

# Misure di correnti superficiali lungo la costa Tirrenica Nord Orientale



**Riccardo Martellucci<sup>1</sup>, Lorenzo Costanzo<sup>1</sup>, Marco Marcelli<sup>1</sup>, Milena Menna<sup>2</sup>,  
Riccardo Gerin<sup>2</sup>, Antonio Bussani<sup>2</sup>, Pierre-Marie Poulain<sup>2</sup>**

**1 Università degli studi della Tuscia, LOSEM, Civitavecchia, Italy**

**2 Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale (OGS), Trieste, Italy**

Approved for release by: .....

Dr. Cosimo Solidoro

Director, Oceanography Section

<b>INDICE</b>	<b>pag.</b>
<b>1. Introduzione</b>	<b>3</b>
<b>2. Area di Studio</b>	<b>4</b>
<b>3. Dataset</b>	<b>5</b>
3.1 Dati oceanografici	5
3.2 Dati atmosferici	7
<b>4. Analisi dati</b>	<b>6</b>
<b>5. Comparazione tra differenti sistemi osservativi</b>	<b>8</b>
<b>6. Caratterizzazione meteomarina durante il periodo di indagine</b>	<b>8</b>
<b>7. Analisi delle traiettorie</b>	<b>10</b>
7.1 Traiettorie del 04/07/2018 – 05/07/2018	10
7.2 Traiettorie del 09/07/2018 - 10/07/2018	12
7.3 Traiettorie del 19/07/2018 – 20/07/2018	15
7.4 Traiettorie del 29/07/2018 - 01/08/2018	17
7.5 Traiettorie del 07/08/2018 - 08/08/2018	20
7.6 Traiettorie del 22/08/2018 - 24/08/2018	23
7.7 Traiettorie del 17/09/2018	26
7.8 Traiettorie del 18/09/2018	28
<b>8. Conclusioni</b>	<b>30</b>
<b>9. Ringraziamenti</b>	<b>30</b>
<b>10. Appendice</b>	<b>31</b>
10.1 Relazione smarrimento/recupero drifter n°27	31
<b>11. Bibliografia</b>	<b>33</b>

## 1. Introduzione

La fascia marina costiera rappresenta una zona altamente vulnerabile le cui modificazioni hanno rilevanti implicazioni sia di tipo ambientale che, direttamente o indirettamente, di tipo economico e sociale. Questo ambiente è spesso caratterizzato da linee di costa intricate, da una complessa batimetria e da una serie di processi chimico - biologici che coesistono e sono legati alla dinamica delle correnti (Walsh 1991). Per questi motivi la fascia marina costiera rappresenta una grande sfida per gli stakeholder che hanno la necessità di capire e prevedere le sue caratteristiche e le sue dinamiche.

In particolare, le aree costiere che maggiormente suscitano interesse negli ultimi anni sono quelle prospicienti i grandi centri urbani poiché rappresentano una risorsa dal punto di vista economico e, allo stesso tempo, sono le più stressate dal punto di vista ambientale a causa dell'elevato carico di inquinamento. Il monitoraggio di un'area costiera, al fine di una corretta gestione ambientale, non può prescindere dalla conoscenza del movimento delle masse d'acqua; allo stesso tempo, lo studio di tale dinamica è particolarmente complicato in quanto negli ambienti costieri venti, onde e correnti interagiscono e variano su scale spaziali molto piccole rispetto a quelle tipiche dell'oceano profondo (Longhurst, 1998). Ne risulta che la circolazione delle acque costiere è dipendente da numerosi meccanismi fisici che possono interagire in maniera diversa da caso a caso, e che spesso sono poco conosciuti per la difficoltà di misurarli accuratamente e con la necessaria risoluzione spaziale e temporale. Lo scopo di questo lavoro è quello di approfondire ed analizzare i meccanismi di circolazione superficiale in un'area costiera fortemente urbanizzata.

L'area di studio è l'area costiera di Civitavecchia, questa rappresenta un ecosistema marino fortemente antropizzato in cui coesistono attività industriali, come un porto commerciale di notevoli dimensioni, una centrale termoelettrica a carbone, e differenti ecosistemi marini di interesse comunitario. In questo contesto, in cui la risorsa mare è differenzialmente sfruttata, lo studio delle correnti costiere diventa di fondamentale interesse per la salvaguardia dell'ecosistema marino. Le misure correntometriche sono state effettuate durante il periodo estivo, in cui vi è un considerevole aumento di persone che sfruttano le risorse del mare.

Durante la stagione estiva 2018 sono state effettuate una serie di attività sperimentali per la misura delle correnti superficiali nella zona costiera di Civitavecchia. L'obiettivo principale dell'attività di misura è stato quello di osservare le correnti superficiali forzate dai venti locali, tipici della stagione estiva. Le attività di misura sono state effettuate tramite l'utilizzo di drifter lagrangiani, inoltre in alcune campagne di misura i dati dei drifter lagrangiani sono stati integrati con misure effettuate tramite ADCP e sonda multiparametrica per la misura dei parametri chimico fisici e biologici della colonna d'acqua.

## 2. Area di Studio

L'area di studio è la zona costiera di Civitavecchia, quest'area rappresenta un ecosistema costiero antropizzato (Scanu, 2015), che subisce l'impatto di numerose e diversificate attività: a dispetto della sua importanza ecologica, l'area ospita uno dei più grandi porti croceristici europei, una centrale elettrica a carbone (Piazzola 2015, Cafaro 2016) ed impianti di acquacoltura. Di conseguenza lo studio delle correnti marine, in quest'area diventa fondamentale sia per la tutela dell'ambiente marino, in linea con le politiche comunitarie sulla salvaguardia ambientale che per la comprensione dei processi biologici costieri intrinsecamente correlati ai processi fisici (Legendre e Demers, 1984). Già nel 1981 Elliot suggeriva che era necessaria una descrizione delle correnti e delle proprietà idrografiche di quest'area data la presenza di un porto e di una centrale termoelettrica (Elliot, 1981). Ad oggi, gli studi correntometrici in quest'area sono scarsi, limitati alle osservazioni effettuate da Elliot e de Strobel alla fine degli anni settanta (Elliot & de Strobel 1979) e alle attività di misura effettuate dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina dell'Università degli Studi della Tuscia (Martellucci, 2014). In generale la corrente alongshore è in direzione nord-ovest con una velocità di circa 10cm/s presentando una variabilità tra 3 e 5 giorni.

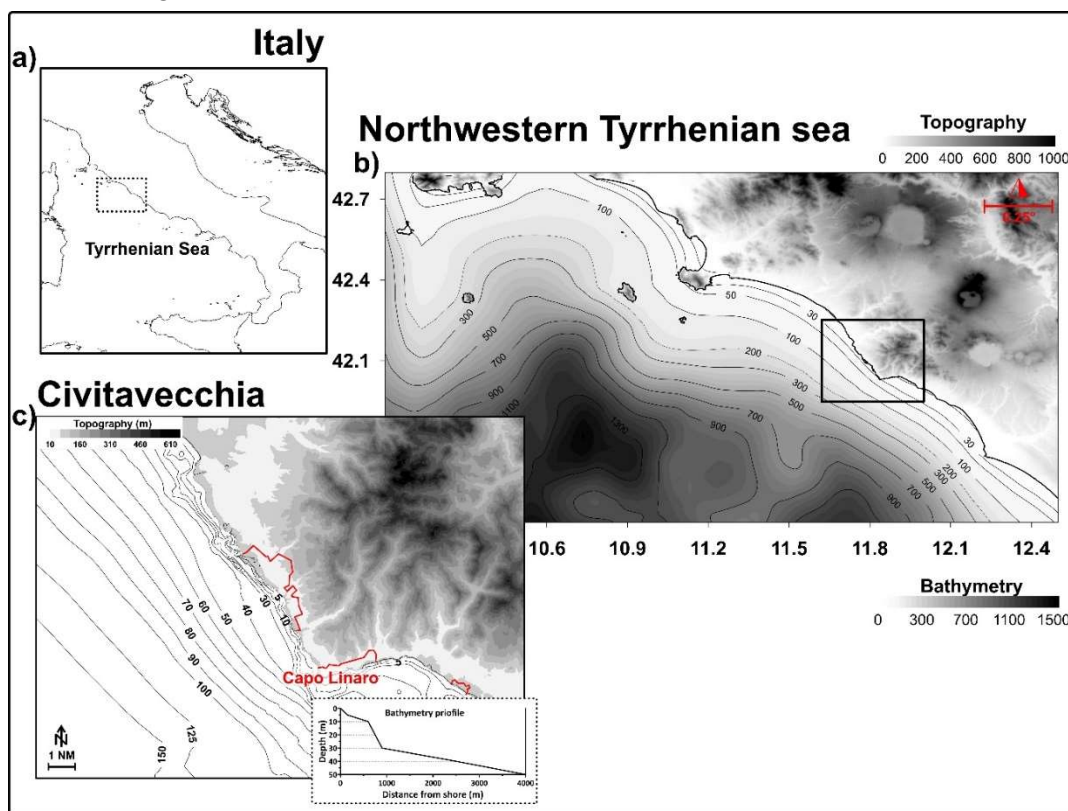


Figura 1: Area di Studio, (a) Mappa del Mar Tirreno nella quale viene evidenziata l'area di studio. (b) Mappa morfobatimetrica della costa Tirrenica Nord-Orientale. (c) Area costiera di Civitavecchia.

Il regime di vento durante l'anno è caratterizzato da due direzioni prevalenti, Sud-Ovest e Nord Est, e questi venti tendono a generare fenomeni di downwelling e upwelling (Bakun, 2001, Martellucci, 2017). La stagione estiva è caratterizzata dalla presenza di condizioni atmosferiche stabili, dovute alle alte pressioni che insistono sul Mar Mediterraneo, favorendo l'instaurarsi della tipica circolazione di brezza; questo tipo di circolazione atmosferica è una caratteristica peculiare delle coste tirreniche (Mastrantonio, 2008, Martellucci, 2018).

### 3. Dataset

#### 3.1 Dati Oceanografici

Nell'area sono state effettuate indagini dei parametri idrografici tramite l'utilizzo di drifter lagrangiani, correntometri ADCP e sonda multiparametrica.

Di seguito viene riportata la tabella riassuntiva delle campagne effettuate nel periodo di riferimento.

<b>Drifter</b>	<b>Data rilascio (ora UTC)</b>	<b>Data recupero (ora UTC)</b>
N°27	04/07/2018 13:26	05/07/2018 09:20
N°28	04/07/2018 13:23	05/07/2018 09:08
N°27	09/07/2018 08:09	10/07/2018 13:55
N°28	09/07/2018 08:26	10/07/2018 13:35
N°27	19/07/2018 09:04	20/07/2018 15:31
N°28	19/07/2018 09:08	20/07/2018 15:42
N°27	29/07/2018 16:59	01/08/2018 16:53
N°28	29/07/2018 17:04	01/08/2018 16:37
N°27	07/08/2018 15:38	08/08/2018 15:01
N°28	07/08/2018 15:34	08/08/2018 14:53
N°28	22/08/2018 15:10	24/08/2018 06:41
N°27	23/08/2018 02:38	23/08/2018 07:03
N°27	23/08/2018 07:11	23/08/2018 08:50
N°27	17/09/2018 11:06	17/09/2018 14:47
N°28	17/09/2018 11:09	17/09/2018 14:53
N°27	18/09/2018 08:58	18/09/2018 15:51
N°28	18/09/2018 09:02	18/09/2018 15:47

*Tabella 1: Campagne effettuate nel periodo di riferimento*

I Drifter CODE (Coastal Ocean Dynamics Experiment; Davis, 1985) modificati sono drifter adottati principalmente dagli oceanografi per lo studio delle correnti oceaniche nel primo metro sotto la superficie. I drifter utilizzati in questa campagna sono stati forniti da OGS, che ha sviluppato un nuovo CODE drifter ad un costo sostanzialmente ridotto, chiamato "OGS low-cost CODE" drifter (Gerin et al., 2016). I drifter utilizzati sono il Drifter 27 e il Drifter 28, che verranno chiamati rispettivamente D1 e D2.

Lo strumento è dotato di un localizzatore satellitare (SPOT Trace; [www.findmespot.eu](http://www.findmespot.eu)) che effettua un fix GPS e trasmette i dati a terra ad intervalli regolari di 10 minuti.

Il correntometro utilizzato per le misure è un ADCP Sontek 500 kHz, la strategia con la quale sono state effettuate le misure correntometriche prevedeva di posizionare il correntometro su una struttura galleggiante ancorata all'imbarcazione. Le misure sono state effettuate in differenti punti dell'area di indagine, tra la batimetrica dei 40m e quella dei 20m. Il correntometro è stato configurato in modo tale da ottenere la risoluzione verticale più elevata, impostando le celle ad un'ampiezza di un metro; il numero di celle è stato modificato nelle differenti stazioni in modo tale da ottenere la massima copertura possibile. Il correntometro è stato configurato in modo tale da effettuare profili verticali ogni 120 secondi, mediati ogni 60 secondi; il blanking distance è stato impostato su 1m.

La sonda multiparametrica utilizzata è una IDRONAUT 316 plus equipaggiata con sensori per la misura di Temperatura, Conducibilità, Fluorescenza della Clorofilla a, Ossigeno disciolto e pH.



*Figura 2: Traiettorie dei drifter durante il periodo di indagine in rosso il Drifter numero 27 (D1), in nero il Drifter numero 28 (D2).*

### 3.2 Dati Atmosferici

I dati meteorologici sono stati campionati dalla stazione meteorologica del sistema osservativo C-CEMS (Bonamano, 2016). I dati di vento vengono rappresentati come odografi nel capitolo 7.

## 4. Analisi dati

I raw dati ottenuti dai Drifter lagrangiani sono stati elaborati al fine di ottenere i parametri di velocità e direzione. I dati di latitudine e longitudine di ogni singola campagna sono stati processati attraverso il software Matlab ®. È stato sviluppato un algoritmo che ha permesso di ottenere i parametri di velocità e direzione della corrente. Per il calcolo della velocità è stata calcolata la distanza tra due punti GPS e successivamente è stata ottenuto il parametro di velocità; la direzione è stata calcolata tramite la funzione azimuth.

```
R=6372.795477598
datestr(TimeMeas)
A=(LatGPS*(pi/180))
B=(LonGPS*(pi/180))
DT=(TimeMeas-TimeMeas(1))*(24*60*60);
for i=1:length(LatGPS)
X(i)=azimuth(LatGPS(i),LonGPS(i),LatGPS(i+1),LonGPS
(i+1))
Y(i)=(DT(i+1)-DT(i))
dist(i)=(R*(acos(sin(A(i))*sin(A(i+1))+cos(A(i))*cos
(A(i+1))*cos(B(i)-B(i+1)))))*1000
Speed(i)=(R*(acos(sin(A(i))*sin(A(i+1))+cos(A(i))*
cos(A(i+1))*cos(B(i)-B(i+1)))))*1000)/Y(i)
End
Angolo=X'
Distanza=dist'
Velocita=Speed'
AA=[Angolo,Distanza,Velocita]
```

## 5. Confrontazione tra i differenti sistemi osservativi

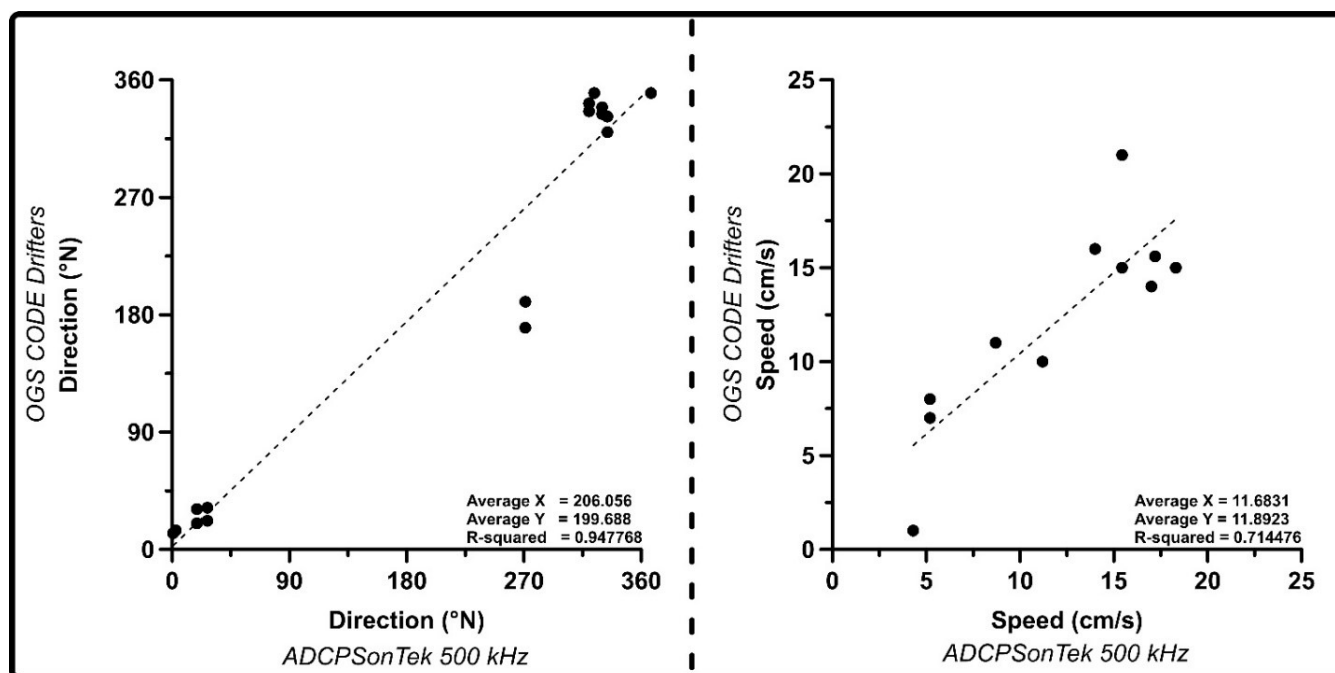


Figura 3 Confronto tra Drifter e ADCP

Nelle giornate 23/08/2018 17/09/2018 e 18/09/2018 le correnti marine sono state misurate mediante i drifter ed il correntometro ADCP.

Successivamente al rilascio dei drifter sono state effettuate misurazioni di corrente con il correntometro acustico, per una durata di circa 40 minuti, dopo la quale i drifter sono stati recuperati e l'operazione di misura contemporanea è stata ripetuta per un totale di 2 volte in una giornata. I dati acquisiti dai differenti sistemi sono stati mediati su un intervallo di trenta minuti ed i risultati sono stati qualitativamente confrontati (Fig.3).

Per quanto riguarda l'elaborazione dei dati campionati dall'ADCP sono state utilizzate esclusivamente le prime due celle di misura (relative all'intervallo di profondità 2-3 m); i dati grezzi sono stati precedentemente elaborati effettuando una funzione di smooting. Il confronto tra i differenti sistemi di misura evidenzia un'elevata coerenza nella misura delle correnti sia per quanto riguarda la direzione che la velocità.

## 6. Caratterizzazione meteomarina durante il periodo di indagine

La stagione estiva 2018 è stata caratterizzata da tempo stabile, principalmente dominata da alte pressioni. Questa condizione ha permesso l'instaurarsi del tipico regime di brezza, caratterizzato da una rotazione giornaliera, in senso orario del vento. Dall'analisi del regime di vento si evince che il periodo considerato è stato caratterizzato



prevalentemente da venti deboli (Fig. 4a). Il mese di settembre presenta venti con le velocità maggiori, con picchi di 14 m/s. Le direzioni di provenienza predominanti sono W e NE, (Fig. 4b). La restante parte degli eventi si divide nel secondo e terzo quadrante.

Le condizioni meteomarine hanno influenzato la struttura della colonna d'acqua, analizzando il profilo medio di densità (Fig. 4c), si può osservare uno strato mescolato dello spessore di circa 15m, con eccesso di densità di circa 25.3 kg/m<sup>3</sup>. Al disotto di questo la densità aumenta gradualmente evidenziando una marcata stratificazione, i valori aumentano gradualmente sino a 30 m, profondità alla quale la densità presenta il valore di 27.4 kg/m<sup>3</sup>.

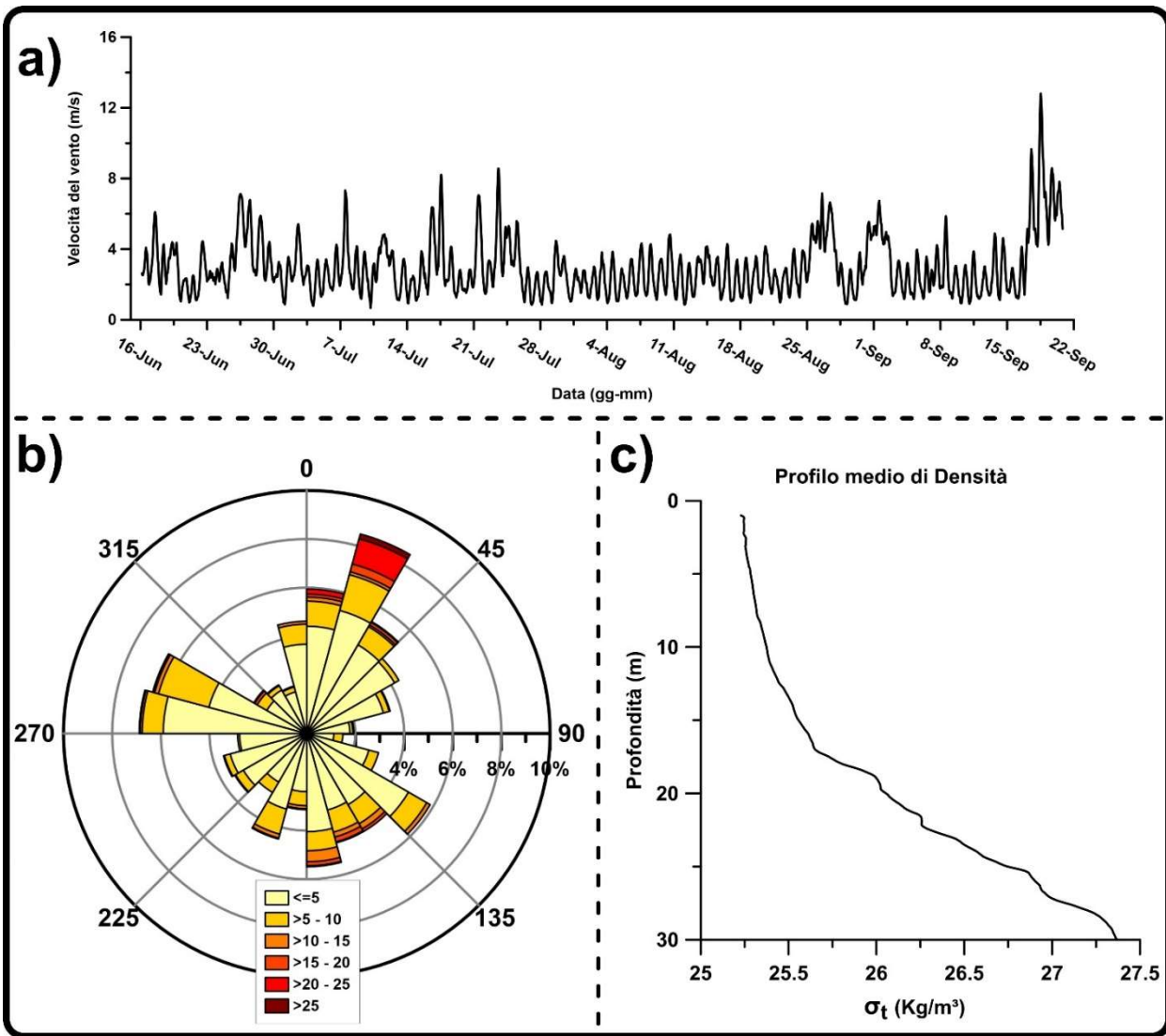


Figura 4: (a) Time serie relativa alla velocità del vento e rosa dei venti (b) registrata dalla stazione di misura del sistema osservativo C-CEMS. (c) Valori di densità medi lungo la colonna d'acqua per il periodo considerato.

## 7. Analisi delle traiettorie

Per ogni singola campagna di misura sono state analizzate le traiettorie dei drifter ed i dati anemometrici.

### 7.1 Traiettorie del 04/07/2018 – 05/07/2018

In data 04/07/2018 è avvenuto il primo deploy dei drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0504°N; 11.7881°E alle ore 13:26 UTC a circa 2.5 km dalla costa mentre il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0502°N; 11.7927°E alle ore 13:23 UTC a circa 2.2 km dalla costa. Il recupero è avvenuto in data 05/07/2018 il D1 alle ore 09:20 UTC nel punto di coordinate 42.09600°N 11.76660°E, questo ha percorso una traiettoria di circa 9 km; mentre il D2 è stato recuperato alle ore 09:08 UTC nel punto di coordinate 42.10319°N 11.75853°E, dopo aver percorso 7.5 km (Fig. 6).

La giornata del 04/07/2018 è stata caratterizzata generalmente da venti provenienti da W/WSW, con velocità massime di circa 4 m/s rilevate nelle ore centrali, tra le 11:00 UTC e le 15:00 UTC (Fig 5). Quando è avvenuto il deploy dei drifter il vento proveniva da W/SW con velocità di circa 3.5m/s. Il D1 ha percorso circa 1.4 km in direzione NNE con una velocità media di 11 cm/s, avvicinandosi gradualmente alla costa; il D2 ha proceduto mantenendo la medesima traiettoria del D1, percorrendo circa 1 km, con velocità intorno ai 9 cm/s (Fig 6). Le traiettorie iniziali di entrambi i Drifter erano coerenti con la direzione del vento.

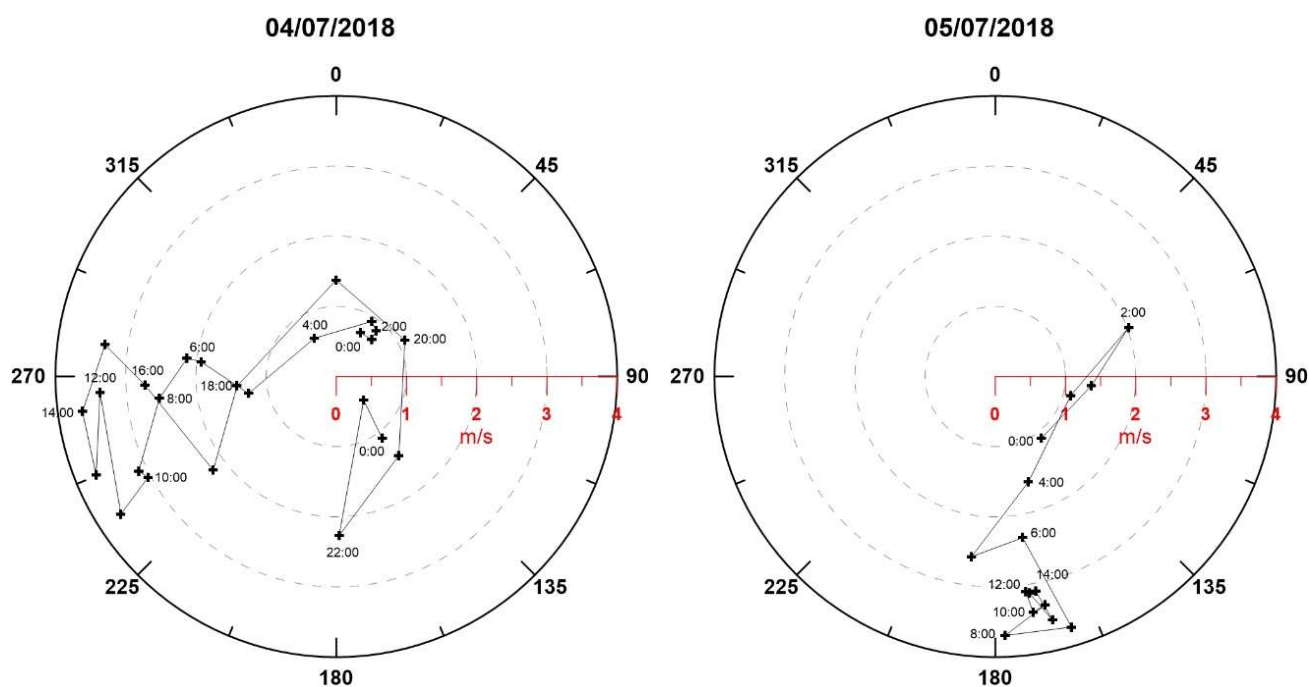


Figura 5: Andamento del vento registrato durante l'esperimento del 4 e 5 luglio 2018.

Dopo le 15:00 UTC si è osservata una diminuzione nell' intensità del vento, tuttavia la direzione di provenienza è rimasta quella osservata in precedenza; alle ore 16:00 UTC il vento ha ruotato spirando da W con velocità di circa 3 m/s (Fig 5).

Il D1 ha modificato la sua traiettoria alle ore 16:50 UTC, mentre il D2 alle 16:20 UTC entrambi compiendo una rotazione di circa 90° in direzione NW. Tra le 18:00 UTC e le 20:00 UTC una rotazione oraria ha portato il vento a spirare da N alle ore 19:00 UTC e da NE alle ore 20:00 UTC a velocità poco superiori ad 1 m/s, entrambi i drifter hanno percorso traiettorie in direzione WNW, con una velocità di circa 10 cm/s (Fig 6).

Dopo le 20:00 UTC il vento ha compiuto una ulteriore rotazione di oltre 45°, spirando fino alla mezzanotte da SE con velocità inferiori ai 2 m/s, fatta eccezione per le ore 22:00 UTC in cui sono stati rilevati venti da S a più di 2 m/s (Fig 5).

Il D2 ha percorso una traiettoria più ampia allontanandosi maggiormente da costa, percorrendo una traiettoria semicircolare simile al D1 ma coprendo una distanza maggiore (circa 1km in più). Intorno alle 22:00 UTC si è assistito ad un incremento nella velocità dei Drifter, entrambi i Drifter hanno raggiunto il punto più a largo intono alle 00:00 UTC del 05/07/2018, la velocità registrata è stata di circa 20 cm/s (Fig 6).

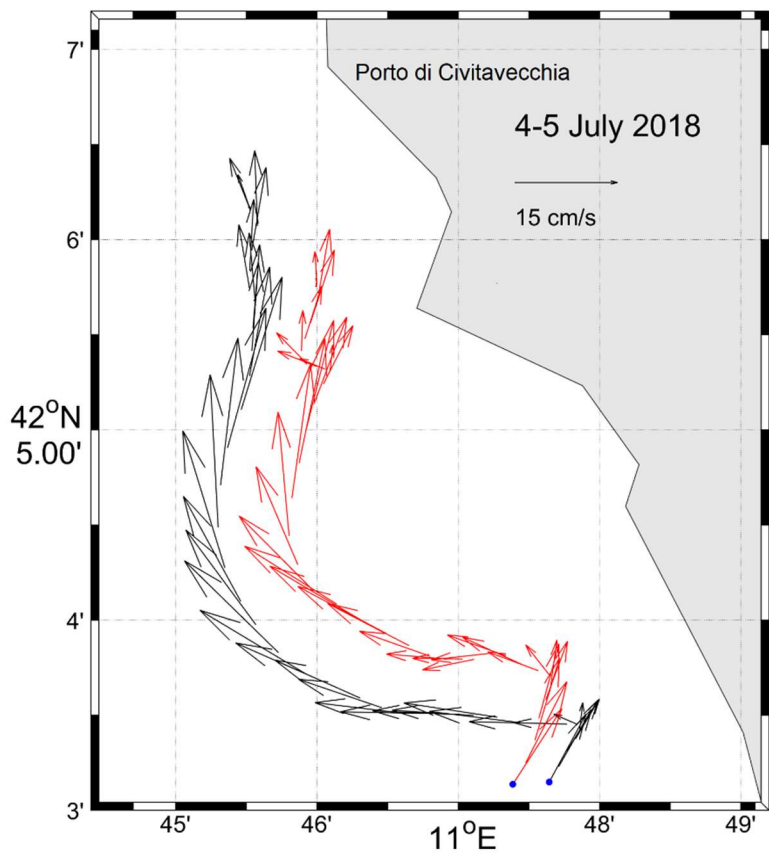


Figura 6: Traiettorie dei drifter durante il primo esperimento (4 e 5 luglio 2018). Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.

Tra mezzanotte e le 04:00 UTC il vento ha spirato tra ENE e ESE compiendo una rotazione antioraria seguita da un'altra oraria, con velocità inferiori ai 2 m/s (Fig 5).

In questo periodo i Drifter hanno percorso una traiettoria simile in direzione N/NE, procedendo con velocità di circa 20 cm/s. Dopo le 04:00 UTC del 05/07/2018 il vento ha ruotato spirando da SSE a 3.5 m/s per tutta la mattinata (Fig 5). Il D2 ha lievemente modificato la sua traiettoria spostandosi di qualche grado verso W con una velocità di circa 10 cm/s, mentre il D1 ha percorso circa 400m in direzione WNW, per poi tornare sulla traiettoria iniziale in direzione NNE, con una velocità analoga a quella dell'altro drifter circa 11 cm/s (Fig 6).

## 7.2 Traiettorie del 09/07/2018 - 10/07/2018

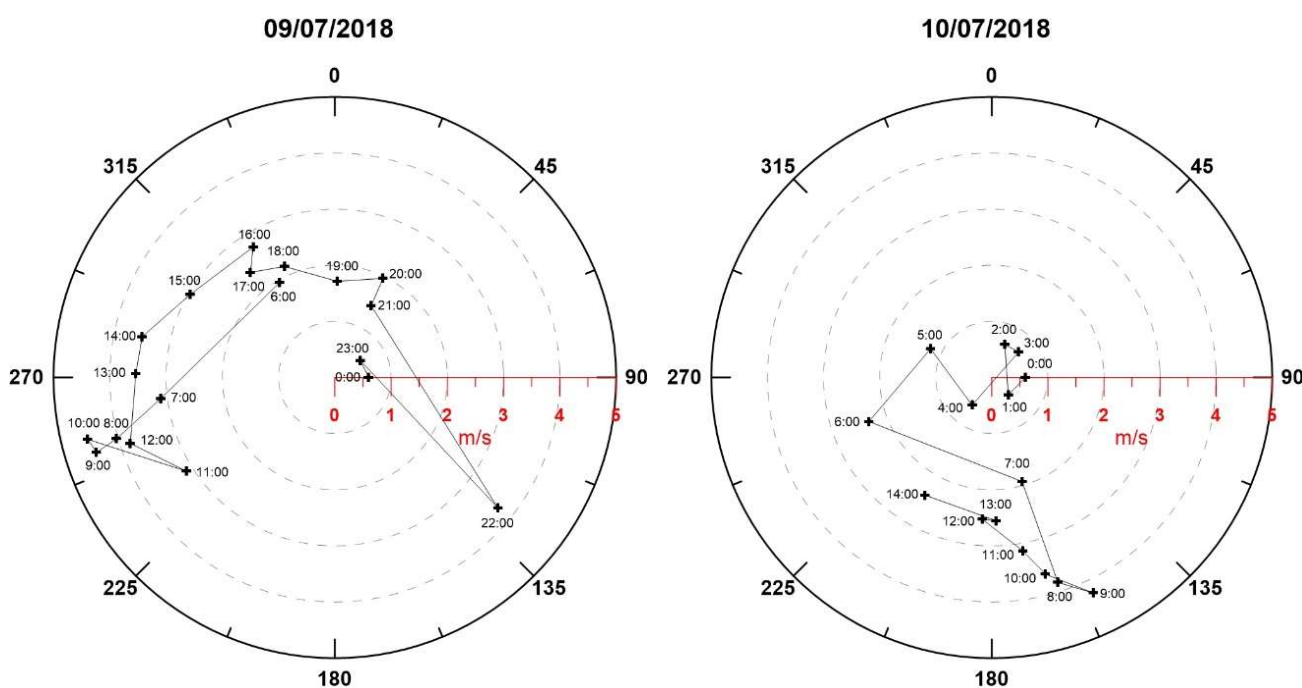


Figura 7: Andamento del vento registrato durante l'esperimento del 9 e 10 luglio 2018.

In data 09/07/2018 è avvenuto il secondo deploy dei drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.05189°N; 11.78685°E alle ore 08:09 UTC a circa 2.5 km dalla costa mentre il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0436°N; 11.7813°E alle ore 08:26 UTC a circa 3 km dalla costa. Il recupero è avvenuto in data 10/07/2018 alle ore 13:55 UTC nel punto di coordinate 42.00933°N; 11.8398°E per il D1 mentre alle ore 13:35 UTC nel punto di coordinate 41.9383°N; 11.87828°E per il D2.

Venti di moderata intensità, provenienti dal terzo e quarto quadrante, hanno caratterizzato il giorno 09/07/2018; quando è avvenuto il deploy dei Drifter il vento proveniva da WSW con velocità di circa 4.5 m/s (Fig7).

Il D1 è stato trasportato inizialmente dalla corrente in direzione ESE sino alle ore 11:00 UTC, con velocità tra 10 cm/s e 20 cm/s, avvicinandosi gradualmente alla costa per poi deviare verso Sud costeggiando Capo Linaro. Qui ha accelerato sino a 30 cm/s, superando il capo alle ore 16:30 UTC (Fig 8).

Il D2 è stato trasportato inizialmente dalla corrente in direzione SE sino alle ore 11:50 UTC con velocità di circa 30 cm/s, passando Capo Linaro a 2 km dalla costa (Fig 8). Durante tutta la mattinata il vento proveniva da WSW con velocità intorno ai 4 m/s. Dalle ore 13:00 UTC una rotazione oraria ha portato il vento a spirare dal quarto quadrante durante il pomeriggio; alle ore 16:00 UTC il vento proveniva da NW con velocità di 3 m/s (Fig 7).

Dopo aver superato il capo ad orari diversi (11:50 UTC il D2; 16:30 UTC il D1) i Drifter hanno descritto traiettorie totalmente diverse. Il D2 ha proseguito per SE sino alle ore 00:00 UTC, percorrendo circa 10 km, decelerando gradualmente sino a velocità inferiori ai 10 cm/s (Fig 8).

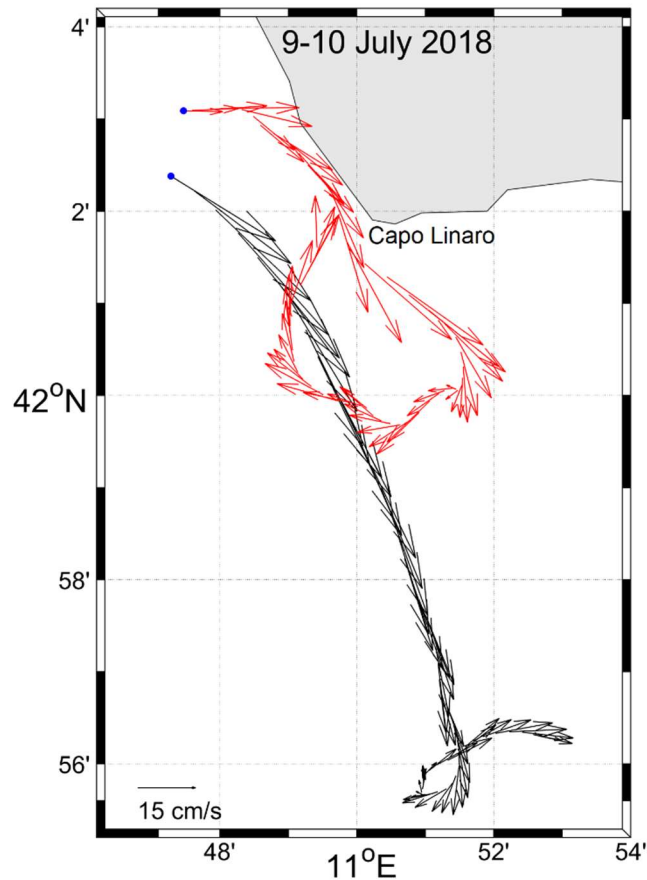


Figura 8: Traiettorie dei drifter durante l'esperimento del 9 e 10 luglio 2018. Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.

Il D1 ha percorso 4 km in direzione SE sino alle ore 20:30 UTC, orario in cui il vento, dopo aver proseguito la rotazione oraria nel tardo pomeriggio, proveniva da NE a circa 2 m/s (Fig 7). Il drifter ha quindi decelerato sino a velocità di 5 cm/s, per poi iniziare un'ampia traiettoria anticiclonica invertendo la sua rotta di 180° durante la notte (Fig 8).

Durante la notte tra il 09/07/2018 e il 10/07/2018 il vento è stato caratterizzato da velocità esigue, inferiori ad 1 m/s, proveniente dal primo quadrante. Dopo le ore 05:00 UTC è stata osservata una rotazione antioraria, che ha portato il vento a soffiare da direzioni comprese tra S e SE durante la mattina, con velocità tra i 3 e i 4 m/s (Fig 7).

Il D2 ha continuato la sua traiettoria in direzione SSE sino alle 04:00 UTC, in cui sono state registrate velocità quasi nulle, per poi invertire la sua direzione di circa 180°, continuando in direzione ENE per circa 3 km, fino a ritrovarsi 10 km a largo della costa di S. Severa alle ore 13:35 UTC (Fig 8). Le velocità osservate hanno oscillato tra i 5 cm/s e i 15 cm/s. Il D1 ha proseguito la sua rotta anticiclonica durante tutta la notte: dalle ore 20:30 UTC sino alle ore 02:00 UTC ha seguito una traiettoria in direzione SW con il vento che proveniva da NE; dalle ore 02:00 UTC alle ore 07:00 UTC, ha ruotato di 90° proseguendo in direzione NW, con il vento che proveniva tra N e WNW a velocità minime (Fig 7); per poi procedere in direzione NNE fino a ritrovarsi a meno di un km da Capo Linaro durante la mattina del 10/07/2018, momento in cui è avvenuto il recupero, alle ore 13:55 UTC, con il vento che proveniva da SSE. Le velocità osservate hanno oscillato tra i 10 cm/s e i 20 cm/s durante tutta la notte (Fig 8).

### 7.3 Traiettorie del 19/07/2018 – 20/07/2018

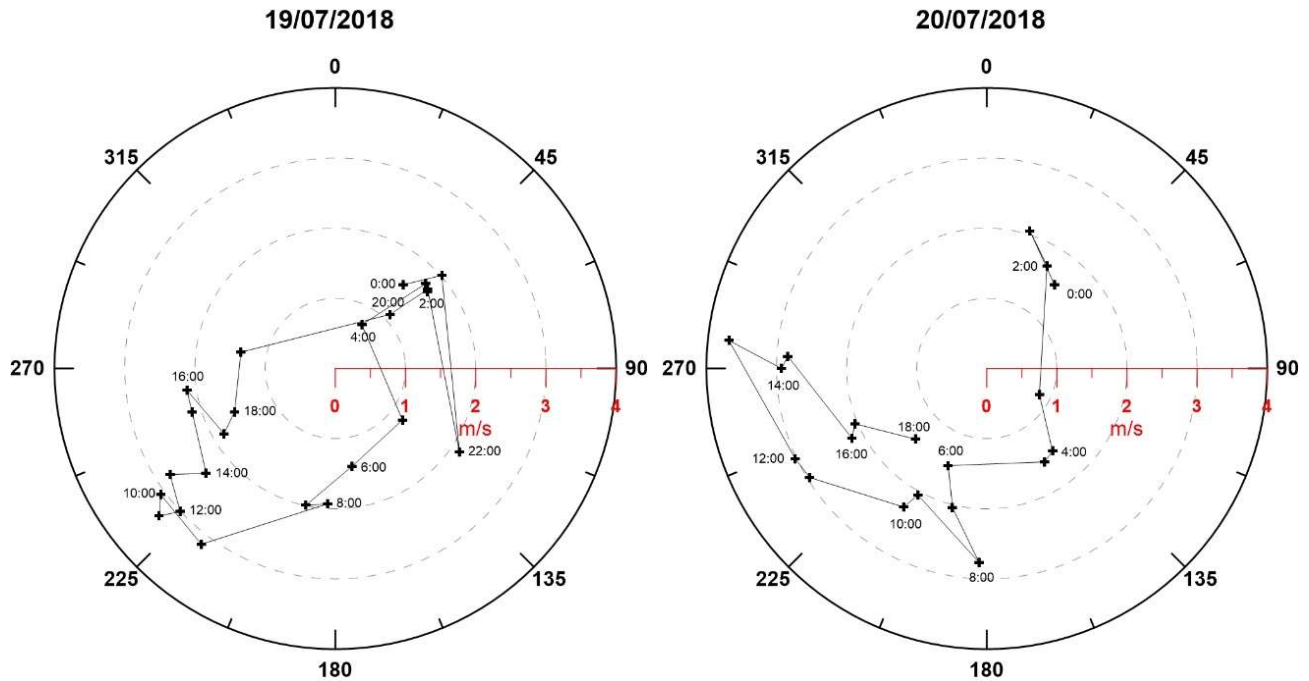


Figura 9: Andamento del vento registrato durante l'esperienza del 19 e 20 luglio 2018.

In data 19/07/2018 è avvenuto il deploy dei drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.071°N; 11.7465°E alle ore 09:04 UTC a circa 4 km dalla costa mentre il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.07209°N; 11.74242°E alle ore 09:08 UTC a circa 4 km dalla costa. Il recupero è avvenuto il giorno 20/07/2018 alle 15:31 UTC per il D1, nel punto di coordinate 41.97771°N; 11.98254°E, mentre alle 15:42 UTC per il D2 nel punto di coordinate 41.98367°N; 11.96516°E.

Venti leggeri provenienti da NE hanno spirato fino alle prime ore del mattino, subendo una rotazione oraria durante la mattinata, con un graduale aumento dell'intensità, sino a raggiungere i 3m/s provenendo da SW alle ore 10:00 UTC (Fig 9).



I Drifter sono stati trasportati inizialmente in direzione E, avvicinandosi gradualmente alla costa per poi deviare verso SSE a mezz'ora di distanza l'uno dall'altro (12:00 UTC per il D1; 12:30 UTC per il D2 che ha descritto una traiettoria leggermente più ampia), costeggiando Capo Linaro ad una distanza di circa 2 Km dalla costa e superando il capo verso le ore 18:00 UTC il D1 e 18:30 UTC il D2. Le velocità osservate hanno oscillato tra i 20 cm/s e i 30 cm/s per entrambi i drifter (Fig 10). I venti durante tale giornata hanno continuato a soffiare dal terzo quadrante, ma ruotando leggermente verso W nel pomeriggio; alle ore 18:00 UTC il vento proveniva da WSW a circa 1.5 m/s (Fig 9).

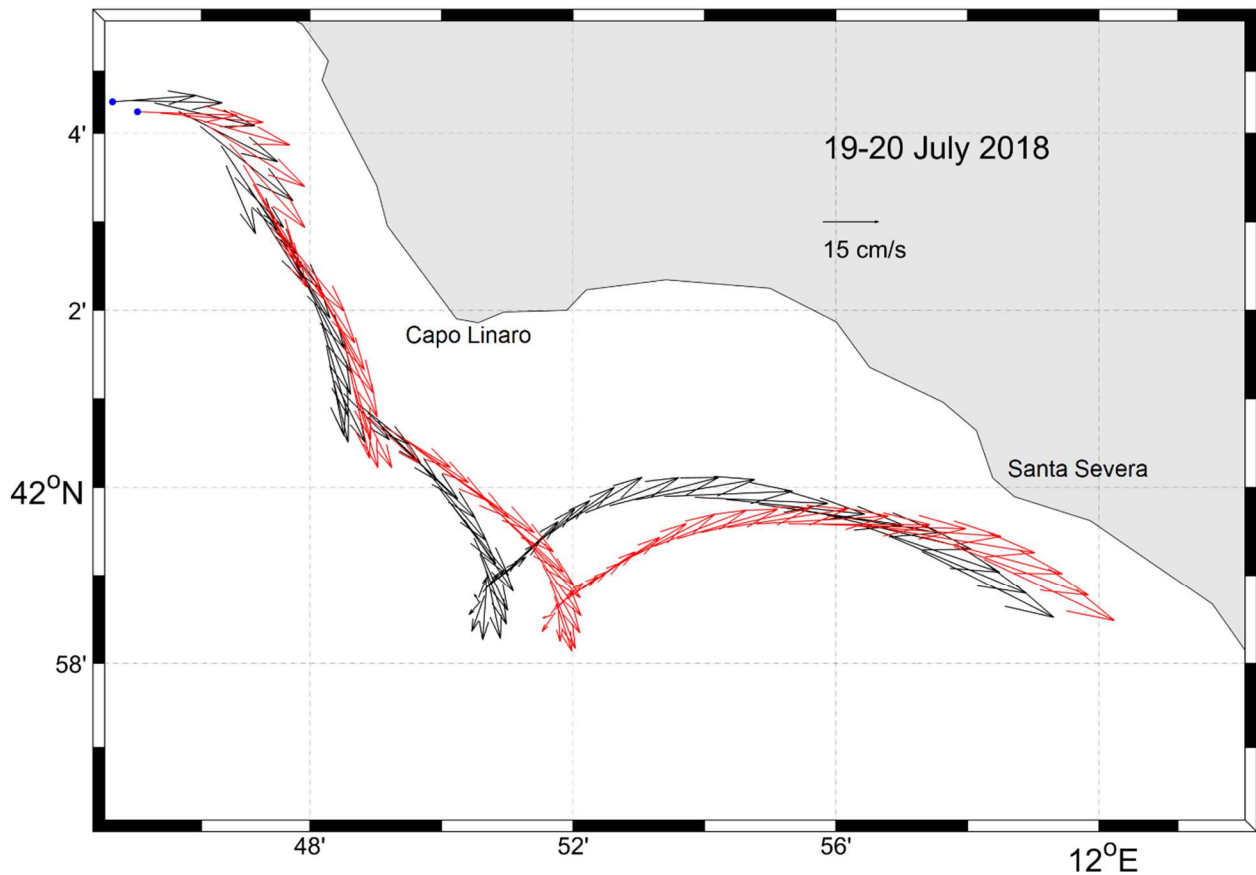


Figura 10: Traiettorie dei drifter durante l'esperimento del 19 e 20 luglio 2018. Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.

Nel tardo pomeriggio il vento oltre a diminuire di intensità ha completato la rotazione oraria, tornando a spirare dal primo e secondo quadrante con velocità inferiori ai 2 m/s nella notte tra il 19/07/2018 e il 20/07/2018, sino alle 06:00 UTC, in cui si sono registrati venti da S a circa 1.5 m/s (Fig 9).

Superato Capo Linaro i drifter hanno proseguito in direzione SE ma con traiettorie leggermente diverse (125°N il D1; 145°N il D2), le velocità osservate sono risultate minime appena passato il capo (inferiori ai 20 cm/s per entrambi), ma crescenti sino alle ore 21:00 UTC in cui si sono stabilizzati intorno ai 30 cm/s, con venti



provenienti da NE a meno di 2 m/s. Alle ore 02:00 UTC entrambi i drifter hanno compiuto una rotazione oraria di circa 270° registrando velocità quasi nulle alle ore 03:00 UTC e invertendo così la loro rotta verso NE (Fig 10). Il vento proveniva sempre da NE; solo dopo le 02:00 UTC ha compiuto una rotazione oraria di circa 90° provenendo da SE, con velocità sempre al di sotto dei 2 m/s. Durante la mattina il vento ha proseguito la rotazione oraria, spirando sino al tardo pomeriggio dal terzo quadrante, con velocità massime di oltre 3 m/s nelle ore centrali della giornata (Fig 9).

Dalle ore 03:00 UTC i Drifter hanno quindi percorso circa 2 Km in direzione NE, per poi iniziare a deviare gradualmente verso ESE dalle ore 09:00 UTC, ora in cui il vento ha iniziato a soffiare da SW circa 3 m/s (Fig 9), avvicinandoli a costa. Entrambi i drifter dopo il minimo di velocità delle ore 03:00 UTC, hanno subito una accelerazione sino alle ore 10:00 UTC, in cui si sono stabilizzati attorno ai 40 cm/s sino all'ora in cui sono stati recuperati a circa 1.5 km dalla costa (Fig 10).

#### **7.4 Traiettorie del 29/07/2018 - 01/08/2018**

In data 29/07/2018 è avvenuto il deploy dei drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.07393°N; 11.74877°E alle ore 16:59 UTC a circa 4 km dalla costa. Il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.07357°N; 11.74483°E alle ore 17:04 UTC a circa 4 km dalla costa. Il recupero è avvenuto in data 01/08/2018 alle ore 16:53 UTC per il D1 nel punto di coordinate 41.93422°N; 11.82287°E e alle 16:37 UTC nel punto di coordinate 41.96805°N; 11.80070°E per il D2.

Venti provenienti da WNW hanno spirato sino al tardo pomeriggio, con velocità in graduale diminuzione dai 5 m/s delle ore 13:00 UTC ai 3 m/s delle ore 20:00 UTC. I venti hanno subito inoltre una leggera rotazione oraria, spirando prima da NW e successivamente da N a partire dalle ore 18:00 UTC (Fig 11).

I Drifter dopo essere stati rilasciati alle ore 17:00 UTC circa sono stati trasportati in direzione SSE a velocità crescente, partendo da 25 cm/s e procedendo parallelamente alla costa sino all'altezza di Capo Linaro, dove dalle ore 22:00 UTC, ora in cui il vento era quasi assente (>1 m/s), hanno raggiunto i 40 cm/s e la loro traiettoria è stata deviata verso SW, sino alle 10:00 UTC del giorno dopo percorrendo circa 11 km a velocità in graduale decremento, arrivando a circa 20 cm/s (Fig 12).

Durante la notte tra il 29/07/2018 e il 30/07/2018, venti provenienti dal quarto quadrante, con direzioni comprese tra NW e N hanno spirato con intensità crescente sino alle ore 08:00 UTC, in cui si è osservata la massima velocità, circa 5 m/s, provenienti da WNW, compiendo una leggera rotazione antioraria (Fig 11).

Durante la giornata del 30/07 UTC il vento ha continuato a soffiare dal quarto quadrante, con direzione prevalente WNW, diminuendo gradualmente di intensità, sino alle prime ore del mattino del 31/07/2018, ove si riscontra una rotazione oraria dal quarto al primo e secondo quadrante, con velocità minime di 1 m/s (Fig 11).

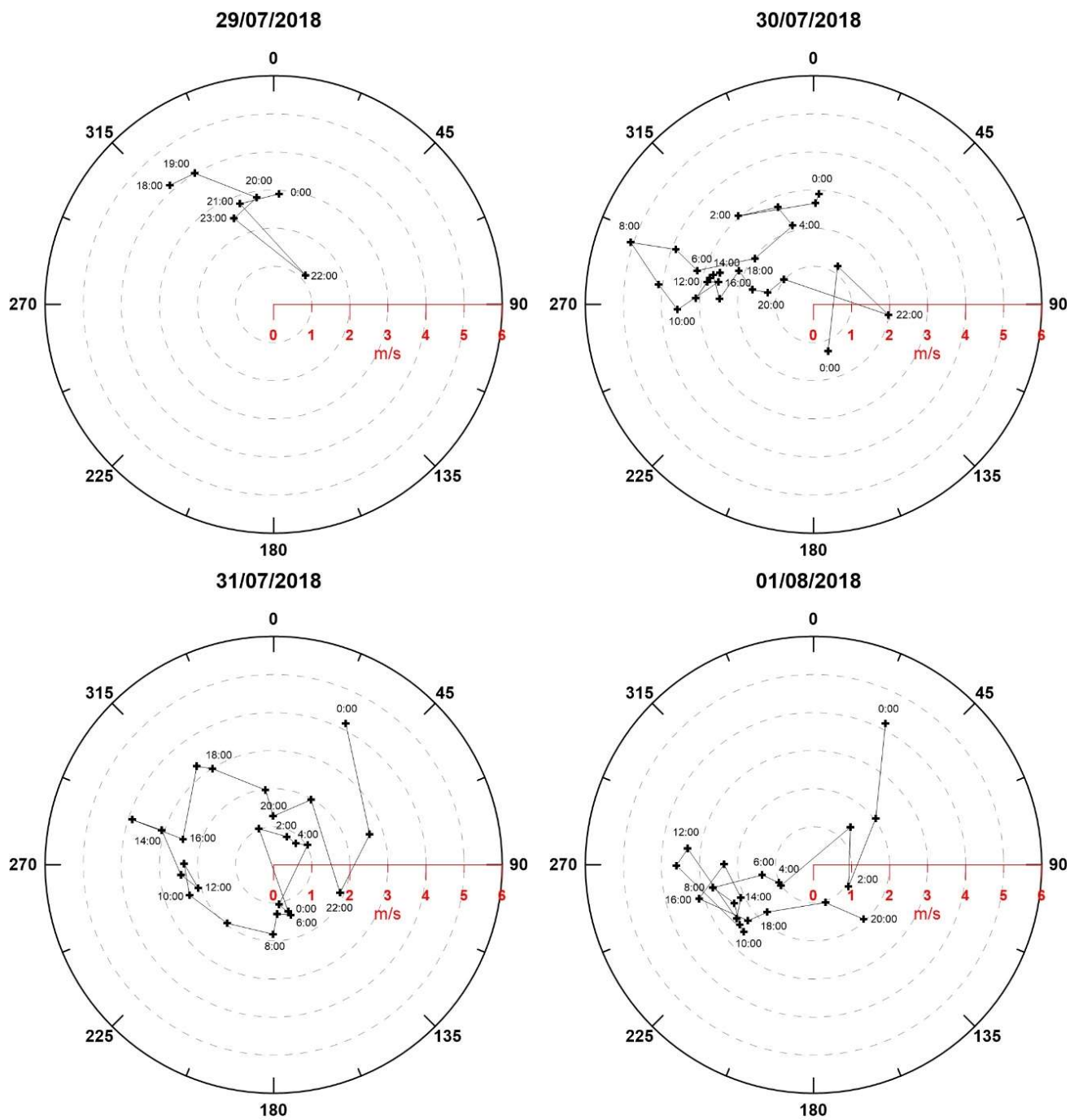


Figura 11: Andamento del vento registrato durante l'esperimento dal 29 Luglio al 01 Agosto 2018.

Dalle ore 10:00 UTC del 30/07/2018 sino alle ore 19:00 UTC i Drifter hanno proseguito in direzione S decelerando sino a 10 cm/s. Tale decelerazione si è protratta durante la notte, i drifter hanno deviato il loro tragitto verso SE alle ore 20:00 UTC circa (Fig 12), ora in cui il vento ha iniziato la rotazione oraria verso il primo quadrante, durante questo periodo il vento ha spirato a circa 1 m/s, fino quasi a fermarsi alle ore 05:00 UTC (Fig 11). Durante le ore notturne i drifter hanno effettuato un'inversione della loro traiettoria in senso ciclonico, questa rotazione è avvenuta in momenti diversi, con uno sfasamento di circa un'ora tra i due; alle ore 04:30 UTC per il D1 e alle 05:30 UTC per il D2 (Fig 12). Da notare che alle ore 05:00 UTC il vento ha ruotato di circa 90° da NE a SE aumentando leggermente in intensità con velocità di circa 1.5 m/s (Fig 11). Tale inversione ha trasportato i drifter inizialmente verso NNE accelerando gradualmente sino ai 30 cm/s alle ore 10:00 UTC circa, ora in cui i drifter hanno iniziato una rotazione in direzione SE il D1 e ESE il D2 nel corso della giornata, descrivendo un arco e decelerando nuovamente (Fig 12).

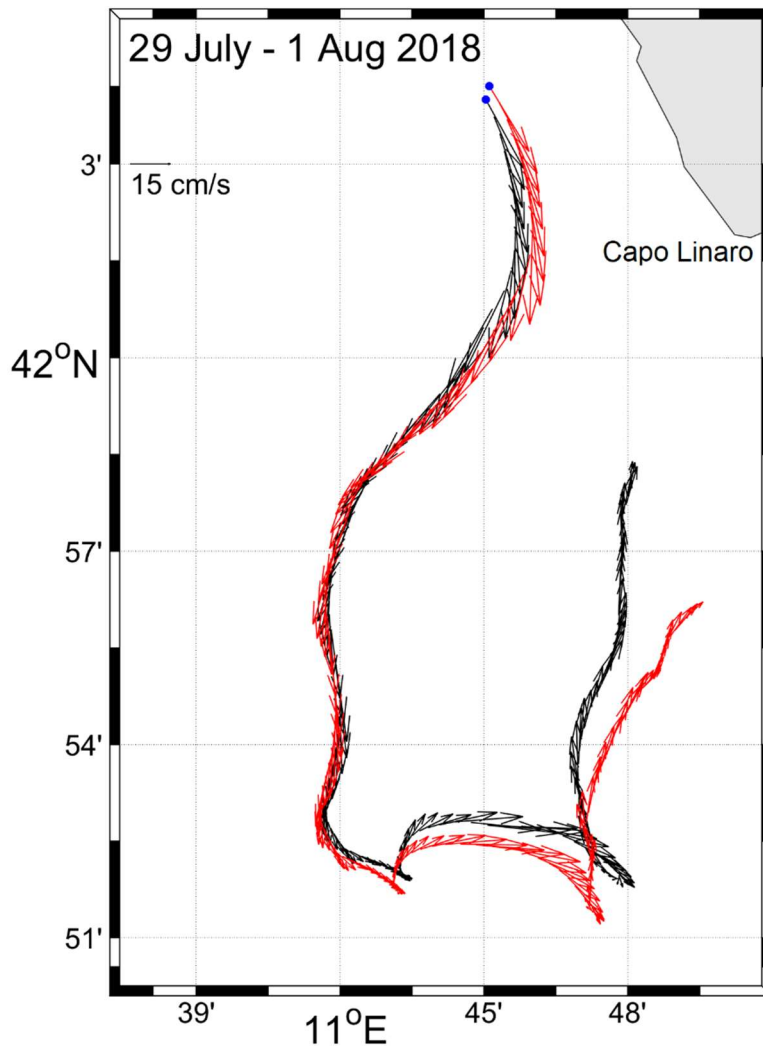


Figura 12: Traiettorie dei drifter durante l'esperimento dal 29 luglio al 01 Agosto 2018. Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.

Il giorno 31/07/2018 la rotazione oraria precedentemente descritta si è protratta durante tutto l'arco della giornata, con un graduale aumento delle velocità osservate e portando i venti a spirare prima dal secondo sino alle 13:00 UTC e successivamente dal terzo quadrante. Alle ore 12:00 UTC il vento proveniva da WSW con velocità di circa 2.5 m/s, mentre alle ore 17:00 UTC la velocità osservata è di 4 m/s con direzione WNW (Fig 11).

Alle ore 20:00 UTC, in cui il vento iniziava a provenire dal primo quadrante (NNE) a velocità inferiori ai 2 m/s, i drifter hanno decelerato nuovamente fino a fermarsi, invertendo nuovamente la loro direzione. Tale inversione ha trasportato i drifter verso NNE il D1 e verso N il D2 per tutta la notte con velocità crescenti da i 10 cm/s a 25 cm/s, avvicinandoli verso la costa sino alle ore 09:00 UTC circa (Fig12). Da notare come i drifter sino alle ore 03:00 UTC hanno compiuto una traiettoria quasi opposta al vento, infatti durante le prime ore della notte tra il 31/07/2018 e il 01/08/2018 la rotazione del vento si è completata con una leggera diminuzione nelle velocità. Alle ore 02:00 UTC del 01/08 venti provenienti da 45°N hanno mostrato un nuovo picco di intensità di circa 4 m/s. Successivamente una rotazione antioraria ha caratterizzato le prime ore del mattino del 01/08/2018, con venti che a partire dalle 04:00 UTC provenivano da WSW a circa 1.5 m/s, ma in costante aumento sino alle ore 08.00 UTC in cui mostravano velocità di 3 m/s (Fig 11).

### 7.5 Traiettorie del 07/08/2018 - 08/08/2018

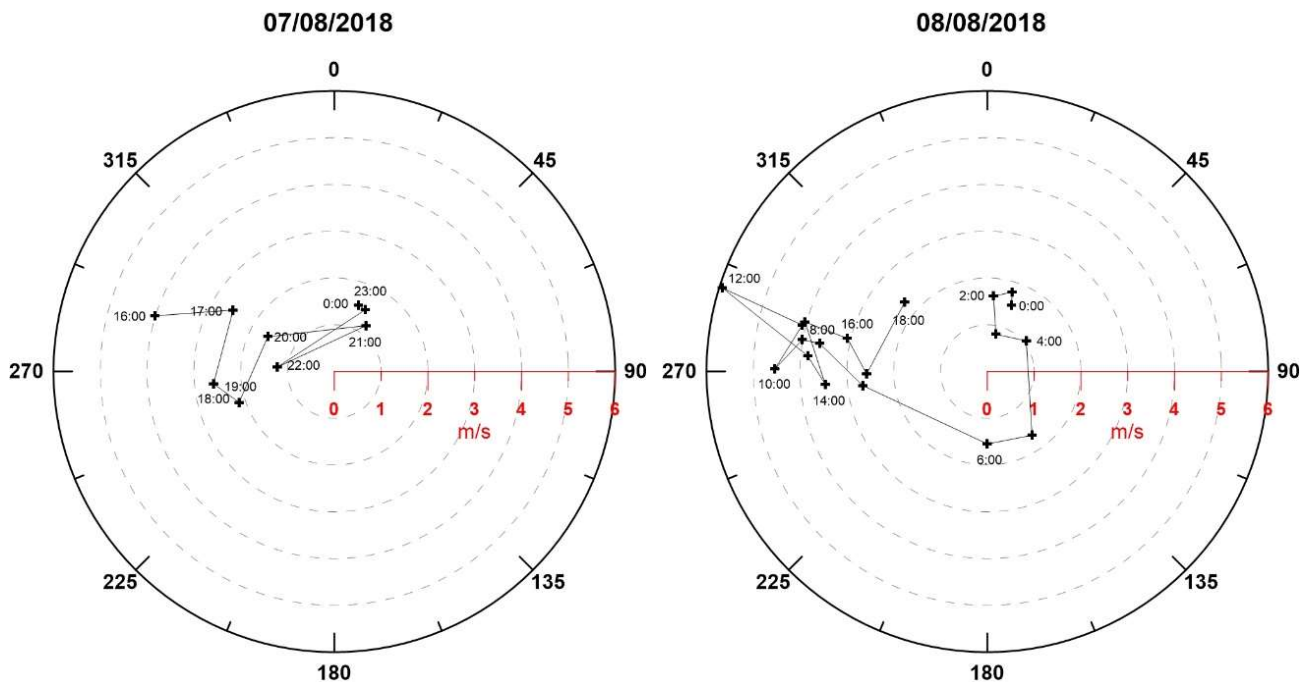


Figura 13: Andamento del vento registrato durante l'esperienza del 7 e 8 Agosto 2018.

In data 07/08/2018 è avvenuto il deploy dei drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0679°N; 11.7715°E alle ore 15:38 UTC a circa 3 km dalla costa mentre il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0676°N; 11.7717°E alle ore 15:34 UTC a circa 3 km dalla costa. Il recupero è avvenuto il giorno 08/08/2018 alle ore 15:01 UTC per il D1 nel punto di coordinate 42.0057°N;11.73082°E, mentre alle ore 14:53 UTC per il D2 nel punto di coordinate 42.00525°N;11.72348°E.

Venti tra i 4 m/s e i 5 m/s provenienti da WNW hanno caratterizzato il tardo pomeriggio del 07/08/2018, con velocità in costante decremento con il passare delle ore (Fig 13). I Drifter sono stati trasportati inizialmente in direzione SE, parallelamente alla costa a velocità di 15 cm/s (Fig 14).

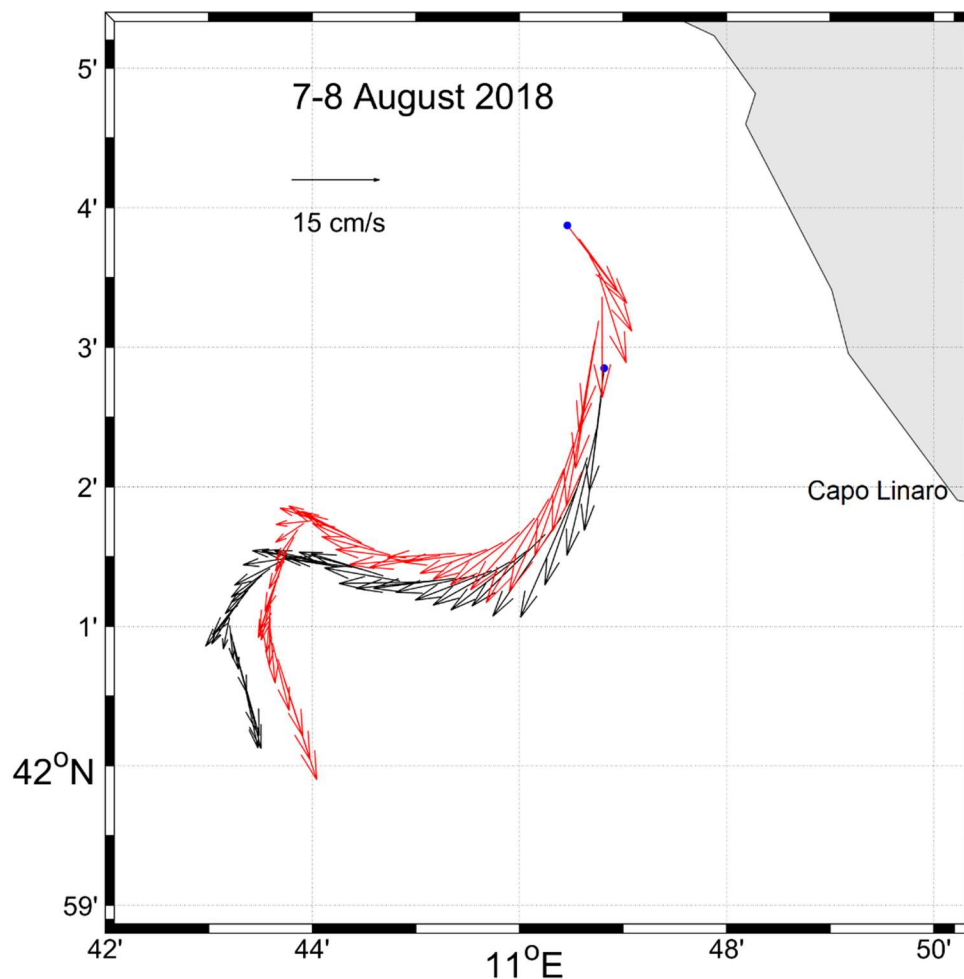


Figura 14: Traiettorie dei drifter durante l'esperimento del 7 e 8 Agosto 2018. Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.

Dalle ore 18:00 UTC la corrente ha iniziato a deviare verso largo la loro traiettoria, raggiungendo i 25 cm/s alle ore 22:00 UTC e tracciando un'ampia curva. Dopodiché una decelerazione graduale ha caratterizzato l'intera nottata (Fig 14).

Dalle ore 19:00 UTC si è compiuta una rotazione oraria del vento di oltre 90°. Alle ore 03:00 UTC proveniva da NE con velocità inferiori al m/s. Durante le prime ore del mattino tale rotazione oraria si è protratta sino al secondo quadrante: alle ore 06:00 UTC il vento proveniva da SSE a circa 1.5 m/s (Fig 13).

Alle ore 06:30 UTC per il D1 e 07:00 UTC per il D2, si è osservata una correzione di oltre 90° verso Sud nella rotta dei Drifter (Fig 14).

Dopo le 06:00 UTC il vento ha iniziato a spirare da W per tutta la mattinata, con velocità crescenti sino al massimo di 6 m/s alle ore 12:00 UTC proveniente da WNW (Fig 13).

Il D1 ha proseguito prima in direzione SSW sino alle ore 12:00 UTC, poi in direzione SSE fino a ritrovarsi alle ore 14:52 UTC circa 9 km a largo di Capo Linaro. Il D2 ha proseguito prima in direzione SW sino alle ore 11:00 UTC, poi in direzione SSE fino a ritrovarsi alle 14:43 UTC a circa 9.5 km a largo di Capo Linaro. Entrambi hanno mostrato velocità minime contemporaneamente al cambio di rotta (inferiori ai 5 cm/s) ma crescenti nel corso della mattina, superando i 15 cm/s poco prima di essere recuperati (Fig 14).

## 7.6 Traiettorie del 22/08/2018 - 24/08/2018

In data 22/08/2018 è avvenuto il deploy di un drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.07816°N; 11.77135°E alle ore 15:10 UTC a circa 3 km dalla costa.

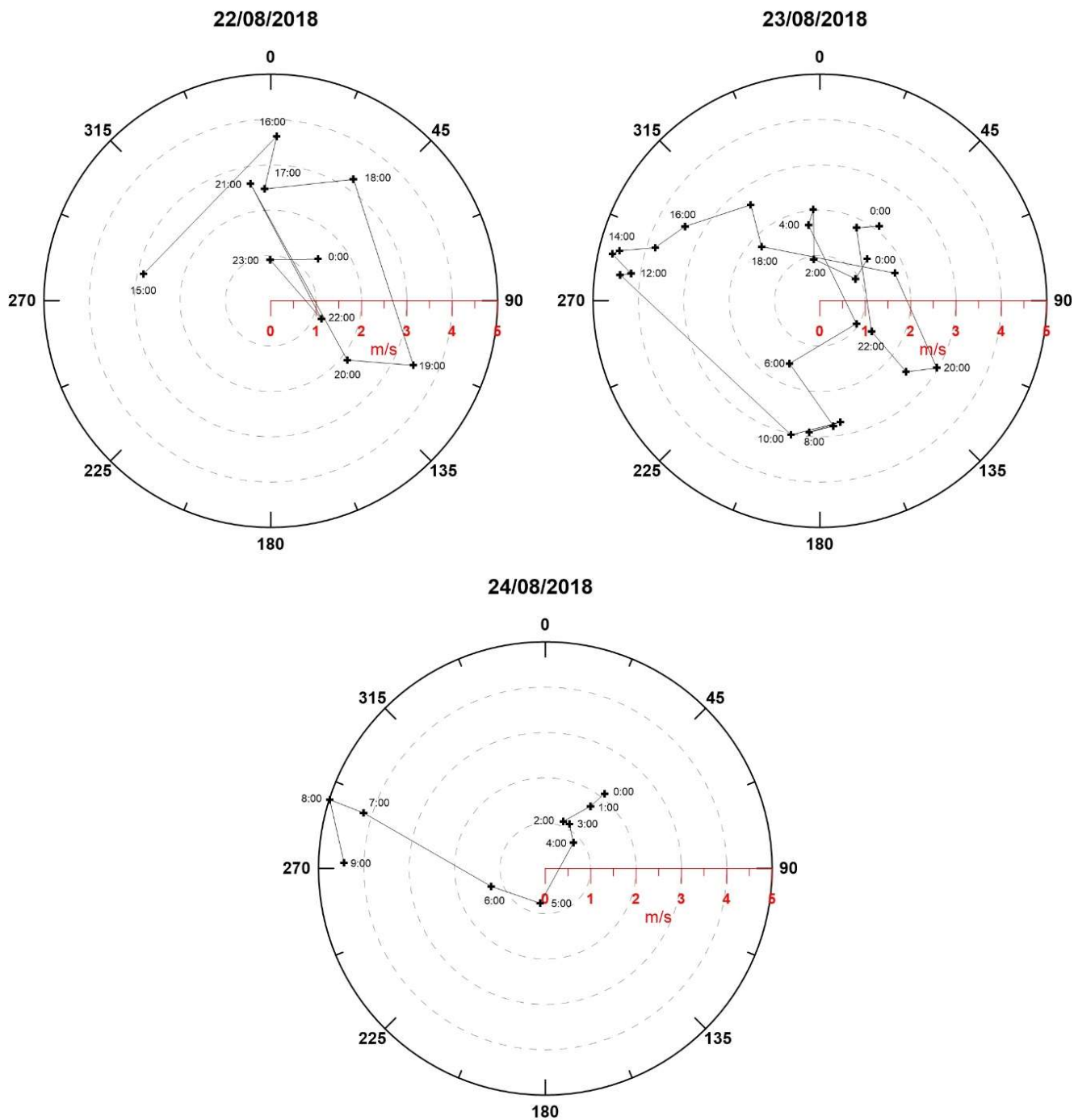


Figura 15: Andamento del vento registrato durante l'esperienza del 22, 23 e 24 Agosto 2018.

Il recupero è avvenuto il giorno 24/08/2018 alle ore 06:41 UTC nel punto di coordinate 42.23532°N; 11.58251°E.

Nel pomeriggio del giorno 22/08/2018 il vento proveniva da W con velocità tra i 2 e i 3 m/s. A partire dalle ore 16:00 UTC, una rotazione oraria ha portato il vento a spirare da direzioni comprese tra il primo e il secondo quadrante con velocità intorno ai 3 m/s; alle ore 19:00 UTC il vento proveniva da ESE a circa 3.5 m/s (Fig 15).

Il drifter dopo aver effettuato una rotazione di circa 270° durata sino alle 19:30 UTC, dal momento in cui è stato rilasciato, ha proseguito in direzione NW per due giorni percorrendo circa 24 km, ritrovandosi circa 8 km a largo della costa tra Marina di Montalto e Marina Velca la mattina del 24/08/2018 (Fig 16). Dopo le 20:00 UTC è stata osservata una rotazione antioraria del vento, portando i venti a spirare sino al mattino da N e da NE, con velocità di circa 2 m/s.

Il drifter ha mostrato velocità minime (5 cm/s) dal momento del rilascio sino alle ore 20:00 UTC del giorno stesso, momento in cui ha iniziato ad accelerare sino a stabilizzarsi intorno ai 20 cm/s. Il drifter ha quindi mantenuto tale velocità sino alla mattina del 23/08/2018, in cui è avvenuto il deploy del D1, che ha generalmente mostrato traiettorie in direzione NE, che verranno descritte nello specifico successivamente.

Dalle ore 13:00 UTC del 23/08/2018 il D2 ha iniziato a decelerare sino ad avere una velocità di circa 10 cm/s alle ore 18:00 UTC. Dopodiché si è osservata una nuova accelerazione con il massimo riscontrato alle ore 23:00 UTC di quasi 30 cm/s, ma decelerando nuovamente nelle ore notturne (Fig 16).

Durante la mattina del 23/08/2018 è stata registrata una nuova rotazione oraria, portando il vento a spirare dal secondo quadrante, con velocità mai superiori ai 3 m/s e durante il pomeriggio dal quarto quadrante, con il picco di intensità massimo intorno alle 13:00 UTC di circa 5 m/s proveniente da WNW (Fig 15).

Il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0813°N; 11.7876°E alle ore 02:38 UTC del 23/08/2018 a circa 1 km dalla costa (Tab 1).

Il Drifter è stato trasportato dalla corrente in direzione N sino alle ore 04:00 UTC, procedendo nel verso opposto alla direzione di provenienza del vento (N) mostrando velocità in diminuzione da 6 cm/s a 1 cm/s, percorrendo circa 200m.

Successivamente la sua traiettoria è stata deviata verso E, per circa 2 ore, durante le quali il vento ha iniziato a soffiare dai quadranti meridionali, per poi tornare sulla traiettoria originaria in direzione N, accelerando leggermente sino a 5 cm/s (Fig 16).



Dalle ore 07:00 UTC sino alle 10:00 UTC il vento ha soffiato costantemente da S, con velocità di circa 3 m/s (Fig 15). Alle ore 07:03 UTC il Drifter è stato recuperato a circa 600m dalla costa, per poi essere nuovamente rilasciato piu a largo, alle ore 07:11 UTC nel punto di coordinate 42.0796 °N; 11.7818 °E (Fig 16). Da tale punto la corrente ha trasportato il Drifter in direzione NNE percorrendo circa 1 km, accelerando inizialmente sino a stabilizzarsi intorno ai 15 cm/s, per poi essere recuperato alle ore 08:50 UTC a circa 150m dall'antemurale del porto di Civitavecchia nel punto di coordinate 42.0874°N 11.7846°E (Fig 16).

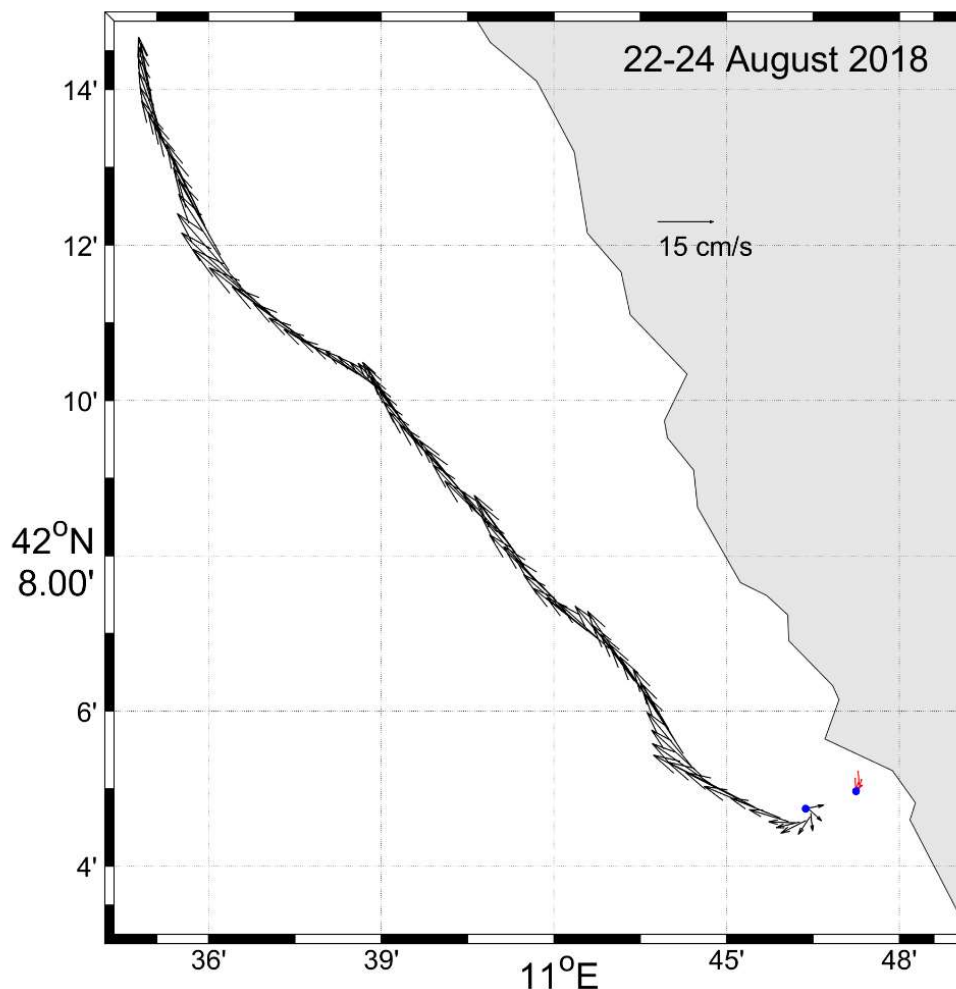


Figura 16: Traiettorie dei drifter durante l'esperimento del 22, 23 e 24 Agosto 2018. Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.

Nel tardo pomeriggio si è osservata una graduale riduzione di intensità, accompagnata da una rotazione oraria che ha portato il vento a spirare alle ore 19:00 UTC da ENE e alle ore 20:00 UTC da SE con velocità inferiori ai 3 m/s. Durante la notte tra il 23/08/2018 e il 24/08/2018 si è verificata una rotazione antioraria di circa 75° portando il vento a spirare da NE sino alle prime ore del mattino, con velocità inferiori ai 2 m/s. Dalle ore 05:00

UTC è stata misurata una nuova rotazione oraria; alle ore 07:00 UTC del 24/08/2018 il vento proveniva da WNW con velocità di circa 4 m/s (Fig 15).

### 7.7 Traiettorie del 17/09/2018

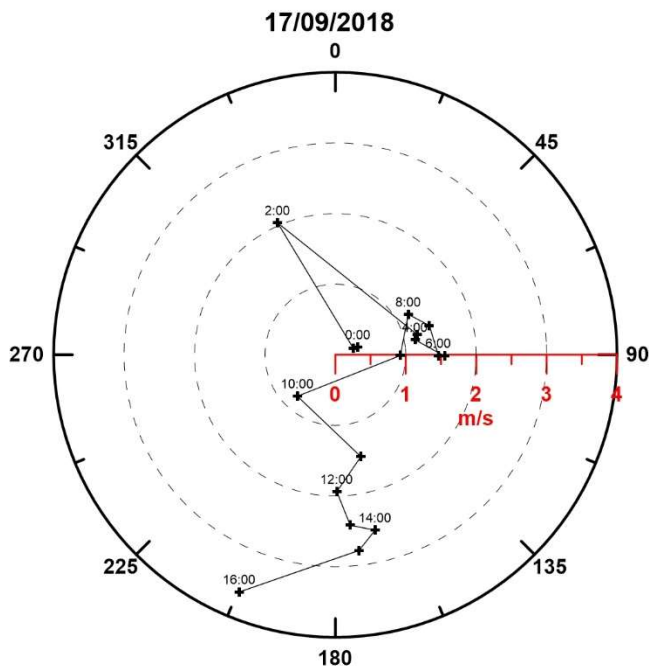
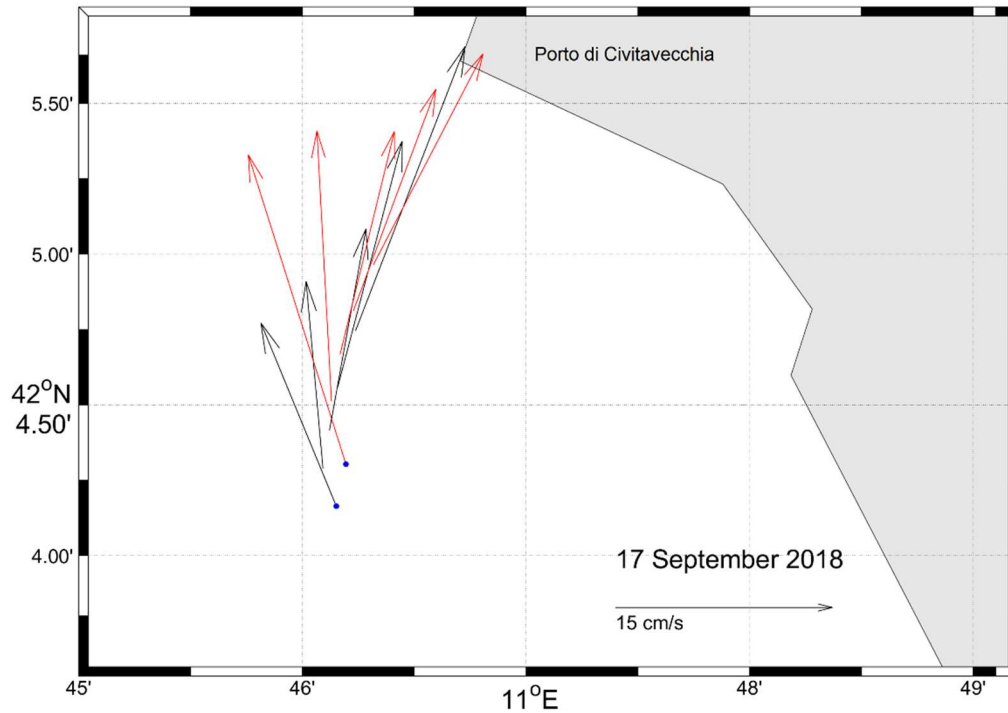


Figura 17: Andamento del vento registrato durante l'esperienza del 17 Settembre 2018.

In data 17/09/2018 è avvenuto il deploy dei drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0658°N; 11.7711°E alle ore 11:09 UTC mentre il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.0655°N; 11.7735°E alle ore 11:06 UTC, entrambi a circa 3 km dalla costa. Il recupero è avvenuto alle ore 14:50 UTC per il D1 nel punto di coordinate 42.08657°N 11.7751°E, mentre il D2 è stato recuperato alle ore 14:39 UTC nel punto di coordinate 42.08291°N 11.773°E.

La giornata del 17/09/2018 è stata caratterizzata generalmente da venti provenienti dal primo e secondo quadrante, con velocità massime poco inferiori ai 4 m/s rilevate nel primo pomeriggio. Durante le prime ore del mattino la direzione di provenienza prevalente è ENE, con velocità inferiori ai 2 m/s (Fig 17).



*Figura 18: Traiettorie dei drifter durante l'esperimento del 17 Settembre 2018. Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.*

Quando è avvenuto il deploy il vento proveniva da SSE con velocità di circa 2 m/s (Fig 17). Entrambi i drifter hanno percorso inizialmente circa 800 metri in direzione NW, con velocità di circa 15 cm/s per il D2 mentre velocità leggermente maggiori sono state osservate per il D1, di circa 25 cm/s. Alle ore 12:00 UTC una leggera rotazione oraria ha corretto la traiettoria di entrambi i drifter portandoli in direzione NNE ; per il D1 tale rotazione è risultata più graduale rispetto al D2 (Fig 18). Dopo le 12:00 UTC il vento ha continuato a spirare da S, aumentando gradualmente di intensità, sino a raggiungere i 3 m/s alle ore 15:00 (Fig 17).

I drifter hanno quindi percorso traiettorie parallele in direzione NNE per circa 1.6 km, con velocità di 2 cm/s per il D2 e di 18 cm/s per il D1. Tra le ore 14:40 UTC e le 14:50 UTC entrambi i drifter sono stati recuperati a circa 800 metri dalla costa (Fig 18).

## 7.8 Traiettorie del 18/09/2018

In data 18/09/2018 è avvenuto il deploy dei drifter CODE nella zona costiera di Civitavecchia (Tab 1). Il D2 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.06411°N; 11.77455°E alle ore 08:58 UTC mentre il D1 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.06545°N; 11.77608°E alle ore 09:02 UTC, entrambi a circa 3 km dalla costa. Il recupero è avvenuto alle ore 15:50 UTC per il D1 nel punto di coordinate 42.08415°N 11.78702°E, mentre il D2 è stato recuperato alle ore 15:47 UTC nel punto di coordinate 42.08563°N 11.78542°E.

La giornata del 18/09/2018 è stata caratterizzata generalmente da venti provenienti dal primo e secondo quadrante, con velocità massime di circa 4 m/s rilevate nelle ore centrali della giornata. Durante le prime ore del mattino la direzione di provenienza prevalente è ENE, con velocità inferiori ai 2 m/s (Fig 19).

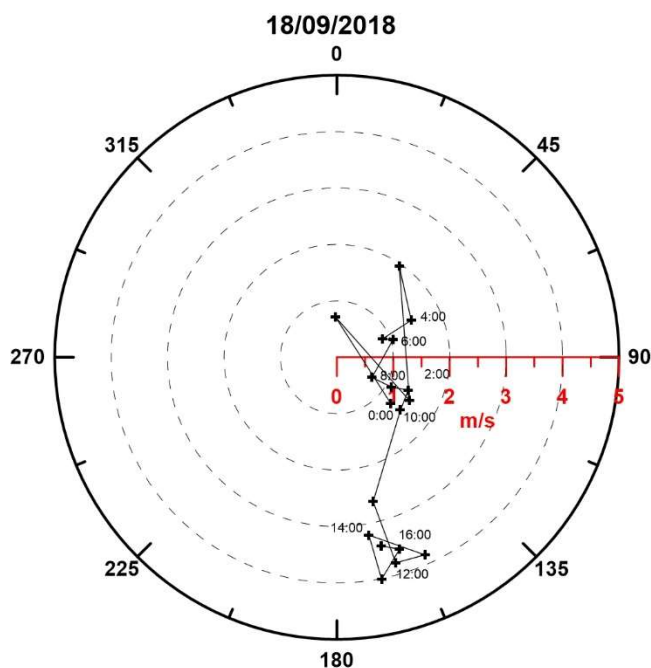


Figura 19: Andamento del vento registrato durante l'esperienza del 18 Settembre 2018.

Quando è avvenuto il deploy il vento proveniva da ESE con velocità di circa 1.5 m/s. Entrambi i drifter hanno percorso una traiettoria circolare, procedendo inizialmente in direzione NW a velocità di circa 13 cm/s (Fig 20). Dopo le ore 11:00 UTC il vento ha iniziato a spirare da SSE, aumentando in intensità, sino a stabilizzarsi tra i 3 e i 4 m/s (Fig 19). I drifter hanno continuato la loro traiettoria circolare sino al loro recupero, con una rotazione oraria di circa 180°. Dopo le 12:00 UTC è stato osservato un aumento delle loro velocità, entrambe di circa 20 cm/s, per poi tornare a circa 10 cm/s dopo le 14:00 UTC. Nel loro percorso circolare i drifter hanno percorso circa 3.5 km, trovandosi a circa 500 metri da costa nel momento del loro recupero, avvenuto alle ore 15:50 UTC circa (Fig 20).

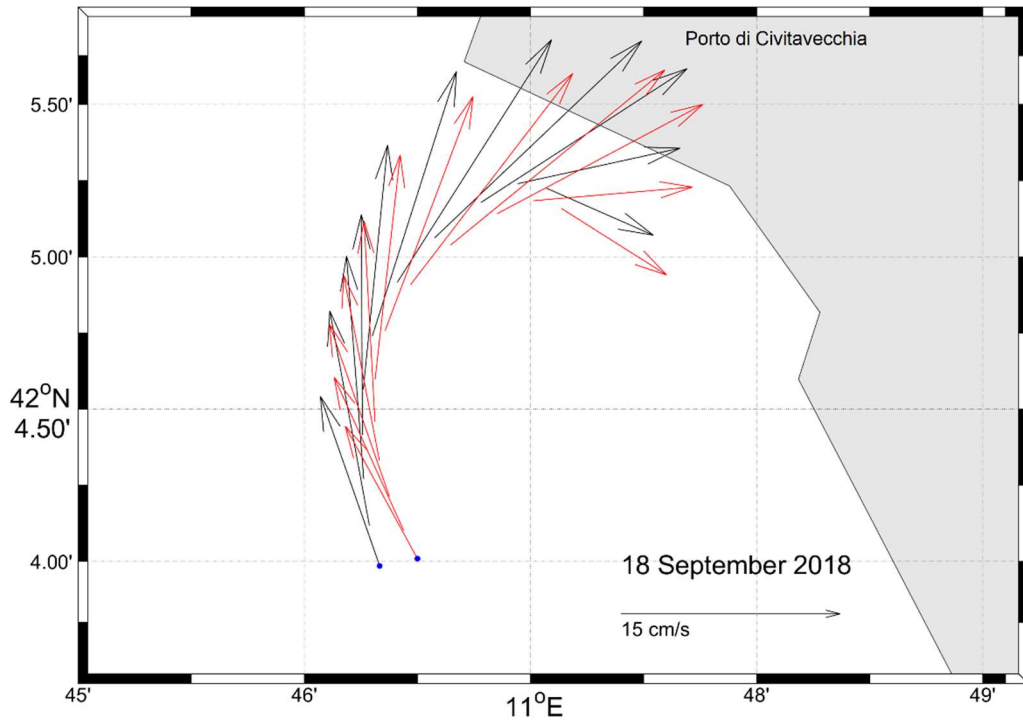


Figura 20: Figura 18: Traiettorie dei drifter durante l'esperimento del 18 Settembre 2018. Il pallino blu indica il punto di deploy dei drifter. Il D1 è rappresentato dai vettori rossi, il D2 da quelli neri.

## 8 Conclusioni

Le misure effettuate tramite l'utilizzo di drifter Lagrangiani hanno permesso di studiare la circolazione delle correnti superficiali marine nell'area costiera di Civitavecchia durante il periodo estivo. Tali misure sono state supportate da misure euliane di corrente in diverse attività di misura, mostrando un'elevata correlazione tra i due differenti sistemi di misura.

I dati analizzati hanno mostrato che la stagione estiva è dominata dal regime di brezza, peraltro già osservato da differenti autori nell'area di indagine. Le misure effettuate hanno mostrato che la circolazione delle correnti superficiali risponde velocemente alle variazioni osservate nella direzione e velocità del vento. In linea generale è stato osservato che nell'area di indagine le correnti sono dirette verso sud e le velocità registrate sono dell'ordine di 15 cm/s. A livello locale nell'area antistante la città di Civitavecchia si nota una circolazione tendenzialmente anticiclonica.

Da notare durante la campagna di misura avvenuta il 22-24 Agosto, il D2 dopo essere stato rilasciato ad un miglio a largo della costa di Civitavecchia ha compiuto una traiettoria in direzione della costa per poi compiere un'inversione di 180° verso il largo, successivamente ha modificato la sua traiettoria dirigendosi in direzione NW, effettuando una traiettoria parallela alla linea di costa durante tutta la sua attività di misura. Il D1 rilasciato la mattina seguente, a circa mezzo miglio dalla costa di Civitavecchia, ha proceduto in direzione della costa durante tutta l'attività di misura, coerente con la direzione del vento. Le traiettorie misurate, quindi, suggeriscono che il drifter D2, quello rilasciato ad una distanza maggiore dalla linea di costa, ha intercettato la corrente litoranea a scala di bacino, mentre il D1 ha intercettato una corrente probabilmente generata dall'effetto della brezza di mare.

Le misure di corrente effettuate hanno mostrato un'elevata affidabilità degli OGS low-cost CODE drifter sia per quanto riguarda la durabilità che per quanto riguarda la correttezza del dato misurato.

Nell'area costiera le correnti misurate hanno evidenziato un'elevata variabilità, queste sono principalmente forzate dal regime di brezza, che caratterizza la costa tirrenica soprattutto durante il periodo estivo, favorendo le dinamiche di mescolamento e trasporto che avvengono nella zona costiera.

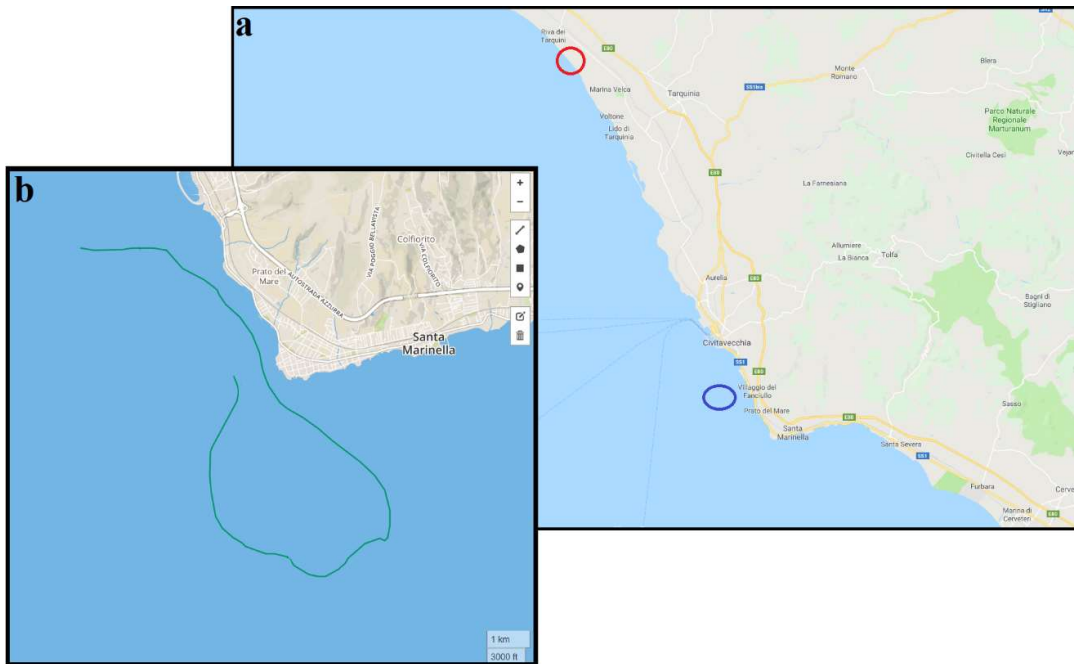
## 9 Ringraziamenti

Gli autori ringraziano tutti i ricercatori del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina dell'Università degli Studi della Tuscia, in particolare il professor Marco Marcelli e la dottoressa Viviana Piermattei.

## 10 Appendice A

### 10.1 Relazione smarrimento/recupero drifter n°27

In data 9/7/2018 è avvenuto il deploy dei drifter lagrangiani nella zona costiera di Civitavecchia. Il Drifter numero 27 è stato rilasciato nel punto di coordinate 42.05189°N; 11.78685°E alle ore 10:09 a circa 3 km dalla costa (*Fig. A1a*).



*Figura A1: Area di indagine (a), in blu l'area di rilascio del Drifter, in rosso la zona in cui è avvenuto il ritrovamento. Traiettoria del Drifter (b)*

Il Drifter è stato trasportato dalla corrente in direzione E/SE (*Fig. A1b*), avvicinandosi gradualmente alla costa per poi deviare verso Sud costeggiando Capo Linaro rimanendo ad una distanza di circa 300 m dalla costa, per poi superare il capo alle ore 21:00. Il Drifter ha percorso altri 4 km in direzione S/SE, successivamente la corrente ha invertito la sua direzione di 180°, il drifter ha percorso una traiettoria circolare per poi procedere in direzione N/NO fino a ritrovarsi in prossimità di Capo Linaro durante la mattina del 10/07/2018.

Il recupero dei Drifter è avvenuto il 10/07/2018 alle ore 15 circa. In prossimità del punto segnalato dal GPS è stato effettuato un accurato controllo dello specchio acqueo circostante, ma non è stato ritrovato alcun Drifter. Continuando le ricerche su una zona più ampia, è stata rinvenuta la parte superiore del Drifter contenente il GPS. La scatola di contenimento presentava segni di un impatto (*Fig. A2*), le viti di che permettevano il collegamento con il drifter erano piegate ed erano presenti segni di taglio, suggerendo che fosse stata divelta in seguito ad uno scontro con una imbarcazione a motore.



*Figura A2: Particolari del Drifter*

Il giorno 14/07/2018 alle ore 19:00 è stata ricevuta una telefonata da una persona che aveva ritrovato la struttura del Drifter. Tutto ciò è stato possibile in quanto si era provveduto ad apporre sulla struttura del drifter un numero telefonico da chiamare in caso di ritrovamento.

Il ritrovamento è avvenuto nel punto di coordinate 42.255655°N, 11.672763°E a circa 30 km dal punto di ritrovo del GPS (Fig. A1a).

La struttura flottante aveva una vela strappata, delle abrasioni sulle vele e mancavano totalmente le boe galleggianti (Fig. 2). La struttura di collegamento con la scatola del GPS presentava delle rotture evidenti inoltre i cavi di collegamento delle boe di spinta mostravano segni taglio.

L'ipotesi più accreditata è quella di uno scontro con un'imbarcazione di medie dimensioni, probabilmente un peschereccio che abitualmente strascicano in quella zona di mare.



Il Drifter è stato successivamente riparato (Fig. 3), sostituendo la vela strappata con una nuova, ricavata da una vecchia vela di una imbarcazione; le boe di spinta ed i relativi cavi di collegamento sono stati ripristinati mantenendo le medesime caratteristiche dei precedenti.



*Figura A3: Ripristino Drifter n° 27*

## 11 Bibliografia

Walsh, J. J.(1991): Importance of continental margins in the marine biogeochemical cycling of carbon and nitrogen, *Nature*, Vol. 350, pp. 53–55.

Longhurst, A. R.,(2007): *Ecological geography of the sea*, 2nd ed., Academic Press, 2007, chapter 4, Physical control of ecological processes, p. 70.

Scanu, S., de Mendoza, F. P., Piazzolla, D., & Marcelli, M. (2015). Anthropogenic impact on river basins: temporal evolution of sediment classes and accumulation rates in the northern Tyrrhenian Sea, Italy. *Oceanological and Hydrobiological Studies*, 44(1), 74-86.

Piazzolla, D., Scanu, S., Frattarelli, F. M., Mancini, E., Tiralongo, F., Brundo, M. V., Tibullo, D., Pecoraro, R., Copat, C., Ferrante, M. & Marcelli, M. (2015). Trace-metal enrichment and pollution in coastal sediments in the Northern Tyrrhenian Sea, Italy. *Archives of environmental contamination and toxicology*, 69(4), 470-481.

Cafaro, V., Piazzolla, D., Melchiorri, C., Burgio, C., Fersini, G., Conversano, F., Piermattei, V. & Marcelli, M. (2018). Underwater noise assessment outside harbor areas: The case of Port of Civitavecchia, northern Tyrrhenian Sea, Italy. *Marine pollution bulletin*, 133, 865-871.

Legendre, L., and S. Demers. (1984): Towards dynamic biological oceanography and limnology, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 41, 2–19.

- Elliot, A.J.(1981): Low frequency current variability off the West coast of Italy. *Oceanol. Acta.* 4, 1, 47-55.
- Elliot A. J., and de Strobel F. (1979): Oceanographic conditions in the coastal water of N.W Italy during the spring 1977. *Boll. Geofis. Teor. Appl.* 20, 79, 251-262.
- Martellucci, R., Pierattini, A., Madonia, A., Albani M., Melchiorri, C., Piazzolla, D., Paladini de Mendoza, F., Bonamano, S., Scanu, S., Piermattei, V., Marcelli, M.. (2014): Phytoplankton biomass distribution in water column and sediments in the northern Latium coastal area. 7th EuroGOOS Conference, Lisbon, Portugal, 28-30 October 2014.
- Bakun, A. And Agostini V.N.(2001): Seasonal Patterns of wind-induced upwelling/ downwelling in the Mediterranean Sea. *Sci- Mar.* 65, 3, 243-257.
- Martellucci, R., Melchiorri, C., Costanzo, L., Marcelli, M.(2017): On the presence of coastal upwelling along the northeastern Tyrrhenian coast. 19th EGU General Assembly, EGU2017, proceedings from the conference, 23-28 April, 2017 in Vienna, Austria., p.13767
- Mastrantonio, G., Petenko, I., Viola, A., Argentini, S., Coniglio, L., Monti, P. and Leuzzi, G. (2008): Influence of the synoptic circulation on the local wind field in a coastal area of the Tyrrhenian Sea. *Earth Env. Sci.*, 1, 1–9. doi:10.1088/1755-1315/1/1/012049.
- Martellucci R., Pierattini A., Paladini de Mendoza F., Melchiorri C., Piermattei V., Marcelli M.. (2018) ” Physical and Biological Water Column Observations during Summer Sea/Land Breeze Winds in the Coastal Northern Tyrrhenian Sea”. *Water* 2018, 10, 1673; doi:10.3390/w10111673
- Davis, R.E. 1985. Drifter observation of coastal currents during CODE: The method and descriptive view. *Journal of Geophysical*
- Gerin, R., Zuppelli, P., Poulain, P.M. (2016): Design and test of the OGS low-cost CODE drifter. Rel. 2016/12 OCE 7 MAOS, Trieste, Italy, 36 pp.
- Bonamano, S., Piermattei, V., Madonia, A., Paladini de Mendoza, F., Pierattini, A., Martellucci, R., Stefani, C., Zappalà, G. and Marcelli, M. (2015): The Civitavecchia Coastal Environment Monitoring System (C-CEMS): a new tool to analyse the conflicts between coastal pressures and sensitivity areas. *Ocean Sci.*, 12, 87-100.