



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/7**

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

Documento **MATRICE: ACQUA
RAPPORTO FINALE**

Versione **1.0**

Emissione **1 Luglio 2012**

Redazione

Verifica

Approvazione

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Prof. Giampaolo Di Silvio Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE.....	4
1.1 Introduzione sulle campagne di misura.....	4
1.2 Sommario delle campagne di misura effettuate.....	5
2. VARIAZIONI DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI SOLIDI SOSPESI. PORTATA E VELOCITA' MEDIE. RAFFRONTI DEI DATI ACQUISITI DURANTE I PIANI DI MONITORAGGIO B6 E B7.....	22
2.1 Campagne di Monitoraggio: bocca di porto di Lido	22
2.1.1 Distribuzione dimensionale dei sedimenti	22
2.1.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione	24
2.1.3 Concentrazione del particolato solido in sospensione	26
2.1.4 Misure ADCP: idrodinamica e concentrazione solidi sospesi	28
2.2 Campagne di Monitoraggio: bocca di porto di Malamocco	29
2.2.1 Distribuzione dimensionale dei sedimenti.....	29
2.2.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione	31
2.2.3 Concentrazione del particolato solido in sospensione	33
2.2.4 Misure ADCP: idrodinamica e concentrazione solidi sospesi	35
2.3 Campagne di Monitoraggio: bocca di porto di Chioggia.....	36
2.3.1 Distribuzione dimensionale dei sedimenti.....	36
2.3.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione	38
2.3.3 Concentrazione del particolato solido in sospensione	40
2.3.4 Misure ADCP: idrodinamica e concentrazione solidi sospesi	42
3 INDAGINE DETTAGLIATA SULLA DISTRIBUZIONE E SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI SOSPESI IN SEZIONI DI INTERESSE	43
3.1 Sommario delle campagne di misura effettuate.....	43
3.2 Condizioni mareali riscontrate durante le attività di misura	43
3.3 Condizioni meteorologiche riscontrate durante le attività di misura	45
3.4 Caratteristiche granulometriche e concentrazione del particolato solido in sospensione alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.....	47
3.5 Caratteristiche del campo di velocità.....	53
3.6 Analisi del campo di corrente lungo le sezioni 80-82 (Lido), DN-DS (Malamocco) e C2A-C2B (Chioggia).....	55
4 INDAGINE DEL MECCANISMO DEL TRASPORTO SOLIDO IN SOSPENSIONE E AL FONDO.....	59

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

4.1 Attività di misura.....	59
4.2 Condizioni mareali riscontrate durante le attività di misura	60
4.3 Condizioni meteorologiche riscontrate durante le attività di misura	62
4.4 Studio sulla distribuzione e sulle caratteristiche dei materiali solidi sospesi e del trasporto al fondo.....	63
5. CAMPAGNE DI MISURA PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE A PRATERIE A FANEROGAME.....	68
6. RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO.....	72
6.1 La rete di stazioni fisse	72
6.2 Analisi dei dati	79
6.3 Serie temporali della torbidità/SPM.....	87
6.4 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità	123
6.5 Attività di scavo nel periodo considerato.....	134
6.6 Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite negli anni di monitoraggio	135
6.7 Struttura dell'archivio dei dati.....	140
7. CONCLUSIONI	141
BIBLIOGRAFIA.....	142

Al presente documento e alle attività di monitoraggio/elaborazione dati hanno collaborato:

C. Dall'Angelo (CORILA- Venezia)

L. Dametto (ISMAR – CNR, Venezia)

G. Di Silvio (IMAGE – UNIPD)

R. Fiorin (LagunaProject)

G. Lorenzetti (ISMAR – CNR, Venezia)

G. Manfè (ISMAR – CNR, Venezia)

F. Riccato (LagunaProject)

L. Zaggia (ISMAR – CNR, Venezia)

1. INTRODUZIONE

Le attività di monitoraggio oggetto del presente studio sono sostanzialmente una prosecuzione per ulteriori 12 mesi (Maggio 2011 – Aprile 2012) delle attività di monitoraggio degli studi B.6.72 B/1 fino a B.6.72 B/6. Per molti parametri ambientali considerati è apparso necessario continuare le rilevazioni in maniera del tutto analoga a quella effettuata nei 12 mesi precedenti. Sono state tuttavia previste, come per la matrice ambientale qui considerata, alcune variazioni/aggiornamenti rispetto il piano precedente per ottimizzare il monitoraggio con le attività previste nei cantieri.

Il Disciplinare Tecnico dello Studio B.6.72 B/7, come i precedenti, ha previsto specifiche attività per il monitoraggio dei parametri diretti, cioè di quei parametri per i quali esiste una relazione sufficientemente chiara di causa-effetto tra disturbo generato dalle attività di cantiere e impatto prodotto e che possono evidenziare rapidamente una situazione di stress.

Tra i parametri diretti considerati è stata inserita appunto la torbidità generata dalle operazioni di dragaggio. Le attività alle 3 bocche di porto vengono intese sia come monitoraggio della torbidità prodotta direttamente dalle attività di cantiere (monitoraggio alla sorgente, in periodi prestabiliti al fine di caratterizzare le diverse condizioni operativi del cantiere e analisi granulometriche del particolato) sia come caratterizzazione del particolato sospeso (valutazione “mediata” del trasporto solido alle bocche, con misurazioni in continuo al fine di valutare il trasporto solido operato dai cicli di m,area).

Al tal fine è stato ripreso il monitoraggio con 4 torbidimetri fissi alla bocca di Lido (il monitoraggio era stato interrotto negli ultimi due anni in quanto non erano presenti attività di dragaggio). Il numero delle campagne per il monitoraggio della produzione della torbidità sono diminuite rispetto il precedente monitoraggio (da 18 a 10) e sono state utilizzate 6 giornate di misura per la caratterizzazione della distribuzione granulometrica delle sezioni di interesse e per l’indagine del meccanismo del trasporto solido al fondo. La novità introdotta nel piano di monitoraggio B7/ sono le 3 giornate di misure correntometriche di dettaglio per l’approfondimento delle caratteristiche delle aree occupate da fanerogame.

1.1 Introduzione sulle campagne di misura

Nei pressi delle tre bocche di porto della laguna di Venezia sono state effettuate durante il biennio 2011/2012 numerose campagne volte allo studio delle condizioni idrodinamiche e alla caratterizzazione del particolato solido sospeso durante differenti condizioni mareali e meteo-marine.

Le campagne svolte sono state programmate secondo differenti tipologie focalizzando l’attenzione sui differenti aspetti che in sede di organizzazione dei lavori si sono evidenziati per interesse e importanza. Tali tipologie si possono schematicamente riassumere in:

1. Campagne di monitoraggio: le attività sperimentali si sono svolte coprendo l’intero spazio marittimo della bocca di porto con misurazioni correntometriche lungo più sezioni di interesse ed effettuando le calate di prelievo sui punti notevoli individuati nelle stesse sezioni. Di volta in volta si è inoltre puntato l’interesse sulle differenti problematiche e situazioni particolari che durante la campagna si sono manifestate. Sono state effettuate 4 campagne del tipo “monitoraggio”, ciascuna identificata con una sigla specifica: L1B7 effettuata presso la bocca di porto di Lido nel Ottobre 2011, L2B7 svolta nell’Novembre 2011 alla bocca di porto di Lido, M1B7 eseguita nel Dicembre 2011 alla bocca di porto di Malamocco e C1B7 effettuata nel Marzo 2012 alla bocca di porto di Chioggia.

2. Studio sezioni di interesse: le misurazioni effettuate sono state incentrate su una singola sezione all'interno di ciascuna bocca di porto per caratterizzarne al meglio le condizioni idrodinamiche e di trasporto solido. Le campagne effettuate sono: LSB7 eseguita nel Novembre 2011 a Lido, MSB7 svolta nel Dicembre 2011 a Malamocco e CSB7 effettuata a Marzo 2012 a Chioggia.
3. Studio della distribuzione e delle caratteristiche dei materiali solidi sospesi e del trasporto al fondo: nel corso delle attività sono stati approntati dei campi sperimentali al fine di valutare le caratteristiche del trasporto solido in sospensione ed in prossimità del fondo. Le campagne interessate sono tre: TFCHB7 eseguita presso la bocca di porto di Chioggia il 17 Aprile 2012, TFMAB7 svolta il 18 Aprile 2012 presso la bocca di porto di Malamocco e TFLIB7 svolta il 19 Aprile 2012 presso la Bocca di Porto di Lido.

Per le attività "monitoraggio" e "sezioni di interesse" le campagne sono state svolte utilizzando la strumentazione ADCP *vessel-mounted* per la registrazione delle caratteristiche idrodinamiche delle correnti (magnitudo e direzione) e per la rilevazione del *backscatter*. La misurazione dei parametri fondamentali per la caratterizzazione chimico-fisica del mezzo investigato (temperatura, salinità, conducibilità e torbidità) è avvenuta mediante sonda multiparametrica Idronaut® CTD OS 316 *Plus* fissata solidalmente al campionatore Rosette per mezzo del quale sono stati raccolti i campioni alle differenti profondità utili per la calibrazione del segnale di *backscatter*.

Le attività di laboratorio, necessarie per caratterizzare i campioni dal punto di vista della concentrazione del particolato sospeso e delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti, sono state effettuate utilizzando rispettivamente le tecniche consuete quali la perdita di peso dopo essiccazione a 105 ° C e lo strumento LISST-100X (*Laser In-Situ Scattering and Transmissometry*).

Per quanto riguarda le attività di misura effettuate durante le campagne per la determinazione del "trasporto solido", è stata utilizzata una metodologia di indagine particolare. L'attività di campagna è stata condotta utilizzando il profilatore acustico ADCP 600 kHz montato sull'imbarcazione Corila (*vessel-mounted*) per la misurazione dell'intensità della corrente idrica lungo la colonna d'acqua, le trappole *Helley-Smith* per il campionamento del sedimento operate dall'imbarcazione Corila e il profilatore acustico ADCP 1200 kHz immerso dall'imbarcazione LITUS e posizionato su una struttura metallica in prossimità del fondo, per l'acquisizione del *bottom tracking* per registrare l'eventuale movimento relativo dello strato superficiale del sedimento del fondo.

Per quanto riguarda il controllo delle attività delle imbarcazioni impegnate in dragaggio e scarico pietrame e quindi della torbidità prodotta, non si è evidenziata alcuna criticità che potesse alterare l'equilibrio degli ecosistemi lagunari prossimi alle zone di cantiere; si rimanda alla reportistica specifica per i dettagli.

1.2 Sommario delle campagne di misura effettuate

Di seguito vengono riportati il numero di transetti effettuati, i profili eseguiti mediante sonda multiparametrica, il numero di prelievi d'acqua e, nel caso del trasporto al fondo, anche il numero di acquisizioni mediante le due strumentazioni ADCP e mediante il LISST effettuate durante tutte le attività eseguite nelle tre bocche di porto relativamente allo studio B.6.72 B/7.

I numeri che caratterizzano le attività di campagna (Tabella 1.4) sono particolarmente importanti e rispecchiano un notevole impegno sia in termini di lavoro, con 158 ore-uomo di effettiva operatività in campo, sia in termini di quantità di informazioni raccolte: 318 transetti ADCP, 197 profili CTD, 10 profili con trappole *Helley-Smith* utilizzate durante le campagne dedicate al trasporto solido, 574 campioni d'acqua e 63 di sedimento raccolti per le analisi granulometriche e per la stima dei solidi sospesi. In totale sono stati indagati 20 calanti di marea, 9 crescenti.

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

Il numero delle rilevazioni ed i molteplici scenari indagati hanno permesso di ricostruire almeno in parte le dinamiche che di volta in volta si manifestano all'interno delle bocche di porto in relazione alle importanti attività di cantieristica legate alla realizzazione delle opere per la difesa dalle acque alte.

CORILA

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

Tabella 1.1. Attività svolte durante le campagne di monitoraggio presso le bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

GIORNO	ORARIO (UT)	Transetti ADCP	N. PROFILI CTD	N. CAMPIONI
Campagna L1B7				
25/10/2011	09.00 - 15.00	28	10	25
26/10/2011	10.00 - 13.00	20	8	15
27/10/2011	10.00 - 14.00	33	8	20
Campagna L2B7				
7/11/2011	08.00 - 12.00	25	10	27
8/11/2011	09.00 - 12.00	21	8	20
11/11/2011	09.00 - 13.00	19	6	15
Campagna M1B7				
5/12/2011	07.00 - 14.00	19	10	30
6/12/2011	07.00 - 14.00	17	9	27
Campagna C1B7				
07/03/2012	09.00 - 16.00	24	8	20
08/03/2012	09.30 - 16.30	21	7	18

Tabella 1.2. Attività svolte durante le campagne di indagine sezioni di interesse presso le bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

GIORNO	ORARIO (UT)	Transetti ADCP	N. PROFILI CTD	N. CAMPIONI	MAREA
Campagna indagine sezioni LSB7					
28/10/2011	06.30 - 11.30	24	16	44	CR
Campagna indagine sezioni MSB					
07/12/2012	08.00 - 13.00	15	8	24	CL
Campagna indagine sezioni CSB7					
06/03/2012	09.00 - 15.00	12	6	17	CL

CORILA

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

Tabella 1.3. Attività svolte durante le campagne di indagine del trasporto solido al fondo presso le bocche di porto di Lido, Chioggia e Malamocco.

GIORNO	ORARIO (UT)	N. ACQUISIZIONI	N. PROFILI con trappole Helley-Smith	N. CAMPIONI
Campagna Trasporto al fondo TFCHB7				
17/04/2012	08.00 - 14.00	1 acq. ADCP 600kHz 1 acq. ADCP 1200 kHz	4 completi (16 lanci)	16 campioni (trappole) 9 campioni (campionatore)
Campagna Trasporto al fondo TFMAB7				
18/04/2012	09.00 - 14.00	1 acq. ADCP 600 kHz 1 acq. ADCP 1200 kHz	3 completi (12 lanci)	12 campioni (trappole) 8 campioni (campionatore)
Campagna Trasporto al fondo TFLIB7				
19/04/2012	09.00 - 14.00	1 acq. ADCP 600kHz 1 acq. ADCP 1200 kHz	2 completi (8 lanci)	8 campioni (trappole) 6 campioni (campionatore)

Tabella 1.4. Attività svolte durante le misure correntometriche di dettaglio per l'approfondimento delle caratteristiche delle aree occupate da fanerogame.

GIORNO	ORARIO (UT)	Acquisizioni con correntometro elettromagnetico s4	Transetti ADCP 600 kHz	Transetti ADCP 1200 kHz	Percorsi Lagrangian Drogues	Profili con Micromulinello OTT
09 - 10 Novembre 2012						
09/11/2012	08.00 - 16.00	17 *				
10/11/2012	08.00 - 16.00	27 *				
22 Dicembre 2011						
22/12/2011	05.30 - 14.00	3 **	26	7	7	
16 Aprile 2012						
16 Aprile	11.00 - 18.00	2 **	8			5
TOTALE		49	34	7	38	5

* Acquisizione mediante profili verticali

**Acquisizione in posizione fissa

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

In Figura 1.1, Figura 1.2 e Figura 1.3 si riportano le mappe rispettivamente per le campagne L1B7 e L2B7, M1B7 e C1B7. Ogni mappa riporta i punti notevoli oggetto di indagine durante le operazioni di misura. Inoltre sono tracciate le rotte dei transetti per le misure correntometriche. Si osservi che rispetto le operazioni di monitoraggio effettuate per lo studio B.6.72 B/6 sono state aumentate le indagini nei pressi delle aree dei recessi di barriera, soprattutto presso la bocca di Lido, con 4 sezioni nell'introno dell'Isola Nuova, e di Chioggia.

Nella Figura 1.4, Figura 1.5 e Figura 1.6 sono riportati i transetti e i punti notevoli delle campagne sulle sezioni di interesse mentre in Figura 1.7, Figura 1.8 e Figura 1.9 i tre punti in cui sono state effettuate le misurazioni per la stima del trasporto solido in sospensione e al fondo.

Nei capitoli successivi verranno trattati sinteticamente alcuni degli aspetti salienti riscontrati durante le operazioni di monitoraggio presso le tre bocche. Saranno presentati alcune osservazioni integrate tra i dati raccolti durante le attività dello studio B.6.72 B/7 e dello studio B.6.72 B/6; le principali caratteristiche, in termini dimensionali e di quantitativi, dei sedimenti trasportati dalle correnti attraverso le tre bocche di porto e alcune considerazioni su quelle che sono le caratteristiche del campo di moto idrodinamico nei canali di bocca e nei pressi dei bassi fondali adiacenti l'isola di Sant'Andrea.

Per la trattazione specifica di ogni aspetto si rimanda alla corposa reportistica prodotta durante le attività di monitoraggio dello studio B.6.72 B/7.



Figura 1.1. Posizione dei punti notevoli, sezioni d'interesse e transetti della campagna di monitoraggio (L1B7 e L2B7) effettuata nella bocca di porto di Lido il 25, 26 e 27 Ottobre 2011 (L1B7) e 7, 8 e 11 Novembre 2011 (L2B7).



Figura 1.2. Posizione dei punti notevoli, sezioni d'interesse e transetti della campagna di monitoraggio (M1B7) effettuata nella bocca di porto di Malamocco il 5 e 6 Dicembre 2011.



Figura 1.3. Posizione dei punti notevoli e transetti della campagna di monitoraggio (C1B7) effettuata nella bocca di porto di Chioggia il 7 e 8 Marzo 2012.

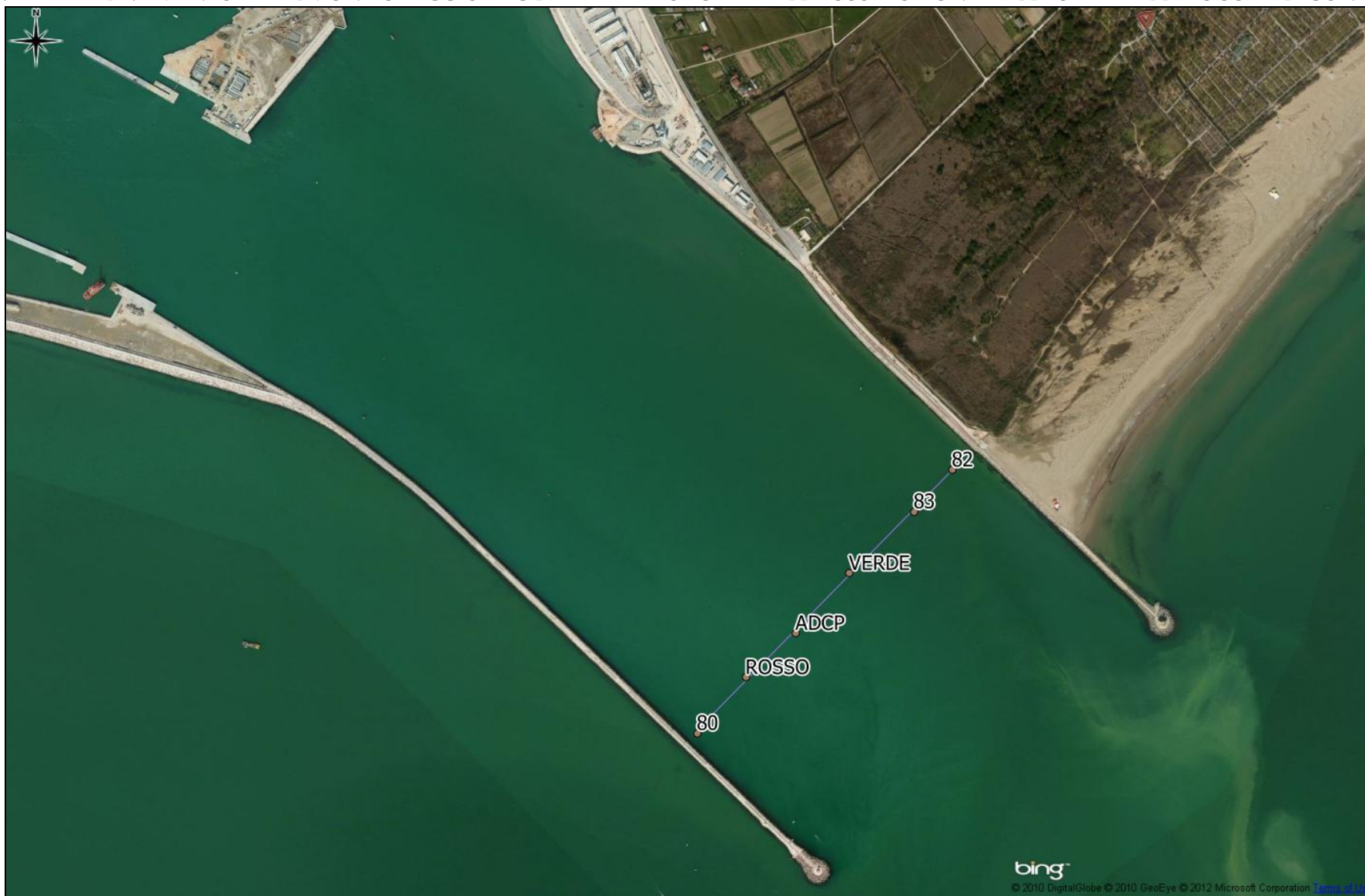


Figura 1.4. Posizione dei punti notevoli e transetti della campagna “Sezioni di Interesse” (LSB7) effettuata nella bocca di porto di Lido il 28 Ottobre 2011.



Figura 1.5. Posizione dei punti notevoli e transetti della campagna “Sezioni di Interesse” (MSB7) effettuata nella bocca di porto di Malamocco il 7 Dicembre 2011.



Figura 1.6. Posizione dei punti notevoli e transetti della campagna “Sezioni di Interesse” (CSB7) effettuata nella bocca di porto di Chioggia il 6 Marzo 2012.



Figura 1.7. Posizione dei punti notevoli della campagna studio del trasporto solido in sospensione e al fondo (TFCHB7) effettuata alla bocca di porto di Chioggia il 17 Aprile 2012.

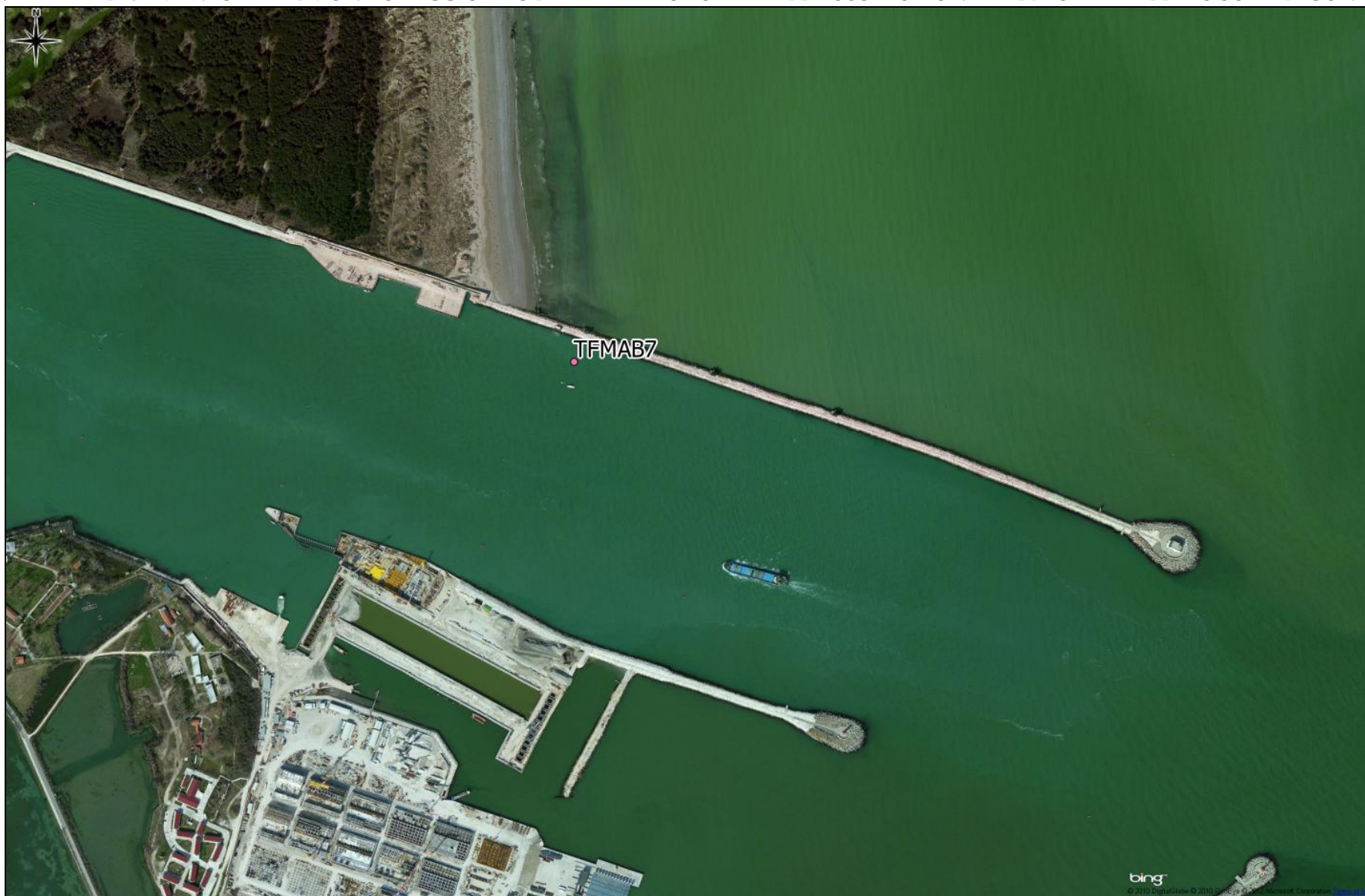


Figura 1.8. Posizione dei punti notevoli della campagna studio del trasporto solido in sospensione e al fondo (TFMAB7) effettuata alla bocca di porto di Malamocco il 18 Aprile 2012.

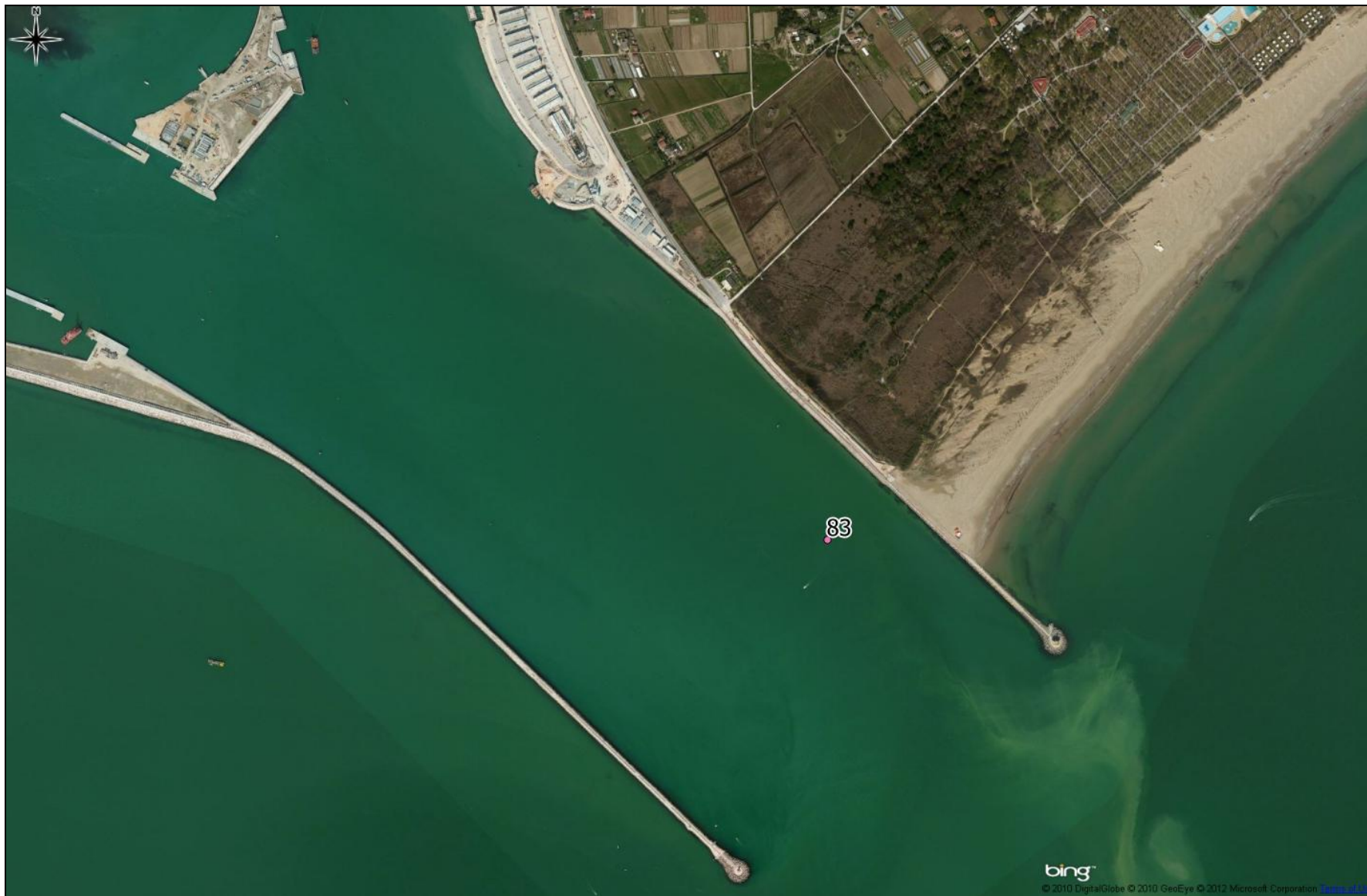


Figura 1.9. Posizione dei punti notevoli della campagna studio del trasporto solido in sospensione e al fondo (TFLIB7) effettuata alla bocca di porto di Lido il 19 Aprile 2012.





Figura 1.11. Ubicazione stazioni s4 e transetti ADCP (600 e 1200 kHz). Campagna del 22 Dicembre 2011.



Figura 1.12. Ubicazione stazioni s4, transetto ADCP *vessel mounted* e ubicazione profili micro mulinello OTT (Campagna 16 Aprile 2012). Campagna 16 Aprile 2012.

2. VARIAZIONI DELLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI SOLIDI SOSPESI. PORTATA E VELOCITA' MEDIE. RAFFRONTO DEI DATI ACQUISITI DURANTE I PIANI DI MONITORAGGIO B6 E B7

2.1 Campagne di Monitoraggio: bocca di porto di Lido

Data la sua complessità idrodinamica, ulteriormente influenzata dalla presenza dell'Isola Nuova, la bocca di porto di Lido (Figura 1.1) è stata investigata con una serie numerosa di sezioni di indagine con strumentazione ADCP *vessel-mounted* e con i relativi prelievi di campioni d'acqua e materiale sospeso. Come anticipato, durante le attività dello studio B.6.72 B/7, sono riprese le indagini sulle sezioni T2A - T3B, T3A - T3B, LI1A - LI1B e LI2A - LI2B. Le campagne che sono state fatte a Lido hanno avuto particolare rilievo in quanto sono state caratterizzate dalla coincidenza con periodi di intense precipitazioni e anche di episodi di marea sostenuta. L'intensità del vento ha raggiunto rispettivamente per le campagne L1B7 e L2B7 i 25 e i 12 m/s influenzando notevolmente i processi investigati. Le condizioni meteo particolari hanno permesso di studiare l'idrodinamismo e il trasporto solido nei pressi dell'isola nuova, e in generale nel canale di bocca, in condizioni di correnti molto sostenute e concentrazioni elevate di materiale solido trasportato.

2.1.1 Distribuzione dimensionale dei sedimenti

Negli istogrammi di Figura 2.1 e Figura 2.2 sono presentate le distribuzioni dei valori del d50 dei campioni di sedimento collezionati durante le campagne effettuate rispettivamente per lo studio B.6.72 B/6 e lo studio B.6.72 B/7. Entrambe le figure si riferiscono a condizioni di marea calante. Per quanto riguarda i sedimenti che sono stati campionati in sospensione durante le attività del precedente anno si ha un valor medio del d50 pari a 38.3 μm . Per il Piano di monitoraggio B/7, date le condizioni meteo molto particolari, si sono riscontrate due distinte popolazioni di dati per le due campagne effettuate, e i valori del d50 sono stati rispettivamente per la L1B7 e la L2B7 pari a 30.1 e 57.0 μm .

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

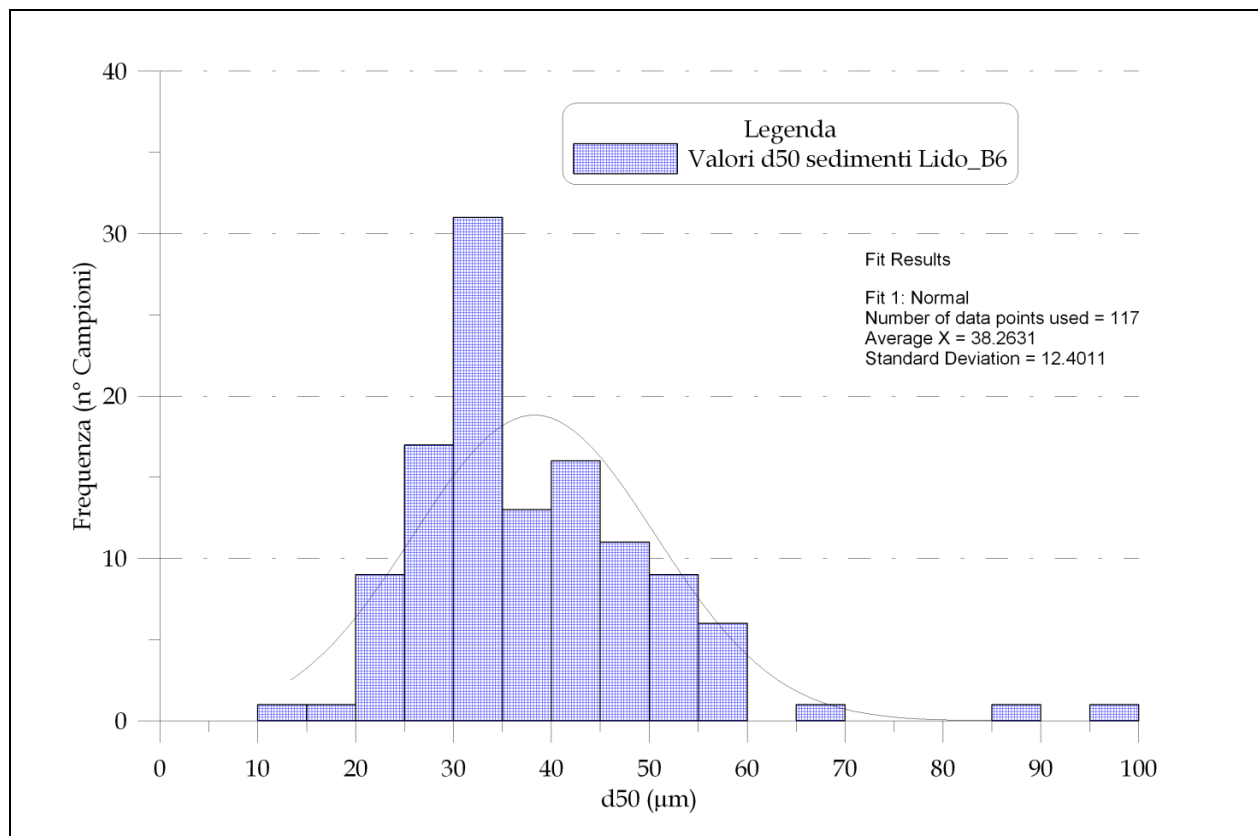


Figura 2.1. Distribuzione dei valori del d50 relativi al Piano di Monitoraggio B/6. Marea Calante.

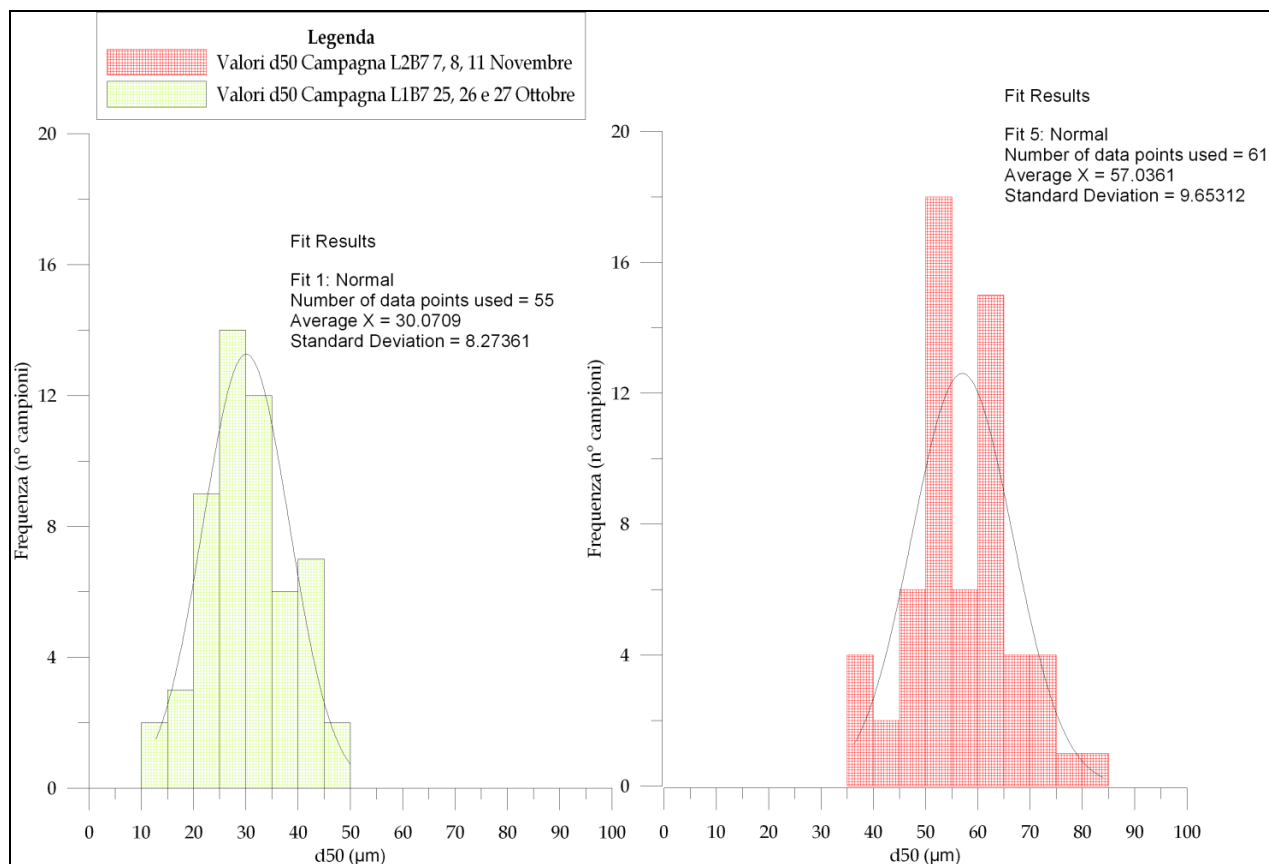


Figura 2.2. Distribuzione dei valori del d50 relativi al Piano di Monitoraggio B/7. Campagna L1B7 e L2B7. Marea Calante.

2.1.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione

I materiali campionati durante le campagne di monitoraggio B/6 e B/7 risultano molto simili tra di loro considerando la fase mareale indagata (Figura 2.3 e Figura 2.4). Sostanzialmente domina la frazione limosa che per la stragrande maggioranza dei casi è superiore al 50% del totale in volume. Molte volte lo è addirittura del 75%. Raramente si riscontrano percentuali della frazione sabbiosa al di sopra del 50%. In tutti i casi considerati si registra la presenza prossima allo 0% della frazione argillosa. Si può quindi ragionevolmente stimare che la maggior parte dei sedimenti trasportati dalle correnti siano classificabili come limi o Limi-sabbiosi ed in minima parte come sabbie-limose.

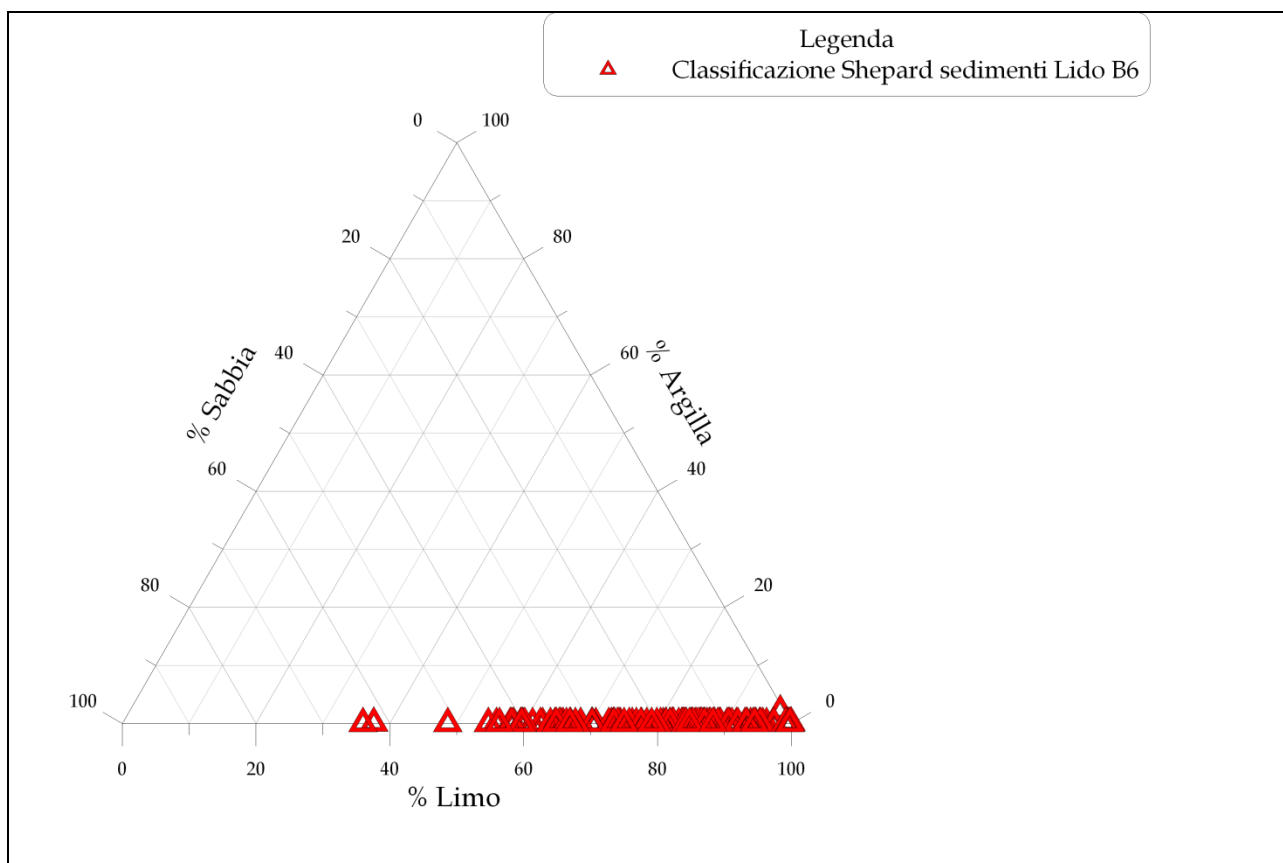


Figura 2.3. Diagramma di Shepard relativo alle differenti classi granulometriche presenti nei campioni raccolti nei pressi della bocca di porto di Lido durante il Piano di Monitoraggio B/6. Condizioni di marea calante.

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

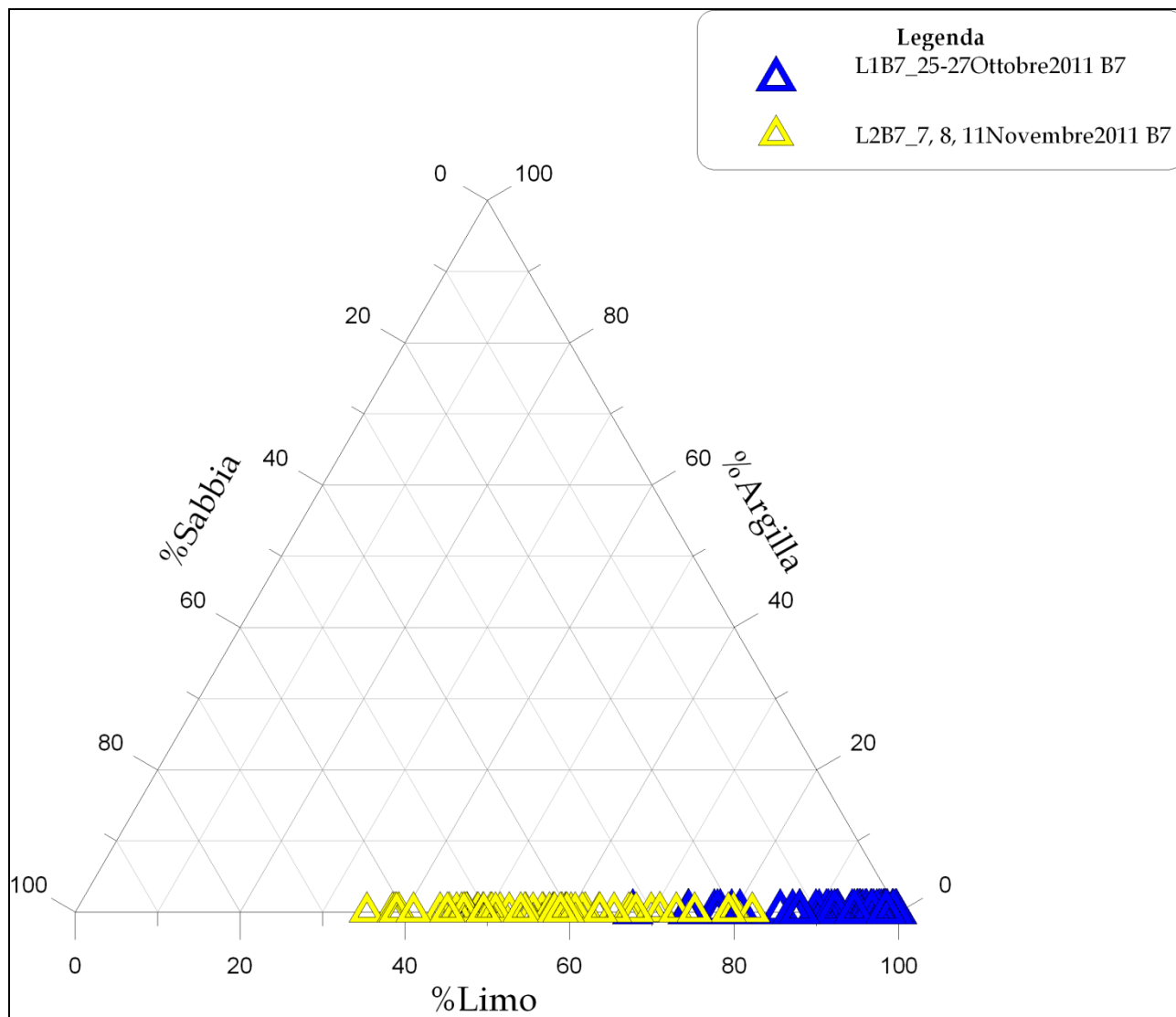


Figura 2.4. Diagramma di Shepard relativo alle differenti classi granulometriche presenti nei campioni raccolti nei pressii della bocca di porto di Lido durante il Piano di Monitoraggio B/7. Condizioni di marea calante.

2.1.3 Concentrazione del particolato solido in sospensione

Per quanto concerne le concentrazioni misurate sui campioni d'acqua prelevati, il valore caratteristico medio durante la fase calante di marea per il piano di monitoraggio B/6 (Figura 2.5) risulta pari a 10.2 mg/l mentre quello relativo al piano di monitoraggio B/7 (Figura 2.6) è pari a 19.0 mg/l. La notevole differenza che si riscontra è dovuta alle condizioni meteo che si sono avute durante le campagne L1B7 e L2B7. Il vento ha, infatti, spirato ad una velocità prossima ai 25 m/s (L1B7) e 12m/s (L2B7) creando le condizioni per un notevole fenomeno di risospensione e trasporto di sedimento. Si comprende ulteriormente come le condizioni meteo riescano ad influire con grande effetto sulle concentrazioni di sedimenti che vengono trasportati dalla corrente.

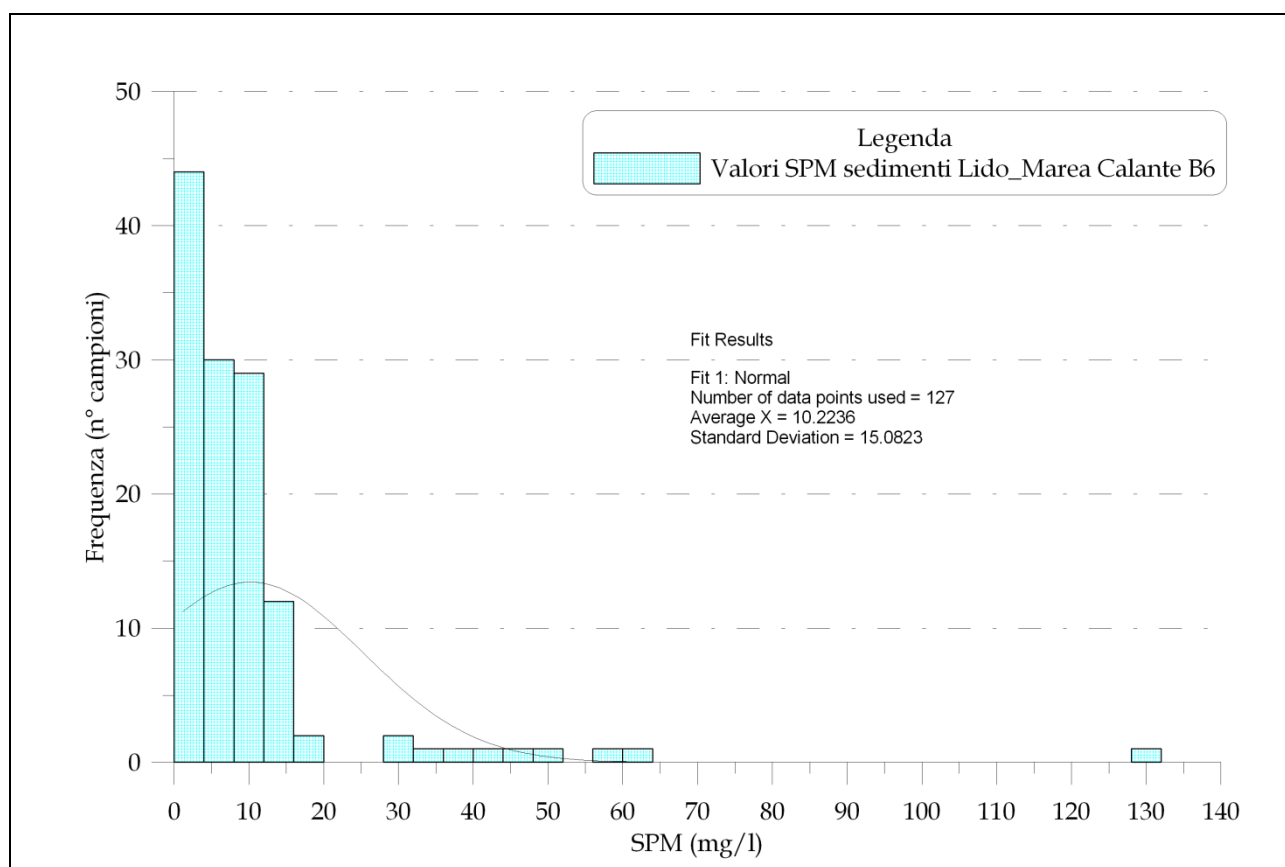


Figura 2.5. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione caratteristici della bocca di porto di Lido. Condizioni di marea calante. Piano di Monitoraggio B/6.

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

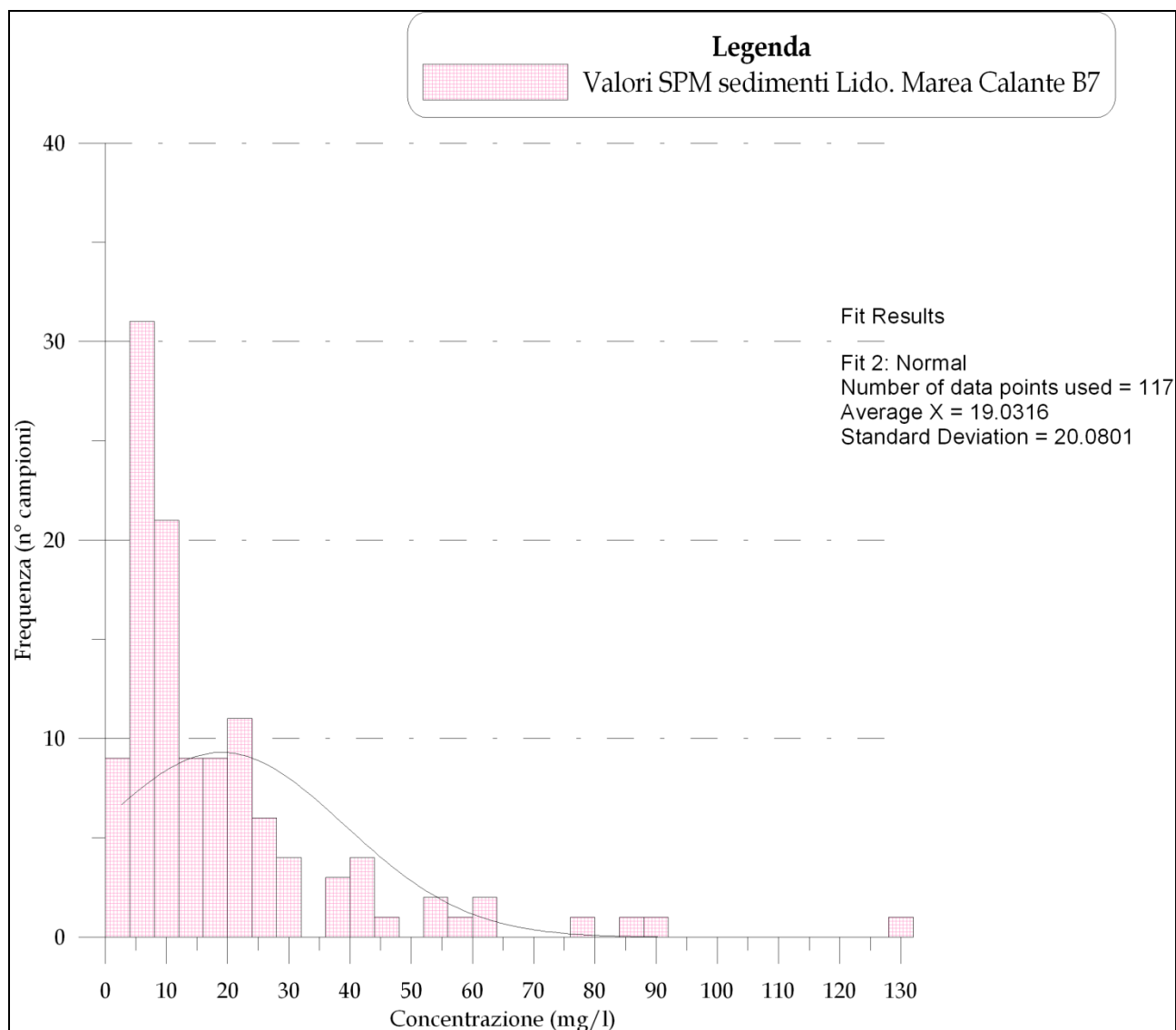


Figura 2.6. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione caratteristici della bocca di porto di Lido. Condizioni di marea calante. Piano di Monitoraggio B/7.

2.1.4 Misure ADCP: idrodinamica e concentrazione solidi sospesi

In Figura 2.7 sono rappresentate le coppie di valori portata liquida totale e velocità media ottenute dalle acquisizioni ADCP *vessel mounted* lungo la sezione di interesse 80 – 82 presso la bocca di Porto di Lido. Le due serie di dati si riferiscono ai due Piani di Monitoraggio B/6 e B/7. Osservando il grafico e i valori caratteristici delle due rette di regressione si nota che al Piano di Monitoraggio B/7 compete una retta con una pendenza leggermente maggiore rispetto a quella relativa al B/6 (0.00013 contro 0.00012). Ciò si traduce che in un aumento delle velocità medie lungo la sezione a parità di portata misurata. Se pur di piccola entità questo aumento delle velocità medie potrebbe essere dovuto ad un restringimento della sezione indagata. Uno studio batimetrico di dettaglio lungo la sezione 80 – 82 fornirebbe un quadro più chiaro sull'aumento delle velocità medie ottenute attraverso questa regressione.

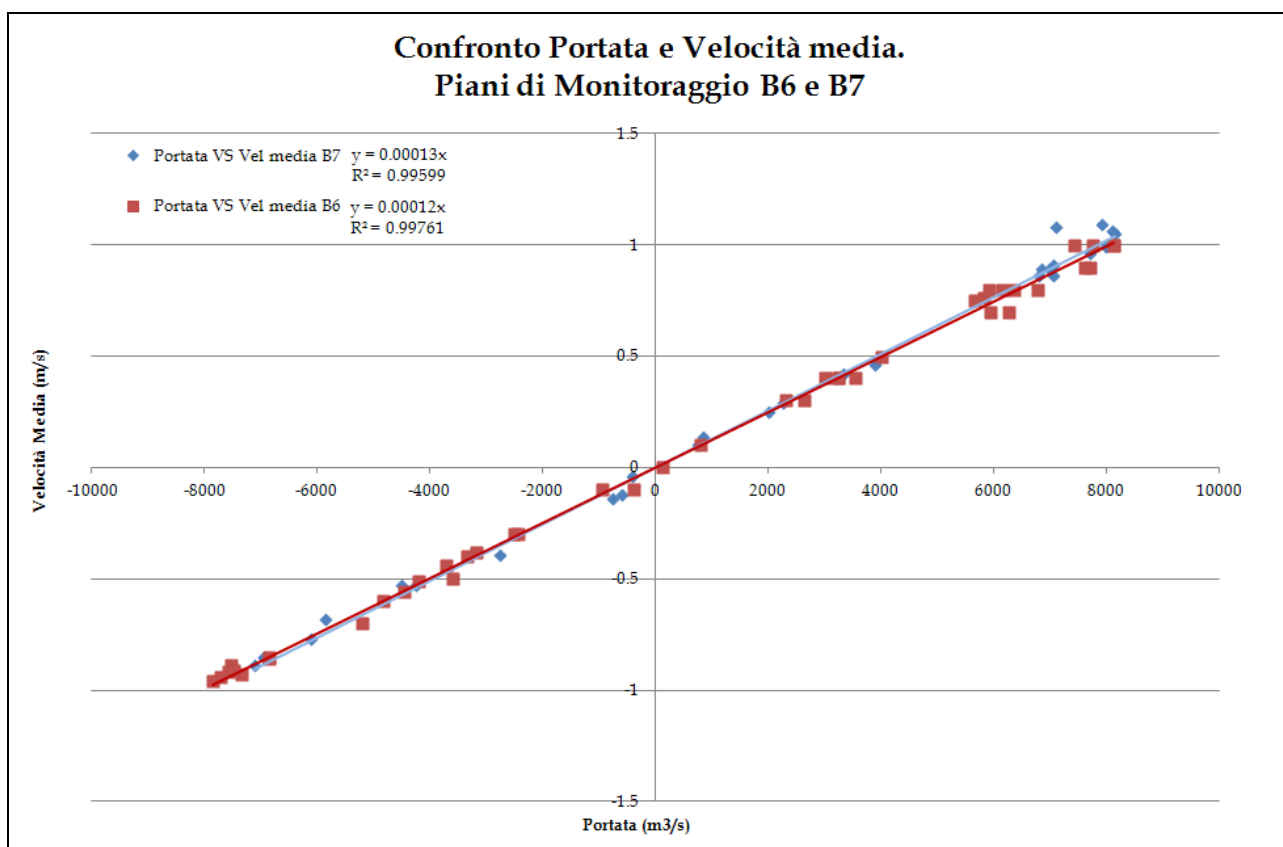


Figura 2.7. Grafico della distribuzione Portata VS Velocità. Sezione 80 – 82. Bocca di Porto di Lido. Piani di monitoraggio B/6 e B/7.

2.2 Campagne di Monitoraggio: bocca di porto di Malamocco

Come è evidente dalle Figura 1.2 il campo sperimentale nella bocca di porto di Malamocco è meno complesso rispetto a quello stabilito per la bocca di porto di Lido. Le sezioni di interesse lungo le quali sono stati effettuati i rilievi ADCP sono un numero decisamente inferiore. La situazione di questa bocca di porto presenta però alcune interessanti caratteristiche legate alla morfologia ed idrodinamica del bacino di evoluzione della conca di navigazione. Nei capitoli che seguono verranno analizzati alcuni dati di confronto tra i risultati ottenuti durante le indagini del Piano di Monitoraggio B/6 e B/7.

2.2.1 *Distribuzione dimensionale dei sedimenti*

Il valore medio del diametro caratteristico d50 dei sedimenti raccolti nei punti notevoli della bocca di porto di Malamocco durante le campagne di monitoraggio B/6 eseguite in fase di marea calante (Figura 2.8) risulta essere pari a 38.1 μm . Per quanto riguarda il monitoraggio B/7 lo stesso parametro ha un valore pari a 35.36. Non si riscontrano quindi differenze apprezzabili nelle caratteristiche generali dello spettro dei materiali in transito nelle diverse epoche di monitoraggio. I valori del d50 risultano superiori rispetto quelli riscontrati nei pressi della bocca di porto di Lido durante il monitoraggio B/6 e durante la campagna L1B7, ma inferiori rispetto la campagna L2B7.

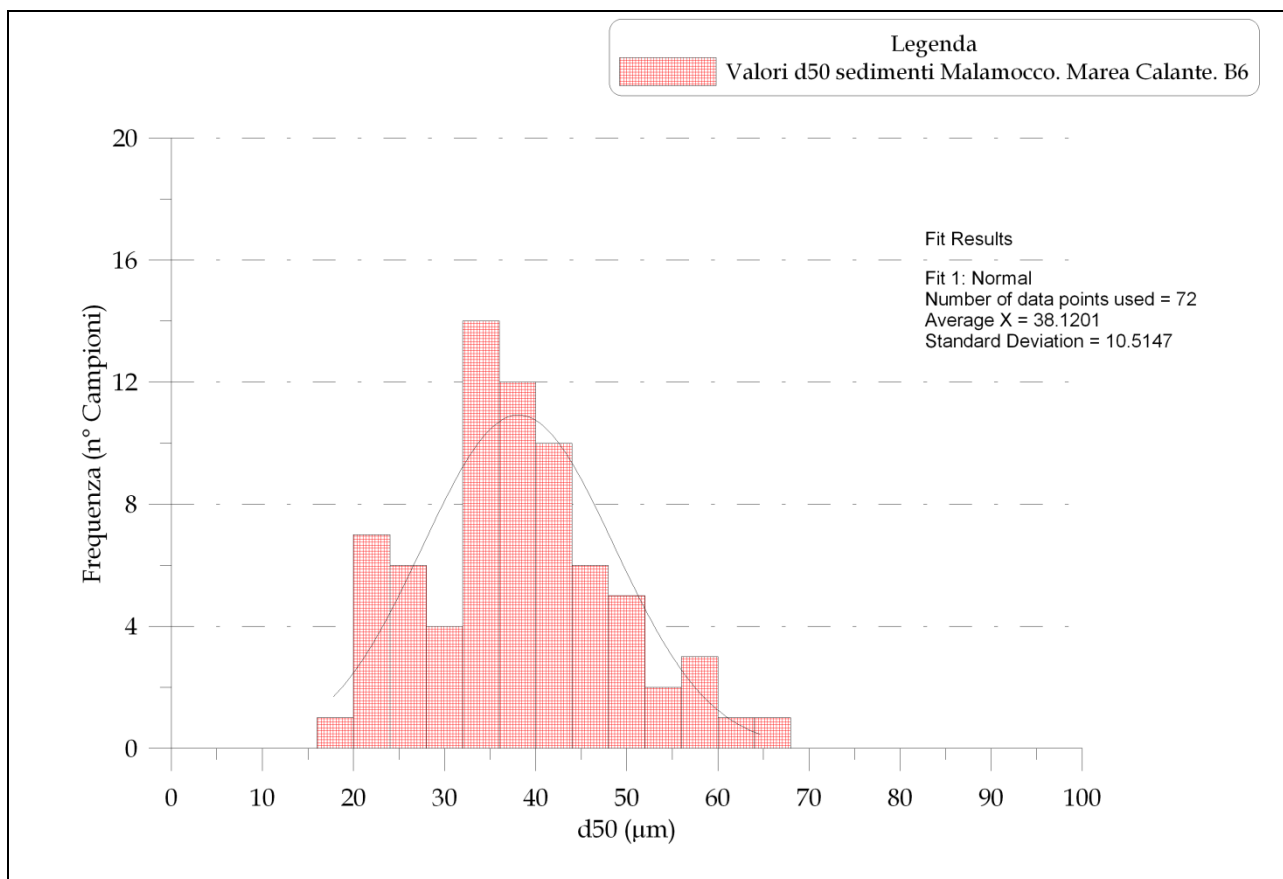


Figura 2.8. Distribuzione dei valori del d50 relativi al Piano di Monitoraggio B/6. Marea Calante.

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

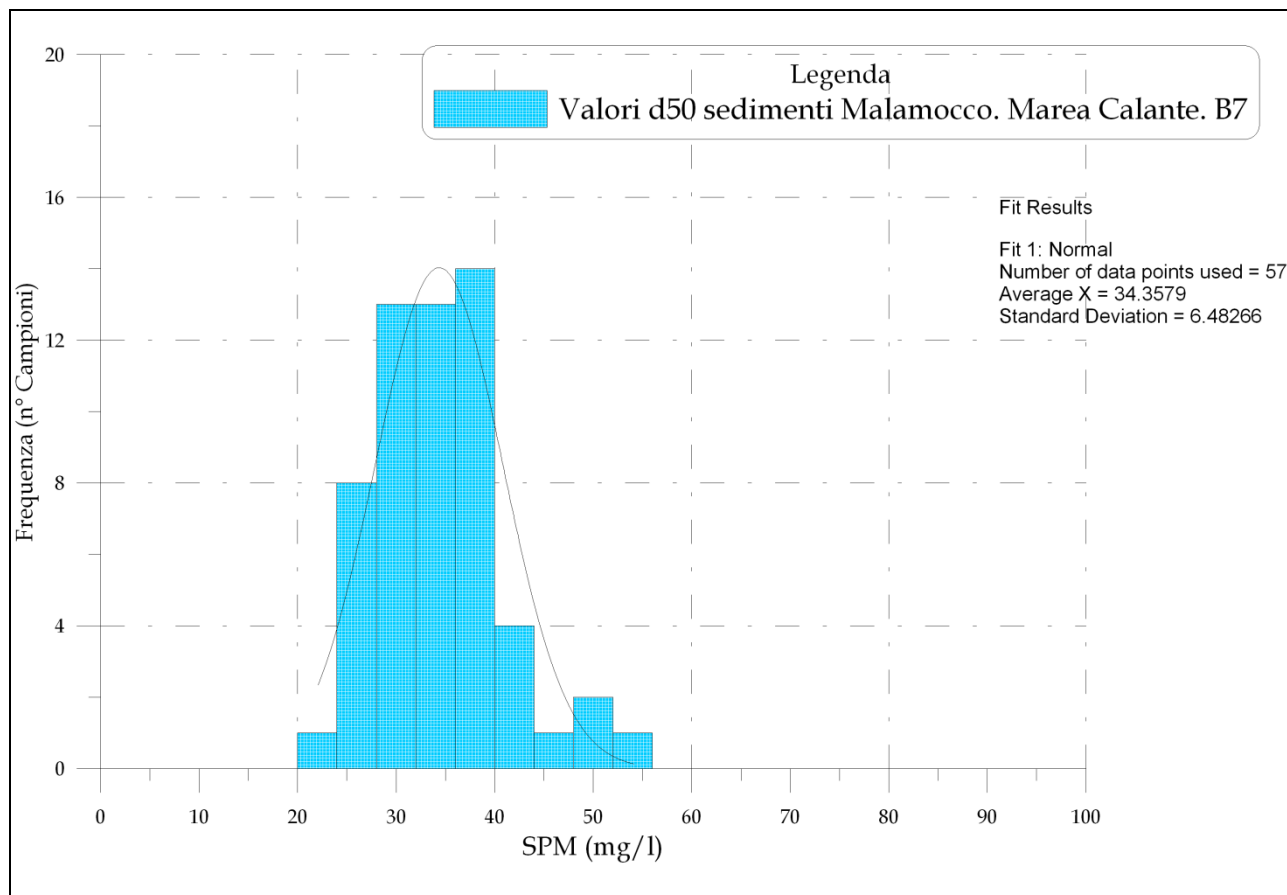


Figura 2.9. Distribuzione dei valori del d50 relativi al Piano di Monitoraggio B/7. Marea Calante.

2.2.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione

I sedimenti che transitano trasportati dalle correnti lungo la bocca di porto di Malamocco hanno percentuali di frazione limosa quasi sempre superiori al 50%; numerose volte la percentuale risulta anche maggiore al 80%. La frazione sabbiosa, complementare a quella limosa, in quanto non è mai presente una percentuale apprezzabile di frazione argillosa, non supera quasi mai il 50% del totale in volume. Non si riscontrano grosse differenze tra le indagini B/6 e B/7. La maggior parte dei sedimenti viene classificata come limi sabbiosi e limi. Una quantità molto limitata è classificata come Sabbia-Limosa. (Figura 2.10 e Figura 2.11)

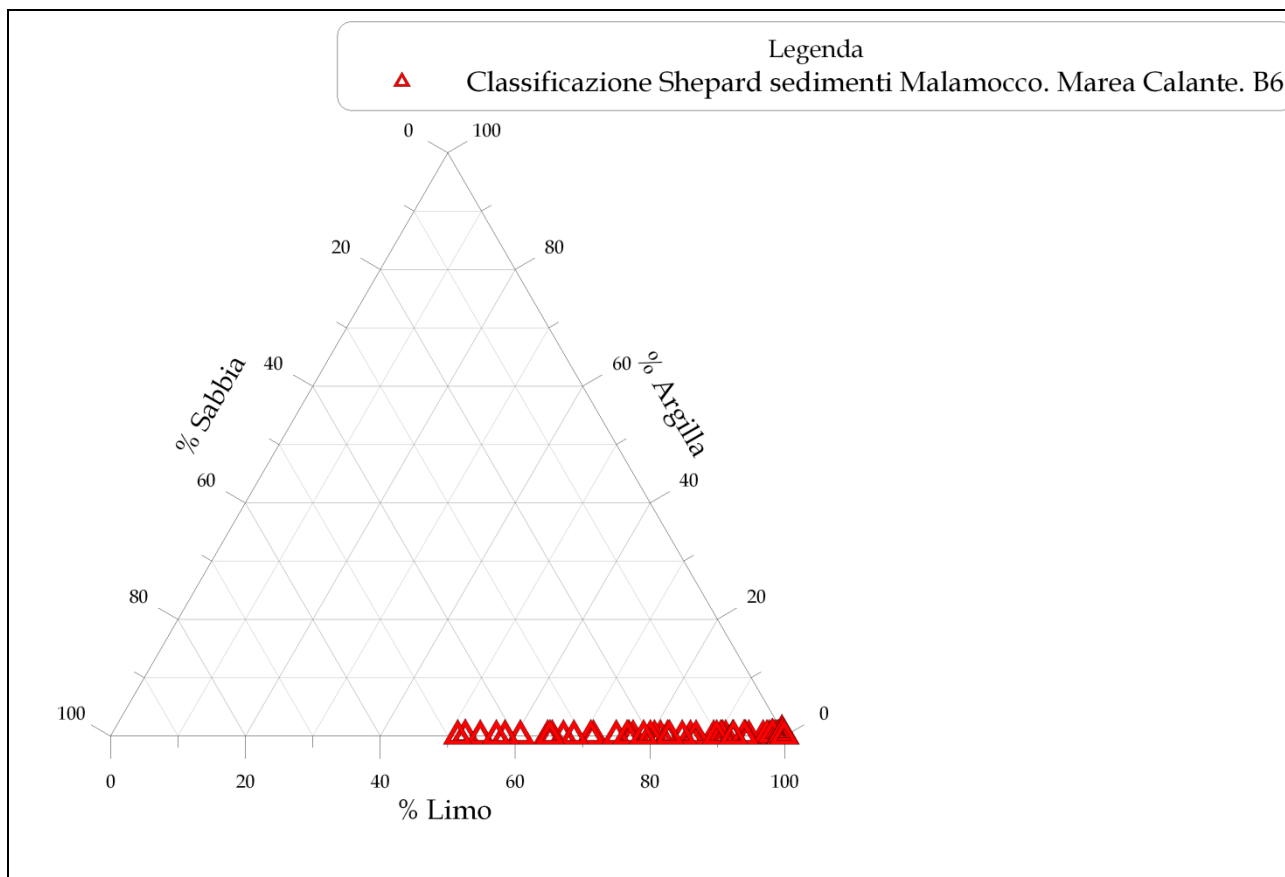


Figura 2.10. Diagramma di Shepard relativo alle differenti classi granulometriche presenti nei campioni raccolti nei pressi della bocca di porto di Malamocco durante il Piano di Monitoraggio B/6. Condizioni di marea calante.

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

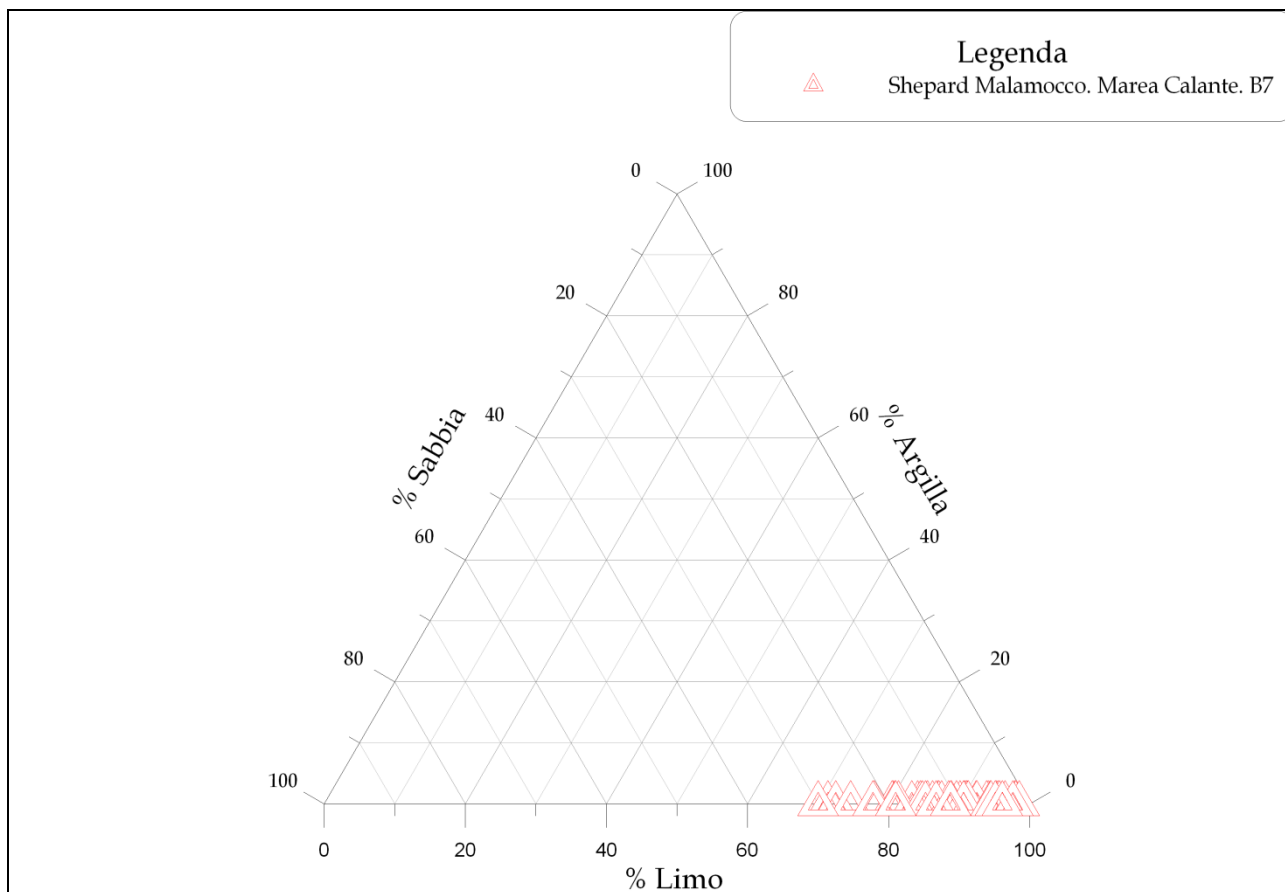


Figura 2.11. Diagramma di Shepard relativo alle differenti classi granulometriche presenti nei campioni raccolti nei pressi della bocca di porto di Malamocco durante il Piano di Monitoraggio B/7. Condizioni di marea calante.

2.2.3 Concentrazione del particolato solido in sospensione

Le concentrazioni del particolato solido in sospensione relative alla bocca di porto di Malamocco sono state determinate a partire dai dati dei campioni raccolti sia durante la campagne relative al monitoraggio B/6 (Maggio 2010 - Aprile 2011) che durante le campagne del monitoraggio B/7 (Maggio 2011 - Aprile 2012). In Figura 2.12 e Figura 2.13 è presentato l'istogramma di frequenza con le relative concentrazioni caratteristiche per la sola fase del calante di marea, unica fase indagata durante il B/7. Risulta una netta differenza anche se i valori sono veramente modesti in entrambi i casi. Infatti se per quanto riguarda il monitoraggio B/6 si è avuto un valor medio pari a 3.9 mg/l per il B/7 il valore scende a 1.8 mg/l. In entrambi i casi le campagne sono state effettuate in condizioni di marea sostenuta ed in assenza di particolari eventi meteorologici intensi. Si deduce che, in assenza di eventi meteo marini, il trasporto solido presso il canale di Malamocco risulta quantitativamente meno importante rispetto a quello che avviene presso il canale di Lido.

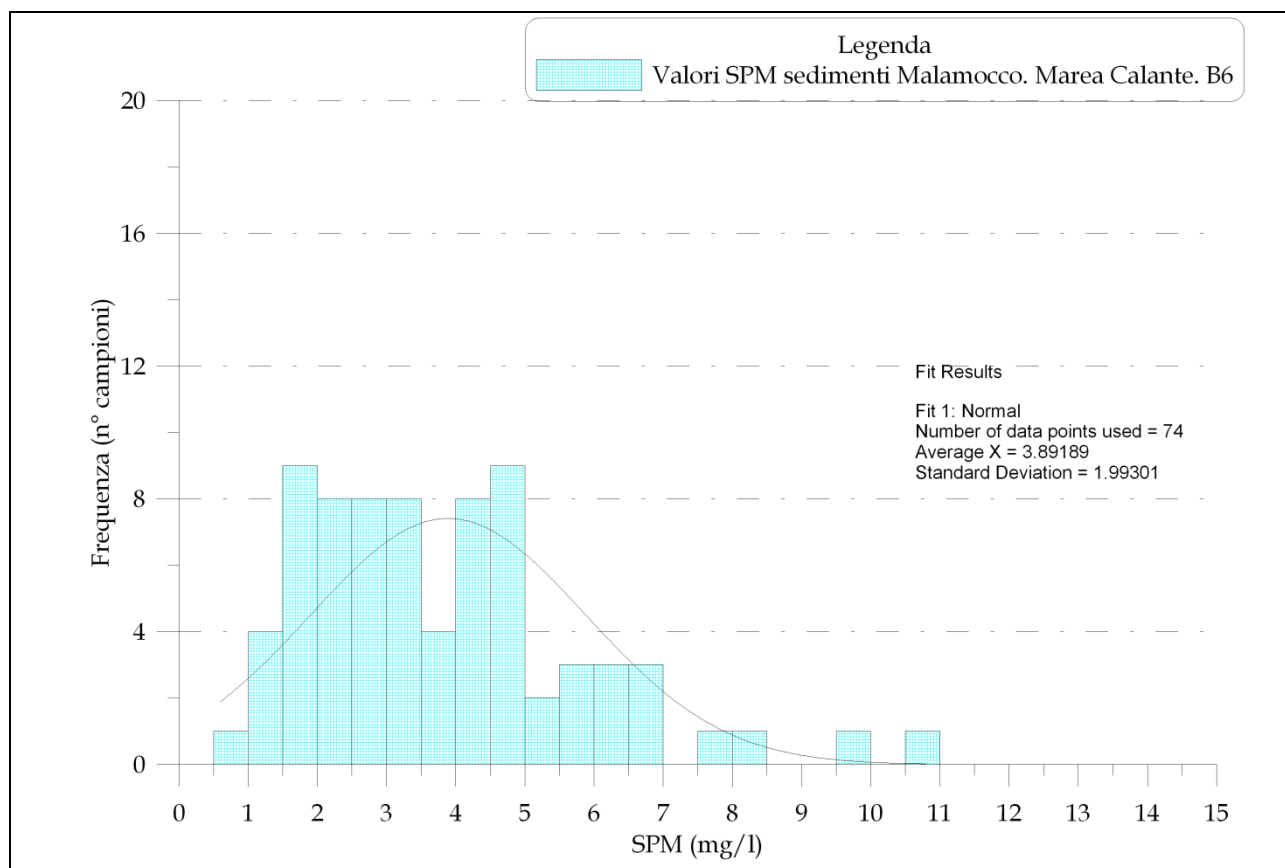


Figura 2.12. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione caratteristici della bocca di porto di Malamocco. Condizioni di marea calante. Piano di Monitoraggio B/6.

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

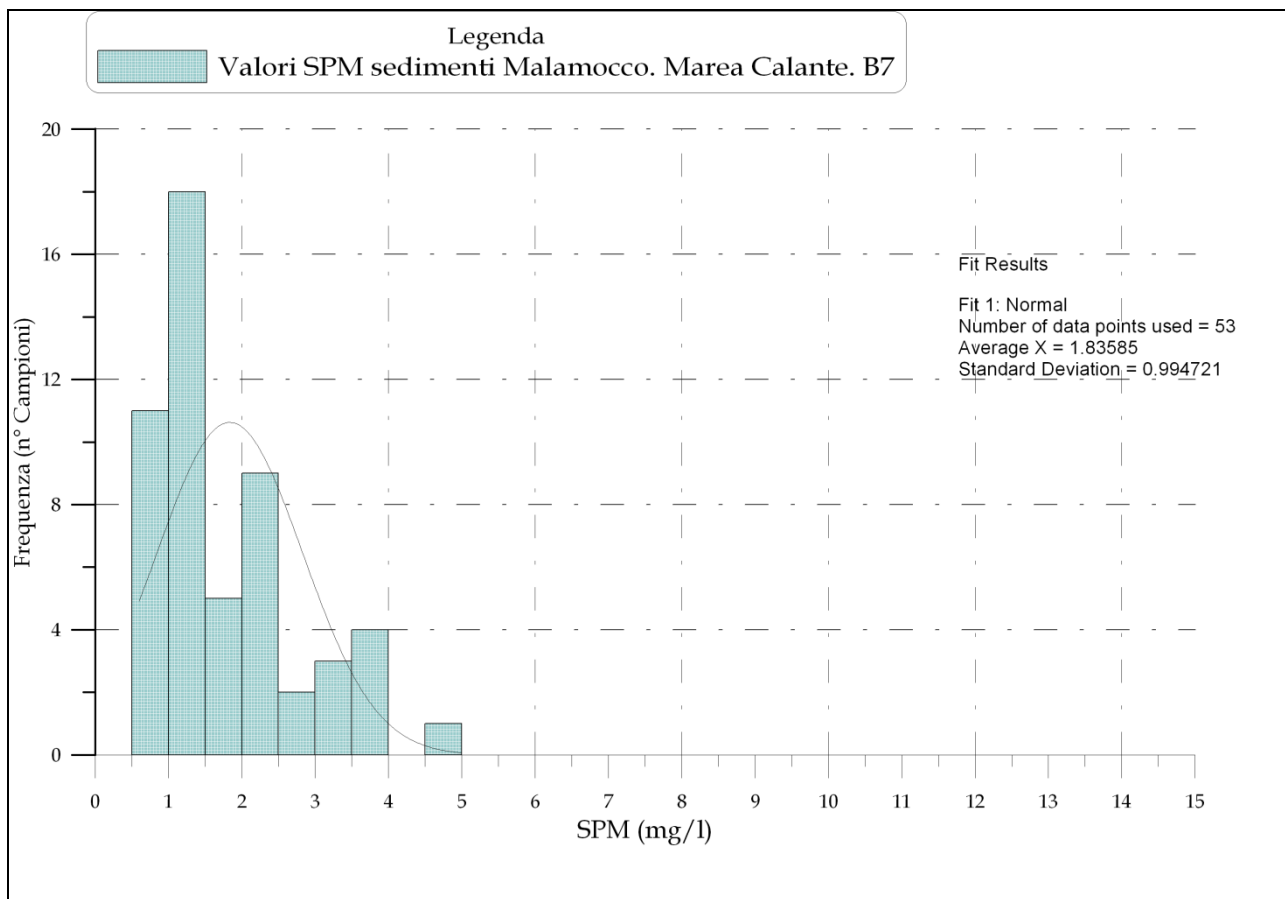


Figura 2.13. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione caratteristici della bocca di porto di Malamocco. Condizioni di marea calante. Piano di Monitoraggio B/7.

2.2.4 Misure ADCP: idrodinamica e concentrazione solidi sospesi

Nel grafico a dispersione di Figura 2.14 sono riportati i punti ottenuti dai valori di portata liquida e di velocità media ottenuti dalla indagine lungo la sezione DN - DS (Figura 1.2). E' interessante osservare, come già precedentemente fatto per i dati ottenuti a Lido, che la retta di regressione ottenuta dai dati del piano di monitoraggio B/7 risulta avere una pendenza maggiore rispetto quella ottenuta con i dati del piano di monitoraggio B/6. Anche in questo caso il fenomeno farebbe supporre che la ridotta configurazione del campo di corrente abbia subito delle modificazioni, nel corso dei due anni di monitoraggio. L'analisi infatti ci mostra che a parità di portate considerate si hanno velocità medie maggiori lungo la sezione DN - DS nel periodo B/7, indicando una variazione dell'area della sezione.

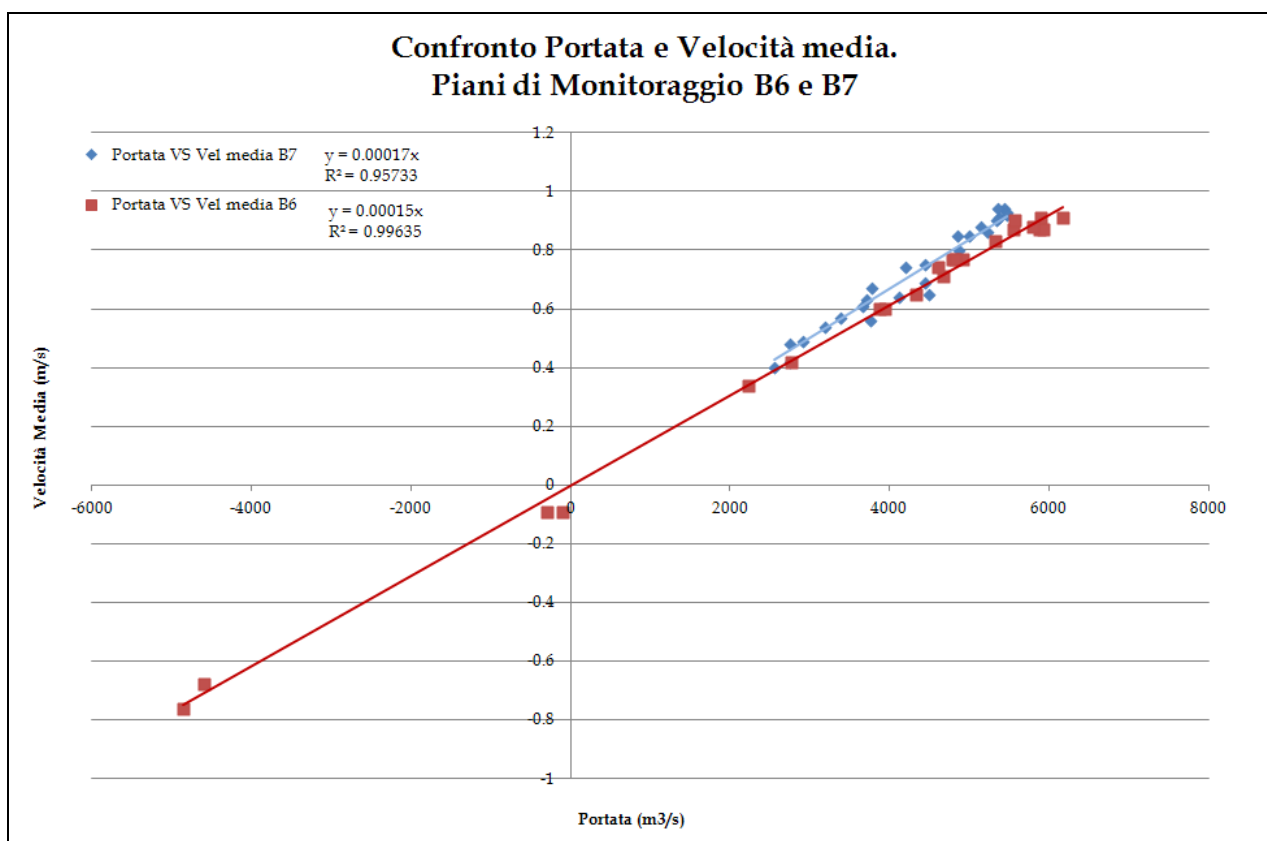


Figura 2.14. Grafico della distribuzione Portata VS Velocità. Sezione DN - DS. Bocca di Porto di Malamocco. Piani di monitoraggio B/6 e B/7.

2.3 Campagne di Monitoraggio: bocca di porto di Chioggia

Le campagne di monitoraggio effettuate presso la bocca di porto di Chioggia (Figura 1.3) hanno interessato in maggior misura il canale principale, coperto da quattro sezioni caratteristiche (180 - 182, C1A - C1B, C2A - C2B e C3A - C3B con i relativi punti notevoli ADCPch, C1, C3 e C3) e un'altra sezione posta in prossimità alla diga foranea. Per l'elaborazione delle immagini che seguono sono stati utilizzati i dati dei Piani di monitoraggio B/6 e B/7.

2.3.1 Distribuzione dimensionale dei sedimenti

Dall'istogramma delle frequenze dei diametri caratteristici del particolato solido in sospensione (Figura 2.15 e Figura 2.16) si evidenzia che i diametri caratteristici del d50 risultano nettamente superiori a quelli riscontrati nelle bocche di porto di Lido e di Malamocco. Infatti il valore medio del d50 ottenuto durante le indagini B/6 è stato di $43.9\mu\text{m}$ e di $48.7\mu\text{m}$ per il B/7. Non si registrano differenze apprezzabili nei valori medi nei due gruppi di dati; mentre risulta variabile il campo di valori: più ristretto per il B6 (deviazione standard pari a 6.0) e più ampio per il B/7 (deviazione standard pari a 17.1).

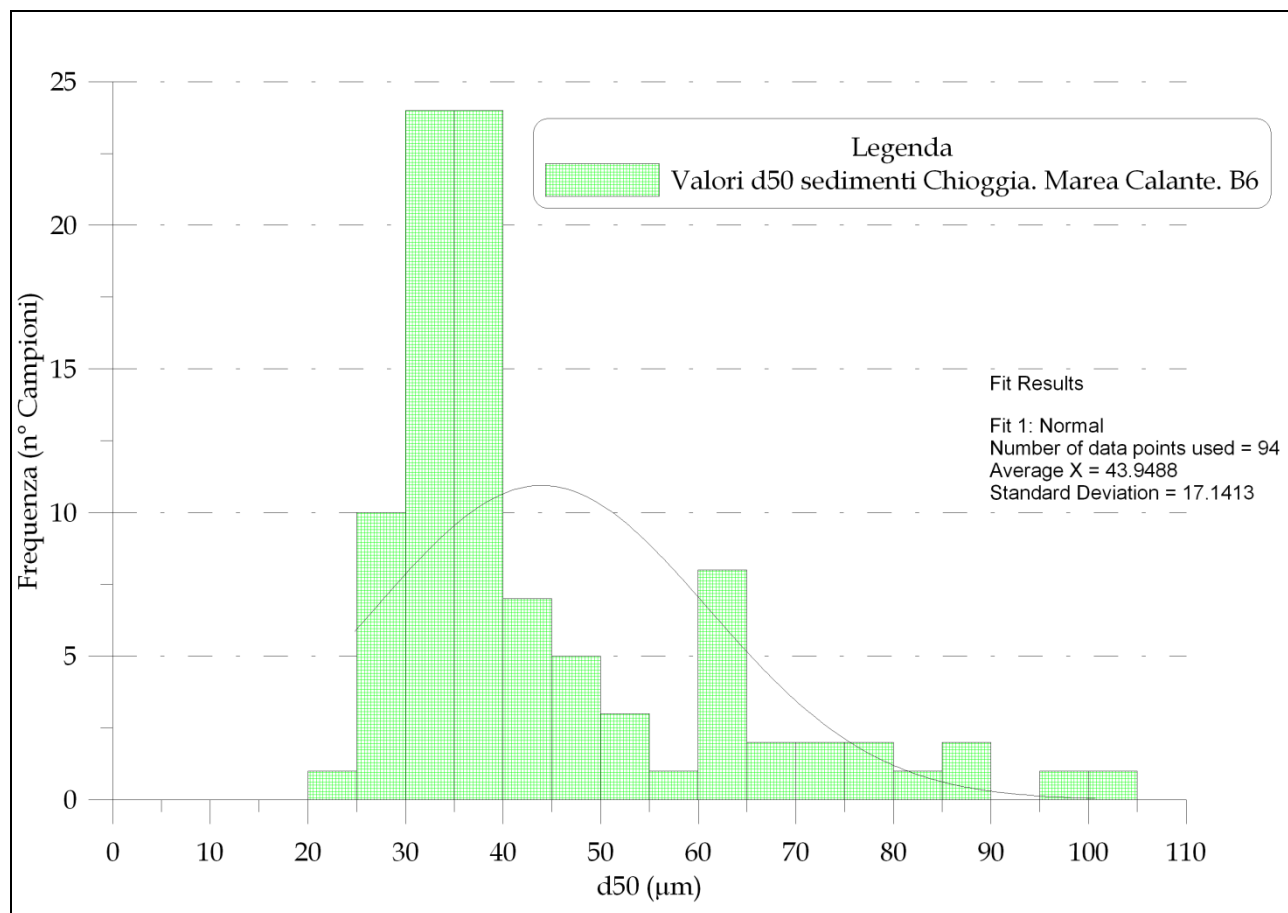


Figura 2.15. Distribuzione dei valori del d50 relativi al Piano di Monitoraggio B/6. Marea Calante.

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

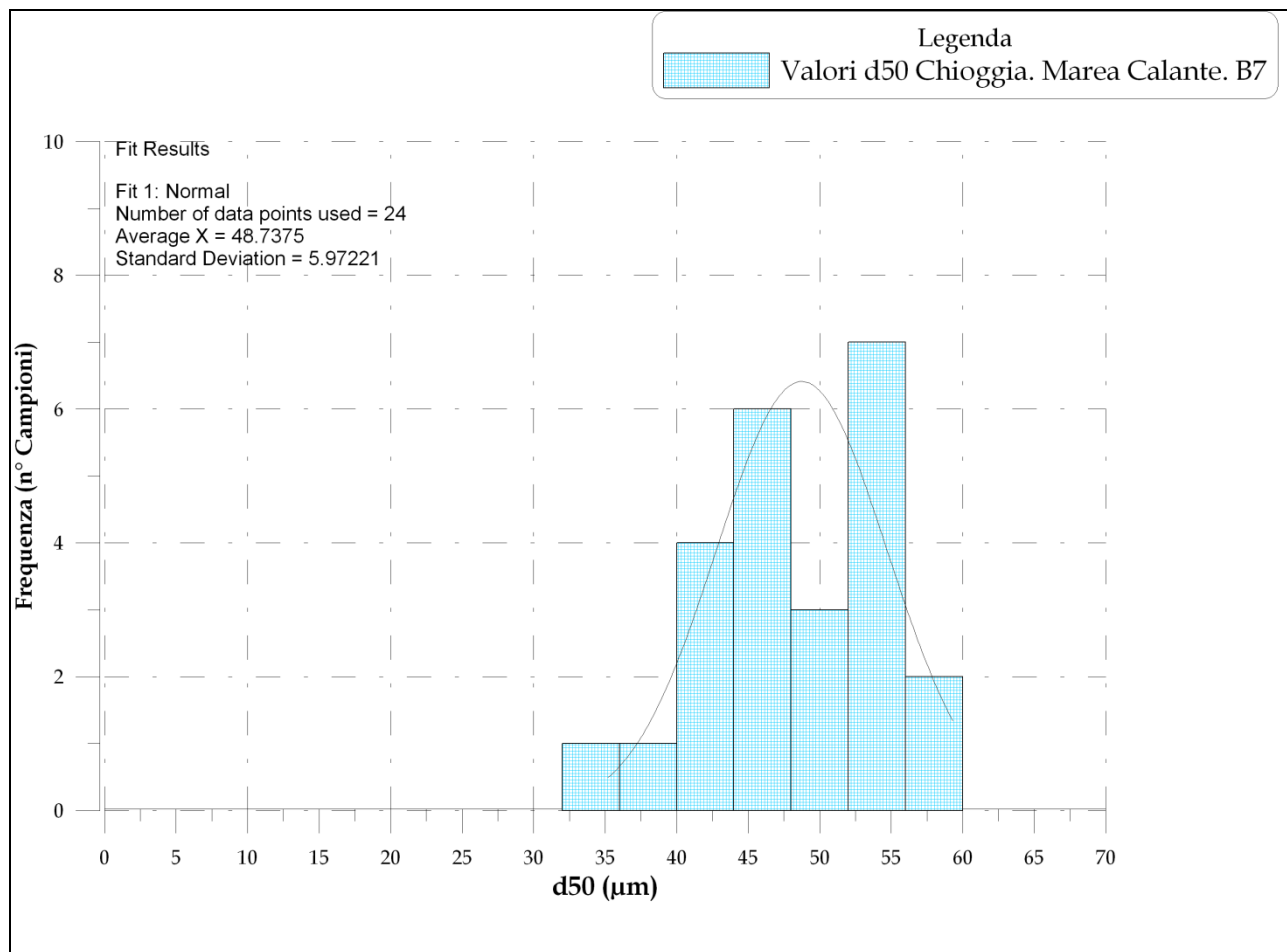


Figura 2.16. Distribuzione dei valori del d50 relativi al Piano di Monitoraggio B/7. Marea Calante.

2.3.2 Classificazione granulometrica del particolato solido in sospensione

Per quanto riguarda il rapporto tra le varie classi di diametri che compongono lo spettro granulometrico dei sedimenti trasportati nel canale della bocca di porto di Chioggia (Figura 2.17 e Figura 2.18, durante il piano di monitoraggio B/7 si è riscontrata una minor percentuale di frazione sabbiosa, frazione che era abbondante nei campioni prelevati durante il piano B/6. Tuttavia la maggior parte dei sedimenti viene classificata come limi-sabbiosi. Non si ritiene che le informazioni disponibili siano sufficienti fornire una spiegazione univoca diminuzione delle cause di questa variazione della frazione sabbiosa.

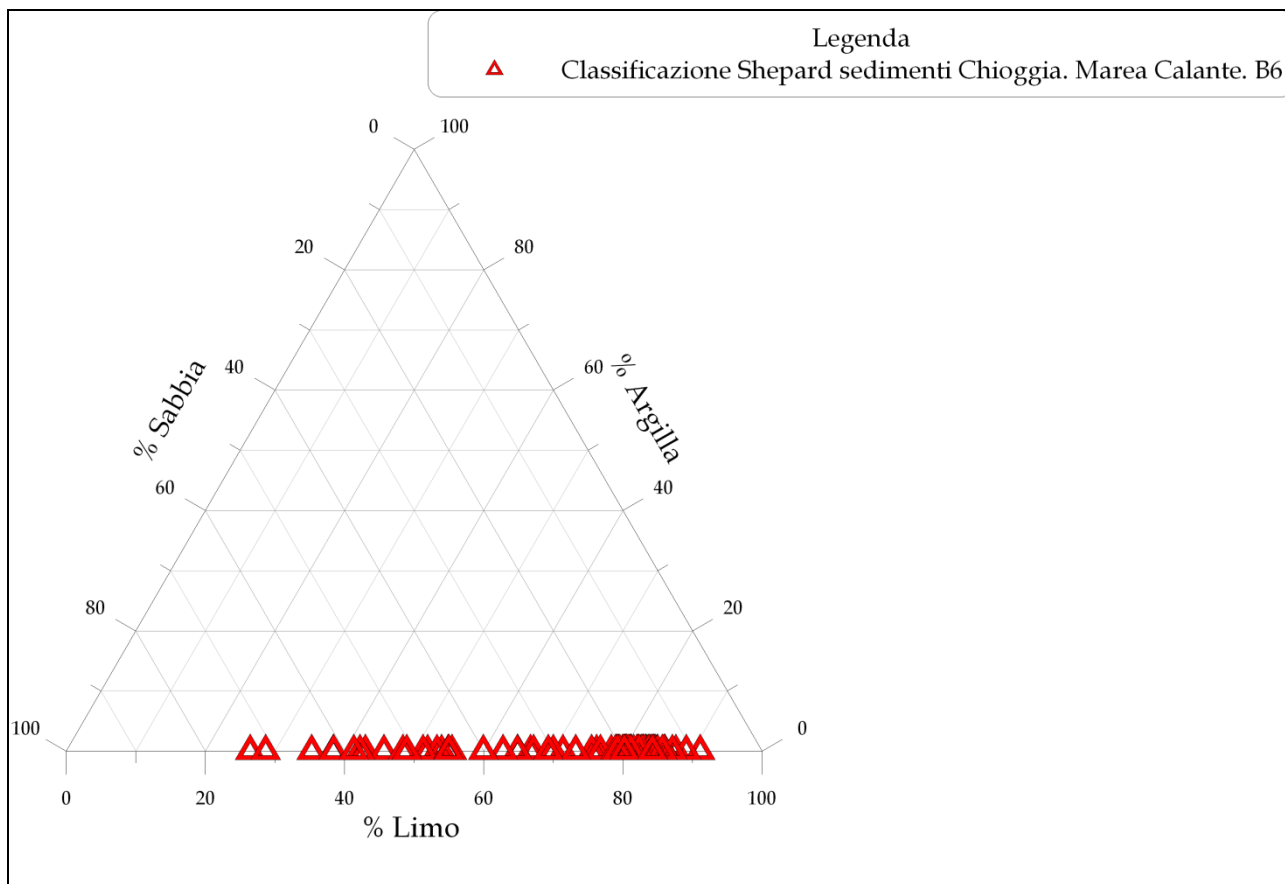


Figura 2.17. Diagramma di Shepard relativo alle differenti classi granulometriche presenti nei campioni raccolti nei pressi della bocca di porto di Chioggia durante il Piano di Monitoraggio B/6. Condizioni di marea calante.

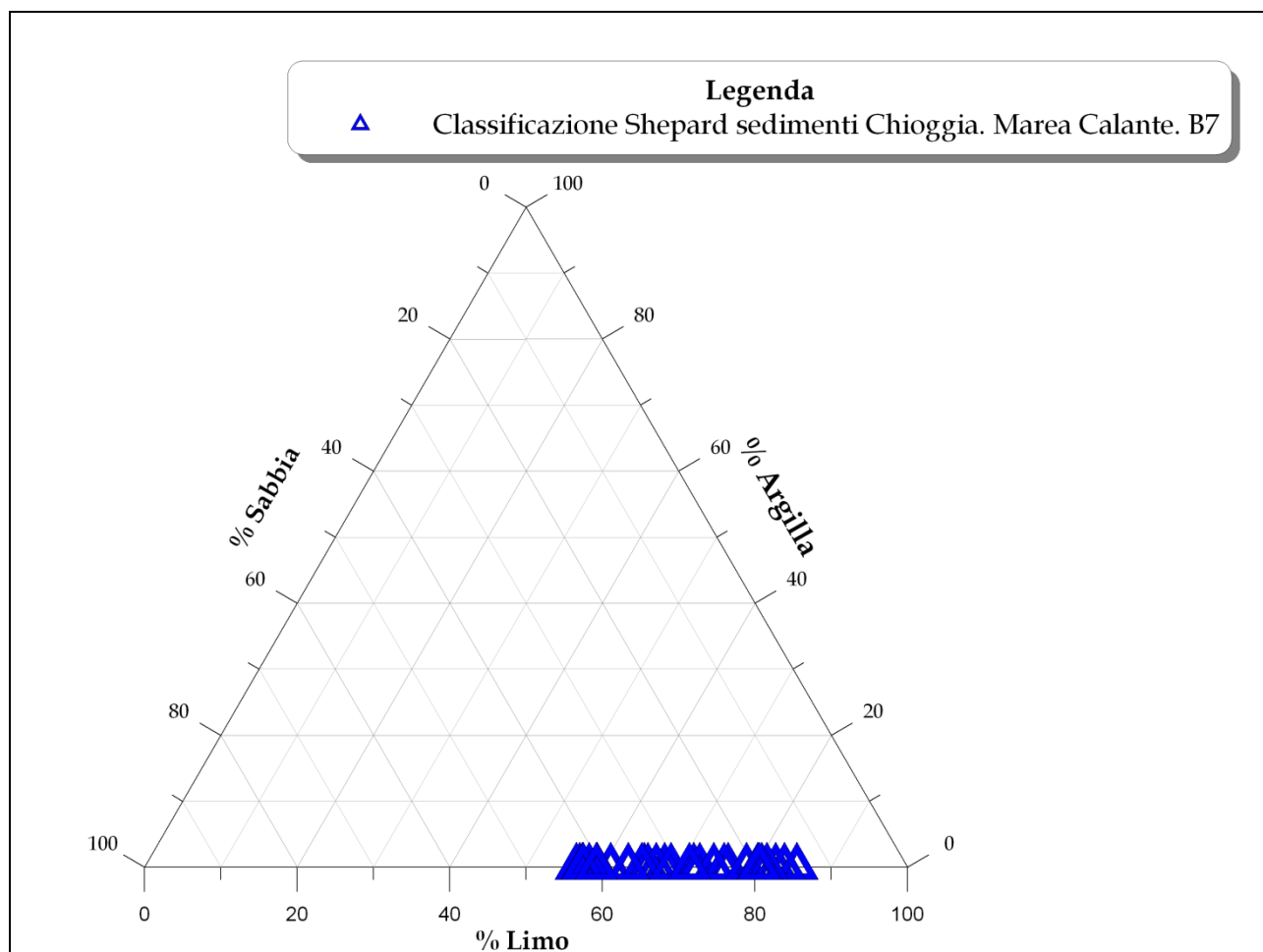


Figura 2.18. Diagramma di Shepard relativo alle differenti classi granulometriche presenti nei campioni raccolti nei pressi della bocca di porto di Chioggia durante il Piano di Monitoraggio B/7. Condizioni di marea calante.

2.3.3 Concentrazione del particolato solido in sospensione

Le concentrazioni misurate nei campioni collezionati nei pressi dei punti notevoli in bocca di porto di Chioggia (Figura 2.19 e Figura 2.20) assumono valori discretamente variabili, sia durante il Piano di Monitoraggio B/6 (da 0 a 26 mg/l) sia durante il piano di monitoraggio B/7 (da 3 a 15 mg/l). I valori medi risultano molto simili e pari a 9.4 mg/l e 10.6 mg/l. I valori SPM ottenuti a Chioggia risultano superiori rispetto a quelli ottenuti per i campioni prelevati presso la bocca di porto di Malamocco.

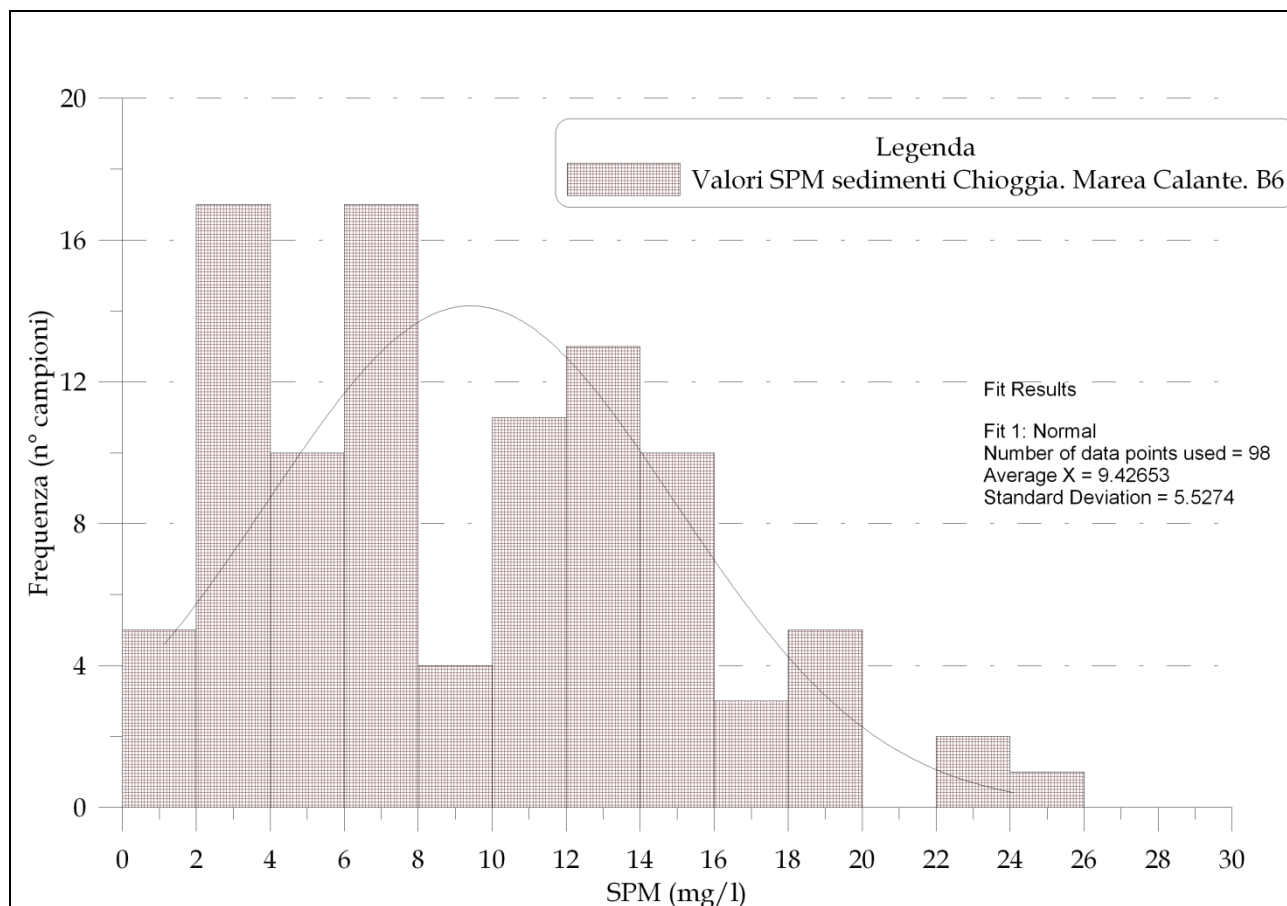


Figura 2.19. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione caratteristici della bocca di porto di Chioggia. Condizioni di marea calante. Piano di Monitoraggio B/6.

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

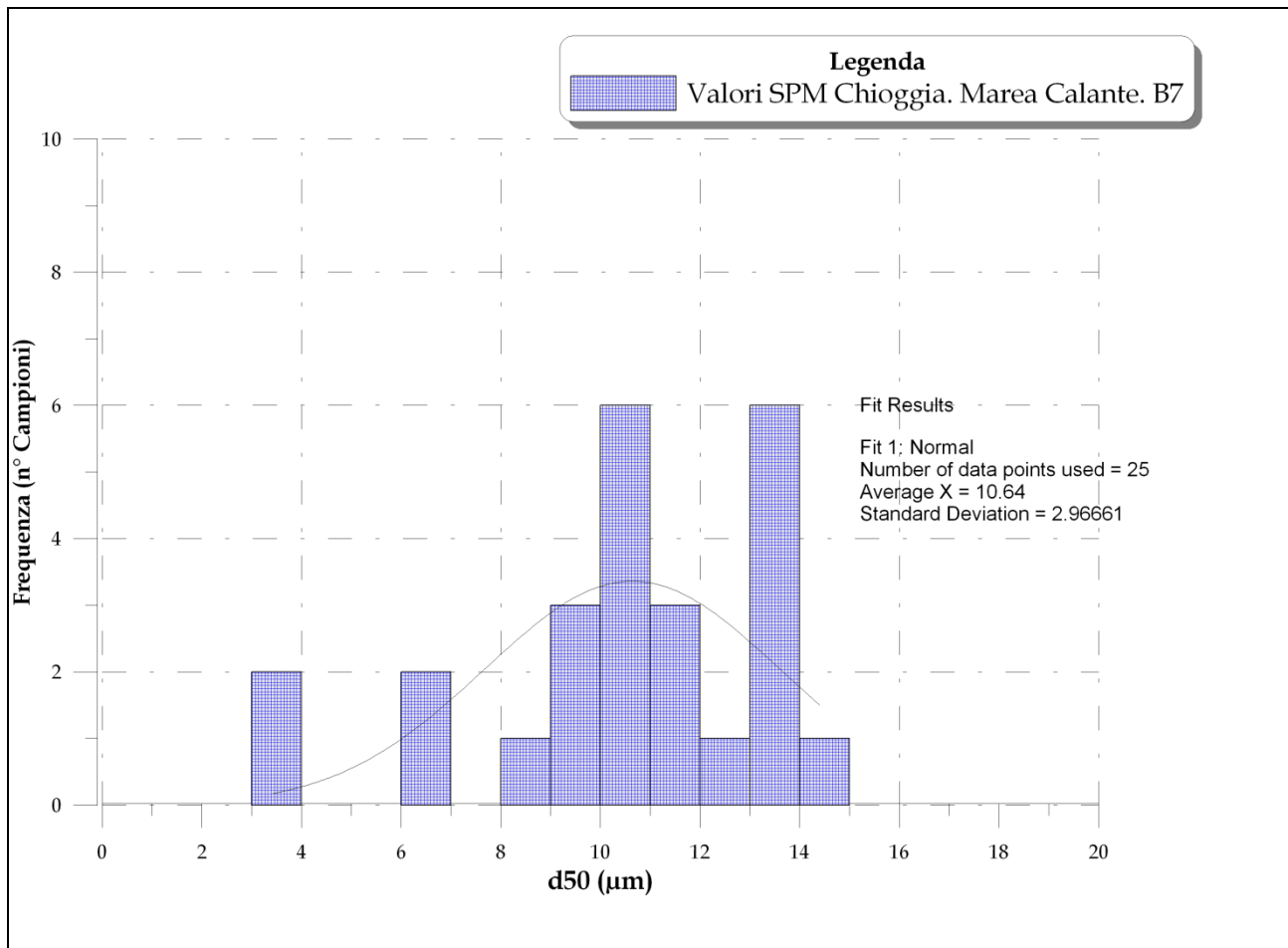


Figura 2.20. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione caratteristici della bocca di porto di Chioggia. Condizioni di marea calante. Piano di Monitoraggio B/7.

2.3.4 Misure ADCP: idrodinamica e concentrazione solidi sospesi

Nel grafico a dispersione di Figura 2.21 sono riportati i punti ottenuti dai valori di portata liquida e di velocità media ottenuti dalla indagine lungo la sezione 180 – 182 (Figura 1.3). E' interessante osservare, come già precedentemente fatto per i dati ottenuti a Lido e Malamocco, che la retta di regressione ottenuta dai dati del piano di monitoraggio B/7 risulta avere una pendenza maggiore rispetto quella ottenuta con i dati del piano di monitoraggio B/6. Anche in questo caso il fenomeno farebbe supporre che la sezione libera del canale si sia ridotta nel corso dei Piani di Monitoraggio B/6 – B/7. L'analisi ci mostra che a parità di portata considerata si hanno velocità medie maggiori lungo la sezione 180 – 182 nel periodo B/7. Tuttavia, dato il numero esiguo dei dati, si ritiene più opportuno questo aspetto da approfondire con ulteriori indagini.

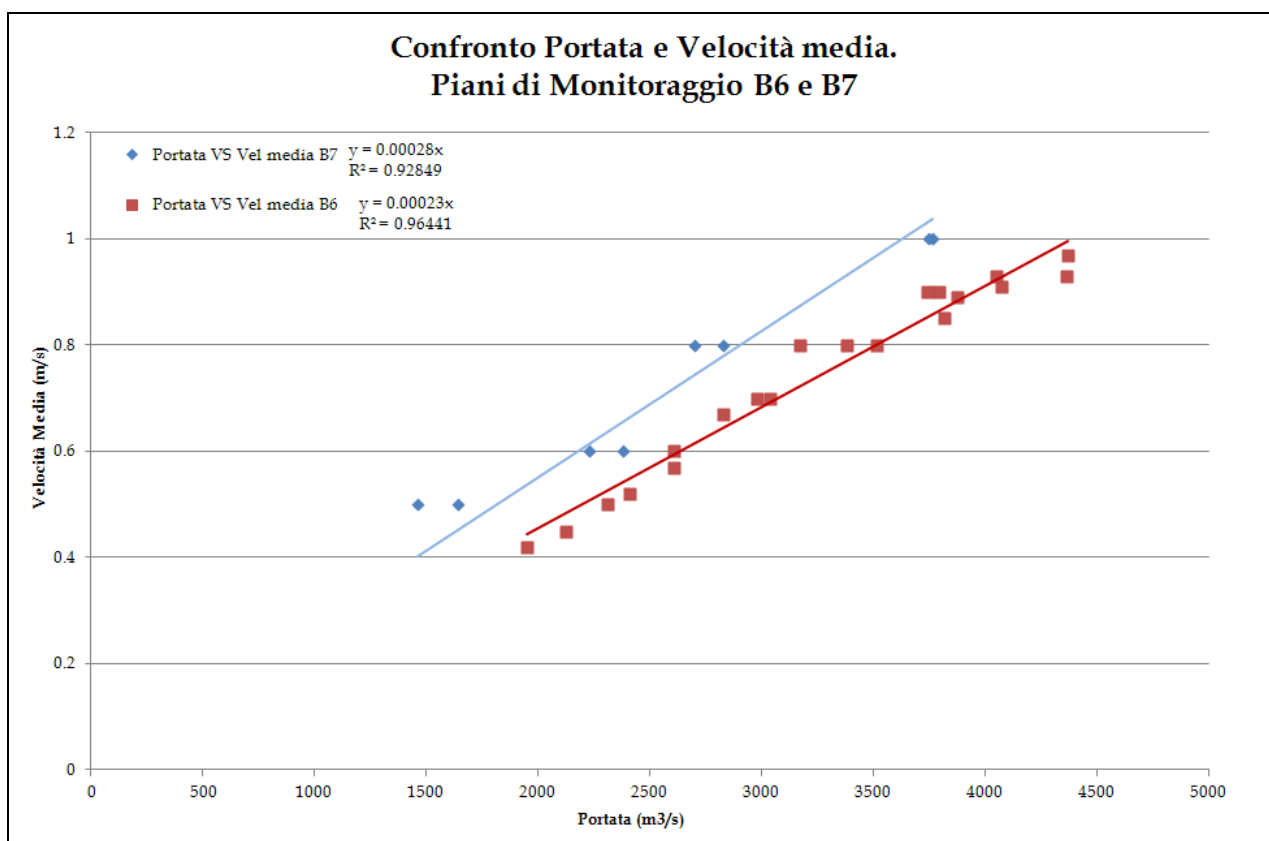


Figura 2.21. Grafico della distribuzione Portata VS Velocità. Sezione 180 – 182. Bocca di Porto di Chioggia. Piani di monitoraggio B/6 e B/7.

3 INDAGINE DETTAGLIATA SULLA DISTRIBUZIONE E SULLE CARATTERISTICHE DEI MATERIALI SOSPESI IN SEZIONI DI INTERESSE

3.1 Sommario delle campagne di misura effettuate

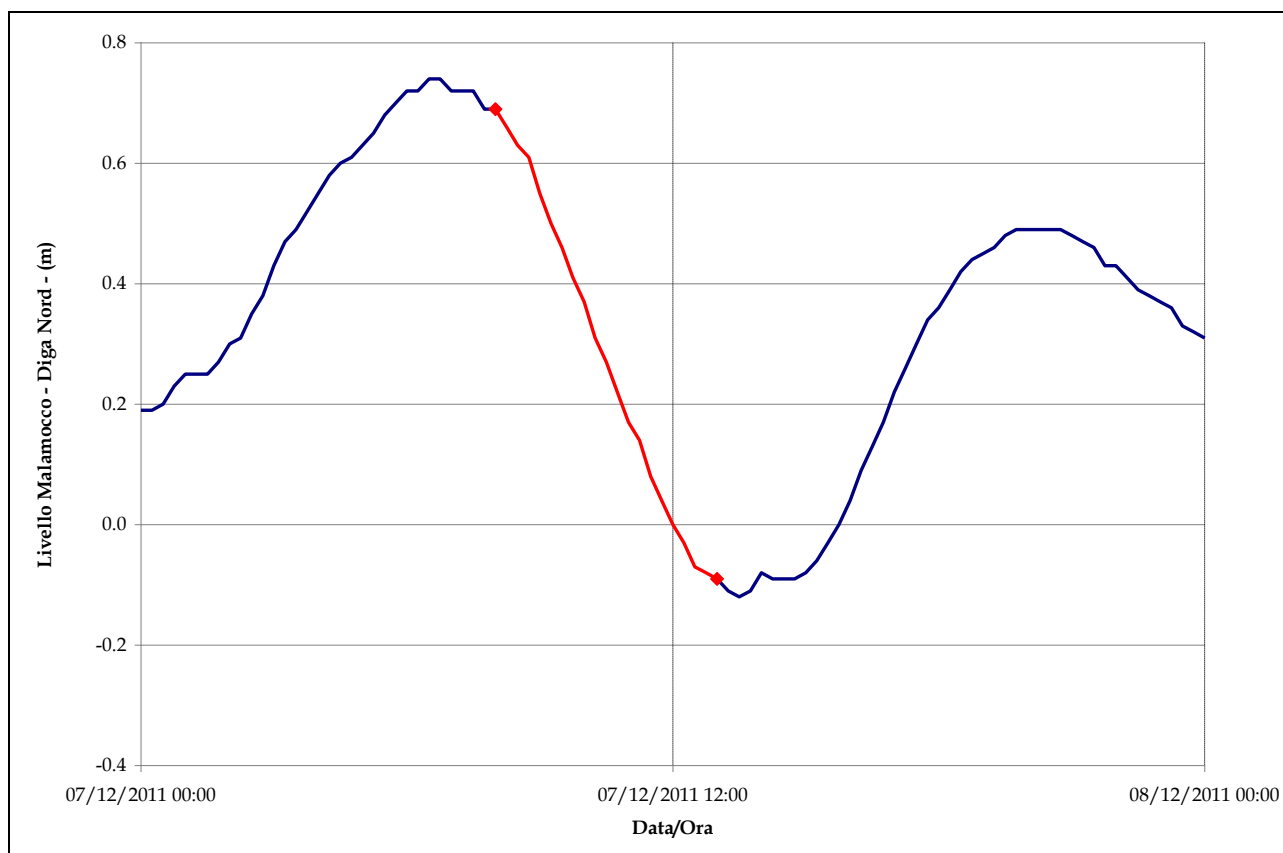
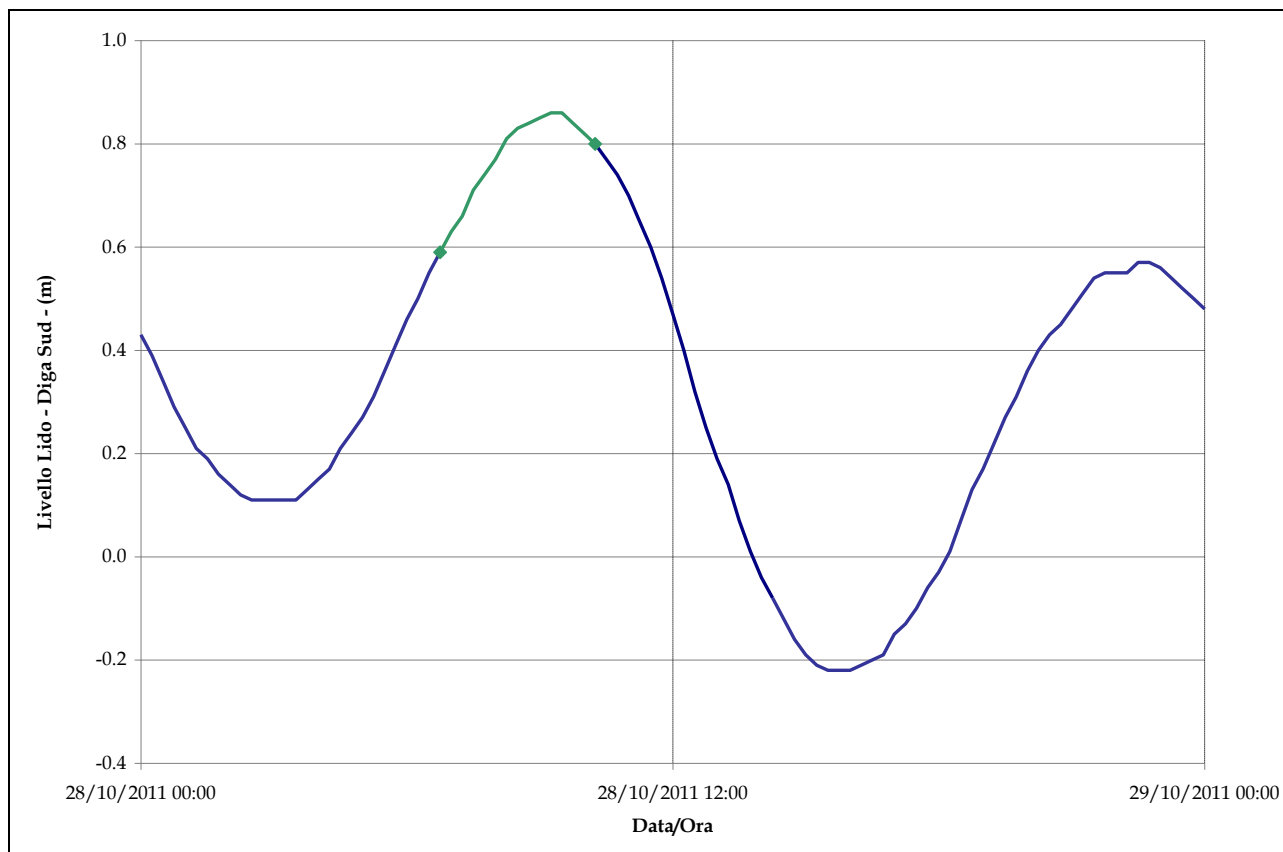
Le campagne incentrate sullo studio delle condizioni idrodinamiche e sulla stima della concentrazione del particolato solido in sospensione in corrispondenza delle sezioni di interesse si sono svolte nelle tre bocche di porto della laguna di Venezia (da Figura 1.4 a Figura 1.6). In particolare si farà riferimento alla campagna LSB7 (28 Ottobre 2011) per le attività svolte alla bocca di porto di Lido (sezione 80-82), alla campagna MSB7 (7 Dicembre 2011) per le attività svolte presso la bocca di porto di Malamocco (sezione DN-DS), ed alla campagna CSB7 (6 Marzo 2012) per le attività svolte presso la bocca di porto di Chioggia (sezione C2A-C2B). Si sottolinea il fatto che durante la campagna CSB7 svolta il giorno 6 Marzo 2012 presso la bocca di porto di Chioggia non è stato possibile indagare la consueta sezione di interesse (180-182) a causa delle avverse condizioni meteo marine, che hanno costretto lo svolgersi delle attività lungo una sezione più interna (C2A-C2B).

Nella presente sezione sono descritti i principali risultati ottenuti durante le attività di campagna effettuate lungo le sezioni d'interesse. Ricordiamo che gli orari riportati nel testo e nella grafica sono espressi come ora UT, mentre le profondità sono da intendersi riferite al pelo libero dell'acqua.

3.2 Condizioni mareali riscontrate durante le attività di misura

In Figura 3.1 sono riportati gli andamenti di marea registrati durante le attività di misura effettuate alle tre bocche di porto. Sono indicati anche gli intervalli mareali durante i quali sono state effettuate le operazioni di misura, distinguendo in verde la fase di marea crescente ed in rosso la fase di marea calante. È possibile subito notare come le escursioni mareali siano state molto simili tra i diversi momenti indagati, infatti in tutte e tre le bocche di porto sono risultate pari a circa 0.8 m. Questi grafici consentono una migliore comprensione dei risultati ottenuti dato che le caratteristiche idrodinamiche ed il trasporto del particolato solido in sospensione alle bocche di porto della laguna sono normalmente condizionati dall'escursione mareale, in assenza di fenomeni meteo marini significativi.

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



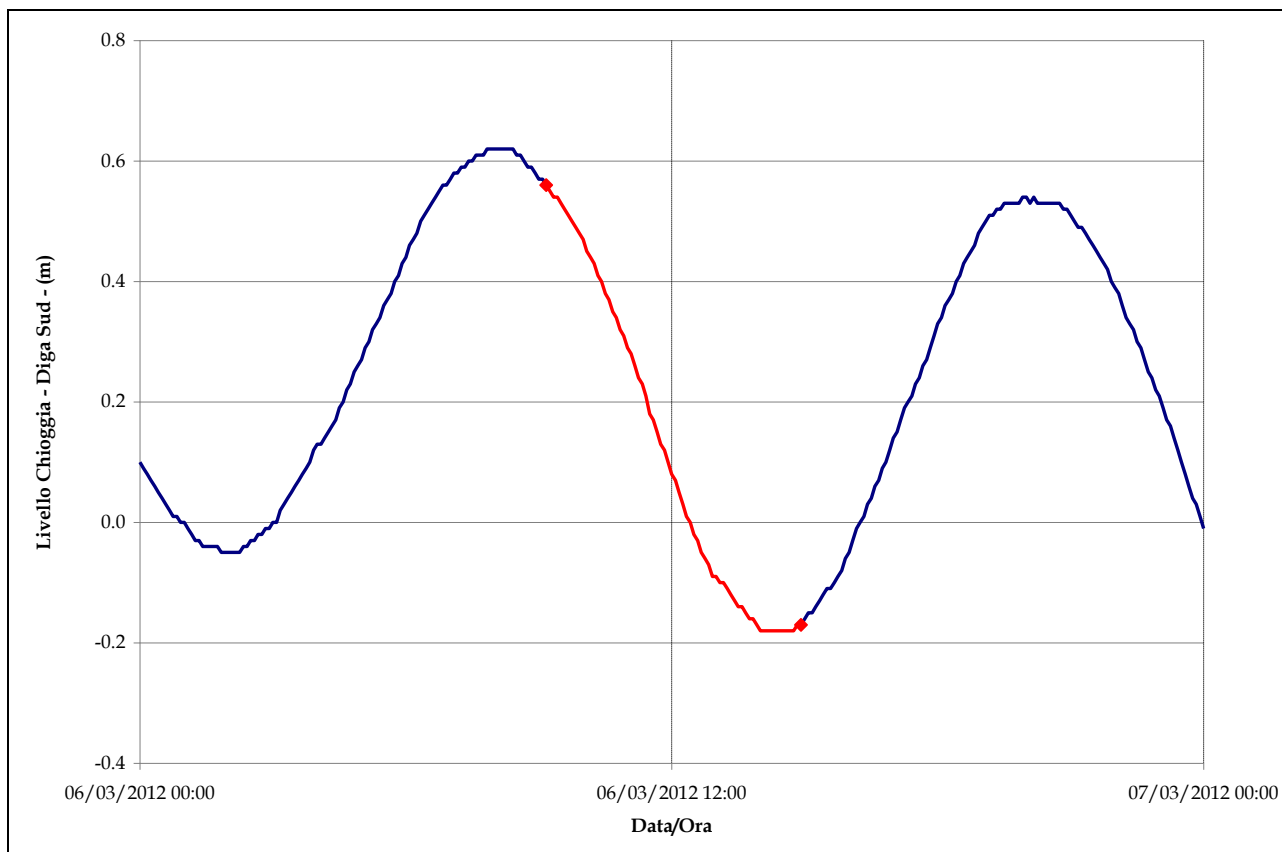
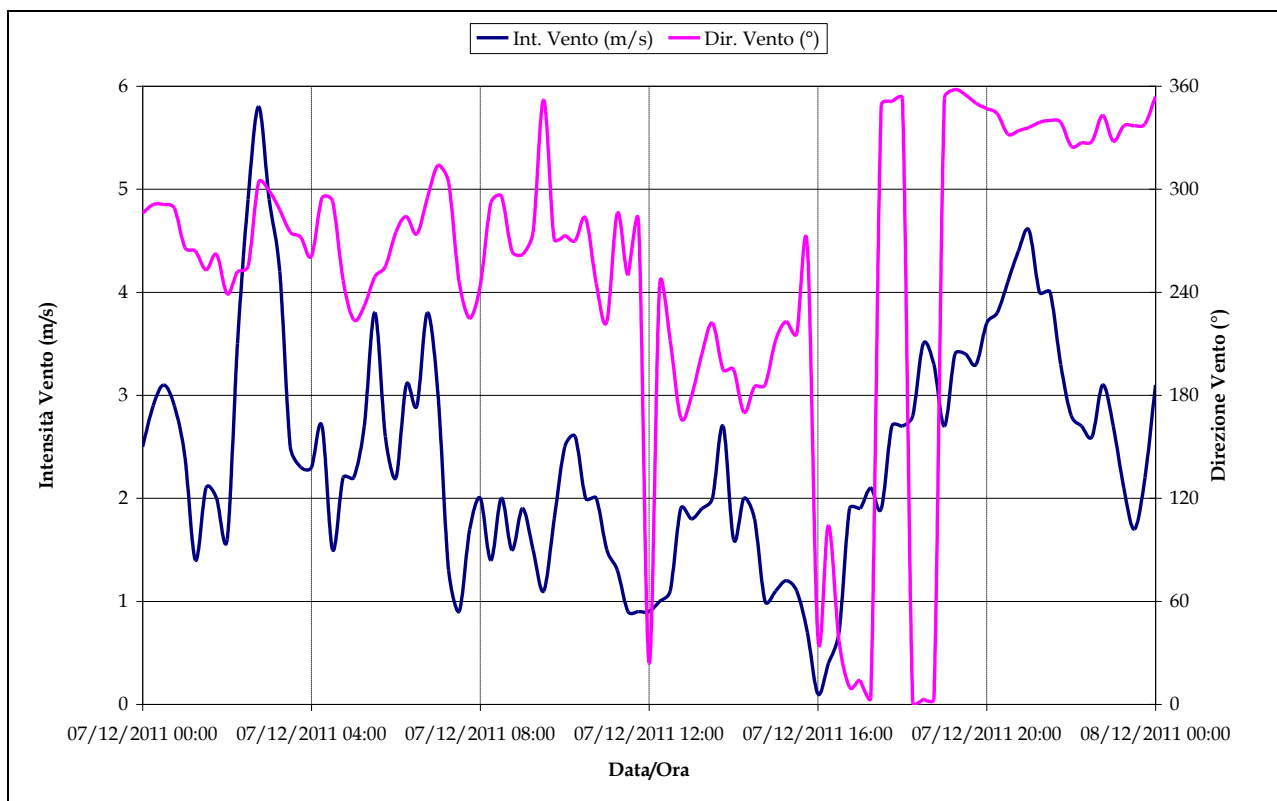
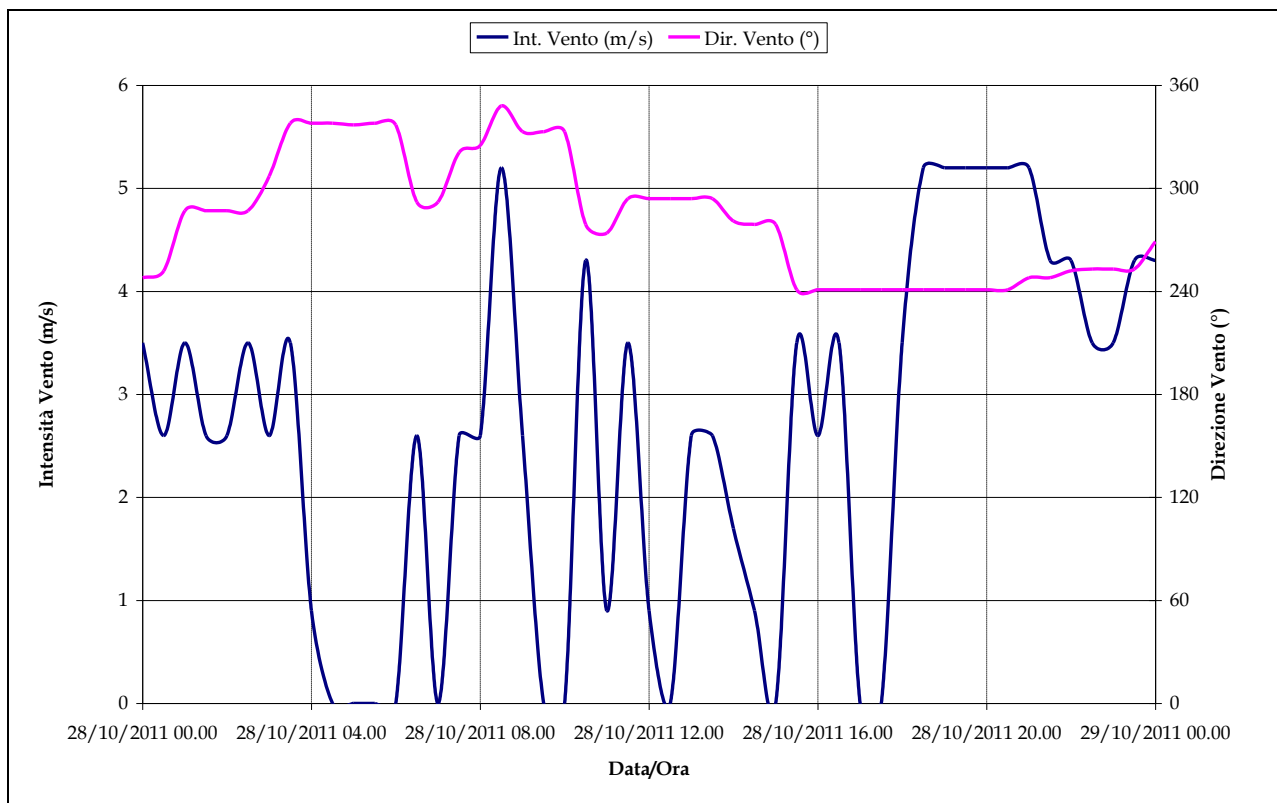


Figura 3.1. Andamento del livello di marea (valori medi su base oraria riferiti al livello medio mare) registrato rispettivamente al mareografo di Lido, Diga Sud, per il giorno 28 Ottobre 2011, di Malamocco, Diga Nord, per il giorno 7 Dicembre 2011 e di Chioggia, Diga Sud, per il giorno 6 Marzo 2012. In rosso ed in verde sono indicati gli intervalli mareali durante i quali sono state effettuate le operazioni di misura.

3.3 Condizioni meteorologiche riscontrate durante le attività di misura

In Figura 3.2 è mostrato l'andamento delle due componenti meteorologiche che maggiormente influiscono sulla distribuzione areale e sulla risospensione del materiale solido nelle acque prospicienti le bocche di porto. E' possibile osservare come le condizioni meteorologiche verificatesi il 28 Ottobre 2011 ed i 7 Dicembre 2011 durante le attività di misura siano del tutto paragonabili. Infatti la direzione più frequente dei venti era in entrambi i casi dal quadrante di N-O, mentre le intensità risultano modeste essendo inferiori a 6.00 m/s. Un caso particolare rappresentano invece le condizioni meteomarine riscontrate durante le attività di misura svoltesi il 6 Marzo 2012 presso la bocca di porto di Chioggia. Qui il vento medio è risultato particolarmente intenso, assumendo valori compresi tra 5.2 m/s e 25.2 m/s, con direzione frequente da Nord-Est. Il forte vento di bora ha impedito dunque il raggiungimento della consueta sezione 180-182 più esterna rispetto alla sezione C2A-C2B presa in esame.

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



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

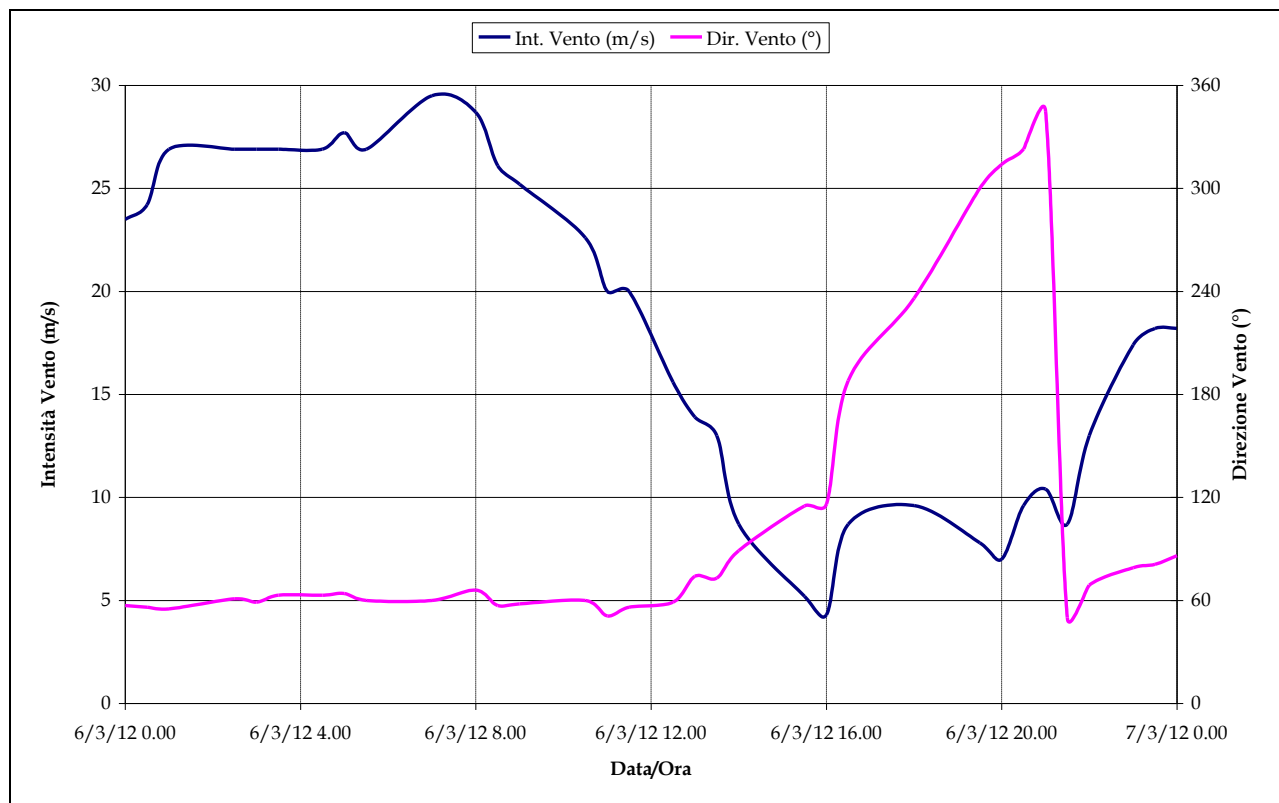


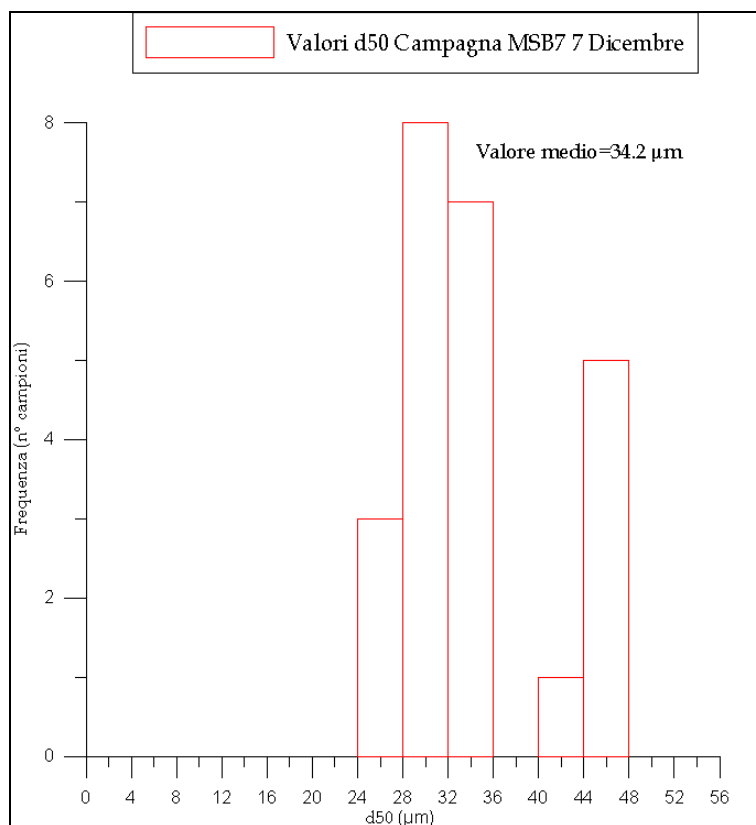
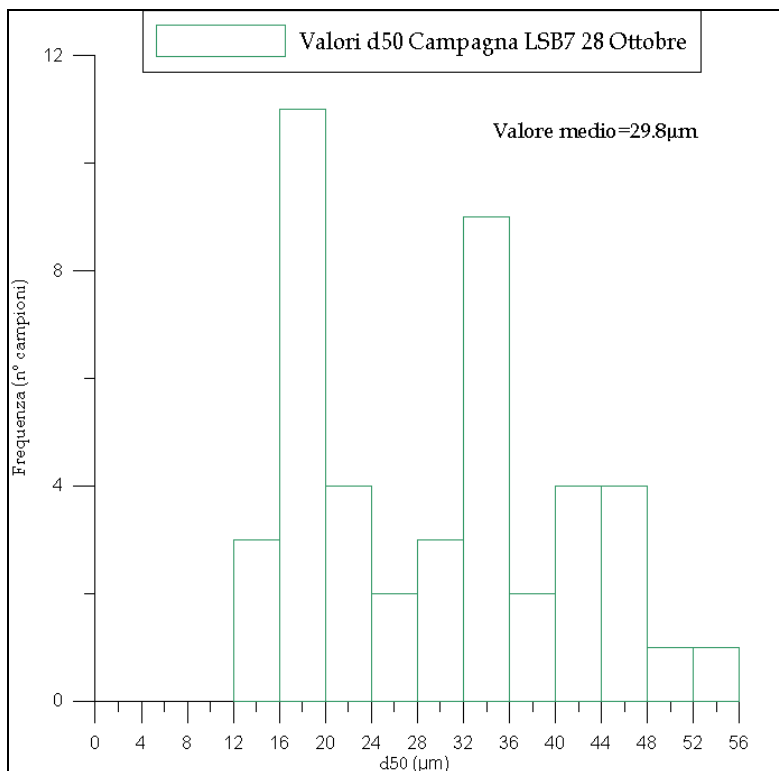
Figura 3.2. Andamento dei valori di intensità e direzione del vento registrati dalla stazione meteorologica “Acqua Alta” rispettivamente al mareografo di Lido, Diga Sud, per il giorno 28 Ottobre 2011, di Malamocco, Diga Nord, per il giorno 7 Dicembre 2011 e di Chioggia, Diga Sud, per il giorno 6 Marzo 2012.

3.4 Caratteristiche granulometriche e concentrazione del particolato solido in sospensione alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia

Le caratteristiche granulometriche dei sedimenti campionati lungo le sezioni d’interesse durante le tre campagne effettuate alle bocche di porto della laguna di Venezia sono state determinate in laboratorio con metodologia “*Laser In Situ Scattering and Transmissometry*” (LISST, Sequoia Scientific, USA), mentre le concentrazioni del particolato solido in sospensione sono state ottenute in base alla metodica IRSA [Quaderno 100/2050/94], che prevede la filtrazione attraverso membrane in policarbonato (Millipore HTTP04700) con porosità di 0.4 μm e diametro di 47 mm.

Di seguito, in Figura 3.3, sono riportati i valori relativi al d50 ottenuti per ciascuna campagna di misura. Le misure effettuate presso la bocca di porto di Lido, in condizioni di marea crescente, e presso la bocca di porto di Chioggia, in condizioni di marea calante, ci mostrano due situazioni piuttosto complesse in cui i valori di d50 misurati non assumono una particolare distribuzione, ma ricoprono un ampio intervallo. I diametri medi caratteristici delle sezioni di interesse considerate risultano essere minori nella bocca di porto di Lido e via via maggiori verso le bocche di Malamocco e di Chioggia. La situazione riscontrata presso la bocca di porto di Lido, con una ampia variabilità del dato ed un valore di d50 medio relativamente basso, è probabilmente legata al fatto che le attività di misura sono state svolte alla fine del crescente di marea e durante l’inversione mareale. Mentre presso la bocca di porto di Chioggia, l’ampio intervallo dei valori del d50 e l’elevato dato medio sono presumibilmente dovuti alle particolari condizioni meteorologiche verificatesi durante lo svolgersi delle attività di misura.

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



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

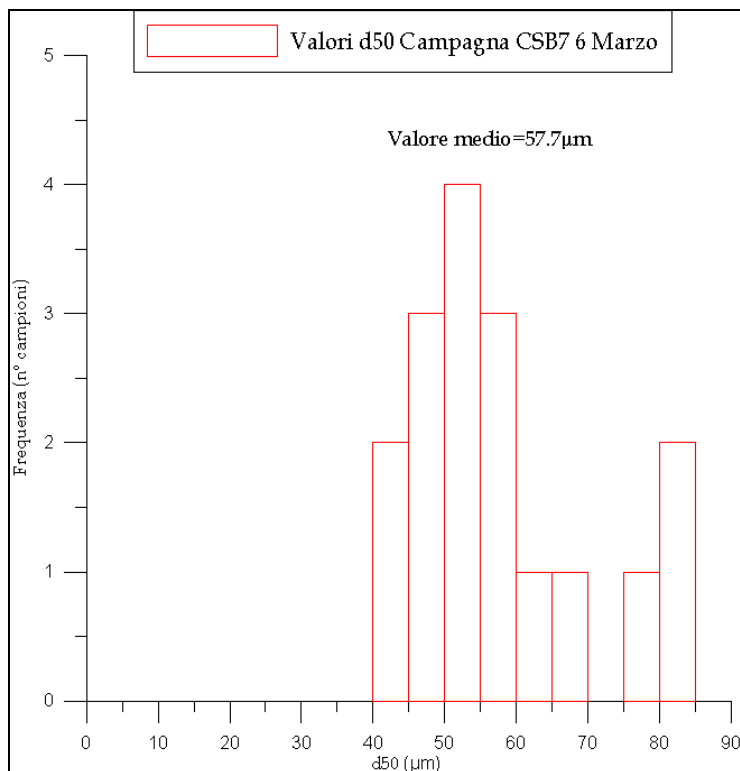


Figura 3.3. Istogrammi di frequenza dei valori di d50 per ciascuna campagna di misura. In colore verde è rappresentata la fase di marea crescente ed in colore rosso la fase di marea calante.

I risultati appena descritti sono evidenziati anche dai dati riportati nei diagrammi triangolari di Shepard, rappresentati in Figura 37 per ciascuna campagna di misura. La percentuale di frazione argillosa è pressoché sempre prossima allo zero. Alle bocche di porto di Lido e Chioggia le proporzioni tra le diverse classi granulometriche risultano più variabili, con evidenti variazioni reciproche del contenuto di sabbia e limo. Mentre presso la bocca di porto di Malamocco lo spettro granulometrico è più limitato con un'evidente preponderanza della frazione limosa.

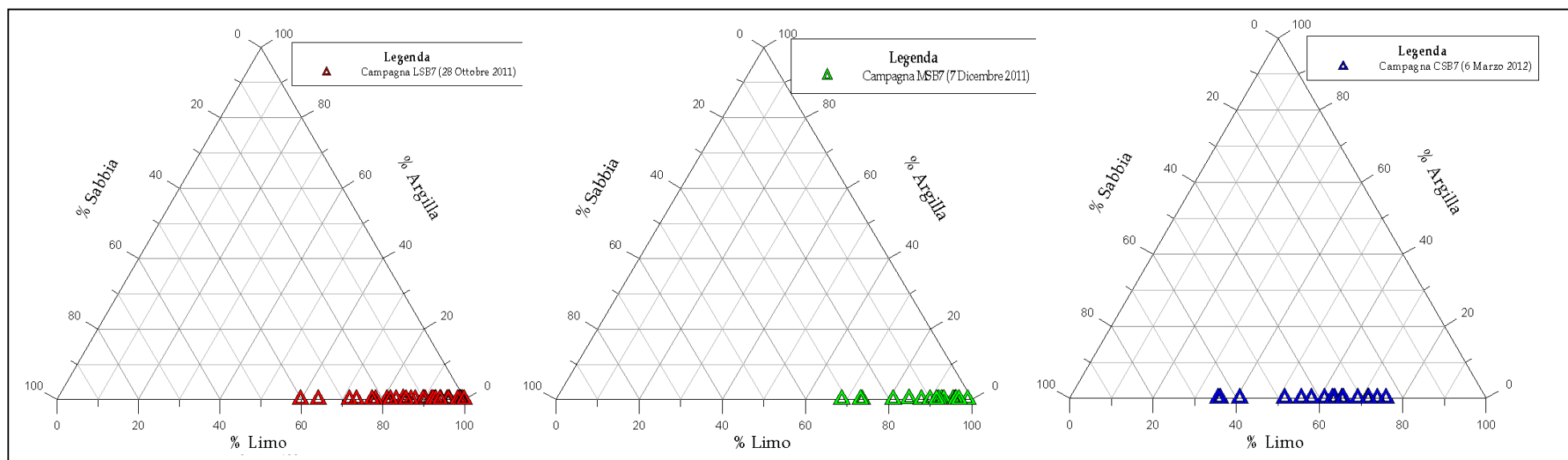
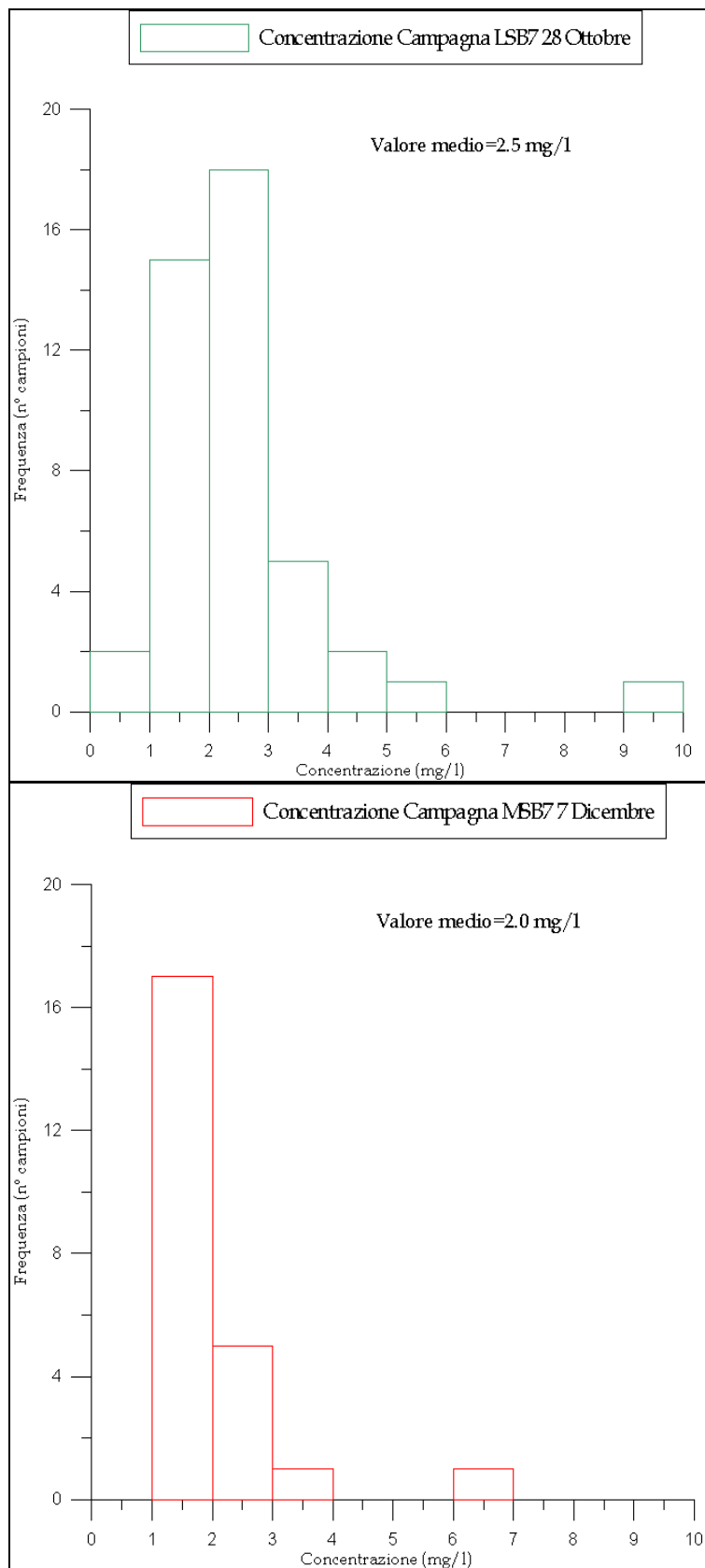


Figura 3.4. Diagramma di Shepard dei campioni prelevati i giorni 28 Ottobre 2011, 7 Dicembre 2011 e 6 Marzo 2012 rispettivamente alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia.

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

Per quanto riguarda, invece, le concentrazioni del particolato solido in sospensione, SPM (*Suspended Particle Matter*) in Figura 3.5, ottenute dalla filtrazione dei campioni d'acqua prelevati, è possibile notare che anche in questo caso i valori ottenuti presso le bocche di porto di Lido e di Chioggia si caratterizzano per l'eterogeneità, particolarmente spiccata in quest'ultima, dove l'intervallo di variazione dei valori è compreso tra 10 mg/l e 75 mg/l. Si osserva inoltre come le misure svolte presso la bocca di porto di Chioggia il 6 marzo 2012 abbiano rilevato valori di concentrazione decisamente elevati (valore medio: 41.8 mg/l), legati alle particolari condizioni meteo marine verificatesi, rispetto alle bocche di porto di Lido (valore medio: 2.5 mg/l) e di Malamocco (valore medio: 2.0 mg/l).

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



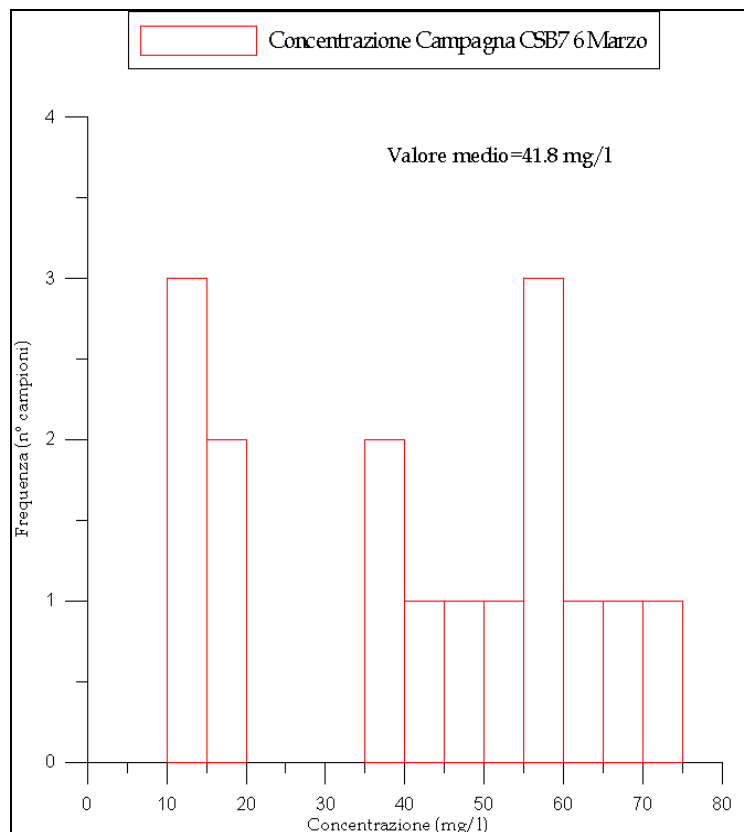


Figura 3.5. Istogramma di frequenza dei valori di concentrazione (mg/l) per ciascuna campagna di misura. In colore verde è rappresentata la fase di marea crescente ed in colore rosso la fase di marea calante.

3.5 Caratteristiche del campo di velocità

Le caratteristiche idrodinamiche del flusso mareale sono state indagate lungo le sezioni d'interesse per mezzo dello strumento ADCP, montato su di un supporto solidale al fianco dell'imbarcazione di misura (*vessel mounted*). I dati relativi ai transetti scelti fra quelli eseguiti in andata e ritorno lungo ogni sezione di misura sono stati prima esportati con il software dedicato DRL-Sediview® e successivamente importati in appositi fogli di calcolo e sottoposti ad un controllo di qualità mirato, supportato dalle informazioni ottenute mediante il software di gestione dello strumento (WinRiver II).

Nella Tabella 3.1 è riportato l'elenco di tutti i transetti eseguiti durante le tre campagne d'indagine lungo le sezioni d'interesse alle bocche di porto di Lido, Malamocco e Chioggia, con i valori della portata, l'area di ogni singola sezione indagata e la velocità media registrata dalla strumentazione ADCP per ciascun transetto effettuato. E' possibile notare come le velocità della corrente registrate durante le tre diverse campagne di misura risultino elevate e generalmente superiori a 0.50 m/s, ottenendo così condizioni ottimali per lo studio dell'idrodinamica e del trasporto solido lungo le sezioni di interesse.

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

Tabella 3.1. Valori della portata relativi ai transetti acquisiti durante le campagne LSB7, MSB7 e CSB7. Il segno + è associato alla fase di marea calante ed il segno - alla fase di marea crescente.

Transetto ADCP	Data	Ora inizio	Ora fine	Sezione	Q _{tot}	Area sezione	Vel media
					(m ³ /s)	(m ²)	(m/s)
Campagna ISL2, 19 - 20 Ottobre 2009 alla bocca di porto di Lido							
LSB7_000.PD0	28/10/2011	06:44:38	06:51:40	82→80	-6853	8272	0.85
LSB7_001.PD0	28/10/2011	06:51:59	06:59:08	80→82	-6940	8565	0.85
LSB7_006.PD0	28/10/2011	08:13:10	08:21:02	82→80	-6950	8517	0.85
LSB7_007.PD0	28/10/2011	08:21:27	08:28:44	80→82	-7115	8796	0.89
LSB7_012.PD0	28/10/2011	08:59:31	09:06:17	80→82	-6111	8657	0.77
LSB7_013.PD0	28/10/2011	09:06:35	09:13:04	82→80	-5848	8703	0.68
LSB7_018.PD0	28/10/2011	09:38:53	09:45:18	82→80	-4495	8365	0.53
LSB7_019.PD0	28/10/2011	09:45:38	09:51:55	80→82	-4253	8846	0.53
Campagna MSB7, 7 Dicembre 2011 alla bocca di porto di Malamocco							
MSB7_000.PD0	07/12/2011	08:31:36	08:35:48	DN→DS	2561	6552	0.40
MSB7_001.PD0	07/12/2011	08:42:10	08:46:04	DS→DN	2914	6150	0.49
MSB7_002.PD0	07/12/2011	09:09:30	09:12:55	DN→DS	4453	6504	0.69
MSB7_003.PD0	07/12/2011	09:17:08	09:21:13	DS→DN	4438	6116	0.75
MSB7_006.PD0	07/12/2011	09:40:29	09:44:18	DS→DN	4995	6132	0.85
MSB7_007.PD0	07/12/2011	09:44:30	09:48:08	DN→DS	4869	6337	0.80
MSB7_008.PD0	07/12/2011	10:01:37	10:06:12	DS→DN	5378	6162	0.91
MSB7_009.PD0	07/12/2011	10:06:20	10:11:48	DN→DS	5440	6276	0.94
MSB7_012.PD0	07/12/2011	10:27:05	10:31:57	DN→DS	5475	6098	0.93
MSB7_013.PD0	07/12/2011	10:32:07	10:36:34	DS→DN	5479	6030	0.92
MSB7_016.PD0	07/12/2011	12:04:04	12:08:07	DS→DN	5343	6118	0.90
MSB7_017.PD0	07/12/2011	12:08:13	12:12:02	DN→DS	5352	5977	0.94
MSB7_019.PD0	07/12/2011	12:25:26	12:29:31	DS→DN	5142	6199	0.88
MSB7_020.PD0	07/12/2011	12:29:40	12:33:26	DN→DS	5226	6286	0.86
MSB7_023.PD0	07/12/2011	12:45:36	12:50:03	DN→DS	4859	6055	0.85
Campagna CSB7, 6 Marzo 2012 alla bocca di porto di Chioggia							
CSB7_000.PD0	06/03/2012	09:11:43	09:15:03	C2B→C2A	1408	4247	0.36
CSB7_001.PD0	06/03/2012	09:15:25	09:18:55	C2A→C2B	1570	4372	0.39
CSB7_003.PD0	06/03/2012	10:21:39	10:25:05	C2B→C2A	3122	4182	0.78
CSB7_004.PD0	06/03/2012	10:25:37	10:30:11	C2A→C2B	3344	4670	0.77
CSB7_006.PD0	06/03/2012	11:33:52	11:37:22	C2B→C2A	3860	4388	0.92
CSB7_007.PD0	06/03/2012	11:37:55	11:42:40	C2A→C2B	3942	4515	0.94
CSB7_009.PD0	06/03/2012	12:40:25	12:44:53	C2A→C2B	3918	4393	0.95
CSB7_010.PD0	06/03/2012	12:45:04	12:49:04	C2B→C2A	3545	4209	0.89
CSB7_012.PD0	06/03/2012	13:48:44	13:52:39	C2A→C2B	2864	4464	0.69
CSB7_013.PD0	06/03/2012	13:52:51	13:56:51	C2B→C2A	2859	4267	0.72
CSB7_015.PD0	06/03/2012	14:42:30	14:45:35	C2A→C2B	1729	4183	0.45
CSB7_016.PD0	06/03/2012	14:45:57	14:49:49	C2B→C2A	1625	4129	0.41

3.6 Analisi del campo di corrente lungo le sezioni 80-82 (Lido), DN-DS (Malamocco) e C2A-C2B (Chioggia)

Attraverso l'uso del software dedicato DRL-Sediview® sono stati esportati alcuni transetti significativi per comprendere ed osservare al meglio la variazione del campo di corrente presso le tre sezioni di interesse individuate nelle tre bocche di porto della laguna di Venezia.

In Figura 3.6 è rappresentato il campo di velocità che caratterizza la sezione 80-82 presso la bocca di porto di Lido durante la fase di marea crescente ed in prossimità dell'inversione mareale. È interessante notare la modalità con cui avviene la transizione tra fase di marea crescente e fase di marea calante. Infatti nel transetto LSB7_000.PD0 il flusso entrante è ben definito lungo gran parte della sezione di misura con velocità superiori a 0.60 m/s, mentre ai lati, in prossimità delle dighe foranee, la marea presenta direzione calante, probabilmente per la formazione di vortici nelle aree a più basso fondale. Nel transetto LSB7_018.PD0 si osserva come la transizione tra le due fasi mareali avvenga a partire dalla zona prossima alla Diga Sud e le due masse d'acqua che scorrono in senso opposto danno origine ad una superficie di separazione molto netta.

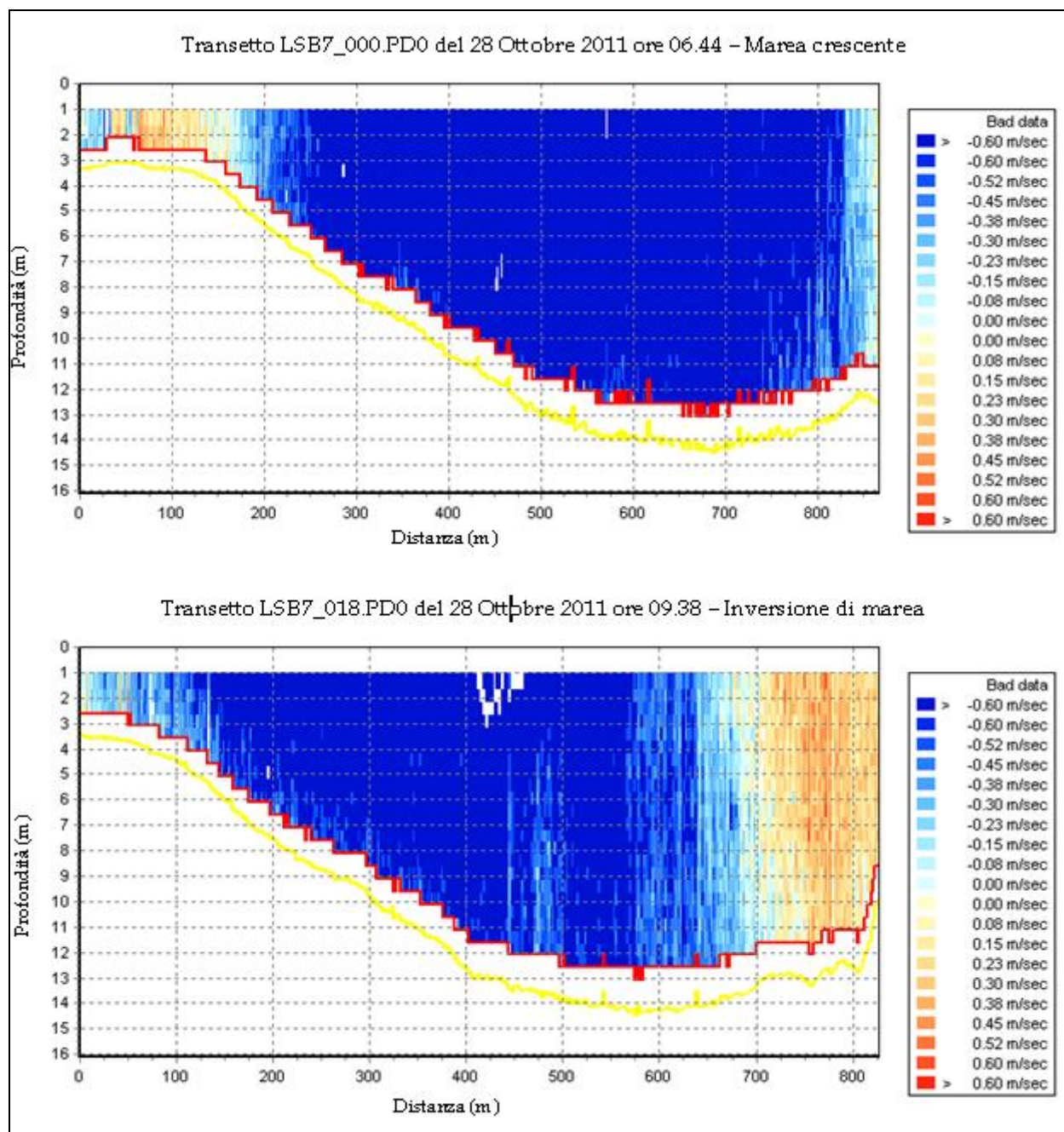


Figura 3.6. Variazioni del campo di corrente presso la sezione 80-82, il giorno 28 Ottobre 2011.

In Figura 3.7 è rappresentato il campo di velocità che caratterizza la sezione DN-DS presso la bocca di porto di Malamocco durante il calante, in particolare all'inizio (MSB7_000.PD0) ed alla fine della fase di marea (MSB7_019.PD0). È possibile osservare come la direzione della corrente sia ben definita in entrambi i casi lungo l'intera sezione di misura, con velocità maggiore nel transetto MSB7_019.PD0.

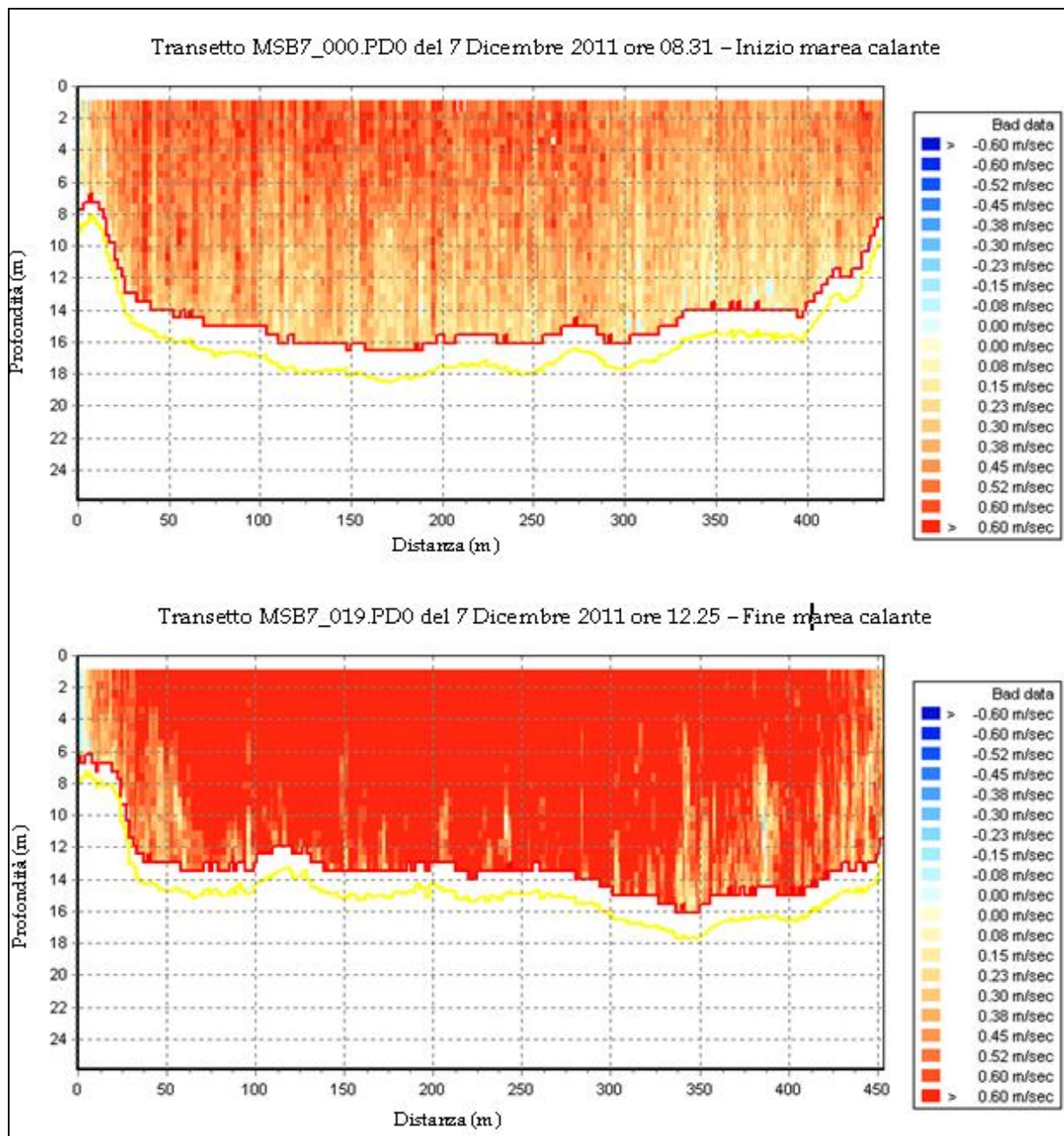


Figura 3.7. Variazioni del campo di corrente presso la sezione DN-DS, il giorno 7 Dicembre 2011.

In Figura 3.8 è rappresentato il campo di velocità che caratterizza la sezione C2A-C2B presso la bocca di porto di Chioggia durante il calante di marea, inizio (CSB7_000.PD0), fase centrale (CSB7_010.PD0) e fine (CSB7_016.PD0). Si può osservare come in tutti e tre i casi il flusso di marea uscente interessi l'intera sezione di misura con velocità particolarmente intensa, superiore a 0.60 m/s, nella parte centrale del calante di marea nel transetto CSB7_010.PD0.

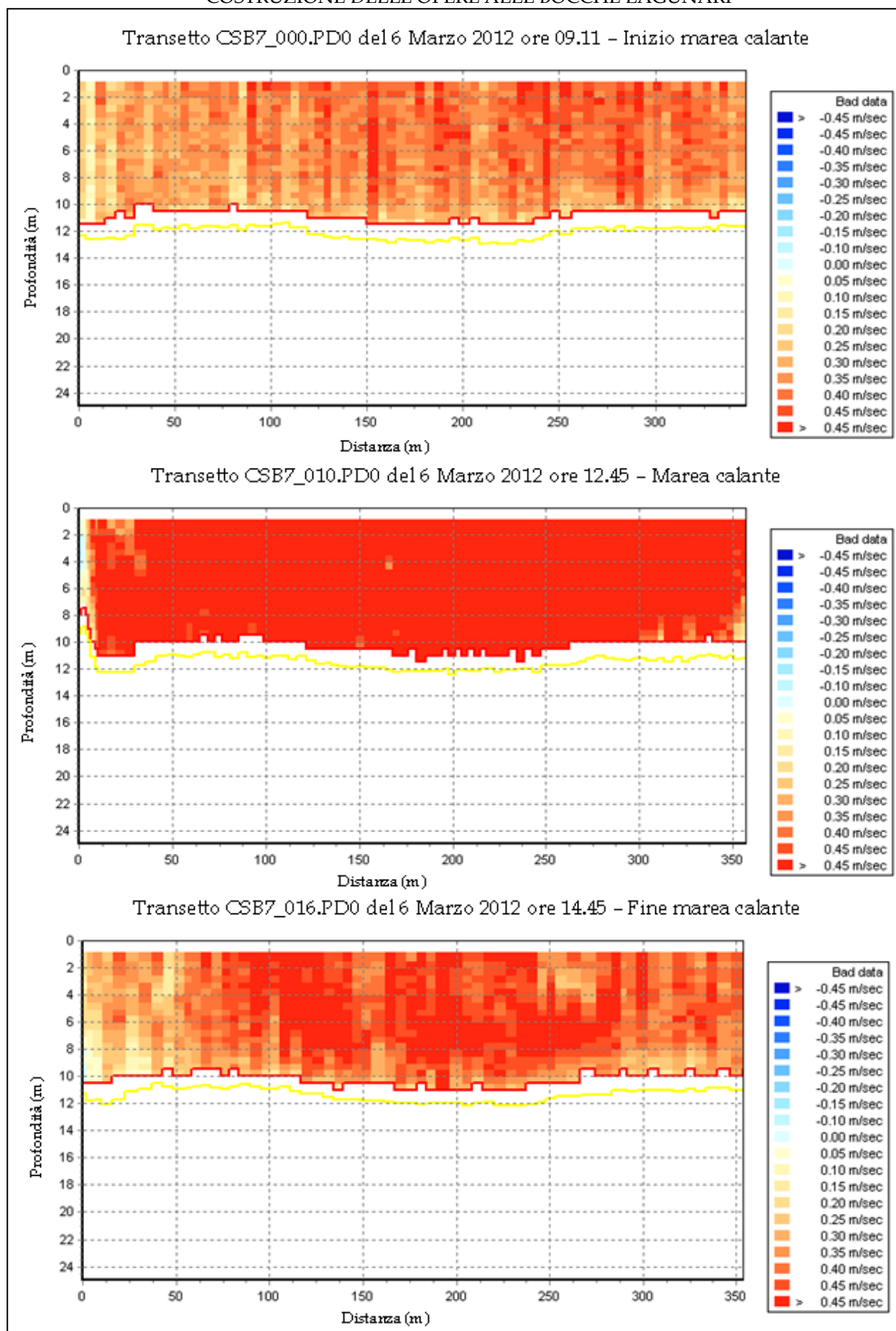


Figura 3.8. Variazioni del campo di corrente presso la sezione C2A-C2B, il giorno 6 Marzo 2012.

4 INDAGINE DEL MECCANISMO DEL TRASPORTO SOLIDO IN SOSPENSIONE E AL FONDO

4.1 Attività di misura

L'attività volta allo studio del meccanismo di trasporto solido in sospensione e al fondo è stata svolta alle bocche di porto di Chioggia, Malamocco e Lido. Perciò si farà riferimento alla campagna TFCHB7 (17 Aprile 2012) alla bocca di porto di Chioggia, in cui il campo sperimentale è stato allestito presso il punto TFCHB7 (Figura 1.7), alla campagna TFMAB7 (18 Aprile 2012) alla bocca di porto di Malamocco, in cui il campo sperimentale è stato allestito presso il punto TFMAB7 (Figura 1.8) ed alla campagna TFLIB7 (19 Aprile 2012) alla bocca di porto di Lido, in cui il campo sperimentale è stato allestito presso il punto 83 (Figura 1.9).

L'attività di campagna è stata condotta utilizzando il profilatore acustico ADCP 600 kHz (*vessel mounted*) per la misurazione dell'intensità della corrente idrica lungo la colonna d'acqua, le trappole di campionamento *Helley-Smith* per la raccolta del sedimento e il profilatore acustico ADCP 1200 kHz posizionato su una struttura metallica in prossimità del fondo, per l'acquisizione del *bottom tracking* per registrare l'eventuale movimento relativo dello strato superficiale del sedimento del fondo. Alle operazioni di misura ha partecipato l'imbarcazione LITUS, base del campo sperimentale, e l'imbarcazione Boston Whaler, non ancorata e utilizzata da supporto per la movimentazione di uomini e materiale.

L'attività sperimentale è sinteticamente riassunta in Tabella 4.1.

Nel presente capitolo sono descritti i risultati delle attività di campagna; gli orari riportati nel testo e nella grafica sono espressi come ora UT, mentre le profondità sono da intendersi riferite al pelo libero dell'acqua.

Tabella 4.1. Attività svolte durante le campagne di indagine del trasporto solido presso le bocche di porto di Chioggia, Malamocco e Lido.

GIORNO	ORARIO (UT)	N. ACQUISIZIONI	N. PROFILI con trappole Helley-Smith	N. CAMPIONI
Campagna TFCHB7, 17 Aprile 2012 alla bocca di porto di Chioggia				
17/04/2012	08.00 - 14.00	1 acq. ADCP 600kHz 1 acq. ADCP 1200 kHz	4 completi (16 lanci)	16 campioni (trappole) 9 campioni (campionatore)
Campagna TFMAB7, 18 Aprile 2012 alla bocca di porto di Malamocco				
18/04/2012	09.00 - 14.00	1 acq. ADCP 600 kHz 1 acq. ADCP 1200 kHz	3 completi (12 lanci)	12 campioni (trappole) 8 campioni (campionatore)
Campagna TFLIB7, 19 Aprile 2012 alla bocca di porto di Lido				
19/04/2012	09.00 - 14.00	1 acq. ADCP 600kHz 1 acq. ADCP 1200 kHz	2 completi (8 lanci)	8 campioni (trappole) 6 campioni (campionatore)

Non si segnala la presenza di draghe durante le misure.

Il campionamento dei sedimenti in sospensione è stato effettuato utilizzando due campionatori *Helley-Smith* (Helley and Smith, 1971) modificati con apertura frontale di 12×12 cm e muniti di rete

per la raccolta del sedimento con maglia di 60 μm . Ciascun profilo è stato ottenuto con quattro lanci (due trappole per volta); uno a 6 cm dal fondo (*Benthic Trap*), uno a 20.5 cm dal fondo (*Epi-benthic Trap*), uno a circa metà della profondità totale (*Middle Trap*) e l'ultimo in prossimità della superficie (*Surface Trap*). Lo schema è rappresentato in Figura 4.1.

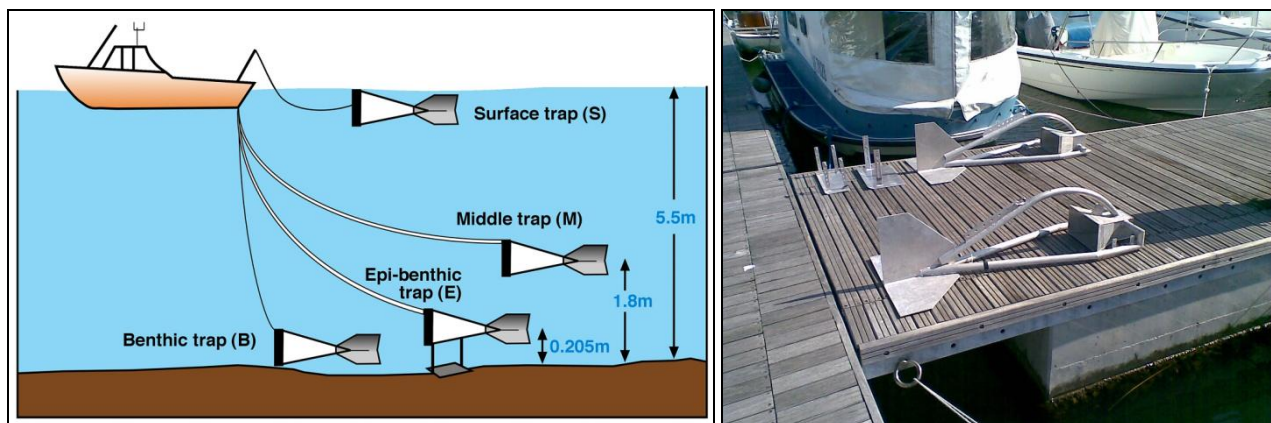


Figura 4.1. Schema di campionamento per la caratterizzazione dei materiali trasportati in sospensione e campionatori del tipo *Helley-Smith* modificati.

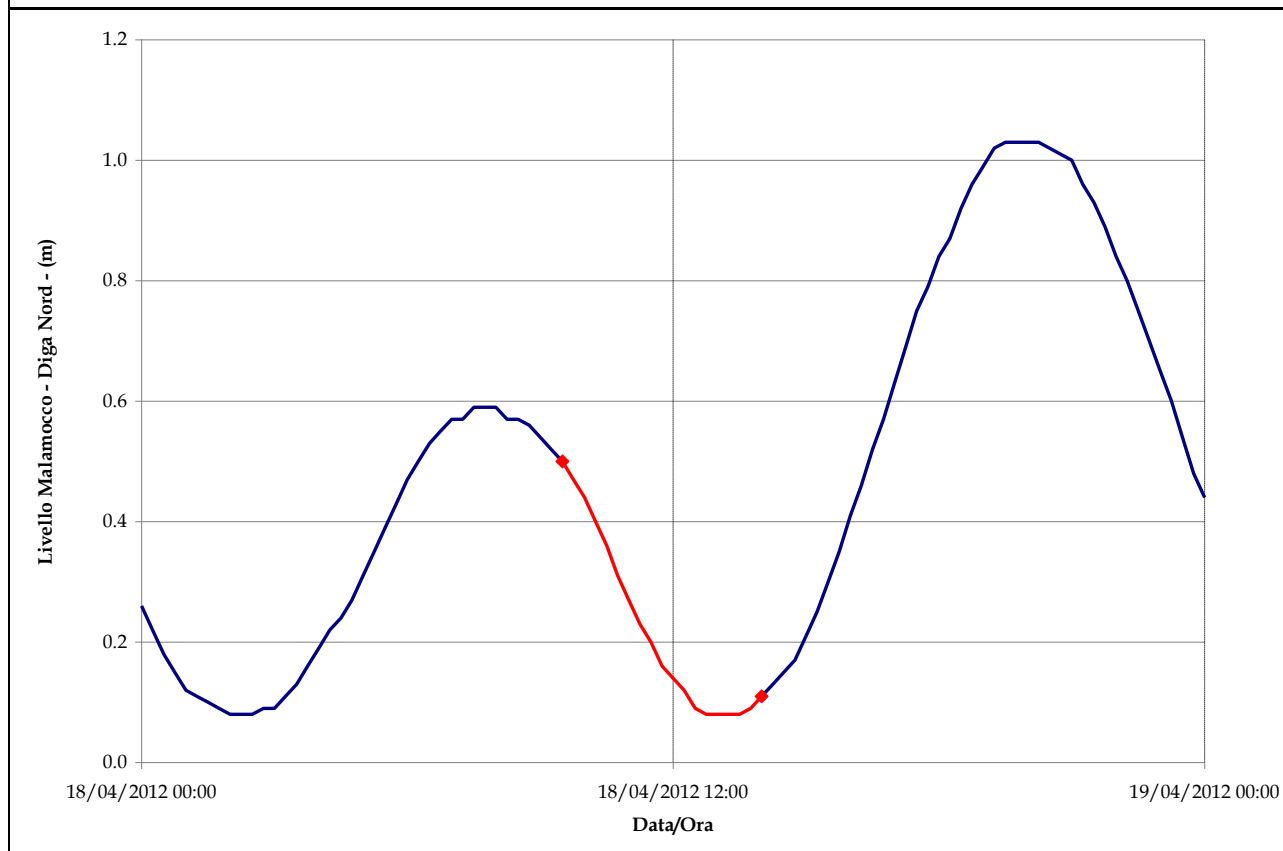
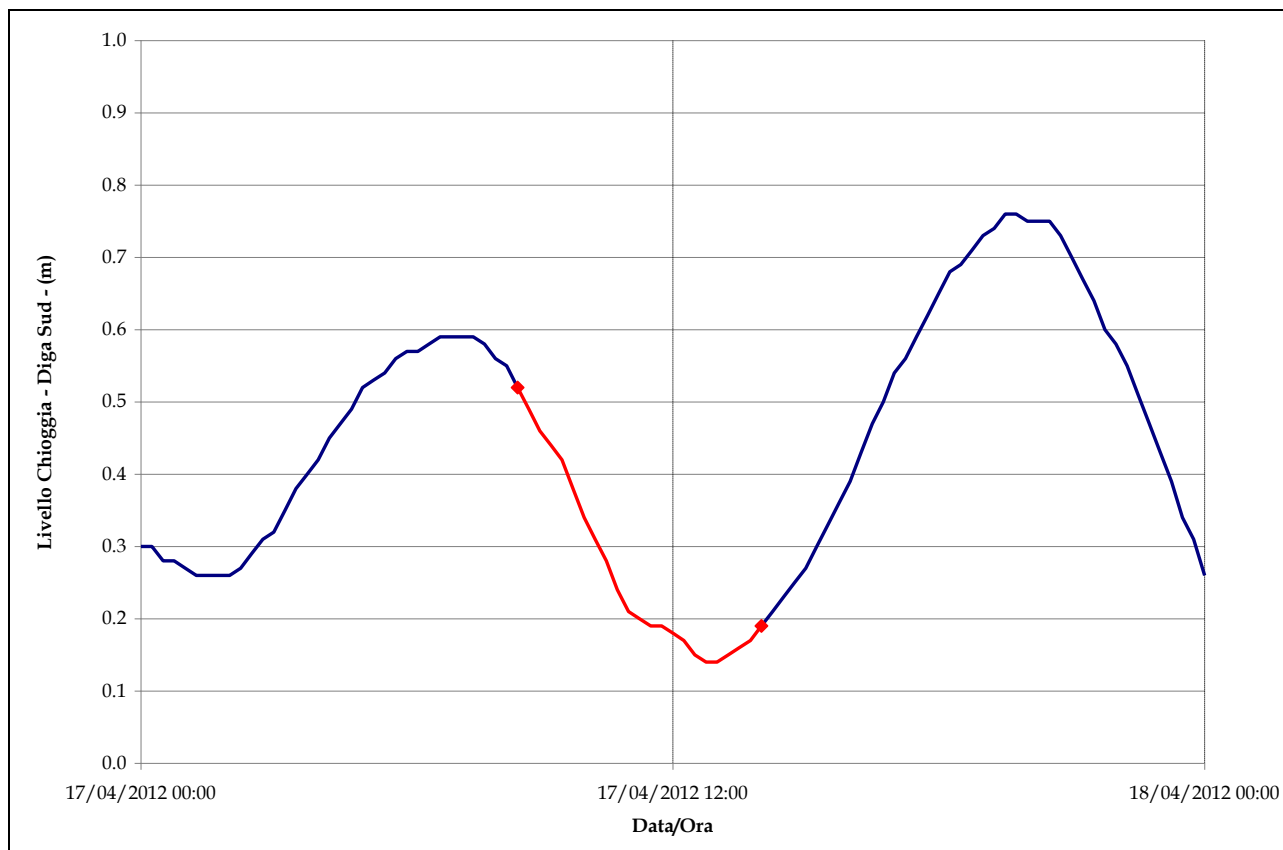
Le trappole, una volta immerse, si dispongono parallelamente alla corrente e catturano il materiale trasportato dal flusso idrico che le investe. Successivamente, una volta issate a bordo dell'imbarcazione, vengono svuotate dal materiale intrappolato che è risciacquato attraverso un setaccio con maglia di 63 μm per eliminare l'eventuale materiale fine rimasto nel sacco della trappola.

I campioni di sedimento raccolti in campo sono stati pretrattati in laboratorio. Durante questa fase i campioni sono stati risciacquati con acqua distillata e centrifugati più volte al fine di lavare l'eccesso di sale ed in seguito sono stati seccati in forno ad una temperatura di 100°C circa in modo da eliminare l'acqua residua presente nel sedimento. Il materiale secco è stato pesato e successivamente riscaldato in muffola a 550°C per cinque ore al fine di eliminare completamente la sostanza organica presente. Dopo una seconda pesatura, si è ricavata, per differenza, la percentuale di organico sul totale. Successivamente, con l'uso dei setacci, è stato calcolato il diametro medio dei granuli. Il peso della frazione inorganica di ogni campione è stato diviso per il volume di acqua che ha attraversato ciascuna trappola durante il periodo di immersione, che solitamente è pari a 15-20 minuti, ottenendo la concentrazione dei solidi in sospensione ad ogni profondità campionata. Il volume d'acqua che attraversa la trappola è stato stimato considerando le velocità registrate dall'ADCP 600 kHz, per i campioni superficiale ed intermedio, e dall'ADCP 1200 kHz, per i campioni bentico ed epibentico, e l'area dell'apertura della stessa trappola.

4.2 Condizioni mareali riscontrate durante le attività di misura

In Figura 4.2 sono riportati gli andamenti di marea registrati durante le attività di misura effettuate alle tre bocche di porto. Sono indicati anche gli intervalli mareali durante i quali sono state effettuate le operazioni di misura, distinguendo in colore rosso la fase di marea calante. È possibile subito notare come le escursioni mareali siano state molto simili e relativamente modeste, infatti in tutte e tre le bocche di porto sono risultate inferiori a 0.5 m. Questi grafici consentono una migliore comprensione dei risultati ottenuti dato che le caratteristiche idrodinamiche ed il trasporto del particolato solido in sospensione alle bocche di porto della laguna sono normalmente condizionati dall'escursione mareale, in assenza di fenomeni meteo marini significativi.

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



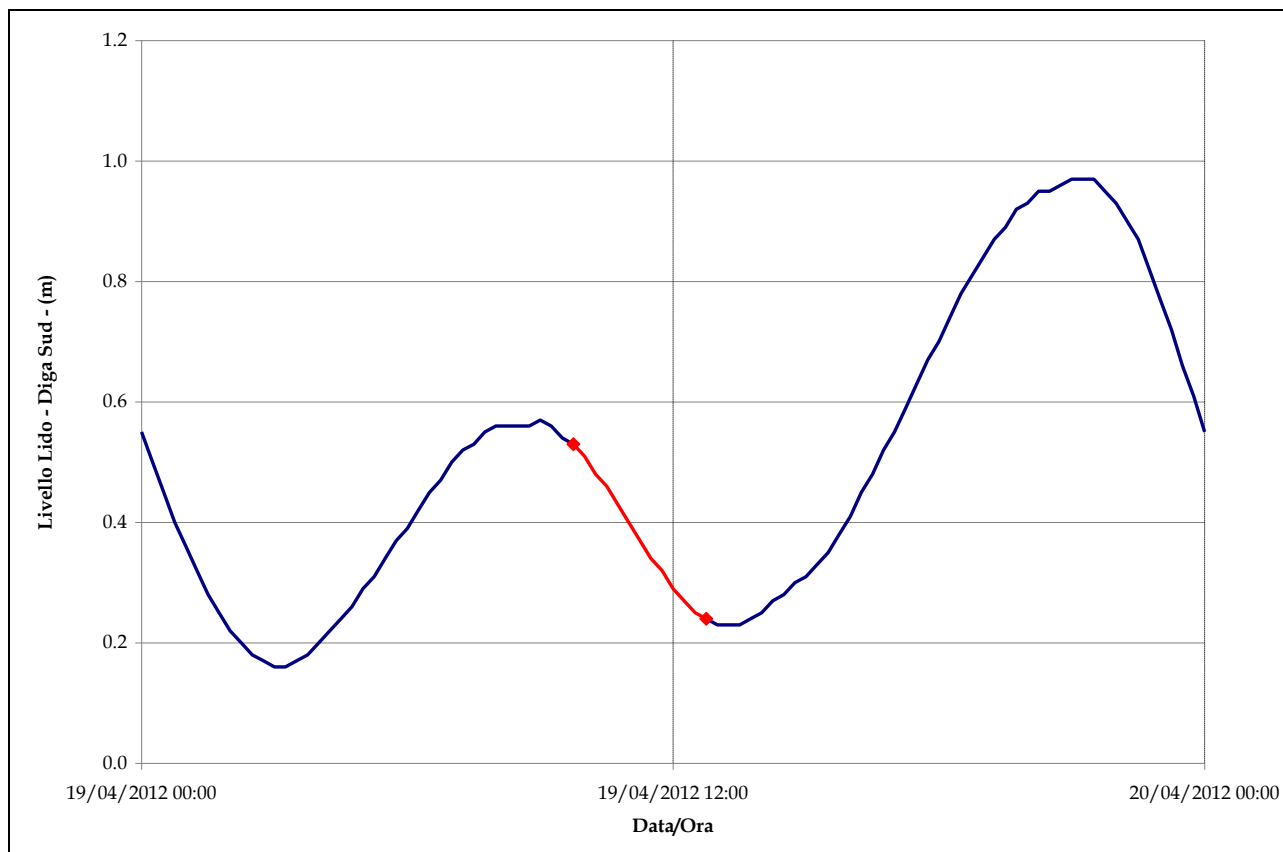


Figura 4.2. Andamento del livello di marea (valori medi su base oraria riferiti al livello medio mare) registrato rispettivamente al mareografo di Chioggia, Diga Sud, per il giorno 17 Aprile 2012, di Malamocco, Diga Nord, per il giorno 18 Aprile 2012 e Lido, Diga Sud, per il giorno 19 Aprile 2012. In rosso sono indicati gli intervalli mareali durante i quali sono state effettuate le operazioni di misura.

4.3 Condizioni meteorologiche riscontrate durante le attività di misura

In Figura 4.3. Intensità e direzione del vento registrati alla piattaforma CNR-ISMAR, per il giorno 17 Aprile 2012. è mostrato l'andamento delle due componenti meteorologiche che maggiormente influiscono sulla distribuzione areale e sulla risospensione del materiale solido nelle acque prospicienti le bocche di porto. A causa di un malfunzionamento delle apparecchiature poste presso la piattaforma del CNR-ISMAR i dati relativi alla velocità e direzione del vento medio per le bocche di porto di Malamocco e Lido non sono disponibili, tuttavia non sono segnalati fenomeni meteorologici di particolare intensità nel periodo in cui sono state effettuate le attività sperimentali.

Per quanto riguarda la bocca di porto di Chioggia, il periodo d'indagine è risultato caratterizzato da intensità e direzione del vento variabili. Durante le attività di misura il vento ha diminuito lentamente la propria intensità da un massimo di 8.3 m/s a valori attorno allo zero. La direzione frequente del vento, durante le attività di misura, è stata dal quadrante di S-E.

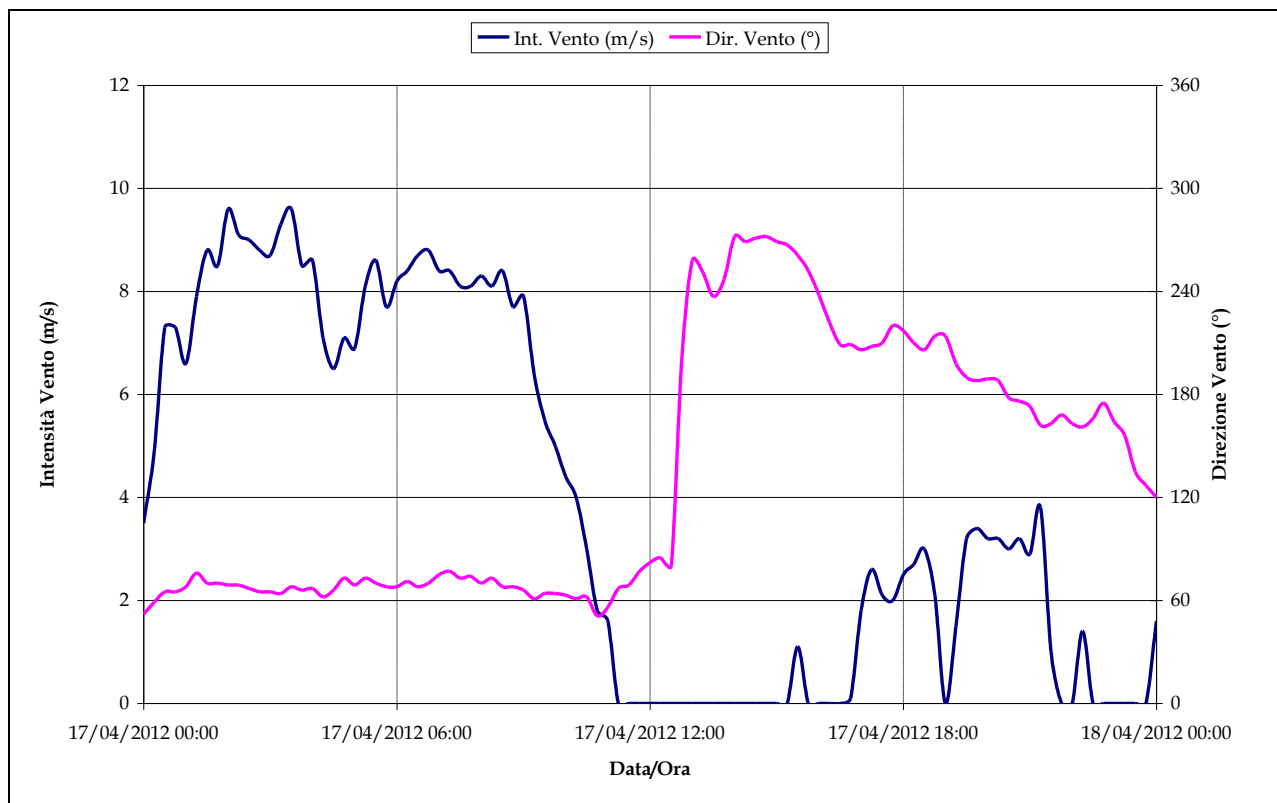


Figura 4.3. Intensità e direzione del vento registrati alla piattaforma CNR-ISMAR, per il giorno 17 Aprile 2012.

4.4 Studio sulla distribuzione e sulle caratteristiche dei materiali solidi sospesi e del trasporto al fondo

Nelle tre colonne in Tabella 4.2 vengono mostrati i valori medi del d50, della percentuale di sostanza organica e della concentrazione di sabbia in sospensione ricavati dalle analisi sui campioni prelevati alle bocche di porto di Chioggia il giorno 17 Aprile 2012 (Campagna TFCHB7), di Malamocco il giorno 18 Aprile 2012 (TFMAB7) e di Lido il giorno 19 Aprile (TFLIB7) per mezzo delle trappole. Si ricorda che la trappola bentica è posta sul fondale e la parte centrale della sua imboccatura è a 6 cm dal fondo, la trappola epibentica a 20.5 cm dal fondo, mentre la trappola intermedia è stata posta a circa 2.9 m dal fondo presso la bocca di porto di Chioggia, a 7.5 m presso la bocca di porto di Malamocco ed a 2.0 m presso la bocca di porto di Lido.

I valori del d50 risultano relativamente elevati presso la bocca di porto di Chioggia variando da un massimo di 204.97 μm dei sedimenti raccolti dalla trappola bentica ad un minimo di 111.50 μm dei sedimenti raccolti dalla trappola superficiale. Mentre presso la bocca di porto di Malamocco i valori risultano minori ma caratterizzati da una minore variabilità del dato, essendo compresi tra 99.26 μm della trappola superficiale e 114.98 μm della trappola epibentica. I risultati ottenuti presso le bocche di porto di Chioggia e di Lido per quanto riguarda il contenuto organico, espresso in percentuale sul totale, risultano confrontabili, in quanto compresi tra l'8% ed il 27% in entrambi i casi. I campioni prelevati presso la bocca di porto di Malamocco invece si distinguono per i minori valori di frazione organica (tra il 4% e l'8%). Le concentrazioni della frazione sabbiosa in generale risultano modeste, in particolare presso la bocca di porto di Lido, dove negli strati più superficiali i valori si attestano sullo zero.

Possiamo dire che in generale in superficie si riscontra una scarsa frazione sabbiosa, e il materiale campionato è caratterizzato da un maggior quantitativo di sostanza organica, indicando una

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

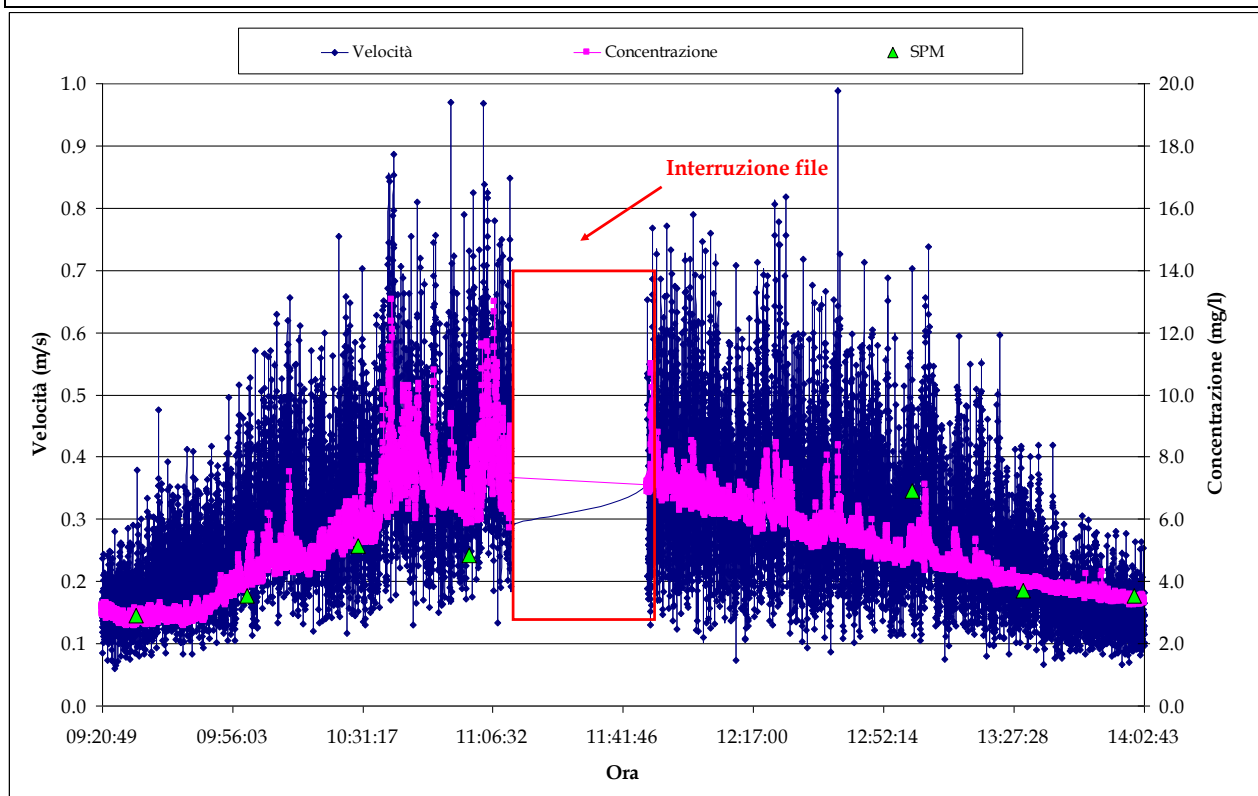
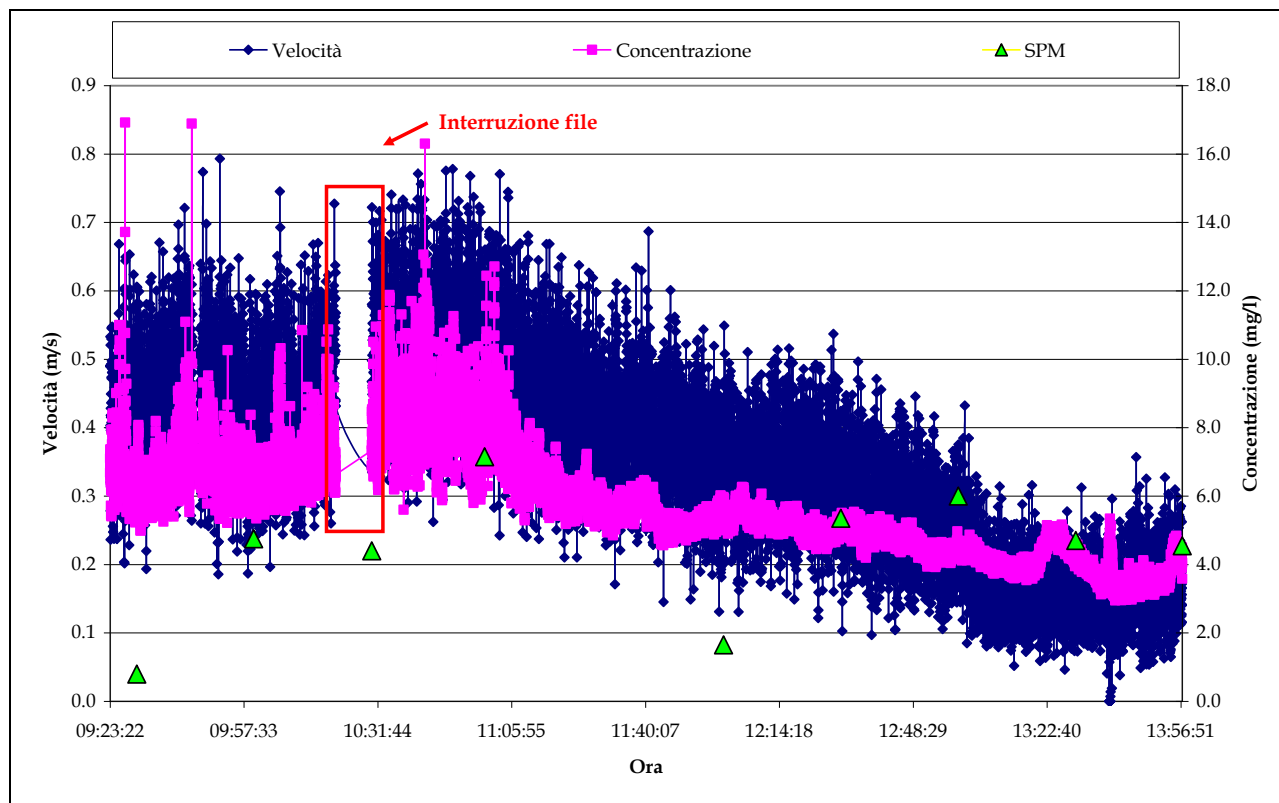
maggiore presenza di particellato di natura organica. Mentre nella fascia prossima al fondo la quantità relativa di sabbia aumenta, mentre diminuisce la frazione organica.

Tabella 4.2. Diametro medio dei grani (d50), percentuale del contenuto organico e concentrazione della frazione sabbiosa dei campioni raccolti con le trappole durante le giornate del 17, 18 e 19 Aprile.

Campioni	d50(μ m)	Contenuto Organico (%)	Concentrazione (mg/l) della frazione sabbiosa (diametri > 63 μ m)
	Calante	Calante	Calante
Campagna TFCHB7, 17 Aprile 2012 alla bocca di porto di Chioggia			
S	149.47	27.86	0.04
M	111.50	21.08	0.14
E	204.97	13.37	0.78
B	141.25	8.89	3.80
Campagna TFMAB7, 18 Aprile 2012 alla bocca di porto di Malamocco			
S	99.26	7.43	0.18
M	112.65	5.87	0.32
E	114.98	4.70	1.88
B	110.43	6.46	1.17
Campagna TFLIB7, 19 Aprile 2012 alla bocca di porto di Lido			
S	146.19	26.71	0.01
M	131.37	14.76	0.06
E	96.24	20.69	0.45
B	113.32	16.19	2.05

In Figura 4.4 sono rappresentati gli andamenti dei valori di concentrazione del particellato solido in sospensione e di velocità della corrente registrati in prossimità del fondale alle tre bocche di porto. In generale i due andamenti sono molto simili, con valori massimi di concentrazione alle massime velocità di corrente, che di solito corrispondono al momento centrale dell'escursione mareale. Quando ci si avvicina al momento dell'inversione mareale i valori subiscono una repentina riduzione, particolarmente evidente nel caso della bocca di porto di Chioggia. Si evidenzia inoltre una certa similarità tra le condizioni riscontrate alle bocche di porto di Chioggia e di Malamocco, infatti i valori di velocità della corrente sono risultati relativamente elevati, con picchi massimi tra 0.8 m/s e 1.0 m/s ed i dati di concentrazione appaiono confrontabili, essendo compresi tra i 3.0 mg/l ed i 18.0 mg/l. Un caso particolare è rappresentato dalla bocca di porto di Lido, in cui presso il campo sperimentale allestito la velocità media della corrente è risultata relativamente modesta, al di là di due picchi che sfiorano gli 0.8 m/s, con un andamento piuttosto stabile durante il periodo di indagine. Tuttavia la concentrazione di particellato solido in sospensione risulta relativamente elevata, soprattutto verso la fine delle attività di misura, nella parte terminale del calante di marea, dove si raggiungono anche gli 80.0 mg/l. E' interessante osservare anche il contrasto tra i bassi valori di concentrazione della frazione sabbiosa ricavati per mezzo delle trappole e i relativamente elevati valori di concentrazione del particellato solido in sospensione registrati dalla strumentazione ADCP 1200 kHz in prossimità del fondale. Ciò evidenzia il trasporto di materiali fini provenienti dalle aree più interne della laguna e che vengono persi verso mare attraverso la bocca di porto.

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



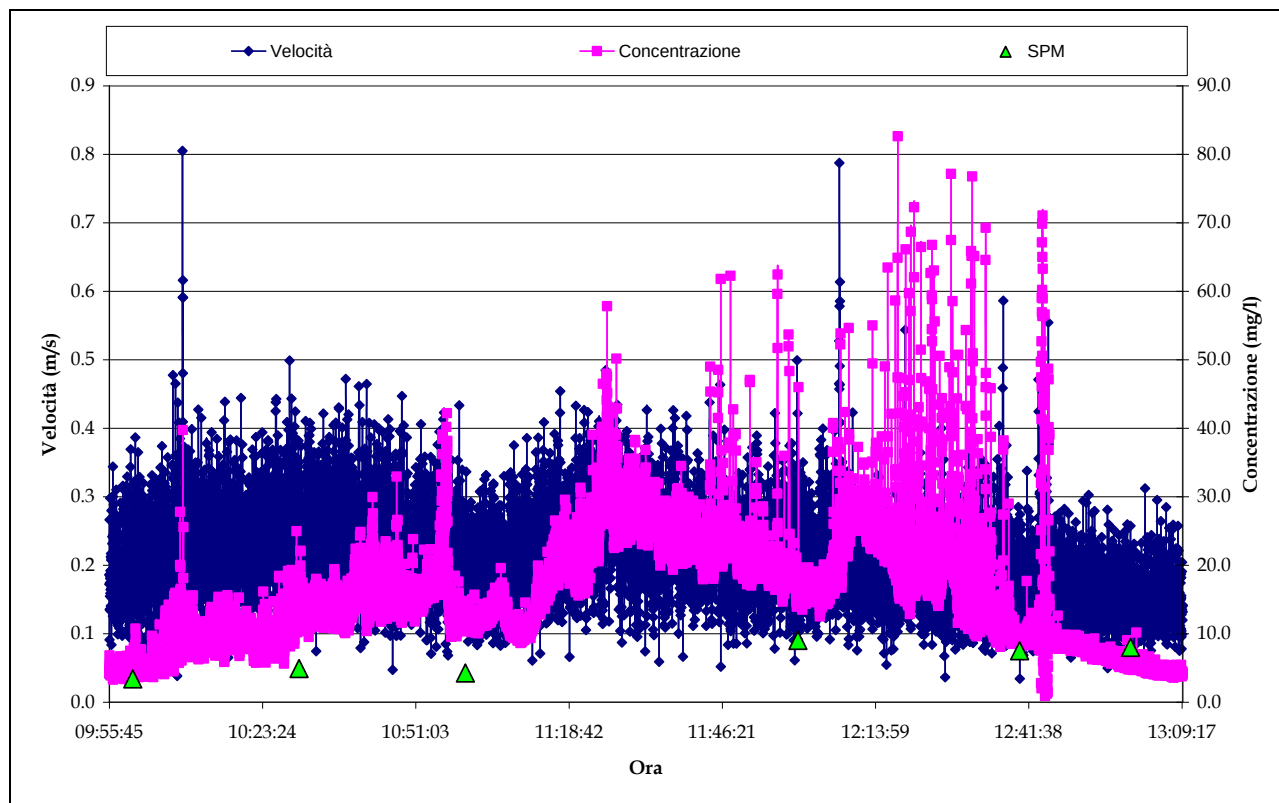


Figura 4.4. Andamenti della concentrazione del particolato solido sospeso in relazione alla velocità acquisiti dalla strumentazione ADCP 1200 kHz rispettivamente durante le giornate del 17(Chioggia), 18 (Malamocco) e 19 (Lido) Aprile 2012.

Oltre alle determinazioni descritte, l'analisi dei dati del *bottom tracking* dell'ADCP posizionato al fondo ha consentito di stimare l'entità del movimento del materiale del fondo che è stato quantificato come spostamento totale (in metri) secondo le componenti Nord ed Est e come risultante.

La Figura 4.5 mostra gli spostamenti istantanei secondo le due componenti, Est e Nord, registrate dalla strumentazione dell'ADCP 1200 kHz posta al fondo durante la giornata del 19 Aprile presso il campo sperimentale allestito alla bocca di porto di Lido in cui si è verificato il massimo spostamento del materiale del fondo, rispetto alle altre due bocche di porto prese in esame. Si può notare come si verifichi un graduale spostamento sia in direzione Est, poco più di 12 m, che in direzione Nord, circa 7 m., fino alla fine del calante di marea (Figura 4.2), mentre negli ultimi istanti di misura il fondale sembra stabilizzarsi. Si è quindi calcolata la velocità di movimento del materiale del fondo considerando il totale dello spostamento ed il tempo trascorso durante la misura. E' stato valutato che durante l'intero ciclo di misura il fondo mobile si è spostato ad una velocità media di circa 0.12 cm/s. Lo spostamento totale massimo durante l'intervallo di misura è stato di circa 13 m in direzione 134° ed è rappresentato in forma di vettore bidimensionale in Figura 4.6. Purtroppo non è stato possibile operare un confronto con i risultati ottenuti durante il precedente studio B.6.72 B/6 nella medesima stazione di misura alla bocca di porto di lido in quanto, a causa di problemi avuti con la strumentazione ADCP 1200 kHz, non è stato possibile stimare l'entità dello spostamento del fondo mobile.

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

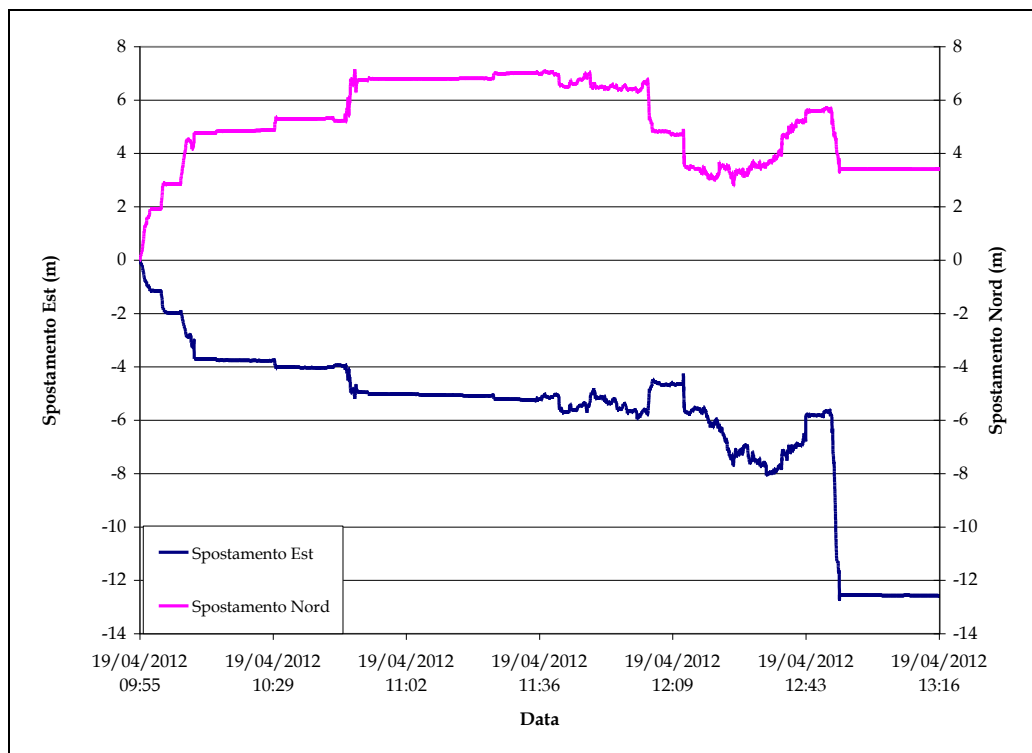


Figura 4.5. . Spostamento istantaneo lungo la componente Est e lungo la componente Nord misurato dall'ADCP 1200 kHz al fondo il giorno 19 Aprile.

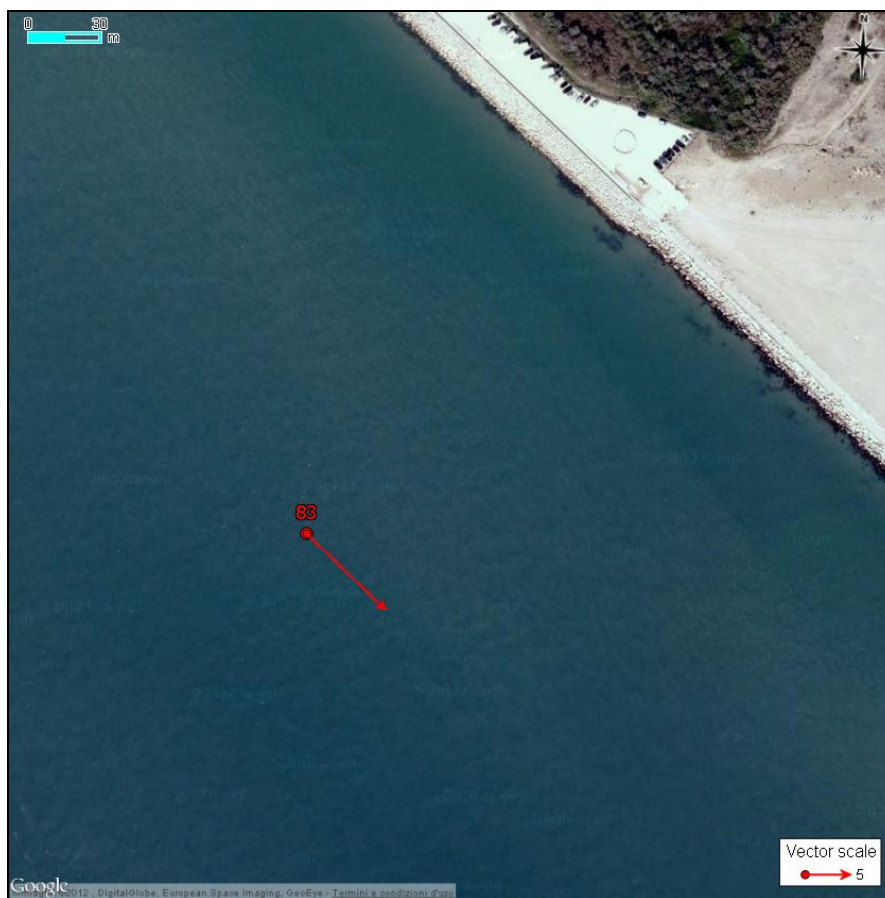


Figura 4.6. Vettore dello spostamento misurato dallo strumento ADCP 1200 kHz, punto notevole 83. Campagna TFLIB7, 19 Aprile 2012.

5. CAMPAGNE DI MISURA PER LA CARATTERIZZAZIONE DELLE AREE A PRATERIE A FANEROGAME

Le campagne effettuate presso il basso fondale adiacente l'Isola di Sant'Andrea (Canale di San Nicolò) hanno avuto l'obiettivo di caratterizzare in differenti condizioni mareali il campo di corrente che caratterizza l'area. La necessità di tale approfondimento a scala di dettaglio è conseguenza del fatto che nel corso degli anni di monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari (2003 - 2010) si è registrato un trend negativo nell'abbondanza di alcune specie epifitiche che colonizzano le praterie a Fanerogame; praterie che occupano per ampi tratti l'area di studio. Per tanto i risultati ottenuti dalle attività, mirate allo studio dell'idrodinamismo dell'area, saranno di supporto sia per le valutazioni di tipo modellistico che individueranno i cambiamenti tra le condizioni ante operam e le condizioni attuali sia per le osservazioni sulla parte biotica (variazione abbondanza specie epifitiche) correlate alle eventuali variazioni idrodinamiche intercorse

Le attività di campagna hanno avuto luogo il 9, 10 Novembre 2011, 22 Dicembre 2011 e 16 Aprile 2012. In Tabella 1.4 sono riassunte le attività svolte.

In Figura 1.10, Figura 1.11 e Figura 1.12 sono riportati i punti notevoli delle stazioni di misura e i transetti effettuati per caratterizzare l'idrodinamismo nell'area in oggetto. I punti notevoli utilizzati (5-L5, 8-L5, 11-L5, 16-L5, 2-L4, 4-L4, 6-L4 e 8-L4) sono quelli battuti dal gruppo SELC per le valutazioni di tipo biologico, come ad esempio la già citata misurazione dell'abbondanza delle specie epifitiche. Diverse sono state le tecniche di indagine implementate. In particolare sono stati utilizzati i seguenti dispositivi:

- Correntometri acustici ADCP Workhorse Rio Grande (600 kHz e 1200 kHz). Teledyne RDI. Effettuate misure correntometriche in canale principale (600 kHz) e sul basso fondale (1200 kHz) lungo i transetti di Figura 1.11.
- Correntometri elettromagnetici S4. InterOcean, Ltd. Utilizzati sia in posizione fissa che per effettuare profili presso i punti notevoli.
- Micro mulinello OTT C2 Small Current Meter. OTT Hydrometrie. Effettuati profili di corrente nei punti notevoli di Figura 1.10.
- Droghe lagrangiane. Utilizzate per tracciare i percorsi della corrente al margine del canale.
- GPS Garmin eTrex. Garmin Ltd. Utilizzato per l'inseguimento delle droghe lagrangiane.

Tabella 5.1. Coordinate Gauss - Boaga e Geografiche (WGS84 gg.ddddd°) degli estremi delle sezioni e dei punti notevoli.

Punti di indagine	EST	NORD	Longitudine	Latitudine	NOTE
5-L5	2 315 520	5 035 015	12.38543	45.43858	Micro mulinello S4 fisso + modalità profilo
8-L5	2 315 531	5 034 987	12.38559	45.43833	Micro mulinello S4 modalità profilo
11-L5	2 315 542	5 034 959	12.38574	45.43808	Micro mulinello S4 modalità profilo
16-L5	2 315 560	5 034 913	12.38599	45.43767	Micro mulinello S4 modalità profilo
2-L4	2 316 043	5 034 987	12.39213	45.43848	Micro mulinello S4 modalità profilo
4-L4	2 316 043	5 034 977	12.39213	45.43839	Micro mulinello

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

					S4 fisso + modalità profilo
6-L4	2 316 043	5 034 967	12.39214	45.43830	Micro mulinello S4 modalità profilo
8-L4	2 316 043	5 034 957	12.39214	45.43821	Micro mulinello S4 modalità profilo
32	2 315 527	5 034 914	12.38557	45.43767	S4 Stazione fissa
33	2 315 625	5 034 951	12.38681	45.43803	S4 Stazione fissa
34	2 315 835	5 035 011	12.38946	45.43863	S4 Stazione fissa
A	2 315 230	5 034 542	12.38198	45.43423	Estremo Transetto ADCP
B	2 315 414	5 034 421	12.38437	45.43320	Estremo Transetto ADCP
C	2 315 857	5 034 921	12.38982	45.43783	Estremo Transetto ADCP
D	2 315 849	5 034 532	12.38989	45.43432	Estremo Transetto ADCP
E	2 316 112	5 034 906	12.39309	45.43776	Estremo Transetto ADCP

Le misure effettuate nei pressi del basso fondale adiacente l'Isola di Sant'Andrea hanno permesso di caratterizzare sperimentalmente l'area dal punto di vista dell'idrodinamismo. Sono state utilizzate differenti tecniche di misura ottenendo dati concordi tra loro ed in alcuni casi molto interessanti circa le caratteristiche del campo di velocità che si instaura sia durante il flusso che il riflusso mareale.

I dati acquisiti supportano le attività di monitoraggio biologico (effettuate da SELC) per quanto riguarda le considerazioni sulla parte biotica epifitica che popola l'areale di basso fondale oggetto del presente studio (studio B.6.72 B/7, Attività di analisi integrata dei risultati modellazione, campionamento fanerogame marine e tobidità) e le attività di studio del Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale - DICEA che si è occupato della parte modellistica (studio B.6.72 B/7, Modellazione matematica idro-morfodinamica delle praterie a fanerogame marine). In Figura 5.1 si riporta un'immagine raffigurante campo di moto idrodinamico calcolato con il modello numerico implementato dal gruppo DICEA di Padova utilizzando come base i dati correntometrici ottenuti durante le acquisizioni in campagna del 22 Dicembre 2011. I risultati del modello visualizzati in questa figura mostrano un dettaglio della struttura vorticoso che si instaura nella zona compresa tra il canale principale e l'area a basso fondale.

Campagna di rilievi del 22 dicembre 2011 – droghe di corrente

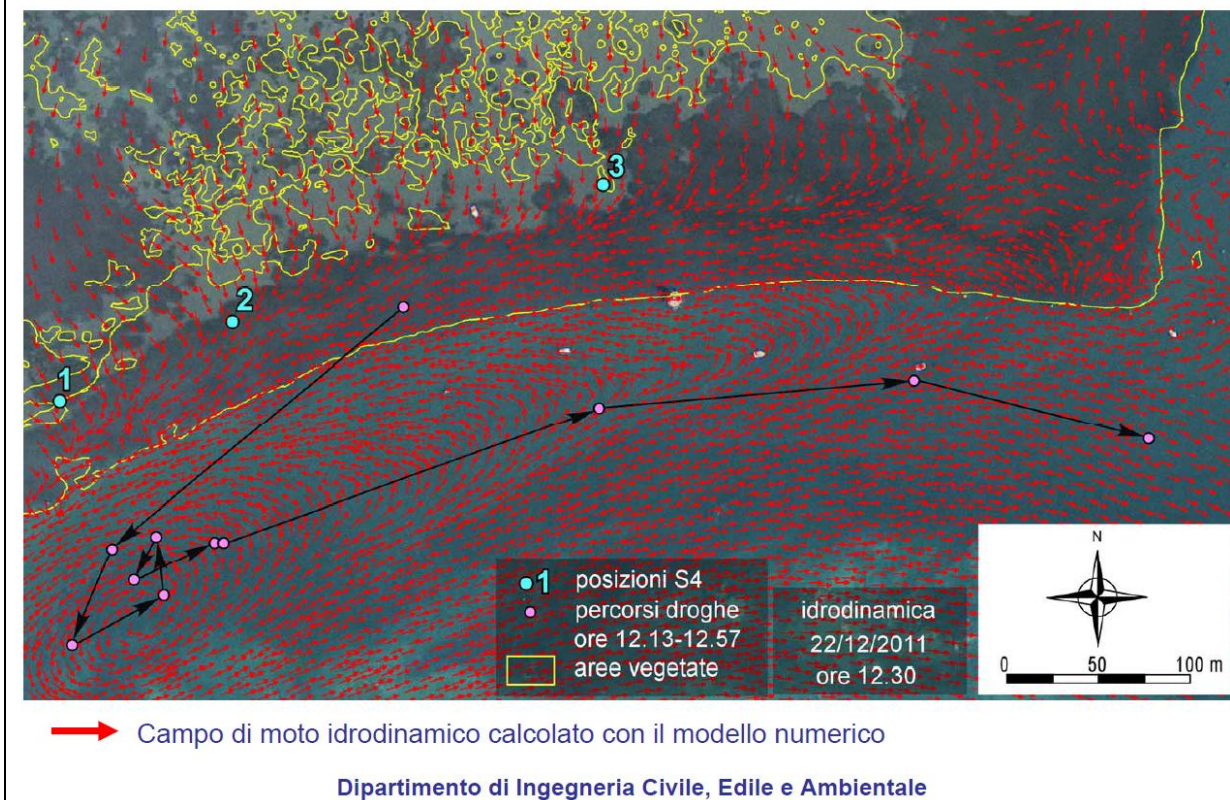


Figura 5.1. Campo di moto idrodinamico calcolato con il modello numerico. Dati forniti dal Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Ambientale.

Le indagini effettuate hanno inoltre permesso di osservare le variazioni che avvengono nel campo di moto durante le fasi di flusso e riflusso nonché delle stesse variazioni all'interno di ciascuna fase.

Durante l'analisi dati delle osservazioni effettuate mediante correntometro elettromagnetico (acquisizioni del 16 Aprile 2012. Punto notevole 5-L5) sono emerse alcune importanti indicazioni su un fenomeno fisico che influisce sull'area oggetto di indagine: il moto ondoso provocato dal passaggio delle motonavi. In Figura 5.2 nel circolettato rosso si può osservare in dettaglio l'onda generata dal passaggio della motonave. Il fenomeno produce una risospensione di materiale del fondo (fino a oltre 10 mg/l) ed un aumento ciclico delle velocità incrementando così le tensioni che il fondale e la prateria subiscono. Il moto ondoso generato dalla navi di passaggio nel canale principale reca sull'area a basso fondale studiata delle perturbazioni sia nel idrodinamismo che nel quantitativo di materiale sospeso.

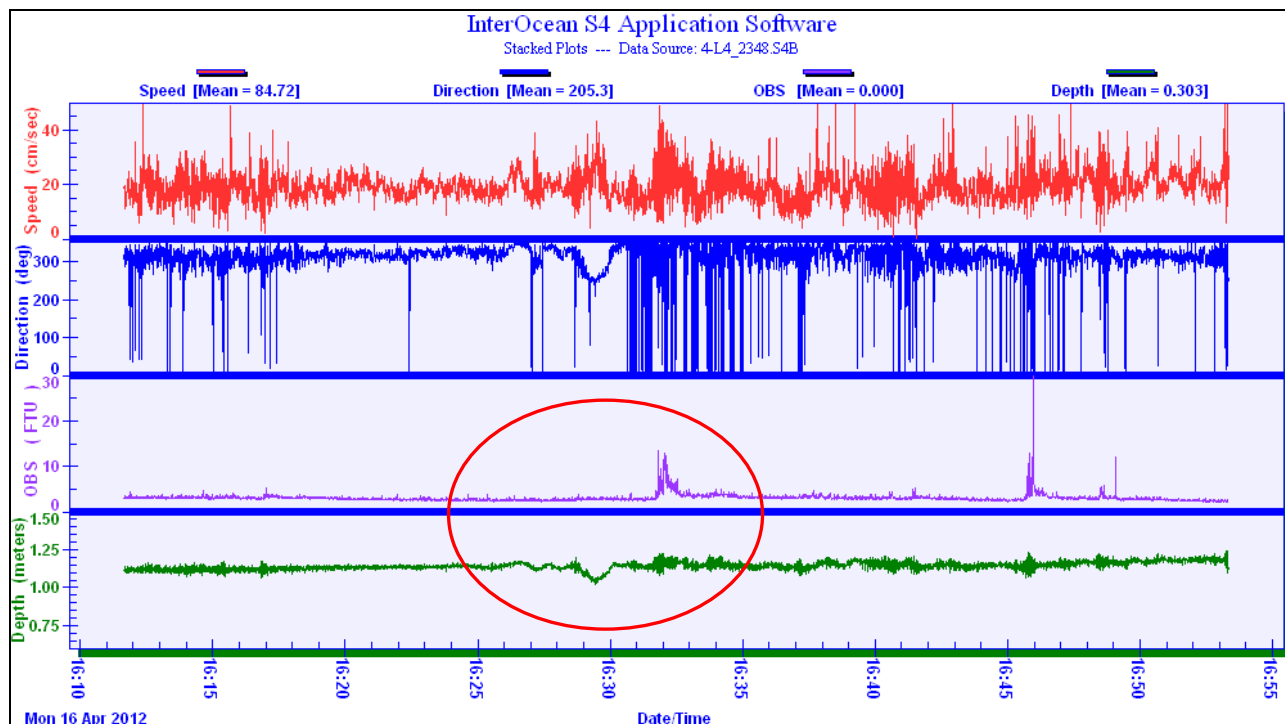


Figura 5.2. Grafico correntometro S4. Punto 5-L5. Dettaglio perturbazione moto ondoso.

Le tecniche di misure con ADCP, con correntometro s4 in posizione fissa e con *Lagrangian Drogues* si sono evidenziate per la loro efficacia garantendo al tempo stesso affidabilità e possibilità di interfacciarsi a vicenda. Vi è stata, infatti, una elevata possibilità di integrare i dati ricavati dalle differenti tecniche riuscendo ad effettuare delle osservazioni molto particolareggiate sui fenomeni indagati.

Le particolari tecniche utilizzate e l'approccio interdisciplinare ha permesso di ottenere risultati validi e di acquisire nozioni importanti sulle problematiche connesse allo studio idrodinamico in zone di transizione canale - basso fondale che potranno essere riproposte nel caso fossero rilevate criticità analoghe a quelle che si sono manifestate nell'area in oggetto.

Per una trattazione completa dei risultati si rimanda alla reportistica specifica.

6. RILEVAZIONE DELLA TORBIDITÀ IN CONTINUO

6.1 La rete di stazioni fisse

Uno degli scopi della misura della torbidità in continuo alle bocche di porto è lo studio dei valori di torbidità naturale ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio e delle componenti biologiche (avifauna, vegetazione terrestre, insetti, fanerogame, tigne, benthos).

Gli eventi naturali (moto ondoso, eventi meteo) in grado di influenzare l'andamento della concentrazione del particolato in sospensione si succedono, infatti, in maniera irregolare dando luogo ad una variabilità spaziale e temporale delle condizioni naturali rilevabile solamente mediante l'analisi di serie temporali il più possibile prolungate nel tempo e relative a stazioni di misura opportunamente posizionate in modo da caratterizzare tutta l'area di interesse.

La misura della torbidità in continuo è inoltre utile per valutare l'eventuale diffusione del *plume* di torbida generato dalle operazioni di dragaggio e quindi gli effetti a breve termine delle attività di cantiere. In questo modo vengono caratterizzate le diverse tipologie di "sorgente" in periodi limitati ed in diverse condizioni operative.

Le stesse misure possono però risultare funzionali anche alla conoscenza degli effetti a lungo termine indotti dalla presenza delle opere le quali, modificando la morfologia dell'area prossima alle bocche di porto, potrebbero avere degli effetti anche sull'idrodinamica e il trasporto di sedimenti.

L'attività di monitoraggio in continuo è iniziata a Maggio 2005 in otto stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali delle tre bocche di porto e nelle immediate vicinanze sia all'interno della laguna che in mare e sta proseguendo quasi ininterrottamente e contemporaneamente all'acquisizione sia dei parametri chimico-fisici dell'acqua sia delle variabili meteo marine (livello, velocità e direzione del vento).

L'ubicazione e il numero delle postazioni di misura hanno subito delle modifiche nel corso dei sette anni di monitoraggio. A Giugno 2006 le stazioni a mare alle bocche di Malamocco (MAM) e Chioggia (CHM), sono state tolte in quanto ritenute troppo distanti dalla zona di scavo; solo la stazione MAM è stata riposizionata in loco, dopo un anno, 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.). A partire da Maggio 2009 è stata mantenuta nel monitoraggio la rete di stazioni fisse delle sole bocche di porto di Malamocco e Chioggia, essendo terminate alla bocca di Lido le attività in grado di influenzare significativamente la torbidità della colonna d'acqua. Nel corso di quest'anno di monitoraggio (2011) sono state ripristinate 4 stazioni alla bocca di Lido. Per una più dettagliata descrizione degli avvicendamenti delle stazioni di misura si rimanda al Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/4.

Si evidenzia inoltre che il giorno 11 Dicembre 2010 è stato verificato l'abbattimento del palo su cui era installata la sonda della stazione MAM. Il giorno 20 Dicembre il personale Thetis ha provveduto al recupero della strumentazione che è stata riportata in sede per manutenzione dove è stato successivamente verificato che la sonda era stata danneggiata in quanto la stessa non comunicava con il software per il recupero dei dati registrati. La sonda è stata inviata alla casa costruttrice per le necessarie riparazioni ed è stata quindi riposizionata il giorno 15 giugno 2011.

La Figura 6.1 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 settimo anno di monitoraggio; esse coincidono con quelle utilizzate nel corso del precedente Studio B.6.72 B/6 e in aggiunta comprendono 4 stazioni alla bocca di Lido.

Nella Tabella 6.1 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

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

profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri. La posizione del sensore è in tutti i casi alla quota di 1.5 metri dal fondo eccetto per LMR-2, in cui il sensore è a circa 7.5 metri dal fondo.

Per quanto riguarda la misura della direzione e velocità del vento si fa riferimento alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR mentre per i livelli di marea si considerano i dati del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, Diga Sud di Lido,) gestito del Centro Previsioni e Segnalazioni Maree del Comune di Venezia. Poiché nei mesi di Ottobre 2011 e Marzo 2012 l'anemometro della piattaforma del CNR non ha funzionato in maniera continua si sono utilizzati i dati della stazione posta presso la diga sud della bocca di Lido in corrispondenza del Mareografo (facente parte della Rete Mareografica Nazionale (RMN)).(Figura 6.2).

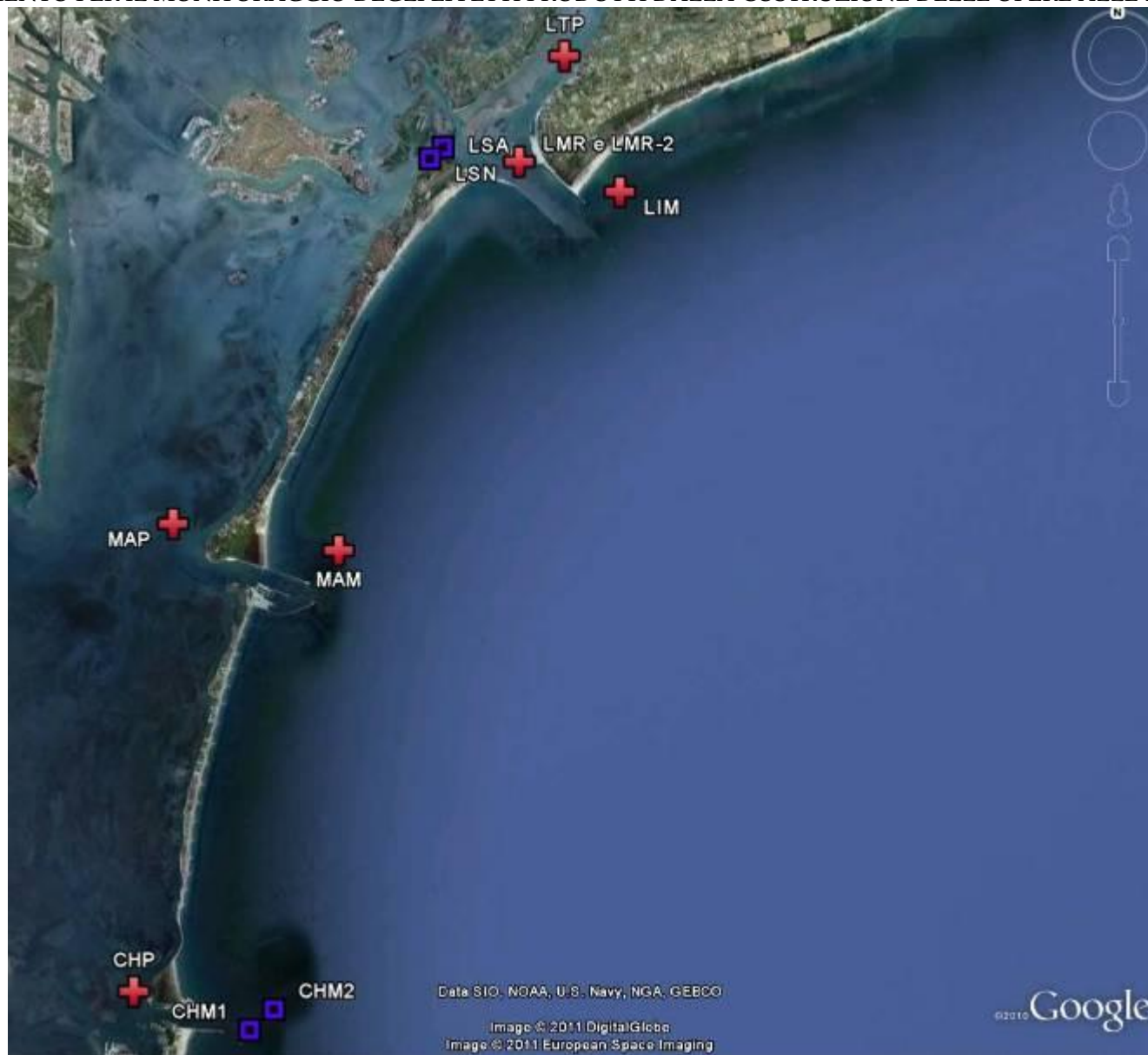


Figura 6.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo. In rosso le stazioni attive nel 2011-2012.

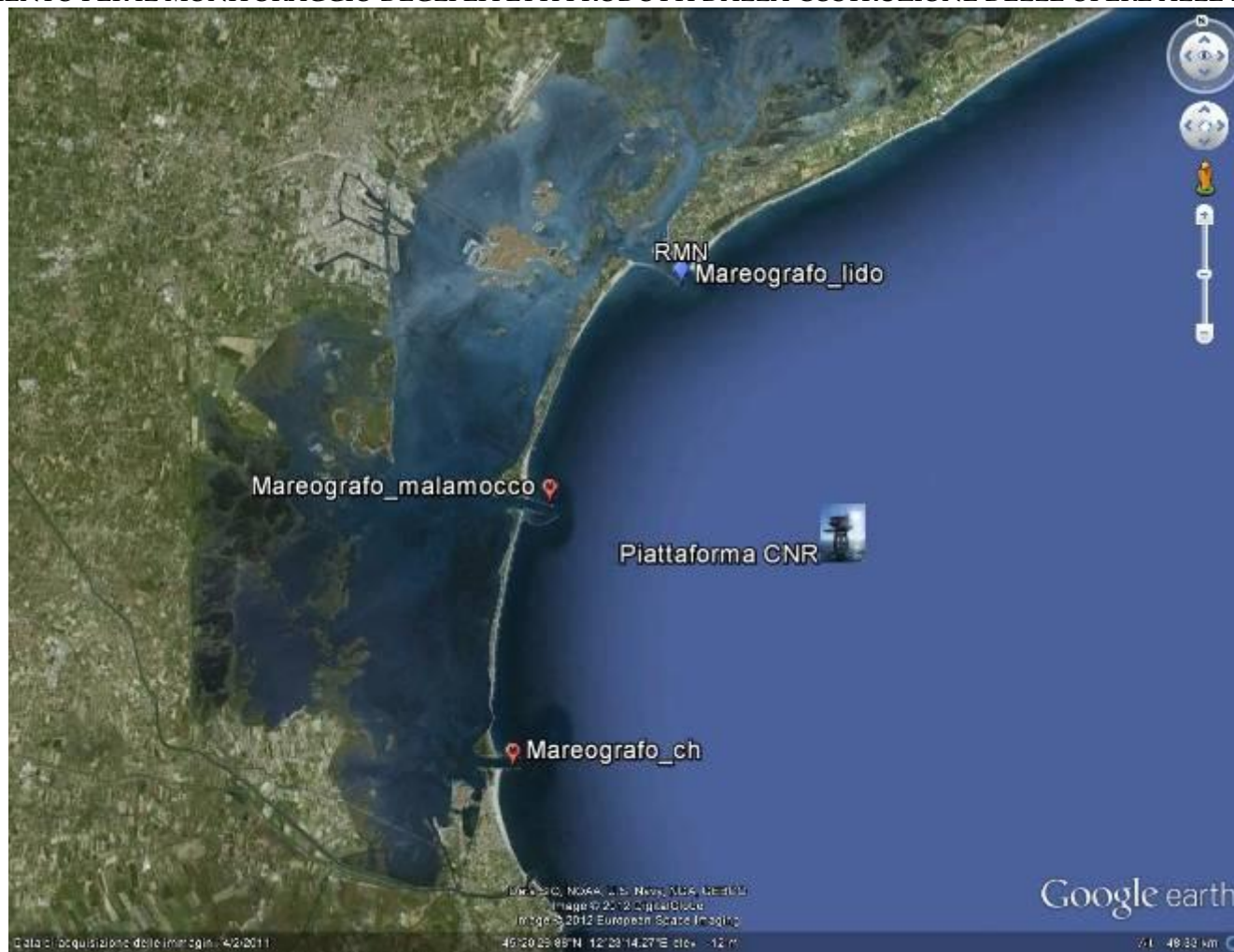


Figura 6.2. Mareografi, piattaforma del CNR

CORILA

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

Tabella 6.1. 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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/5 Studio B.6.72 B/6 Studio B.6.72 B/7
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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7
LMR	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	ISPRA	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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7
LMR-2	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	ISPRA	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7
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 Studio B.6.72 B/4
LSN	LIDO Canale S. Nicolò	Postazione mareografica	MAV	7.0	295624 E 5034542 N	2315566.36 5034465.53	Studio B.6.72 B/1

CORILA

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

Sigla Identificativa	Località	Tipo postazione	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84	Coordinate Gauss Boaga	Periodo di utilizzo
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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/7
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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/5 Studio B.6.72 B/6 Studio B.6.72 B/7
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 Studio B.6.72 B/4 Studio B.6.72 B/5 Studio B.6.72 B/6 Studio B.6.72 B/7

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

La rete è attualmente costituita da sette stazioni.

Per le stazioni LIM e MAM (Figura 6.3), posizionate in mare, è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata come mareografo, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna; per queste stazioni caratterizzate da un elevato fondale (LIM 9 metri e MAM 11 metri circa), infatti, è stato progettato un sistema di posizionamento ed ancoraggio al fondo della strumentazione di misura [Simionato, 2006] per consentire un agile recupero della sonda per le operazioni di scarico dati, manutenzione, pulizia e riposizionamento alla quota di misura. Nella Figura 6.6 è mostrato uno schema tipico di posizionamento e ancoraggio.

Per la stazione che ospita le due sonde LMR e LMR-2 è stata, invece, sfruttata la struttura della meda di segnalazione del canale navigabile all'interno della bocca di Porto di Lido, lato Diga Sud (Figura 6.3 e Figura 6.4).

Le stazioni LTP, MAP, CHP, posizionate all'interno della laguna, sono state allestite utilizzando le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 6.5).



Figura 6.3. Stazione MAM.



Figura 6.4. Stazione LMR.



Figura 6.5. Stazione CHP.

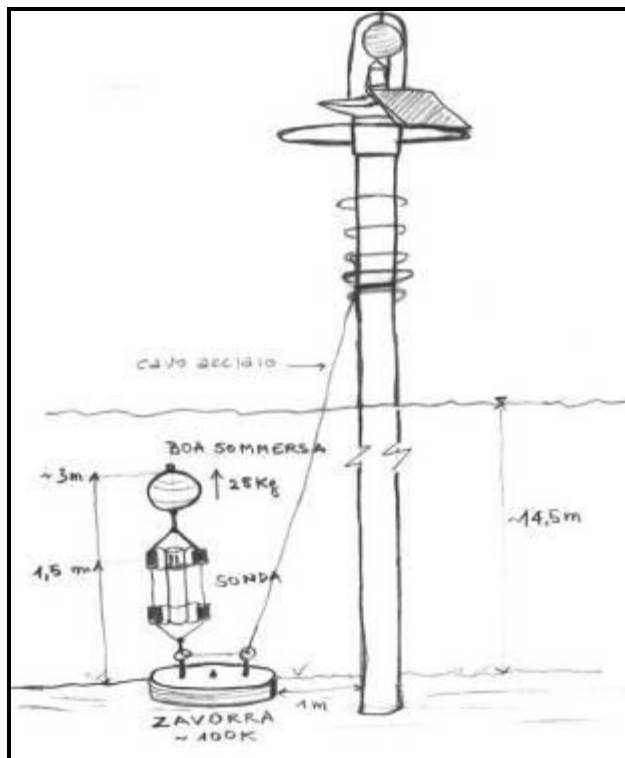


Figura 6.6. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte forniscono 1 dato ogni 15 minuti. Il singolo dato viene rilevato come media delle 5 acquisizioni, effettuate una al minuto, all'inizio dell'intervallo temporale di 15 minuti. I file di dati registrati nella memoria di ciascuno strumento sono scaricati con una frequenza di circa 15 giorni.

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 dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM (Suspended Particulate Matter), si faccia riferimento ai Rapporti di Valutazione (vedi paragrafo 6.3)

6.2 Analisi dei dati

Di seguito (Tabella 6.2) è riportata la percentuale dei dati validati dopo la procedura di filtrazione delle serie temporali su tutto il periodo relativo al sesto anno di monitoraggio: Maggio 2011-Aprile 2012. Nel conteggio totale sono inclusi anche i periodi in cui i dati mancavano per malfunzionamento degli strumenti.

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

Tabella 6.2. Percentuale dei dati validati nel periodo Maggio 2011-Aprile 2012.

Tipologia	Stazione	Percentuale di funzionamento	Percentuale di dati validati
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	69.67%	66.2%
	MAP	96.72%	89.5%
	CHP	98.91%	95.8%
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	82.79%	76.0%
	LMR-2	66.94%	65.7%
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	87.98%	73.3%
	MAM	80.87%	71.1%

La percentuale di informazioni utili dopo la procedura di verifica e filtrazione delle serie temporali dai dati spuri nelle due stazioni in bocca di porto MAP e CHP che hanno funzionato per quasi l'intero periodo di monitoraggio è superiore all'80%. Le alte percentuali sono dovute agli interventi settimanali di pulizia delle sonde. Per le altre stazioni si hanno percentuali inferiori a causa dei periodi di non funzionamento o mancanza dello strumento.

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, nella Figura 6.8 viene visualizzata in maniera schematica l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti. Per una rappresentazione giornaliera si vedano i Rapporti di Valutazione (vedi paragrafo 6.3). Si elencano inoltre di seguito per ogni stazione i motivi della mancanza dei dati o delle sonde nei giorni indicati in azzurro o grigio in Figura 6.8.

stazione LTP:

- la registrazione inizia il giorno 8 Agosto 2011 in quanto la sonda era precedentemente in manutenzione; inoltre la registrazione dei dati non è avvenuta dal giorno 15 al giorno 22 Agosto 2011 per un'anomalia, ora risolta, della sonda stessa.
- durante lo scarico dati avvenuto in data 19/10/2011 si è rilevato che la sonda ha terminato l'acquisizione dati in data 16/10/2011; pertanto si è deciso di portarla in manutenzione e di ricollocarla in data 24/10/2011 in concomitanza alla pulizia programmata.

stazione MAP:

- la sonda non ha registrato dall'8 al 30 Maggio 2011 probabilmente per un errore di programmazione.

stazione CHP :

- il giorno 20/09/11 è stata trovata spenta a causa delle batterie esaurite. Il giorno 23/09/11 si è proceduto alla sostituzione delle stesse e alla programmazione e accensione della sonda.

stazione LMR

- la sonda non ha registrato dal 25 al 28 Giugno 2011 per un esaurimento prematuro delle batterie sostituite il giorno 28 Giugno in contemporanea all'intervento di pulizia.
- Durante lo scarico del 25/10/2011 si è rilevato che la sonda S4 InterOcean posta presso la stazione LMR ha terminato l'acquisizione dati in data 26/09/2011. Quest'ultima è risultata danneggiata gravemente proprio al sensore OBS ed è stata sostituita in data 23/11/2011 con una sonda Hydrolab. Il giorno 21/12/2011 non è stato possibile lo scarico dei dati in campo pertanto la sonda è stata portata in laboratorio e riposizionata il giorno successivo.

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

stazione LMR-2:

- La sonda è stata in manutenzione dal 21/05/2011 al 20/09/2011.

sonda LIM :

- durante lo scarico del 31/10/2011 si è rilevato che la sonda ha terminato prematuramente la acquisizione in data 15/10/2011 probabilmente causa dell'esaurimento prematuro del pacco batterie interno che è stato sostituito il 15/11/2011.
- La sonda è stata recuperata in data 14/02/2012 a causa della rottura del cavo d'acciaio di ancoraggio (Figura 6.7), avvenuta probabilmente in seguito alla mareggiata dei giorni precedenti. Dopo le consuete operazioni di manutenzione e riparazione avvenute presso i laboratori del CNR-ISMAR la strumentazione è stata riposizionata in data 29/02/2012.

stazione MAM:

- il palo a cui era ancorato lo strumento è stato abbattuto nel Dicembre 2010 e la sonda è stata riposizionata il 15 Giugno 2011. A causa di problemi nel posizionare il sistema di ancoraggio della sonda, l'acquisizione dati nel periodo 15 Giugno 2011 ore 10:30 - 16 Giugno 2011 ore 11:00 è avvenuta ad una profondità di 1.2 m dal pelo dell'acqua. La quota dello strumento è stata poi corretta in data - 16 Giugno 2011 alle ore 11:00. Pertanto i dati risultano non utilizzabili nei primi due giorni di misura.
- durante lo scarico del 31/10/2011 si è rilevato che la sonda aveva terminato l'acquisizione dati in data 09/10/2011 probabilmente a causa delle batterie esaurite.

A causa del frequente verificarsi di esaurimenti prematuri della carica del pacco batterie delle sonde è stata effettuata una verifica sul lotto di cui alla più recente fornitura rilevando un problema che è stato risolto con la sostituzione dell'intero lotto. Il problema dell'esaurimento precoce non dovrebbe ripresentarsi più essendo la durata in condizioni normali superiore all'intervallo di tempo programmato fra due interventi di manutenzione e pulizia consecutivi.



Figura 6.7. Rottura del cavo della sonda LIM

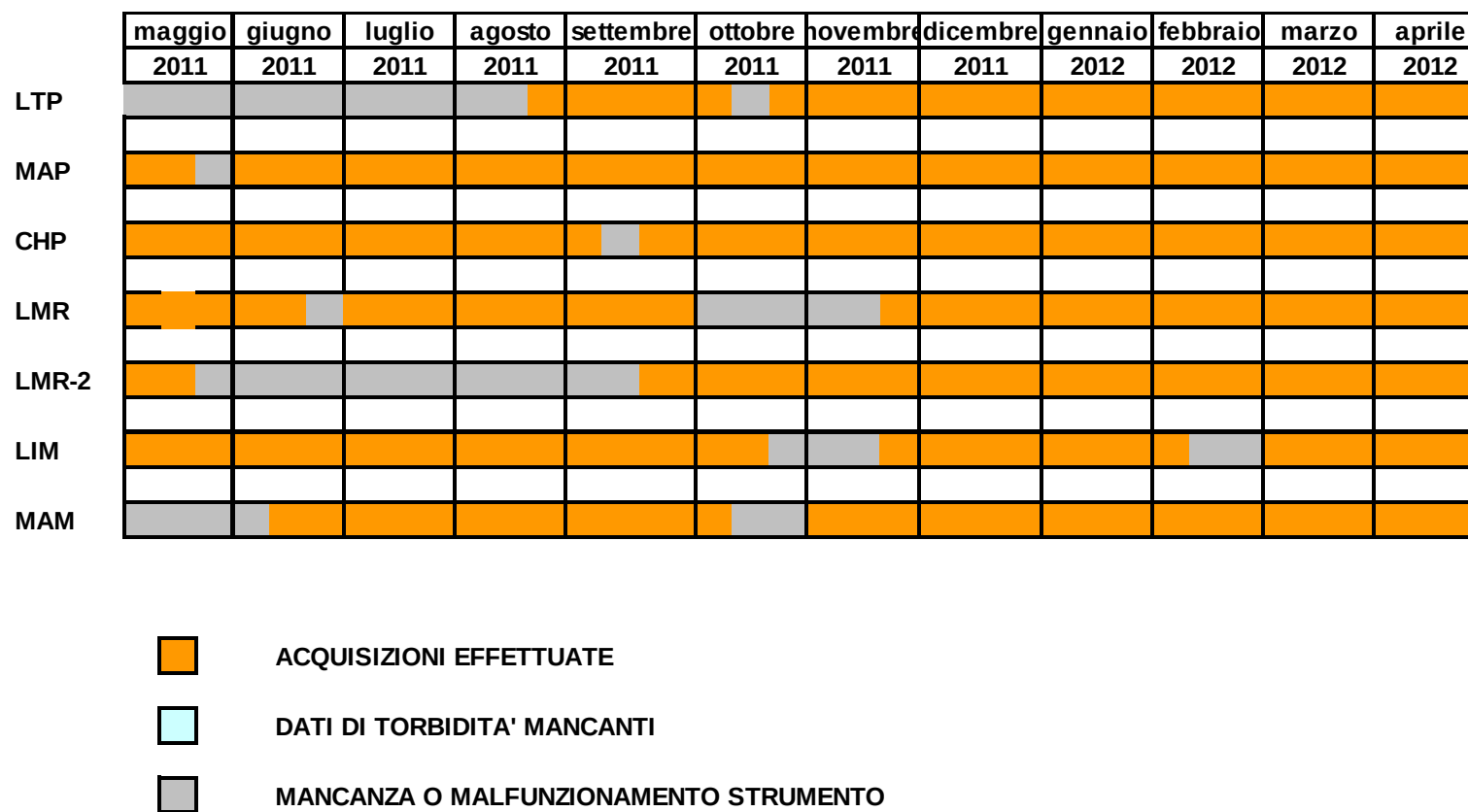


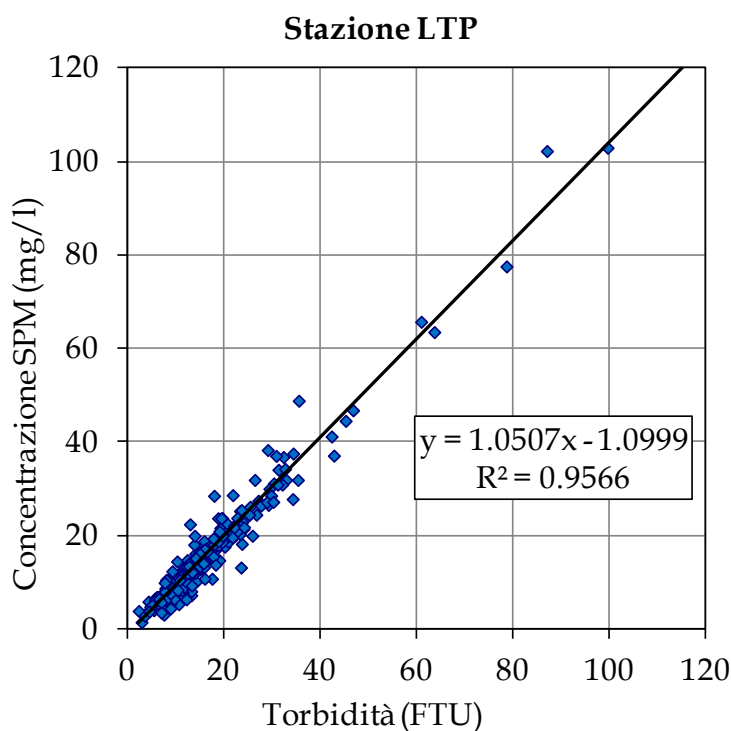
Figura 6.8. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle sette stazioni oggetto del monitoraggio.

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 6.3 e visualizzate nelle Figura 6.9 (a-g). Ciascuna di queste relazioni è stata utilizzata per derivare la serie temporale della concentrazione di SPM a partire dalla serie della torbidità della corrispondente stazione, opportunamente corrette e validate secondo le procedura descritta nei Rapporti di Valutazione (vedi paragrafo seguente).

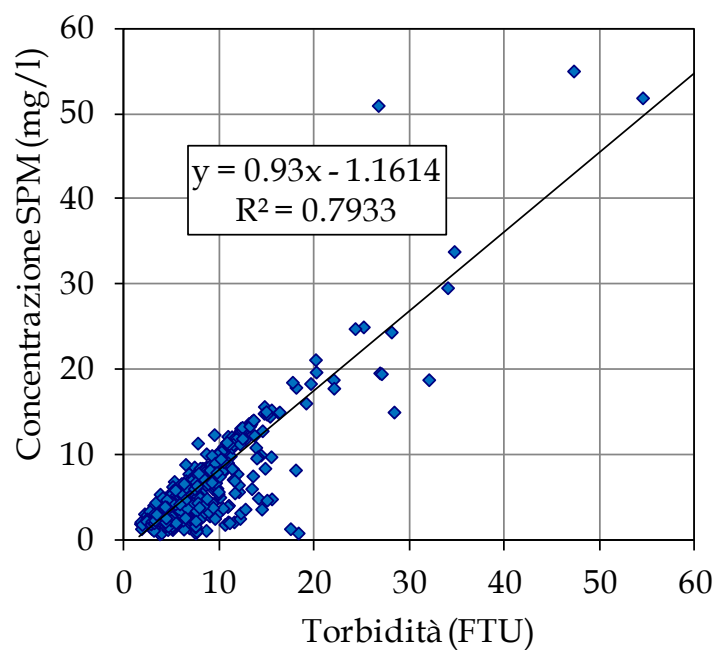
Tabella 6.3. Coefficienti ed equazioni delle rette di regressione utilizzate per la calibrazione dei sensori OBS.

Tipologia	Stazione	Equazione e coefficiente retta di calibrazione
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	$y = 1.0507x - 1.0999$ $R^2 = 0.9566$
	MAP	$y = 0.9300x - 1.1164$ $R^2 = 0.7933$
	CHP	$y = 0.942x - 0.6028$ $R^2 = 0.8963$
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	$y = 0.9811x + 0.6613$ $R^2 = 0.9172$
	LMR-2	$y = 0.946x - 0.1231$ $R^2 = 0.9249$
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	$y = 0.9996x - 1.0839$ $R^2 = 0.9051$
	MAM	$y = 1.0165x - 0.9234$ $R^2 = 0.885$



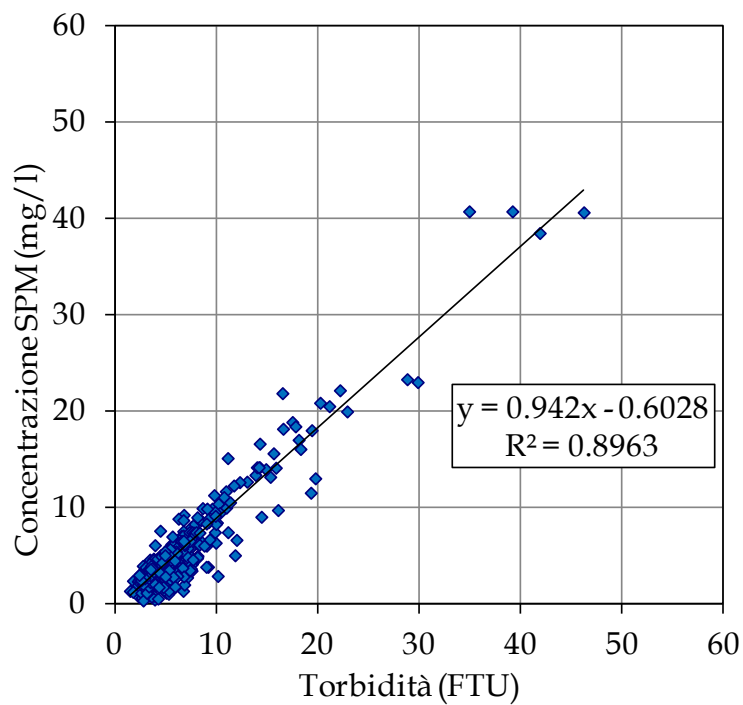
(a)

Stazione MAP

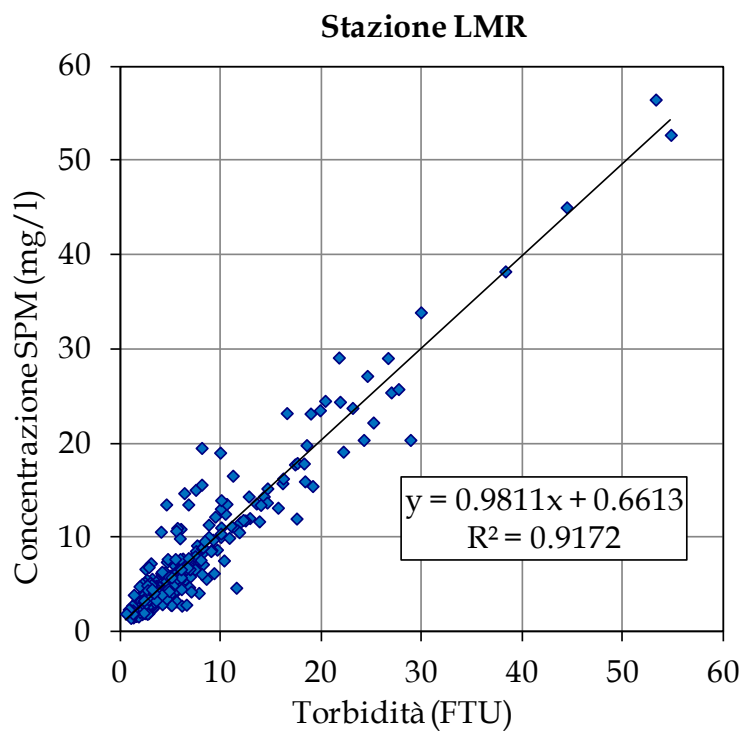


(b)

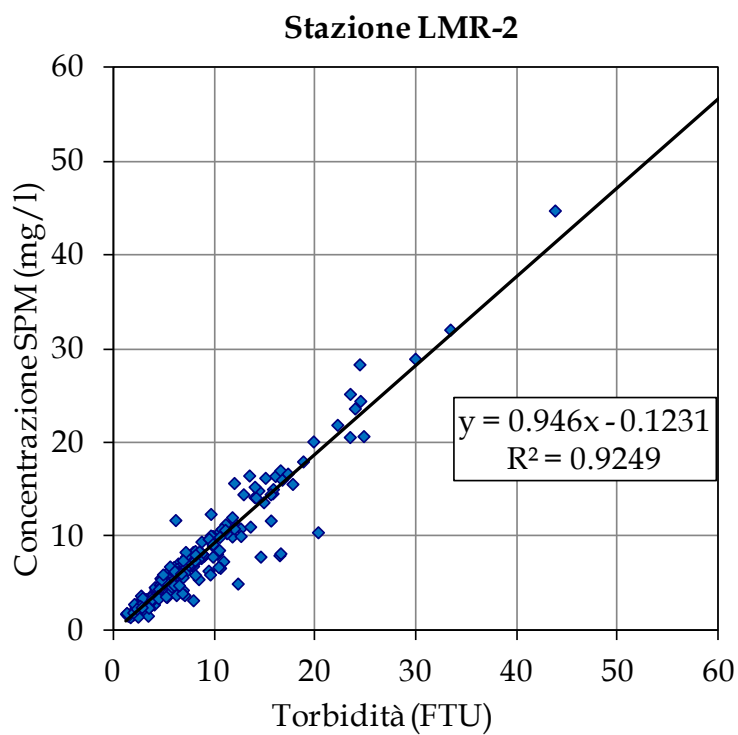
Stazione CHP



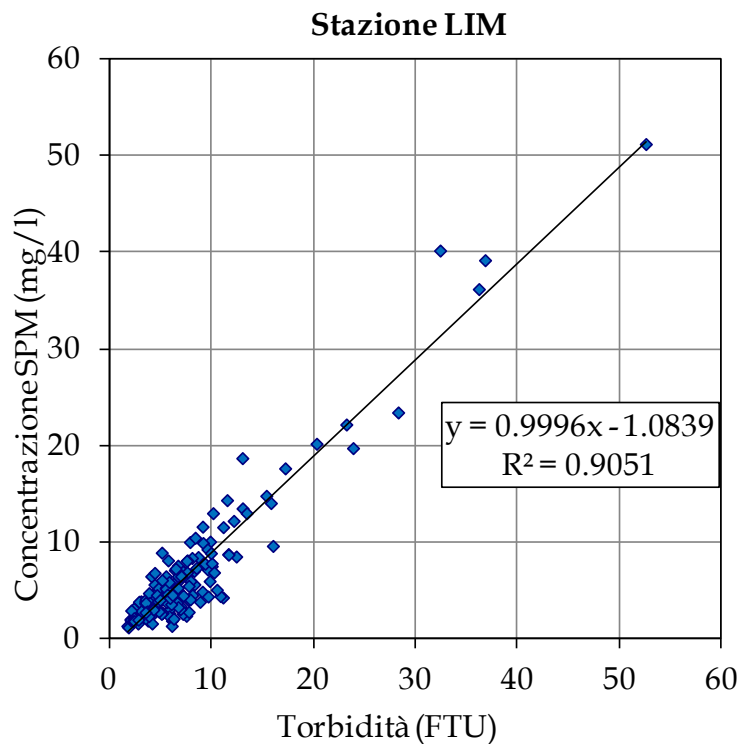
(c)



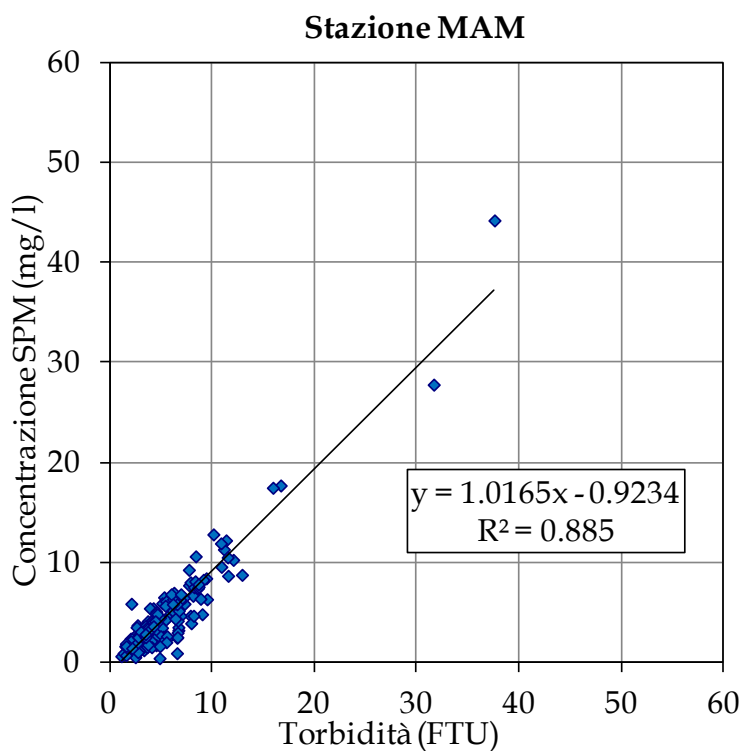
(d)



(e)



(f)



(g)

Figura 6.9. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette di regressione sono state calcolate includendo tutti i valori disponibili da Maggio 2005 fino ad Aprile 2012.

Si osserva come le pendenze delle rette di regressione per tutte le stazioni siano piuttosto vicine o pari all'unità, il che significa una quasi corrispondenza tra valori di concentrazione del materiale sospeso e torbidità. Il valore di R^2 tendente all'unità, invece, indica la bassa dispersione dei dati: a tal proposito si nota che in alcune stazioni questo coefficiente assume un valore inferiore a 0.9; è stata infatti qui riscontrata la scarsa correlazione tra valori misurati e campioni prelevati, probabilmente dovuta alla frequente presenza, davanti alle finestre ottiche del sensore, di ostruzioni parziali. Sono previsti degli interventi di manutenzione in laboratorio per il ripristino delle condizionali ottimali delle sonde (pulizia approfondita, ricalibrazione, sostituzione sensori). Tale intervento è stato effettuato per ognuna delle sonde che presentavano evidenti anomalie e viene comunque ripetuto ogni qual volta le sonde rientrano presso il laboratorio per interventi di riparazione.

6.3 Serie temporali della torbidità/SPM

L'intera serie temporale del periodo Maggio 2011 - Aprile 2012 per ciascuna delle stazioni è inclusa nei files del database allegato al presente rapporto.

Di seguito (da Figura 6.10 a Figura 6.37) vengono presentate due tipologie di elaborati grafici in cui i dati vengono raggruppati in trimestri: nella prima vengono rappresentate la concentrazione di SPM e la curva di marea del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, - Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia), mentre nella seconda si rappresentano l'SPM e la velocità del vento, misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR, raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza.

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

- I Rapporto di Valutazione, Settembre 2011. Periodo di riferimento: Maggio-Agosto 2011;
- II Rapporto di Valutazione, Gennaio 2012. Periodo di riferimento: Settembre-Dicembre 2011;
- III Rapporto di Valutazione, Maggio 2012. Periodo di riferimento: Gennaio-Aprile 2012.

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

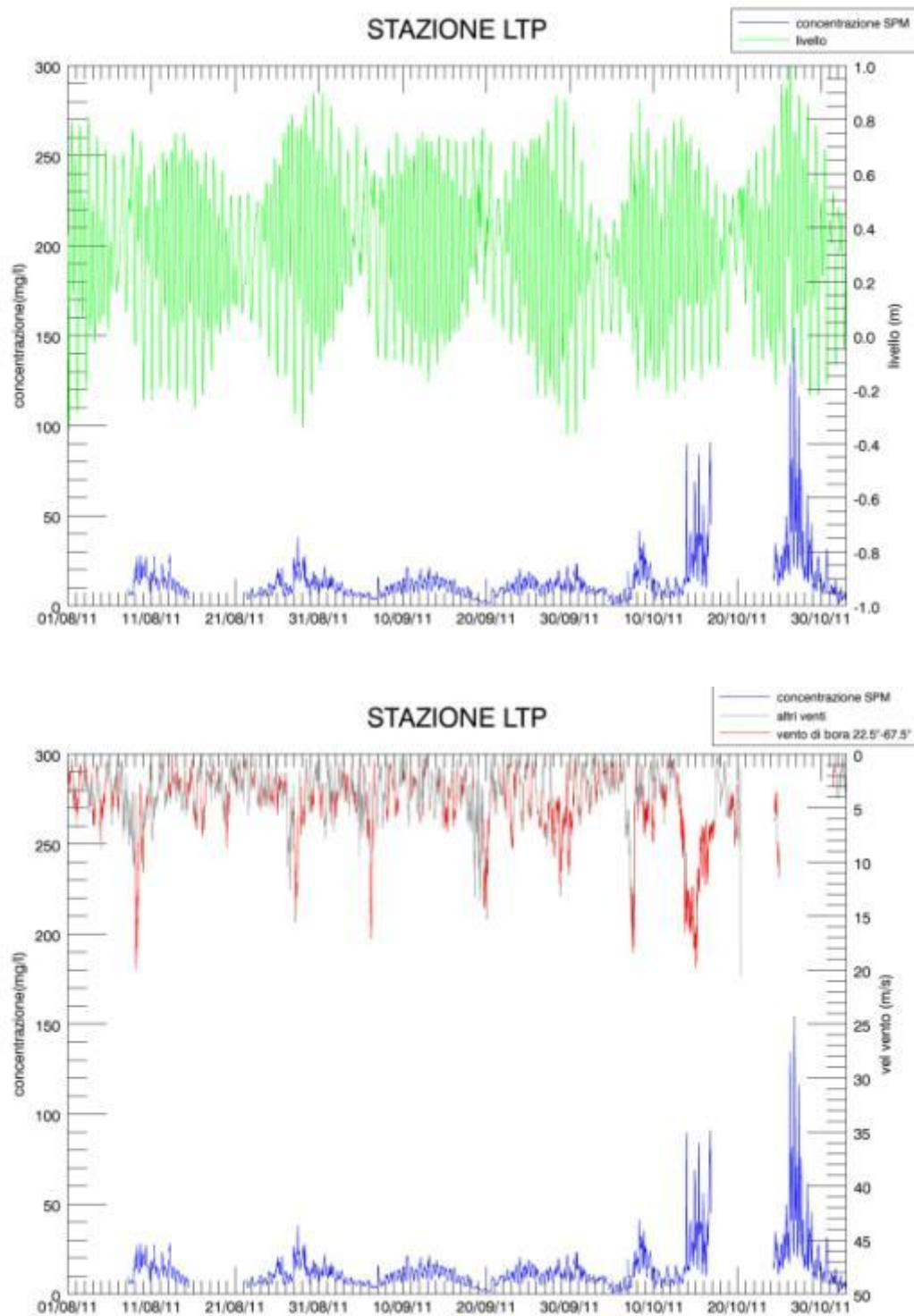


Figura 6.10. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LTP nel periodo Agosto-Ottobre 2011.

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

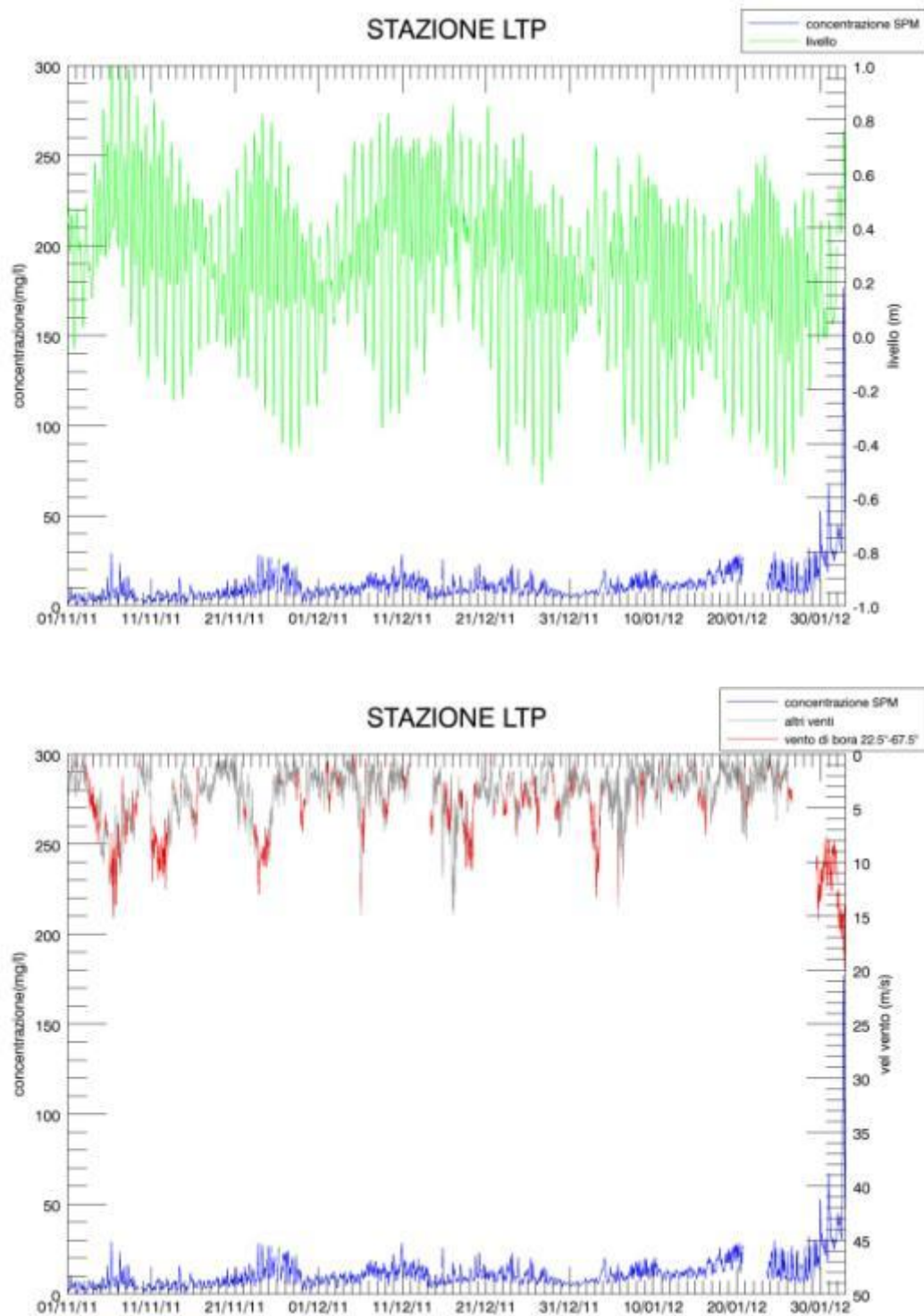


Figura 6.11. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LTP nel periodo Novembre 2011-Gennaio 2012.

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

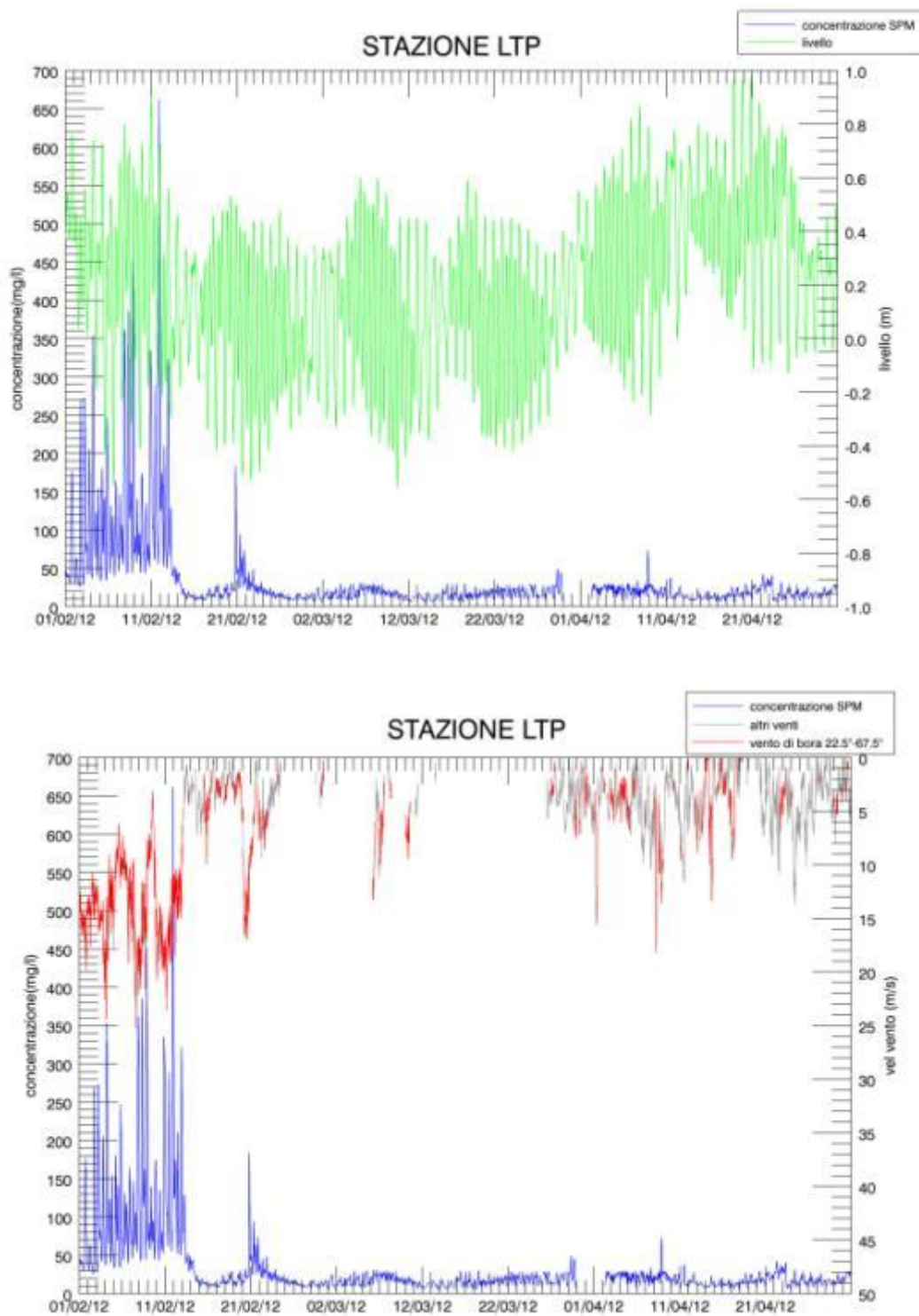


Figura 6.12. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LTP nel periodo Febbraio-Aprile 2012.

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

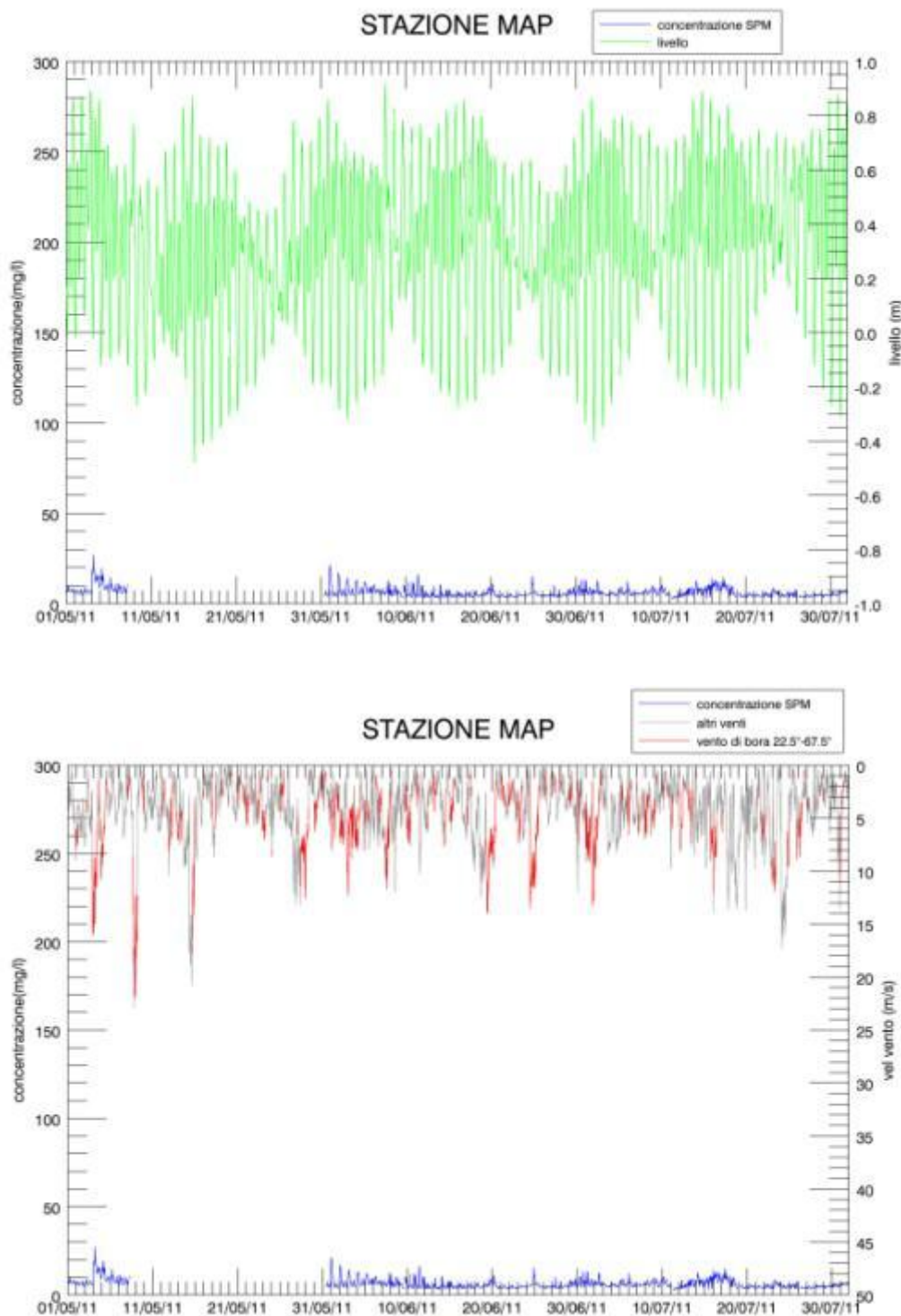


Figura 6.13 . Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) , raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza , alla stazione MAP nel periodo Maggio-Luglio 2011.

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

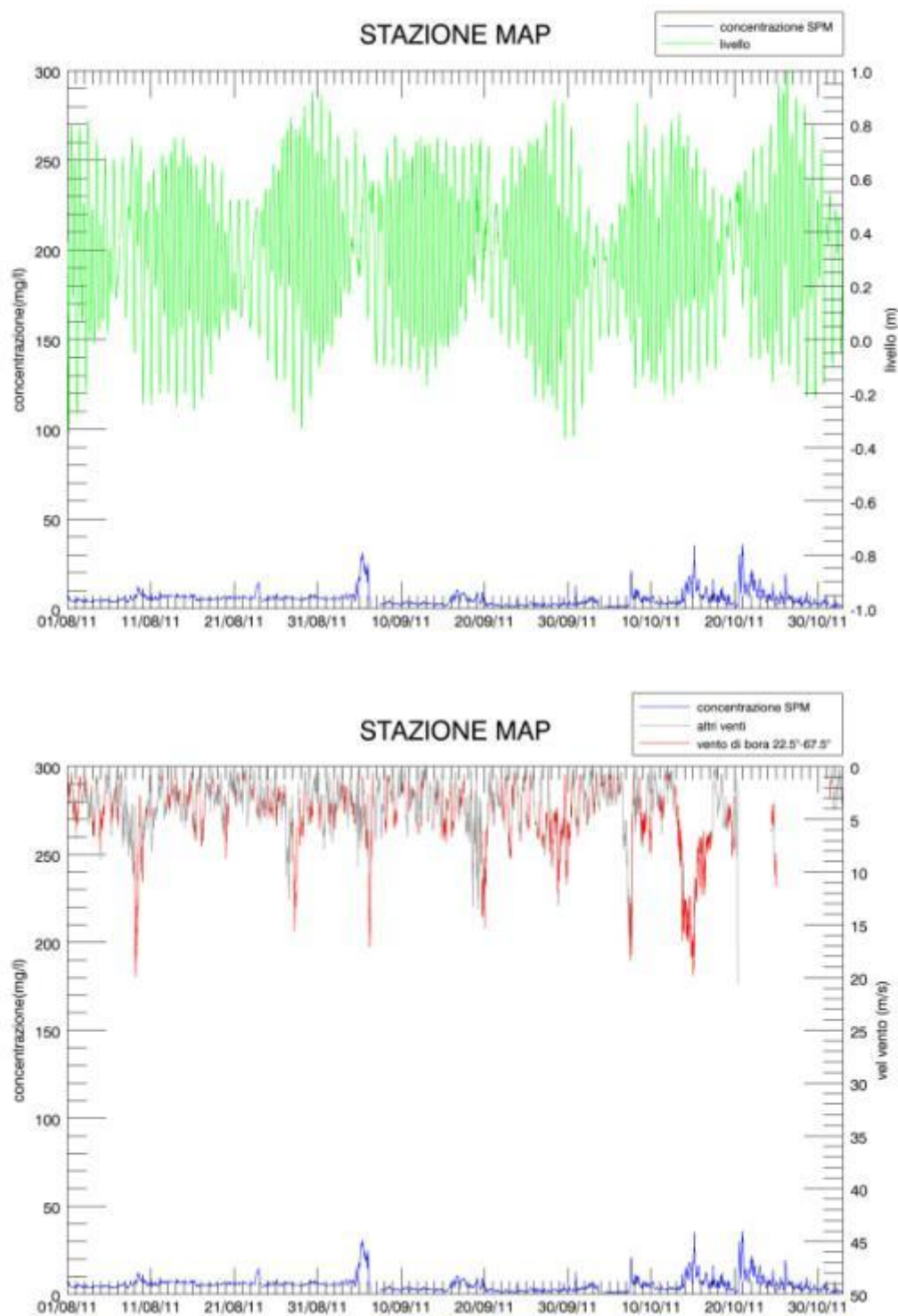


Figura 6.14 . Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione MAP nel periodo Agosto-Ottobre 2011.

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

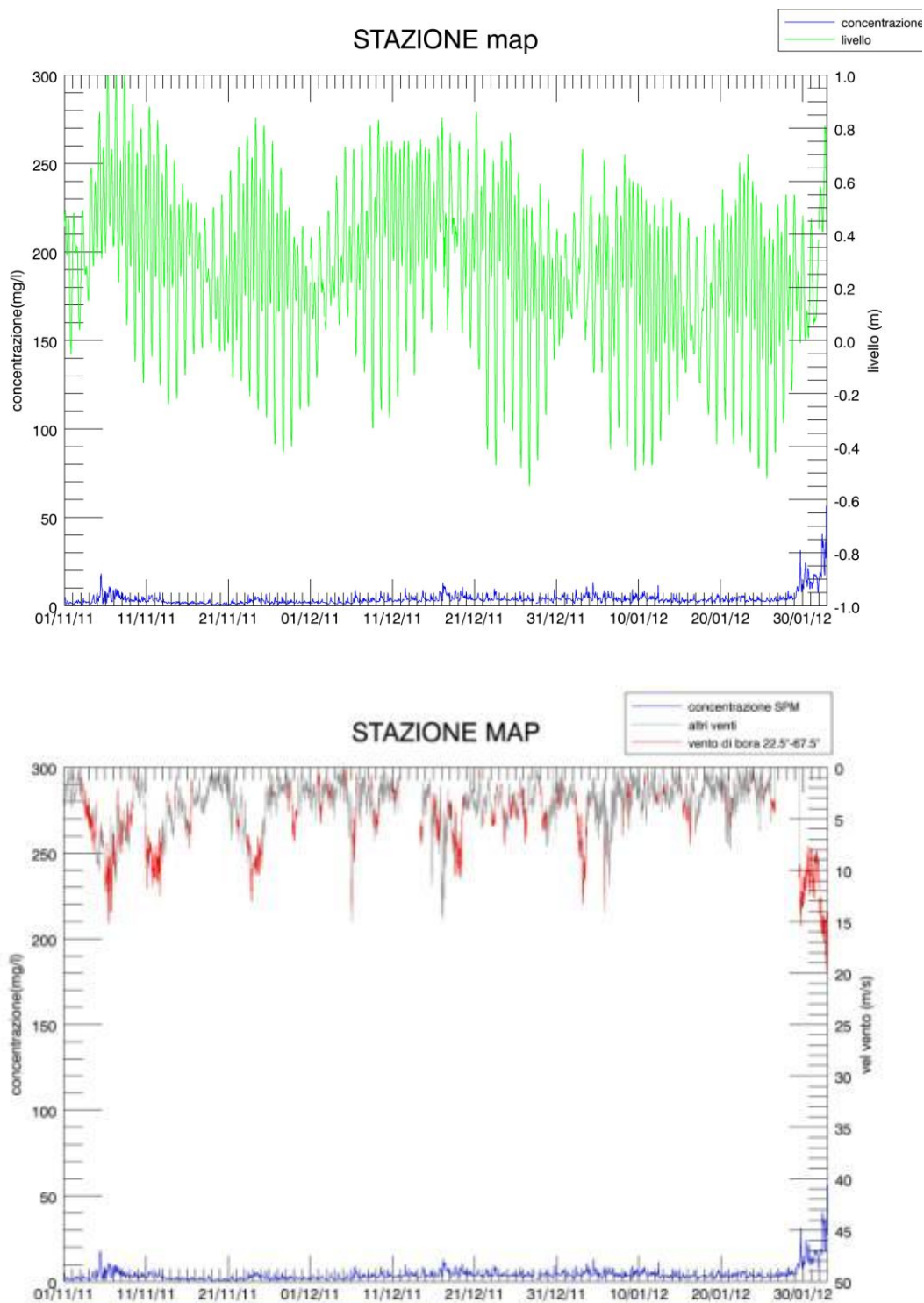


Figura 6.15. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione MAP nel periodo Novembre 2011-Gennaio 2012.

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

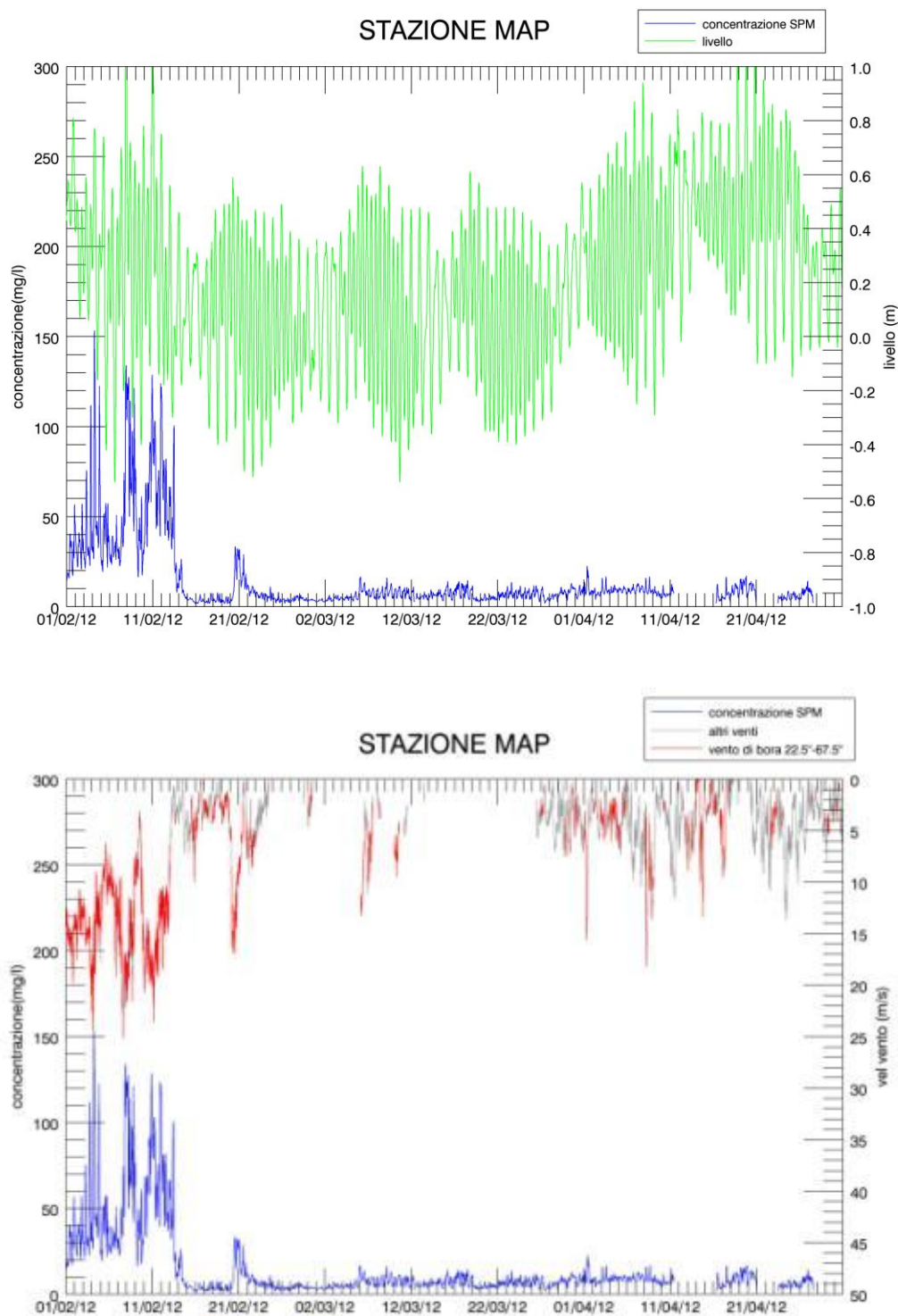


Figura 6.16. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione MAP nel periodo Febbraio-Aprile 2012.

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

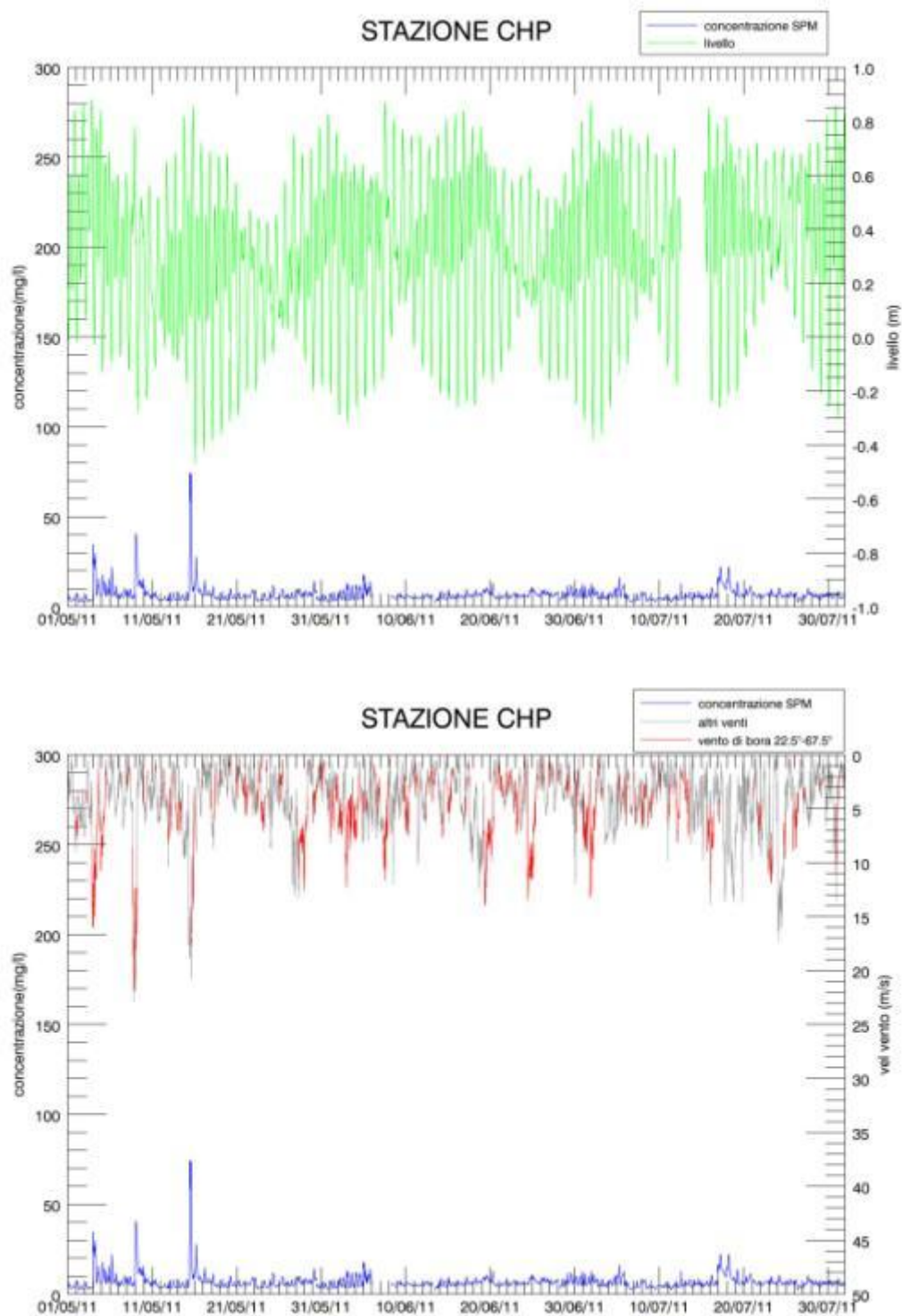


Figura 6.17 . Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione CHP nel periodo Maggio-Luglio 2011.

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

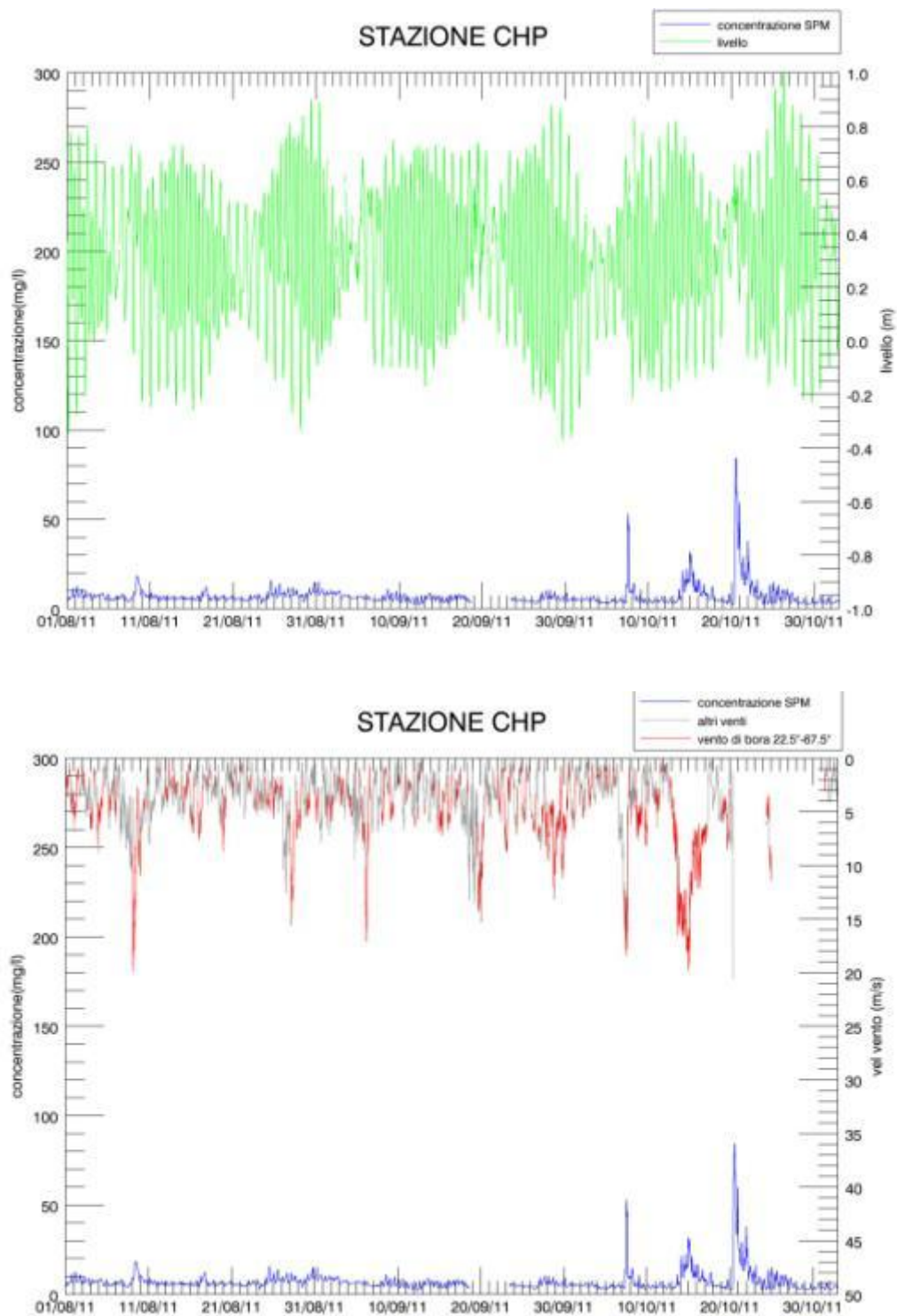


Figura 6.18. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) , raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione CHP nel periodo Agosto-Ottobre 2011.

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

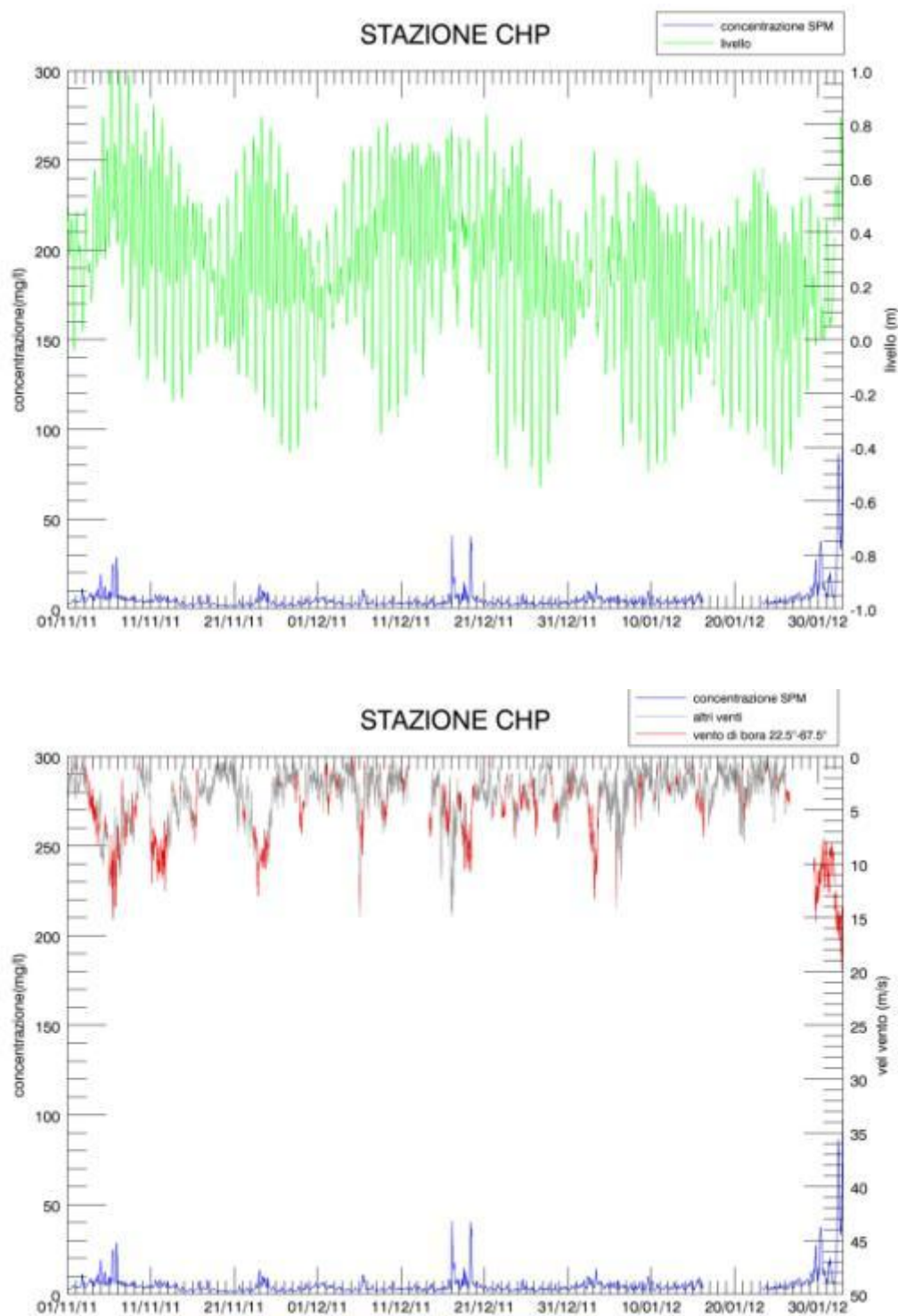


Figura 6.19. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione CHP nel periodo Novembre 2011-Gennaio 2012

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

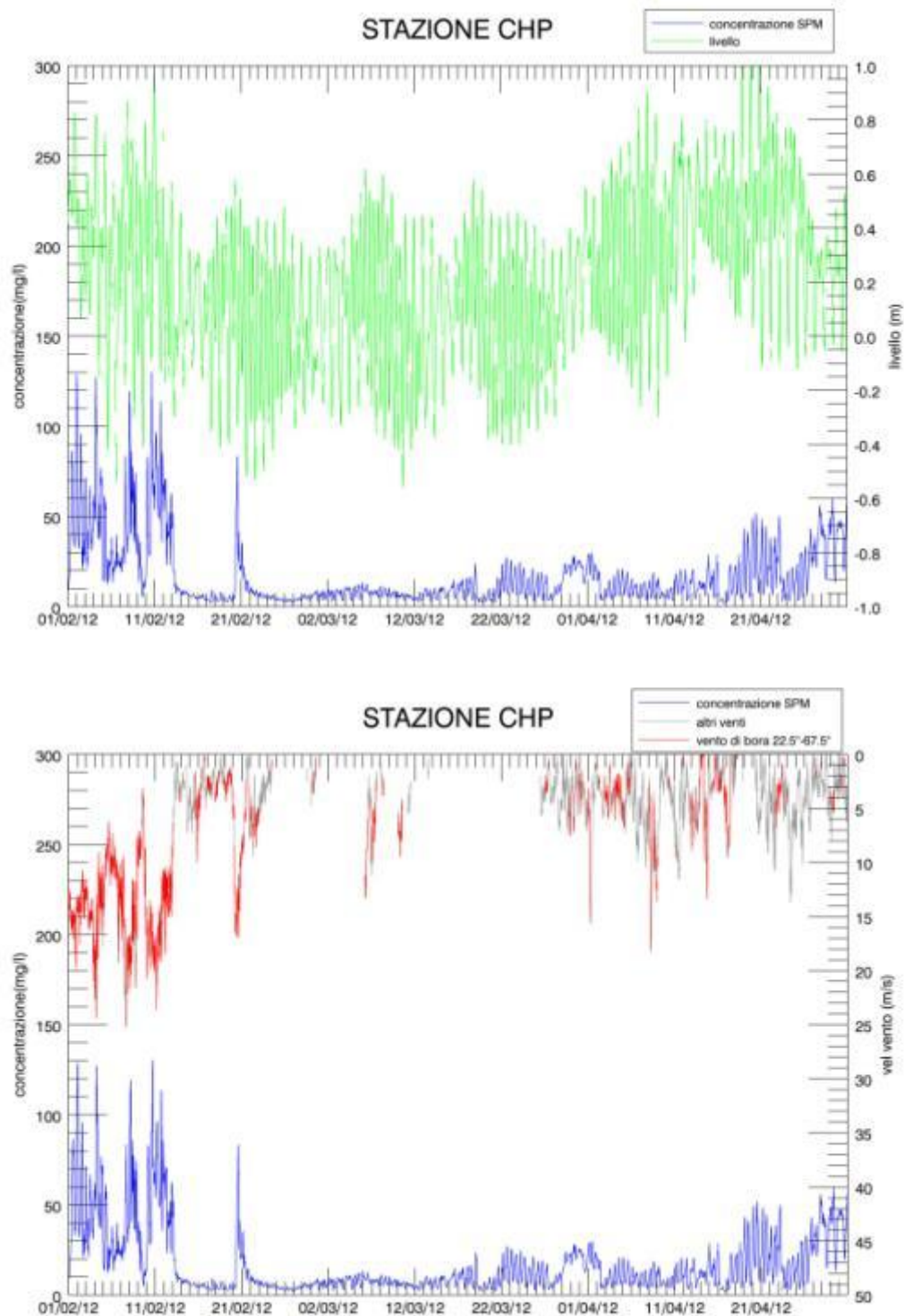


Figura 6.20. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione CHP nel periodo Febbraio-Aprile 2012.

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

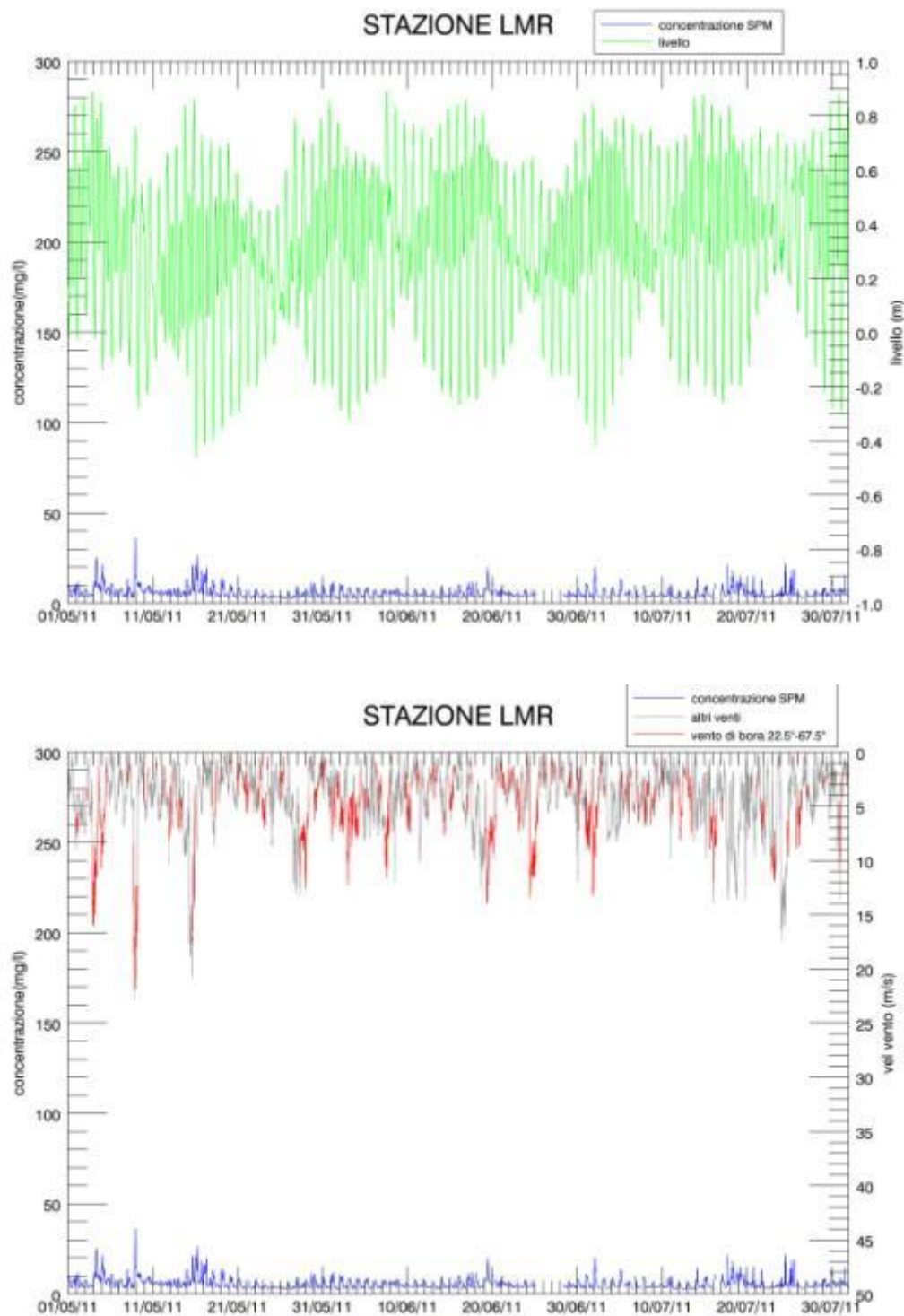


Figura 6.21. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) , raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza , alla stazione LMR nel periodo Maggio-Luglio 2011.

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

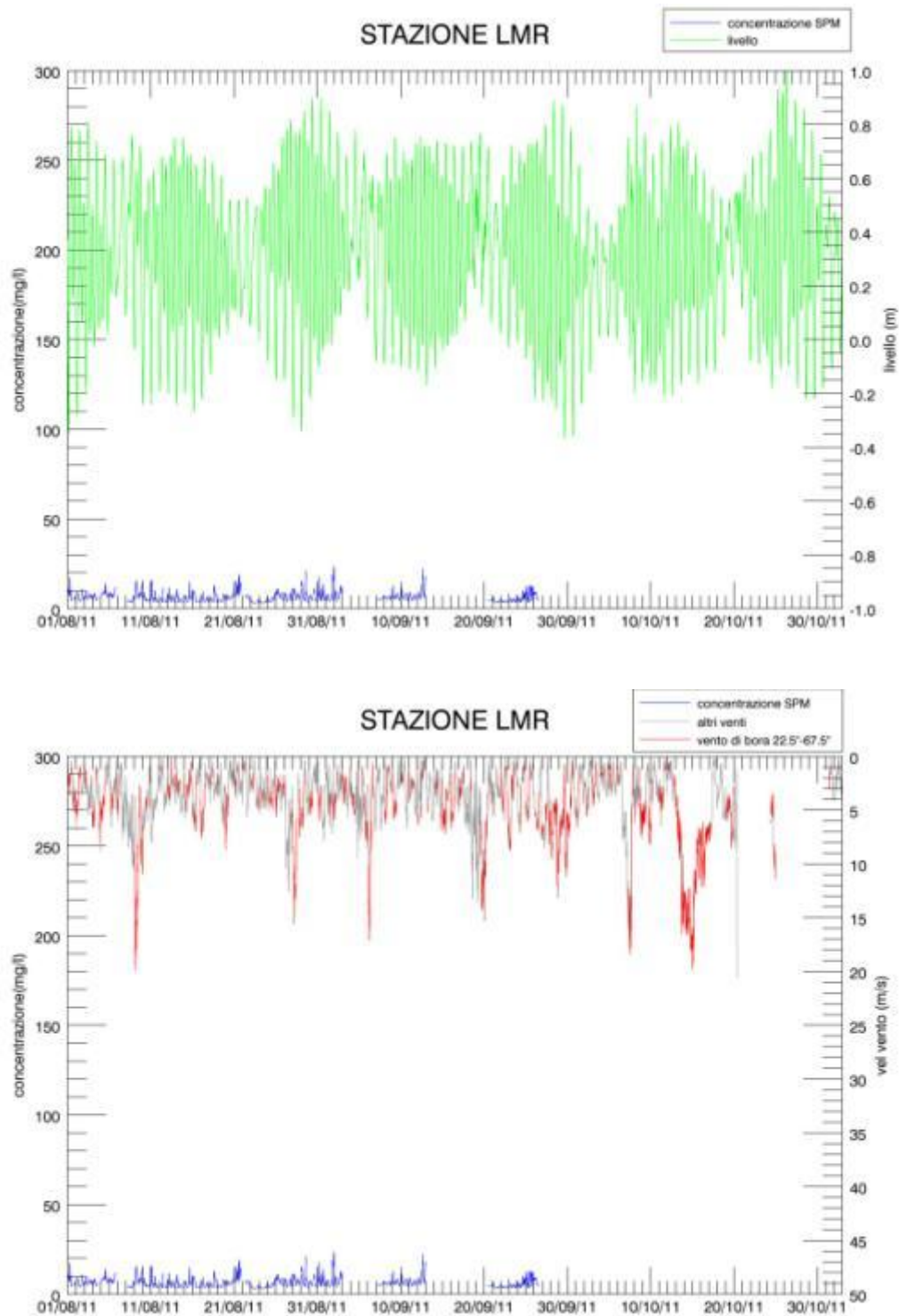


Figura 6.22. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LMR nel periodo Agosto-Ottobre 2011.

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

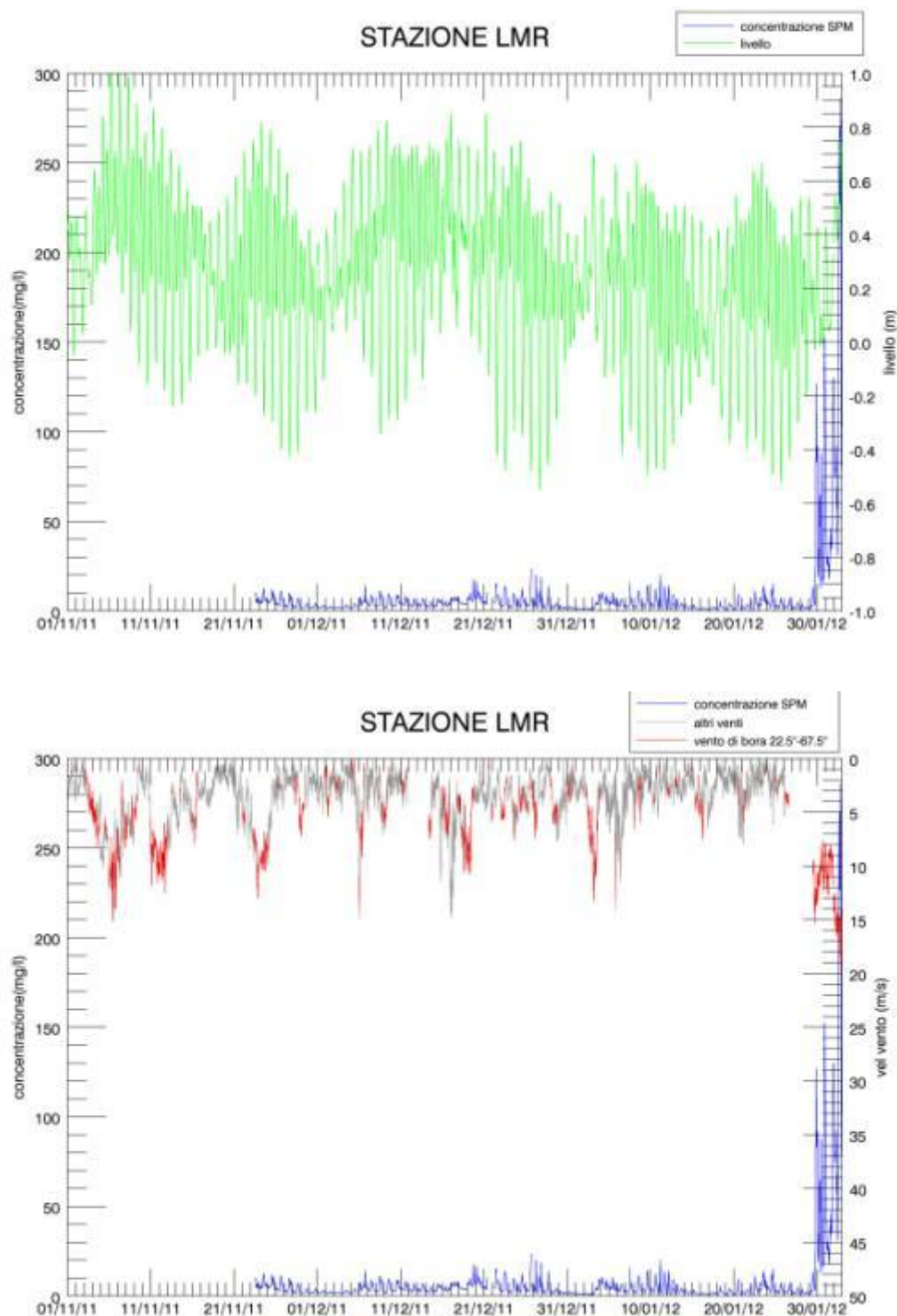


Figura 6.23. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LMR nel periodo Novembre 2011-Gennaio 2012.

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

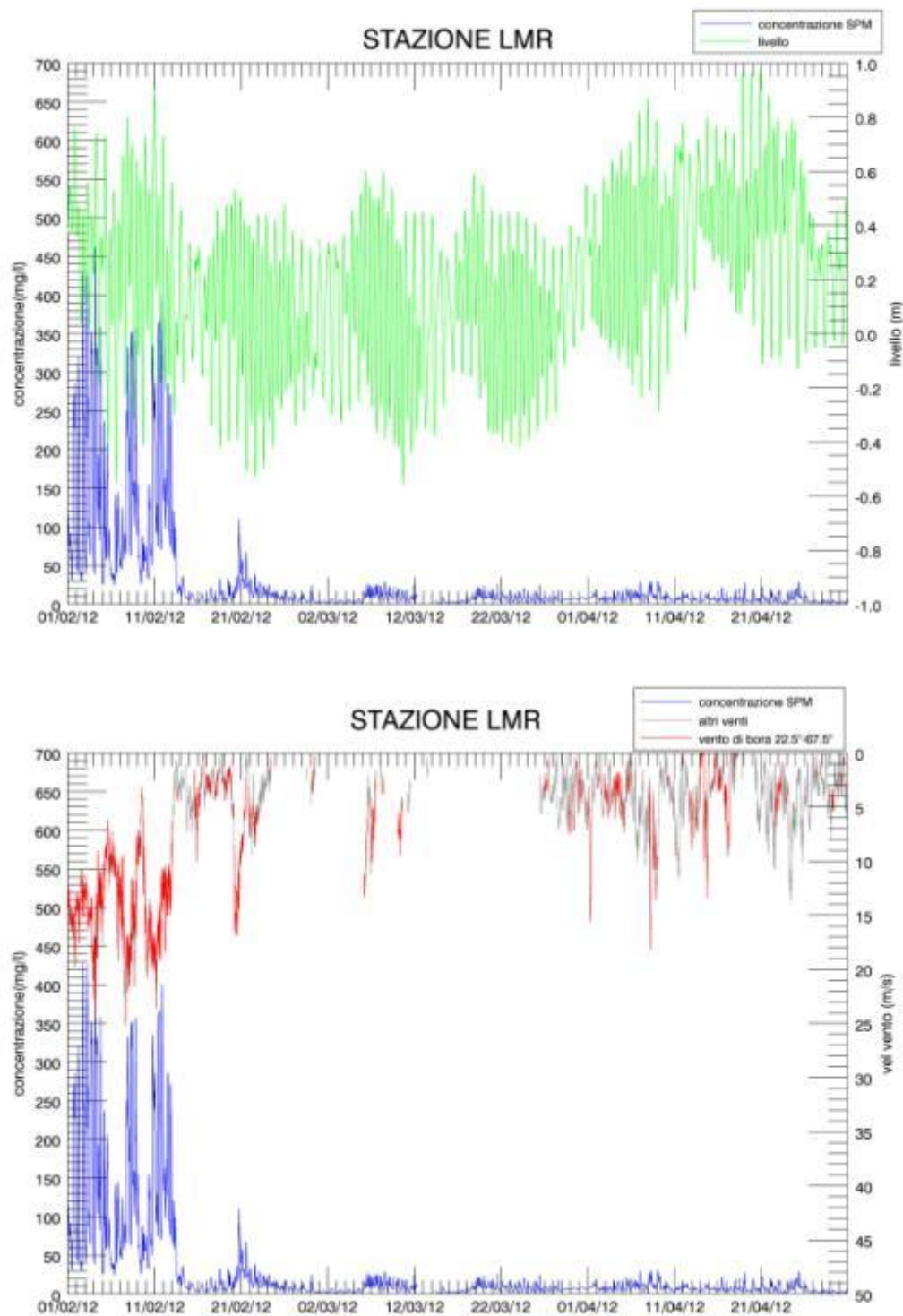


Figura 6.24. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LMR nel periodo Febbraio-Aprile 2012.

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

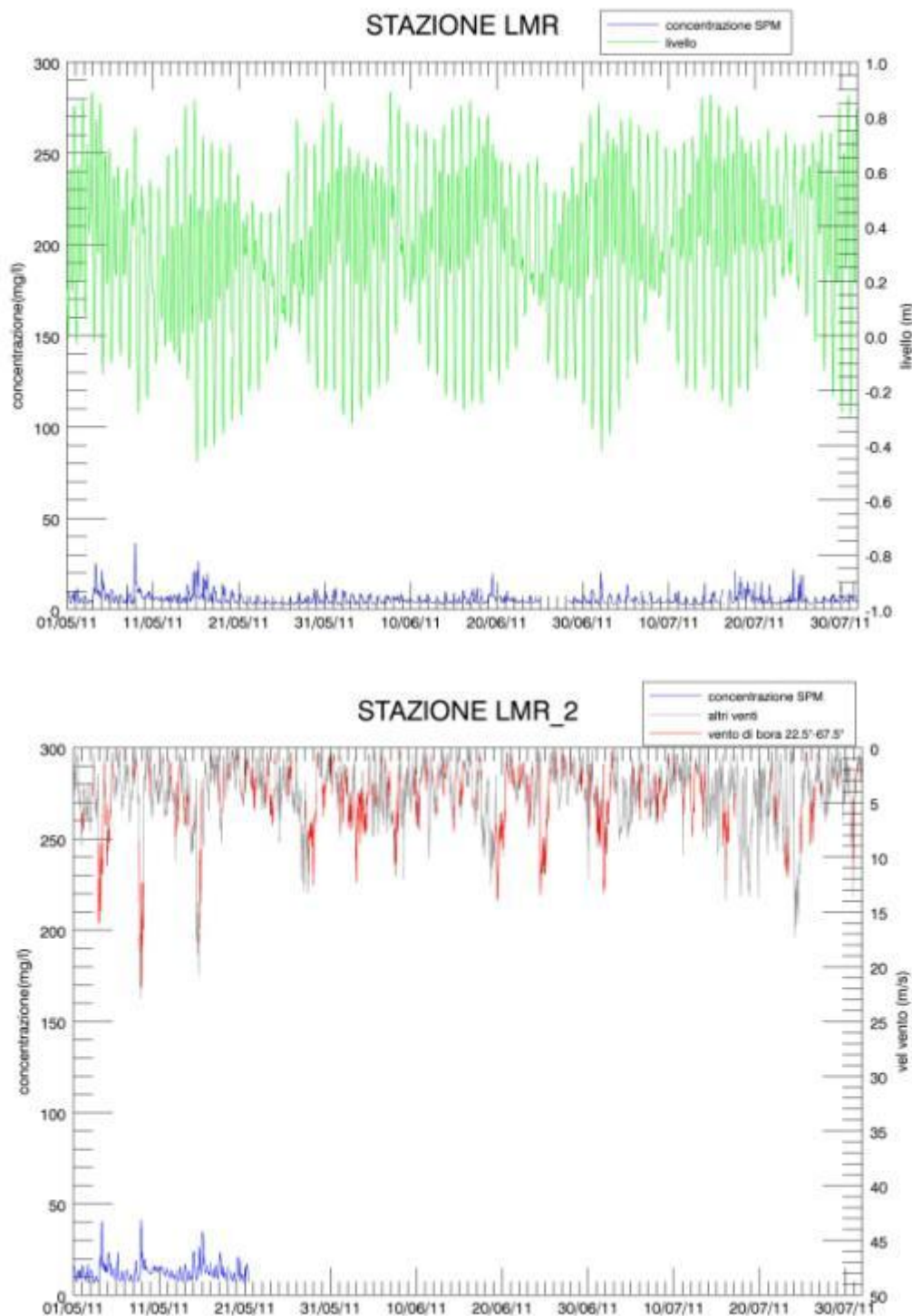


Figura 6.25. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) , raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza , alla stazione LMR-2 nel periodo Maggio-Luglio 2011.

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

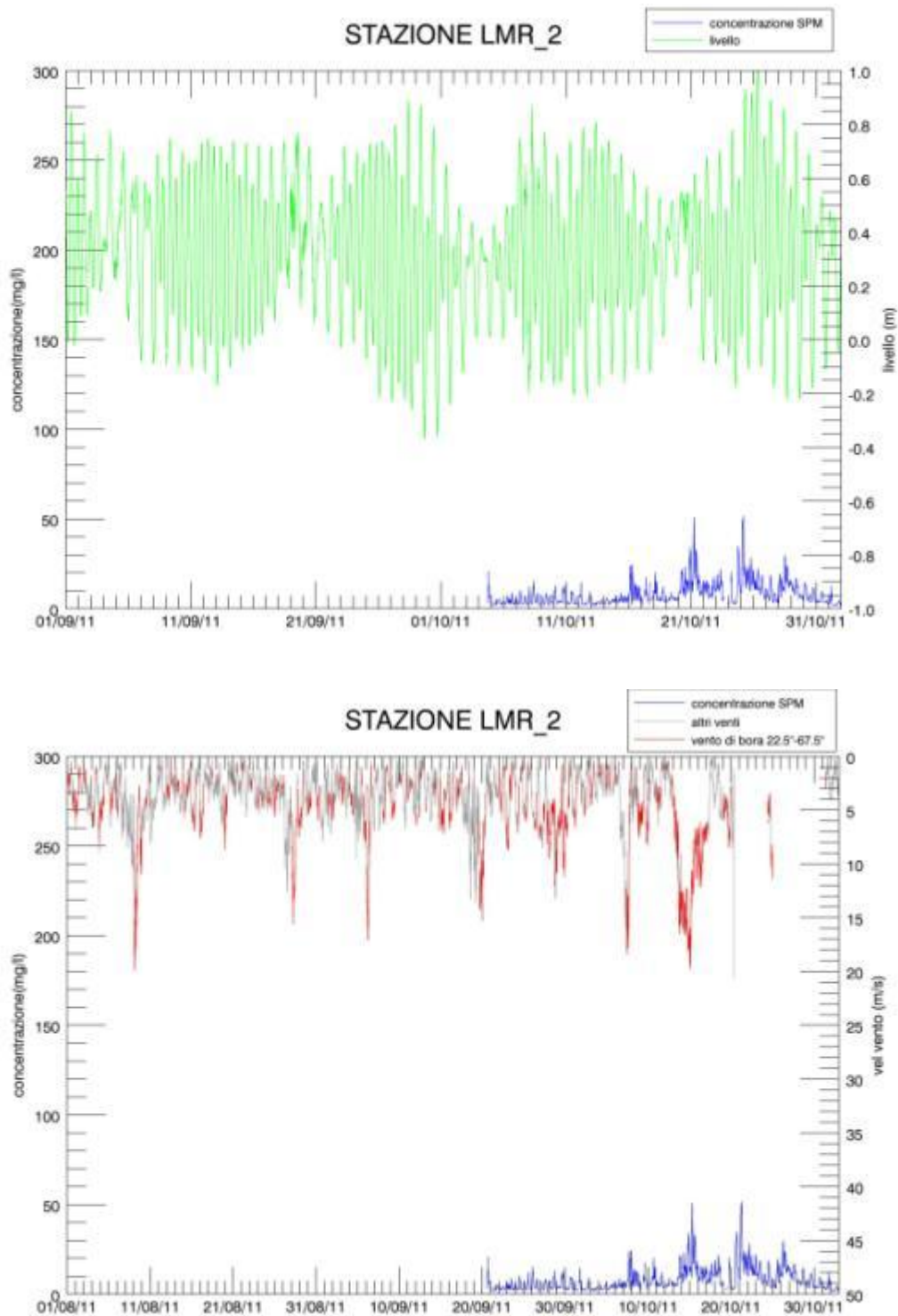


Figura 6.26. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LMR-2 nel periodo Agosto-Ottobre 2011.

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

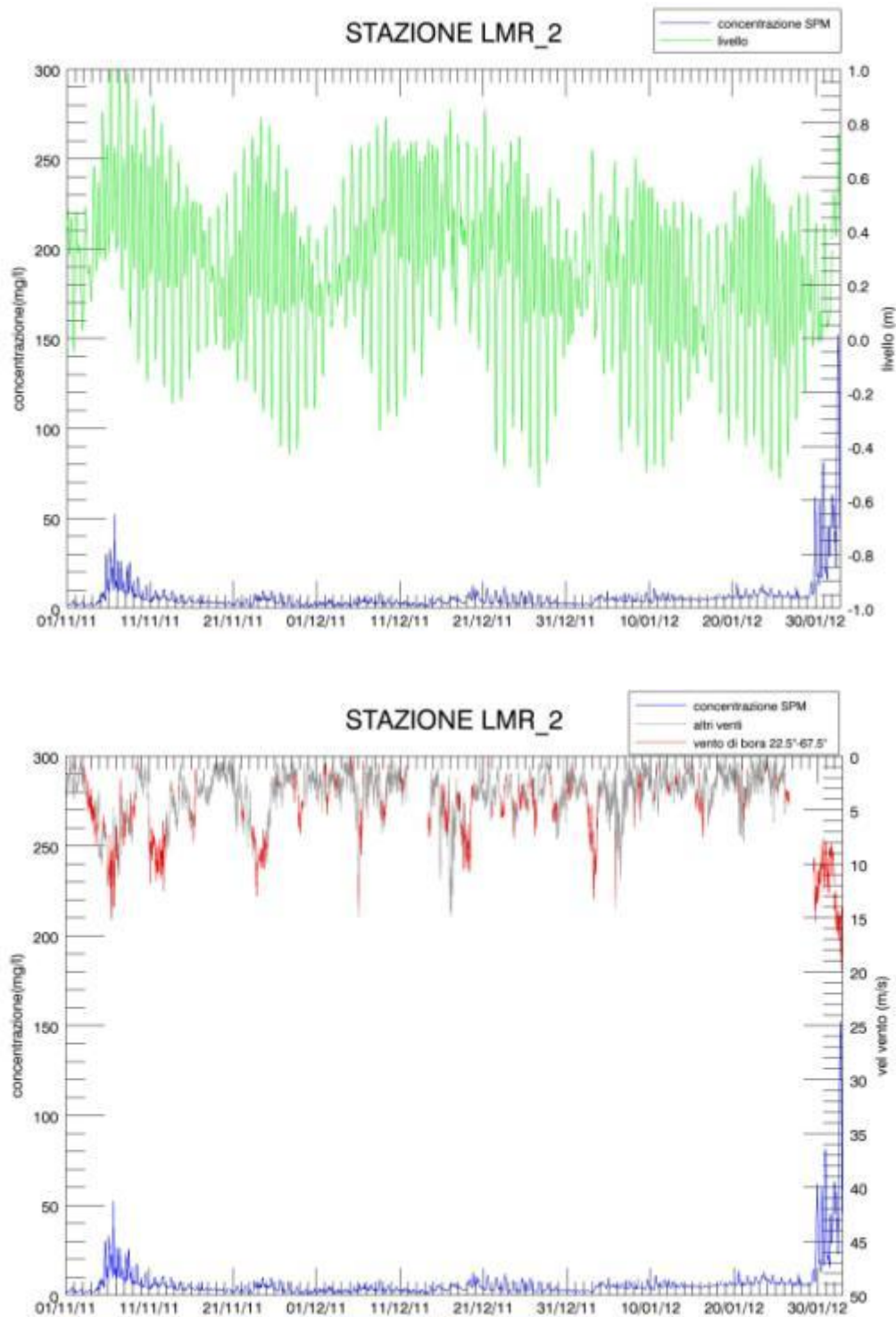


Figura 6.27. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LMR-2 nel periodo Novembre 2011-Gennaio 2012.

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

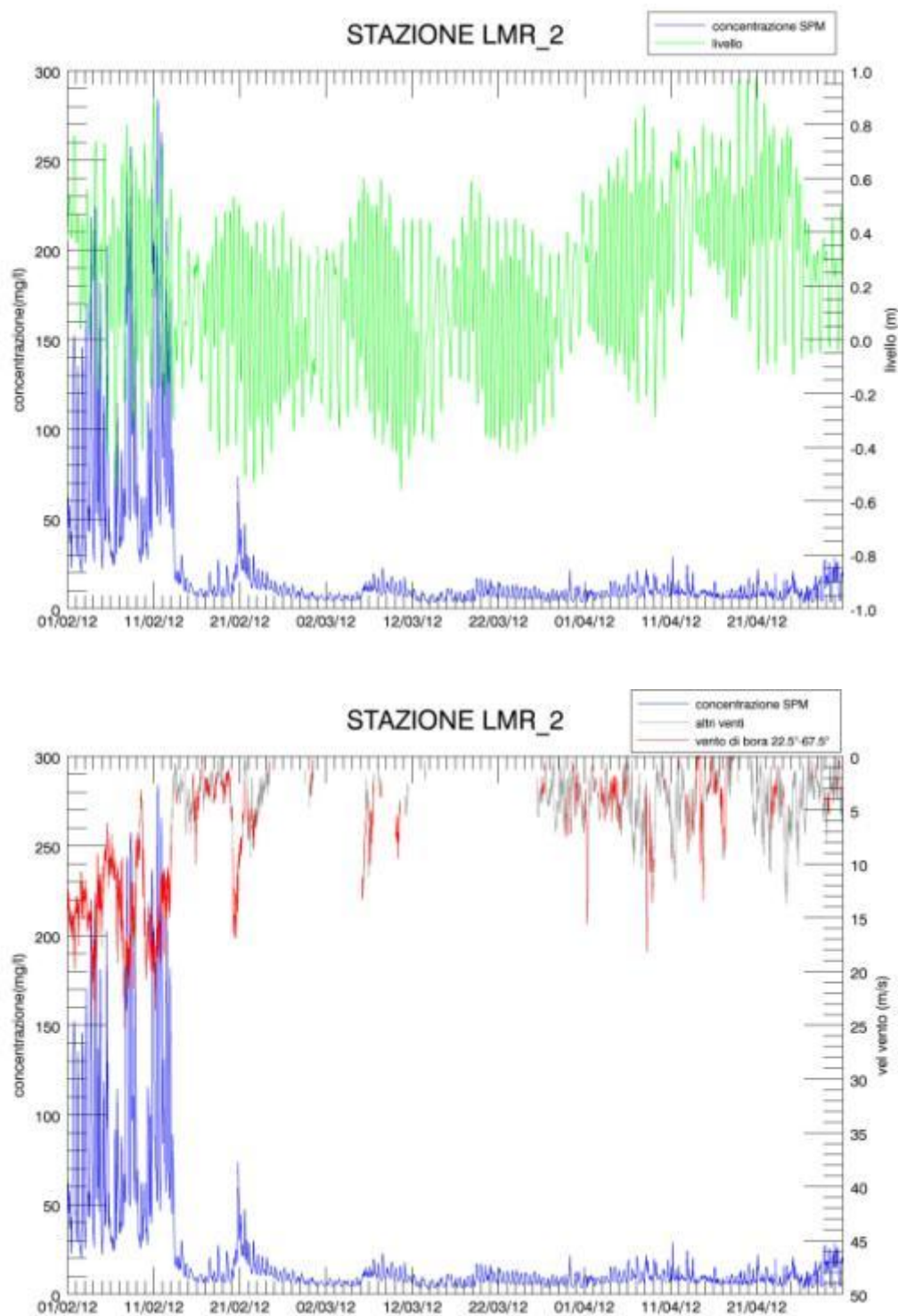


Figura 6.28. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LMR-2 nel periodo Febbraio-Aprile 2012.

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

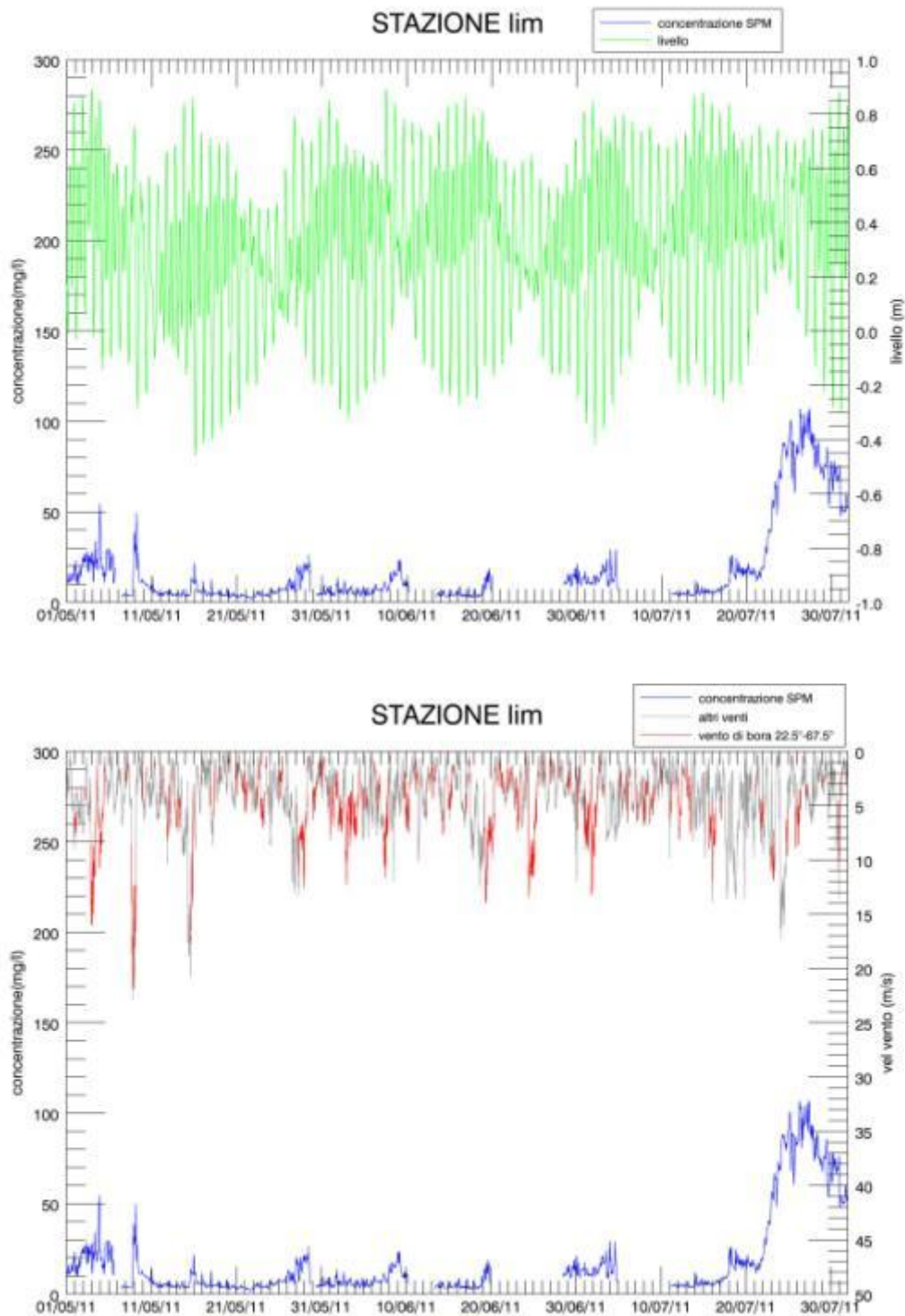


Figura 6.29. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LIM nel periodo Maggio-Luglio 2011.

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

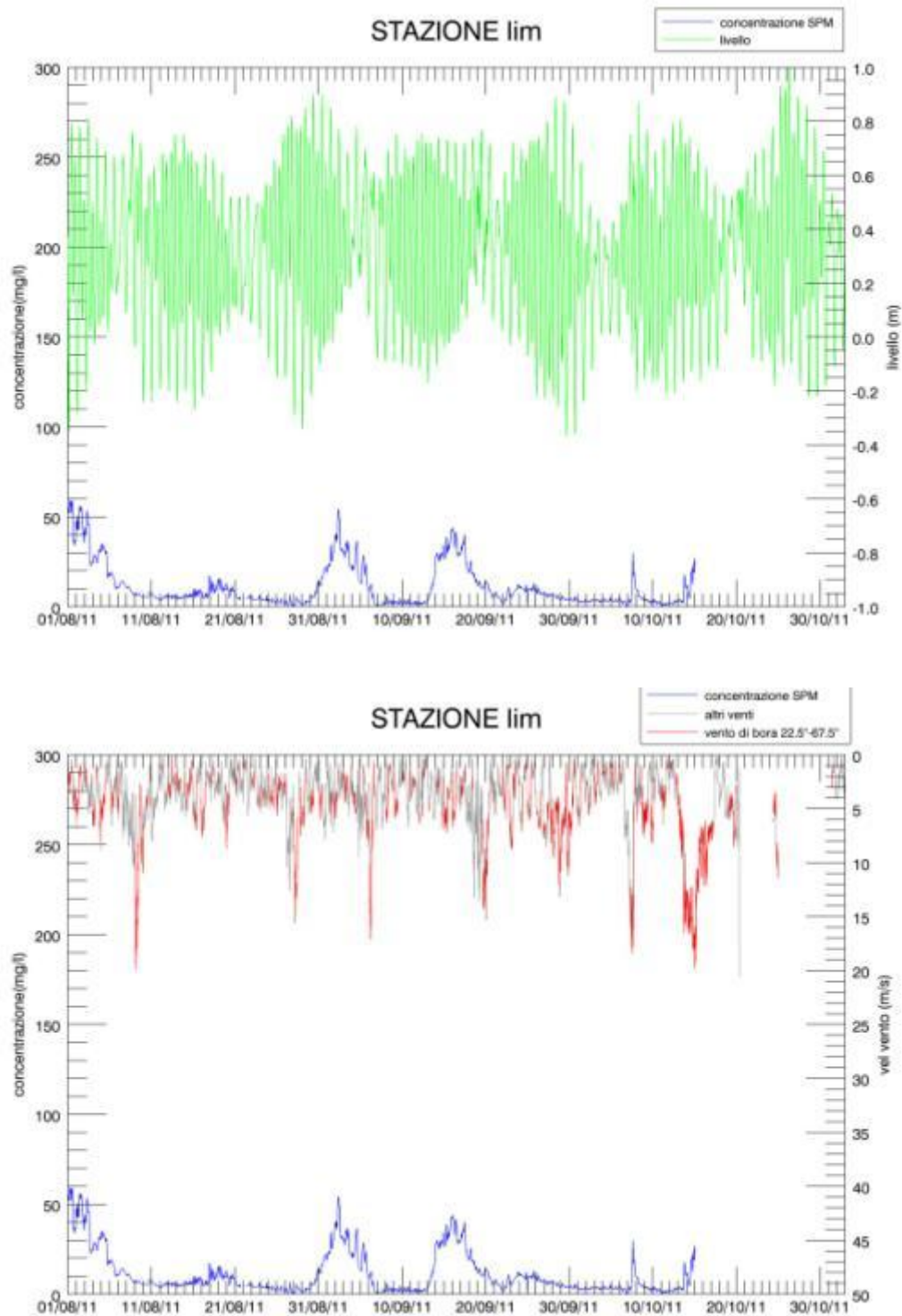


Figura 6.30. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LIM nel periodo Agosto-Ottobre 2011.

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

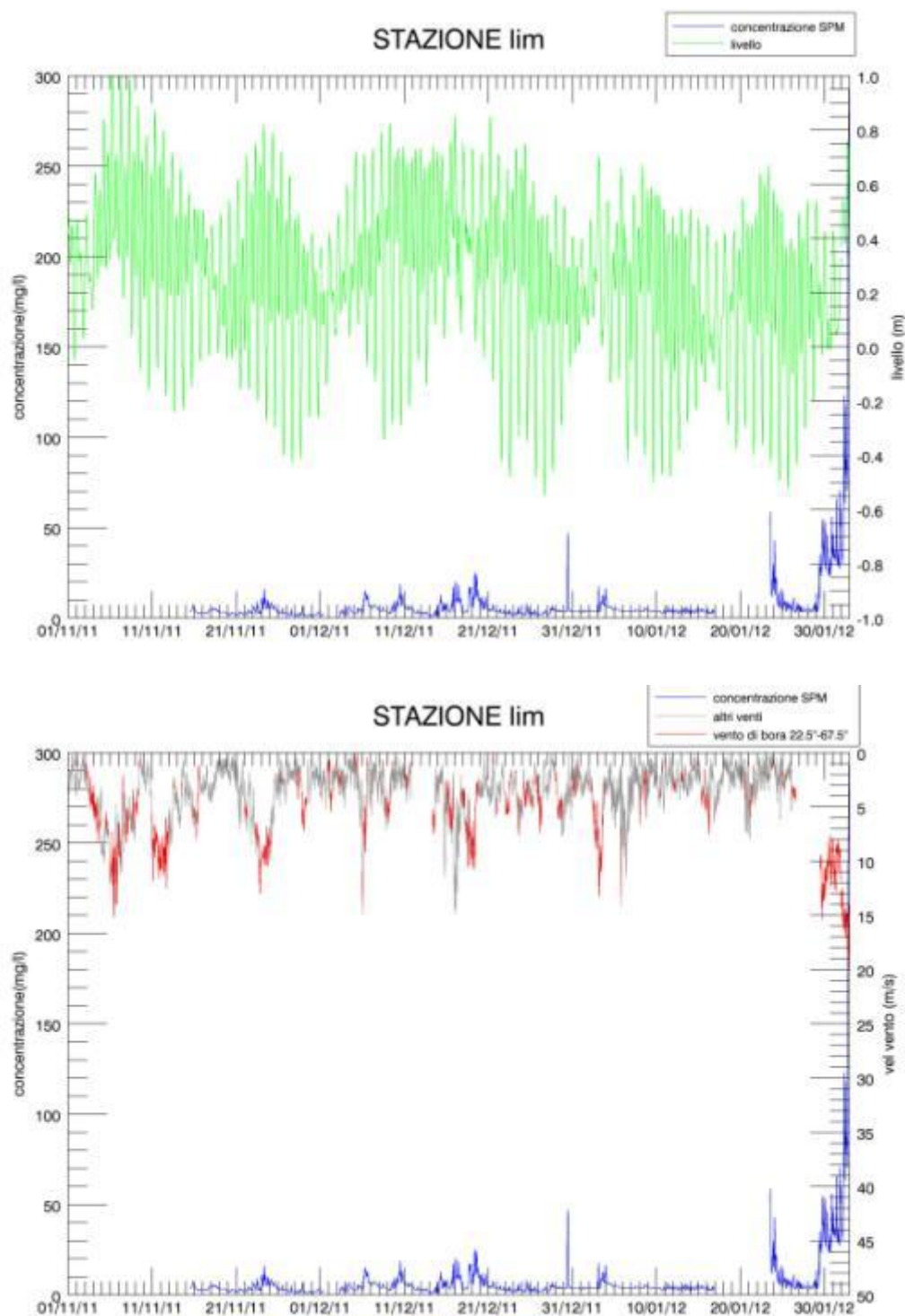


Figura 6.31. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) , raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LIM nel periodo Novembre 2011-Gennaio 2012.

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

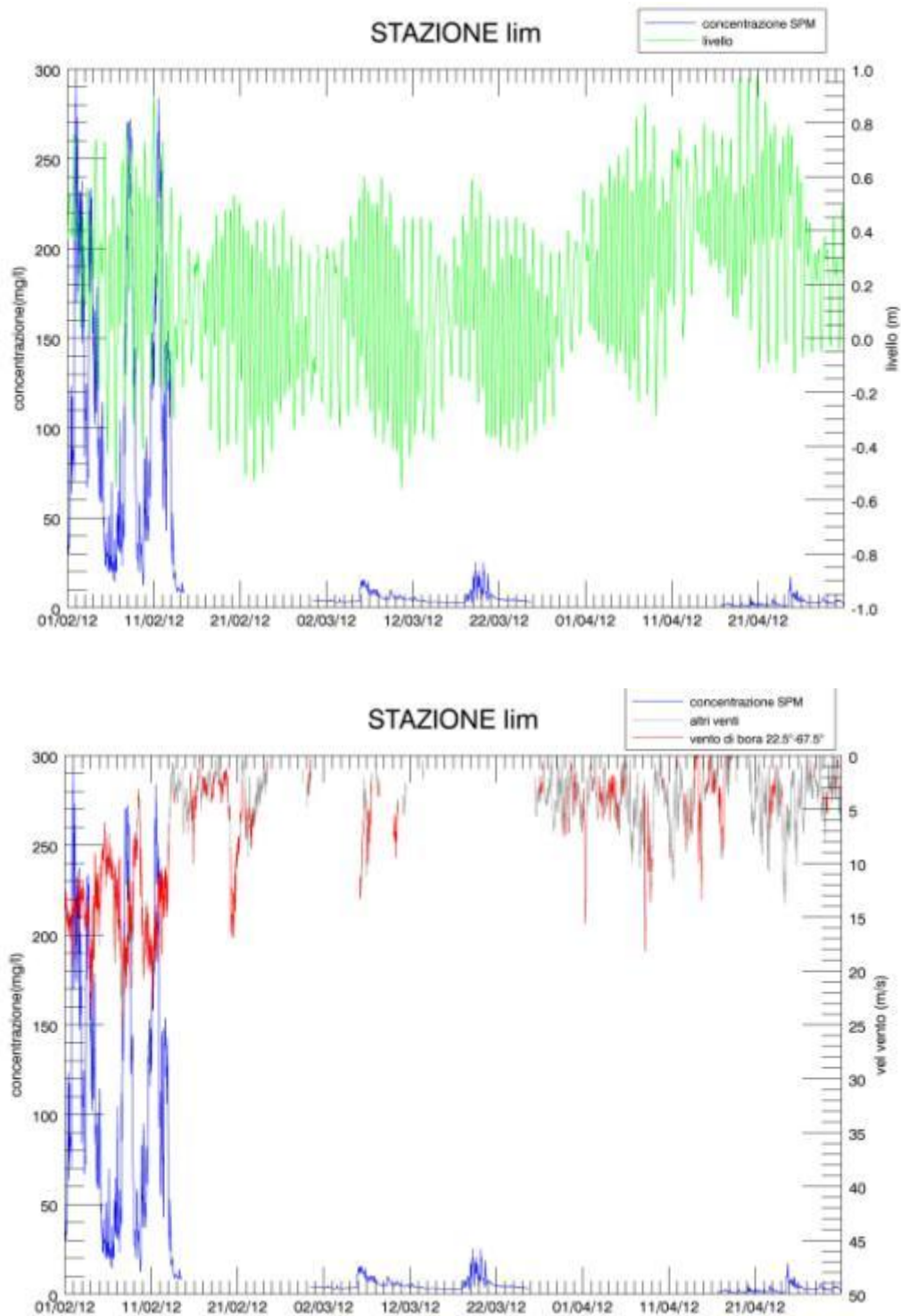


Figura 6.32. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione LIM nel periodo Febbraio-Aprile 2012.

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

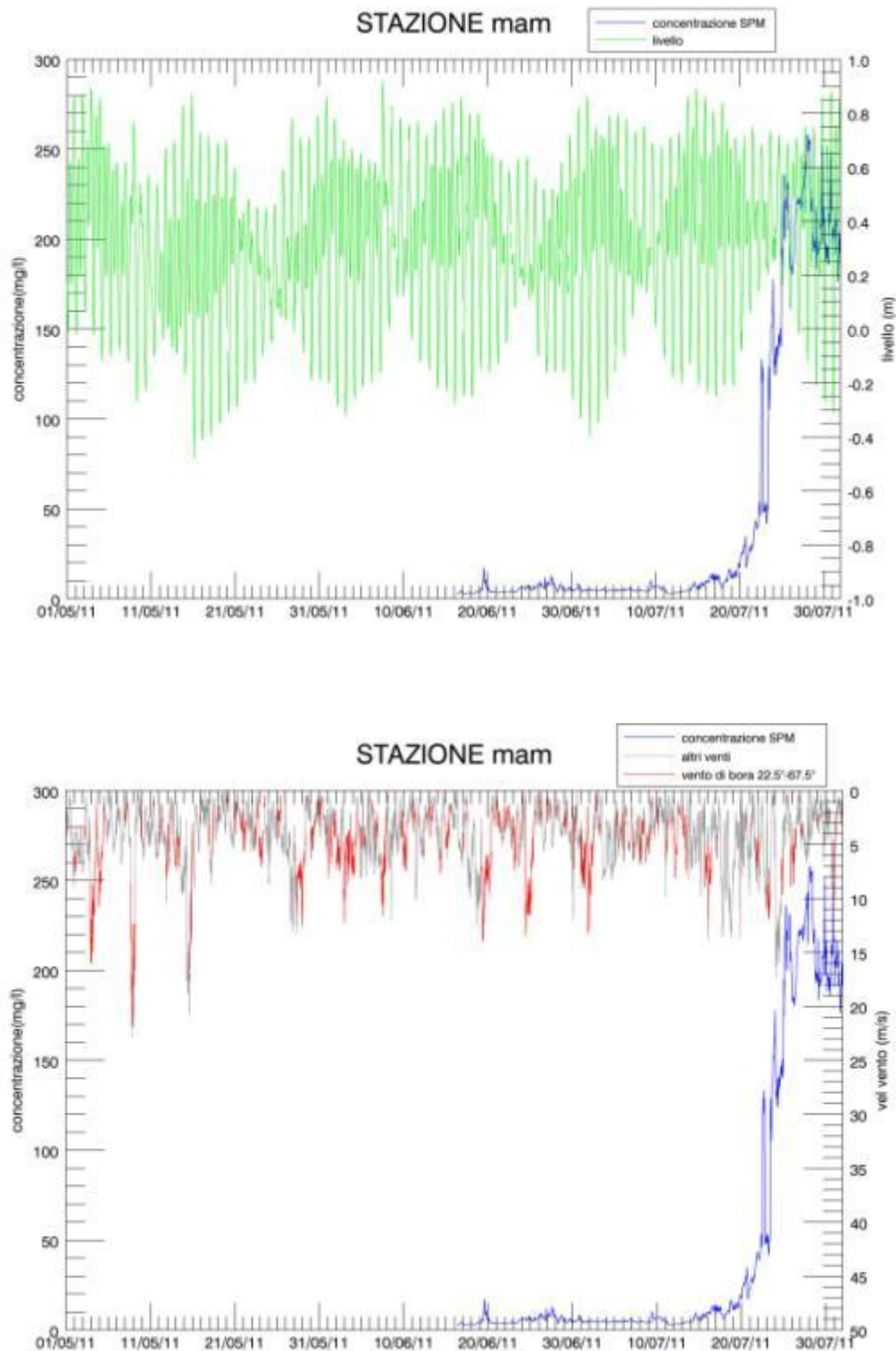


Figura 6.33. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione MAM nel periodo Maggio-Luglio 2011.

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

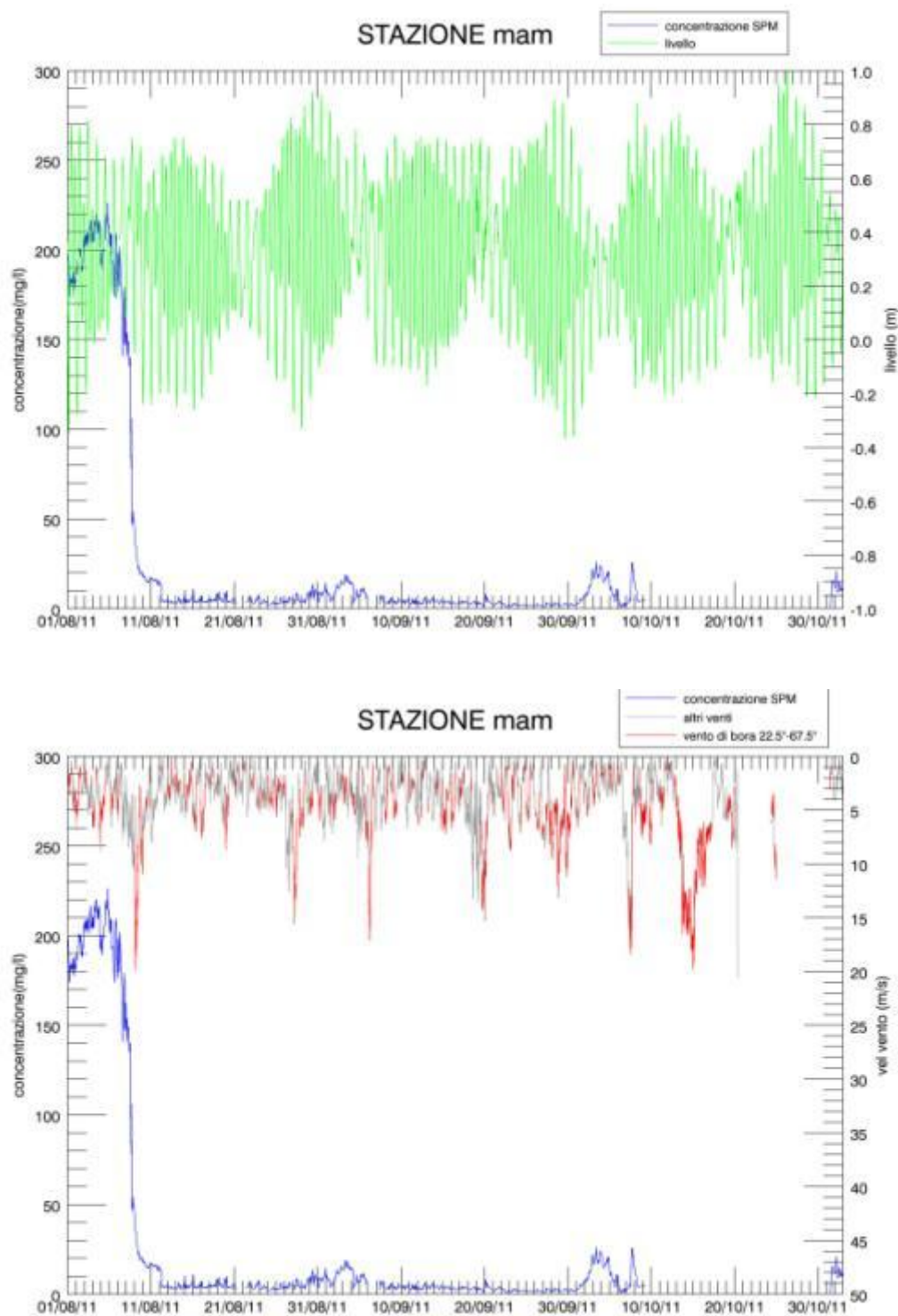


Figura 6.34. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione MAM nel periodo Agosto-Ottobre 2011.

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

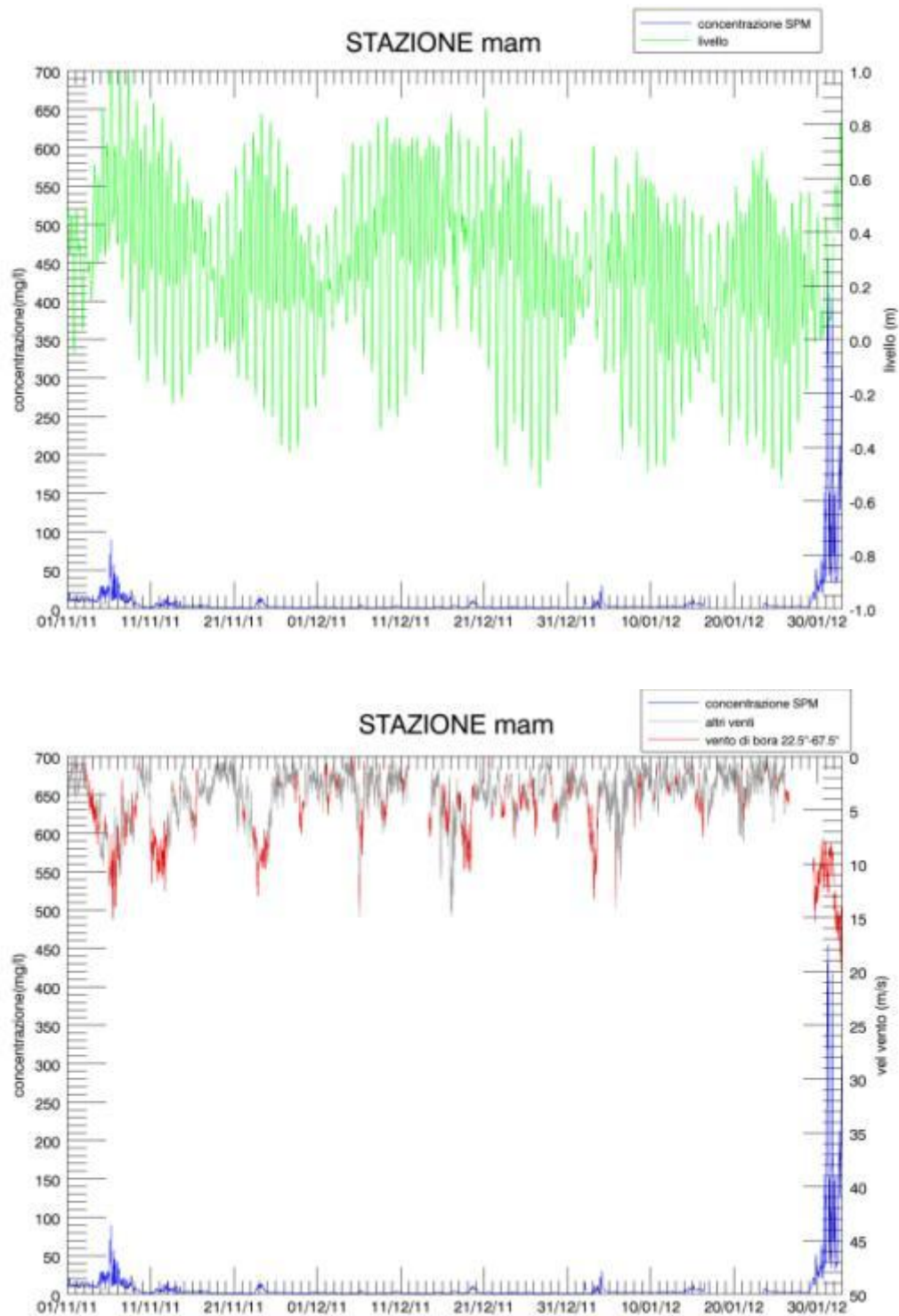


Figura 6.35. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso) , raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione MAM nel periodo Novembre 2011-Gennaio 2012.

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

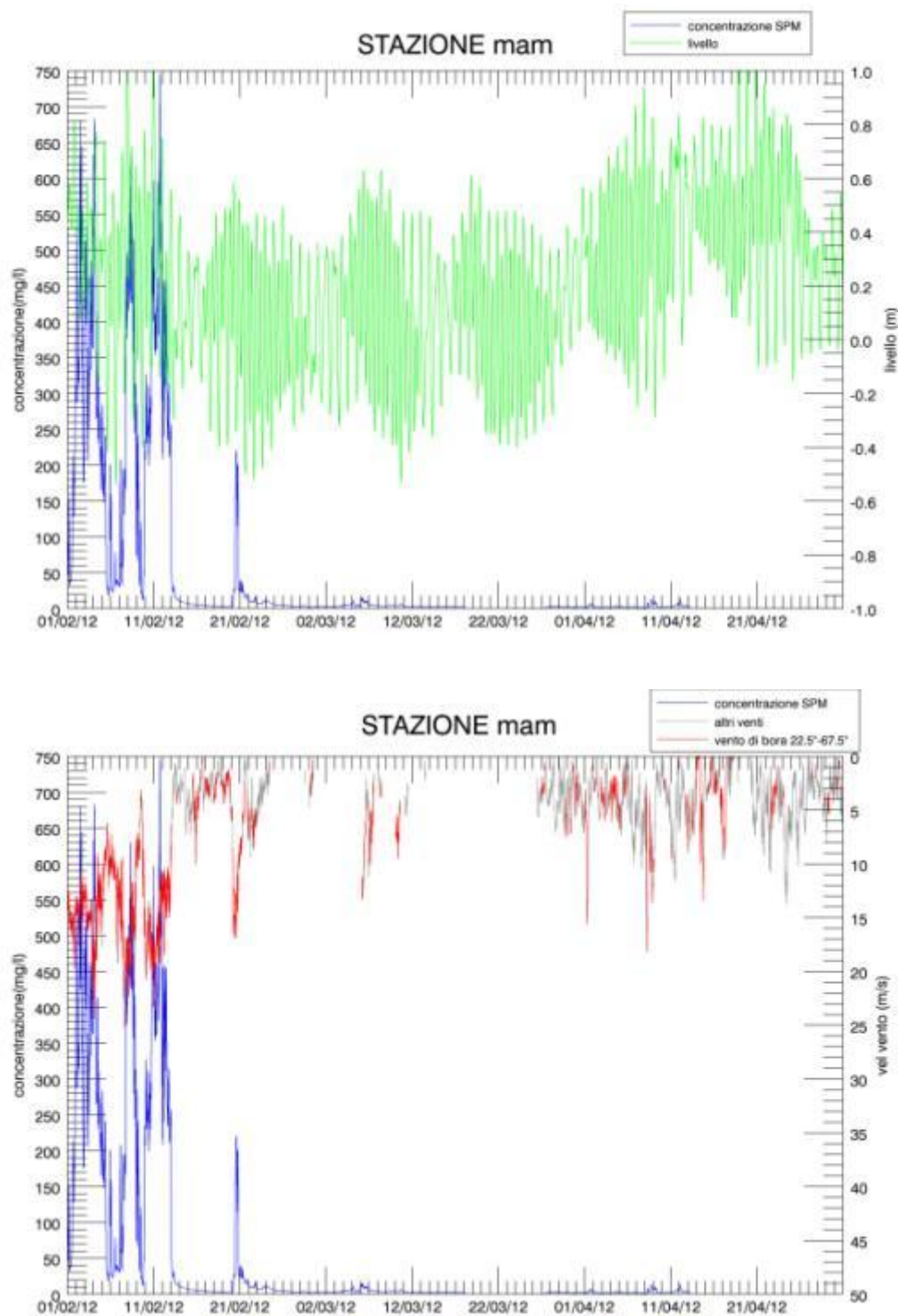


Figura 6.36. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (in alto) e della velocità del vento (in basso), raffigurata con colori diversi in base alla direzione di provenienza, alla stazione MAM nel periodo Febbraio-Aprile 2012.

Vista la mancanza di dati relativi alla velocità del vento misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR per il mese di Ottobre 2011 e Marzo 2012 si riportano anche i dati della stazione presso la diga sud della bocca di porto di Lido facente parte della Rete Mareografica Nazionale (da Figura 6.37 a Figura 6.47).

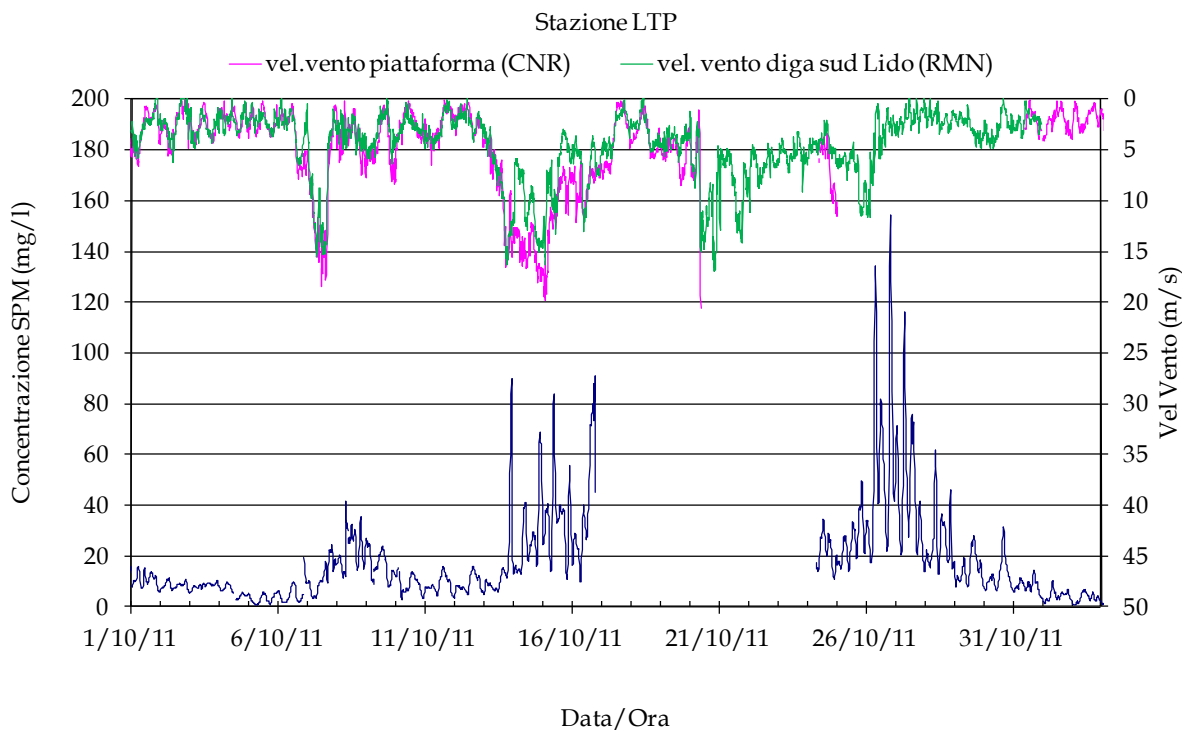


Figura 6.37. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LTP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel mese di Ottobre 2011.

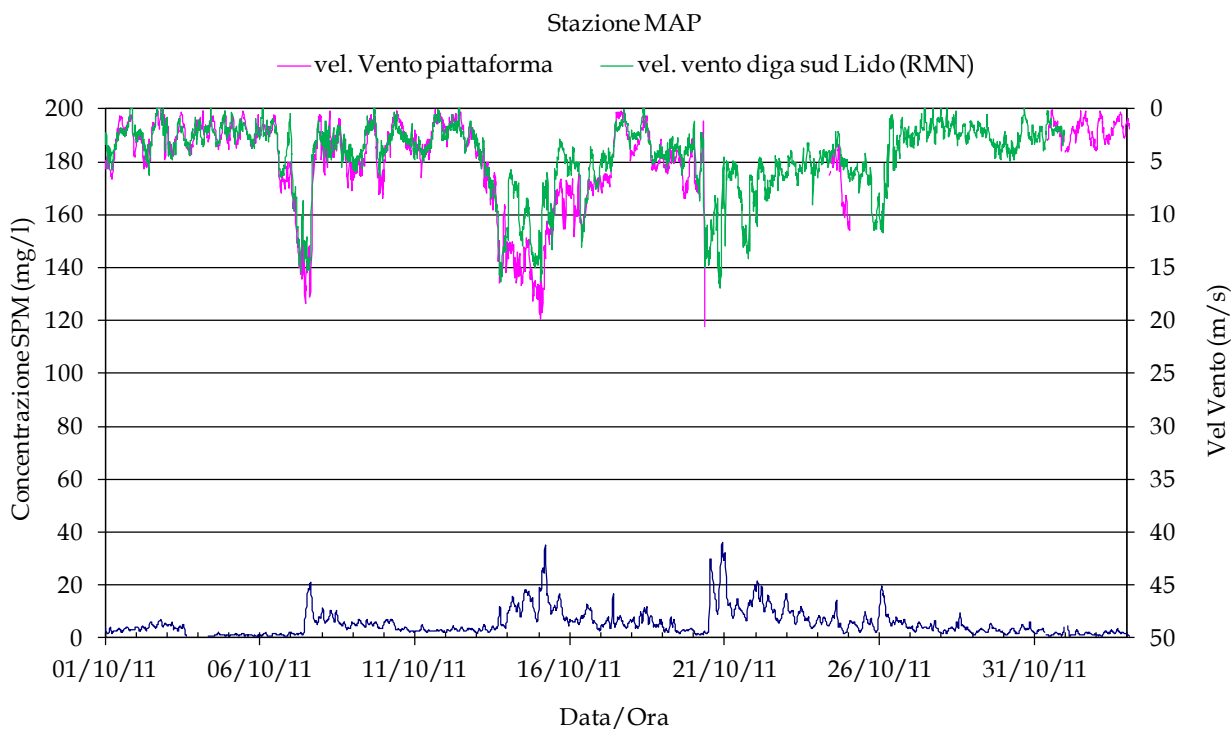


Figura 6.38. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione MAP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel mese di Ottobre 2011.

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

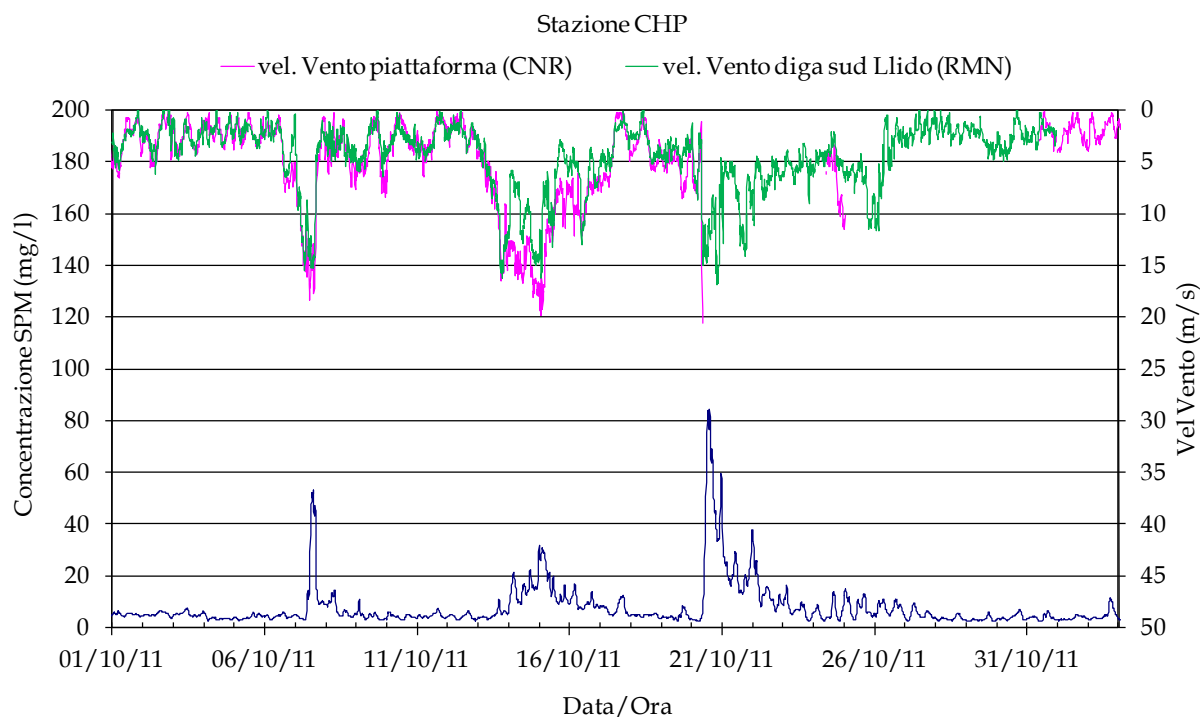


Figura 6.39. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione CHP e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel mese di Ottobre 2011.

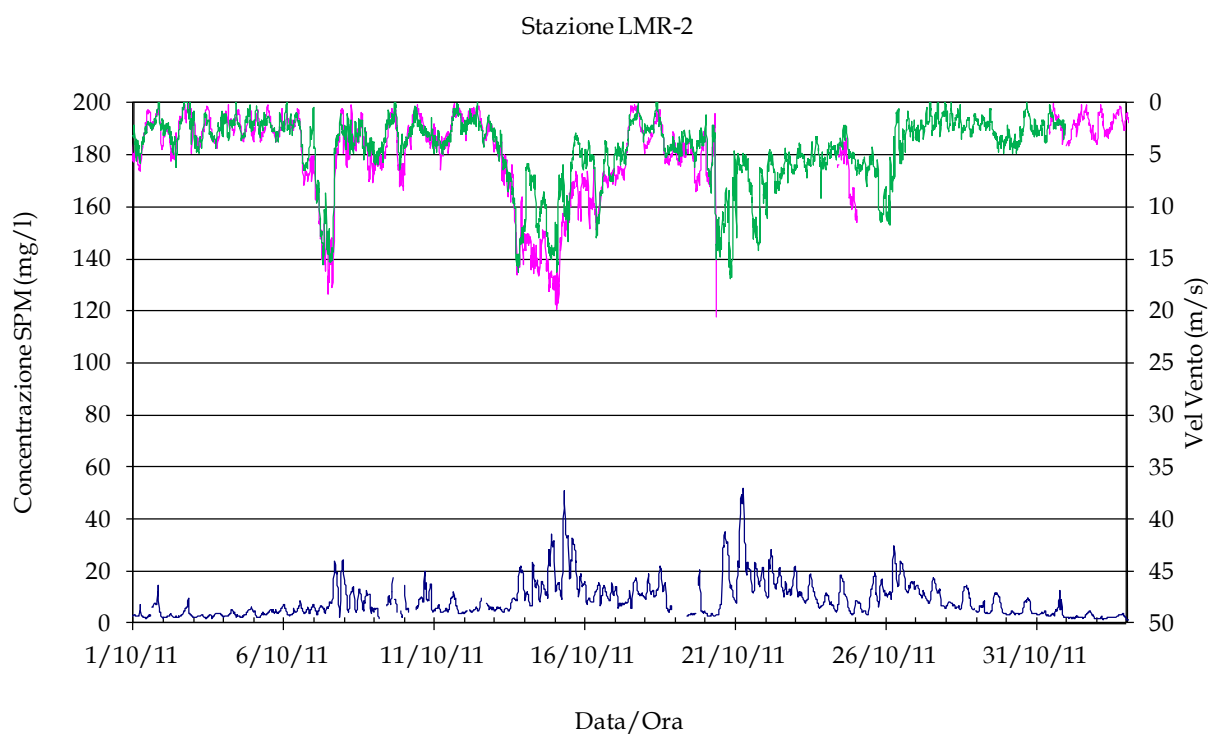


Figura 6.40. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel mese di Ottobre 2011.

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

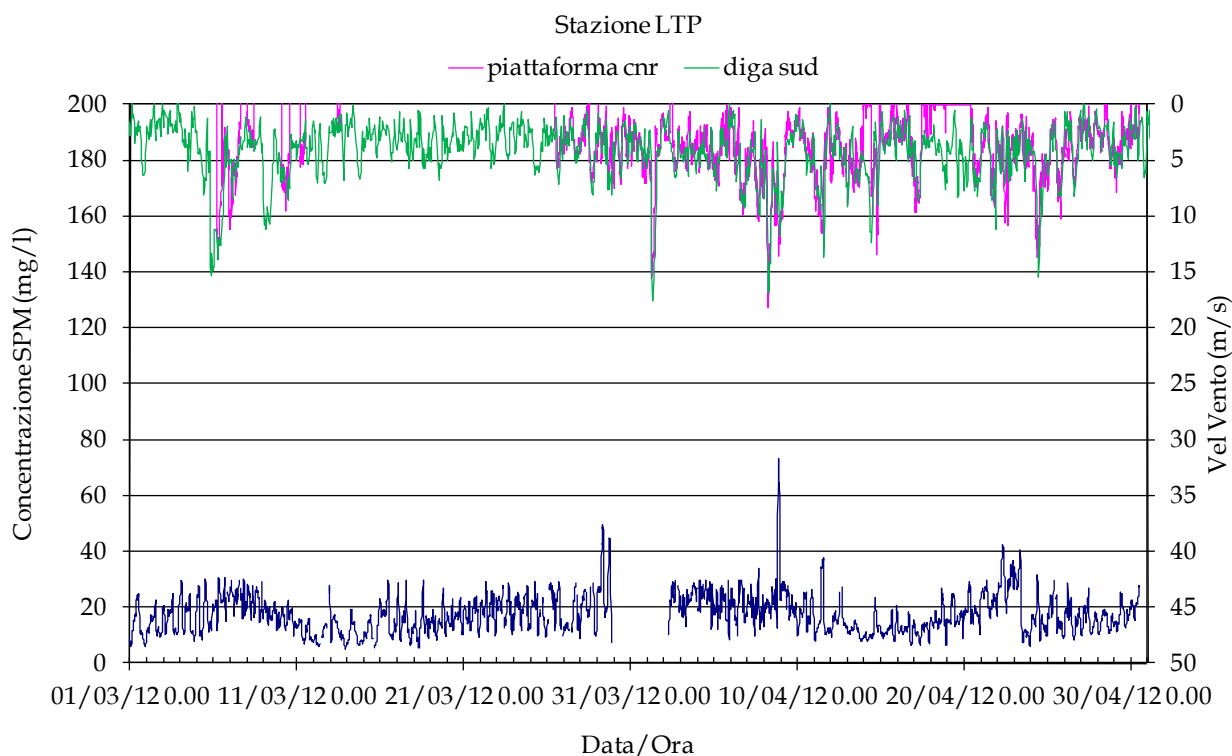


Figura 6.41. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel periodo Marzo-Aprile 2012.

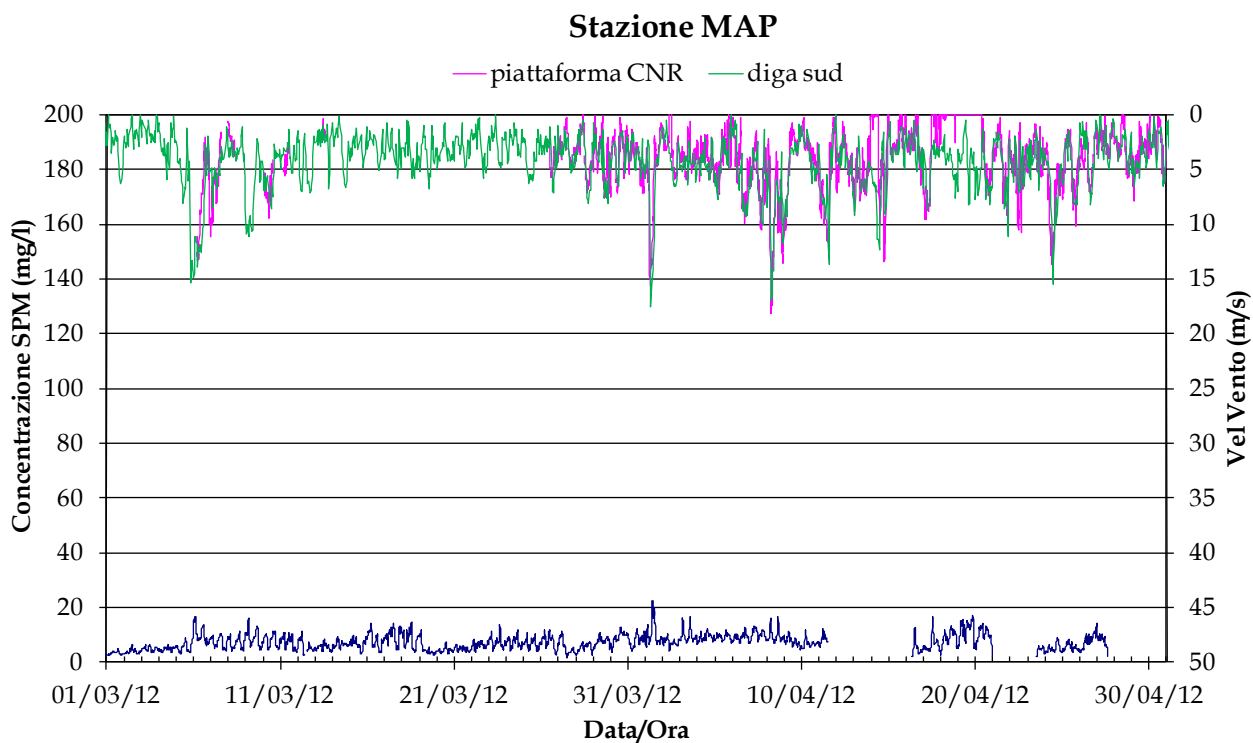


Figura 6.42. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) MAP nel periodo Marzo-Aprile 2012.

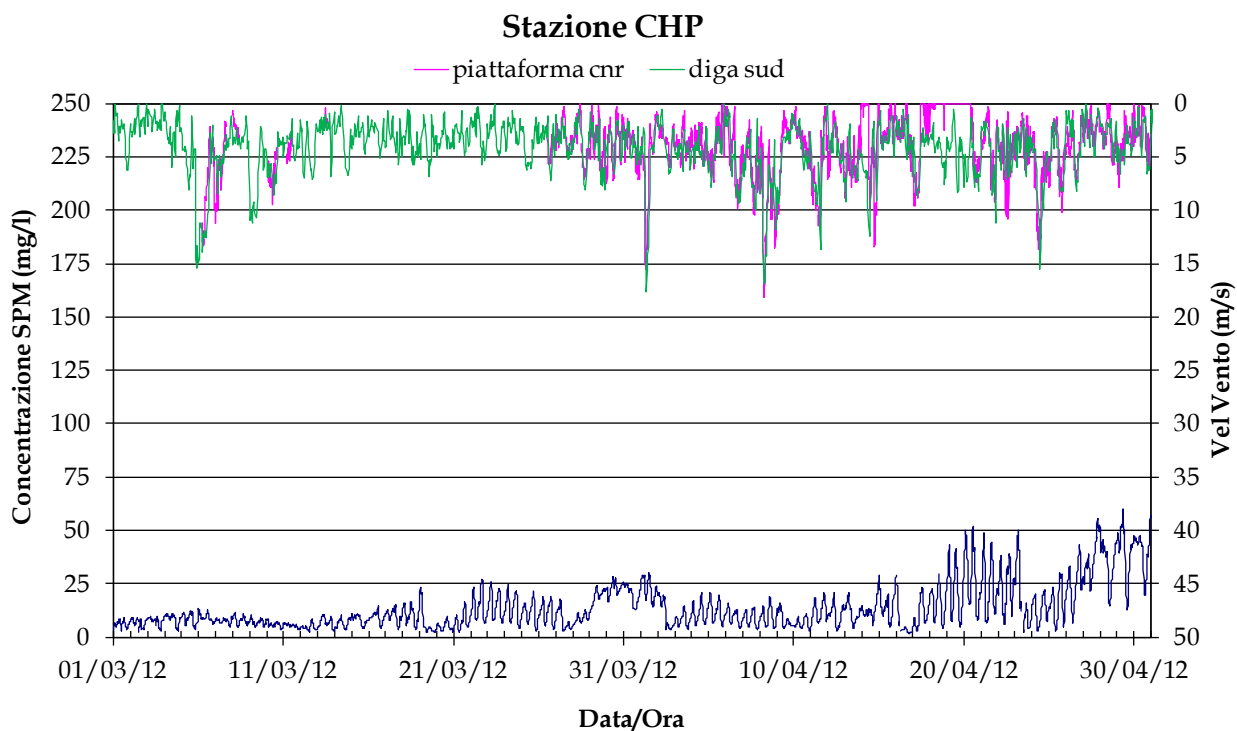


Figura 6.43. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel periodo Marzo-Aprile 2012.

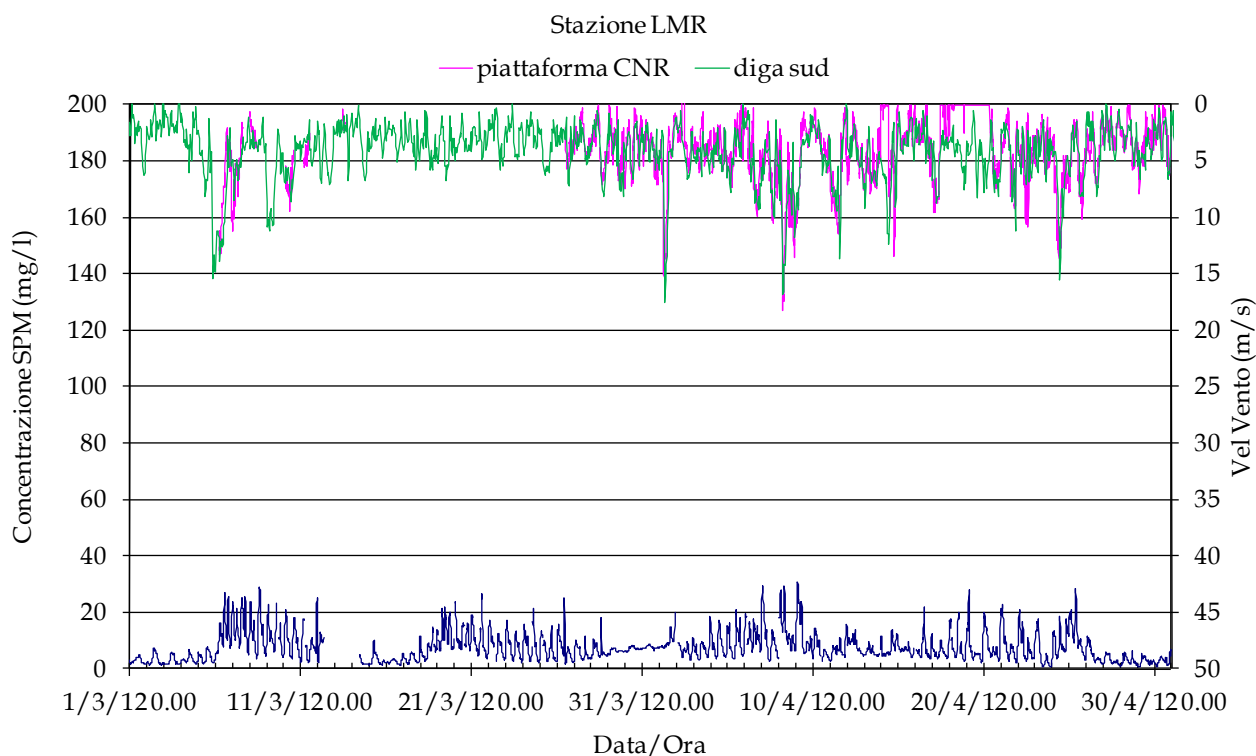


Figura 6.44. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel periodo Marzo-Aprile 2012.

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

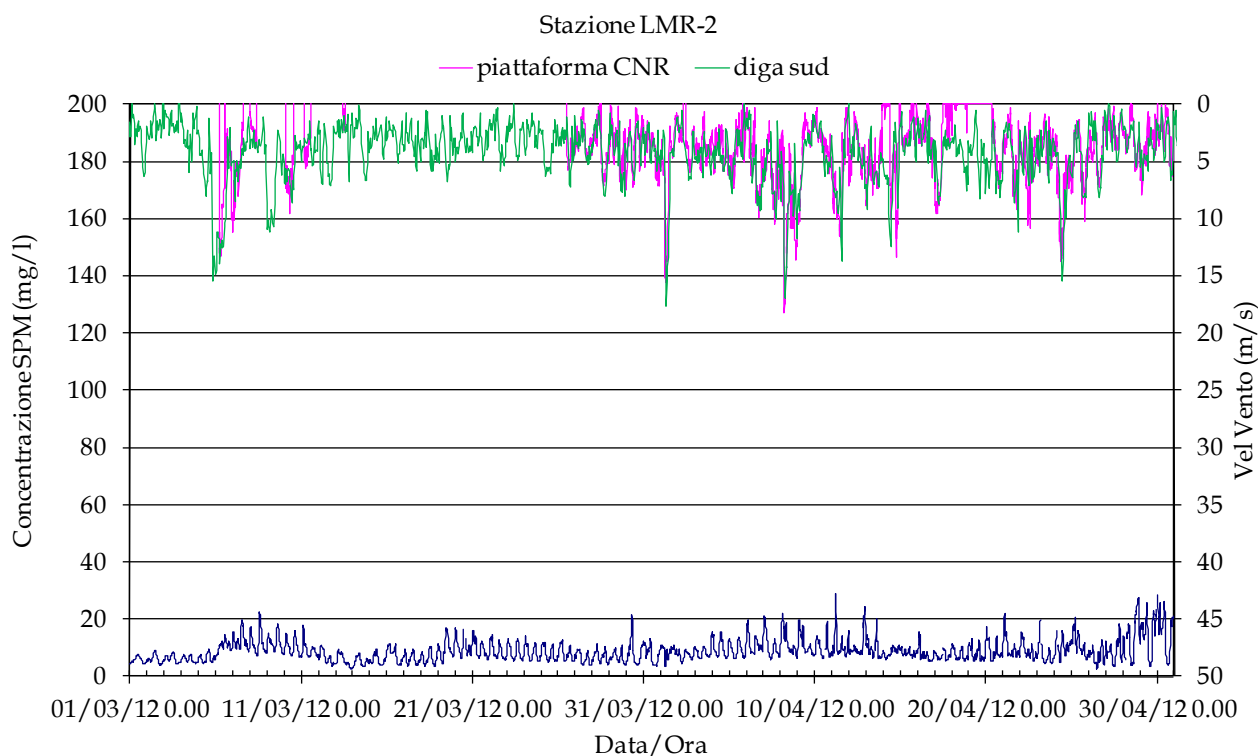


Figura 6.45. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel periodo Marzo-Aprile 2012.

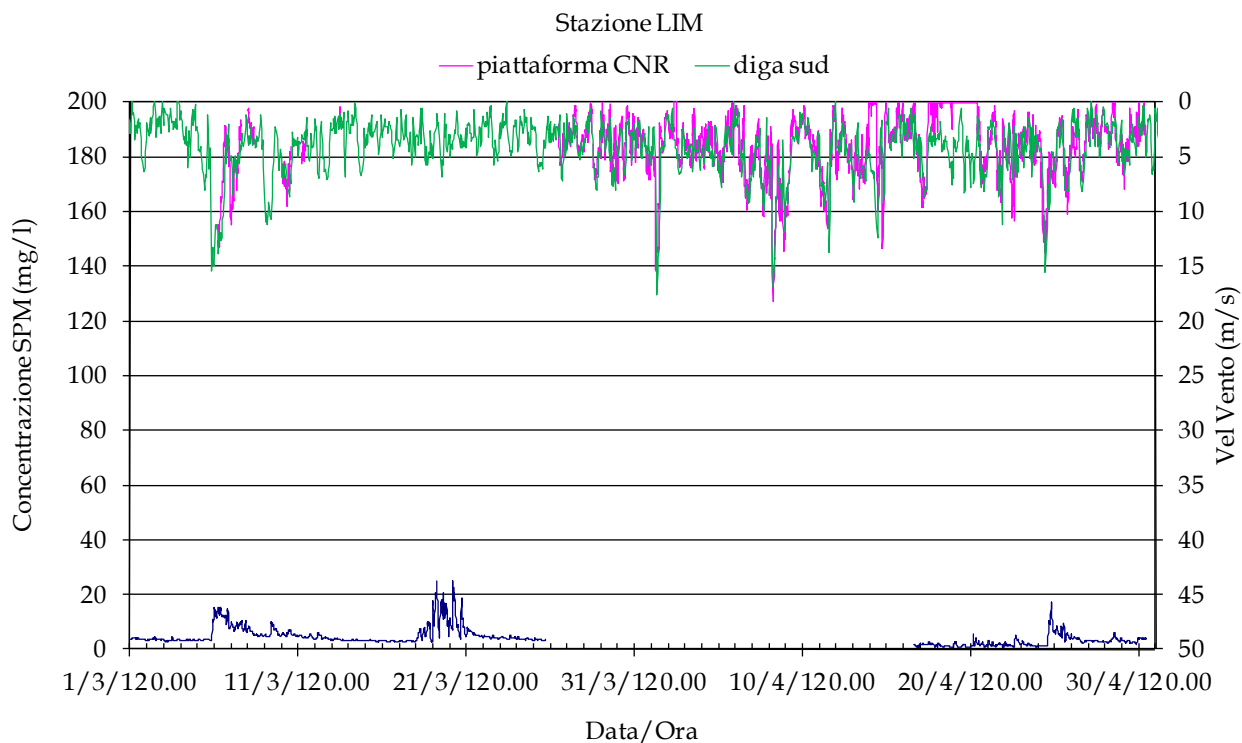


Figura 6.46. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel periodo Marzo-Aprile 2012.

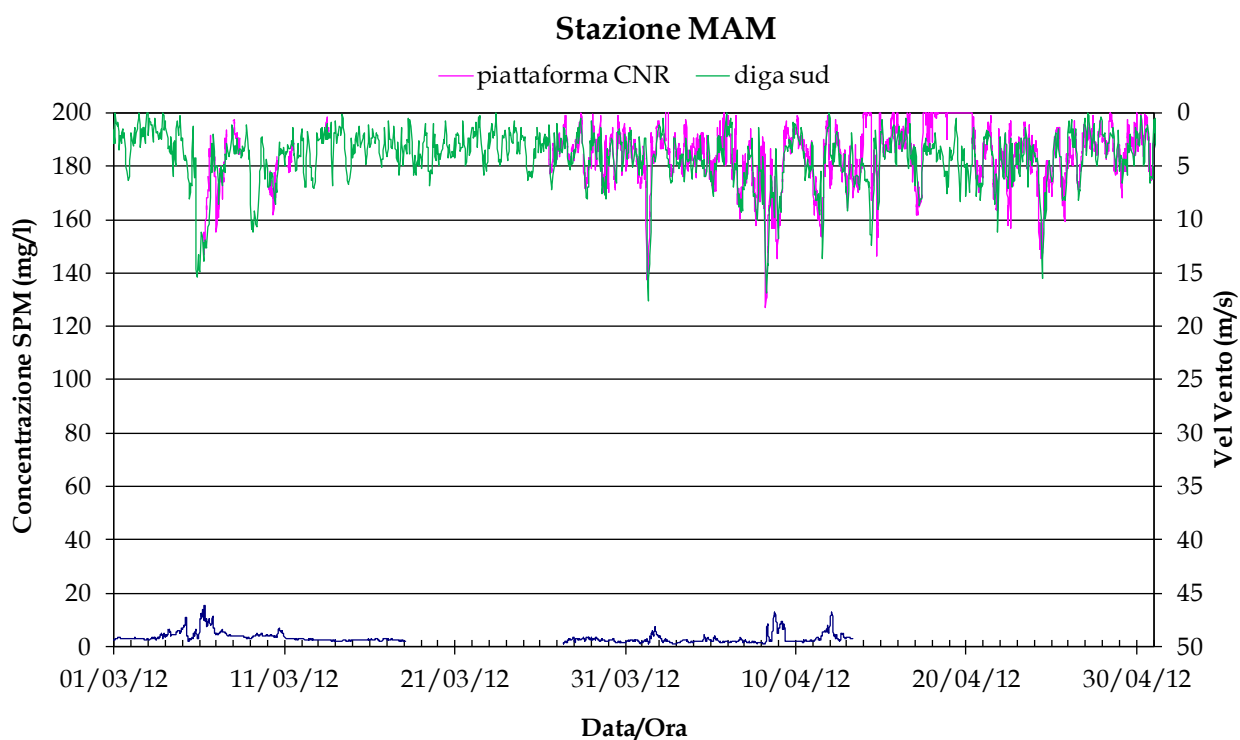


Figura 6.47. Serie temporale della concentrazione di SPM alla stazione LMR-2 e della velocità del vento misurata alla piattaforma (linea rosa) e alla diga sud Lido (linea verde) nel periodo Marzo-Aprile 2012.

Sulle serie temporali convertite in mg/l è stata svolta un'elaborazione statistica i cui risultati sono riportati nella Tabella 6.4.

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

Tabella 6.4. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nelle stazioni di misura della torbidità nel periodo Maggio 2011-Aprile 2012. N_{tot} è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono in mg/l.

	<i>Stazioni in laguna</i>			<i>Stazioni in bocca</i>		<i>Stazioni a mare</i>	
PARAMETRI	LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
Ntot	23246	31452	33672	26692	23097	25761	24966
Media	18.7	7.2	8.8	12.4	12.1	15.2	30.6
Dev. Std.	30.3	11.1	11.1	34.4	22.7	30.5	80.4
Max.	661.8	153.4	130.4	462.0	284.2	293.0	746.0
Min.	0.6	0.3	1.13	0.7	0.5	0.4	0.3
25° percentile	8.1	3.2	4.13	3.5	4.0	3.4	2.3
50° percentile	12.0	4.8	5.75	5.1	6.9	5.1	3.9
75° percentile	18.3	6.9	8.32	8.0	11.0	12.1	8.9
95° percentile	50.7	17.7	27.54	35.3	37.8	70.1	208.6
Media interquartile	13.2	5.1	6.2	5.7	7.5	7.8	5.6

Valori medi, massimi e minimi di torbidità

Per quanto riguarda le medie semplici, si hanno valori più bassi e tra loro simili nelle due stazioni all'interno delle bocche di porto (CHP 8.8 mg/l e MAP 7.2 mg/l); , più elevato per MAM (30.6 mg/l) e intermedi e confrontabili tra loro per LMR (12.4 mg/l) , LMR -2 (12.1 mg/l), LIM (15.2 mg/l) e LTP (18.7 mg/l).

La deviazione standard per tutte le stazioni assume valori superiori alla media. Essendo il rapporto deviazione standard/media maggiore dell'unità, questo implica una notevole dispersione dei dati.

Pertanto come indicatore è utile utilizzare la media interquartile (media tra il 25° e il 75° percentile), che rappresenta il valore medio non influenzato dagli outlier cioè dagli eventi estremi. Analizzando tale parametro si nota che si hanno valori più bassi per le stazioni MAM (5.6 mg/l) , MAP (5.1 mg/l), LMR (5.7 mg/l) e CHP (6.2 mg/l), più elevati per LTP (13.2 mg/l) e intermedi e confrontabili tra loro per LMR-2 (7.5 mg/l) e LIM (7.8 mg/l).

Per quanto riguarda i valori di torbidità massimi si hanno per tutte le stazioni durante l'evento meteo intenso di Febbraio 2012 e in particolare : il giorno 11 Febbraio nella stazione MAM (746.0 mg/l), LTP (661.8), LMR-2 (284.2), il giorno 10 Febbraio nella stazione CHP (130.4), il giorno 4 Febbraio nelle stazioni LMR (462.0 mg/l) e MAP (153.3) e il giorno 1 Febbraio nella stazione LIM (293.0 mg/l). Si nota come, pur trattandosi del medesimo evento meteomarinico, il picco di torbidità non è sincrono nelle diverse stazioni: diversi fattori quali la circolazione mareale e la direzione del vento si combinano determinando sfasamenti nel raggiungimento dei massimi. Le

differenze fra i valori massimi nelle diverse stazioni non si mantengono costanti, ma proprio per gli stessi fattori possono cambiare nie diversi eventi.

I periodi di mare calmo e debole corrente di marea possono essere caratterizzati da acque eccezionalmente limpide; infatti i valori minimi di torbidità scendono fino a 0.3 mg/l nella bocca di Malamocco e variano tra 0.4 e 0.7 nella bocca di Lido; mentre leggermente superiore è il minimo alla stazione CHP (1.13 mg/l).

Un esempio di condizioni imperturbate di questo tipo si può vedere nella Figura 6.48 in cui è visibile la struttura della piattaforma CNR-ISMAR: sono evidenti le condizioni di eccezionale trasparenza dell'acqua che rende visibile la struttura fino al fondale, e cioè 16 metri di profondità.

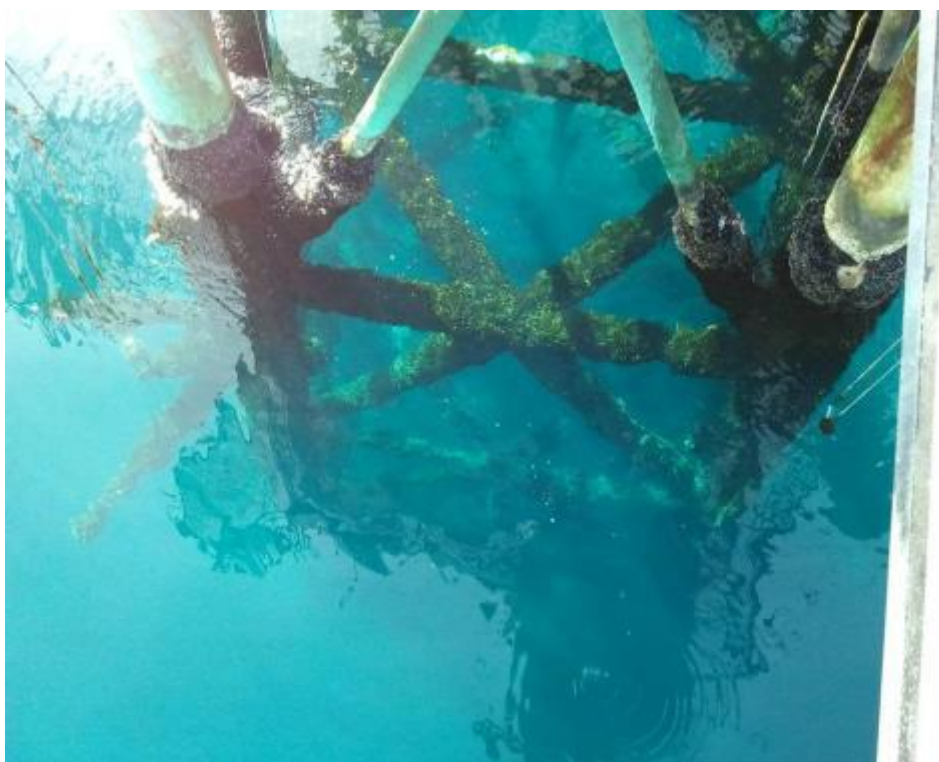


Figura 6.48. Piattaforma CNR

Percentili

Per quanto riguarda i valori del 25° percentile, che rappresentano con una buona approssimazione le condizioni ordinarie in assenza di perturbazioni (trascurabile moto ondoso e velocità della corrente di marea inferiore a qualche cm/s), le stazioni presentano valori bassi abbastanza simili tra loro variabili tra 2.3 mg/l e 4.13 mg/l. Si differenzia LTP con 8.1 mg/l.

Per il 50° percentile, che rappresenta le condizioni più probabili, si ha un valore più basso per la stazione MAM (3.9 mg/l) mentre per le altre stazioni si hanno valori leggermente più elevati e simili tra loro (5.75 mg/l per CHP e 4.8 mg/l per MAP, 5.1 mg/l per LMR e LIM, 6.9 mg/l per LMR-2 e mentre è più elevato per LTP (12.0 mg/l).

Anche per 75% percentile si ha un valore massimo in LTP (18.3 mg/l), dei valori intermedi per LMR-2 (11.0 mg/l) e LIM (12.1 mg/l) e dei valori simili tra loro per CHP (8.32 mg/l), LMR (8.0 mg/l) e MAM (8.9 mg/l). Inferiore è invece MAP con 6.9 mg/l. Tale parametro si può considerare come indice dei valori di torbidità relativamente elevati, dovuti sia al carico organico (particolarmente cospicuo nei mesi estivi, specialmente nelle stazioni più interne), sia ad eventi meteomarinari di moderata intensità.

Al contrario, la distribuzione del 95° percentile è rappresentativa dei valori estremi legati al verificarsi di eventi meteomarinari intensi, che possono provocare un apprezzabile innalzamento della concentrazione del materiale solido sospeso in laguna, ma soprattutto il risollevarsi di sedimenti lungo costa con aumenti del carico rilevabili anche nei giorni successivi all'evento. È ragionevole dunque che il valore del 95° percentile relativo a LTP (50.7 mg/l) sia inferiore al 95° relativo alle stazioni a mare MAM (208.60 mg/l) e LIM (70.1 mg/l). Si hanno poi valori confrontabili per LMR (35.3 mg/l), LMR-2 (37.8 mg/l), CHP (27.54 mg/l), e un valore inferiore per MAP (17.7 mg/l).

Si nota come i valori dei percentili (25°, 50°, 75°) per la stazione LTP siano sempre superiori alle altre. Questo significa che i valori di torbidità naturale di questa stazione durante quest'anno di monitoraggio sono risultati particolarmente elevati, probabilmente a causa della sua posizione. Questo è confermato anche dalla media (semplice e interquartile) superiore alle altre stazioni.

Si nota inoltre come tutte le stazioni abbiano i valori massimi e i valori del 95° percentile molto elevati a causa dell'evento meteo particolarmente intenso che ha interessato la fine del mese di Gennaio e quasi tutto il mese di Febbraio.

6.4 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità

Nella Tabella 6.5 si riportano, per il quadrimestre considerato, gli eventi meteo (orari, velocità del vento, direzione media del vento) durante i quali la velocità del vento, misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR e alla stazione posta presso la diga sud della bocca di Lido (per il mese di Ottobre e Marzo) ha superato i 10 m/s e il valore massimo della concentrazione di solidi sospesi in tutte le stazioni durante ciascun evento.

Nei precedenti Studi (Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto, Studio B.6.72 B/1, Settembre 2005; Linee guida misure speditive, Studio B.6.72 B/1, Dicembre 2006; Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/1, Dicembre 2006) si è stabilito, per le attività di cantiere, il valore di soglia della concentrazione del materiale solido sospeso pari a 30 mg/l, confermato anche dalle recenti elaborazioni riportate nel Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/6, Luglio 2011.

Tale valore di soglia, come è ovvio, può venire superato anche per eventi naturali, segnatamente (ma non esclusivamente) in corrispondenza a forte vento. Questi ultimi eventi (definiti da una velocità superiore a 10 m/s) sono elencati nella Tabella 6.5, nella quale vengono anche evidenziati in rosso i valori di concentrazione che superano il valore soglia di 30 mg/l.

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

Tabella 6.5. Eventi meteo significativi (velocità del vento superiori a 10 m/s) registrati nel periodo Gennaio-Aprile 2012 . Si evidenziano in rosso i superamenti della soglia di 30 mg/l.

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)						
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
3-4 Maggio	22.15-9.00	8.7-16	55° bora		26.97	34.72	25.43	40.71	34.1	
	22.15-23.30	9.0-10.8	59° bora		9.42	6.21	7.24	13.06	26.8	
8-9 Maggio	16.45-5.15	10.1-22.9	67° bora			40.88	36.38	41.19	49.4	
15 Maggio	8.00-16.30	14.4-20.8	340°-17° tramontana			74.59	20.02	26.00	13.7	
	16.30-21.15	9.3-16.5	54° bora			21.18	21.28	26.38	12.7	
27 Maggio	14.15-15.45	9.6-12.1	180° mezzogiorno			4.49	3.64		9.1	
	20.45-23.15	9.0-13.1	195° mezzogiorno			7.61	8.62		12.1	
28 Maggio	8.15-10.00	10.3-13.3	7°-30° tramontana e bora			8.41	3.77		15.7	
	22.15-24.00	10.4-12.3	57°-68° bora			7.79	7.19		21.5	
2-3 Giugno	22.45-1.15	9.1-12.3	55° bora		11.36	12.64	8.23		5.9	
7 Giugno	13.15-15.15	8.8-11.7	65° bora		5.27		4.41		8.8	
8 Giugno	13.30-13.45	11.5-12.0	180° mezzogiorno		4.81	5.00	5.47		15.1	
18 giugno	15.15-17.45	9.8-12.5	145° scirocco		4.65	7.41	3.43		4.8	4.28
	20.00-20.30	10.0-11.0	199° mezzogiorno		4.57	6.55			4.1	4.37
19 giugno	8.30-13.45	10.2-14.0	42 ° bora		6.30	10.60	19.88		17.1	17.04
24-25 giugno	10.45-16.45	10.1-13.5	39° bora		5.85	8.86	7.50			6.69
	18.45-1.30	8.8-11.3	40° bora		15.35	11.17	5.77			7.95
30 giugno	1.00-1.45	10.8-12.0	313° maestrale		5.43	7.85	8.11		21.1	5.40
1 luglio	20.00-23.00	10.0-13.3	47° bora		6.75	12.85	5.09		10.5	5.20
16 luglio	1.15-2.45	9.5-13.9	15°-30° tramontana-bora		9.20	5.79			5.3	9.69
17 luglio	16.45-21.00	10.0-13.6	150° scirocco		10.70	11.78	14.28		10.2	8.50
18 luglio	13.15-21.55	8.9-13.6	190°-233° mezzogiorno-libeccio		6.44	9.54	12.00		24.6	16.56

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)						
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
19 luglio	19.30-20.45	9.8-13.7	264° ponente		4.65	7.43	4.55		16.4	19.22
22 luglio	21.15-21.45	10.0-11.0	162° mezzogiorno		5.12	6.57	4.02		42.0	50.13
23 luglio	2.00-6.15	8.7-11.9	43° bora		8.72	8.67	3.85		56.5	53.45
	8.30-10.15	9.9-11.2	9° tramontana		7.95	7.20	5.39		66.9	114.89
24 luglio	1.30-16.45	10.4-17.3	340°-13°tramontana		5.69	10.71	21.96		88.2	149.21
30 luglio	21.30-22.30	10.2-13.6	75° levante		5.11	6.83	4.06		74.9	223.80
			229° libeccio							
			9° tramontana							
			31° bora							
9 agosto	2.00-11.15	10.0-19.9	43° bora	27.07	12.55	18.33	15.57		7.7	41.53
	23.00-23.30	10.2-11	37° bora	22.04	10.58	7.41	13.84		5.4	20.13
27 agosto	11.30-13.45	10.1-12.6	158° mezzogiorno	11.02	7.07	9.85			7.2	6.67
28 agosto	3.00-11.15	9.9-15.6	42° bora	38.02	6.23	11.76	11.24		10.2	8.78
6 settembre	3:15-8:45	10.1-13.8	48° bora	4.17	10.17	7.07	\	\	12.7	
18 settembre	12:45-13:45	10.2-10.6	144° scirocco	3.10	4.50	3.87	\	\	17.96	3.10
	14:00-15:30	9.0-11.9	216° libeccio	3.58	4.31	3.73			18.33	3.61
19 settembre	2:30-6:30	8.8-13.6	182 ° mezzogiorno	3.37	9.27	\	\	\	14.44	3.65
	16:30-22:45	10.1-14.3	27 ° bora	3.23	9.24	\	\	\	13.94	2.43
20 settembre	0:00-4:15	9.3-15.3	28 ° bora	1.87	6.74	\	\	\	13.90	7.99
28 settembre	18:15-23:45	8.7-13.2	60° bora	15.40	2.57	8.30	\	8.21	4.73	2.65
29 settembre	19:00-22:00	8.9-11.2	71° bora	14.22	2.83	6.78	\	12.98	4.25	2.81

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)						
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
7 ottobre	4:00-8:30	10.8-15.6	182° mezzogiorno	8.43	2.03	3.61	\	6.63	3.91	4.81
	8:45-9:30	14.7-16.1	320° maestrale	9.20	1.47	12.94	\	4.46	3.71	4.81
	9:45-16:30	10.1-18.4	45° bora	17.90	21.04	52.98	\	23.72	29.93	25.24
13-15 ottobre	15:30-12:15	9.0-19.8	54° bora	89.89	35.28	31.79	\	50.91	27.03*	\
15 ottobre	19:00-21:00	8.5-11.4	44° bora	32.70	8.03	16.46	\	18.76	\	\
16 ottobre	3:15-6:15	9.2-12.1	51° bora	26.38	7.33	16.73	\	9.75	\	\
	7:30-11:30	10-12.2	52° bora	40.26	8.83	8.17	\	15.46	\	\
20 ottobre	8:10-11:40	10.6-15.0	14° tramontana	\	2.82	62.26	\	6.48	\	\
	11:40-15:40	10.5-14.8	30° bora	\	30.01	84.37	\	34.91	\	\
	17:40-21:50	8.4-16.9	51° bora	\	34.11	48.30	\	30.29	\	\
21 ottobre	00:15-1:00	10.3-12.9	51° bora	\	32.21	38.56	\	8.80	\	\
	13:45-19:15	10.1-14.2	52° bora	\	13.25	20.56	\	23.56	\	\
22 ottobre	00:40-1:10	10.3-11.1	38 ° bora	\	21.52	33.30	\	10.33	\	\
24 ottobre	21:00-21:15	10.0-10.3	29° bora	12.84	1.71	3.22	\	3.20	\	\
24-25 ottobre	23:30-00:15	10.6-11.3	23° bora	20.48	5.09	12.17	\	8.53	\	\
25 ottobre	18:30-22:00	10.2-11.5	133 ° scirocco	49.75	5.21	6.09	\	17.00	\	\
26 ottobre	00:10-3:10	8.9-11.7	129° scirocco	34.24	19.54	14.40	\	12.02	\	\
5 novembre	6:30-6:45	10.1-10.2	128° scirocco	7.67	4.83	5.31	\	7.27	\	20.25
5-6 novembre	21:15-3:45	9.2-12.1	79° levante	9.81	8.44	9.61	\	33.05	\	70.89
6 novembre	3:45-15:45	7.3-15.2	55° bora	29.12	10.85	24.93	\	29.73	\	89.69
	17:45	11.2	126° scirocco	7.87	2.38	5.80	\	40.29	\	32.45
	19:00-21:15	9.9-14	46° bora	9.66	5.67	26.12	\	23.84	\	17.64
7 novembre	4:45	10.3	60° bora	19.74	6.71	6.46	\	21.70	\	28.17
	6:15-9:15	9.1-11.3	78° levante	18.80	9.47	7.37	\	14.28	\	16.97
11 novembre	2:15-3:00	10.2-11.8	52° bora	1.88	2.83	5.17	\	4.50	\	3.12
	17:15-20:30	9.8-11.6	43° bora	8.99	4.14	6.19	\	7.62	\	6.21
11-12 novembre	23:00-4:15	9.6-10.8	40° bora	5.74	4.43	8.11	\	5.19	\	8.11
12 novembre	9:00	11.4	44° bora	6.04	2.36	4.48	\	6.41	\	5.55

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)						
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
	10:45	11.0	44° bora	3.36	2.20	4.41	\	5.87	\	4.40
	11:45	10.4	41° bora	2.40	3.41	6.00	\	5.75	\	9.05
	12:15	11.0	45° bora	3.29	3.61	6.65	\	7.18	\	10.31
	14:30	10.3	45° bora	5.23	7.20	6.57	\	10.21	\	9.27
	17:00-17:45	10.9-12.5	49° bora	5.00	3.73	5.71	\	10.43	\	4.66
23 novembre	17:30-23:45	9.8-13.0	40° bora	28.48	3.62	12.86	7.30	7.18	5.15	12.29
24 novembre	12:45-13:15	10.1-10.3	33° bora	14.71	4.89	6.21	12.54	9.80	8.72	6.60
	17:00-17:45	10.0-10.5	35° bora	14.23	2.98	8.12	6.14	5.10	7.62	5.12
6 dicembre	00:45-3:15	10.6-15	71° levante	10.7	1.49	2.39	7.28	5.97	3.42	5.21
15 dicembre	18:30-20:30	9.4-11.5	260° ponente	25.82	5.35	3.46	5.24	5.30	6.66	2.55
16 dicembre-17 dicembre	22:45-5:00	10.3-14.9	264° ponente	17.58	13.02	40.76	7.13	6.30	20.20	1.57
17 dicembre	7:30	12.9	81° levante	10.17	10.79	14.67	5.83	5.67	9.28	3.80
18 dicembre	13:15	10.7	139° scirocco	9.23	3.82	13.16	3.71	2.86	3.54	0.58
	15:00	10.4	63° bora	7.16	8.03	5.68	3.67	3.11	6.67	1.16
	21:30	10.5	32° bora	7.62	10.5	6.36	3.55	10.5	16.61	2.16
19 dicembre	6:00	10.4	54° bora	10.83	3.52	16.61	6.28	6.21	10.66	3.04
	7:45-8:30	10.1-10.8	43° bora	9.40	7.90	38.29	9.76	8.92	21.40	8.54
3 Gennaio	3:45-11:30	8.5-13.3	46° bora	8.94	6.58	14.27	4.60	5.30	12.93	11.64
5 Gennaio	19:00-19:30	10.5-13.1	14° bora	15.26	8.62	2.85	4.60	5.01	3.54	3.69
6 Gennaio	9:00-10:30	9.2-11.5	302° maestrale	8.81	6.74	4.33	5.90	5.89	3.92	2.47
29-30 Gennaio	12:30-12:30	9.1-15.4	56° bora	52.72	31.39	37.66	127.00	62.08	54.54	64.79
30 Gennaio	17:00-21:30	9.9-12.5	57° bora	27.73	20.17	14.04	144.5	79.95	51.30	151.32
31 Gennaio	2:30-9:00	9.5-12.8	54° bora	48.54	16.16	17.75	57.60	44.32	41.15	454.63
	16:30	10.9	59° bora	28.76	16.49	7.33	38.80	29.33	32.01	42.03
31 Gennaio - 5 Febbraio	20:45-7:15	9.0-24.4	55 ° bora	535.70	153.36	128.86	462.00	224.09	293.01	682.47
5 Febbraio	11:45	10.0	36° bora	124.83	47.31	14.15	167.10	125.99	41.39	75.70

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)						
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
5-6 Febbraio	18:00-1:15	9.1-12.2	54° bora	246.93	57.24	38.23	36.59	56.22	51.41	201.79
6 Febbraio	3:30-7:15	9.3-11.4	30° bora	130.87	39.24	25.51	40.30	11.40	25.71	26.98
6 -8 Febbraio	9:30-22:15	9.4-25.2	60° bora	451.87	134.05	119.48	357.6	257.60	272.31	629.97
9 Febbraio	1:15-2:45	9.8-10.4	32° bora	71.84	55.85	40.51	155.0	69.36	33.96	285.09
	17:45-19:15	10.3-13.1	64° bora	55.18	34.76	10.79	78.60	41.10	17.54	32.22
9-12 Febbraio	20:15-22:15	10.3-23.6	57° bora	661.84	128.79	130.40	400.56	284.17	283.87	745.97
12 Febbraio	23:00-23:15	10.1-10.3	57° bora	313.31	62.00	60.70	147.04	10.30	75.59	256.83
20 Febbraio	3:45-20:00	10.0-16.9	55° bora	167.84	33.35	83.35	110.38	73.76	\	220.86
	21:45	10.4	54° bora	110.52	29.85	19.91	65.75	53.33	\	27.98
	22:30	10.2	54° bora	74.76	29.99	22.29	55.54	44.52	\	25.81
5-6 Marzo	20:00-13:00	10.4-15.4	85° levante	30.58	16.65	15.4	26.83	14.63	15.44	15.62
6-7 Marzo	23:00-1:30	9.4-11.2	71° levante	29.42	8.16	8.92	23.87	15.72	10.16	4.77
9 Marzo	1:00-10:00	9.2-11.2	97° levante	22.55	16.03	10.47	22.91	15.10	9.86	4.72
1 Aprile	5:45-8:00	10.5-15.6	68° bora	\	9.02	26.40	8.39	7.68	\	3.09
	8:15-10:15	10.7-13.7	73 ° levante	\	22.52	26.59	8.73	9.59	\	2.29
7 Aprile	15:15-15:30	9.7-10.5	182° mezzogiorno	28.29	10.11	13.37	13.75	12.03	\	1.65
	16:00-16:15	10.4-10.5	182° mezzogiorno	33.75	9.58	13.91	10.81	12.92	\	1.41
8 Aprile	4:30-5:45	11.7-18.8	56° bora	22.78	15.82	14.70	14.79	17.53	\	1.58
	6:00-8:30	12.5-17.4	94 ° levante	22.19	12.94	10.75	29.54	18.82	\	8.33
	8:45-9:15	11.4-12.7	115 ° scirocco	20.09	8.07	4.61	20.50	16.94	\	7.29
	14:45-15:00	10.0-10.8	59° bora	26.22	15.72	18.27	11.79	9.71	\	4.48
	15:45	10.8	60° bora	19.88	15.64	15.34	10.37	9.12	\	6.20
	16:45	10.5	56 ° bora	27.61	9.79	13.40	7.61	8.17	\	8.37
	17:45	10.8	69° bora	23.52	8.69	10.00	7.04	8.55	\	13.14
	20:00-23:45	10.3-13.6	65° bora	73.40	9.72	11.00	11.75	10.08	\	10.05
9 Aprile	0:15-2:30	9.5-10.5	88° levante	29.11	8.86	14.18	30.70	19.58	\	8.26

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

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)						
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
11 Aprile	10:30-13:45	10.0-11.6	127° scirocco	37.46	\	9.31	9.71	12.00	\	5.55
14 Aprile	18:00-20:00	9.3-13.4	65° bora	15.26	\	15.2	5.57	9.34	\	\
22 Aprile	11:00-11:30	10.0-10.6	163° bora	27.63	\	15.81	3.86	9.61	1.38	\
	14:45	10.8	338° tramontana	29.31	\	30.85	10.22	8.16	2.13	\
24 Aprile	7:00-12:30	10.3-13.7	175° mezzogiorno	31.64	5.2	9.9	18.62	16.19	1.32	\
25 Aprile	18:45	10.2	162° mezzogiorno	13.64	5.8	24.1	6.16	9.64	5.39	\

Dalla Tabella 6.5 si notano alcuni eventi meteo prolungati caratterizzati da un vento di bora con velocità anche fino a 25 m/s intensi che hanno causato una notevole risospensione di sedimenti e il superamento del valore di soglia in tutte le stazioni della rete: 8-9 Maggio 2011, 13-15 Ottobre 2011 (esclusa LIM dove però mancano i dati delle giornate del 15 Ottobre), 20 ottobre 2011, fine Gennaio 2011 e tutto il mese di Febbraio 2012

Per quanto riguarda gli altri eventi di minore intensità, dall'analisi della tabella si vede che le varie stazioni rispondono in maniera diversa, mettendo in evidenza così la variabilità spaziale della torbidità e dei meccanismi che la determinano.

In condizioni generali, i superamenti del valore di soglia pari a 30 mg/l ("Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto", Studio B.6.72 B/1, settembre 2005; "Linee guida misure speditive", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2006; "Rapporto Finale", Studio B.6.72 B/1, dicembre 2006) sono legati a numerose e differenti cause, valide solamente per alcune stazioni e per particolari tipologie e durate di eventi:

- eventi di risospensione riconducibili al vento locale, soprattutto bora, tanto in mare quanto specialmente all'interno della laguna;
- aumento della risospensione e del trasporto litoraneo, e quindi del carico, rilevabile anche nei giorni successivi all'evento scatenante di vento sostenuto, o addirittura in assenza di vento (moto ondoso creato a distanza);
- 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 (porta-container o navi cisterna nella bocca di Malamocco) che sono caratterizzate da un pescaggio elevato (superiore ai 9 m.);
- attività di dragaggio dei canali alle bocche di porto.

Riguardo all'influenza delle attività di dragaggio si può affermare che il pennacchio (*plume*) di materiale risospeso dai mezzi di scavo operanti nelle aree di cantiere non presenta solitamente un'estensione tale da interessare significativamente le stazioni fisse per la registrazione della torbidità.

Poiché l'obiettivo del monitoraggio è 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 è stata comunque effettuata per ogni stazione un'analisi dei superamenti della soglia di 30 mg/l rilevati nel periodo Maggio 2011-Aprile 2012.

Nella Tabella 6.6 si riporta pertanto per ogni stazione il numero totale di superamenti della soglia e si individuano quelli dovuti con certezza alla contemporanea presenza di vento superiore a 10 m/s.

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

Tabella 6.6. Numero di superamenti della soglia di 30 mg/l nel periodo Maggio 2011-Aprile 2012

	<i>Stazioni in laguna</i>			<i>Stazioni in bocca di porto</i>		<i>Stazioni a mare</i>	
STAZIONE	LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
Numero condizioni eccezionali con C>30 mg/l	2015	991	1495	1433	1398	2927	3169
Numero di superamenti CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento locale	1901	991	1026	1433	1398	1262	1361
Numero di superamenti non legati alla contemporanea presenza di forte vento	114	0	469	0	0	1665	1808

Dalla Tabella 6.6 appare evidente che nel periodo Maggio 2011-Aprile 2012 quasi tutti i superamenti sono dovuti alla risospensione determinata da vento-moto ondoso.

stazione LTP

- superamenti durante l'evento meteo del 28 Agosto 2011. Inoltre il 28 Agosto 2011 dalle 11.30 alle 11.45, anche se la velocità del vento è inferiore a 10 m/s, la concentrazione assume valori compresi tra 32.12 e 33.38 risentendo ancora del vento delle ore precedenti;
- superamenti durante gli eventi meteo dei giorni 13-14-15-16-24-25-26 Ottobre 2011. Si hanno inoltre dei superamenti di soglia (da 30 mg/l a 41.50 mg/l) nella giornata dell'8 ottobre 2011: la causa potrebbe essere la presenza di materiale risospeso durante l'evento meteo del giorno precedente. Analogamente si hanno dei superamenti (da 33.3 mg/l a 40.2 mg/l) il giorno 15 ottobre dalle ore 12.30 alle 17.45 e dalle 21.15 alle 23.00 (da 33.5 mg/l a 55.8 mg/l) e il giorno 16 ottobre dalle 12.30 alle 19.00 (da 33.52 mg/l a 91.01 mg/l) sicuramente dovuti alla risospensione causata dal vento delle ore precedenti. .Dalle ore 17.45 del 25 ottobre alle ore 3.00 del 26 ottobre la concentrazione assume valori compresi tra 30.43 mg/l e 49.74 mg/l, sicuramente a causa delle vento meteo del 25-26 ottobre. La concentrazione però resta superiore ai 30 mg/l anche nelle giornate di 26-27-28-30 ottobre fino ad un massimo di 154 mg/l. Anche in questo caso questo comportamento potrebbe essere dovuto agli eventi meteo intensi che hanno interessato buona parte del mese di Ottobre;
- superamenti durante l'evento meteo che ha interessato la fine Gennaio e tutto il mese di Febbraio 2012, e durante gli eventi meteo dei giorni 5-6 Marzo 2012,7-8-11-24Aprile 2012;

stazione MAP

- superamenti durante gli eventi meteo dei giorni 15-20-21Ottobre 2011;
- superamenti durante l'evento meteo che ha interessato la fine Gennaio e tutto il mese di Febbraio 2012;

stazione CHP

- superamenti durante gli eventi meteo del 9-15Maggio 2011;
- superamenti durante gli eventi meteo dei giorni 7-15-20-21-22 Ottobre 2011;
- superamenti durante l' evento meteo dei giorni 16-17 Dicembre 2011;

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

- La concentrazione assume valori compresi tra 32.13 mg/l e 40.28 mg/l dalle 8:45 alle 11:00 del 19 dicembre 2011: in questo intervallo non è presente vento superiore a 10 m/s ma probabilmente è presente un carico di materiale legato ai fenomeni delle ore precedenti;
- superamenti durante l'evento meteo che ha interessato la fine Gennaio e tutto il mese di Febbraio 2012;
- superamenti durante l'evento meteo del giorno 22 Aprile 2012;

stazione LMR

- superamenti durante l'evento meteo del 8-9 Maggio 2011;
- superamenti durante l'evento meteo che ha interessato la fine Gennaio e tutto il mese di Febbraio 2012 e il giorno 9 Aprile in presenza di vento con velocità 10.2 m/s;

stazione LMR-2

- superamenti durante gli eventi meteo del 4-8-9 Maggio 2011. Inoltre dalle ore 23.45 del 15 Maggio 2011 alle ore 3.45 del 16 Maggio 2011 la concentrazione assume valori compresi tra 30.63 mg/l e 34.9 mg/l; in questo intervallo non è presente vento superiore a 10 m/s ma probabilmente è presente una concentrazione di materiale legata ai fenomeni delle ore precedenti;
- superamenti durante gli eventi meteo del 14-15-20-21 Ottobre 2011. Inoltre dalle ore 13.45 alle ore 15.15 del 15 Ottobre 2011 la concentrazione assume valori compresi tra 30.18 mg/l e 32.76 mg/l; dalle ore 16.15 alle ore 16.30 del 5 Novembre 2011 la concentrazione assume valori compresi tra 30.04 mg/l e 30.28 mg/l; dalle ore 16.15 alle ore 17.30 e dalle ore 18.00 alle ore 18.30 del 6 Novembre 2011 la concentrazione assume valori compresi tra 30.26 mg/l e 52.39 mg/l; in questi intervalli non è presente vento superiore a 10 m/s ma probabilmente è presente un carico di materiale legato ai fenomeni delle ore precedenti;
- superamenti durante gli eventi meteo del 5-6 Novembre 2011;
- superamenti durante l'evento meteo che ha interessato la fine Gennaio e tutto il mese di Febbraio 2012;

stazione LIM

- superamenti certamente dovuti al vento durante gli eventi meteo 4-5-8-9 Maggio 2011;
- superamenti durante gli eventi meteo del 22-23-24-30 Luglio 2011;
- superamenti durante l'evento meteo che ha interessato la fine Gennaio e tutto il mese di Febbraio 2012;

stazione MAM

- superamenti durante gli eventi meteo del 22-23-24-30 Luglio 2011;
- superamenti durante gli eventi meteo del 5-6 Novembre 2011;
- superamenti durante l'evento meteo che ha interessato la fine Gennaio e tutto il mese di Febbraio 2012;

In alcune stazioni, come anche evidenziato in Tabella 6.6 sono presenti superamenti che non sono direttamente attribuibili alla contemporanea presenza di forte vento:

- nella stazione LTP è presente una concentrazione elevata in assenza di vento il giorno 29 Marzo: secondo le informazioni relative alle attività di dragaggio, rese disponibili dalla Direzione Lavori, risulta che in quei giorni fossero in corso attività di scavo in corrispondenza del porto rifugio (OP/360-4). E' improbabile però che queste attività possano aver causato un

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

aumento di concentrazione rilevabile nella stazione LTP poiché avvenute in una struttura confinata e con un escursione mareale ridotta pertanto in presenza di basse velocità della corrente;

- nella stazione LTP è presente inoltre una concentrazione elevata in assenza di vento il giorno 22-23 Aprile: secondo le informazioni relative alle attività di dragaggio, rese disponibili dalla Direzione Lavori, risulta che in quei giorni fossero in corso attività di scavo in corrispondenza del porto rifugio (OP/360-4). E' improbabile però che queste attività possano aver causato un aumento di concentrazione rilevabile nella stazione LTP poiché avvenute in una struttura confinata e con un escursione mareale ridotta pertanto in presenza di basse velocità della corrente;
- nella stazione CHP e' presente una concentrazione superiore alla soglia in assenza di vento nei giorni 19-20 21-22-23-26-27-28-29-30 Aprile: secondo le informazioni ricevute dalla Direzione Lavori non risultano attività di dragaggio nel mese di Aprile.
- sia per la stazione LIM che per l'altra stazione a mare MAM si evidenzia un comportamento anomalo dal 21 Luglio 2011 al 10 Agosto 2011, durante il quale si registrano numerosi superamenti del valore soglia. È interessante vedere come l'andamento della concentrazione sia simile in entrambe le stazioni anche se assume valori notevolmente maggiori nella stazione MAM. Si potrebbe ipotizzare che si tratti di un fenomeno naturale quale ad esempio l'eventuale presenza di "mare lungo" o il trasporto lungo costa di materiale sospeso veicolato dai fiumi che sfociano a nord della laguna;
- per la stazione LIM si evidenzia un comportamento anomalo nella prima settimana di settembre e dal 13 al 22 dello stesso mese; durante questi periodi si registrano numerosi superamenti del valore soglia non dovuti ad eventi meteo. Anche in questo caso si potrebbe ipotizzare che si tratti di un fenomeno naturale quale ad esempio l'eventuale presenza di "mare lungo" o il trasporto lungo costa di materiale sospeso veicolato dai fiumi che sfociano a nord della laguna.

A tale proposito si ricorda che è recentemente iniziata una nuova attività prevista dal D.T dello studio B.6.72 B/8 che prevede una valutazione integrata di tutti i dati raccolti nei sette anni di monitoraggio: verranno quindi confrontati i dati raccolti dalla rete di torbidimetri fissi e i dati raccolti durante le campagne di misura con lo scopo di verificare un eventuale presenza di trend temporali e di comprendere la variabilità spaziale. Verrà fatta una valutazione quantitativa della concentrazione in funzione del moto ondoso, rappresentato sia dall'altezza d'onda sia dall'intensità del vento, cercando anche di tenere conto dell'effetto delle correnti di marea. Nel caso in cui fosse possibile reperire i dati relativi ai fiumi sfocianti in nord Adriatico, si verificherà altresì l'esistenza di una eventuale correlazione tra le portate e la torbidità misurata nelle stazioni a mare.

6.5 Attività di scavo nel periodo considerato

Per il periodo corrispondente all'intervallo Maggio2011-Aprile 2012 sono state rese disponibili dalla Direzione Lavori, per ogni opera di dragaggio, alcune informazioni che vengono riportate nella Tabella 6.7 (periodo dell'attività, effettivi giorni di scavo e volumi scavati) relative alle seguenti attività:

Bocca di Malamocco

- OP/415-3B: palancolato del recesso zona spalla nord.
- OP/451-4C: pali di consolidamento in c.a.c. - area spalla nord
- OP/391-3B: spalla nord e sistemazione palanco lato del recesso seconda fase

Bocca di Chioggia

- OP/425-2A: barriera-palancole e contenimento scavi - scavo della trincea prima fase

Bocca di Lido

- OP/424-4: barriera palancole preparazione dei recessi opere civili.
- OP/360-4: porto rifugio seconda fase

Tabella 6.7. Localizzazione attività di dragaggio, denominazione dell'opera, inizio e fine del periodo di scavo, numero effettivo di giornate, e metri cubi di materiale.

	Opera	Periodo	gg scavo	mc
Bocca di Malamocco	OP/415-3B	dal 2/05/11 al 18/05/11	11	9570
	OP/391-3B	4/07/11 e 11/07/11	2	3100
	OP/415-3B	14/09/11 e 21/09/11	2	1200
	OP/415-4C	dal 25/01/12 al 19/04/12	29	40250
Bocca di Chioggia	OP/425-2A	dal 30/08/11 al 02/03/12	38	92600
Bocca di Lido	OP/424-4	dal 9/06/11 al 16/04/12	54	44491
	OP/360-4	dal 12/10/11 e 29/04/12	36	14891

6.6 Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite negli anni di monitoraggio

Nelle Tabella 6.9-Tabella 6.15 si riportano i parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite in ogni stazione di misura nei periodi di monitoraggio (Tabella 5.8):

Tabella 6.8 Periodi di monitoraggio: con la X si indica la presenza della stazione per ogni singolo anno

	B/1 1-4-2005 31-05- 2006	B/2 1-6-2006 30-04-2007	B/3 1-5-2007 30- 04-2008	B/4 1-5-2008 30- 04-2009	B/5 1-5-2009 30-04- 2010	B/6 1-5-2010 30-04- 2011	B/7 1-5-2011 30-04- 2012
STAZIONI LAGUNARI							
LTP	X	X	X	X			X
MAP	X	X	X	X	X	X	X
CHP	X	X	X	X	X	X	X
STAZIONI IN BOCCA DI PORTO							
LMR	X	X	X	X			X
LMR-2		X	X	X			X
STAZIONI A MARE							
LIM	X	X	X	X			X
MAM	X		X	X	X	X	X

Per ciascuna stazione l'analisi è stata svolta per la serie relativa al periodo complessivo delle misure di torbidità degli Studi B/1-B/7, ma anche considerando le serie temporali relative ai singoli anni di misura B/1, B/2, B/3, B/4, B/5, B/6, B/7. I risultati sono presentati in forma tabellare.

Tabella 6.9. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nella stazione di misura della torbidità LTP in tutto il periodo di monitoraggio (B/1-B/7), e nei singoli anni. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

LTP	B/1-B/7	B/1	B/2	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
NUM DATI	136737	24722	29586	31748	27435	NaN	NaN	23246
MEDIA	16.8	17.9	13.4	13.8	21.1	NaN	NaN	18.7
SQM	19.6	14.9	8.7	13.2	24.5	NaN	NaN	30.3
SQM/MEDIA	1.2	0.8	0.6	1.0	1.2	NaN	NaN	1.6
MAX	661.8	186.1	193.1	301.7	502.6	NaN	NaN	661.8
MIN	0.6	2.3	1.6	2.4	1.1	NaN	NaN	0.6
10°percentile	6.6	7.6	6.4	6.2	8.7	NaN	NaN	5.5
25°percentile	9.1	10.2	8.5	8.0	11.3	NaN	NaN	8.1
50°percentile	12.7	14.2	11.7	11.1	15.2	NaN	NaN	12.0
75°percentile	18.0	20.1	15.8	15.5	22.0	NaN	NaN	18.3
90°percentile	26.6	29.4	21.6	21.2	34.1	NaN	NaN	28.0
95°percentile	37.4	41.6	27.0	28.2	51.4	NaN	NaN	50.7
Media interquartile	13.5	15.2	12.2	11.8	16.7	NaN	NaN	13.2

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

Tabella 6.10. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nella stazione di misura della torbidità MAP in tutto il periodo di monitoraggio (B/1-B/7), e nei singoli anni. Le concentrazioni sono in mg/l. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

MAP	B/1-B/7	B/1	B/2	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
NUM DATI	212718	24968	31092	33311	25920	33366	32609	31452
MEDIA	10.0	9.0	6.7	11.9	16.2	10.6	9.3	7.2
SQM	11.6	6.7	5.4	12.1	17.4	13.5	7.6	11.1
SQM/MEDIA	1.2	0.7	0.8	1.0	1.1	1.3	0.8	1.6
MAX	299.9	91.1	107.3	158.9	230.7	299.9	141.6	153.4
MIN	0.3	2.0	1.1	0.3	0.7	1.3	1.8	0.3
10°percentile	3.7	4.5	3.3	3.7	6.7	4.7	4.2	2.0
25°percentile	5.1	5.5	4.2	6.2	8.8	5.7	5.5	3.2
50°percentile	7.3	7.0	5.5	9.3	12.1	7.5	7.5	4.8
75°percentile	11.0	9.8	7.5	13.2	17.3	10.7	10.7	6.9
90°percentile	17.1	15.3	10.3	20.3	25.8	17.2	14.6	10.6
95°percentile	24.1	21.3	13.8	28.7	38.2	24.9	18.8	17.7
Media interquartile	8.1	7.7	5.8	9.7	13.0	8.2	8.1	5.1

Tabella 6.11. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nella stazione di misura della torbidità CHP in tutto il periodo di monitoraggio (B/1-B/7) e nei singoli anni. Le concentrazioni sono in mg/l. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

CHP	B/1-B/7	B/1	B/2	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
NUM DATI	210401	22510	25395	32524	33120	32205	30975	33672
MEDIA	9.1	10.9	6.6	6.9	10.7	10.3	9.5	8.8
SQM	12.5	11.6	10.4	8.9	17.0	13.1	12.4	11.1
SQM/MEDIA	1.4	1.1	1.6	1.3	1.6	1.3	1.3	1.3
MAX	309.0	194.2	221.2	169.8	309.0	215.6	206.9	130.4
MIN	0.3	0.5	1.0	0.3	0.3	1.5	1.1	1.1
10°percentile	3.0	4.0	2.4	2.8	3.0	3.5	3.3	2.9
25°percentile	4.1	5.2	3.3	3.5	4.2	4.9	4.4	4.1
50°percentile	5.8	7.1	4.6	4.7	6.1	7.0	6.3	5.8
75°percentile	9.0	11.1	6.4	6.8	10.1	10.8	9.7	8.3
90°percentile	16.4	21.0	9.7	11.3	20.2	18.5	16.1	16.2
95°percentile	25.5	33.2	15.5	16.5	32.4	26.0	25.0	27.5
Media interquartile	6.6	8.1	4.8	5.2	7.2	7.9	7.0	6.2

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

Tabella 6.12. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nella stazione di misura della torbidità LMR in tutto il periodo di monitoraggio (B/1-B/7), e nei singoli anni. Le concentrazioni sono in mg/l. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

LMR	B/1-B/7	B/1	B/2	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
NUM DATI	155665	35429	27700	32505	33339	NaN	NaN	26692
MEDIA	8.9	8.5	6.9	7.5	9.5	NaN	NaN	12.4
SQM	17.7	15.5	6.7	9.7	10.6	NaN	NaN	34.4
SQM/MEDIA	2.0	1.8	1.0	1.3	1.1	NaN	NaN	2.8
MAX	462.0	159.3	142.2	153.1	155.0	NaN	NaN	462.0
MIN	0.7	2.1	1.6	1.0	1.6	NaN	NaN	0.7
10°percentile	2.9	3.1	3.1	2.5	3.4	NaN	NaN	2.1
25°percentile	3.8	3.7	3.9	3.4	4.4	NaN	NaN	3.5
50°percentile	5.3	5.1	5.3	4.7	6.5	NaN	NaN	5.1
75°percentile	8.2	7.5	7.5	7.3	10.2	NaN	NaN	8.0
90°percentile	13.9	12.7	11.5	13.1	17.2	NaN	NaN	14.4
95°percentile	23.4	22.5	15.8	25.4	26.2	NaN	NaN	35.4
Media interquartile	6.0	5.6	5.7	5.4	7.3	NaN	NaN	5.7

Tabella 6.13. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nella stazione di misura della torbidità LMR-2 in tutto il periodo di monitoraggio (B/1-B/7), e nei singoli anni. Le concentrazioni sono in mg/l. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

LMR-2	B/1-B/7	B/1	B/2	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
NUM DATI	104066	NaN	27218	27788	25963	NaN	NaN	23097
MEDIA	9.6	NaN	9.0	8.1	9.4	NaN	NaN	12.1
SQM	14.0	NaN	7.5	10.1	12.4	NaN	NaN	22.7
SQM/MEDIA	1.5	NaN	0.8	1.2	1.3	NaN	NaN	1.9
MAX	284.2	NaN	137.3	157.5	233.1	NaN	NaN	284.2
MIN	0.5	NaN	1.6	0.6	1.3	NaN	NaN	0.5
10°percentile	2.9	NaN	3.8	2.3	3.0	NaN	NaN	2.5
25°percentile	4.3	NaN	4.9	3.6	4.4	NaN	NaN	4.0
50°percentile	6.5	NaN	7.0	5.6	6.6	NaN	NaN	6.9
75°percentile	10.1	NaN	10.5	8.9	10.0	NaN	NaN	11.0
90°percentile	16.2	NaN	16.4	14.6	15.7	NaN	NaN	18.8
95°percentile	23.8	NaN	21.6	20.9	24.9	NaN	NaN	37.8
Media interquartile	7.2	NaN	7.7	6.3	7.2	NaN	NaN	7.5

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

Tabella 6.14. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nella stazione di misura della torbidità LIM in tutto il periodo di monitoraggio (B/1-B/7), e nei singoli anni. Le concentrazioni sono in mg/l. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

LIM	B/1-B/7	B/1	B/2	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
NUM DATI	126533	27434	25257	32034	16047	NaN	NaN	25761
MEDIA	16.3	14.2	23.0	14.0	15.5	NaN	NaN	15.2
SQM	33.6	20.3	55.1	26.4	21.3	NaN	NaN	30.5
SQM/MEDIA	2.1	1.4	2.4	1.9	1.4	NaN	NaN	2.0
MAX	451.2	113.1	451.2	395.8	290.5	NaN	NaN	293.0
MIN	0.2	0.7	0.2	0.6	0.9	NaN	NaN	0.4
10°percentile	2.6	2.1	2.5	2.8	4.1	NaN	NaN	2.3
25°percentile	3.8	3.4	3.6	4.2	5.8	NaN	NaN	3.4
50°percentile	6.5	6.9	5.6	6.6	9.9	NaN	NaN	5.1
75°percentile	13.4	13.9	10.8	12.6	16.7	NaN	NaN	12.1
90°percentile	33.3	35.3	52.4	28.1	27.8	NaN	NaN	33.8
95°percentile	63.5	59.0	134.2	47.8	44.8	NaN	NaN	70.1
Media interquartile	8.6	8.6	7.2	8.4	11.3	NaN	NaN	7.8

Tabella 6.15. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nella stazione di misura della torbidità MAM in tutto il periodo di monitoraggio (B/1-B/7), e nei singoli anni. Le concentrazioni sono in mg/l. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

MAM	B/1-B/7	B/1	B/2	B/3	B/4	B/5	B/6	B/7
NUM DATI	138502	29119	NaN	24400	26189	20701	13127	24966
MEDIA	14.5	14.6	NaN	6.9	12.3	13.9	3.5	30.6
SQM	38.7	24.4	NaN	10.4	18.0	20.3	3.0	80.4
SQM/MEDIA	2.7	1.7	NaN	1.5	1.5	1.5	0.9	2.6
MAX	746.0	140.4	NaN	133.5	239.5	381.6	25.2	746.0
MIN	0.1	0.1	NaN	0.6	1.1	1.3	0.2	0.3
10°percentile	1.7	1.9	NaN	1.6	3.4	3.7	0.7	1.3
25°percentile	3.0	3.3	NaN	2.3	4.8	5.3	1.4	2.3
50°percentile	5.4	5.8	NaN	3.6	7.1	8.8	2.5	3.9
75°percentile	10.4	12.6	NaN	7.1	11.4	16.4	4.8	8.9
90°percentile	24.1	37.4	NaN	13.8	23.1	24.9	7.3	124.9
95°percentile	47.6	61.2	NaN	22.8	40.2	35.4	9.0	208.7
Media interquartile	6.7	8.0	NaN	4.7	8.1	10.9	3.1	5.6

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

Le Tabella 6.9-Tabella 6.15 mettono in evidenza la variabilità temporale interannuale dei parametri statistici della concentrazione della torbidità rilevata nelle varie stazioni di misura. Tale variabilità è notevole per tutti i parametri, ma non è evidente alcuna loro sistematica tendenza ad una crescita o decrescita in funzione del tempo.

Si nota comunque per ogni anno di monitoraggio, quanto già descritto nel paragrafo 5.3: i valori dei percentili (25°, 50°, 75°) e la media interquartile per la stazione LTP sono sempre superiori ai valori delle altre stazioni. Questo significa che i valori di torbidità naturale di questa stazione in generale sono più elevati, probabilmente a causa della sua posizione che risente di fenomeni di disturbo come il passaggio di imbarcazioni.

Dalle tabelle si osserva che il coefficiente di variazione (sqm/media) assume per ogni stazione e per ogni anno valori elevati (sempre maggiori di 0.5); questo indica che si ha una notevole dispersione dei dati attorno al valore medio cioè una variabilità temporale dovuta per esempio alle condizioni naturali o a eventi meteo.

Nella Tabella 6.16 si riassumono, per ogni stazione, i risultati dell'analisi statistica effettuata su tutti i dati relativi a tutti gli anni di monitoraggio (B/1-B/7) con lo scopo di mettere in evidenza la variabilità spaziale delle misure.

Tabella 6.16 Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali acquisite nelle stazioni di misura della torbidità in tutto il periodo di monitoraggio. Le concentrazioni sono in mg/l. NUMDATI è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione.

	STAZIONI LAGUNARI			STAZIONI IN BOCCA DI PORTO		STAZIONI A MARE	
	LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM
NUM DATI	136737	212718	210401	155665	104066	126533	138502
MEDIA	16.8	10.0	9.1	8.9	9.6	16.3	14.5
SQM	19.6	11.6	12.5	17.7	14.0	33.6	38.7
SQM/MEDIA	1.2	1.2	1.4	2.0	1.5	2.1	2.7
MAX	661.8	299.9	309.0	462.0	284.2	451.2	746.0
MIN	0.6	0.3	0.3	0.7	0.5	0.2	0.1
10°percentile	6.6	3.7	3.0	2.9	2.9	2.6	1.7
25°percentile	9.1	5.1	4.1	3.8	4.3	3.8	3.0
50°percentile	12.7	7.3	5.8	5.3	6.5	6.5	5.4
75°percentile	18.0	11.0	9.0	8.2	10.1	13.4	10.4
90°percentile	26.6	17.1	16.4	13.9	16.2	33.3	24.1
95°percentile	37.4	24.1	25.5	23.4	23.8	63.5	47.6
Media interquartile	13.5	8.1	6.6	6.0	7.2	8.6	6.7

Anche in questo caso si conferma il comportamento già descritto per la stazione LTP.

Si nota poi come per le stazioni a mare LIM e MAM si abbia il rapporto SQM/MEDIA più elevato, il che indica una dispersione maggiore dei dati: questo significa che tali stazioni hanno risentito maggiormente degli eventi estremi, infatti anche il 95° percentile è più elevato.

6.7 Struttura dell'archivio dei dati

L'archivio dei dati, allegato al presente Rapporto, raggruppa le serie temporali di ciascuna delle otto stazioni. Le serie temporali sono organizzate in file, ciascuno dei quali contiene le acquisizioni di una singola stazione ed è identificato con la sigla della stazione stessa secondo lo schema della Tabella 5.1.

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

- foglio di lavoro contenente tutti i dati in successione temporale (foglio identificato con la sigla della stazione p.e. "CHP - tutti").
- un grafico di regressione della torbidità (FTU) in funzione della concentrazione di SPM (mg/l) nei campioni prelevati per la calibrazione del sensore ottico e la corrispondente equazione della retta di regressione (foglio identificato con la dicitura Calibrazione);
- un foglio di lavoro contenente l'intero insieme di dati utilizzati per la calibrazioni e la costruzione del grafico di regressione della torbidità (FTU) in funzione della concentrazione di SPM (mg/l) (foglio identificato con la dicitura Dati-Calibrazione).

7. CONCLUSIONI

Il lavoro svolto presso le bocche di porto di Chioggia, Malamocco e Lido durante il periodo Maggio 2011 – Aprile 2012, si è focalizzato sulla caratterizzazione dell'idrodinamica e il trasporto solido nei pressi dell'isola nuova alla bocca di porto di Lido (campagne L1B7 e L2B7) e più in generale, nelle tre bocche di porto, sullo studio delle condizioni idrodinamiche ed i relativi fenomeni di trasporto solido che caratterizzano le aree prospicienti alle zone di cantiere del MOSE. Per quanto riguarda la prima attività sono state effettuate numerose misurazioni lungo le sezioni tracciate nel canale di Treporti e San Nicolò anche in condizioni meteo marine piuttosto intense. Mentre per quanto riguarda l'attività di studio delle correnti e dei sedimenti che transitano attraverso i canali delle bocche di porto sono stati raccolti numerosi dati che vanno così ad integrare la serie storica, per altro già ben fornita, di dati correntometrici e granulometrici.

I risultati delle attività dedicate allo studio del meccanismo di trasporto solido in sospensione e al fondo della colonna d'acqua effettuate alle bocche di porto della laguna di Venezia evidenziano l'importanza dell'idrodinamica, in presenza di una escursione mareale sostenuta, nel determinare la tipologia di materiali che vengono trasportati dalle aree interne della laguna fino al mare; infatti, nella fase centrale del calante di marea, quando le velocità della corrente si fanno più elevate, vengono risospesi e trasportati i materiali più grossolani, mentre i materiali più fini si riscontrano tendenzialmente nelle fasi iniziale e finale del calante.

L'attività effettuata sulle praterie a fanerogame che caratterizzano l'area adiacente il forte di Sant'Andrea ha permesso di ottenere un quadro piuttosto dettagliato dell'idrodinamica a supporto delle valutazioni di tipo modellistico e biotiche svolte negli altri ambiti del monitoraggio.

Per quanto riguarda la misurazione della torbidità in continuo mediante stazioni fisse, dall'analisi dei dati validati è risultato che quasi tutti i superamenti sono dovuti alla risospensione determinata da vento-moto ondoso. Per quanto riguarda il comportamento anomalo rilevato nelle stazioni LIM e MAM si rimanda ad uno studio più approfondito nell'ambito della nuova attività prevista dal D.T dello studio B.6.72 B/8 che prevede una valutazione integrata di tutti i dati raccolti nei sette anni di monitoraggio.

Si riportano anche i risultati dell'analisi statistica effettuata sia singolarmente per ogni anno di monitoraggio sia per i sette anni complessivi: è emersa una notevole variabilità temporale interannuale dei parametri statistici della concentrazione ma non è evidente alcuna loro sistematica tendenza ad una crescita o decrescita in funzione del tempo. Dalla stessa analisi emerge inoltre una non trascurabile variabilità spaziale fra le diverse stazioni che rispondono in maniera diversa alle forzanti meteo_marine. Questo comportamento sarà oggetto di studio della nuova attività prevista dal D.T dello studio B.6.72 B/8.

BIBLIOGRAFIA

Arpav, *Dati di portata dei fiumi Bacchiglione, Adige, Brenta, Gorzone*, Dipartimento Regionale Per La Sicurezza Del Territorio, Servizio Idrologico Regionale, Belluno.

D.H. Wilber and D.G. Clarke, *Biological Effects of Suspended Sediments: A review of Suspended Sediment Impacts on Fish and Shellfish with Relation to Dredging Activities in Estuaries*, North American Journal of Fishery Management, 21:855-875, 2001.

Di Silvio G., Nones M., Bisiacco M., 2010. *Predicting the deviations from the curve of sediment transport vs water flow*. Proceedings of the 11th International Symposium on River Sedimentation (ISRS), Stellenbosch, South Africa.

EPA, *Guidelines for Dredging*, 2001.

Helley, E.J. and Smith, W., 1971. *Development and Calibration of a Pressure-Difference Bed Load Sampler*. U.S. Geological Survey Open File Report, Washington, USA.

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

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

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

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2009. Studio B.6.72 B/4 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Magistrato alle Acque di Venezia - CORILA. 2010. Studio B.6.72 B/5 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Matrice: Acqua. Rapporto Finale. Prodotto dal Concessionario, Consorzio Venezia Nuova.

Marine Pollution Bulletin, Volume 52, Issue 12, 2006, Elsevier.