

# TRATTAMENTO DEI DATI ARGO DEL MAR MEDITERRANEO

**Solari Maddalena**



Prodotto dal “Mediterranean Argo Regional Centre (MedArgo)”, OGS, Trieste, Italia

Approvato da: .....

Dr. Alessandro Crise

**Sommario:**

1.Introduzione	pag.2
2.Specifiche di funzionamento dei float per il progetto MFSTEP	pag.3
2.1.Scelta delle profondità di campionamento e dei profili	pag.3
2.2.Scelta della durata del ciclo	pag.3
3.Raccolta dei dati	pag.4
3.1.Sistema di posizionamento	pag.6
3.2.Formato dei dati	pag.8
3.Conclusioni e lavori futuri	pag.14
4.Referenze	pag.15

## 1.Introduzione

Nel 1998 è iniziato il progetto Argo che prevedeva un piano di distribuzione di float per il monitoraggio degli oceani con l'obiettivo di raggiungere i 3000 float a livello mondiale. Nel 2000 sono cominciati i rilasci di profilatori lagrangiani nel Mar Mediterraneo ad opera della Marina Statunitense (progetto della Naval Oceanographic Office-NAVOCEANO) dando così inizio al progetto MedArgo (Argo nel Mar Mediterraneo) ma è soprattutto con il progetto europeo MFSTEP (Mediterranean Forecasting System Towards Environmental Prediction), iniziato nel 2003, che si è avuto un netto incremento della flotta dei float Argo nel bacino del Mediterraneo.

Questi profilatori, messi a mare da navi di ricerca e da navi di opportunità, sono programmati per eseguire cicli di 5 giorni che prevedono un periodo di spostamento alla quota di parcheggio di 350 m, profili a 700 e 2000 m, che vengono eseguiti in fase di ascesa del profilatore e una fase di localizzazione e trasmissione in superficie, fase che dura circa 6 ore.

La temperatura e la salinità sono misurate con un CTD della Sea-Bird, i dati vengono poi processati e resi disponibili in NRT (Near Real Time) usando gli standard del protocollo Argo (Argo QC, 2008) e vengono poi utilizzati nei modelli di previsione del Mar Mediterraneo.

Questa rete di profilatori permette di effettuare un campionamento e monitoraggio più efficace del Mediterraneo di quello che si potrebbe fare con le navi da ricerca riducendo inoltre i costi.

In questo rapporto verrà mostrato come si è giunti alle attuali caratteristiche operazionali dei float, come vengono gestiti i dati quando arrivano all'OGS e come vengono trattati prima di essere resi disponibili sul sito web.

## 2. Specifiche di funzionamento dei float per il progetto MFSTEP

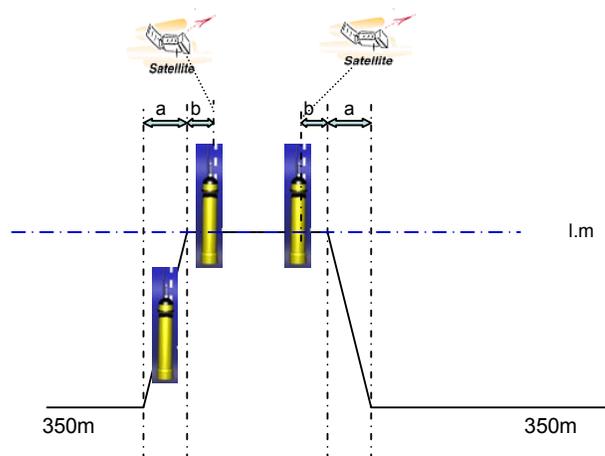
### 2.1. Scelta delle profondità di campionamento e dei profili

Vista la ridotta grandezza, rispetto agli oceani, del Mar Mediterraneo e data la sua specifica morfologia e batimetria, i profilatori programmati con le caratteristiche standard (User manual APEX-SBE profiler e User manual PROVOR SBE) non sono adeguati al programma MFSTEP, sono quindi stati riprogrammati con caratteristiche specifiche (Poulain et al., 2006).

Si è scelto 350 m come profondità di parcheggio perché è la profondità a cui si trova l'acqua levantina LIW e lo spostamento dei profilatori a questa quota permette il suo studio dalla sua origine, nel bacino Levantino, fino all'uscita dallo stretto di Gibilterra. La LIW è chiaramente identificabile dal massimo di salinità. Per quanto riguarda la profondità dei profili sono stati scelti 700 m, perché è la quota raggiunta dai T-7 XBT; e 2000 m perché è un valore di riferimento della climatologia e perché a quelle profondità la variabilità è praticamente nulla e quindi si può considerare come ulteriore valore per la taratura degli strumenti in fase di analisi dei dati.

### 2.2. Scelta della durata del ciclo

Il secondo problema è stato scegliere la lunghezza del ciclo per ottenere dei dati di corrente alla profondità di parcheggio di 350 m. Infatti lo spostamento orizzontale durante l'ascesa e la discesa del profilatore (a in figura 1) e gli spostamenti prima di essere localizzato dal primo satellite in superficie e dopo l'ultima localizzazione prima di scendere nuovamente (b in figura 1), introducono errori nella stima della velocità.



**Fig.1: errori dovuti allo spostamento orizzontale durante ascesa e discesa (a), errori dovuti al ritardo nella localizzazione del primo satellite e al tempo intercorso tra ultimo satellite e inizio della discesa (b).**

La scelta della lunghezza del ciclo e' stata fatta tenendo conto dei risultati di due studi preliminari basati sui risultati statistici ottenuti dai dati storici correntometrici e dai dati basati sui risultati derivanti da OGCM (Ocean General Circulation Model).

Sono stati considerati dati storici di corrente per stimare l'errore sui dati di corrente vicino ai 350 m. Le velocita' dedotte da questi dati sono state usate in un modello statistico per calcolare lo spostamento medio e l'errore per profili di 700 m e cicli di 7 e 3.5 giorni.

Gli errori si sono rivelati altamente dipendenti dal regime di corrente. In correnti forti con forti fluttuazioni in verticale gli errori sulla corrente subsuperficiale si sono mostrati abbastanza bassi (<20% per 7 giorni e <40% per 3.5 giorni). Per correnti maggiormente confinate alla superficie l'errore puo' arrivare anche al 100% (Pizzigalli and Rupolo, 2007).

Come e' prevedibile piu' lungo e' l'intervallo minore e' l'errore, ma cicli lunghi hanno uno svantaggio: la media delle correnti ottenuta tra due punti separati da una lunga distanza non rappresenta in maniera adeguata le correnti in prossimita' della costa o delle isole.

Un altro approccio per affrontare il problema e' stato di tipo numerico: e' stato simulato il rilascio di 40000 particelle numeriche uniformemente deposte nella maggior parte del Mediterraneo piu' profondo di 700 m, sono state integrate per circa un anno (52 settimane) usando il modello MFSPP (Mediterranean Forecastin System Pilot Project) di analisi dei campi di velocita' mediati su 3 giorni per l'anno 2000.

In conclusione l'approccio statistico e quello numerico indicano che i cicli corti danno una stima affidabile della corrente solo in aree con correnti veloci e con limitato scambio verticale. Scegliendo 5 o 6 giorni, si diminuisce l'errore, ma in regioni con correnti lente o con forte rimescolamento, si possono ottenere risultati erronei.

### 3. Raccolta dei dati

Ciascun float ogni volta che viene messo a mare, anche se gia' stato usato precedentemente, viene identificato univocamente con un numero WMO, mentre il numero Argos, anche se gia' utilizzato, e' assegnato allo strumento e quindi puo' rimanere lo stesso (Tabella.1).

Modello	WMO	ARGOS	Data d'inizio	Cicli	Data ultimo profilo	Stato
APEX-SBE	6900226	35503	26-Sep-2003	12	07-nov-03	R
APEX-SBE	6900227	35504	26-Sep-2003	6	11-nov-03	R
APEX-SBE	6900278	35503	30-Jun-2004	77	30-Jul-2005	D
APEX-SBE	6900279	35504	30-Jun-2004	93	8-Oct-2005	D

Tabella.1: spezzone di tabella di elenco dei float (D:death,R: recovered)

Dopo che viene messo a mare, quando il float riemerge al termine del suo ciclo di 5 giorni (durata valida per i float del progetto MFSTEP), quando trova il primo satellite Argos, viene localizzato e comincia a trasmettere i dati del profilo ogni 30 secondi, se il modello è APEX, 40 se il modello è PROVOR, fino a quando il satellite non è più disponibile (circa 10 minuti), quando un altro satellite è visibile ricomincia la trasmissione e così fino a quando il float si immerge. Quando i satelliti passano in prossimità del centro raccolta dati a Tolosa trasmettono tutti i dati. Da questo centro, 3 volte al giorno, circa ogni otto ore, viene inviata una mail all'OGS nella quale sono contenuti tutti i pacchetti di dati relativi a tutti i float che hanno trasmesso. Presso l'OGS le mail vengono processate: viene tolta la parte di testo e i pacchetti di dati vengono salvati sul computer Poseidon come file nel folder "Incoming". Ogni file, identificato da data e ora di arrivo, in questo folder contiene i dati della mail ricevuta, quindi per ogni file possiamo avere dati appartenenti a diversi float. I file vengono quindi controllati e i pacchetti dei dati vengono inseriti nel file che compete ad ogni singolo strumento, essendo chiaramente identificabili dal numero Argos. Questi file di raccolta di tutti i pacchetti trasmessi, vengono chiamati bfiles e sono salvati sempre in Poseidon con formato composto da un prefisso alfabetico (a,b,c...) dipendente dal numero di volte che si e' già usato il float, un numero che coincide con il numero Argo e l'estensione .dat. prendendo come esempio la figura precedente, se volessimo cercare il file dove sono raccolti i dati dell'APEX-SBE 6900226 dovrei cercare: **a35503.dat**; per il file dell'APEX-SBE 6900278: **b35503.dat**.

A questo punto viene fatto partire un programma che aggiorna tutti i dati relativi ai float presenti su Poseidon quali ultima trasmissione, ultima posizione, numero di profili e stato (attivo/morto).

Con questo programma vengono anche aggiornati i dati, le tabelle e le figure disponibili su internet al sito <http://poseidon.ogs.trieste.it/sire/medargo/active/index.html> in NRT (fig.2).

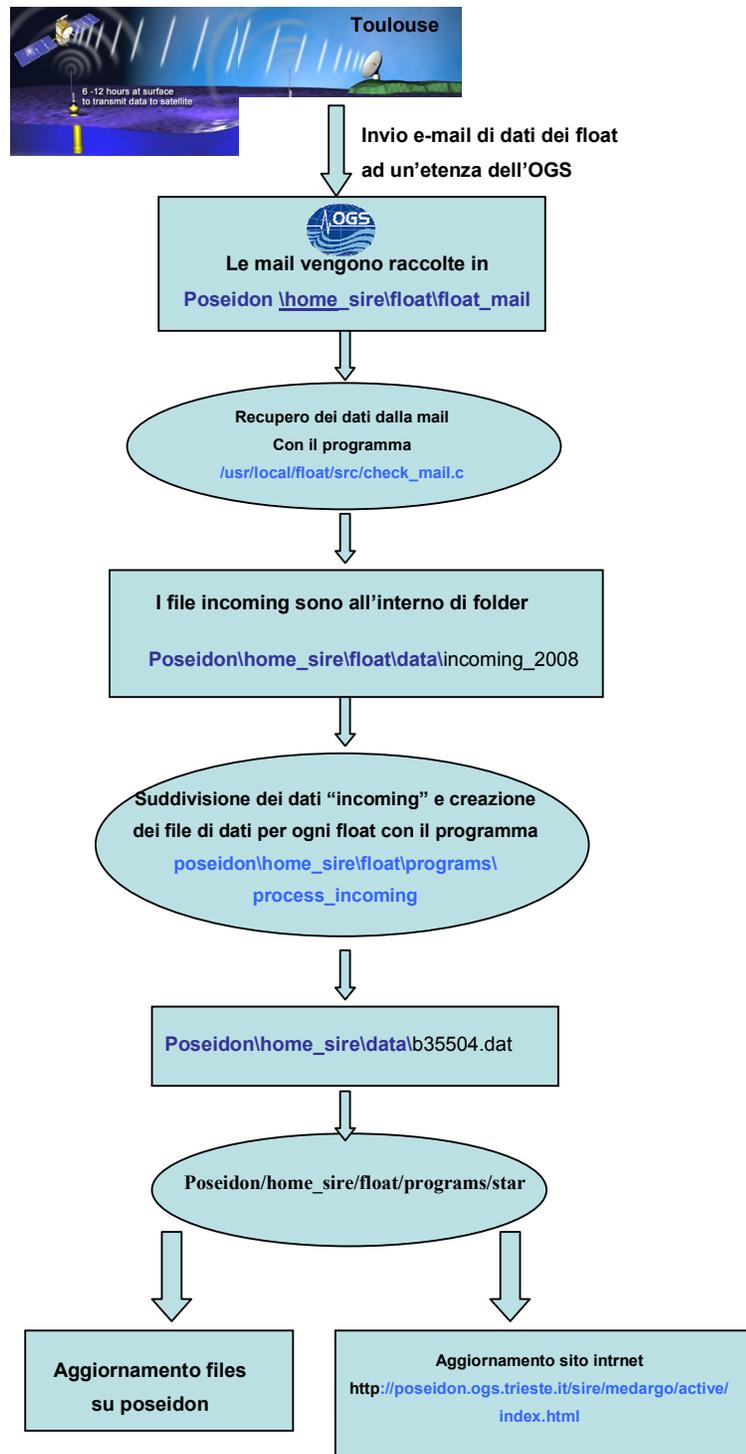


Fig.2: Diagramma di flusso dell'elaborazione dei dati

### 3.1. Sistema di posizionamento

I float per comunicare i dati utilizzano il sistema satellitare Argos (Solari, 2008).

I ricevitori Argos sono montati su satelliti ambientali NOAA in orbita polare a 850 km di altezza. Ogni trasmettitore ha un numero individuale di identificazione e la frequenza di trasmissione è di 401.650 MHz.

Le posizioni dei trasmettitori sono calcolate tramite tutti i messaggi ricevuti da un satellite durante il suo passaggio, misurando lo spostamento in frequenza del segnale, dovuto all'effetto Doppler, nelle trasmissioni dei segnali. L'effetto Doppler è il cambiamento della frequenza di un'onda sonora o un'onda elettromagnetica quando sorgente di trasmissione e osservatore (ricevitore) sono in moto relativo. Quando il satellite si avvicina al trasmettitore, la frequenza misurata del segnale trasmesso è più alta della frequenza realmente trasmessa, e minore quando il satellite si allontana (Fig.3).

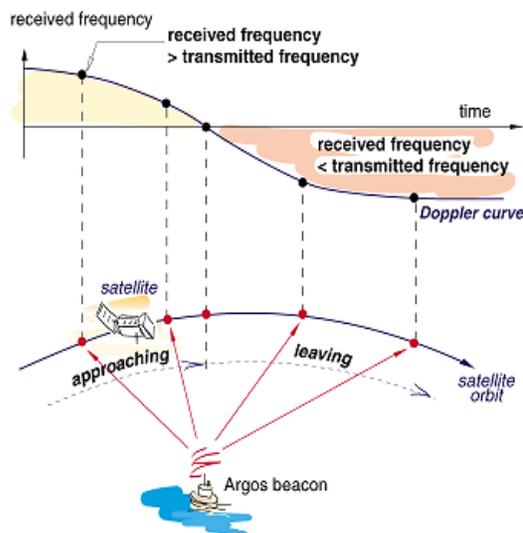


Fig.3: Sistema di localizzazione tramite effetto Doppler

La posizione del trasmettitore viene calcolata tenendo in considerazione il primo e l'ultimo messaggio ricevuto e la frequenza più recente.

### 3.2.Formato dei dati

I dati trasmessi dai float vengono ricevuti sotto forma di pacchetti di dati scritti in sistema numerico esadecimale e vanno quindi tradotti in sistema decimale. La sequenza qui sotto e' una parte di file presa come esempio per mostrare la codifica dei float APEX-SBE.

```
02765 35504 41 32 M 1 2006-07-10 09:21:13 38.632 2.713 0.000 401653316
2006-07-10 09:15:58 1 A1 02 71 00
33 B7 96 6E
14 30 33 BD
96 70 13 E2
33 C0 96 71
13 09 31 E6
96 72 13 15
3B CF 96
2006-07-10 09:18:28 1 1B 27 49 33
E4 96 54 0A
E8 33 B2 96
3F 0A 82 33
9A 96 33 0A
0F 33 98 96
2E 09 BE 33
84 96 22
2006-07-10 09:24:58 1 50 06 33 F4
96 6A 0C D8
33 F8 96 69
0C 78 34 00
96 67 0C 11
33 F1 96 60
0B B2 33 ED
96 5C 0B
2006-07-10 09:25:28 1 0B 07 49 33
E4 96 54 0A
E8 33 B2 96
3F 0A 82 33
9A 96 33 0A
1F 13 9A 96
2E 09 BE 33
84 96 22
```

2006-07-10 09:26:28 1 E6 09 E8 07

67 37 83 95

DA 07 03 33

8D 95 CD 06

99 33 97 95

BD 06 29 B3

AE 95 BF 45

D4 33 D0

Nella prima riga ritroviamo:

- 02765: e' il codice corrispondente al programma Argos di MedArgo.
- 35504: e' il numero identificativo Argos del float.
- 41: e' il numero totale di righe presenti nel pacchetto, compresa la riga corrente.
- 32: è il numero di parametri trasmessi
- M: e' la lettera a cui viene associato uno dei satelliti NOAA, con orbita polare disponibile in quel momento. I satelliti sono identificati da una lettera maiuscola e ad ognuna viene associato un numero: F (9), G (10), H (11), D (12), I (13), J (14), K (15), L (16), M (17), N (18) e un satellite METOP: A
- 1: è l'accuratezza della posizione (Tabella 2)
- Seguono data ora e posizione dell'avvenuto trasmissione del satellite e frequenza di trasmissione

0	Accuratezza stimata superiore a 1500m di raggio
1	Accuratezza stimata migliore di 1500 m di raggio
2	Accuratezza stimata meglio di 500 m di raggio
3	Accuratezza stimata meglio di 250 m di raggio

**Tabella.2: Classi di accuratezza della posizione**

Seguono delle serie di pacchetti composti da 8 righe, la somma +1 delle righe deve corrispondere al numero dato nella riga d'inizio. Per i float APEX-SBE ognuno di questi pacchetti inizia con una riga in cui viene indicata data e ora di trasmissione nella prima parte, seguita da una seconda parte di dati veri e propri che assieme alle linee successive vengono tradotti in 31 bite esadecimali di output e poi convertiti in decimali (User manual-APEX-SBE, Tabella 3).

Byte	descrizione	formato	Numero di bit
01	ora del primo profilo	8 bits	da 1 a 8
02	numero del messaggio. I messaggi sono trasmessi in ordine sequenziale partendo da 1 e incrementando	8 bits	da 9 a 16
03	numero del blocco di messaggi	8 bits	da 17 a 24
04&05	numero di serie	16 bits	da 25 a 40
06	numero del profilo, inizia con uno ed incrementa ad ogni ascesa.	8 bits	da 41 a 48
07	lunghezza del profilo: e' il numero di 6 byte che corrisponde alle misure fatte dal CTD durante l'ascesa. Il numero totale di bytes da ciascun profilo, dipende dalla strategia di campionamento scelta.	8 bits	da 49 a 56
08	segnale di fine profilo	8 bits	da 57 a 64
09	posizione del pistone	8 bits	da 65 a 72
10	numero del formato	8 bits	da 73 a 80
11	numero di identificazione della profondita'	8 bits	da 81 a 88
12&13	tempo del motore della pompa	16 bits	da 89 a 104
14	voltaggio della batteria	8 bits	da 105 a 112
15	corrente della batteria	8 bits	da 113 a 120
16	posizione del pistone alla profondita' del profilo 1	8 bits	da 121 a 128
17	posizione del pistone alla profondita' del profilo 2	8 bits	da 129 a 136
18	pressione nella vescica	8 bits	da 137 a 144
19&20	temperatura alla profondita' di parcheggio	16 bits	da 145 a 160
21&22	salinita' alla profondita' di parcheggio	16 bits	da 161 a 176
23&24	pressione alla profondita' di parcheggio	16 bits	da 177 a 192
25	voltaggio delle batterie alla profondita' di parcheggio	8 bits	da 193 a 200
26	corrente delle batterie alla profondita' di parcheggio	8 bits	da 201 a 208
27&28	pressione di superficie	16 bits	da 209 a 224
29	spazio libero	8 bits	da 225 a 232

30	posizione del pistone alla profondita' di parcheggio	8 bits	da 233 a 240
31	voltaggio della pompa SBE.	8 bits	da 241 a 248

Tabella.3: Codifica del messaggio per APEX-SBE

anche per i float PROVOR-SBE i dati vengono trasmessi nel formato esadecimale visto precedentemente, poi devono essere convertiti in decimali (User manual-PROVOR-SBE). I bite sono:

Byte	descrizione	formato	Numero di bit
1	28 bits Argos ID	8 bits	1 to 8
2	tipo di messaggio	4 bits	9 to 12
3	CRC	16 bits	13 to 28
4	Ora di inizio discesa	8 bits	29 to 36
5	Numero di movimenti della valvola in superficie	7 bits	37 to 43
6	Tempo di stabilizzazione del float	8 bits	44 to 51
7	Pressione di stabilizzazione del float	8 bits	52 to 59
8	Numero di movimenti della valvola in fase di discesa	4 bits	60 to 63
9	Numero di movimenti della pompa in fase di discesa	4 bits	64 to 67
10	tempo di fine discesa	8 bits	68 to 75
11	Numero di riposizionamenti	4 bits	76 to 79
12	Ora alla fine dell'ascesa	8 bits	80 to 87
13	Numero di movimenti della pompa in fase di ascesa	5 bits	88 to 92
14	Numero di messaggi di CTD in discesa	5 bits	93 to 97
15	Numero di messaggi CTD durante lo spostamento	5 bits	98 to 102
16	Numero di messaggi CTD in ascesa	5 bits	103 to 107
17	Numero intervalli di discesa in acqua bassa	7 bits	108 to 114
18	Numero intervalli di discesa in acqua profonda	8 bits	115 to 122
19	Numero intervalli di ascesa in acqua bassa	7 bits	124 to 129
20	Numero intervalli di ascesa in acqua profonda	8 bits	130 to 137
21	Numero di misure CTD durante lo spostamento	8 bits	138 to 145
22	Tempo del float: hh(5 bits)+mm(6bits)+ss(6bits)	17 bits	146 to 162

23	Offset del sensore di pressione	6 bits	163 to 168
24	Pressione interna	3 bits	169 to 171
25	Massima pressione in discesa alla quota di parcheggio	8 bits	172 to 179
26	Ora d'inizio del profilo in ascesa	8 bits	180 to 187
27	"Number of entrance in drift target range"	3 bits	188 to 190
28	Pressione minima durante lo spostamento (bars)	8 bits	191 to 198
29	Pressione massima durante lo spostamento (bars)	8 bits	199 to 206
30	"Grounding detected" (SI=1, NO=0)	1 bit	207
31	Numero di movimenti della valvola idraulica nel profilo in discesa	4 bits	208 to 211
32	Numero di movimenti della pompa nel profilo in discesa	4 bits	212 to 215
33	Massima pressione in discesa o di spostamento	8 bits	216 to 223
34	Numero di riposizionamenti durante lo stand-by del profilo	3 bits	224 to 226
35	Voltaggio delle batterie	5 bits	227 to 231
36	Ora d'inizio del profilo di discesa	8 bits	232 to 239
37	Ora di fine del profilo di discesa	8 bits	240 to 247
38	Indicatore dello stato del RTC	1bit	248
39	"Number of entrance in profile target range"	3 bits	249 to 251
40	Non usato	5 bits	252 to 256

**Tabella.4: Codifica del messaggio per Provor-SBE**

Il float non sempre riesce a trovare un satellite e a trasmettere i dati, a volte aggancia un satellite, trasmette i dati ma non viene localizzato. Queste situazioni sono facilmente riconoscibili nel file come righe piu' corte o pacchetti incompleti (fig.4-5).

```
02765 35504 57 32 K
2006-07-15 05:14:13 1 E1 01 01 05
C7 02 07 00
8B 13 40 00
9F 99 0C 18
59 62 34 19
95 61 04 DF
9B 01 00 33
62 32 98
```

**Fig.4: Il float ha trasmesso ma non e' stato localizzato ma ha trasmesso i dati**

```
02765 35504 2 32 I
2006-07-10 12:44:58 1 18 0E 00
02765 35504 25 32 J
2006-07-10 07:53:28 1 99 45 EB 96
73 0E D0 33
F0 96 72 0E
69 33 F0 96
71 0E 09 33
F8 96 6D 0D
A4 33 F1 B6
6D 0D 40
```

**Fig.5 Il float non e' stato localizzato e non ha trasmesso.**

E' stato creato un programma che ripulisce i file dai banchi in modo da ottenere un file solo con pacchetti completi di dati e che riaggiorna il numero di righe presenti nel pacchetto, dopo che vengono eliminate le righe incomplete.

### 3. Conclusioni e lavori futuri

Dopo 4 anni di progetto MFSTEP, avendo una buona quantita' di dati per fare delle statistiche, l'intento sarebbe quello di analizzare i file e fare una statistica di quante volte il float, una volta in superficie, riesce a collegarsi al satellite con successo completo (posizionamento e trasmissione dati), con successo parziale o senza successo e vedere se possa essere possibile

diminuire il tempo che lo strumento passa in superficie, diminuendo così il rischio di furti o collisioni.

Inoltre, considerando i dati di corrente fino ad ora disponibili, campionati con cicli di 5 giorni, si potrebbe provare a considerare solo i dati ogni 10 giorni e vedere se e quanto differiscono, infatti allungare il ciclo permetterebbe di risparmiare batterie e quindi di aumentare il tempo di vita dello strumento.

Essendo MFSTEP un progetto europeo, ad esso partecipano più soggetti, ognuno dei quali si impegna a finanziare e gestire più float, ma ad oggi le caratteristiche di campionamento non sempre risultano essere omogenee, per questo questi studi vorrebbero portare ad un'unificazione future delle specifiche per l'utilizzo dei float.

#### 4. Referenze

- Pizzigalli, C. and Rupolo, V. : Simulations of ARGO profilers and of surface floating objects: applications in MFSTEP, *Ocean Sci.*, 3, 205–222, 2007.
- Poulain, P.-M, Barbanti R., J. Font, A. Cruzado, C. Millot, I. Gertman, A. Griffa, A. Molcard, V. Ruppolo, S. Le Bras and L. Petit de la Villeon, 2006. MedArgo : A profiling Float program in the Mediterranean. *Ocean Sci.*, 3, 379-395.
- Solari M., 2008. Sintesi del progetto Argo nel Mediterraneo. Rel.19/2008/OGA/10/SIRE, OGS, Trieste, Italia.
- Webb Research Corporation. User manual-APEX-SBE Profiler, 2004.
- Martec- User manual PROVOR CTS-3, 2005.