



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/6**

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

Contratto n. 102000953

Documento **MATRICE: ACQUA**

**MACROATTIVITÀ: RILEVAZIONE DELLA
TORBIDITÀ IN CONTINUO**

II RAPPORTO DI VALUTAZIONE

**PERIODO DI RIFERIMENTO: DA SETTEMBRE A
DICEMBRE 2010**

Versione **2.0**

Emissione **8 Marzo 2011**

Verifica

Dott. Luca Zaggia
(ISMAR-CNR)

Verifica

Prof. Giampaolo Di Silvio

Approvazione

Ing. Pierpaolo Campostrini

Indice

1. INTRODUZIONE E METODOLOGIA.....	3
1.1 La rete di stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo.....	3
1.2 Strumentazione per la misura della torbidità.....	9
1.3 Descrizione dell'attività di gestione della rete di stazioni fisse.....	9
1.4 Metodologia per il trattamento dei dati registrati.....	11
1.4.1 Procedura per la filtrazione dei picchi istantanei.....	12
1.4.2 Correzione per il fouling.....	12
1.5 Calibrazione dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM.....	14
2. ANALISI DEI DATI.....	16
2.1 Serie temporali della torbidità/SPM.....	20
2.2 Analisi dei picchi di torbidità.....	28
2.3 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche.....	30
2.4 Struttura dell'archivio dei dati.....	31
3. BIBLIOGRAFIA.....	32

Alla realizzazione del presente rapporto hanno contribuito:

C. Dabalà (CORILA)

C. Dall' Angelo (CORILA)

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 E METODOLOGIA

I programmi di monitoraggio ambientale dei cantieri ove sono previste operazioni di scavo e dragaggio di fondali prevedono ormai abitualmente la determinazione del particolato solido in sospensione (Suspended Particulate Matter - SPM) e della torbidità in acqua. Questa variabile 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.

Il Disciplinare Tecnico dello Studio B.6.72 B/6, come i precedenti, prevede specifiche attività per la misura della concentrazione e del flusso di particolato solido sospeso generato dalle attività di cantiere dentro e fuori le sezioni del canale di bocca. Tali attività intendono monitorare la torbidità generata dalle operazioni di scavo in relazione ai seguenti parametri:

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

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

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

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

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

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

L'attività di rilevazione della torbidità in continuo è iniziata a Maggio 2005 in otto stazioni di misura opportunamente posizionate nei canali delle tre bocche o nelle immediate vicinanze ed è

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

proseguita quasi ininterrottamente insieme all'acquisizione dei parametri chimico-fisici dell'acqua e alle variabili meteo marine.

In continuità con l'anno passato, e data l'evidenza (Rapporto Finale, Studio B.6.72 B/5) della mancanza di attività in grado di influenzare significativamente la torbidità della colonna d'acqua entro la bocca di Lido, a differenza delle altre due bocche di porto, la rete di monitoraggio è ora costituita da stazioni fisse nelle sole bocche di Malamocco e Chioggia, dove tuttavia si ritiene indispensabile mantenere il monitoraggio sulle stazioni fisse in quanto il recesso di barriera in queste bocche non è ancora stato scavato.

La Figura 1.1 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 sesto anno di monitoraggio; esse coincidono con quelle utilizzate nel corso del precedente Studio B.6.72 B/5. Nella Tabella 1.1 sono riassunte le caratteristiche di tutte stazioni (anche quelle non più in esercizio), e per ciascuna di queste sono riportate le coordinate geografiche espresse nel sistema UTM WGS 84 e Gauss Boaga e la profondità del battente d'acqua rispetto al livello medio del mare espressa in metri. 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 era a circa 7.5 metri dal fondo.

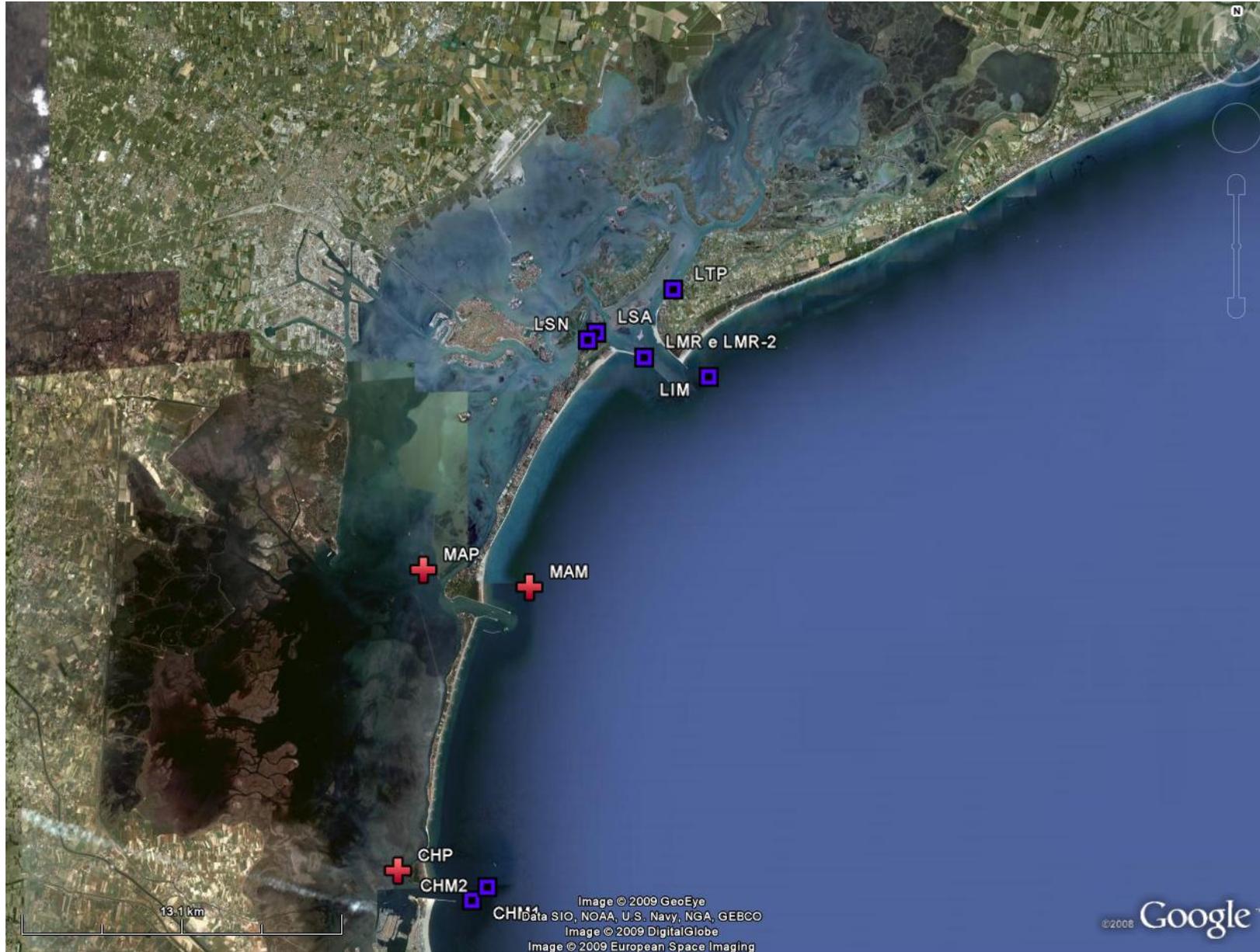


Figura 1.1. La rete delle stazioni fisse per la misura della torbidità in continuo. In rosso le stazioni attive nel periodo 2010-2011.

CORILA

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

Tabella 1.1 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
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
LMR	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/1 Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3 Studio B.6.72 B/4
LMR-2	LIDO Bocca di porto	Meda Rossa, Diga Sud	APAT	9.5	297740 E 5033614 N	2318223.64 5033215.04	Studio B.6.72 B/2 Studio B.6.72 B/3 Studio B.6.72 B/4
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

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
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
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

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

La rete è attualmente costituita da tre sole stazioni: le due stazioni MAP e CHP sono posizionate in aree vicine alle bocche di porto verso la laguna, mentre la stazione MAM è posizionata in mare.

Le prime due stazioni sono state allestite utilizzando le strutture delle postazioni mareografiche operanti in laguna (Figura 1.3 e Figura 1.4). Per la stazione MAM è stata utilizzata una struttura già esistente impiegata anch'essa come mareografo, ma con caratteristiche tecniche completamente diverse da quelle delle postazioni mareografiche in laguna (Figura 1.2).

Le stazioni coincidono con le postazioni utilizzate nello Studio B.6.78/I.



Figura 1.2. Stazione MAM.



Figura 1.3. Stazione MAP



Figura 1.4. Stazione CHP.

1.2 Strumentazione per la misura della torbidità

Per il rilievo della torbidità in continuo è stata utilizzata, per ogni stazione, una sonda multiparametrica autoregistrante Idronaut Mod. OceanSeven 304 CTD-T [Idronaut Srl., February 2005], equipaggiata con un sensore OBS (Optical Backscatter Sensor) del tipo Seapoint Turbidity Meter [Idronaut Srl., March 2005], che misura il *backscattering* ottico, generando una tensione di uscita proporzionale alla quantità di particolato solido sospeso lungo la colonna d'acqua.

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 1.2 dove sono riassunte le caratteristiche tecniche dei sensori utilizzati nelle stazioni fisse.

Tabella 1.2. Caratteristiche dei sensori montati sulla sonda OceanSeven 304 CTD-T.

Sensore	Intervallo di misura	Accuratezza	Sensibilità
Pressione	0 - 1000 dbar	0.05% f.s.	0.015%
Temperatura	-3 - +35 °C	0.005 °C	0.0006 °C
Conducibilità	0 - 64 mS/cm	0.005 mS/cm	0.001 mS/cm
Torbidimetro 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 (•)

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

1.3 Descrizione dell'attività di gestione della rete di stazioni fisse

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.

Gli strumenti di misura che fanno parte della rete sono stati installati nel 2005 e tenuti in funzione per l'acquisizione dei dati in maniera quasi continua per più di 5 anni. Ad oggi l'efficienza della rete è assicurata al prezzo di continue e costose manutenzioni che hanno richiesto la sostituzione di parti meccaniche, guarnizioni, connettori, ecc.

Si ricorda, inoltre, che l'efficienza del sistema di alimentazione delle sonde è in diminuzione; infatti, mentre il primo anno le batterie sono durate circa 12 mesi, nell'ultimo periodo alcune postazioni hanno richiesto una sostituzione delle batterie dopo soli 5 mesi e nel periodo invernale, con il calo delle temperature, è previsto che la durata sia ulteriormente inferiore.

Per quanto riguarda le operazioni di pulizia, esse vengono svolte come consuetudine con cadenza circa settimanale e prevedono il recupero della sonda a bordo di un'imbarcazione, la pulizia dei sensori (con particolare riguardo ai sensori di conducibilità e torbidità) ed il prelievo di campioni d'acqua alla quota di posizionamento del sensore OBS.

Giacché i valori di torbidità misurati dai sensori OBS vengono registrati come dati grezzi espressi in FTU e le risposte strumentali degli OBS sono differenti tra di loro, è necessario convertire il dato grezzo in valori di concentrazione del particolato solido sospeso (in mg/l). Tale conversione avviene utilizzando le relazioni di regressione fra le concentrazioni determinate nei campioni d'acqua appositamente prelevati in occasione degli interventi di manutenzione ed il valore della torbidità (in FTU) registrata da ciascuno strumento.

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

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

Le determinazioni dei solidi sospesi vengono eseguite in laboratorio utilizzando la metodica IRSA (Quaderno 100/2050/94). Tale metodica impiega per la filtrazione membrane in policarbonato (Millipore HTP04700) 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, riposte in scatole Petri immediatamente dopo la filtrazione e conservate a +4°C. Dopo la filtrazione, le membrane vengono essiccate a +105°C per 12 ore, quindi raffreddate in essiccatore a vuoto ed infine ripesate. La concentrazione di SPM si ottiene come differenza dal peso iniziale della membrana rapportata al volume d'acqua filtrato. Tutte le operazioni di pesatura sono effettuate mediante l'utilizzo di una bilancia analitica.

Nel capitolo 2 sono riportate per ogni stazione di misura i diagrammi sperimentali e le specifiche rette utilizzate per la conversione.

Per la stazione a mare MAM, caratterizzata da un elevato fondale (11 metri circa) 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, fissata a 1,5 m dal fondo. Nella Figura 1.5 è mostrato uno schema tipico di posizionamento e ancoraggio.

Tutte le operazioni in campo sono state registrate dagli operatori, su apposite schede, in occasione di ciascuna operazione di scarico dei dati (Figura 1.6).

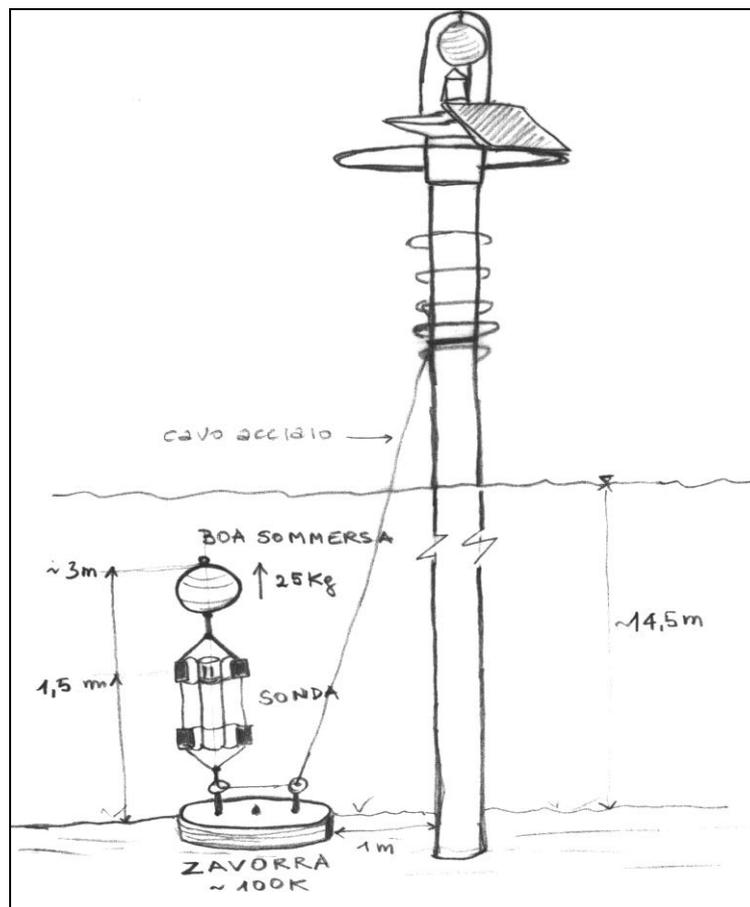


Figura 1.5. Schema del sistema di posizionamento e ancoraggio utilizzato nelle stazioni a mare.

sensores OBS questo può causare una deriva permanente rispetto ai valori di concentrazione dei campioni prelevati per la calibrazione del sensore di torbidità. Una loro rimozione meccanica in campo sarebbe critica per la possibilità di danneggiamento della finestra ottica del torbidimetro; quindi il ripristino delle condizioni ottimali deve essere fatto in laboratorio. Pertanto, prima del prossimo periodo estivo si ritiene necessario programmare un intervento straordinario a rotazione sugli strumenti impiegati nelle singole stazioni.



Figura 1.7. Stato della sonda ubicata nella stazione MAM prima e dopo le operazioni di pulizia (12 Ottobre 2010).

1.4.1 Procedura per la filtrazione dei picchi istantanei

La procedura per la filtrazione dei picchi istantanei della torbidità, legati all'accumulo di depositi sullo strumento, è stata effettuata mediante un controllo sul dato istantaneo, che viene automaticamente eliminato quando il suo valore si discosta di una quantità superiore al doppio della media dei valori nel suo intorno. Quando il controllo non risulta efficace, come nel caso di perturbazioni prolungate, 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 è ritenuto opportuno applicare un ulteriore filtro alla serie temporale risultante, cioè una media oraria, centrata sul dato istantaneo, applicata all'intera serie.

1.4.2 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, più spesso, con una relazione esponenziale o una polinomiale di secondo grado.

Nel caso più semplice (probabilmente piccole incrostazioni che crescono lentamente sulla finestra ottica del sensore) questa deriva non comporta un aumento significativo delle oscillazioni istantanee 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.

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

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, scelta in modo da 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 dove si può applicare una seconda volta la procedura correttiva.

Un esempio dell'applicazione di questa procedura correttiva è rappresentato nella figura 1.8 dove sono evidenziati con un asterisco i punti scelti per individuare la polinomiale, la polinomiale stessa ed i valori corretti che presentano una linea di base orizzontale a partire dal primo punto scelto.

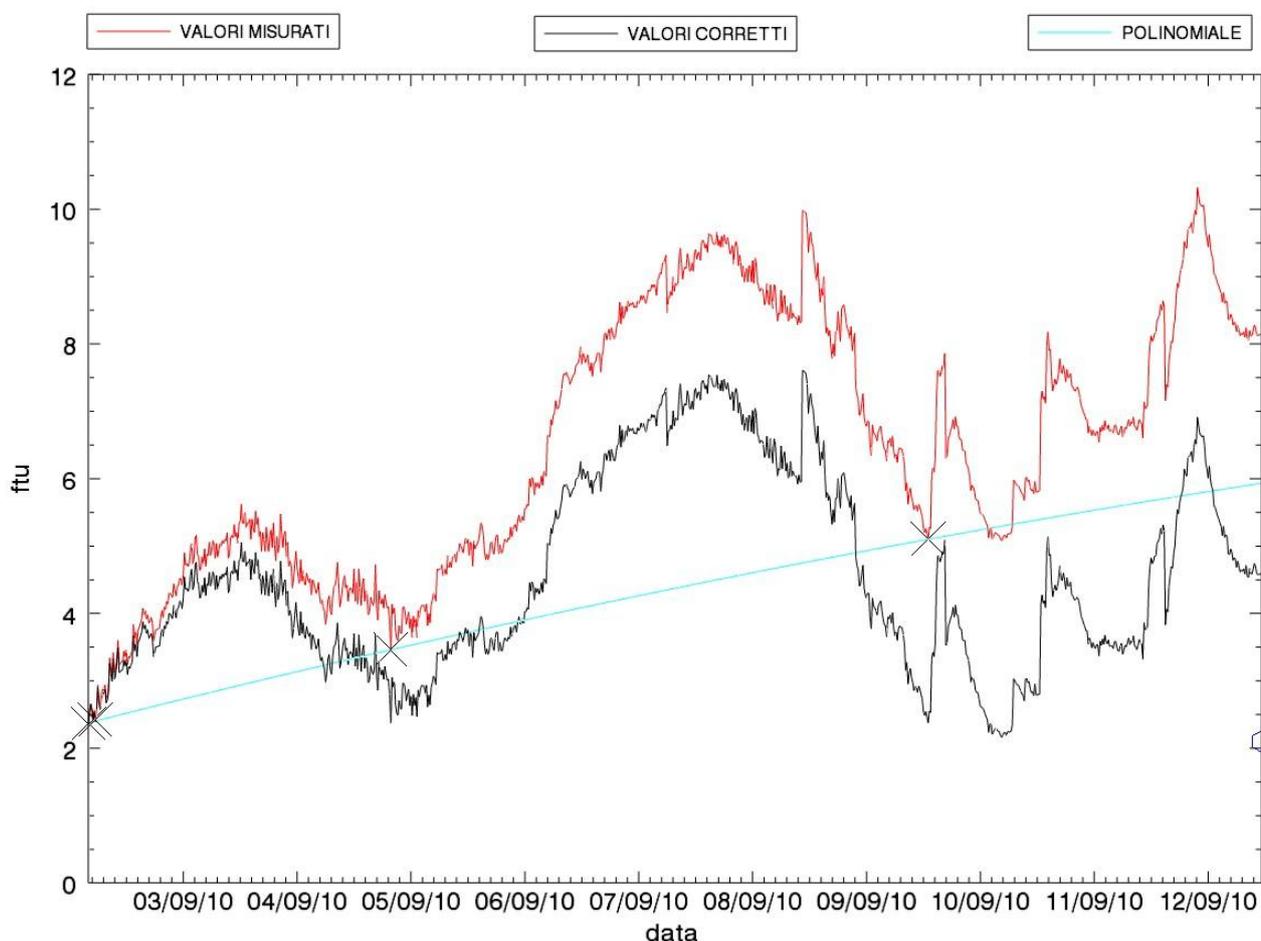


Figura 1.8. Esempio di una correzione della deriva progressiva dei valori di torbidità dovuta al fouling mediante la sottrazione di una polinomiale di secondo grado (in nero la curva dopo l'applicazione della correzione); sono evidenziati con un asterisco i punti minimi utilizzati per calcolare la polinomiale e con un pallino il valore dei solidi sospesi. Per i valori successivi al 10 settembre viene applicata un'ulteriore correzione.

A partire dal 10 Settembre si rimane una deriva residua che viene corretta ri-applicando la medesima procedura solo al tratto terminale scegliendo un'opportuna polinomiale affinché il valore finale si avvicini al valore dei solidi sospesi (pallino blu). Il risultato è visibile nella figura 1.9.

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

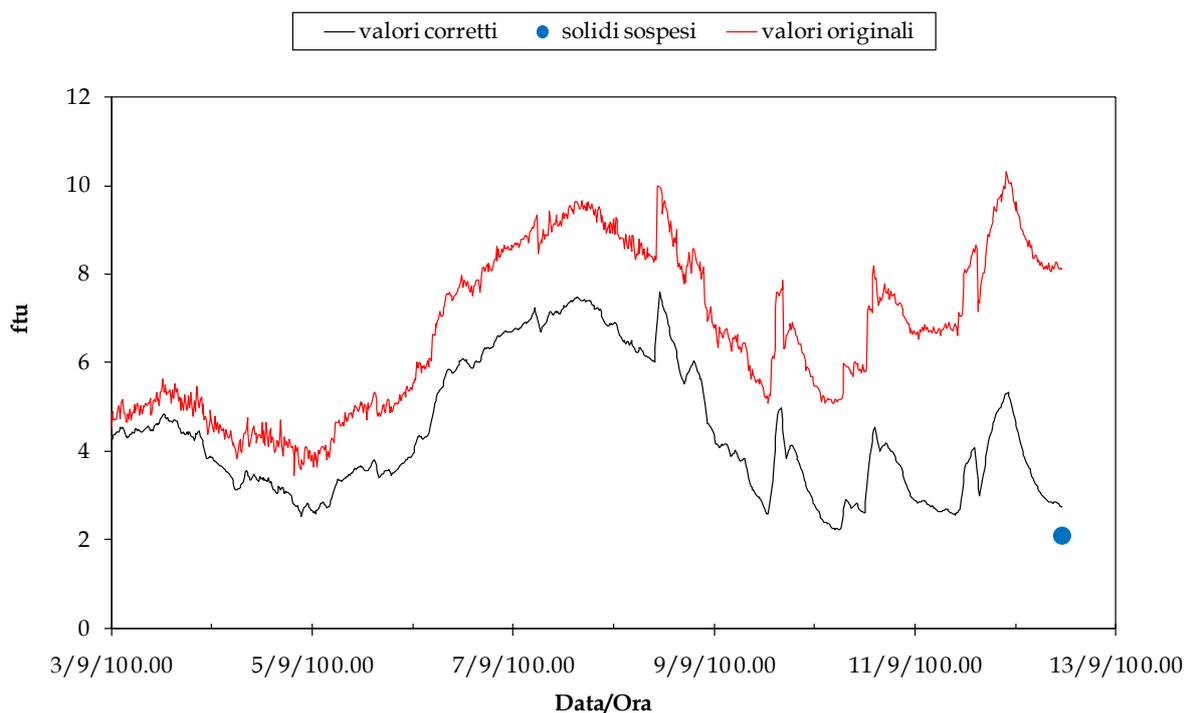


Figura 1.9. Risultato finale dopo l'applicazione della procedura correttiva ripetuta due volte nel tratto terminale dell'intervallo.

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

1.5 Calibrazione dei sensori di torbidità per la stima della concentrazione di SPM

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

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

Anche se non c'è una relazione generale tra torbidità e SPM, la misura di torbidità ha ormai sostituito quella di SPM nelle determinazioni puntuali, in tutti i casi in cui sia necessario disporre di valori in tempo reale, o nei monitoraggi, poiché la frequenza di campionamento richiederebbe il prelievo e l'analisi di un numero eccessivo di campioni d'acqua [ANPA, 1999]. La misura della torbidità è, infatti, molto più agevole rispetto alla misura di SPM, che richiede la disponibilità di un laboratorio e tempi di esecuzione non compatibili con la necessità, spesso richiesta, di rilevare

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

variazioni a breve scala temporale (dell'ordine dell'ora o inferiori), come nel caso del monitoraggio di attività di cantiere in corpi idrici soggetti all'escursione di marea.

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

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

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

2. ANALISI DEI DATI

Di seguito nella Tabella 2.1 è riportata la percentuale dei dati validati dopo la procedura di filtrazione delle serie temporali su tutto il periodo del monitoraggio Settembre-Dicembre 2010. Nel conteggio totale sono inclusi anche i periodi in cui i dati mancavano per malfunzionamento degli strumenti.

Tabella 2.1. Percentuale dei dati validati nel periodo Settembre-Dicembre 2010.

Stazione	Dati validati sul totale del monitoraggio
CHP	89.1%
MAM	58.9%
MAP	95.0%

La percentuale di informazioni utili dopo la procedura di verifica e filtrazione delle serie temporali dai dati spuri è, per le stazioni in laguna (CHP e MAM), superiore all'80%. Le alte percentuali di dati validi riscontrate in questo quadrimestre sono dovute agli interventi di pulizia delle sonde ed anche ad un ridotto sviluppo di fouling per la bassa temperatura dell'acqua nei mesi invernali. La maggior copertura si riscontra per la stazione MAP (95.0%).

Per quanto riguarda la stazione a mare MAM, generalmente essa è maggiormente soggetta a fouling delle altre stazioni in quanto, per motivi logistici, viene pulita ogni due settimane. La bassa percentuale di dati disponibili in questo quadrimestre (58.9%) non è dovuta solo al fouling ma soprattutto alla perdita dei dati di più di 1 mese; infatti il giorno 11 Dicembre è stato verificato l'abbattimento del palo a cui era ancorata la sonda. Il giorno 20 Dicembre il personale Thetis ha provveduto al recupero della strumentazione che è stata riportata in sede per manutenzione. Si è successivamente verificato che la sonda è stata danneggiata in quanto la stessa non comunicava con il software per il recupero dei dati registrati.

Per facilitare la comprensione del grado di copertura delle registrazioni, nella Figura 2.1 viene visualizzata l'estensione temporale delle acquisizioni effettuate dai singoli strumenti. Come si può notare a Novembre per alcuni giorni il sensore di torbidità della sonda della stazione CHP non ha correttamente funzionato.

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

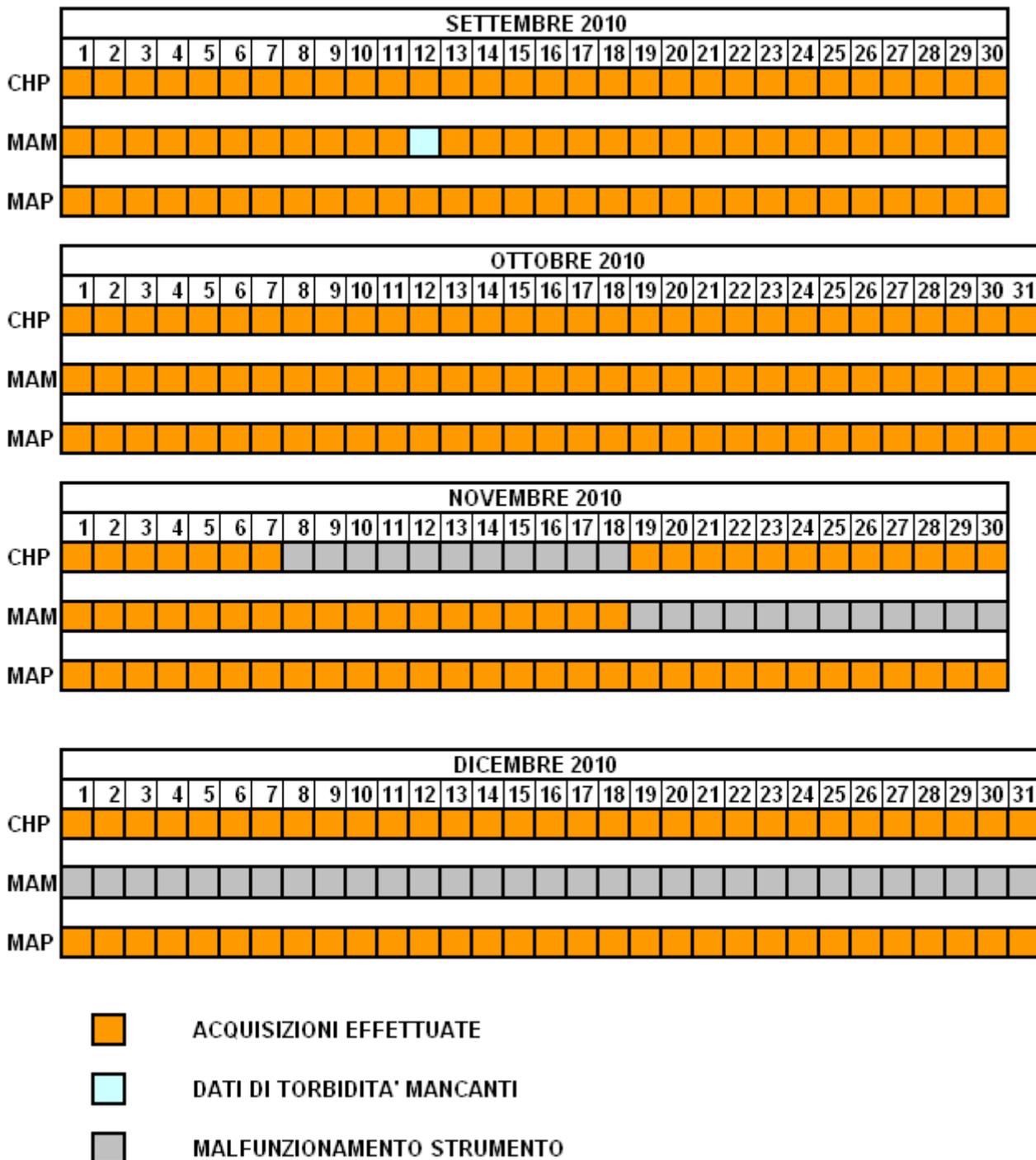


Figura 2.1. Visualizzazione schematica dei periodi di acquisizione degli strumenti impiegati nelle tre stazioni oggetto del monitoraggio.

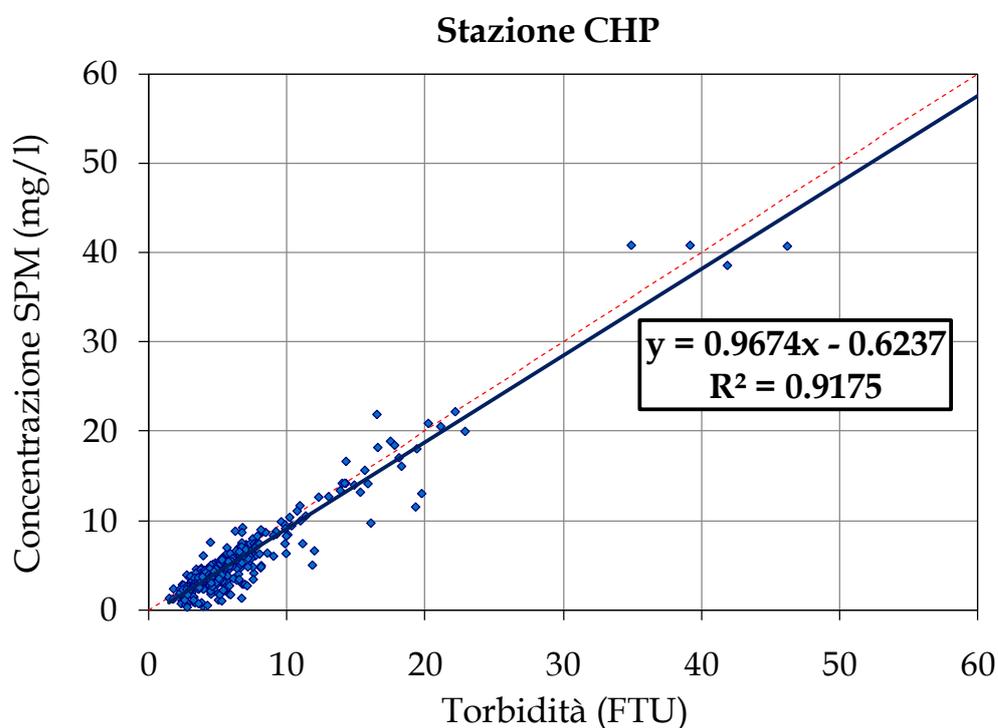
Le relazioni utilizzate per la calibrazione dei dati registrati in ciascuna delle stazioni sono riportate nella Per quanto riguarda la sonda posta nella stazione MAP si nota un coefficiente R^2 più basso rispetto alla retta del quadrimestre precedente ($R^2=0.91$); è stato infatti riscontrata la scarsa correlazione tra valori misurati e campioni prelevati, probabilmente dovuta alla presenza di incrostazioni dure davanti alle finestre ottiche del sensore, la cui rimozione meccanica durante le normali operazioni di manutenzione in campo può non essere sufficiente. Si prevede una procedura di pulizia chimica approfondita e ricalibrazione aggiuntiva per tutte le sonde.

Tabella 2.2 e visualizzate nelle Figura 2.2 a-c. Si osserva come, in quasi tutti i casi, la pendenza della retta di regressione sia piuttosto vicina all'unità. Ciascuna di queste relazioni è stata utilizzata per derivare la serie temporale della concentrazione di SPM a partire dalla serie della torbidità della corrispondente stazione, ottenute dalla procedura di correzione descritta nella precedente sezione.

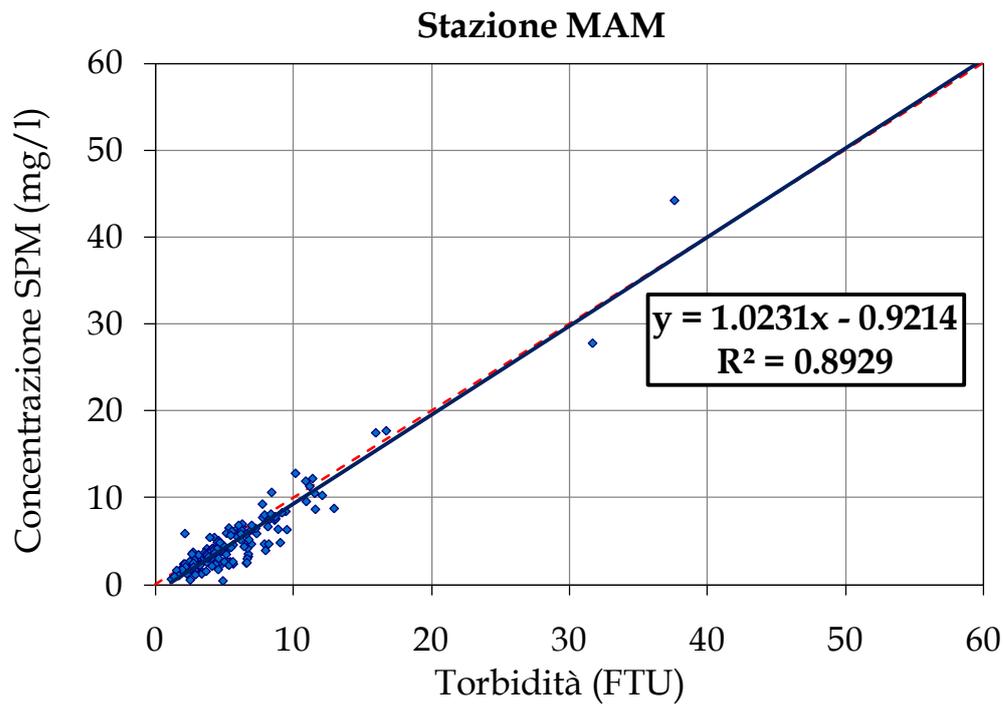
Per quanto riguarda la sonda posta nella stazione MAP si nota un coefficiente R^2 più basso rispetto alla retta del quadrimestre precedente ($R^2=0.91$); è stato infatti riscontrata la scarsa correlazione tra valori misurati e campioni prelevati, probabilmente dovuta alla presenza di incrostazioni dure davanti alle finestre ottiche del sensore, la cui rimozione meccanica durante le normali operazioni di manutenzione in campo può non essere sufficiente. Si prevede una procedura di pulizia chimica approfondita e ricalibrazione aggiuntiva per tutte le sonde.

Tabella 2.2 Coefficienti ed equazioni delle rette di regressione utilizzate per la calibrazione dei sensori OBS.

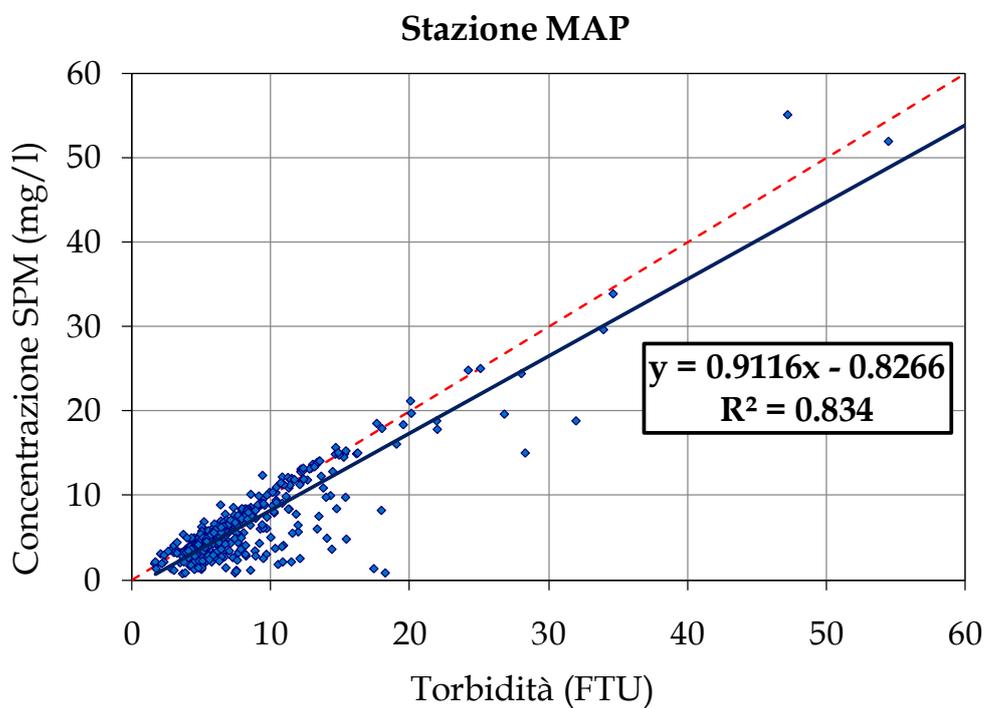
Stazione	Equazione e coefficiente retta di calibrazione
CHP	$y = 0,9674x - 0,6237$ $R^2 = 0,9175$
MAM	$y = 1,0231x - 0,9214$ $R^2 = 0,8929$
MAP	$y = 0,9116x - 0,8266$ $R^2 = 0,834$



(a)



(b)



(c)

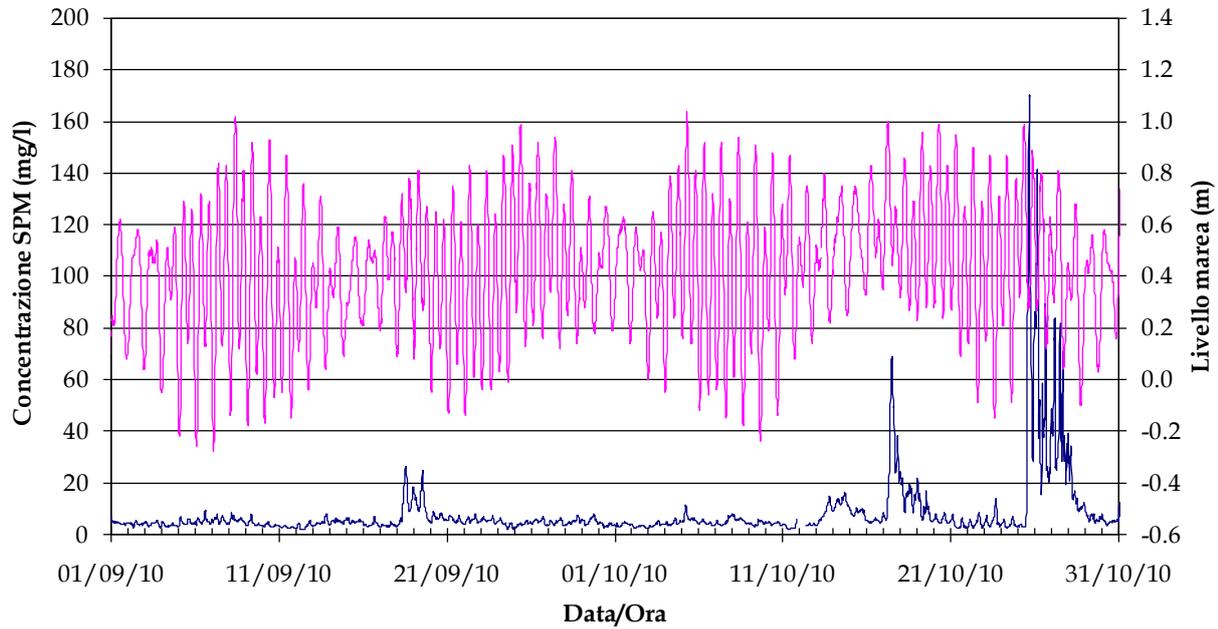
Figura 2.2. Diagrammi di regressione fra la torbidità registrata dalle sonde nelle diverse stazioni considerate ed i corrispondenti valori di concentrazione di SPM nei campioni d'acqua prelevati in concomitanza agli interventi di manutenzione. Le rette sono state elaborate includendo tutti i valori disponibili, fino a Dicembre 2010.

2.1 Serie temporali della torbidità/SPM

Le serie temporale del periodo Settembre-Dicembre 2010 sono inclusi nei files del database allegato al presente Rapporto. Per quanto riguarda gli elaborati grafici vengono presentate due versioni: nella prima la concentrazione di SPM è rappresentata insieme alla curva di marea del mareografo più vicino alla stazione in questione (Diga Nord di Malamocco, Diga Sud di Chioggia, - Istituzione Centro Previsioni e Segnalazioni Maree, Comune di Venezia), mentre nella seconda l'SPM è rappresentato insieme all'andamento orario della velocità del vento, misurato alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR.

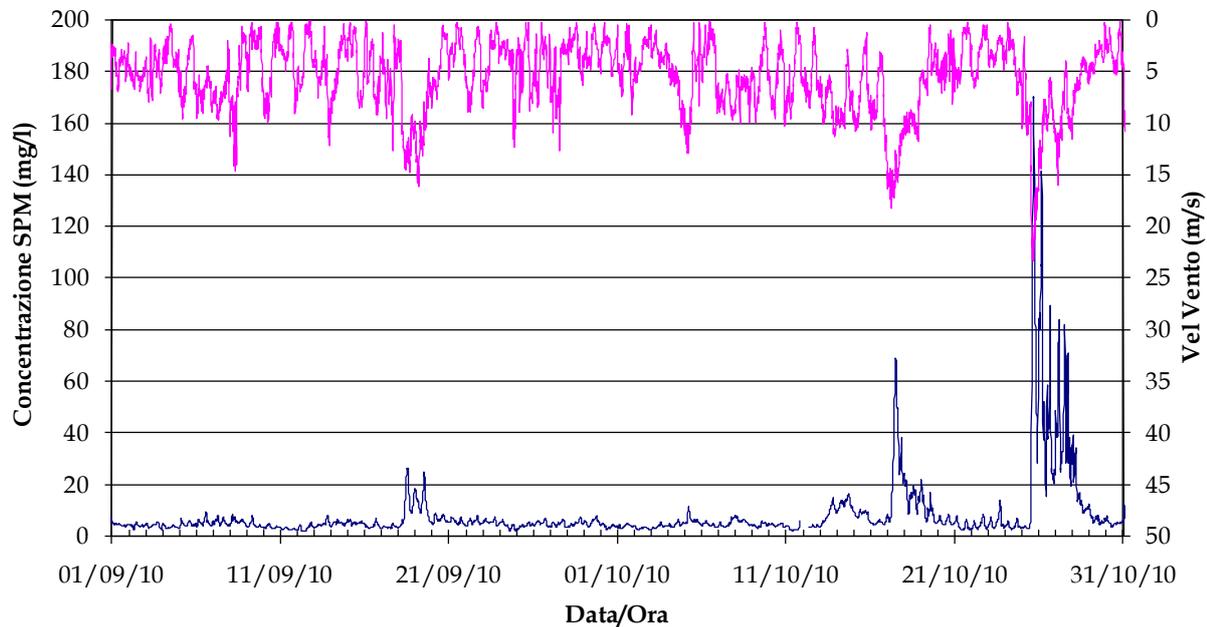
L'intera serie temporale del periodo di osservazione per ciascuna delle stazioni, su scala bimensile, è rappresentata nelle Figure 2.3-2.8 (a) insieme all'andamento del livello di marea. L'evoluzione della concentrazione e l'intensità del vento sono, invece, rappresentate nelle Figure 2.3-2.8 (b).

Stazione CHP



(a)

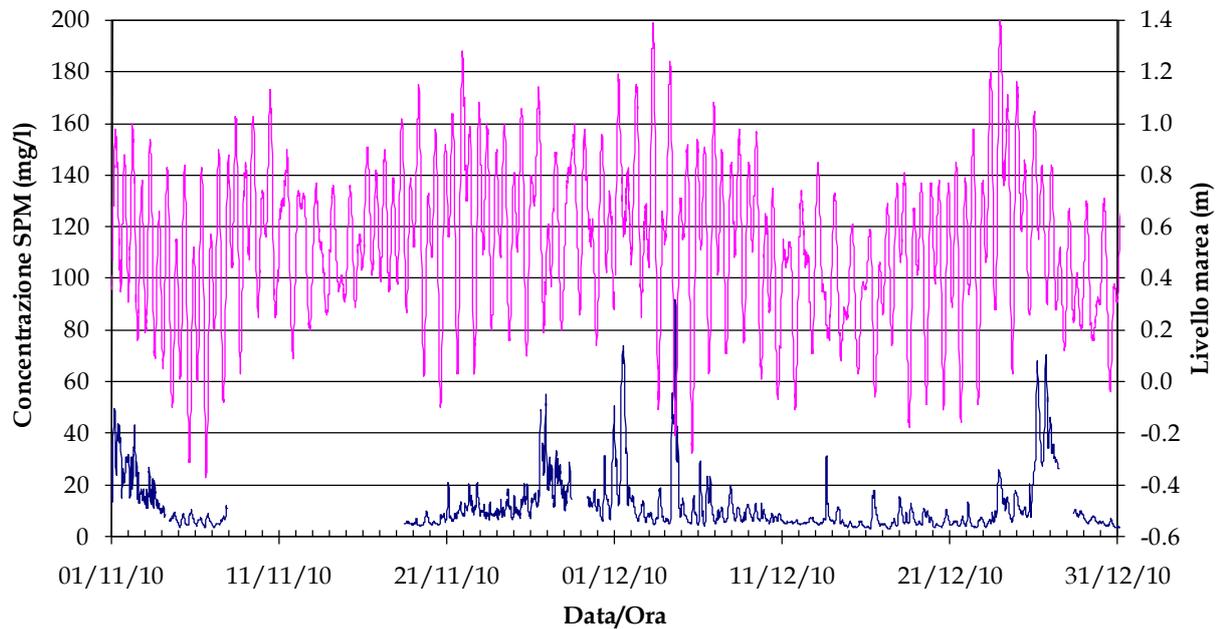
Stazione CHP



(b)

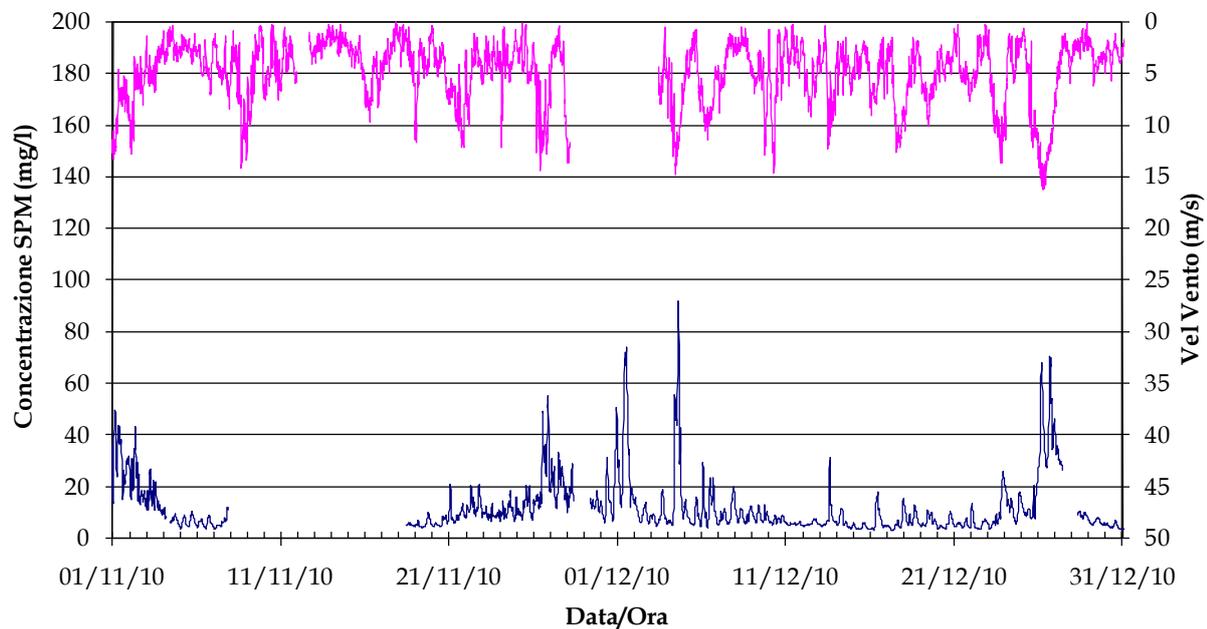
Figura 2.3. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHP nel periodo Settembre-Ottobre 2010.

Stazione CHP



(a)

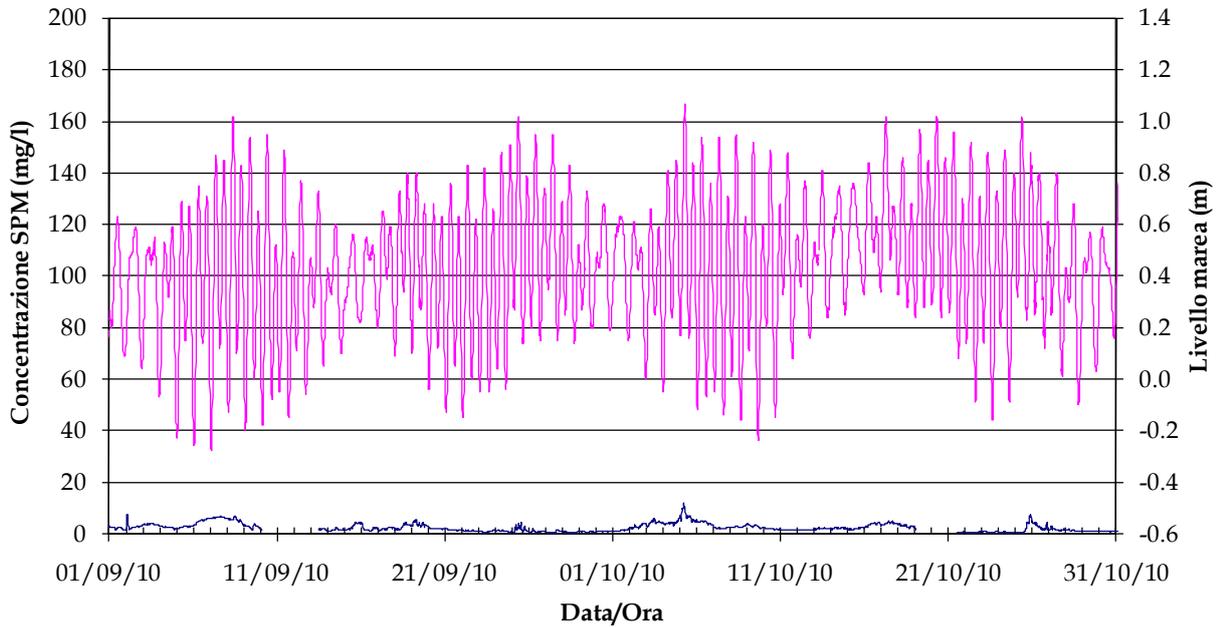
Stazione CHP



(b)

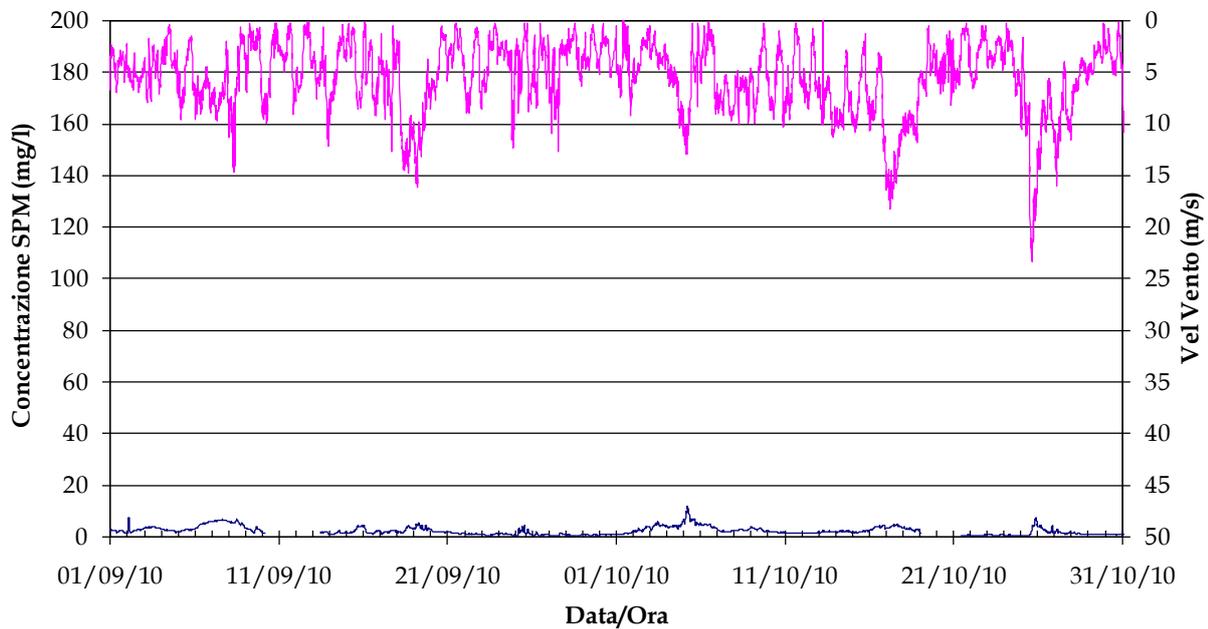
Figura 2.4. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione CHP nel periodo Novembre-Dicembre 2010.

Stazione MAM



(a)

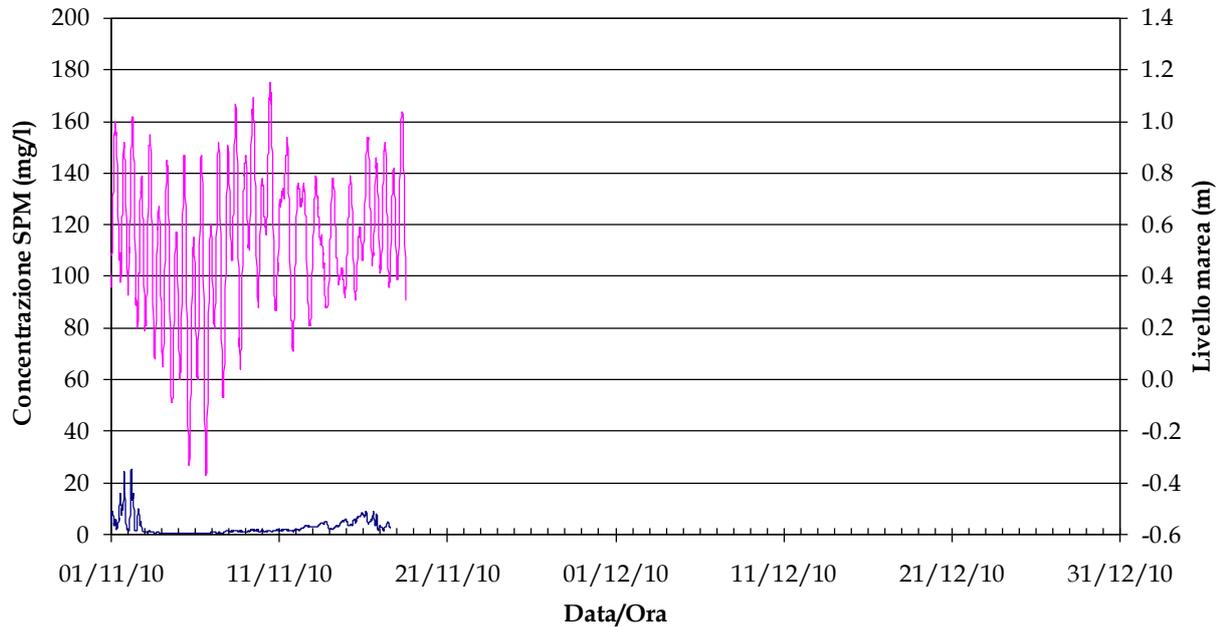
Stazione MAM



(b)

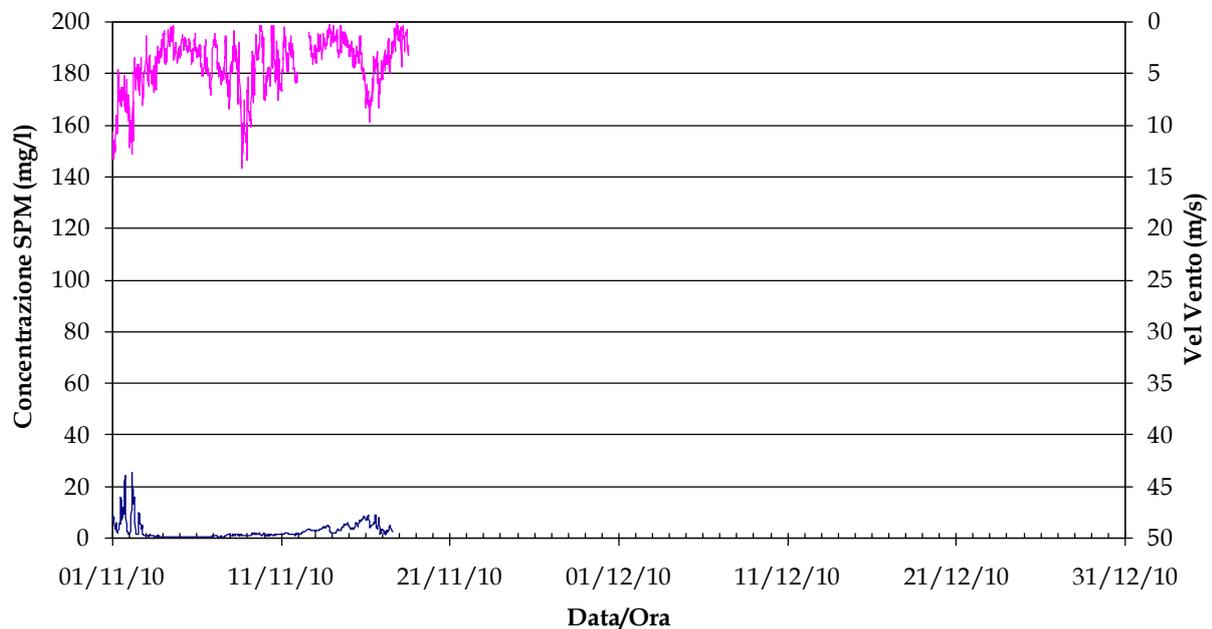
Figura 2.5. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAM nel periodo Settembre-Ottobre 2010.

Stazione MAM



(a)

Stazione MAM

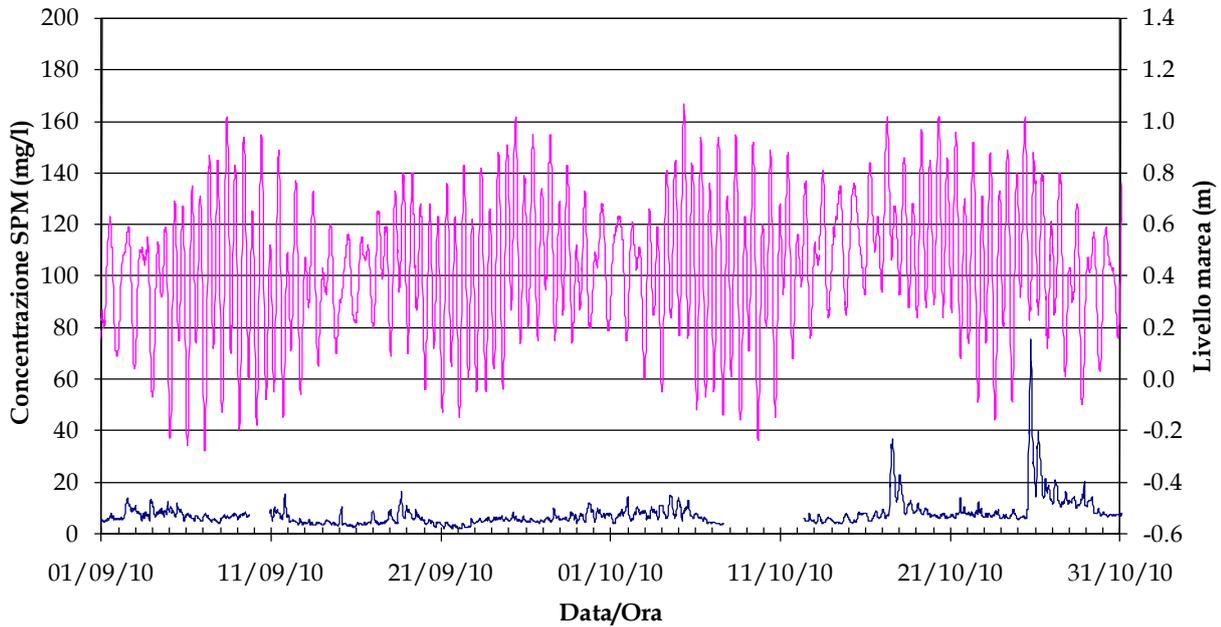


(b)

Figura 2.6. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAM nel periodo Novembre-Dicembre 2010.

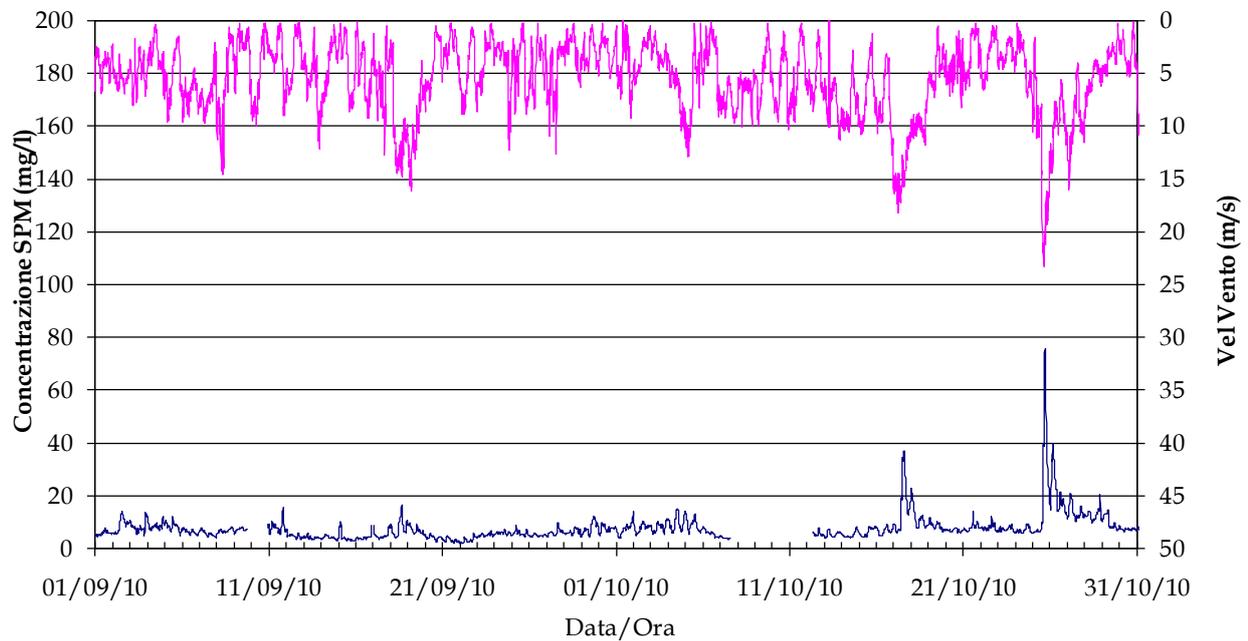
CORILA
ATTIVITÀ DI RILEVAMENTO PER IL MONITORAGGIO DEGLI EFFETTI PRODOTTI DALLA
COSTRUZIONE DELLE OPERE ALLE BOCCHE LAGUNARI

Stazione MAP



(a)

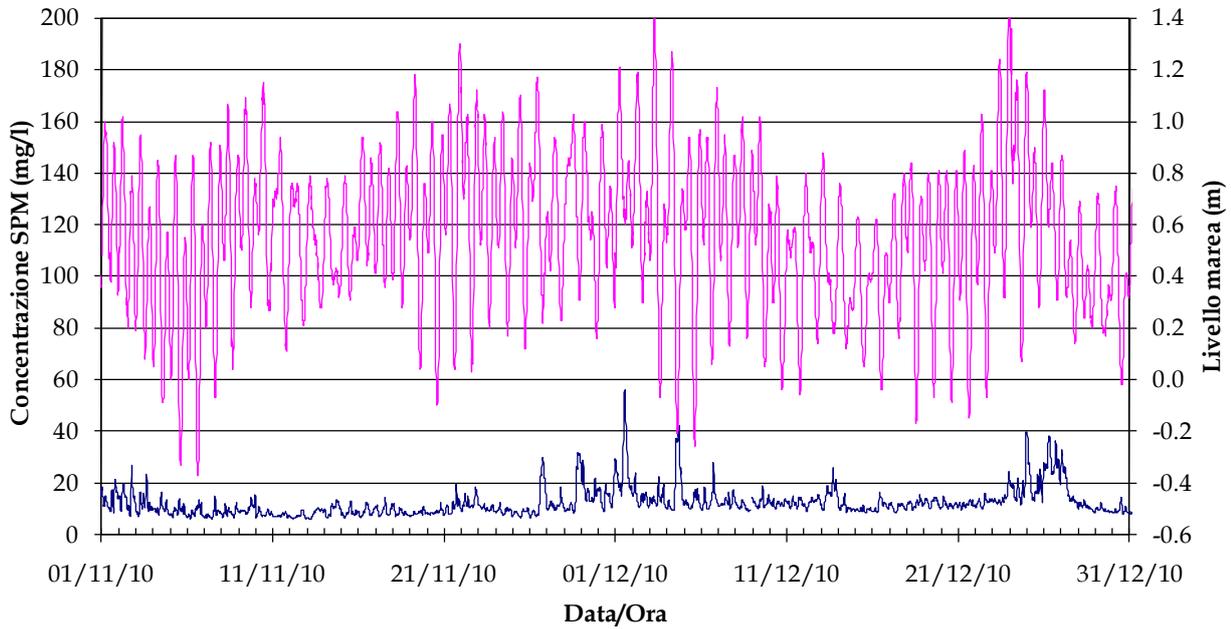
Stazione MAP



(b)

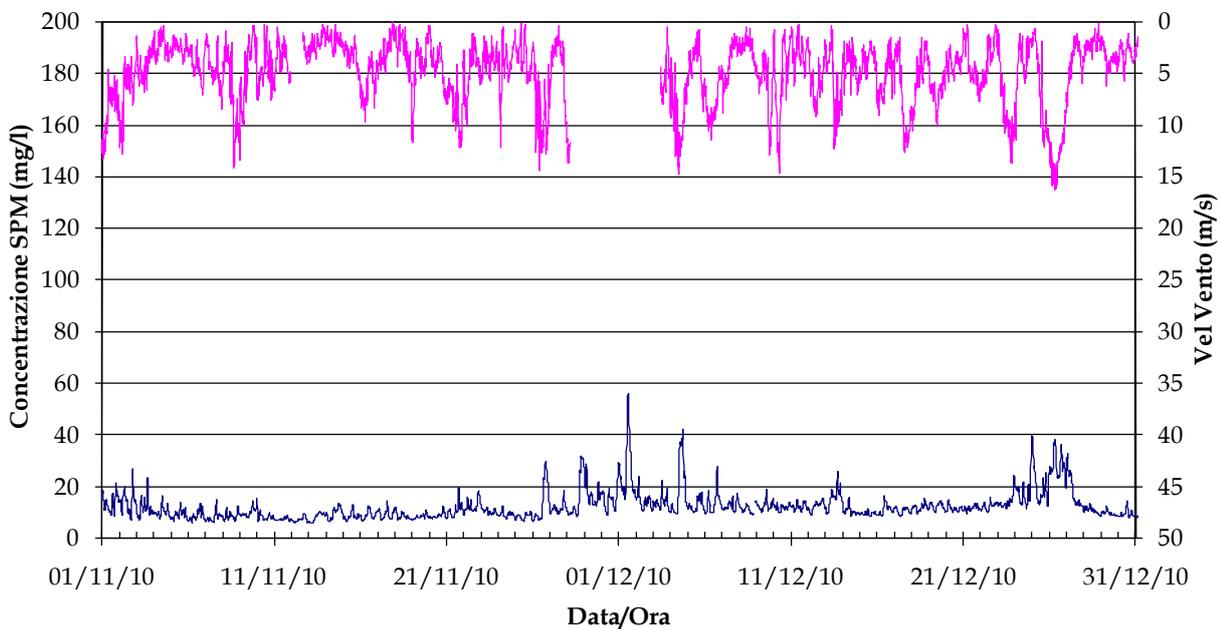
Figura 2.7. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAP nel periodo Settembre-Ottobre 2010.

Stazione MAP



(a)

Stazione MAP



(b)

Figura 2.8. Serie temporale della concentrazione di SPM e del livello idrico (a) e della velocità del vento (b) alla stazione MAP nel periodo Novembre-Dicembre 2010.

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

Nelle serie temporali dei diversi strumenti sono ben visibili alcuni eventi meteomarini intensi, per i quali la velocità del vento, misurata alla piattaforma oceanografica del CNR-ISMAR, supera i 15 m/s. Per quanto riguarda il quadrimestre considerato si evidenziano solo quattro eventi, di durata di qualche ora:

- il giorno 19 Settembre dalle ore 2.30 alle 4.45 la velocità del vento ha assunto valori compresi tra i 15 e i 16 m/s con direzione di circa 40 gradi; pertanto si tratta di un evento di bora;
- il giorno 17 Ottobre dalle ore 0.00 alle 11.00 la velocità del vento ha assunto valori compresi tra i 12 e 18 m/s, direzione di circa 35 gradi, evento di bora;
- il giorno 25 Ottobre dalle ore 12.45 alle 23.30 la velocità del vento di bora (direzione di circa 30 gradi) ha assunto valori compresi tra i 15 e i 23.3 m/s;
- il giorno 26 Dicembre dalle ore 6.15 alle 10.30 la velocità del vento ha assunto valori compresi tra i 14 e i 16 m/s s direzione di circa 50 gradi; pertanto si tratta ancora di un evento di bora.

Per un'analisi della correlazione tra la torbidità e questi eventi, ed eventualmente altri di minore intensità ma con effetti comunque apprezzabili, si veda il paragrafo 2.2.

I risultati dell'elaborazione statistica effettuata sui dati di concentrazione relativi alle tre stazioni sono riportati nella Tabella 2.3.

Tabella 2.3. Parametri statistici rappresentativi delle serie temporali di concentrazione acquisite nelle stazioni di misura della torbidità. N_{tot} è il numero totale di dati sui quali è stata fatta l'elaborazione. Le concentrazioni sono espresse in mg/l.

	CHP	MAM	MAP
Ntot	10434	6897	11125
Media	9.6	2.4	10.0
Dev. Std.	11.9	2.1	5.7
Max.	170.4	25.2	75.5
Min.	1.8	0.2	1.8
25° percentile	4.3	1.0	6.6
50° percentile	5.7	1.9	8.8
75° percentile	9.5	3.3	11.7
95° percentile	30.4	6.1	19.5

Per prima cosa è necessario sottolineare la scarsa rappresentatività delle informazioni relative alla stazione MAM (58.9% di dati validi) principalmente a causa della mancanza dei dati tra il 18 Novembre ed il 31 Dicembre.

Valori medi, massimi e minimi di torbidità, deviazione standard

Per quanto riguarda i valori medi della torbidità, le stazioni che presentano i valori più alti sono quelle ubicate nei canali di bocca, cioè MAP (10.0 mg/l), ubicata in laguna presso la bocca di

Malamocco, e CHP (9.6 mg/l). La stazione a mare MAM invece presenta un valore medio notevolmente più basso: nonostante non si possa fare un confronto molto rappresentativo tra i valori, visto lo scarso numero di dati registrati in questa stazione, una tale differenza è spiegata dalla sua diversa collocazione, caratterizzata da elevata profondità e da basse correnti di marea. Rispetto alle stazioni lagunari, pertanto, MAM è meno soggetta sia al risollevarsi dei sedimenti da parte del moto ondoso locale, sia al trasporto di sedimenti provenienti da zone del litorale più vicine alla battigia.

Dalla Tabella 2.3 risulta che i valori di torbidità massimi hanno una spiccata variabilità; il valore massimo della stazione CHP (170.4 mg/l) è relativo all'evento meteo del 25 Ottobre, quando il vento di bora ha raggiunto la velocità massima di 23.3 m/s.

I periodi in cui non si sono verificati eventi meteo marini sono stati caratterizzati da acque molto limpide; infatti i valori minimi di torbidità sono scesi fino a 1.8 mg/l nelle stazioni in laguna e solo a 0.2 mg/l, per i motivi detti prima, nella stazione a mare. Valori così bassi sono anche un indice del perdurare di condizioni di pulizia ottimale della finestra ottica del sensore di torbidità.

Percentili

I valori del 25° percentile rappresentano convenzionalmente le condizioni di assenza di perturbazioni, cioè assenza di moto ondoso e velocità della corrente di marea inferiore a qualche cm/s. È interessante osservare come le stazioni collocate nelle aree all'interno delle bocche di porto presentano valori simili (4.3mg/l a CHP e 6.6 mg/l a MAP) e, come già evidenziato, sensibilmente più elevati della stazione a mare MAM (1.0 mg/l).

Il 50° percentile coincide con il valore mediano e quindi rappresenta le condizioni più probabili. È evidente lo stesso raggruppamento appena evidenziato: le concentrazioni nella stazione a mare MAM (1.9 mg/l) risultano inferiori a quelle registrate presso le due stazioni lagunari (rispettivamente CHP con 5.7 mg/l e MAP con 8.8 mg/l).

I valori del 75° percentile si possono considerare, invece, come indicatori dei valori di torbidità relativamente elevati dovuti ad un'eccessiva presenza di carico organico, come nei mesi estivi, o a eventi meteo marini di moderata intensità. Anche in questo caso i valori delle sue stazioni in laguna sono confrontabili (9.5 mg/l per CHP e 11.7 mg/l per MAP) e superiori alle stazione a mare MAM (3.3 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, nonché un aumento del trasporto di sedimenti lungo costa con aumenti del carico rilevabili anche nei giorni successivi all'evento. In questo caso, come accaduto anche in passato, la stazione a mare MAM è poco influenzata dal tipo di eventi intensi che si sono verificati e infatti presenta un valore inferiore alle altre due stazioni: (6.1 mg/l a MAM, 30.4 mg/l a CHP e 19.5 mg/l a MAP).

2.2 Analisi dei picchi di torbidità

In condizioni generali, 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);

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

- 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 2.4 si riporta per ogni stazione il numero totale di superamenti della soglia di 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) rilevati nel periodo Settembre-Dicembre 2010 e si individuano quelli dovuti o meno al vento.

Tabella 2.4. Analisi dei picchi di torbidità durante il periodo Settembre-Dicembre 2010. Si considera che i torbidimetri forniscono 1 dato ogni 15 minuti; il singolo dato viene calcolato come media delle 5 acquisizioni, effettuate una al minuto, all'inizio dell'intervallo temporale di 15 minuti.

Stazione	CHP	MAM	MAP
Numero condizioni eccezionali con C>30 mg/l	335	0	150
Numero di eventi CERTAMENTE dovuti a risospensione da vento	335	0	150
Numero di eventi la cui causa non è legata alla risospensione da vento	0	0	0

Dalla Tabella 2.4 è evidente che nel periodo Settembre-Dicembre 2010 tutti i superamenti sono dovuti al vento e non è pertanto necessaria una più approfondita valutazione per individuare ulteriori cause.

Di seguito pertanto viene proposta, per ogni stazione, l'analisi dei picchi di torbidità in relazione alla sola velocità del vento.

Gli eventi meteomarinari che hanno influenzato maggiormente le concentrazioni della torbidità, in modo peraltro non uniforme in tutta la rete, sono riportati di seguito.

- Il giorno 19 Settembre dalle ore 2.30 alle 4.45 la velocità del vento di bora ha assunto valori compresi tra i 15 e i 16 m/s creando un aumento di concentrazione nella stazione CHP senza causare però il superamento di 30 mg/l.
- Il giorno 17 Ottobre dalle ore 0.00 alle 15.00 la velocità del vento ha assunto valori compresi tra i 12 e 18 m/s; per quasi tutto questo intervallo temporale è stata superato il valore di 15 m/s. Questo evento ha avuto un apprezzabile effetto sulla torbidità rilevata nella stazione CHP (69.1 mg/l) ma minori effetti nell'altra stazione lagunare MAP (34.6 mg/l). Non ha invece avuto nessun effetto sulla stazione a mare MAM.
- Il periodo 25-28 Ottobre è stato caratterizzato da venti di bora con velocità generalmente superiore a 10 m/s; in particolare, il giorno 25 Ottobre dalle ore 12.45 alle 23.30 la velocità del vento di bora ha assunto valori compresi tra i 15 e i 23.3 m/s. Questo evento ha avuto effetti evidenti sulla torbidità rilevata nella stazione CHP che infatti presenta numerosi valori al di sopra di 30 mg/l fino ad un valore massimo di 170 mg/l. Per quanto riguarda la stazione MAP gli effetti sono meno apprezzabili e la torbidità presenta un paio di picchi di valori pari a circa 40 e 75 mg/l. Nella stazione MAM si osserva un piccolo innalzamento della concentrazione di circa 4-6 mg/l.

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

- Nei giorni 31 Ottobre e 1-2 Novembre la velocità del vento, pur rimanendo inferiore a 15 m/s, in alcune ora ha superato i 10 m/s creando un effetto locale ma visibile nella stazione CHP; essa presenta dei picchi di concentrazione di solidi sospesi variabili tra i 30 e i 50 mg/l. Questo evento non ha invece avuto effetti sulle stazioni di MAM e MAP.
- Dal 26 al 28 Novembre e dal 4 al 6 Dicembre si osserva che la velocità del vento, pur rimanendo inferiore a 15 m/s, supera i 10 m/s, creando una risospensione di sedimenti sia nella stazione CHP, dove si hanno dei picchi di torbidità con valori variabili tra 54 e 91 mg/l, sia nella stazione MAP dove invece il valore del picco di torbidità è più basso (42 mg/l). Durante i giorni (29 Novembre -3 Dicembre) compresi tra questi due intervalli temporali non abbiamo a disposizione i dati dell'anemometro; si può però ragionevolmente supporre che i picchi di 71 mg/l di CHP e di 55 mg/l di MAP siano comunque dovuti ad una elevata velocità del vento. Nulla si può dire riguardo a MAM perché non si hanno i dati relativi a questo periodo.
- Il giorno 26 Dicembre dalle ore 6.15 alle 10.30 la velocità della bora ha assunto valori compresi tra i 14 e i 16 m/s rimanendo superiore a 10 m/s per tutto il giorno. L'effetto di questo evento è visibile nella stazione CHP con due picchi di torbidità di valore circa 70 mg/l e nella stazione MAP con dei picchi di valore circa 35 mg/l. Nulla si può dire riguardo a MAM perché non si hanno i dati relativi a questo periodo.

Dall'analisi di questi dati è quindi evidente che la bora crea una risospensione dei sedimenti all'interno della laguna, come pure, verosimilmente, nei litorali circostanti a minore profondità, mentre il suo effetto in mare a profondità più elevate non è rilevante.

2.3 Effetti delle attività di scavo sulle registrazioni delle stazioni torbidimetriche

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

Per quanto riguarda il periodo di tempo analizzato in questo rapporto, non è stato riscontrato (come descritto nel paragrafo 2.2) nessun superamento della soglia di torbidità dovuto alle attività di scavo; non è pertanto necessaria nessuna analisi per mettere in correlazione la torbidità con i dragaggi.

Per il periodo corrispondente all'intervallo Settembre-Dicembre 2010 sono state rese disponibili dalla Direzione Lavori alcune informazioni relative alle attività di dragaggio, che vengono riportate nella Tabella 2.5, quali periodo dell'attività, effettivi giorni di scavo e i volumi scavati.

Tabella 2.5. Localizzazione attività di dragaggio, denominazione dell'opera, periodo di lavoro, giornate effettive di scavo e metri cubi, secondo le indicazioni della Direzione Lavori.

	OP	Periodo	Giorni scavo	m ²
Bocca di Malamocco	OP/326	dal 2/9/10 al 29/11/10	11	29.800
	OP/490-1	dal 1/9/10 al 29/10/10	5	10.600
	OP/391-3B	dal 5/11/10 al 21/12/10	10	17.450
Bocca di Chioggia	OP/358-1B	dal 13/10/10 al 21/12/10	16	14.900
	OP/443-4	dal 26/11/10 al 10/12/10	10	8.250

2.4 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.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).

3. 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.
- Idronaut Srl. "OceanSeven 304 CTD-T OPERATOR MANUAL", Brugherio (Milan), February 2005
- Idronaut Srl. "Seapoint Turbidity Meter USER MANUAL", Brugherio (Milan), March 2005
- InterOcean Systems Inc. "S4 CURRENT METER USER MANUAL (Rev B)", June 1995
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto di Pianificazione Operativa, Venezia, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto di Variabilità Attesa, Venezia, Novembre 2006. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/1 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto Finale, Venezia, Dicembre 2006. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/2 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto Finale, Venezia, Luglio 2007. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/3 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto Finale, Venezia, Luglio 2008. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/4 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto Finale, Venezia, Luglio 2009. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.72 B/5 - Attività di rilevamento per il monitoraggio degli effetti prodotti dalla costruzione delle opere alle bocche lagunari", Rapporto Finale, Venezia, Luglio 2010. Consorzio Venezia Nuova - Esecutore CORILA
- Magistrato alle Acque di Venezia. "Studio B.6.78/I - Attività di monitoraggio alle bocche di porto: controllo delle comunità biologiche lagunari e marine", Discipinare 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, 2ª fase, p.8.

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

- 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.