamiche effettuate si possono individuare dei gruppi di transetti eseguiti in tempi piuttosto ravvicinati e che comprendono le due sezioni nei canali di Treporti e S. Nicolò e la sezione ADCP. È il caso, ad esempio, delle sezioni L2, T3 e ADCP nelle due fasi calanti dei giorni 16 e 17. In queste condizioni la somma delle portate dei transetti effettuati nelle sezioni dei due canali secondari corrisponde alla portata misurata nella sezione dell'ADCP con differenze del 2.5 e 8% rispettivamente. Tali differenze, che rientrano comunque nell'errore tipico della misura, sono legate alla non contemporaneità dei transetti in presenza di forti variazioni di portata come quelle che avvengono nelle fasi centrali del crescente e del calante, essendo all'opera una sola imbarcazione con la necessaria dotazione strumentale. Si sottolinea inoltre la notevole differenza fra le velocità medie misurate durante le fasi del crescente principale, che superano gli 80 cm/s, rispetto a quelle del calante secondario, sempre inferiori a 56 cm/s.

Come nel caso della campagna precedente, le misure idrodinamiche effettuate con l'ADCP montato su imbarcazione mostrano una buona riproducibilità. Dall'elaborazione delle informazioni contenute nella Tabella 2.6 risulta che le deviazioni nelle due repliche di ciascun transetto sono generalmente inferiori al 10% (nella gran parte dei casi sono inferiori al 4%), eccetto alcuni casi particolari come le fasi prossime alle inversioni dove le basse velocità e la rapida evoluzione del campo di velocità danno luogo ad una variabilità maggiore.

Tabella 2.7. Schema sintetico dei risultati delle misure idrodinamiche effettuate con l'ADCP montato su imbarcazione nelle sezioni che hanno per estremi i punti riportati nella Tabella 2.2. Q, portata, A, area della sezione; v_{med} , velocità media (Q/A).

	15 aprile 2008- crescente			16 aprile 2008- calante			16 aprile 2008- crescente			17 aprile 2008- calante		
	Q <i>m³/s</i>	A <i>m²</i>	V_{med} <i>m/s</i>	Q <i>m³/s</i>	A <i>m²</i>	V_{med} <i>m/s</i>	Q <i>m³/s</i>	A <i>m²</i>	V_{med} <i>m/s</i>	Q <i>m³/s</i>	A <i>m²</i>	V_{med} <i>m/s</i>
ADCP	-4074	8009	0.51	4303	7667	0.56	-4910	7951	0.62	4396	7944	0.56
T1	-1956	2557	0.77	588	2525	0.24	-2191	2631	0.83	-31	1938	0.02
T3	-1584	2514	0.63	1286	2481	0.52	-1543	2619	0.59	1204	2621	0.46
L1	-3712	5078	0.74	2215	4904	0.46	-3705	4963	0.75	2138	5032	0.43
L2	-3769	5137	0.74	3124	4812	0.65	-4121	5172	0.80	2837	5130	0.56
150	-224	851	0.27	78	867	0.09	-45	789	0.06	-200	1089	0.19
ADCP												
T1												
T3												
L1												
L2												
150				337	943	0.36	-279	1005	0.28	-39	1042	0.04

Durante la campagna di misura è stato utilizzato anche un correntometro elettromagnetico S4 (InterOcean, USA). Lo scopo delle acquisizioni effettuate con questo strumento era l'approfondimento delle indagini sull'idrodinamica del canale artificiale retrostante l'Isola Nuova mediante acquisizioni in continuo di velocità e direzione della corrente e della torbidità. Lo strumento, dotato di un sensore OBS (*Optical Backscatter Sensor*), è stato posizionato in corrispondenza del punto 150 ed ha funzionato dalle 15.00 del 15 aprile fino alle 7.00 del 18 aprile (UT). Nella Figura 2.7 sono visualizzati i risultati delle registrazioni effettuate con lo strumento.

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

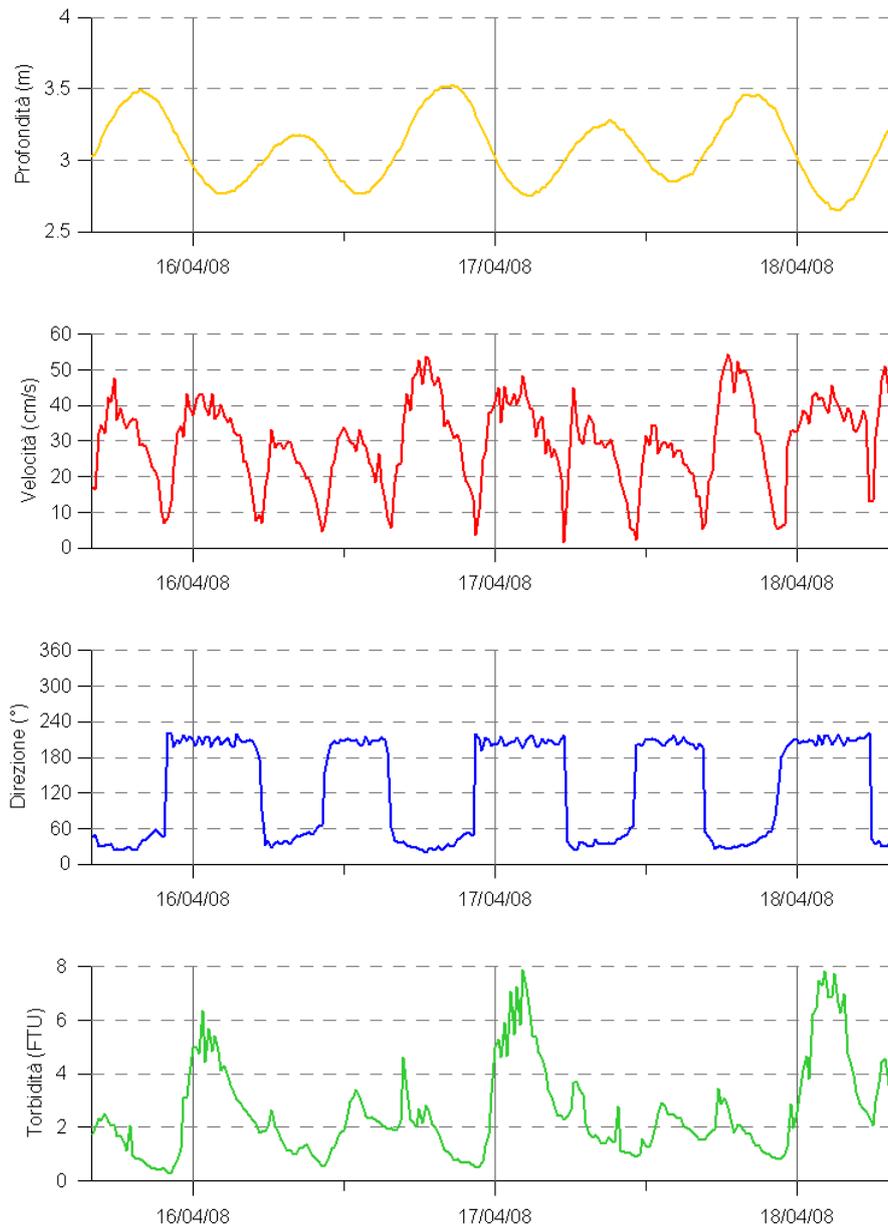


Figura 2.7. Serie temporale del livello idrico, velocità e direzione della corrente e torbidità misurate nel punto 150, sul canale retrostante l'isola nuova, mediante il correntometro elettromagnetico S4.

Gli andamenti delle variabili idrodinamiche evidenziano innanzitutto un considerevole ritardo fra la marea locale, registrata dal sensore di livello dello strumento, e gli istanti di inversione della corrente idrica, e una diversa durata delle escursioni secondarie. Per quanto riguarda la direzione si osserva come durante il calante la direzione sia praticamente fissa e si stabilisca immediatamente sui 210° circa, mentre nel crescente si evidenzia una lenta rotazione con un valore medio intorno 30° . Sia l'alimentazione (in marea crescente), che il drenaggio (nel calante), del canale retrostante l'isola avvengono attraverso il canale di S. Nicolò, con velocità che superano i 50 cm/s nelle fasi principali, a fronte di un'escursione di $70\text{-}80 \text{ cm}$ circa.

L'andamento della serie temporale della torbidità misurata dal sensore OBS montato sullo strumento mostra una serie di picchi corrispondenti alle fasi di maggiore velocità. I picchi principali ($> 6 \text{ FTU}$) si registrano durante la fase di riflusso quando la sezione è interessata dallo scambio con il canale di Treporti e con il basso fondale a ridosso dell'Isola Nuova (*Bacan*).

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

Le concentrazioni del particolato in sospensione, riportate nell'archivio allegato al rapporto di campagna [Relazione campagna Lido 14-18Aprile2008, Studio B.6.72 B/3], nei campioni prelevati nel periodo di misura, si sono sempre mantenute su livelli bassi, con una media di 4.7 mg/l, molto prossima ai valori tipicamente rilevati nell'area, (cfr. 50° percentile per la stazione LMR in tabella 3.4) ed estremi di 1.7 e 9.7 mg/l. Il valore più elevato è stato misurato nel punto 83, situato nella parte nord della sezione ADCP, dove l'attrito dovuto alla bassa profondità dà spesso luogo a risospensione del sedimento del fondo in corrispondenza alle fasi di maggiore velocità della corrente. Valori relativamente alti (7.1-8.6 mg/l) si sono occasionalmente riscontrati anche nelle due sezioni T1 e T3 nel canale di Treporti.

Fino alla mattinata del 16 aprile l'intensità del vento si è mantenuta su valori piuttosto bassi, mediamente inferiori a 5 m/s. A partire da questo momento si è verificato un evento di intensità moderata, con valori intorno a 8 m/s, che è durato fino alle prime ore del giorno 17 aprile. Nonostante la sua intensità, questo evento non sembra aver influenzato in maniera apprezzabile l'andamento delle concentrazioni del particolato sospeso nella colonna d'acqua che, come dimostrano i dati allegati al rapporto di campagna [Relazione campagna Lido 14-18Aprile2008, Studio B.6.72 B/3], si sono mantenuti nell'intervallo di valori tipicamente misurati.

I profili verticali CTD confermano i risultati delle determinazioni sui campioni puntuali, con variazioni minime anche in prossimità del fondo durante le fasi di massima velocità dei due crescenti principali del 15 e 16 aprile. Una particolarità interessante riguarda alcuni profili acquisiti alla fine delle due fasi calanti dei giorni 16 e 17. Come mostrato dai grafici di Figura 2.8, le concentrazioni del SPM in corrispondenza alla fase finale del calante secondario assumono valori molto bassi in superficie e aumentano in maniera improvvisa dal primo metro di profondità raggiungendo un valore costante intorno a 4 e 5 psu. Questa stratificazione della torbidità può essere determinata dalle caratteristiche della circolazione, dalla stasi della corrente che determina la progressiva sedimentazione del particolato presente, ovvero dalle dinamiche del particolato di natura organica (fito- e zooplancton), che risulterebbe essere una componente fondamentale del trasporto a questi livelli di concentrazione.

In alcuni casi è stata osservata una situazione opposta con concentrazioni relativamente elevate in superficie (6-8 mg/l) e più basse al fondo (3-4 mg/l). Alcuni esempi di questo andamento sono riportati nella Figura 2.9.

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

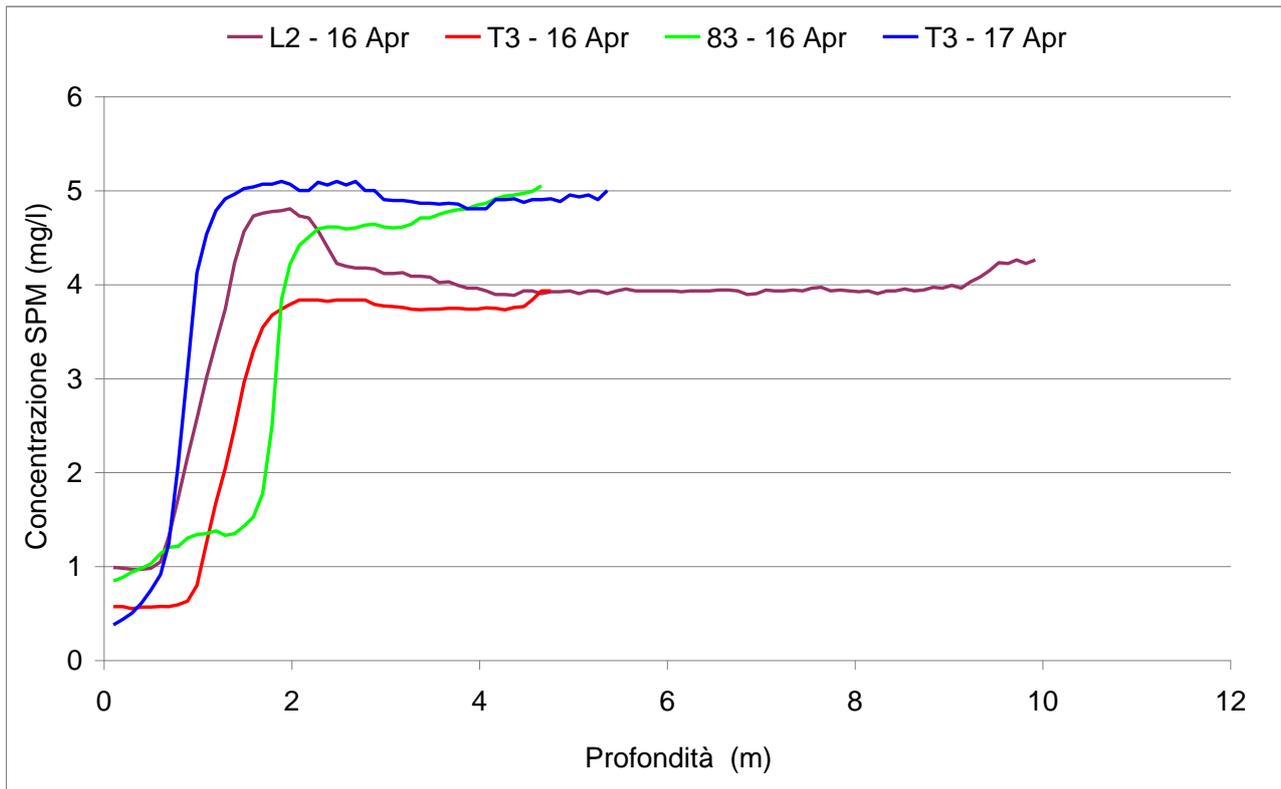


Figura 2.8. Profili di concentrazione del particolato solido in sospensione (SPM) misurati nella fase finale del calante secondario nei giorni 16 e 17 aprile.

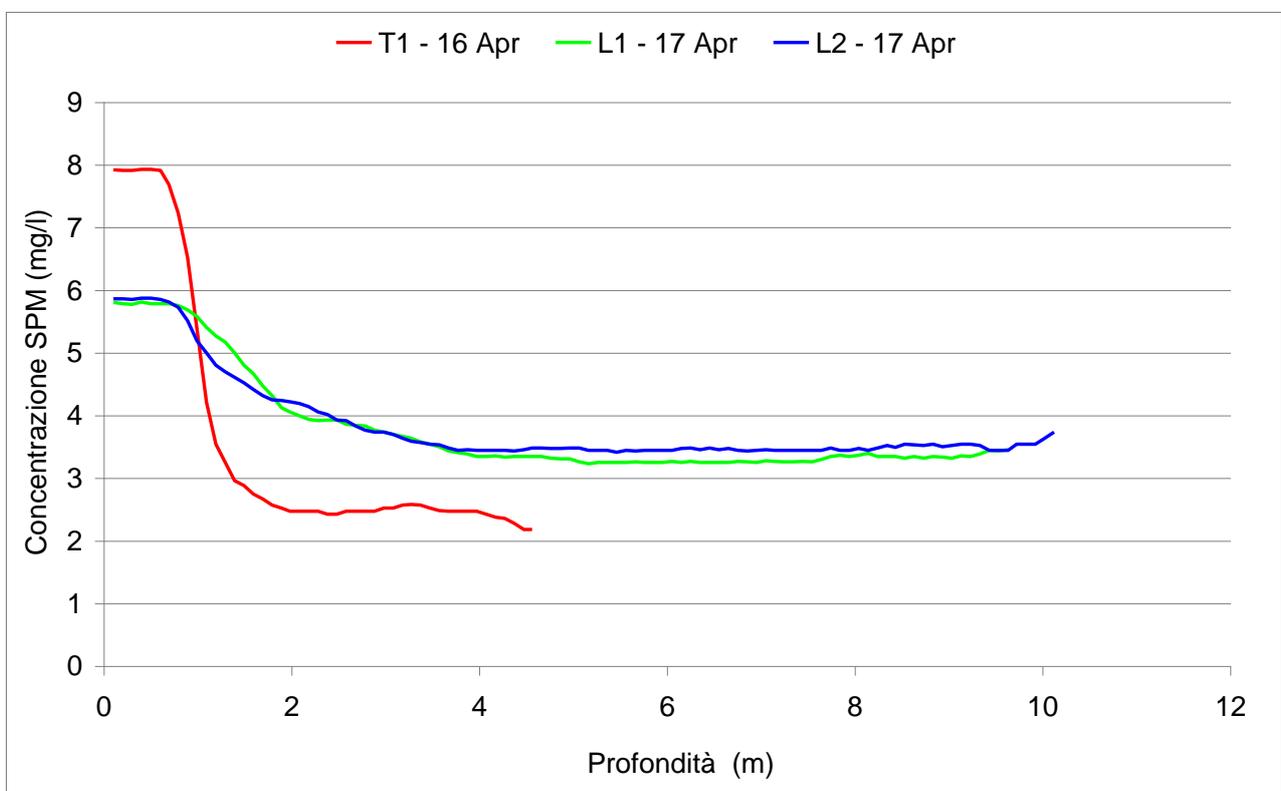


Figura 2.9. Profili di concentrazione del particolato solido in sospensione (SPM) misurati nella fase centrale del calante secondario dei giorni 16 e 17 aprile.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Anche le caratteristiche della distribuzione dimensionale delle particelle nella colonna d'acqua rientrano nell'ambito dei valori tipici per la bocca di porto di Lido e non sembrano essere significativamente influenzate dal verificarsi dell'evento meteo marino. Dai dati riportati nella Tabella 2.8, le caratteristiche della distribuzione sembrano invece controllate dalla provenienza dei materiali con una prevalenza di limo sabbioso in fase di marea crescente e di limo durante la fase calante. Questa differenziazione è evidenziata anche dai valori del D_{50} e dalla disposizione dei punti sperimentali nel diagramma ternario di Figura 2.10. Quest'ultimo evidenzia anche la quasi totale assenza della componente argillosa nel particolato campionato nell'area di misura.

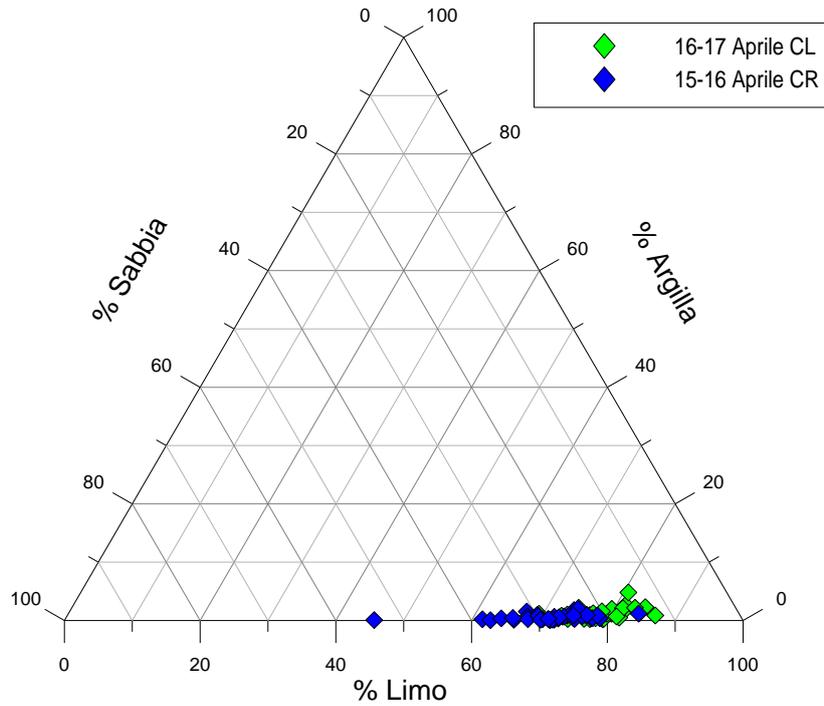


Figura 2.10. Diagramma di Shepard dei campioni prelevati alla bocca di Porto di Lido durante i giorni 15-17 aprile 2008.

CORILA

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

Tabella 2.8. Percentuali in volume delle frazioni granulometriche secondo la scala di Wentworth, classificazione secondo Shepard, D₅₀, concentrazione, misurata nei campioni (Conc_c) e ricavata dalla conversione dei dati di torbidità (Conc_t), del particolato solido in sospensione alla bocca di Porto di Lido i giorni 15, 16 e 17 Aprile 2008.

Stazioni	Data	Ora (UT)	Profondità (m)	Scala Wentworth (1922)			Classificazione	D ₅₀	Conc _c	Conc _t
				Argilla %	Limo %	Sabbia %	Shepard (1954)			
83CR	15/04/2008	15.09	-2.08	1.5	67.4	31.1	limo-sabbioso	39.4	3.3	3.0
			-3.97	0.1	71.5	28.4	limo-sabbioso	42.4	3.4	3.6
	16/04/2008	15.25	-2.28	0.9	78.1	21.0	limo	32.3	2.2	3.4
			-4.37	0.1	66.2	33.7	limo-sabbioso	44.8	6.6	5.6
ADCPCR	15/04/2008	15.14	-1.98	0.7	73.3	26.0	limo-sabbioso	34.4	2.3	2.4
			-7.14	1.2	84.0	14.8	limo	26.4	1.7	2.3
			-12.11	0.4	72.6	27.1	limo-sabbioso	39.4	3.7	3.9
	16/04/2008	15.30	-1.98	1.8	74.2	24.0	limo-sabbioso	24.9	2.3	1.9
			-7.24	2.0	74.7	23.3	limo-sabbioso	28.7	1.8	1.9
			-12.01	0.9	69.2	29.9	limo-sabbioso	39.2	4.4	3.3
L1CR	15/04/2008	16.25	-2.08	0.4	77.5	22.2	limo	33.8	6.1	4.4
			-4.96	0.7	75.9	23.3	limo	34.2	6.1	4.8
			-9.13	0.4	77.6	22.0	limo	33.3	6.7	6.4
	16/04/2008	16.40	-2.18	0.4	64.2	35.4	limo-sabbioso	47.2	4.1	3.9
			-4.96	0.1	45.6	54.3	sabbia-limosa	73.3	4.0	3.8
			-9.03	0.2	68.2	31.6	limo-sabbioso	40.1	3.6	4.6
L2CR	15/04/2008	15.57	-2.18	0.6	71.9	27.5	limo-sabbioso	37.7	5.7	3.9
			-4.96	0.3	75.0	24.7	limo	36.4	4.8	3.7
			-9.03	0.2	61.5	38.3	limo-sabbioso	47.2	5.9	4.6
	16/04/2008	16.15	-2.08	0.8	69.4	29.8	limo-sabbioso	37.7	4.3	3.8
			-6.05	0.4	65.9	33.7	limo-sabbioso	43.2	4.4	4.1
			-9.33	0.9	76.5	22.5	limo	31.8	4.4	6.6
T1CR	15/04/2008	16.57	-1.89	0.1	62.7	37.2	limo-sabbioso	49.1	8.6	5.9
			-4.17	0.2	71.8	28.1	limo-sabbioso	38.8	8.0	5.9
	16/04/2008	17.10	-2.18	0.6	72.6	26.8	limo-sabbioso	37.1	4.9	5.3
			-4.27	0.9	74.6	24.5	limo-sabbioso	33.3	7.1	5.2

CORILA

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

Stazioni	Data	Ora (UT)	Profondità (m)	Scala Wentworth (1922)			Classificazione	D ₅₀	Conc _c	Conc _t
				Argilla %	Limo %	Sabbia %	Shepard (1954)			
T3CR	15/04/2008	15.35	-2.08	0.4	78.7	20.9	limo	33.9	5.6	4.8
			-3.97	0.1	72.1	27.8	limo-sabbioso	39.3		5.6
	16/04/2008	15.50	-2.28	0.1	70.1	29.8	limo-sabbioso	41.0	6.5	6.3
			-4.27	0.3	71.2	28.6	limo-sabbioso	38.5	7.6	6.8
150CR	15/04/2008	16.40	-2.08	0.2	70.3	29.4	limo-sabbioso	40.4	5.7	4.5
	16/04/2008	16.50	-2.28	0.7	67.9	31.4	limo-sabbioso	41.8	4.3	4.4
83CL	16/04/2008	11.35	-2.08	1.4	81.5	17.1	limo	26.2	4.2	4.3
			-4.07	0.7	76.9	22.3	limo	32.4	4.3	4.7
	17/04/2008	11.40	-2.18	0.9	77.0	22.1	limo	32.8	8.4	7.1
			-4.56	0.5	75.1	24.4	limo	36.2	9.7	8.2
ADCPCL	16/04/2008	11.40	-2.08	0.5	81.5	18.0	limo	29.3	5.5	5.7
			-7.14	0.2	77.3	22.5	limo	32.4	4.7	4.5
			-12.01	0.5	74.7	24.8	limo-sabbioso	33.7	5.2	4.4
	17/04/2008	11.45	-2.18	1.3	77.3	21.5	limo	34.0	5.2	4.5
			-7.05	1.0	73.6	25.4	limo-sabbioso	36.2	4.9	4.1
			-11.81	1.2	79.4	19.5	limo	30.0	4.0	4.5
L1CL	16/04/2008	10.20	-2.1	1.2	75.3	23.5	limo	34.6	2.6	4.3
			-5.06	0.3	74.0	25.7	limo-sabbioso	36.0	3.5	2.9
			-9.23	0.9	73.7	25.5	limo-sabbioso	36.8	3.7	3.1
	17/04/2008	10.30	-2.08	0.8	72.8	26.3	limo-sabbioso	37.7	5.6	3.9
			-4.76	2.0	79.7	18.3	limo	28.4	3.6	3.2
			-9.33	2.3	84.5	13.2	limo	25.5	3.8	3.3
L2CL	16/04/2008	10.45	-2.18	0.4	78.1	21.5	limo	31.5	4.4	4.6
			-5.06	1.2	80.0	18.8	limo	29.7	2.8	3.8
			-9.33	0.3	79.3	20.3	limo	33.0	4.6	4.0
	17/04/2008	10.50	-1.98	1.6	78.4	20.0	limo	30.1	5.4	4.1
			-4.96	2.7	81.4	16.0	limo	26.4	4.3	3.4
			-9.03	2.1	81.2	16.6	limo	26.7	3.9	3.4

CORILA

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

Stazioni	Data	Ora (UT)	Profondità (m)	Scala Wentworth (1922)			Classificazione	D ₅₀	Conc _c	Conc _t
				Argilla %	Limo %	Sabbia %	Shepard (1954)			
T1CL	16/04/2008	09.40	-2.08	0.2	79.2	20.6	limo	32.6	4.3	2.4
			-4.07	0.6	78.8	20.6	limo	31.5	3.0	2.3
	17/04/2008	09.45	-2.18	2.2	74.7	23.1	limo-sabbioso	33.4	4.8	4.5
			-4.07	0.7	81.0	18.3	limo	26.5	4.1	3.8
T3CL	16/04/2008	11.05	-2.18	0.6	73.1	26.3	limo-sabbioso	35.9	4.2	3.7
			-4.17	0.3	76.4	23.3	limo	35.0	4.2	3.6
	17/04/2008	11.10	-2.28	4.8	80.7	14.5	limo	31.1	5.3	5.0
			-4.27	2.2	83.0	14.8	limo	24.2	4.6	4.8
150CL	16/04/2008	10.00	-1.98	1.0	76.4	22.6	limo	34.2	3.5	3.9
	17/04/2008	08.40	-1.98	0.9	86.6	12.5	limo	32.1	4.0	4.4
			-2.78	1.2	69.4	29.5	limo-sabbioso	37.6	5.3	5.3
		10.05	-2.18	1.2	84.1	14.7	limo	25.4	5.0	3.4

2.3 Bocca di porto di Malamocco

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - 3° fase (Studio B.6.72 B/3) sono state effettuate da OGS tre campagne di misura dal mese di novembre 2007 ad aprile 2008.

In tale periodo proseguivano i lavori riguardanti la realizzazione della conca di navigazione di Malamocco. Nel canale di bocca continuavano i lavori relativi alla costruzione della spalla sud e della spalla nord e rinforzo del molo nord ed erano in corso le seguenti attività di cantiere:

- l'infissione del palancoiato di ancoraggio dei recessi di barriera nella metà nord del canale di navigazione e, durante l'ultima campagna nella zona sud del canale;
- la posa in opera del materasso filtrante zavorrato, con lo scarico di pietrame naturale al di sopra dello stesso, nella zona nord;
- attività di dragaggio, verificata solo durante l'ultima campagna, ad opera di una draga a benna a nord del canale navigabile.

Nel bacino di evoluzione della conca di navigazione, antistante l'area del Syncrolift, era in corso il dragaggio con draghe a benna, tra le quote -12 e -14 metri con il conferimento in barena del materiale scavato.

Le attività di misura si sono svolte in bocca di porto e all'interno del bacino di evoluzione, dove operavano una o due draghe a benna, con benna bivalve per lo scavo nella zona del Syncrolift ed in corrispondenza del canale di accesso allo stesso.

Lo scopo del monitoraggio era di verificare:

- l'eventuale produzione di torbida derivante dalle operazioni di scavo nel bacino di evoluzione;
- la possibile diffusione del materiale solido in sospensione all'esterno del bacino stesso in maniera tale da interessare il canale di bocca e la laguna;
- gli effetti delle attività di cantiere, presenti in bocca di porto, sulla concentrazione ambientale del materiale solido in sospensione nel canale di bocca.

Durante le campagne sono state effettuate misure con ADCP, profili con la sonda CTD e sono stati raccolti campioni d'acqua. I transetti di misura erano posizionati attorno alle draghe, lungo la sezione dell'ADCP fisso in bocca di porto e lungo una sezione della bocca più interna verso la laguna. Sono state eseguite misure con transetti "a dente di sega" per seguire la dispersione del materiale sospeso con la corrente di marea.

Il monitoraggio ha confermato l'assenza di attività di scavo in grado di influenzare, in maniera significativa, la concentrazione del materiale in sospensione dello stato indisturbato ambientale.

La torbidità prodotta dalle draghe a benna nel bacino di evoluzione, e quella presente in bocca di porto causata dalle altre attività di cantiere per esempio posa massi sul fondo (Fig. 2.11), ha influenzato in maniera molto modesta lo stato ambientale naturale. In entrambi i casi sopraccitati i valori della concentrazione dei solidi sospesi misurati mediante l'analisi dei campioni d'acqua non hanno mai superato i 17 mg/l.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI



Fig. 2.11. Pontone in primo piano a sinistra nella figura che scarica pietrame a nord del canale navigabile della bocca di porto.

La concentrazione rilevata dai transetti effettuati con lo scopo di seguire l'evoluzione della torbida, invece, ha sfiorato in due casi i 40 ed i 50 mg/l. Questi ultimi valori si sono evidenziati però, solo quando la distanza dalla sorgente era inferiore o comunque non superava i 50 metri, come ad esempio nella prima spezzata di un percorso a dente di sega (Fig. 2.12 e Fig. 2.13, campagna 26 febbraio-1 marzo 2008, attività monitorata: scarico pietrame in bocca di porto), dove era presumibile la contaminazione della misura dovuta alle bolle d'aria. Comunque alla distanza di circa 100 metri dalla sorgente i valori di concentrazione non hanno mai superato i 20 mg/l nelle diverse condizioni idrodinamiche.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

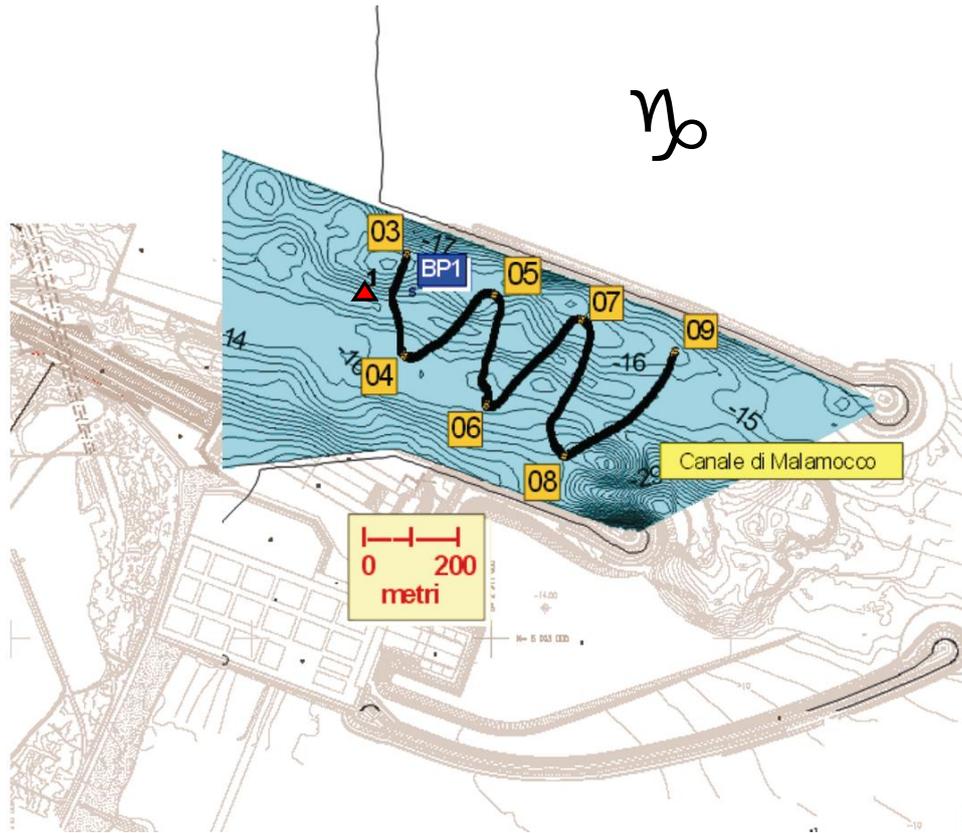


Fig. 2.12. Transetto mala12080 eseguito a valle dell'attività di posa massi in bocca di porto, indicata con il triangolo rosso, per seguire la nube di torbida.

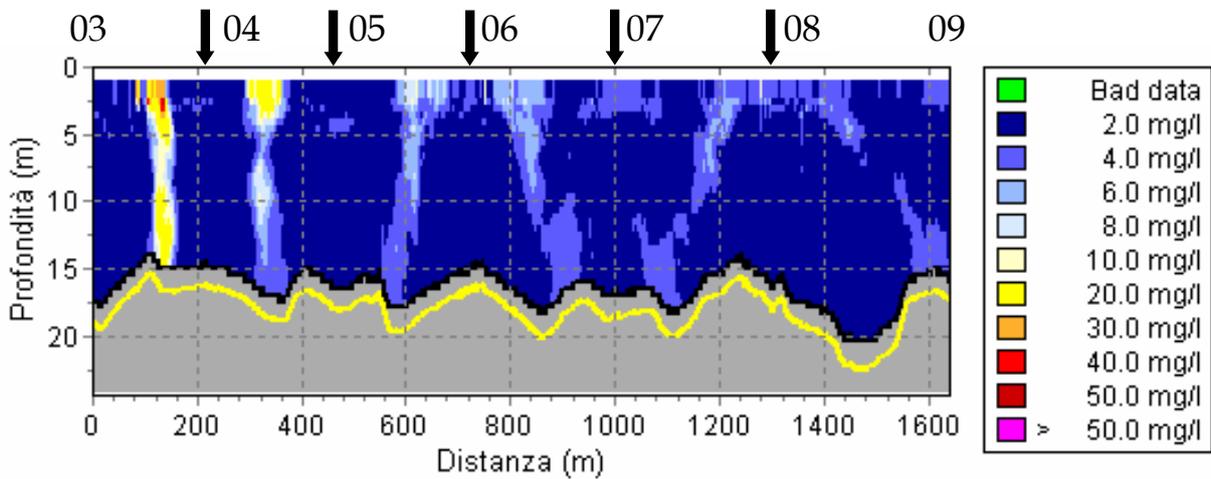


Fig. 2.13. Transetto mala12080, concentrazione dei solidi sospesi. Le frecce indicano i punti di virata.

I transetti nelle vicinanze delle draghe a benna hanno rilevato aumenti poco significativi della concentrazione, che in qualche caso ha raggiunto i 15 mg/l circa, come mostrato nell'esempio che segue (Fig. 2.14 e 2.15, campagna 14 - 18 aprile 2008).

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

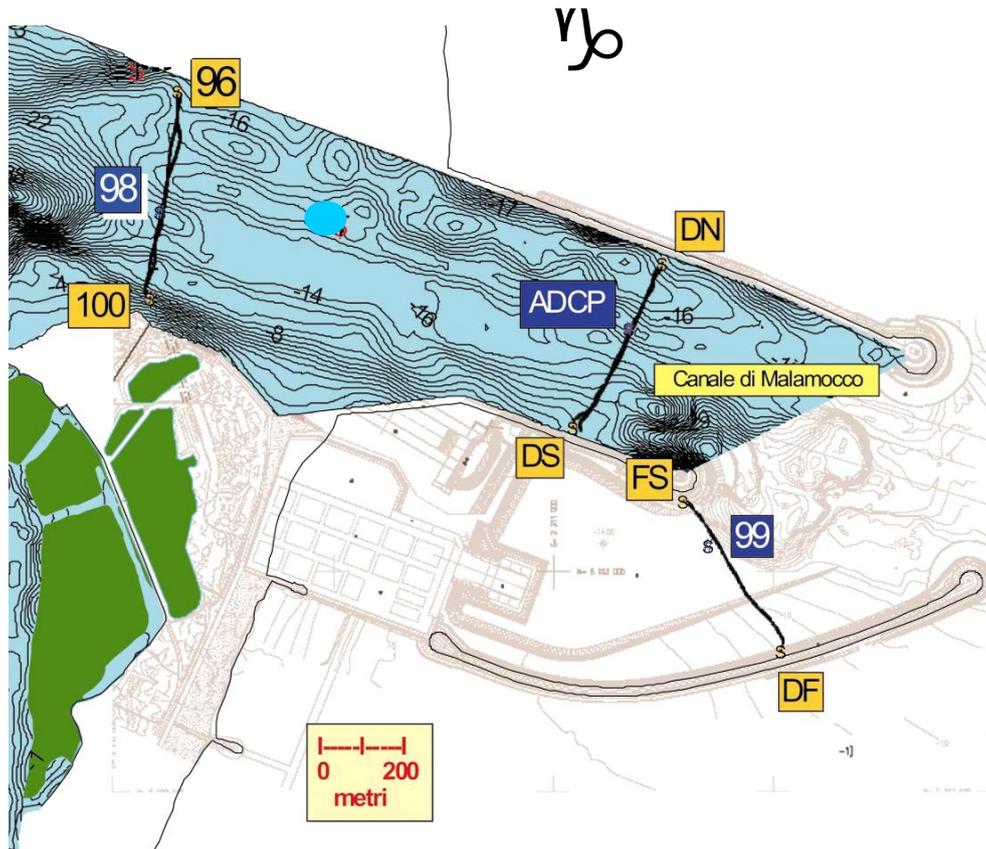


Fig. 2.14. Transetti lungo le sezioni fisse 96-100, DS-DN e FS-DF eseguiti durante le campagne di monitoraggio.

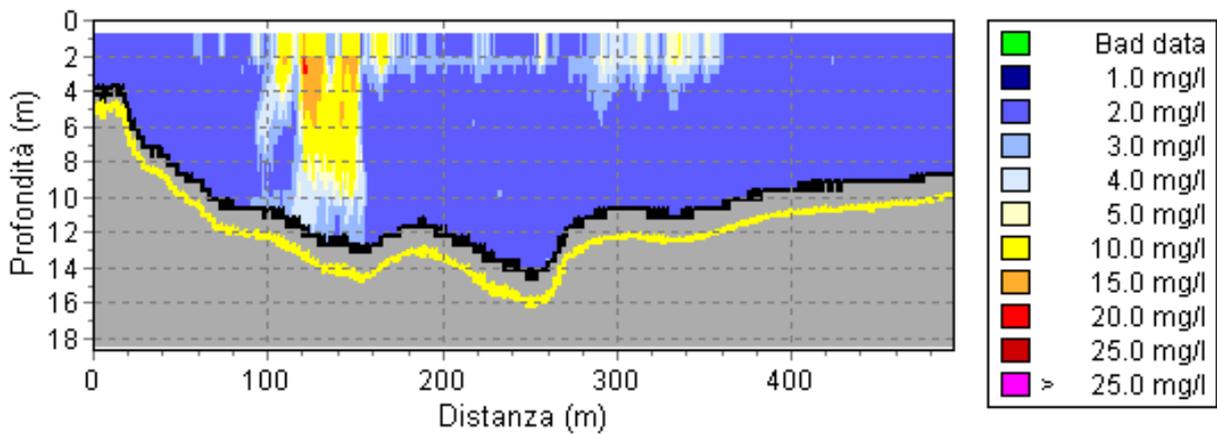


Fig. 2.15. Transetto mala13046, concentrazione dei solidi sospesi. Transetto eseguito lungo la sezione FS-DF, davanti alla draga a benna al lavoro nel bacino di evoluzione.

2.4 Bocca di porto di Chioggia

Nell'ambito delle attività di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari - 3° fase (Studio B.6.72 B/3) il gruppo di studio del CNR-ISMAR ha effettuato nella Bocca di porto di Chioggia una campagna di misura nel periodo compreso fra il 15 e il 18 Ottobre 2007. In questo periodo le attività di cantiere in grado di determinare una produzione di torbida erano limitate a lavori nell'area del porto rifugio lato mare, fra cui:

- demolizione del molo nord esistente e formazione della mantellata per la scogliera di protezione verso mare;
- dragaggio del bacino alla quota di -9 m e, localmente, alla quota -11 s.l.m.m.;
- infissione di palancole in corrispondenza della tura.

Trattandosi di attività interne al bacino, e quindi in area relativamente protetta dal trasporto ad opera delle correnti di marea, queste lavorazioni non sono state sottoposte a monitoraggio. Inoltre, le draghe impegnate nel cantiere erano draghe a benna, una tipologia di imbarcazione i cui effetti limitati sono stati già verificati e descritti nelle precedenti fasi del monitoraggio [Rapporto di valutazione, periodo di riferimento: da inizio lavori a dicembre 2005. Matrice: Acqua, Studio B.6.72 B/1]. Come risulta dai rapporti di campagna, durante la campagna erano presenti solo minori attività di scavo, peraltro raramente coincidenti con gli intervalli di misura.

Data l'assenza di attività di cantiere in grado di determinare un significativo aumento della torbidità nel canale di bocca così come nelle aree lagunari e marine attigue al sistema in esame, il monitoraggio è stato effettuato con la metodologia già sperimentata nell'ambito della fase precedente. Le modalità di esecuzione del monitoraggio sono state descritte dettagliatamente nel rapporto relativo alle Campagne Intensive di Ottobre 2006 alle bocche di porto di Lido e Chioggia [Campagna intensiva validazione modello, bocca di porto di Lido e di Chioggia, Studio B.6.72 B/1].

Sono state investigate la distribuzione delle velocità di corrente e delle caratteristiche granulometriche in sezioni di particolare interesse nelle aree prossime alle trincee che ospiteranno le schiere di paratoie mobili. Le acquisizioni sono utili alla costituzione di una base di dati relativamente all'andamento della velocità di corrente lungo il profilo verticale e delle caratteristiche dimensionali del particolato in sospensione a supporto di valutazioni modellistiche che consentano di approfondire le relazioni fra le variazioni nell'idrodinamica locale e i meccanismi di trasporto e sedimentazione.

In sintesi, nell'area della bocca di porto di Chioggia in cui è prevista la posa dei cassoni per l'alloggiamento delle paratoie sono state individuate delle sezioni a monte e a valle della posizione corrispondente alla schiera di paratoie mobili (Figura 2.16) e in corrispondenza alla sezione dove è posizionato il profilatore acustico Doppler (ADCP) fisso al fondo della bocca di porto. In queste sezioni sono stati acquisiti transetti della velocità e direzione della corrente con un ADCP montato su imbarcazione. In corrispondenza alla parte centrale di ciascuna sezione su cui è stato acquisito il transetto con l'ADCP mobile sono state inoltre effettuate acquisizioni lungo il profilo verticale con una sonda CTD equipaggiata con un sensore ottico per la misura della torbidità ed un campionatore a rosetta.

Su un'aliquota dei campioni d'acqua raccolti a tre diverse quote lungo lo stesso profilo sono state effettuate determinazioni della concentrazione del particolato solido in sospensione mediante determinazione gravimetrica su membrane pre-pesate. Questi dati sono stati utilizzati o per l'implementazione della calibrazione del sensore ottico per la misura della torbidità (vedi figura 2.2). La parte rimanente di ciascun campione d'acqua è stata destinata alla determinazione della distribuzione granulometrica mediante lo strumento LISST 100X.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Nella fase di elaborazione dei dati sono stati, infine, calcolati i valori medi della velocità e direzione della corrente lungo il profilo verticale in punti salienti di ciascun transetto. Il calcolo, che è stato effettuato successivamente all'applicazione di una procedura di controllo della qualità dei dati registrati, ha considerato un insieme di 20 *ensembles* centrato sul punto di interesse. Questi dati, insieme agli altri dati delle acquisizioni effettuate, sono stati trasmessi in formato digitale come allegato al rapporto relativo alla campagna di misura [Relazione campagna Chioggia 15-19 Ottobre 2007, Studio B.6.72 B/3].

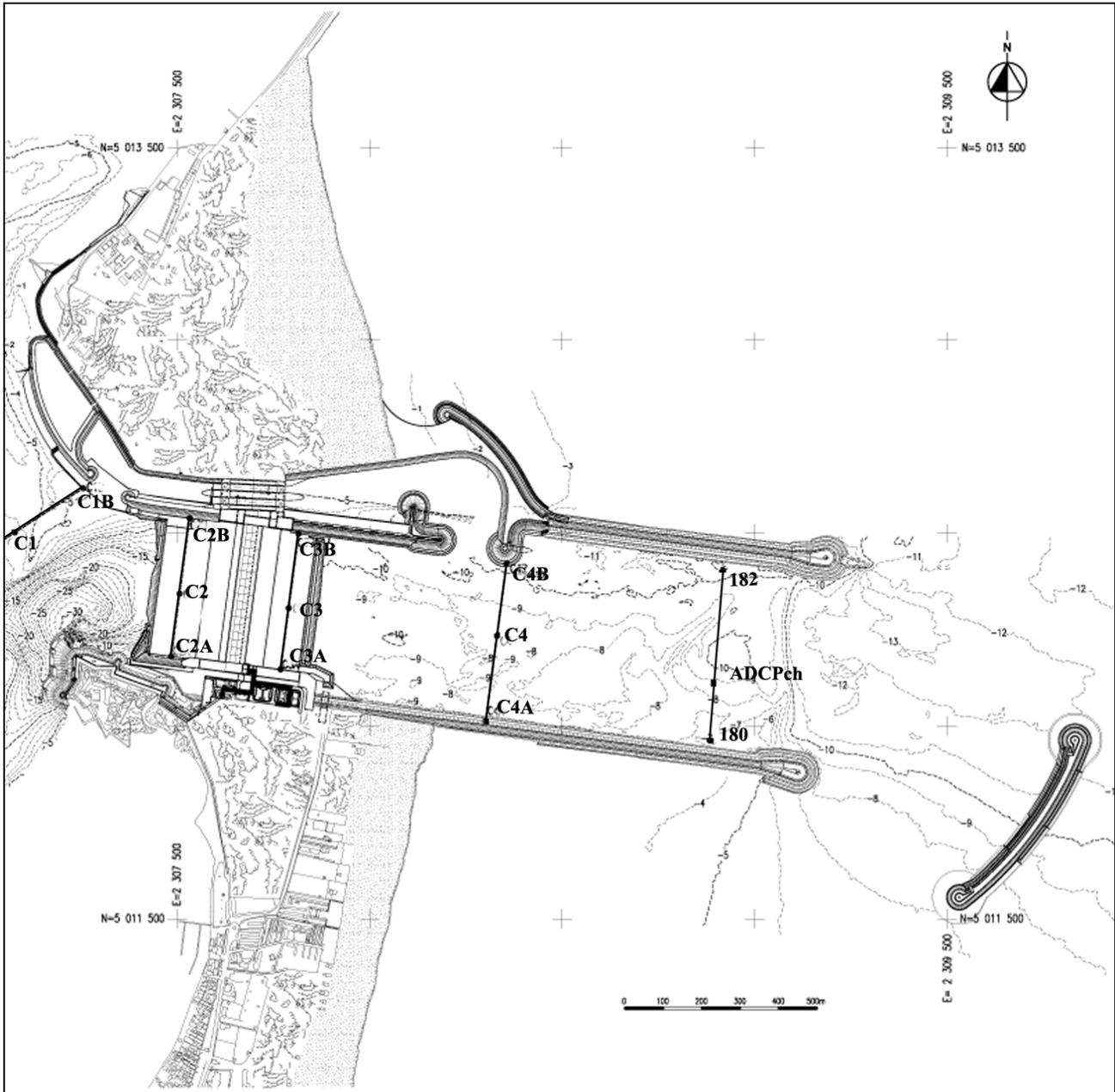


Figura 2.16. Mappa della bocca di porto di Chioggia. Posizione degli estremi dei transetti e delle stazioni di acquisizione, lungo gli stessi transetti, dei profili verticali (C1, C2, C3, C4 e ADCPch), durante la campagna di monitoraggio dei giorni 15, 16, 17 e 18 ottobre 2007. Le coordinate di questi punti sono riportate in Tabella 2.9. La stazione C1A è localizzata al di fuori dell'area inquadrata dalla mappa fornita dalla D.L.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 2.9. Coordinate Gauss-Boaga degli estremi delle sezioni e dei punti di esecuzione dei profili verticali durante la campagna dei giorni 15, 16, 17 e 18 ottobre 2007 alla bocca di porto di Chioggia.

Punto	Est	Nord	Note
C1A	2306986.5711	5012442.9053	
C1B	2307255.0169	5012616.4554	
C1	2307077.3099	5012501.5679	profilo CTD
C2A	2307483.7058	5012180.3131	
C2B	2307531.6051	5012538.8396	
C2	2307505.4574	5012343.1241	profilo CTD
C3A	2307767.7139	5012146.6264	
C3B	2307814.7033	5012498.3286	
C3	2307788.9308	5012305.4284	profilo CTD
C4A	2308300.5165	5012012.7904	
C4B	2308355.1136	5012421.4337	
C4	2308330.0146	5012233.5756	profilo CTD
180	2308790.2180	5011949.8460	
182	2308860.2160	5012441.8560	
ADCPch	2308805.2170	5012051.8480	profilo CTD

La Tabella 2.10, tratta dal rapporto di campagna [Relazione campagna Chioggia 15-19Ottobre2007, Studio B.6.72 B/3], riassume i principali risultati delle misure idrodinamiche effettuate con l'ADCP montato su imbarcazione. Nella Tabella 2.11 del presente rapporto sono riportati i risultati relativi ai giorni 16, 17 e 18 ottobre 2007, durante i quali le misure sono state condotte in condizioni di marea simili (fase centrale del calante principale), per quanto con escursioni decrescenti. I risultati riportati sono espressi come media dei valori dei due transetti in andata e ritorno per ciascuna delle sezioni i cui estremi sono riportati nella Tabella 2.11.

Tabella 2.10. Valori della portata relativi ai transetti acquisiti i giorni 15, 16, 17 e 18 Ottobre 2007 alla bocca di Porto di Chioggia.

Transetto ADCP	Data	Ora inizio (UT)	Ora fine (UT)	Sezione	Q _{tot} (m ³ /s)	Area sezione (m ²)	Vel media (m/s)
CHM1_000r.000	15/10/2007	09.32	09.38	180→182	-1194.2	4489.9	0.27
CHM1_001r.000		09.38	09.44	182→180	-1030.4	4479.8	0.23
CHM1_003r.000		09.52	09.57	C4A→C4B	-709.2	3964.0	0.18
CHM1_004r.000		09.57	10.01	C4B→C4A	-572.8	4066.4	0.14
CHM1_006r.000		10.11	10.15	C3A→C3B	-288.9	2761.8	0.11
CHM1_009r.000		10.28	10.31	C2A→C2B	220.2	4637.3	0.05
CHM1_010r.000		10.32	10.36	C2B→C2A	379.2	4721.5	0.08
CHM1_012r.000		10.47	10.50	C1B→C1A	329.7	1925.8	0.17
CHM1_013r.000		10.50	10.54	C1A→C1B	382.7	1912.9	0.20
me36_030r.000	16/10/2007	13.01	13.07	180→182	2666.3	4440.4	0.60
me36_031r.000		13.07	13.12	182→180	2679.3	4365.4	0.61
me36_033r.000		13.24	13.27	C1A→C1B	985.4	1743.7	0.57
me36_034r.000		13.27	13.31	C1B→C1A	1017.6	1790.9	0.57
me36_036r.000		13.39	13.43	C2A→C2B	2667.1	4460.3	0.60
me36_037r.000		13.43	13.48	C2B→C2A	2666.3	4532.7	0.59
me36_039r.000		13.59	14.03	C4A→C4B	2856.8	3828.4	0.75

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Transetto ADCP	Data	Ora inizio	Ora fine	Sezione	Q _{tot}	Area sezione	Vel media	
		(UT)	(UT)		(m ³ /s)	(m ²)	(m/s)	
me36_040r.000		14.04	14.08	C4B→C4A	2913.7	3850.6	0.76	
me36_042r.000		14.16	14.22	180→182	2764.8	4252.5	0.65	
me36_043r.000		14.22	14.28	182→180	2788.8	4273.8	0.65	
CHM1_015r.000	17/10/2007	13.21	13.25	C1A→C1B	794.6	1746.2	0.46	
CHM1_016r.000		13.25	13.28	C1B→C1A	831.2	1791.9	0.46	
CHM1_018r.000		13.35	13.39	C2A→C2B	2154.9	4475.3	0.48	
CHM1_019r.000		13.39	13.43	C2B→C2A	2199.0	4510.1	0.49	
CHM1_021r.000		13.51	13.55	C3A→C3B	2043.8	3558.9	0.57	
CHM1_022r.000		13.55	13.58	C3B→C3A	2044.9	3409.8	0.60	
CHM1_024r.000		14.13	14.17	C4A→C4B	2126.6	3858.9	0.55	
CHM1_025r.000		14.17	14.22	C4B→C4A	2194.5	3822.0	0.57	
CHM1_027r.000		14.35	14.40	180→182	2070.5	4221.0	0.49	
CHM1_028r.000		14.41	14.46	182→180	2120.0	4277.0	0.50	
CHM1_030r.000		18/10/2007	13.00	13.03	C1A→C1B	518.8	1758.3	0.30
CHM1_031r.000			13.04	13.07	C1B→C1A	533.0	1768.8	0.30
CHM1_033r.000	13.15		13.19	C2A→C2B	1481.3	4522.6	0.33	
CHM1_034r.000	13.19		13.22	C2B→C2A	1502.9	4574.6	0.33	
CHM1_036r.000	13.34		13.39	C4A→C4B	1585.7	3900.2	0.41	
CHM1_037r.000	13.39		13.44	C4B→C4A	1682.4	3885.9	0.43	
CHM1_039r.000	13.53		14.02	180→182	1677.4	4426.8	0.38	
CHM1_040r.000	14.02		14.09	182→180	1629.2	4339.7	0.38	

Tabella 2.11. Schema sintetico dei risultati delle misure idrodinamiche effettuate con l'ADCP montato su imbarcazione nelle sezioni che hanno per estremi i punti riportati nella Tabella 2.9. Q, portata, A, area della sezione; v_{med}, velocità media (Q/A); Q/Q_{ADCP}, rapporto fra la portata nella sezione e la portata nella sezione dell'ADCP fisso al fondo.

	16 ottobre 2007				17 ottobre 2007				18 ottobre 2007			
	Q	A	V _{med}	Q/Q _{ADCP}	Q	A	V _{med}	Q/Q _{ADCP}	Q	A	V _{med}	Q/Q _{ADCP}
	m ³ /s	m ²	m/s		m ³ /s	m ²	m/s		m ³ /s	m ²	m/s	
C1	1002	1767	0.57	0.37	813	1769	0.46	0.39	1492	4549	0.33	0.90
C2	2667	4497	0.60	1.00	2177	4493	0.19	1.04				
C3					2044	3484	0.59	0.98				
C4	2885	3840	0.76	1.08	2161	3840	0.56	1.03	1634	3893	0.42	0.99
ADCP	2673	4403	0.61	1.00	2095	4249	0.50	1.00	1653	4383	0.38	1.00
Media	2742	4246	0.65		2119	4017	0.53		1593	4275	0.38	

La portata media nelle sezioni da C2 ad ADCP diminuisce progressivamente al diminuire dell'escursione di marea nelle tre giornate con un andamento che è piuttosto vicino alla linearità. Lo scostamento maggiore è relativo al giorno 18 ottobre durante il quale non è stata campionata esattamente la fase centrale del calante, come invece è successo per i precedenti giorni di misura.

È interessante osservare come la portata relativa alla sezione C1 localizzata nel Canale di Ca' Roman sia di poco inferiore al 40% della portata totale misurata nella sezione dell'ADCP fisso. Il contributo maggiore al flusso nella bocca di Chioggia nelle condizioni del periodo di misura

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

sarebbe quindi relativo al canale principale diretto verso il porto di Chioggia al quale afferiscono i grandi bacini del Canale di poco pesce e del Canale della Perognola.

Si osserva come il rapporto fra la portata nelle diverse sezioni rispetto alla portata misurata nella sezione dell'ADCP fisso (transetto 180-182) sia in generale molto prossimo all'unità con variazioni massime comunque inferiori al 10%. Tale variabilità è da attribuire alle tipiche fluttuazioni naturali della corrente idrica piuttosto che alla variabilità sperimentale. Gli scarti fra le singole determinazioni della portata nei transetti in andata e ritorno riportate nella Tabella 2.10 sono infatti sempre inferiori al 6% del valore medio delle due determinazioni e nella gran parte dei casi sono addirittura inferiori al 3%. I risultati indicano quindi una buona rappresentatività delle misure di portata effettuate e delle stime della velocità media nell'intera sezione, ottenute come rapporto fra portata e area della sezione (Q/A) e riportata nella Tabella 2.11.

Per quanto riguarda i valori medi calcolati lungo il profilo verticale nei punti significativi è possibile attendersi una relativa variabilità per la maggiore incidenza di fattori ambientali e strumentali a livello locale (singoli *ensembles*). Tuttavia, la scelta di mediare i valori su un intervallo di 20 *ensembles* (all'incirca 20 metri) dovrebbe contenere al minimo l'incertezza.

La Tabella 2.12 riporta i valori statistici dell'insieme di dati relativi alla concentrazione del particolato solido in sospensione nei campioni prelevati nel periodo di misura. Le concentrazioni si sono mantenute su valori molto bassi (max 4.6 mg/l), nel range dei valori tipicamente riscontrabili nell'area della bocca di porto di Chioggia in condizioni di calma. Anche i valori relativi alle quote più prossime al fondo sono comunque bassi e, addirittura, in alcuni casi più bassi dei valori riscontrati alle quote più prossime alla superficie a causa della maggiore presenza di particolato organico nei livelli più vicini alla superficie dove si verifica la maggior penetrazione della radiazione solare. A questi livelli di concentrazione l'abbondanza relativa della componente organica nel particolato sospeso e tende a mascherare gli effetti dell'idrodinamica sul trasporto di sedimenti rendendo scarsamente significativa un'analisi della distribuzione del carico in funzione delle caratteristiche della corrente.

Tabella 2.12. Parametri statistici dell'insieme dei dati di concentrazione del particolato solido in sospensione (SPM) nei campioni d'acqua prelevati durante la campagna di misura. Ntot, numero totale dei dati.

	SPM <i>mg/l</i>
N_{tot}	57
Max	4.6
Min	1.6
Media	2.9
Dev St.	0.7

A causa delle basse concentrazioni del particolato in sospensione nella colonna d'acqua, anche i dati della distribuzione granulometrica misurata con il LISST-100X presentano delle anomalie rispetto a quanto comunemente riscontrato. Come mostrano le curve di distribuzione riportate nel rapporto di campagna [Relazione campagna Chioggia 15-19Ottobre2007, Studio B.6.72 B/3], il materiale dello strato più superficiale è in diversi casi più grossolano rispetto a quello degli strati più vicini al fondo. Un tipico esempio di questa distribuzione anomala è rappresentato nella Figura 2.17.

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

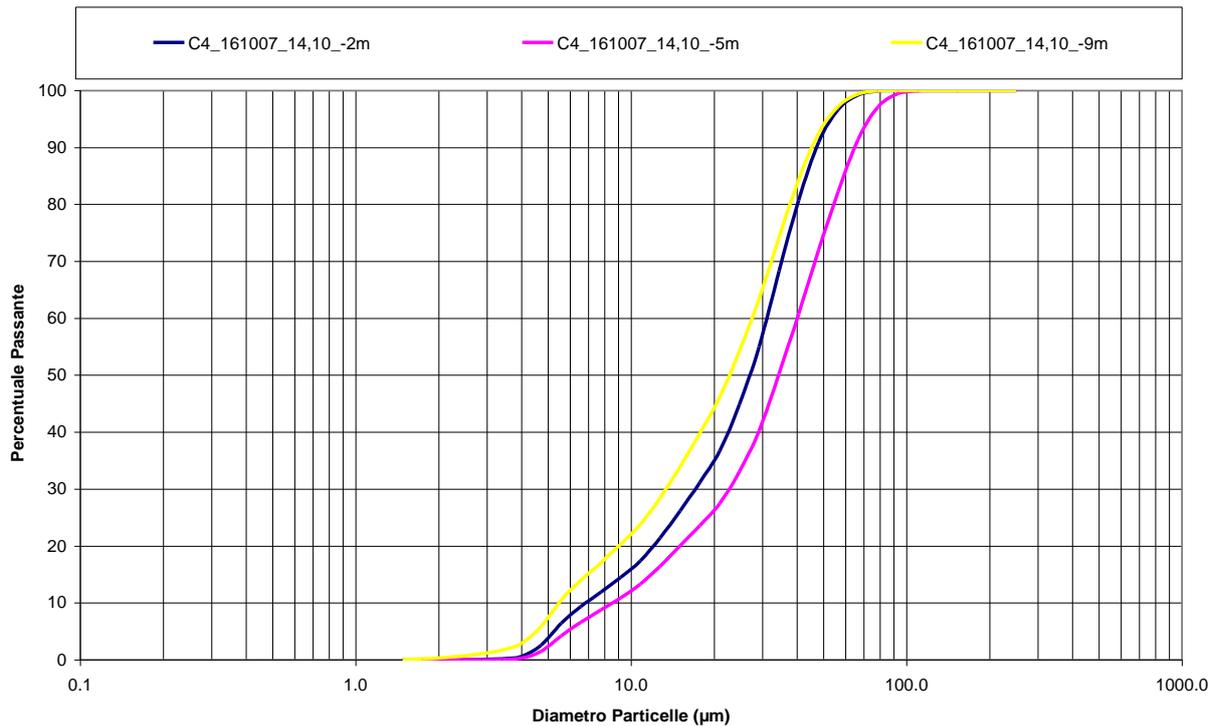


Figura 2.17. Distribuzione granulometrica dei campioni prelevati nella stazione C4 (sezione C4A→C4B in Figura 2.16), nella fase del calante di marea, il giorno 16 ottobre 2007, alle ore 14.10 (ora UT), presso la bocca di porto di Chioggia.

Nonostante le limitazioni connesse alla presenza di concentrazioni del particolato molto basse è comunque interessante osservare come questi materiali si distribuiscano rispetto ai classici schemi di classificazione. Le Tabelle riportate nel rapporto di campagna [Relazione campagna Chioggia 15-19Ottobre2007, Studio B.6.72 B/3] mostrano come la gran parte dei materiali investigati ricada nella classe del limo, con valori del D_{50} generalmente compresi fra 15 e 35 μm . Solo durante la prima giornata di misura alcuni dei campioni prelevati si classificano come limo sabbioso con $D_{50} \geq 50 \mu\text{m}$. Il diagramma triangolare di Figura 2.18, dove le distribuzioni dei campioni prelevati durante la campagna di misura sono confrontate con quelle relative alle campagne precedentemente effettuate nella stessa area (Studio B.6.72 B/2), mostra come la componente argillosa rappresenti quasi sempre una frazione trascurabile, mentre il contenuto di sabbia varia a seconda delle condizioni idrodinamiche e, del periodo di campionamento e della provenienza dei materiali.

Nelle condizioni incontrate durante la campagna di ottobre diventa trascurabile anche la frazione sabbiosa e i materiali di fatto sono più fini con prevalenza del limo e un grado di selezione elevato.

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

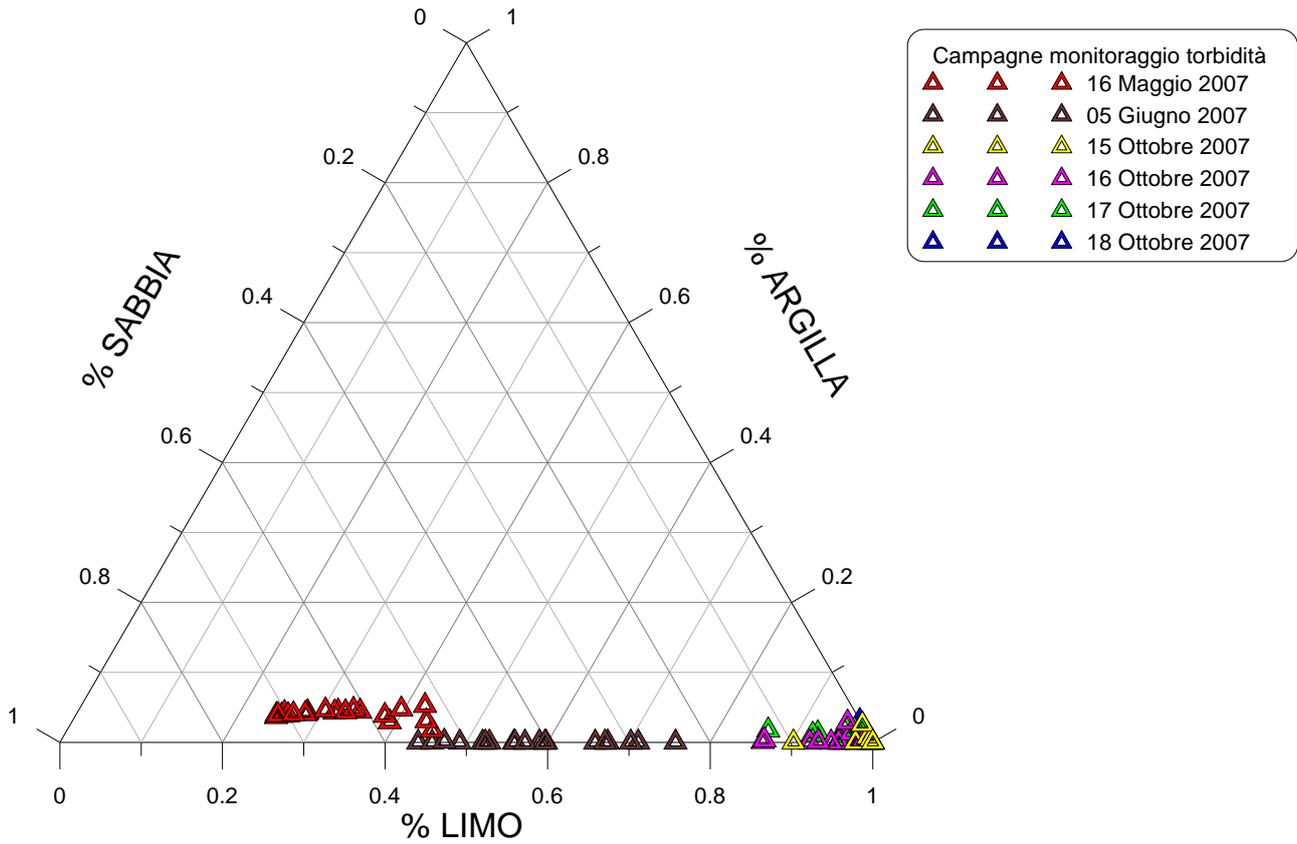


Figura 2.18. Diagramma di Shepard dei campioni prelevati alla bocca di porto di Chioggia nei giorni 15-19 ottobre 2007 (CHM1). Nel diagramma sono riportati, per confronto anche i campioni dei giorni 16 maggio 2007 (CHC1) e 5 giugno 2007 (CHC2). La figura riporta solo i valori relativi alla fase del calante di marea.

3. RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO

3.1 La rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo

La misura della torbidità in continuo alle bocche di porto ha un doppio obiettivo: valutare la diffusione del plume di torbida generato dalle operazioni dei cantieri e monitorare i valori di torbidità di fondo ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio.

L'attività di rilevazione della torbidità continuo è iniziata a Maggio 2005 in otto postazioni in tutte e tre le bocche di porto e sta proseguendo quasi ininterrottamente insieme all'acquisizione dei parametri chimico-fisici dell'acqua e alle variabili meteo marine.

Le misure hanno dimostrato carattere di necessità al fine di stabilire il livello "naturale" sopra il quale avviene il disturbo della torbidità generata dagli scavi, e vanno pertanto continuate. Gli eventi naturali in grado di influenzare l'andamento della concentrazione del particolato in sospensione si succedono infatti in maniera irregolare e una particolare concentrazione o assenza di episodi significativi possono dare luogo ad una non corretta valutazione del tempo di ritorno degli eventi di una certa intensità. Da cui la necessità di disporre di una serie temporale il più possibile prolungata in modo da colmare la lacuna rappresentata dalla storica mancanza di un rilevamento sistematico della torbidità nelle bocche di porto della laguna di Venezia. Inoltre, le trasformazioni morfologiche dell'area prossima alle bocche, potrebbero avere degli effetti anche sull'idrodinamica e il trasporto. Il monitoraggio della torbidità può quindi risultare funzionale non solo alla conoscenza degli effetti a breve termine delle attività di cantiere, ma anche degli effetti a lungo termine indotti dalla presenza delle opere, che per quanto riguarda la parte in grado di influenzare l'idrodinamica e il trasporto, si possono considerare già in avanzato stato di realizzazione.

Sono state quindi installate 8 stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali delle tre bocche o nelle immediate vicinanze.

L'ubicazione di alcune delle postazioni di misura è cambiata nel corso dei tre anni di monitoraggio e solo la sonda LMR, posta al centro del canale della bocca di Lido, ha registrato in modo continuativo a partire da aprile 2005.

In particolare, si ricorda che in primavera 2006 le sonde multiparametriche sono state soggette ad un periodo di necessaria manutenzione, della durata di circa 1 mese.

La stazione LSN di Canale S. Nicolò alla bocca di Lido, ritenuta poco rappresentativa e comunque di difficile gestione per il costante accumulo di detrito organico che ne impediva di fatto il corretto funzionamento, è stata spostata in giugno 2006 dall'altra parte del Canale sul lato Forte di S. Andrea e individuata dalla nuova sigla LSA.

Nello stesso periodo anche le stazioni a mare alle bocche di Malamocco e Chioggia, rispettivamente MAM e CHM (il sensore è stato perso, assieme alla struttura di installazione al fondo, in conseguenza al probabile impatto di una imbarcazione con l'installazione strumentale della stazione e il conseguente strappo del cavo di acciaio utilizzato per il recupero della strumentazione di misura), sono state tolte in quanto ritenute troppo distanti dalla zona di influsso dei cantieri; solo la stazione MAM è stata, dopo un anno, riposizionata in loco per avere un altro punto in mare nel periodo di ripresa di grossi lavori alla bocca di Malamocco lato mare (conche navigazione, imbonimento per cantiere cassoni, ecc.).

Una ulteriore sonda è stata installata nella stazione LMR, a circa 7.5 m. dal fondo (stazione LMR-2), per avere in questa stazione anche un monitoraggio dello stato più superficiale della colonna d'acqua. In questo modo nella postazione di Lido Meda Rossa le sonde LMR-2 e LMR,

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

rispettivamente a 7.5 e 1.5 m. dal fondo, sono entrambe sospese allo stesso supporto una al di sopra dell'altra.

La Figura successiva mostra la localizzazione di tutte le stazioni di misura della torbidità nelle aree dei cantieri alle bocche di porto; in rosso le stazioni utilizzate il terzo anno di monitoraggio. Nella Tabella 3.1 sono riassunte le caratteristiche delle stazioni, e per ciascuna di queste, sono riportate le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84 e Gauss Boaga e la profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri, oltre che il periodo di utilizzo in questi tre anni di monitoraggio.



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

CORILA

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

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

Sigla Identificativa	Località	Tipo postazione	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84	Coordinate Gauss Boaga	Periodo di utilizzo
CHM1	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	289952 E 5011996 N	2311697.67 5011917.71	Studio B.6.72 B/1
CHM2	CHIOGGIA Mare	Meda segnalazione	CVN-MAV	13.5	0289792 E 5012068 N	2312244.76 5013024.91	Studio B.6.72 B/1
CHP	CHIOGGIA Porto	Postazione mareografica	Comune VE CVN-MAV	2.1	286559 E 5012376 N	2306695.73 5012490.85	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3
LIM	LIDO Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	9.0	300744 E 5033387 N	2321595.15 5033110.08	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3
LMR	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3
LMR-2	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3
LSA	LIDO Canale S. Nicolò	Meda Bianco- Nera	Capitaneria Porto - Marifari	5	295870 E 5034915 N	2315918.06 5034973.54	Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3
LSN	LIDO Canale S. Nicolò	Postazione mareografica	MAV	7.0	295624 E 5034542 N	2315566.36 5034465.53	Studio B.6.72 B/1
LTP	LIDO Canale Treporti	Postazione mareografica	MAV	2.0	299083 E 5036390 N	2318835.86 5036184.94	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3
MAM	MALAMOCCO Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	11.0	292432 E 5024099 N	2312635.53 5024136.00	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/3
MAP	MALAMOCCO Porto	Postazione mareografica	Comune VE CVN-MAV	2.7	288410 E 5024129 N	2308923.15 5024591.90	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Come risulta dai dati in tabella, la rete è, quindi, costituita da due gruppi di stazioni: il primo gruppo è costituito da 6 stazioni posizionate in aree vicine alle bocche di porto verso la laguna, mentre il secondo gruppo da 2 stazioni posizionate in mare.

Le stazioni del primo gruppo sono state allestite utilizzando prevalentemente le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 3.2). Per la stazione LMR e LMR-2 è stata 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, LIM e MAM, è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata anch'essa come mareografo, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna (Figura 3.4-5).

Le stazioni LTP, MAP, CHP, LIM e MAM coincidono con le postazioni utilizzate nello Studio B.6.78/I.



Figura 3.2. Stazione LSA.



Figura 3.3. Stazione LMR.



Figura 3.4. Stazione MAM.

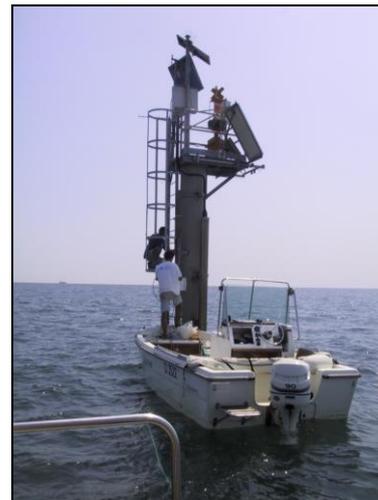


Figura 3.5. Stazione LIM.

Per la descrizione della strumentazione per la misura della torbidità, delle attività di gestione della rete di stazioni fisse, della metodologia per il trattamento dei dati registrati nonché la calibrazione

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM, si faccia riferimento i Rapporti di Valutazione.

3.2 Analisi dei dati

Di seguito è riportata la percentuale dei dati validati dopo la procedura di filtrazione delle serie temporali su tutto il periodo relativo al terzo anno di monitoraggio: maggio 2007-aprile 2008. Nel conteggio totale sono inclusi anche i periodi in cui i dati mancavano per malfunzionamento degli strumenti.

Tabella 3.2. Percentuale dei dati validati nel periodo maggio 2007-aprile 2008.

Stazione	Dati validati sul totale del monitoraggio
CHP	92.6
LIM	91.2
LMR	92.5
LMR-2	79.1
LSA	94.0
LTP	90.4
MAM	86.5
MAP	94.8

La percentuale di informazioni utili dopo la procedura di verifica e filtrazione delle serie temporali dai dati spuri è sempre superiore all'80% ad eccezione di LMR-2; la stazione, infatti, è stata dotata in estate di una nuova strumentazione autopulente che ha necessitato di una fase di avviamento. La maggior copertura si riscontra per la stazione MAP (94.8%). Le alte percentuali generalmente riscontrate sono dovute ai settimanali interventi di pulizia delle sonde (ad eccezione delle stazioni a mare ove, per motivi operativi, la pulizia è quindicinale).

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, nel diagramma di Figura 3.6 viene visualizzata l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti nel corso dello Studio B.6.72 B/3.

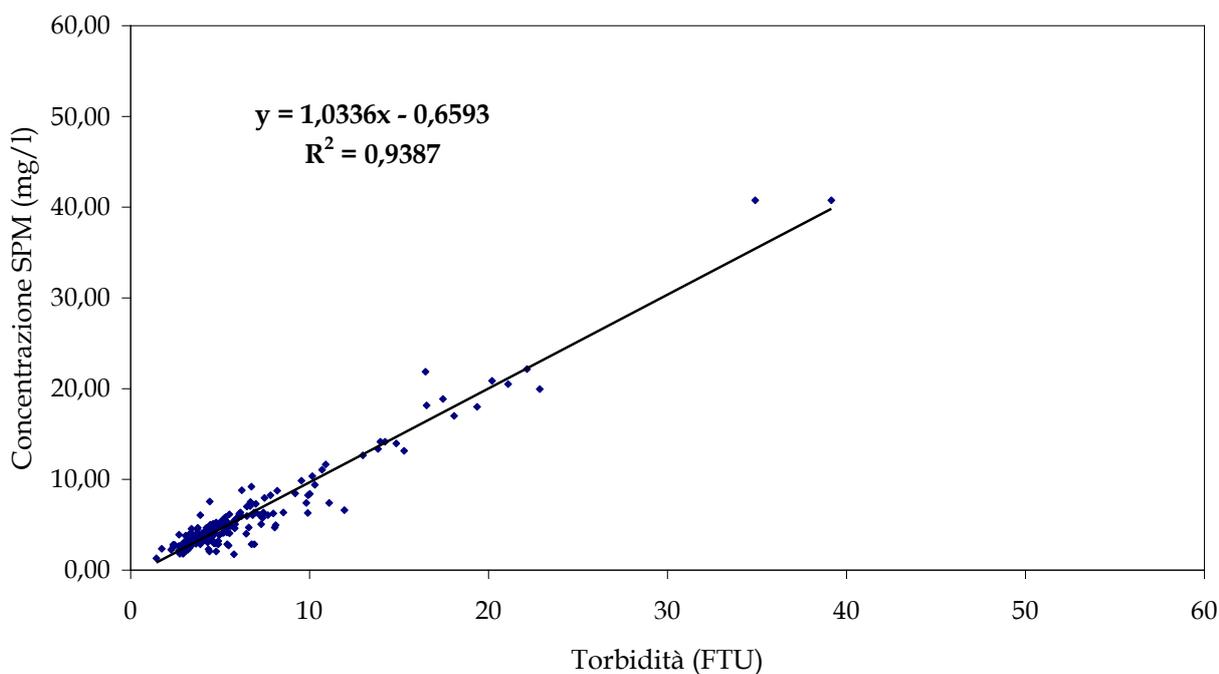
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Le relazioni utilizzate per la calibrazione dei dati registrati in ciascuna delle stazioni sono riportate nella Tabella 3.3. Si osserva come, in quasi tutti i casi, la pendenza della retta di regressione sia piuttosto vicina all'unità. 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.

Tabella 3.3. Coefficiente retta di calibrazione.

Stazione	Coefficiente retta di calibrazione gennaio-aprile 2008
CHP	$y = 1,0336x - 0,6593$ $R^2 = 0,9387$
LIM	$y = 0,9391x - 0,9697$ $R^2 = 0,8065$
LMR	$y = 0,9827x + 0,684$ $R^2 = 0,9313$
LMR-2	$y = 0,8874x + 0,3073$ $R^2 = 0,914$
LSA	$y = 0,9236x + 0,2323$ $R^2 = 0,9332$
LTP	$y = 1,0737x - 1,1867$ $R^2 = 0,9473$
MAM	$y = 1,111x - 1,0847$ $R^2 = 0,9309$
MAP	$y = 0,9103x - 0,1264$ $R^2 = 0,9063$

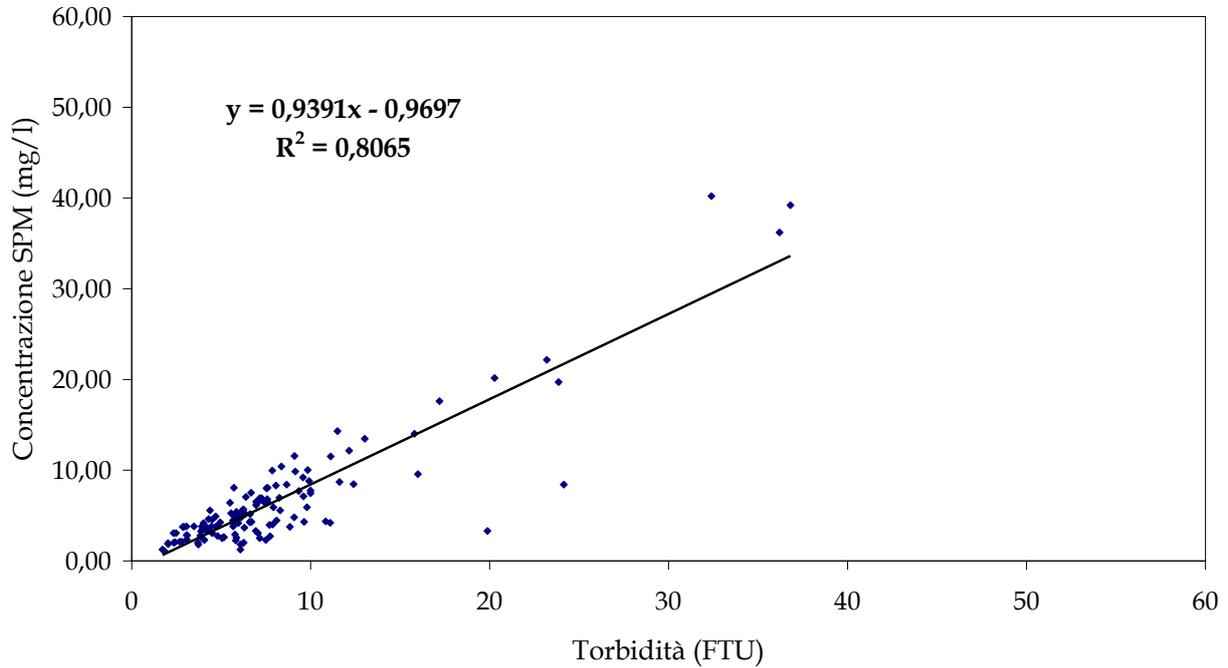
Stazione CHP



(a)

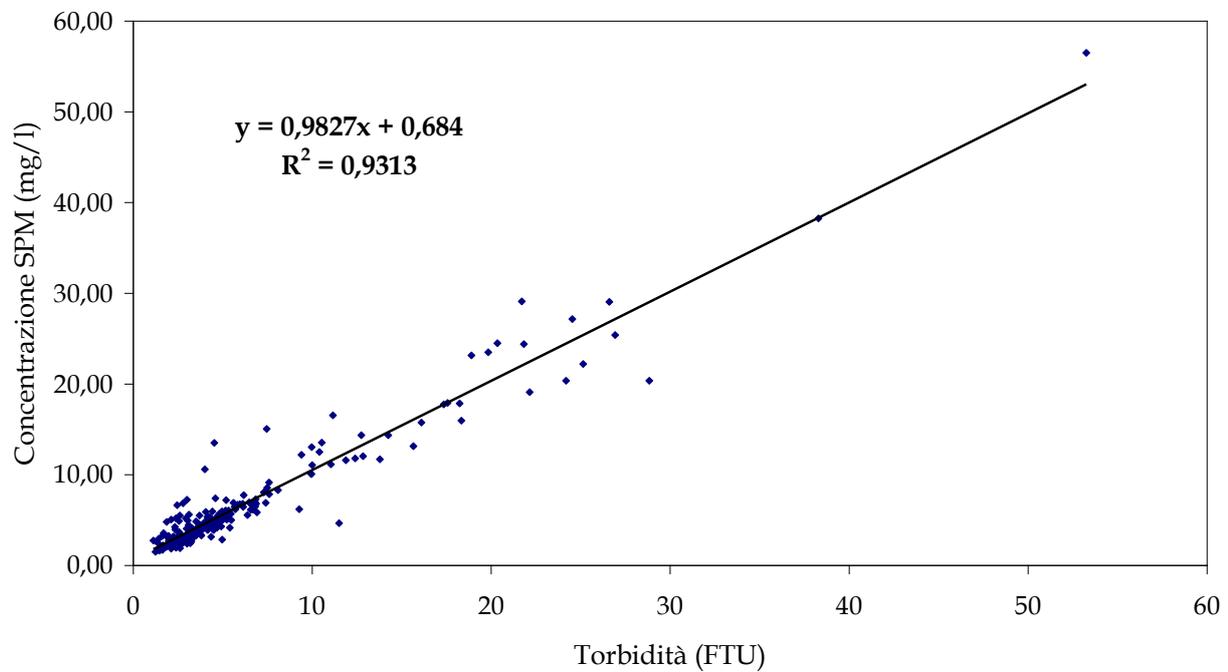
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione LIM



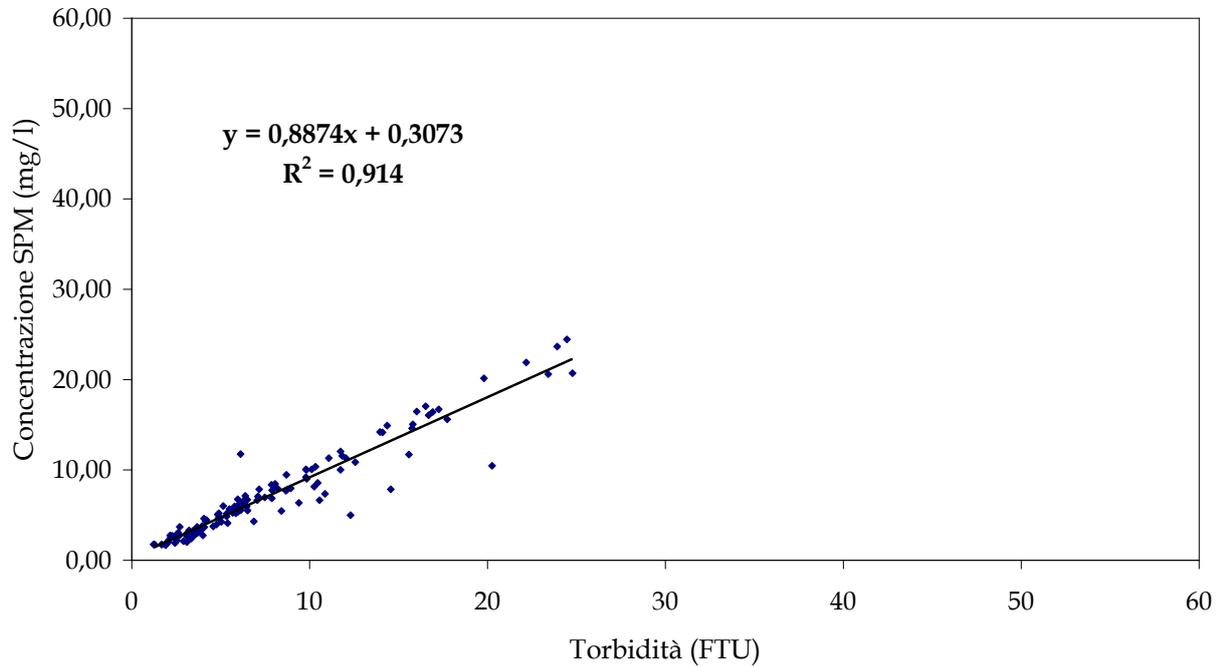
(b)

Stazione LMR

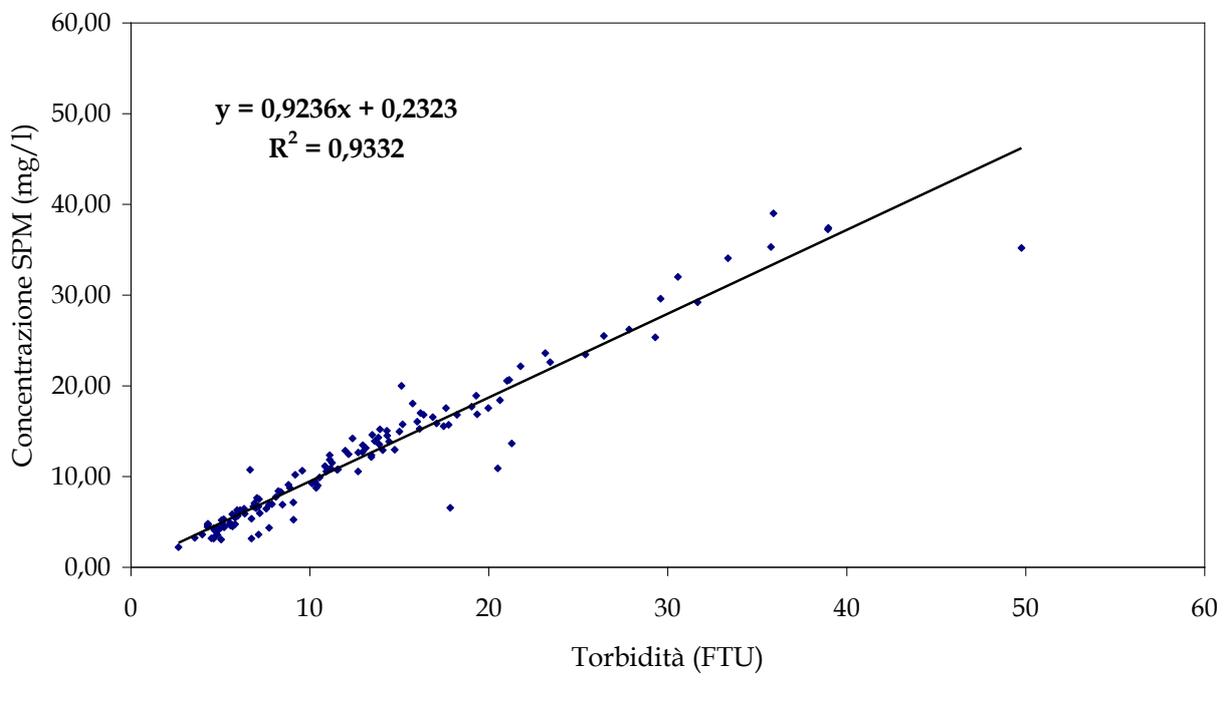


(c)

Stazione LMR-2

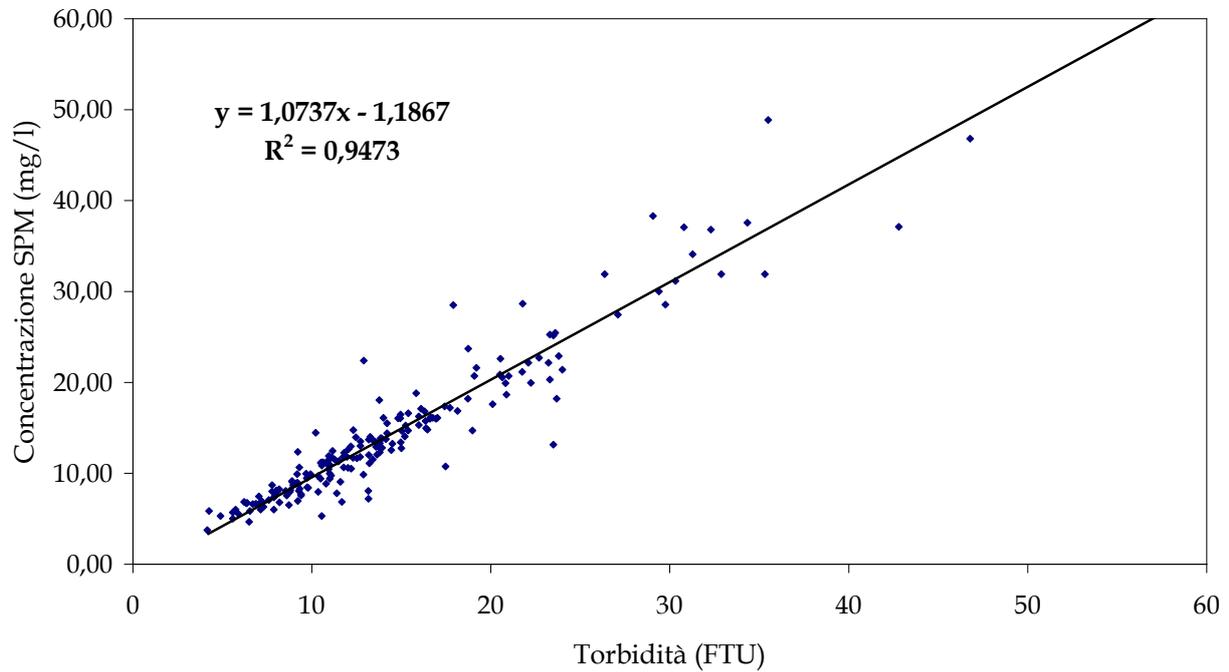


Stazione LSA



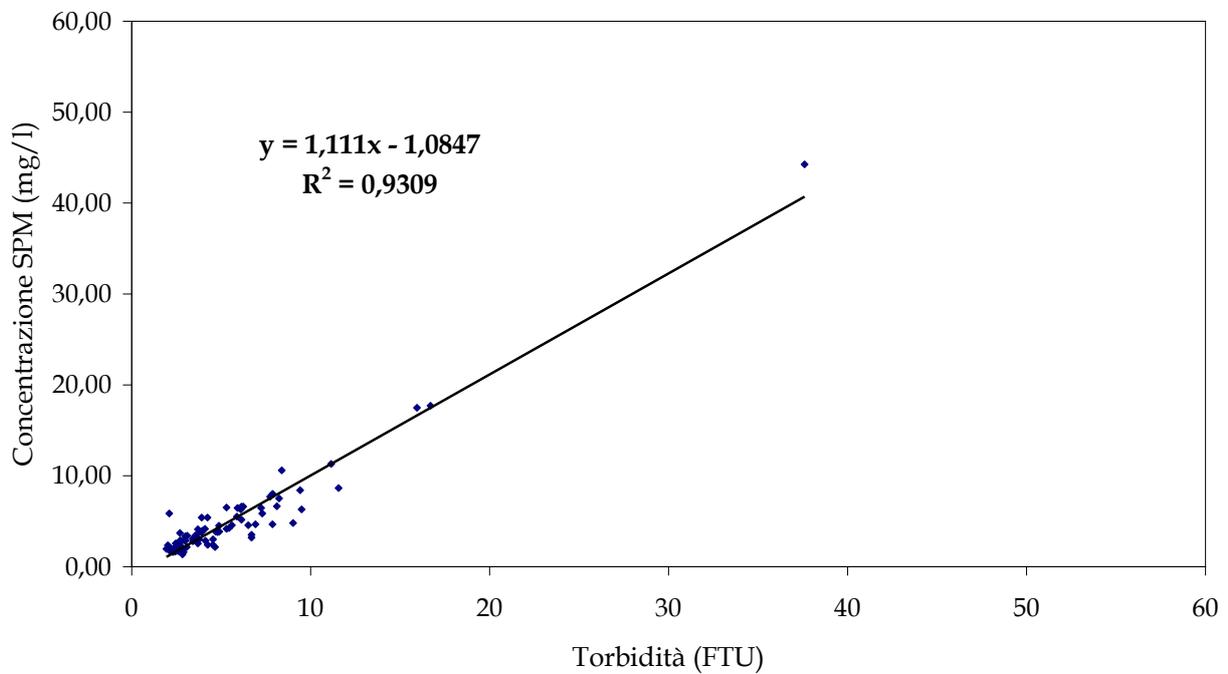
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione LTP



(f)

Stazione MAM



(g)

Stazione MAP

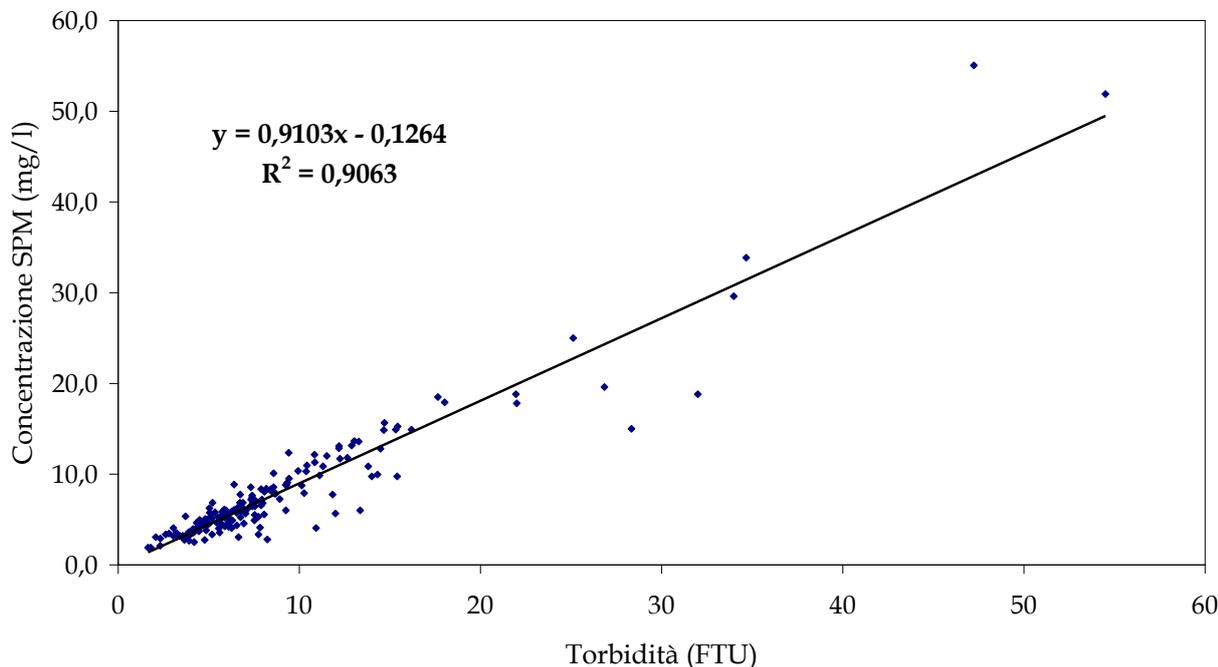


Figura 3.7. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde nelle diverse stazioni considerate ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette sono state elaborate includendo tutti i valori disponibili, da maggio 2005 fino ad aprile 2008

3.2.1 Serie temporali della torbidità/SPM

L'intera serie temporale del periodo maggio 2007 - aprile 2008 per ciascuna delle stazioni sono inclusi nei files del database allegato al presente rapporto.

Per quanto riguarda gli elaborati grafici, vengono di seguito presentate 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.

L'intera serie temporale del periodo di osservazione per ciascuna delle stazioni, su scala semestrale, è rappresentata nelle Figure 3.8-3.15 (in alto), insieme all'andamento del livello di marea. L'evoluzione della concentrazione in funzione dell'intensità del vento è, invece, rappresentata nelle Figure 3.8-3.15 (in basso).

I grafici bimestrali della concentrazione del particolato in sospensione sono riportati nei tre Rapporti di Valutazione:

- I Rapporto di Valutazione, settembre 2007. Periodo di riferimento: maggio-agosto 2007;
- II Rapporto di Valutazione, gennaio 2008. Periodo di riferimento: settembre-dicembre 2007;
- III Rapporto di Valutazione, maggio 2008. Periodo di riferimento: gennaio-aprile 2008.

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

I risultati dell'elaborazione statistica delle informazioni disponibili per le otto stazioni sono riportati nella Tabella 3.4.

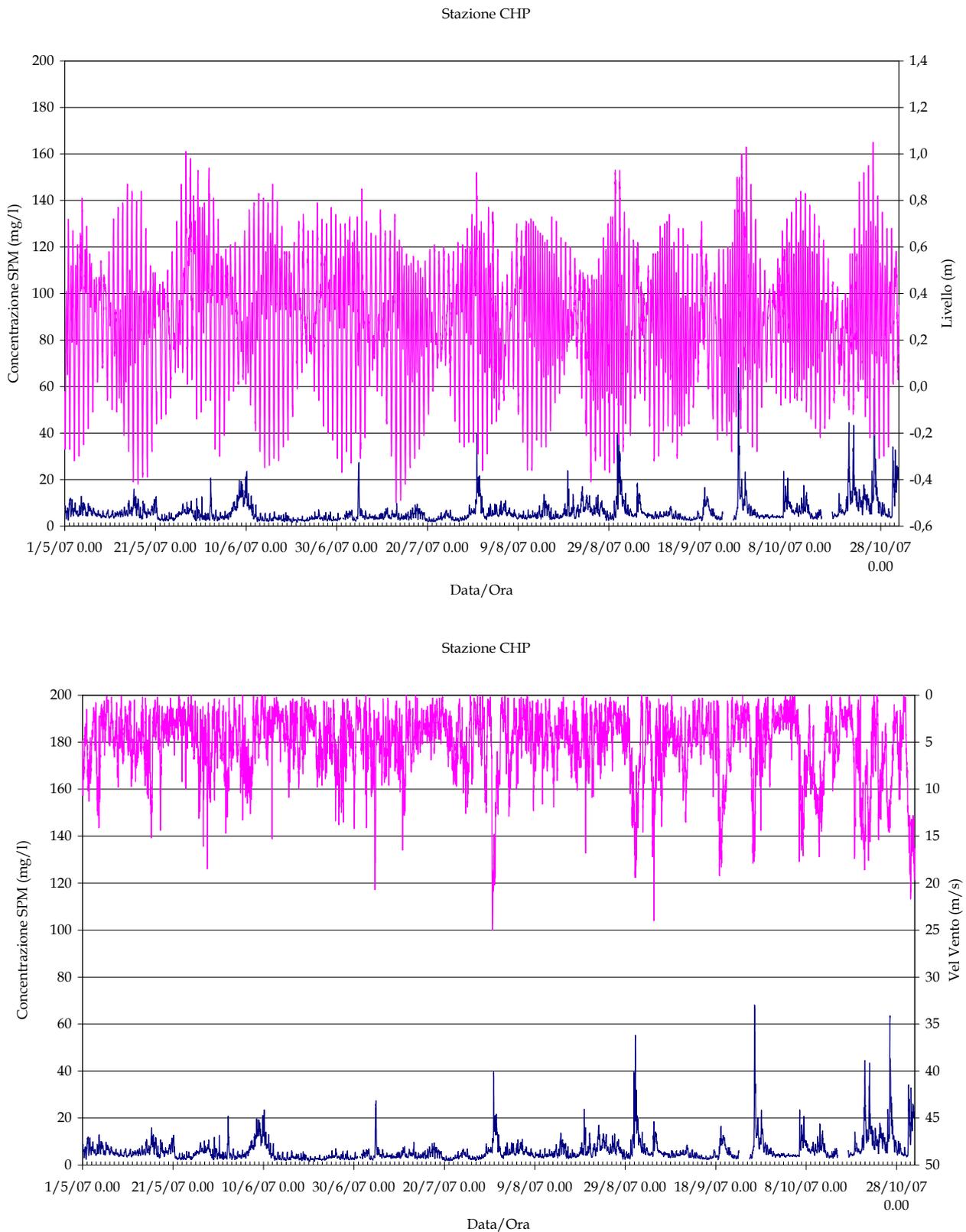
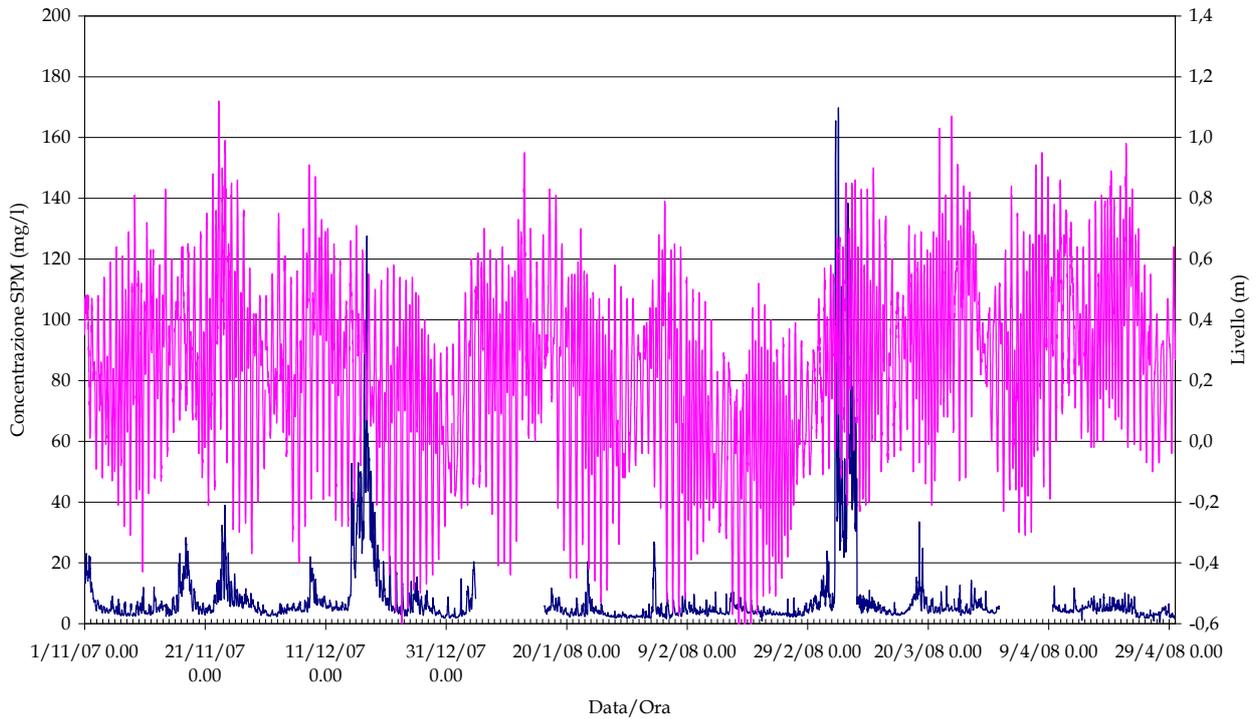


Figura 3.8 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione CHP nel periodo maggio-ottobre 2007.

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

Stazione CHP



Stazione CHP

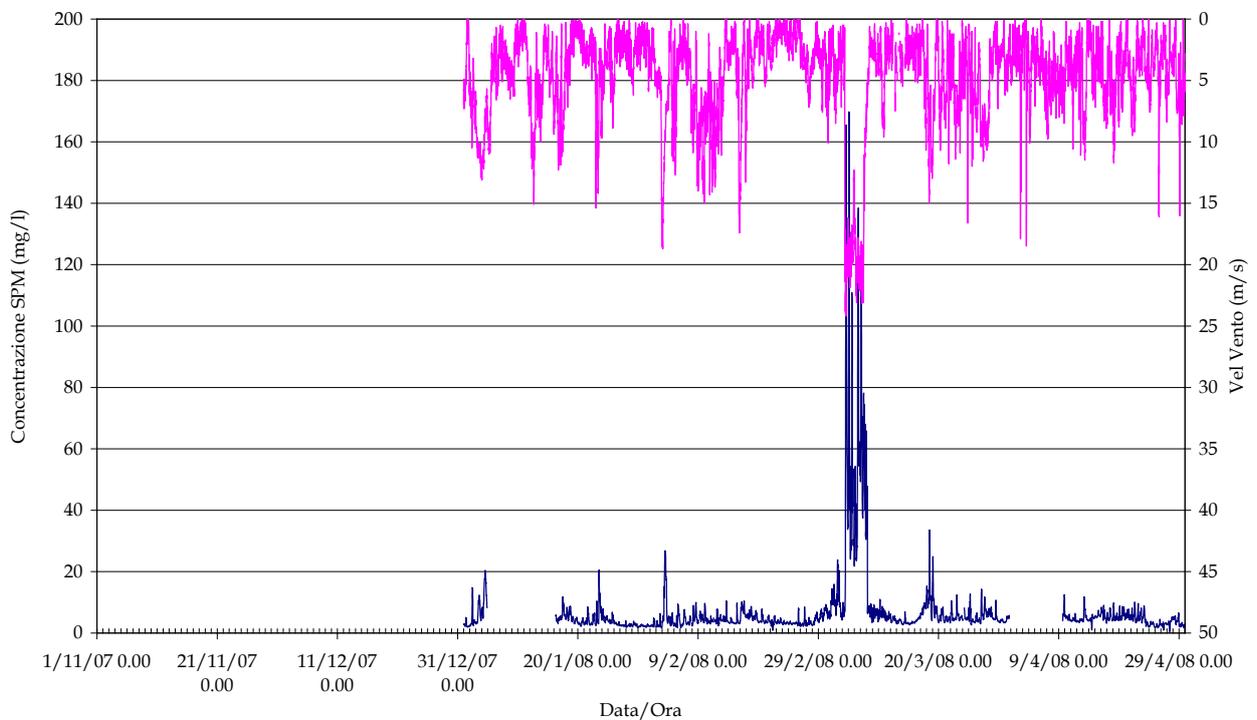
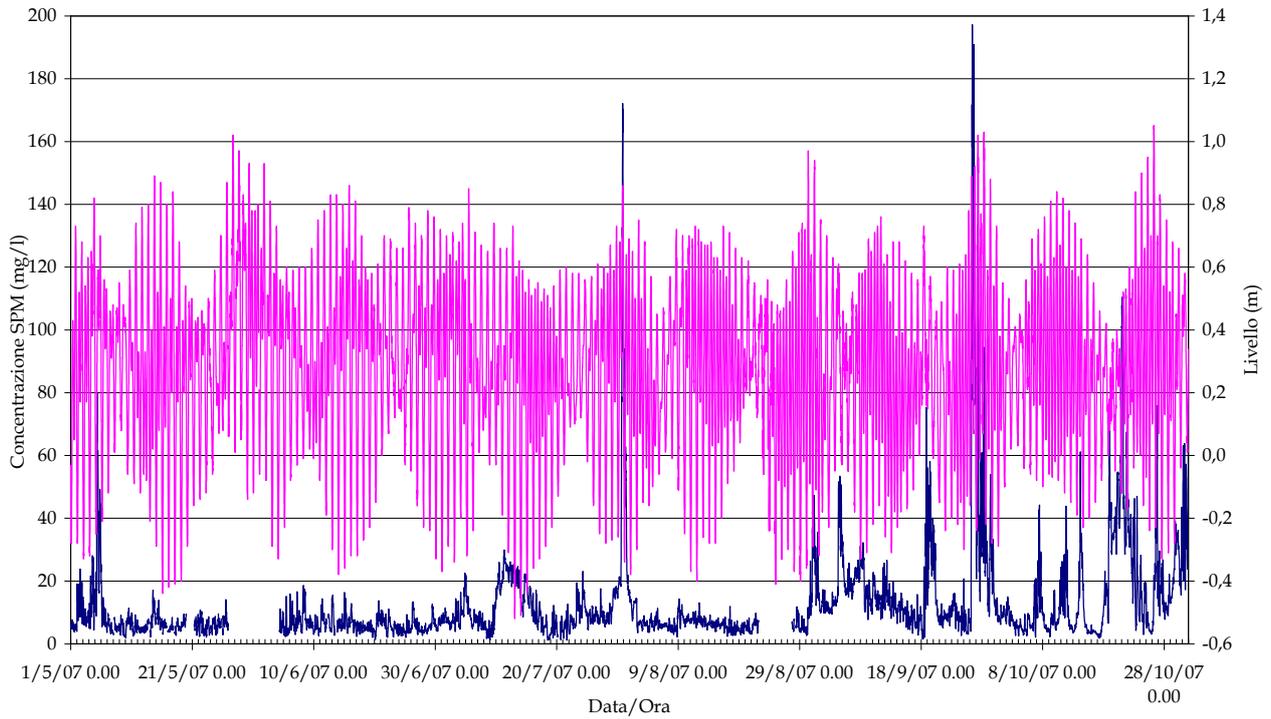


Figura 3.8 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione CHP nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

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

Stazione LIM



Stazione LIM

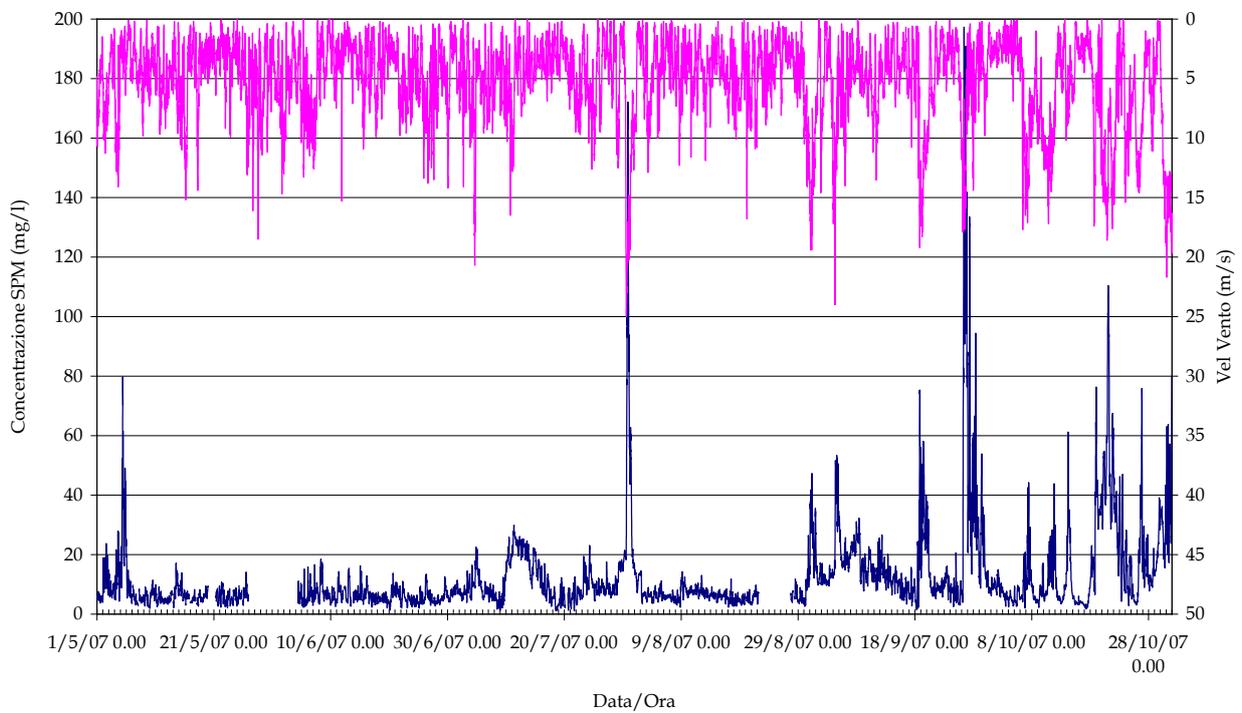
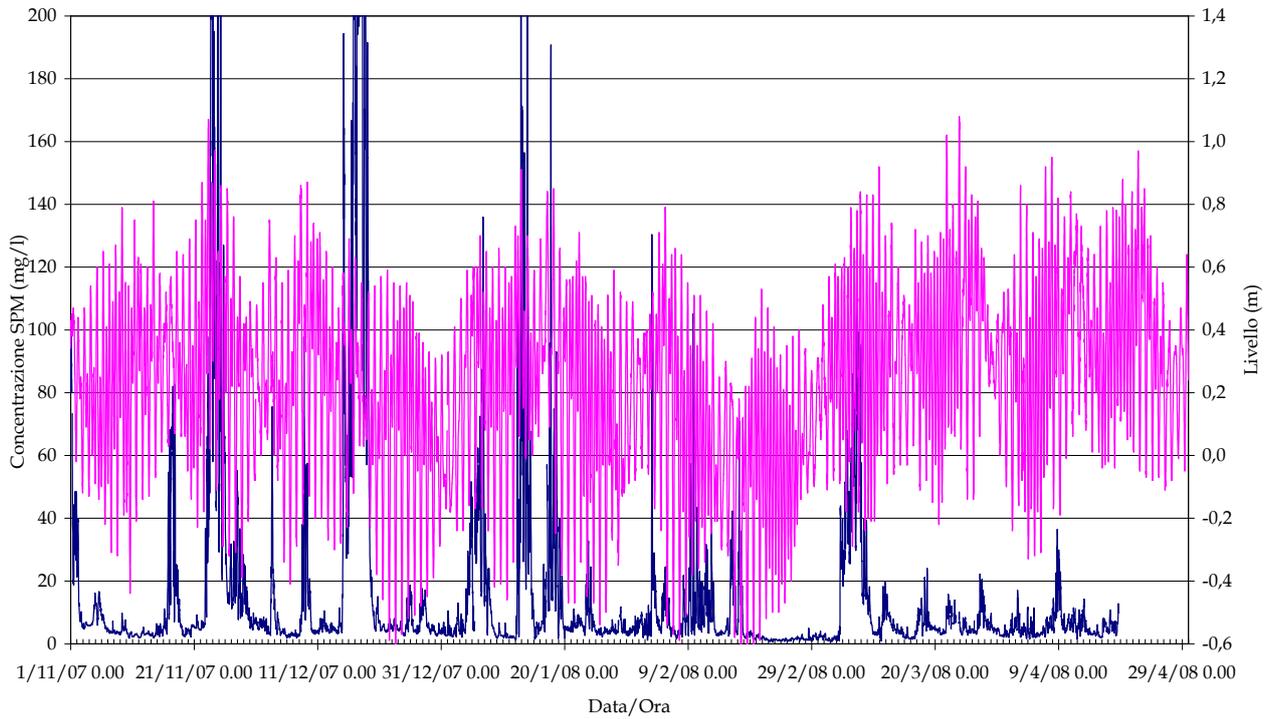


Figura 3.9 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LIM nel periodo maggio-ottobre 2007.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Stazione LIM



Stazione LIM

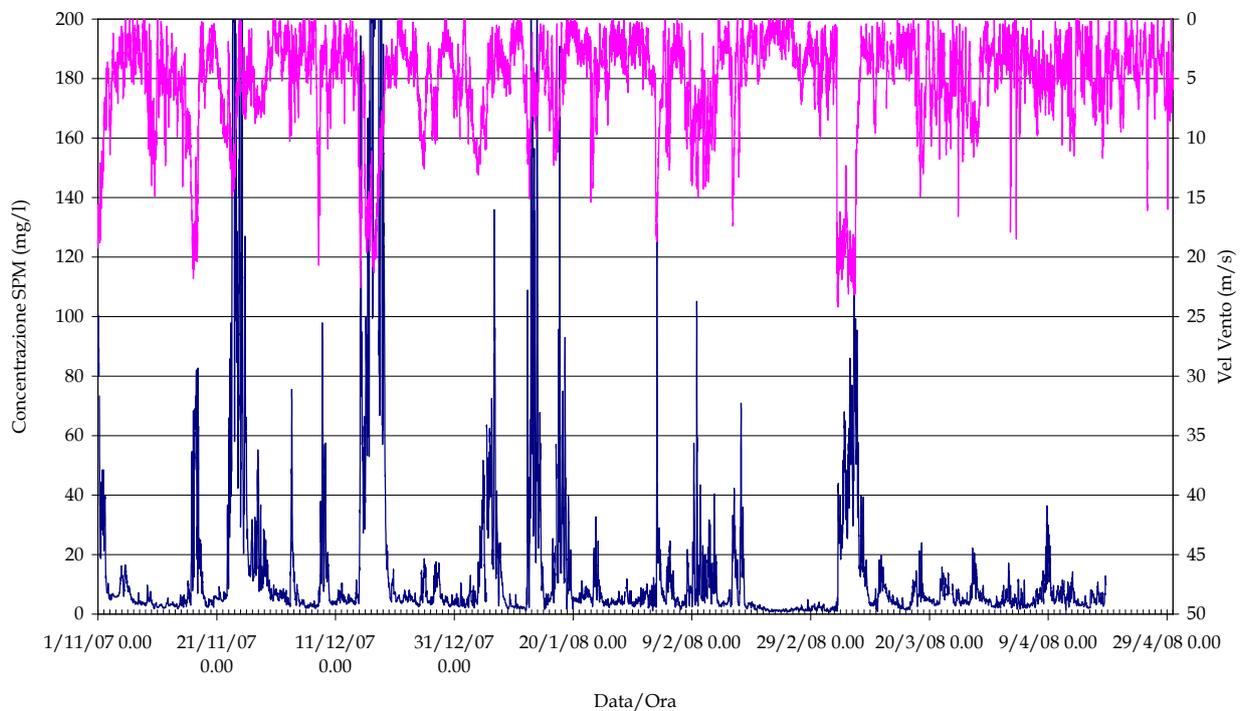
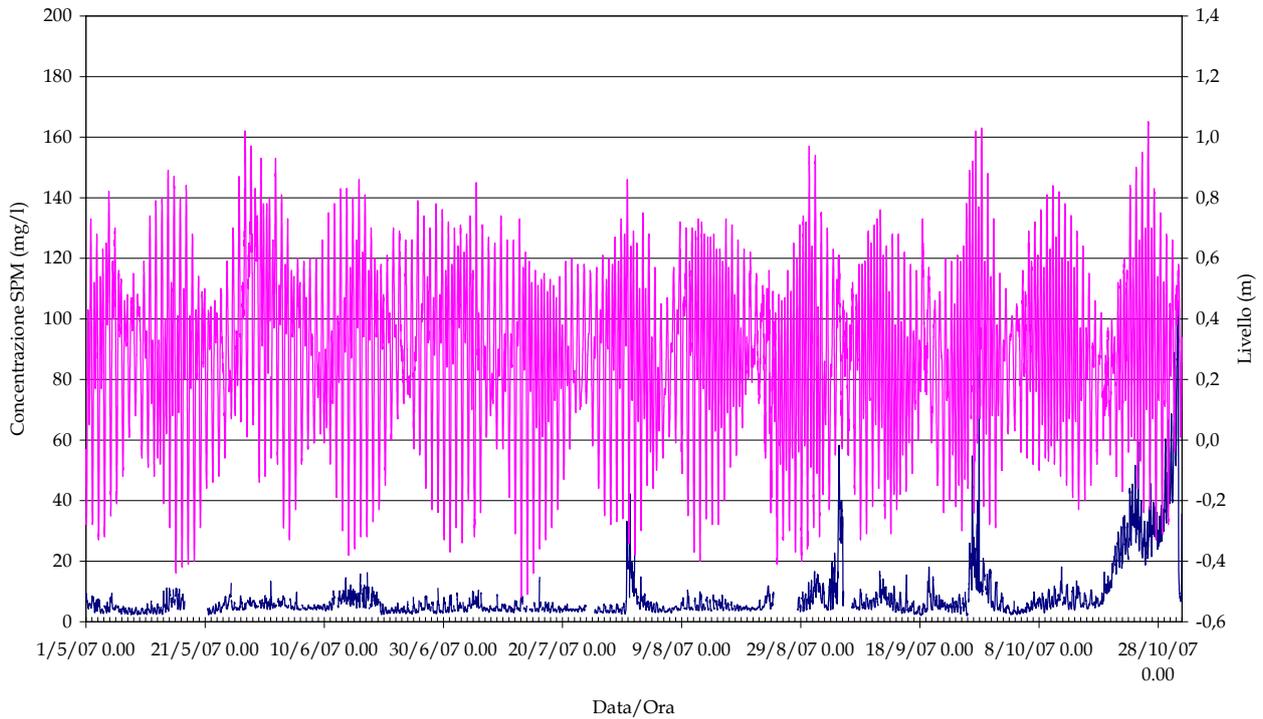


Figura 3.9 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LIM nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

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

Stazione LMR



Stazione LMR

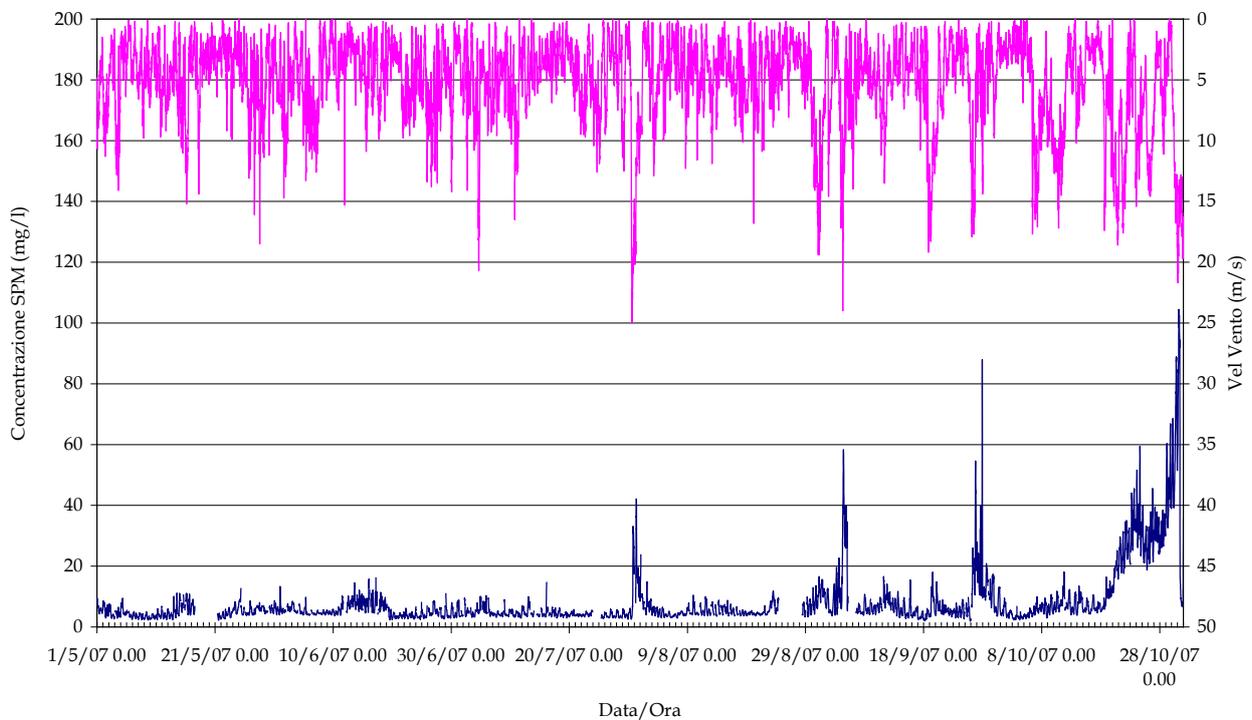
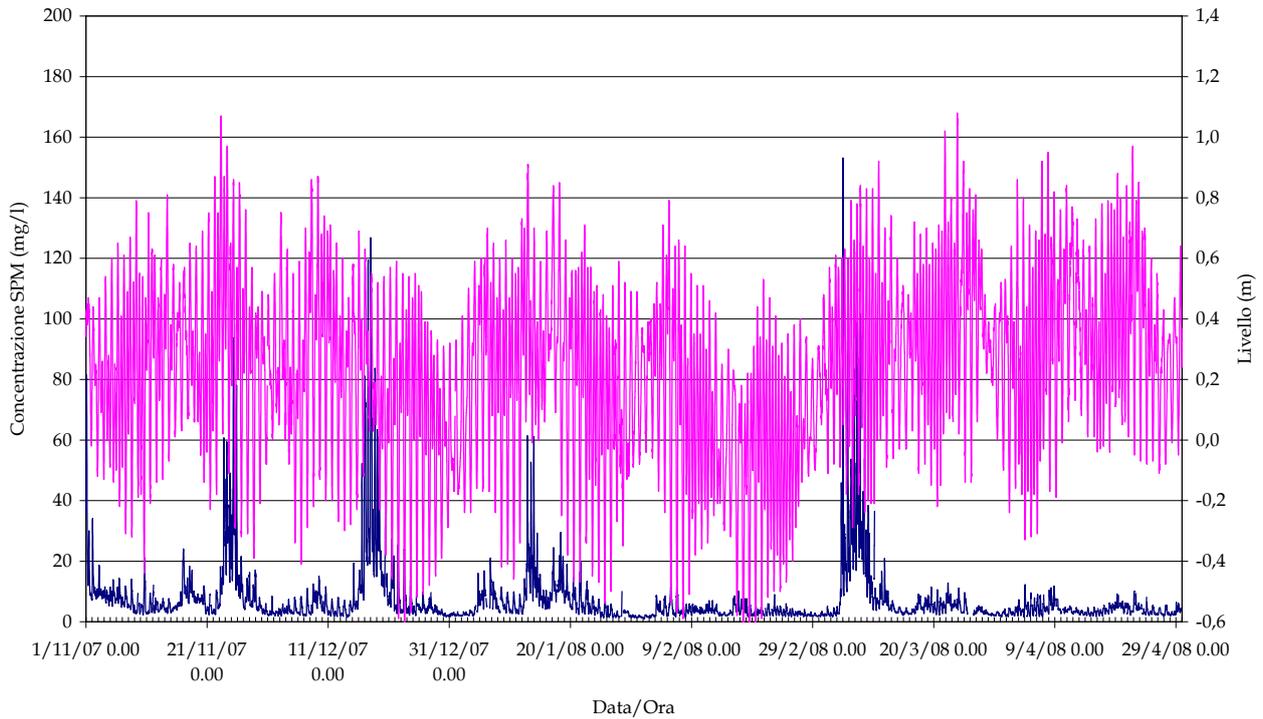


Figura 3.10 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR nel periodo maggio-ottobre 2007.

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

Stazione LMR



Stazione LMR

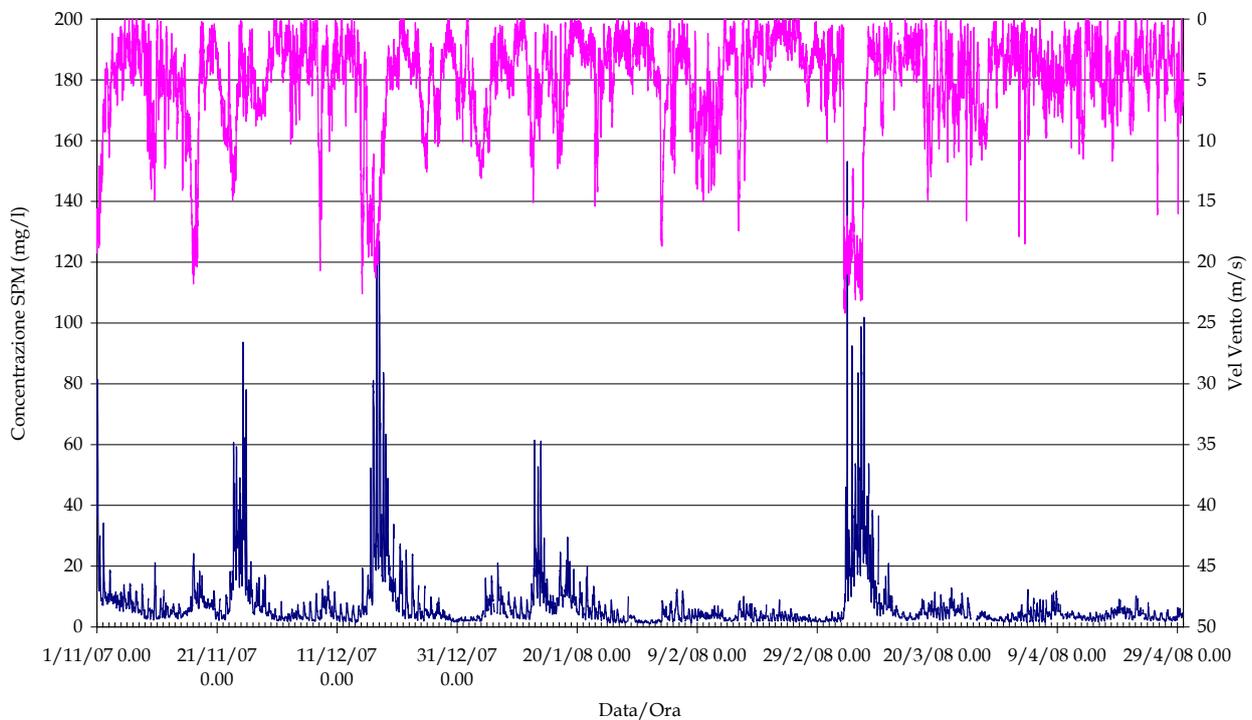
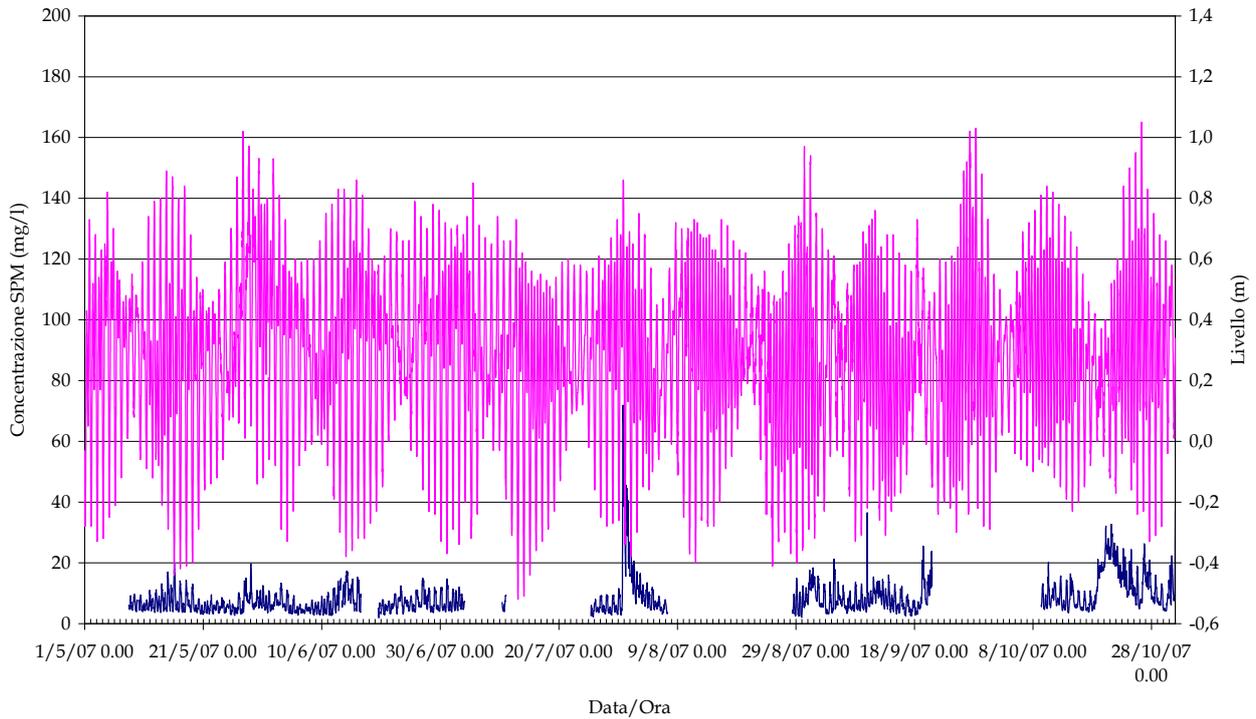


Figura 3.10 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

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

Stazione LMR-2



Stazione LMR-2

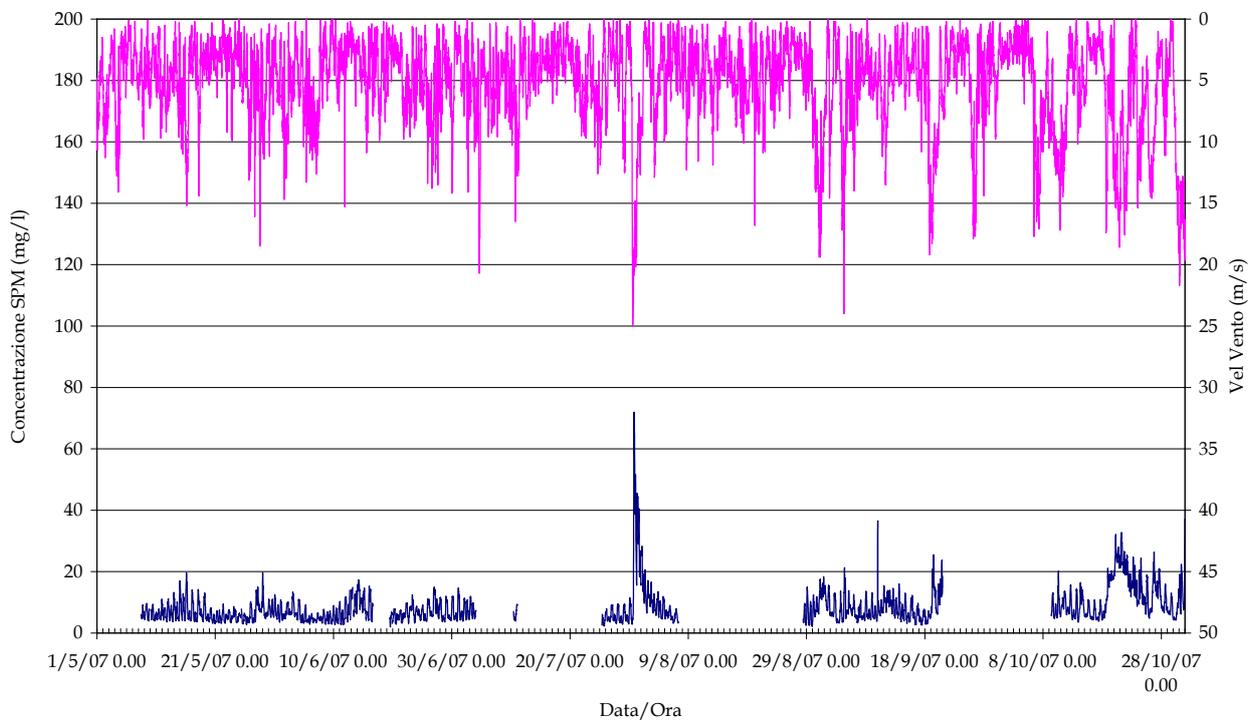
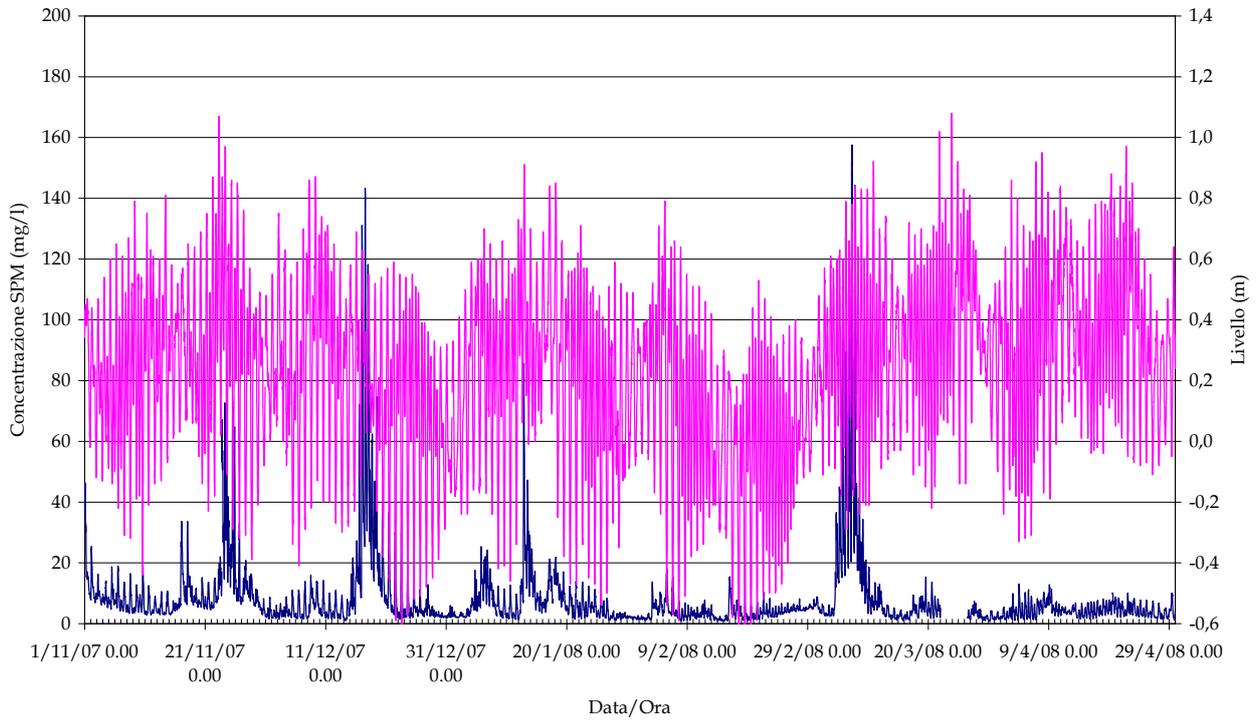


Figura 3.11 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR-2 nel periodo maggio-ottobre 2007.

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

Stazione LMR-2



Stazione LMR-2

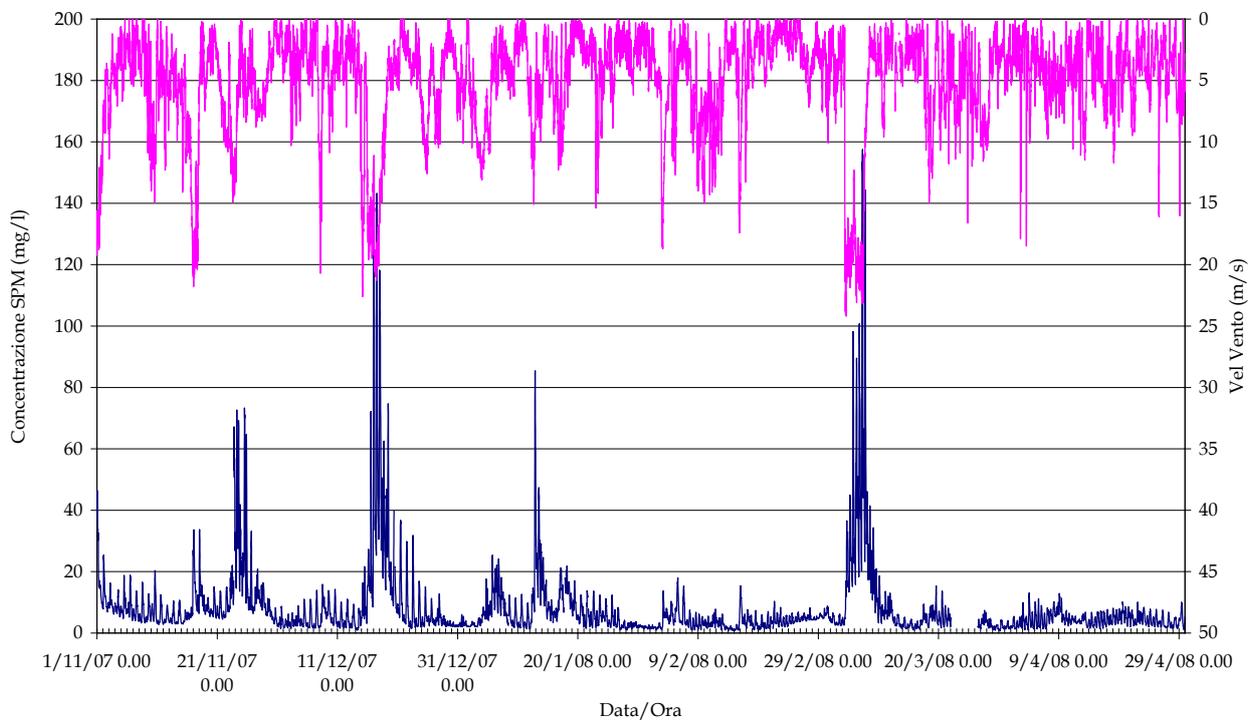
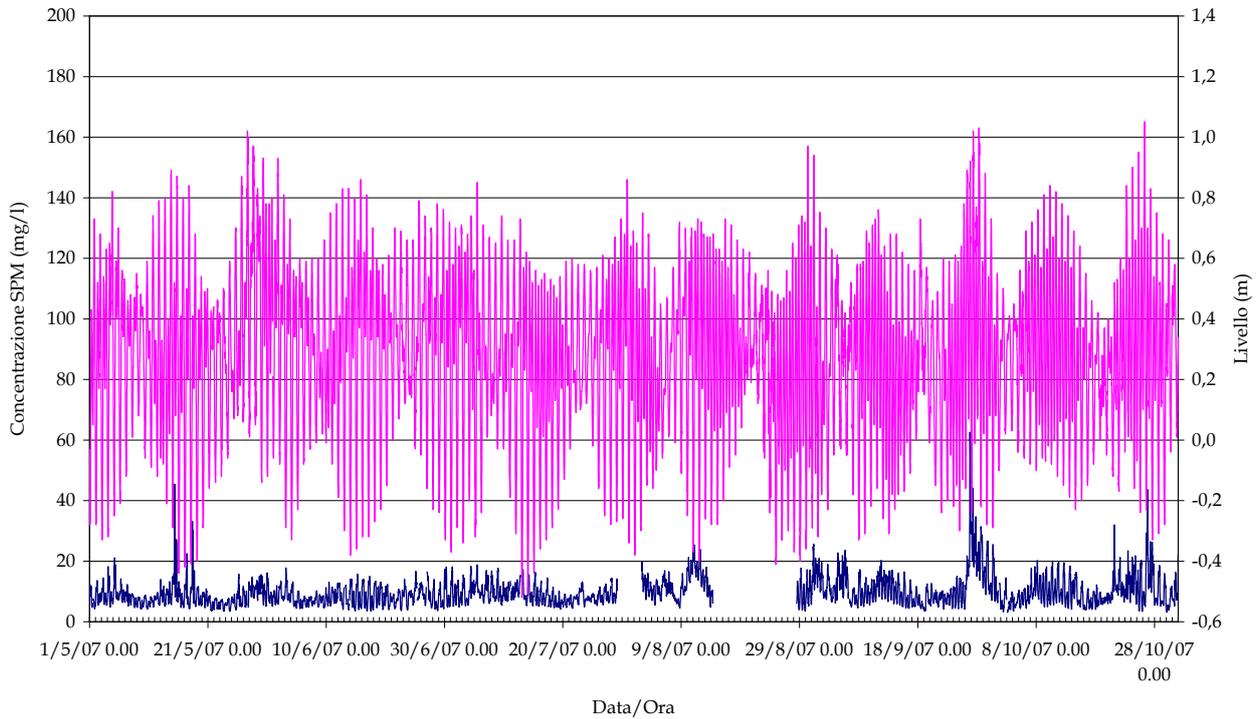


Figura 3.11 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LMR-2 nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

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

Stazione LSA



Stazione LSA

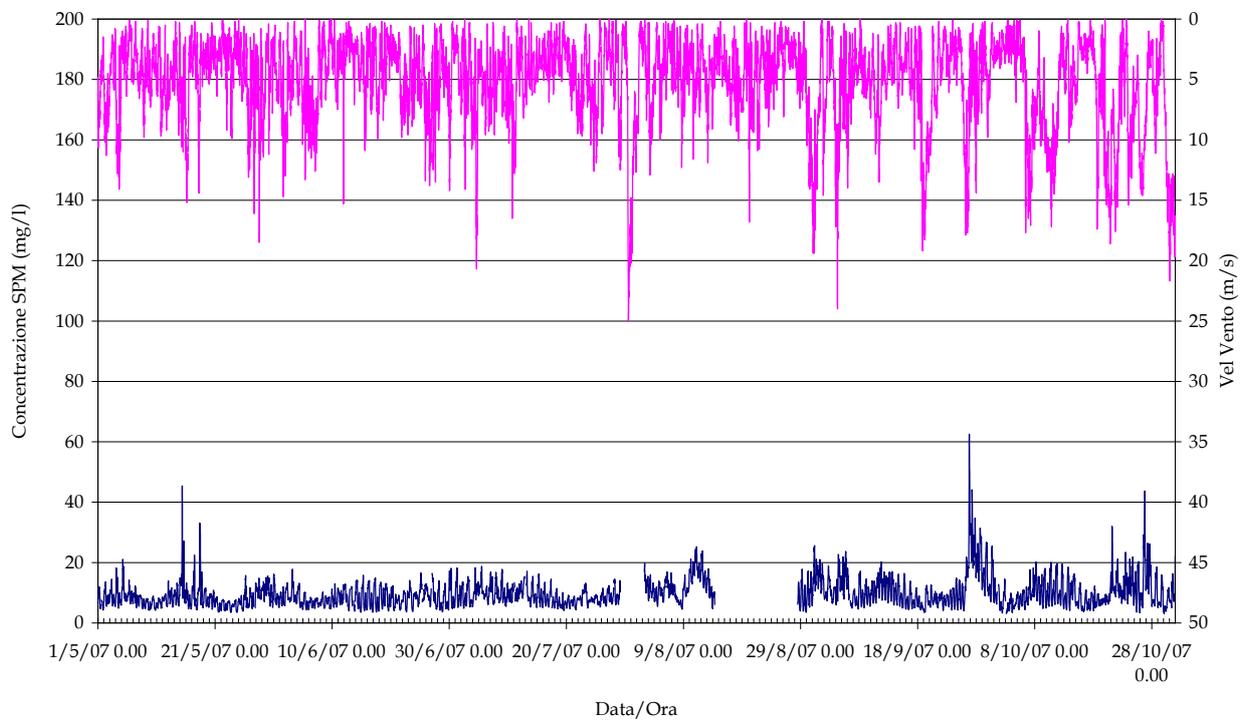
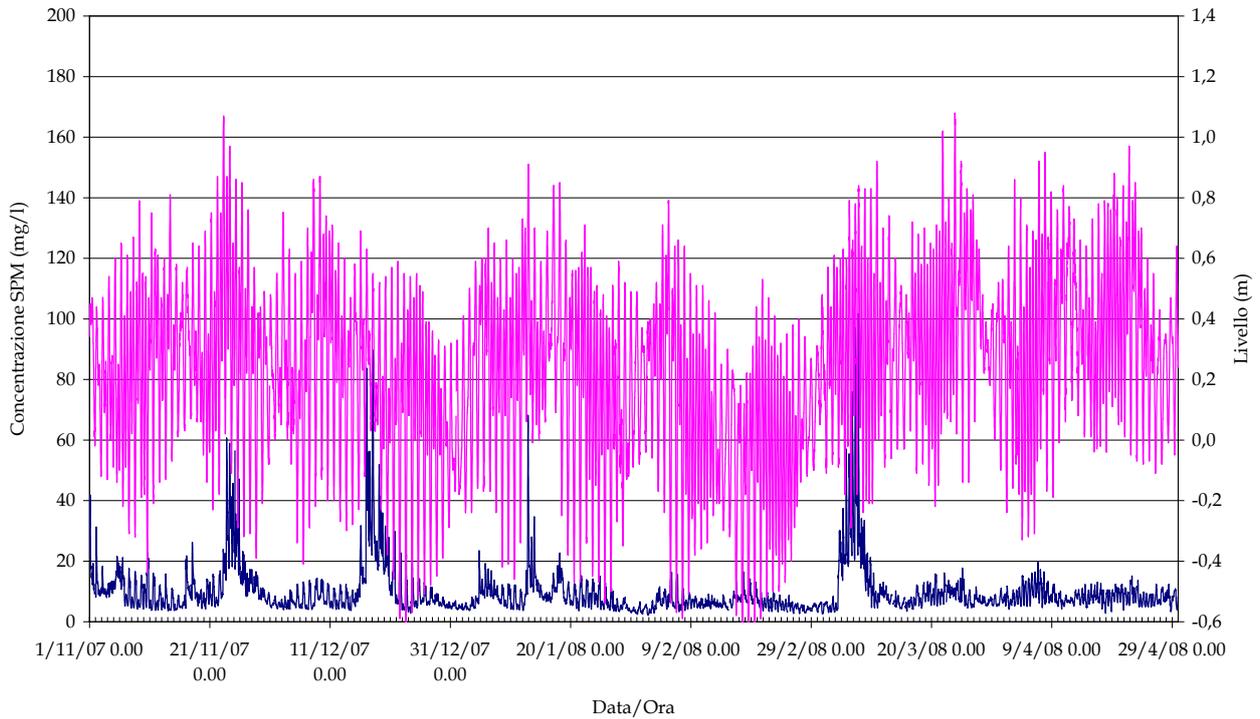


Figura 3.12 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LSA nel periodo maggio-ottobre 2007

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Stazione LSA



Stazione LSA

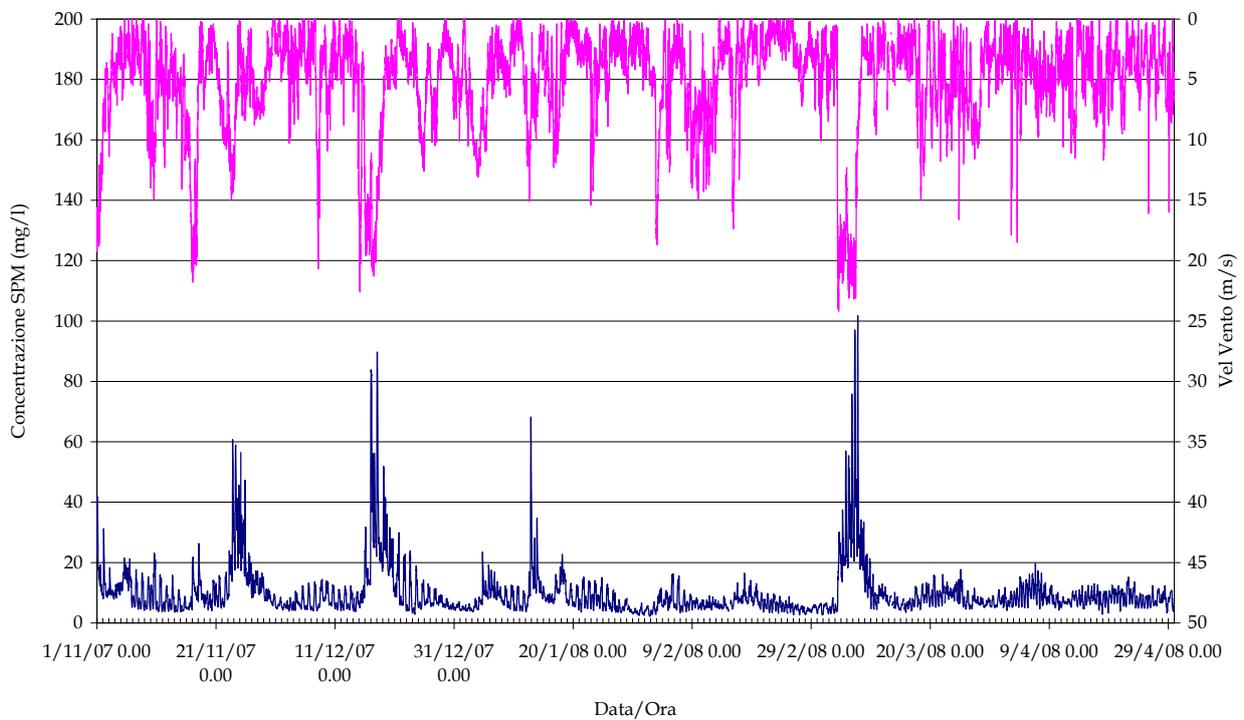
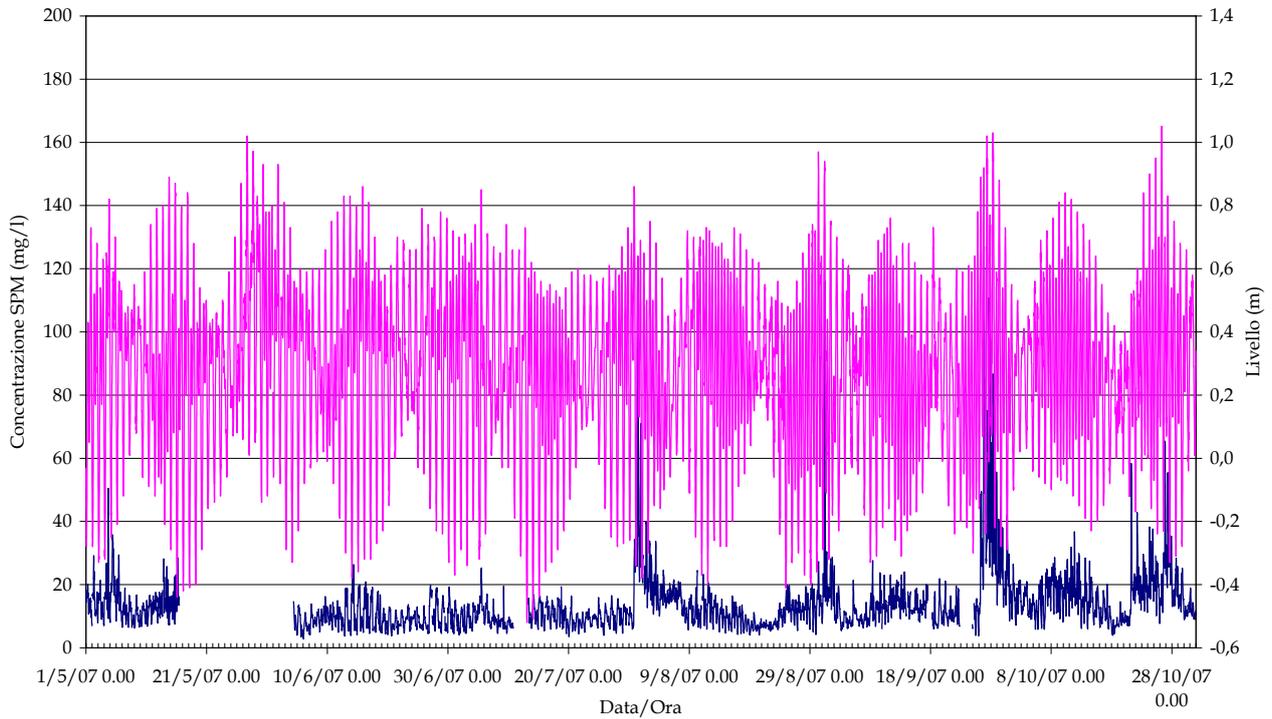


Figura 3.12 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LSA nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

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

Stazione LTP



Stazione LTP

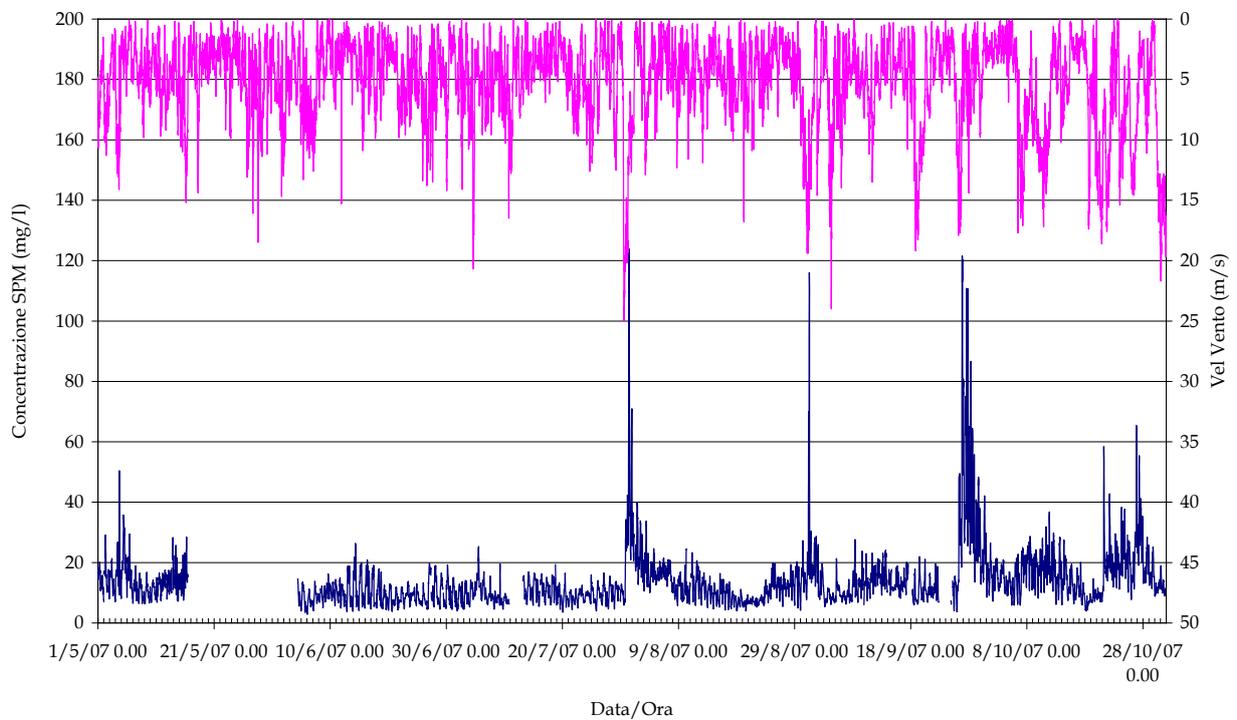
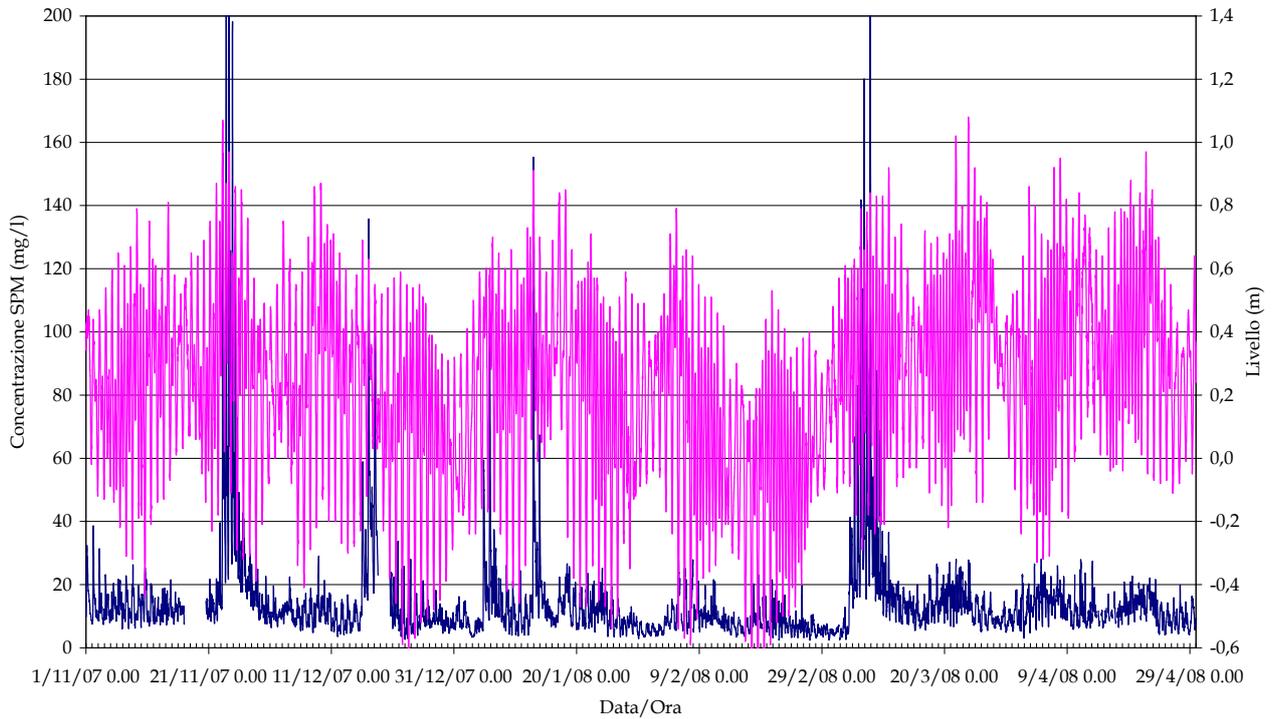


Figura 3.13 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LTP nel periodo maggio-ottobre 2007.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Stazione LTP



Stazione LTP

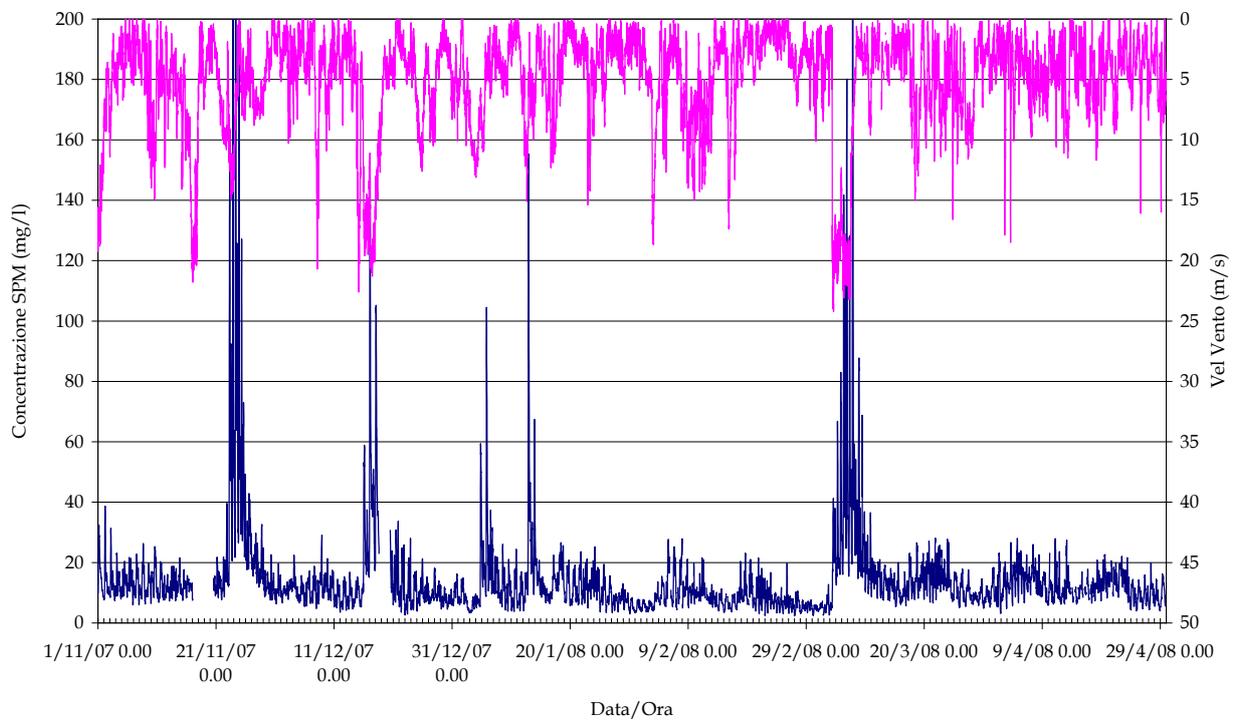


Figura 3.13 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione LTP nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

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

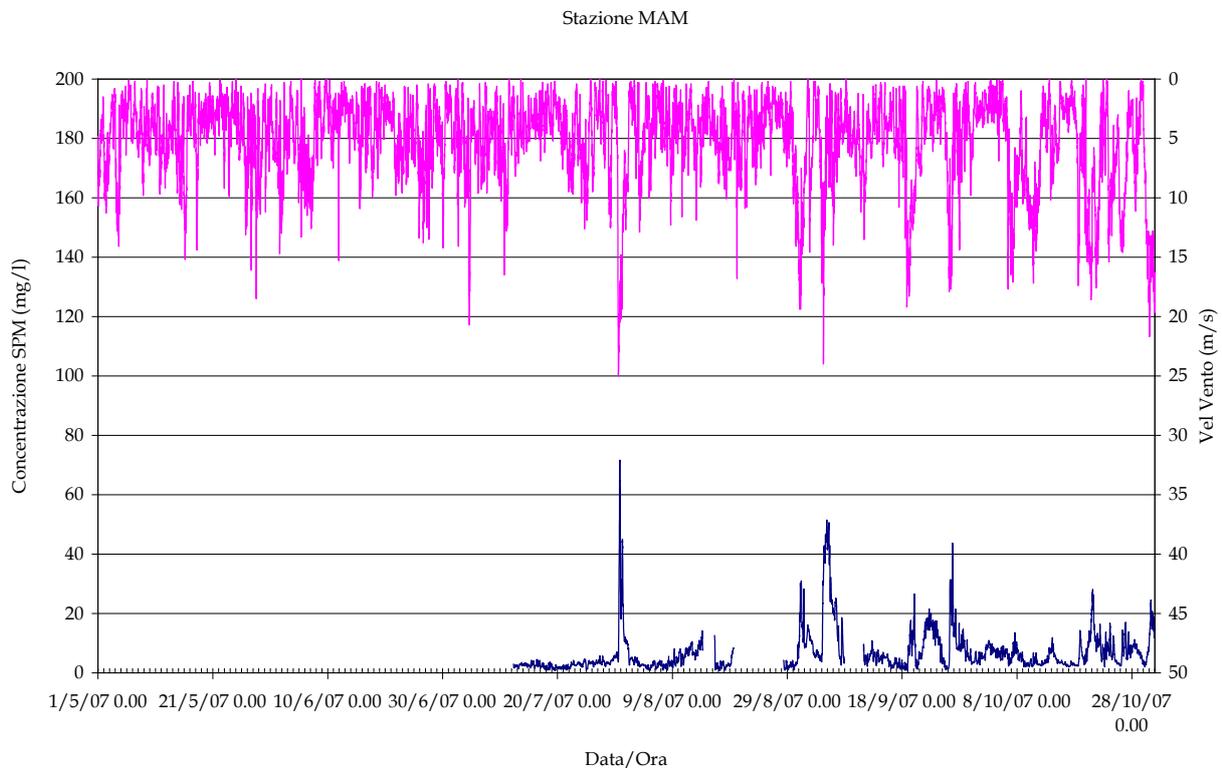
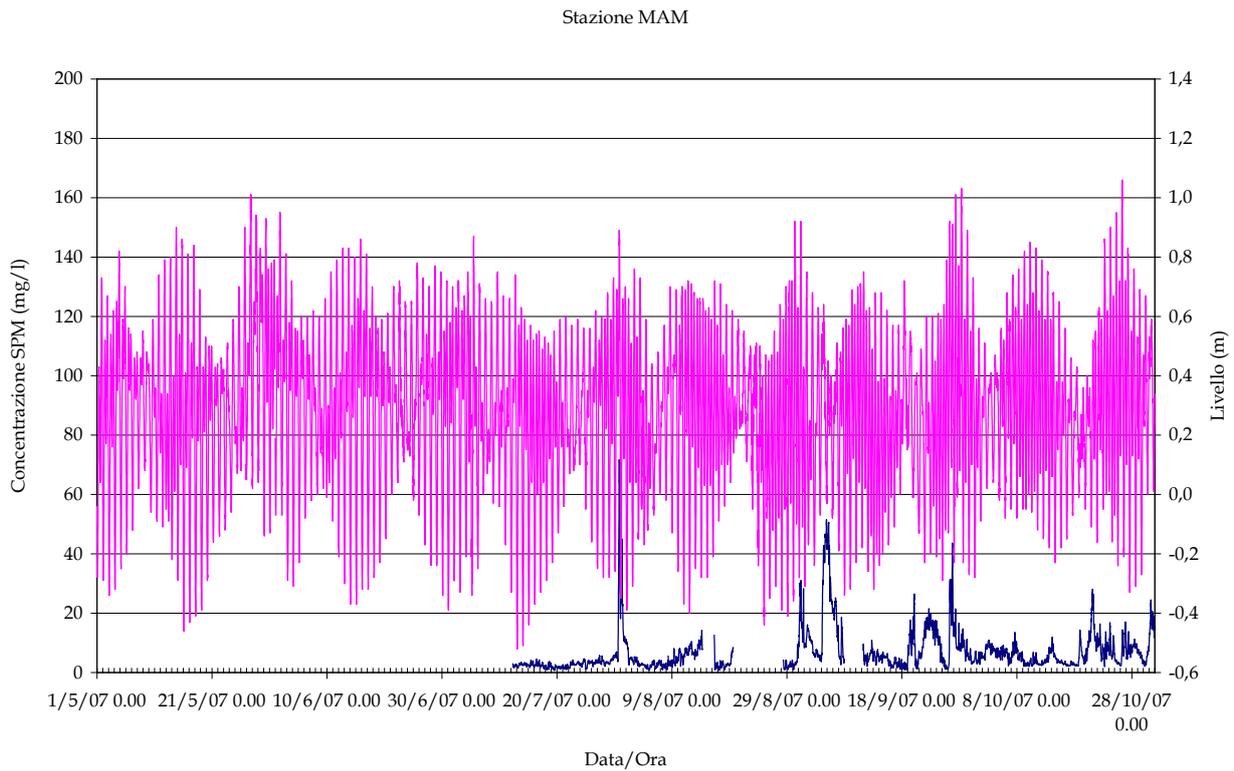


Figura 3.14 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione MAM nel periodo maggio-ottobre 2007.

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

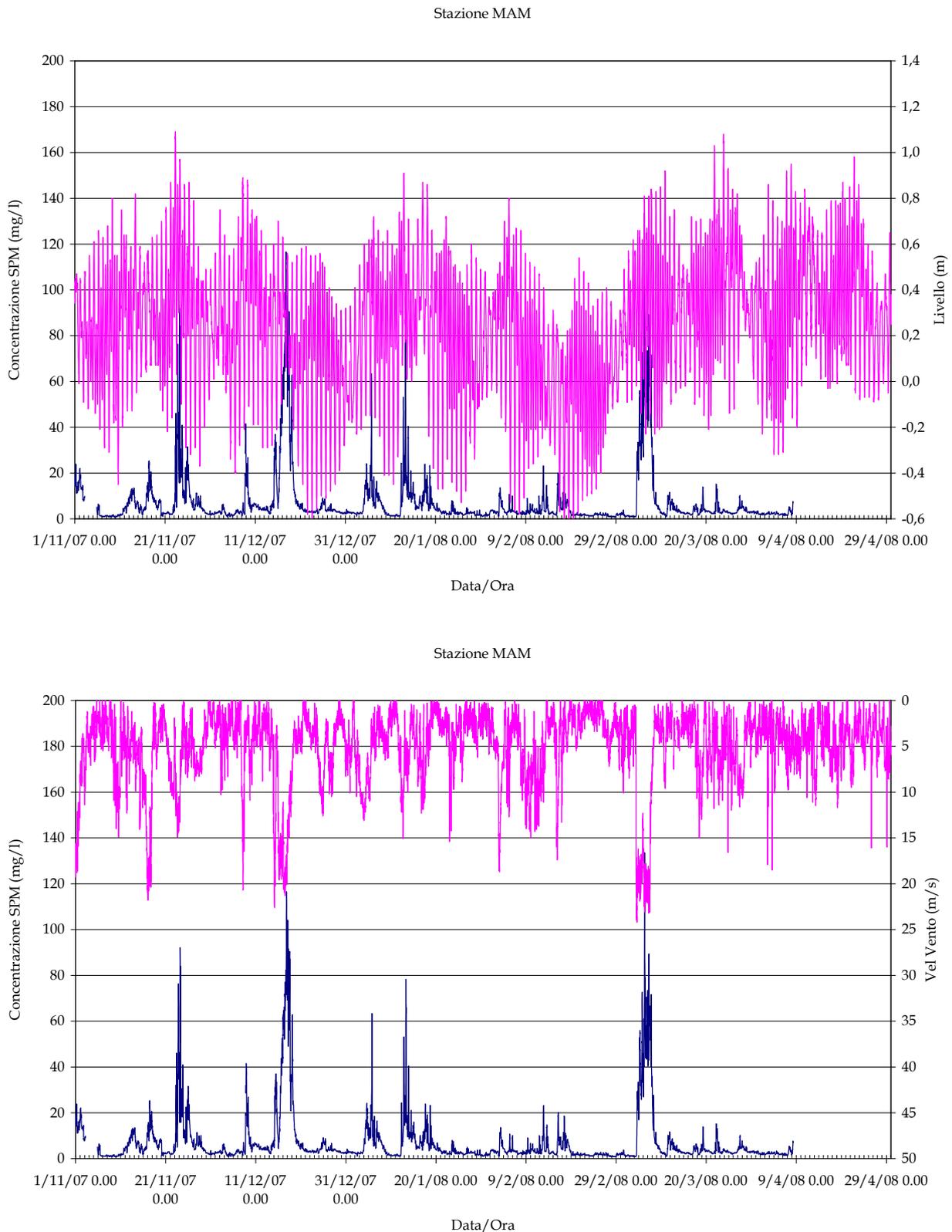


Figura 3.14 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione MAM nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

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

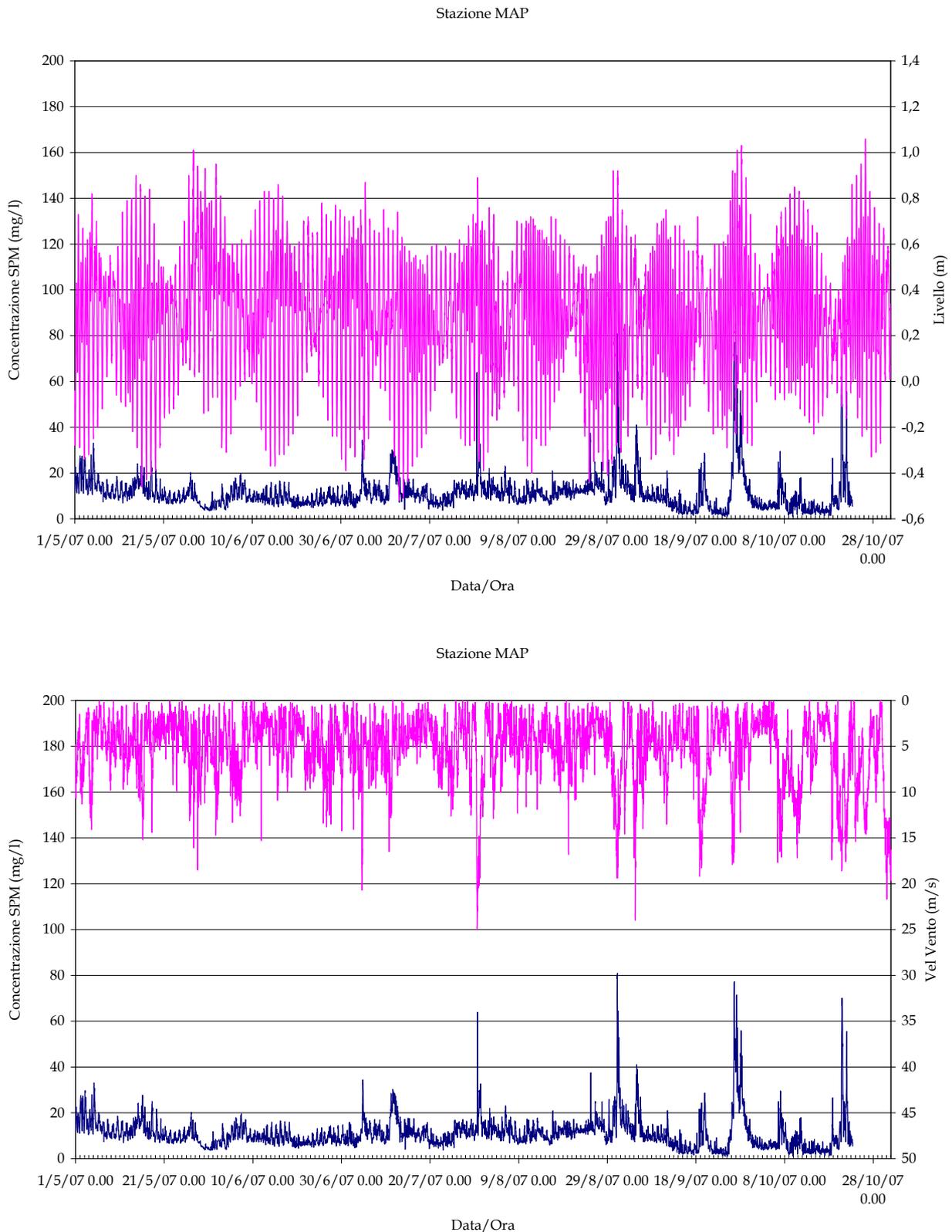


Figura 3.15 (a). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione MAP nel periodo maggio-ottobre 2007.

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

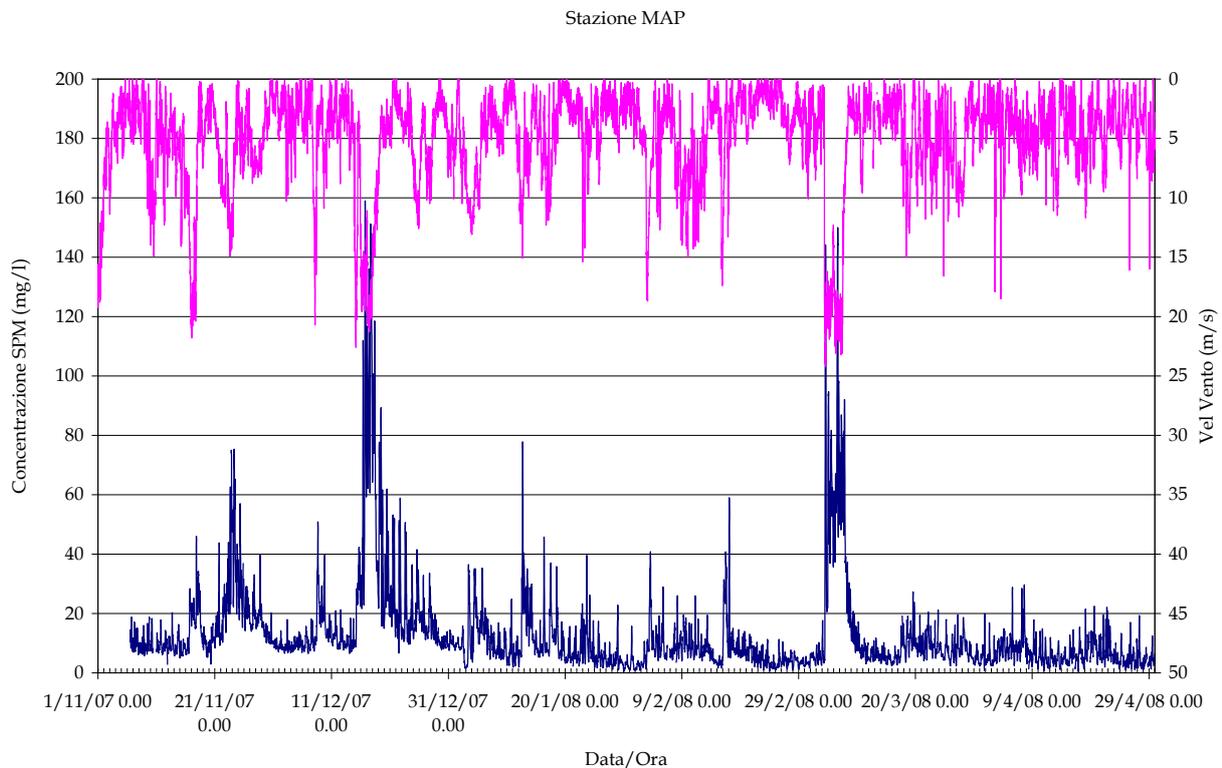
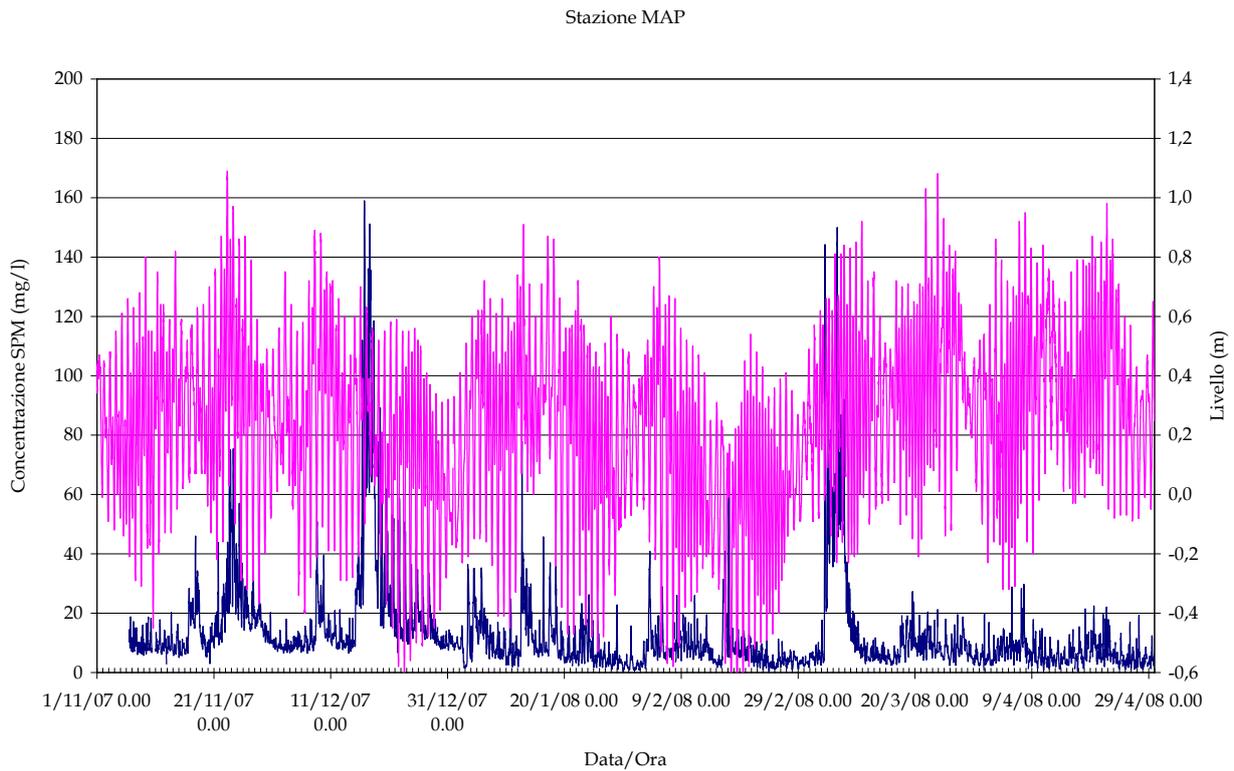


Figura 3.15 (b). Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alla stazione MAP nel periodo novembre 2007-aprile 2008.

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Tabella 3.4. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nelle stazioni di misura della torbidità. N_{tot} è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono in mg/l.

	CHP	LIM	LMR	LMR-2	LSA	LTP	MAM	MAP
Ntot	32524	32034	32505	27788	33034	31748	24400	33311
Media	6.9	14.0	7.5	8.1	9.6	13.8	6.9	11.9
Dev. St.	8.9	26.4	9.7	10.1	6.6	13.2	10.4	12.1
Max	169.8	395.8	153.1	157.5	101.7	301.7	133.5	158.9
Min	0.3	0.6	1.0	0.6	2.1	2.4	0.6	0.3
25° percentile	3.5	4.2	3.4	3.6	6.0	8.0	2.3	6.2
50° percentile	4.7	6.6	4.7	5.6	8.0	11.1	3.6	9.3
75° percentile	6.8	12.6	7.3	8.9	11.0	15.5	7.1	13.2
95° percentile	16.5	47.7	25.4	20.9	19.3	28.1	22.8	28.7

Per quanto riguarda la distribuzione dei dati disponibili è necessario ricordare che la stazione a mare MAM è stata posizionata in loco a metà del mese di luglio del 2007 ed ha registrato quindi un numero di dati inferiore alle altre stazioni.

Per quanto riguarda i valori medi della torbidità, le due stazioni che presentano i valori più alti sono LIM (14.0 mg/l), davanti alla Bocca di Lido, e la stazione LTP (13.8 mg/l), nel canale di Treporti. Le concentrazioni medie più basse sono state registrate dalle stazioni CHP, all'interno della bocca di Chioggia, e MAM, posizionata all'esterno della Bocca di Malamocco, ma al di fuori della zona più frequentemente interessata dai frangenti e dall'influenza del trasporto litoraneo, entrambe con 6.9 mg/l. Le altre stazioni presentano valori medi compresi tra 7.5 e 11.9 mg/l.

Dalla tabella 2.3 risulta che i valori di torbidità massimi hanno una spiccata variabilità, compresa tra 101.7 e 395.8 mg/l. Il valore massimo, in tutte le stazioni, è stato registrato nel corso dell'evento del 4-7 marzo, durante il quale la velocità media oraria del vento, misurata alla piattaforma oceanografica "Acqua Alta" del CNR-ISMAR di Venezia, si è mantenuta superiore ai 15 m/s per 3 giorni consecutivi, con un picco di 24.2 m/s.

Per quanto riguarda i valori del 25° percentile, che rappresentano con una buona approssimazione le condizioni di assenza di perturbazioni nelle stazioni considerate, è interessante osservare come le stazioni LSA, LTP e MAP, collocate nelle aree all'interno delle bocche di porto, presentino valori (compresi tra 6.0 e 8.0 mg/l) nettamente più elevati delle altre stazioni. La buona corrispondenza fra i valori della stazione a mare LIM (4.2 mg/l) e quelle collocate entro i canali di bocca, ed in particolare con il valore di LMR-2 (3.6 mg/l) e LMR (3.4 mg/l), conferma come la qualità dell'acqua entro le bocche di porto sia prevalentemente influenzata dalle caratteristiche dell'acqua di mare nelle condizioni normali. Nettamente inferiore è il valore registrato della stazione a mare MAM (2.3 mg/l).

Queste stesse considerazioni valgono anche per il 50° percentile che rappresenterebbe le condizioni più frequentemente incontrate e per le quali le concentrazioni nella stazione a mare LIM si discostano solo di poche unità da quelle nelle bocche di porto. I valori delle prime cinque stazioni (inclusa LSA) risultano, infatti, tutti compresi nell'intervallo 4.7-8.0 mg/l, mentre le concentrazioni relative ai siti in laguna LTP e MAP superano in 9 mg/l. La stazione MAM, nuovamente, presenta il valore più basso, pari a 3.6 mg/l.

Il 75% percentile si può considerare, invece, come indicatore dei valori di torbidità relativamente elevati: carico organico particolarmente elevato, come nei periodi tardo-primaverile-estivo, o eventi meteo marini di moderata intensità. È interessante notare come i valori nettamente maggiori si riscontrino nella stazione LTP, ubicata ai margini del canale di Treporti (15.5 mg/l), e nelle due stazioni a mare, MAP (13.2 mg/l) e LIM (12.6 mg/l).

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Infine, la distribuzione del 95° percentile, rappresentativo dei valori estremi legati al verificarsi di eventi meteomarinari intensi, che possono provocare un apprezzabile innalzamento della concentrazione del materiale solido sospeso in laguna, nonché un aumento del trasporto di sedimenti lungo costa con aumenti del carico rilevabili anche nei giorni successivi all'evento, permette di suddividere le stazioni in gruppi omogenei: la stazione a mare LIM presenta il valore nettamente più elevato (47.7 mg/l), mentre le stazioni CHP, LSA, LMR-2 e MAM presentano i valori più bassi (16-23 mg/l circa). Le altre stazioni presentano concentrazioni intermedie (25-29 mg/l).

Per quanto riguarda i due strumenti LMR, posto sul fondo, e LMR-2 posto in superficie nella stessa stazione della bocca di porto di Lido, si evidenzia come i valori di concentrazione relativi allo strumento LMR-2 siano più elevati di LMR (valore medio 8.1 e 7.5 mg/l rispettivamente). Tale situazione non è rimasta identica nel corso dell'anno: durante il periodo primaverile-estivo prevale il carico organico in prossimità della superficie (I e III Rapporto di Valutazione), mentre nel periodo autunno-invernale LMR risentiva maggiormente degli incrementi della concentrazione al fondo in occasione degli eventi meteo marini intensi (II Rapporto di Valutazione).

I parametri statistici significativi dei valori di concentrazione di particolato solido in sospensione misurati nell'ambito dei diversi studi effettuati da CNR-ISMAR, OGS, CORILA e APAT tra il 2001 ed il 2004 (vedi Tabella 3.5, Rapporto Variabilità, Studio B.6.72 B/1) all'interno delle bocche di porto sono confrontabili con i valori ottenuti dalle registrazioni delle stazioni LMR, CHP e MAP, ubicate nel canale di bocca o in aree molto prossime allo stesso.

Tabella 3.5. Parametri statistici significativi dell'insieme dei dati di concentrazione del particolato solido in sospensione (mg/l) misurati nell'ambito di diversi studi effettuati a partire dal 2002 alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

Determinazioni sperimentali 2001-2004	
Ntot	959
Media	12,0
Dev. Std.	13,2
Max.	139,6
Min.	1,2
25° percentile	5,2
50° percentile	8,0
75° percentile	12,6
95° percentile	34,8

Va comunque ricordato che i rilievi eseguiti nelle stazioni fisse nel corso di un anno mettono in evidenza un'elevata variabilità spaziale, peraltro collegata alla variabilità meteorologica intra-annuale: in altre parole, eventi di vento locale elevato o moto ondoso in Adriatico (a cui corrispondono valori elevati di torbidità tendenzialmente più elevati rispettivamente in laguna o in mare) si fanno sentire in modo diverso a seconda della posizione del torbidimetro.

Un altro elemento che può essere rilevante in termini di variabilità spaziale è il possibile diverso effetto del fouling sulle varie sonde. Nel complesso, pertanto, la variabilità spaziale può oscurare la variabilità temporale sul lungo periodo (variabilità interannuale) ed, ancora di più gli eventuali effetti delle opere.

3.2.2 *Analisi dei picchi di torbidità*

Di seguito viene proposta, per ogni stazione, l'analisi dei picchi di torbidità in relazione alla velocità del vento per il periodo maggio 2007 - aprile 2008.

Sono stati presi in considerazione i livelli di torbidità superiori al valore soglia di 30 mg/l [Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto, Studio B.6.72 B/1; Linee guida misure speditive, Studio B.6.72 B/1; Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/1].

Tabella 3.5. Analisi picchi di torbidità durante il periodo maggio 2007 - aprile 2008

Stazione	CHP	LIM	LMR	LMR-2	LSA	LTP	MAM	MAP
Numero condizioni eccezionali con C>30 mg/l	34	137	73	43	43	85	33	88
Numero di eventi CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento	33	79	68	36	30	60	27	60
Numero di eventi la cui causa non è legata alla risospensione da vento	1	58	5	7	13	25	4	28

Come emerge dalla tabella 3.5, la maggior parte dei superamenti del limite di 30 mg/l sono dovuti ad eventi di risospensione del materiale da vento, soprattutto bora e scirocco.

Oltre alla causa, preponderante, del vento sostenuto se ne possono individuare altre, valide solamente per alcune stazioni e per particolari tipologie e durate di eventi:

- l'aumento del trasporto litoraneo e quindi del carico, rilevabile anche nei giorni successivi all'evento scatenante di vento sostenuto, evidente soprattutto presso la stazione a mare LIM;
- eventi di breve o brevissima durata (nell'arco di 1 ora circa) rilevati nelle stazioni all'interno delle bocche di porto ed in laguna possono essere dovuti al passaggio di imbarcazioni di grandi dimensioni (navi da crociera nella bocca di Lido, container nella Bocca di Malamocco) che sono caratterizzate da un pescaggio elevato (superiore ai 9 m.);
- l'attività di dragaggio dei canali alle bocche di porto può portare alla risospensione di materiale nella colonna d'acqua.

È interessante analizzare approfonditamente l'andamento delle concentrazioni del sedimento presso la bocca di porto di Lido nel corso dell'evento meteomarinico del 4-7 marzo (Figure 3.16). Si ricorda che la velocità media oraria del vento, misurata alla piattaforma oceanica "Acqua Alta" del CNR-ISMAR di Venezia, si è mantenuta superiore ai 15 m/s per 3 giorni consecutivi, con un picco di 24.2 m/s.

Mentre la concentrazione rilevata nella stazione a mare LIM, data la sua ubicazione in mare aperto, è scarsamente influenzata dall'andamento della marea, le stazioni nella bocca di porto e quelle interne presentano un comportamento strettamente legato all'evoluzione mareale, che dà luogo ad un trasporto dal mare verso la laguna in fase di marea crescente. Il materiale sospeso raggiunge le varie sonde in tempi diversi, in funzione, ovviamente, alla posizione della stazione stessa; LMR-2, infatti, è la prima stazione che rileva l'aumento della torbidità in acqua, mentre la stazione LTP è l'ultima che viene raggiunta.

Ciascuna stazione interna, quindi, presenta un doppio picco di torbidità ad ogni fase di marea: il principale si ha con marea entrante e riguarda, come detto, il materiale proveniente dal mare; il secondo, di intensità nettamente inferiore, si nota in corrispondenza del minimo di marea ed è provocato dalla risospensione del materiale dei fondali lagunari.

Dalla lettura dei grafici appare evidente come le stazioni LTP ed LMR-2, in maniera minore, presentino nel momento del massimo di marea valori di concentrazione superiori a quelli della

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

stazione LIM. Il motivo di questa evidente differenza non è semplicemente individuabile: probabilmente la stazione LIM non viene investita direttamente dalla corrente litoranea che entra all'interno della bocca di porto ma si trova al di fuori della fascia della zona a maggiore concentrazione, mentre le altre due stazioni possono essere interessate dall'arrivo dei materiali rimossi lungo i litorali e trasportati verso laguna dal flusso di marea. Ciò appare anche nell'immagine ottenuta dall'elaborazione delle foto aeree del MAV scattate in settembre 2007 (Figura 3.17). Per la stazione LTP, che presenta i picchi più alti è inoltre possibile un'influenza legata alla risospensione locale. La stazione LIM rappresenterebbe, quindi, le condizioni tipiche di una stazione di mare aperto, al di fuori della zona di frangente.

CORILA
 ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
 COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

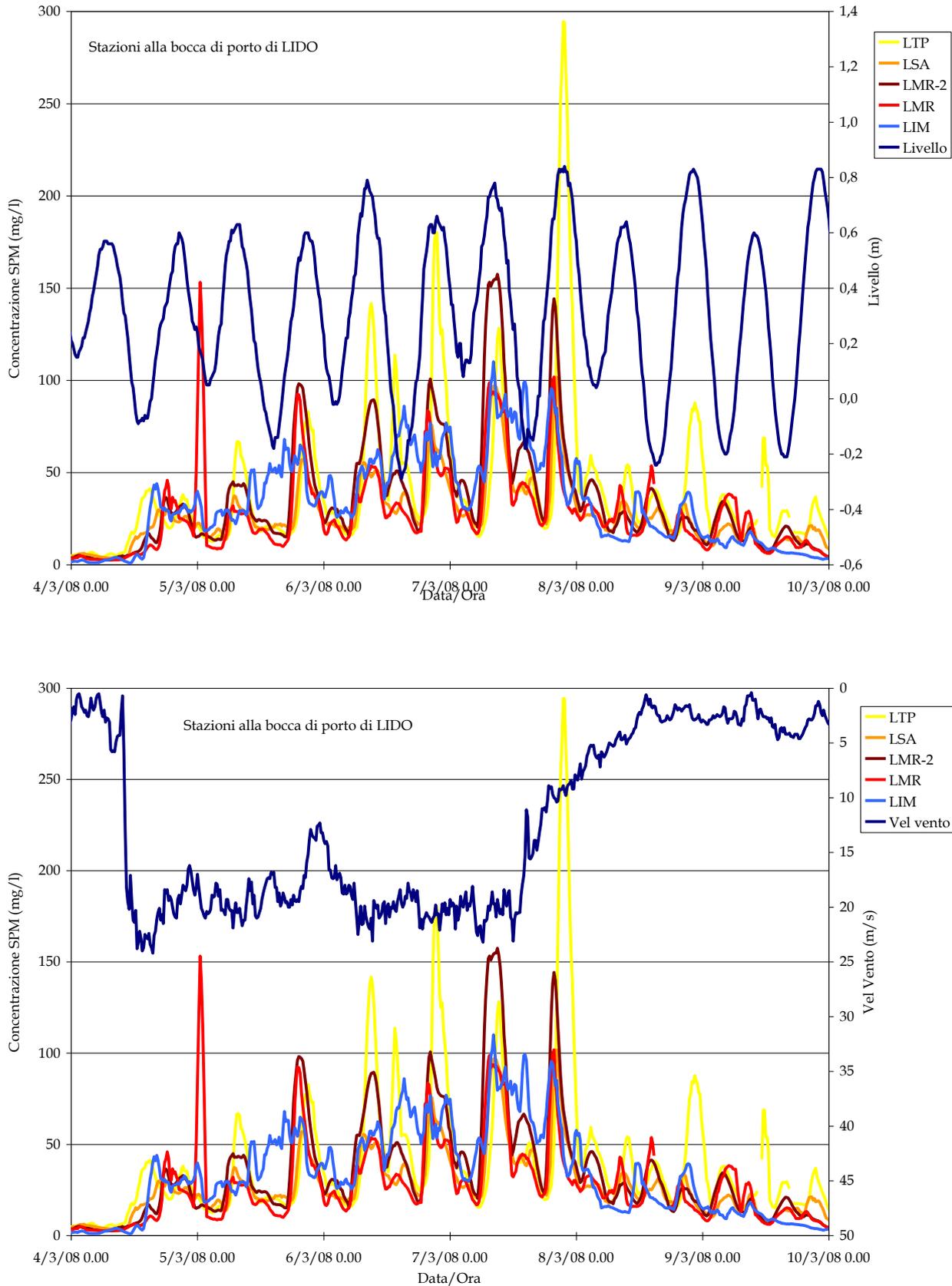


Figura 3.16. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) alle stazioni presso la bocca di porto di Lido nei giorni 4-10 marzo 2008.

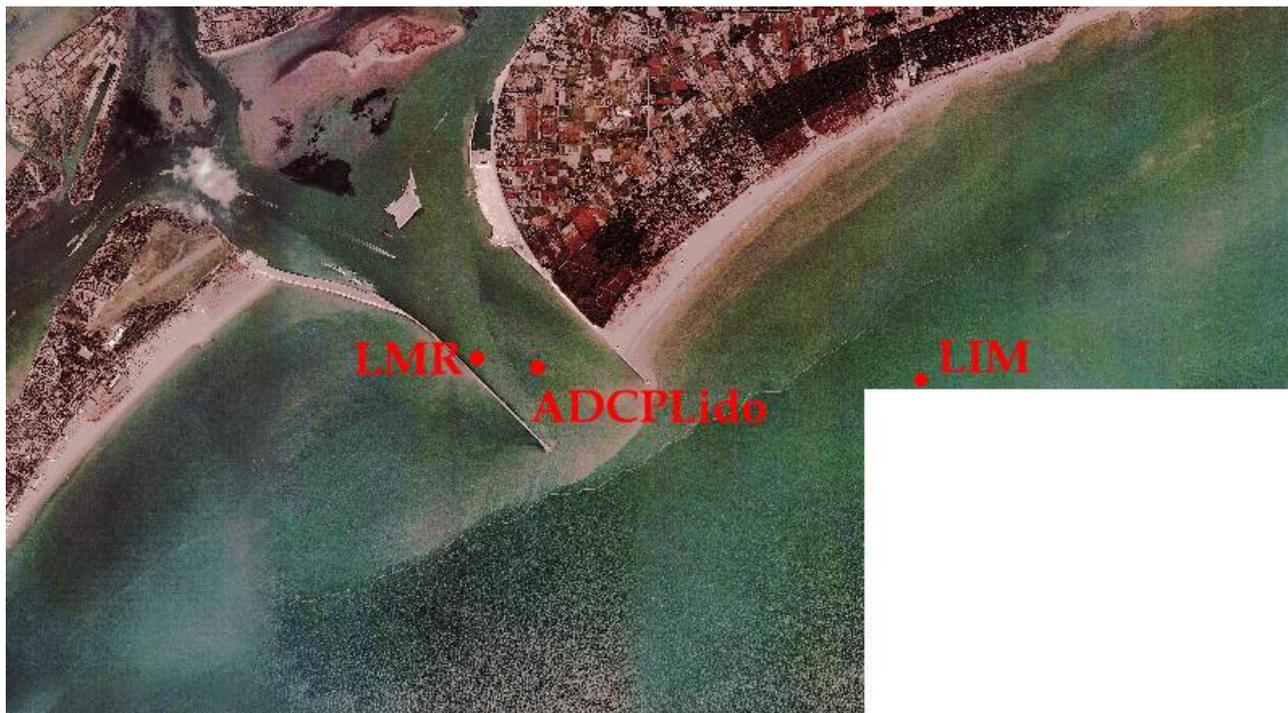


Figura 3.17. Bocca di Lido con, in rosso, la posizione dei torbidimetri LIM, LMR e della sonda ADCP.
Elaborazione foto volo MAV settembre 2007.

3.2.3 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche

L'obiettivo del monitoraggio è stato sia quello di acquisire i valori di torbidità di fondo ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio sia quello di verificare la dispersione della torbidità generata dalle draghe. Il pennacchio (plume) di materiale risospeso dai mezzi di scavo operanti nelle aree di cantiere nel periodo di misura non presenta un'estensione tale da interessare significativamente le stazioni fisse per la registrazione della torbidità. Il plume generato dalle draghe è stato monitorato dalla strumentazione montata su imbarcazione e segnalato nei rapporti di campagna.

Presso la bocca di Malamocco le attività in corso erano quelle nel bacino di evoluzione prospiciente all'area di prefabbricazione dei cassoni (Syncrolift) e nel canale, per la livellazione del fondale. Il monitoraggio del secondo anno [Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/2] ha confermato il modesto impatto in termini di aumento del materiale solido in sospensione provocato dalla draga idrorefluente nel bacino di evoluzione, nonché un rilascio di materiale solido abbastanza discontinuo attraverso l'apertura esistente nel bacino di refluitamento, in relazione all'attività di scavo. Infatti, la torbidità prodotta nel bacino di evoluzione, nei periodi monitorati, rimane generalmente confinata all'interno dello stesso che, essendo un bacino quasi chiuso, è stato interessato solo in modo molto limitato dalla dispersione dovuta alla corrente di marea, anche se, in alcuni casi, si possono osservare delle fuoriuscite (Figura 3.18).



Figura 3.18. Bocca di Malamocco con, in rosso, la posizione del torbidimetro MAP e della sonda ADCP.
Elaborazione foto volo MAV settembre-ottobre 2007.

Presso la bocca di Chioggia, nel periodo indagato, non erano presenti importanti operazioni di scavo; solo una o due draghe con benna a grappolo erano operanti in area confinata all'interno del Porto rifugio lato mare.

Per il periodo corrispondente all'intervallo maggio 2007 - aprile 2008 sono stati resi disponibili dalla Direzione Lavori gli orari di lavoro ed i volumi scavati per le seguenti opere:

- Bocca di Lido: dal 1/05/07 al 6/07/07;

OP/299: dal 6/11/2007 al 21/12/1007,

OP/353: dal 30/11/2007 al 23/01/2008,

OP/359-2: dal 15/02/2009 al 31/03/2008,

OP/388-2: dal 10/03/2008 al 31/03/2008,

OP/389-1: dal 13/03/2008 al 31/03/2008,

OP/410-1: dal 1/03/2008 al 26/03/2008.

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

- Bocca di Malamocco: OP/413-1: dal 4/05/07 al 28/09/07,
 OP/414: dal 20/06/07 al 20/07/07;
 OP/373-2: dal 21/11/07 al 31/03/2008,
 OP/413-1: dal 05/10/2007 al 31/03/2008,
 OP/414-1: dal 1/10/2007 al 27/02/2008.
- Bocca di Chioggia: OP/ 334: dal 1/05/07 al 3/08/07,
 OP/357-2A: dal 9/06/07 al 28/03/2008.

4. FLUSSI NETTI DI SEDIMENTI NELLA BOCCA DI LIDO E GRADIENTI DI CONCENTRAZIONE INTERMAREALE

Per le valutazioni che seguono sono state utilizzate le registrazioni in continuo effettuate per mezzo di una piccola rete di torbidimetri ottici installati da CORILA (vedi Figura 3.1), i quali hanno funzionato in modo praticamente ininterrotto da aprile 2005 a maggio 2008.

Al momento della redazione del presente Rapporto non erano ancora stati elaborati i dati di portata relativi ai correntometri fissi posti sul fondo della tre bocche di porto, utili per distinguere le condizioni di flusso e riflusso della corrente nelle bocche. Pertanto l'analisi che segue è riferita al solo periodo aprile 2005 a maggio 2007.

I risultati delle registrazioni eseguite sulla rete di torbidimetri ottici indicati nella Fig 3.1 sono sintetizzati nelle Tabelle 4.1 e 4.2. La tabella 4.1 riporta le concentrazioni medie misurate nel periodo aprile 2005-maggio 2007, riferite a quattro differenti condizioni di vento.

La tabella 4.2 riporta, per le stesse condizioni di vento, le rispettive differenze fra i valori medi, distinti fra condizioni di riflusso e di flusso. Le durate di ciascuna specifica condizione di vento sono indicate fra parentesi nelle stesse tabelle.

Tabella 4.1. Concentrazione intermareale

		C _{MEDIA} NO VENTO (mg/l)		C _{MEDIA} BORA (mg/l)		C _{MEDIA} ALTRI VENTI (mg/l)		C _{media} TUTTO INSIEME (mg/l)	
LIDO	LIM	8,8	(65%)	83,9	(7%)	23,5	(28%)	18,4	(100%)
	LMR	6,0	(66%)	22,7	(6%)	8,4	(27%)	7,7	(100%)
	LMR-2	7,8	(71%)	19,2	(4%)	10,6	(25%)	9,0	(100%)
	LSN	14,8	(65%)	33,1	(6%)	18,9	(28%)	17,1	(100%)
	LSA	16,1	(70%)	35,2	(5%)	18,6	(25%)	17,6	(100%)
	LTP	13,7	(67%)	28,7	(7%)	17,9	(26%)	15,8	(100%)
MALAM.	MAM	8,1	(61%)	59,1	(9%)	14,9	(30%)	14,6	(100%)
	MAP	6,7	(68%)	18,8	(6%)	9,2	(26%)	8,1	(100%)
CHIOGGIA	CHM	17,8	(64%)	149,6	(8%)	34,2	(28%)	32,8	(100%)
	CHP	6,3	(68%)	30,6	(7%)	9,8	(26%)	8,8	(100%)

Tabella 4.2. Differenza dei valori medi in flusso e riflusso

		C _{R-CF} NO VENTO (mg/l)		C _{R-CF} BORA (mg/l)		C _{R-CF} ALTRI VENTI (mg/l)		C _{R-CF} TUTTO INSIEME (mg/l)	
LIDO	LMR	1,4	(66%)	-6,5	(6%)	0,3	(27%)	0,6	(100%)
	LMR-2	2,5	(71%)	-7,9	(4%)	0,4	(25%)	1,5	(100%)
	LSN	1,8	(65%)	-1,7	(6%)	0,0	(28%)	1,1	(100%)
	LSA	1,1	(70%)	-5,2	(5%)	0,3	(25%)	0,6	(100%)
	LTP	1,3	(67%)	-9,9	(7%)	-2,9	(26%)	-0,6	(100%)
MALAM	MAP	0,2	(68%)	4,6	(6%)	0,7	(26%)	0,6	(100%)
CHIOGGIA	CHP	-0,2	(68%)	3,8	(7%)	1,0	(26%)	0,4	(100%)

I risultati sono stati presentati come contributo del presente progetto alla XXVI Giornata dell'ambiente, Convegno sulla Salvaguardia di Venezia e della sua laguna in ricordo di Enrico

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Marchi, svoltasi a Roma, Accademia Nazionale dei Lincei, il 5 giugno 2008, organizzato col contributo del CORILA. È stato redatto l'articolo di G. Di Silvio: "Flussi netti di sedimenti nella bocca di lido e gradienti di concentrazione intermareale". Si riportano di seguito le conclusioni dell'articolo stesso.

Nonostante le diverse cause d'incertezza che non permettono precise valutazioni quantitative, è possibile estrarre dalle registrazioni in continuo dei torbidimetri ottici le seguenti considerazioni generali e di tendenza.

I tre bacini di Lido, Malamocco e Chioggia appaiono tutti e tre complessivamente soggetti a perdite nette di sedimenti. Tuttavia l'estrema laguna settentrionale, alimentata dal canale di Treporti, parrebbe attualmente soggetta a un flusso netto di sedimenti entrante, mentre la laguna centrale, alimentata dai canali di S. Nicolò e S. Erasmo appare nel complesso ancora in perdita. L'ordine di grandezza del flusso netto entrante a Treporti può stimarsi pari a 50.000 t/anno, mentre quello del flusso uscente da S. Nicolò e S. Erasmo in totale pari a 100.000 t/anno. La perdita dei due bacini di Chioggia e di Malamocco, fornita dai due unici torbidimetri ottici presenti, risulta assai inferiore per entrambi, rispettivamente pari a 10.000 e 20.000 t/anno.

Il comportamento della bocca di Lido appare diverso da quello di Malamocco e Chioggia anche per quanto riguarda il flusso netto in presenza di bora. Nei bacini della laguna meridionale, il vento di bora determina la risospensione dei sedimenti prevalentemente all'interno della laguna, aumentando pertanto il flusso netto in uscita. Al contrario, in corrispondenza alla bocca di Lido, la bora favorisce principalmente la risospensione in mare, con conseguente maggior flusso netto entrante, sia verso Treporti, sia verso S. Nicolò e S. Erasmo. Per quanto riguarda gli altri venti, in tutti i bacini il loro effetto è quello di aumentare la risospensione dei sedimenti all'interno della laguna e quindi a favorire il flusso in uscita. L'unica eccezione in questo caso è l'estrema laguna settentrionale ove tutti i venti producono un incremento del flusso in ingresso.

Oltre ai flussi netti, un'utile indicazione fornita dai torbidimetri è anche quella dei flussi mareali (alternati) di sedimenti (sia in ingresso sia in uscita) in corrispondenza agli eventi di bora. Si potrebbero infatti considerare opportune manovre delle paratoie mobili del MOSE per la gestione dei sedimenti risollevari in mare e/o in laguna nel corso di questi eventi. Poiché l'ordine di grandezza della concentrazione durante tali eventi nelle bocche è dell'ordine di 30 mg/l (cioè circa 50 volte superiore alla differenza media annuale fra le concentrazioni in flusso e riflusso) e la durata degli eventi di bora è circa il 5% della durata totale, si potrebbe pensare di catturare (durante la fase di flusso) e di trattenere (durante la fase di riflusso) volumi di sedimenti che potrebbero arrivare in linea di principio fino a $0,05 \times 50 = 2,5$ volte le attuali perdite.

5. CONCLUSIONI

Nel corso dell'ultimo anno di attività (maggio 2007-aprile 2008) sono proseguite le operazioni di controllo della torbidità alle bocche di porto, come possibile effetto della costruzione delle opere alle bocche lagunari. Tuttavia, non essendo stata effettuata, durante quest'anno, alcuna operazione di dragaggio con dispositivi idrorefluenti a sfioro ma solo con draghe a benna, i corrispondenti effetti sulla torbidità naturale delle bocche sono risultati piuttosto contenuti e comunque nell'ambito della variabilità già descritta nelle precedenti fasi del monitoraggio.

L'attività di rilevamento e di elaborazione dei dati in questo periodo ha avuto per oggetto il miglioramento delle conoscenze sul trasporto solido sospeso in condizioni "indisturbate". I risultati ottenuti riguardano la granulometria del materiale sospeso in un certo numero di condizioni di marea e di moto ondoso, ed alcune valutazioni o stime dei flussi di sedimento attraverso le tre bocche, tenendo presenti gli effetti del sollevamento del materiale da parte del moto ondoso sia in laguna che in mare.

Sebbene di notevole interesse, tali risultati rappresentano solo un quadro estremamente preliminare delle condizioni indisturbate, mettendo in evidenza la necessità di altre misure dello stesso tipo da condurre in differenti condizioni meteomarine, e soprattutto la necessità di un confronto e integrazione con altre informazioni prodotte nell'ambito di vari progetti, alcuni dei quali condotti dallo stesso CORILA.

6. BIBLIOGRAFIA

Casamitjana, X., Serra, T., Soler, M. and Colomer, J. 2002. A study of the evolution of the particle boundary layer in a reservoir, using laser particle sizing, *Water Research*, 36, 4293-4300.

Dal Monte L., Di Silvio G.: Sediment concentration in in tidal lagoons. A contribution to long-term morphological modelling, *J of Marine System* vol 51, Issues 1-4, Nov. 2004, pages 243-255.

Di Silvio G., 2008. Flussi netti di sedimenti alle bocche e gradienti di concentrazione intermareale, XXVI Giornata dell'ambiente, Convegno sulla Salvaguardia di Venezia e della sua laguna in ricordo di Enrico Marchi, Accademia Nazionale dei Lincei, 5 giugno 2008.

Fugate, D.C. and Friedrichs, C.T. 2002. Determining concentration and fall velocity of estuarine particle populations using ADV, OBS and LISST, *Continental Shelf Research*, 22, 1867-1886.

Gartner, J.W., Cheng, R.T., Wang, P. and Richter, K. 2001. Laboratory and field evaluations of the LISST-100 instrument for suspended particle size determinations, *Marine Geology*, 175, 199-219.

Hecht, E. 1987. Optics, 2nd edition. Addison Wesley.

Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005

Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005

InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995

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

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari". Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. Disciplinare Tecnico, Venezia, Settembre 2004

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto. Matrice: Acqua. Venezia, Settembre 2005

Magistrato alle Acque. "Studio B.6.72 B/1 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari". Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. Rapporto di valutazione, periodo di riferimento: da inizio lavori a dicembre 2005. Matrice: Acqua. Venezia, Gennaio 2006

Magistrato alle Acque. "Studio B.6.72 B/1 Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari". Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. Rapporto Variabilità. Matrice: Acqua. Venezia, Novembre 2006

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. Campagna intensiva validazione modello, bocca di porto di Lido e di Chioggia. Matrice: Acqua. Venezia, Dicembre 2006

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. Linee guida misure speditive. Matrice: Acqua. Venezia, Dicembre 2006

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA, Rapporto Finale. Matrice: Acqua. Venezia, Dicembre 2006

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Disciplinare Tecnico. Matrice: Acqua. Venezia, Febbraio 2006

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Disciplinare Tecnico. Matrice: Acqua. Venezia, Febbraio 2006

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Rapporto di valutazione: da maggio 2006 ad aprile 2007, macroattività: misure granulometriche del particolato sospeso eseguite in situ nella colonna d'acqua. Matrice: Acqua. Venezia, Maggio 2007

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Rapporto Finale. Matrice: Acqua. Venezia, Luglio 2007

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Disciplinare Tecnico. Matrice: Acqua. Venezia, Febbraio 2007

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. I Rapporto di Valutazione. Matrice: Acqua. Venezia, Settembre 2007

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. II Rapporto di Valutazione. Matrice: Acqua. Venezia, Gennaio 2008

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Relazione campagna Chioggia 15-19Ottobre2007. Matrice: Acqua. Venezia, Gennaio 2008

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Relazione campagna Malamocco 19-23Novembre2007. Matrice: Acqua. Venezia, Aprile 2008

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Relazione campagna Lido 3-7Marzo2008. Matrice: Acqua. Venezia, Aprile 2008

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Rapporto campagna Malamocco 26Feb-1Mar2008. Matrice: Acqua. Venezia, Maggio 2008

Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova – Esecutore CORILA. Rapporto campagna Lido 14-18Aprile2008. Matrice: Acqua. Venezia, Giugno 2008

CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCHE LAGUNARI

- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. Rapporto campagna Malamocco 14-18Aprile2008. Matrice: Acqua. Venezia, Luglio 2008
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA. III Rapporto di Valutazione. Matrice: Acqua. Venezia, Maggio 2008
- McCandliss, R.R., Jones, S.E., Hearn, M., Latter, R. and Jago, C.F. 2002. Dynamics of suspended particles in coastal waters (southern North Sea) during a spring bloom, *Journal of Sea Research*, 47, 285-302.
- Middleton, G. V. 1976. Hydraulic interpretation of sand size distribution, *Journal of Geology*, 84, 405-426.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2000. In situ particle size spectra and density of particle aggregates in a dredging plume, *Marine Geology*, 170, 443-459.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2001. The use of a LISST-100 laser particle sizer for in-situ estimates of floc size, density and settling velocity, *Geo-Marine Letters*, 20, 187-195.
- Sequoia Scientific Inc., 2004. LISST-100X Particle Size Analyzer, User's Manual, Version 4.60, p. 76.
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios, *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- Simionato F. "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
- Traykovski, P., Latter, R.J. and Irish, J.D. 1999. A laboratory evaluation of the laser in situ scattering and transmissometry instrument using natural sediments, *Marine Geology*, 159, 355-367.
- Visher, G. S. 1969. Grain size distributions and depositional processes, *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 1074-1106.
- Voulgaris, G. and Meyers, S. 2004. Temporal variability of hydrodynamics, sediment concentration and sediment settling velocity in a tidal creek, *Continental Shelf Research*, 24, 1659-1683.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments, *Journal of Geology*, 30, 377-392.