

**T. CIUFFARDI, A. BORDONE, G. CERRATI
A. SCHIRONE, G. RAITERI**

Divisione Protezione e valorizzazione del territorio
e del capitale naturale
Laboratorio di Biodiversità e servizi ecosistemici
Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa, La Spezia

**MONITORAGGIO DEI PARAMETRI FISICI
DELLA COLONNA D'ACQUA:
RAPPORTO TECNICO SUI DATI DISPONIBILI DAL 2009
PRESSO L'OSSERVATORIO AMBIENTALE NELL'AREA
DI TUTELA MARINA DEL PARCO DI PORTO VENERE**

Rapporto tecnico sulle attività 2009-2015

RT/2017/26/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

T. CIUFFARDI, A. BORDONE, G. CERRATI
A. SCHIRONE, G. RAITERI

Divisione Protezione e valorizzazione del territorio
e del capitale naturale
Laboratorio di Biodiversità e servizi ecosistemici
Centro Ricerche Ambiente Marino S. Teresa, La Spezia

MONITORAGGIO DEI PARAMETRI FISICI
DELLA COLONNA D'ACQUA:
RAPPORTO TECNICO SUI DATI DISPONIBILI DAL 2009
PRESSO L'OSSERVATORIO AMBIENTALE NELL'AREA
DI TUTELA MARINA DEL PARCO DI PORTO VENERE

Rapporto tecnico sulle attività 2009-2015

RT/2017/26/ENEA



AGENZIA NAZIONALE PER LE NUOVE TECNOLOGIE,
L'ENERGIA E LO SVILUPPO ECONOMICO SOSTENIBILE

I rapporti tecnici sono scaricabili in formato pdf dal sito web ENEA alla pagina <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporti-tecnici>

I contenuti tecnico-scientifici dei rapporti tecnici dell'ENEA rispecchiano l'opinione degli autori e non necessariamente quella dell'Agenzia

The technical and scientific contents of these reports express the opinion of the authors but not necessarily the opinion of ENEA.

MONITORAGGIO DEI PARAMETRI FISICI DELLA COLONNA D'ACQUA: RAPPORTO TECNICO SUI DATI DISPONIBILI DAL 2009 PRESSO L'OSSERVATORIO AMBIENTALE NELL'AREA DI TUTELA MARINA DEL PARCO DI PORTO VENERE

Rapporto tecnico sulle attività 2009-2015

T. Ciuffardi, A. Bordone, G. Cerrati, A. Schirone, G. Raiteri

Riassunto

Dal 2011 il Centro di Ricerca ENEA S. Teresa ha predisposto un osservatorio multidisciplinare all'interno del Parco Naturale Regionale e Area Marina Protetta di Porto Venere. I dati aggiornati sono archiviati nella banca dati del Centro in rispetto alla direttiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) e aggiornati nel sito web dedicato http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio_portovenere.html.

In questo rapporto sono riportate le attività relative al monitoraggio dei parametri fisici della colonna d'acqua, considerando in particolare i dati di temperatura dell'acqua di mare disponibili dal 2009 all'Estate del 2015. Quest'attività di monitoraggio va ad incrementare gli studi che ENEA porta avanti ormai da 15 anni in queste acque ed evidenzia l'importanza della collaborazione tra Parco e Centro in un'ottica di salvaguardia, tutela e miglioramento della qualità delle acque, di fondamentale priorità per un'area adiacente ad uno dei principali porti mercantili e di cantieristica navale italiani.

Parole chiave: Monitoraggio della colonna d'acqua, Temperatura dell'acqua di mare, Golfo di La Spezia, Mar Ligure, Osservatori marini.

Abstract

Since 2011, the ENEA S. Teresa Marine Environment Research Centre has set up a multidisciplinary observatory within the Regional Nature Park and Marine Protected Area of Porto Venere. Recorded data are stored in the Center's database according to the INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) Directive and updated on the dedicated website http://www.santateresa.enea.it/wwwste/servers/service_port.html.

This report presents the activities related to the monitoring of physical parameters in the water column, taking into account, in particular, the sea water temperature data available from 2009 to the Summer of 2015. This monitoring is intended to increase the research activity that ENEA began since 15 years ago in the area and highlights the importance of a strong collaboration between the Porto Venere Park and The Research Center in terms of safeguarding, protecting and improving of water quality, especially for one of the major merchant ports and Italian naval shipyards.

Keywords: Water Column monitoring, Sea water Temperature, Gulf of La Spezia, Ligurian Sea, Marine observatories.

INDICE

1. Introduzione	7
2. Materiali e metodi	8
3. Risultati	11
4. Conclusioni	18
5. Bibliografia	19

1. Introduzione

Il monitoraggio dei parametri fisici di un ambiente marino è sempre un'attività molto delicata e da progettare nei minimi particolari, a maggior ragione quando l'ambiente in oggetto è un Parco Naturale Regionale all'interno di un'Area di Tutela Marina, come il caso di Porto Venere. Il Centro di ricerca ENEA S. Teresa, fin dal 2011 si è mosso in questa direzione, predisponendo un vero e proprio osservatorio multidisciplinare, in cui il monitoraggio dei parametri fisici ricopre ovviamente un ruolo fondamentale. Per valutare le condizioni ambientali nell'area del Parco di Porto Venere sono stati, infatti, acquisiti in continuo parametri fisici utili a monitorare le condizioni di base, caratterizzare i processi fisici e cogliere gli effetti di eventi anomali, come ad esempio picchi di temperatura, corrente o piogge alluvionali. I dati vengono archiviati nella banca dati del Centro ENEA S. Teresa in rispetto alla direttiva INSPIRE (Infrastructure for Spatial Information in the European Community) dopo esser stati sottoposti a controllo di qualità. Il controllo di qualità dei dati si basa essenzialmente sul concetto di misure limite e consistenza (il cosiddetto *gross-error limit check*) e sull'eliminazione di valori di *spikes*. La coerenza del database è stata verificata confrontandola con i limiti di accettabilità forniti dal progetto MEDAR/MEDATLAS (<http://www.ifremer.fr/medar/>) basati su serie temporali di dati disponibili nell'area in esame.

Quest'attività di monitoraggio va ad incrementare gli studi che ENEA porta avanti ormai da 15 anni in queste acque (Abbate et al., 2010; Ciuffardi et al., 2013), ed evidenzia l'importanza della collaborazione tra Parco e Centro in un'ottica di salvaguardia, tutela e miglioramento delle qualità delle acque, di fondamentale priorità per un'area adiacente ad uno dei principali porti mercantili e di cantieristica navale italiani. La conoscenza dei parametri fisici è, infatti, premessa indispensabile per qualsiasi piano di gestione (come quello previsto per i Siti di Importanza Comunitaria marini delle isole Palmaria, Tino e Tinetto) riguardante gli habitat o le attività presenti nell'area di studio, oltre che fonte di informazione circa il suo stato di salute e lo sviluppo di comunità biologiche di pregio.

La circolazione costiera è ovviamente uno dei primi processi fisici da prendere in considerazione, per poter pianificar al meglio il monitoraggio di un'area. Nel caso di Porto Venere, la circolazione è ben descritta da Gasparini et al. (2009): in corrispondenza delle aperture della diga foranea, la corrente in superficie ha direzione opposta rispetto a quella in profondità, in funzione del regime dei venti (Figura 1).

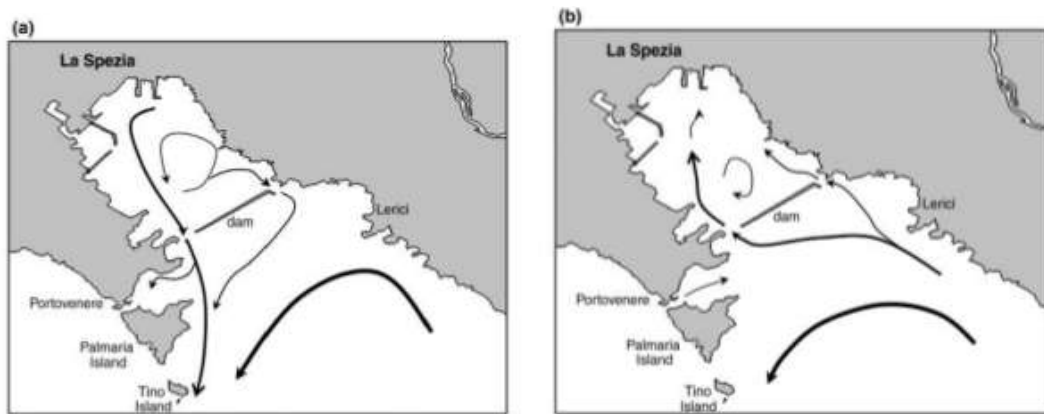


Figura 1: Schema della circolazione all'interno del Golfo (a) in superficie e (b) in profondità (Gasparini et al., 2009).

All'interno del porto si trovano, infatti, alcuni scarichi di acqua dolce, di origine naturale e antropica (provenienti dalla città di La Spezia e dal sistema di raffreddamento dell'impianto di produzione di energia elettrica). Questi scarichi influenzano in modo significativo la circolazione interna del Golfo, dato che l'acqua dolce, più calda, rimane in superficie e fuoriesce dal porto dalle aperture mentre l'acqua salata, più fredda e densa, entra in prossimità del fondo. Lo scambio maggiore di acque tra l'interno e l'esterno del Golfo avviene attraverso l'apertura occidentale, proprio nella direzione del Parco di Porto Venere, perché più ampia e più profonda. Confinando col mare aperto, il Golfo è, inoltre, influenzato anche dalla circolazione a grande scala, caratterizzata da un flusso ciclonico est-ovest (Astraldi and Gasparini, 1992). Nelle stagioni fredde si fa sentire di più l'influenza della corrente tirrenica, mentre nelle stagioni calde domina quella ligure per la prevalenza dei venti provenienti da sud. I venti di Scirocco (sud-est) rafforzano questa ultima corrente, mentre i venti di Libeccio (sud-ovest) vi si oppongono disgregando la corrente e spingendola verso il mare aperto. Il deflusso del fiume Magra influenza le correnti del Golfo soprattutto durante i periodi piovosi (Giuliani, 2012). La localizzazione dei siti più idonei per l'installazione dei sensori fisici, descritta nei paragrafi successivi, è stata pertanto progettata tenendo conto di questo schema circolatorio e delle sue ripercussioni sugli organismi viventi.

2. Materiali e metodi

Durante la prima fase del monitoraggio (13 Maggio 2011-18 Giugno 2012), un sistema di acquisizione è stato posizionato in prossimità dell'isola del Tinetto, collegato ad una delle boe del parco destinate all'ormeggio, ad una profondità di circa 22 m (Figura 2).

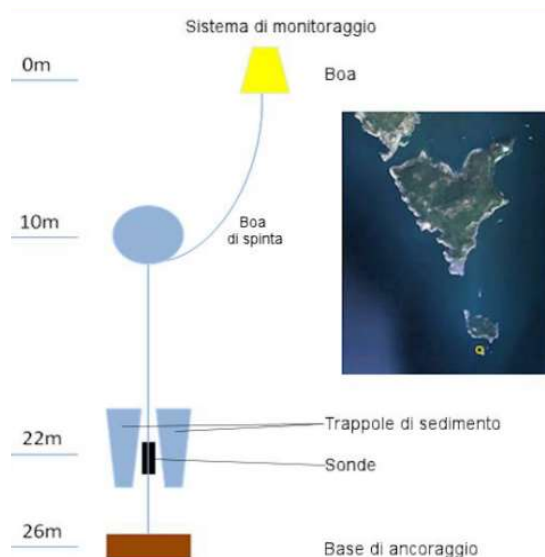


Figura 2: Schema dell'ancoraggio su cui è stato installato il sistema di monitoraggio. A 22 metri di profondità sono posizionate le due trappole di sedimento, mentre le sonde per la rilevazione dei parametri fisici sono state ancorate fra le trappole. Nel riquadro fotografico è riportata (cerchio giallo) la posizione del sistema di monitoraggio, in prossimità dell'isola del Tinetto.

Il sistema prevedeva una serie di sonde per il rilevamento di corrente (Aquadopp Nortek), temperatura, pressione e salinità (sonda idrologica RBR XR-420), abbinate ad una coppia di trappole di sedimento. Un ulteriore sensore di temperatura (Maxim DS1922L) era fissato a 20 m sulla parete in corrispondenza di comunità biologiche di pregio.

Attualmente l'attività di monitoraggio di temperatura e salinità (conducibilità) continua in corrispondenza del mooring del Tinetto con sensori a 15 e 25 m di profondità, ma si sviluppa, per quanto riguarda la temperatura dell'acqua, anche su altri quattro punti di misura strategici, rappresentativi delle caratteristiche idrodinamiche e biologiche locali: Olivo, Saladero, S. Pietro, Tinetto (Figura 3).



Figura 3: Punti di monitoraggio per i parametri fisici all'interno dell'Area di Tutela Marina del Parco di Porto Venere.

L'elenco dettagliato delle stazioni attive con i relativi parametri misurati alle diverse profondità è riportato in Tabella 1, mentre la strumentazione adottata è riportata in Figura 4 e i rilevamenti aggiornati vengono pubblicati sul sito:

http://www.santateresa.enea.it/wwwste/osservatori/osservatorio_portovenere_grafici.html

Per l'installazione dei sensori sono state utilizzate boe di delimitazione del Parco e alcune infrastrutture relative all'attività di mitilicoltura. La corrente non viene più monitorata e per questi punti si è passati a sensori di temperatura di tipo auto-registrante (Hobo Water Temp Pro v2), che, acquisendo e memorizzando i dati per lunghi intervalli di tempo, hanno permesso di ridurre al massimo gli interventi di personale subacqueo per lo scaricamento dei dati e la manutenzione della strumentazione. Grazie alla collaborazione con il Corpo Sommozzatori della Polizia di Stato (CNeS), infatti, le operazioni si svolgono attualmente ad intervalli di 3-4 mesi per i sensori di conducibilità e di circa 1 anno per i sensori di temperatura, contro la necessità di interventi mensili della prima fase di monitoraggio (2011-2012). Le stazioni di temperatura del Tinetto, di Olivo e di Saladero erano già attive dal 2009 per altri studi e garantiscono ad oggi un numero di dati elevato, in grado di permettere lo studio di possibili variabilità annuali e interannuali.

Stazione	Prof. sensore (m)	Fondale (m)	Lat. (°N)	Long. (°E)	Parametro	Sensore	Accuratezza	Monitoraggio
Mooring Tinetto	15	25.3	44.020	9.850	temperatura	RBR XR-420 (o SBE-37)	±0.002 °C (±0.002 °C)	dal 27/09/2013
	15				salinità	RBR XR-420 (o SBE-37)	±0.028 PSU (±0.003 PSU)	dal 30/05/2014
	25				temperatura	SBE-56	±0.002 °C	dal 30/08/2013
Tinetto	20.5	22	44.024	9.851	temperatura	Hobo Water Temp Pro v2	±0.21 °C	dal 21/05/2009
S. Pietro	1	21	44.047	9.832	temperatura	Hobo Water Temp Pro v2	±0.21 °C	dal 18/06/2013
	5							
	10							
	15							
	20							
Olivo	1.5	8	44.058	9.843	temperatura	Hobo Water Temp Pro v2	±0.21 °C	dal 21/05/2009
Saladero	1.5	12	44.052	9.854	temperatura	Hobo Water Temp Pro v2	±0.21 °C	dal 21/05/2009

Tabella 1: Elenco delle stazioni fisse ENEA attualmente attive nel Parco di Porto Venere, con relativi sensori e loro caratteristiche.



Figura 4: Strumentazione impiegata per la misura dei parametri fisici (far riferimento alla Tabella 1 per la localizzazione geografica dei sensori).

3. Risultati

Corrente

Misure di corrente sono state registrate solo in corrispondenza della prima fase di campionamento al mooring del Tinetto. Nonostante la posizione del sistema di misura, a ridosso dell'isola, si sono misurati valori di velocità non trascurabili, intorno ai 4 cm/s, tali cioè da garantire la presenza di un movimento dell'acqua intorno agli organismi filtratori che permette loro il reperimento del cibo (Figura 5).

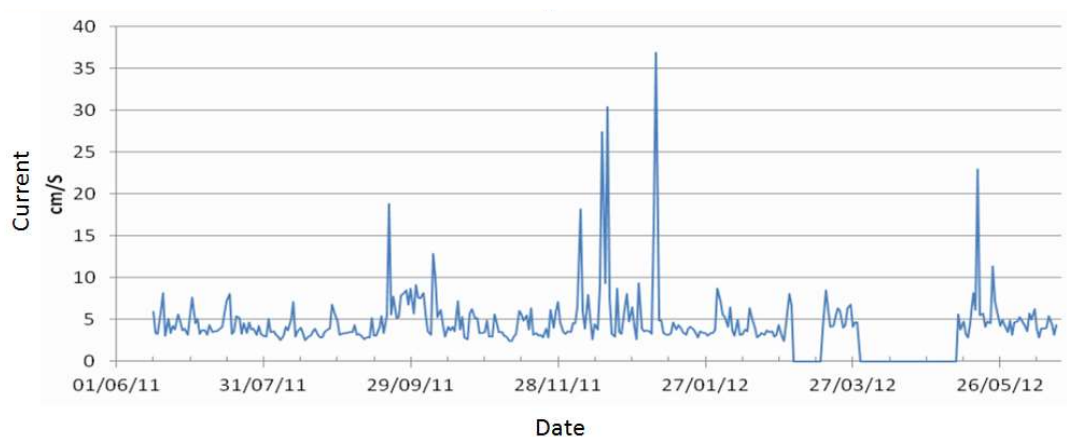


Figura 5: Media giornaliera della corrente a 20 m di profondità in tutto il periodo di campionamento. Le velocità massime compaiono fra Dicembre e Gennaio.

I massimi di velocità misurati fra Dicembre e Gennaio sono causati dalle perturbazioni che hanno colpito il Mar Ligure in quel periodo (mareggiate del 6 e del 16 Dicembre e 6 Gennaio).

Temperatura

I dati di temperatura sono stati analizzati per tutto l'intervallo di tempo a disposizione (gli ultimi dati scaricati risalgono all'estate 2015, ma i termometri sono tuttora in funzione) e divisi in tre fasce di profondità (fascia superficiale, corrispondente alla quota di 1-1.5 m; fascia intermedia per la quota dei 5 m; e fascia più profonda per i 15-25 m di profondità). In Figura 6 vengono riportate le medie giornaliere di riferimento per il livello più superficiale (Saladero, Olivo e S. Pietro). Le tre stazioni evidenziano come la fascia più superficiale sia caratterizzata da un'escursione annua di temperatura più ampia (si va dai 10°C in inverno ai circa 26°C in estate), effetto dovuto principalmente agli scambi di calore più intensi tra l'atmosfera e i primi metri della colonna d'acqua. La temperatura superficiale non subisce inoltre grosse variazioni passando da un punto di monitoraggio all'altro del Parco, mostrando oscillazioni analoghe per le stazioni di Olivo, Saladero (più vicine alla diga foranea) e S. Pietro (esposta verso il mare aperto).

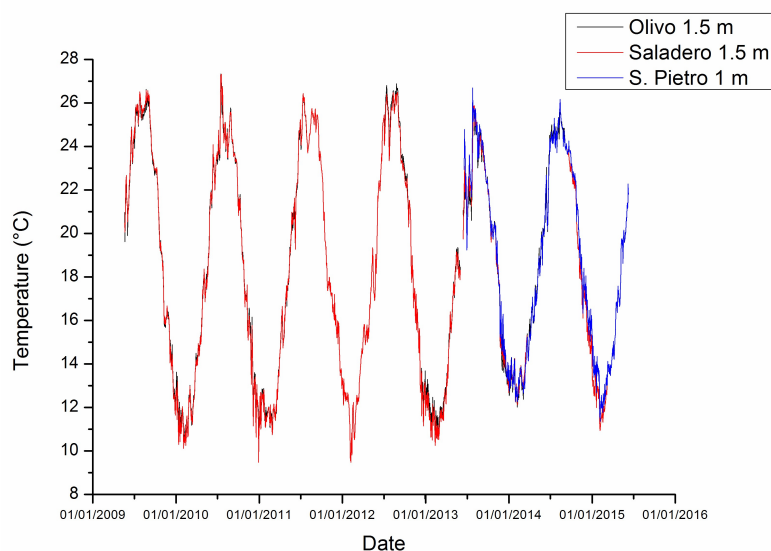


Figura 6: Andamento della temperatura media giornaliera dell'acqua per la fascia superficiale (1-1.5 m).

I dati disponibili per la fascia intermedia (i.e. 5 m) sono purtroppo limitati alla sola stazione di S. Pietro e vengono riportati come medie giornaliere in Figura 7. In questo caso solo l'inverno del 2014 è disponibile con valori minimi che si aggirano intorno ai 12-13°C, mentre durante le estati (2013 e 2014) i massimi toccano i 26-27°C.

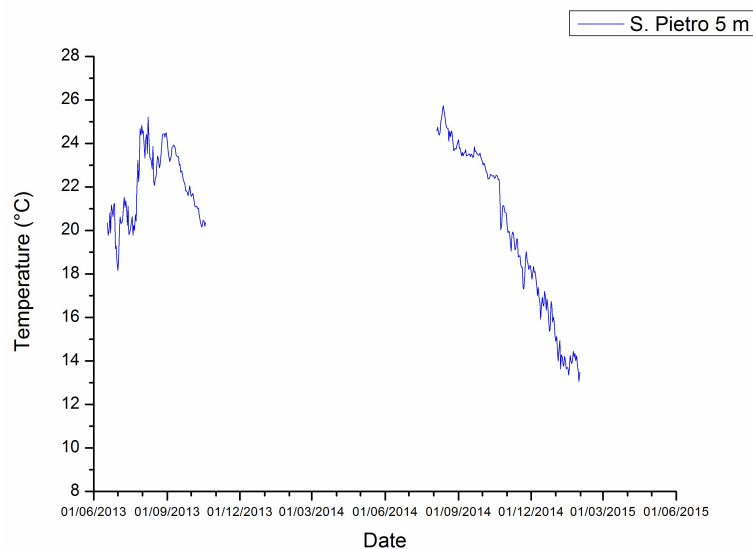


Figura 7: Andamento della temperatura media giornaliera dell'acqua per la fascia intermedia (5 m).

Le stazioni in cui sono presenti dati di temperatura più profondi sono quelle del mooring del Tinetto, del Tinetto e di S. Pietro. In questo caso il range di temperatura media giornaliera si restringe all'intervallo tra 11°C e 25°C, con l'unica eccezione dell'anno 2012 che presenta massimi intorno ai 27°C e minimi intorno ai 10°C (Figura 8). Anche in questo caso non si osservano sostanziali differenze di andamento tra i due punti di monitoraggio all'interno del Parco, ma sono evidenti oscillazioni di temperatura molto significative, concentrate durante il periodo estivo e inizio autunnale. Un dettaglio di queste oscillazioni, relativo all'anno 2012 e alla stazione del Tinetto, è riportato in Figura 9 e Figura 10, dove sono evidenti gradienti anche superiori ai 6°C misurati a distanza di poche ore.

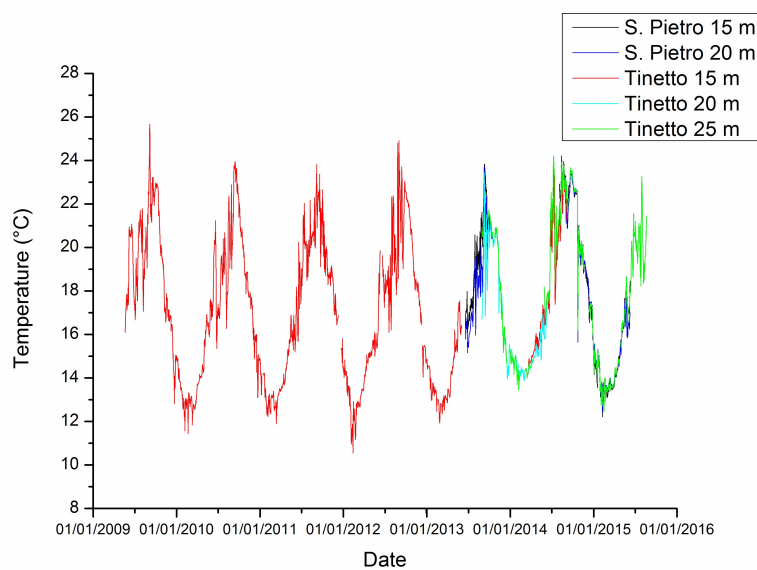


Figura 8: Andamento della temperatura media giornaliera dell'acqua per la fascia profonda (15-25 m).

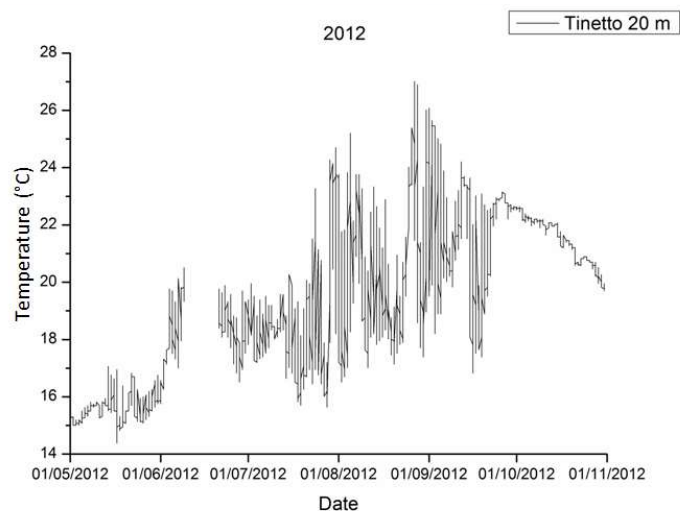


Figura 9: Oscillazioni di temperatura registrate nell'estate-autunno 2012 alla stazione del Tinetto.

La causa di quest'andamento è da imputare al fenomeno delle onde interne. Queste onde si registrano solo all'interno della colonna d'acqua in presenza del termocline stagionale, non in superficie dove è più forte l'interazione con l'atmosfera, e comportano variazioni consistenti della temperatura registrata. Hanno in media un periodo di circa 17 ore che corrisponde al periodo inerziale ($2\pi/\omega$ sin latitudine, dove ω è la velocità angolare della Terra) a questa latitudine.

Il contributo delle mareggiate ha generalmente periodicità più lunga, come evidenziato dalla forte oscillazione di temperatura registrata dal 24 al 27 Agosto 2012 (Figura 10) su cui potrebbe pesare anche l'oscillazione del mooring stesso, mentre le onde interne hanno periodi più brevi (ad esempio oscillazione del 28 Agosto 2012 sempre in Figura 10).



Figura 10: Oscillazioni di temperatura registrate durante gli ultimi giorni di Agosto 2012 alla stazione del Tinetto a 20 m di profondità.

Informazioni lungo la colonna d'acqua all'interno del Parco sono ricavabili dalla serie di sensori di temperatura installati sulla boa S. Pietro, l'unico punto di monitoraggio ad avere informazioni ogni 5 metri di profondità, partendo da 1 m sino ad arrivare a 20 m di profondità. Questi dati sono di proprietà del CIESM e il mooring stesso è stato realizzato grazie al contributo relativo al progetto "CIESM Tropical Signals

Program: monitoring macrodescriptor species of climate warming", che prevede la raccolta di dati simili in varie parti del Mediterraneo (<http://www.ciesm.org/marine/programs/tropicalization.htm>, referente per ENEA Federica Pannacciulli). L'analisi dei dati dei singoli sensori permette di ricostruire l'andamento della temperatura nel tempo sull'intera colonna d'acqua e di effettuare considerazioni sulla formazione del termoclino estivo e sulla successiva omogeneizzazione invernale. L'evoluzione stagionale è rappresentata in Figura 11: risultano evidenti la stratificazione estiva e il mixing invernale completamente sviluppato a Marzo, con temperature intorno ai 14°C, omogenee lungo la colonna d'acqua. Il caso estivo è particolarmente interessante perché mostra 2 trend diversi per l'estate del 2013 e del 2014: il termoclino nel 2013 risulta localizzato intorno ai 10 m di profondità mentre nel 2014, anno caratterizzato da un'estate molto calda, il termoclino sembra spostato a profondità superiori ai 20 m per poi scomparire del tutto intorno a Novembre-inizio Dicembre quando il mixing verticale omogeneizza la colonna d'acqua, raffreddando progressivamente lo strato superficiale fino a Marzo.

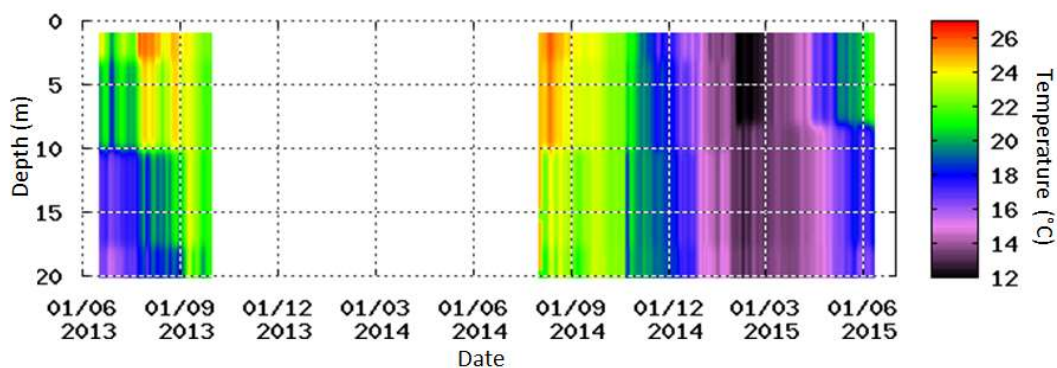


Figura 11: Andamento della temperatura in funzione del tempo e della profondità - Stazione S. Pietro.

Pressione

Le misure di pressione, acquisite ad una frequenza piuttosto elevata (ogni 5 minuti), hanno permesso di seguire distintamente le variazioni del livello del mare: nel grafico sotto riportato è mostrato a titolo esemplificativo l'andamento della marea relativo ad un paio di giorni del mese di Maggio 2011 (due massimi e due minimi giornalieri, con un'escursione di circa 20 cm) al quale, nel secondo giorno, sono sovrapposte le rapide oscillazioni dovute ad una mareggiata (con un'ampiezza media di circa 10 cm).

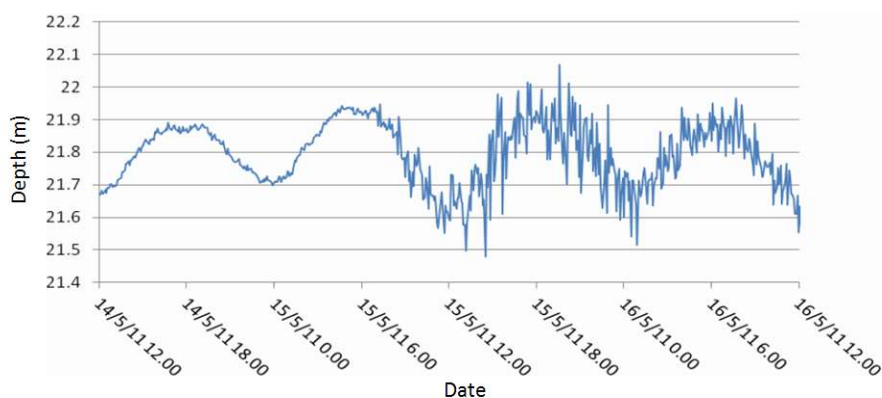


Figura 12: Andamento del livello del mare misurato dai sensori di pressione: si possono facilmente riconoscere sia le oscillazioni periodiche causate dalla marea (ampiezza circa 20 cm) che le fluttuazioni dovute alle condizioni del mare (ampiezza circa 10 cm).

Molto più marcati sono gli effetti delle mareggiate invernali, come ad esempio quella fra il 16 ed il 17 Dicembre 2011, illustrati nella Figura 13: le differenze fra le letture successive superano addirittura i 2 m.

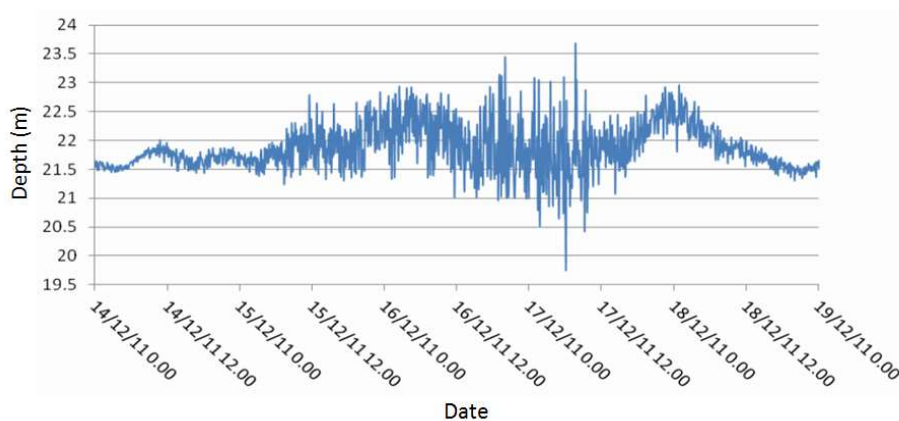


Figura 13: Andamento del livello del mare misurato dai sensori di pressione durante una mareggiata verificatasi durante il periodo di osservazione: le fluttuazioni dovute alle condizioni del mare oltrepassano l'ampiezza di 1 m.

Salinità

Durante il primo periodo di monitoraggio la misura della conducibilità (salinità) era effettuata nella stazione del mooring del Tinetto tramite la sonda XR-420 che però si è rivelata essere troppo sensibile alla formazione di fouling rendendo necessari interventi di manutenzione con cadenza di 20-30 giorni. Nonostante i periodici interventi di manutenzione della strumentazione, il rapido sviluppo del fouling ha fortemente compromesso le misure di conducibilità. Vista la proliferazione di fouling dovuta all'acqua ricca di nutrienti, si è optato per l'utilizzo di una sonda più sofisticata, la SBE-37, munita di sistemi per impedire l'attaccamento del fouling all'interno della cella di misura del sensore di conducibilità.

In alcuni casi, nonostante l'effetto del fouling, le misure effettuate hanno permesso di registrare l'arrivo di masse d'acque meno salate in concomitanza di periodi di intense precipitazioni, e quindi delle piene del fiume Magra (ad esempio durante gli eventi di Ottobre 2011 e 2014 e Febbraio 2015). Particolarmente interessante è il caso degli eventi alluvionali relativi al 25 Ottobre 2011: dopo qualche giorno di ritardo, nel periodo dal 3 all'11 Novembre si è osservato l'arrivo degli effetti della piena con un aumento di più di 4

volte della quantità di sedimento raccolto nelle trappole e la presenza di acque meno salate. Nella Figura 14 si vede la salinità scendere apprezzabilmente per ben due volte rispetto al valore massimo abbastanza stabile e tipico per il mare di questa stagione (indicato in rosso).



Figura 14: Andamento della salinità in cui si osserva l'arrivo, a 20 metri di profondità, di acque caratterizzate dall'influenza della piena del fiume Magra del 25 Ottobre. La linea rossa indica un valore tipico stagionale.

Piogge molto forti e concentrate in poche ore si sono registrate anche nell'Ottobre 2014 (Figura 15a), culminato con le alluvioni di Genova (9-10 Ottobre) e Parma (13 Ottobre). Fortunatamente nell'area di Spezia non ci sono stati danni, ma ci sono state precipitazioni comunque intense seguite, con qualche giorno di ritardo, da una diminuzione di salinità, per l'arrivo della piena del fiume Magra con la presenza di acque meno salate. Tramite i dati di precipitazione della stazione meteo S. Teresa (<http://www.santateresa.enea.it/wwwste/meteo/Monitoraggio%20ambientale.htm>) e i dati di portata resi disponibili dall'Autorità di Bacino Interregionale del Fiume Magra, è stato possibile osservare un ritardo di circa 3-4 gg tra la piena ed il segnale di minimo (giorno 10 Ottobre, come mostrato in Figura 15b), risultante dal mixing con le acque superficiali più dolci e calde. Lo stesso andamento della salinità è seguito anche dalla temperatura dell'acqua, che registra valori più freddi in concomitanza dei picchi di pioggia e delle piene del fiume (Figura 15c).

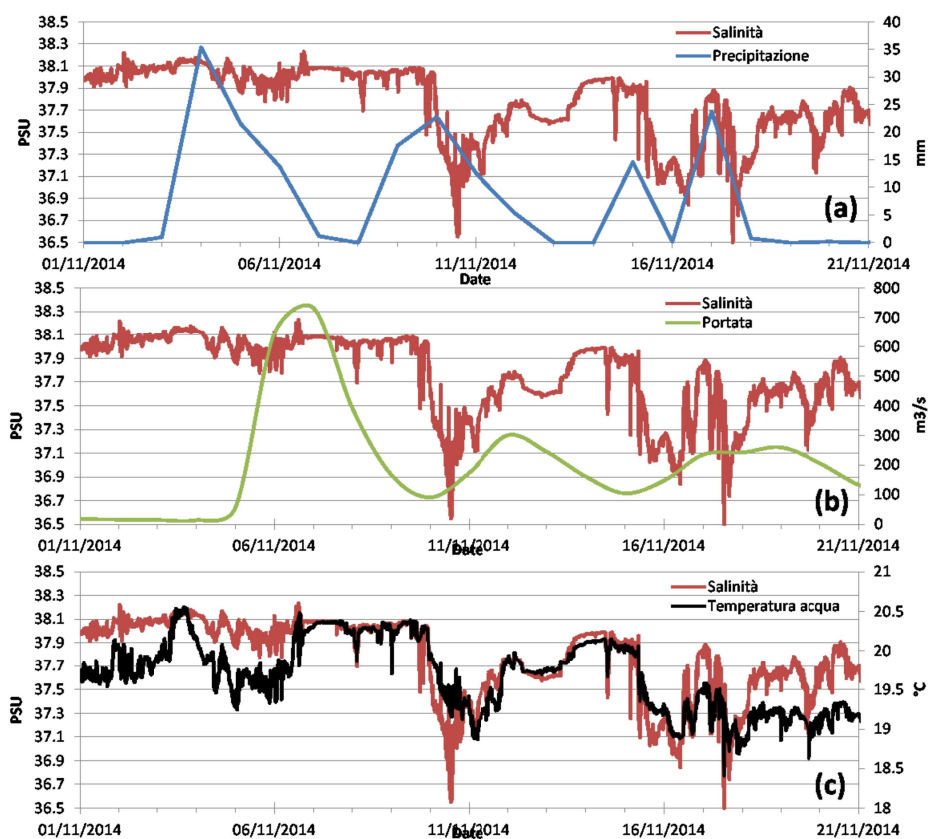


Figura 15: Andamento della salinità confrontato con i valori di portata (Autorità di bacino), precipitazione e temperatura (Tinetto) per il mese di Ottobre 2014.

4. Conclusioni

Dal monitoraggio dei parametri fisici dell'Area di Tutela Marina del Parco di Porto Venere, sviluppato su 5 stazioni diverse rappresentative dal punto di vista biologico e idrodinamico, è stato possibile studiare l'andamento spaziale e temporale delle masse d'acqua della zona, ricavando informazioni anche lungo la colonna d'acqua. L'analisi ha dimostrato che non ci sono differenze geografiche apprezzabili tra i diversi siti di campionamento dal punto di vista della temperatura. Le stazioni più superficiali risentono di maggiori escursioni di temperatura per effetto dell'interazione più consistente tra l'atmosfera e primi metri di profondità. L'andamento stagionale risulta caratterizzato da un mixing verticale delle masse d'acqua che inizia a formarsi a partire da Novembre-Dicembre e risulta completamente sviluppato a Marzo, con temperature omogenee intorno ai 14°C su tutta la colonna d'acqua, per poi erodersi e lasciare spazio ad una stratificazione estiva con termoclino pronunciato intorno ai 10-15 m di profondità. L'estate 2014 è stata particolarmente calda e dai dati della stazione CIESM di S. Pietro, il termoclino sembra essersi spostato ancora più in profondità (al di sotto dei 20 m).

Le misure di salinità, registrate solo in corrispondenza del mooring del Tinetto, seppure inficiate da un primo periodo di deriva dovuto all'effetto del fouling sul primo sensore adottato, hanno permesso di stabilire alcune correlazioni con eventi di precipitazione intensa (e conseguenti piene del fiume Magra con arrivo di acque meno salate). Il monitoraggio di temperatura e salinità in determinati siti all'interno del Golfo si conferma

quindi di fondamentale importanza per permettere di tracciare le masse d'acqua su lunghe distanze, così da studiarne la possibile concomitanza con fenomeni estremi (come eventi alluvionali) o le caratteristiche dinamiche come correnti e onde interne, evidenti, ad esempio, dai dati di temperatura estivi-inizio autunnali intorno ai 15-20 m di profondità, della stazione Tinetto.

5. Bibliografia

Abbate M., Bordone A., Cerrati G., Cocito S., Conte F., Cupido R., Delfanti R., Difesca V., Lisca A., Lombardi C., Negri A., Peirano A., Picco P. and Sgorbini S. (2010) "A marine environment interdisciplinary observatory in the eastern Ligurian Sea", *Rapp. Comm. int. Mer Médit.*, 39, 2010

Astraldi M., Gasparini G.P. (1992) "The seasonal characteristics of the circulation in the north Mediterranean Basin and their relationship with the atmospheric-climatic conditions", *J. Geophys. Res.* 97 (C6), 9531-9540.

Ciuffardi T., Giuliani A., Barsanti M., Bordone A., Cerrati G., Di Nallo G., Picco P. (2013), "Quarant'anni di dati oceanografici a cura del Centro Ricerche Ambiente Marino ENEA S. Teresa: il quadro del Golfo di La Spezia. Distribuzione storica dei dati dal 1973 al 2013", *Rapporto Tecnico, RT/2013/19/ENEA*, ENEA, Roma.

Gasparini G. P., Abbate M., Bordone A., Cerrati G., Galli C., Lazzoni E., Negri A. (2009) "Circulation and biomass distribution during warm season in the Gulf of La Spezia (north-western Mediterranean)", *Journal of Marine Systems* 78, S48-S62.

Giuliani A., Anno accademico 2011/2012, "Definizione di criteri per la qualità di dati ambientali marini nel Golfo di La Spezia" tesi ENEA n°1400/2012.

ENEA
Servizio Promozione e Comunicazione
www.enea.it

Stampa: Laboratorio Tecnografico ENEA - C.R. Frascati
agosto 2017