



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/8**

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

Contratto Thetis-CORILA n. 122000551

Documento **MATRICE: ACQUA**

**MACROATTIVITÀ: RILEVAZIONE DELLA
TORBIDITÀ IN CONTINUO**

III RAPPORTO DI VALUTAZIONE

**PERIODO DI RIFERIMENTO: DA GENNAIO AD
APRILE 2013**

Versione **1.0**

Emissione **15 Maggio 2013**

Redazione

Verifica

Approvazione

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Prof. Giampaolo Di Silvio Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE.....	3
2. METODOLOGIA	4
2.1 Descrizione della rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	4
2.2 Strumentazione per la misura della torbidità.....	10
2.3 Gestione della rete di stazioni fisse, attività in campo e di laboratorio	11
2.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	13
2.4.1 <i>Correzione per l'accumulo temporaneo di materiale macroscopico</i>	13
2.4.2 <i>Correzione per il fouling</i>	14
2.4.3 <i>Calibrazione dei sensori di torbidità</i>	16
3. ANALISI e TRATTAMENTO DEI DATI.....	17
3.1 Validazione dei dati e calibrazione	17
3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM)	24
3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità	59
3.4 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	73
3.5 Struttura dell'archivio dei dati.....	74
4. BIBLIOGRAFIA.....	75

Alla realizzazione del presente rapporto hanno contribuito:

C. Dall'Angelo (CORILA)

G. Di Silvio (DICEA - UNIPD)

G. Lorenzetti (ISMAR - CNR, Venezia)

G. Manfè (ISMAR - CNR, Venezia)

F. Manfrin (ISMAR - CNR, Venezia)

L. Dametto (ISMAR-CNR, Venezia)

L. Zaggia (ISMAR - CNR, Venezia)

1. INTRODUZIONE

Il Disciplinare Tecnico dello *Studio B.6.72 B/8 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari*, come i precedenti, prevede specifiche attività per la misura della concentrazione e del flusso di particellato solido sospeso generato dalle attività di cantiere all'interno e all'esterno del canale di bocca. Tali attività intendono monitorare la torbidità generata dalle operazioni di scavo nei seguenti casi:

A) torbidità prodotta direttamente dai sistemi di scavo (draghe). Le misure servono per determinare la torbidità prodotta direttamente dalle attività di cantiere allo scopo di descrivere le diverse tipologie di "sorgente" in periodi limitati ed in diverse condizioni operative.

B) variabilità spaziale e temporale del particellato sospeso in condizioni naturali, cioè in assenza di dragaggio. In questo caso si misura la torbidità in continuo mediante strumenti fissi (torbidimetri) opportunamente posizionati nelle aree di pertinenza dei tre canali di bocca, sia entro la laguna sia in mare in modo da caratterizzare tutta l'area di interesse.

Il presente Rapporto riguarda le misure in continuo (caso B).

La misura puntuale della torbidità è particolarmente importante quando ci si trova in prossimità di habitat sensibili, quali sono quelli prossimi alle tre bocche di porto della laguna di Venezia. Fornisce un'indicazione della presenza del particellato sospeso al variare del campo di corrente nei diversi cicli di marea e del moto ondoso in laguna e in mare (funzione del vento); gli eventi naturali si succedono, infatti, in maniera irregolare dando luogo ad una variabilità spaziale e temporale delle condizioni naturali.

La misura della torbidità in continuo alle bocche di porto permette di monitorare i valori di torbidità naturale e l'analisi delle relative serie temporali permette di definire i valori di riferimento ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio e delle componenti biologiche. Misurare la 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. 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 porto, potrebbero avere degli effetti anche sull'idrodinamica e il trasporto di sedimenti.

Come messo in evidenza nei precedenti rapporti [Magistrato alle Acque di Venezia-CORILA, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012], infine, il monitoraggio continuo della torbidità può dare utili indicazioni (soprattutto quando messo in relazione con la contemporanea fase di marea e con le vigenti condizioni meteo marine) sulla dinamica dei sedimenti in sospensione e sul loro bilancio a lungo termine.

Nel Cap.2 viene descritta la rete di misura della torbidità in continuo e la metodologia utilizzata per il trattamento dei dati.

Nel Cap.3 invece si riportano in forma grafica sia dati relativi alle acquisizioni nel periodo Gennaio-Aprile 2013 sia i risultati dell'analisi statistica. Le serie temporali della torbidità vengono inoltre analizzate sia in relazione alle condizioni meteorologiche sia in relazione alle attività di scavo con lo scopo di individuare le cause di eventuali superamenti del valore di soglia.

2. METODOLOGIA

2.1 Descrizione della rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo

L'attività di rilevazione della torbidità in continuo è iniziata a Maggio 2005 in otto stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali delle tre bocche o nelle immediate vicinanze (sia all'interno della laguna che in mare) ed è proseguita quasi ininterrottamente insieme all'acquisizione dei parametri chimico-fisici dell'acqua (temperatura, conducibilità e pressione). La Figura 2.1 mostra la localizzazione di tutte le stazioni di misura della torbidità nelle aree dei cantieri alle bocche di porto (in rosso le stazioni utilizzate nel corrente anno di monitoraggio); esse coincidono con quelle utilizzate nel corso del precedente Studio B.6.72 B/7 con l'aggiunta, a partire dai primi di Ottobre 2012, di una stazione a mare davanti alla bocca di porto di Chioggia (CHM3).

Per quanto riguarda la misura della direzione e velocità del vento, si fa riferimento alle registrazioni effettuate alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR mentre per i livelli di marea si considerano i dati del mareografi più vicini alle stazioni in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, Diga Sud di Lido,) gestiti dall'Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree (ICPSM) del Comune di Venezia (Figura 2.2).

Nella Tabella 2.1 sono riportate le caratteristiche delle stazioni, la profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri, le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84, le coordinate piane espresse nel sistema Gauss Boaga ed il periodo di utilizzo.

La posizione del sensore è in tutti i casi alla quota di 1.5 metri dal fondo, eccetto per la stazione LMR-2, in cui il sensore è a circa 7.5 metri dal fondo e per la stazione CHM3 in cui è a 1 m dal fondo.

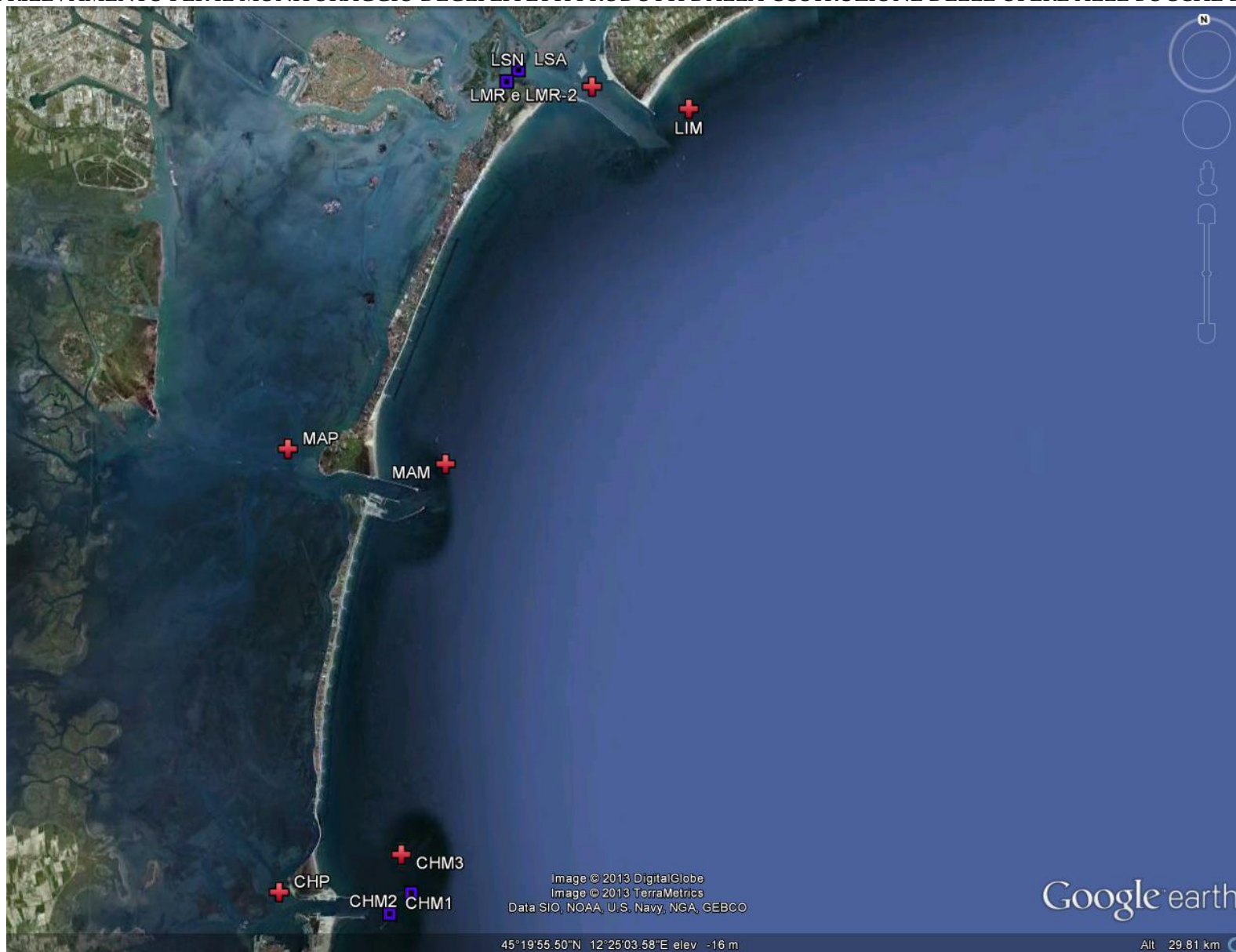


Figura 2.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo. In rosso le stazioni attive nel periodo Gennaio-Aprile 2013.

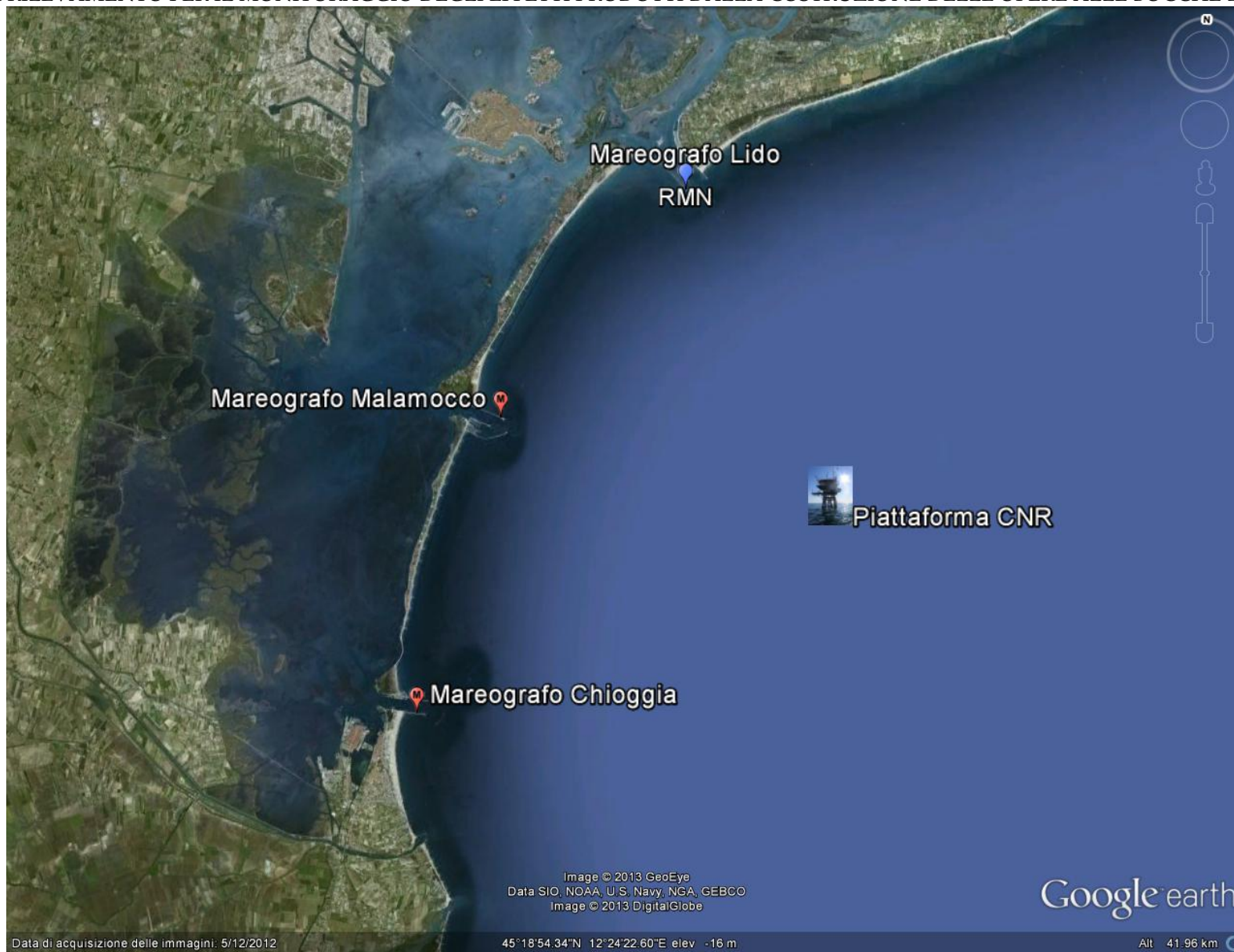


Figura 2.2. Mareografi,piattaforma del CNR.

CORILA

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

Tabella 2.1 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	289792 E 5012068 N	2312244.76 5013024.91	Studio B.6.72 B/1
CHM3	CHIOGGIA Mare	Postazione mareografica	CVN-MAV	13.5	290270 E 5013095N	2310273.49 5013115.11	Studio B.6.72 B/8
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 Studio B.6.72 B/8
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 Studio B.6.72 B/8
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 Studio B.6.72 B/8
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 Studio B.6.72 B/8

CORILA

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

Sigla Identificativa	Località	Tipo postazione	Ente	Fondale (m)	Coordinate UTM WGS 84	Coordinate Gauss Boaga	Periodo di utilizzo
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
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 Studio B.6.72 B/8
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 Studio B.6.72 B/8
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 Studio B.6.72 B/8

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

La rete di misura è attualmente costituita da otto stazioni.

Per le stazioni LIM e MAM (Figura 2.3), 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 le stazioni a mare 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 2.6 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 2.4).

Le stazioni LTP, MAP, CHP, posizionate all'interno della laguna, sono state allestite utilizzando le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 2.5).

Le stazioni coincidono con le postazioni utilizzate negli studi precedenti (Tabella 2.1).



Figura 2.3. Stazione MAM.



Figura 2.4. Stazione LMR.



Figura 2.5. Stazione CHP.

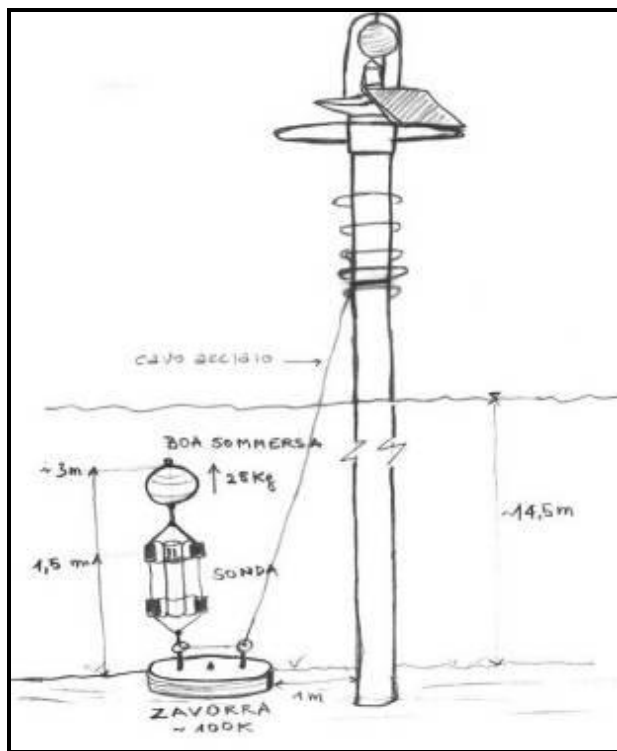


Figura 2.6. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

2.2 Strumentazione per la misura della torbidità

Per il rilievo della torbidità in continuo è stata utilizzata, per tutte le stazioni eccetto LMR E CHM3, una sonda multiparametrica autoregistrante Idronaut Mod. OceanSeven 304 CTD-T [Idronaut Srl., Febbraio 2005], equipaggiata con un sensore OBS (Optical Backscatter Sensor) del tipo Seapoint Turbidity Meter [Idronaut Srl., Marzo 2005], che misura il backscattering ottico, generando una tensione di uscita proporzionale alla quantità di particolato solido sospeso lungo la colonna d'acqua. La stazione LMR è equipaggiata con una sonda multiparametrica Datasonde 4a, Hydrolab, USA mentre nella stazione CHM3 è stata installata una DataSonde 5, Hydrolab, USA dotata di sistema automatico per la pulizia delle finestre del sensore ottico per la determinazione della torbidità. Tale sonda, rimossa il giorno 19/02/2013 e non più rimessa il loco a causa dell'incagliamento del sistema di ancoraggio, è stata sostituita con una nuova sonda Idronaut OceanSeven 304 CTD-T il giorno 22/03/2013.

A seconda del grado di sensibilità di cui si vuole disporre e delle condizioni più frequentemente incontrate nei periodi precedenti, si imposta per lo strumento un appropriato intervallo di misura, come indicato nella Tabella 2.2 dove sono riassunte le caratteristiche tecniche di tutti i sensori (temperatura, conducibilità e pressione) montati nelle sonde OceanSeven 304 CTD-T, nella Datasonde 4a e DataSonde 5.

I torbidimetri posizionati nelle stazioni sopra descritte registrano 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.

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

Tabella 2.2. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 CTD-T (OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL) e sulla sonda Datasonde 4a (Hydrolab_Minisonde_Product_Brochure)

Sensore OceanSeven 304	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.015%
Temperatura	-3 - +35 ° C	0.005 ° C	0.0006 ° C
Conducibilità	0 - 64 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
Turbidimetro SEAPOINT	0 - 750 FTU	<2%	200 - 2 mV / FTU
	25 FTU	<2%	200 mV / FTU
	125 FTU	<2%	40 mV / FTU
	500 FTU	<2%	10 mV / FTU
	750 FTU	<2%	2 mV / FTU (•)

Sensore Datasonde 4a	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 10 m	± 0.003 m	0.001 m
Temperatura	-5 - 50° C	± 0.10° C	0.01° C
Conducibilità	0 - 100 mS/cm	± 1% of reading; ± 0.001 mS/cm	4 digits
Turbidity	0 - 1000 NTU	± 5% of reading; ± 1 NTU	0.1 NTU (<100 NTU) 1.0 NTU (>100 NTU)

Sensore Datasonde 5	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 10 m	± 0.01 m	0.001 m
Temperatura	-5 - 50° C	± 0.10° C	0.01° C
Conducibilità	0 - 100 mS/cm	± 1% of reading; ± 0.001 mS/cm	4 digits
Turbidity	0-3000 NTU	± 1% <100 NTU ± 3% <400 NTU ± 5% <3000 NTU	0.1 NTU (<400 NTU) 1.0 NTU (>400 NTU)

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

2.3 Gestione della rete di stazioni fisse, attività in campo e di laboratorio

La qualità dei dati registrati dallo strumento è fortemente condizionata dalle caratteristiche ambientali del corpo idrico. Sia i sensori che l'armatura di protezione degli stessi sono soggetti infatti a frequenti fenomeni di accumulo di materiale macroscopico, quale residui di piante acquatiche e macroalghe o breve stazionamento di organismi marini che, nella maggior parte dei casi, si distacca dall'apparecchiatura spontaneamente all'inversione della marea.

Spesso inoltre si presenta il problema del fouling, cioè una crescita progressiva di alghe e organismi risolvibile soltanto con un'accurata pulizia sia dei sensori che del corpo della sonda, che viene effettuata, a bordo di un'imbarcazione, con cadenza circa settimanale, contemporaneamente allo scarico dei dati. Nella Figura 2.7 si riporta un'immagine della sonda della stazione CHP prima e dopo la pulizia.

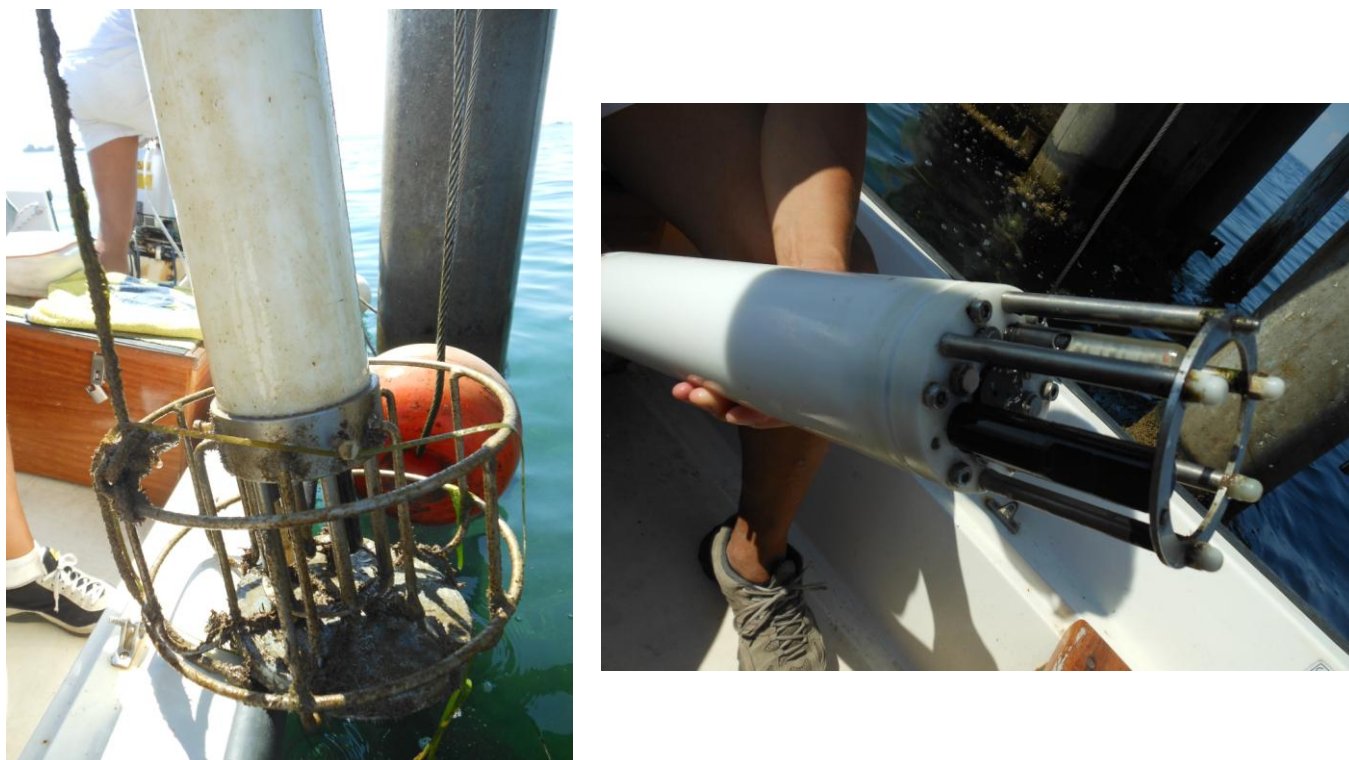


Figura 2.7. Sonda CHP prima (a sinistra) e dopo la pulizia (a destra) (2/10/2012).

Il prolungato stazionamento delle sonde in acqua determina l'attecchimento di organismi incrostanti di composizione calcarea sulla superficie dei sensori e negli spazi ristretti fra un sensore e l'altro; poiché la loro rimozione meccanica in campo è critica per la possibilità di danneggiamento della finestra ottica del torbidimetro, in aggiunta alla pulizie settimanali effettuate in campo, per ogni sonda viene effettuata in laboratorio, secondo le necessità, una procedura di pulizia chimica approfondita e una ricalibrazione aggiuntiva.

Le attività in campo ed in laboratorio per la manutenzione e la pulizia di tutta la strumentazione sono indispensabili in quanto, trattandosi di una misura ottica, qualsiasi ostacolo che si trovi nella regione spaziale investigata dal sensore di torbidità è in grado di produrre perturbazioni significative che si traducono nell'impossibilità pratica di utilizzare le informazioni registrate.

Contestualmente alle operazioni di pulizia vengono prelevati campioni d'acqua per mezzo di una "bottiglia a sifone" da 1000 cc, alla quota di posizionamento del sensore OBS di ciascuna sonda.

Tutte le operazioni in campo (manutenzione e prelievi) sono registrate dagli operatori, su apposite schede, in occasione di ciascuna operazione di scarico dei dati (Figura 2.8).

CORILA

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

RETE PER LA RILEVAZIONE DELLA TORBIDITA' IN CONTINUO

POSTAZIONE DI MISURA :

MAP

BOCCA DI MALAMOCCO - Porto



Postazione	Nome (ID)	Coordinate UTM WG84	Fondale (m.)
Postazione Mareografica	MAP	0288410 E 5024129 N	2.7
Sensore	N. di Serie	Data di installazione	Sensore dal fondo (m)
OS304 CTD-T	49	8 giugno 2006	1

SCARICAMENTO DATI / CAMPIONAMENTO / MANUTENZIONE

[illegible]

CNR ISMAR Venezia

scheda campo MAP.doc

Pagina 1 di 1

Figura 2.8. Esempio di scheda di campo riferita alla postazione di misura CHP.

In laboratorio vengono analizzati i campioni d'acqua ed eseguite le determinazioni dei solidi sospesi utilizzando la metodica IRSA (Quaderno 100/2050/94) [ANPA,1999]. Tale metodica prevede, per la filtrazione, l'utilizzo di membrane in polycarbonato (Millipore HHTP04700) con porosità di 0.4 μm e diametro di 47 mm. Le membrane, attraverso le quali viene filtrato un determinato volume d'acqua (p.e. 200 ml), vengono pesate prima dell'uso e riposte in scatole Petri. Dopo la filtrazione, le membrane vengono essiccate a +105° C per 12 ore, quindi raffreddate in essiccatore a vuoto ed infine ripesate. La concentrazione del particolato solido in sospensione (Suspended Particulate Matter - SPM) che include sia la frazione organica che inorganica si ottiene come differenza tra il peso finale e iniziale della membrana rapportata al volume d'acqua filtrato; consiste quindi nella misura del peso secco del materiale sospeso per unità di volume d'acqua e viene espresso in milligrammi di solidi per litro d'acqua (mg/l). Tutte le operazioni di pesatura sono effettuate mediante l'utilizzo di una bilancia analitica.

Il prelievo dei campioni d'acqua e la successiva determinazione della concentrazione del particellato solido sospeso (in mg/l) sono indispensabili per convertire i dati grezzi di torbidità, come descritto nel paragrafo 2.4.3.

2.4.1 *Correzione per l'accumulo temporaneo di materiale macroscopico*

L'accumulo temporaneo di materiale macroscopico sulla superficie dei sensori e negli spazi ristretti fra un sensore e l'altro causa la presenza di picchi istantanei della torbidità. Si applica quindi una procedura di filtrazione dei dati che consiste in un controllo sul valore istantaneo registrato, che viene automaticamente eliminato quando si discosta di una quantità superiore al

doppio della media dei valori nel suo intorno. Quando questo procedimento, nel caso di perturbazioni prolungate, non risulta efficace, si rende necessario un intervento manuale per l'eliminazione dei picchi residui. Per rendere più stabile l'andamento della variabile comunque soggetta a fluttuazioni naturali di breve periodo, si ritiene opportuno applicare un ulteriore filtro alla serie temporale risultante, cioè una media oraria, centrata sul dato istantaneo, applicata all'intera serie.

2.4.2 Correzione per il fouling

La presenza di fouling sul sensore ottico per la misura della torbidità dà luogo ad effetti diversi sulla qualità delle informazioni registrate dalla strumentazione. La situazione più frequente è quella di una deriva progressiva dei valori che aumentano seguendo un andamento approssimabile ad una relazione lineare o di secondo grado.

Nel caso più semplice (probabilmente piccole incrostazioni che crescono lentamente sulla finestra ottica del sensore) questa deriva non comporta un aumento significativo delle oscillazioni istantanee ed è, quindi, sufficiente correggere la serie temporale seguendo una semplice procedura che, pur tenendo conto dei valori di controllo costituiti dalla concentrazione nei campioni d'acqua prelevati durante gli interventi di pulizia, presenta comunque un certo grado di soggettività. Si individua una polinomiale (generalmente di grado 1 o 2) interpolando i valori della linea di base della funzione originaria nel tratto interessato dal fenomeno, prendendo come punto di partenza il valore più basso prima dell'inizio della deriva (si presuppone quindi che sia un valore corretto e non affetto da fouling). Ai valori originari si sottrae quindi la polinomiale, con l'obiettivo di ottenere come risultato l'allineamento dei punti della linea di base con il punto di partenza e controllando che il valore finale non sia troppo dissimile dal valore del campione d'acqua prelevato. Purtroppo in alcuni casi rimane una deriva residua nel tratto terminale: se è possibile ottenere un buon risultato, si può applicare una seconda volta la procedura correttiva, altrimenti è necessario eliminare i dati.

In alcuni casi invece la deriva si accompagna ad un aumento significativo dell'ampiezza delle oscillazioni di breve periodo. La causa di questa perturbazione è probabilmente la presenza di organismi di dimensioni più grandi, che si spostano sul sensore di rilevazione causando repentini sbalzi nella quantità di luce intercettata dallo stesso. In questi casi non vi è alcuna possibilità di intervento e le corrispondenti acquisizioni vengono eliminate completamente dalla serie originaria.

Un esempio di deriva dovuta al fouling è rappresentato nella Figura 2.9 dove si riporta la serie temporale della torbidità relativa alla stazione CHP nel periodo 26 Gennaio - 5 Febbraio 2013 dopo l'applicazione della procedura automatica di filtrazione e di media mobile. In questo caso è stata effettuata una correzione sottraendo una polinomiale di secondo grado che ha permesso di correggere la deriva a partire dal giorno 30 Gennaio 2013; è stato poi necessario cancellare gli ultimi valori. Il risultato dopo la correzione è visibile nella Figura 2.10.

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

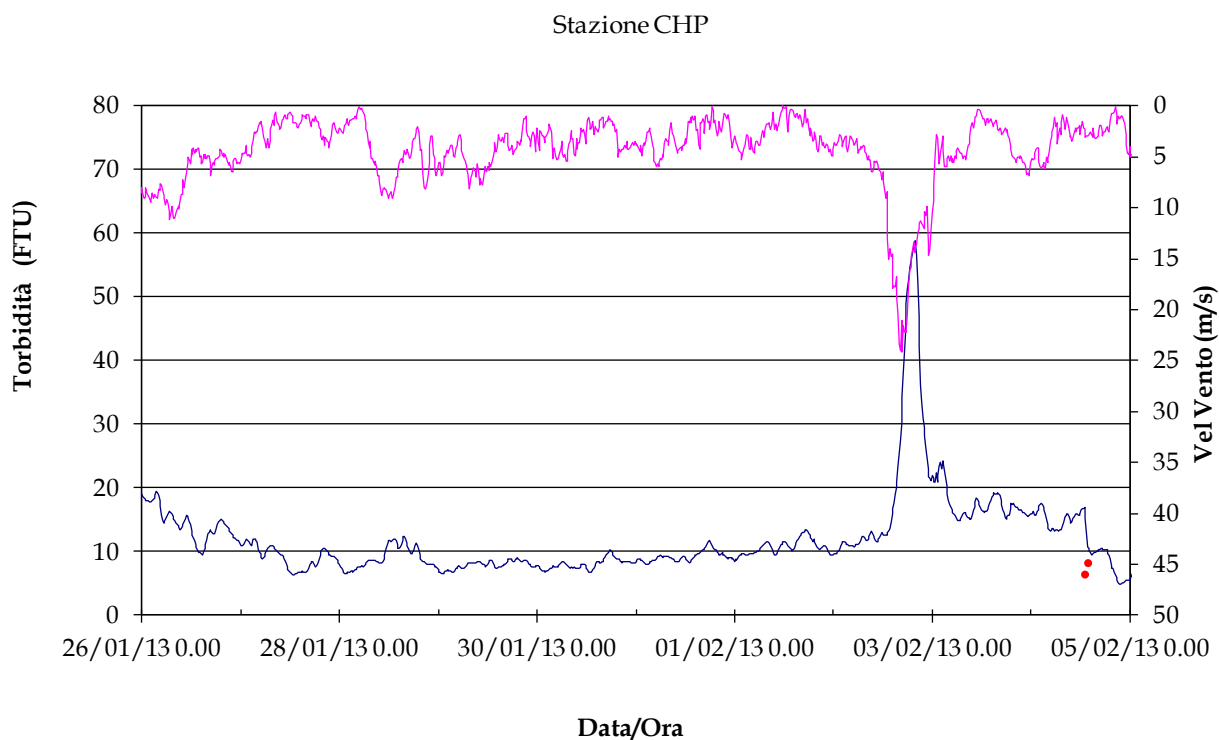


Figura 2.9. Esempio della presenza di derive progressive dei valori di torbidità dovute al fouling, nella stazione CHP. Con il pallino rosso è rappresentato il valore di concentrazione misurato nel campione d'acqua prelevato durante l'intervento di manutenzione.

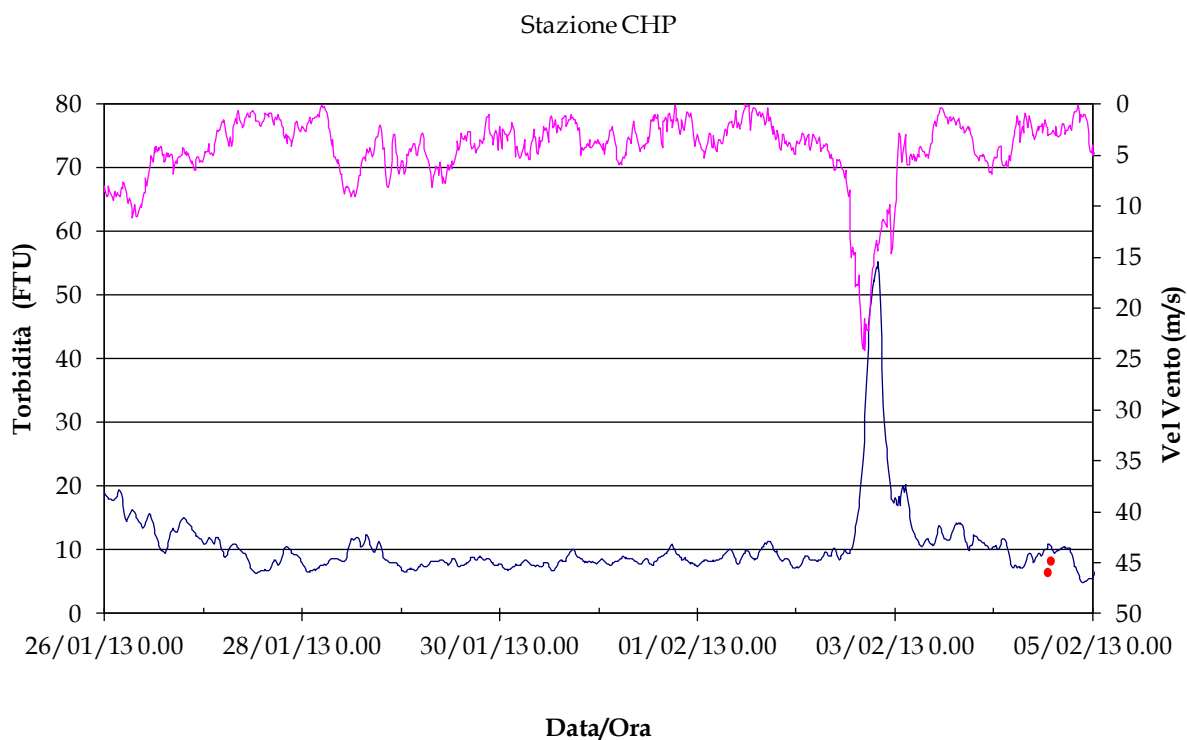


Figura 2.10. Risultato finale dopo l'applicazione della procedura correttiva. Con il pallino rosso è rappresentato il valore di concentrazione misurato nel campione d'acqua prelevato durante l'intervento di manutenzione.

2.4.3 Calibrazione dei sensori di torbidità

Nelle reti di misura in continuo viene rilevata la torbidità che è la riduzione della trasparenza dell'acqua dovuta alla presenza di sostanze in sospensione. La misura della torbidità infatti sfrutta la proprietà ottica dell'acqua di attenuare o disperdere un fascio di luce che attraversa un determinato volume (fenomeno di scattering). In questo caso la concentrazione del particolato solido sospeso, espressa in FTU (Formazine Turbidity Units), viene determinata misurando la luce dispersa rispetto ad un angolo formato dal raggio incidente (backscattering).

I valori di torbidità, registrati come dati grezzi espressi in FTU devono essere convertiti in valori di concentrazione del particolato solido sospeso (mg/l). Non è tuttavia possibile stabilire una correlazione diretta tra questi due parametri poiché pur essendo in relazione con gli stessi fenomeni, sono funzione di variabili differenti. La misura del SPM dipende, infatti, dal peso totale delle particelle in sospensione con diametro maggiore di 0.4 μm ed è, quindi, funzione diretta del numero, della dimensione e del peso specifico delle particelle. La torbidità, invece, è una funzione diretta del numero, della superficie e dell'indice di rifrazione delle particelle in sospensione ma, nel contempo, è una funzione inversa delle dimensioni delle stesse e dipende anche dalla lunghezza d'onda del raggio incidente.

È evidente quindi che la calibrazione di uno strumento ottico per la misura della torbidità sulla base dei valori di SPM presenta una serie di problemi legati sia a fattori strumentali dovuti alla diversa risposta dei sensori sia alla variabilità intrinseca delle diverse componenti della frazione sospesa nell'ambiente naturale. Per quanto riguarda l'ambiente lagunare esistono sia variazioni stagionali principalmente legate alla quantità e qualità della frazione organica, sia variazioni della dimensione e della quantità della componente inorganica, che riflettono la diversa provenienza dei materiali durante eventi particolari (piene dei corsi d'acqua, fenomeni di risospensione indotta da correnti, moto ondoso sui litorali e bassi fondali).

A causa di queste variabilità una singola correlazione fra torbidità e SPM non può essere applicata a qualsiasi ambito. Si utilizzano quindi relazioni sito-specifiche, che descrivono il comportamento delle due variabili in una singola stazione. La relazione di regressione sito-specifica è determinata quindi per ogni stazione correlando le concentrazioni determinate nei campioni d'acqua ed il valore della torbidità registrata dallo strumento nello stesso istante del prelievo. Viene calcolata però successivamente alla procedura di filtrazione e alle correzioni effettuate per rimuovere l'effetto del fouling pertanto per la calibrazione si utilizza solo un sottoinsieme delle coppie di valori di torbidità e concentrazione di SPM disponibili.

Nel paragrafo 3.1 sono riportati, per ogni stazione di misura, i diagrammi sperimentali e le specifiche rette utilizzate per la conversione.

3. ANALISI E TRATTAMENTO DEI DATI

3.1 Validazione dei dati e calibrazione

Nel presente paragrafo si analizza il funzionamento degli strumenti delle otto stazioni nel periodo Gennaio-Aprile 2013 e si riportano i risultati della procedura di calibrazione.

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, nella Figura 3.2 viene visualizzata l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti:

- in arancione sono indicati i giorni in cui sono state effettuate le registrazioni dei dati di torbidità e dei parametri fisici dell'acqua senza problemi;
- in azzurro sono riportati i giorni in cui mancano i soli dati di torbidità per malfunzionamento di questo solo sensore;
- in grigio sono indicati i giorni in cui mancano sia i dati di torbidità che i dati dei parametri fisici dell'acqua per malfunzionamento dello strumento o per sua assenza.

Risultano le seguenti interruzioni nelle acquisizioni:

- Il giorno 19/02/2013 la sonda posizionata presso la stazione LIM è stata ricondotta presso i laboratori del CNR-ISMAR a causa di un problema di comunicazione col terminale che ha impedito lo scarico dati e la successiva riprogrammazione dello strumento. Dopo aver risolto il problema tecnico la sonda è stata riposizionata il giorno 20/02/2013.
- Il giorno 08/01/2013 si è verificata la rottura di uno degli spinotti del connettore della sonda posizionata presso la stazione MAM, per cui si è proceduti alla riparazione del connettore presso i laboratori del CNR-ISMAR ed alla conseguente rimessa in loco dello strumento il giorno 09/01/2013.
- Il giorno 19/02/2013 la sonda posizionata presso la stazione CHM3 è stata ricondotta presso i laboratori del CNR-ISMAR poiché, dopo averla salpata a bordo dell'imbarcazione si è verificato l'incagliamento del sistema di ancoraggio che ha impedito la rimessa in loco della stessa. Il giorno 11/03/2013 con l'ausilio di un sommozzatore è stato disincagliato il sistema di ancoraggio della sonda. Il giorno 22/03/2013, in sostituzione della sonda multiparametrica Datasonde 4a, Hydrolab, USA, (rimossa il giorno 19/02/2013 e non più rimessa il loco a causa dell'incagliamento) è stata posizionata una nuova sonda Idronaut OceanSeven 304 CTD-T.

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

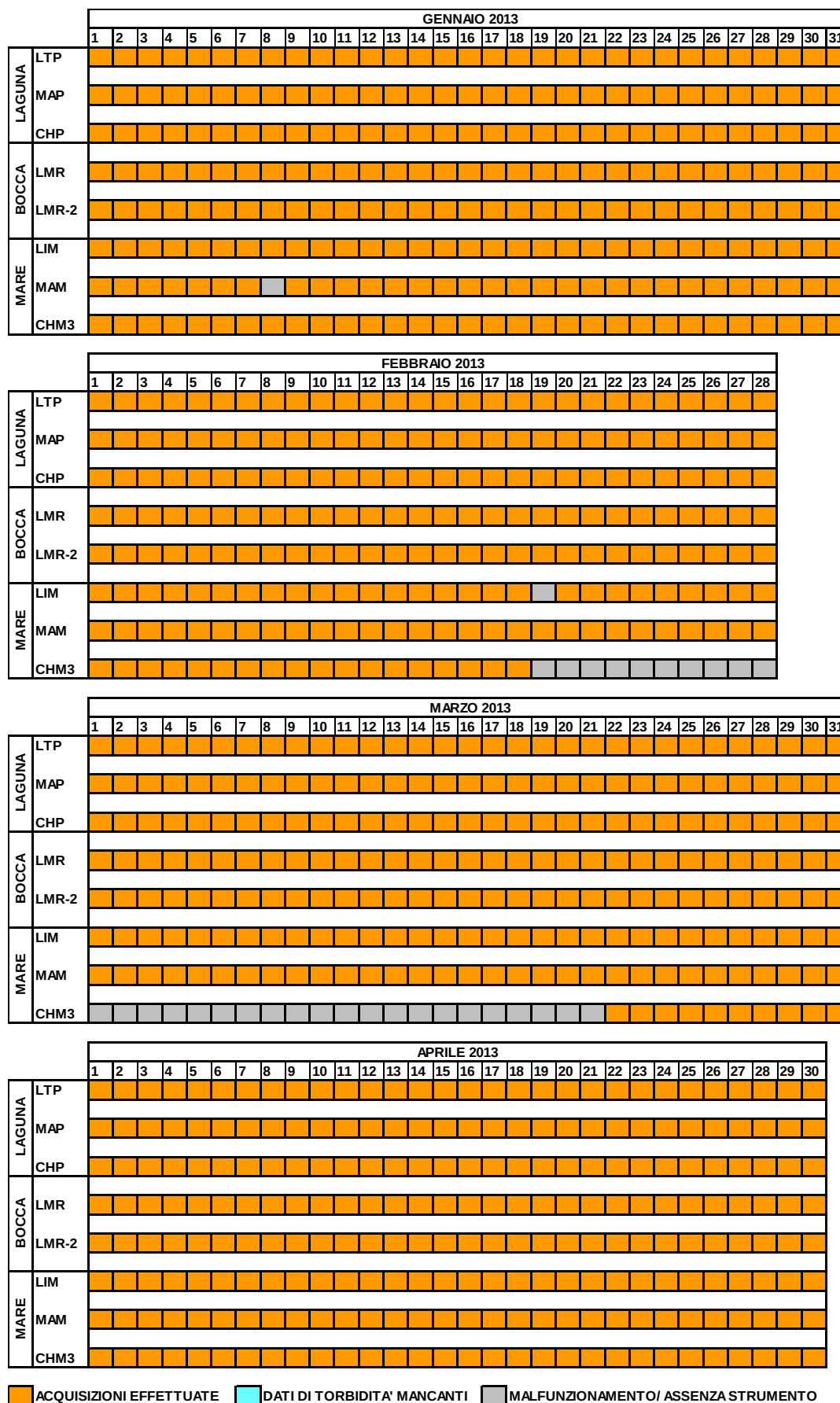


Figura 3.1. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle stazioni oggetto del monitoraggio nel periodo Gennaio-Aprile 2013

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

Di seguito, nella Tabella 3.1, è riportata la percentuale di funzionamento di ogni sonda (numero dei giorni di funzionamento rispetto al numero complessivo dei giorni di impiego) e la percentuale dei dati validati dopo la procedura di filtrazione e correzione del fouling (numero dei dati validati rispetto al numero di dati complessivo) in tutto il periodo del monitoraggio Gennaio-Aprile 2013

Tabella 3.1. Percentuale di funzionamento (numero dei giorni di funzionamento rispetto al numero complessivo dei giorni) e percentuale dei dati validati (numero dati validati rispetto al numero di dati complessivo) nel periodo Gennaio-Aprile 2013.

Tipologia	Stazione	Percentuale di funzionamento	Percentuale di dati validati
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	100%	96.8%
	MAP	100%	97.0%
	CHP	100%	96.6%
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	100%	98.6%
	LMR-2	100%	85.9%
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	99.17%	95.2%
	MAM	99.17%	99.1%
	CHM3	72.73%	52.0%

Si evidenzia come per la stazione a mare CHM3 si abbia una bassa percentuale di funzionamento e quindi anche di dati validati.

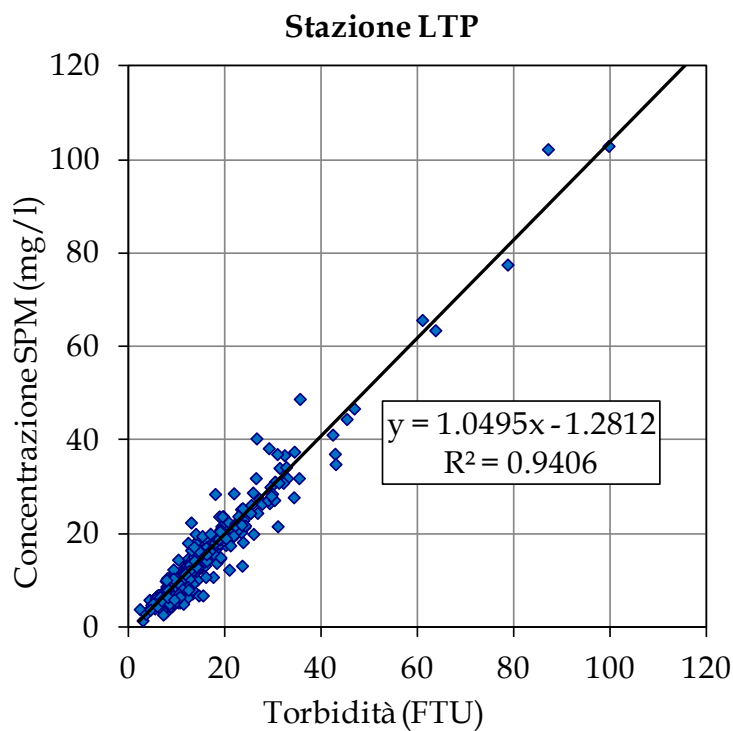
Come descritto nel paragrafo 2.4.3, correlando per ogni stazione i dati di torbidità corretti (FTU) e i corrispondenti valori di concentrazione di SPM (mg/l) nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione sono state determinate le rette di regressione, le cui equazioni sono riportate in Tabella 3.2 e visualizzate nella Figura 3.2 (a-h). Ciascuna di queste relazioni, ricavata utilizzando tutti i dati disponibili rilevati durante i vari anni di monitoraggio, è stata poi utilizzata per derivare la serie temporale della concentrazione di SPM a partire dalla serie della torbidità opportunamente corretta (paragrafi 2.4.1 e 2.4.2) relativa alla corrispondente stazione.

A causa della esigua quantità di informazioni validate nel quadrimestre in oggetto, per la stazione CHM3 non è stato possibile aggiornare la relazione di regressione. Inoltre, si ricorda che il giorno 22/03/2013 nella stazione CHM3 è stata sostituita la sonda esistente con una nuova sonda di diversa tipologia. Per questi motivi, a partire dal prossimo anno di monitoraggio per tale stazione verrà calcolata una nuova retta di calibrazione usando solamente i dati della nuova sonda.

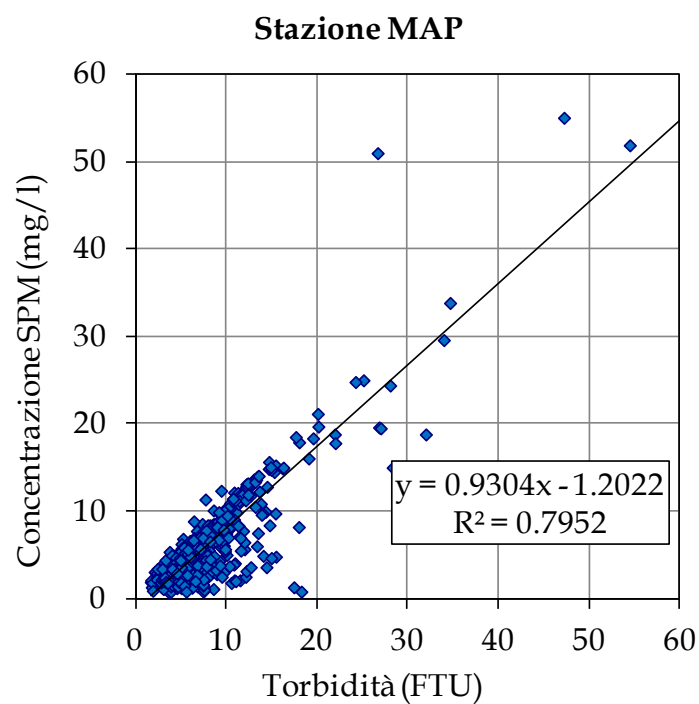
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Tabella 3.2 Coefficienti ed equazioni delle rette di regressione utilizzate per la calibrazione dei sensori OBS.

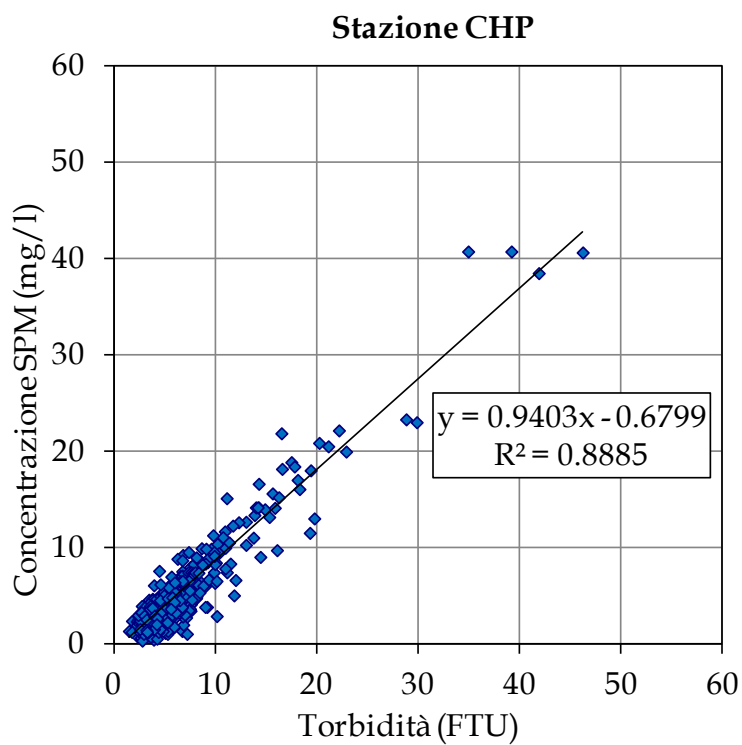
Tipologia	Stazione	Equazione e coefficiente retta di calibrazione
<i>Stazioni in laguna</i>	LTP	$y = 1.0495x - 1.2812$ $R^2 = 0.9406$
	MAP	$y = 0.9304x - 1.2022$ $R^2 = 0.7952$
	CHP	$Y=0.9403x - 0.6799$ $R^2 = 0.8885$
<i>Stazioni in bocca di porto</i>	LMR	$y = 0.9675x + 0.8396$ $R^2 = 0.8956$
	LMR-2	$y = 0.9367x - 0.3167$ $R^2 = 0.9015$
<i>Stazioni a mare</i>	LIM	$y = 0.9989x - 1.2518$ $R^2 = 0.8919$
	MAM	$y = 0.9938x - 0.9252$ $R^2 = 0.8357$
	CHM3	$y = 0.7741x - 0.2431$ $R^2 = 0.9708$



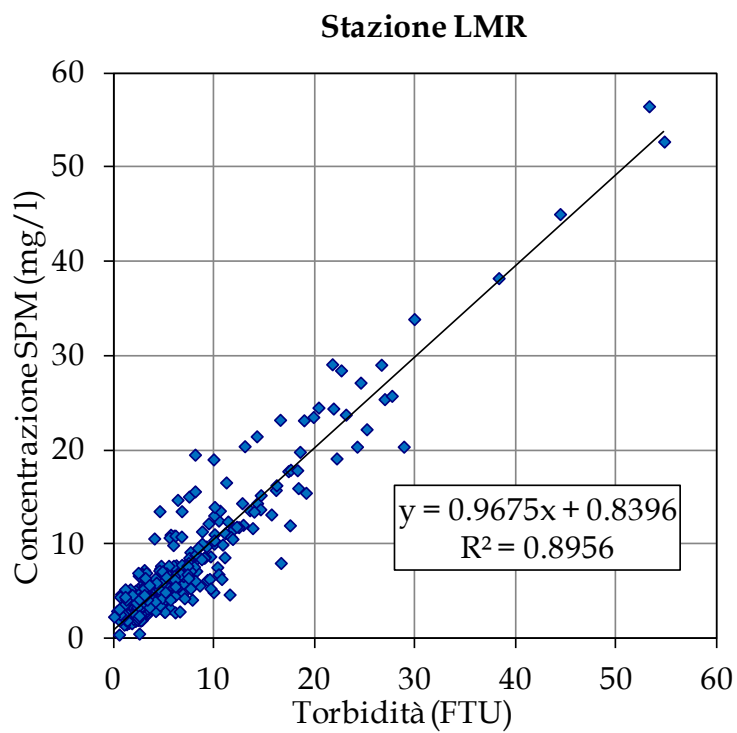
(a)



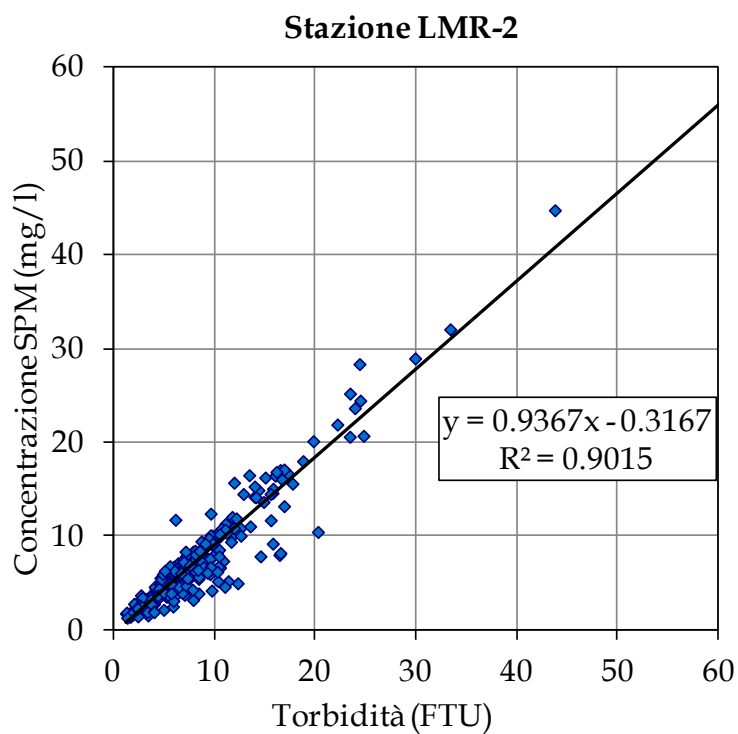
(b)



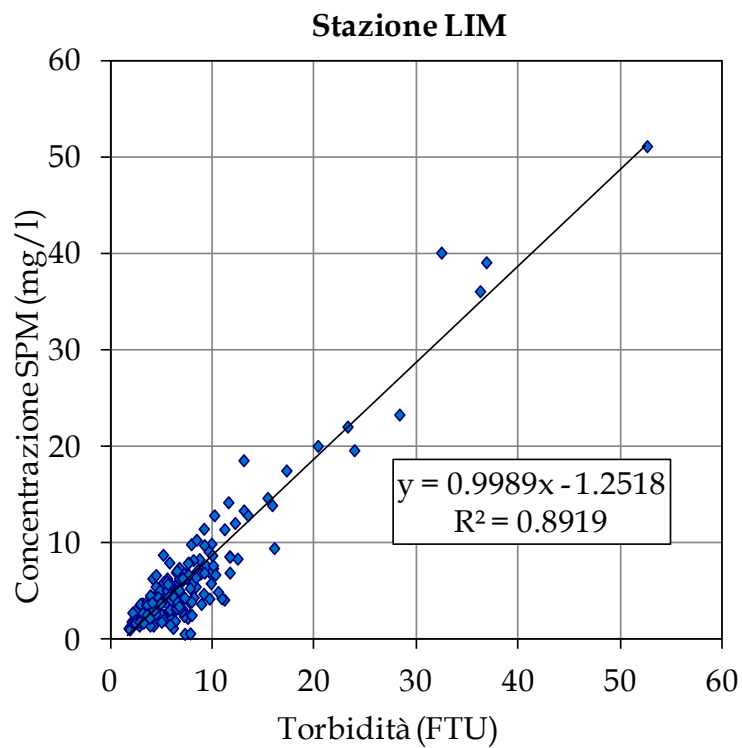
(c)



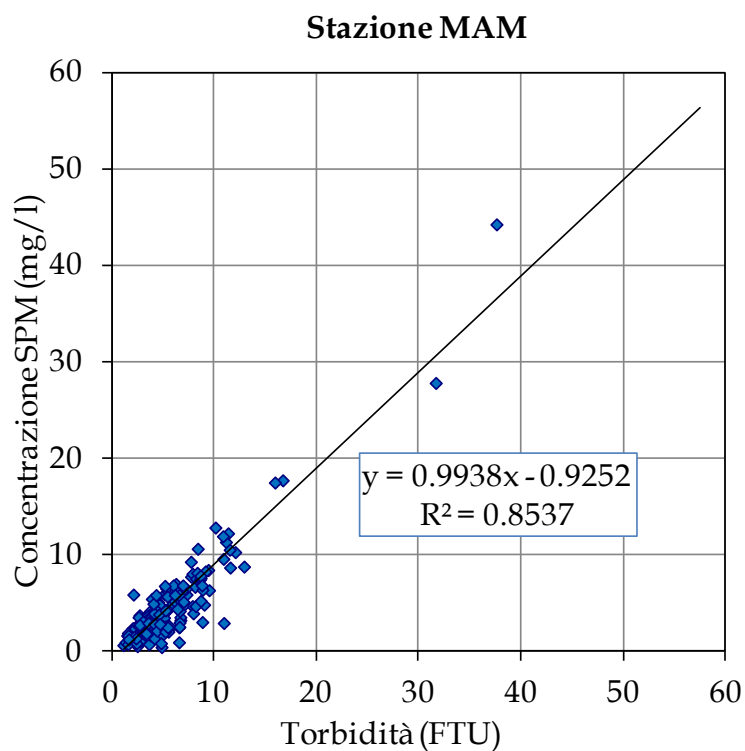
(d)



(e)



(f)



(g)

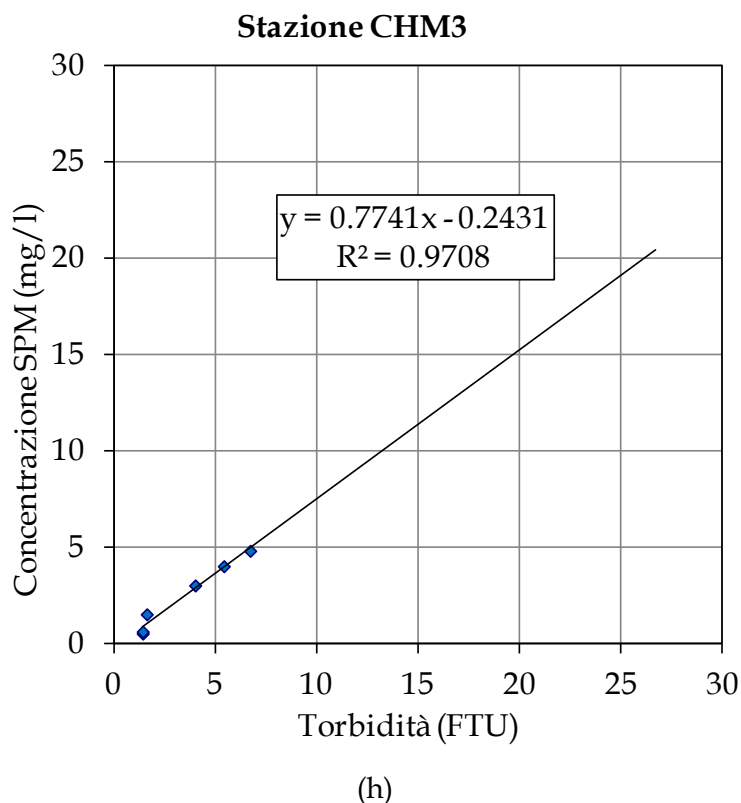


Figura 3.2. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette di regressione sono state calcolate includendo tutti i valori disponibili fino ad Aprile 2013.

Si osserva come, ad esclusione della stazione CHM3, per la quale è disponibile un numero limitato di informazioni, 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 minore correlazione tra valori misurati e campioni prelevati, probabilmente dovuta alla frequente presenza di ostruzioni parziali davanti alle finestre ottiche del sensore. Come descritto nel paragrafo 2.3, sono previsti degli interventi di manutenzione in laboratorio per il ripristino delle condizioni ottimali delle sonde (pulizia approfondita, ricalibrazione, sostituzione sensori). Tali interventi sono stati effettuati per ognuna delle sonde che presentavano evidenti anomalie e vengono comunque ripetuti ogni qual volta le sonde rientrano presso il laboratorio per eventuali riparazioni.

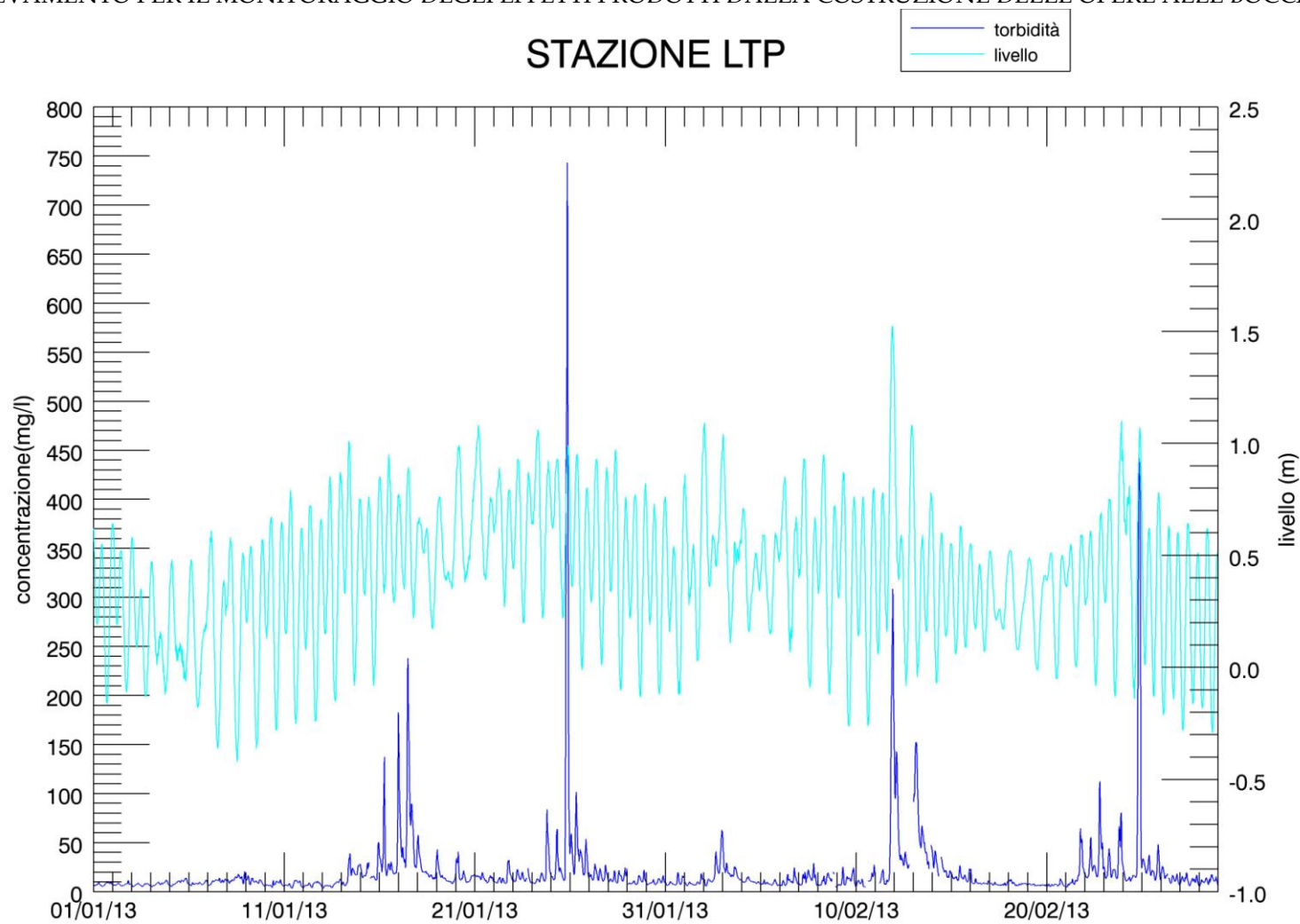
3.2 Serie temporali della concentrazione del particolato solido sospeso (SPM)

Le serie temporali del periodo Gennaio-Aprile 2013 sono incluse nei files del database allegato al presente Rapporto.

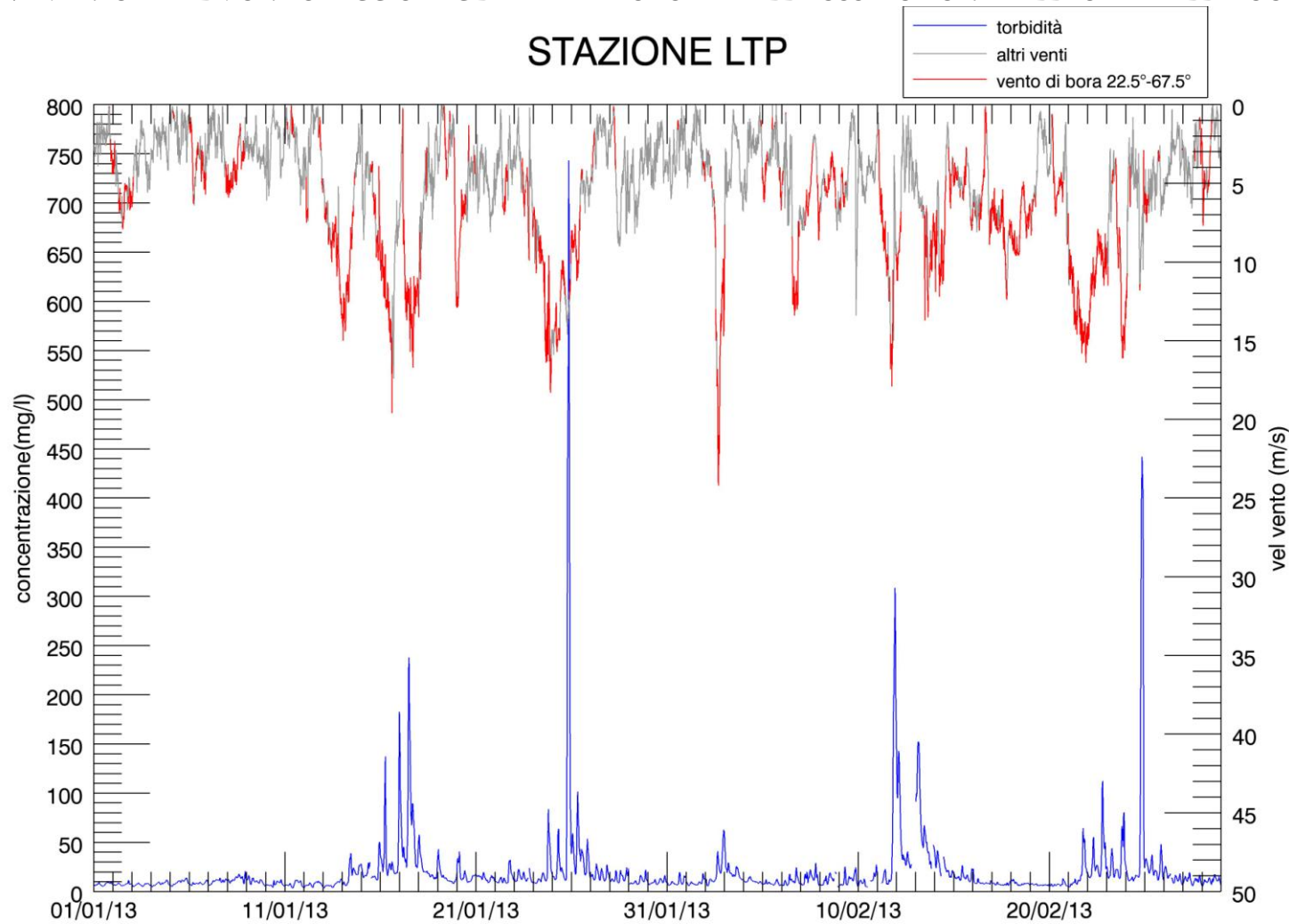
Di seguito vengono presentate due tipologie di elaborati grafici: nella prima (da Figura 3.3 (a) a Figura 3.18(a)) vengono rappresentati i valori di SPM (linea blu) e la curva di marea (linea azzurra) del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, Diga Sud di Lido, Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia), mentre nella seconda (da Figura 3.3 (b) a Figura 3.18 (b)) l'SPM è rappresentato insieme

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

all'andamento orario della velocità del vento (evidenziando con il colore rosso il vento di bora),
misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR.

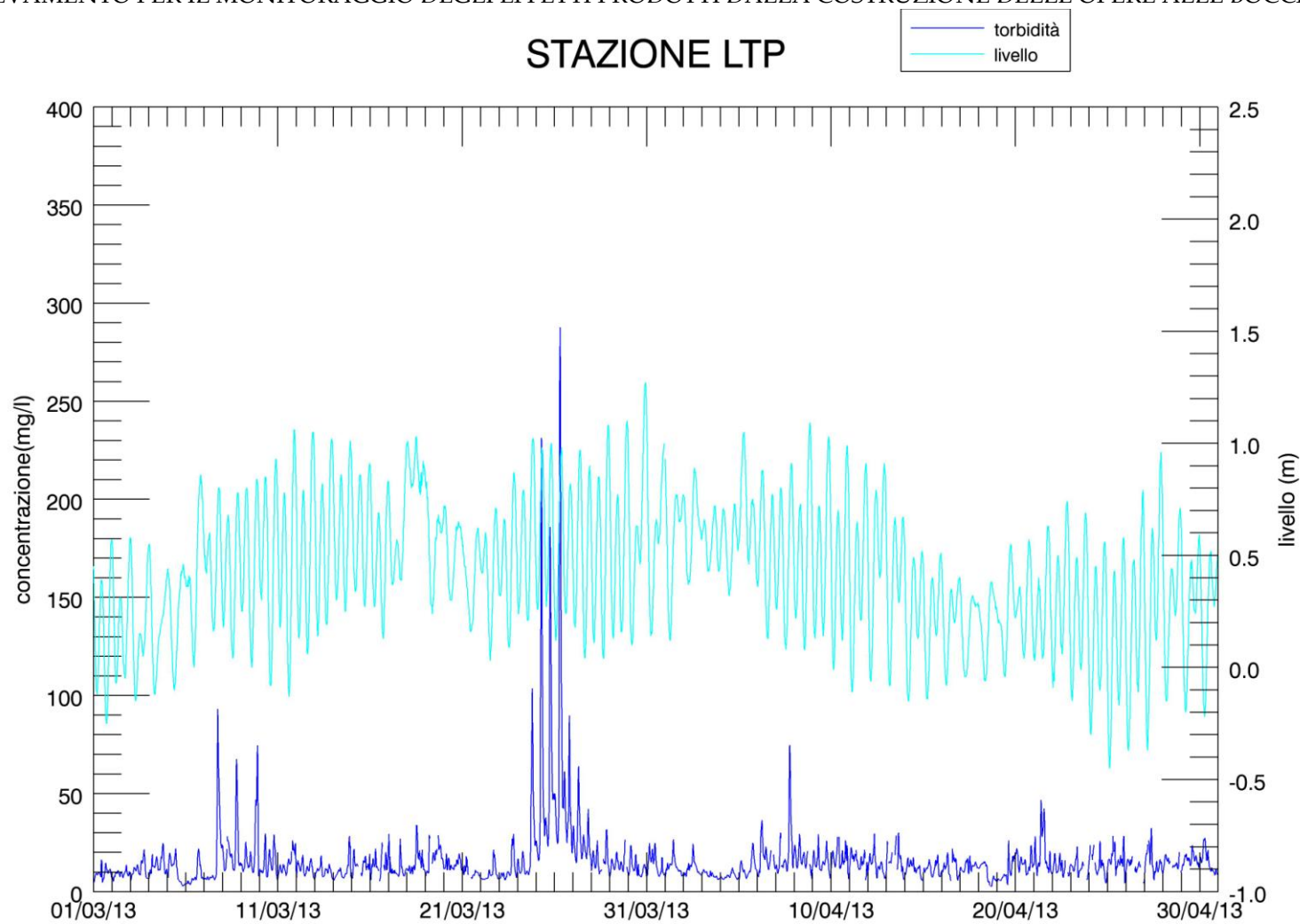


(a)

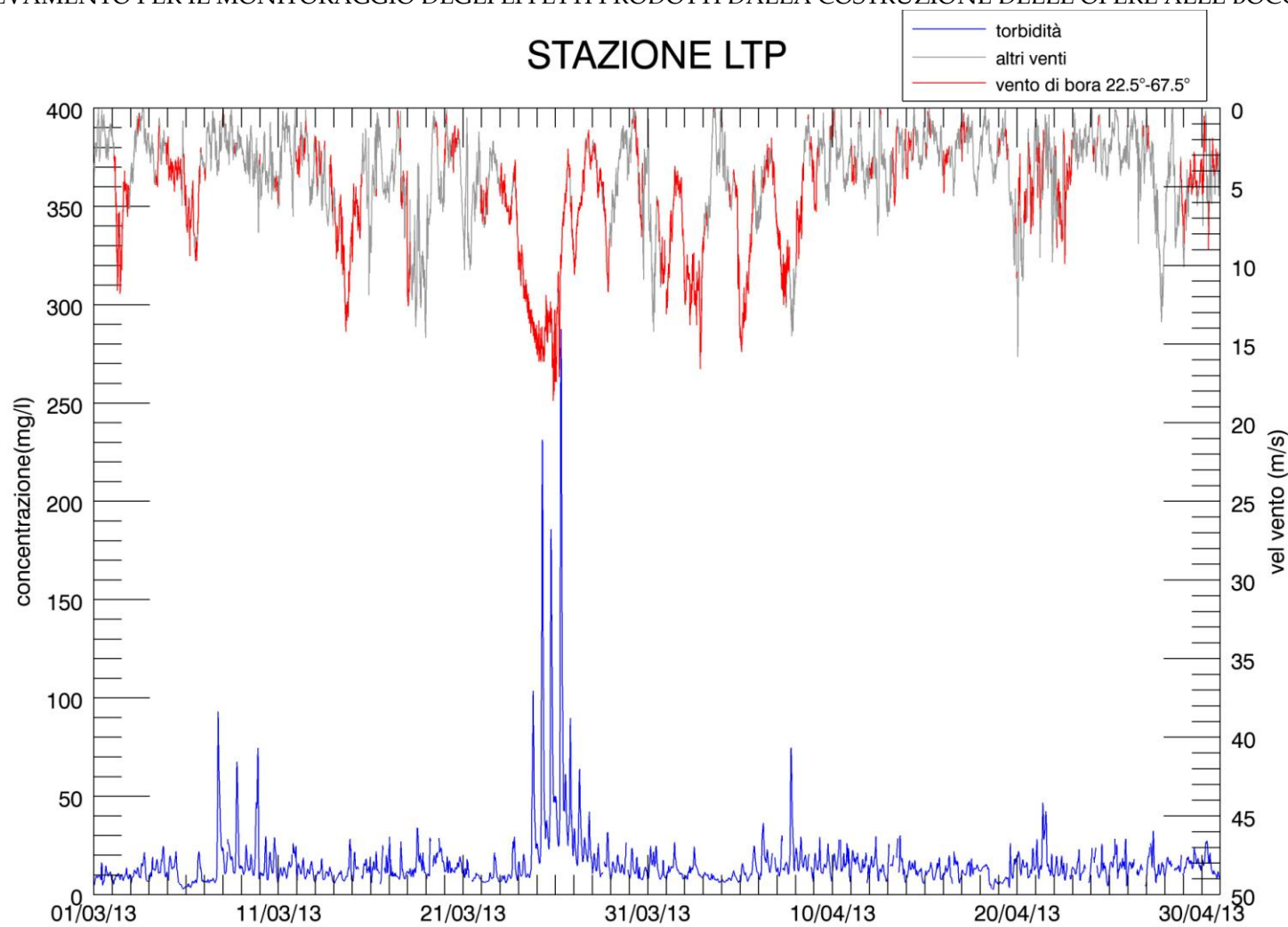


(b)

Figura 3.3. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LTP nel periodo Gennaio-Febbraio 2013

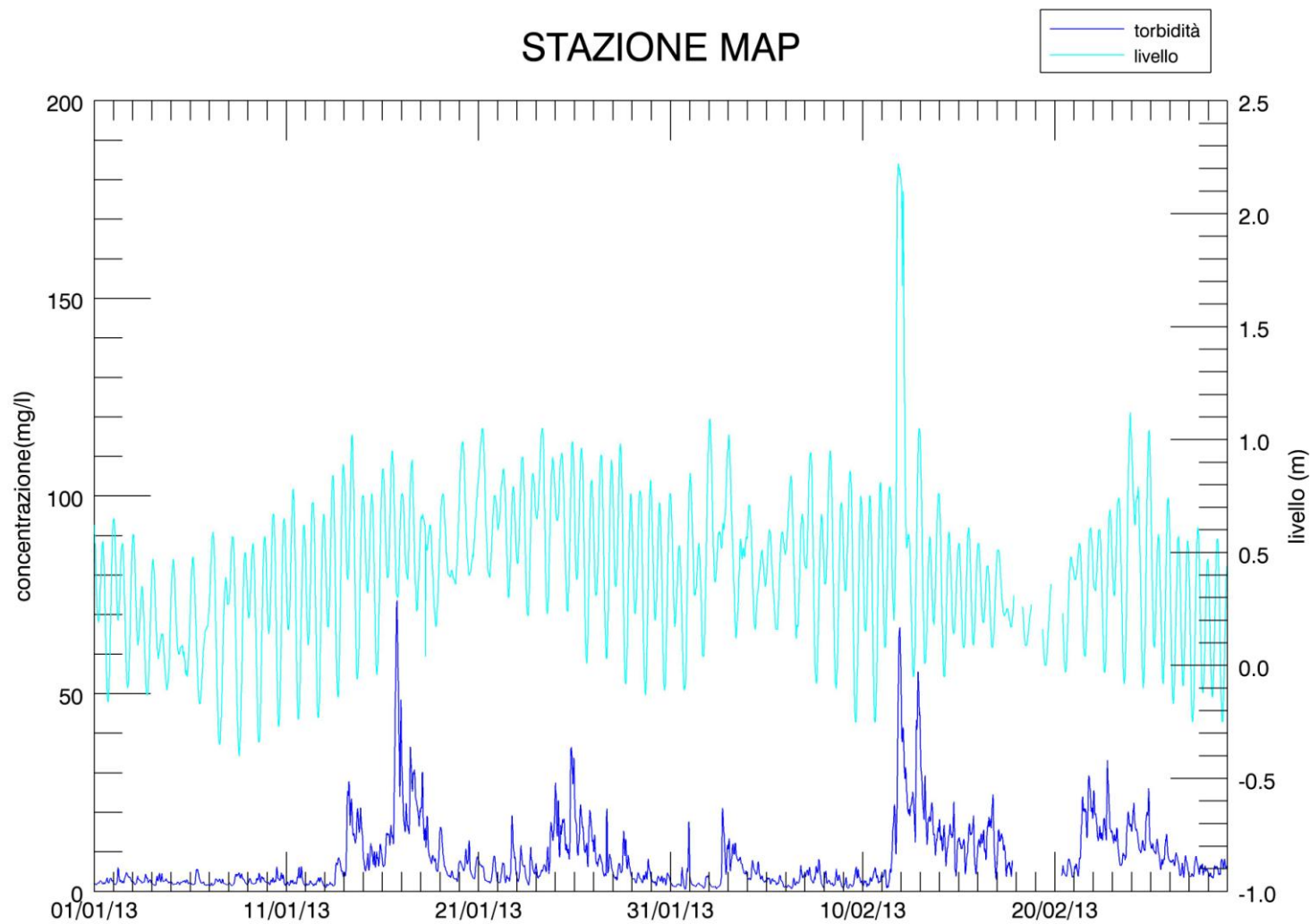


(a)

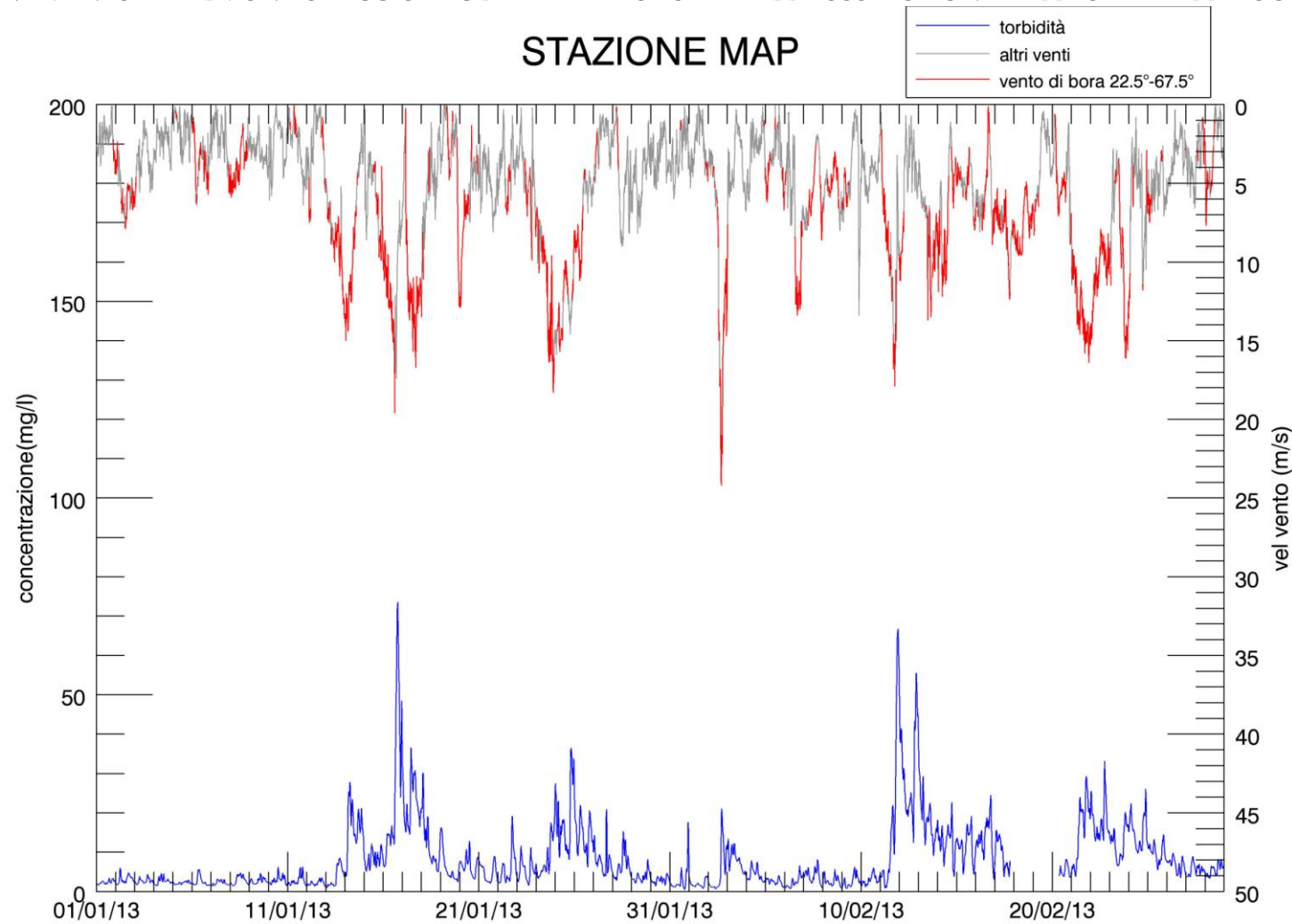


(b)

Figura 3.4. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LTP nel periodo Marzo-Aprile 2013.

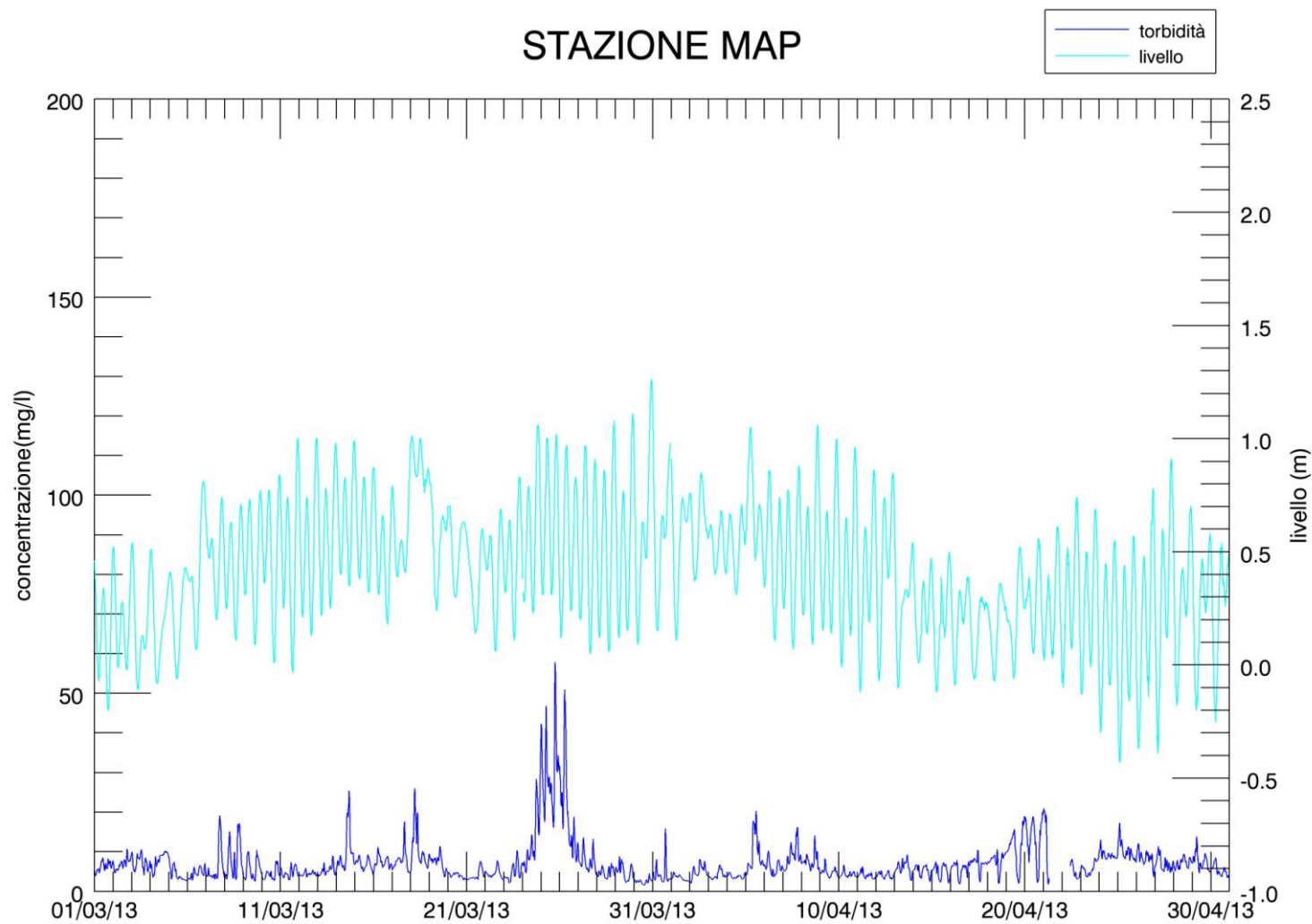


(a)

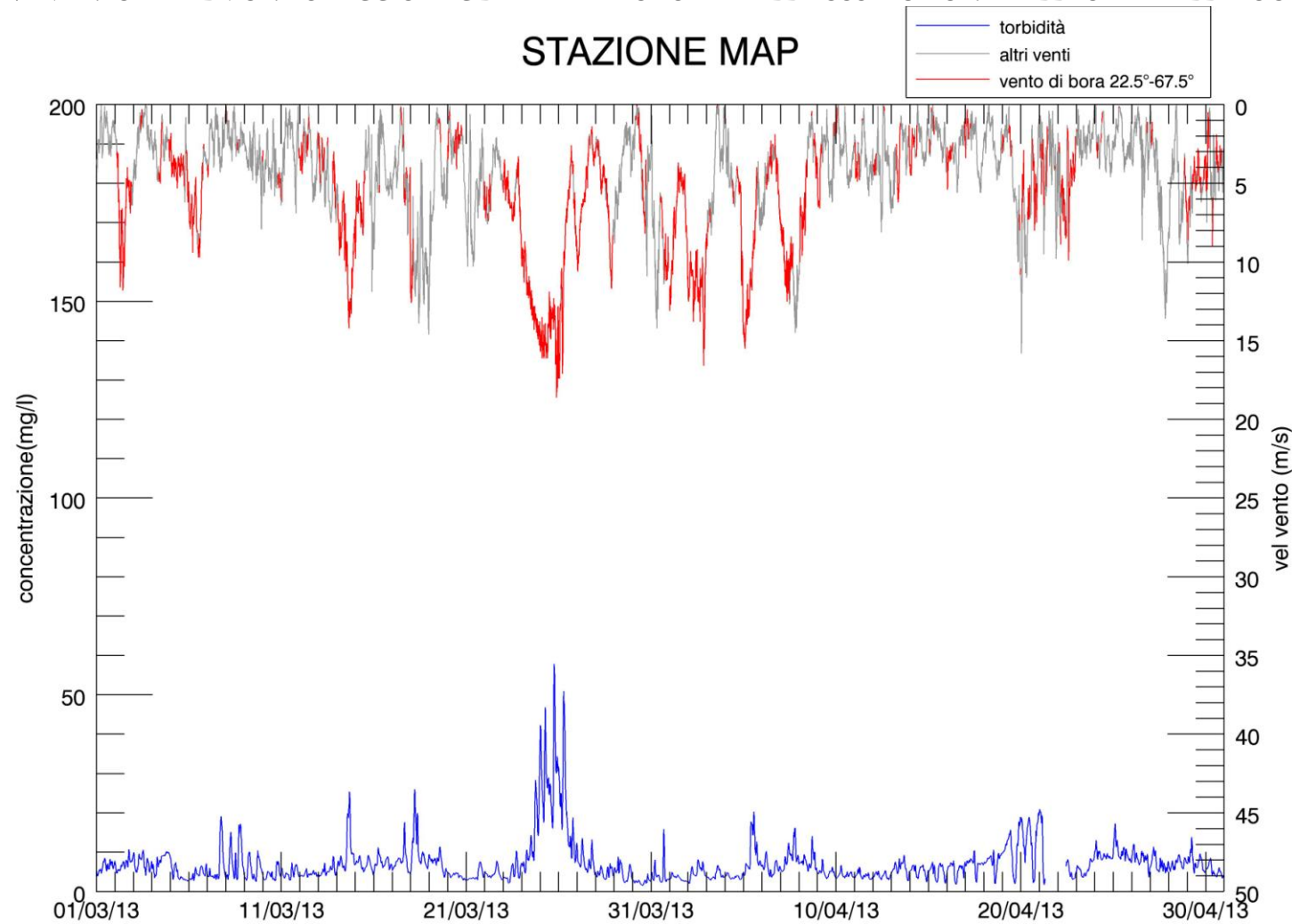


(b)

Figura 3.5. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAP nel periodo Gennaio-Febbraio 2013

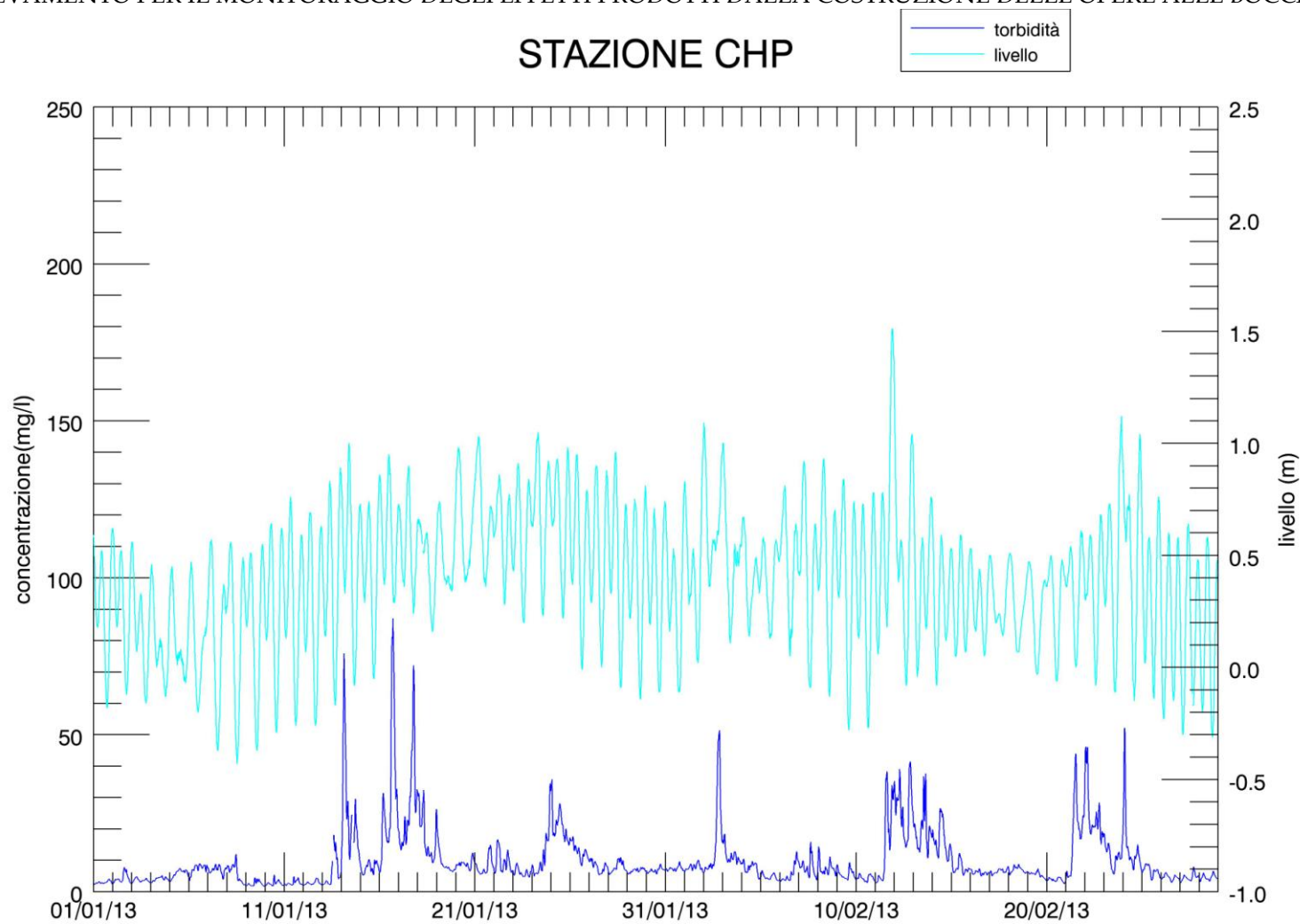


(a)

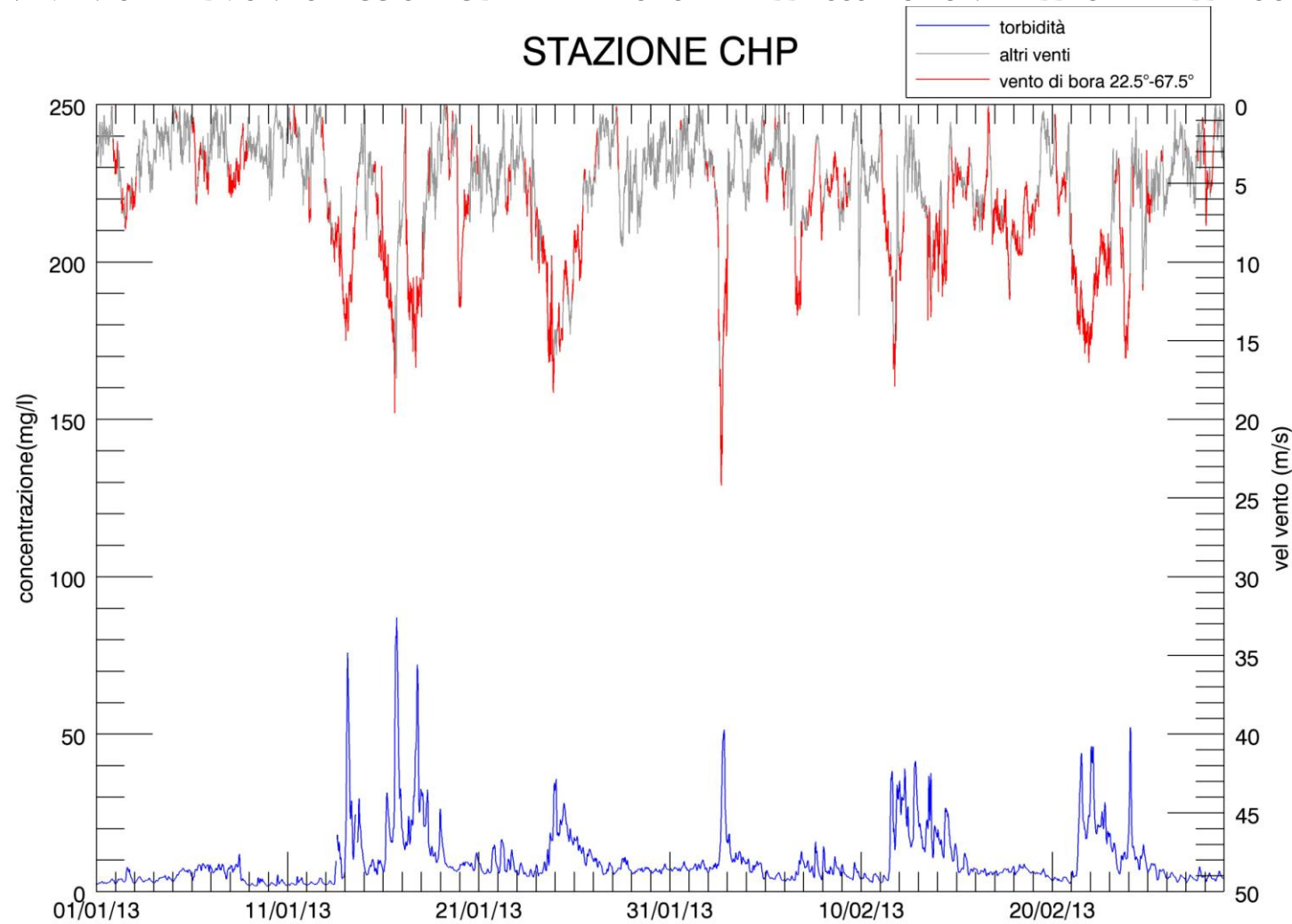


(b)

Figura 3.6. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAP nel periodo Marzo-Aprile 2013.

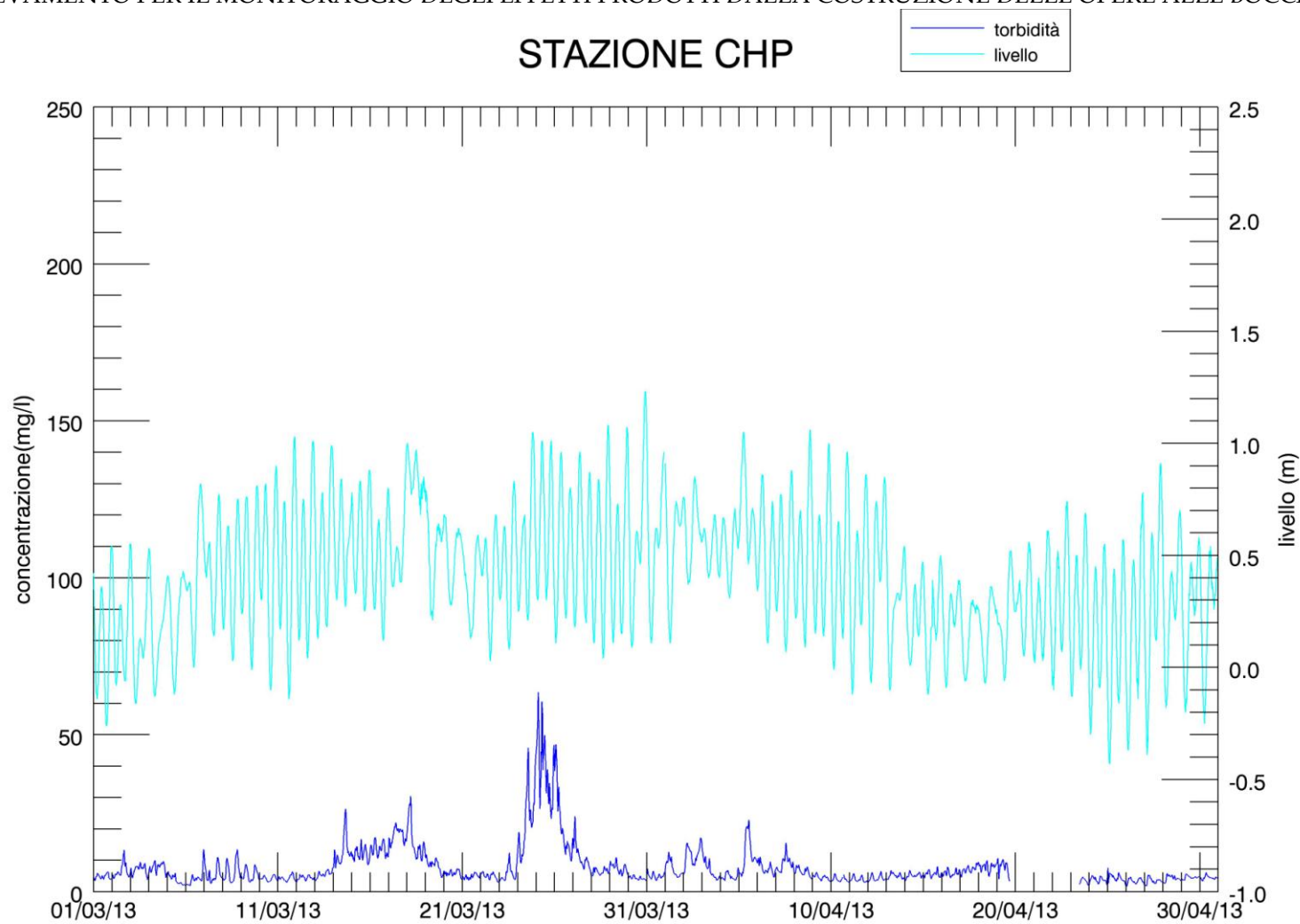


(a)

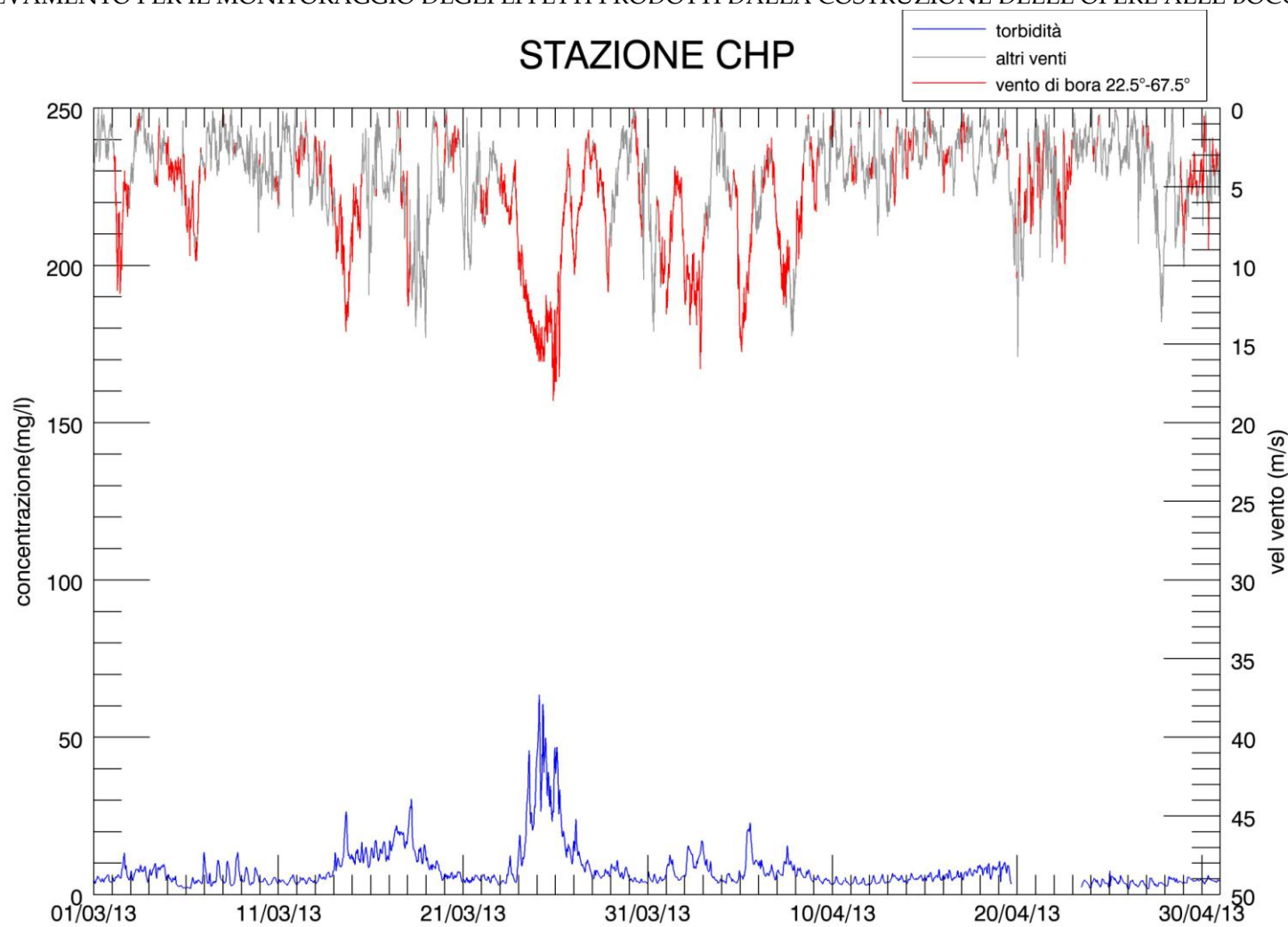


(b)

Figura 3.7. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHP nel periodo Gennaio-Febbraio 2013

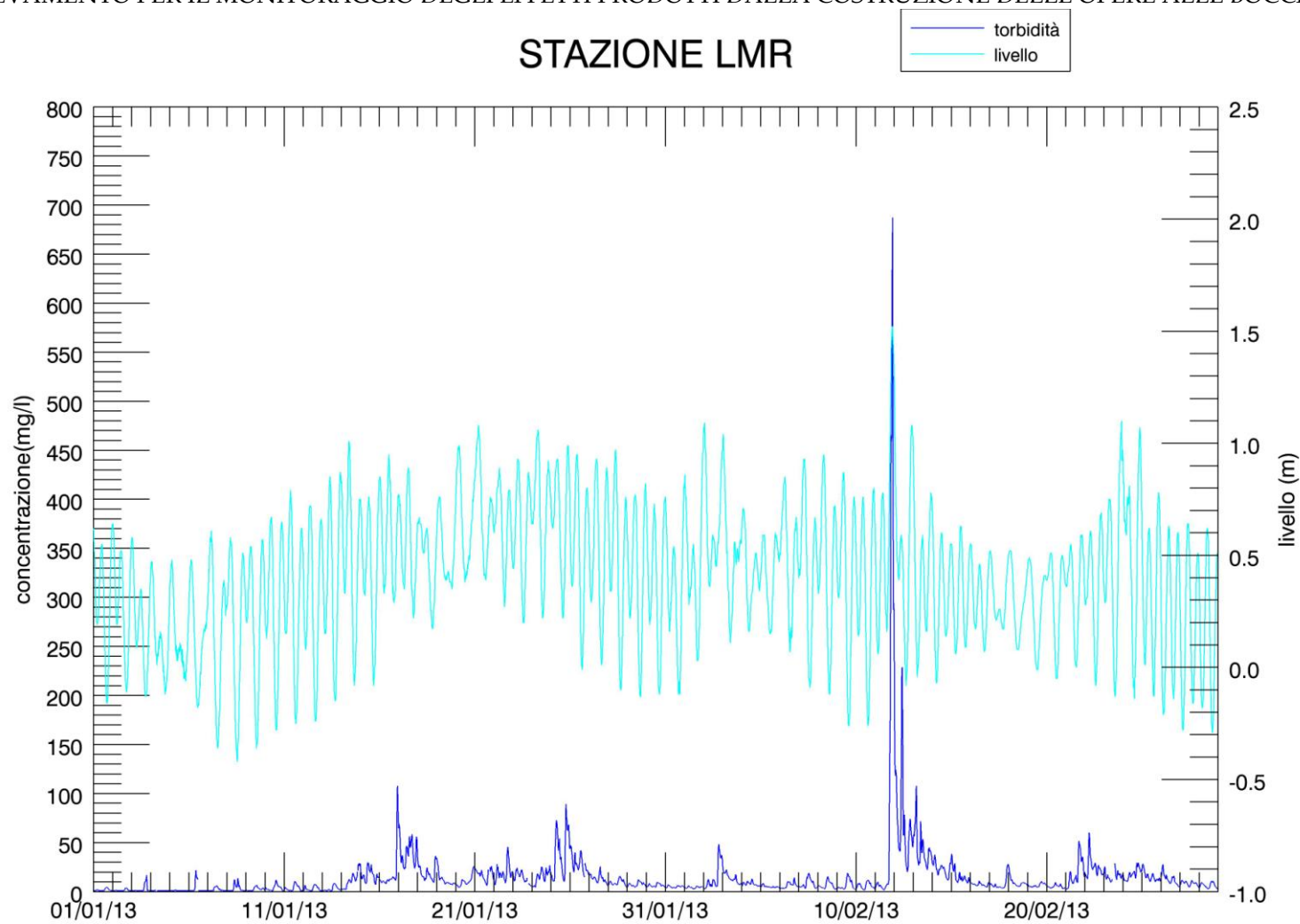


(a)

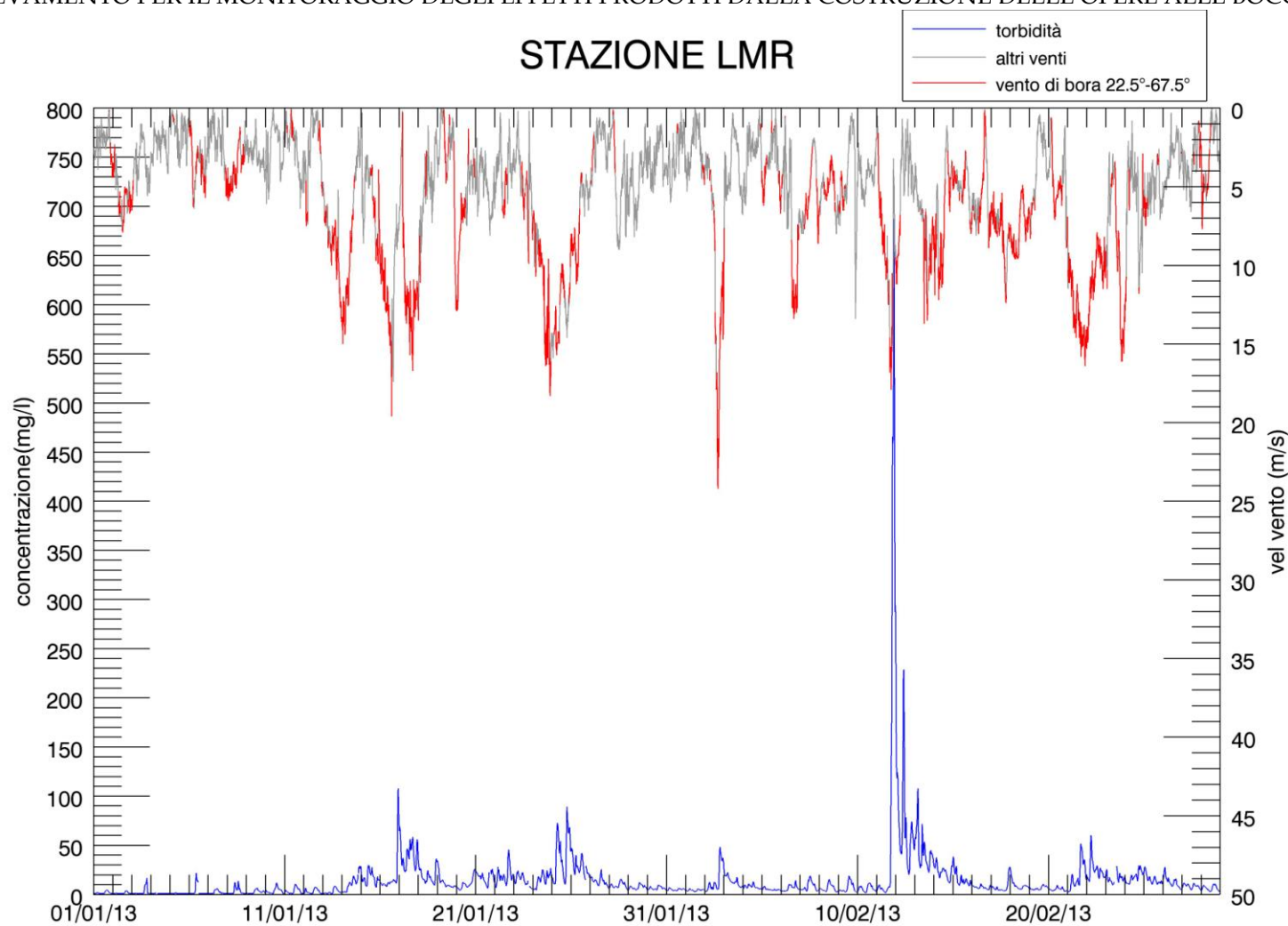


(b)

Figura 3.8. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHP nel periodo Marzo-Aprile 2013.

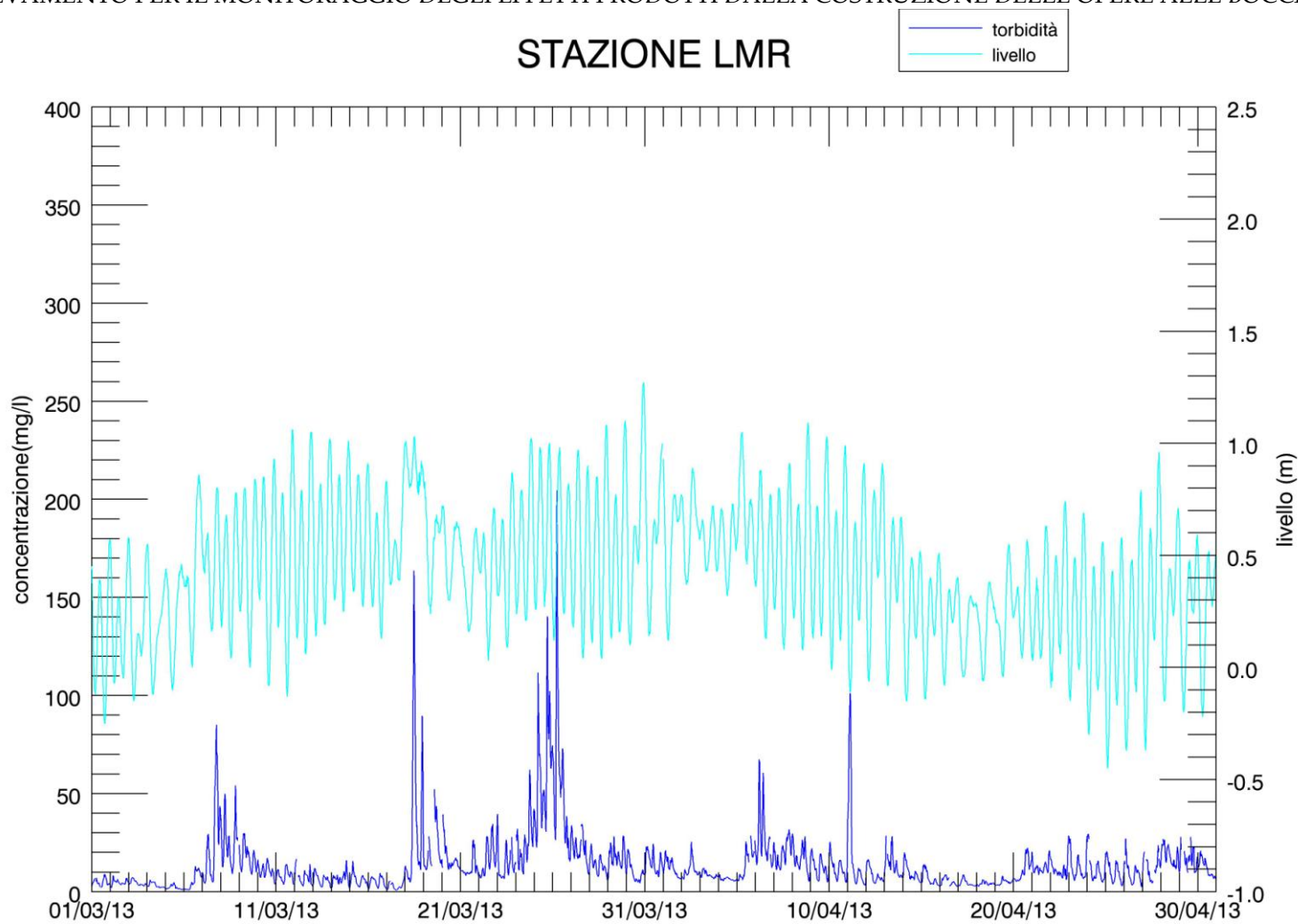


(a)

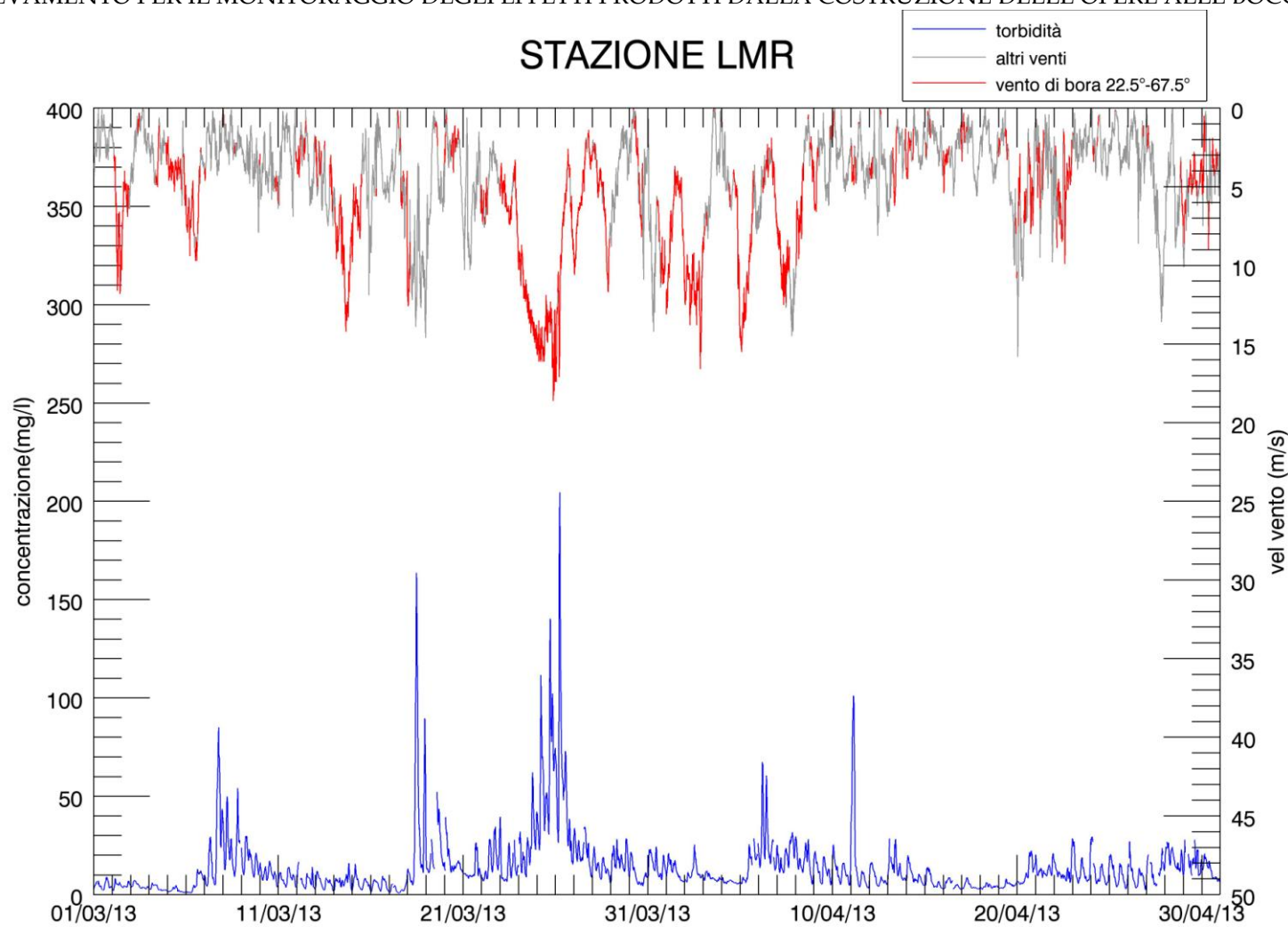


(b)

Figura 3.9. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR nel periodo Gennaio-Febbraio 2013

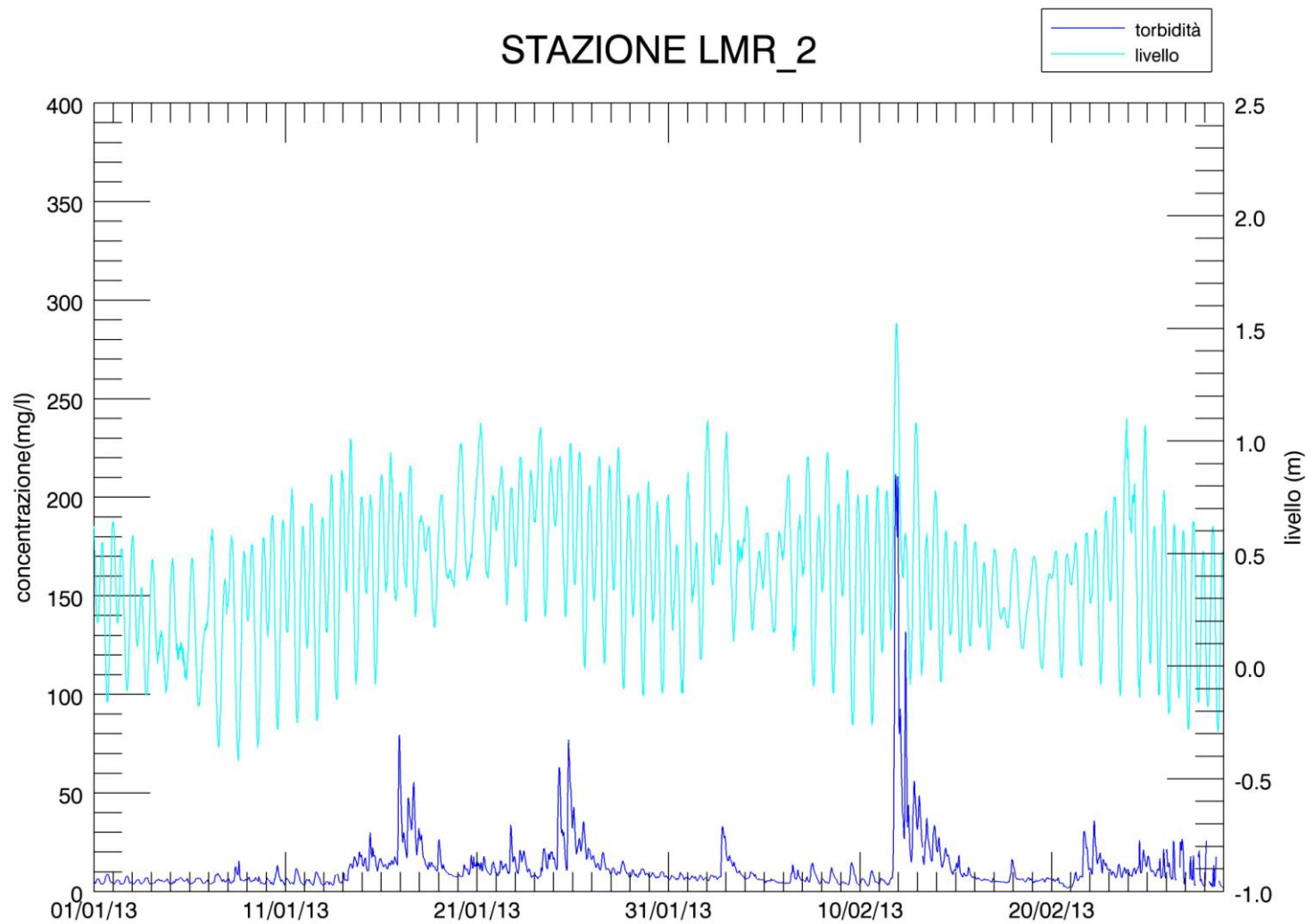


(a)

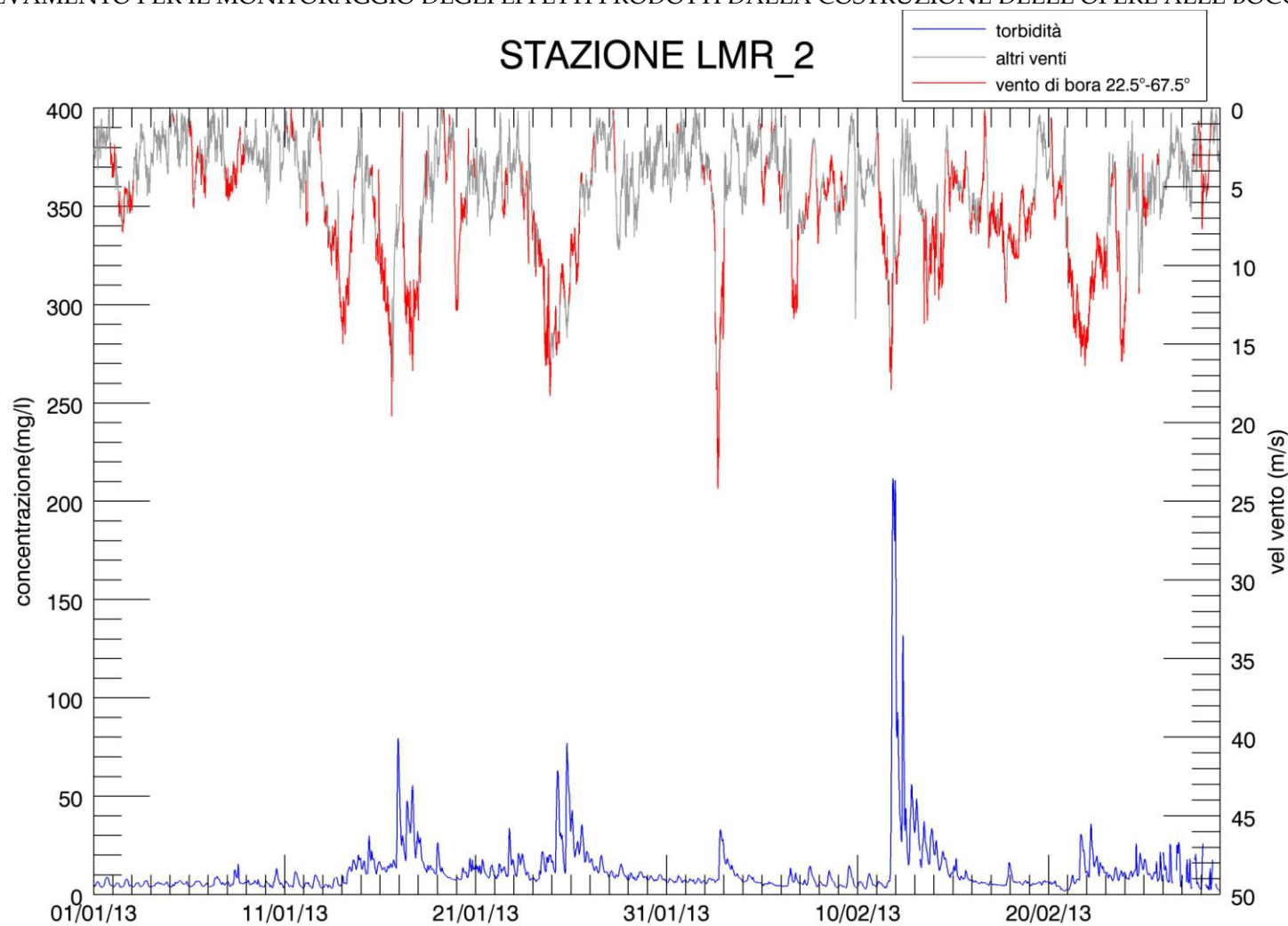


(b)

Figura 3.10. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR nel periodo Marzo-Aprile 2013.

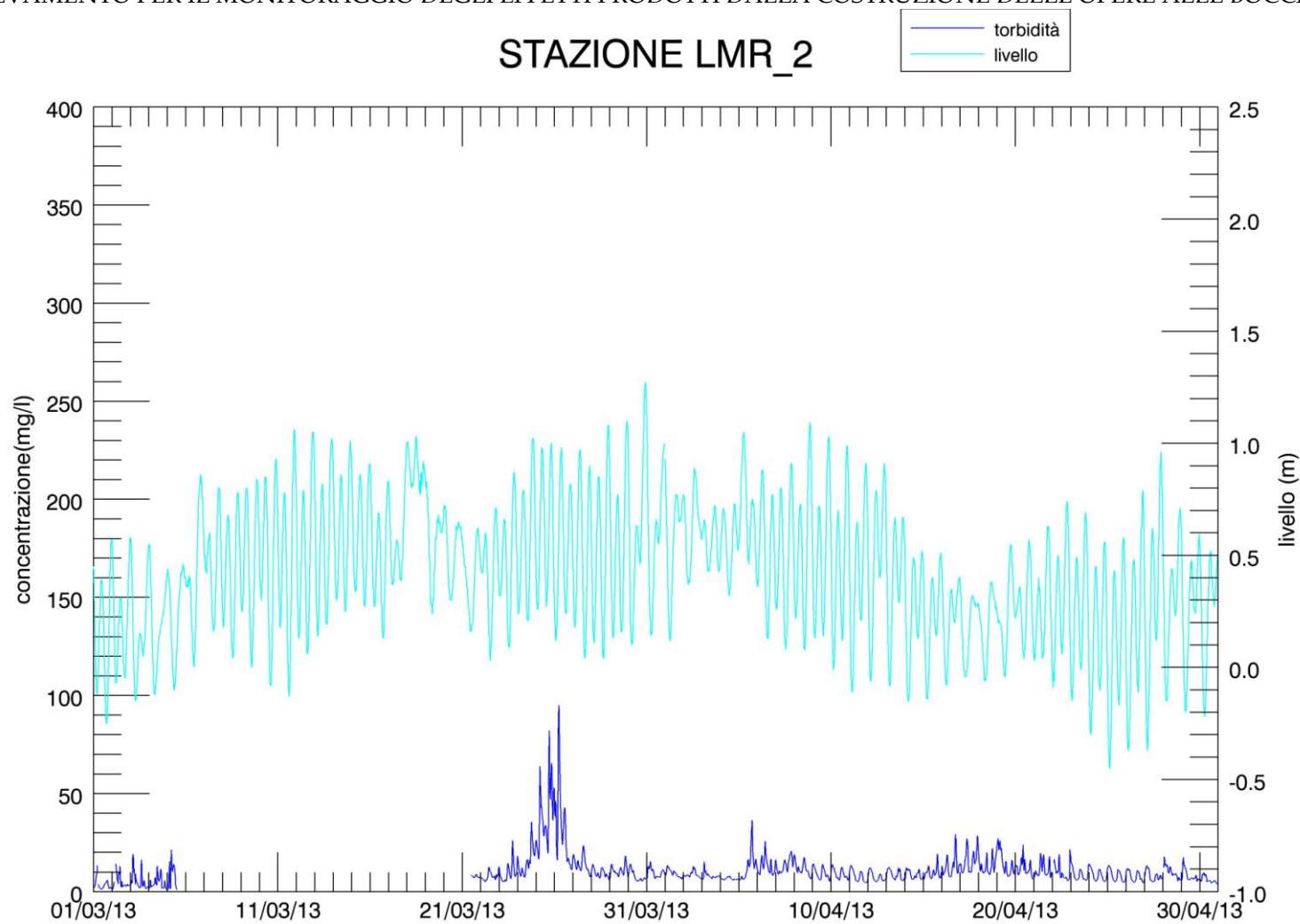


(a)

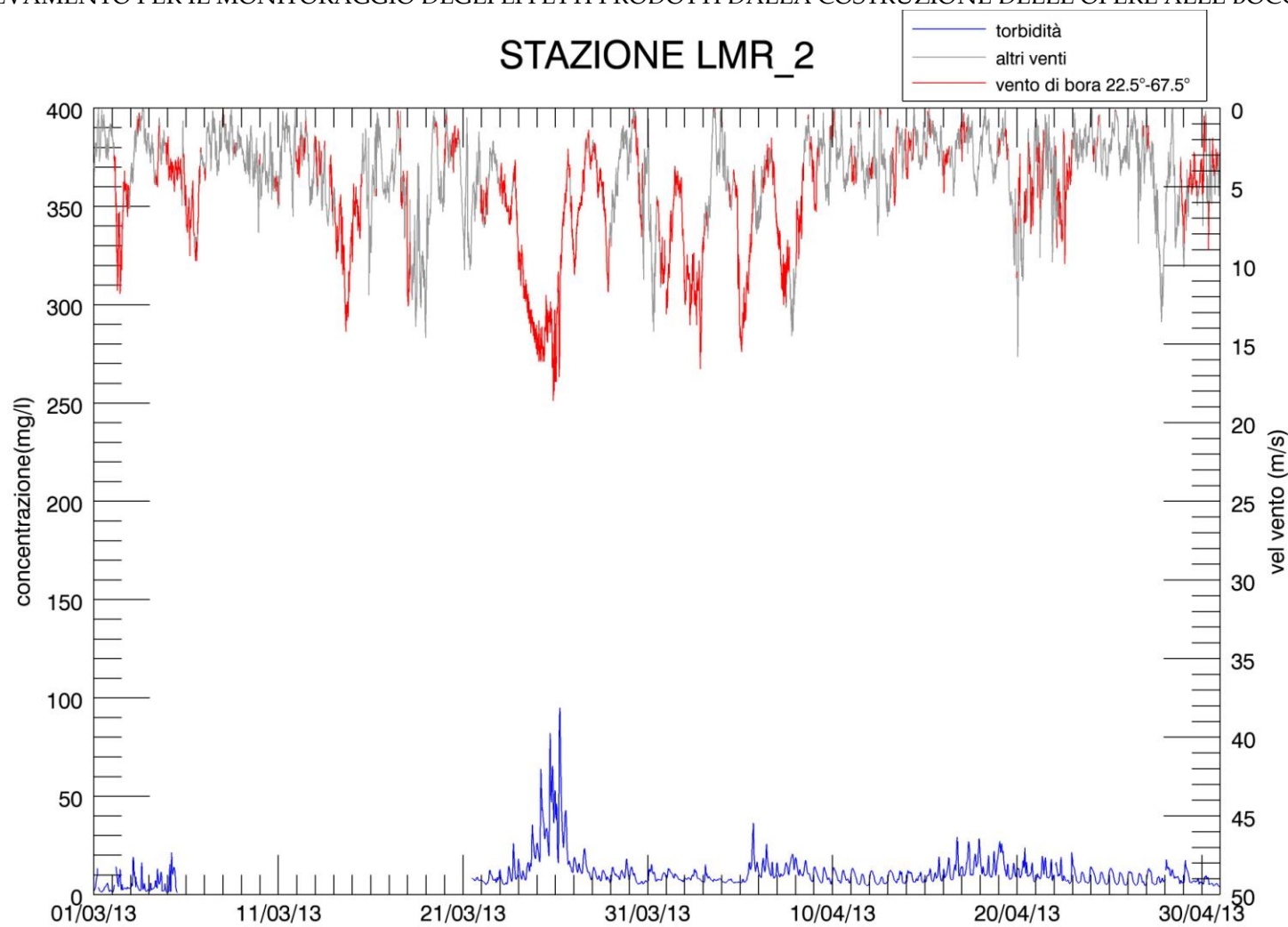


(b)

Figura 3.11. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR-2 nel periodo Gennaio-Febbraio 2013

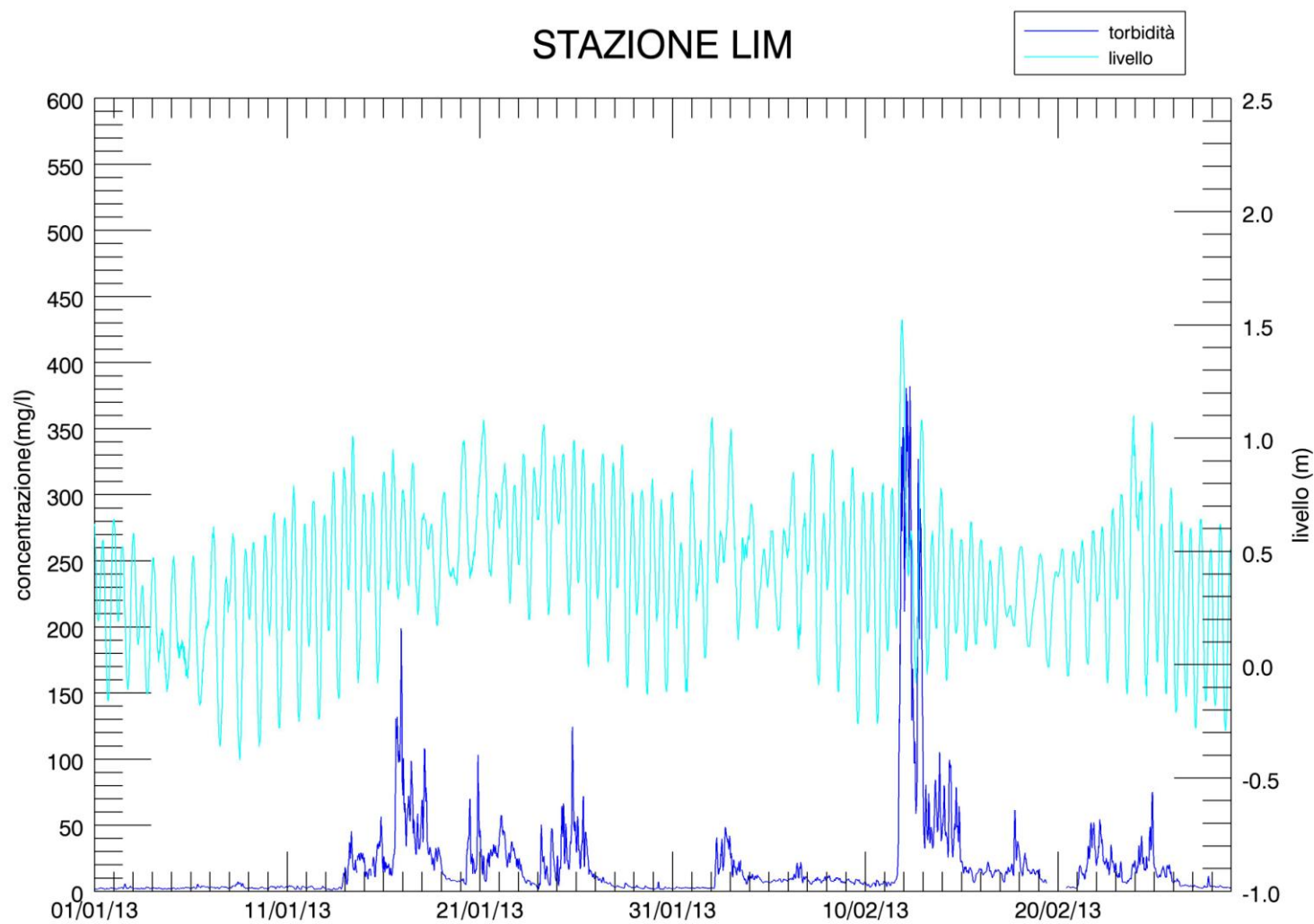


(a)

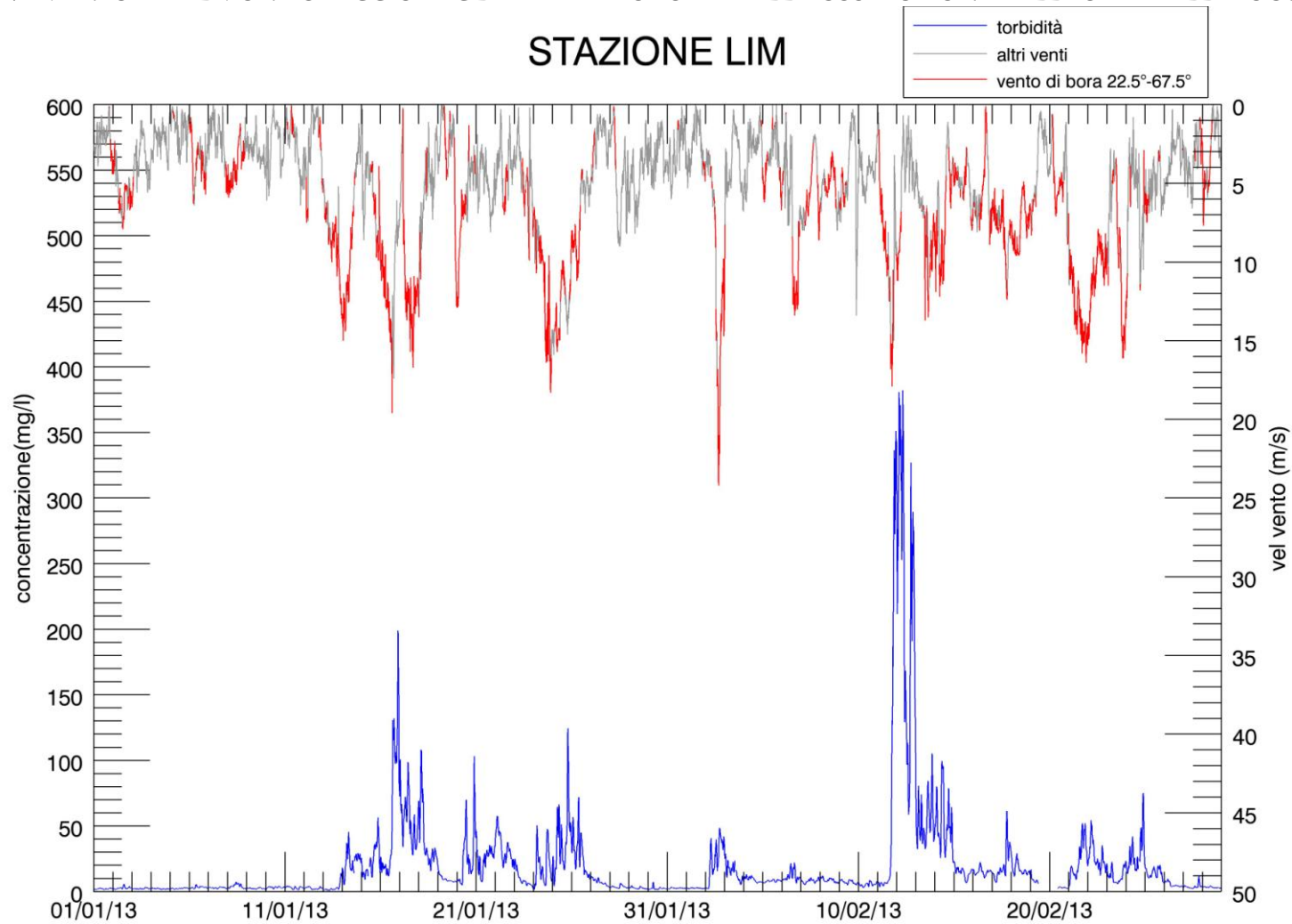


(b)

Figura 3.12. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LMR-2 nel periodo Marzo-Aprile 2013.

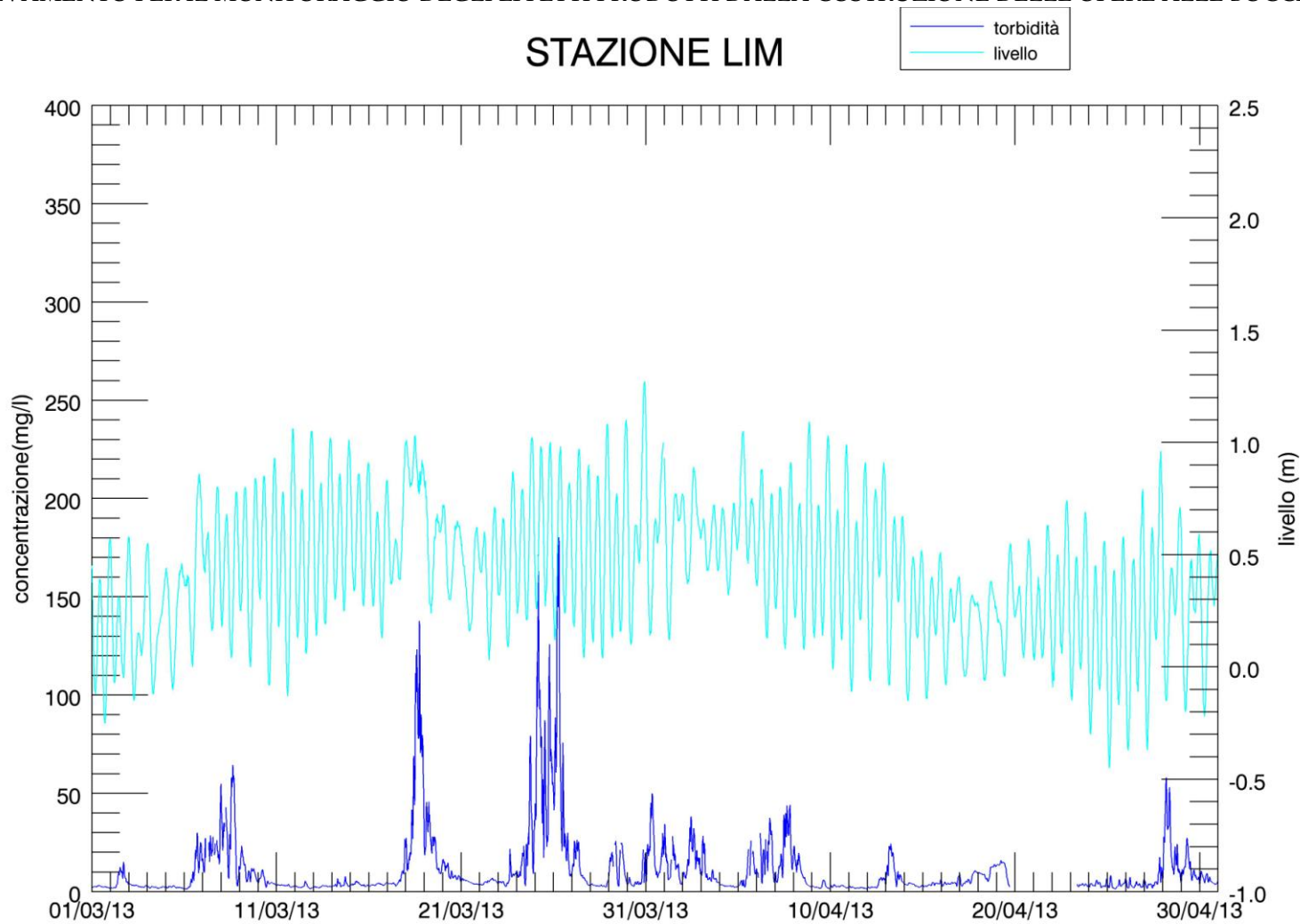


(a)

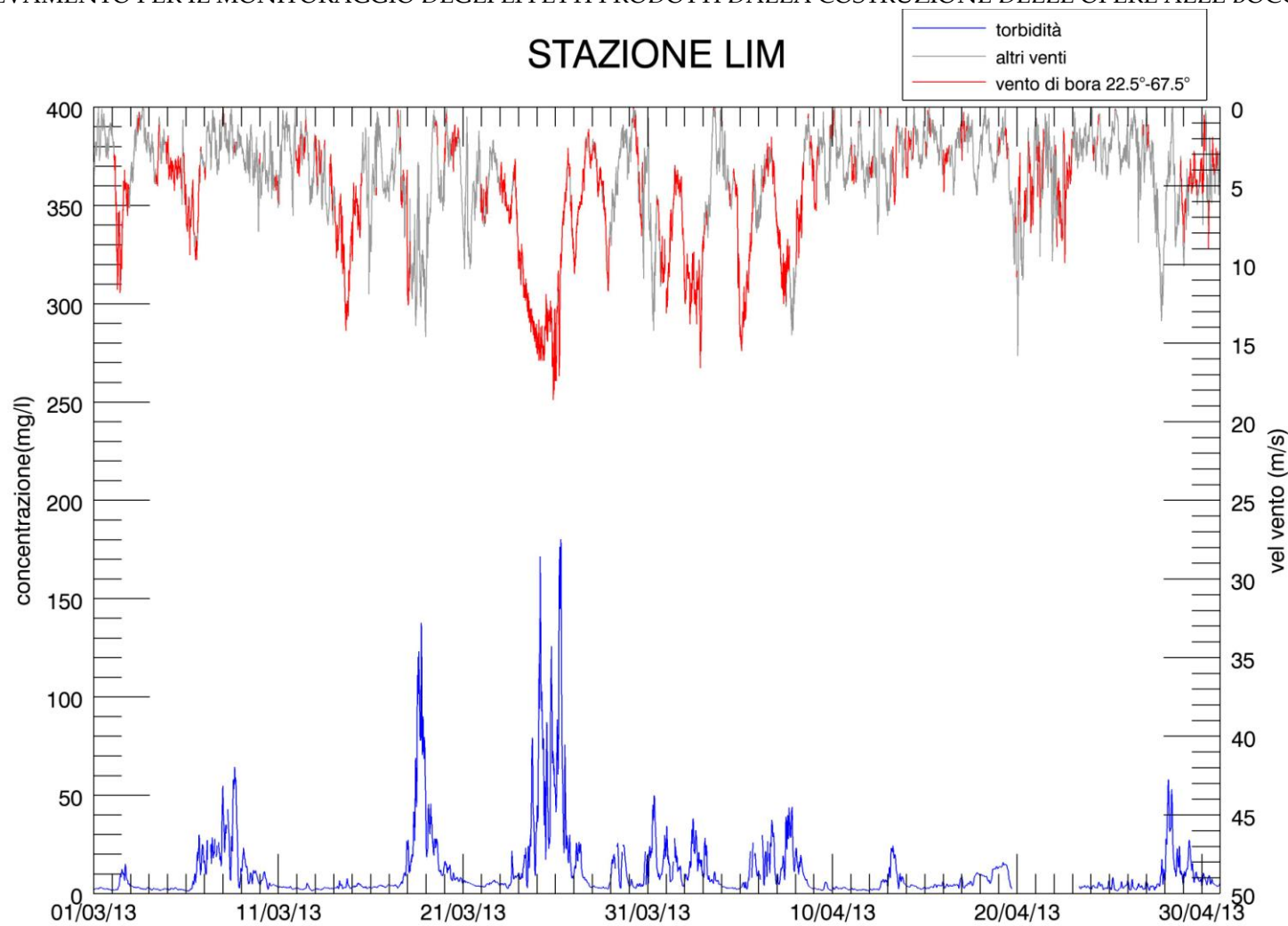


(b)

Figura 3.13. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LIM nel periodo Gennaio-Febbraio 2013

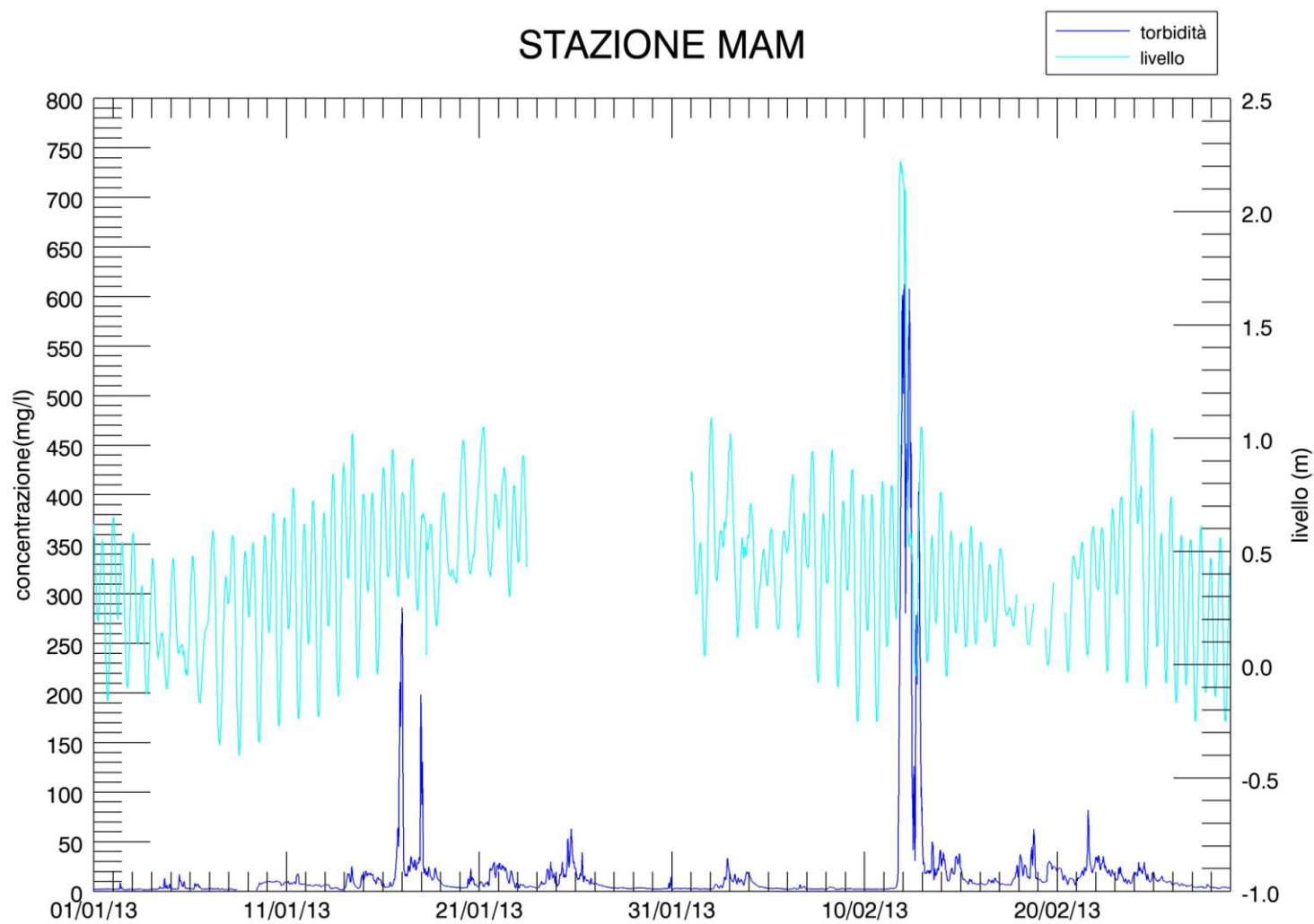


(a)

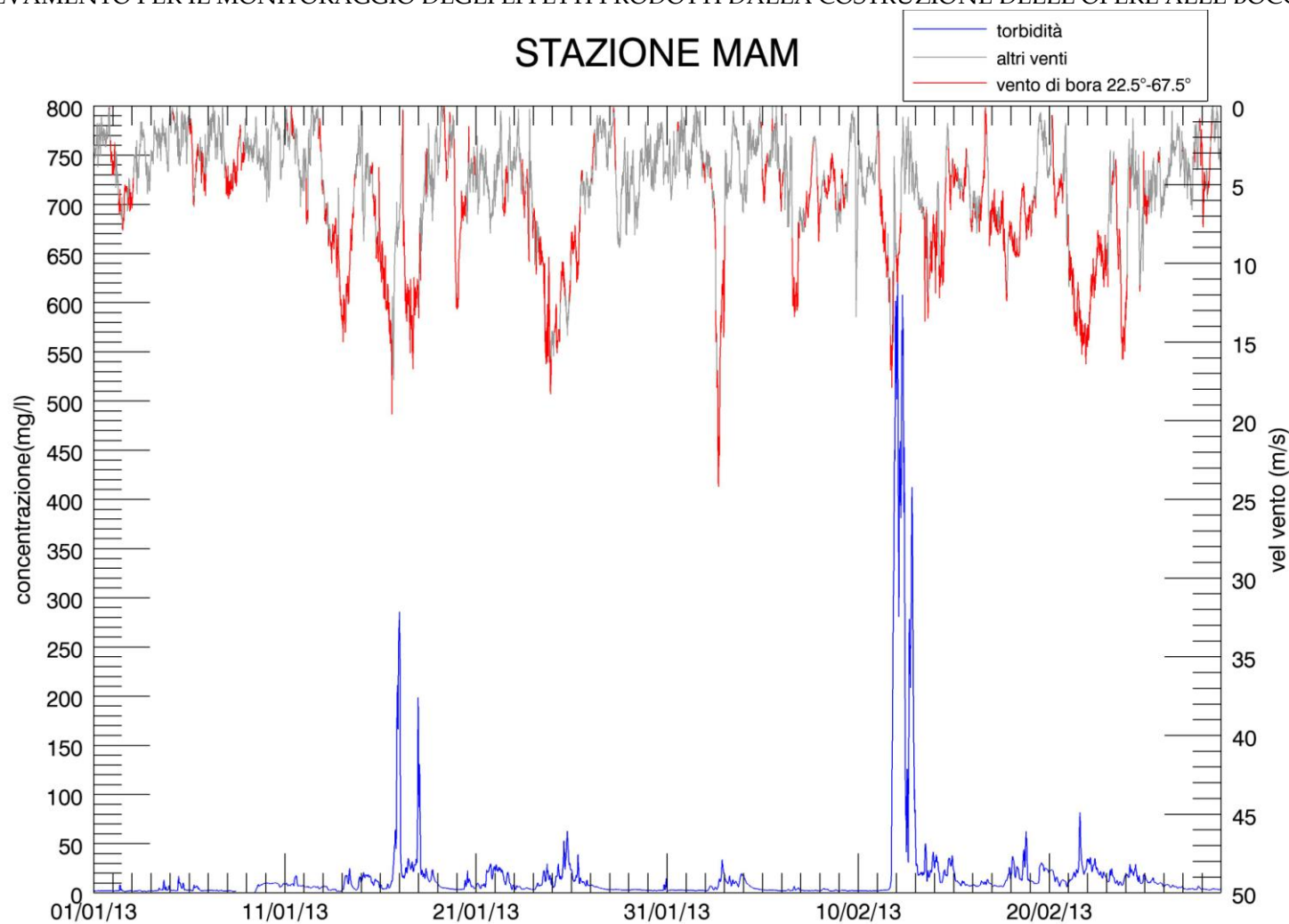


(b)

Figura 3.14. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione LIM nel periodo Marzo-Aprile 2013.

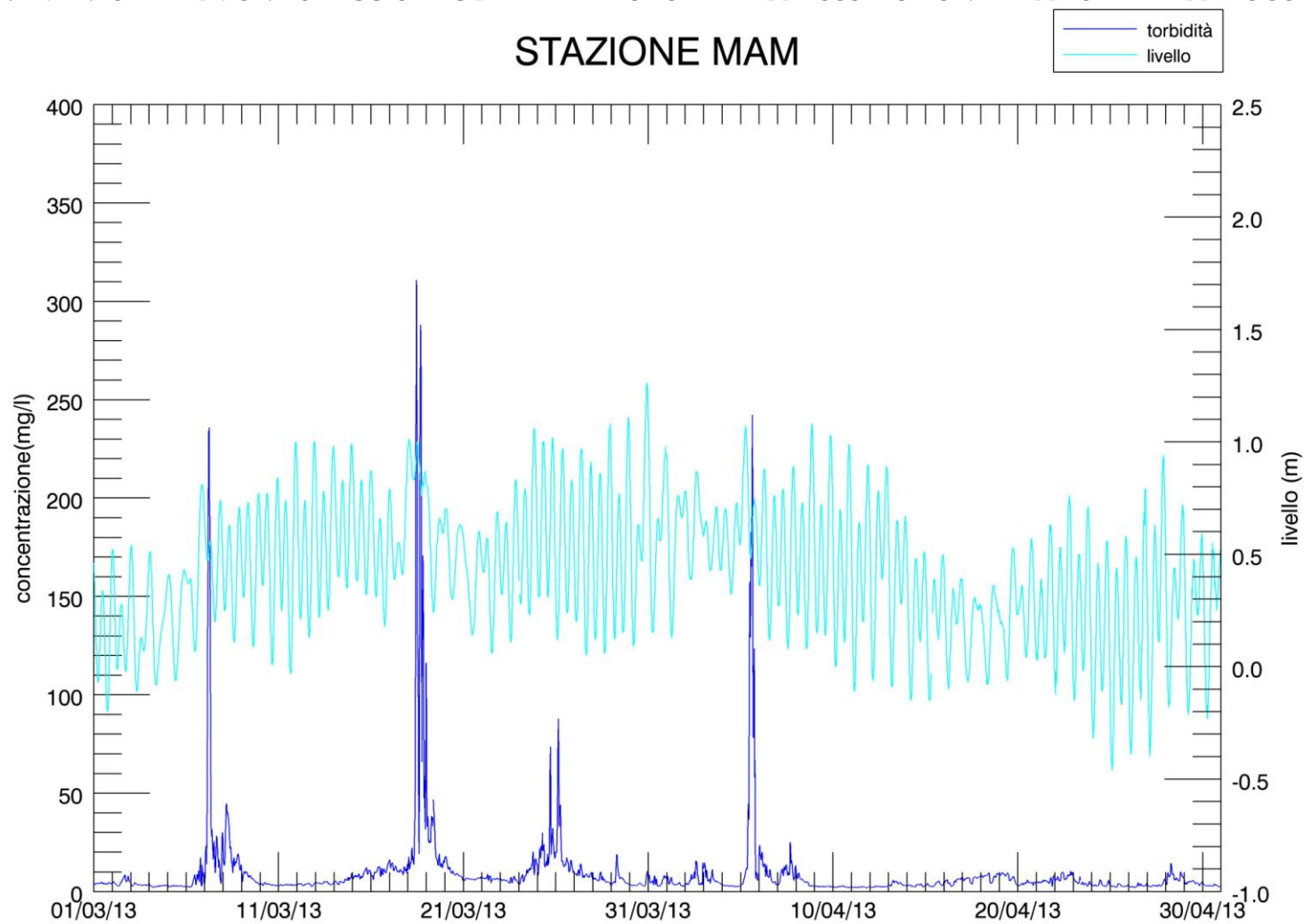


(a)

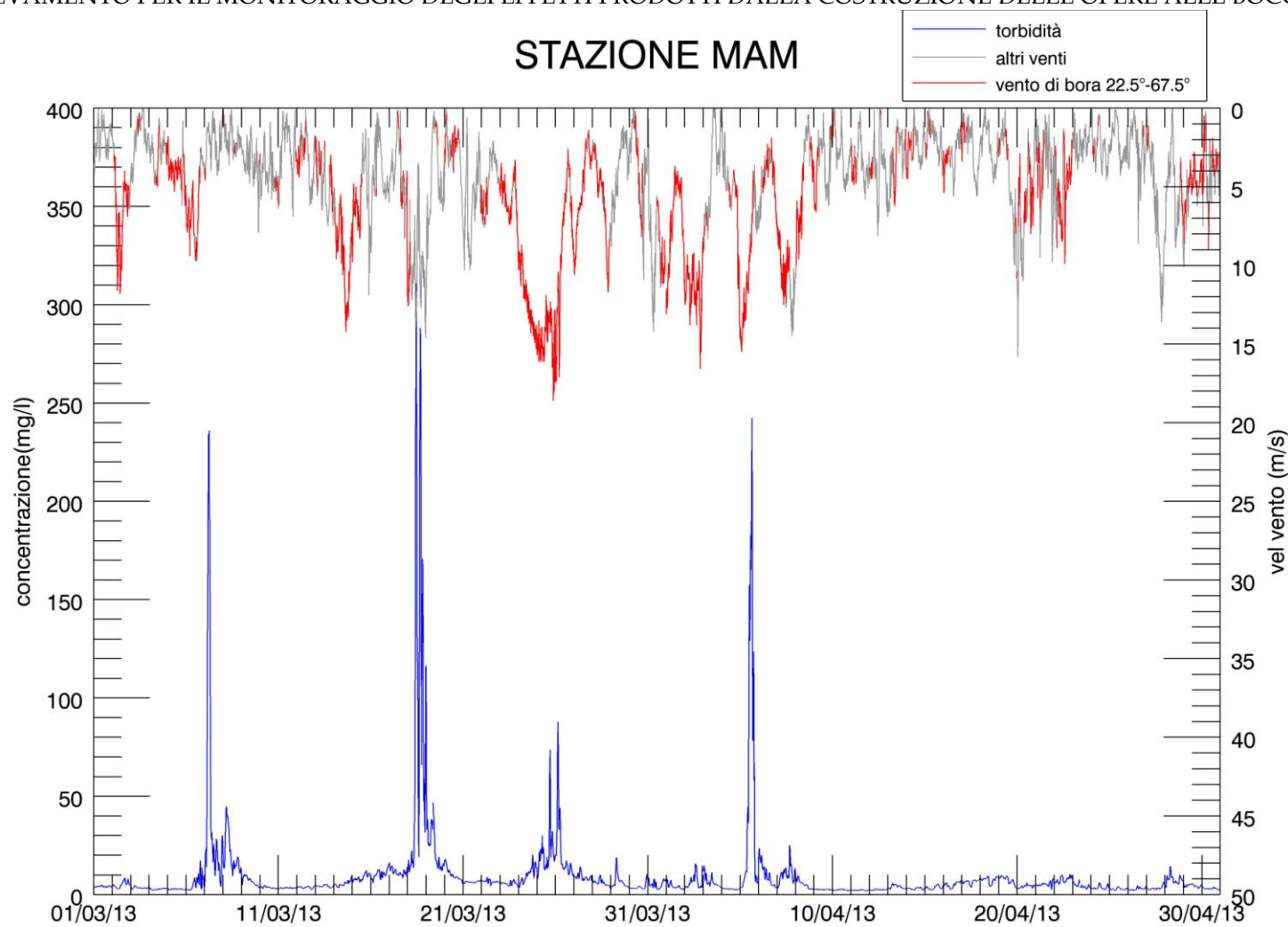


(b)

Figura 3.15. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAM nel periodo Gennaio-Febbraio 2013

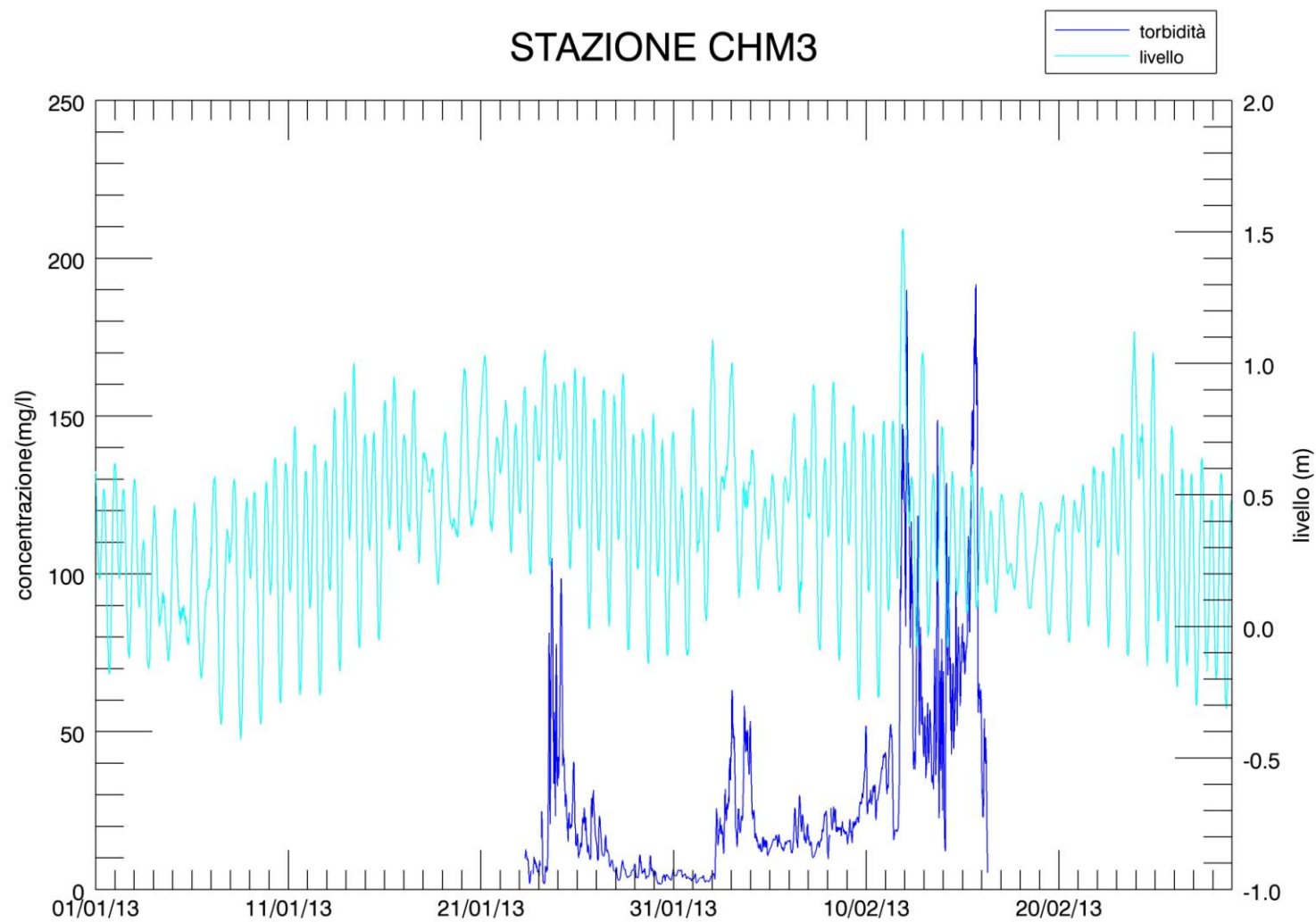


(a)

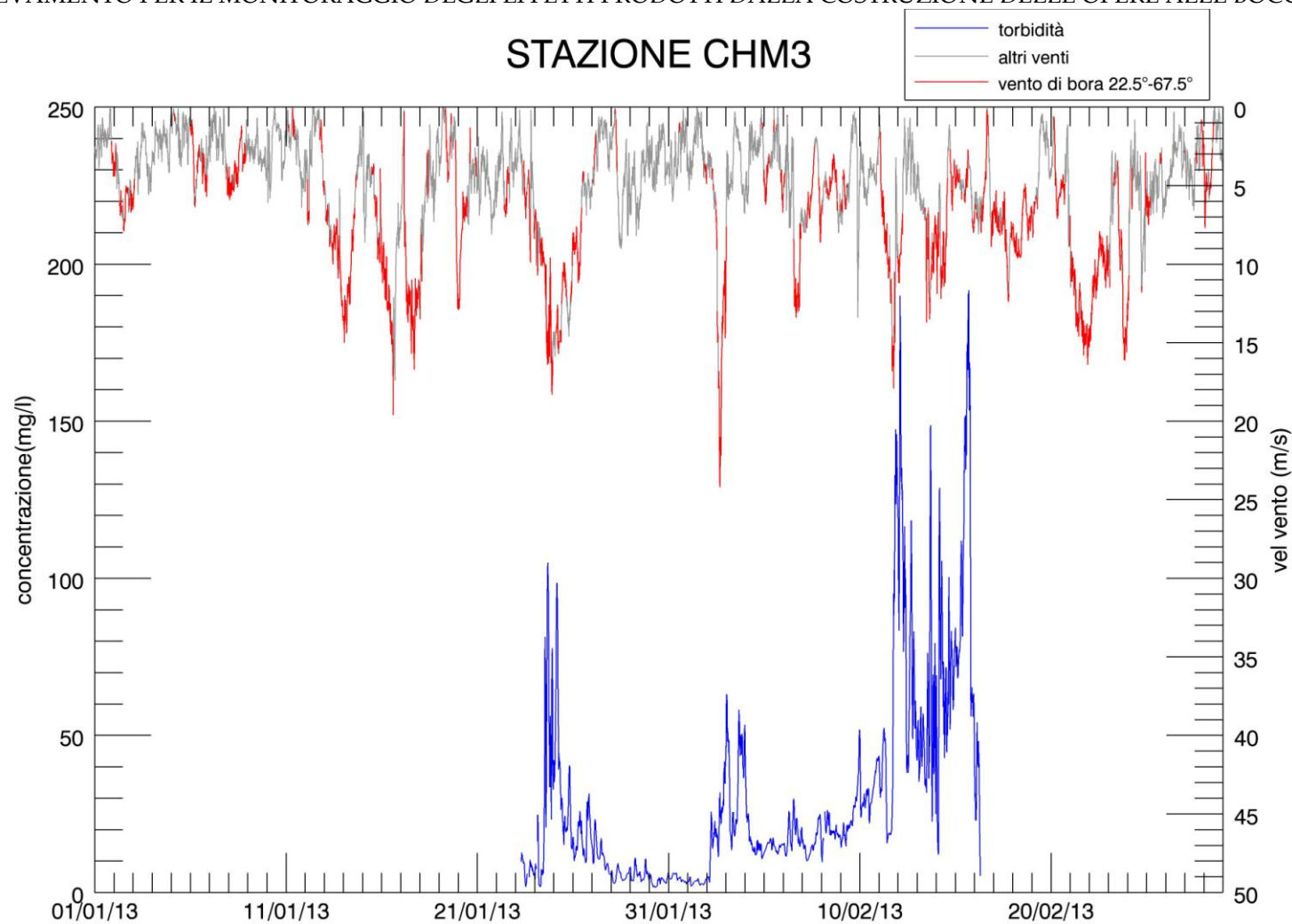


(b)

Figura 3.16. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAM nel periodo Marzo-Aprile 2013.

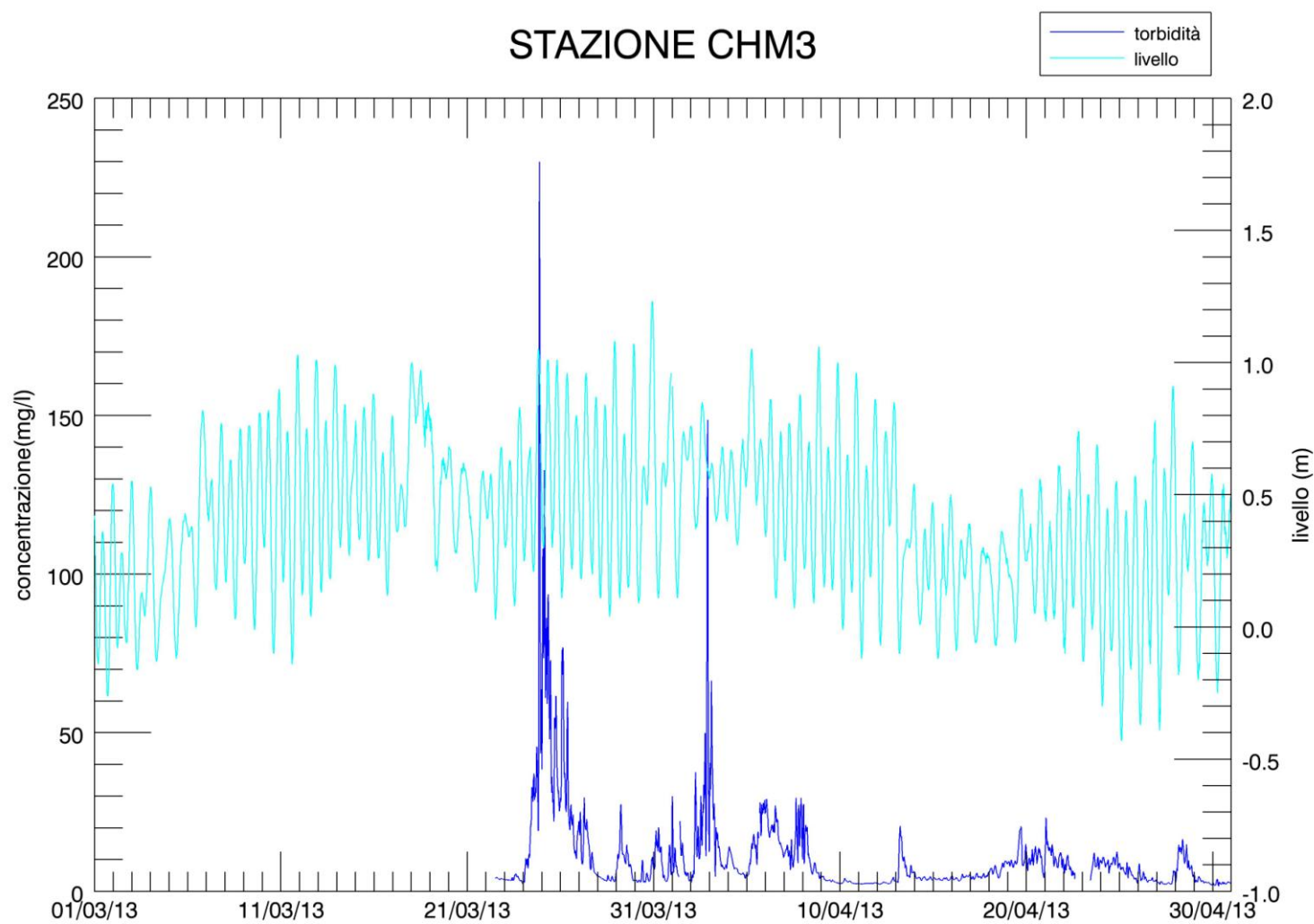


(a)

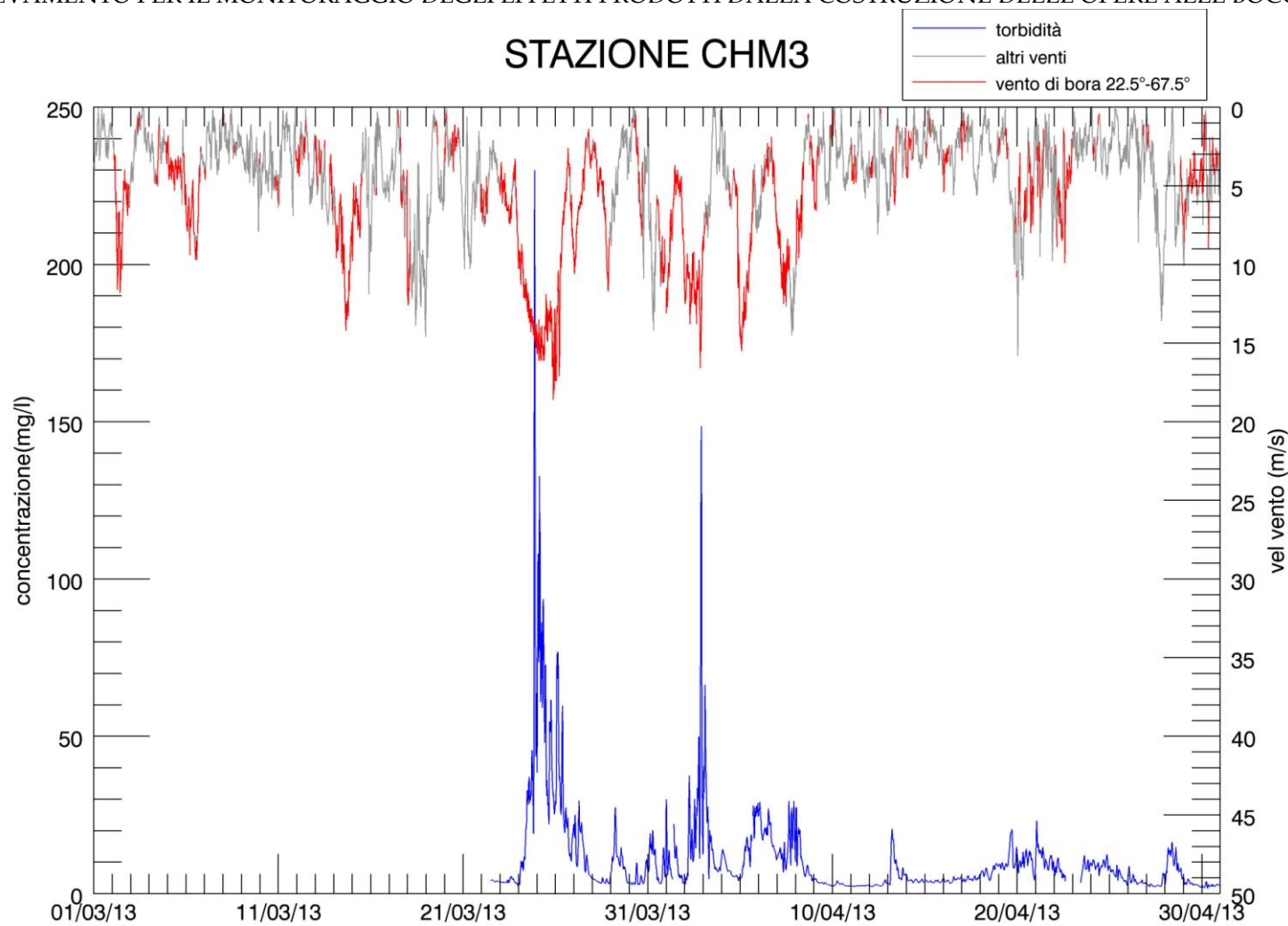


(b)

Figura 3.17. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHM3 nel periodo Gennaio-Febbraio 2013



(a)



(b)

Figura 3.18. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHM3 nel periodo Marzo-Aprile 2013.

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

Sulle serie temporali della concentrazione (mg/l) è stata svolta un'elaborazione statistica i cui risultati sono riportati nella Tabella 3.3.

Tabella 3.3. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali di concentrazione acquisite nelle stazioni di misura della torbidità. N_{tot} è il numero totale di dati validati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono espresse in mg/l.

PARAMETRI	<i>Stazioni in laguna</i>			<i>Stazioni in bocca di porto</i>		<i>Stazioni a mare</i>		
	LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3
Ntot	11157	11169	11133	11359	9891	10967	11421	5988
Media	17.6	7.6	8.8	13.9	11.4	15.4	13.2	17.9
Dev. Std.	29.6	7.0	8.1	24.4	12.6	30.7	41.2	24.7
Max.	743.1	73.6	87.0	687.2	211.7	381.9	620.2	229.9
Min.	2.6	0.5	1.7	0.8	0.9	0.8	0.9	1.6
25° percentile	8.7	3.5	4.4	4.9	6.0	3.0	3.1	4.2
50° percentile	12.0	5.6	6.2	8.9	8.4	6.3	5.4	9.0
75° percentile	17.0	8.7	9.4	15.8	12.5	15.9	10.3	19.6
95° percentile	40.6	20.2	24.5	39.0	27.2	52.9	29.5	68.4
Media interquartile	12.8	6.1	6.9	10.4	9.2	9.4	6.7	11.9

Si fa notare che la stazione a mare CHM3 ha una bassa percentuale di dati validati, pertanto non si ritiene significativo il confronto con le altre stazioni.

Media, massimo e minimo, deviazione standard, media interquartile

I valori minimi, che rappresentano le condizioni dell'acqua in assenza di perturbazioni sia biologiche sia meteomarine, sono variabili tra 0.5 mg/l (MAP) e 2.6 mg/l (LTP).

Per quanto riguarda le medie, si hanno valori più bassi per le stazioni MAP (7.6 mg/l), CHP (8.8 mg/l), più elevati per LTP (17.6 mg/l), LIM (15.4 mg/l), LMR (13.9 mg/l) MAM (13.2 mg/l) e LMR-2 (11.4 mg/l).

La deviazione standard per tutte le stazioni (ad eccezione di MAP e CHP) assume valori superiori alla media, il che implica una notevole dispersione dei dati.

È quindi utile confrontare anche 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 MAP (6.1 mg/l), MAM (6.7 mg/l) e CHP (6.9 mg/l), più elevati per LTP (12.8 mg/l), intermedi e confrontabili tra loro per LMR (10.4 mg/l), LIM (9.4 mg/l), LMR-2 (9.2 mg/l).

I valori più elevati di torbidità sono raggiunti nelle stazioni LTP (743.1 mg/l) durante l'evento meteo del giorno 25 Gennaio, LMR (687.2 mg/l) durante l'evento meteo del giorno 11 Febbraio e MAM (620.2 mg/l) durante l'evento del giorno 12 Febbraio.

Valori elevati si hanno anche per le stazioni LIM (381.9 mg/l) in seguito all'evento del giorno 12 Febbraio e LMR-2 (211.7 mg/l) in seguito all'evento meteo del 11 Febbraio.

Per le stazioni in laguna si hanno i valori massimi in seguito dell'evento meteo del 16 gennaio: MAP (73.6 mg/l) e CHP (87.0 mg/l).

Percentili

I valori del 25° percentile rappresentano convenzionalmente le condizioni ordinarie di assenza di perturbazioni, cioè assenza di rilevante moto ondoso e velocità della corrente di marea inferiore a qualche cm/s. Si nota come i valori più bassi si hanno per le stazioni a mare LIM (3.0 mg/l) e MAM (3.1 mg/l) e per la stazione lagunare MAP (3.5 mg/l). Il valore maggiore si ha per la stazione LTP (8.7 mg/l) mentre valori intermedi si hanno per le stazioni LMR-2 (6.0 mg/l), LMR (4.9 mg/l), CHP (4.4 mg/l).

Il 50° percentile coincide con il valore mediano e quindi rappresenta le condizioni più probabili. In questo caso si nota come i valori più bassi si hanno per le stazioni MAM (5.4 mg/l), MAP (5.6 mg/l). Il valore più elevato si ha per la stazione LTP (12.0 mg/l) mentre valori intermedi si hanno per le stazioni LIM (6.3 mg/l), LMR -2 (8.4 mg/l) e LMR (8.9 mg/l).

I valori del 75° percentile si possono considerare, invece, come indicatori di torbidità relativamente elevate dovute ad un'eccessiva presenza di carico organico, come nei mesi estivi, o a eventi meteo marini di moderata intensità. In questo caso i valori delle stazioni MAP (8.7) e CHP (9.4 mg/l) sono più bassi, il massimo si ha per LTP (17.0 mg/l) mentre le restanti stazioni presentano valori intermedi: MAM (10.3 mg/l) LMR-2 (12.5 mg/l), LMR (15.8 mg/l), LIM (15.9 mg/l).

Infine, 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 e in mare, nonché un aumento del trasporto di sedimenti lungo costa con aumenti del carico rilevabili anche nei giorni successivi all'evento. In questo caso si hanno i valori più bassi per le stazioni MAP (20.2 mg/l), CHP (24.5 mg/l), MAM (29.5 mg/l). I valori maggiori si hanno per LIM (52.9 mg/l) e LTP (40.6 mg/l) mentre valori intermedi per le stazioni LMR (39.0 mg/l), MAM (29.5 mg/l) e LMR-2 (27.2 mg/l).

Si nota come la stazione LTP anche in questo quadrimestre, come nel precedente, abbia i percentili 25° e 50° più alti delle altre stazioni: ciò significa che è stata maggiormente soggetta a risospensione anche durante condizioni meteo non perturbate, probabilmente a causa della sua posizione lungo un canale interno alla laguna dove vi è molto passaggio di imbarcazioni. Questo comportamento è confermato anche dalla media interquartile più elevata.

Si nota inoltre come per le stazioni LTP, LMR e LIM il 95° percentile sia superiore al valore di soglia di 30 mg/l (paragrafo 3.3); queste sono infatti le stazioni che presentano la percentuale più alta di superamenti (Tabella 3.5).

3.3 Analisi degli eventi meteo e dei picchi di torbidità

Nella Tabella 3.4 sono riportati, 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, ha superato i 10 m/s. È riportato anche il valore massimo della concentrazione di solidi sospesi in tutte le stazioni durante ciascun evento. Si

ricorda che è possibile avere valori di concentrazione più elevati dei valori riportati in Tabella 3.4 dopo il termine dell'evento, quando la velocità del vento scende sotto i 10 m/s.

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 il valore di soglia della concentrazione del materiale solido sospeso pari a 30 mg/l, confermato anche dalle elaborazioni riportate nel Rapporto Finale dello Studio B.6.72 B/6, Luglio 2011.

Nella Tabella 3.4 pertanto si evidenziano 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 BOCCHE LAGUNARI

Tabella 3.4 Eventi meteo significativi (velocità del vento superiori a 10 m/s) registrati nel periodo Gennaio-Aprile 2013 e corrispondente concentrazione massima in ogni stazione. Si evidenziano in rosso i superamenti della soglia di 30 mg/l. Le celle restano vuote in corrispondenza di dati cancellati durante la procedura di filtrazione e correzione del fouling

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)							
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare		
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3
13 Gennaio	17:00-17:45	10.2-10.9	45° bora	9.66	8.57	15.05	6.90	8.72	3.13	1.87	
13-14 Gennaio	20:00-9:45	10.0-15.0	43° bora	33.49	27.78	75.83	12.47	14.07	45.28	25.06	
15-16 Gennaio	23:45-14:45	8.6-19.6	43° bora	136.88	23.21	50.05	13.46	16.17	67.60	12.37	
16 Gennaio	15:00-17:45	10.7-17.4	109° levante	28.87	70.87	87.01	15.12	17.64	131.83	45.60	
17-18 Gennaio	6:30-00:15	10.3-16.7	45° bora	237.83	36.51	72.07	58.48	55.49	98.59	198.38	
18 Gennaio	00:30-00:45	10.6-10.8	14° tramontana	57.59	21.33	31.02	29.67	27.17	59.01	101.52	
18 Gennaio	2:00-2:15	10.2-11.1	35° bora	38.37	30.12	30.26	24.74	28.02	76.66	68.80	
19-20 Gennaio	22:30-2:15	10.1-12.9	31° bora	33.71	7.75	8.66	8.58	8.69	9.22	3.75	
24 Gennaio	2:00	10.1	70° levante	8.68	3.54	6.15	5.31	7.62	5.37	3.41	7.36
24 Gennaio	3:45-4:00	10.2-10.7	52° bora	8.45	3.88	5.65	5.15	6.61	37.42	6.47	24.68
24 Gennaio	7:45	10.1	43° bora	12.48	5.02	5.82	16.75	8.13	26.49	6.93	2.79
24 Gennaio	9:45	10.1	48° bora	9.86	6.61	8.17	12.62	10.09	11.07	7.76	6.12
24 Gennaio	12:15-22:45	9.6-18.3	52° bora	83.65	17.44	33.13	26.46	21.78	47.42	29.49	104.93
24-25 Gennaio	23:00-2:15	14.3-15.9	71° levante	19.70	27.04	35.75	21.80	17.89	26.82	15.37	56.03
25 Gennaio	2:30-15:45	9.9-15.7	61° bora	63.70	22.94	28.12	72.71	62.99	66.43	53.00	98.52
25 Gennaio	16:00-23:00	10.1-14.6	70° levante	743.12	36.43	20.03	89.11	77.01	124.39	62.72	40.38
26 Gennaio	6:30-9:00	9.8-11.2	51° bora	101.23	32.35	14.78	39.04	27.00	71.75	39.01	25.92
2-3 Febbraio	13:15-0:00	9.8-24.2	38° bora	62.62	21.02	51.38	48.23	33.07	48.53	33.58	46.62
6 Febbraio	13:45-20:30	10.9-13.4	42° bora	24.35	6.55	11.02	14.17	10.99	21.91	6.63	26.31
9 Febbraio	21:15-22:00	11.4-13.4	268° ponente	21.41	2.48	5.32	3.18	3.86	5.66	2.20	37.14
11 Febbraio	11:00-13:30	9.5-10.9	46° bora	13.16	13.48	33.63	5.10	5.37	8.22	3.14	19.00
11 Febbraio	14:00-16:15	10.9-13.3	79° levante	12.02	21.94	38.20	7.71	6.86	17.94	6.35	22.43
11 Febbraio	16:30-19:45	10.5-17.9	39° bora	126.29	36.67	21.03	408.27	180.17	196.69	257.00	107.89
11 Febbraio	20:00-20:30	11.7-15.00	145° scirocco	194.09	50.47	27.70	465.67	211.71	283.30	307.47	132.85
12 Febbraio	00:15-2:00	9.7-11.2	30° bora	137.70	47.83	35.15	217.56	147.51	288.48	620.22	128.57
13 Febbraio	11:45-12:00	13.7-12.3	59° bora	62.08	18.49	20.33	53.45	37.24	33.38	42.20	33.09

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)							
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare		
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3
13 Febbraio	15:00-18:00	10.3-13.5	30° bora	41.35	21.71	37.62	31.12	22.44	84.09	23.00	148.66
13 Febbraio	19:30	10.5	33° bora	29.38	10.21	16.88	44.14	25.77	60.85	21.00	44.86
13 Febbraio	20:30-20:45	10.3-10.6	48° bora		13.28	20.63	41.36	31.60	105.23	27.23	60.63
14 Febbraio	1:00-1:15	10.3-11.9	47° bora	30.89	14.12	18.48	27.50	20.04	57.57	32.05	34.69
14 Febbraio	5:30-11:15	7.9-12.2	53° bora		16.73	26.54	26.79	22.02	99.33	20.62	105.51
17 Febbraio	17:00-19:00	10.1-12.4	65° bora	8.94	7.76	6.76	4.23	5.00	61.32	13.42	
17 Febbraio	19:15-19:30	11-11.1	77° levante	8.81	6.57	6.33	5.52	6.15	41.57	15.36	
21-22 Febbraio	00:15-11:00	9.2-16.4	50° bora	64.16	29.29	46.12	60.11	35.82	54.18	81.64	
22 Febbraio	17:15	10.2	51° bora	26.94	26.15	24.22	26.87	15.88	20.00	17.85	
22 Febbraio	19:30-21:15	10.2-11.5	48° bora	84.91	24.03	19.01	22.63	14.27	22.94	21.56	
22 Febbraio	22:45-23:30	9.9-10.8	43° bora	37.47	15.39	18.13	17.71	11.05	21.09	16.68	
23 Febbraio	1:00	10.1	6° tramontana	19.73	13.09	16.96	25.30	11.34	12.40	11.65	
23 Febbraio	1:30-1:45	10.3-11.5	34° grecale	16.59	12.39	15.31	22.78	11.10	12.01	11.56	
23 Febbraio	14:45-15:30	9.9-10.4	66° bora	18.17	9.18	11.43	20.89	8.79	8.25	8.68	
23-24 Febbraio	17:30-1:45	10.6-16.1	44° bora	80.50	20.17	47.72	21.76	12.14	23.25	18.83	
24 Febbraio	17:30-18:15	11.4-11.8	66° bora	76.50	18.32	14.11	29.36	16.12	43.54	12.50	
24 Febbraio	21:45	10.5	142° scirocco	395.87	24.53	9.23	22.24	14.61	75.02	11.59	
2 Marzo	7:00-7:30	10.6-11.6	64° bora	10.80	6.00	6.08	5.27	6.47	2.54	3.00	
2 Marzo	10:15-11:15	10.5-11.8	63° bora	9.50	7.63	5.38	5.54	12.87	9.66	4.67	
2 Marzo	12:30	10.3	60° bora	9.85	6.11	7.71	4.03	4.42	11.40	5.39	
14 Marzo	11:45	10.6	33° bora	7.36	6.28	11.53	6.24		2.44	4.40	
14 Marzo	13:00	10.3	50° bora	7.24	11.88	13.88	4.55		10.3	4.47	
14 Marzo	14:00-21:00	10.2-14.2	44° bora	28.29	25.37	26.37	15.84		7.63	7.24	
15 Marzo	21:45	11.9	102° levante	12.32	5.52	8.74	4.98		3.24	10.94	
15 Marzo	22:30	10.5	67° bora	11.48	4.99	9.24	3.84		3.42	10.63	
17-18 Marzo	23:45-2:30	10.0-12.6	42° bora	11.97	12.89	25.97	13.09		27.78	17.59	
18 Marzo	3:30-8:00	9.3-12.2	126° Scirocco	12.85	25.99	30.40	7.65		41.52	22.23	
18 Marzo	10:00-12:15	10.7-13.9	152° Scirocco	31.56	9.61	12.97	163.57		68.89	310.91	
18 Marzo	16:00-17:45	10.2-12.7	239° Libeccio	20.96	9.84	14.97	25.96		137.62	288.10	

Giorno	Orario	Velocità del vento (m/s)	Direzione media (°) e tipo di vento	Concentrazione massima (mg/l)							
				Stazioni in laguna			Stazioni in bocca di porto		Stazioni a mare		
				LTP	MAP	CHP	LMR	LMR-2	LIM	MAM	CHM3
18 Marzo	19:45-00:30	9.4-14.6	225° Libeccio	21.27	9.40	15.96	89.46		89.99	165.08	
21 Marzo	1:45	10.3	316° Maestrale	8.56	2.96	4.21	10.36		6.58	5.52	
21 Marzo	9:00	10.3	255° Ponente		3.53	4.23	9.26		5.27	6.32	
24 Marzo	00:15-00:30	10.2-10.3	48° Bora	16.69	7.13	14.23		17.07	10.47	3.61	3.19
24 Marzo	2:45-3:15	10.4-11.3	46° Bora	9.81	7.25	14.59	27.97	9.40	8.02	7.02	10.39
24-26 Marzo	5:45-7:30	9.3-18.6	51° Bora	287.50	57.78	63.48	204.40	94.91	180.06	87.71	229.88
27 Marzo	00:15-1:45	9.6-10.6	50° Bora	33.54	9.75	16.41	33.70	18.96	14.27	9.16	24.96
28 Marzo	18:45-21:00	10.1-11.7	34° Bora	31.69	7.18	7.45	13.17	9.08	2.68	5.10	4.48
30 Marzo	18:30	10.9	131° Scirocco	9.62	2.28	3.86	6.43	5.49	4.65	2.82	3.17
31 Marzo	5:15-10:00	9.2-14.2	321 ° Tramontana	21.60	7.92	6.54	18.87	14.40	49.86	7.98	20.11
31 Marzo	16:15-17:15	10-11.4	69° Levante	8.42	15.82	5.64	10.75	7.45	9.45	3.86	3.32
31 Marzo	17:45-23:00	8.2-11.2	47° Bora	17.49	5.35	5.99	20.02	11.18	29.61	8.09	14.67
1 Aprile	00:00-4:15	9.9-13.1	48° Bora	14.72	4.89	10.96	21.00	13.22	34.20	7.74	29.93
1-2 Aprile	23:30-22:45	9.2-16.6	52° Bora	24.24	8.15	17.12	25.54	12.97	38.13	15.57	148.51
4-5 Aprile	21:15-11:30	9.3-15.5	42° Bora	15.84	17.70	20.79	23.41	15.27	8.14	129.10	17.97
7-8 Aprile	5:15-1:00	8.4-14.5	66° Bora	74.65	16.14	15.50	31.55	20.55	44.06	25.05	29.43
19-20 Aprile	23:15-1-30	10.2-15.8	75° Levante	22.01	18.89		6.84	13.55		3.33	14.87
20 Aprile	5:45-7:45	8.3-11	82° Levante	17.74	14.69		5.97	17.32		4.39	13.19
27 Aprile	17:00-22:15	9.1-13.6	147° Scirocco	16.45	7.25	3.83	23.54	8.42	17.49	6.03	6.53
29 Aprile	0:15-0:45	9.7-10.1	75° Levante	11.03	7.71	4.01	12.35	6.08	8.33	5.51	5.15

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

Dalla Tabella 3.4 emerge che gli intensi eventi meteo di bora dei giorni 17-18 Gennaio, 12 Febbraio, 24-26 Marzo hanno causato una notevole risospensione di sedimenti ed il superamento del valore di soglia in tutte le stazioni della rete. Si ha il superamento del valore di soglia anche nella maggior parte delle stazioni nei giorni 16, 24, 25 Gennaio non solo con vento di bora ma anche con vento di levante. L'evento meteo molto intenso avvenuto dal pomeriggio alla notte del giorno 11 febbraio in cui si sono susseguiti prima bora, poi scirocco e poi ancora bora ha causato una notevole risospensione di sedimenti in tutte le stazioni eccetto CHP.

Per quanto riguarda gli altri eventi di minore intensità, dall'analisi della tabella si vede come tutte le stazioni rispondano in maniera diversa, mettendo in evidenza così la variabilità spaziale della concentrazione.

In generale i superamenti del limite di 30 mg/l 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.

Nella Tabella 3.5 si riporta per ogni stazione il numero totale di superamenti della soglia di 30 mg/l rilevati nel periodo Gennaio-Aprile 2013, mentre nella Tabella 3.6 si individuano quelli che avvengono o meno in presenza di vento.

CORILA

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

Tabella 3.5. Numero totale di superamenti della soglia di 30 mg/l e percentuale rispetto al numero totale dei dati validati nel periodo Gennaio-Aprile 2013.

	<i>Stazioni in laguna</i>						<i>Stazioni in bocca di porto</i>				<i>Stazioni a mare</i>					
STAZIONI	LTP		MAP		CHP		LMR		LMR-2		LIM		MAM		CHM3	
Dati totali	11157	100%	11169	100%	11133	100%	11359	100%	9891	100%	10967	100%	11421	100%	5988	100%
condizioni eccezionali con C>30 mg/l	888	7.96%	196	1.75%	351	3.2%	834	7.34%	416	4.21%	1291	11.77%	552	4.83%	891	14.88%

Tabella 3.6. Numero totale di superamenti della soglia di 30 mg/l, numero dei superamenti dovuti e non dovuti al vento e relative percentuali rispetto al totale dei superamenti nel periodo Gennaio-Aprile 2013.

	<i>Stazioni in laguna</i>						<i>Stazioni in bocca di porto</i>				<i>Stazioni a mare</i>					
STAZIONI	LTP		MAP		CHP		LMR		LMR-2		LIM		MAM		CHM3	
Eventi eccezionali con C>30 mg/l	888	100%	196	100%	351	100%	834	100%	416	100%	1291	100%	552	100%	891	100%
superamenti CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento (v >10 m/s)	772	86.94%	196	100%	351	100%	588	70.50%	359	86.30%	1088	84.28%	443	80.25%	616	69.14%
superamenti la cui causa NON È CERTAMENTE legata alla risospensione da vento (v<10 m/s)	116	13.06%	0	0.0%	0	0.0%	246	29.50%	57	13.70%	203	15.72%	109	19.75%	275	30.93%

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

Dalla Tabella 3.5 appare evidente che nel periodo Gennaio-Aprile 2013 la percentuale dei superamenti della soglia di concentrazione pari a 30 mg/l rispetto al numero totale dei dati validati per ogni stazione è complessivamente bassa.

Nella Tabella 3.7 si riportano per ogni stazione le date, le ore dei superamenti e il relativo numero di dati per entrambe le cause (vento o no vento).

Tabella 3.7. Superamenti della soglia di 30 mg/l dovuti e non dovuti al vento nel periodo Gennaio-Aprile 2013.

<i>LTP</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
14 Gennaio	9:15-11:30	10	
15 - 16 Gennaio	21:45-1:30	16	
16 Gennaio	4:15-7:30 14:45	15	
16 - 17 Gennaio	22:30-8:00	38	
17 Gennaio	9:15-19:45	43	
17 - 18 Gennaio	23:00-3:45	20	
18 - 19 Gennaio	23:45-1:45	9	
20 Gennaio	00:45-1:30 2:15 3:00-3:30	8	
22 Gennaio	17:45-19:00		6
24 Gennaio	18:00-21:45	16	
25 Gennaio	6:15-9:00	12	
25 - 26 Gennaio	18:00-3:30	39	
26 Gennaio	6:15-15:15 19:00-21:45	49	
2 Febbraio	15:00-16:30	7	
2 - 3 Febbraio	21:00-1:15	18	
11-12 Febbraio	18:45-11:15	67	
12 Febbraio	13:00-15:45	12	
13 Febbraio	00:45-17:45 18:30-18:45 19:15	72	
13 - 14 Febbraio	22:45-1:00 2:45-5:00 11:30-12:15	24	
21 Febbraio	17:30-21:15	16	
22 Febbraio	6:15-8:30 17:30-23:00	33	
23 Febbraio	5:45-7:45 18:00-23:00	30	
24 Febbraio	18:00-23:00	21	
25 Febbraio	00:30-2:30	9	
25 Febbraio	8:15-9:30 19:15-21:30		16
7 Marzo	16:45-21:15		19
8 Marzo	17:15-20:00		12
9 Marzo	18:30-22:15		16

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

<i>LTP</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
18 Marzo	12:15-13:15	5	
24 Marzo	17:15-22:00	20	
25 Marzo	5:30-10:45 11:30-14:00	33	
25- 26 Marzo	16:30-2:45	42	
26 Marzo	5:15-15:30 17:15-22:00	62	
27 Marzo	00:15-1:15	5	
27 Marzo	6:00-9:15 19:15-20:30		20
28 Marzo	19:30-20:15	4	
6 Aprile	5:00-6:30		7
7 Aprile	6:15 17:00-20:45	17	
21 Aprile	8:45-10:15 11:45-14:00		17
27 Aprile	8:45-9:15		3

<i>MAP</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16 Gennaio	15:15-21:15	25	
16 -17 Gennaio	22:30-00:30	9	
17 Gennaio	10:45-12:15 14:45 15:45-16:15	11	
18 Gennaio	2:00-2:15	2	
25 Gennaio	19:15-21:30 22:45-23:45	15	
11-12 Febbraio	19:30-4:15 5:30-6:00	39	
12-13 Febbraio	18:45-1:30	28	
22 Febbraio	17:45-18:15	3	
24 - 25 Marzo	23:15-1:45	11	
25 Marzo	5:45-8:00	10	
25 - 26 Marzo	17:15-00:15	29	
26 Marzo	5:30-8:45	14	

<i>CHP</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
14 Gennaio	1:45-6:00	18	
16 Gennaio	4:30-5:15	4	
16 Gennaio	14:15-22:00	31	
17-18 Gennaio	14:30-2:00	40	
18 Gennaio	7:30-8:00	3	
24-25 Gennaio	22:15-1:30	14	

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

<i>CHP</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
2 Febbraio	17:00-21:00	17	
11 Febbraio	13:15-15:45	11	
11-12 Febbraio	20:45-3:15	17	
12 Febbraio	6:00-8:00	9	
12 Febbraio	18:30-22:00	15	
13 Febbraio	13:00-13:45 15:00-16:00	9	
21 Febbraio	10:30-13:45	14	
22 Febbraio	00:00-4:30	19	
24 Febbraio	1:15-3:15	9	
18 Marzo	4:45	1	
24 Marzo	11:30-15:00	15	
24 -25 Marzo	22:00-16:00	70	
25 Marzo	17:15-18:15	5	
25 -26 Marzo	22:00-6:00	30	

<i>LMR</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16-17 Gennaio	21:45-5:30	31	
17 Gennaio	9:00-19:15	42	
17 - 18 Gennaio	21:30-00:15	12	
18 - 19 Gennaio	22:00-00:45	12	
22 Gennaio	16:45-19:00		10
25 Gennaio	5:00-13:00	33	
25 - 26 Gennaio	17:45-3:00	38	
26 Gennaio	5:30-6:45 12:00-15:00	19	
2 Febbraio	18:30-23:45	22	
11-12 Febbraio	17:45-14:45	85	
12-13 Febbraio	17:45-6:00		50
13 Febbraio	7:30-8:00		3
13 Febbraio	8:45-15:30		28
13 Febbraio	18:45-23:45	21	
14 Febbraio	2:15-4:00	8	
14 -15 Febbraio	23:30-1:15		8
21 Febbraio	15:45-21:45	25	
22 Febbraio	4:30-8:15	16	
7 -8 Marzo	15:45-20:30 22:00-00:45		32
8 Marzo	14:15-6:30 18:15-20:15		19
18 Marzo	9:15-15:30 21:00-23:30	37	
19 Marzo	14:00-18:30		19
20 Marzo	1:00-3:00		9
22 Marzo	16:15-18:00		8

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

<i>LMR</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
23 Marzo	23:30-00:45		6
24 Marzo	2:00-2:15	2	
24 Marzo	17:15-20:45	15	
24 - 25 Marzo	23:00-2:00	13	
25 - 26 Marzo	4:15-3:15	93	
26 Marzo	4:15-15:45 17:45-19:00	53	
27 Marzo	0:00-1:30	7	
27 Marzo	13:15-15:30		10
6 Aprile	4:00-6:45 9:15-12:00		24
7 Aprile	19:30-20:15	4	
11 Aprile	00:15-5:00		20

<i>LMR-2</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16-17 Gennaio	21:15-2:00	20	
17 Gennaio	9:00-23:45	43	
22 Gennaio	18:15-19:00		4
25 Gennaio	5:15-11:00	23	
25-26 Gennaio	12:30-2:45	39	
26 Gennaio	12:30-14:30	9	
2 Febbraio	19:00-20:45	8	
11-12 Febbraio	18:15-13:45	75	
12-13 Febbraio	18:00-11:30		47
13 Febbraio	11:45-12:45 20:00-22:30	16	
21Febbraio	16:30-17:15	4	
22 Febbraio	5:00-6:00	5	
24 Marzo	17:45-19:00	6	
25-26 Marzo	4:30-14:30	111	
5 Aprile	16:30-17:45		6

<i>LIM</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
14 Gennaio	5:30-9:00	13	
15Gennaio	16:00-22:30		27
16-17 Gennaio	13:45-16:00	106	
17- 18 Gennaio	17:00-7:30	59	
18 Gennaio	9:30-10:30	5	
18 Gennaio	17:00-17:30 20:00-21:15		9
20 Gennaio	8:00-12:30		19
20 - 21 Gennaio	20:45-1:30		20

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

<i>LIM</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
21 Gennaio	13:15-14:00 16:15-17:45 18:45-20:00		17
21-22 Gennaio	22:45-8:15		39
22 Gennaio	14:45-18:45		17
24 Gennaio	4:00-5:30	7	
24 Gennaio	16:30-19:15	12	
25 Gennaio	5:15-9:00 10:30-12:00	23	
25-26 Gennaio	16:30-4:00	46	
26 Gennaio	6:30-9:30 10:45-13:45	26	
2 Febbraio	6:15-7:30		6
2 Febbraio	12:45-14:00 16:45-23:45	35	
11-14 Febbraio	17:00-6:45	248	
14 Febbraio	7:30-12:15 13:45-22	54	
17 Febbraio	17:30-23:45	21	
21 Febbraio	13:30-14:30 15:45-22:45	34	
21 Febbraio	2:15-7:45	23	
22 Febbraio	18:00-18:45	4	
24 Febbraio	4:30-5:15 7:15-9:00 18:22-45	32	
7 - 8 Marzo	22:45-1:15		11
8 Marzo	3:15-4:15 6:00-7:45 12:30-18:30		38
18 Marzo	7:30-23:45	64	
19 Marzo	2:15-8:00	24	
24 Marzo	16:30-20:15	16	
24 - 25 Marzo	23:00-11:00	49	
25 Marzo	12:00-15:00	13	
25-26 Marzo	17:00-10:15	70	
26 Marzo	11:45-13:15	7	
31 Marzo	6:00-10:30	19	
1 Aprile	00:30-1:00	3	
2 Aprile	9:15-9:30 10:30-11:30 14:15-14:30	9	
6 Aprile	16:45-18:15 19:30-19:45	9	

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

<i>LIM</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
7 Aprile	11:15-12:15	28	
	13:15-14:15		
	15:00-16:45		
	18:00-20:15		
28 Aprile	3:00-10:00	29	

<i>MAM</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
16-17 Gennaio	16:30-1:45	38	
17 Gennaio	10:30-11:45	10	
	15:30-16:15		
17 - 18 Gennaio	21:00-23:45	12	
18 Gennaio	00:00-2:15	10	
25 Gennaio	13:30-21:30	26	
26 Gennaio	8:00-8:30	3	
2 Febbraio	21:00-21:30	3	
11- 13 Febbraio	18:00-00:45	124	
13 Febbraio	11:45-13:45	18	
	21:15-23:15		
14 Febbraio	00:30-4:00	15	
14 Febbraio	17:15-19:30		17
	21:15-22:45		
18 Febbraio	1:15-3:30		29
	15:00-16:45		
	17:45-20:15		
19 Febbraio	14:00-14:15		2
21 Febbraio	13:00-16:45		16
21- 22 Febbraio	23:30-2:00	11	
22 Febbraio	2:45-4:15	13	
	8:45-10:00		
7 Marzo	3:00-8:45		26
	9:15-9:30		
8 Marzo	3:30-8:00		19
18 Marzo	8:45-14:15	23	
18- 19 Marzo	15:00-2:30	68	
	5:45-11:00		
25 Marzo	16:15-17:45	10	
	19:45-20:15		
26 Marzo	1:45-6:30	20	
5 Aprile	9:15-18:45	39	

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

<i>CHM3</i>			
DATA	ORA	VENTO	NO VENTO
24 - 25 Gennaio	12:15-13:45 14:45-20:30 21:00-8:30	78	
25 Gennaio	10:15 18:30-20:45	11	
26 Gennaio	19:45-20:15	3	
2 Febbraio	16:30	1	
2 - 3 Febbraio	21:30-4:30	29	
3- 4 Febbraio	15:00-1:15	42	
9 - 10 Febbraio	19:00-19:45 20:30-00:45		22
10 Febbraio	5:30 8:00-11:15		15
10 - 11 Febbraio	15:30-9:15		72
11 - 13 Febbraio	17:15-18:15	197	
13 - 14 Febbraio	19:15-1:00	23	
14 Febbraio	3:00-11:15	34	
14 -16 Febbraio	11:30-0:45		150
16 Febbraio	2:15-6:00		16
24 Marzo	11:15-12:15 13:00-14:30 15:00-15:15 16:00-18:45	26	
24 - 25 Marzo	20:00-13:45	72	
25 Marzo	16:00-21:30	23	
26 Marzo	1:00-6:15 8:00-9:45	30	
2 Aprile	5:15-6:45 12:45-13:00 16:30-16:45 17:15-18:45 20:00-23:00	30	
3 Aprile	00:15-4:15	17	

In tutte stazioni ad eccezione della stazione MAP, CHP, come evidenziato in Tabella 3.7, sono presenti superamenti non associabili alla contemporanea presenza di vento superiore a 10 m/s; tuttavia, secondo le informazioni forniteci dalla direzione lavori non risultano lavorazioni nella bocca di Lido e nelle bocca di Chioggia (Tabella 3.8).

Nel periodo 12-14 Febbraio si sono avuti dei superamenti del valore di soglia anche non in contemporanea presenza di vento superiore ai 10 m/s. Giacchè sono avvenuti in tutte le stazioni si è attribuita la causa alle generali condizioni meteo-marine avverse. A conforto di questa ipotesi si rileva la presenza di acqua alta, indicatore del vento di scirocco che genera mare agitato anche al largo i cui effetti sono visibili lungo costa anche dopo qualche giorno. Inoltre si può considerare che la presenza di eventi meteorologici avversi sui bacini montani possa avere determinato elevati apporti di sedimenti da parte dei corsi d'acqua.

In ogni caso si ricorda che le correlazioni fra torbidità ed eventi meteo-marini ed eventi meteorologici (vento, correnti di marea, correnti litoranee, correnti fluviali...), che vengono invocati per spiegare la successione cronologica dei rilievi, non hanno valore locale ed istantaneo. Il fenomeno di risollevarimento dei sedimenti, infatti, è solo uno dei meccanismi che determina la torbidità nel luogo e nel momento assegnati; essa non dipende soltanto dalla risospensione contemporaneamente creata dal moto ondoso nello stesso sito, ma anche (e soprattutto) dalla concentrazione dei sedimenti risollepati altrove e qui convogliati dalle correnti di marea. In termini matematici ciò significa che non esiste una relazione algebrica (per quanto complicata) fra torbidità e vento, ma solo un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali che descrivono tanto i processi di sollevamento/deposizione quanto i processi di trasporto dei sedimenti da parte delle onde e delle correnti. I cosiddetti modelli morfodinamici integrano numericamente queste equazioni e forniscono la distribuzione della concentrazione nello spazio e nel tempo, note che siano le condizioni iniziali e al contorno.

Pur assumendo che approssimative correlazioni tra la torbidità locale (rilevata da certo torbidimetro) e gli eventi meteo-marini (vento e correnti registrati nello stesso luogo o nelle vicinanze) possono essere ricercate qualora ci si riferisca ad opportuni valori medi, è evidente che tali correlazioni sono tanto più plausibili quanto più lungo è il periodo sul quale viene fatta la media in condizioni paragonabili. In effetti la media è proprio un valore integrale che elimina, almeno fino a un certo punto, le perturbazioni; per cui le correlazioni trovate sono tanto più robuste (cioè valide generalmente) quanto più ampie sono le medie spaziali e temporali considerate.

Su lunghi periodi, inoltre, tendono a compensarsi meglio gli errori strumentali (fouling) e quelli di taratura (relazione fra torbidità e solidi sospesi). Per questo motivo, da un lato sono maggiormente significative le serie di misure pluriennali piuttosto di quelle annuali o addirittura stagionali, dall'altro riesce difficile individuare con sicurezza le variazioni a medio termine (cioè da un anno all'altro) della stessa torbidità.

3.4 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche

L'obiettivo del monitoraggio ai fini della tutela degli ecosistemi di pregio è stato sia quello di acquisire i valori di torbidità naturale (cioè in assenza delle operazioni di dragaggio), sia quello di verificare la dispersione della torbidità generata dalle draghe.

Per il periodo corrispondente all'intervallo Gennaio - Aprile 2013 sono state rese disponibili dalla Direzione Lavori alcune informazioni relative alle attività di dragaggio alla bocca di porto di Malamocco quali periodo dell'attività, effettivi giorni di scavo e i volumi scavati (Tabella 3.8). Non risultano attività di scavo nei cantieri di Lido-Treporti, Lido-S.Nicolò e Chioggia.

I superamenti di soglia nella bocca di Malamocco sono stati rilevati per la stazione MAP in corrispondenza o in seguito a eventi meteo intensi. Per quanto riguarda i superamenti di soglia rilevati nella stazione MAM nei giorni 18-19-21 Febbraio, essi non possono essere dovuti alle attività di scavo poiché non risultano lavorazioni in quei giorni. Nel giorno 14 Febbraio risulta in corso la lavorazione OP/355-2B (aggottamento e dragaggio e opere in c.a.), mentre nei giorni 7 e 8 marzo risulta la lavorazione OP/413-3 (salpamento pennello respingenti); non ci sono stati forniti gli orari delle attività in cantiere ma è probabile che non si siano svolte in orario notturno e che quindi non abbiano determinato i superamenti di soglia.

Si può pertanto concludere che non è stato riscontrato nessun superamento della soglia di torbidità dovuto ad attività di scavo e che pertanto il pennacchio (*plume*) di materiale risospeso dai mezzi di scavo operanti nelle aree di cantiere nel periodo di misura non ha presentato un'estensione tale da interessare significativamente la stazione fissa per la registrazione della torbidità.

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

Tabella 3.8. Localizzazione attività di dragaggio, denominazione dell'opera, inizio e fine del periodo di lavoro, giornate effettive di scavo e metri cubi, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

	OP	PERIODO	GIORNI SCAVO	m ³
BOCCA DI MALAMOCCO	OP/355-2B	Dal 14/02/2013 al 10/04/2013	18	42900
	OP/413-7	28/03/2013	1	3000
	OP/413-3	Dal 18/01/2013 al 02/4/2013	29	71900

3.5 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 1.1.

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.es. "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).

4. BIBLIOGRAFIA

- ANPA. "Le principali metodiche di campionamento e analisi del particolato in sospensione in ambienti acquatici. Rassegna bibliografica", Serie Documenti 9/1999, Settembre 1999.
- Casamitjana, X., Serra, T., Soler, M. and Colomer, J. 2002. A study of the evolution of the particle boundary layer in a reservoir, using laser particle sizing, *Water Research*, 36, 4293-4300.
- Fugate, D.C. and Friedrichs, C.T. 2002. Determining concentration and fall velocity of estuarine particle populations using ADV, OBS and LISST, *Continental Shelf Research*, 22, 1867-1886.
- Gartner, J.W., Cheng, R.T., Wang, P. and Richter, K. 2001. Laboratory and field evaluations of the LISST-100 instrument for suspended particle size determinations, *Marine Geology*, 175, 199-219.
- Hecht, E. 1987. Optics, 2nd edition. Addison Wesley.
- Hydrolab." Series 4a | Water Quality Instruments".
- Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005.
- Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005.
- InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Definizione dei valori soglia della torbidità all'interno delle bocche di porto, Settembre 2005. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto di Pianificazione Operativa, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto di Variabilità Attesa, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Linee guida misure speditive, Dicembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Dicembre 2006. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/2 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2007. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/3 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2008. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/4 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2009. Consorzio Venezia Nuova.

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

- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/5 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2010. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/6 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2011. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia, CORILA. Studio B.6.72 B/7 – Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari. Rapporto Finale, Luglio 2012. Consorzio Venezia Nuova.
- Magistrato alle Acque di Venezia. “Studio B.6.78/I – Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine”, Disciplinare Tecnico CVN/Technital, Venezia, Giugno 2003.
- Magistrato Alle Acque, 2006. Nuovi Interventi per la salvaguardia di Venezia (Convenzione rep. 7191 del 04/10/1991, a.a. rep. 8100 del 19/12/2005, Legge 29.11.1984 n. 798). Studio B.6.72 B/2, Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari, 2^a fase, p.8.
- McCandliss, R.R., Jones, S.E., Hearn, M., Latter, R. and Jago, C.F. 2002. Dynamics of suspended particles in coastal waters (southern North Sea) during a spring bloom, *Journal of Sea Research*, 47, 285-302.
- Middleton, G. V. 1976. Hydraulic interpretation of sand size distribution, *Journal of Geology*, 84, 405-426.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2000. In situ particle size spectra and density of particle aggregates in a dredging plume, *Marine Geology*, 170, 443-459.
- Mikkelsen, O.A. and Pejrup, M. 2001. The use of a LISST-100 laser particle sizer for in-situ estimates of floc size, density and settling velocity, *Geo-Marine Letters*, 20, 187-195.
- Sequoia Scientific Inc., 2004. LISST-100X Particle Size Analyzer, User's Manual, Version 4.60, p. 76.
- Shepard, F.P. 1954. Nomenclature based on sand-silt-clay ratios, *Journal of Sedimentary Petrology*, 24, 151-158.
- Simionato F. “Sistema di posizionamento della strumentazione utilizzato nelle stazioni a mare della rete di stazioni fisse per il rilievo della torbidità in continuo”, Nota Tecnica T.N. n. 204, CNR-ISMAR Venezia, Aprile 2006
- Traykovski, P., Latter, R.J. and Irish, J.D. 1999. A laboratory evaluation of the laser in situ scattering and transmissometry instrument using natural sediments, *Marine Geology*, 159, 355-367.
- Visher, G. S. 1969. Grain size distributions and depositional processes, *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, 1074-1106.
- Voulgaris, G. and Meyers, S. 2004. Temporal variability of hydrodynamics, sediment concentration and sediment settling velocity in a tidal creek, *Continental Shelf Research*, 24, 1659-1683.
- Wentworth, C.K. 1922. A scale of grade and class terms for clastic sediments, *Journal of Geology*, 30, 377-392.