



INGV – Sede di Portovenere
Via Pezzino Basso, 2 – 19020 Fezzano (SP)



CNR-ISSIA
Via de Marini 6 – 16149 Genova



TECLAB s.r.l.
Via delle Pianazze, 74 – 19136 La Spezia



Progetto n° 3

Sviluppo di una stazione portuale per la previsione dei flussi di marea meteorologica, finalizzata a costituire un servizio per la sicurezza della navigazione e per la protezione dei natanti nel Golfo della Spezia



Sistema per l'acquisizione e la trasmissione dei dati della stazione mareografica MENFOR

Sara Pensieri, CNR-ISSIA
Roberto Bozzano, CNR-ISSIA
Maurizio Soldani, INGV
Giovanna Piangiamore, INGV
Osvaldo Faggioni, INGV
Paolo Zangani, Teclab s.r.l.
Paolo Rege, Teclab s.r.l.

Rapporto Tecnico CNR-ISSIA

FESR-01-0906

Settembre 2006

Indice

Premessa	3
Organizzazione del documento.....	3
1. Introduzione.....	4
2. Stato dell'arte	5
3. Descrizione del metodo di indagine	6
4. La stazione mareografica MENFOR	7
Idrometro	8
GPS.....	8
Barometro.....	9
Gravimetro.....	10
5. Sistema di acquisizione e trasmissione dei dati	11
6. Dati acquisiti	17
7. Conclusioni e sviluppi futuri.....	19
Riferimenti bibliografici	20

Premessa

Il presente documento descrive i componenti e le funzionalità del sistema realizzato per l'acquisizione e la trasmissione dei dati della stazione mareografica MENFOR sviluppata nell'ambito del progetto "Sviluppo di una stazione portuale per la previsione dei flussi di marea meteorologica, finalizzata a costituire un servizio per la sicurezza della navigazione e per la protezione dei natanti nel Golfo della Spezia" supportato dal programma PRAI-FESR della Regione Liguria.

Il sistema qui descritto è stato realizzato con il contributo di tutti gli Enti coinvolti.

Organizzazione del documento

Il documento è suddiviso nei seguenti capitoli.

L'introduzione inquadra la tematica affrontata e descrive brevemente l'obiettivo del progetto rimandando al capitolo relativo allo Stato dell'Arte la spiegazione della fenomenologia di interesse. Il metodo di indagine viene illustrato nel successivo capitolo.

La descrizione di massima della strumentazione impiegata per la realizzazione del prototipo della stazione mareografica MENFOR è invece inclusa nel Capitolo 4.

Il Capitolo 5 è dedicato alla descrizione dettagliata dei moduli software realizzati per l'acquisizione e la trasmissione dei dati.

Il Capitolo 6 presenta infine alcuni esempi dei dati fino ad oggi acquisiti rimandando al successivo capitolo le conclusioni su quanto realizzato.

1. Introduzione

Il progetto di ricerca Meteo-tide Newtonian FORecasting (MENFOR) si propone di sviluppare e sperimentare un sistema tecnologico basato su metrologia gravitazionale, per la previsione dei tempi di arrivo e delle ampiezze delle onde di meteomarea per il porto di La Spezia.

Tale previsione, attualmente, non è disponibile sul mercato internazionale, pertanto il prodotto risulta essere altamente innovativo e di notevole interesse in quanto nei porti liguri e, in generale, in quelli tirrenici, il controllo dei parametri armonici delle onde di meteomarea consente di fornire un efficace servizio di sicurezza nel settore della navigazione d'approccio alle strutture portuali mercantili e diportistiche, nella gestione del servizio di disimpegno cantieristico, nei controlli di bilancio del ricambio di acqua dei bacini portuali e, infine, nella sicurezza della navigazione di traffico portuale.

La stazione di monitoraggio è costituita da un idrometro ad ultrasuoni per la misura dell'onda di marea di reazione geodetica, di un barometro per le misure relative alla pressione, di un gravimetro in grado di misurare lo sbilanciamento geodetico e meteorologico del livello del mare e di un ricevitore GPS necessario per garantire la corretta sincronizzazione temporale fra i vari sensori.

L'integrazione degli strumenti sopra citati permette di ottenere un previsore di meteomarea: la misura gravimetrica, legata ad un riferimento temporale assoluto, indica l'intervallo di tempo in cui è avvenuto uno sbilanciamento geodetico, mentre l'idrometro permette di conoscere il tempo di arrivo dell'onda di marea di compensazione geodetica e proprio analizzando la statistica del ritardo di compensazione, è possibile ottenere la legge di coerenza temporale fra l'impulso gravitazionale meteorologico che genera la meteomarea e la sua compensazione.

Il contenuto innovativo del progetto consiste nell'integrazione di strumenti quali barometro, idrometro e gravimetro, disponibili nel mercato della ricerca applicata, ma utilizzati abitualmente in ambienti commerciali differenti, quali l'ambito di stazioni mareografiche per quanto concerne barometro e idrometro e di ricerche minerarie per il gravimetro.

L'integrazione degli strumenti supporta lo studio sperimentale della meteomarea basato sull'acquisizione dei dati, sulla gestione fisico-numerica e sulla trasmissione di segnali geofisici di natura differente e, quindi, permette di produrre sia in ambito hardware che software un sistema di acquisizione automatica di misure ambientali multisensoriali.

2. Stato dell'arte

Il termine meteomarea o marea meteorologica, indica il movimento di masse d'acqua dovuto alla variazione del livello del mare causata dal vento e dalle differenze di pressione atmosferica, in intervalli compresi tra alcuni giorni e poche ore.

La componente barica di tali flussi, di bassa frequenza rispetto a quelli astronomici, rappresenta l'adeguamento geodetico della superficie marina rispetto ad una variazione nelle condizioni di densità della colonna d'aria che la sovrasta.

In molte località portuali l'ampiezza dei massimi delle onde di meteomarea risulta essere superiore ai valori massimi misurati nel caso di maree astronomiche, in particolare nei porti tirrenici vi può anche essere una differenza di circa 4 o 5 ordini di grandezza ed il fenomeno si verifica circa 15-25 volte all'anno, sebbene le previsioni circa le future condizioni climatiche prevedano un ulteriore aumento della stima.

Le perturbazioni meteorologiche producono ulteriori oscillazioni, dette sesse, causate da un rapido e temporaneo dislivello del mare che ristabilisce la condizione normale proprio mediante tali oscillazioni.

Il fenomeno in analisi rappresenta una delle problematiche principali nella navigazione di approccio portuale o di disimpegno cantieristico e attualmente in ambito internazionale non esiste un sistema automatico in grado di fornire un'efficace previsione del fenomeno stesso, ciò è dovuto principalmente al fatto che tra la spinta newtoniana d'innescamento di origine barico-atmosferica e le informazioni temporali e di ampiezza della risposta mareale di compensazione, si ha la mediazione fisica di molteplici parametri morfologici, oceanografici e fisici non controllabili.

Un ulteriore ostacolo è rappresentato dal fatto che la corrispondenza causa-effetto è specifica di ogni porto e non sempre diretta: infatti, la correlazione fra la variazione di pressione atmosferica e l'adeguamento della superficie del mare è generica sia in sfasamento temporale che in ampiezza, ciò implica l'impossibilità di utilizzare la sola misura barometrica per una previsione efficace.

Analizzando nello specifico gli aspetti ambientali, le meteomaree governano i maggiori impulsi di flusso-riflusso delle acque portuali e quindi sono fondamentali sia nella dispersione degli inquinanti che sul bacino di ossigenazione delle acque.

La conoscenza del fenomeno potrebbe, quindi, non solo indicare la resistenza ambientale all'impatto con i porti, ma anche modulare le attività umane che generano un impatto ambientale straordinario sugli specchi di acqua portuali.

Nel caso di un bacino portuale che deve essere sottoposto ad attività di interazione con i fondali, quali il dragaggio dei canali di navigazione, infatti, la conoscenza statistica del periodo stagionale di massimo ricambio d'acqua e la capacità di predire i tempi del ricambio stesso risultano dati decisivi nella minimizzazione dell'impatto ambientale, perché possono fornire indicazioni sui tempi ambientali più idonei all'esecuzione dei lavori.

L'obiettivo del progetto MENFOR è proprio quello di fornire una risposta alle problematiche della previsione misurando direttamente l'ampiezza e il tempo d'innescamento della spinta newtoniana utilizzando un microgravimetro e congiuntamente misurare l'ampiezza ed il tempo di ritardo di meteomarea grazie ad una stazione meteomareografica standard.

Inoltre dall'analisi dei dati sarà possibile ottenere una legge sperimentale che evidenzia la correlazione fra i due fenomeni.

Ciò comporta quindi il progettare e realizzare una Stazione Meteomareografica Newtoniana (SMN) che permetta di prevedere i flussi delle meteomaree.

3. Descrizione del metodo di indagine

I flussi di meteomarea possono essere considerati, in prima approssimazione, adeguamenti della superficie del geoide alle variazioni del peso atmosferico locale.

Come precedentemente accennato, sulla base della sola conoscenza della variazione di pressione atmosferica, non si possono prevedere in modo efficace né i tempi né le ampiezze della reazione della superficie geodetica, intesa come superficie libera del mare, alla variata condizione di peso atmosferico.

Sia i tempi di flusso e riflusso che le ampiezze, dipendono da numerosi fattori, alcuni scarsamente noti, fra i quali prevalgono la morfologia della costa e del fondale sebbene un ruolo fondamentale sia giocato stagionalmente delle correnti.

Attraverso l'uso del gravimetro è tecnicamente misurabile la spinta che genera il flusso di meteomarea al variare delle condizioni atmosferiche che flettono il geoide: un aumento di peso dell'atmosfera induce una flessione di adeguamento newtoniano nella superficie del mare e quando la causa generatrice di tale adeguamento cessa di agire, la superficie marina si trova in condizioni di sbilanciamento geopotenziale ciò implica la generazione di una anomalia gravimetrica che induce il flusso di marea che la compensa, per cui si ha un ritorno al geoide "iniziale".

L'uso del gravimetro fornisce un dato previsionale essenziale in quanto tale strumento può misurare l'entità newtoniana dello sbilanciamento geodetico e, accoppiato ad un ricevitore GPS, il momento in cui tale sbilanciamento si imposta.

Integrando il gravimetro anche con un mareografo, si ottiene la misura dell'onda di meteomarea e, tramite il ricevitore GPS, il tempo di arrivo dell'onda di meteomarea: la differenza fra i due tempi di arrivo di massimo segnale, gravimetrico e mareografico, consiste nel tempo di flusso o riflusso di meteomarea. In tal modo si ottiene il ritardo fra l'impostazione della causa generatrice, ossia lo sbilanciamento della superficie geodetica di origine meteorologica e la reazione geodetica del flusso di marea.

Una coerente statistica di queste misure è in grado di fornire la *legge di ritardo di meteomarea* caratteristica di ogni porto rendendo la misura gravimetrica quale previsore del tempo di flusso di meteomarea che nel golfo della Spezia, luogo deputato al primo esperimento di misura, può essere, come detto, anche di quattro volte superiore a quella astronomica.

4. La stazione mareografica MENFOR

A metà gennaio 2006 è stata installata, con il parziale contributo dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e del Territorio (APAT, Roma), una prima stazione mareografica standard successivamente integrata da un gravimetro.

La stazione mareografica è stata posizionata presso Porto Lotti nel Golfo della Spezia (Figura 1) mentre il microgravimetro, sia per la sua delicatezza che per il suo elevato valore, è stato temporaneamente collocato presso Teclab s.r.l. per le prove di collaudo preliminari ed in attesa dell'approntamento del sito definitivo.

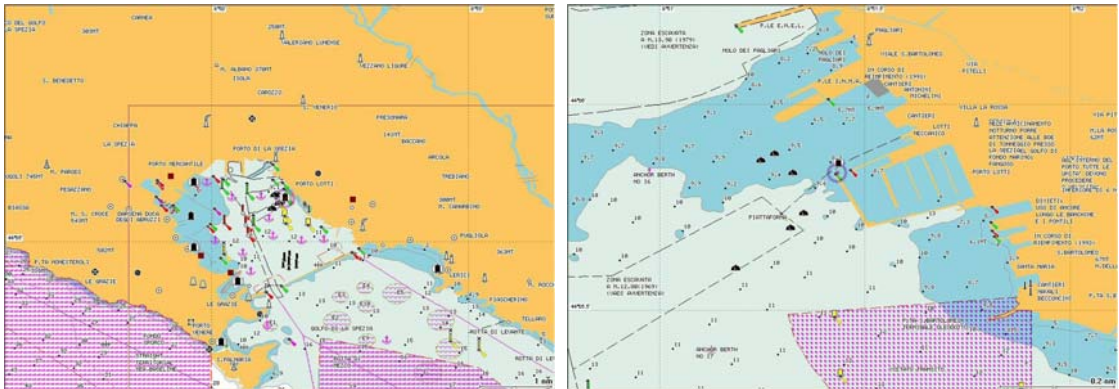


Figura 1. Carta nautica del porto di La Spezia nel quale è stata installata la stazione mareografica newtoniana.

La figura 2 mostra la stazione mareografica standard installata presso il porticciolo turistico Porto Lotti all'interno del porto di La Spezia.



Figura 2. La stazione mareografica standard (APAT) installata sul molo esterno di porto Lotti all'interno del porto della Spezia con, in dettaglio, l'idrometro ad ultrasuoni.

Di seguito vengono brevemente illustrate le principali caratteristiche degli strumenti impiegati nella realizzazione della stazione mareografica MENFOR. Per maggiori e più dettagliate informazioni si rimanda alla documentazione tecnica in riferimento.

Idrometro

L'idrometro utilizzato è il sensore ID0710 di costruzione SIAP+Micros s.r.l., trasduttore ad ultrasuoni di tipo ceramico in grado di generare impulsi verso la superficie della quale occorre misurare la distanza e di rivelare gli echi di ritorno; in particolare, il sensore ad ultrasuoni collocato all'estremità in aria del tubo di calma, invia un impulso acustico verso la superficie del mare ed attende il ritorno dell'eco riflesso dall'interfaccia acqua/aria.

L'elettronica di controllo effettua una misura del tempo di andata/ritorno del segnale da cui, nota la velocità del suono in aria pari a circa 343 m/sec, si risale alla distanza tra il sensore e la superficie del mare, inoltre, nota la posizione del sensore ad ultrasuoni rispetto allo zero convenzionale 0 IGM, dove IGM (Istituto Geografico Militare), si riferisce il livello del mare allo stesso 0 IGM.

Per tenere conto della variazione della velocità del suono in funzione della densità dell'aria, il sensore è dotato di un trasduttore per la misura della temperatura dell'aria che permette, quindi, di compensare la misura stessa in modo automatico.

Il sensore possiede 27 parametri misurati programmabili tra cui la calibrazione della distanza, il *range* di misura nel campo da 0 a 15 m, il numero di impulsi emessi per ogni singola acquisizione in modo da adattare la potenza di emissione alla distanza ed alle condizioni ambientali, il *range (Out of Range Span)* entro il quale il dato può variare da una acquisizione alla successiva, il numero di *Out of Range*, consecutivi che si devono verificare affinché la variazione sia accettata, il numero di campionamenti da mediare per ottenere la misura e la possibilità di utilizzare una misura relativa. Inoltre è possibile aggiungere o togliere un offset a partire dal sensore e configurare la regolazione sia grossolana che fine della relazione esistente fra il campo di misura e l'uscita in corrente.

Allo scopo di eliminare eventuali perturbazioni dovute alla presenza di altri apparati all'interno del pozzetto di calma, il sensore è provvisto di una "guida d'onda" in materiale plastico che convoglia le onde sonore in un fascio cilindrico.

Inoltre un tubo di calma permette l'ingresso dell'acqua solamente attraverso due-tre fori abbastanza piccoli, con diametro di un paio di centimetri, praticati all'estremità immersa: questo fa sì che le misure risentano il meno possibile delle oscillazioni veloci del livello del mare.

GPS

Lo strumento GPS utilizzato è il modello Garmin 16LVS [1], composto da ricevitore ed antenna integrati e caratterizzato dal tracciare 12 satelliti alla volta, garantendo un aggiornamento ogni secondo e bassi consumi di potenza. Il sensore ha al suo interno una memoria di tipo flash, che consente di memorizzare dati critici relativi ai satelliti, quali i parametri orbitali, l'ultima posizione nota, la data e l'orario.

La porta seriale deve essere impostata con il seguente settaggio:

Baud Rate = 9600 bit/sec

Data bit = 8

Parity = nessuna

Stop Bit = 0

Controllo di flusso = nessuno

Terminata la fase di *power-up*, il sensore trasmette dati in formato NMEA in continuo e non ha bisogno di nessuna ulteriore inizializzazione; grazie alla tecnologia di costruzione, inoltre, il ricevitore è adatto ad essere utilizzato per applicazioni in ambiente marino, quali il nostro progetto.

Barometro

Il barometro utilizzato è lo strumento digitale VAISALA PTB220 [2] con interfaccia seriale RS232C, full duplex bidirezionale, configurabile da utente circa la modalità di funzionamento, la stringa in output, la risoluzione e l'unità di misura dei dati acquisiti. I parametri di comunicazione della porta seriale devono essere impostati nel seguente modo:

Baud rate = 9600 bit/sec

Data bits = 7

Parità = pari

Stop bit = 1

Controllo di flusso = XON/XOFF.

La scelta della modalità di funzionamento dipende dalle applicazioni, in generale è possibile settare lo strumento in modalità *RUN*, il che implica un'acquisizione in continua con un intervallo temporale scelto da utente, oppure utilizzare un meccanismo di *polling* per cui è l'utente che richiede l'acquisizione con un comando di *SEND* ogni volta che desidera ottenere un dato.

Nell'ambito del progetto MENFOR si è preferita la configurazione di trasmissione in continua con una frequenza di acquisizione scelta da utente, mentre si è settata la stringa in output in modo da ottenere il valore della pressione in hectoPascal [hPa] con una precisione al millesimo.

La figura 3 mostra il barometro nell'alloggiamento delle batterie della stazione mareografica installata presso il porto di La Spezia.



Figura 3. Il barometro sistemato all'interno del vano batteria della stazione mareografica standard.

Il software sviluppato, prevede anche la possibilità di ottenere come output oltre alla misura precedente anche le informazioni relative a:

Trend della pressione, ossia una previsione basata sui dati acquisiti le tre ore precedenti

Codice di tendenza circa il valore della pressione valutato in base all'acquisizione dei dati delle tre ore precedenti e conforme al Manuale di Codice della World Meteorological Organization (WMO)

Temperatura con precisione al millesimo

Presenza di eventuali errori

Indicatore di stabilità.

Gravimetro

Il gravimetro utilizzato è il Portable Earth Tide Meter (PET) [3] (Figura 4), costituito essenzialmente dai seguenti tre moduli:

Il *Meter Box* contenente il sensore di gravità e costituito da un *Zero Length spring* a lenta deriva e da un sistema a retroazione basato su di un *Capacitance Position Indicator*. Al suo interno è presente la circuiteria del sistema di acquisizione e i dati acquisiti sono digitalizzati da un convertitore A/D a 24 bit.

Electronics Box: è formato essenzialmente dal *Timing Module*, composto da un ricevitore GPS, un orologio al Rubidium con sincronizzatore GPS, una scheda di acquisizione multisensoriale e connettori per alimentazione e comunicazione con un PC e da un UPS. La scheda di acquisizione multisensoriale ha il compito di acquisire sia i dati dal GPS sia quelli del sistema DAQ.

Il computer portatile nel quale funziona il programma di configurazione ed acquisizione TIDEACQ che permette di memorizzare i dati acquisiti in due file distinti: il *data.csv* viene creato ogni minuto e consta di 19 colonne, mentre il *year_day_meterNumber.dat* è creato ogni 24 ore ed è costituito da 22 colonne. I dati memorizzati riguardano informazioni orarie, gravità e sua correzione, temperatura e pressione dell'ambiente.



Figura 4. Il gravimetro PET con il relativo computer portatile per l'acquisizione delle misure.

5. Sistema di acquisizione e trasmissione dei dati

Il sistema di acquisizione sviluppato prevede l'integrazione software dei sensori descritti nel capitolo precedente e la trasmissione dei dati acquisiti via modem GSM, il tutto sviluppato in moduli distinti, indipendenti, in modo da poter essere utilizzati anche in caso di defezione di qualche sensore.

La figura seguente mostra lo schema di principio del sistema realizzato.

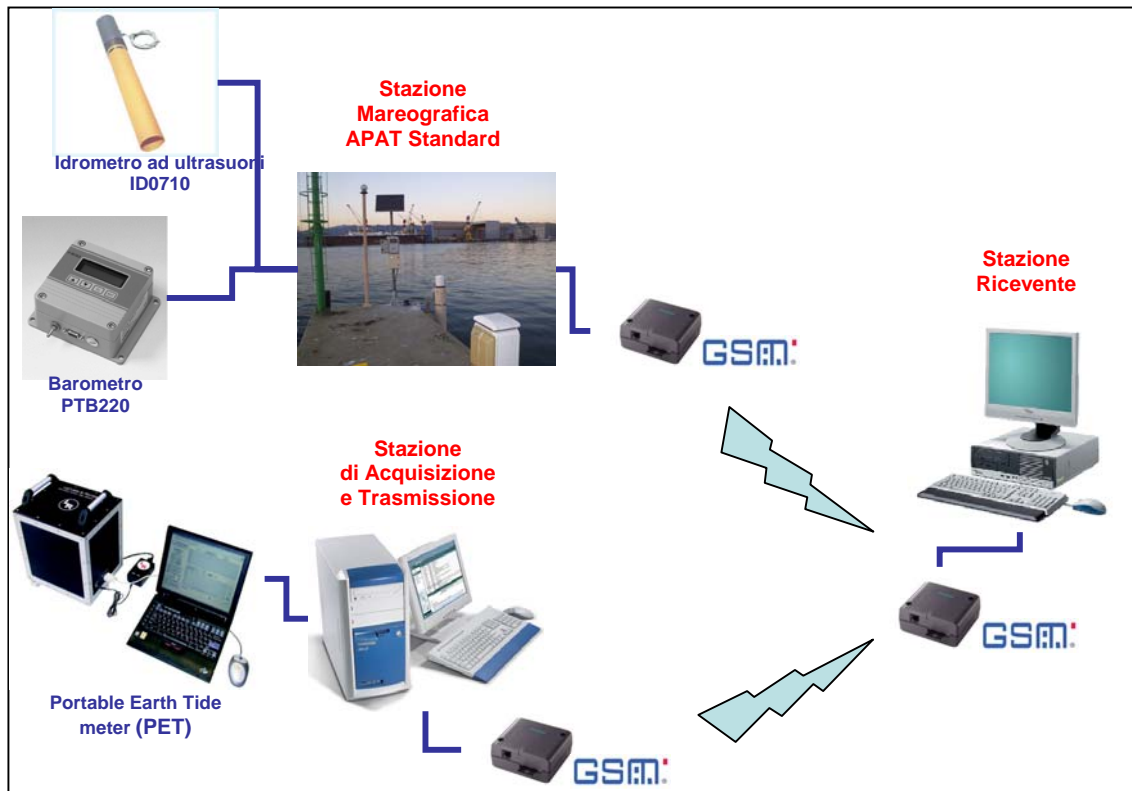


Figura 5. Schema del prototipo della stazione mareografica MENFOR.

Si analizzano di seguito più in dettaglio i vari moduli, costituiti da funzioni elementari sviluppate nel linguaggio grafico LabVIEW di National Instruments [5]:

Modulo barometro: per l'acquisizione del sensore PTB220 è stato scelto un meccanismo di tipo Client-Server, in modo da poter acquisire e visualizzare i dati non necessariamente sullo stesso PC.

Il server ha il compito di configurare la porta seriale, attendere l'apertura di una connessione TCP e, una volta stabilita quest'ultima, di settare il sensore in modo da acquisire in continua con un intervallo temporale scelto da utente.

Successivamente si ha la lettura da seriale dei dati acquisiti dal PTB220 o, se si verifica un malfunzionamento dello stesso, di una stringa vuota, in questo caso il server resetta il sensore e invia tramite TCP al client un messaggio di WAIT, negli altri casi, invece, vengono trasmessi i dati acquisiti

Il server, inoltre, memorizza tutto ciò che legge da seriale su un file di backup giornaliero, per evitare la perdita di dati dovuti a un non corretto funzionamento della trasmissione via TCP.

Sia il server che il client, sono stati sviluppati per essere costantemente attivi, anche nel caso in cui il barometro non sia collegato alla seriale o vi sia un problema all'alimentazione del

barometro stesso. Infatti, i due subvi rimangono in attesa e al momento di un nuovo collegamento riprendono, rispettivamente, a trasmettere e ricevere dati.

Allo scadere di ogni mezz'ora il client apre la connessione TCP, inizia ad acquisire dati per tutta l'ora successiva memorizzandoli su di un file e visualizzandoli in tempo reale su un grafico e, nel caso in cui esista un file relativo all'ora precedente, lo comprime.

Modulo modem: il modulo comprende una serie di funzioni che hanno il compito di garantire la trasmissione e la ricezione dei file compressi relativi all'acquisizione dati del gravimetro, ma può essere facilmente adattato alla trasmissione di qualunque tipo di file.

La fase riguardante la trasmissione è gestita dall'eseguibile *PET Manager* sviluppato in modo da essere sempre in attesa di una richiesta dati da parte dell'utente, relativamente non solo al file giornaliero costituito dalle acquisizioni del gravimetro, ma anche all'ultimo aggiornamento relativo al secondo attuale del file *.dat* odierno, questo permette di avere in tempo quasi reale la condizione del sensore e la misura effettuata.

La Figura 6 mostra l'interfaccia utente del programma *PET manager*.

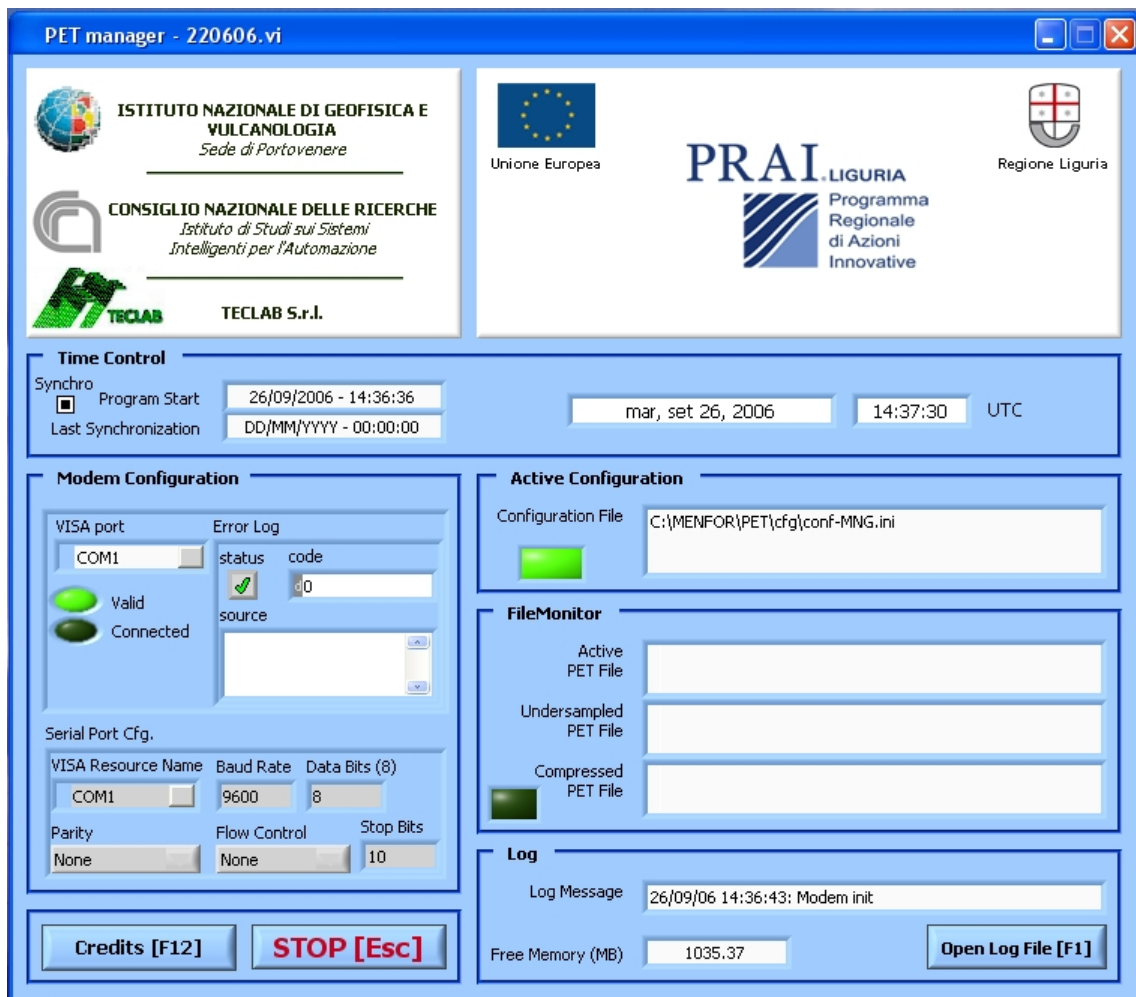


Figura 6. Interfaccia utente del modulo *PET Manager*.

Inizialmente il programma in trasmissione legge il file di configurazione *conf.ini* e dopo una parentesi relativa all'apertura e all'inizializzazione del modem, si pone in attesa di una chiamata; questa può avvenire automaticamente ad un'ora prestabilita scelta da utente a lato ricezione, oppure può essere effettuata dall'operatore in modo autonomo.

Ad ogni intervallo stabilito da utente, per default una volta all'ora, il programma calcola lo spazio disponibile su disco e ricerca nella directory *Data* i file con estensione *.dat*, ossia quelli scritti dal software in dotazione con il gravimetro, li ordina in modo crescente e sincronizza l'ora del sistema leggendo l'ultima riga del file *.dat* più recente che contiene i dati acquisiti ogni secondo, compresa l'informazione del GPS:

Una volta al giorno, ma le tempistiche possono essere modificate da utente, il programma, scelto il file *.dat* più recente lo sottocampiona considerando un dato ogni 10 minuti, anziché un valore ogni secondo, come da acquisizione del sensore, crea un file con estensione *.gra* e infine lo comprime utilizzando l'algoritmo zip. Il sottocampionamento si è reso necessario al solo fine di ridurre i tempi di collegamento per lo scarico dei file ovvero i relativi costi di traffico.

Contemporaneamente il programma rimane in attesa di una chiamata e, quando questa avviene, se sono presenti uno o più file *.zip* nella directory *Data*, viene sempre trasmesso per primo il più recente e poi via via gli altri fino ad un massimo di file consecutivi scelto da utente.

Ogni file trasmesso e ricevuto correttamente, viene spostato in una directory di *Backup*, inoltre, se l'utente richiede in tempo reale l'ultimo dato acquisito, la trasmissione consiste nell'invio del file *.zip* più recente a cui si accoda l'ultimo dato disponibile.

È stata prevista la possibilità di richiedere, ogni qualvolta l'utente desidera conoscere lo stato attuale delle misure, solo l'ultima acquisizione nonostante il file *.zip* non sia stato ancora creato,

Il file con estensione *.dat* e quello con estensione *.gra* relativi rispettivamente ai dati giornalieri campionati ogni secondo e agli stessi decimati in modo da avere un dato al minuto, sono memorizzati nella directory *Data*, in modo da garantire un'efficiente backup dei dati acquisiti.

Il ricevitore (programma *PET Receiver*) (Figura 7) è stato sviluppato in modo da effettuare una chiamata ad intervalli temporali scelti da utente, sebbene sia possibile forzare la chiamata anche fuori dall'ora prestabilita.

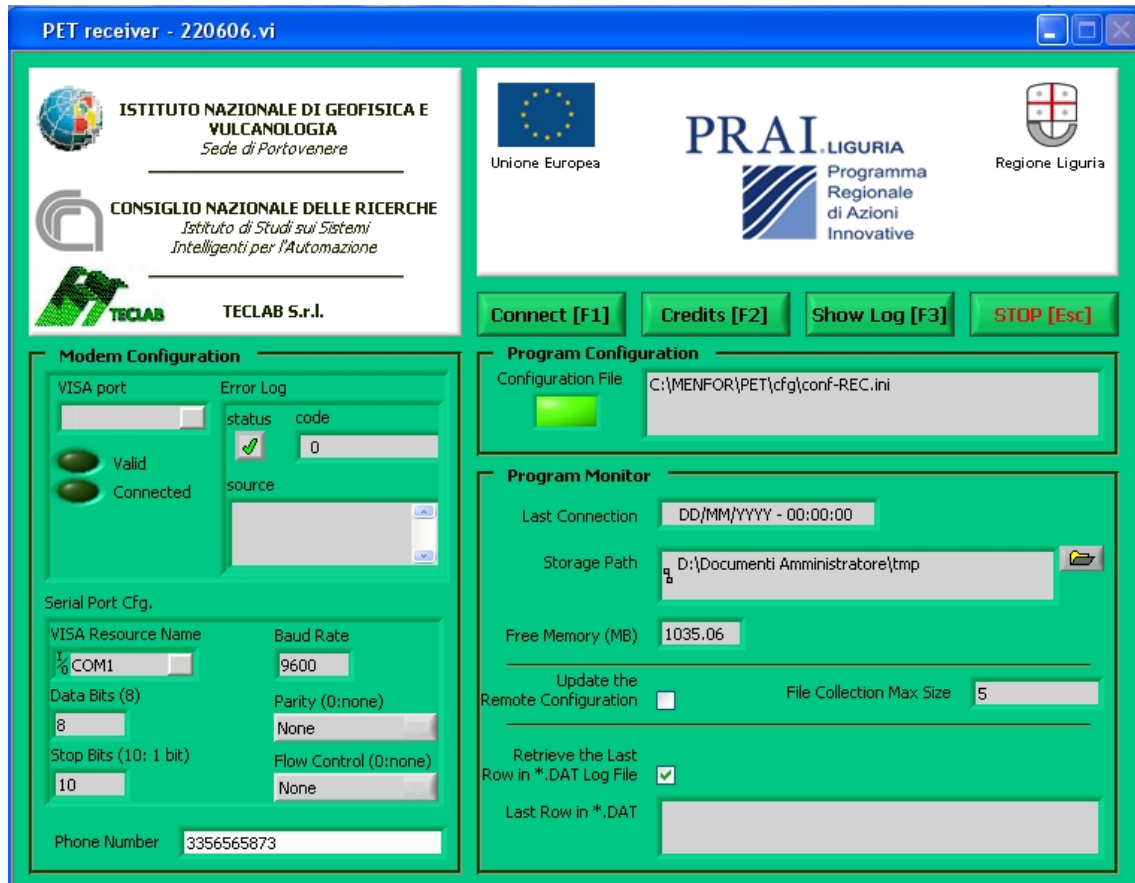


Figura 7. Interfaccia utente del modulo *PET receiver*.

Una volta effettuata la chiamata e stabilita la connessione con il *PET Manager*, il *PET Receiver* riceve i file ed eventualmente l'ultimo dato acquisito e non appena la ricezione ha successo memorizza quanto ricevuto in una directory scelta da utente.

La trasmissione e di conseguenza anche la ricezione, è regolata da un protocollo studiato appositamente: affinché la connessione sia stabilita correttamente, infatti, entrambi i programmi devono scambiarsi vicendevolmente un messaggio costituito dalla stringa HELLOHELLO; nel caso in cui l'utente voglia l'ultimo dato acquisito la stringa scambiata è costituita da

HELLOHELLOLAST_ROWLAST_ROW, solo dopo tale procedura sono pronti, rispettivamente, per trasmettere e ricevere.

La funzione dedicata alla trasmissione vera e propria del file è "*sendfile.vi*" che legge interamente il file da trasmettere, scelto tra il file .zip più recente presente nella directory *Data* e lo codifica modificando tutti i caratteri DC3, DC1 e + nella stringa omonima, in modo da evitare i caratteri che indicano al modem comandi particolari (rispettivamente STOP, START e chiusura della connessione) che comporterebbero una chiusura prematura della connessione.

La trasmissione avviene a pacchetto pertanto si suddivide il file compresso e codificato in pacchetti di 100 bytes ciascuno, aggiunge a questi ultimi 4 bytes relativi al codice di correzione CRC e infine altri 3 bytes indicanti la lunghezza del pacchetto dei dati da trasmettere.

Questo fa sì che in ricezione si debbano avere sempre pacchetti di 107 bytes ciascuno; qualora la lunghezza dei dati da trasmettere sia inferiore ai 100 bytes, si aggiunge il carattere F tante volte quanto necessario.

Ad ogni pacchetto ricevuto il *PET Receiver* calcola il CRC sullo stesso e qualora il valore ottenuto coincida con quello effettivamente trasmesso scrive su seriale ACK per confermare l'avvenuta corretta ricezione, oppure KO se non si ha corrispondenza tra messaggio inviato e ricevuto. Nel caso in cui il pacchetto ricevuto correttamente sia l'ultimo relativamente alla trasmissione in atto, il messaggio è costituito dalla stringa FINE_FILE.

Dopo la trasmissione di ciascun pacchetto, il programma legge da seriale la risposta del *PET Receiver* e nel caso in cui questa coincida con ACK, trasmette il pacchetto successivo, se è FINEFILE, invece, trasmette, qualora esista, il file seguente oppure termina la chiamata. Infine, se la stringa letta coincide con KO, ritrasmette il pacchetto, in quanto la ricezione non è avvenuta correttamente.

Nel caso in cui l'utente desideri la trasmissione di uno o più file .zip, l'header che permette il riconoscimento da parte del *PET Receiver* circa il tipo di dato che sta ricevendo è costituita da una serie di *tag* costituiti dal nome del file, dalla stringa MENFORFILENAME, dal numero di file .zip che è possibile trasmettere, dalla stringa FILENR, dal file .zip vero e proprio e, nel caso in cui si voglia conoscere l'ultimo dato acquisito, dalla stringa LAST_ROW, dall'ultima riga del file *data.csv* relativa al dato in tempo reale e ancora dalla stringa LAST_ROW.

Nel caso in cui si voglia solo l'ultima acquisizione e non siano presenti file .zip l'header è formato dai *tags* NOFILE MENFORFILENAME dal numero di file .zip che è possibile trasmettere FILENR, LAST_ROW l'ultima acquisizione, che coincide con l'ultima riga del file *data.csv* e, infine la stringa LAST_ROW.

Alla corretta ricezione di quanto trasmesso, il *PET Manager* rimane in attesa di una nuova chiamata, mentre il file *PET Receiver*, decodifica quanto ricevuto cambiando le stringhe "STOP", "START", "PIU" nei caratteri ASCII "DC1", "DC3" e "+" e rimane in attesa dell'ora prestabilita per effettuare un'altra chiamata o dell'input dell'utente al riguardo.

Modulo GPS: il ricevitore GPS trasmette dati in modalità continua, pertanto si è pensato di leggere i dati trasmessi dal sensore e di limitarsi a cercare le stringhe in formato NMEA (National Marine Electronics Association) al cui interno sono presenti le informazioni relative a data e ora.

La prima fase dell'acquisizione riguarda la configurazione dei parametri di comunicazione, successivamente, si leggono da seriale i dati acquisiti dal ricevitore. Per la lettura dei dati GPS in formato NMEA si ricerca la presenza delle seguenti stringhe:

\$GPGGA che contiene al suo interno l'informazione oraria in ore, minuti e secondi;

\$PKODG al cui interno è presente la data in giorno, mese, anno, stringa;

\$GPRMC che contiene informazioni circa data e ora.

Le prime due stringhe sono disponibili impiegando un GPS Koden con firmware non aggiornato mentre la terza stringa è usuale nei ricevitori GPS più recenti.

Una volta distinte le informazioni di data e ora, queste vengono utilizzate per sincronizzare sia il barometro che il gravimetro.

I restanti due moduli, relativi all'acquisizione di gravimetro e idrometro non sono stati sviluppati in linguaggio LabVIEW, in quanto entrambi prevedevano un software apposito, sviluppato dalle rispettive case di produzione.

Pertanto ci si è limitati alla gestione dei dati acquisiti dai software in dotazione con la strumentazione utilizzando i seguenti moduli:

Modulo gravimetro: il gravimetro lavora in modalità continua e prevede l'acquisizione e la memorizzazione dei dati in due file distinti, uno giornaliero creato automaticamente ed avente nome con formato *anno_giorno_giuliano_PET33.dat* e uno ogni minuto (file con nome *data.csv*).

Per poter disporre in tempo quasi-reale (o comunque su richiesta dell'utente) dei dati più recenti acquisiti dal gravimetro si considerano solamente i dati contenuti nei files con estensione *.dat*.

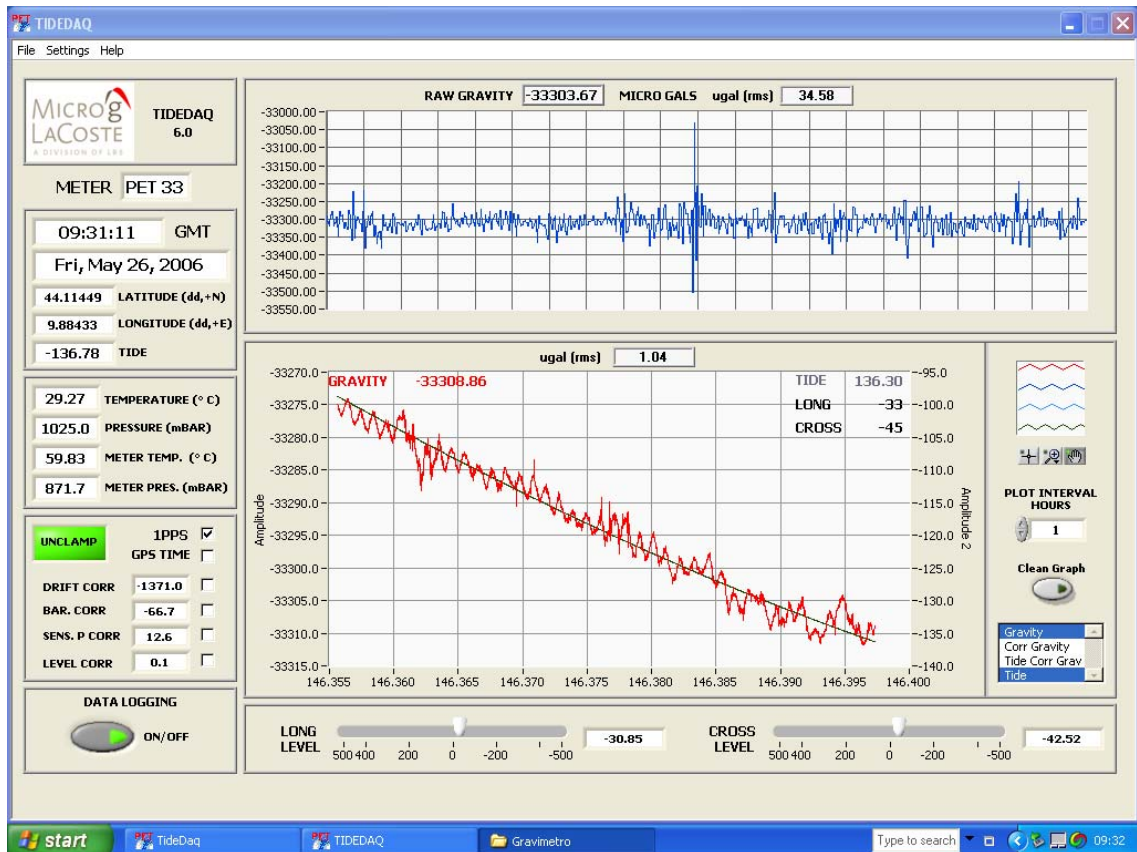


Figura 8. Interfaccia utente del programma di acquisizione del gravimetro.

La figura seguente mostra un esempio del formato ASCII del file ottenuto sottocampionando il file con estensione *.dat* creato dal gravimetro.

2006,	9,24,	0,	0,	0.00,267,	4460.93,	4465.83,-67.51,	-147.00,
349.00,	28.74,	59.85,	1017.46,	1001.33,	0.00,	0.00,	4.90,-6798.17,10.98,
2006,	9,24,	0,10,	0.00,267,	4459.09,	4463.83,-66.91,	-143.00,	
343.00,	28.72,	59.92,	1017.46,	1001.22,	1.00,	0.00,	4.71,-6798.48,10.91,
2006,	9,24,	0,20,	0.00,267,	4420.11,	4424.86,-65.83,	-148.00,	
345.00,	28.71,	59.89,	1017.57,	1000.31,	1.00,	0.00,	4.82,-6798.79,10.37,
2006,	9,24,	0,30,	0.00,267,	4448.87,	4453.96,-64.28,	-150.00,	
356.00,	28.71,	59.87,	1017.23,	1001.33,	1.00,	0.00,	5.10,-6799.10,10.98,
2006,	9,24,	0,40,	0.00,267,	4426.44,	4431.37,-62.26,	-149.00,	
350.00,	28.69,	59.89,	1017.57,	1001.22,	-2.00,	0.00,	4.94,-6799.42,10.91,

Figura 9. Esempio di registrazione del microgravimetro PET.

Modulo idrometro: l'idrometro ogni 10 minuti, acquisisce dati consecutivamente per 10 secondi, i dati ottenuti sono poi analizzati dallo stesso idrometro, che si preoccupa di un primo filtraggio scartando i dati ritenuti non realistici, inoltre, calcola la media aritmetica dei dati post-filtrati: il valore così ottenuto corrisponde alla misura dell'idrometro che viene memorizzata su file nel formato mostrato in Figura 8.

"Acquisizione";	"Canale";	"Codice";	"Descrizione";	"Sigla";	"Valore";	"Unit...";	"Tempo"
01/08/2006	0.00.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,60;	"hPa";	
01/08/2006	0.00.00;4;	180;	"Press. minima giornaliera";	"PAng";	1011,40;	"hPa";	31/07/2006 17.00.00
01/08/2006	0.00.00;4;	181;	"Press. massima giornaliera";	"PAxg";	1013,90;	"hPa";	31/07/2006 6.24.00
01/08/2006	0.00.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,14;	"m";	
01/08/2006	0.00.00;5;	131;	"Liv. minimo intervallo";	"Lini";	0,11;	"m";	31/07/2006 23.30.00
01/08/2006	0.00.00;5;	132;	"Liv. massimo intervallo";	"Lixi";	0,14;	"m";	01/08/2006 0.00.00
01/08/2006	0.00.00;5;	192;	"Liv. minimo giornaliero";	"LIng";	-0,10;	"m";	31/07/2006 16.40.00
01/08/2006	0.00.00;5;	193;	"Liv. massimo giornaliero";	"Lixg";	0,14;	"m";	01/08/2006 0.00.00
01/08/2006	0.00.00;7;	42;	"Batt. istantaneo";	"TB";	13,00;	"V";	
01/08/2006	0.10.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,60;	"hPa";	
01/08/2006	0.10.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,14;	"m";	
01/08/2006	0.20.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,50;	"hPa";	
01/08/2006	0.20.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,10;	"m";	
01/08/2006	0.30.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,50;	"hPa";	
01/08/2006	0.30.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,06;	"m";	
01/08/2006	0.40.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,50;	"hPa";	
01/08/2006	0.40.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,06;	"m";	
01/08/2006	0.50.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,50;	"hPa";	
01/08/2006	0.50.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,06;	"m";	
01/08/2006	1.00.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,40;	"hPa";	
01/08/2006	1.00.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,08;	"m";	
01/08/2006	1.00.00;5;	131;	"Liv. minimo intervallo";	"Lini";	0,06;	"m";	01/08/2006 0.30.00
01/08/2006	1.00.00;5;	132;	"Liv. massimo intervallo";	"Lixi";	0,14;	"m";	01/08/2006 0.10.00
01/08/2006	1.00.00;7;	42;	"Batt. istantaneo";	"TB";	13,00;	"V";	
01/08/2006	1.10.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,30;	"hPa";	
01/08/2006	1.10.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,09;	"m";	
01/08/2006	1.20.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,30;	"hPa";	
01/08/2006	1.20.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,08;	"m";	
01/08/2006	1.30.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,20;	"hPa";	
01/08/2006	1.30.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,07;	"m";	
01/08/2006	1.40.00;4;	21;	"Pressione istantanea";	"PA";	1011,20;	"hPa";	
01/08/2006	1.40.00;5;	36;	"Liv. idrometrico istantaneo";	"LI";	0,06;	"m";	

Figura 10. Esempio di registrazione della stazione mareografica APAT.

6. Dati acquisiti

A solo titolo di esempio si riportano nelle figure seguenti due brevi serie temporali, rispettivamente dal 15 al 30 marzo 2006 e dal 1 al 10 aprile 2006, relative alla pressione atmosferica ed al livello del mare relativo allo 0 IGM.

Da esse risulta evidente la stretta correlazione tra l'andamento della pressione atmosferica e le corrispondenti variazioni nel livello del mare.

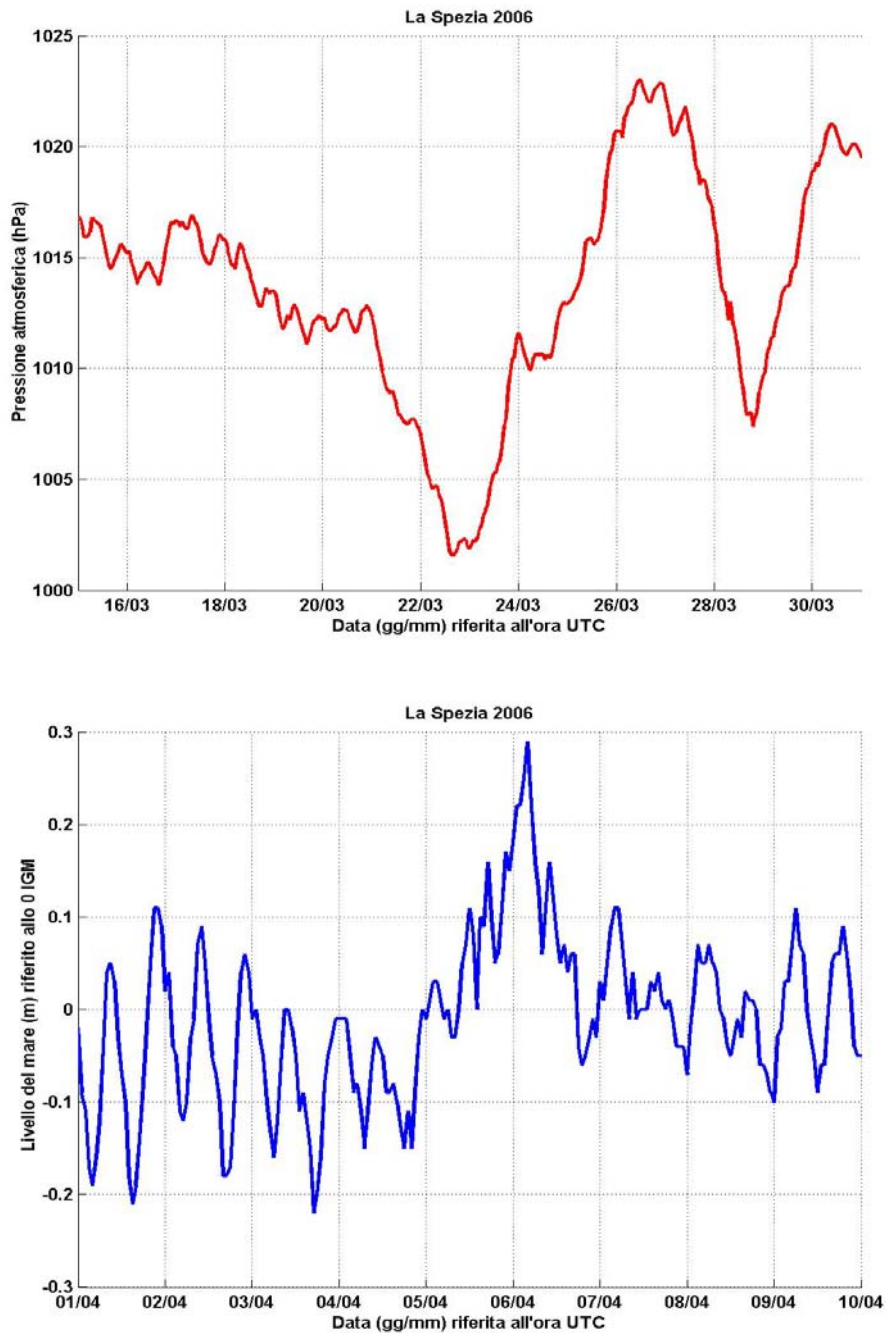


Figura 11. Andamento della pressione atmosferica e del livello del mare riferito allo 0 IGM nel periodo 15-30 marzo 2006.

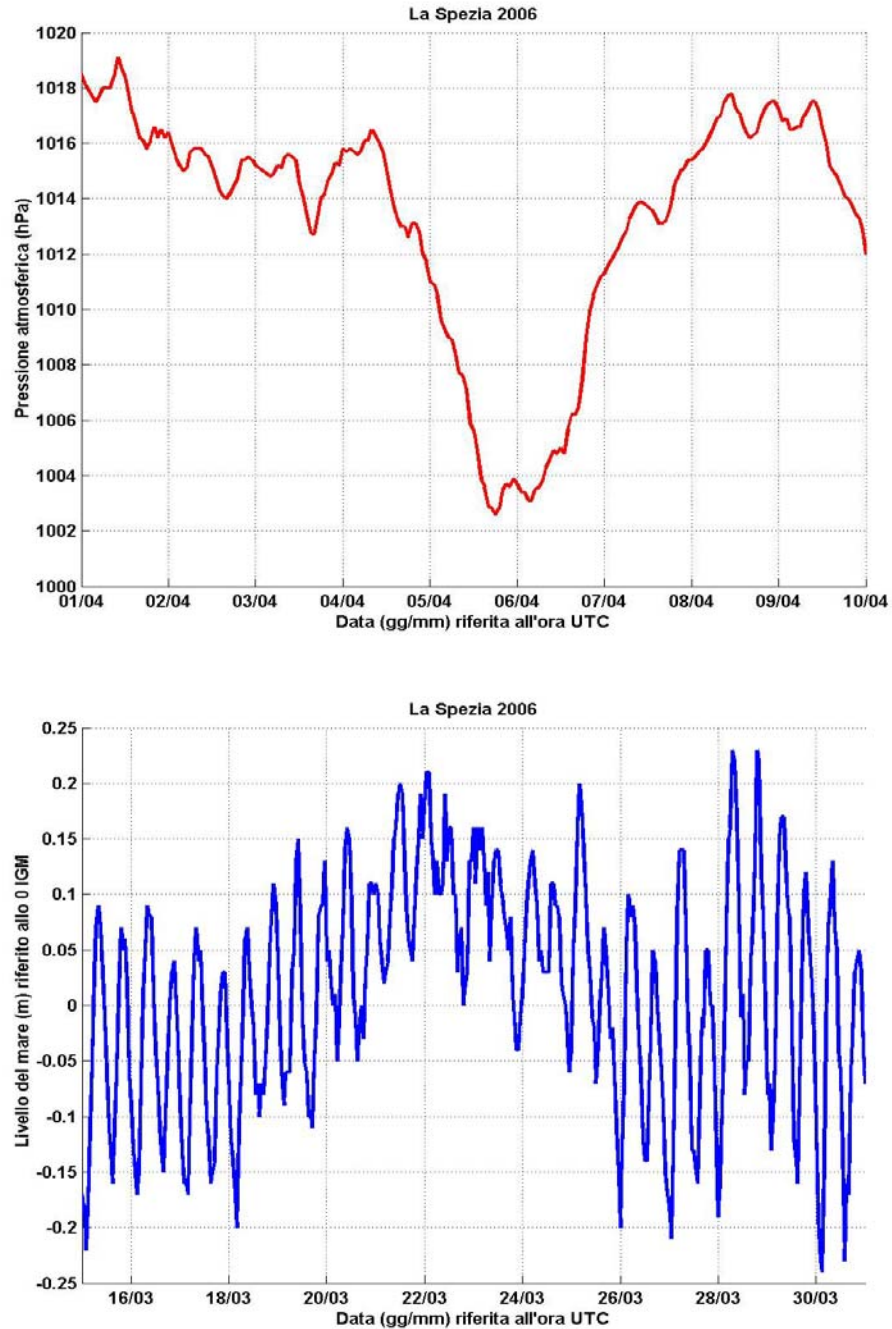


Figura 12. Andamento della pressione atmosferica e del livello del mare riferito allo 0 IGM nel periodo 1-10 aprile 2006.

Nella figura 10 si nota in particolare che ad un calo di circa 12 hPa in 24 ore corrisponde un innalzamento del livello del mare di circa 30 cm solo leggermente modulato dalle normale maree astronomiche. Il ristabilirsi di condizioni di alta pressione al termine del passaggio della perturbazione riporta l'andamento del livello del mare alla normale ciclicità.

I dati qui presentati si riferiscono alla sola stazione mareografica standard in quanto in tali periodi il microgravimetro si trovava ancora in fase di collaudo e *start-up*.

7. Conclusioni e sviluppi futuri

Nell'ambito del progetto PRAI-FESR Regione Liguria n° 3 "Sviluppo di una stazione portuale per la previsione dei flussi di marea meteorologica, finalizzata a costituire un servizio per la sicurezza della navigazione e per la protezione dei natanti nel Golfo della Spezia" il lavoro svolto ha permesso di realizzare un prototipo di una Stazione Meteomareografica Newtoniana attualmente in funzione nel Porto di La Spezia.

La metodologia impiegata si basa su tecniche di metrologia gravitazionale al fine di prevedere i tempi di arrivo e le ampiezze delle onde di meteomarea per il porto di La Spezia.

Il prototipo realizzato integra una stazione mareografica standard, così come definita nell'ambito della Rete Mareografica Nazionale gestita dall'APAT, con un microgravimetro in grado di misurare lo sbilanciamento geodetico e meteorologico del livello del mare.

Più in dettaglio sono stati realizzati due moduli software con modalità *client-server* che consentono di acquisire presso la postazione di controllo dell'INGV di Portovenere (SP) i dati raccolti dalla stazione gravimetrica temporaneamente ospitata presso Teclab s.r.l. in La Spezia.

Il programma può interrogare autonomamente la postazione remota di acquisizione del gravimetro per recuperare i dati precedentemente memorizzati o, su comando dell'utente, può richiedere in tempo reale i dati del gravimetro al fine di monitorarne il funzionamento.

La trasmissione dati avviene tramite rete GSM impiegando due modem GSM realizzati appositamente da Teclab s.r.l.

Al fine di ottimizzare la trasmissione dei dati sia in termini di durata che di affidabilità è stato sviluppato un protocollo di trasmissione dati a pacchetto ARQ (*Automatic Repeat ReQuest*) con modalità *Stop-and-Wait* e controllo d'errore basato su codice CRC per la trasmissione dati della stazione gravimetrica. Sono state inoltre valutate le prestazioni di tale protocollo di trasmissione mediante esecuzione di prove di trasmissione dati con uso di modem analogici, GSM e satellitari (rete Globalstar).

Nell'ambito del progetto PRAI-FESR si è inoltre iniziata la fase di analisi dei dati che, inizialmente limitata alle sole informazioni provenienti dalla stazione mareografica standard, a breve verrà estesa ai dati del microgravimetro consentendo quindi di valutare la spinta che genera il flusso di meteomarea al variare delle condizioni atmosferiche. Si potrà pertanto valutare il ritardo fra l'impostazione della causa generatrice, ossia lo sbilanciamento della superficie geodetica di origine meteorologica e la reazione geodetica del flusso di marea e, costruendone una significativa statistica, ottenere la legge di ritardo di meteomarea caratteristica del sito di installazione rendendo la misura gravimetrica un previsore affidabile del tempo di flusso della meteomarea nel golfo della Spezia.

Riferimenti bibliografici

- [1] Garmin Int. Inc. "GPS 16/17 series technical specifications", Novembre 2002.
- [2] Vaisala Oyj, "PTB220 series digital barometers user's guide", Agosto 2001.
- [3] Microg LaCoste, "Portable Earth Tide Meter (PET) – Operative Manual"
- [4] National Instruments Corp. "LabVIEW Fundamentals," August 2005.