

Rapporti tecnici

INGV

Specifiche tecniche del progetto di potenziamento a mare del sistema di sorveglianza dell'area vulcanica dei Campi Flegrei

303



Direttore Responsabile

Stefano Gresta

Editorial Board

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)

Luigi Cucci (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM2)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Milena Moretti (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Antonio Guarnieri (INGV - BO)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (INGV - CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (INGV - PA)

Segreteria di Redazione

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Barbara Angioni

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

redazionecen@ingv.it

Rapporti tecnici INGV

SPECIFICHE TECNICHE DEL PROGETTO DI POTENZIAMENTO A MARE DEL SISTEMA DI SORVEGLIANZA DELL'AREA VULCANICA DEI CAMPI FLEGREI

Sergio Guardato, Giovanni Iannaccone

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano)

303

Indice

Introduzione.....	7
1. Specifiche tecniche.....	9
1.1 Struttura meda elastica/palo.....	9
1.2 Equipaggiamento dettagliato della parte fuori acqua della struttura meda elastica.....	10
1.3 Installazioni sulle parti emerse delle boe.....	11
1.3.1 Installazioni all'interno dei quadri di superficie.....	11
1.4 Equipaggiamento dettagliato del modulo sottomarino.....	11
2. Architettura di sistema.....	12
2.1 Moduli Sottomarini.....	13
2.2 Cavo sottomarino.....	14
2.3 Sistemi sulla parte emersa delle boe.....	14
2.4 Sistema di centro.....	15
3. Aspetti Funzionali.....	16
3.1 Diagrammi UCD.....	16
4. Prestazioni.....	22
5. Il software.....	23
5.1 Architettura del software di superficie.....	23
5.2 Architettura del software del modulo sottomarino.....	27
5.3 Architettura del software di terra.....	31
6. Formato per i files dei dati.....	32
6.1 File nel server di acquisizione.....	32
6.2 File nella CPU di acquisizione - Superficie.....	33
6.3 File nella CPU di acquisizione - Modulo sottomarino.....	33
6.4 Dettagli.....	33
7. Consumi energetici.....	36
Bibliografia.....	38

Introduzione

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia per lo svolgimento delle attività istituzionali condotte dalla Sezione di Napoli - Osservatorio Vesuviano, ha necessità di estendere in mare il sistema di sorveglianza dell'area vulcanica dei Campi Flegrei, sita in provincia di Napoli. Il sistema esistente, infatti, è costituito da varie reti di rilevamento di parametri geofisici e geochimici, tutte centralizzate presso la sede dell'Osservatorio, con punti stazione ubicati sulla terraferma. Solo una stazione sperimentale, denominata CUMAS (*Cabled Underwater Multidisciplinary Acquisition System*), è operativa nel Golfo di Pozzuoli a circa 2.4 km a sud del Rione Terra. (Per una descrizione dei sistemi di monitoraggio gestiti dall'Osservatorio Vesuviano si rimanda al sito www.ov.ingv.it).

Il progetto di potenziamento “*EMSO-MedIT: Potenziamento delle infrastrutture multidisciplinari di ricerca marina in Sicilia, Campania e Puglia quale contributo alla ESFRI EMSO*”, finanziato dal MIUR, ha fornito le risorse per realizzare un sistema di monitoraggio permanente anche nella parte sommersa dei Campi Flegrei.

Il presente rapporto tecnico descrive questo sistema di monitoraggio marino costiero per dati geofisici da fondo mare, da installare nel Golfo di Pozzuoli, che prevede l'acquisizione in continuo e la relativa trasmissione dei dati in tempo reale verso la sala di sorveglianza sismica-vulcanica dell'Osservatorio. Esso sarà costituito da tre sistemi di acquisizione dati indipendenti ognuno composto da una boa (tipo meda elastica e/o a palo) connessa via cavo elettromeccanico (per l'energizzazione e la comunicazione) ad un modulo multi-parametrico posizionato sul fondo del mare, ad una distanza massima di venti metri dal corpo morto (costituente la zavorra a cui è ancorata la boa), ed equipaggiati con strumentazione elettronica di controllo e di rilevamento di parametri geofisici.

La Figura 1 riporta i siti, con la specifica delle coordinate e profondità, dove saranno posizionate le boe con i relativi moduli sottomarini.



Figura 1. Ubicazione dei tre sistemi di acquisizione dati.

Sito	Latitudine (N)	Longitudine (E)	Profondità (m)
A	40° 48,56'	14° 07,20'	40
B	40° 48,21'	14° 07,96'	75
C	40° 48,49'	14° 08,59'	40

La Figura 2 illustra schematicamente l'infrastruttura della meda elastica ed il modulo posizionato sul fondo marino connesso con un cavo alla testa della boa (essa è da intendersi puramente indicativa e non rispecchia le reali forme e dimensioni sia della boa che del modulo), sistema attualmente esistente nel Golfo di Pozzuoli e denominato CUMAS.

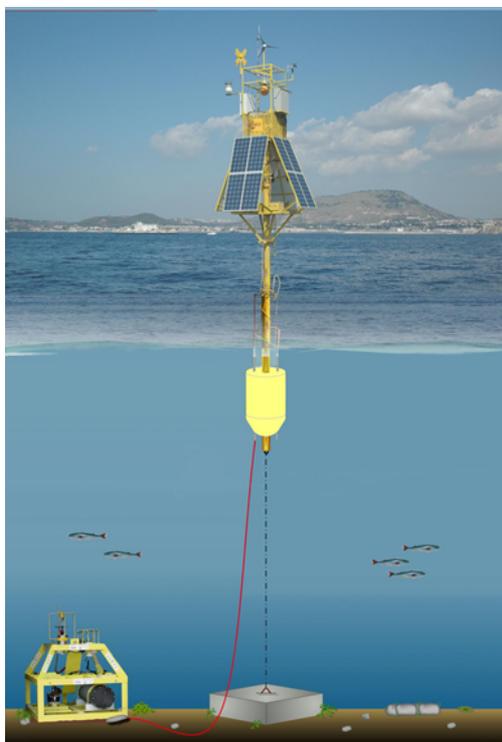


Figura 2. Sistema CUMAS (esistente).

Ciascuna boa è equipaggiata con:

- pannelli fotovoltaici e batterie per l'alimentazione (h24) della strumentazione fuori acqua e di quella installata sul fondale marino;
- casse a tenuta stagna contenenti le batterie per l'accumulo di energia elettrica e l'alimentazione globale del sistema;
- quadro a tenuta stagna con regolatori di carica per le batterie;
- quadro a tenuta stagna con sistema di trasmissione dati, apparecchiature elettroniche (CPU per il monitoraggio e controllo, DC/DC converters, switch e altri componenti);
- software per la gestione delle apparecchiature elettroniche e dei dati acquisiti;
- corpo morto in calcestruzzo.

Una sola delle tre boe (relativa al sito C di Figura 1) è equipaggiata anche con una stazione meteorologica ed una telecamera a colori controllabili da remoto.

Un cavo elettromeccanico, di lunghezza opportuna, viene utilizzato sia per la connessione del modulo sottomarino alla testa della rispettiva boa, sia per la relativa movimentazione, posa e recupero, nonché per l'alimentazione e la trasmissione dei dati. La lunghezza del cavo è tale da consentire il posizionamento del modulo ad una distanza dal corpo morto variabile tra i 10 e 20 m al massimo.

Ogni modulo sottomarino è costituito da un'opportuna struttura metallica ospitante un cilindro a tenuta stagna in titanio contenente strumentazione elettronica di controllo ed altra componentistica, cavi e connettori subacquei, con sensori e strumentazione scientifica indicati nella Tabella 1 che segue.

Dispositivo	Marca e modello
Acquisitore 6 canali	Kinematics, Quanterra Q330 ¹
Acquisitore 4 canali	Güralp, DM24S
Sismometro	Nanometrics, TrilliumCompact OBS
Idrofono 1	SensorTech, SQ03 ²
Idrofono 2	HTI, HTI04
Sensore di pressione di precisione	Paroscientific, 8CDP200-I ³
Accelerometro MEMS	Colibrys, SF3000L ⁴
Correntometro	Falmouth Sci., FSI-3DACM ⁵

Tabella 1. Lista sensori scientifici e acquisitori per ciascun modulo sottomarino.

Mentre i precedenti componenti sono installati su ogni modulo sottomarino, il correntometro è installato su uno solo dei tre moduli. Gli idrofoni, il sensore di pressione ed il correntometro sono integrati nella struttura metallica di ciascun modulo sottomarino in maniera tale che nessun tipo di ostacolo materiale ne eviti l'esposizione completa al flusso della corrente marina. Il sismometro è fissato sul fondo della stessa struttura di ciascun modulo in modo che esso risulti perfettamente solidale con il fondale marino.

1. Specifiche tecniche

Per le attività previste da questo progetto sono necessarie le installazioni di tre mede elastiche (una di tipo con cavo meccanico antitorsione per la profondità di 75m e due preferenzialmente a palo per le profondità di 40 m, come riportato in Figura 2) con altrettanti moduli sottomarini dove sono alloggiati i sensori. I moduli sono equipaggiati tutti con la stessa strumentazione (uno di questi è corredato anche da un correntometro puntuale) e differiscono solo per quel che concerne la diversa profondità di installazione, come indicato in fondo alla Figura 1.

Ogni sistema di acquisizione dati si compone dei seguenti elementi:

- una meda elastica o a palo;
- un modulo sottomarino, completo della strumentazione elettronica;
- un cavo di trasmissione elettromeccanico, completo di accessori.

Il tratto iniziale del cavo elettromeccanico, dalla parte del modulo sottomarino, è appesantito tramite zavorra (con pesi distribuiti lungo i primi metri del cavo stesso). Tale accorgimento viene adottato per fare in modo che il pezzo di cavo in prossimità del modulo, adagiandosi sul fondale marino, si interri allo scopo di ridurre eventuali vibrazioni indesiderate - dovute alle correnti marine - che possono propagarsi alla strumentazione scientifica installata sul modulo stesso alterandone il funzionamento.

Nel seguito vengono riportate le caratteristiche principali di ciascun componente.

1.1 Struttura meda elastica/palo

Si intende per “struttura meda elastica/palo” l’infrastruttura composta dalle seguenti parti:

- struttura composta da galleggiante sommerso e da sistemi di stabilizzazione, oltre alla struttura di segnalazione e alloggiamento dispositivi fuori acqua;

¹ Per una descrizione delle caratteristiche salienti si veda [Iannaccone, *et al*, 2010, 2009, 2008].

² [*ibidem*]

³ [*ibidem*]

⁴ [*ibidem*]

⁵ [*ibidem*]

- cavo meccanico antitorsione o palo di lunghezza adeguata alle diverse profondità;
- sistema di alimentazione:
 - batterie ricaricabili al Pb-Gel adatte per l'utilizzo con pannelli solari e di capacità complessiva pari a 500Ah;
 - pannelli fotovoltaici di capacità superiore a 400Wp@12VDC;
 - quadro elettrico contenente due regolatori di carica (capaci di gestire correnti di carica superiore a 40A e monitorabili/gestibili da remoto mediante interfaccia Ethernet dedicata) per la gestione ottimale delle batterie utilizzando la tecnica MPPT;
 - sistema di zavorra in cemento del peso di circa 18 tonnellate.

In particolare una meda elastica o a palo è composta da:

- una torretta calpestable (F.P. 7m), di forma tronco-piramidale, in acciaio protetto con verniciatura, sulla quale sono opportunamente installati i seguenti componenti:
 - sotto la base, mediante due portelloni ispezionabili a griglia e protetti con chiave, altrettanti *box* ermetici (con valvola pressoria di sicurezza) in acciaio protetto con verniciatura, ciascuno in grado di ospitare quattro batterie ricaricabili 12V@125Ah e installati di lato;
 - un supporto centrale sulla sommità della piramide per l'installazione del ricevitore GPS (geodesia);
 - un supporto a palo in acciaio sul quale è montata un'antenna omnidirezionale *Hyperlan* a 5.0GHz;
 - un riflettore/miraglio *radar*;
 - una lanterna marina con range di luminosità di 3-4NM;
 - i pannelli fotovoltaici per l'alimentazione globale del singolo sistema;
 - un quadro elettrico in box plastico con grado di protezione IP67 contenente strumentazione elettronica;
 - un quadro elettrico in box plastico con grado di protezione IP67 contenente i regolatori di carica ed il ponte radio;
- un palo, totalmente immerso in acqua marina, in acciaio protetto con verniciatura del diametro di 35cm circa;
- un galleggiante di spinta in polietilene, riempito con schiuma poliuretanic, installato ad un'opportuna profondità sotto il pelo d'acqua;
- un corpo morto costituito da un parallelepipedo di calcestruzzo armato di massa dell'ordine delle 20 tonnellate, a base quadrata, che poggia sul fondale marino.

Nei tre siti di installazione riportati in Figura 1 sono state effettuate delle indagini sulla natura del fondale marino che indicano la presenza di sedimenti compatti con topografia piatta. È stato pertanto calcolato che la zavorra potrà affondare nei sedimenti per non più di 10 cm.

1.2 Equipaggiamento dettagliato della parte fuori acqua della struttura meda elastica

Trasmissione Dati:

- dispositivo per la trasmissione dati *wireless* verso terra in tecnologia *Hyperlan* a 5.0GHz con funzionalità *bridge*, *access-point* ed interfaccia Ethernet;
- antenna omnidirezionale per la trasmissione dati con amplificazione di 12dB.

Sincronizzazione temporale:

- antenna GPS per modulo di acquisizione dati sismologico Kinometrics-Quanterra Q330;
- scheda con interfaccia elettronica per la trasmissione del dato GPS al modulo sottomarino.

Elettronica di controllo e accessori:

- sistema di monitoraggio e controllo composto da una CPU a basso consumo, con porta LAN a 10Mbps, i cui compiti sono:
 - acquisizione dei dati seriali forniti da un sensore di *heading* e *tilt* di precisione;
 - monitoraggio della tensione e delle correnti di assorbimento dei carichi;
 - comando *on/off*, attraverso degli attuatori, dei vari dispositivi;

- salvataggio locale dei dati acquisiti su SD-card;
- *switch* Ethernet 10/100 MBps con 6 porte a basso consumo e con alimentazione 10÷30 VDC e con possibilità di montaggio su barra tipo DIN;
- scheda elettronica con convertitore DC-DC *step-up* per le alimentazioni del modulo sottomarino che ricevono in ingresso l'alimentazione a 12VDC fornita dagli accumulatori e forniscono in uscita una tensione di 48V, supportando carichi con consumi sino a 25W;
- interruttore generale di tipo magnetico differenziale auto ripristinante per i carichi alimentati in corrente continua;
- relè di comando per l'accensione e lo spegnimento del modulo sottomarino;
- contenitore a tenuta stagna ospitante tutti i dispositivi elencati escluse le parti esterne quali, l'antenna per la trasmissione dati *wireless* e l'antenna GPS;
- stazione meteo (su di una sola meda) completa di sensori.

1.3 Installazioni sulle parti emerse delle boe

I componenti/dispositivi installati sulla parte emersa delle boe sono:

- due quadri di superficie, uno contenente l'elettronica di acquisizione e controllo (Quadro Elettronico), l'altro contenente i regolatori di carica per le batterie ed il ponte radio (Quadro Elettrico);
- antenna WLAN, antenne GPS (sincronizzazione temporale e geodetica), bussola elettronica;
- stazione meteo (per una sola installazione);
- telecamera (per una sola installazione);
- cavo elettromeccanico sottomarino che risale in superficie per arrivare fino all'interno del quadro contenente l'elettronica di acquisizione e controllo (Quadro Elettronico).

I paragrafi seguenti descrivono i dispositivi installati con le relative interfacce elettriche.

1.3.1 Installazioni all'interno dei quadri di superficie

I quadri (elettrico ed elettronico) di superficie, di dimensioni opportune, sono fissati a parete sopra la torretta della meda.

Dal quadro elettrico escono verso l'esterno i seguenti cavi:

- cavo coassiale dell'antenna attiva per Wi-Fi;
- cavo di antenna per GPS (geodesia⁶);
- cavo Ethernet in uscita dall'apparato WLAN;
- cavo di alimentazione per l'intero sistema (parti emerse e modulo sottomarino);
- cavi di collegamento alle batterie;
- cavi di collegamento ai pannelli fotovoltaici.

Dal quadro elettronico, invece, escono verso l'esterno i seguenti cavi:

- cavo Ethernet da verso il modulo sottomarino;
- cavo di alimentazione verso il modulo sottomarino;
- cavo trasportante i segnali seriali differenziali di sincronizzazione GPS da e verso il modulo sottomarino;

che sono riuniti nel singolo cavo sottomarino che esce dal quadro elettronico ed è terminato con un connettore femmina subacqueo a sedici vie.

1.4 Equipaggiamento dettagliato del modulo sottomarino

Il modulo sottomarino è costituito da una struttura in acciaio AISI-316L rivestito di vernice protettiva, realizzata in profilati aperti e completa di parti in plastica e PTFE, che costituisce il supporto della strumentazione e la base di appoggio al fondale marino. All'interno della struttura sono alloggiati vari strumenti in acqua (sensori geofisici ed oceanografici) ed un cilindro in titanio ospitante i sistemi di acquisizione dati e vari componenti elettronici che saranno successivamente elencati. La struttura è inoltre dotata di opportuni punti di sollevamento e movimentazione, utilizzabili sia nella fase di trasporto a terra che per l'installazione

⁶ Per una descrizione dettagliata dell'utilizzo di un ricevitore GPS per la geodesia su di una meda elastica si veda [De Martino, *et al.*, 2014, 2012].

a mare.

Le caratteristiche principali della struttura sono:

- lato base: 1.1 m;
- altezza: 0.9 m;
- massa totale: <100 kg;
- peso in acqua: 800 N.

Sulla struttura metallica sono installati i seguenti sensori:

- sismometro OBS a larga banda;
- sensore di pressione Paroscientific;
- correntometro (per un solo modulo sottomarino);
- due idrofoni a bassa frequenza.

All'interno della struttura metallica trova posto un cilindro in titanio delle dimensioni adatte ad ospitare i seguenti dispositivi:

- piastra per l'alloggiamento dei dispositivi elettronici in materiale plastico;
- *switch* Ethernet 10/100 MBps a basso consumo ed alimentato a 12VDC;
- CPU di controllo a basso consumo con quattro porte DI/DO, quattro porte seriali di tipo RS232/RS422/RS485, una porta LAN ed un supporto di memoria da 16GB su scheda SD;
- una scheda ricevitore GPS con interfaccia RS422/485 a basso consumo;
- una scheda di alimentazione con convertitore DC-DC;
- un sensore di *tilt/heading* di precisione;
- una scheda elettronica per il monitoraggio dello stato di tensione e corrente assorbite dal modulo e per la gestione ed il monitoraggio di parametri diagnostici e di assetto;
- acquisitore Kinematics-Quanterra Q330;
- acquisitore Güralp DM24S.

Il collegamento tra la parte in superficie della meda ed il modulo sottomarino avviene mediante un opportuno cavo elettromeccanico formato da otto coppie di fili e terminato, alle due estremità, con una coppia di connettori subacquei a sedici vie. Il cavo possiede un'anima centrale in aramide ed è rivestito di materiale plastico. La lunghezza (determinata dalla distanza del punto di connessione della catena di ormeggio al quadro elettronico di superficie sulla parte emersa della relativa boa) è variabile con la profondità dei relativi moduli sottomarini.

Le caratteristiche del cavo sono le seguenti:

- diametro esterno: 23.0 mm;
- carico di rottura CR: 800 kg = 7560 N;
- massa lineare: 0.407 kg/m;
- peso in acqua lineare: 0.662 N/m;
- elemento di appesantimento.

2. Architettura di sistema

I sistemi descritti sono connessi in un'architettura "in linea" che può essere schematizzata come in Figura 3, dove sono riportati i principali sottosistemi (N.B. La stessa struttura è ripetuta e riprodotta per tre esemplari):

- modulo sottomarino;
- cavo elettromeccanico;
- sistema di superficie;
- sistema di "centro".

Nei paragrafi che seguono ogni sottosistema viene dettagliato nei suoi componenti ed interfacce principali.

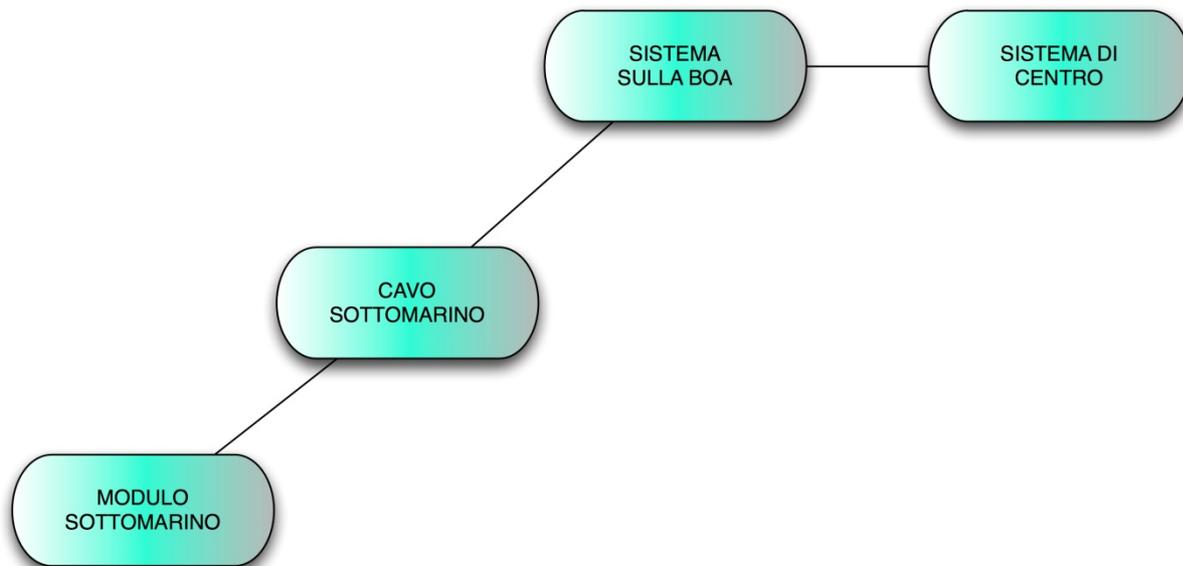


Figura 3. Connessione “in linea” dei sottosistemi.

2.1 Moduli Sottomarini

I moduli sottomarini sono tutti e tre costituiti da:

- una struttura meccanica di supporto (telaio a *frame* aperto);
- un contenitore cilindrico a tenuta stagna (*vessel*) per le parti elettriche/elettroniche che includono:
- un sistema elettronico con il relativo software di gestione strumenti, controllo e comunicazione;
- i seguenti sensori diagnostici:
 - sensore di *heading*, *tilt X* e *tilt Y*;
 - sensore di tensione di alimentazione e correnti di assorbimento;
 - sensore di temperatura e pressione interne al *vessel*;
 - sensore di intrusione acqua nel *vessel*.

Le interfacce del sistema verso il cavo sono:

- un'interfaccia di connessione meccanica al cavo in modo da poterla usare per l'installazione ed il successivo recupero del modulo sottomarino;
- una interfaccia elettrica che include:
 - la linea di alimentazione elettrica dalla parte emersa della relativa boa;
 - la linea di comunicazione dati bidirezionale (Ethernet) con il sistema installato sulla parte emersa della relativa boa;
 - la linea seriale per ricevere il dato GPS acquisito da un ricevitore GPS installato sulla parte emersa della relativa boa.

Ciascun modulo è dotato di opportuni sistemi di protezione passivi (anodi sacrificali) da effetti di correnti galvaniche.

L'architettura sopra descritta è ben rappresentata in Figura 4.

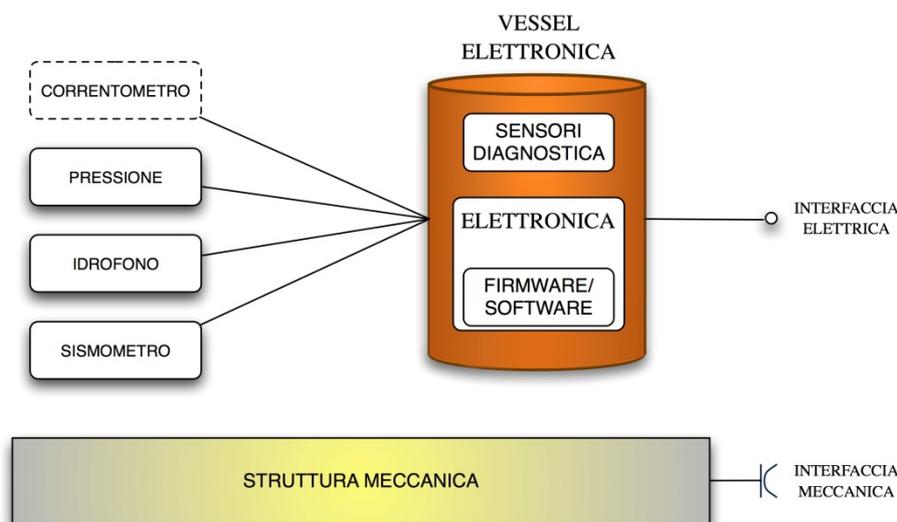


Figura 4. Le interfacce dei sistemi sottomarini.

2.2 Cavo sottomarino

Il cavo è un sistema elettro-meccanico costituito da:

- un cavo elettrico sottomarino formato da due doppi di alimentazione, due doppi per la trasmissione dati su Ethernet (Cat. 5), e quattro doppi per la trasmissione dei dati digitali (per la sincronizzazione temporale del modulo sottomarino con il ricevitore GPS installato sulla parte emersa della boa);
- un'armatura meccanica interna al cavo elettrico che permette di ottenere un sistema elettro-meccanico idoneo per installare/recuperare il modulo sottomarino e per poter resistere alle possibili sollecitazioni meccaniche indotte da fenomeni di onde e maree.

Il cavo elettromeccanico sottomarino è vincolato alla parte alta del palo costituente la struttura della meda elastica in maniera tale da evitare movimenti reciproci. Inoltre, la parte adagiata sul fondale marino, e più vicina al modulo, è stata opportunamente appesantita per facilitare il suo interrimento sul fondale.

Le interfacce del sistema cavo sono:

- interfaccia di connessione meccanica con il modulo sottomarino;
- interfaccia di connessione meccanica con la parte emersa della relativa boa;
- interfaccia di connessione elettrica (alimentazione, dati, GPS) con il modulo sottomarino;
- interfaccia di connessione elettrica (alimentazione, dati, GPS) con il sistema installato sulla parte emersa della relativa boa.

2.3 Sistemi sulla parte emersa delle boe

Il sistema installato sulla parte emersa della relativa boa è rappresentato in Figura 5 dove sono identificabili i seguenti componenti:

- una flangia che vincola meccanicamente il cavo diretto al modulo sottomarino;
- un *rack* 19" (quadro elettronico) che integra un sistema elettronico comprendente:
 - parti di condizionamento dell'alimentazione elettrica;
 - un sistema a microprocessore;
 - un sistema di adattamento delle interfacce di comunicazione;
 - un software di comando degli attuatori e di acquisizione dei sensori diagnostici costituiti da:
 - sensore di *heading*, *tilt X* e *tilt Y*;
 - temperatura interna al quadro elettronico;
 - sensori di misura della tensione di alimentazione e della corrente fornita in ingresso al cavo;
 - una scheda con ricevitore GPS per la sincronizzazione e marcatura temporale di tutti i dati prodotti dalla strumentazione scientifica;

- una scheda *switch* con attuatori per l'attivazione e lo spegnimento dei carichi.

Le interfacce di tale sistema sono:

- l'interfaccia meccanica per fissare l'armatura del cavo sottomarino;
- l'interfaccia elettrica (alimentazione, dati, GPS) con il cavo sottomarino;
- l'interfaccia con un sistema di alimentazione elettrica (quadro elettrico) installato sulla parte emersa della relativa boa;
- l'interfaccia con il sistema di comunicazione WLAN per la connessione dati con il centro a terra.

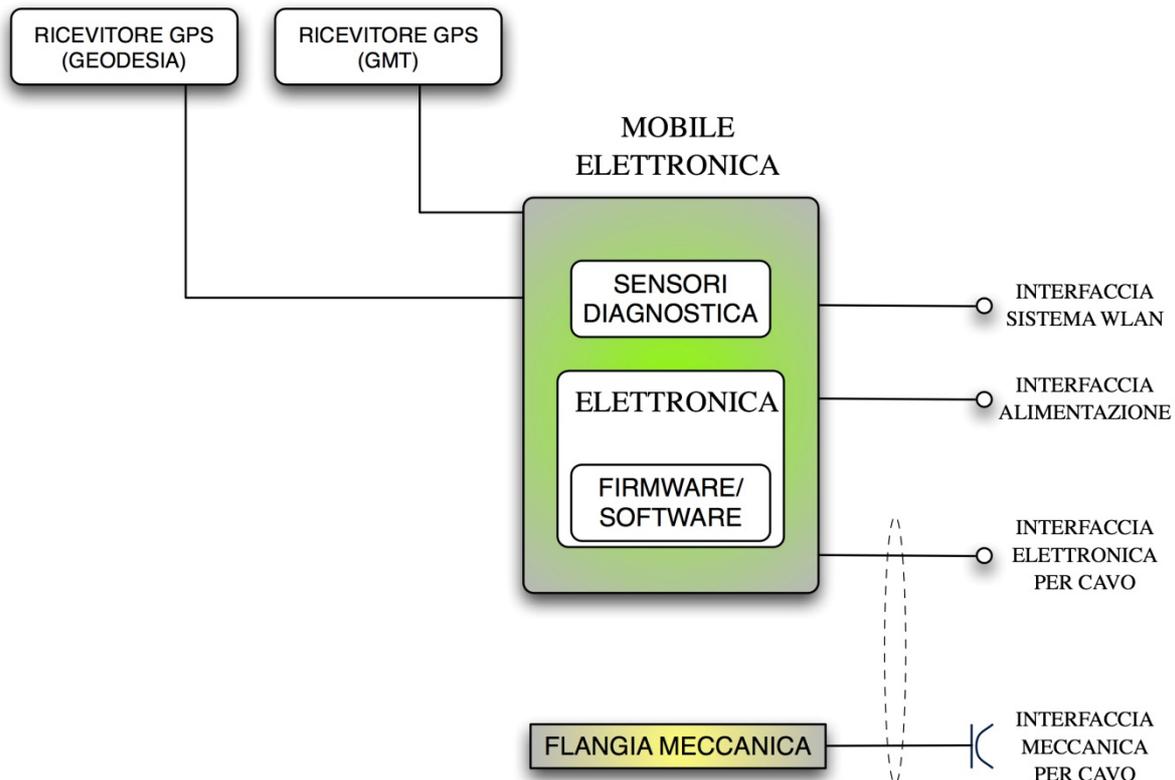


Figura 5. Architettura del sistema di superficie.

2.4 Sistema di centro

Il sistema di centro, rappresentato in Figura 6, comprende un computer (*server*) sul quale risiede un'applicazione dedicata per la ricezione dati, la loro visualizzazione ed il loro salvataggio. Il *server* è dotato di un'interfaccia di rete che permette la connettività con i vari sistemi. Questo è installato presso la sala di monitoraggio dell'Osservatorio Vesuviano di Napoli.

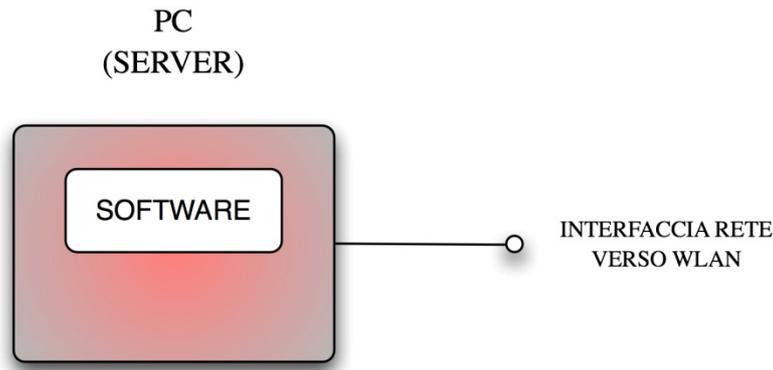


Figura 6. Architettura del sistema di Centro.

3. Aspetti Funzionali

In questo paragrafo vengono identificate, classificate e descritte le funzionalità dei sistemi, ossia viene fornita una rappresentazione dettagliata di ciò che sono in grado di eseguire i sistemi nei confronti dei loro “attori”, i quali sono sostanzialmente elementi esterni ai sistemi stessi (p.e. altri sistemi, utenti, l’ambiente, etc.) che sono soggetti od oggetti delle funzionalità dei sistemi.

Al fine di dare una rappresentazione chiara ed immediata, sono utilizzati degli *use case diagram* (UCD, diagrammi dei casi d’uso) nei quali i sistemi sono rappresentati da un rettangolo che include le funzionalità, indicate con ellissi, e gli attori sono elementi esterni al rettangolo che “usano” in forma attiva o passiva le funzionalità messe a disposizione dai sistemi.

3.1 Diagrammi UCD

Il diagramma UCD con le macro funzionalità è rappresentato in Figura 7 dove gli attori sono:

- il fondale marino, che è l’ambiente oggetto del monitoraggio;
- il tempo che comanda l’esecuzione di *task* periodici del sistema;
- l’utente generico che ottiene dati scientifici e diagnostici del sistema e può controllarlo e configurarlo da remoto.

Le macro funzionalità, che saranno esplose in funzionalità più dettagliate nei paragrafi successivi, sono:

- A) acquisizione dei dati geofisici ed oceanografici (tale macro funzionalità include tutte le funzioni del sistema relative alla misura delle grandezze geofisiche ed oceanografiche del fondale marino fino alla gestione e visualizzazione del dato all’utente);
- B) diagnostica del sistema (essa è l’insieme delle funzionalità di auto-verifica del sistema);
- C) trasferimento dei dati scientifici e diagnostici in superficie (tale macro funzionalità include tutte quelle che consentono il corretto trasferimento di tutte le tipologie di dati dai sensori fino all’utente);
- D) controllo e configurazione da remoto del sistema (essa è l’insieme delle funzionalità che permettono all’utente, dal *software* di centro a terra o dal sottosistema installato sulla parte emersa della relativa boa, di controllare lo stato del sistema e variarne le modalità di funzionamento.)

Nei paragrafi seguenti sono dettagliate, codificate e descritte tutte le funzionalità di ogni macro funzionalità e per ognuna di esse viene descritto lo scenario base, ossia come il sistema la esegue in condizioni normali (cioè senza anomalie, errori di comunicazione, etc.).

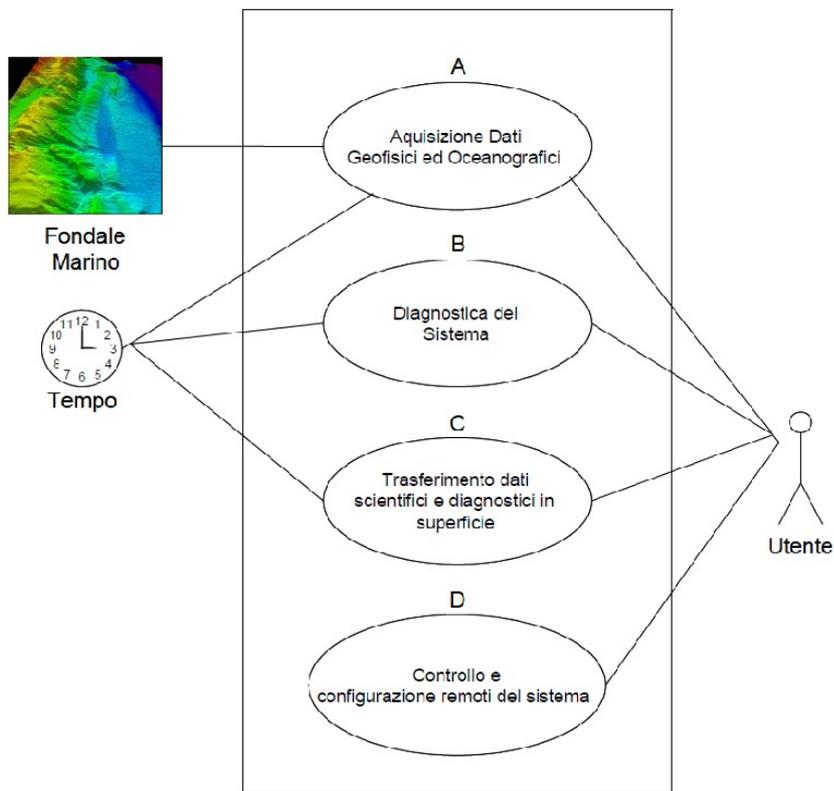


Figura 7. Macro funzionalità dei sistemi.

Macro funzionalità 'A'

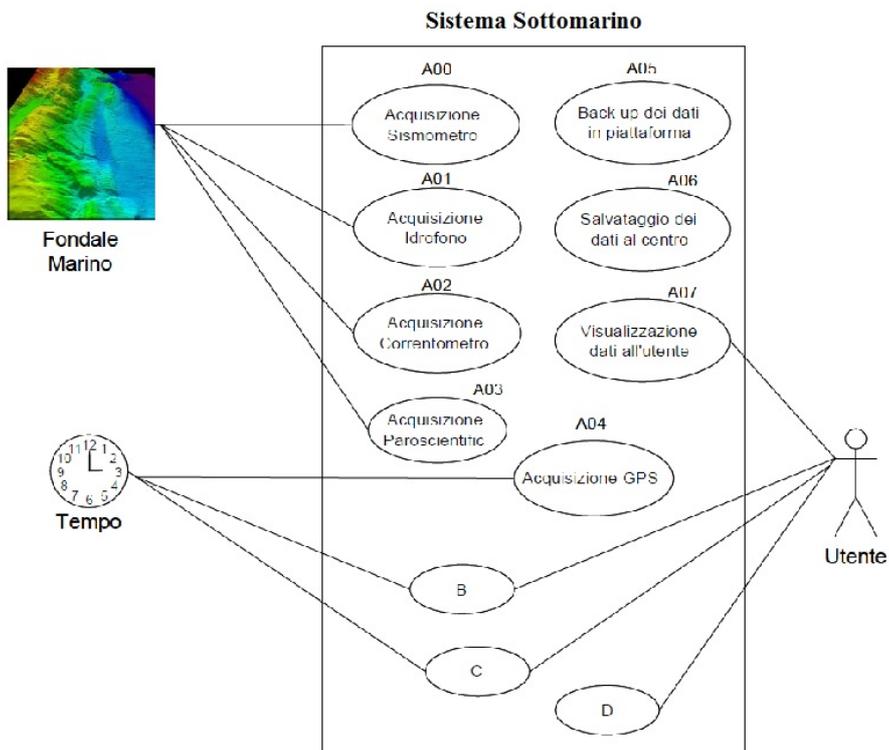


Figura 8. Macro funzionalità 'A'.

A00	Acquisizione dati del sismometro
Scenario Base	Il sismometro a larga banda a 3 componenti con uscite analogiche è acquisito dal digitalizzatore Q330 a 100sps per ogni componente con una risoluzione di 24bit. I dati sono formattati in pacchetti MSEED con marcatura temporale GMT fornita dal GPS in superficie e, tramite protocolli della famiglia UDP, inviati verso il <i>server</i> a terra.
A01	Acquisizione dati dagli idrofoni
Scenario Base	Due differenti idrofoni, con uscita analogica singola bilanciata/sbilanciata, sono acquisiti dal digitalizzatore Q330 a 200sps con una risoluzione di 24bit. I dati sono formattati in pacchetti MSEED con marcatura temporale GMT fornita dal GPS in superficie e, tramite protocolli della famiglia UDP, inviati verso il <i>server</i> a terra.
A02	Acquisizione dati dal correntometro (<i>N.B.: per uno solo dei tre moduli sottomarini</i>)
Scenario Base	Un correntometro puntuale con uscita digitale su porta seriale RS-232 è acquisito da un'interfaccia della CPU del modulo sottomarino con cadenza di due campioni al secondo. I dati sono formattati in pacchetti con marcatura temporale GMT fornita dal GPS e tramite protocolli della famiglia TCP/IP inviati verso il <i>server</i> a terra.
A03	Acquisizione dati dal sensore di pressione
Scenario Base	Un sensore di pressione assoluta di precisione, con uscita seriale del tipo RS232/RS485, fornisce temperatura e pressione con cadenza di <i>default</i> di un campione ogni 10 secondi (tale parametro può essere configurato dall'utente); esso è collegato ad una porta seriale della CPU del modulo sottomarino. I dati sono formattati in pacchetti con marcatura temporale GMT fornita dal GPS e tramite protocolli della famiglia TCP/IP inviati verso il <i>server</i> a terra.
A04	Acquisizione dati GPS
Scenario Base	Un ricevitore GPS, installato sulla parte emersa della boa, fornisce il tempo assoluto GMT e mantiene sincronizzate la CPU del sistema sulla boa con la CPU del modulo sottomarino e gli acquisitori. In caso di assenza del dato GPS per un periodo superiore al minuto viene generato un segnale di allarme da parte della CPU che lo identifica. Tale allarme è registrato su opportuno file di <i>log</i> .
A05	<i>Backup</i> dei dati sulla parte emersa della boa
Scenario Base	I dati forniti dai sensori scientifici del modulo sottomarino sono salvati su memoria di massa del sistema installato sulla parte emersa della boa. Tale memoria di massa costituisce il <i>backup</i> in caso di assenza del <i>link</i> di comunicazione boa-terra.
A06	Salvataggio dei dati al centro di monitoraggio
Scenario Base	I dati forniti dai sensori scientifici del modulo sottomarino sono salvati su memoria di massa del <i>server</i> presso il centro di acquisizione.
A07	Visualizzazione dati all'utente
Scenario Base	I dati forniti dai sensori scientifici del modulo sottomarino sono disponibili su un <i>socket</i> software per essere visualizzati (ed eventualmente processati) in tempo reale da un'applicazione <i>client</i> dedicata installata sul <i>server</i> presso il centro di acquisizione.

Macro funzionalità 'B'

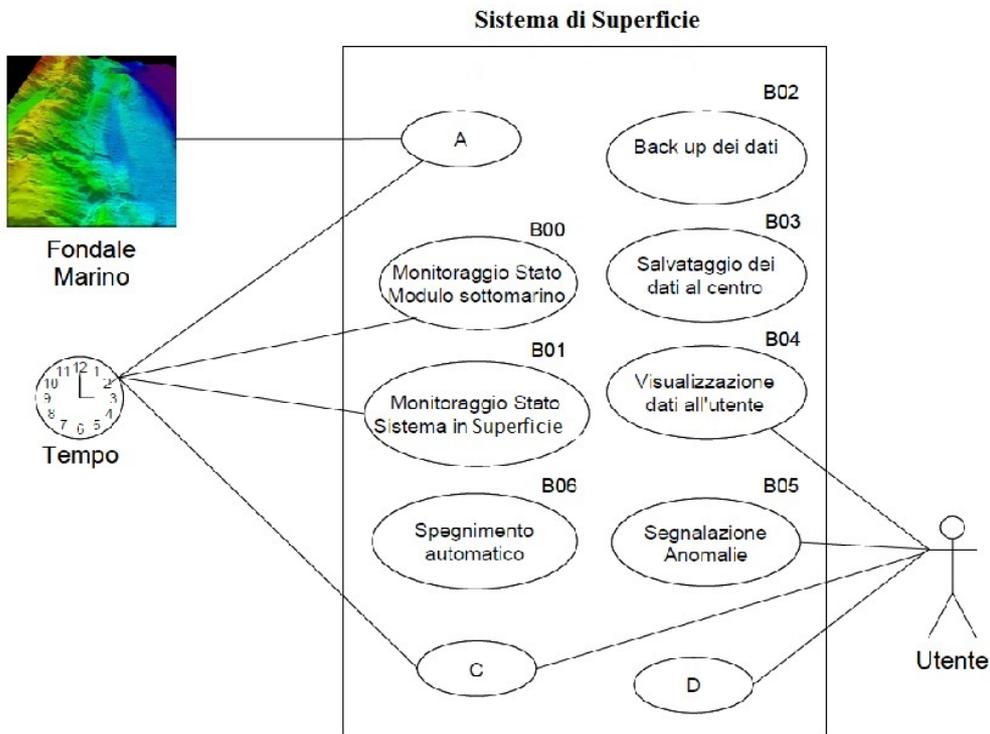


Figura 9. Macro funzionalità 'B'.

B00	Monitoraggio dello stato del modulo sottomarino
Scenario Base	I dati relativi alle misure della tensione di alimentazione, corrente di assorbimento, pressione e temperatura interne al <i>vessel</i> , <i>heading</i> e <i>tilt</i> , e sensore intrusione acqua nel <i>vessel</i> sono acquisiti una volta al secondo, marcati temporalmente e inviati tramite protocollo della famiglia TCP/IP verso il <i>server</i> di centro.
B01	Monitoraggio dello stato del sistema di superficie (parte emersa delle boe)
Scenario Base	I dati relativi alle misure della tensione di alimentazione e corrente fornite, temperatura interna al mobile, <i>heading</i> e <i>tilt</i> della boa, e latitudine/longitudine sono acquisiti una volta al secondo, marcati temporalmente e inviati tramite protocollo della famiglia TCP/IP verso il <i>server</i> di centro.
B02	<i>Backup</i> dei dati del sistema di superficie (parte emersa delle boe)
Scenario Base	I dati forniti dai sensori di stato del modulo sottomarino e del sistema in superficie sono salvati su memoria di massa separate del sistema in superficie. Tale memoria di massa costituisce il <i>backup</i> in caso di assenza del <i>link</i> di comunicazione tra parte emersa delle boe e terra.
B03	Salvataggio dei dati al centro
Scenario Base	I dati forniti dai sensori di stato del modulo sottomarino e del sistema di superficie sono salvati su memoria di massa del <i>server</i> di centro.
B04	Visualizzazione dei dati all'utente
Scenario Base	I dati di stato, forniti dal modulo sottomarino e dal sistema in superficie, sono resi disponibili su <i>socket</i> nel <i>server</i> a terra per poter essere visualizzati in tempo reale da un'applicazione dedicata.

B05	Segnalazione anomalie
Scenario Base	<p>Le CPU del modulo sottomarino e quella del sistema in superficie confrontano i dati forniti dai sensori di stato con le soglie predefinite al fine di segnalare in tempo reale eventuali anomalie del tipo:</p> <ul style="list-style-type: none"> tensione o corrente fuori intervallo di funzionamento normale; temperatura fuori intervallo di funzionamento normale; intrusione acqua nel <i>vessel</i>; <i>tilt</i> fuori intervallo di funzionamento normale. <p>Le anomalie sono segnalate con specifici messaggi su <i>file</i> di <i>log</i>, mentre l'eventuale intrusione acqua nel vessel dell'elettronica comporterà l'apertura dell'interruttore generale presente sulla superficie della relativa boa e, conseguentemente, lo spegnimento automatico dell'intero modulo sottomarino (vedi B06).</p> <p>Questa procedura di allarme attiva un sistema di generazione automatica di e-mail di <i>alerts</i> inviate ad uno specifico gruppo di utenti dedicato.</p>

B06	Spegnimento automatico
Scenario Base	<p>In caso di eccessivo assorbimento di corrente da parte del sistema sottomarino (chiaro sintomo di probabile intrusione d'acqua, oppure di rottura del cavo o, infine, di danneggiamento di altre parti elettroniche), il sistema in superficie autonomamente a togliere l'alimentazione al modulo sottomarino appena dopo aver intrapreso le azioni previste nello scenario di B05.</p>

Macro funzionalità 'C'

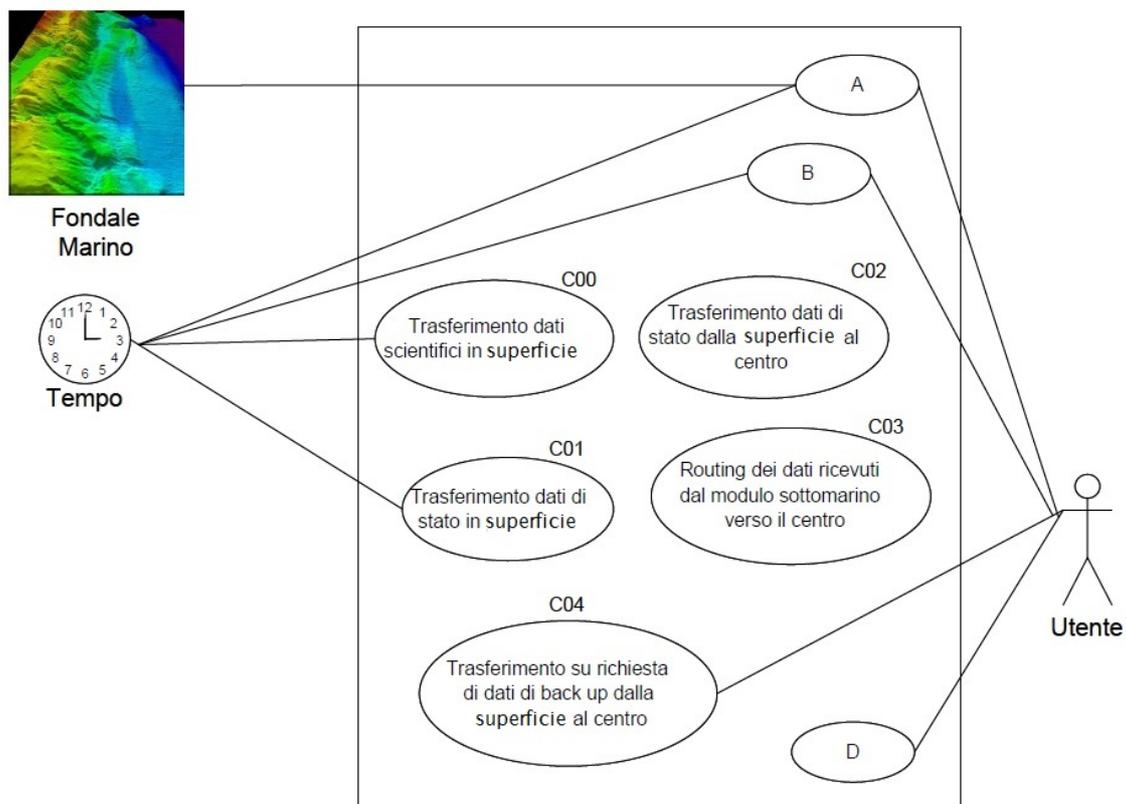


Figura 10. Macro funzionalità 'C'.

C00	Trasferimento dei dati scientifici al sistema di superficie
Scenario Base	Tutti i dati scientifici acquisiti dal modulo sottomarino sono trasferiti al sistema in superficie (parte emersa delle boe) attraverso il cavo, mediante protocollo di comunicazione TCP/IP.
C01	Trasferimento dati di stato al sistema di superficie
Scenario Base	Tutti i dati di stato acquisiti dal modulo sottomarino sono trasferiti nel sistema di superficie attraverso il cavo, mediante protocollo di comunicazione TCP/IP.
C02	Trasferimento dati di stato dal sistema di superficie al centro di acquisizione
Scenario Base	Tutti i dati di stato acquisiti dal sistema in superficie sono trasferiti al centro di acquisizione via comunicazione mediante WLAN.
C03	<i>Routing</i> dei dati ricevuti dal modulo sottomarino verso il centro di acquisizione
Scenario Base	Tutti i dati scientifici e di stato forniti dal modulo sottomarino al sistema in superficie sono ridiretti verso il <i>server</i> a terra attraverso la comunicazione WLAN.
C04	Trasferimento su richiesta dei dati di <i>backup</i> dal sistema di superficie (parte emersa delle boe) al centro di acquisizione.
Scenario Base	I dati (scientifici e di stato) di un periodo passato, non disponibili nel <i>server</i> del centro di acquisizione per momentanea assenza della comunicazione WLAN, possono essere richiesti dall'utente alla CPU del sistema di superficie (parte emersa delle boe) e trasferiti al <i>server</i> a terra.

Macro funzionalità 'D'

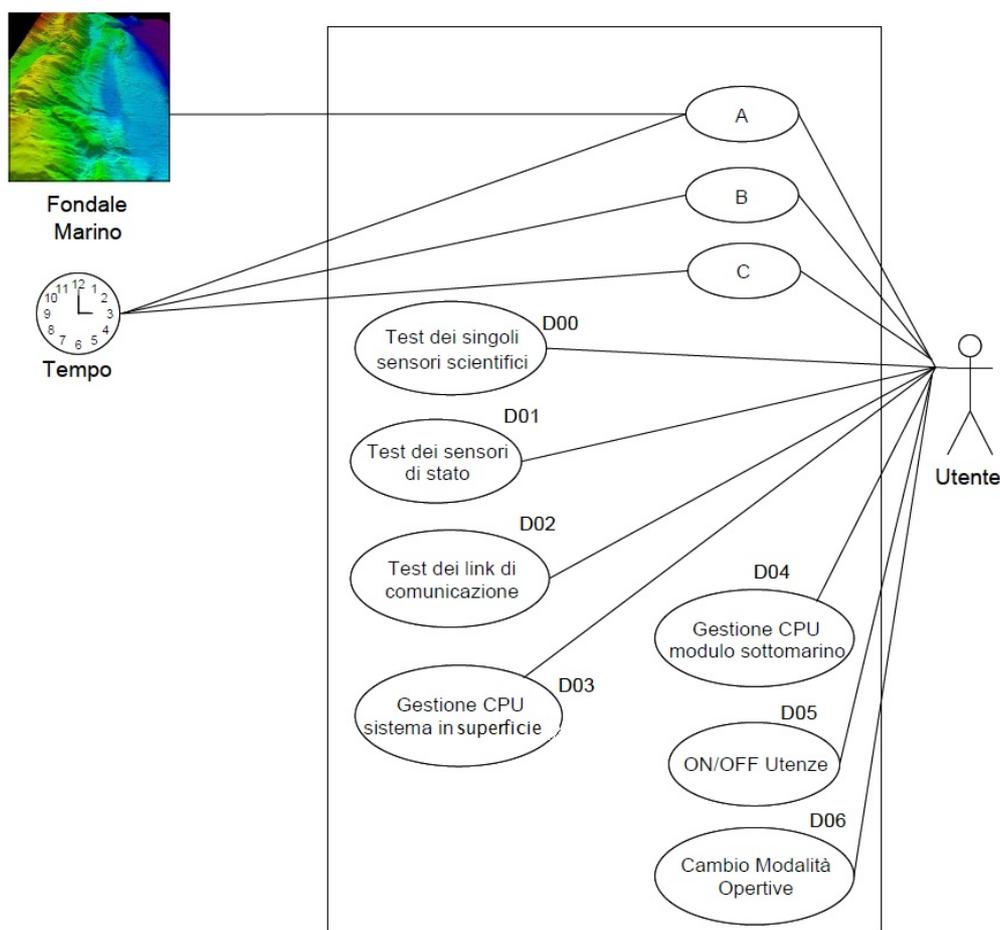


Figura 11. Macro funzionalità 'D'.

D00	Test dei singoli sensori scientifici
Scenario Base	Nella modalità di TEST del sistema è possibile verificare il corretto funzionamento e lo stato di ciascun sensore scientifico.
D01	Test dei sensori di stato
Scenario Base	Nella modalità di TEST del sistema è possibile verificare il corretto funzionamento di ciascun sensore di stato del modulo sottomarino e del sistema in superficie.
D02	Test dei <i>link</i> di comunicazione
Scenario Base	Dal <i>server</i> del centro di acquisizione e dal sistema in superficie sarà possibile verificare il corretto funzionamento dei <i>link</i> di comunicazione via cavo sottomarino e via rete WLAN.
D03	Gestione della CPU del sistema in superficie
Scenario Base	Dal <i>server</i> del centro di acquisizione e dal sistema in superficie sarà possibile gestire la CPU del sistema di superficie per la pulizia della memoria di massa e per le eventuali modifiche da apportare al software.
D04	Gestione della CPU del modulo sottomarino
Scenario Base	Dal <i>server</i> del centro di acquisizione e dal sistema in superficie sarà possibile gestire la CPU del modulo sottomarino per mantenerne il relativo software installato e per modificare alcuni parametri di configurazione relativi alla modalità operativa ACQUISIZIONE (es. il periodo di acquisizione del sensore di pressione).
D05	ON/OFF utenze
Scenario Base	Dal <i>server</i> del centro di acquisizione e dal sistema in superficie sarà possibile spegnere le utenze individualmente (sensori e CPU stesse) oppure disabilitare alcuni sensori dall'acquisizione automatica prevista nella modalità operativa ACQUISIZIONE.
D06	Cambio delle modalità operative
Scenario Base	Dal <i>server</i> del centro di acquisizione e dal sistema in superficie sarà possibile cambiare le modalità operative dei due sistemi. Queste sono: <ul style="list-style-type: none"> • modalità TEST, in cui il sistema presenta tutte le utenze spente ed i processi di acquisizione non sono attivi (in tale modalità il sistema esegue solo comandi inviati dall'utente); • modalità ACQUISIZIONE, in cui il sistema gestisce l'acquisizione dei sensori abilitati a poterlo fare, invia i dati verso il <i>server</i> del centro di acquisizione ed esegue comandi ricevuti dall'utente.

4. Prestazioni

Le prestazioni del sistema sono tali da fornire tutte le misure scientifiche effettuate dai relativi strumenti con la precisione e la risoluzione indicate nei corrispondenti fogli tecnici delle specifiche fornite dai fornitori. In particolare, le misure dei parametri di stato saranno caratterizzate dai seguenti intervalli di misura e precisioni:

Parametro	Intervallo di misura	Precisione
<i>tilt</i>	[-45, +45] deg	0.1 deg
<i>heading</i>	[0, 360] deg	1 deg
tensione di alimentazione	[35, 55] V	20 mV
corrente di alimentazione	[0, 2] A	2 mA
pressione interna al <i>vessel</i>	[150, 1150] hPa	1 hPa
temperatura interna al <i>vessel</i>	[0, 70] °C	0.1 °C

Tenendo conto della mole dei dati forniti dai sensori e della tipologia di protocolli utilizzati, al fine di ottenere un trasferimento a terra in tempo reale dei dati acquisiti, è necessario che i segmenti di comunicazione in gioco (via cavo e *wireless*) forniscano un canale con una capacità di almeno 50÷100 kbps. Le tecnologie impiegate consentono di fornire un canale di comunicazione con capacità superiore di circa 10Mbps, ampiamente soddisfacenti per ricoprire le specifiche richieste.

Una rapida analisi di affidabilità del sistema permette di identificare nel cavo elettromeccanico l'elemento più critico. Infatti, esso sarà soggetto a movimenti indotti dalla dinamica della parte emersa delle boe e dei fenomeni di onda e marea della massa d'acqua in cui è immerso. Sebbene in fase di specifica del cavo siano state considerate le condizioni meteo marine più violente, fenomeni di fatica si faranno sentire soprattutto sui doppietti elettrici provocando una riduzione della vita operativa del cavo rispetto ad un suo utilizzo normale in condizioni orizzontali o verticali statiche. Nella fase di progettazione è stato considerato un cavo adatto alla tipologia di applicazione e sono state adottate geometrie mirate a minimizzare lo *stress* meccanico sul cavo stesso. Inoltre, in fase di installazione saranno evitate tutte quelle situazioni operative che possano portare ad attorcigliamenti del cavo o a suoi sfregamenti con il cavo meccanico tirante di ancoraggio del galleggiante al corpo morto sul fondale marino.

5. Il software

In questo paragrafo saranno descritte le architetture dei software installati a bordo della CPU di superficie sulla boa, della CPU del modulo sottomarino e nel *server* del centro di acquisizione a terra.

Per ogni unità vengono identificati i *task* e le strutture dei dati coinvolte.

Il paragrafo si articola nei seguenti paragrafi:

- **architettura del software di superficie**
che illustra le azioni eseguite dal software nella CPU di superficie sulla boa e le strutture dei dati diagnostici coinvolte;
- **architettura del software del modulo sottomarino**
che descrive i principali *task* del software nella CPU del modulo sottomarino e le strutture dei dati degli strumenti e dei sensori di diagnostica coinvolte;
- **architettura del software di acquisizione a terra**
in cui si descrive il flusso delle operazioni utente.

5.1 Architettura del software di superficie

Il software del quadro di superficie è stato sviluppato su piattaforma hardware dotata di processore con architettura RISC Intel XScale con clock di 266MHz, e con sistema operativo Linux *embedded* preinstallato. I sorgenti sono stati sviluppati in linguaggio C/GNU. Un'applicazione software esegue il flusso di istruzioni indicato nei diagrammi delle Figure 12 e 13 visibili alle pagine seguenti. Sostanzialmente, dopo alcune operazioni di inizializzazione consistenti in:

- lettura di un file di configurazione;
- accensione degli strumenti abilitati all'acquisizione;
- apertura di un *socket* TCP/IP non bloccante con l'applicazione *server* nel computer a terra;
- sincronizzazione del tempo della CPU con quello del GPS;
- attivazione del *watchdog* della CPU;

il codice attiva un *timer* che allo scadere del secondo determina l'esecuzione delle istruzioni di:

- acquisizione dei dati dai sensori abilitati;
- salvataggio dei dati in un singolo file orario (YYMMDDHH.TOP) in formato testo con i valori su linee separati da un carattere TAB e terminati con i caratteri <CR><LF>;
- invio dei dati al *server* di terra con riattivazione della connessione se mancante (tali operazioni devono essere non bloccanti in maniera tale da assicurare comunque che i dati del secondo successivo siano salvati);
- ri-sincronizzazione oraria del *clock* della CPU con il tempo GPS.

Il file di configurazione CPUCFG è di tipo testo ed ha il formato del tipo seguente:

1111
aaa.bbb.ccc.ddd
ppppp

#flag di enable di GPS, MODULO SOTTOMARINO, OSTAR, STATO, ...
indirizzo IP del server cui collegarsi
numero di porta di collegamento

Esso è editabile dall'utente direttamente nella CPU del quadro di superficie mediante l'editor di testo preinstallato a bordo della CPU stessa.

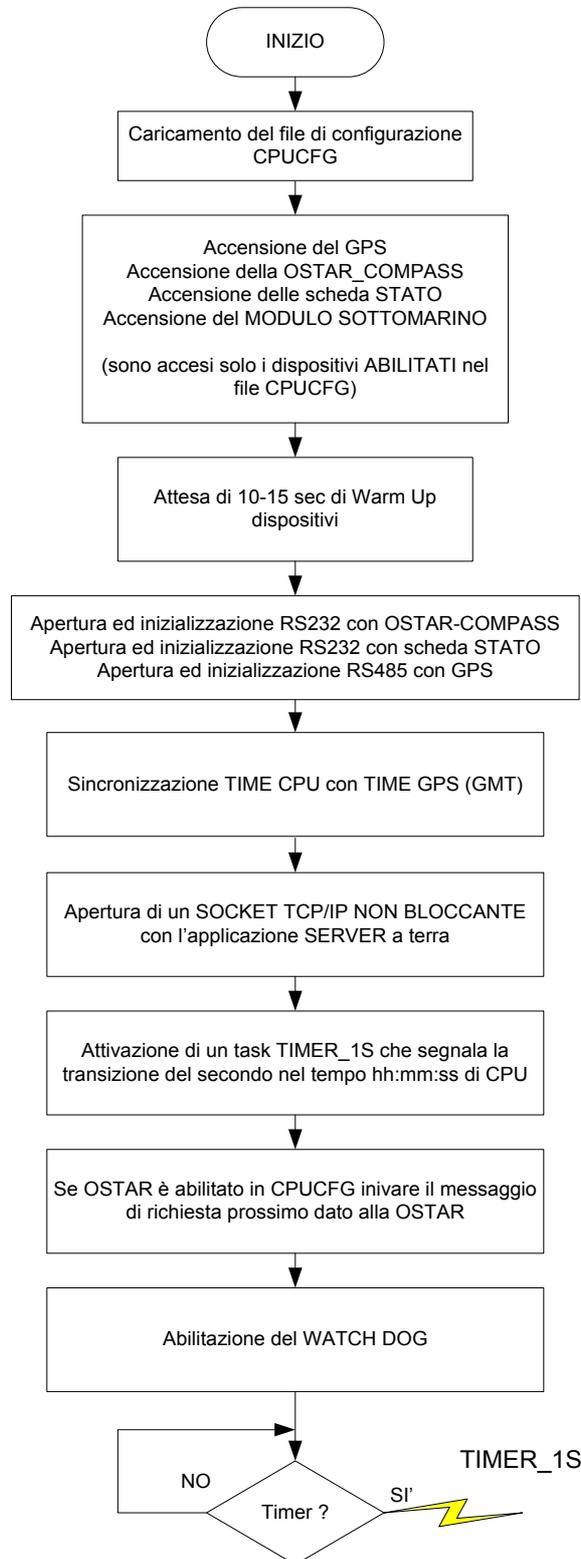


Figura 12. Flusso di istruzioni del programma principale.

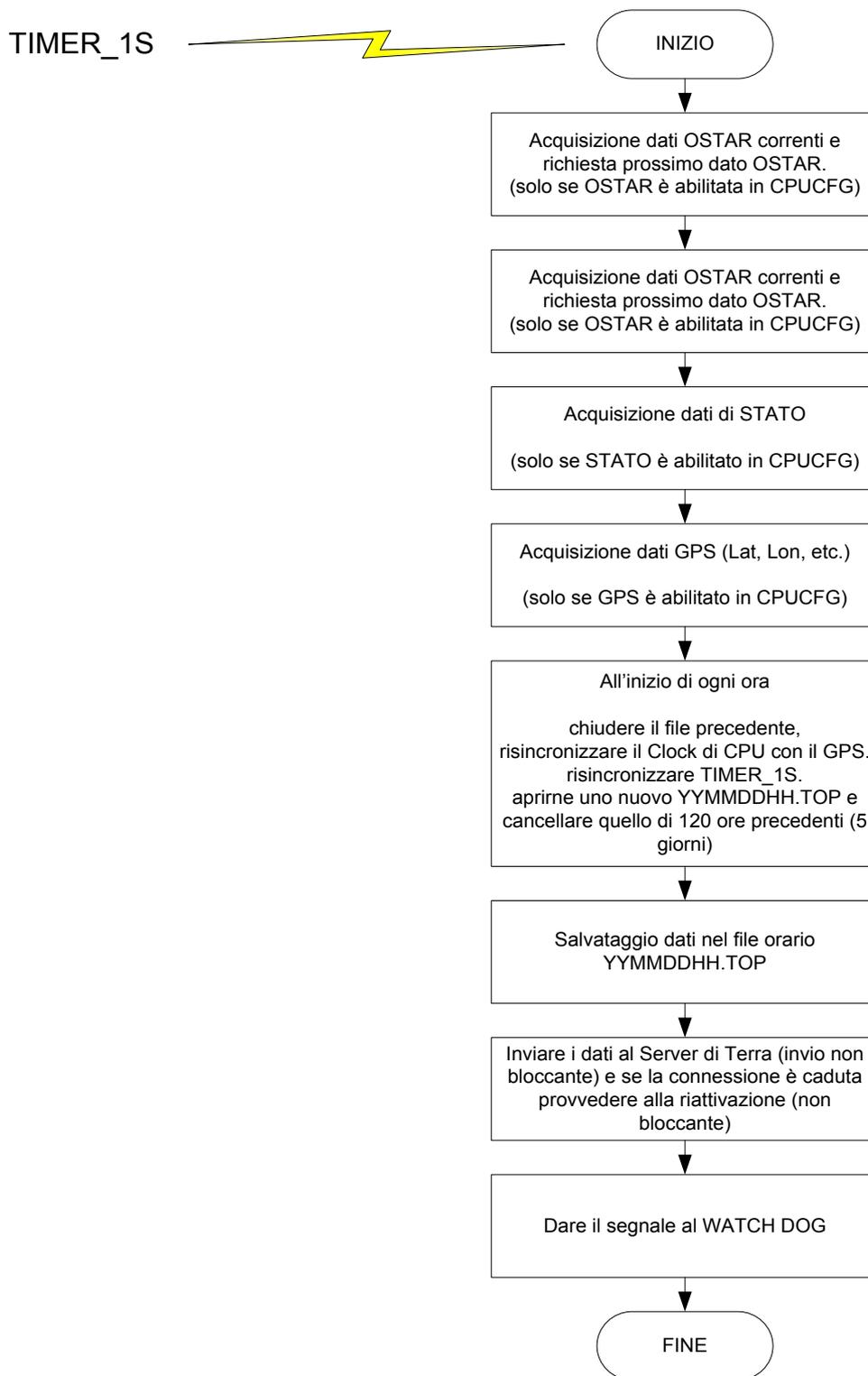


Figura 13. Flusso di istruzioni da eseguire allo scadere del TIMER_1S ogni secondo.

Le strutture dei dati di GPS, STATO e OSTAR-COMPASS sono riportate di seguito in formato ANSI C. Con riferimento al processore della CPU utilizzata, i tipi *short* e *long* indicano rispettivamente interi a 2 e 4 byte con ordine *big-endian* (*Motorola convention*).

```
typedef struct
{
    char    Flag;        // '0','1','E' (Error, Ok, Empty)
    char    Spare;      // spare
    typeTime DateTime;  // date and time
    ulong   Lat;        // dmmm.mmmm
    ulong   Lon;        // dddmm.mmmm
    char    NS;         // Lat emisphere 'N' or 'S'
    char    EW;         // Lon emisphere 'E' or 'W'
    char    Qual;       // 0..6
    char    Siv;        // 00..12
} typeGps;
```

```
typedef struct
{
    char Flag;          // '0','1','E' (Error, Ok, Empty)
    char WD;           // 0,1 (No Water, Water intrusion)
    ushort V;          // 0..54.0 V (dV)
    short I;           // 0..2.00 A (cA)
    short T;           // -5.00..+60.0°C (d°C)
    ushort P;          // 150..1150mbar
} typeStato;
```

```
typedef struct
{
    char Flag;          // '0','1','E' (Error, Ok, Empty)
    char dummy;
    short Tx;           // -45.00..+45.00 (ddeg)
    short Ty;           // -45.00..+45.00 (ddeg)
    ushort H;           // 000.00..+360.00 (ddeg)
    short T;           // 00.00..50.00 (c°C)
} typeCompass;
```

Nella struttura dati *typeGps*, la struttura dati *typeTime* codifica il tempo assoluto GMT con cui sono marcati temporalmente i dati, ed ha il formato seguente:

```
typedef struct
{
    uchar YY;          // anno a due cifre, es. 2006 = 06
    uchar MM;          // mese 1..12
    uchar DD;          // giorno 1..31
    uchar hh;          // ora 0..23
    uchar mm;          // minuti 0..59
    uchar ss;          // secondi 0..59
} typeTime;
```

Il pacchetto dati, inviato ogni secondo dal *client* della CPU di superficie al *server* a terra, ha la struttura seguente:

```
typedef struct
{
    char    Header;     // 'S' come Surface
    uchar   Index;      // indice progressivo modulo 256
    typeGps Gps;        // dati Gps
    typeStato Stato;    // dati di Stato
    typeCompass Compass; // dati Compass
} typePPack;
```

Si può accedere alla CPU del quadro in superficie mediante Telnet (porta 23) o con un applicativo equivalente. Mediante connessione FTP possono essere recuperati i file dati YYMMDDHH.TOP degli ultimi quindici giorni. Inoltre, nella CPU sono disponibili degli applicativi di *test* per i singoli dispositivi (GPS, scheda STATO e COMPASS).

L'applicazione ha livello 2 di *run-level* e viene attivata al termine della fase di avvio della CPU.

5.2 Architettura del software del modulo sottomarino

Il software del modulo sottomarino ha caratteristiche simili a quelle del software del modulo di superficie ed è sviluppato su una piattaforma hardware e software identica.

Sostanzialmente, dopo alcune operazioni di inizializzazione consistenti in:

- lettura di un file di configurazione;
- accensione degli strumenti abilitati all'acquisizione;
- apertura di un *socket* TCP/IP non bloccante con l'applicazione *server* del computer a terra;
- sincronizzazione del tempo di CPU con quello del GPS;
- attivazione del *watchdog* della CPU;

il codice attiva un *timer*, con periodo di 500ms, che determina l'esecuzione delle istruzioni di:

- acquisizione dati dai sensori abilitati e, precisamente: STATO, OSTAR, PAROSCIENTIFIC al secondo esatto (ossia alle hh:mm:ss.00), mentre il correntometro 3D-ACM è acquisito ogni 500ms (2 campioni al secondo);
- salvataggio (una volta al secondo) dei dati diagnostici (STATO e OSTAR), del sensore di pressione Paroscientific e del correntometro puntuale 3D-ACM rispettivamente nei file orari YYMMDDHH.STA, YYMMDDHH.PAR e YYMMDDHH.ACM in formato testo con i valori su linee separati dal carattere di TAB e terminati con <CR><LF>;
- invio (una volta al secondo) dei dati al *server* di terra con riattivazione della connessione se mancante (tali operazioni sono non bloccanti ed assicurano comunque che i dati del secondo successivo siano salvati);
- ri-sincronizzazione oraria del *clock* di CPU con il dato GPS.

Il file di configurazione CPUCFG è di tipo testo ed ha il formato del tipo seguente:

```
1111          #flag di enable di OSTAR, STATO, PAROSCIENTIFIC, 3D-ACM
aaa.bbb.ccc.ddd      # indirizzo IP del server cui collegarsi
ppppp           # numero di porta di collegamento
```

L'architettura del software del modulo sottomarino è descritta nei diagrammi di flusso delle Figure 14 e 15.

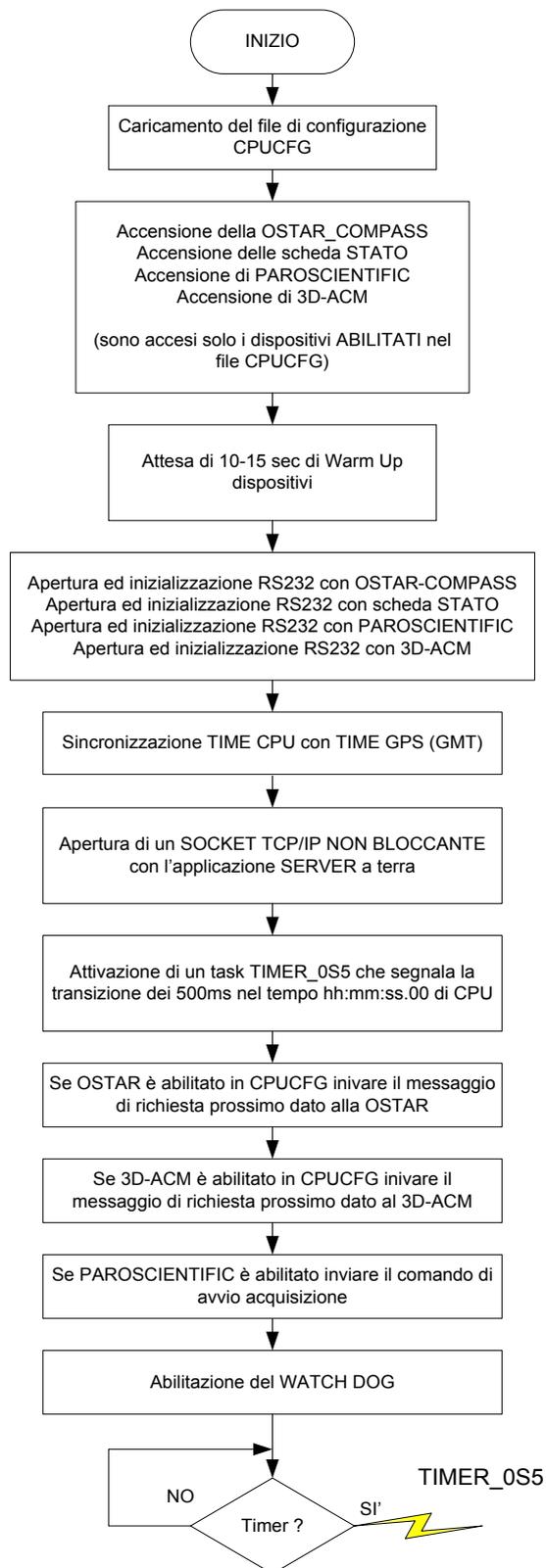


Figura 14. Flusso di istruzioni del programma principale.

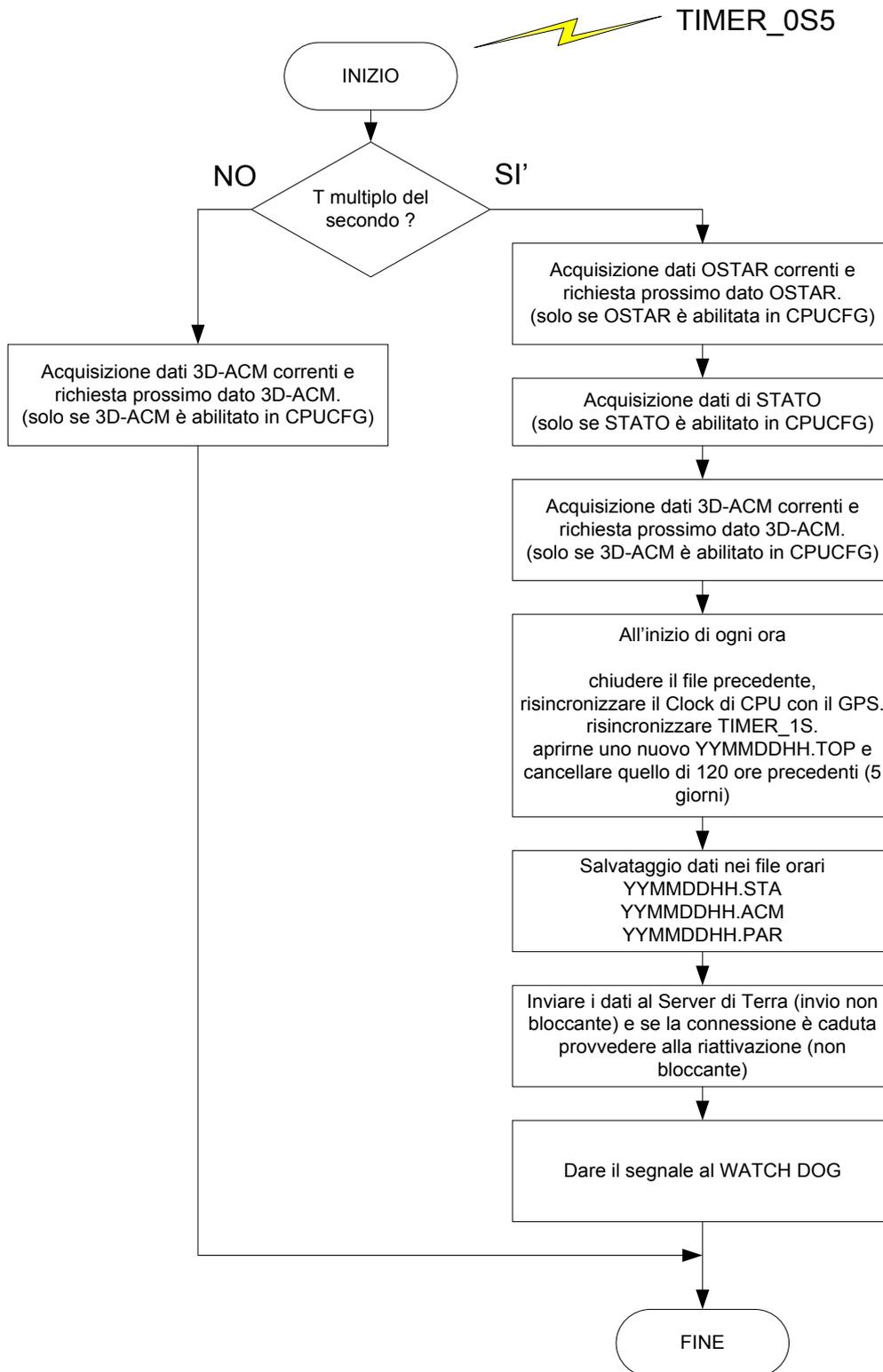


Figura 15. Flusso di istruzioni da eseguire allo scadere del TIMER_0S5 ogni 0.5 secondi.

Le strutture dei dati di STATO, OSTAR-COMPASS, 3D-ACM e PAROSCIENTIFIC sono riportate di seguito in formato C:

```
typedef struct
{
    char Flag;           // '0','1','E' (Error, Ok, Empty)
    char WD;            // 0,1 (No Water, Water)
    ushort V;          // 0..54.0 V (dV)
    ushort I;          // 0..2.00 A (cA)
    short T;           // -5.00..+60.0°C (d°C)
    ushort P;          // 150..1150mbar
} typeStato;

typedef struct
{
    char Flag;           // '0','1','E' (Error, Ok, Empty)
    char dummy;
    short Tx;           // -45.00..+45.00 (ddeg)
    short Ty;           // -45.00..+45.00 (ddeg)
    ushort H;           // 000.00..+360.00 (ddeg)
    short T;           // 00.00..50.00 (c°C)
} typeCompass;

typedef struct
{
    char Flag;           // '0','1','E' (Error, Ok, Empty)
    char dummy;
    short Vx;           // vel x in cm/s
    short Vy;           // vel y in cm/s
    short Vz;           // vel z in cm/s
    short Tx;           // -45.00..+45.00 (ddeg)
    short Ty;           // -45.00..+45.00 (ddeg)
    ushort H;           // 000.00..+360.00 (ddeg)
    short T;           // 00.00..50.00 (c°C)
} typeACM;

typedef struct
{
    ulong P[10];        // 10 samples/sec in mmH2O
} typePAROS;           // 000000 => Empty, 999999 => Error
```

Il pacchetto dati è inviato ogni secondo dal *client* della CPU del modulo sottomarino al *server* di terra ed ha la struttura seguente:

```
typedef struct
{
    char Header;        // 'M' come Modules
    uchar Index;        // indice progressivo modulo 256
    typeTime; Time;     // dati Gps
    typeStato Stato;    // dati di Stato
    typeCompass Compass; // dati Compass
    typeACM ACM[2];     // dati correntometro
    typePAROS PAROS;    // dati Paroscientific
} typeMPack;
```

Nella struttura dati *typeMPack*, la struttura *typeTime* codifica il tempo assoluto cui sono riferiti i dati ed ha il formato seguente:

```
typedef struct
{
    uchar YY;          // anno a due cifre, es. 2006 = 06
    uchar MM;          // mese 1..12
    uchar DD;          // giorno 1..31
    uchar hh;          // ora 0..23
    uchar mm;          // minuti 0..59
    uchar ss;          // secondi 0..59
} typeTime;
```

Si può accedere alla CPU del modulo sottomarino mediante Telnet (porta 23) o con un applicativo equivalente. Mediante connessione FTP possono essere recuperati i file dati YYMMDDHH.STA, YYMMDDHH.ACM e YYMMDDHH.PAR degli ultimi quindici giorni. Inoltre, nella CPU sono disponibili degli applicativi di test per i singoli dispositivi (GPS, scheda STATO, 3DACM e PAROSCIENTIFIC).

L'applicazione ha livello 2 di *run-level* e viene attivata al termine della fase di avvio della CPU.

5.3 Architettura del software di terra

Il software che gira sul computer costituente il *server* di acquisizione di terra, costituito da una singola applicazione, è stato sviluppato per il sistema operativo Windows con il *tool CVI Measurement Studio* della *National Instrument*. L'applicazione è in grado di fornire le seguenti funzionalità:

- configurazione delle porte di ricezione dati e delle cartelle di salvataggio degli stessi;
- ricezione dei dati inviati dall'applicazione *client* di acquisizione nel quadro di superficie;
- ricezione dei dati inviati dall'applicazione *client* di acquisizione nel modulo sottomarino;
- salvataggio su files di testo orari (YYDDMMHH.TOP) dei dati inviati dal *client* di superficie;
- salvataggio su files di testo orari (YYDDMMHH.STA, YYDDMMHH.ACM, YYDDMMHH.PAR) dei dati inviati dal *client* del modulo sottomarino;
- visualizzazione in tempo reale dei dati ricevuti dai *client* di superficie e da quello del modulo sottomarino.

Il flusso delle operazioni eseguite dal software nel *server* di terra è descritto nello schema a blocchi in Figura 16.

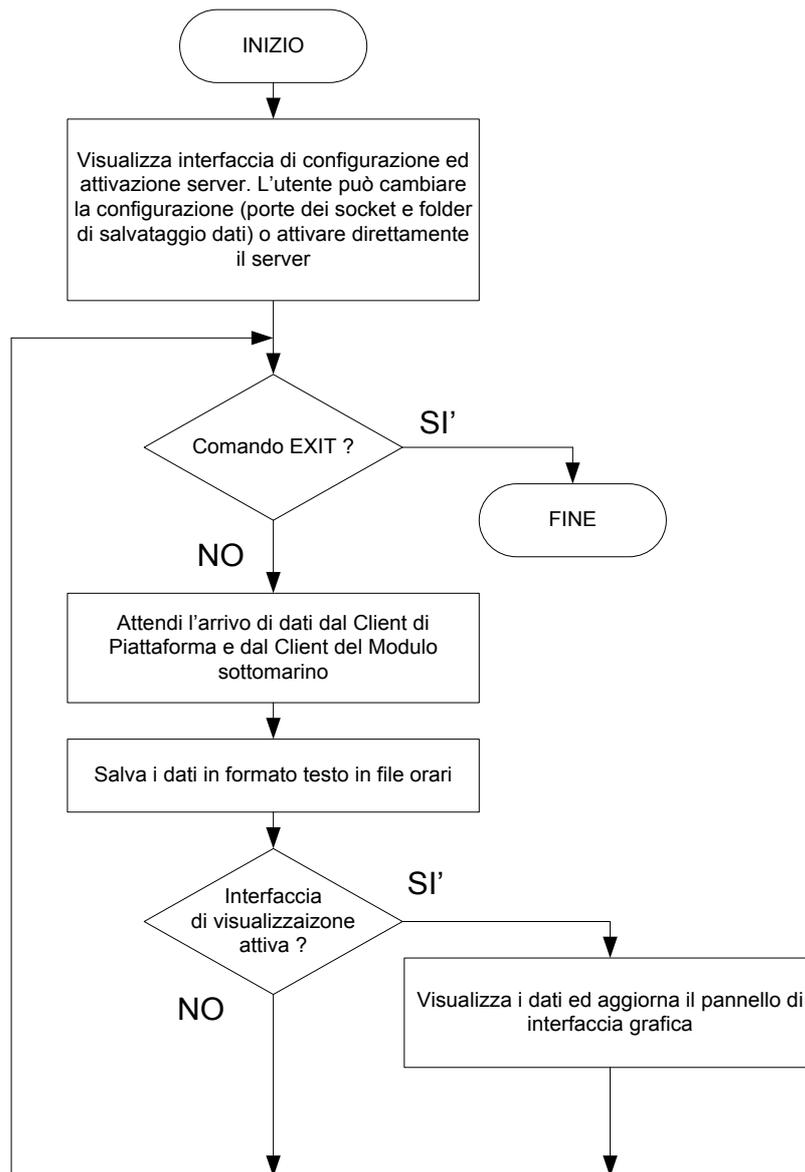


Figura 16. Diagramma di flusso del *software* nel *server* del centro di acquisizione.

6. Formato per i files dei dati

In questo paragrafo vengono illustrati come sono organizzati i file orari acquisiti e salvati dal *server* di terra e quelli memorizzati nelle memorie di massa (SD-Card da 16GB) delle CPU di acquisizione in superficie (sulle boe) e nei moduli sottomarini; contestualmente saranno descritti anche i vari formati dei file.

6.1 File nel server di acquisizione

I file nel *server* di terra sono salvati nella cartella *LOG_SEA*. La radice di tale cartella può essere scelta dall'utente mediante i comandi disponibili nel pannello di configurazione del *server* di terra.

La cartella *LOG_SEA* contiene due sottocartelle denominate *SURFACES* e *MODULES*; sia nella prima che nella seconda, ci sono ulteriori quattro cartelle per quanti saranno, a regime, i sistemi installati nel Golfo di Pozzuoli (i tre qui descritti in aggiunta alla preesistente stazione CFSB del sistema CUMAS). Ognuna di esse è denominata in accordo con il nome delle rispettive stazioni (CFSB, CFB1, CFB2 e CFB3); in esse sono contenuti, rispettivamente, i file dati orari acquisiti e passati dalle CPU in superficie e da quelle dei relativi moduli sottomarini.

I file contenuti nelle cartelle presenti nella sottocartella *SURFACES* sono del tipo *YYMMDDHH.TOP* (anno, mese, giorno, ora). I file nella sottocartella *MODULES* sono del tipo *YYMMDDHH.STA*, *YYMMDDHH.ACM* e *YYMMDDHH.PAR*.

6.2 File nella CPU di acquisizione - Superficie

I file orari *YYMMDDHH.TOP* acquisiti dalle CPU di superficie sono salvati nelle rispettive memorie di massa (SD-Card da 16GB) nelle cartelle locali */mnt/hda*. Essi sono uguali a quelli registrati dal *server* a terra (nelle rispettive sottocartelle delle stazioni *LOG_SEA/SURFACES/*) e sono completi, a differenza di quelli del *server* dove possono essere assenti alcune linee di dati in caso di perdite di pacchetti dati per cadute temporanee del *link* di comunicazione *client-server*.

L'utente può comunque accedere tramite protocollo FTP (ad esempio con un semplice Internet *browser*) alla cartella */mnt/hda* della relativa CPU di superficie, mediante un opportuno indirizzo IP ed usando i parametri seguenti:

<ftp://xxx.yyy.xxx.yyy/mnt/hda>

username = *****
password = *****

I file con estensione **.TOP* dei quindici giorni precedenti potranno essere facilmente trasferiti nel *server* a terra con dei comandi classici di sistema.

6.3 File nella CPU di acquisizione - Modulo sottomarino

I file orari *YYMMDDHH.STA*, *YYMMDDHH.ACM* e *YYMMDDHH.PAR* acquisiti dalle CPU dei moduli sottomarini sono salvati nelle rispettive memorie di massa nelle cartelle */mnt/hda*.

Essi sono uguali a quelli registrati dal *server* a terra (nelle rispettive sottocartelle delle stazioni *LOG_SEA/MODULES/*) e sono completi, a differenza di quelli del *server* dove possono essere assenti alcune linee di dati in caso di perdite di pacchetti dati o cadute temporanee del *link* di comunicazione *client-server*.

L'utente può comunque accedere tramite protocollo FTP (ad esempio con un semplice *Internet browser*) alla cartella */mnt/hda* della CPU del rispettivo modulo sottomarino mediante un opportuno indirizzo IP ed usando i parametri seguenti:

<ftp://xxx.yyy.xxx.yyy/mnt/hda>

username = *****
password = *****

I file con estensioni **.STA*, **.ACM*, **.PAR* dei quindici giorni precedenti potranno essere facilmente trasferiti nel *server* a terra con dei classici comandi di sistema.

6.4 Dettagli

I file orari (**.TOP*, **.STA*, **.ACM*, **.PAR*) generati dal sistema di acquisizione sono tutti in formato testo con i campi di dati ordinati in colonne separate dal carattere di tabulazione orizzontale (H-TAB avente codice ASCII HEX 09). La formattazione è sempre mantenuta, anche in caso di errori di acquisizione (evidenziati in colonne dedicate) in modo da permettere all'utente una facile visualizzazione dei dati con semplici *tool*.

I file prodotti dalle CPU di superficie hanno tutti estensione **.TOP* e da sinistra a destra contengono le seguenti colonne di dati separate da H-TAB:

Colonna	Nome Campo	Esempio	Note
1	Data (DD/MM/YY)	06/02/07	
2	Tempo (hh:mm:ss)	14:37:33	
3	Latitudine WGS84 (ddpp.pppp)	4518.5827	
4	Emisfero	N	
5	Longitudine WGS84 (dddpp.pppp)	1154.7722	
6	Posizione rispetto a Greenwich	E	

7	Indicatore di qualità (tipicamente 1)	1	
8	Satelliti in vista	6	
9	FLAG DATI GPS	OK	<ul style="list-style-type: none"> • FLAG = ER (Error) se il GPS è fuori uso. • FLAG = EY (Empty) se il GPS non è acquisito. In questi casi le colonne da 3 a 8 sono vuote ossia contengono NULL (0x00)
10	Tensione in ingresso al cavo in superficie (vv.v) Volt	55.2	
11	Corrente in ingresso al cavo in superficie (i.ii) Ampere	0.26	
12	Temperatura interna al quadro in superficie (tt.t) °C	10.9	
13	Pressione atmosferica nel quadro in superficie (pppp) mbar	1023	
14	Allarme presenza acqua nel modulo	0	NON USATO
15	FLAG DATI STATO	OK	<ul style="list-style-type: none"> • FLAG = ER (Error) se la scheda STATO è fuori uso. • FLAG = EY (Empty) se la scheda STATO non è acquisita. In questi casi le colonne da 10 a 14 sono vuote ossia contengono NULL (0x00)
16	Heading (hhh.hh) deg	331.61	
17	Tilt X (xx.xx) deg	0.48	
18	Tilt Y (yy.yy) deg	0.43	
19	Temperatura scheda OSTAR (tt.tt) °C	7.14	
20	FLAG DATI OSTAR	OK	<ul style="list-style-type: none"> • FLAG = ER (Error) se la scheda OSTAR è fuori uso. • FLAG = EY (Empty) se la scheda OSTAR non è acquisita. In questi casi le colonne da 16 a 19 sono vuote ossia contengono NULL (0x00)

I dati sono acquisiti con la frequenza di un campione al secondo; quindi, un file *.TOP completo contiene 3600 righe di dati.

I file con estensione *.STA e prodotti dalle CPU dei moduli sottomarini, contengono - da sinistra a destra - le seguenti colonne di dati separate da H-TAB:

Colonna	Nome Campo	Esempio	Note
1	Data (DD/MM/YY)	06/02/07	
2	Tempo (hh:mm:ss)	14:37:33	
3	Tensione in uscita dal cavo sottomarino (vv.v) Volt	49.5	
4	Corrente in uscita dal cavo sottomarino (i.ii) Ampere	0.27	
5	Temperatura interna al vessel (tt.t) °C	13.9	
6	Pressione interna al vessel (pppp) mbar	780	
7	Allarme presenza acqua	0	
8	FLAG DATI STATO	OK	<ul style="list-style-type: none"> • FLAG = ER (Error) se la scheda STATO è fuori uso. • FLAG = EY (Empty) se la scheda STATO non è acquisita. In questi casi le colonne da 3 a 7 sono vuote ossia contengono NULL (0x00)
9	Heading del vessel con freccia uscente dal tappo con i connettori (hhh.hh) deg	331.61	
10	Tilt X della struttura (xx.xx) deg	0.48	
11	Tilt Y della struttura (yy.yy) deg	0.43	
12	Temperatura interna al vessel fornita dalla scheda OSTAR (tt.tt) °C	7.14	
13	FLAG DATI OSTAR	OK	<ul style="list-style-type: none"> • FLAG = ER (Error) se la sche-

			da OSTAR è fuori uso. • FLAG = EY (Empty) se la scheda OSTAR non è acquisita. In questi casi le colonne da 9 a 12 sono vuote ossia contengono NULL (0x00)
--	--	--	---

I dati sono acquisiti con la frequenza di un campione al secondo; quindi, un file *.STA completo contiene 3600 righe di dati.

I file con estensione *.ACM contengono i dati del correntometro puntuale 3DACM di FSI ed hanno il formato seguente:

Colonna	Nome Campo	Esempio	Note
1	Data (DD/MM/YY)	06/02/07	Solo nelle righe relative al secondo intero. Le righe relative al mezzo secondo contengono NULL
2	Tempo (hh:mm:ss)	14:37:33	Solo nelle righe relative al secondo intero. Le righe relative al mezzo secondo contengono NULL
3	Vx (xxx.xx) cm/s	124.35	
4	Vy (yyy.yy) cm/s	19.56	
5	Vz (zzz.zz) cm/s	38.67	
6	Heading del 3DACM (hhh.hh) deg	128.56	L'Heading del 3DACM è orientato come la OSTAR Compass del Vessel
7	Tilt X del 3DACM (xx.xx)	2.56	
8	Tilt Y del 3DACM (yy.yy)	5.45	
9	Temperatura dell'acqua esterna (tt.tt)	10.34	
10	FLAG DATI 3DACM	OK	• FLAG = ER (Error) se il 3DACM è fuori uso. • FLAG = EY (Empty) se il 3DACM non è acquisito. In questi casi le colonne da 3 a 9 sono vuote ossia contengono NULL (0x00)

I dati sono acquisiti con la frequenza di due campioni al secondo; quindi, un file *.ACM completo contiene 7200 righe di dati.

Infine, i file con estensione *.PAR contengono i dati del sensore di pressione di precisione Paroscientific ed hanno il formato seguente:

Colonna	Nome Campo	Esempio	Note
1	Data (DD/MM/YY)	06/02/07	Solo nelle righe relative al secondo intero. Le righe relative a frazioni di secondo contengono NUL
2	Tempo (hh:mm:ss)	14:37:33	Solo nelle righe relative al secondo intero. Le righe relative a frazioni di secondo contengono NUL
3	Pressione (ppp.ppp) dbar	124.354	
10	FLAG DATI PAROSCIENTIFIC	OK	• FLAG = ER (Error) se il PAROS è fuori uso. • FLAG = EY (Empty) se il PAROS non è acquisito. In questi casi la colonna 3 è vuota ossia contiene NUL (0x00)

I dati sono acquisiti con la frequenza di dieci campioni al secondo; quindi, un file *.PAR completo contiene 36000 righe di dati.

7. Consumi energetici

Nelle tabelle che seguono vengono riportati i consumi energetici (in condizione di massima dissipazione) di ogni singolo componente del sistema, informazioni rese indispensabili per poter dimensionare correttamente il sistema di alimentazione (installato sulla parte emersa delle boe) costituito dalla terna pannelli fotovoltaici/regolatori di carica/batterie.

Nella Tabella B sono illustrati i consumi energetici di tutta la strumentazione a bordo di ciascun modulo sottomarino strumentato; nella Tabella C, invece, sono riportati i consumi energetici della strumentazione installata all'interno di ciascun quadro del sistema di superficie (parte emersa delle boe), comprensivi dei consumi relativi agli strumenti esterni al quadro. Infine, nella Tabella C, sono riportati i consumi globali massimi per ogni sistema completo.

Componente	Ubicazione	Consumo (W)
Datalogger Q330	Vessel	0.8
Datalogger DM24		0.9
Scheda GPS-M12		0.9
Tilt-Heading OSTAR		0.6
Ethernet Hub 10Mbps		2.0
Scheda Switch		0.4
CPU		4.0
DC/DC converter (48V/12V)		0.5
Scheda Stato		0.25
Sensore OBS		0.6
Idrofoni	Struttura Sottomarina	0.2
Sensore di pressione		0.1
Correntometro		0.1
Consumi (W)		11.35

Tabella B. Consumi energetici del sistema sottomarino.

Componente	Ubicazione	Consumo (W)	
Antenna GPS (clock)	Quadro Elettronico	0.1	
Ricevitore GPS (geodesia)		2.0	
Tilt-Heading OSTAR		0.6	
Bridge Wi-Fi		2.0	
Scheda GPS-M12		1.4	
Scheda Switch		0.4	
Ethernet Hub 10Mbps		2.0	
Scheda Stato		0.25	
DC/DC converter (48V/12V)		0.5	
CPU		4.0	
Consumi (W)		13.25	

Tabella C. Consumi energetici del Sistema di superficie (parte emersa delle boe).

Consumi singolo modulo sottomarino	11.35 W
Consumi singolo sistema di superficie	13.25 W
Consumi totali	24.60 W

Tabella D. Riepilogo dei consumi totali.

Bibliografia

- De Martino, P., Guardato, S., Tammaro, U., Vassallo M., and Iannaccone, G. (2014). *A first GPS measurement of vertical seafloor displacement in the Campi Flegrei caldera (Italy)*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, vol. 276 pp. 145-151 doi:10.1016/j.jvolgeores.2014.03.003 .
- De Martino, P., Guardato, S., Tammaro, U. and Iannaccone, G. (2012). *On the feasibility of seafloor deformation monitoring by continuous gps on an elastic beacon (Gulf of Pozzuoli-Flegreian Fields)*. Quaderni di Geofisica - INGV, N. 104, ISSN 1590-2595.
- Guardato, S. (2012). *Sistema di acquisizione dati a basso consumo basato su Linux per sensori multiparametrici: l'hardware*. Rapporto Tecnico INGV, N. 226, ISSN 2039-7941.
- Iannaccone G., Guardato S., Vassallo M., Elia L., Orazi M., Peluso R. and Beranzoli L. (2011). *Advances in the extension of the Campi Flegrei geophysical monitoring system to the seafloor* in “Integrating Seafloor and Land-Based Seismographic Observations”, Orfeus Observatory Coordination Workshop, IM, Lisbon, May 25-28.
- AA.VV. (2011). Riassunti estesi del I° Workshop Tecnico, “*Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico*”, INGV, Roma, 20-21 Dec., 2010. Miscelanea INGV, N. 10, ISSN 2039-6651.
- Guardato, S., Vassallo M. (2010). *La gestione dei dati meteo della stazione sismica marina multiparametrica CFSB*. Rapporto Tecnico INGV, N. 143, ISSN 2039-7941.
- Iannaccone G., Vassallo M., Elia L., Stabile T. A., Guardato, S., Satriano C. and Beranzoli L. (2010). *Long-term seafloor experiment with the CUMAS module: performance, noise analysis of geophysical signals and hints for the design of a permanent network*. Seismological Research Letters, Vol. 81, N. 6, November/December 2010, pp. 916-927.
- Iannaccone G., Guardato, S., Vassallo M., Elia L., and Beranzoli L. (2009). *A new multidisciplinary Marine Monitoring system for the surveillance of Volcanic and Seismic areas*. Seismological Research Letters, Vol. 80, N. 2, March/April 2009, pp. 203-213.
- Iannaccone G., Guardato, S., Vassallo M., Stabile T. A., Elia L., and Beranzoli L. (2009). *CUMAS: a seafloor multi-sensor module for volcanic hazard monitoring. First long-term experiment and performance assessment*. EOS, Vol. 90, Number 52, Fall Meet. Suppl., Abstract S53A-1455.
- Guardato, S., Iannaccone G. (2009). *RS-485 interface for the GPS of the Kinematics® dataloggers*, in “Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes”, Edited by W. Marzocchi & A. Zollo, ISBN978-88-89972-09-0.
- Iannaccone G., Guardato, S., Vassallo M., and Beranzoli L. (2008). *CUMAS (Cabled Underwater Module for Acquisition of Seismological data): a new seafloor module for geohazard monitoring*, in “Conception, verification and application of innovative techniques to study active volcanoes”, Edited by W. Marzocchi & A. Zollo, ISBN978-88-89972-08-2.

Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

Coordinamento editoriale e impaginazione

Centro Editoriale Nazionale | INGV

Progetto grafico e redazionale

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2015 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

<http://www.ingv.it>



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia