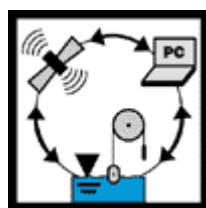




OSSERVATORIO VESUVIANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

LA RETE MAREOGRAFICA DELL' OSSERVATORIO VESUVIANO

A. La Rocca, S. Pinto, A. Russo



Open File Report n° 1 - 2005

Osservatorio Vesuviano
Centro di Sorveglianza - Via Diocleziano 328, 80124 Napoli (Italy)
Tel: +39 0816108300 – Fax :+39 0816108351

INDICE

Riassunto	pag. 3
1. Premessa	pag. 4
2. Introduzione	pag. 5
3. Stato dell'arte all'Ottobre 2002	pag. 7
4. Strumentazione digitale	pag. 9
4.1 Sistema Thalimedes	pag. 9
5. Acquisizione, archiviazione e pre-analisi dati	pag. 12
6. Sviluppi futuri	pag. 20
7. Analisi mareogrammi	pag. 21
8. Funzionalità della rete mareografica	pag. 22
9. Sistema informatico	pag. 24
10. Conclusioni	pag. 25
Ringraziamenti	pag. 25
Bibliografia	pag. 26
Appendice A	pag. 27
Stazione di Napoli	pag. 27
Stazione di Pozzuoli Porto	pag. 29
Stazione di Miseno	pag. 31
Stazione di Nisida	pag. 33
Stazione di Castellammare di Stabia	pag. 35
Stazione di Torre del Greco	pag. 37
Appendice B: caratteristiche tecniche del sensore Thalimedes	pag. 39

La rete mareografica dell'Osservatorio Vesuviano.

La Rocca A., Pinto S., Russo A.

INGV-OV, Unità funzionale di Geodesia, Via Diocleziano 328, 80124 Napoli.
e-mail: larocca@ov.ingv.it

Riassunto

L'Osservatorio Vesuviano, sezione di Napoli dell'INGV, gestisce un sistema di monitoraggio delle deformazioni del suolo nell'area vulcaniche attive del Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia. Nell'ambito di questo sistema di monitoraggio, le deformazioni nell'area vesuviana e flegrea vengono controllate, tenuto conto della posizione geografica dei due sistemi vulcanici, oltre che con tecniche classiche (livellazione, tiltmetria, EDM) e metodi satellitari (GPS, SAR), anche con la rilevazione continua del livello del mare, misurato in stazioni mareografiche.

In questo *open file report* si descrive l'attività di aggiornamento della rete di sensori per la misura del livello marino avviata negli ultimi mesi del 2002 dalla Unità Funzionale Geodesia. La preesistente rete analogica, con registrazione cartacea locale e restituzione mensile del dato con campionamento orario, è stata innovata con una rete digitale con campionamento ogni 5 minuti e trasmissione giornaliera dei dati via connessione telefonica GSM.

Tutta la catena strumentale è controllabile dal centro di sorveglianza ed in caso di malfunzionamento i responsabili del settore vengono informati tramite l'invio di e-mail automatici. In tal modo è possibile ridurre al minimo i tempi di interruzione dell'acquisizione, rispetto allo standard precedente.

I risultati ottenuti nella definizione della deformazione del suolo nell'area flegrea ben si integrano con quelli ottenuti in precedenza.

Infine, vengono indicate le linee guida dei possibili sviluppi futuri, sia nell'allargamento della rete, sia nella sperimentazione di diverse tipologie di sensori.

1. Premessa

Uno dei compiti istituzionali dell'Osservatorio Vesuviano è il controllo di parametri fisico-chimici nelle aree vulcaniche campane (Vesuvio, Campi Flegrei e Ischia), tramite la pianificazione, l'installazione, lo sviluppo e l'aggiornamento di reti strumentali per il controllo, anche in tempo reale, di eventuali variazioni dei suddetti parametri. Infatti, il pronto riconoscimento di variazioni di parametri quali sismicità, deformazione del suolo, variazioni del campo gravitazionale e magnetico, variazioni di portata, temperatura e composizione chimica di emissioni fumaroliche e acque, che potrebbero costituire fenomeni precursori di una eventuale ripresa dell'attività eruttiva, consentirebbe di allertare in tempo utile le strutture di protezione civile.

Uno degli obiettivi dell'Osservatorio Vesuviano è, quindi, quello di progettare reti di monitoraggio sempre più rispondenti alle conoscenze sulle strutture vulcaniche campane e ad implementare strumentazione tecnologicamente all'avanguardia.

Nell'ambito di questo sistema di monitoraggio, le deformazioni del suolo nell'area vesuviana e flegrea vengono controllate, tenuto conto della posizione geografica dei due sistemi vulcanici, oltre che con tecniche classiche (livellazione, tiltmetria, EDM) e metodi satellitari (GPS, SAR), anche con la rilevazione continua del livello del mare, misurato in stazioni mareografiche (Fig. 1).

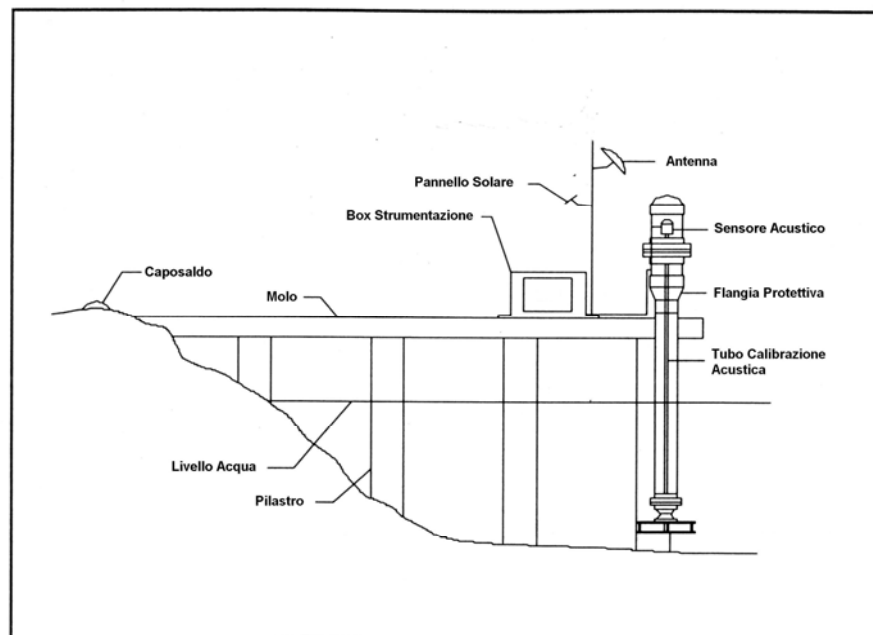


Figura 1 Esempio tipico di una stazione mareografica (in particolare attrezzata con un sensore ultrasonico e senza cabina di alloggiamento strumentale).

L'analisi dei movimenti del suolo viene effettuata, per l'area vesuviana, riferendo i dati del livello marino della stazione di Torre del Greco a quelle di Napoli e Castellammare. Per quanto riguarda l'area flegrea, l'analisi viene effettuata riferendo le misure del livello marino, registrate a Pozzuoli, Miseno e Nisida, alla stazione di Napoli. La stabilità relativa delle stazioni di riferimento viene periodicamente verificata tramite livellazione di precisione di un caposaldo prossimo al mareografo e collegato alla rete di livellazione dell'OV.

In questo contesto è necessaria un'accurata misura del livello marino in più siti per discriminare al meglio tra variazioni reali e apparenti, tramite il confronto tra più registrazioni al fine anche di migliorare il rapporto segnale/rumore.

2. Introduzione

Dopo diversi anni di funzionamento della rete mareografica meccanica dell'Osservatorio Vesuviano, è iniziata, a partire dall'Ottobre 2002, la ristrutturazione delle attività di monitoraggio mareografico che ha determinato l'aggiornamento tecnologico delle preesistenti stazioni che l'Osservatorio Vesuviano gestisce a partire dagli anni settanta. Questa iniziativa è stata intrapresa per garantire l'ottimale coordinamento delle attività di monitoraggio nonché per migliorare la qualità dei dati raccolti e standardizzare i criteri d'installazione delle singole stazioni mareografiche. I criteri di scelta per le nuove apparecchiature di registrazione rispondono a requisiti moderni di sorveglianza e centralizzazione dei dati.

Alle prime due stazioni installate nel 2002 a Pozzuoli e Miseno, sono state aggiunte le altre quattro stazioni della rete mareografica di sorveglianza: nell'aprile 2003 quelle di Napoli, Torre del Greco e Castellammare di Stabia; nel dicembre 2003 quella di Nisida, la cui ritardata installazione è dovuta alla necessaria manutenzione straordinaria della cabina di alloggiamento.

Le nuove stazioni mareografiche monocanali (modello Thalimedes della OTT-Hydrometry) presentano una configurazione hardware molto compatta e sono essenzialmente formate da un apparato galleggiante con contrappeso, data logger integrato e un encoder digitale. Il funzionamento di tutta la stazione nella sua

configurazione totale (acquisizione dati mareometrici, l'archiviazione, gestione, in determinate finestre temporali, dell'attesa alla connessione via telefonia cellulare (GSM) a chiamata, trasferimento dati al centro di raccolta) ha assorbimenti minimi di corrente.

La frequenza di campionamento del livello marino è di 5 minuti, ritenuta sufficiente per un'adeguata ricostruzione del segnale mareometrico ai fini della determinazione dell'eventuale deformazione del suolo. Prossimamente verrà sperimentato, in un sito selezionato, un campionamento più veloce, pari ad 1 minuto, più utile per la registrazione di eventuali onde anomale, come hanno dimostrato le registrazioni, a Pozzuoli e Miseno in occasione dell'onda anomala prodotta dagli episodi franosi a Stromboli nel dicembre 2002. Il trasferimento automatico dei dati alla centrale di acquisizione avviene attualmente ogni 12 e/o 24 ore, con ulteriori possibilità di collegamento manuale, a cura dell'operatore, ove necessario. La registrazione dei segnali mareografici delle rispettive stazioni della rete avviene presso il Server dell'Unità Funzionale Geodesia dell'Osservatorio Vesuviano.

La configurazione a galleggiante è stata preferita, in questa fase, sia per l'esperienza già maturata con la precedente sensoristica meccanica che per evitare correzioni parametriche che sono tipiche dei sensori elettronici. In ogni caso è continuata la collaborazione con l'Università "Parthenope" di Napoli per la sperimentazione di un sensore ad ultrasuoni, i cui risultati sono in fase di analisi e verifiche, per definire la possibilità di utilizzo di un tale sensore, anche se probabilmente opportunamente modificato per migliorarne l'affidabilità in ambiente marino.

Allo stato attuale, in tutti i siti, continua la sovrapposizione della nuova strumentazione digitale con la strumentazione analogica esistente, che inizierà ad essere rimossa entro il 2005.

Successivamente, le centraline di acquisizione multicanale consentiranno la registrazione in parallelo di parametri meteo (temperatura aria, temperatura acqua, umidità, pressione, direzione e velocità del vento) utili per una più completa analisi del segnale mareometrico.

Tenendo presente che la maggior parte delle stazioni è installata all'interno di aree costiere e portuali densamente urbanizzate, e quindi caratterizzate da un elevato rumore di fondo, particolare attenzione è stata posta nel tentativo di ridurre tale rumore. Sono state realizzate, infine, specifiche procedure per il controllo a distanza della catena

strumentale per ottenere una verifica costante sui livelli di risposta degli strumenti installati.

Raggiunto lo standard di funzionamento in tutti i siti della rete mareografica, saranno aggiunti almeno altri quattro punti di registrazione che saranno scelti, anche al di fuori dei bacini di Napoli e Pozzuoli, in funzione delle esigenze di sorveglianza ed interpretazione scientifica dei fenomeni. Infatti, l'analisi dei dati raccolti mostra l'importanza di un campionamento più fitto nelle aree interessate (vesuviana e flegrea) e la necessità di punti di misura ad Ischia (attualmente completamente scoperta) e al margine settentrionale della piana campana e a sud del golfo di Napoli.

In questo rapporto sono illustrati i criteri di miglioramento ed ottimizzazione seguiti finora, gli standard qualitativi raggiunti e le schede tecniche di tutte le stazioni della Rete Mareografica.

3. Stato dell'arte all'Ottobre 2002

All'Ottobre 2002 la rete mareografica dell'Osservatorio Vesuviano era composta dai siti di registrazione di Napoli, Torre del Greco, Pozzuoli, Miseno, Nisida e Castellammare di Stabia (Fig. 2). Nei primi cinque siti erano installati mareografi meccanici SIAP (modello ID 5795) con sistema a galleggiante e registrazione locale su supporto cartaceo (successivamente convertita in numerica tramite tavoletta digitalizzatrice, con cadenza mensile). Nella stazione di Castellammare era installato un mareografo digitale SIAP (modello 7877) con sistema a galleggiante e registrazione del segnale su supporto magnetico (EPROM), con campionamento ogni 5 minuti.

La strumentazione meccanica presentava, già da alcuni anni, segni di avanzato deterioramento, tanto che, frequentemente, occorreva effettuare interventi di manutenzione straordinaria, utilizzando strumentazione di riserva. Ciò comportava, talvolta, importanti interruzioni delle serie temporali acquisite. L'efficienza e il corretto funzionamento di tutta la strumentazione della rete mareografica erano assicurati dal personale tecnico che, con elevata frequenza (a causa delle condizioni obsolete della strumentazione), ne controllava la corretta operatività. Inoltre, veniva effettuata con cadenza annuale una pulizia dei pozzetti che ospitano i sensori ed una manutenzione delle cabine mareografiche installate sulle banchine.

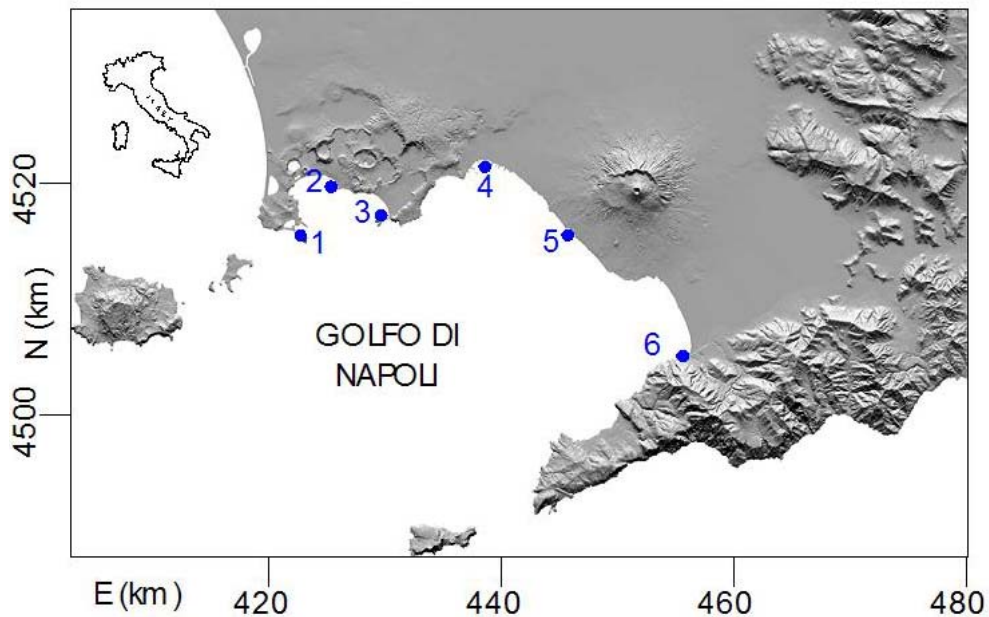


Figura 2 Ubicazione delle stazioni mareografiche della rete OV

Oltre ai problemi succitati l'apparato strumentale di tipo meccanico non consentiva la trasmissione in tempo reale (o quasi reale) del dato acquisito, né la possibilità del controllo remoto. Inoltre, non era prevista nemmeno la possibilità di monitorare altri parametri ambientali di interesse.

In definitiva il sistema di monitoraggio mareografico operante nell'area napoletana, fino all'ottobre 2002, era costituito da:

Stazione remota

- Sistema a galleggiante SIAP con peso e contrappeso
- Tubo di calma in ferro catramato
- Orologio a quarzo
- Registratore analogico a carta (velocità di scorrimento pari a 5 mm/h)
- Batteria di alimentazione
- Convertitore A/D e memoria EPROM (solo Castellammare di Stabia)

Centro di Acquisizione

- Lettore EPROM (solo Castellammare di Stabia)
- Tavoletta digitalizzatrice per la conversione A/D (effettuata con cadenza mensile)

- Acquisizione su computer delle serie orarie digitalizzate
- Archiviazione analogica e digitale
- Visualizzazione mensile del dato

4. Strumentazione digitale

Nell'ambito del progetto di ristrutturazione della rete, è stata innanzitutto effettuata una dettagliata indagine di mercato mirata ad individuare l'apparato più idoneo per le necessità dell'Osservatorio Vesuviano. Dopo un'analisi ed una valutazione delle possibilità offerte dal mercato nell'ambito della misura del livello marino e quindi di un'analisi tra sensori a galleggiante, sensori ad ultrasuono e sensori radar, si è optato per la sensoristica a galleggiante, che si è mostrata più affidabile e sulla quale l'OV ha già sviluppato una notevole esperienza. In ogni caso, è in corso la sperimentazione di un sensore ad ultrasuoni che emette un breve treno d'impulsi a frequenza ultrasonica, rilevando il tempo intercorso tra la loro emissione e il loro eco di ritorno. Il range di misura è 0 ± 10 m e tale misura viene compensata per le variazioni di temperatura. Per tale sperimentazione è stato installato un secondo tubo di calma nel sito di Miseno. Inoltre, è prevista una ulteriore sperimentazione di un sensore radar di maggiore sensibilità, ma attualmente di costo elevato.

4.1 Il sensore Thalimedes

Il sensore utilizzato è il THALIMEDES prodotto dalla OTT Messtechnik Hydrometrie di Kempten (Germany). Il Thalimedes è un sistema a galleggiante (80 mm di diametro) che guida una unità di encoder digitale, tramite una puleggia di rinvio del cavetto di sospensione del galleggiante e contrappeso, la quale è collegata con un data logger (Fig. 3). Esso è usato in varie applicazioni dove è necessario misurare il livello di una superficie liquida.

Il sistema Thalimedes è dotato di memoria interna e display LCD per la lettura diretta del livello; l'intervallo di misura è programmabile tra -20 e +20 m con una risoluzione di 1 mm (oppure tra -200 e +200 m con risoluzione di 1 cm). L'interfaccia ad infrarossi IrDA permette la comunicazione locale con lo strumento per la sua programmazione e il trasferimento dati. Tali funzioni possono essere attivate anche tramite un'uscita RS232

per il collegamento diretto a modem telefonico su linea commutata o via GSM. L'intervallo di acquisizione dei dati è programmabile da un minimo di 1 minuto ad un massimo di 24 ore e i dati vengono scritti su di una memoria EEPROM di tipo circolare, che consente la registrazione fino a 30000 dati, prima della sovrascrittura.

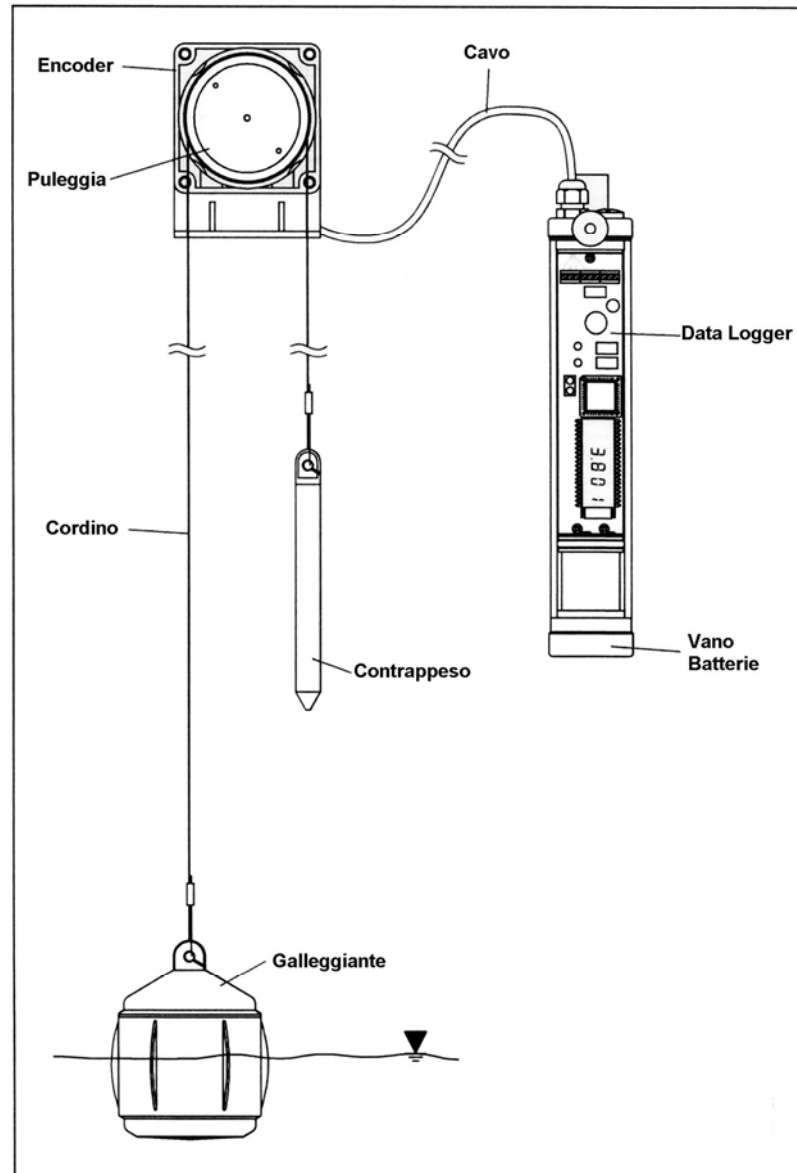


Figura 3 Schema di funzionamento del sensore Thalimedes.

Frequenza di campionamento e di scrittura possono essere uguali oppure è possibile campionare a maggiore frequenza, calcolare una media su di un periodo selezionato e memorizzare solo il valore mediato.

Il sistema Thalimedes è interessante anche per le sue ridotte dimensioni, infatti, dove non è già presente una cabina mareografica, esso può essere posizionato direttamente all'interno del tubo di calma (nella sua parte superiore), che viene fissato ad una parete verticale (p.e. banchina), del diametro di 20 cm. Il tubo è opportunamente forato nella parte inferiore per facilitare la risalita dell'acqua e una chiusura asportabile sul fondo consente le periodiche operazioni di pulizia (Fig. 4)

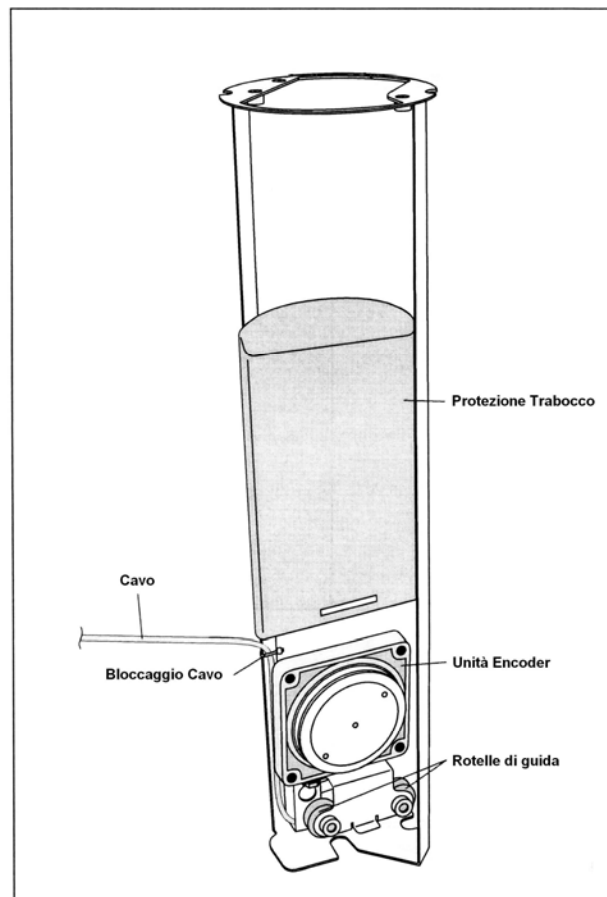


Figura 4 Installazione del sistema Thalimedes all'interno del tubo di calma.

L'alimentazione del sistema viene fornita mediante batteria ricaricabile da 12 V a 26 Ah in grado di fornire un'autonomia di funzionamento di circa 8 mesi, utilizzando un modem a linea commutata e di circa 3 mesi utilizzando un modem GSM. Questi consumi sono calcolati considerando una misura ogni 5 minuti, 60 minuti di finestra giornaliera di comunicazione ed un collegamento telefonico giornaliero di 5 minuti per l'interrogazione e lo scarico dei dati. Il centro di acquisizione è equipaggiato con un

normale modem Hayes compatibile per linea telefonica commutata, collegato ad un personal computer. La stazione remota (Fig. 5) è invece equipaggiata, all'interno di una cassetta stagna, con un modem GSM completo di antenna ed un timer per l'attivazione in fasce orarie prestabilite. La programmazione di una o più finestre giornaliere di dialogo tra la stazione di misura ed il centro di controllo è dettata dall'esigenza di ridurre il consumo dovuto al modem, il quale, nei periodo di non attività, viene posto in condizione di stand-by. Ovviamente, in caso di necessità, il periodo di silenzio può essere ridotto o annullato. Inoltre, a breve termine, è programmata l'installazione di pannelli solari, nei siti in cui le condizioni di sicurezza lo consentono, al fine di una ottimizzazione dei problemi legati a consumi energetici. Infine, il Thalimedes può essere facilmente connesso con eventuali preesistenti registratori cartacei, come quelli presenti nelle nostre cabine mareografiche, per cui anche con l'eliminazione dei sensori analogici, la registrazione cartacea in sito potrebbe, volendo, continuare.



Figura 5 Interno di una cabina mareografica.

5. Acquisizione, archiviazione e pre-analisi dei dati

I sensori mareometrici, installati nelle sei cabine costruite sui moli di ciascun porto, acquisiscono i dati mareometrici, li memorizzano, e in determinate finestre

temporali restano in attesa di connettersi via GSM per inviare i dati al centro di raccolta. In definitiva, l'attuale sistema di monitoraggio mareografico risulta costituito da:

Stazione remota

- Sistema a galleggiante Thalimedes con encoder digitale, memoria EEPROM e clock interno
- Tubo di calma in ferro catramato
- Batteria di alimentazione (con eventuali pannelli solari)
- Modem e timer per la gestione delle connessioni con il centro di acquisizione

Centro di Acquisizione

- Modem e PC per lo scarico dei dati
- Software per la gestione del database, delle connessioni e di pre-analisi
- Archiviazione dati su server Geodesia
- Visualizzazione giornaliera del dato

La catena di restituzione dei dati mareometrici è quindi schematizzabile come in Fig. 6:

- Acquisizione e memorizzazione locale dei dati
- Trasmissione su linea GSM dei dati
- Ricezione e immagazzinamento dei dati

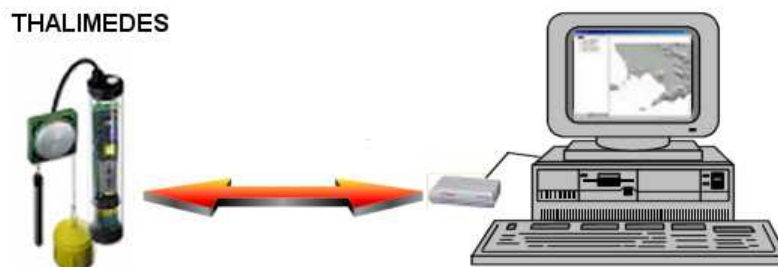


Figura 6 Catena di restituzione dei dati Thalimedes.

La ricezione e l'immagazzinamento dei dati sono gestiti dalla sala server dell'Unità Funzionale di Geodesia. Un Personal Computer, della rete privata della sala, è attrezzato con il software "Hydras 3" che, opportunamente configurato, consente la gestione del database delle stazioni e dei dati rilevati, nonché la definizione dei parametri per la connessione e lo scarico dei dati in modalità completamente automatica ed ogni altro parametro di interesse per l'acquisizione. Il quadro complessivo della rete può essere facilmente visualizzato (Fig. 7) con un'immagine che mostra la configurazione della rete con i relativi sensori. Selezionando una stazione si ha la possibilità di accedere alle proprietà delle stazioni oppure di effettuare collegamenti con esse.

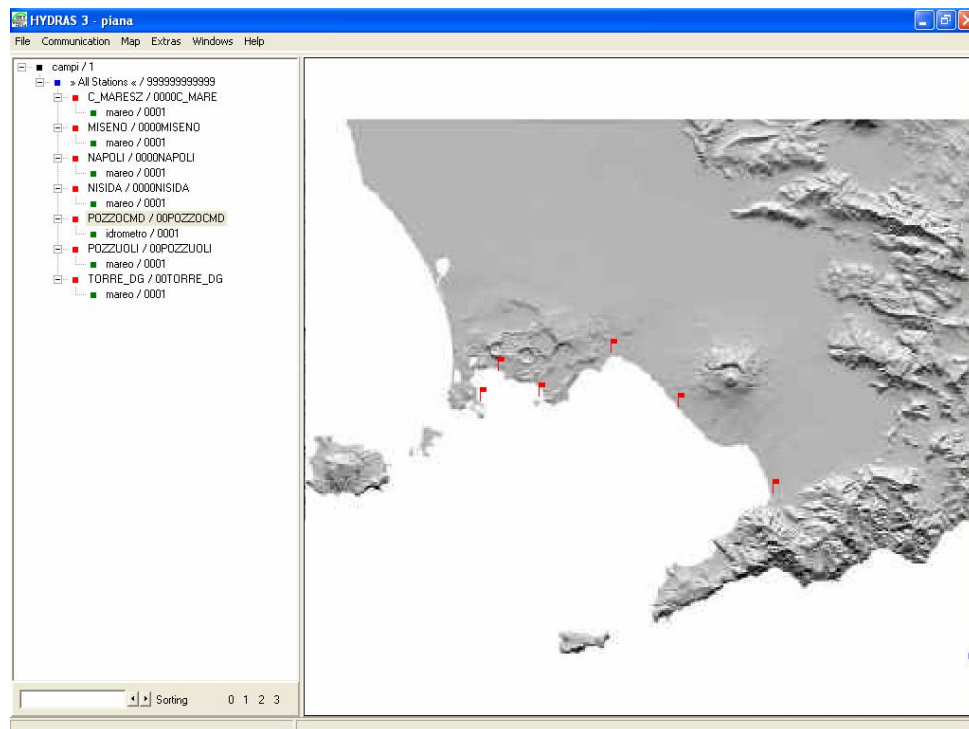


Figura 7 Configurazione della rete (in rosso) con i relativi sensori (in verde).

La connessione con le varie stazioni può avvenire sia in modo manuale, rispettando le finestre temporali di aggancio alla rete dei modem GSM, sia in modo programmato; attualmente è programmata una chiamata ogni 24 ore (Figg. 8a,b).

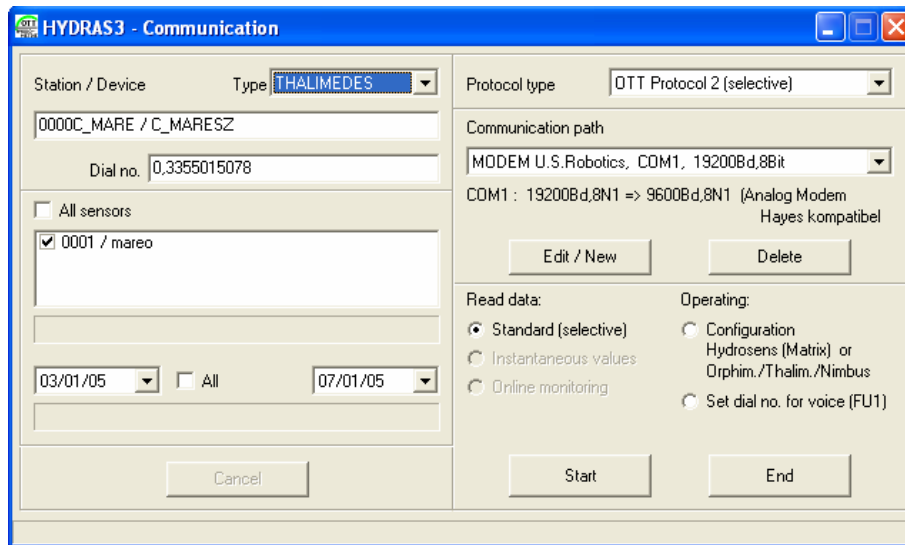


Figura 8a Configurazione delle modalità di trasmissione dei segnali.

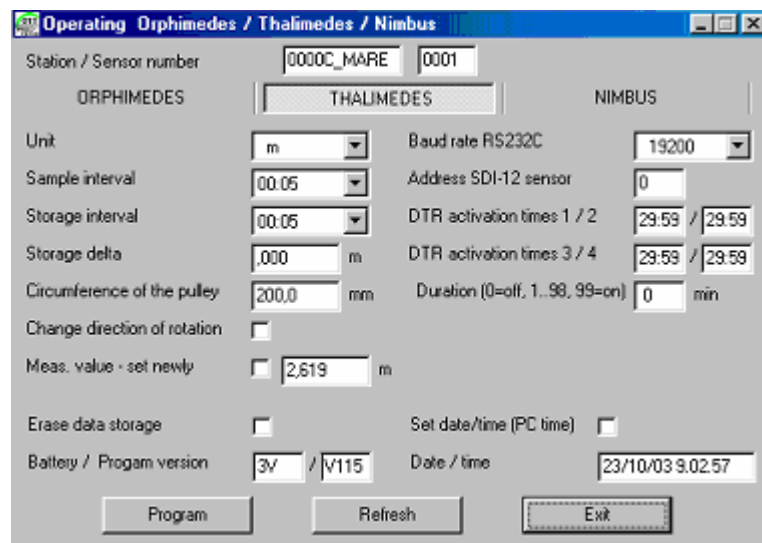


Figura 8b Configurazione parametri di acquisizione.

Oltre alla chiamata delle stazioni remote, un'altra attività che può essere pianificata è l'esportazione dei dati acquisiti, sia "raw" che "testuali" (Fig. 9), sul file server. I dati "RAW" sono costituiti da files in formato ASCII, con codifica numerica esadecimale, risultano, quindi, più compressi rispetto ai files testuali. Questi ultimi sono files ASCII

di durata giornaliera, organizzati per righe tutte le informazioni relative alla campionatura del segnale.

Successivamente, i dati testuali sono organizzati in formato giornaliero e controllati della propria integrità, in caso di errori o mancanza di dati si avvisano, con invio di e-mail automatici, i responsabili dei vari servizi connessi, per un pronto intervento di ripristino della piena funzionalità della rete.

Dati Testuali

```
0000C_MARE;0001;18/01/05;0.05.00;38370.00347;1.979;" ";;"m"  
0000C_MARE;0001;18/01/05;0.10.00;38370.00694;1.965;" ";;"m"  
0000C_MARE;0001;18/01/05;0.15.00;38370.01042;1.975;" ";;"m"  
0000C_MARE;0001;18/01/05;0.20.00;38370.01389;1.986;" ";;"m"  
0000C_MARE;0001;18/01/05;0.25.00;38370.01736;1.981;" ";;"m"
```

Dati Raw

```
K85 00000001K8008100U115K01100NISIDAK012 00K05 1K0600000001K24 11 44  
32K28 10 01 05K25 26 09 04K26 10 01 05K23 006406 1  
K85 00010001K80081 U115K01100NISIDAK012 00K0600000001K18 00 05 00K100110 0  
00K20 3  
K30 03.01.05K18 00 05 00K100110 0 00K20 3K53  
00931092D093A093C093D0945093609460943094309360937093D09420946093C0949094A0947093C  
093B0946093309380936093D092D09360940094309320925092A092C092909230925091D092F09240  
93109240918091409150922090E090C08F30908090C0914090308F4090108FA090808F408FC08E508  
FB08F908FD08EB08DD08EE08E708F308D908DA08E208ED08F308EC08E908D408D808DA08DD08D208B  
F08C808DF08E088DE08CF08C308C708D208CE08C008C908C908E208D908D008CA08CF08C908CD08C8  
08C108C808C908DA08CE08E408CB08D708DC08DD08D708D908E608E508FB08F008F508E008F208EE0  
8E508EB08EC090009060916091109110903090F090C090B0906800A800A800A800A800A800A800  
0A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800  
A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800  
800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800  
0A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800  
A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800  
800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800  
00A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800A800
```

Figura 9 Esempio di formato raw e testuali dei dati acquisiti

Sempre in modo completamente automatizzato vengono aggiornati i grafici delle curve mareografiche, in modo da avere una visione globale e in tempo reale dell'acquisizione mareometrica. Un esempio è mostrato in Fig. 10.

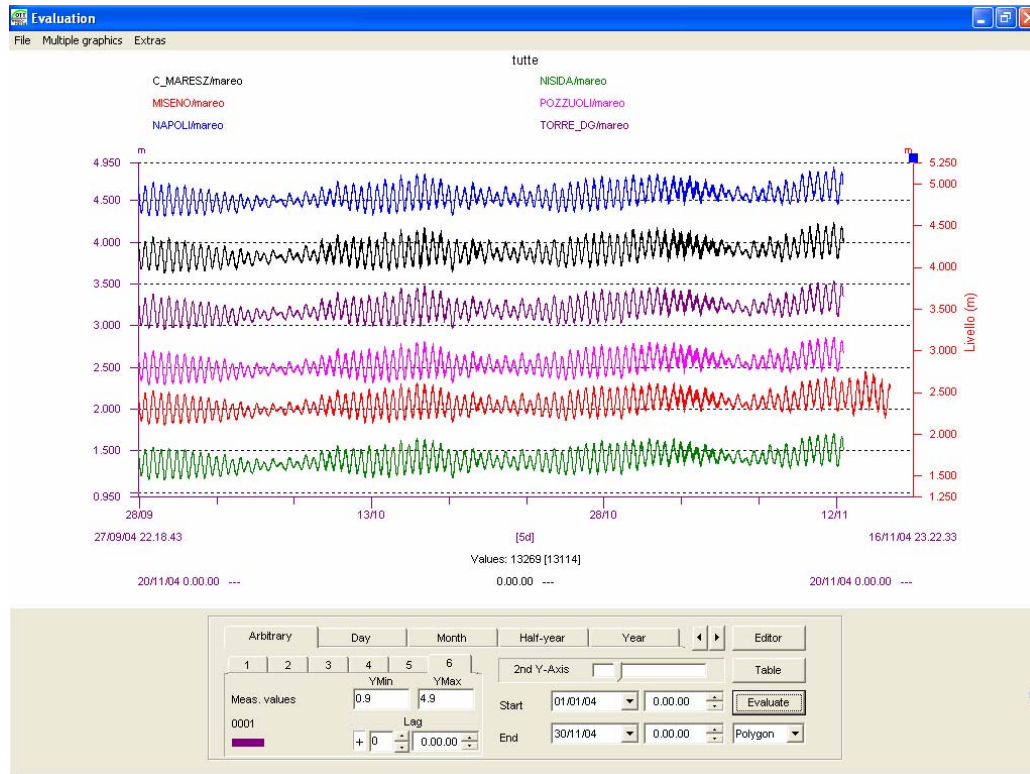


Figura 10 Esempio di aggiornamento automatizzato dei grafici delle curve mareografiche.

In particolare, il software di gestione della rete consente di configurare il database delle stazioni e dei dati acquisiti con una struttura ad albero, il cui elemento principale è denominato MAREOGRAFIA (Fig. 11). Successivamente, sono state create le regioni dal nome CAMPI FLEGREI e AREA VESUVIANA (successivamente sarà creata la regione AREE ESTERNE) e nel ramo sottostante le stazioni (MISENO, POZZUOLI, ecc....). Le stazioni si contraddistinguono per un nome, un tipo di applicazione (tipo: water level, groundwater e meteorology) e una modalità di connessione. La modalità dipende dal tipo di stazione (Thalimedes, Nimbus, ecc.) alla quale è associato un protocollo di comunicazione che può avvenire in diverse modalità (modo seriale, interfaccia infrarossi, via telefonica analogica o GSM). Il nostro sistema è configurato dal lato stazione con un modem GSM dati in ascolto e dal lato acquisizione con un modem su linea analogica con il quale si effettuano le chiamate e lo scarico dati. Continuando con la struttura ad albero, nel livello sottostante le stazioni vi sono i sensori, che potrebbero essere più di uno, in quanto ogni stazione potrebbe rilevare più di una grandezza fisica. Nel nostro caso, abbiamo un unico sensore che fornisce le

variazioni del livello del mare, ma è previsto, a breve termine, l'installazione di sensori meteo.

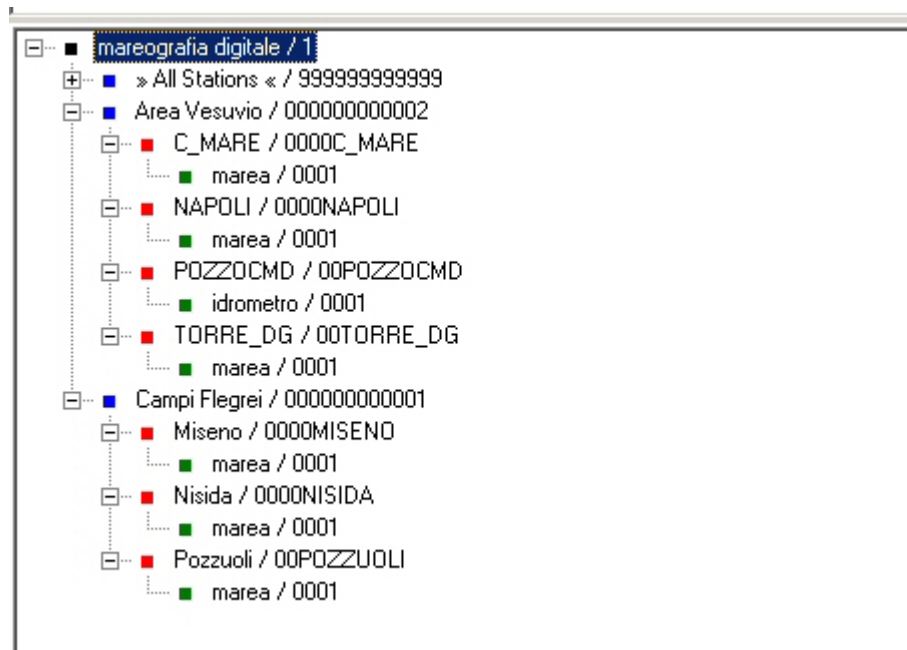


Figura 11 Struttura ad albero per la gestione delle stazioni mareografiche

Nell'ultima sezione c'è la possibilità di far apparire messaggi di allarme qualora essi siano stati opportunamente configurati. Infatti, si possono gestire diverse modalità di allarme, tra cui il superamento di soglie prefissate, le divergenze tra più segnali e diversi altri tipi di correlazioni.

Per quanto riguarda il trattamento preliminare dei dati e la loro visualizzazione, c'è un'ampia gamma di possibilità di rappresentazione. Possono essere rappresentati fino a sei tipi di parametri, scegliendo il tipo di grafico (poligonale, istogramma, puntuale, ecc...); si possono effettuare vari livelli di zoom e decidere il periodo di visualizzazione. Inoltre, si possono effettuare diverse operazioni, quali applicare filtri, calcolare correlazioni, ecc. Il grafico può essere aggiornato automaticamente all'arrivo di nuovi dati, che possono anche essere esportati, per l'archiviazione su file sia in maniera "raw" che "testuale", oltre naturalmente a consentire la stampa del grafico.

L'automazione dell'acquisizione dati, come precedentemente detto, avviene tramite una utilità di pianificazione (job manager). Infatti, predisponendo alcuni processi, si va dall'acquisizione dei dati fino alla loro archiviazione sul file server e alla visualizzazione dei grafici in sala monitor. Nel primo processo vengono effettuate

giornalmente le chiamate, secondo i protocolli di comunicazione precedentemente configurati, a partire dalle 5:50 solari, in sequenza per tutte le stazioni. Per ridurre al minimo le possibilità di insuccesso i tentativi di chiamata sono ripetuti per 5 volte. Successivamente, i dati sono archiviati sul File Server dell'UF Geodesia dopo essere stati sottoposti ad un primo controllo di qualità. Nel caso si fossero riscontrate mancanze di dati parziali o totali vengono inviati via e-mail i sopra citati messaggi, ad una lista di responsabili, con l'indicazione del file contenente l'errore. In questo modo si può intervenire manualmente richiamando le stazioni e scaricando i dati nuovamente, così correggendo eventuali errori dovuti essenzialmente alla connessione telefonica tra i dispositivi.

Infine con un'ultima procedura si rispediscono i dati ad un server grafico, appositamente creato, nella sala monitor, in modo da visualizzare i mareogrammi nel loro insieme (Fig. 12).

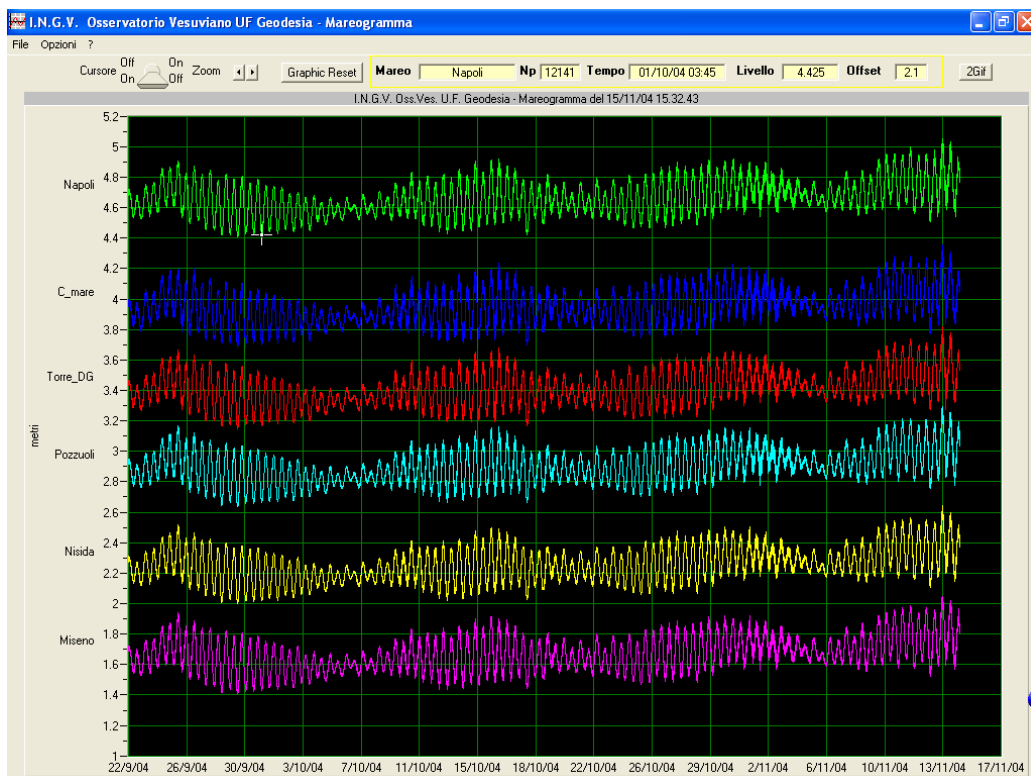


Figura 12 Schermata tipica per la visualizzazione contemporanea dei segnali acquisiti.

Il server grafico gestisce un programma che resta in attesa di ricevere i dati mareografici inviati dalla sala server, per poterli poi visualizzare come indicato in Fig. 12. Tale programma offre la possibilità di vari livelli di zoom e di offset, oltre alla scelta delle stazioni da visualizzare. Il protocollo di comunicazione usato è il TCP/IP per cui il server grafico può risiedere in un punto qualunque della rete internet. In particolare, la struttura utilizzata è di tipo *client/server*. Il *server* (in sala monitor) si occupa della ricezione dei dati mareografici e della loro visualizzazione, controllando una porta TCP/IP sulla quale attende l'arrivo dei dati, cadenzati in modalità giornaliera. Le opzioni previste sono:

- scelta delle stazioni da visualizzare e relativo offset;
- configurazione degli assi (selezione temporale);
- differenza tra due serie temporali (anche sulle serie mediate all'ora o al giorno);
- calcolo retta di regressione e relativi coefficienti di correlazione;
- ingrandimento e trascinamento del grafico;
- indicazione sui valori nel punto di posizionamento del cursore;
- creazione immagini in formato .gif.

Il *client* (nella sala "Geodesia") lavora in modalità temporizzata sul calcolatore dedicato alla Mareografia. Esso si occupa dell'invio dei dati mareografici, una volta al giorno ad orario fissato, in connessione con l'ambiente grafico Hydras 3.

6. Sviluppi futuri

Una volta raggiunto uno standard adeguato per la ristrutturazione della precedente rete mareografica, gli sviluppi futuri, compatibilmente con i finanziamenti dedicati a questo settore, saranno fundamentalmente indirizzati a:

1. aumentare i punti di rilevazione sia all'interno delle Baie di Napoli e Pozzuoli che nelle zone prospicienti non interessate direttamente dai fenomeni vulcanici, per una più dettagliata ricostruzione delle deformazioni del suolo nelle aree costiere ricadenti nei distretti vulcanici del Vesuvio, dei Campi Flegrei e di Ischia. In tale ottica sono in corso di installazione i siti di Pozzuoli Molo Sud Cantieri (POMS), nella parte più centrale della baia di Pozzuoli; Ischia Forio, per iniziare il monitoraggio mareografico sull'isola di Ischia; Gaeta, per vincolare le

nostre osservazioni con un punto al di fuori della caldera flegrei; Capri (o in alternativa Sorrento), per meglio monitorare la parte più meridionale del golfo di Napoli (Tab. 1).

2. installare siti di misura lungo le coste meridionali del Tirreno, alla luce degli effetti dell'onda anomala prodotta dalla frana di Stromboli nel dicembre 2002, per meglio comprendere gli effetti di fenomenologie estreme. In tale ottica, è stata già attivata la richiesta di autorizzazione per il sito di Agropoli (Tab.1).
3. esportare le conoscenze e le competenze sviluppate per le aree vulcaniche napoletane verso altre aree vulcaniche (Eolie e Pantelleria), in collaborazione con altre sezioni dell'INGV interessate.
4. concludere la sperimentazione del sensore ad ultrasuoni nel sito di Miseno.
5. avviare la sperimentazione di un sensore radar.
6. avviare la sperimentazione di un sensore da fondo.
7. utilizzare sistemi di trasferimento dati via satellite.

N°	Sigla	Località	LAT-N	LONG-E	Stato
1	NAPT	Napoli Porto	40°50'28"N	14°16'11"E	Attiva
2	POPT	Pozzuoli Porto	40°49'24"N	14°07'06"E	Attiva
3	MISE	Miseno	40°47'26"N	14°04'42"E	Attiva
4	NISI	Nisida	40°47'52"N	14°10'04"E	Attiva
5	TRDG	Torre del Greco	40°47'08"N	14°21'45"E	Attiva
6	CSMS	Castellammare di Stabia	40°41'28"N	14°28'27"E	Attiva
7	POMS	Pozzuoli Molo SudCant.			In attivazione
8	FORI	Forio d'Ischia			In attivazione
9	GAET	Gaeta			In attesa di autorizzazione
10	AGRP	Agropoli			In attesa di autorizzazione
11	CPRI	Capri			Ricerca sito

Tabella 1 Stazioni Mareografiche Rete Osservatorio Vesuviano attive o previste.

7. Analisi mareogrammi.

L'analisi dei segnali mareografici, svolta correntemente all'interno dell'Unità Funzionale Geodesia, è focalizzata su tre tematiche: analisi delle deformazioni del suolo

nelle aree vulcaniche, analisi sulle variazioni del livello medio marino, analisi di fenomeni di generazione e propagazione di onde anomale.

Per quanto riguarda l'analisi delle deformazioni del suolo, essa viene effettuata, per l'area vesuviana, riferendo i dati del livello marino della stazione di Torre del Greco a quella di Napoli; per quanto riguarda l'area flegrea, le misure, registrate a Pozzuoli, sono riferite alla stazione di Napoli. La stabilità relativa delle stazioni di riferimento viene periodicamente verificata tramite livellazione di precisione di un caposaldo prossimo al mareografo e collegato alla rete di livellazione IGM e misure gravimetriche.

I dati vengono elaborati per ridurre gli effetti meteo-marini che possono essere responsabili di apparenti movimenti del suolo. Infatti, anche in assenza di deformazioni del suolo, variazioni del livello del mare sono causate principalmente da effetti mareali e dall'interazione atmosfera-mare, oltre che da effetti a bassa frequenza come, per esempio, lo scioglimento dei ghiacciai. Nelle aree vulcaniche attive, variazioni locali del livello marino possono essere causate da movimenti (subsidenze o sollevamenti) associati con la dinamica dei vulcani, rappresentando, quindi, un indicatore importante per il sistema di sorveglianza dei vulcani attivi. In questo contesto è necessaria un'accurata misura del livello marino in più siti per discriminare al meglio tra variazioni reali e apparenti, tramite il confronto tra più registrazioni al fine anche di migliorare il rapporto segnale/rumore.

Il mareogramma osservato in ciascun sito può essere considerato come la somma di due termini, uno per il *background* mareale e l'altro che tiene conto del rumore, degli effetti di siti e della eventuale deformazione del suolo. Per cui la deconvoluzione tra il sito di interesse e quello di riferimento, abbastanza prossimo da avere simile *background* fornisce una stima della eventuale deformazione. In Fig. 13 è mostrata la deformazione verticale del suolo ricavata per il sito di Pozzuoli confrontata con quella determinata dalla livellazione geometrica di precisione.

8. Funzionalità della Rete Mareografica

Le operazioni effettuate per il miglioramento strumentale e delle installazioni hanno ridotto sensibilmente le avarie e quindi gli interventi di manutenzione straordinaria.

Il riconoscimento di anomalie nello scarico viene evidenziato prontamente, tramite procedure di controllo dell'integrità dei dati trasferiti dalle stazioni remote. La verifica giornaliera dei segnali acquisiti consente di verificare il corretto funzionamento della catena strumentale, nonché l'aggiornamento dell'analisi preliminare dei segnali, ai fini dello studio delle deformazioni del suolo.

In caso di avaria alla strumentazione le operazioni di ripristino avvengono di norma entro 24-36 ore. La standardizzazione di tutti gli apparati e l'impiego di strumentazione modulare consente, inoltre, rapidi e semplificati interventi tecnici per il ripristino della piena funzionalità.

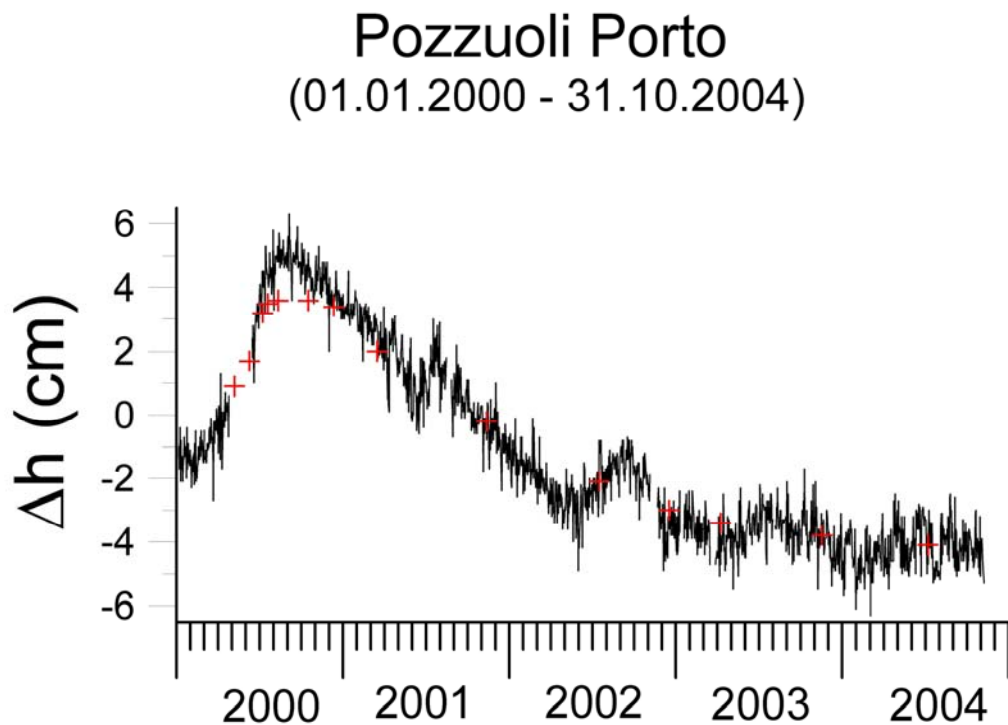


Figura 13 Deformazione del suolo al porto di Pozzuoli come dedotta dall'analisi dei dati mareografici (decimati a campionamento giornaliero). Le croci rosse indicano le variazioni di quota del caposaldo di livellazione posto in prossimità della cabina mareografica. Il livello di riferimento è dato dalla livellazione dell'ottobre 1999.

9. Sistema informatico

Per l'archiviazione, la gestione e la distribuzione dei segnali, la rete mareografica si avvale del sistema informatico sviluppato dall'Unità Funzionale di Geodesia, che, interagendo con la banca dati, permette di concentrare, archiviare e pubblicare i dati provenienti da tutte le reti di monitoraggio gestite dall'UF.

Il calcolatore che gestisce la rete mareografica è connesso al fileserver sulla rete intranet geodesia (sottorete privata) dove sono condivise le cartelle di archiviazione dei dati, organizzate con strutture ad albero, allo scopo di permettere il corretto reperimento delle informazioni. Nel caso dei segnali mareografici, la struttura ad albero è la seguente (Fig. 14).

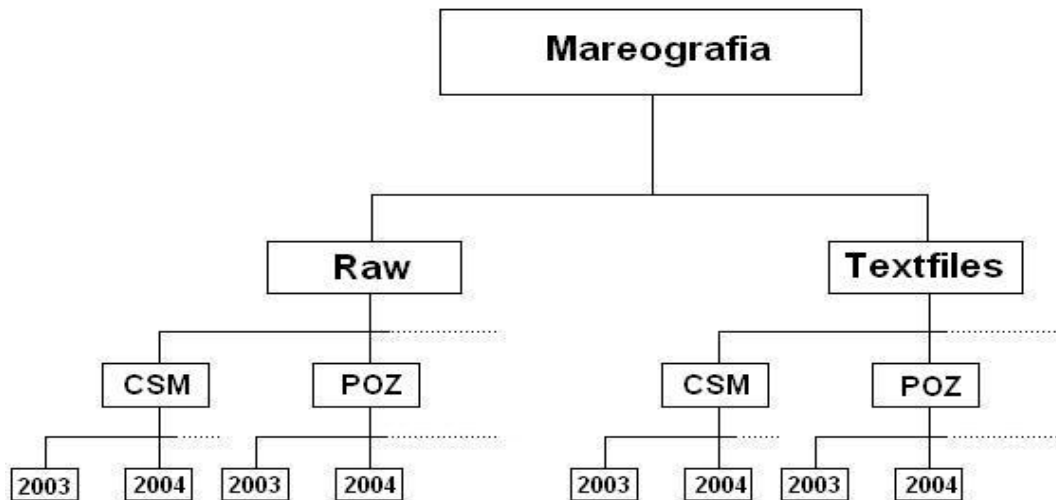


Figura 14 Struttura ad albero del database mareografico

Un ulteriore server (il database server) archivia e distribuisce verso l'esterno le informazioni caratteristiche delle reti di monitoraggio, come, ad esempio, notizie sulla strumentazione e sulle tecniche. Tali informazioni sono organizzate secondo i modelli logici di un database di tipo relazionale (RDBMS). Il sistema si pone, infine, come obiettivo l'utilizzo del formato XML (eXtended Markup Language) quale standard per la condivisione in rete delle informazioni monografiche dei siti di misura e delle caratteristiche di acquisizione dei dati geodetici.

9. Conclusioni

La rete mareografica dell'Osservatorio Vesuviano, negli ultimi tre anni, è stata ammodernata, trasformandola da una rete analogica, con acquisizione cartacea locale, oramai obsoleta, in una rete digitale, con trasmissione automatica del dato in tempo quasi-reale, con la possibilità (a breve sfruttata) di monitorare contemporaneamente anche altri parametri di interesse. Sono state avviate e continueranno sperimentazioni di altre tipologie di sensori e metodi di trasmissione dati, che consentiranno alla rete di mantenersi in costante aggiornamento. L'utilità di mantenere e sviluppare una rete mareografica è testimoniata dalla capacità di rilevare le deformazioni del suolo (per esempio nell'area flegrea come mostra la Fig. 13), con notevole affidabilità ed in modo continuo, come evidenziano le esperienze degli ultimi anni. Tale operazioni è stata resa possibile anche grazie alle sinergie che si sono potute sviluppare all'interno dell'UF Geodesia.

La funzionalità della rete mareografica è migliorata nel tempo e rappresenta oggi una ottima base per sviluppi futuri a carattere sia locale, per il monitoraggio dell'area vulcanica napoletana, sia nazionale.

Ringraziamenti

Le operazioni svolte ed i risultati ottenuti sono il frutto di una continua collaborazione con i colleghi dell'Unità Funzionale Geodesia dell'Osservatorio Vesuviano (<http://www.ov.ingv.it/geodesia>). In particolare si desidera ringraziare Folco Pingue, responsabile dell'Unità Funzionale, per il continuo stimolo alle nostre attività quotidiane, Francesco Obrizzo per i sempre pertinenti suggerimenti, Paolo Capuano per la supervisione e la programmazione della ristrutturazione e dello sviluppo della rete. Ringraziamo Gianpaolo Cecere per la collaborazione relativa all'inserimento dei segnali mareografici nel data-base dell'UF. Il miglioramento e l'aggiornamento della Rete Mareografica è stato realizzato nell'ambito della Convenzione INGV - Protezione Civile.

BIBLIOGRAFIA

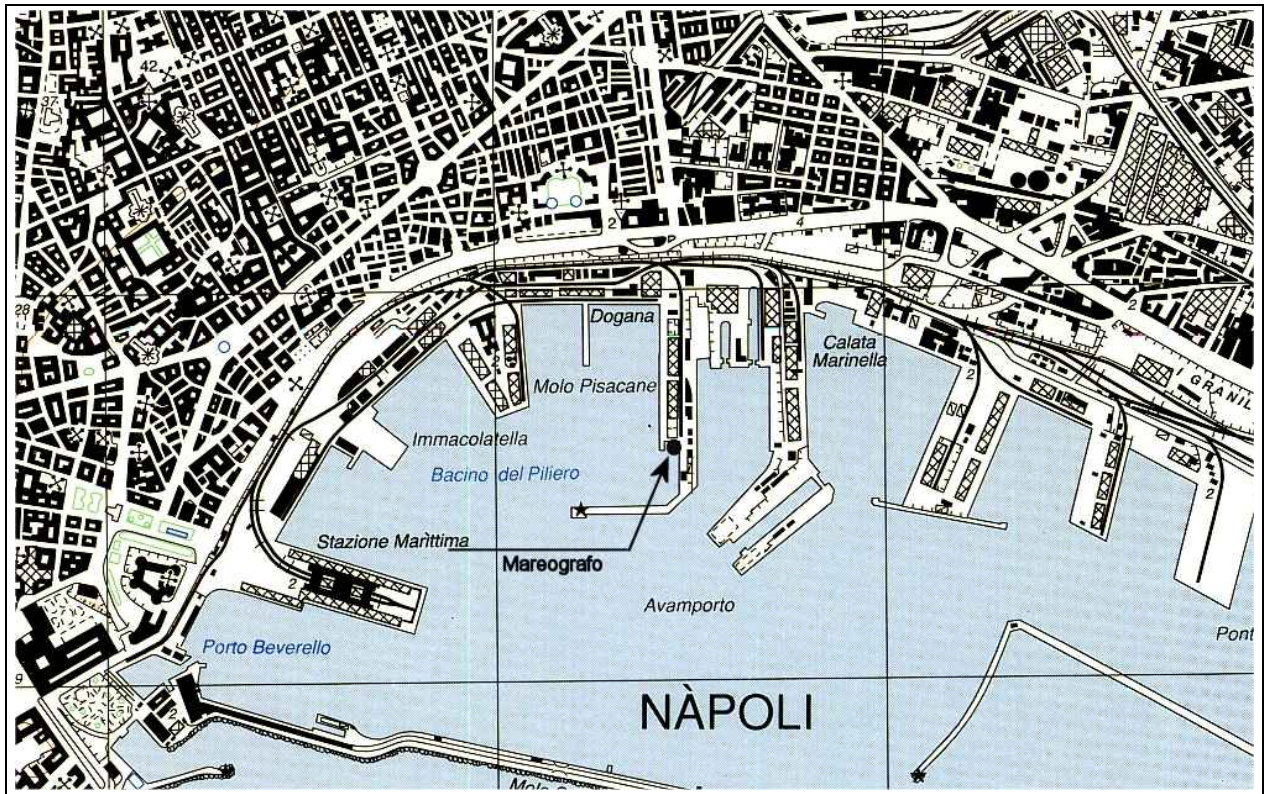
- Berrino G., 1998. Detection of vertical ground movements by sea-level changes in the Neapolitan volcanoes. *Tectonophysics*, **294**, 323-332.
- Capuano P., Buonocore B., Obrizzo F., Pingue F., Costa A., Macedonio G., Sansone E., 2004. Neapolitan tide gauge network: sea level variation recorded after the 30/12/2002 Strombolian flank collapse, *Geophysical Research Abstracts*, Vol. 6, 06463.
- Capuano P., Buonocore D., Tammaro U., Obrizzo F., La Rocca A., Pinto S., Russo A., Di Sena F., Pingue F., 2004. Caratteristiche spettrali delle variazioni del livello marino nelle baie di Napoli e Pozzuoli. *Atti 8^a Conferenza Nazionale ASITA*, **I**, 615-620
- Corrado G. and Luongo G., 1981. Ground deformation measurements in active volcanic areas using tide gauge. *Bull. Volcanol.*, **44**, 505-511.
- Pingue F., Capuano P., Del Gaudio C., Obrizzo F., Sepe V., Cecere G., De Martino P., La Rocca A., Malaspina S., Pinto S., Russo A., Serio A., Siniscalchi V., Tammaro U. Mareografia, CGPS e Livellazione : analisi congiunta per lo studio della dinamica delle aree vulcaniche attive, *Atti 7^a Conferenza ASITA*, **I**, 123-128.
- Speich S. and Moseetti F., 1988. On the eigenperiods in the Tyrrhenian sea level oscillations. *Il nuovo cimento*, **11**, 219-227.
- Tinti S., Bortolucci E., Romagnoli C., 2000. Computer simulations of tsunamis due to sector collapse at Stromboli, Italy. *J. Volcanol. Geotherm. Res.*, **96**, 103-128.
- Rabinovich A.B., 1997. Spectral analysis of tsunami waves: Separation of source and topography effect. *J. Geophys. Res.*, **102**, 12663-12676.



OSSERVATORIO VESUVIANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

RETE MAREOGRAFICA DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO



		SCHEMA TECNICA
Stazione	Napoli	
Sigla	NAPT	
Ente	INGV-OV	
Tipo	Thalimedes	
Latitudine	40°50'28"	
Longitudine	14°16'11"	
Data di aggiornamento	29/04/2003	
Descrizione monografica		
<p>La cabina mareografica è situata nel porto di Napoli, sul pontile di fronte all'ingresso del Carmine (inizio corso Garibaldi).</p>		





OSSERVATORIO VESUVIANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

RETE MAREOGRAFICA DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

		SCHEMA TECNICA
Stazione	Pozzuoli	
Sigla	POPT	
Ente	INGV-OV	
Tipo	Thalimedes	
Latitudine	40° 49' 24"	
Longitudine	14° 07' 06"	
Data di aggiornamento	10/10/2002	
Descrizione monografica		
<p>La cabina mareografica è situata all'inizio del molo del porto di Pozzuoli, prospiciente il Rione Terra .</p>		

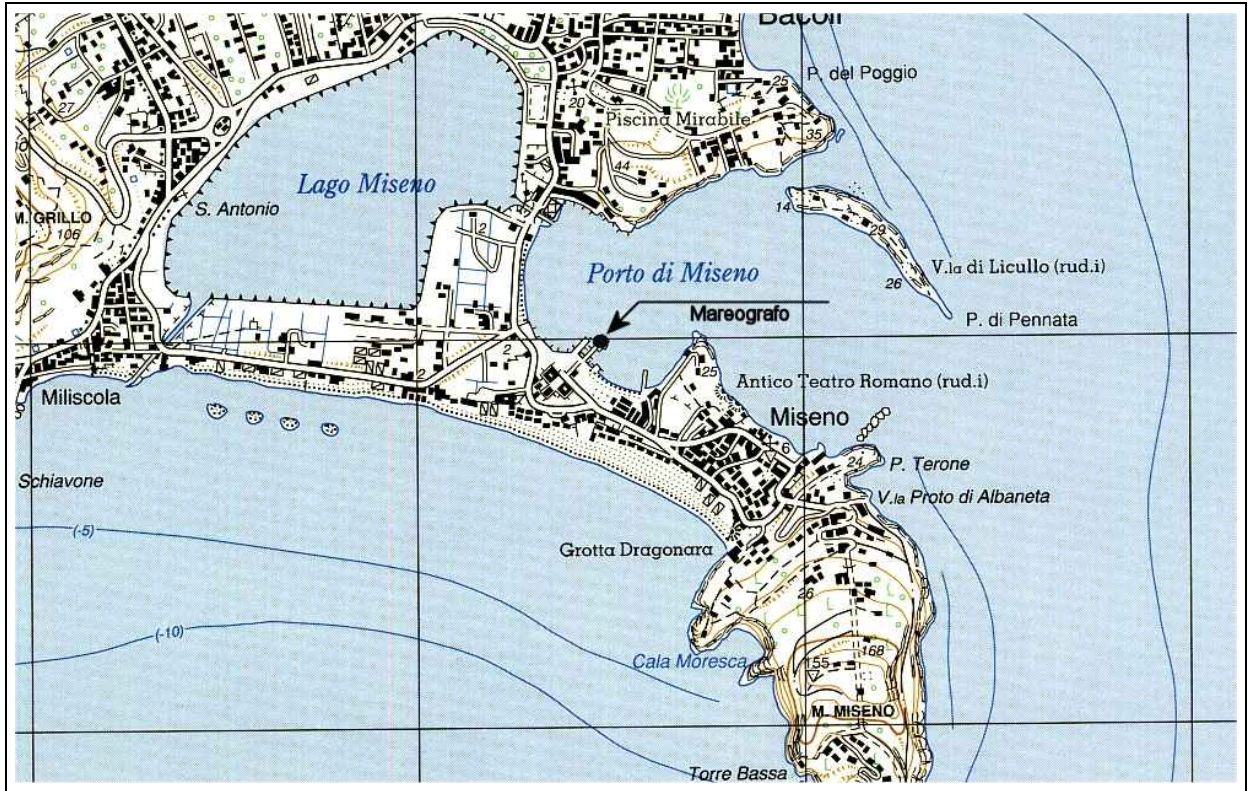




OSSERVATORIO VESUVIANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

RETE MAREOGRAFICA DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO



		SCHEMA TECNICA
Stazione	Miseno	
Sigla	MISE	
Ente	INGV-OV	
Tipo	Thalimedes	
Latitudine	40° 47' 26"	
Longitudine	14° 04' 42"	
Data di aggiornamento	10/10/2002	
Descrizione monografica		
<p>La cabina mareografica è situata nel porto di Miseno sul pontile della Guardia di Finanza.</p>		

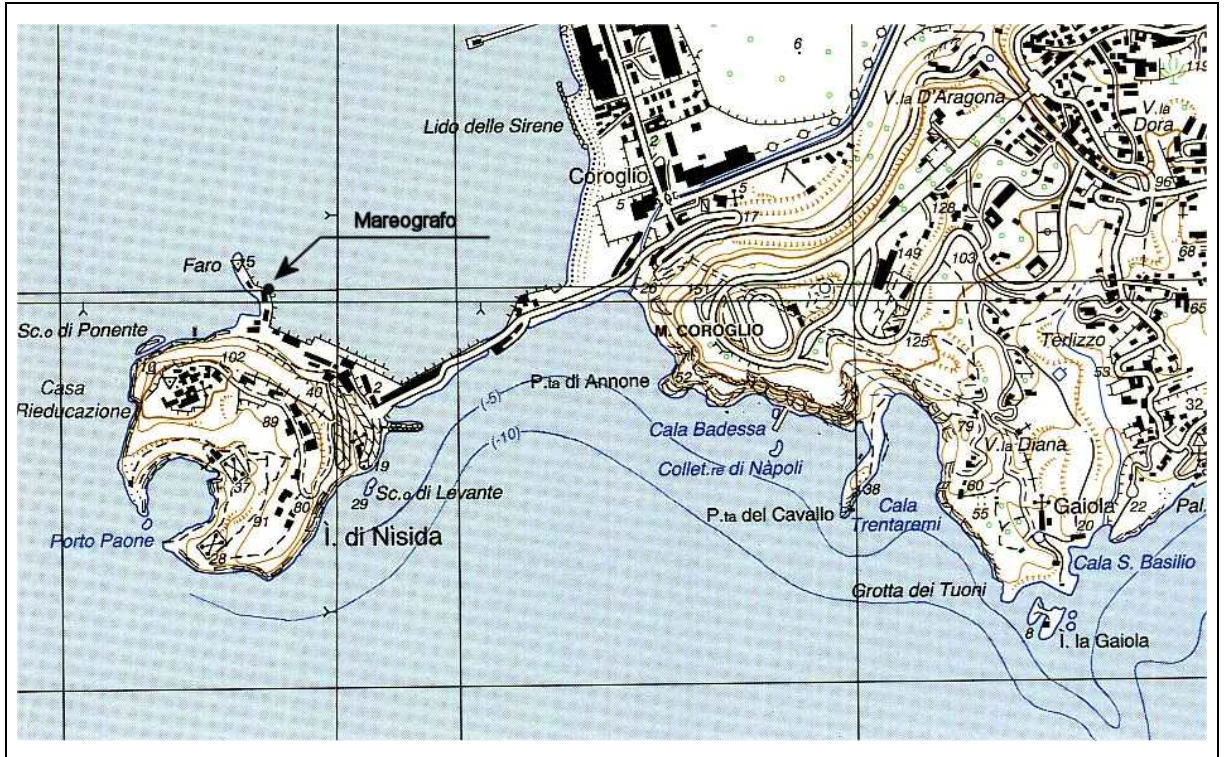




OSSERVATORIO VESUVIANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

RETE MAREOGRAFICA DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO



		SCHEMA TECNICA
Stazione	Nisida	
Sigla	NISI	
Ente	INGV-OV	
Tipo	Thalimedes	
Latitudine	40° 47' 52"	
Longitudine	14° 10' 04"	
Data di aggiornamento	19/12/2003	
Descrizione monografica		
<p>La cabina mareografica è situata nella base NATO, a circa metà del molo del porticciolo di Nisida.</p>		

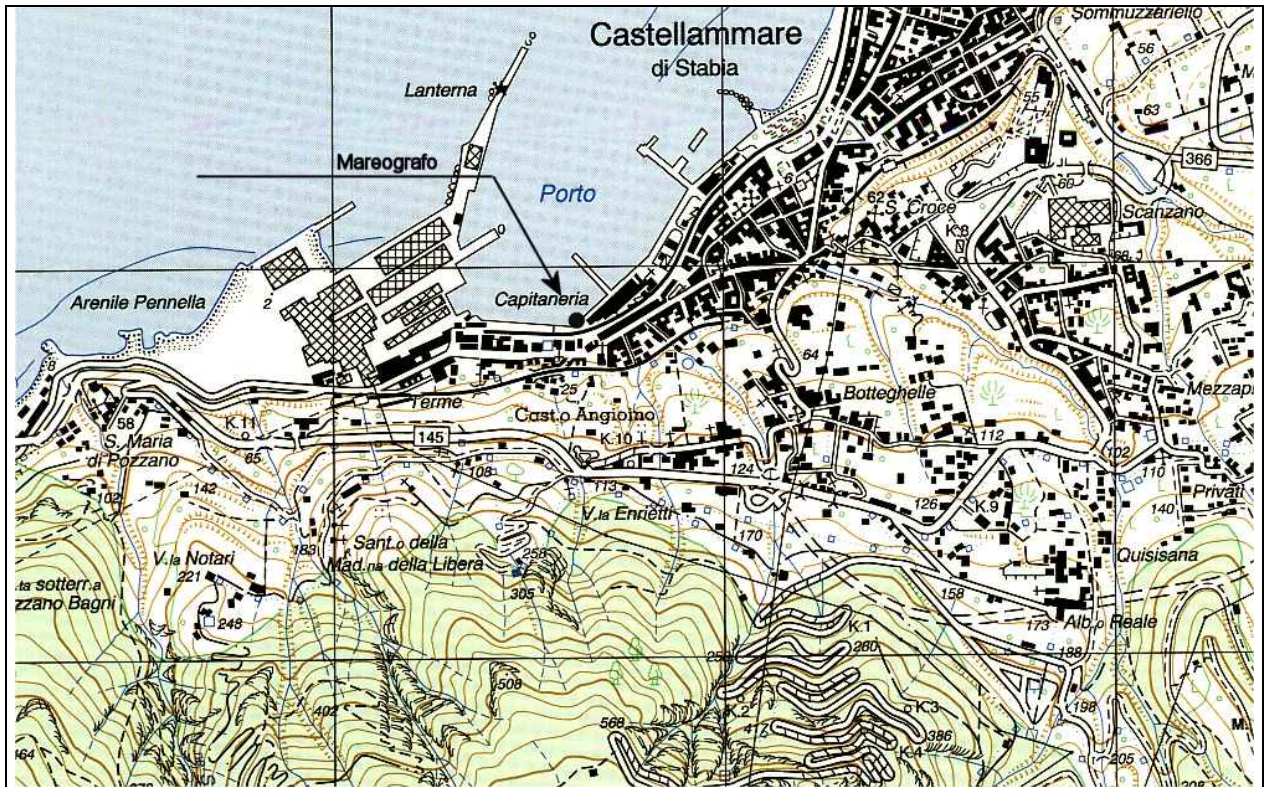




OSSERVATORIO VESUVIANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

RETE MAREOGRAFICA DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

		SCHEMA TECNICA
Stazione	Castellammare di Stabia	
Sigla	CSMS	
Ente	INGV-OV	
Tipo	Thalimedes	
Latitudine	40° 41' 28"	
Longitudine	14° 28' 27"	
Data di aggiornamento	30/04/2003	
Descrizione monografica		
<p>La cabina mareografica è situata nel Porto di Castellammare, circa alle spalle della Capitaneria di Porto.</p>		

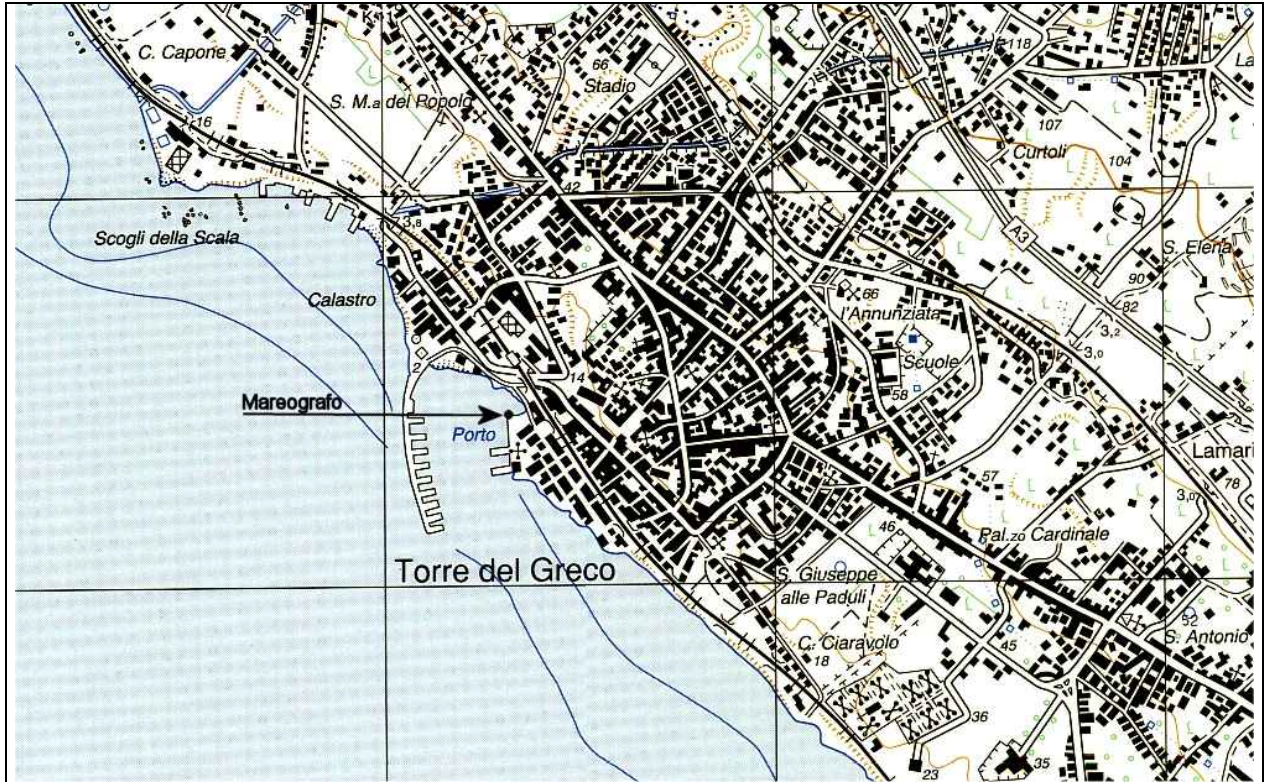




OSSERVATORIO VESUVIANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

RETE AREOGRAFICA DELL'OSSERVATORIO VESUVIANO

		SCHEDA TECNICA
Stazione	Torre Del Greco	
Sigla	TRDG	
Ente	INGV Oss. Ves	
Tipo	Thalimedes	
Latitudine	40° 47' 08"	
Longitudine	14° 21' 45"	
Data di aggiornamento	29/04/2003	
Descrizione monografica		
<p>La cabina mareografica è situata nel porto di Torre del Greco, all'angolo del molo corto.</p>		



APPENDICE A

Caratteristiche tecniche sensore Thalimedes

Measurement range Switch-selectable	± 19.999 m	± 199.99
Resolution	0.001 m	0.01 m
Accuracy	± 0.002 m ± 1 digit	± 0.002 m ± 1 digit

Data Logger Unit

Display	1 line LCD, 4 ½ positions, 12 mm character eight
Memory	approx. 30,000 measured values (EEPROM)
Sampling interval	1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 12, 15, 20, 30 min 1, 2, 3, 4, 6, 8, 12, 24 h
Interfaces	RS 232 C + infrared (IrDA)
Voltage supply	1 x 1.5 V "C-cell" (LR 14 C AM 2) alkaline type
Dimension (L x diam.)	244 x 47 mm
Weight	0.320 kg (incl. battery)
Housing material	Plastic
System of protection	IP 68
Temperature range	da -20 a + 70 °C

Encoder Unit

Float pulley circumference	200 mm
Standard float cable	1 mm diameter (other diameter can be adjusted)
Dimension (L x W x H)	82 x 82 x 34 mm
Weight	0.140 Kg
Housing material	Plastic
System of protection	IP 54
Temperature range	da -20 a + 70 °C
Trasducer cable lenght	1 m