

Creazione di una stazione di previsione degli eventi di Marrobbio da installare nel porto peschereccio di Mazara del Vallo



**Comune di
Mazara del Vallo**



I.A.M.C. CNR



**REGIONE SICILIANA
ASSESSORATO REGIONALE PER LA COOPERAZIONE IL
COMMERCIO L'ARTIGIANATO E LA PESCA
DIPARTIMENTO DELLA PESCA**

Codice Progetto 1999.IT.16.1.PO.011/4.17b/8.3.7/0082

Autori: Angelo Bonanno, Salvatore Mazzola, Julio Candela, Salvatore Aronica, Ignazio Fontana, Giovanni Giacalone, Ignacio González, Armando Ledo, Modesto Ortiz, Gualtiero Basilone, Simona Genovese, Pietro Calandrino, Antonio Bonanno

POR Sicilia 2000 – 2006, Asse Sistemi Locali di Sviluppo

Misura: 4.17 sottomisura b

Codice Progetto: 1999.IT.16.1.PO.011/4.17b/8.3.7/0082

Proponente:

Comune di Mazara del Vallo (TP)

Partner: Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche

Sede di Mazara del Vallo. Via L. Vaccara, 61. 91026 – Mazara del Vallo (TP).

Responsabile del Progetto: Ing. Vito De Simone

Responsabile Scientifico: Dr. Angelo Bonanno

Durata del progetto: 18 mesi.

Indice

Introduzione	4
Hardware.....	29
Sistema hardware della stazione meteo di Mazara del Vallo	29
Stazione Meteo Capo Granitola	32
Palo 10 metri + sensori	37
Software stazione Mazara.....	38
DataBase del progetto “MARROBBIO”	39
Stazione meteo-idrologica di Mazara del Vallo.....	42
Stazione meteo-idrologica di Capo Granitola.....	44
Sezione Microbarometri.....	45
Software di Comunicazione.....	46
LE SOCKET	47
Software set time e internet link	50
VCSTR 0.1.....	51
Sito WEB “Marrobbio”	53
Risultati.....	62
Conclusioni	86

Introduzione

Onde lunghe con elevata energia e disastrose per le coste interessate sono state osservate con una certa regolarità in alcune aree costiere nel mondo. Tali onde hanno periodi simili a quelli relativi alle onde prodotte dallo Tsunami (da pochi minuti a periodi dell'ordine di 2-3 ore) e hanno effetti similmente distruttivi, ma esse non sono legate a terremoti sottomarini ma piuttosto a forzanti di origine meteorologica. Talvolta è difficile distinguere le onde prodotte dai due tipi di forzanti (meteorologico o tsunami). Per esempio, il treno d'onda dell'11 Maggio 1981 con altezze di circa 60 cm osservato presso le coste del Sud Africa, e inizialmente descritto nello 'Tsunami Newsletter' (Settembre, 1981) come uno tsunami, è stato successivamente identificato come prodotto delle onde lunghe indotte dall'atmosfera (Shillington, 1984). Tali onde sono ben note in Giappone; Honda et al. (1908) hanno indicato che queste vengono usualmente causate dal passaggio di tifoni o forti cicloni. Sono stati anche legati a strutture frontali, salti di pressione atmosferica e treni di onde di gravità (Defant, 1961; Nakano and Unoki, 1962; Wilson, 1972; Murty, 1984). In particolare, ampie onde lunghe generate da salti di pressione e tempeste in atmosfera hanno causato distruzione e vittime nella regione dei Grandi Laghi (Ewing et al., 1954; Donn and Ewing, 1956; Donn, 1959; Donn and Balachandran, 1969).

Il nome 'tsunami meteorologico' è stato inizialmente proposto da autori Giapponesi (Nomitsu, 1935) e poi ampiamente usato da Defant (1961). I termini 'ondulazioni secondarie delle maree', 'oscillazioni dei porti', 'sesse ampie', o 'sesse forzate' vengono pure utilizzati (Nakano e Unoki, 1962; Wiegel, 1964; Wilson, 1972; Murty, 1984) ma nessuno di questi è soddisfacente per indicare le rischiose onde lunghe indotte dall'atmosfera. Alcuni nomi locali (come 'abiki', 'yota', 'rissaga', 'Marrobbio', 'Seebiir' etc.) denotano in maniera differente lo stesso (o simile) fenomeno fisico. Il termine generale 'tsunami meteorologico' sembra essere il più appropriato per queste onde.

Per quanto riguarda la loro trasformazione nelle acque costiere o l'amplificazione delle onde all'interno delle baie o dei porti, non vi sono differenze tra gli tsunami 'sismici' e quelli 'meteorologici'; le tecniche usate per studiare entrambi i fenomeni sono simili. Così come non tutti i terremoti sottomarini generano uno tsunami (Murty, 1977), così anche forti tifoni o salti di pressione in atmosfera non sempre sono tali da generare onde lunghe distruttive. Entrambi i tipi di tsunami sono eventi relativamente poco frequenti.

Possiamo classificare le oscillazioni di livello del mare presso la costa attraverso il loro contenuto in frequenza oppure attraverso il meccanismo di generazione. Entrambi sono strettamente correlati perché normalmente la fonte determina la gamma di frequenza delle oscillazioni generate.

Le onde prodotte dal vento hanno gamme di frequenze chiaramente distinte da quelle delle maree, perché il meccanismo sorgente agisce a scale di tempo e spazio decisamente diverse. Tuttavia, in molte occasioni, diverse fonti possono produrre oscillazioni alle stesse frequenze (relative, ad esempio, alle autofrequenze del corrispondente bacino), mentre la stessa fonte può indurre oscillazioni di diversi tipi e frequenza.

La pressione atmosferica è un esempio di una sorgente che incide sul livello del mare su una gamma di frequenze molto ampia, dalle variazioni climatiche alle sesse costiere. Forse il più conosciuto tipo di variazione del livello del mare indotto dalla pressione è quello relativo alle tempeste (Pugh, 1987). Durante il passaggio di cicloni, quando la pressione atmosferica diminuisce su un'ampia regione dell'oceano, il livello del mare aumenta a causa dell'effetto barometrico inverso e, combinata con il forzante vento, può produrre significative inondazioni nelle zone costiere. D'altro canto, l'alta pressione atmosferica (anticiclone) innesca una riduzione del livello del mare ed il possibile drenaggio superficiale delle aree poco profonde. Queste variazioni del livello del mare a larga scala sono decisamente pericolose, ma non hanno nulla a che fare con gli tsunami, soprattutto a causa della diverse scale spaziali e temporali, velocità di fase e dinamica generale dei corrispondenti fenomeni.

Allo stesso tempo, i cambiamenti di pressione atmosferica possono generare oscillazioni del livello del mare su piccola scala con periodi che vanno da un paio di minuti ad un paio d'ore. Normalmente, il contenuto energetico dei disturbi atmosferici con questi periodi è relativamente basso e le oscillazioni formano parte del rumore di fondo. In particolari occasioni, tuttavia, forti disturbi di pressione possono manifestarsi a queste frequenze, come ad esempio i treni di onde di gravità (Gossard e Munk, 1954; Montserrat et al. , 1991a; Garcies et al. , 1996) o salti di pressione isolati (Hibiya e Kajiura, 1982; Vilibić et al. , 2004, 2005).

Questi disturbi atmosferici possono avere diverse origini: instabilità dinamica, influenza dell'orografia, passaggi di fronti, tempeste, bufere e cicloni (Gossard e Hooke, 1975). Tuttavia, anche durante i più forti eventi, le oscillazioni della pressione atmosferica a queste scale tipicamente raggiungono solo pochi hPa, che corrispondono solo a pochi cm di variazione del livello del mare. Di conseguenza, tali fluttuazioni atmosferiche possono produrre una risposta significativa sul livello del mare solo quando una qualche forma di risonanza si verifica tra l'oceano e la forzante atmosferica. Nei casi di risonanza, la propagazione della perturbazione atmosferica lungo la superficie dell'oceano è in grado di generare importanti onde lunghe trasmettendo alle stesse onde il continuo pompaggio di energia.

Risonanze possibili sono:

- "risonanza di Proudman" (Proudman, 1929), quando $U = c$ cioè la velocità traslazionale (U) della perturbazione atmosferica corrisponde alla velocità di fase di onda lunga $c = \sqrt{gh}$;
- "risonanza di Greenspan" (Greenspan, 1956), quando $U_1 = c_j$, vale a dire la componente della velocità della perturbazione atmosferica lungo la costa (U_1) è uguale alla velocità di fase c_j dello j -esimo modo del fronte d'onda;
- "risonanza di piattaforma", quando la perturbazione atmosferica e l'associata onda oceanica generata atmosfericamente hanno periodi e/o lunghezza d'onda pari al periodo di risonanza e/o alla lunghezza d'onda della regione di piattaforma.

Esistono anche alcuni altri tipi di risonanza (Rabinovich, 1993), ma quelli sopra riportati sono probabilmente i più importanti. Questi effetti risonanti possono amplificare notevolmente le onde che si avvicinano alla costa.

Tuttavia, anche la forte amplificazione di risonanza di onde oceaniche generate dall'atmosfera normalmente non può produrre onde sufficientemente potenti da influire ampiamente sulla costa (ad esempio, un salto di pressione di 3-4 hPa e amplificazione risonante di 10 volte produrrà solo un'altezza dell'onda pari 30-40 centimetri). Tuttavia, se tali onde energetiche raggiungono l'ingresso di un bacino costiero semichiuso (baia, fiordo o porto), possono indurre pericolose oscillazioni nel bacino a causa della "risonanza del porto" (Raichlen, 1966; Mei, 1992).

Le oscillazioni del porto non sono generate localmente da una forzante diretta all'interno del bacino, ma sono indotte da onde che arrivano dal mare aperto (Wilson, 1972; Miles, 1974). Oscillazioni intense all'interno di un porto (baia o insenatura) possono formarsi soltanto se le sollecitazioni esterne (onde in arrivo dal mare aperto), sono abbastanza elevate. Gli tsunami generati sismicamente in aperto oceano possono essere sufficientemente forti, anche senza ulteriori effetti di risonanza (ad esempio, misurazioni altimetriche via satellite hanno mostrato che lo tsunami generato dal terremoto del 2004 a Sumatra, nella parte aperta dell'Oceano Indiano aveva un'altezza picco-picco di circa 1.0-1.2 metri; vedere Belle e al. , 2005), mentre le onde prodotte negli tsunami generati da cause atmosferiche possono raggiungere livelli potenzialmente pericolosi solo se c'è una qualche risonanza topografica a scala locale o regionale.

Questa è una differenza importante tra le onde degli tsunami e quelle dei meteo-tsunami. La presenza di onde energetiche esterne è una condizione necessaria, ma non sufficiente per la formazione di una forte sessa generata atmosfericamente nei porti. Forti oscillazioni nel porto possono essere prodotte solo se il corrispondente bacino ha proprietà di risonanza ben definite e un elevato fattore Q (Raichlen, 1966). Il

fattore di amplificazione per onde lunghe che arrivano all'imboccatura di un porto dal mare aperto può essere espresso come

$$H^2(f) = \frac{1}{(1 - f/f_0)^2 + Q^{-2}(f/f_0)^2} \quad (1)$$

dove f è la frequenza delle onde lunghe, f_0 è la frequenza di risonanza del porto, e Q è il fattore di qualità, che è una misura lineare dell'energia che si smorza nel sistema (Miles e Munk, 1961; Raichlen, 1966). Alla risonanza $f = f_0$, il fattore di amplificazione di potenza raggiunge il valore Q^2 . Il fattore si riduce all'unità per $f = 0$ e tende a zero per f tendente ad infinito.

Pertanto, il fattore Q svolge un duplice ruolo per le oscillazioni del porto: è infatti una misura dell'aumento per risonanza delle altezze d'onda per le onde che arrivano dal mare aperto e funge anche da indice del decadimento nel tempo per le ampiezze d'onda all'interno del porto. Restringendo l'ingresso del porto aumenta il fattore di qualità Q e, di conseguenza, l'amplificazione delle onde in arrivo.

Questo è il motivo per cui sesse significative sono normalmente osservate solo in insenature di forma allungata e stretta (fiordi) o per baie (porti) con ingressi stretti. Il ben noto "paradosso del porto" di Miles e Munk (1961) spiega il motivo per cui più è ristretto l'ingresso del porto e meglio il porto è protetto dalle onde del vento e dalle onde lunghe in arrivo, ma nel contempo più ampie sono le oscillazioni di sessa all'interno del porto. Come indicato nell'espressione (1), un elevato fattore Q è fondamentale, ma le intense oscillazioni di porto possono essere prodotte per risonanza solo nel caso di corrispondenza tra la frequenza dominante (f) del treno d'onde in arrivo e l'autofrequenza f_0 della Porto (di norma, l'autofrequenza della fondamentale o il modo del porto di Helmholtz).

Ciò significa che oscillazioni catastrofiche all'interno di un porto sono il risultato di un "doppio effetto di risonanza" (Rabinovich, 1993): (a) per "risonanza esterna" tra la perturbazione atmosferica in movimento e le onde in aperto oceano; e (b) "risonanza interna" tra le onde in arrivo dall'oceano aperto e l'autofrequenza fondamentale del porto (baia, insenatura). Un altro fattore favorevole è la specifica direzione di propagazione delle onde atmosferiche (e le corrispondenti onde in aperto oceano) verso l'ingresso della baia.

Possiamo riassumere le particolari condizioni necessarie per la generazione di oscillazioni estreme indotte atmosfericamente nei pressi della costa (meteotsunami):

- Un porto (baia, golfo o insenatura), con precise proprietà di risonanza e alto fattore Q .
- Forti disturbi atmosferici a piccola scala (un salto di pressione o un treno di onde atmosferiche interne).
- Propagazione della perturbazione atmosferica verso l'ingresso del porto.
- Risonanza esterne (Proudman, Greenspan o risonanza di piattaforma) tra i disturbi atmosferici e le onde dell'oceano.
- Risonanza interna tra la frequenza dominante delle onde in arrivo dal mare aperto e la frequenza fondamentale del porto.

A causa della necessità di accoppiamento tra le perturbazioni atmosferiche, la batimetria del mare aperto e la geometria della piattaforma del porto, la direzione e la velocità della perturbazione atmosferica, probabilmente sono anche più importanti del contenuto effettivo di energia. In ogni caso, la necessaria coincidenza di diversi fattori riduce notevolmente la possibilità di osservare questi eventi, il che è il motivo principale per cui questi fenomeni sono rari e limitati a determinati luoghi (Rabinovich, 1993).

Nel seguito vengono riportati alcuni fenomeni di meteo-tsunami individuati in diverse aree della terra.

Giappone (Yota e abiki)

Honda et al. (1908), e successivamente Nakano e Unoki (1962), hanno analizzato più di un centinaio di golfi, baie e insenature della costa Giapponese e hanno trovato che ampie sesse venivano registrate solo in

alcune di esse. Oscillazioni significative del livello del mare nelle baie, note come 'yota' in Giappone (Honda et al., 1908), sono state principalmente registrate in insenature lunghe, poco profonde e con imboccature strette. Oscillazioni estremamente ampie, denominate onde 'abiki', sono eccitate periodicamente nella baia di Nagasaki (Honda et al., 1908; Hibiya e Kajiura, 1982). Nel periodo 1961-1979 Akamatsu (1982) ha registrato 18 eventi di abiki con onde alte più di 1 m; il più forte si è manifestato il 31 Marzo 1979, quando un mareografo posizionato al centro della baia ha registrato oscillazioni con periodo 35 minuti e altezza fino a 278 cm, mentre nella parte terminale della baia le oscillazioni hanno raggiunto 478 cm. L'evento ha prodotto ingenti danni e tre donne sono annegate (Hibiya e Kajiura, 1982).

Questo evento catastrofico (onde di "abiki" del 31 marzo 1979) può essere utilizzato come un esempio per illustrare il meccanismo fisico responsabile per la generazione di meteotsunami (Fig. 1). Hibiya e Kajiura (1982) hanno esaminato questo caso in dettaglio e costruito un efficiente modello numerico, che pure concorda con l'osservazione dei dati. La baia di Nagasaki è una stretta e allungata baia situata sulla costa occidentale dell'isola Kyushu, Giappone (Fig. 1). La lunghezza della baia è di circa 6 km, la larghezza è 1 km e la profondità media è 20 metri. Il periodo fondamentale della baia (modo di Helmholtz) è 35 minuti; tale periodo domina fortemente le oscillazioni di sessa all'interno della baia (95% di tutti gli eventi osservati), e questo periodo è stato osservato il 31 marzo 1979 (Akamatsu, 1982).

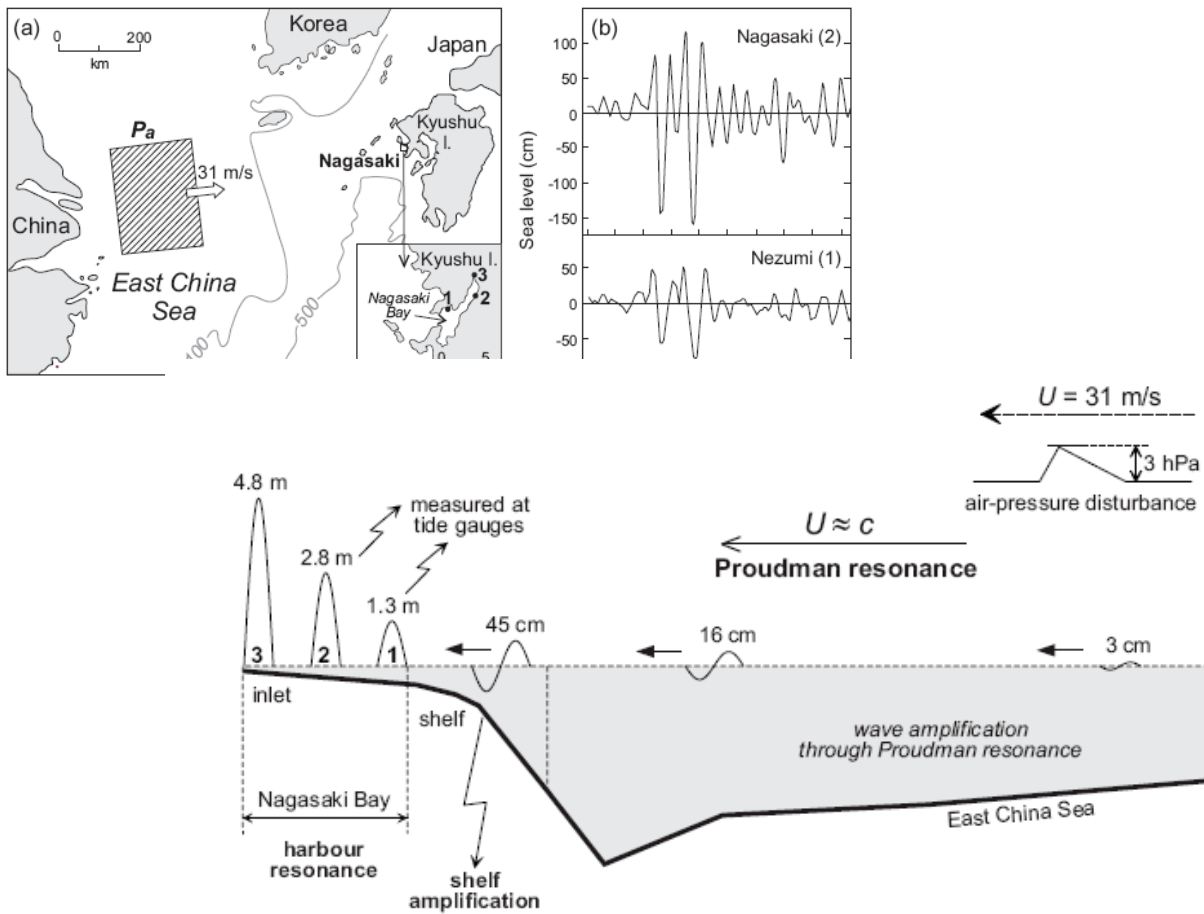


Figura 1. Schema relativo al meccanismo fisico responsabile della formazione del catastrofico meteotsunami presso la Baia di Nagasaki in Giappone il 31 Marzo 1979 (Monserrat et al, 2006)

Hibiya e Kajiura (1982) hanno notato che quasi tutti i casi noti di onde significative di "abiki" sono associate a salti di pressione; per quest'ultimo caso, un brusco salto di pressione (ΔPa) da 2 a 6 hPa (in base alle osservazioni nei vari siti) si è propagato verso est (più precisamente, 5.6 a nord est) sul Mar Cinese Orientale con una velocità media U di circa 31m/s (Fig. 5). Gli autori (Hibiya e Kajiura, 1982) hanno approssimato questo salto, che ha un valore di picco $\Delta Pa = 3$ hPa, con un importante aumento lineare su una distanza $L_1 = 28$ km e una diminuzione lineare su una distanza $L_2 = 169$ km. La corrispondente risposta statica (effetto barometrico inverso) è stata $\Delta \xi \approx 3$ cm (Fig. 1). Dal momento che la profondità del Mar Cinese Orientale tra la Cina e l'isola Kyushu è compresa tra 50 e 150 m, la velocità delle onde lunghe era $c \approx 22-39$ m/s. Così, questo evento è stato un classico esempio di risonanza di Proudman. Hibiya e Kajiura (1982) hanno presentato una semplice espressione per le onde lunghe amplificate per risonanza in aperto oceano

$$\Delta \xi = \frac{\Delta \bar{\xi} x_f}{L_1 2} \quad (2)$$

in cui $x_f = Ut$ è la distanza percorsa dal salto di pressione durante il tempo t . Usando $L_1 = 28$ km e $x_f = 300$ km (la distanza tra la sorgente e la zona delle Isole Goto), si ricava $\Delta \xi \approx 16$ cm. Calcoli numerici più precisi utilizzando topografia marina bidimensionale più realistica forniscono un fattore di risonanza pari a $\varepsilon = \Delta \xi / \Delta \bar{\xi} \approx 4.3$ e $\Delta \xi \approx 12.9$ cm, in accordo con le osservazioni. Così, a causa della risonanza, la perturbazione iniziale di 3 centimetri è aumentata in mare aperto di 4-5 volte (Fig. 1). È interessante notare nell'Eq. (2) che l'amplificazione risonante è inversamente proporzionale alla L_1 , laddove più veloce è il cambiamento della pressione atmosferica (vale a dire più brusca è il salto di pressione), e più forte è l'amplificazione delle onde generate. Secondo i calcoli di Hibiya e Kajiura (1982), la regione di piattaforma esterna tra le isole Goto e l'isola di Kyushu (Goto Nada) ha periodi di risonanza di 64, 36 e 24 minuti. Il periodo di 36 minuti coincide strettamente con il periodo della fondamentale (35 min) della baia di Nagasaki.

La piattaforma di Goto Nada non ha amplificato significativamente la principale onda in entrata (la prima altezza della cresta era di 16 centimetri in corrispondenza dell'inizio della piattaforma), ma ha selezionato e amplificato solo le onde con lo specifico periodo di 36 minuti. Tra la piattaforma esterna (profondità di 60 m) e l'estremità della baia di Nagasaki, le onde in arrivo sono state amplificate di un fattore di 2,4 a causa degli effetti combinati relativi alla topografia ad imbuto, parziale riflessione, e la riduzione di profondità all'interno Baia. Infine, l'amplificazione di risonanza a Nagasaki del treno di onde in arrivo con un periodo di circa 35 minuti determina catastrofiche oscillazioni all'interno della baia con un massimo d'onda di 134 cm registrato in Nezumi (#1) vicino all'ingresso della baia. Un'altezza d'onda di 278 centimetri è stata registrata a Nagasaki (#2), come misurato da una maregrafo situato nel centro della baia (Figs. 5 bis e ter).

Le previste altezze d'onda all'estremità della baia (#3) è stata di 478 centimetri (Akamatsu, 1982). Così, in questo caso estremo si assiste alla combinazione di "pericolosi" fattori di amplificazione responsabili della formazione di oscillazioni catastrofiche all'interno della baia di Nagasaki: (1) una forte perturbazione atmosferica (salti di pressione da 2 a 6 hPa) che si propaga (2) verso la baia con (3) velocità di fase quasi risonante di 31 m/s. Questo disturbo ha generato per risonanza onde lunghe in mare aperto con un selezionato periodo di 36 minuti che corrisponde (4) al periodo fondamentale di 35 minuti della baia che ha (5) un alto fattore Q e ben definite di risonanza proprietà. Come risultato, 3 centimetri di altezza delle onde nella zona sorgente produce onde ai capi della baia pari a 478 centimetri.

Presso le coste della Corea oscillazioni relativamente ampie vengono registrate regolarmente solo nel porto di Pohang (Park et al., 1986). Nel porto di Longkou, Cina occidentale, sono comunemente registrate forti oscillazioni (Wang et al., 1987); sesse con ampiezza superiore al metro sono state registrate 13 volte in 23 anni (1957-1980) con un valore massimo di 2.93 m. L'evoluzione di quest'ultimo caso, con una ampia onda iniziale ed un rapido decadimento, è molto simile al ben noto caso di oscillazioni significative nel Golfo di Trieste registrate il 13 Ottobre 1933 (Defant, 1961; Wilson, 1972) generate, così come è stato provato, dalla risonanza di Proudman delle onde atmosferiche, che si propagavano sull'Adriatico settentrionale, e le onde lunghe in mare.

Sesse di notevole ampiezza sono regolarmente osservate in Longkou, porto situato alla foce della baia Bohai (Mar Giallo) in Cina. Nessun altro sito in Cina registra oscillazioni simili del livello del mare. Wang e al. (1987) hanno esaminato 23 anni di registrazione continua di livello del mare (1957-1958 e 1961-1981) e hanno selezionato 137 eventi caratterizzati da oscillazioni di ampiezza superiori a 40 centimetri. La maggior parte di questi eventi si sono verificati nel periodo maggio-agosto, mentre nei mesi invernali (gennaio-febbraio) forti sesse non sono mai state osservate. Il porto di Longkou è situato nella stessa regione geografica della baia di Nagasaki ed il modello di circolazione atmosferica per questi due siti è molto simile. Tuttavia, è interessante notare che la presenza stagionale di sesse estreme è esattamente opposta. La spiegazione più probabile di questa differenza è la direzione di propagazione delle onde atmosferiche associate alla circolazione generale monsonica: principalmente verso est nel periodo invernale (vale a dire verso la baia di Nagasaki) e verso ovest nel periodo estivo (verso il porto Longkou). Le variazioni stagionali nell'intensità dei processi atmosferici svolgono apparentemente un ruolo secondario nella formazione dei meteotsunami.

Una analisi statistica di eventi di sessa di ampiezza notevole nel porto di Longkou indica una significativa differenza nel numero di eventi da un anno all'altro; il numero medio è di 6 eventi per anno. La durata media degli eventi è da 2 a 4 ore (durata massima osservata è stata 9 h), ma i periodi non sono coerenti come nella baia di Nagasaki, dove i periodi più comuni sono 85 e 115 minuti. Oltre al periodo osservato di 23 anni, sono stati individuati 13 eventi con altezza massima dell'onda superiore a 100 cm, e con il più forte evento avvenuto il 1° settembre 1980, quando sono state registrate sesse d'ampiezza di 293 centimetri (Wang et al., 1987; Rabinovich e Montserrat, 1996).

Mar Baltico (seebiir)

Un fenomeno abbastanza simile agli tsunami si verifica episodicamente lungo la costa del Mar Baltico, in cui è noto con il nome 'Seebiir'. Le onde di seebiir con altezze intorno a 1-2 m giungono inaspettatamente quando il mare è calmo, anche piatto, e mostrano un treno d'onde con intervalli ritmici (Defant, 1961; Wilson, 1972).

Una sessa è un'onda stazionaria e può essere osservata grazie alle oscillazioni del livello del mare registrate da un mareografo. Le sesse nel bacino parzialmente chiuso del Mar Baltico hanno un periodo naturale di oscillazione libera che dipende dalla forma del bacino e, quindi, dalla profondità e dal numero dei nodi dell'onda stazionaria. In condizioni naturali, le sesse vengono generate da gradienti di pressione atmosferica, da vento, e co-oscillazioni con i bacini d'acqua vicini. L'eccitazione dipende, così come accade per le oscillazioni forzate, dalla relazione tra il periodo della forza di eccitazione e le auto-oscillazioni del bacino. Di conseguenza, l'inondazione delle aree costiere si può manifestare attraverso effetti di risonanza. Auto-oscillazioni interne e sesse nel Mar Baltico sono state studiate in dettaglio da Krauss (1963), e una breve descrizione è riportata da Lisitzen (1974). La teoria tradizionale delle oscillazioni libere all'interno di bacini allungati è basata su ipotesi che per prime sono state applicate al Mar Baltico da Neumann (1941), e successivamente utilizzate da Krauss e Magaard (1962). Periodi e

caratteristiche delle oscillazioni gravitazionali libere nel Mar Baltico sono stati valutati da calcoli teorici da Wübbler e Krauss (1979).

Isole Baleari (rissaga)

Ampie sesse sono comuni in alcune insenature e porti della costa Mediterranea della Spagna e delle Isole Baleari in cui il fenomeno è denominato localmente 'rissaga' (Fontseré, 1934; Ramis e Jansà, 1983; Jansà, 1986). Oscillazioni del livello del mare sono occasionalmente notevolmente ampie nel porto di Ciutadella, isola di Minorca (Monserrat *et al.*, 1991) e causano danni notevoli alle imbarcazioni, alle navi da pesca e alle strutture del porto.

I periodi di tali oscillazioni ricadono nel range 5 - 30 min con altezze picco-picco che possono raggiungere valori di alcuni metri. Le maree nel Mediterraneo sono relativamente deboli, usualmente meno di 15-20 cm e, di conseguenza, le strutture della costa e dei porti non sono progettate per rispondere a significative variazioni del livello del mare.

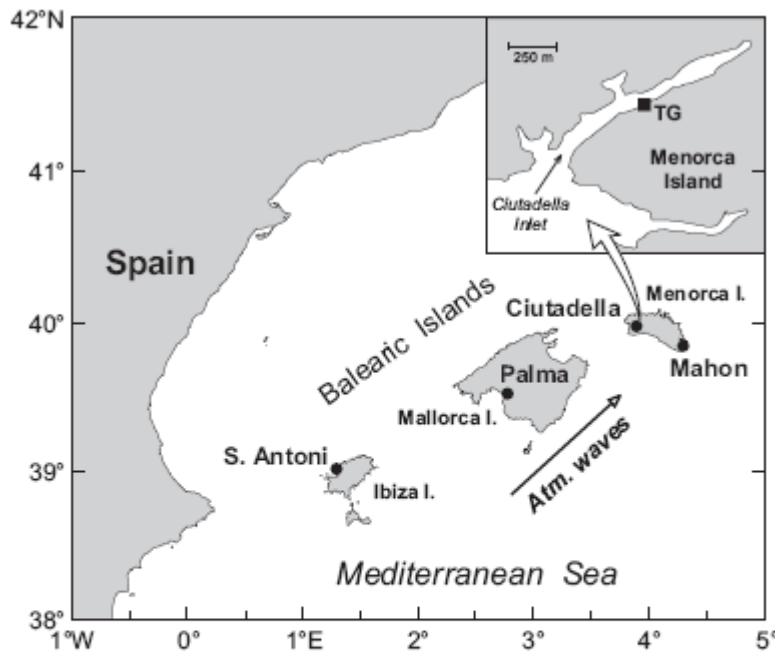


Figura 2 Porto di Ciutadella presso l'isola di Minorca (Isole Baleari). Monserrat *et al.*, 2006.

Per tale motivo tali oscillazioni possono determinare delle vere e proprie catastrofi nelle aree costiere. L'effetto negativo delle variazioni del livello del mare è notevolmente amplificato dalle correnti che si generano e che possono essere estremamente forti in alcune insenature a causa dei brevi periodi delle oscillazioni naturali. Riferimenti alle catastrofiche conseguenze di tali variazioni sono state trovate in alcune lettere scritte nel XV secolo.

Riudavets (1885) nel suo testo "History of Menorca Island" ha descritto uno spettacolare fenomeno manifestatosi a Ciutadella (Minorca, Isole Baleari), in cui notevoli oscillazioni del livello del mare si sono manifestate, principalmente in estate, causando terribili distruzioni alle barche e alle strutture del porto. Riudavets ha usato il nome locale 'rissaga', equivalente Catalano del termine spagnolo 'resaca', per indicare queste forti oscillazioni di breve periodo nel porto. Da allora, diversi episodi, registrati proprio a causa dei danni arrecati alle aree costiere, sono stati riportati sui giornali locali. Tali fenomeni sono stati

registrati in molte insenature e porti delle coste Catalane e Valenziane della Penisola Iberica, e delle Isole Baleari, ma proprio a Ciutadella questi erano molto più frequenti e usualmente più forti che in altri siti.

Nel primo lavoro scientifico pubblicato su tale fenomeno, Fontseré (1934) ha presentato uno studio statistico su ciò che egli chiamava 'sesse' lungo le coste Catalane. Ha sottolineato che tali sesse si manifestavano nel periodo Giugno-Settembre. Fontseré tentò di legare questo fenomeno all'attività sismica nel Mediterraneo ma non trovò alcuna correlazione. Nel contempo, ha evidenziato che durante tali eventi si sono registrate oscillazioni barografiche, situazione che gli ha permesso di ipotizzare una origine atmosferica per quel fenomeno.

Ramis e Jansà (1983) hanno approfondito lo studio delle oscillazioni osservate nelle isole Baleari. Così come Fontseré (1934), essi hanno indirizzato la loro attenzione sulla presenza di intense fluttuazioni di pressione che precedevano il manifestarsi delle onde di rissaga. In più, hanno identificato condizioni meteo sinottiche simili nel corso degli eventi. Piogge sottili tipicamente accompagnavano un evento di rissaga mentre nelle ore precedenti alle ampie oscillazioni del livello del mare veniva osservato un cielo coperto con ambiente umido peculiare. Gli stessi autori notarono pure che tutti gli eventi registrati si sono manifestati nel periodo Giugno-Settembre. Sicuramente, non è proprio una coincidenza che tre casi di sesse straordinarie nella baia di Vela Luka, Dalmazia, descritte da Hodžić (1979), sono state osservate negli stessi mesi ed in analoghe situazioni sinottiche. Ramis and Jansà (1983) hanno raccolto informazioni dai locali testimoni per un particolare evento (2 Luglio 1981) e trovarono che le oscillazioni di sessa straordinarie sono state osservate simultaneamente nella maggior parte delle baie e delle insenature delle isole Baleari. L'altezza delle onde variavano tra 0.5 e 2 m ed i periodi predominanti variavano tra 5 e 10 min, eccetto a Palma di Maiorca, dove sono state registrate sesse con periodi tra 14 e 28 min. Sebbene tali oscillazioni sono state registrate in molte aree del Mediterraneo occidentale, solo in alcune di esse sono state abbastanza forti da provocare effetti disastrosi alle aree costiere. La Tabella I mostra le principali caratteristiche delle sesse durante gli eventi di rissaga lungo la costa Catalana della Spagna e delle isole Baleari, basata sulle informazioni di Ramis e Jansà (1983), Jansà (1986), e Massaguer e Net (1986).

Come si può osservare da questa tabella, il sito in cui questo fenomeno sembra manifestarsi più spesso e presentare le più drammatiche conseguenze è proprio Ciutadella, un'insenatura stretta e poco profonda localizzata sulla costa occidentale di Minorca (Figure 2).

Praticamente ogni estate si presentano a Ciutadella oscillazioni di sessa con durate che oscillano tra alcune ore e alcuni giorni con altezze delle onde maggiori di 0.5 m. Comunque, onde di notevole ampiezza (rissaga), con drammatiche conseguenze per i porti, hanno luogo usualmente solo una volta in 5-6 anni. I recenti eventi estremi a Ciutadella si sono manifestati a Settembre 1975, Luglio 1981, Giugno 1984 e Luglio 1989. Le forti correnti generate nelle insenature durante l'evento rissaga hanno causato molti dei danni in quell'area, distruggendo le strutture dei porti e le cime che assicuravano le imbarcazioni alle banchine dei porti. L'evento di Giugno 1984 merita particolare menzione proprio perché una delle oscillazioni ha raggiunto un'altezza maggiore di 3 m, lasciando vuota la parte terminale dell'insenatura.

Nonostante i notevoli rischi causati dagli eventi di rissaga a Ciutadella e ad alcune baie della regione, nessuna misurazione strumentale del livello del mare è stata acquisita fino a tempi recenti. In più, c'era solo un mareografo nell'intera area delle isole Baleari, a Palma di Maiorca, ed anche questo strumento non funzionava regolarmente. Per tali ragioni tutte le informazioni raccolte sui parametri delle onde di rissaga (Tabella I) erano basate su osservazioni visuali e probabilmente poco accurate.

Date	Station		Wave height (cm)	Period (min)	Duration (hours)
11 July 1972	Tarragona	(Catalonia)	300	–	–
16 September 1975	Barcelona	(Catalonia)	60	8–10	12
16 September 1975	Ciutadella	(Menorca Is.)	200	–	48
14 July 1977	Ciutadella	(Menorca Is.)	50	–	–
2 July 1981	Barcelona	(Catalonia)	100	–	–
2 July 1981	Costa Brava	(Catalonia)	300	3–4	–
2 July 1981	Andratx	(Mallorca Is.)	100	5–6	–
2 July 1981	Palma	(Mallorca Is.)	40	14, 28	–
2 July 1981	Pollensa	(Mallorca Is.)	80	10	–
2 July 1981	Porto Colom	(Mallorca Is.)	100	6	–
2 July 1981	Sa Rapita	(Mallorca Is.)	100	5	–
2 July 1981	Sta Ponça	(Mallorca Is.)	200	5	–
2 July 1981	Ibiza	(Ibiza Is.)	100	–	–
2 July 1981	Ciutadella	(Menorca Is.)	200	8–10	15
2 July 1981	Caserio Cabrera	(Cabrera Is.)	80	–	–
18 July 1981	Ciutadella	(Menorca Is.)	100	–	–
29 July 1982	Ciutadella	(Menorca Is.)	–	–	48
21 June 1984	Ciutadella	(Menorca Is.)	300	–	–
14 June 1985	Porto Colom	(Mallorca Is.)	40	–	–
14 June 1985	Ciutadella	(Menorca Is.)	90	3.5–4	7
19 June 1985	Porto Colom	(Mallorca Is.)	60	–	–
19 June 1985	Ciutadella	(Menorca Is.)	90–100	5	10
3 July 1985	Porto Colom	(Mallorca Is.)	100	–	2
3 July 1985	Ciutadella	(Menorca Is.)	90	5–7	8
31 July 1985	Ciutadella	(Menorca Is.)	80	–	4

Tabella I (Rabinovich e Monserrat, 1996)

Sono disponibili dal 1988 dati sperimentali più accurati sul livello del mare a Ciutadella, anno in cui l'UIB ha installato una stazione con sensore di pressione nell'insenatura per quantificare il fenomeno. Un mareografo è stato installato nel 1989 dall'Institute Espanol de Oceanografia di Palma di Maiorca e ha lavorato più o meno regolarmente da quella data. La misura delle fluttuazioni di pressione atmosferica nella regione di Ciutadella sono state attivate dall'UIB praticamente nello stesso periodo. Le simultanee misure di alta qualità del livello del mare e della pressione hanno supportato l'ipotesi di un origine atmosferica per queste sesse anormali. In particolare, si è trovato che un aumento significativo nello spettro di energia si verificava sia in atmosfera e sia sul livello del mare durante il forte evento registrato a Ciutadella il 7 Luglio 1989 (Monserrat et al., 1991).

Ad ogni modo, l'esatto meccanismo di generazione del rissaga non era ancora chiaro. Tintoré et al. (1988) proposero che una triplice interazione di risonanza di onde atmosferiche, fronti d'onda propagantesi sulla piattaforma di Minorca e autoscillazioni dell'insenatura potessero giocare un ruolo chiave nell'eccitazione di sesse anormali a Ciutadella. Gomis et al. (1993) mostrarono successivamente che una forzante diretta dell'insenatura da parte della pressione atmosferica è improbabile ma invece, che le onde provenienti dal mare aperto, generate da onde atmosferiche, possono agire come meccanismo intermedio, e forzare per risonanza le oscillazioni di rissaga all'interno dell'insenatura. Essi suggerirono inoltre che la particolare

forma del porto di Ciutadella (allungata e poco profonda) causa amplificazioni estremamente forti delle onde in ingresso, permettendo così di spiegare le notevoli ampiezze delle sesse.

Le onde generate dal vento giocano frequentemente un ruolo importante nella generazione delle oscillazioni del livello del mare all'interno di un porto, specialmente i modi di sessa di ordine elevato (Wilson, 1972; Bowers, 1977; Okihiro et al., 1993), sebbene non siano stati svolti studi rivolti a questo possibile meccanismo sorgente in questa regione. Ad oggi è stato difficile pervenire a conclusioni definitive sulla natura del fenomeno rissaga a causa della carenza di statistiche.

Isole South Kuril

Sebbene nella zona delle South Kuril Islands (figura 3) le onde indotte dall'atmosfera non siano così forti, le oscillazioni di sessa con altezza dell'onda di diverse decine di centimetri generate da forzanti meteorologici sono abbastanza frequenti. Nel corso delle misure per il monitoraggio dello tsunami in quest'area, diversi treni di onde lunghe simili a quelle degli tsunami sono stati registrati, e solo dopo particolari investigazioni si è trovato che questi erano causati da attività atmosferica e non da eventi sismici.

La necessità di distinguere tra tsunami sismici e meteorologici, di esaminare il meccanismo di generazione di questi ultimi, di analizzare le proprietà di risonanza di varie insenature e baie, così come la minaccia diretta di fenomeni pericolosi per le coste, ha spinto l'Universitat de les Illes Balears (UIB), Palma di Maiorca, Spagna, e l'Institute of Marine Geology and Geophysics (IMGG), Yuzhno-Sakhalinsk, Russia, ad organizzare esperimenti simili e indipendenti nel periodo 1989-1992 nelle regioni delle Baleari (Spagna) e delle South Kuril (Russia) Islands. Osservazioni simultanee del livello del mare e della pressione atmosferica sono state svolte in entrambe le regioni (Monserrat et al., 1991; Monserrat e Thorpe, 1992; Djumagaliev e Rabinovich, 1993).



Figura 3. Shikotan Island, Pacifico nord-occidentale.

Sono state analizzate le possibili condizioni favorevoli in grado di generare sesse di elevata ampiezza (meteotsunamis) nell'insenatura di Ciutadella (Isole Baleari, Mediterraneo Occidentale) di Menorca e sull'isola di Shikotan (Isole di Kuril Meridionali, nordovest Pacifico) e sono state individuate somiglianze nei processi di generazione di sesse in ambo le regioni. Si sono manifestati 10 eventi forti nel periodo di

osservazione 1989-1990 a Ciutadella e 3 eventi nell'isola di Shikotan (maggio 1991). I 13 eventi sono stati correlati bene con disturbi significativi di pressione atmosferica osservati simultaneamente.

La tendenza generale della correlazione tra pressione atmosferica ed il livello di mare è chiara: disturbi atmosferici più forti generano normalmente le più grandi oscillazioni di sessa. Comunque, il carattere particolareggiato di questa correlazione non è così semplice: ci sono molte eccezioni a questa tendenza generale; talvolta i disturbi addirittura piuttosto potenti non eccitano sesse ben visibili. Quindi è naturale supporre che ci siano certi fattori supplementari che influenzano la risposta del livello del mare alla forzante atmosferica.

Le tre baie studiate (insenatura di Ciutadella sull'isola di Minorca; baie di Krabovaya e Malokuril'skaya, entrambe sull'Isola di Shikotan) hanno strutture di risonanza molto ben definita con autoscillazioni dominate fortemente dai modi fondamentali (Helmholtz) con periodi 10.6, 29.0 e 18.6 min, rispettivamente.

Il confronto tra l'intensità delle oscillazioni di sessa e le componenti ad alta frequenza dell'attività dell'onda atmosferica corrispondenti alle risonanze delle baie ha mostrato un'elevata correlazione. In particolare, intorno alla frequenza di risonanza la correlazione tra le variazioni della pressione atmosferica e il livello del mare era pari a 0.92 per l'insenatura di Ciutadella, proprio in corrispondenza degli eventi di rissaga. Nei periodi normali (assenza di sesse ampie), così come per il periodo di osservazione intero nella regione dell'isola di Shikotan, questa correlazione era molto più piccola ($Cor = 0.50$), apparentemente perché sesse "di fondo" erano generate da molti fattori diversi (es. da vento od onde di vento).

Inoltre, si è trovato che la velocità di fase di onde atmosferiche in casi particolari di onde di rissaga significative era approssimativamente 30 m/s, cioè molto vicino alla velocità di fase di onde lunghe sulla piattaforma di Maiorca. L'orientamento dell'insenatura di Ciutadella, in questa particolare direzione è un fattore di chiave che amplifica l'effetto corrispondente.

Analizzando i dati dalle due regioni diverse sono stati distinti molti fattori favorevoli per la generazione di sesse: forti disturbi (1) atmosferici in movimento sull'area; elevata energia (2) in corrispondenza delle frequenze di risonanza dei bacini corrispondenti; (3) direzione verso la costa dell'onda atmosferica che coincide con l'orientamento dell'insenatura; (4) la velocità di fase dell'onda atmosferica che si accoppia con la velocità di fase di onde lunghe sulla piattaforma. La coincidenza di tutti questi fattori è piuttosto rara, come lo è perciò la formazione di sesse estreme. Eventi di Rissaga con altezze d'onda 1.0-1.5 m sono osservate nell'insenatura di Ciutadella 1-2 volte l'anno normalmente, ma oscillazioni veramente distruttive con altezze picco-picco più di 3 m accadono solamente una volta ogni pochi anni. In molte altre regioni tale coincidenza non è mai comunque, possibile. Per esempio, l'Isola di Kunashir protegge Isola di Shikotan da onde lunghe che vengono dal nordovest che sarebbe la direzione più efficace per generare sesse nelle baie di Krabovaya e di Malokuril'skaya. Le sesse in queste baie possono essere eccitate solamente da onde che si propagano lungo la costa nordovest di Isola di Shikotan. Questo probabilmente è una delle ragioni per cui le sesse generate dall'atmosfera sono molto più deboli che in Ciutadella. Un altro risultato interessante era il carattere diverso della formazione di sesse di fondo, sempre presenti nei bacini. Una delle ragioni per questa differenza è che le oscillazioni di fondo sono formate da molte fonti mescolate, incluso maree, onde interne, onde di vento, onde lunghe che vengono da regioni remote, ecc. La generazione di particolari eventi è determinata dalla specifica forzante dominante, principalmente dai disturbi atmosferici che si muovono in prossimità delle regioni di osservazione.

Mare Adriatico Baia di Vela Luka

Il Mar Mediterraneo è la regione in cui gli tsunami meteorologici si manifestano più frequentemente. Hodžić (1979) ha descritto tre casi (21 Agosto 1977; 19 Settembre 1977; 21 Giugno 1978) di oscillazioni

straordinarie con altezze intorno a 1-2.5 m e periodi di circa 15 min registrati nella baia di Vela Luka, un'insenatura lunga e stretta posizionata nell'Adriatico orientale.

L'Adriatico settentrionale è una vasta regione con piattaforma poco profonda di lunghezza pari a circa 300 km, con una profondità media da 20 a 100 m. Questa regione è favorevole alla risonanza di Proudman; tuttavia, meteo-tsunami pericolosi non sono mai stati osservati in questa regione a causa della mancanza di baie o porti con grandi fattori Q. Ciononostante, oscillazioni di sessa significative (0.5-1 metri), sono state registrate più volte in questa regione, in particolare nel Golfo di Trieste e nel Golfo di Venezia (Caloi, 1938; Greco et al. , 1957; Defant, 1961; Wilson, 1972). La regione più conosciuta per eventi estremi di meteo-tsunami è la parte orientale del medio Adriatico, dove ci sono un certo numero di isole, canali e di baie e porti a forma di imbuto.

La marea in questa regione è molto più piccola rispetto al Nord Adriatico (circa 20-30 cm in confronto con 1m nella zona di Trieste), il che comporta un rischio maggiore per le zone costiere e le infrastrutture a metà Adriatico, non realizzate per far fronte ad alte Oscillazioni del livello del mare.

Il più forte evento di meteo-tsunami si è verificato il 21 giugno 1978 nella baia di Vela Luka (isola di Korčula; figura 3), quando un treno di onde di 15 minuti ha investito l'imboccatura del porto. Testimoni locali riportano che la massima escursione di altezza dell'onda è stata di circa 6 m a capo della baia (Hodžić, 1979/1980).

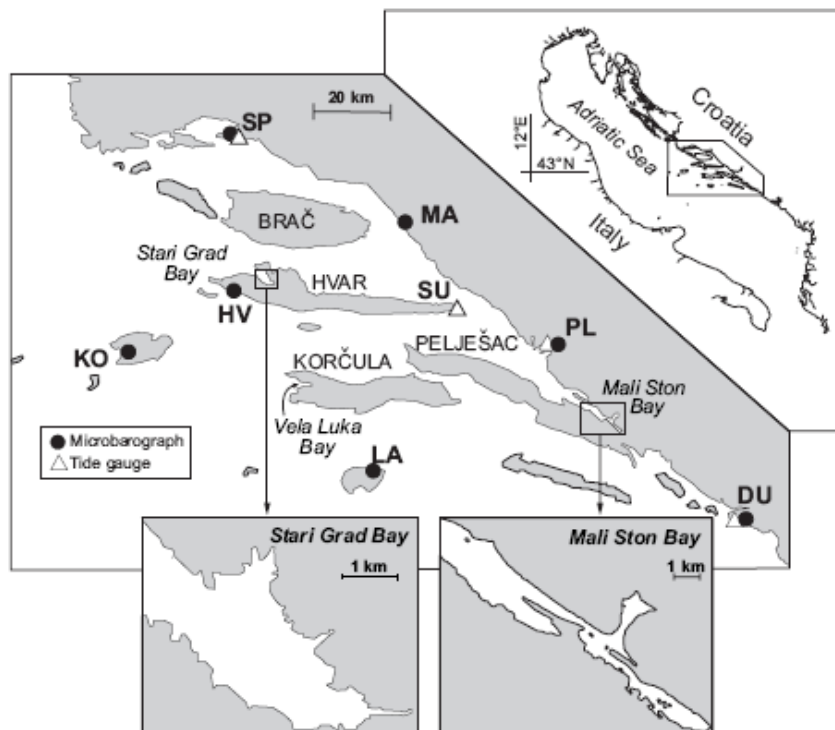


Figura 4. Mappa della costa orientale del mar Adriatico.

Questo meteo-tsunami ha provocato inondazioni e ha gravemente danneggiato il porto e le barche all'interno del porto. Sebbene non ci fossero mareografi nella baia, Orlić (1980) è stato in grado di dimostrare che queste onde sono state indotte da una perturbazione atmosferica che si è propagata da sud-ovest a nord-est con una velocità di 22 m/sec (in accordo alle registrazioni barografiche), suggerendo che la grande ampiezza delle onde nel porto è stata causata dall'accoppiamento di risonanza di questo disturbo con le onde in mare aperto. I più forti effetti si sono verificati in questa regione, il 27 giugno 2003 in altre

due baie a forma di imbuto: Baia di Stari Grad (isola di Hvar) e la baia di Mali Ston, che si trova tra la terraferma dalmata e la penisola Pelješac (Figura 4). Secondo testimoni oculari che provenivano da Stari Grad, il picco di oscillazione di ampiezza è stato di circa 1,3 metri, con conseguente allagamento di una parte della città. I rapporti da Mali Ston indicano correnti bidirezionali distruttive associate a questo evento che ha spazzato via allevamenti di crostacei situati nella zona più stretta della baia. Anche se non vi sono misure specificamente in queste due baie, dati di marea erano disponibili per diversi siti vicini. Questi dati sono stati utilizzati per esaminare l'evento e per adattare un modello numerico barotropico utilizzato per simulare onde indotte atmosfericamente in questa regione (Vilibić et al., 2004). Questo disturbo della pressione atmosferica aveva una variazione fino a 8 hPa ed è stato rilevato da diversi microbarografi, permettendo così di stimare la velocità del disturbo (22 m/sec) e la direzione (108°). Il disturbo si è accoppiato per risonanza con le onde superficiali in un'area con profondità 50m (la tipica profondità della piattaforma esterna in questa regione). La simulazione numerica del livello del mare e le correnti erano in buon accordo con i dati registrati e le testimonianze raccolte.

Tra i dubbi da chiarire nello studio del fenomeno in tale area vi è il motivo per cui il meteo-tsunami del 1978 è stato osservato nella baia di Vela Luka, ma non nella baia di Stari Grad e, viceversa, perché il meteo tsunami del 2003 ha colpito le baie di Stari Grad e Mali Ston ma non quella di Vela Luka. La stima della velocità delle perturbazioni atmosferiche è stata la stessa per entrambi gli eventi (22 m/sec); tuttavia le direzioni dei disturbi atmosferici del 1978 e 2003 sono state leggermente diverse. Sembra che questa differenza di direzione sia responsabile per le diverse amplificazioni delle oscillazioni del porto per questi due eventi. Un'altra possibile ragione è la differenza tra i periodi fondamentali di risonanza nelle due baie: 15 min per Vela Luka (Orlić, 1980) e 10,6 min per Stari Grad (Vilibić et al., 2004). Inoltre, le onde provenienti dal mare aperto e dirette verso gli ingressi delle baie potrebbero avere posseduto diverso contenuto spettrale a causa delle differenze spettrali dei disturbi del 1978 e del 2003. Purtroppo, però, la scarsa qualità della registrazione barografica del 1978 rende impossibile fornire un più approfondito esame della questione.

Grecia

Papadopoulos et al. (1992) hanno esaminato 'onde marine eccezionali' con periodi di circa 12 minuti registrati il 7 Maggio 1991 in diverse località delle coste della Grecia e hanno trovato che queste onde non erano certamente collegate ad attività sismica sebbene le avessero osservate e studiate come onde di tsunami.

L'arcipelago greco, ovvero il Mar Egeo e i mari adiacenti (Figura 5), è una delle regioni più tsunamigeniche non localizzate nell'oceano Pacifico. Molti tsunami sono stati riportati in tempi storici (ad esempio, Galanopoulos 1960, Ambraseys 1962). Nel corso di questo secolo almeno diciotto onde marine di origine sismica di intensità compresa tra II e VI sono state segnalate e/o registrate (Papadopoulos e Chalkis 1984). L'attività sismica è la più frequente causa di generazione di questi tsunami. Attività vulcanica e frane sottomarine sono pure degli importanti fattori.

Tuttavia, nei cataloghi degli tsunami per questa regione vi sono casi di onde eccezionali di dubbia o addirittura sconosciuta causa. Due eventi del genere sono stati osservati nel Mare Egeo nel 1991.

Le onde studiate non sembrano essere associate a spostamenti tettonici sul fondo del mare. Tuttavia, nessun risultato conclusivo sui problemi del loro meccanismo di generazione è stato ottenuto.

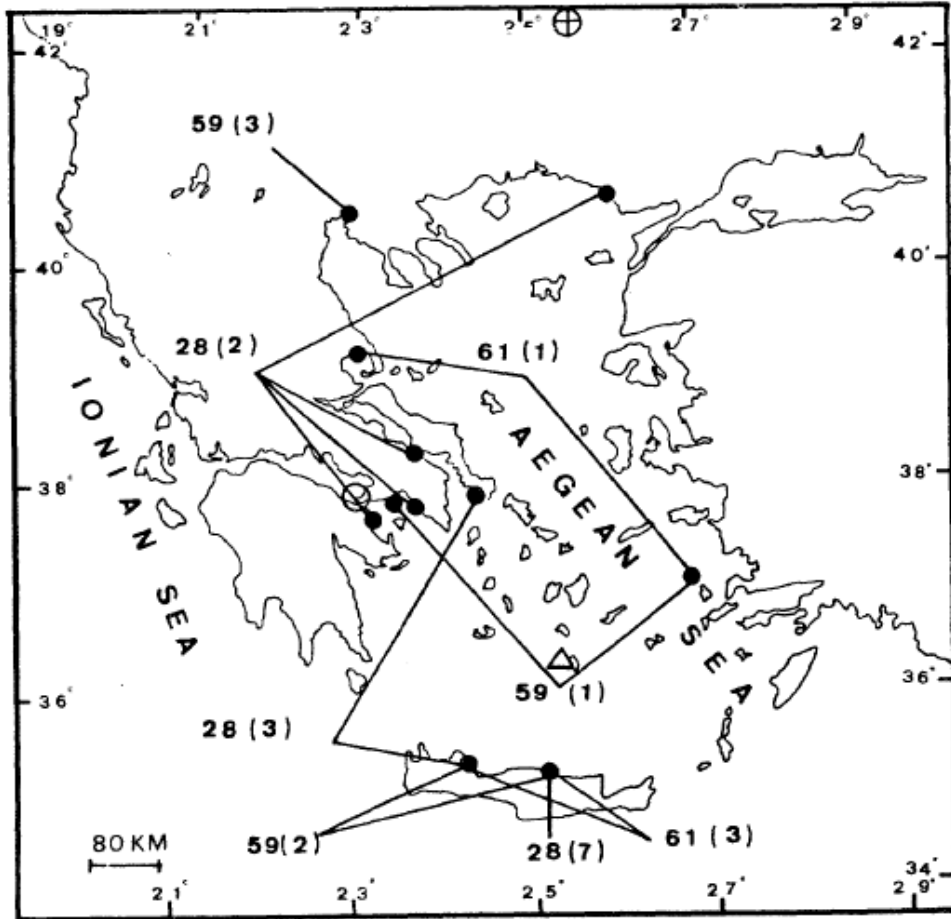


Figura 5. Mappa delle coste della Grecia ne Mar Egeo.

Almeno tre casi di onde eccezionali precedenti al 1991 sono state elencate nei cataloghi degli tsunami del territorio greco: 1928, 1959 e 1961. La Tabella II riassume le informazioni esistenti sui principali parametri e le cause di generazione di queste onde.

Il fenomeno registrato nel 1928 è stato segnalato da numerosi ricercatori e Ambraseys (1962) ha registrato le informazioni pertinenti (Tabella II). Antonopoulos (1980) e Papadopoulos e Chalkis (1984) hanno riportato le informazioni di questo evento nelle loro liste dello tsunami. Tuttavia, Ambraseys (1962) non ha correlato queste eccezionali onde di mare con movimenti legati a terremoto. Al contrario, Antonopoulos (1980) ha correlato tali onde con un piccolo terremoto che ha avuto luogo in Bulgaria a circa 200 km nell'entroterra dal più vicino litorale del nord Egeo. Una sequenza di forti terremoti che si sono verificati nella parte orientale del Golfo di Corinto è stata correlata con le onde del 1928 da Papadopoulos e da Chalkis (1984).

SEA WAVES

No	Date	Region	Authors
1	1928 Apr 23-25	Piraeus Chalkis Nafplio Alexandroupolis (H=2') (ii) Crete Chania Karystos (H=3') (ii+) Crete (H=7') (iii+)	AM, AN, PC
2	1959 Feb 23	Crete (H=2') Leros (H=1') Salamina (H=1') Thessaloniki (H=3')	AM, AN, PC, S
3	1961 June 6	Crete (H=3') Volos (H=1') Leros (H=1')	AM, AN, S

EARTHQUAKE OR OTHER GENERATION CAUSES

No	Date	ϕ°_N	λ°_E	h	M	I	Authors
1	??.4.1928	42.4	25.7	n	4.6	VI	AN
1	22.4.1928	37.9	23.0	n	5.2	VI	PC
1	22.4.1928	37.9	23.0	n	6.3	IX	PC
1	25.4.1928	38.0	23.0	n	5.2	V	PC
2	No earthquake shock was recorded. Most probably a seiche.						AM, AN
2	Unknown generation causes						PC, S
3	Indicated that a strong seiche has taken place						AM, AN
3	Observed that the generation cause was unknown						S

AUTHORS KEY:
 AM - AMBRASEYS (1962)
 AN - ANTONOPOULOS (1980)
 PC - PAPADOPOULOS AND CHALKIS (1984)
 S - SOLOVIEV (1990)

Tabella II (Papadopoulos, 1992).

La caratteristica predominante di queste onde è che la perturbazione sull'acqua di mare si è diffusa un po' ovunque lungo le coste settentrionali, occidentali e meridionali del Mar Egeo. Non è certo se l'onda non è stata segnalata nella parte orientale del Mar Egeo a causa della mancanza di strumentazione e/o diffusione di informazioni o a causa di una mancanza reale di disturbo in quell'area. La massima intensità dell'onda è stata osservata lungo la costa nord di Creta nel Sud dell'Egeo.

L'evento registrato nel 1959 è stato molto simile a quella del 1928. È stato segnalato da Ambraseys (1962) dopo una comunicazione personale con il Servizio Idrografico della Marina Ellenica di Atene. Il disturbo

si è diffuso lungo le coste settentrionali, occidentali e sud-orientali del Mar Egeo (Figura 5), con i parametri riportati nella tabella II. Antonopoulos (1980), Papadopoulos e Chalkis (1984) e Solov (1990) hanno riprodotto questa informazione. Per quanto riguarda il meccanismo di generazione, Ambraseys (1962) ha rilevato che nessuna scossa di terremoto è stata registrata in quel periodo e ha assunto che più probabilmente si è trattato di una sessa.

Antonopoulos (1980) ha adottato questa assunzione mentre Papadopoulos e Chalkis (1984) e Soloviev (1990) riportarono cause di generazione sconosciute. Non è chiaro il motivo per cui l'evento non è stato segnalato nella costa orientale del Mar Egeo. La massima intensità è stata osservata nel nord-ovest del Mar Egeo.

L'evento del 1961 è un altro caso di eccezionali onde di mare non associate ad attività sismica. È stato riportato da Ambraseys (1962) a seguito di comunicazione personale con il Servizio Idrografico di Atene. Il disturbo si è diffuso nelle zone occidentali, meridionali e sud-orientali delle coste del Mar Egeo (Figura 5). In Tabella II sono mostrati i parametri rilevati. Antonopoulos (1980) e Soloviev (1990) hanno riportato le relative informazioni. Ambraseys (1962) e Antonopoulos (1980) suggerirono che probabilmente si è trattato di una forte sessa, mentre Soloviev (1990) riporta cause di generazione non conosciute. Come nei casi del 1928 e 1959, non è chiaro il motivo per cui le onde del 1961 non sono state segnalate nella costa orientale del Mar Egeo.

Secondo notizie di stampa del 4 gennaio 1991, un forte maremoto, è stato osservato a Evdilos lungo la costa nord dell'isola di Ikaria nel Mar Egeo orientale. Da comunicazione personale dell'autore con le autorità portuali di Ikaria è emerso che il periodo fondamentale dell'onda era pari a circa dieci minuti, avendo osservato l'acqua muoversi verso l'interno per cinque minuti e spostarsi verso il mare aperto per altri cinque minuti. La perturbazione dell'acqua di mare si è protratta per circa tre giorni cioè tra 2 e 4 gennaio 1991. Non ci sono informazioni di disturbi simili in altre zone costiere allo stesso tempo. Non è stata osservata alcuna attività sismica nelle vicinanze dell'isola di Ikaria. Il più grande terremoto che si è verificato nel Mare Egeo tra l'1 e il 4 Gennaio aveva $M_L = 3,8$. Dove M_L è la magnitudo locale (BSINOA 1991a).

Nel Maggio 1991 si è manifestato il più recente e ben documentato evento di onde di mare eccezionali nell'arcipelago greco. Alcune informazioni preliminari sono state fornite da Papadopoulos et al. (1992). Qui l'onda è stata studiata utilizzando osservazioni strumentali disponibili sul campo. Le autorità locali nell'isola di Lero, in base alle osservazioni sul campo, hanno riferito che un improvviso aumento del livello medio del mare di circa 0,5 m si è verificato nella baia di Laki, Leros, il 7 maggio 1991. Le onde hanno spostato a terra le piccole imbarcazioni da pesca. L'esame delle registrazioni mareografiche del Servizio Idrografico di Atene ha rivelato che l'onda è stata registrata in diversi porti del Mar Egeo e almeno in un porto del Mar Ionio. Dall'analisi dei mareogrammi, in particolare quelli della baia di Laki, è emerso che il livello del mare era rappresentato da un graduale aumento seguito da amplificate oscillazioni ad alta frequenza. L'innalzamento del livello del mare si è portato ad un massimo di circa 0,5 m, che è compatibile con le osservazioni sul campo. Il periodo fondamentale è stato di circa $T = 12$ min con l'onda sovrapposta alla normale marea semidiurna. La perturbazione si è protratta per circa 13 ore con una serie decrescente di ampiezze. Nessuna notevole attività sismica è stata osservata nel corso o prima dell'evento. Tra l'1° e il 7 maggio 1991, la più grande scossa sismica registrata nel Mare Egeo era $M_D = 3,8$, dove M_D è la durata (BSINOA, 1991b). È possibile che l'onda del 7 maggio 1991 nella baia di Laki sia stata una sessa (vale a dire una libera oscillazione delle acque, il cui periodo dipende dalle dimensioni del volume di acqua). Se si risolvono le equazioni per onde stazionarie con opportune condizioni al contorno, allora un'approssimazione dell'onda con periodo fondamentale T è data da (Nakano e Fujimoto, 1983) $T = 4L (gh)^{-1/2}$, dove L è la lunghezza della superficie dell'acqua, h è la profondità dello strato di acqua e g è l'accelerazione di gravità. Per $T = 12$ min e $L = 3250$ m, si ottiene $h = 33$ m, che è molto vicino alla profondità media nella baia di Laki. Una sessa può essere eccitata da un movimento tettonico,

dal vento che temporaneamente soffia sulla superficie dell'acqua, o da differenze di pressione atmosferica in tutta la superficie dell'acqua. Poiché non vi è alcuna prova che un movimento tettonico abbia attivato l'evento del 7 maggio 1991, si può ritenere che l'onda abbia avuto origine da un disturbo del livello del mare derivante da cause atmosferiche. Non è ragionevole attribuire l'evento al verificarsi di frane sottomarine, perché solo effetti locali sull'acqua di mare possono essere innescati da un simile evento. In più, non si spiegherebbe la natura oscillatoria del disturbo.

Gli eventi registrati in gennaio 1991, giugno 1961 e febbraio 1959 non sono stati associati ad alcun apparente movimento tettonico. Per le suddette ragioni, i sedimenti sottomarini che scorrono a causa della gravità non offrono una spiegazione ragionevole, dato che queste onde del mare sono simili nelle loro caratteristiche generali con quella del maggio 1991, con l'eccezione del probabile carattere locale del maremoto del gennaio 1991. In questi casi sembra essere più attendibile l'ipotesi che una tempesta sia stata la causa di generazione delle onde. Come per l'evento del 23-25 aprile 1928, appare irragionevole il suggerimento di Antonopoulos (1980) che lo ha attribuito ad un terremoto di piccola entità verificatosi nel sud della Bulgaria.

Tuttavia, l'attività sismica è stata molto elevata in Bulgaria e in Grecia, durante i giorni che hanno preceduto l'evento. Più precisamente, secondo Comninakis e Papazachos (1986), il 14 e il 18 aprile due terremoti di $M = 6,8$ e $M = 7,0$, rispettivamente, si sono verificati nel Sud della Bulgaria, mentre un gran numero di piccoli terremoti ($M = 5,0 - 5,5$) si sono manifestati il 28 aprile (Figura 1). Nel Golfo di Corinto, Grecia centrale, un'altra sequenza di forti terremoti si è manifestata tra il 22 e il 25 aprile 1928 (Tabella II, Figura 5).

Inoltre, di particolare interesse è la fase eruttiva del vulcano Thera, Sud Egeo, iniziata tra il 4 e il 14 marzo (Ktenas e Kokkoros 1928). Nessun nesso causale può essere suggerito tra gli spostamenti tettonici associati a terremoti di origine vulcanica e la perturbazione dell'acqua di mare. Una ragionevole ipotesi è che i movimenti della terra hanno prodotto lo spostamento di sedimenti sottomarini instabili, e che questo processo alcuni giorni più tardi ha portato al collasso dei sedimenti. Una tale interpretazione è coerente con il suggerimento di Zore-Armanda (1988) per cui onde lunghe possono essere state create dai movimenti della terra associati ai terremoti che si verificano non solo in Adriatico, ma anche nel Mar Egeo e nelle aree adiacenti. È lecito chiedersi, tuttavia, se un'onda di disturbo a carattere regionale, come quella del 23-25 aprile 1928, potrebbe essere stata innescata dallo scorrimento di sedimenti sottomarini. Una più ragionevole ipotesi è che l'onda di mare è stata prodotta da cause atmosferiche simili a quelle proposte per le altre onde citate.

Il fenomeno 'milghuba' a Malta

Il termine 'milghuba' proviene dal verbo Maltese 'laghab' che significa 'giocare'. Il termine quindi si riferisce al "gioco del mare". Si tratta di un fenomeno peculiare caratterizzato, nelle registrazioni del livello del mare a Malta, da segnali ad alta frequenza con periodi che oscillano tra qualche ora e alcune decine di minuti. Tali fluttuazioni di breve periodo non legate alla marea sono un'espressione delle sesse costiere. Il fenomeno è stato osservato in tutta la costa nord dell'arcipelago Maltese e si manifesta con brevi periodi dell'ordine di 20 minuti all'interno delle baie. La fenomenologia, la generazione e l'impatto del fenomeno 'milghuba' sulla dinamica costiera sono state analizzate da Drago (1999).

L'analisi ha mostrato che segnali deboli di sesse sono sempre presenti nelle registrazioni e appaiono come rumore di fondo. Durante alcuni sporadici eventi la sesse può essere amplificata talmente da mascherare il segnale astronomico. Le ampie oscillazioni del livello del mare sono accompagnate da robuste correnti legate allo spostamento delle masse d'acqua. Se da un lato tali correnti indotte dalle sesse possono

costituire un importante mezzo per il ricambio dell'acqua nelle insenature e nei porti, dall'altro canto queste possono rivelarsi pericolose per la navigazione.

È interessante notare che uno dei primi studi scientifici sulle sesse, effettuato da Sir George Airy (1878), fa preciso riferimento al Grand Harbour di Malta. Da allora il fenomeno delle sesse a Malta è stato poco studiato fino al lavoro condotto dalla Unità di Oceanografia Fisica di Malta, che invece costituisce il primo studio che tratta oscillazioni del livello del mare ad alta frequenza nel Mediterraneo Centrale.

Le ampie sesse nell'isola di Malta sono principalmente di origine atmosferica. La simultanea registrazione del livello del mare e della pressione atmosferica ha evidenziato la presenza di fluttuazioni di pressione dell'ordine di alcuni millibar in corrispondenza di eventi di sessa. Si ritiene che tali segnali di pressione siano l'espressione superficiale di onde atmosferiche che si propagano nella bassa troposfera come onde interne di gravità. La loro interazione con la superficie del mare si sincronizza con le onde lunghe e successivamente forza le sesse nelle aree costiere.

Sicilia (marrobbio)

L'origine della parola Marrobbio (come precisate sul retro della Mappa del Porto di Mazara del Vallo nella sezione "notizie ai marinai") o Marrubbio (come riportato in Colucci e Michelato, 1976) non è chiaramente stabilita. Colucci e Michelato (1976) sostengono che Marrubbio si traduce letteralmente mare pazzo, forse dalla fusione delle parole italiane "mare" e "rabbioso".

La presenza di oscillazioni del livello del mare con periodi che vanno da pochi minuti a un'ora è comune a diversi porti della costa meridionale della Sicilia e le coste di Malta (Airy 1878; Colucci e Michelato 1976; Drago e Ferraro 1994). In luoghi come il porto di Mazara del Vallo, sulla costa meridionale della Sicilia, che ospita una delle più importanti flotte di pesca nel Mediterraneo, tali oscillazioni hanno a volte perfide conseguenze.

La particolare geometria di questo porto, costruito attorno ad un vecchio estuario, consente l'amplificazione di alcune oscillazioni del livello del mare, che possono talvolta trasformarsi in salti idraulici che si propagano fino al vecchio estuario arrecando gravi danni alla flotta peschereccia dedita alla piccola pesca. Il fenomeno è comunemente connesso al passaggio di grandi perturbazioni atmosferiche in tutta la regione. Le scale normalmente associate a perturbazioni a larga scala sinottica (500 km, > 1 giorno) e alla variabilità ad alta frequenza del livello del mare (50 km, minuti), non sono ben abbinata: una funzione forzante deve avere una variabilità temporale vicina alla frequenza modale o almeno la sua struttura spaziale deve somigliare a quella del modo.

Perturbazioni atmosferiche sinottiche, quali la pressione atmosferica o pattern di vento, hanno generalmente scale spaziali caratteristiche di poche centinaia di chilometri e variano nel tempo con periodi più lunghi di qualche ora. Pertanto i sistemi atmosferici sinottici difficilmente sono in grado di eccitare direttamente oscillazioni ad alta frequenza, poiché, anche se realisticamente essi possono essere considerati a banda larga, di solito non contengono molta energia nelle scale spaziali e temporali per l'eccitazione delle sesse.

Tuttavia, i sistemi atmosferici sinottici possono sviluppare instabilità che irradia energia in forma di onde di gravità ad alta frequenza (Fujita 1955; Montserrat e Thorpe 1992). Come precedentemente sottolineato, l'eccitazione di oscillazioni di breve periodo (alcuni minuti) del livello del mare nei pressi di una costa, causate dal passaggio di onde di gravità della pressione atmosferica, è stata osservata in altri luoghi come la baia di Nagasaki in Giappone (Hibiya e Kajura 1982), il porto di Ciutadella sull'isola di Minorca nelle Isole Baleari (Montserrat e al. 1991).

Platzman (1958) nel suo studio sulle onde del 26 giugno 1954 sul Lago Michigan ha mostrato che l'accoppiamento di risonanza tra la forzante atmosferica e la risposta del lago potrebbe evidenziarsi quando la velocità di propagazione della perturbazione atmosferica è quasi pari alla velocità delle onde

libere sul lago. Il caso del Rissaga, nel porto di Ciutadella, è stato al centro di diversi studi numerici (Tintoré et al. 1988; Gomis et al. 1993).

In questo porto la diretta eccitazione dei suoi modi normali di gravità da parte delle onde atmosferiche non è probabilmente legata alla sua relativamente piccole dimensioni. Tuttavia, questi lavori analizzano la possibilità che onde intrappolate dalla struttura della costa, prima eccitate al di fuori del porto, possono indurre l'eccitazione dei modi del porto. Un altro meccanismo di eccitazione proposto per il Rissaga riguarda le onde interne generate dalla marea che raggiungono la costa, e che in alcune località quali la costa caraibica di Puerto Rico, sono in grado di eccitare le oscillazioni di breve periodo sulla costa (Giese et al. 1990; Chapman e Giese, 1990).

Tuttavia, questo tipo di meccanismo di eccitazione è difficilmente applicabile al Marrobbio poiché gli eventi di Marrobbio osservati non sono correlati con le fasi della luna, essendo la marea semidiurna M2 la principale componente di marea nella regione (Lozano e Candela 1995), o con le variazioni stagionali della stratificazione. L'ipotesi di lavoro adottata negli studi condotti nel periodo 1994-1995 è che l'eccitazione del Marrobbio nella Stretto di Sicilia è legato al passaggio di perturbazioni atmosferiche sulla regione.

Dal punto di vista geografico lo Stretto di Sicilia separa i due bacini principali del Mediterraneo, e ha una larghezza di circa 140 km e una profondità massima di circa 400 metri (Figura 6).

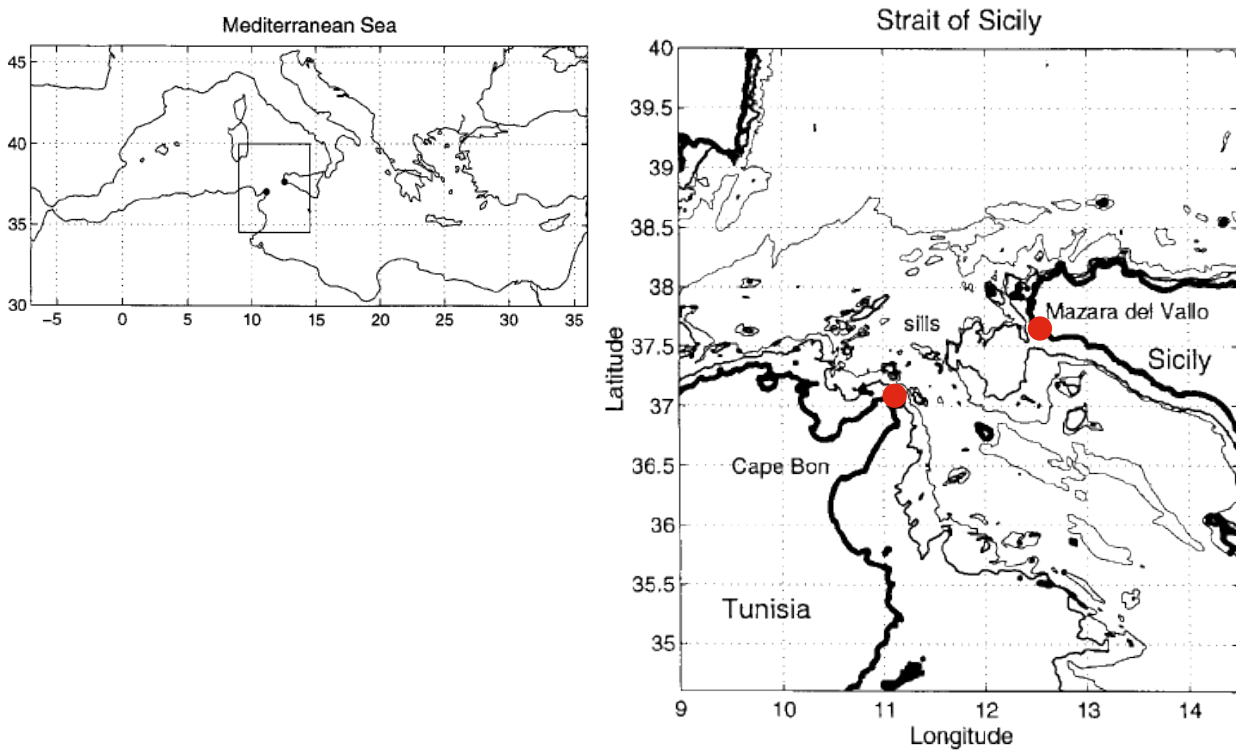


Figura 6. Stretto di Sicilia e indicazione delle due stazioni di misura

Una caratteristica interessante è che sul lato Siciliano è presente un ampio banco con profondità inferiore a 100 metri, che si estende per circa 100 km verso la Tunisia, con la conseguenza che circa l'80% della sezione ha una profondità inferiore a 200 metri. In coordinamento con il Programma di studi "PRIMO 1" nel Mediterraneo occidentale, sono stati installati sul fondo del mare due sensori di pressione in corrispondenza dello Stretto di Sicilia, per un periodo di 1.5 anni (marzo 1994 - ottobre 1995): uno ad una

profondità di 7 metri vicino al porto di Mazara del Vallo sulla costa meridionale della Sicilia e l'altro ad una profondità di 6 metri al largo di Capo Bon (Ras el Tib, Tunisia).

La figura 6 mostra la posizione di entrambi gli strumenti. L'obiettivo originario di queste osservazioni era lo studio della variabilità subinerziale del livello del mare attraverso lo stretto in relazione allo scambio di acqua tra il bacino Mediterraneo occidentale e quello orientale. Questi rilevamenti sono stati effettuati in coordinamento con l'acquisizione di profili di corrente effettuata nello Stretto di Sicilia dall'Istituto per lo Studio dell'Oceanografia Fisica di La Spezia (Astraldi e al. 1996). Tuttavia, queste ultime misurazioni erano concentrate nella parte centrale e profonda (> 50 metri) dello stretto in cui si trovano due canali principali. Al fine di disporre di una stima del trasporto attraverso lo Stretto a basse profondità e assumendo valido il bilancio geostrofico lungo la direzione trasversale dello stretto in cui si è scelto di installare i due strumenti di pressione proprio lungo tale retta. Gli strumenti [sensori di pressione, temperatura e conducibilità (PTC) della SeaBird Electronics] sono stati installati su due tubi di alluminio alti 3 m che sono stati fissati nella sabbia con l'uso di una pompa.

Questa procedura di installazione ha fornito una piattaforma stabile per gli strumenti, che sono stati testati ogni 6 mesi a partire dal marzo 1994 fino al mese di ottobre 1995, pari a circa 18 mesi di osservazioni. Durante i primi due periodi di osservazione, da marzo 1994 a ottobre 1994 e da ottobre 1994 ad aprile 1995, gli strumenti hanno acquisito i valori di pressione, temperatura, e salinità (conducibilità) ogni 10 minuti, mentre nel terzo periodo di osservazione (aprile 1995 - Ottobre 1995) l'intervallo di campionamento è stato fissato a 3 minuti.

Un campione di 50 giorni di dati ($\Delta t = 10$ minuti) di pressione è mostrato nella figura 7. I grafici riportano la pressione a Mazara del Vallo (in alto) e a Capo Bon (in basso).

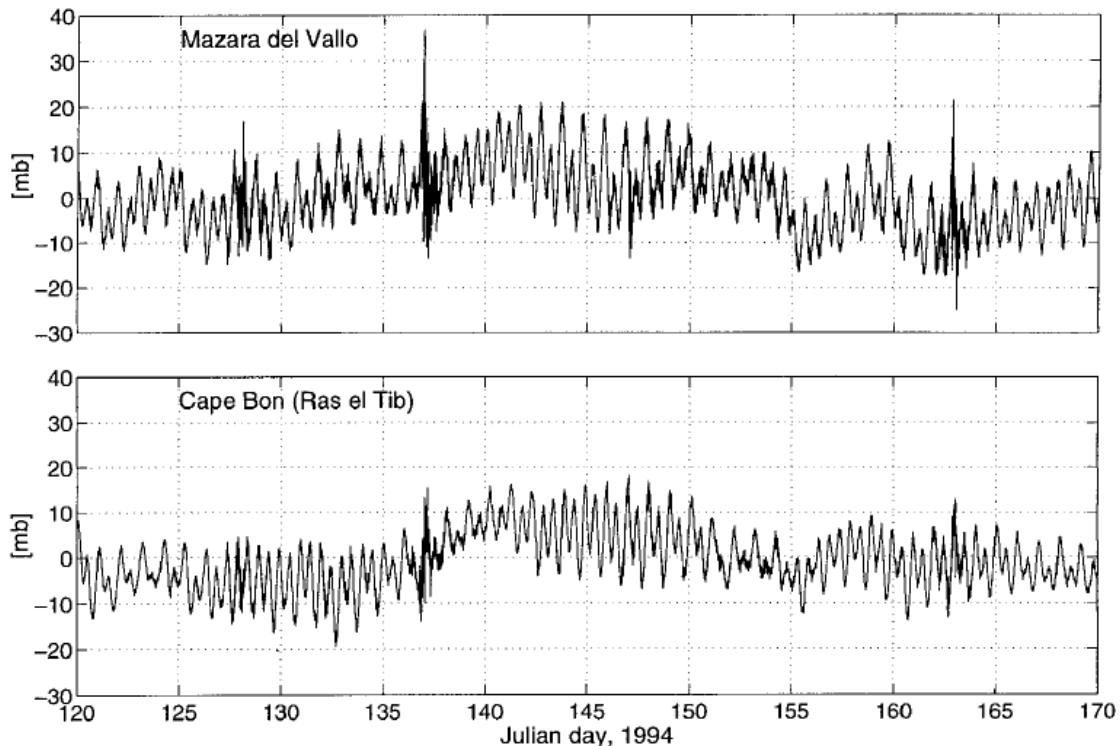


Figura 7. Livello del mare rilevato dai due sensori di pressione installati a Mazara del Vallo e Capo Bon.

Su entrambi i grafici si può osservare un segnale di marea, di circa 10 mb in ampiezza sovrapposto ad un segnale subinerziale, con ampiezza maggiore o uguale. È evidente anche in entrambi i grafici, e più in

particolare nel record di Mazara, la presenza di alta frequenza (periodi < 1 h), eventi che sembrano verificarsi simultaneamente in entrambe le stazioni, anche se con maggiore ampiezza a Mazara.

Uno dei più evidenti eventi ad alta frequenza in entrambi i grafici si è manifestato nel giorno Giuliano 137. In figura 8 viene mostrato un intervallo di solo due giorni a cavallo del giorno 137 relativo al segnale ad alta frequenza, ottenuto eliminando i periodi più lunghi di 1 ora. Da questa figura risulta evidente che l'evento analizzato ha avuto inizio a partire dal giorno 136,8 e sembra che si sia verificato circa alla stessa ora in entrambi i luoghi. Il fatto che ci siano tali eventi alta frequenza contemporaneamente nei due siti, che distano circa 140 km l'uno dall'altro, è di per sé sorprendente. In più, analizzando una serie di osservazioni della durata di un anno in entrambi i siti, filtrata in modo da eliminare le basse frequenze (Figura 9) si può notare che questi eventi si verificano durante tutto l'anno e sempre simultaneamente. Inoltre, se si prendono in esame le mappe superficiali della pressione atmosferica del Mediterraneo (RMS, 1994, 1995) si riscontra che la presenza di un evento ad alta frequenza è associato con il passaggio di un sistema di bassa pressione atmosferica sulla regione.

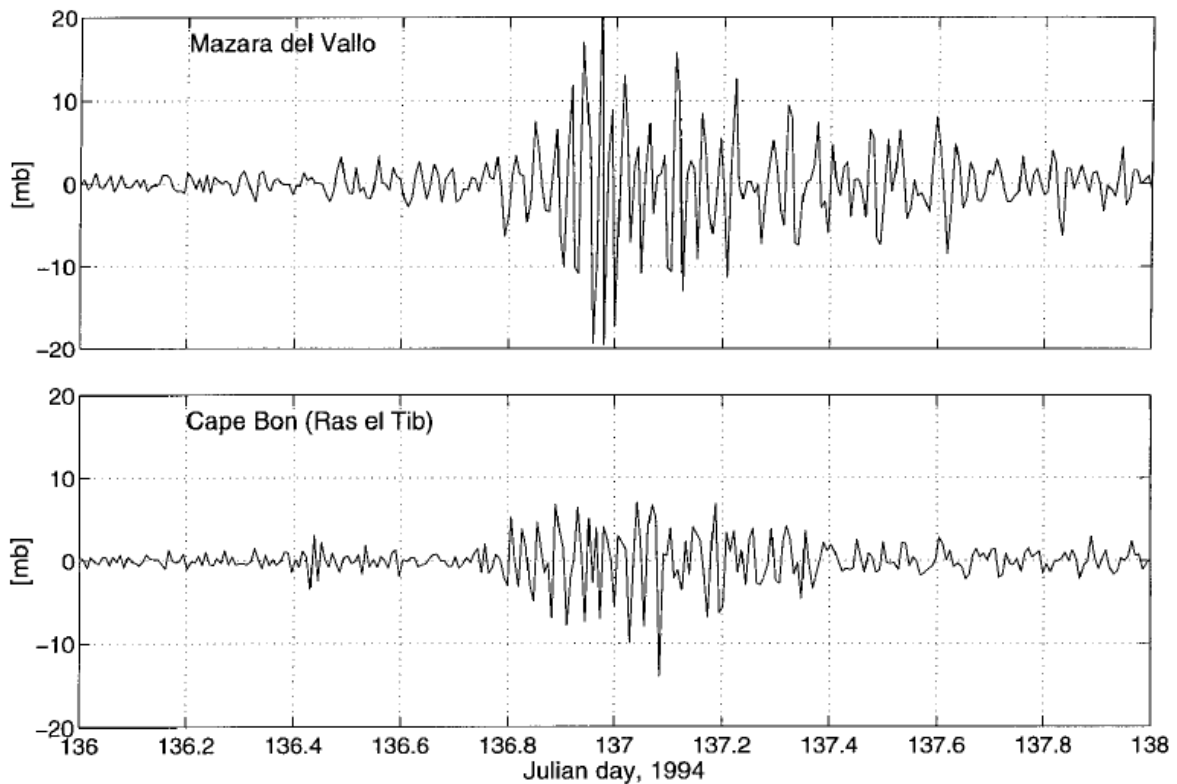


Figura 8. Serie temporali della pressione rilevata nei due siti (componente ad alta frequenza).

Qualcosa di ancora più interessante relativamente al fenomeno si manifesta attraverso il calcolo degli spettri incrociati tra i due siti per i diversi periodi di osservazione della durata di sei mesi. La figura 10 mostra gli spettri di potenza, per i primi 6 mesi di osservazioni a Mazara del Vallo e Capo Bon da marzo a ottobre 1994, insieme agli spettri incrociati (coerenza e funzione di trasferimento in ampiezza e fase) prendendo come input Mazara del Vallo e Capo Bon come output. In figura sono evidenziate cinque bande di frequenza centrate sui periodi di 135, 76, 51, 42, e 36 minuti, caratterizzati da alta coerenza.

Dall'osservazione dei calcoli spettrali per il secondo periodo di osservazione di 6 mesi, da ottobre 1994 ad aprile 1995 (Fig. 11), è molto sorprendente scoprire che, anche se lo spettro in ciascun sito differisce da quello dei precedenti 6 mesi in termini di livelli di energia, la coerenza e la funzione di trasferimento rimangono molto simili; nel contempo, non vi è coerenza elevata per i periodi relativi alle cinque bande

citare, la funzione di trasferimento in ampiezza ha circa gli stessi valori e, ciò che è più interessante, si vede la stessa fase per queste bande. Considerato che si tratta di un periodo di 6 mesi di osservazioni indipendente, la costanza delle fase osservata a queste bande di frequenza implica un forte accoppiamento tra i due siti di osservazione. Al fine di esaminare tali eventi più strettamente, durante la fase di test della strumentazione in aprile 1995, si è scelto di impostare l'intervallo di campionamento a 3 minuti nei due siti. La Figura 12 mostra lo spettro incrociato di potenza per il terzo periodo di osservazioni da aprile a ottobre 1995. Ancora una volta si nota che le stime delle funzioni di coerenza e di trasferimento confermano la presenza di alta coerenza e la funzione di trasferimento ha simile ampiezza e di fase per le cinque bande individuate inizialmente.

La fase della funzione di trasferimento in corrispondenza di tutte e cinque le bande di frequenza sembra essere raggruppata intorno a zero o 180 gradi; ciò è anche una chiara indicazione della posizione dominante delle onde, che attraversano lo stretto, in relazione al fenomeno. Successivamente, le osservazioni in mare aperto sono state collegate con quelle rilevate dal mareografo installato all'interno del porto di Mazara del Vallo. In figura 13 viene mostrato un intervallo di 5 giorni per confrontare le misure simultanee all'interno e all'esterno del Porto di Mazara del Vallo (ottobre 1995). Il mareografo si trova ben al di fuori del vecchio estuario così il salto idraulico firma non è evidente nel record.

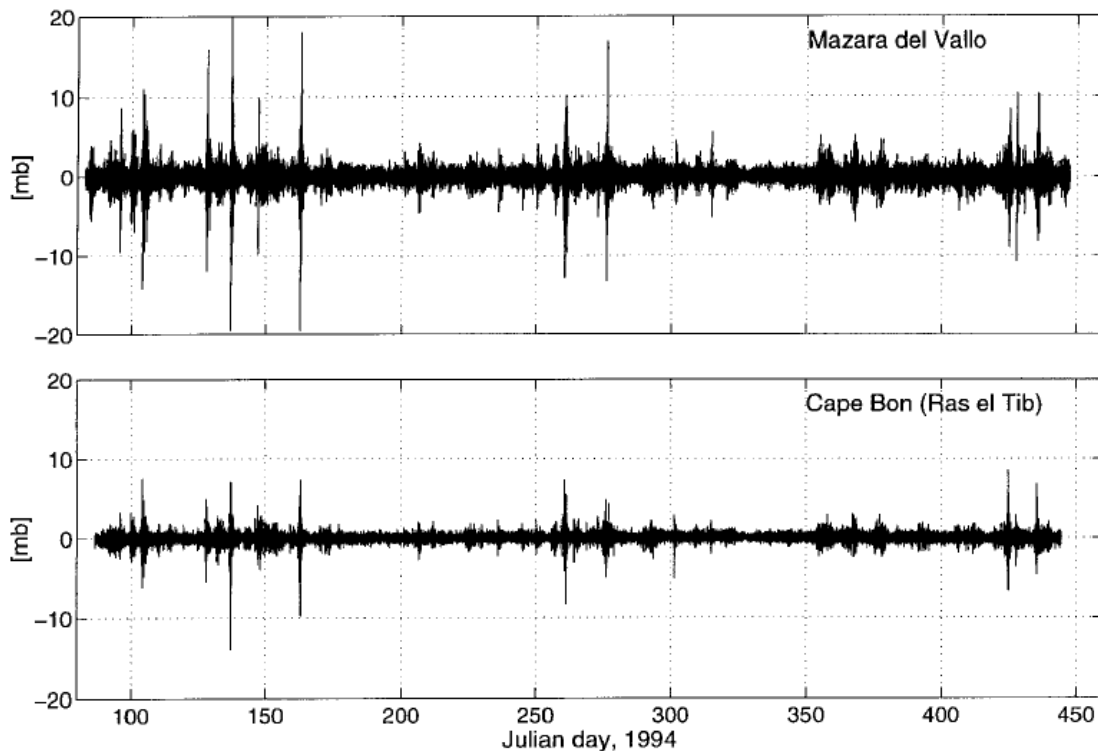


Figura 9. Registrazione del livello del mare (componente ad alta frequenza) a Mazara del Vallo e Capo Bon.

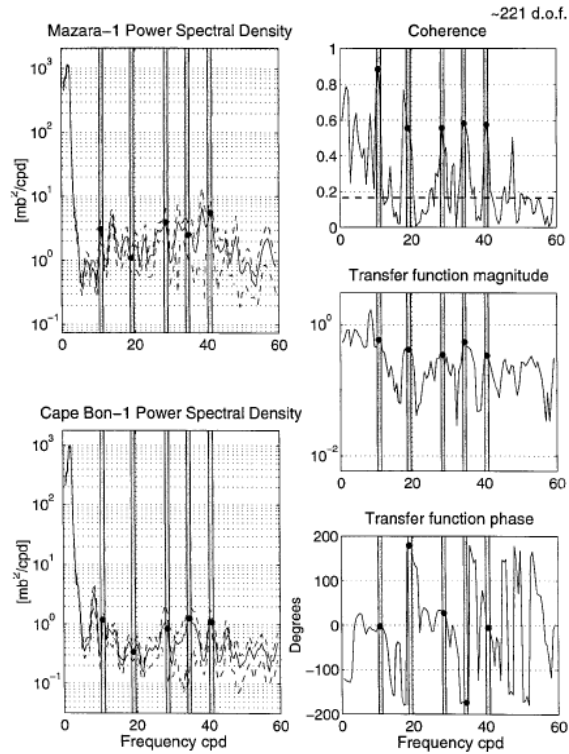


Figura 10. Spettri di potenza e cross-spettri del livello del mare registrato nello Stretto di Sicilia per i primi 6 mesi di osservazione (Marzo–Ottobre 1994).

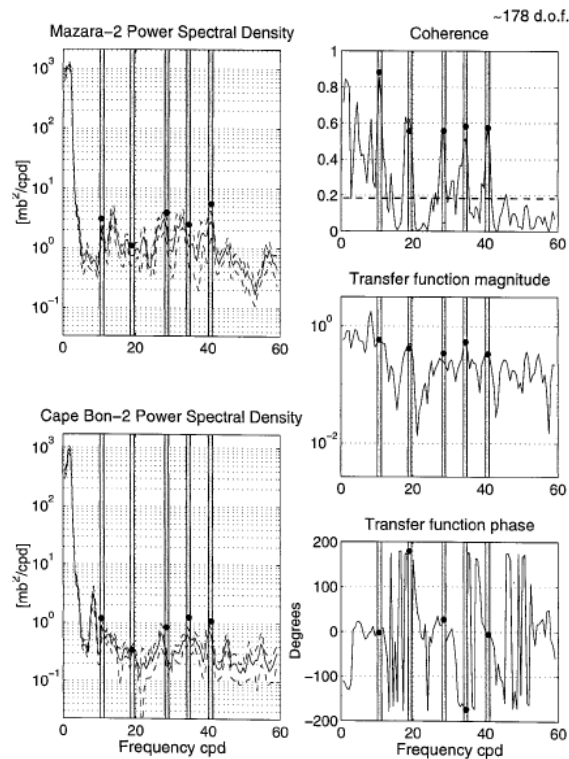


Figura 11. Spettri di potenza e cross-spettri del livello del mare registrato nello Stretto di Sicilia nel secondo periodo di osservazione (Ottobre 1994 – Aprile 1995).

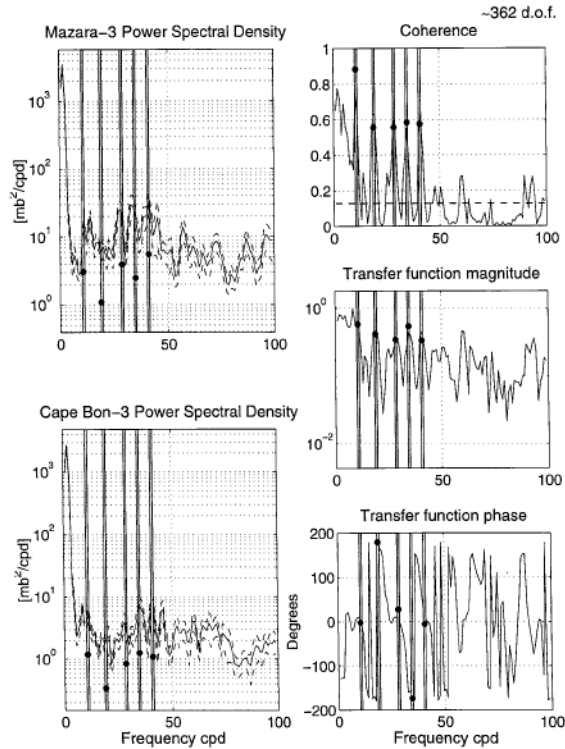


Figura 12. Spettri di potenza e cross-spettri del livello del mare registrato nello Stretto di Sicilia nel terzo periodo di osservazione (Aprile – Ottobre 1995).

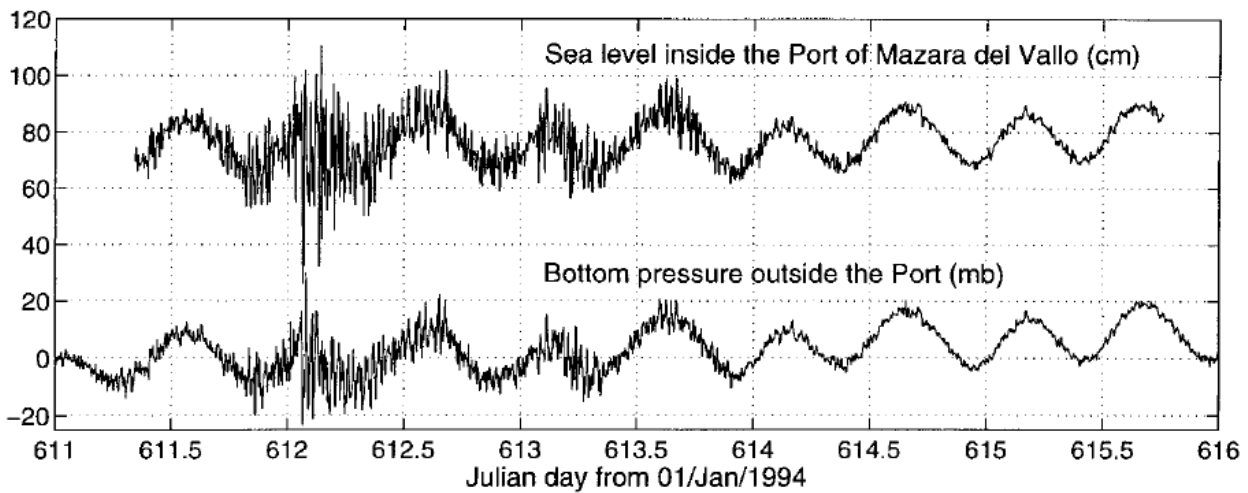


Figura 13. Registrazione del livello del mare a Mazara del Vallo e Capo Bon.

L'analisi dei dati ha permesso di caratterizzare il Marrobbio come un fenomeno a scala regionale di onde gravitazionali intrappolate dalla locale topografia.

Alcuni risultati insieme alle stime dei modi gravitazionali locali sottolineano la presenza di un'oscillazione principale tra le coste Siciliana e Tunisina, il che conferma l'ipotesi formulata da Airy 120 anni prima in relazione alle sesse osservate a Malta (Airy 1878). L'applicazione di un modello numerico indica che il Marrobbio può essere eccitato da onde di gravità di pressione che attraversano la regione con appropriata velocità di fase e con una forte componente trasversale allo Stretto di Sicilia.

La massima risposta del modello si ottiene con fronti che attraversano lo Stretto con una velocità di fase di 27 m s^{-1} . La pressione atmosferica è il meccanismo forzante principale per il Marrobbio e può produrre risposta di un ordine di grandezza maggiore di quella generata dallo stress di vento. La metodologia impiegata nello studio, basata sulla costruzione di un'approssimazione dei modi normali a scala regionale, si è dimostrata efficiente e adeguata allo studio del fenomeno Marrobbio.

Lo studio condotto ha permesso di formulare l'ipotesi che il Marrobbio può essere generato da salti di pressione in moto veloce in atmosfera.

Con il Progetto "Creazione di una stazione di previsione degli eventi di Marrobbio da installare nel porto peschereccio di Mazara del Vallo" (Progetto cod. 1999.IT.16.1.PO.011/4.17b/8.3.7/0082 sottomisura 4.17 b POR Sicilia 2000-2006 Asse 4 – Sistemi Locali di Sviluppo) approvato e finanziato dall'Assessorato Regionale alla Cooperazione, Commercio, Artigianato e Pesca, è stato realizzato un sistema di monitoraggio del livello del mare e della pressione atmosferica proprio per verificare le ipotesi sul meccanismo di generazione formulate con gli studi precedenti.

Hardware

Sistema hardware della stazione meteo di Mazara del Vallo

L'apparato di rilevamento della stazione meteo-idrologica di Mazara del Vallo è composta da due distinti sistemi di acquisizione, in particolare:

- *Stazione meteo Qlc50*, ubicata presso la banchina della Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo (37°39'04''N 12°34'55'' E), posizionata al livello del mare ad un'altezza dal suolo di 1.5 metri circa.
- *Sistema Sigma3000*, ubicata presso l'IAMC-CNR di Mazara del Vallo (37°39'14''N 12°35'03'' E). Questo Datalogger gestisce l'acquisizione dei dati di direzione e velocità del vento di un sistema di rilevamento *windsonic*. L'installazione di un secondo dispositivo di rilevamento di direzione e velocità del vento è stata dettata dal fatto che i dati di vento registrati dalla stazione meteo Qlc50, per i quadranti Nord-Est e Sud-Est sono influenzati dagli edifici circostanti. Il motivo di posizionare il *windsonic* sul tetto d'edificio dell'IAMC-CNR, a 15 metri di altezza, garantisce la correttezza del dato ed inoltre trattandosi di un dispositivo sonico ad alte frequenze avrebbe potuto creare interferenze e/o essere influenzato dal sistema radar della Capitaneria di Porto.

Il sistema installato presso la Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo è composta dalla seguente lista di apparecchiatura:

1. *Datalogger QLC50*: è un Distributed Data Collector della Vaisala, ideato per connettere e trasferire misure di dati in condizioni anche estreme per sistemi elettronici standard. Ha un processore Intel a 16-bit con velocità di clock 32MHz, Ram 256 kB, Flash interna per il login dei dati da 512 kB, 2 porte seriali di comunicazione (RS-232C e RS-485) e può lavorare in ambienti con temperatura tra -50...+85°C, umidità relativa tra 0...100% ed in presenza di vibrazioni fra 10...500Hz.
2. *Sensore di temperatura dell'aria*: lo strumento che misura la temperatura è una PT100, Vaisala modello DTS12, con una precisione di ± 0.13 °C a -50 °C. L'intervallo standard di misura, che dipende da un condizionatore elettronico, è -50 ÷ +30 °C. La calibrazione dei circuiti elettronici connessi al termometro è fatta usando un simulatore, dove la lettura della PT100 è paragonata a un termometro certificato.

3. *Sensore di temperatura dell'aria*: il sensore è costituito da un elemento capacitivo HUMICAP®, della ditta Vaisala, con una precisione di $\pm 2\%$ protetto da un filtro. Variazioni dell'umidità cambiano il valore di capacità dell' HUMICAP® e sono convertite in Volt. La calibrazione del sensore viene eseguita in laboratorio con una soluzione satura di LiCl per bassi valori di umidità (circa 12 %) e con una soluzione satura di NaCl per alti valori di umidità (circa 75 %).
4. *Sensore di velocità del vento*: il sensore è un anemometro optoelettronico a tre coppette, Vaisala modello WAA15A ; comprende un disco dentato attaccato all'asse dell'anemometro. Quando ruota, il disco interrompe il fascio luminoso di un diodo emittente generando impulsi per un fototransistor. La frequenza degli impulsi è direttamente proporzionale alla velocità del vento. Il sensore ha una precisione di $\pm 2\%$ con una velocità del vento di 0.4 m/s. Non necessita di calibrazione ma ogni anno vanno sostituiti i cuscinetti a sfera.
5. *Sensore di direzione del vento*: il sensore è un contatore optoelettronico Vaisala, modello WAV 15A, contenente un disco forato attaccato alla banderuola. Diodi emettitori di luce infrarossa e fototransistor sono montati su sei orbite su ogni lato del disco. Il disco fatto ruotare dalla banderuola crea cambiamenti in un codice Gray a sei bit, e gli impulsi sono ricevuti dai fototransistor. La precisione è circa ± 2.8 gradi ($\pm \frac{1}{64}$) con un vento di 0.3 m/s.
6. *Sensore di pressione atmosferica*: il sensore PTB200 è un barometro digitale, con un range di pressione atmosferica nell'intervallo fra 600...1100 hPa, con un'accuratezza di ± 0.20 hPa e un range di operatività fra $-40...+60^\circ\text{C}$.
7. *Mareografo*: il sensore del livello del mare è un PTX164 della Druck, posizionato a due metri rispetto al livello medio del mare, invia ogni 10 sec la pressione esercitata dalla colonna d'acqua sovrastante.
8. *Sistema batteria tampone*: per evitare che variazioni improvvisa della tensione elettrica o la mancanza di alimentazione possa recare danni al sistema o perdita di dati, il sistema QLC50 è stato dotato di una batteria tampone con una durata, in assenza di alimentazione di 48 ore circa.

Il sistema Sigma3000 installato presso l'IAMC-CNR di Mazara del Vallo è composta dalla seguente lista di apparecchiatura:

1. *Datalogger Sigma3151*: è un sistema di acquisizione dati di tipo modulare e flessibile, specificatamente progettato e sviluppato per l'utilizzo in molti settori della ricerca (meteorologia, ecologia, agricoltura, scienze geologiche, ecc...). Gestito da un microprocessore, risulta estremamente potente grazie alla disponibilità di più interfacce seriali, di una grande capacità

elaborativa e di un massimo di 248 ingressi o uscite analogiche. La presenza di 64 KB di firmware e di una memoria di massa (flash), espandibile fino a 15 MB, permettono al sistema di essere utilizzato anche in tutte quelle applicazioni dove sono richieste elaborazioni molto complesse e grande capacità di memoria. Il sistema risulta particolarmente adatto all'impiego su vaste estensioni, grazie alla possibilità di impiegare postazioni remote, connesse al centro con un unico cavo BUS. In tal modo è possibile ridurre in modo massiccio, le lunghezze dei cavi di connessione, evitando anche la formazione di "loop di terra".

2. *WindSonic*: sensore di velocità e direzione del vento prodotto dalla GILL. L'anemometro ultrasonico non ha pezzi mobili, non richiede manutenzione e può essere calibrato direttamente dall'utente, leggero e robusto è adatto sia ad ambienti a terra che a mare. Il principio di operatività del sensore WindSonic è quello di misurare i tempi impiegati da un impulso ultrasonico per viaggiare dal trasduttore Nord al trasduttore Sud e compararlo con i tempi dell'impulso da Sud a Nord. Similmente sono comparati i tempi tra i trasduttori di Ovest ed Est, con quelli di Est e Ovest. La velocità e direzione del vento sono poi calcolati dalla differenza del tempo di volo dell'impulso su ogni asse. Questo calcolo è indipendente da fattori come la temperatura dell'aria. Ha un range di velocità del vento fra 0...60m/s con una precisione di $\pm 2\%$, un range di direzione fra 0...359° con una precisione di $\pm 3\%$.

Stazione Meteo Capo Granitola

La stazione meteorologica ubicata a Capo Granitola a circa 5 metri sul livello del mare è una centralina, di raccolta dati Sigma3000. Essa è composta dalla seguente lista dei sensori:

- temperatura e umidità dell'aria
- pressione atmosferica
- direzione e velocità del vento
- pluviometro
- radiazione solare globale
- radiazione solare netta
- temperatura del mare
- livello del mare

L'anemometro si trova all'apice di un palo di circa 2,5 metri ed è libero da ostacoli che possano influenzare la rilevazione; i sensori di temperatura e umidità sono posizionati a circa 2 metri dal suolo, il sensore di pressione atmosferica si trova all'interno della cassetta contenente anche il data logger sigma3000, il pluviometro è stato collocato ad un metro a lato del palo, e a circa 2 metri dal suolo, i due sensori di radiazione solare posti in un piano orizzontale privi di ostacoli a circa 1 metro dal suolo, sono installati su un supporto rigido, in grado di resistere anche a venti di elevata intensità, infine i due sensori di temperatura e livello del mare si trovano posizionati a circa 1.5 metri sotto il livello medio del mare.

La figura seguente mostra la struttura della stazione meteorologica.



Descrizione Data logger

Sigma 3000

Sigma3000 è un sistema di acquisizione dati di tipo modulare e flessibile, specificatamente progettato e sviluppato per l'utilizzo in molti settori della ricerca (meteorologia, ecologia, agricoltura, scienze geologiche, ecc.).

Sigma3000, gestito da un microprocessore, risulta estremamente potente grazie alla disponibilità di 3 interfaccia seriali, di una grande capacità elaborativa e di un massimo di 248 ingressi o uscite analogiche.

La presenza di 64KB di firmware e di una memoria di massa (flash), espandibile fino a 15,5 MB, permettono a Sigma3000 di essere utilizzato anche in tutte quelle applicazioni dove sono richieste elaborazioni molto complesse e grande capacità di memoria.

La presenza di più ingressi seriali RS232 o RS485 e di un ingresso SDI-12 rende Sigma3000 adatto all'impiego con i più moderni trasduttori, quali anemometri sonici, sonde multiparametriche, etc.

Le Unità periferiche possono essere dislocate anche a notevole distanza (1200 metri) dalla Unità principale.

La connessione tra l'Unità principale e le Unità periferiche si realizza in modalità RS485, tramite un cavo BUS che provvede anche alla alimentazione delle unità periferiche.

La massima lunghezza del cavo BUS non può eccedere i 1200 metri.

Il software SG3, (Windows 98, NT, Me, Xp) incluso in ogni fornitura, permette all'utente di gestire il sistema in modo semplice e completo:

- selezionando gli intervalli di acquisizione e di elaborazione
- stabilendo l'inizio e il termine della acquisizione
- trasferendo sul PC i dati acquisiti ed elaborati
- cancellando dalla memoria i dati già trasferiti.

La gestione del sistema Sigma3000 può avvenire anche da una postazione REMOTA, mediante un collegamento via MODEM GSM o GPRS (opzionale).

I file dati prodotti dal software SG3, scritti in formato EXCEL, sono immediatamente visualizzabili o stampabili.

Descrizione Sensori

TRASDUTTORE DI TEMPERATURA E UMIDITA' RELATIVA MODELLO E1152

Il trasduttore di temperatura e umidità relativa E1152 offre flessibilità e compatibilità con un'ampia gamma di apparati quali:

- Sistemi di acquisizione dati
- Stazioni meteorologiche
- Indicatori digitali e analogici

Per ridurre l'effetto della radiazione solare, il trasduttore viene inserito in uno schermo antiradiazione ad ventilazione naturale o forzata.

umidità relativa

Il trasduttore è equipaggiato con il sensore INTERCAP® della Vaisala.

Questo sensore è stato sviluppato per fornire una misura della umidità in un campo molto esteso, con elevata precisione, e ottima stabilità a lungo termine e con una isteresi praticamente trascurabile.

Il sensore è protetto dalla polvere ed è resistente alla maggior parte degli agenti chimici.

temperatura

Il trasduttore è equipaggiato con una termoresistenza al platino 100 ohm a 0 C, selezionata secondo UNI 7973 - grado I° (1/3 DIN).

E' previsto il collegamento a 3 o 4 fili. Se richiesto, può essere montata una termoresistenza al platino 1000 ohm a 0 C, che minimizza l'effetto dei conduttori. Tale soluzione è raccomandabile quando il collegamento e la misura debbano essere effettuati con la tecnica a "2 fili".

SENSORE PRESSIONE BAROMETRICA MODELLO 61202

Il nuovo modello 61202, sensore barometrico di pressione, offre performances e flessibilità per la misura della pressione atmosferica. Il barometro è disponibile in 2 configurazioni per poter soddisfare molteplici applicazioni; il modello 61202V offre un output da 0-5 VDC, il 61202L offre un 4-20 mA. Entrambi i modelli offrono un output seriale oltre al segnale analogico. Il barometro ha un contenitore impermeabile. Le connessioni sono interne.

PLUVIOMETRO MODELLO E078

Tipo a vaschetta basculante.

E' un realizzato in Styrosun, un materiale plastico altamente resistente alla radiazione UV, al gelo e al vento, che ne permette una sicura installazione dovunque. Il pluviometro è costituito da una base in metallo sulla quale è posizionata la vaschetta oscillante. Il cono di raccolta della pioggia, fissato al cilindro, convoglia l'acqua all'interno della vaschetta basculante: raggiunto il livello stabilito, la vaschetta tarata, sotto l'azione del proprio peso, ruota scaricando l'acqua. Nella fase di rotazione, il contatto normalmente chiuso del reed si apre per una frazione di secondo, dando un impulso al contatore. La misura della quantità di pioggia si basa sul conteggio del numero di svuota-menti della vaschetta: i contatti reed, normalmente chiusi, si aprono al momento della rotazione tra una sezione e l'altra della vaschetta. Il numero degli impulsi può essere rilevato ed acquisito da un datalogger nel nostro caso Sigma3000.

TRASDUTTORE PER MISURE DI LIVELLO DEI LIQUIDI E915

I sensori di livello sono del tipo a misura di pressione differenziale: essi rilevano cioè, tramite trasduttore piezoresistivo, la differenza tra la pressione ambiente in aria libera e la pressione idrostatica esercitata dalla colonna d'acqua da misurare. In pratica un tubicino di riferimento consente di portare la pressione atmosferica sulla faccia superiore della cella sensibile, rendendo così possibile la sottrazione, dal valore di pressione misurato sulla faccia inferiore, del contributo dovuto alla pressione atmosferica stessa. Il dato rilevato viene compensato automaticamente in base alla temperatura dell'acqua, rilevata localmente attraverso un apposito sensore incorporato. Il sensore è costituito da un trasduttore piezometrico alloggiato in un robusto involucro interamente costruito in acciaio inox (AISI 316L); esso presenta una connessione elettrica capace di garantire una protezione IP68. Tale esecuzione consente ai sensori di operare totalmente immersi nel fluido di misura con pressioni pari a 700 m di colonna d'acqua. Il cavo elettrico con cui sono equipaggiati i sensori è del tipo autoportante ed è in grado di garantirne la totale impermeabilità. L'elettronica è sigillata con resina epossidica a garanzia ulteriore dell'integrità e protetta contro le inversioni di polarità, cortocircuiti e sovratensioni.

LA RADIAZIONE SOLARE GLOBALE MODELLO ES2

La radiazione solare globale è rappresentata dalla somma della radiazione diretta, proveniente dal sole, e della radiazione diffusa dall'atmosfera verso il suolo. La sua intensità dipende dalla stagione, dalla nuvolosità e dalla posizione del sole sull'orizzonte rispetto al punto d'osservazione. Lo strumento utilizzato per la misura della radiazione solare globale da valori espressi in W/m^2 . Nella collocazione del radiometro è necessario evitare - tenendo conto della rotazione del sole nel corso del periodo diurno - che la presenza di ostacoli possa agire da schermo nei confronti della radiazione solare e che nessuna ombra venga proiettata sullo strumento durante la misura. Non devono essere inoltre presenti oggetti riflettenti ed illuminazione artificiale.

RADIAZIONE SOLARE NETTA MODELLO NR LITE

I radiometri netti sono sensori per la misura della radiazione netta, cioè la differenza tra la radiazione proveniente dal cielo e quella ad onda corta riflessa e ad onda lunga riemessa dal suolo.

Deve essere installato seguendo gli stessi accorgimenti citati per il radiometro globale, facendo inoltre attenzione al fatto che non vi siano ostacoli tra il sensore ed il terreno sottostante; lo sbraccio laterale, rispetto al supporto principale verticale, dovrà pertanto avere una lunghezza di circa un metro e permettere un preciso livellamento orizzontale. Infine deve essere evitata qualsiasi influenza da parte del supporto e/o del terreno (preferibilmente ricoperto da manto erboso).

Palo 10 metri + sensori

Il sottosistema di rilevamento triassiale, chiamato Eddy Correlation, situato sul palo da 10 metri installato a Capo Granitola è composto dal seguente elenco di componenti:

- *Palo 10 metri:*
- *Anemometro sonico WindMaster:* il sensore WindMaster è un anemometro sonico triassiale abbastanza robusto, basato sulla misurazione del tempo di volo; ed è particolarmente adatto per studiare i flussi di turbolenza, il flusso scalare e l'energia di superficie. Tutte queste aree di ricerca contano su misurazioni accurate e precise di media e varianza della velocità di vento e la velocità di suono non dipendenti dalla temperatura. Lo strumento è costruito in fibra di Alluminio/carbonio e presenta le seguenti caratteristiche: range di velocità 0...45 m/s, risoluzione 0.01 m/s; range di direzione 0...359°, risoluzione 1°; unità di misura dell'output m/s, mph, kph, knots, ft/min; formato dell'output UVW, Polari, NMEA.
- *Trasduttore di temperatura e umidità:* il sensore di temperatura e umidità, modello E1152, offre flessibilità e compatibilità con un'ampia gamma di apparati quali: sistemi di acquisizione dati, stazioni meteorologiche, indicatori digitali e analogici. Per ridurre l'effetto della radiazione solare, il trasduttore viene inserito in uno schermo antiradiazione ad ventilazione naturale o forzata. Il trasduttore di umidità relativa è equipaggiato con il sensore INTERCAP® della Valsala. Questo sensore è stato sviluppato per fornire una misura della umidità in un campo molto esteso, con elevata precisione, e ottima stabilità a lungo termine e con una isteresi praticamente trascurabile. Il sensore è protetto dalla polvere ed è resistente alla maggior parte degli agenti chimici. Il trasduttore di temperatura è equipaggiato con una termoresistenza al platino 100 ohm a 0 C, campo di misurazione -40...+60 °C.
- *Blocco UK401:* modulo di alimentazione e conversione del segnale del sottosistema Eddy Correlation.

Software stazione Mazara

Il software che si occupa di elaborare i dati acquisiti dai sistemi utilizzati per la stazione meteo di Mazara del Vallo (Qlc50 e Sigma3151) è un programma realizzato *ad hoc*, con il linguaggio di programmazione *LabView*.

Tale software chiamato ‘RecordData’, installato nel server situato presso l’IAMC-CNR di Mazara del Vallo, si occupa della sincronizzazione dei dati provenienti dai due diversi sistemi e il loro successivo inserimento del Database *Marrobbio*.

In particolare, il software *RecordData* ha le seguenti funzionalità:

- Ogni 10 secondi, attraverso una connessione TCP/IP, legge su uno specifico indirizzo IP i dati di vento (direzione e velocità) messi in rete dal datalogger Sigma3151, situato all’interno dell’IAMC-CNR di Mazara del Vallo, su cui ogni 60 secondi, andrà a calcolare il valore medio al minuto, valore istantaneo, valore massimo e minimo all’interno del minuto.
- Ogni 60 secondi, attraverso una connessione TCP/IP, legge su uno specifico indirizzo IP i dati meteo-idrologici messi in rete dal datalogger qlc50 situato presso la banchina della Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo.
- Ogni minuto, *RecordData*, utilizzando i dati provenienti dal sistema qlc50 e quelli calcolati ogni 60 sec per il datalogger Sigma3151 genera un unico record con i seguenti campi: DATA, ORA, TA_IST, TA_MED, TA_MIN, TA_MAX, RH_IST, RH_MED, RH_MIN, RH_MAX, DP_IST, DP_MED, DP_MIN, DP_MAX, PA_IST, PA_MED, PA_MIN, PA_MAX, WS_IST2M, WS_MED2M, WS_MIN2M, WS_MAX2M, WL_IST, WL_MED, WL_MIN, WL_MAX, WD_IST2M, WD_MED2M, WD_MIN2M, WD_MAX2M, WS_IST15M, WS_MED15M, WS_MIN15M, WS_MAX15M, WD_IST15M, WD_MED15M, WD_MIN15M, WD_MAX15M.
- Questo record, ottenuto come spiegato al punto precedente, viene inserito sia nella tabella *comodo1_mazara* del database *Marrobbio*, sia in un file excel come copia di controllo.
- Ogni minuto, *RecordData*, esegue una connessione al database *Marrobbio*, legge dalla tabella *comodo1440_mazara* e genera i grafici che mostrano l’andamento dei parametri meteo-idrologici nelle ultime 24 ore. Tali grafici sono poi mostrati in tempo reale nelle pagine web.

DataBase del progetto “MARROBBIO”

Nella maggior parte dei sistemi di acquisizione dati dedicati, per esempio, al monitoraggio ambientale o la misura di grandezze fisiche (elettriche, meccaniche, termiche, ...) che evolvono nel tempo, si presenta la necessità di memorizzare i valori relativi per poter effettuare successive elaborazioni: i **Database** sono strumenti comodi per l'archiviazione di dati.

Per comprendere appieno cos'è un Database e quali sono i vantaggi legati al suo impiego, è necessario definire in modo esatto e preciso cosa si intende per:

- Data Base
- Data Base Management System (DBMS)

In informatica, il termine **DataBase**, tradotto in italiano con banca dati oppure base di dati, indica un archivio di dati strettamente correlati, riguardanti uno stesso argomento o più argomenti correlati tra loro, memorizzati su un supporto di massa, strutturato in modo tale da consentire, attraverso software di gestione di DataBase e/o applicazioni software dedicati, l'accesso ai dati immagazzinati e tutta una serie di operazioni, quali:

- Immissione e cancellazione dei dati
- Modifica di dati già introdotti
- Ricerca di dati attraverso criteri definiti dall'utente
- Ordinamento e classificazione dei dati singolarmente o secondo vari criteri
- Stampa di rapporti o relazioni

Un Data Base Management System (**DBMS**) è un sistema software per la gestione di Database; esso si occupa dell'aggiornamento, della manutenzione e della consultazione di un insieme di registrazioni contenute in un supporto di massa; definiamo quindi il DBMS un insieme di programmi, che sono rivolti alla gestione di dati memorizzati in archivi.

Ovviamente, tra DataBase e DBMS esiste una forte interazione, per cui spesso si tende a considerarli due parti distinte di un unico oggetto: il DBMS rappresenta la parte attiva, il DataBase quella passiva, sulla quale il DBMS opera.

I DBMS sono complessi sistemi software concepiti, oltre che per memorizzare i dati, anche per fornire un accesso rapido ed efficace a una pluralità di utenti contemporaneamente e garantire protezione sia dai guasti che dagli accessi indebiti. Esistono diversi tipi di DBMS, differenziati per il modo in cui vengono organizzati i record.

Tra i DBMS assumono un ruolo importante i database relazionali (indicati con la sigla RDBMS, Relational Database Management System) all'interno dei quali le informazioni sono organizzate in tabelle formate da righe e colonne. Ogni riga costituisce un record diverso e ogni colonna rappresenta un campo del record. I più diffusi sistemi commerciali sono, in ordine alfabetico:

- IBM DB2
- Microsoft SQL Server
- Oracle

Invece, tra i più diffusi DBMS open source troviamo:

- MySQL
- Firebird SQL
- PostgreSQL

La parte riguardante la realizzazione e gestione del DataBase “Marrobbio” si inserisce fra l'implementazione dei dati con il software LabView e la fruibilità di tali dati, in termini di monitoraggio in tempo reale dei parametri meteo-idrologici delle due stazioni meteo, situate una nella Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo e l'altra a Capo Granitola, con la possibilità di effettuare il download di tali dati, dietro concessione di Username e Password, attraverso una pagina web (<http://marrobbio.irma.pa.cnr.it>).

La nostra scelta per la realizzazione del DataBase, “**Marrobbio**”, è stata quella di utilizzare il DBMS MySQL.

MySQL è il database relazionale *Open Source* più diffuso al mondo, e costituisce, oggi, la soluzione ottimale per chi è in cerca di un database veloce, flessibile, affidabile e, soprattutto, gratuito! (www.mysql.com).

Prima di addentrarci nella fase di descrizione e implementazione del DataBase, sono opportune alcune precisazioni su MySQL:

1. MySQL non va confuso con SQL, SQL è un linguaggio di interrogazione strutturata sviluppato da IBM, MySQL sfrutta SQL per interagire con i dati. Quindi, SQL è un linguaggio, MySQL è un programma.
2. MySQL non è un DataBase, ma un sistema di gestione, o più precisamente un DBMS (Data Base Management System). Un DBMS può contenere e gestire più DataBase gestendo simultaneamente le richieste di diversi eventi.

3. MySQL è un prodotto multi-piattaforma, ciò significa che può girare sia in ambiente Linux che Windows.
4. MySQL è open source: questo significa non solo che è gratuito, ma anche che si ha a disposizione il codice sorgente del programma e quindi, avere la possibilità di modificarlo ed adattarlo alle diverse specifiche esigenze.
5. MySQL è molto diffuso ed utilizzato nelle applicazioni per il Web; principalmente viene utilizzato insieme a Php, tuttavia non sono infrequenti utilizzi di MySQL con altri linguaggi di scripting server side quali, ad esempio Asp, Cgi, Jsp, ecc... .

Inizialmente i passi eseguiti sono stati:

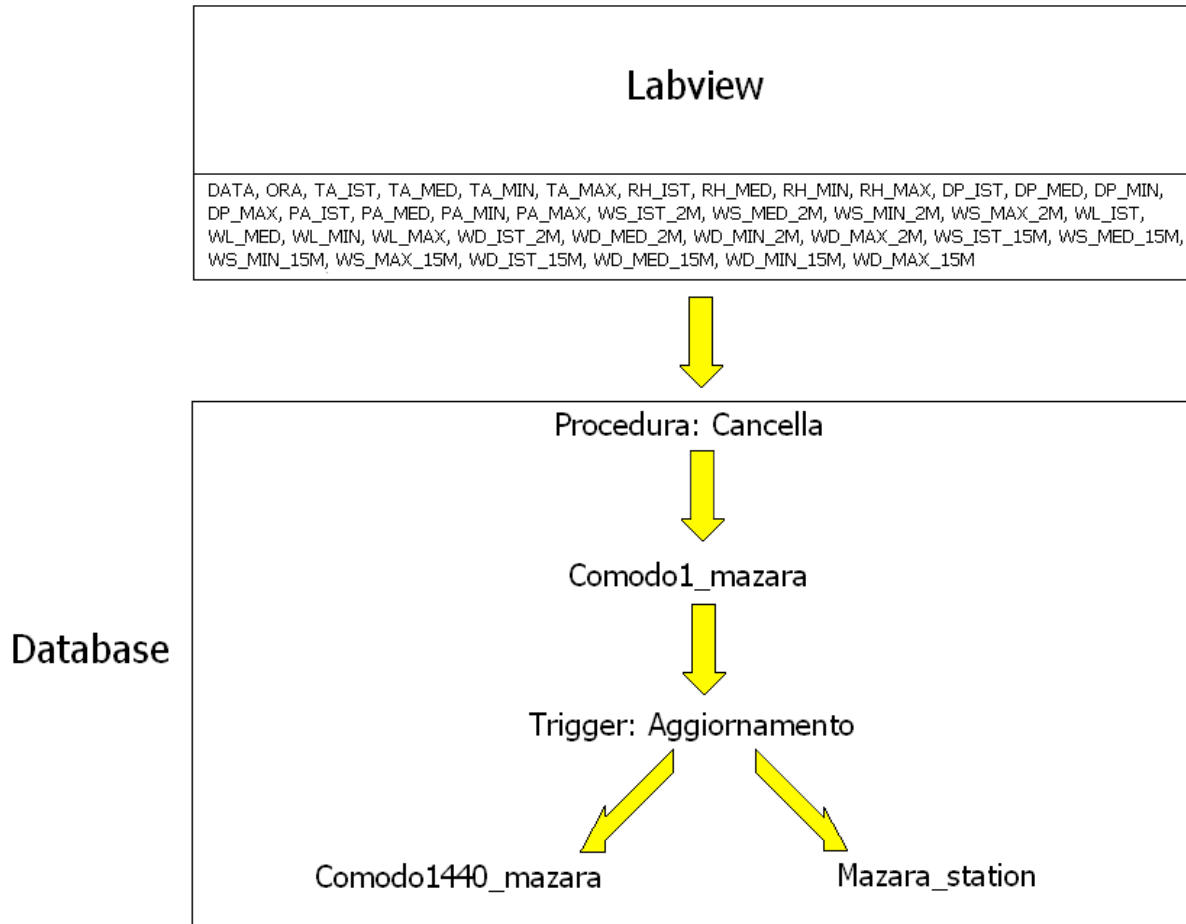
1. Installazione del Server MySQL
2. Configurazione del DSN del Database, per la creazione di un collegamento al Database con “QueryBrowser” o altri programmi.

Tutti i dati meteo-idrologici acquisiti dalle due stazioni meteo e quelli di pressione atmosferica acquisiti dai quattro microbarometri, situati a Mazara del Vallo, Capo Granitola, Castelvetrano e Menfi, vengono archiviati nel Database “Marrobbio”.

Sostanzialmente il DB è strutturato in tre sezioni: la sezione riguardante i dati della stazione meteo-idrologica installata nella Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo; la sezione riguardante i dati della stazione meteo-idrologica di Capo Granitola e la parte di dati dei quattro microbarometri.

Stazione meteo-idrologica di Mazara del Vallo

La parte di DB interessato dai dati della stazione meteo di Mazara del Vallo è strutturato con le seguenti tre tabelle: *comodo1_mazara*, *comodo1440_mazara* e *mazara_station*.



L'archiviazione dei dati registrati in questa stazione avviene nel seguente modo: i dati acquisiti dai due Data Logger, Sigma3151 e QLC50, finiscono in rete e successivamente vengono acquisiti ed elaborati dal programma *RecordData*, realizzato col software LabView, il quale si occupa della sincronizzazione dei dati e la preparazione del record che andrà ad inserire nella tabella *comodo1_mazara*. Inoltre, lo stesso record viene salvato in un file excel come copia di controllo. Il record finale inserito nel Database presenta i seguenti campi: **DATA, ORA, TA_IST, TA_MED, TA_MIN, TA_MAX, RH_IST, RH_MED, RH_MIN, RH_MAX, DP_IST, DP_MED, DP_MIN, DP_MAX, PA_IST, PA_MED, PA_MIN, PA_MAX, WS_IST2M, WS_MED2M, WS_MIN2M, WS_MAX2M, WL_IST, WL_MED, WL_MIN, WL_MAX, WD_IST2M, WD_MED2M, WD_MIN2M, WD_MAX2M, WS_IST15M, WS_MED15M, WS_MIN15M, WS_MAX15M, WD_IST15M, WD_MED15M, WD_MIN15M, WD_MAX15M.**

Prima dell'inserimento di ogni record, nella tabella *comodo1_mazara*, viene richiamata una procedura (procedure: cancella) che svuota la tabella *comodo1_mazara*.

Eseguito il comando di inserimento del record nella tabella *comodo1_mazara*, si attiva automaticamente un *trigger* (procedura interna al Database associata ad una tabella che si attiva quando la tabella viene modificata) che prende il record presente nella tabella *comodo1_mazara* e lo inserisce, rispettivamente, nella tabella *comodo1440_mazara* e nella tabella *mazara_station*. Il *trigger*, inoltre, tiene conto del numero di record presenti in *comodo1440_mazara* e al momento dell'inserimento, se questi sono già in numero di 1440 (numero di record per l'acquisizione di 24 ore), elimina il più remoto ed inserisce quello corrente, altrimenti esegue il semplice inserimento. Le tre tabelle, *comodo1_mazara*, *comodo1440_mazara* e *mazara_station*, hanno gli stessi campi e coincidono con quelli del record prodotto dal programma *RecordData*.

La tabella *comodo1440_mazara*, come indicato dal suo nome, può contenere al massimo 1440 record, cioè le registrazioni al minuto dei dati delle ultime 24 ore; il motivo che ha spinto all'utilizzo di questa tabella è che in questo modo quando si interroga il DB per generare i grafici da inserire nella pagina web, che mostrano l'andamento delle variabili meteo-idrologiche, non si interroga la tabella *mazara_station*, che col trascorrere del tempo assumerà dimensioni sempre più grandi (richiedendo più tempo per l'esecuzione della query), ma la tabella *comodo1440_mazara* con le sole righe utili per i grafici.

La tabella *mazara_station* conterrà, integralmente, tutti i record acquisiti dalla stazione meteo di Mazara del Vallo e verrà utilizzata per successive analisi ed elaborazioni dei dati.

Stazione meteo-idrologica di Capo Granitola

Per quanto riguarda l'archiviazione dei dati meteo-idrologici della stazione di Capo Granitola, la struttura utilizzata all'interno del DB "Marrobbio" è la stessa di quella utilizzare per i dati della stazione di Mazara del Vallo. Sono presenti, rispettivamente, le tabelle *comodo1_granitola*, *comodo1440_granitola* e *granitola_station*.

La differenza sta nelle informazioni presenti nei record delle tabelle, dovuto al fatto che nella stazione meteo di Capo Granitola si hanno sensori diversi rispetto alla stazione meteo di Mazara del Vallo.

Una volta acquisiti, i dati vengono inviati al programma *RecordData*, il quale, come per la stazione di Mazara del Vallo, va a preparare il record che andrà ad inserire nella tabella *comodo1_granitola* e nel file excel di controllo.

Prima dell'inserimento di ogni record, nella tabella *comodo1_granitola*, viene richiamata una procedura che svuota la tabella *comodo1_granitola*.

Eseguito il comando di inserimento del record nella tabella *comodo1_granitola*, si attiva automaticamente il *trigger* che prende il record presente nella tabella *comodo1_granitola* e lo inserisce, rispettivamente, nella tabella *comodo1440_granitola* e nella tabella *granitola_station*. Il *trigger* tiene conto del numero di record presenti in *comodo1440_granitola* e al momento dell'inserimento, se questi sono già in numero di 1440 (numero di record per l'acquisizione di 24 ore), elimina il più remoto ed inserisce quello corrente, altrimenti esegue il semplice inserimento.

Anche per i dati della stazione di Capo Granitola, le tre tabelle (*comodo1_granitola*, *comodo1440_granitola* e *granitola_station*) hanno gli stessi campi e coincidono con quelli del record prodotto dal programma *RecordData*.

I record delle tabelle presentano i seguenti campi: **DATA, ORA, WS_IST2M, WS_MED2M, WS_MIN2M, WS_MAX2M, WD_IST2M, WD_MED2M, WD_MIN2M, WD_MAX2M, TA_IST, TA_MED, TA_MIN, TA_MAX, RH_IST, RH_MED, RH_MIN, RH_MAX, PA_IST, PA_MED, PA_MIN, PA_MAX, WL_IST, WL_MED, WL_MIN, WL_MAX, WT_IST, WT_MED, WT_MIN, WT_MAX, RG_IST, RG_MED, RG_MIN, RG_MAX, RN_IST, RN_MED, RN_MIN, RN_MAX, PL_MED.**

Sezione Microbarometri

All'interno del progetto era prevista una fase sperimentale che riguardava l'installazione di quattro microbarometri, nelle località di Mazara del Vallo, Capo Granitola, Menfi e Castelvetro, per l'analisi delle variazioni dei fronti di pressione atmosferica.

Per quanto riguarda la fase di archiviazione e fruibilità di tali dati, all'interno del DB "Marrobbio" è stata creata la tabella *microbarometro*, i cui record presentano i seguenti campi: **ID_STAZIONE, DATA, TIME, PRESSIONE.**

L'inserimento dei dati nella tabella *microbarometro* viene eseguito in modo automatizzato da un software realizzato *ad hoc*, che attraverso la comunicazione tramite socket, sta in attesa di invio dati da parte delle stazioni barometriche di Mazara del Vallo, Capo Granitola, Menfi e Castelvetro.

Software di Comunicazione

La programmazione di rete permette a due o più computer collegati da una rete fisica di comunicare tra loro.

Per poter comunicare con un computer ho bisogno di:

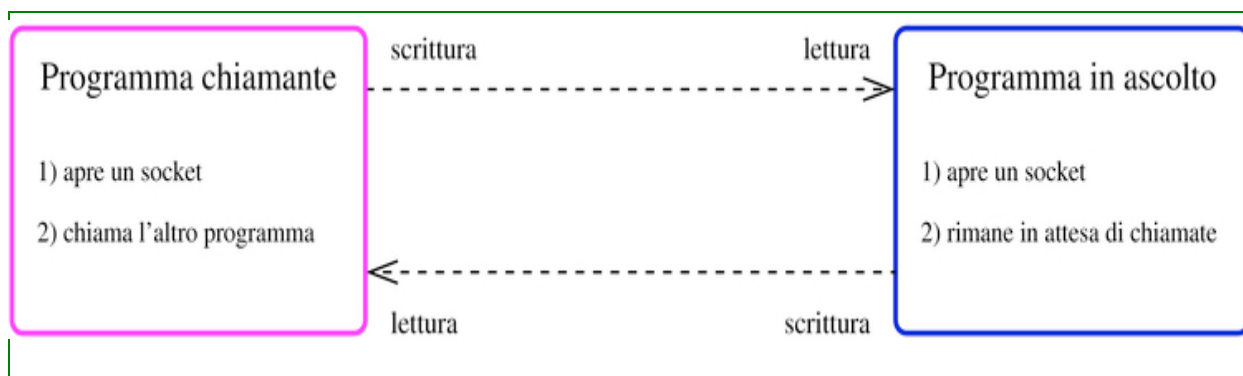
1. **un indirizzo a cui connettermi**: infatti ogni computer connesso in una rete dispone di un indirizzo, che consente di localizzarlo
2. **una porta aperta**: per connettersi ad un computer c'è bisogno di conoscere anche questo elemento, il concetto di porta venne inventato per permettere ad un computer (che ha a disposizione un solo indirizzo) di ricevere diverse connessioni, infatti tramite diverse porte è possibile dallo stesso computer fornire diversi servizi (posta, web, telnet, ecc.)
3. **un protocollo**: che permetta di far capire al programma in ascolto le richieste.

Molte applicazioni di rete sono formate da due programmi distinti (che lavorano su due diversi host) uno detto Server ed uno detto Client.

Generalmente la comunicazione tra due pc si basa in questo modo:

Il Server si mette in attesa di una richiesta da eseguire, un computer Client si collega al Server effettuando una richiesta, il SERVER se ha a disposizione questo servizio assolverà la richiesta del CLIENT, inviandogli le risposte.

Figura 1. Comunicazione tra due programmi che usano i socket.



Nel nostro caso il Server si mette in attesa per ricevere non un comando da eseguire, ma riceve i dati della pressione inviati dai 4 client e li archivia nel database.

Da notare che un client comunica con un solo Server, mentre un Server comunica con più Client. Questa comunicazione avviene tramite un protocollo di comunicazione (ossia un insieme di regole da rispettare), che permette a tutti i computer di qualsiasi tipo di comunicare tra loro.

Al di sopra di questi protocolli esiste un oggetto, che si basa su di essi, chiamato *socket* che permette di trasmettere e ricevere informazioni senza doversi preoccupare della correttezza delle regole definite dal protocollo utilizzato.

LE SOCKET

Socket, meccanismo standard per la comunicazione in Rete

Le Socket sono il meccanismo e l'astrazione principale per la comunicazione in rete;

I programmi di comunicazione utilizzati per il trasferimento dei dati dalle 4 stazioni barometriche (Client) distribuite rispettivamente a Mazara del Vallo, Capo Granitola, Castelvetro e Menfi verso il server installato nella sede dell'IAMC CNR di Mazara del Vallo sono stati scritti in linguaggio Matlab e poi compilati in C in modo da ottenere dei programmi eseguibili.

Questi software utilizzano un toolbox implementato da Peter Rydesater et al. 1998-2003, esso è un software free scaricabile da Internet.

Prima di passare alla descrizione delle operazioni eseguite dai programmi Client e Server vediamo cosa sono le socket, e quali sono i concetti di base principale che permettono di utilizzarle.

Con il termine Socket (che letteralmente vuol dire "presa"), in generale, si definisce una rappresentazione a livello software utilizzata per **interfaciare i due terminali** (endpoint) in una connessione tra due computer. In altre parole, potremmo considerare i socket come delle prese (una per ogni macchina) che siano interconnesse tra loro attraverso un ipotetico cavo in cui passi il flusso di dati che i computer si scambiano.

Usando la classe Socket messa a disposizione dal toolbox un client può stabilire un canale di comunicazione con il server e quindi comunicare attraverso questo canale.

I protocolli coinvolti nell'implementazione dei Socket sono, fondamentalmente, 2:

- **TCP** (Transfer Control Protocol)
- **UDP** (User Datagram Protocol)

In questo lavoro abbiamo utilizzato socket di tipo TCP.

La motivazione che ci ha portato alla scelta di utilizzare questo protocollo è stata, perché l'UDP non offre nessuna garanzia dell'ordine e dell'arrivo dei datagrammi, al contrario il TCP tramite i meccanismi di acknowledgement e di ritrasmissione su timeout riesce a garantire la consegna dei dati, anche se al costo di un maggiore [overhead](#).

Vediamo adesso quali sono le operazioni che un client ed un server devono effettuare con le socket per stabilire una connessione (nel caso del client) e per accettare connessioni (nel caso del server).

Lato Client

Un client, per comunicare con un host remoto usando il protocollo TCP/IP, dovrà creare per prima cosa un oggetto *Socket* con tale host specificando l'indirizzo IP dell'host, e il numero di porta. Sull'host remoto dovrà esserci un server che è in "ascolto" su tale porta.

```
con=pnet('tcpconnect',host,port2);
```

Lato Server

Un server rimane in attesa di connessioni su una certa porta, ed ogni volta che un client si connette a tale porta, il server ottiene una socket, tramite la quale può comunicare col client.

I passi tipici di un server saranno quindi:

- creare un oggetto di classe *ServerSocket* specificando un numero di porta locale, cioè la porta in cui il server rimarrà in ascolto di richieste di connessioni. `sockcon=pnet('tcpsocket',lport);`
- attendere connessioni dai client ;
`con=pnet(sockcon,'tcplisten');`

DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI ESEGUITE DAI PROGRAMMI CLIENT

Le operazioni svolte dal programma Client sono le seguenti:

- Ad ogni minuto il programma prende il file *.and contenente il dato di pressione dell'ultimo minuto e lo invia al server;
- Inoltre in un ora già prestabilita in input, tale programma crea un file .zip contenente i 2 files giornalieri antecedenti dei dati della pressione (bassa e alta frequenza) e lo invia al host remoto il quale ha un altro programma server che sta in ascolto su un'altra porta diversa rispetto al server di prima.

DESCRIZIONE DELLE OPERAZIONI ESEGUITE DAI PROGRAMMI SERVER

Server1

Le operazioni svolte dal programma Server1 sono le seguenti:

- Sta in ascolto sulla porta assegnata;
- All'arrivo dei dati, effettua un collegamento con il database "Marrobbio" e mediante una query di inserimento, inserisce i dati ricevuti nella tabella "Microbarometri";
- Ritorna in ascolto per il dato successivo;

Server2

Le operazioni svolte dal programma Server2 sono le seguenti:

- Sta in ascolto sulla porta assegnata;
- All'arrivo del file .zip lo decompone in una cartella di comodo chiamata "Archivio";
- Legge i nomi dei files ricevuti, i quali ci permettono di distinguere quale Client sia stato ad inviare i files;
- Copia i due files nelle opportune directory;
- Svuota la cartella di "Archivio";
- Ritorna in ascolto;

Software set time e internet link

Al fine di realizzare un sistema di acquisizione dati sincronizzato per le stazioni barometriche installati in 4 diversi luoghi, è stato opportuno progettare un sistema che vada a settare la stessa ora per ogni host.

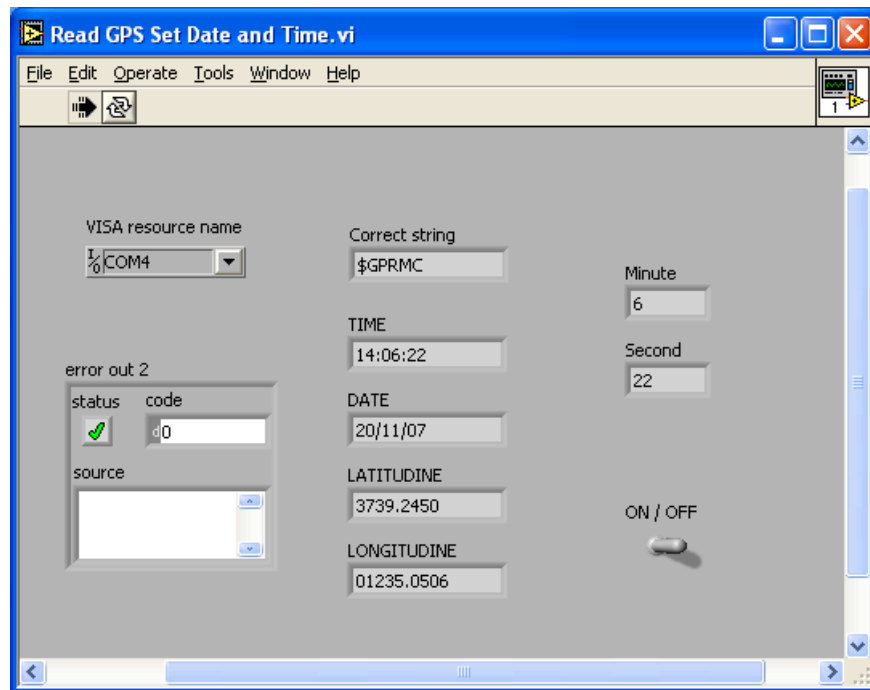
A tal proposito è stata pensata la seguente struttura:

- Installare ad ogni computer un rilevatore gps che fornisce ora, data e coordinate del punto dove è stato posizionato il sensore;
- Realizzazione di un software ad hoc che ad intervalli di un ora prende data e ora dal gps e setta quello del computer .

Inoltre il software effettua un'altra importante operazione cioè, mantenere il computer collegato alla rete internet mediante modem GPRS o UMTS.

Nella fase iniziale il software effettua un tentativo di connessione e ad intervalli di cinque minuti controlla se c'è collegamento alla rete, in caso negativo ripete nuovamente la connessione.

Il software è stato scritto con linguaggio di programmazione Labview, l'immagine seguente mostra interfaccia dell'applicativo implementato che esegue le operazione sopra descritte.



VCSTR 0.1

E' un programma che funziona su sistema windows e da in tempo reale la misurazione della pressione atmosferica superficiale.

La funzione di questo programma è di interfacciarsi tra lo strumento (barometro) e il sistema di archiviazione dati di un computer.

Con questo programma, i dati inviati in tempo reale alla porta seriale del computer vengono captati e immagazzinati in un disco con un formato generale in modo che le informazioni prodotte possano essere utilizzate da altre applicazioni (excel, matlab, ecc..)

I requisiti per una corretta funzionalità sono:

1. un computer con sistema operativo windows (windows95 98 Me 2000 XP, vista)
2. una porta seriale disponibile nel computer. (si può usare un convertitore USB-RS232).
3. strumento con uscita digitale a 1Hz all'accensione
4. parametro di NON STOP PARITY 8 sullo strumento
5. cavo seriale per connettere lo strumento con il computer
6. lo strumento invia 8 bytes ogni secondo. E l'ultimo bit e '\n' ritorno di linea.

Questo programma registra i dati ad ogni secondo, facendo la media ogni 60 campioni.

Esso conserva in files giornalieri con un formato binario i dati grezzi a secondo, e con un formato ASCII i dati a minuto. Il nome per i file giornalieri coincidono con la data.

Una volta completata l'installazione del software e inseriti i parametri di input per far funzionare VCSTR 0.1, il software produce 5 differenti output, 4 files (in cui uno è opzionale e dipende dai parametri di input) e uno come visione sullo schermo.

Tipi di files

In tutti i casi VCSTR 0.1 genera files di dati giornalieri, un file con dati a secondo e uno con intervalli a un minuto.

Il file con dati a secondo è un archivio binario. Questo viene conservato nella directory HIFREQ, generandola nel caso non esiste.

Il secondo file che viene generato contiene i dati a ogni minuto e di tipo ascii. Il nome di questo è semplicemente la data con l'estensione *.dat e vengono conservati su una sub directory il cui nome coincide con l'anno. Se la sub directory non esiste la genera es. 2007/200071223.DAT.

Quindi ogni anno viene generata una nuova directory.

Esiste un terzo file composto da una sola linea. E' serve a guardare la data e il valore dell'ultimo minuto. Ogni minuto cancella il suo contenuto e sostituisce con il valore dell'ultimo minuto questo è ideale per essere inviato per internet senza problemi.

Dati binari

L'unico file che si scrive in binario sono i dati registrati a secondo.

Dati Ascii

Il resto dei file vengono conservati con un formato generale, di seguito viene mostrato la struttura interna del file.

```
2007 10 30 0 0 1009.01
2007 10 30 0 1 1008.91
2007 10 30 0 2 1008.85
2007 10 30 0 3 1008.81
2007 10 30 0 4 1008.77
2007 10 30 0 5 1008.72
2007 10 30 0 6 1008.67
2007 10 30 0 7 1008.62
2007 10 30 0 8 1008.63
2007 10 30 0 9 1008.67
2007 10 30 0 10 1008.70
2007 10 30 0 11 1008.71
```

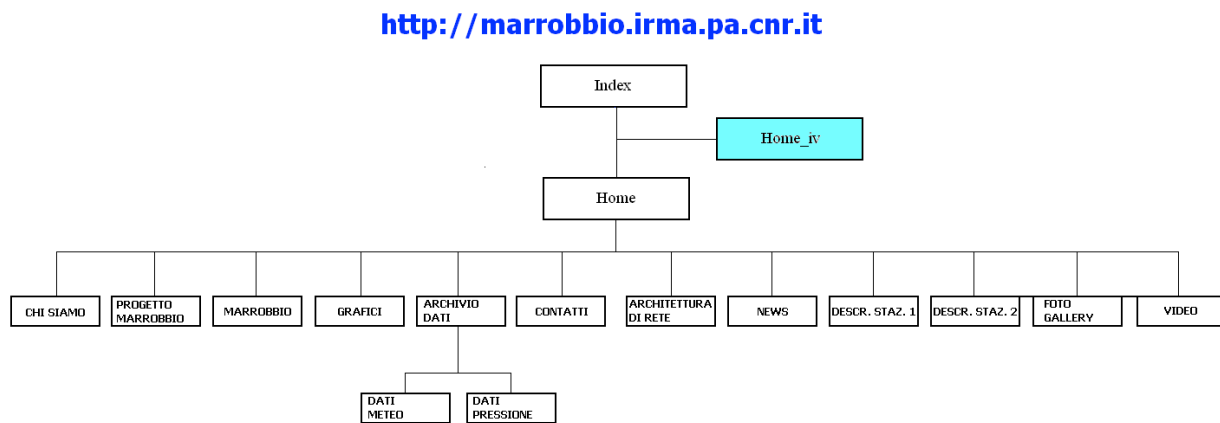
Sito WEB “Marrobbio

Per rendere fruibile, a tutti, l’insieme dei dati raccolti e il lavoro svolto all’interno del progetto, fra gli obiettivi dello stesso vi era quello di realizzare una pagina web per la lettura in tempo reale dei parametri meteo-idrologici e il download dei dati acquisiti dalle stazioni meteo di Mazara del Vallo e Capo Granitola e dai quattro sensori barometrici.

Per la realizzazione di queste pagine web si è scelto di utilizzare una piattaforma server (software su cui viene appoggiato e gestito un sito web) WINDOWS, su cui sono stati installati e configurati un Server Apache, il linguaggio di programmazione lato server Php e il Database Management System MySQL.

La scelta su tali prodotti (Apache, Php, Mysql) è stata dettata principalmente dal fatto che questi sistemi lavorano sinergicamente bene insieme e trattasi di prodotti Open Source.

L’immagine seguente mostra la struttura del sito web:



Il contenuto presentato all’interno delle singole pagine web è il seguente:

- Index: pagina principale del sito web che permette la possibilità di visita del sito sia in lingua italiana che in lingua inglese; inoltre è presente un ringraziamento a chi in maniera assolutamente gratuita ha contribuito alla realizzazione del progetto.
- Home: pagina principale della versione italiana del sito che contiene la maggior parte dei link di navigazione del sito. In essa sono presenti due tabelle che mostrano in tempo reale i parametri meteo-idrologici (temperatura dell’aria, umidità relativa, pressione atmosferica, livello del mare, velocità e direzione del vento, ecc...) rilevati dalle due stazioni meteo. I dati mostrati si riferiscono all’ora UTC (Coordinated Universal Time) che viene mostrata dall’orologio digitale posizionato sotto il titolo. Un’immagine in basso a sinistra mostra in modo grafico la direzione del vento, in tempo reale, rilevata nella stazione di Mazara del Vallo. Affianco è mostrata la Sicilia con due bandierine rosse che indicano la posizione delle due stazioni meteo; cliccando su di esse si apre la pagine che descrive ciascun sensore presente nelle rispettive stazioni. Il menù di sinistra contiene i link alle altra pagine.
- Progetto Marrobbio: in questa pagina viene presentata la lista degli attori e le istituzioni che partecipavano al progetto, nonché gli obiettivi che il progetto stesso si era prefissato di raggiungere.

- Marrobbio: breve introduzione del fenomeno Marrobbio e delle circostanze logistiche e atmosferiche che si devono verificare contemporaneamente affinché tale fenomeno si manifesti.
- Grafici: contiene grafici che mostrano, in tempo reale, l'andamento dei parametri meteo-idrologici (temperatura dell'aria, pressione atmosferica, livello del mare, umidità relativa, direzione e velocità del vento a 15 metri) rilevati nelle ultime 24 ore della stazione meteo di Mazara del Vallo.
- Archivio dati: sono presenti due form che attraverso l'immissione di 'username' e 'password' consentono di accedere all'area di download dati, rispettivamente ai dati delle stazioni meteo e dei dati di pressione atmosferica. Inoltre, nella pagina sono inserite due immagini della Sicilia che mostrano rispettivamente la posizione delle due stazioni meteo di Mazara del Vallo e Capo Granitola, e la posizione dei quattro microbarometri di Mazara del Vallo, Capo Granitola, Menfi e Castelvetro. Le posizioni di questi sistemi sono evidenziati nelle immagini con delle bandierine, le quali hanno altre due funzionalità aggiuntive: passando con il mouse sulle bandierine che indicano la posizione dei quattro microbarometri compare una text che mostra, in real time, il valore della pressione atmosferica di quel luogo; inoltre, se si clicca sulle bandierine si attiva uno script che avvia l'esecuzione del software "Google Earth" (se presente nel pc client) che va a mostrare la reale posizione dove questi sistemi di acquisizione sono allocati.
- Dati meteo: la pagina è un'area riservata ai soli utenti che hanno fatto richiesta di 'username' e 'password'. In questa pagina si trovano le medie orarie dei dati acquisiti dalle due stazioni meteo di Mazara del Vallo e Capo Granitola, suddivisi per stazione e per mese.
- Dati pressione: la pagina è un'area riservata ai soli utenti che hanno fatto richiesta di 'username' e 'password'. In questa pagina si trovano le medie orarie dei dati di pressione atmosferica acquisiti dai quattro microbarometri suddivisi per stazione, anno e per mese.
- Contatti: nella pagina sono presenti i riferimenti e-mail di alcune persone cui è possibile contattare per aver attribuito 'username' e 'password' necessari per il download dei dati, nonché ottenere informazioni sul progetto, sui dati disponibili e sulla funzionalità del sito web.
- Architettura di rete: l'immagine mostrata nella pagina evidenzia l'architettura di rete che è stata implementata per garantire sincronizzazione e funzionalità del sistema, e permettere la fruibilità dei parametri meteo-idrologici in real time.
- News: contiene le novità e/o variazioni che vengono apportate al sistema, nonché tutte le notizie e gli eventi che riguardano o possono interessare il fenomeno del 'Marrobbio' a Mazara del Vallo e il progetto.
- Descr. staz. 1: mostra la foto della stazione meteo installata all'interno della Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo e la descrizione di ogni singolo sensore di rilevamento dati installato.
- Descr. staz. 2: mostra la foto della stazione meteo installata a Capo Granitola e la descrizione di ogni singolo sensore di rilevamento dati installato.
- Foto gallery: raccolta fotografica di tutti i sistemi installati (sistema wind sonic, centraline meteo, sistema microbarometro, ...), eventi che riguardano il fenomeno del 'Marrobbio' a Mazara del Vallo e il progetto.

- Video: raccolta video degli eventi di ‘Marrobbio’ verificati nel fiume Mazaro.
- Home_iv: pagina principale della versione inglese del sito ancora in fase di sviluppo.

Ciò che distingue questa realizzazione web da altri siti web che mostrano dati meteo-idrologici è che, grazie anche alla struttura di rete che è stata implementata e al sistema di archiviazione dati utilizzato, è possibile avere la lettura dei valori acquisiti dalla strumentazione in tempo reale, con una nuova lettura del dato sul web ogni 60 secondi.

La prima schermata di presentazione è la seguente.



Nel seguito vengono mostrate le diverse pagine di cui si compone il sito.

IAMC-CNR --> Dati meteo-idrologici nelle stazioni di Mazara del Vallo e Capo Granitola - Mozilla Firefox

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/home.php

Situazione Meteo-Idrologica nelle stazioni meteo di Capo Granitola (TP) e Mazara del Vallo (TP)

Questo sito richiede il supporto Java per essere visualizzato correttamente


13:39:47 UTC [English version](#)

[Chi siamo](#)
[Progetto Marrobbio](#)
[Marrobbio](#)
[Grafici](#)
[Archivio dati](#)
[Contatti](#)
[Architettura di Rete](#)
[News](#)
[IAMC-CNR](#)
[Comune di Mazara del Vallo](#)
[Capitaneria di Porto \(Mazara del Vallo\)](#)
[Observatorium Cicese](#)


Parametri	Valori Attuali	Valori Min e Max nelle ultime 24 ore	
		Min	Max
Temperatura dell'aria (°C)	17	15.5 alle 06.23.00	17.8 alle 12.01.00
Umidità relativa (%)	69	53 alle 09.30.00	72 alle 13.32.00
Punto di rugiada (°C)	11.4	---	
Pressione atmosferica (hPa)	1006.1	1006.1 alle 13.38.00	1015.6 alle 09.33.00
Velocità del vento a 2 m (m/s)	5.5	0 alle 06.35.00	10.6 alle 15.54.00
Direzione del vento a 2 m (gradi)	248	---	
Livello del mare (cm)	190.4	180.4 alle 23.36.00	204.1 alle 06.09.00
Velocità del vento a 15 m (m/s)	4.81	0.22 alle 13.12.00	9.02 alle 12.30.00
Direzione del vento a 15 m (gradi)	270.54	---	

Dati aggiornati al 14/11/2007 13.38.00 UTC

Direzione del vento a Mazara del Vallo in Tempo Reale




Posizioni delle Stazioni Meteo




L'immagine mostra la posizione delle due stazioni meteo. Cliccando sulla localizzazione cicese, si accede alla pagina di dettaglio della stazione.

Foto Gallery



Video del "Marrobbio"




marrobbio.irma.pa.cnr.it/foto gallery - Mozilla Firefox

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/fotostazioni.php

Foto Gallery

[Home](#)
[Chi siamo](#)
[Marrobbio](#)
[Grafici](#)
[Archivio dati](#)
[Contatti](#)
[IAMC-CNR](#)
[Comune di Mazara del Vallo](#)
[Capitaneria di Porto \(Mazara del Vallo\)](#)
[Observatorium Cicese](#)



Installazione della stazione Meteo-Idrologica nella Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo




Installazione della stazione Meteo-Idrologica di Capo Granitola




Installazione del mareografo nella Capitaneria di Porto di Mazara del Vallo




Installazione dei sensori di temperatura e livello del mare di Capo Granitola



Installazione del sensore di Pressione Atmosferica di Menfi



Installazione del sensore di Pressione Atmosferica di Mazara del Vallo (IAMC-CNR)



Installazione dell'anemometro sonico in corrispondenza del tetto della sede dell'IAMC-CNR di Mazara del Vallo

Elaborazione a cura di Dott. Ignazio Fontana e Dott. Giovanni Giacalone

Completato

marrobbio.irma.pa.cnr.it/Marrobbio - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/marrobbio.php

Come iniziare Ultime notizie



Fenomeno "Marrobbio"

In diversi porti della costa meridionale Siciliana ed in alcune aree della costa Tunisina si manifestano talvolta delle repentine fluttuazioni del livello del mare. Si tratta di oscillazioni che possono presentare escursioni di circa 1 m e che, a causa delle caratteristiche del porto e della piattaforma continentale, possono essere amplificate raggiungendo escursioni di circa 2 m. A Mazara del Vallo il fenomeno è noto come "Marrobbio".

A causa della particolare geometria del porto, costruito intorno all'estuario del fiume "Mazaro", esso può generare salti idraulici che si propagano lungo il "porto canale" producendo notevoli danni alle imbarcazioni della locale marineria. Il principale effetto associato al Marrobbio nel porto di Mazara del Vallo è rappresentato da rapide oscillazioni del livello del mare che, in base all'intensità della forzante che lo ha generato, possono raggiungere più di 1.5 m di escursione, oscillazione notevole se confrontata con la locale marea, che ha un'escursione media di circa 30 cm. Fenomeni simili, aventi origine meteorologica, sono stati registrati in diverse aree di mare e hanno specifici nomi locali: "Rassaga" nelle isole Baleari, "Mighuba" in Malta, "Abiki" nella baia di Nagasaki e "Seebär" nel mar Baltico. Inoltre, fluttuazioni repentine del livello del mare sono state documentate anche nel Mar Giallo, nel Mare Adriatico, nel Mar Egeo, lungo la costa Atlantica nord-occidentale, lungo le coste dell'Argentina e in quelle della Nuova Zelanda. I fenomeni registrati in tutte queste aree mostrano delle similarità con il ben più disastroso fenomeno "Tsunami", per cui nella letteratura scientifica le oscillazioni repentine indotte da opportune perturbazioni in atmosfera sono denominate "Meteotsunami". Ma mentre lo "Tsunami" è generato da fenomeni sismici, i "Meteotsunami" sono generati da variazioni repentine delle condizioni atmosferiche (passaggio di fronti di pressione, instabilità dinamica, influenza dell'orografia, tempeste, trombe d'aria, ecc.). Affinché si possano generare "Meteotsunami" in prossimità delle coste occorre che si verifichino una serie di condizioni:

- un porto con ben definite caratteristiche di risonanza;
- sollecitazioni atmosferiche "robuste" e rapide;
- direzione di propagazione della sollecitazione nella stessa direzione principale del porto;
- caratteristiche simili della sollecitazione atmosferica e delle onde (Risonanza Esterna - Influenza della batimetria);
- similarità tra la frequenza della sollecitazione atmosferica e la frequenza fondamentale di risonanza del porto (Risonanza Interna).

Tutte o solo alcune delle summenzionate condizioni vengono talvolta verificate nel porto di Mazara del Vallo e gli effetti si manifestano soprattutto lungo il letto del fiume.

La sede di Mazara del Vallo dell'Istituto per l'Ambiente Marino Costiero del Consiglio Nazionale delle Ricerche conduce da tempo attività di ricerca sul fenomeno "Marrobbio" grazie alle quali sono state studiate le caratteristiche del fenomeno sia in termini di oscillazioni del livello del mare (effetto) e in termini di analisi del campo di pressione atmosferica (sollecitazione). Con il Progetto "Creazione di una stazione di previsione degli eventi di marrobbio da installare nel porto peschereccio di Mazara del Vallo" (POR 2000/2006 - Misura 4.17 sottomisura B cod 0082 - Codice Progetto 1999.IT.16.1.PO.011/4.17B/8.3.7/0082) viene realizzata una rete di sensori utile ad implementare un protocollo di previsione del fenomeno "Marrobbio" proprio per prevenire i disastrosi effetti di tale fenomeno sulle imbarcazioni della "piccola pesca" che normalmente si trovano ormeggiate lungo il porto canale.




Completato

marrobbio.irma.pa.cnr.it/progetto marrobbio - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/progetto_marrobbio.php

Come iniziare Ultime notizie







Progetto "Marrobbio"

Titolo del progetto:
"Creazione di una stazione di previsione degli eventi di marrobbio da installare nel porto peschereccio di Mazara del Vallo".
Codice 1999.IT.16.1.PO.011/4.17B/8.3.7/0082.

Ente Capofila:
Comune di Mazara del Vallo (TP)
Ufficio Attività Produttive
via E. Sansone, 4 - 91026 Mazara del Vallo (TP)
Tel.: +390923932919 Fax.: +390923933177

Ente Attuatore:
IAMC-CNR
via L. Vaccara, 61 - 91026 Mazara del Vallo (TP)
Tel.: +390923948966

Responsabile del progetto:
Ing. Vito De Simone
Comune di Mazara del Vallo
Ufficio Attività Produttive

Responsabile scientifico del progetto:
Ing. Angelo Basso

Completato



marrobbio.irma.pa.cnr.it/descrizione stazione meteo (Mazara del Vallo) - Mozilla Firefox


File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/descrizioneStaz1.php

Come iniziare Ultime notizie

Descrizione Stazione Meteo


(Capitaneria di Porto - Mazara del Vallo)



- Sensore temperatura e umidità dell'aria
- Sensore direzione del vento
- Sensore velocità del vento
- Sensore pressione atmosferica
- Sensore livello del mare


Temperatura e umidità

Il sensore di umidità HUMICAP è costituito da un trasduttore a polimeri igroscopici. Queste sostanze modificano la costante dielettrica in funzione delle variazioni della pressione parziale di vapore d'acqua contenuto nell'ambiente e, quindi, delle variazioni di umidità relativa. L'elemento trasduttore fa parte di un circuito elettronico che in uscita fornisce un segnale proporzionale all'umidità relativa. Nel sensore di temperatura PT100, l'elemento che trasforma il valore di questa grandezza fisica in una elettrica è una resistenza. Nel caso del termistore, variando il valore di queste resistenze è possibile spostare, entro certi limiti, il range di utilizzo del sensore stesso: infatti così facendo si porta il punto di lavoro del trasduttore in una zona ben precisa della curva, dove la risposta è lineare. Entrambi i sensori sono montati all'interno di una capanna in policarbonato a ventilazione naturale che consente di proteggere gli elementi sensibili dalle radiazioni dirette ed indirette, dagli agenti atmosferici, quali pioggia, grandine, ecc., ed in generale dalle contaminazioni dovute a presenza di polveri o sporco.




Velocità del vento

Il sensore della velocità del vento posto a due metri di altezza è un anemometro optoelettronico a tre coppette della Vaisala, modello WAA 15A; comprende un disco dentato attaccato all'asse dell'anemometro. Quando ruota, il disco interrompe il fascio luminoso di un diodo emittente generando impulsi per un fototransistor. La frequenza degli impulsi è direttamente proporzionale alla velocità del vento. Il sensore ha una precisione di $\pm 2\%$ con una velocità del vento di 0.4 m/s.



Direzione del vento

Il sensore della direzione del vento posto a due metri di altezza è un contatore optoelettronico Vaisala, modello WAV151A, contenente un disco forato



Completato

marrobbio.irma.pa.cnr.it/descrizione stazione meteo (Capo Granitola) - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/descrizioneStaz2.php

Come iniziare Ultime notizie

Descrizione Stazione Meteo

(Capo Granitola)



- Sensore temperatura e umidità dell'aria
- Sensore direzione e velocità del vento
- Pluviometro
- Sensore radiazione globale
- Sensore radiazione netta
- Sensore di temperatura del mare
- Sensore livello del mare

Temperatura e umidità dell'aria

Il sensore di umidità HUMICAP è costituito da un trasduttore a polimeri igroscopici. Queste sostanze modificano la costante dielettrica in funzione delle variazioni della pressione parziale di vapore d'acqua contenuto nell'ambiente e, quindi, delle variazioni di umidità relativa.

Velocità e direzione del vento

Il sensore di velocità e direzione del vento posto a due metri di altezza è un WindSonic della GILL. L'anemometro ultrasonico non ha pezzi mobili, non richiede manutenzione e può essere calibrato direttamente dall'utente, leggero e robusto è adatto sia ad ambienti a terra che a mare.

Radiazione solare netta

Il sensore di radiazione solare netta è un NR-LITE fabbricato da Kipp & Zonen. Esso misura il bilancio energetico tra radiazione incidente e riflessa in una ampia gamma spettrale, utilizza due ricettori conici rivestiti in Teflon, ha una risposta spettrale da 0 a 100 um e richiede una bassa manutenzione.





Completato

marrobbio.irma.pa.cnr.it/Archivio dati - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/download.php

Come iniziare Ultime notizie

Archivio Dati

[Home](#)
[Chi siamo](#)
[Marrobbio](#)
[Grafici](#)
[Contatti](#)

[IAMC-CNR](#)


[Comune di Mazara del Vallo](#)

[Capitaneria di Porto \(Mazara del Vallo\)](#)

[Observatorium Cicese](#)


Dati Stazioni Meteo-Idrologiche

Username:
 Password:




Dati Pressione Atmosferica

Username:
 Password:



Le bandierine sono un link alle immagini da satellite delle rispettive aree.
 N.B.: Per la visione delle immagini è necessaria l'installazione di Google Earth.



Elaborazione a cura di Dott. Ignazio Fontana e Dott. Giovanni Giacalone

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/File_kml/mz3.kmz

start LabVIEW Rosa dei venti 5a... Allway Sync Set UTC Time.exe marrobbio, irma... Immagine - Paint IT 13.48

marrobbio.irma.pa.cnr.it/Download dati delle stazioni meteo - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/pag_login_dm.php

Come iniziare Ultime notizie

Download dati meteo-idrologici dalle Stazioni Meteo

[Home](#)
[Chi siamo](#)
[Marrobbio](#)
[Archivio dati](#)
[Grafici](#)
[Contatti](#)

[IAMC-CNR](#)

[Comune di Mazara del Vallo](#)

[Capitaneria di Porto \(Mazara del Vallo\)](#)

[Observatorium Cicese](#)

Read_Me				Read_Me			
Capitaneria di Porto				Capo Granitola			
2007							
Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile
Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto
Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre

Elaborazione a cura di Dott. Ignazio Fontana e Dott. Giovanni Giacalone

Completato

marrobbio.irma.pa.cnr.it/Download dati pressione atmosferica - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/login_pressure.php

Come iniziare Ultime notizie

Download dati di pressione atmosferica

[Read Me](#)

	Mazara del Vallo	Capo Granitola	Castelvetroano	Menfi
2007				
Gennaio	--	--	--	--
Febbraio	--	--	--	--
Marzo				
Aprile				
Maggio				
Giugno				
Luglio				
Agosto				
Settembre				
Ottobre	--	--	--	--
Novembre	--	--	--	--
Dicembre	--	--	--	--

Elaborazione a cura di Dott. Ignazio Fontana e Dott. Giovanni Giacalone

Completato

marrobbio.irma.pa.cnr.it/progetto marrobbio - Mozilla Firefox

File Modifica Visualizza Cronologia Segnalibri Strumenti ?

http://marrobbio.irma.pa.cnr.it/network.php

Come iniziare Ultime notizie

Architettura di Rete

GRUPPO ICT IAMC-CNR MAZARA DEL VALLO
G. Norrito, P. Tranchida, G. Di Gregorio

MARROBBIO WIRELESS SENSOR NETWORK

SEDE CAPO GRANITOLA (11 km)

SEDE CAPITANERIA DI PORTO (200 m)

SEDE CASTELVETROANO (50 m)

LAN IAMC-CNR MAZARA

WAN GARR INTERNET

ROUTER

BRIDGE

SWITCH L3

CONCENTRATOR UMTS/GPRS

SENSORI PRESSIONE

- MAZARA DEL VALLO
- CAPO GRANITOLA
- MENFI
- CASTELVETROANO

Server su indirizzo pubblico
<http://marrobbio.irma.pa.cnr.it>

WIND SONIC

Completato

Risultati

I dati analizzati sono stati acquisiti nei siti indicati nella seguente mappa e nella successiva tabella 1 vengono evidenziate le distanze tra i vari siti.

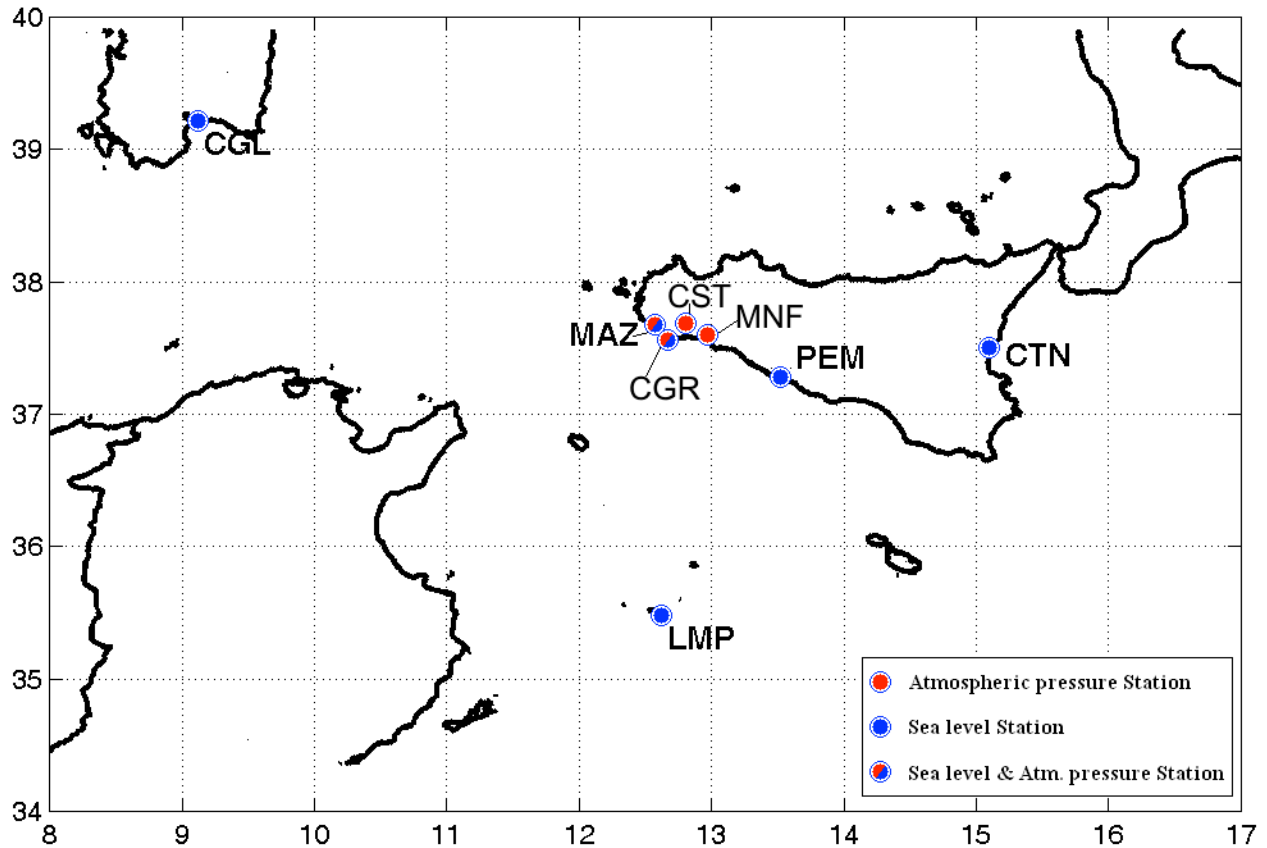


Figura 1: Posizione delle stazioni con sensori per il livello del mare (CTN, LMP, PEM, MAZ, CGL, CGR) e delle stazioni con sensori di pressione atmosferica (MAZ, Capo Granitola CGR, Menfi MNF, Castelvetroano CST).

MAZ – CGR = 10890	CGR - MAZ = 10890	MNF – MAZ = 34000	CST-MAZ = 19640
MAZ - MNF = 34000	CGR – MNF = 27380	MNF – CGR = 27380	CST-CGR = 18160
MAZ - CST = 19640	CGR - CST = 18160	MNF - CST = 17570	CST-MNF = 17570

Tabella 1: Distanze (in m) tra le stazioni Microbarografiche (MAZ, CGR, MNF, CST).

Nella figura 2 viene riportata una immagine da satellite con la sistemazione delle stazioni microbarografiche la loro denominazione e le distanze tra di loro.



Figura 2: Immagine satellitare della sistemazione delle quattro stazioni microbarografiche.

Nella tabella 2 viene riportata la lista degli eventi di Marrobbio registrati nel 2007. I dati inseriti nella tabella tra il valore minimo ed il valore massimo presentano un'oscillazione minima di 15 cm dopo il loro filtraggio ad alta frequenza. I valori oltre 40 cm sono inseriti nella tabella in grassetto.

Nella figura 5 vengono riportati gli orari dei minimi di pressione locali e la velocità apparente dell'evento tra le stazioni (vedi linee di unione dove sono segnate le velocità in m/s).

<i>Data</i>	<i>CAT</i>	<i>LMP</i>	<i>PEM</i>	<i>MAZ</i>	<i>CGL</i>
13-04-2007	3	35	30	2	20
19-04-2007	10	32	28	2	16
03-05-2007	10	20	61	30	35
16-05-2007	8	44	30	-	9
27-05-2007	-	27	30	30	-
02-06-2007	12	63	61	50	18
07-06-2007	9	27	25	50	19
23-06-2007	5	1	20	25	7
28-06-2007	4	10	12	25	2
29-06-2007	8	15	32	45	17
02-07-2007	-	30	50	45	26
21-08-2007	8	15	45	48	30

Tabella 2: Differenze tra il minimo ed il massimo delle oscillazioni ad alta frequenza nelle stazioni di Catania (CAT), Lampedusa (LMP), Mazara (MAZ), Porto Empedocle (PEM), Mazara (MAZ) e Cagliari (CGL).

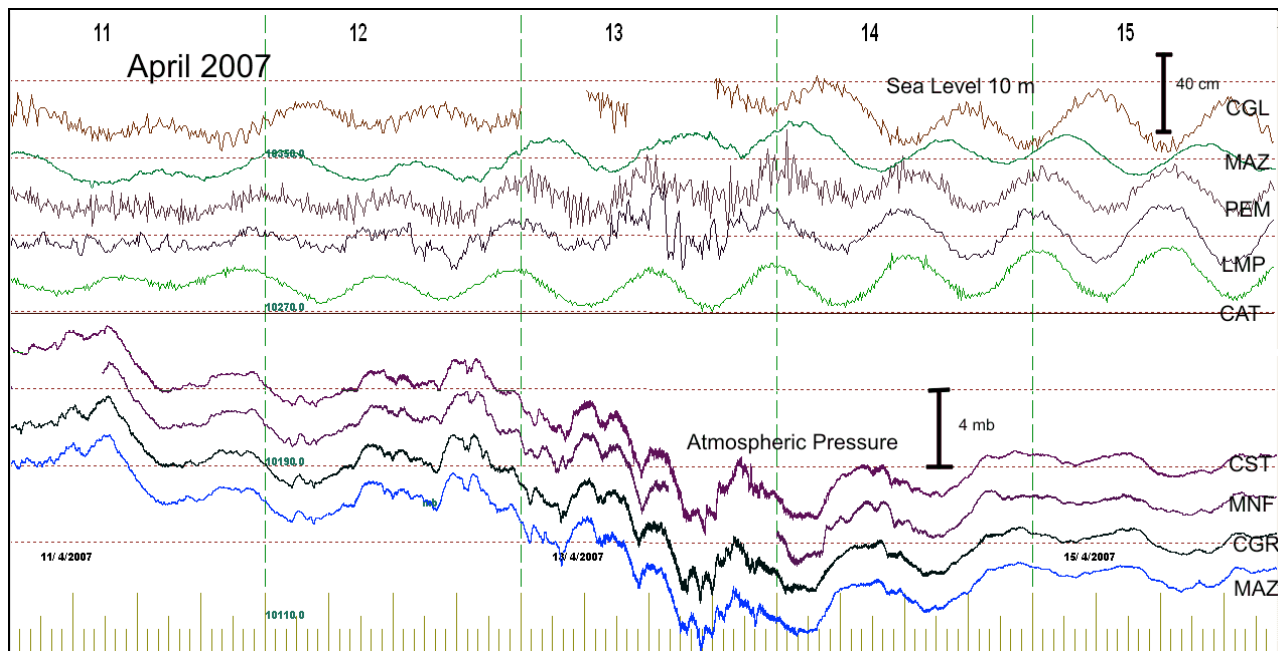


Figura 4: Livello del mare misurato a Catania (CAT), Lampedusa (LMP), Mazara (MAZ), Porto Empedocle (PEM) e Cagliari (CGL); e Pressione Atmosferica in Mazara (MAZ), Capo Granitola (CGR) e Menfi (MNF) per l'evento di Aprile 13 2007.

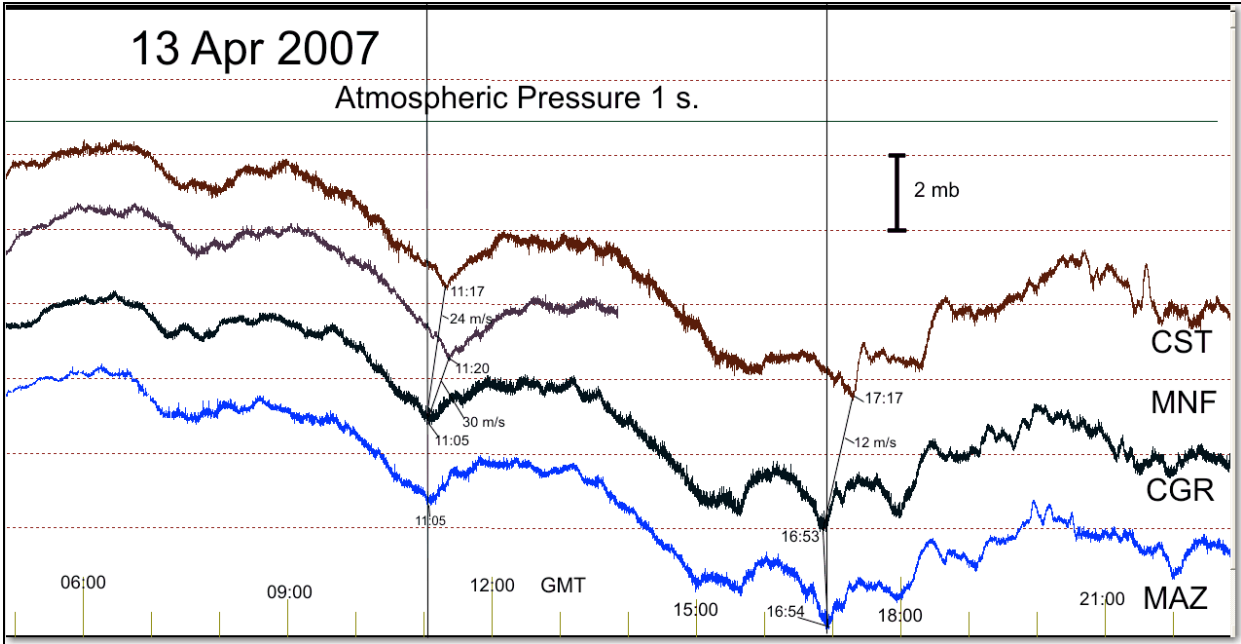


Figura 5: Pressione Atmosferica in Mazara (MAZ), Capo Granitola (CGR), Menfi (MNF) e Castelvetro (CST).

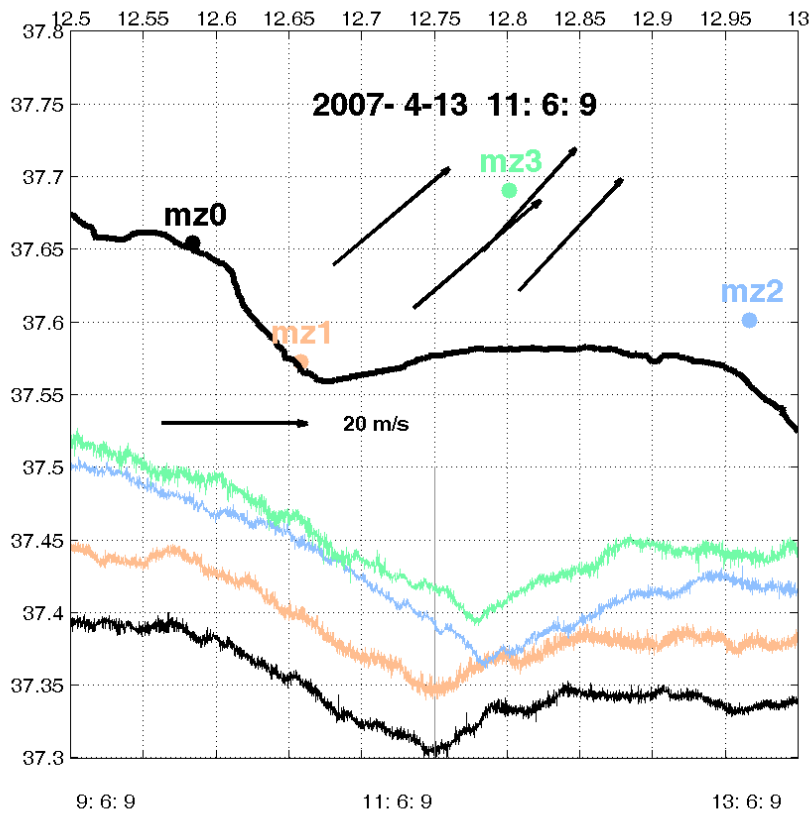


Figura 6: Pressione Atmosferica campionata (1Hz) in Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetro (MZ3) tra le 9:06:09 e le 13:06:09 del 13 Aprile 2007.

La figura 6 mostra una finestra temporale di quattro ore centrata alle 11:06:09. La stazione di riferimento è Mazara. Abbiamo individuato il comportamento presente a Mazara nel resto delle altre stazioni, e abbiamo preso il tempo di ritardo tra due di loro. In particolare con tre valori di tempo di viaggio possiamo ottenere il vettore di propagazione dell'evento attraverso il metodo dei minimi quadrati (Likhacheva et al 1985), mentre con quattro stazioni si possono costruire quattro possibili matrici triangolari dai quali si ottengono quattro vettori di propagazione per l'evento di pressione atmosferica. Questi quattro vettori di propagazione risultanti centrati nel baricentro del triangolo corrispondente vengono visualizzati nella figura quattro.

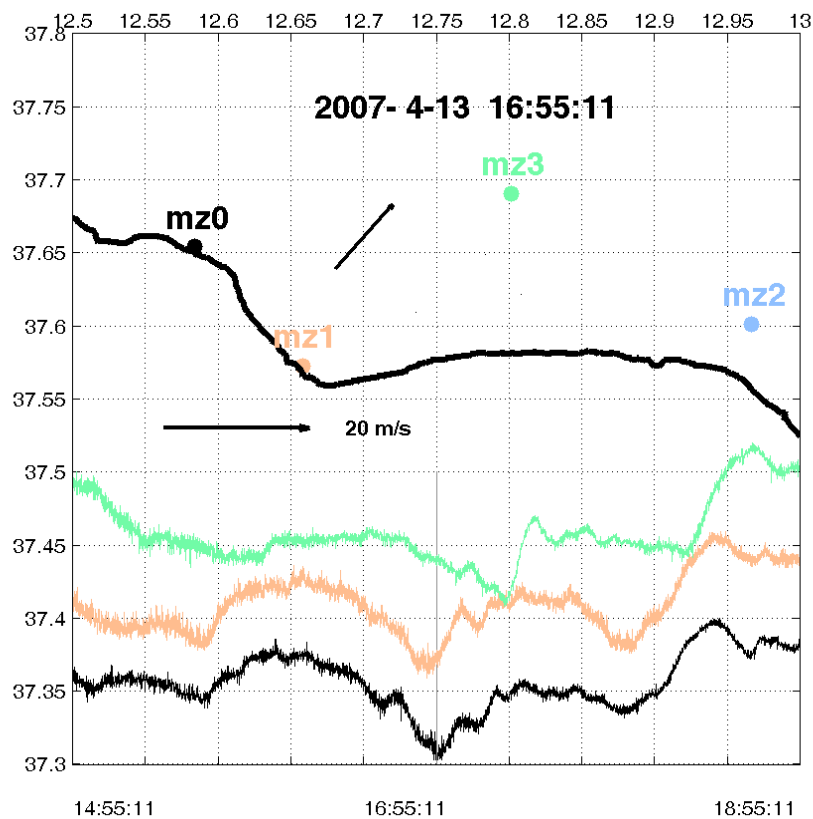


Figura 7: Pressione Atmosferica campionata (1Hz) in Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) nell'intervallo temporale tra le 14:55:11 e le 18:55:11 del 13 Aprile.

Nella figura 7 è stato costruito solo un possibile triangolo poiché non erano disponibili i dati di Menfi (MZ2).

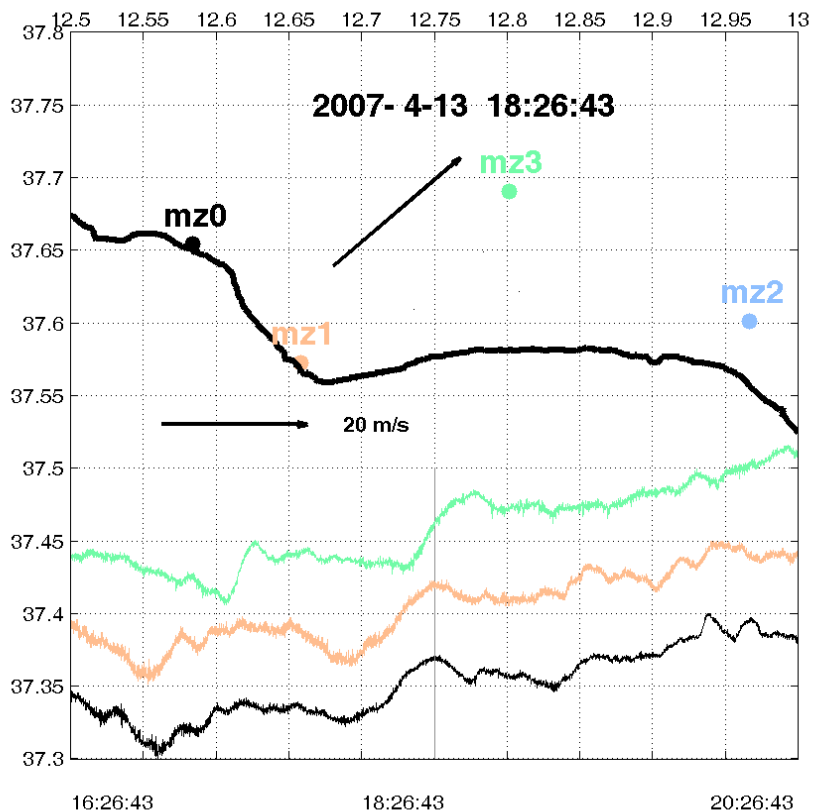


Figura 8: Pressione Atmosferica campionata (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) tra le 16:26:43 e le 20:26:43 del 13 Aprile.

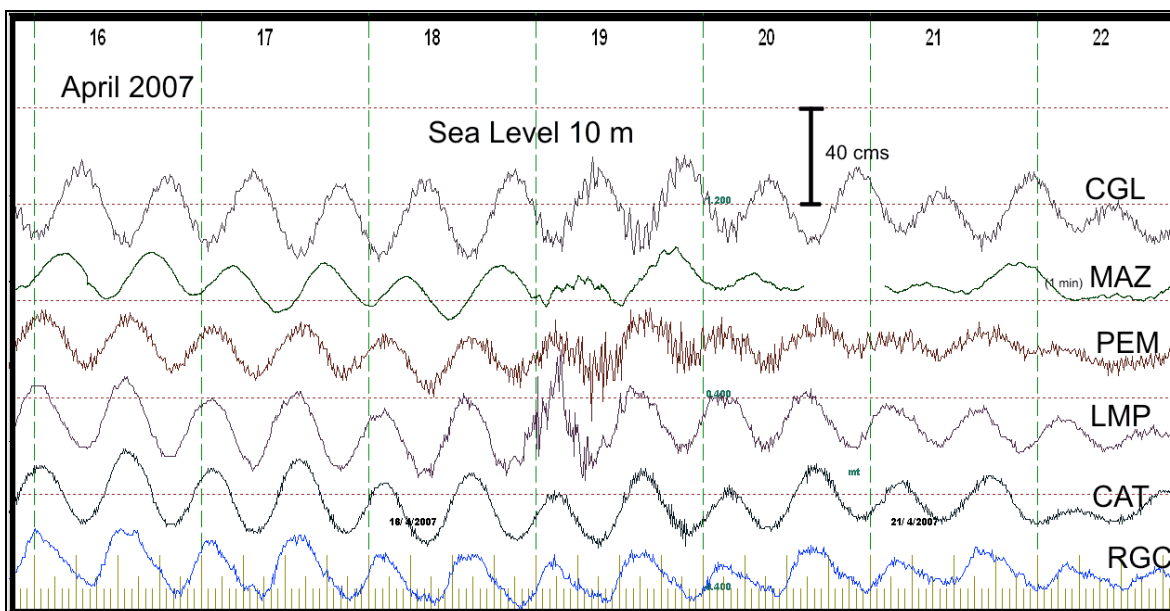


Figura 9: Livello del mare a Reggio Calabria (RGC), Catania (CAT), Lampedusa (LMP), Porto Empedocle (PEM), Mazara (MAZ) e Cagliari (CGL).

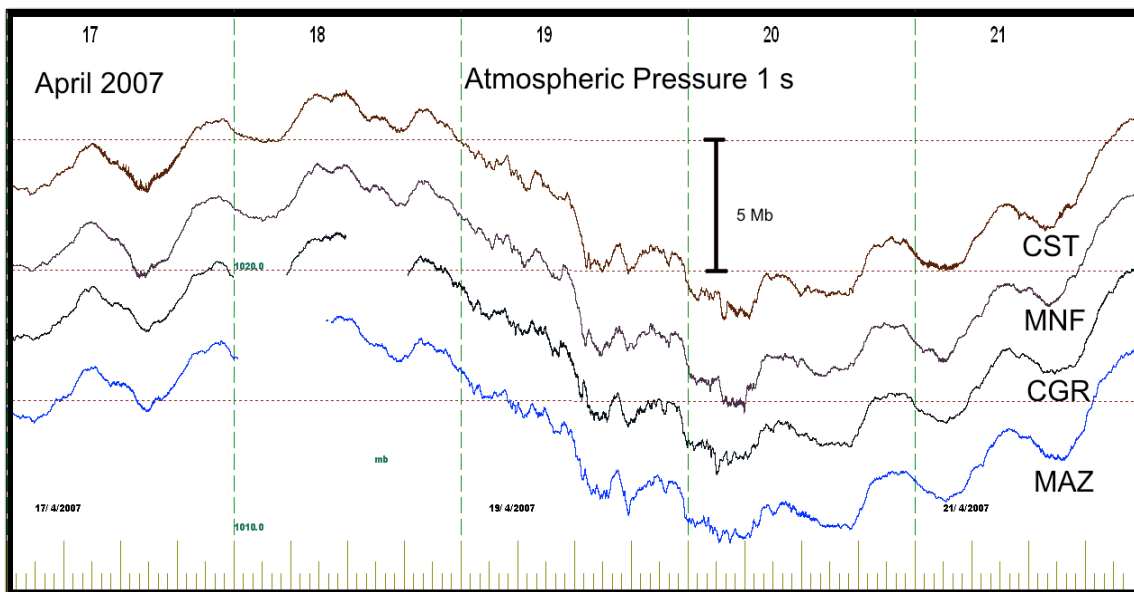


Figura 10: Pressione Atmosferica a Mazara (MAZ), Capo Granitola (CGR), Menfi (MNF) e Castelvetrano (CST)

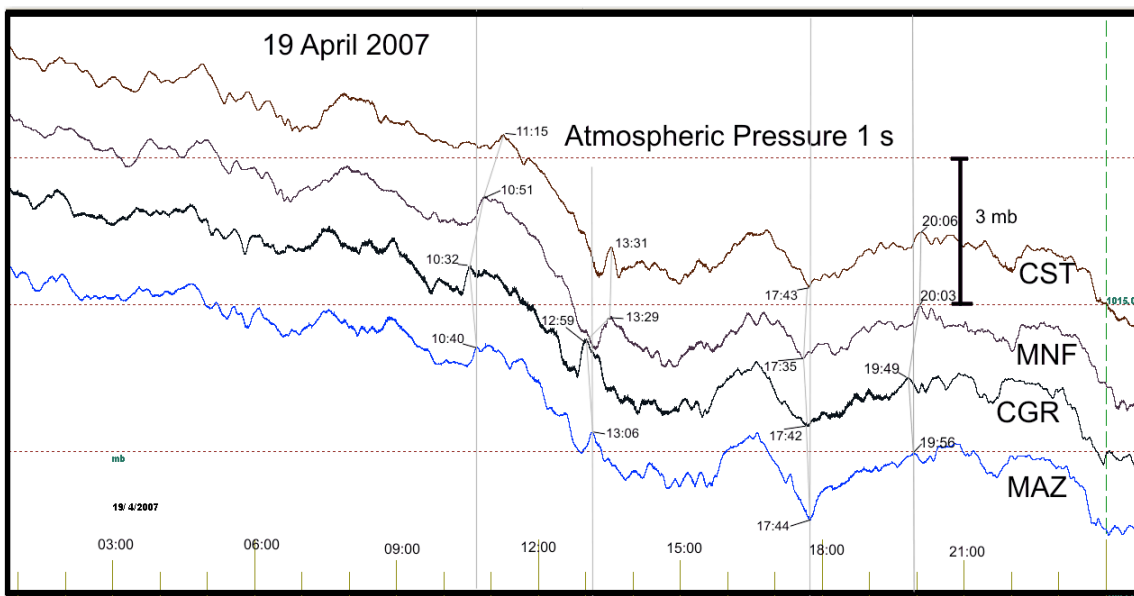


Figura 11: Pressione Atmosferica nelle Quattro stazioni del progetto del 19 Aprile 2007.

Nella parte alta del grafico vengono riportati I valori di livello del mare a Catania (CAT), Lampedusa (LMP), Porto Empedocle (PEM), Mazara (MAZ) e Cagliari (CGL), mentre nella parte bassa del grafico vengono riportati I valori di pressione atmosferica a Mazara (MAZ), Capo Granitola (CGR), Menfi (MNF) e Castelvetro (CST).

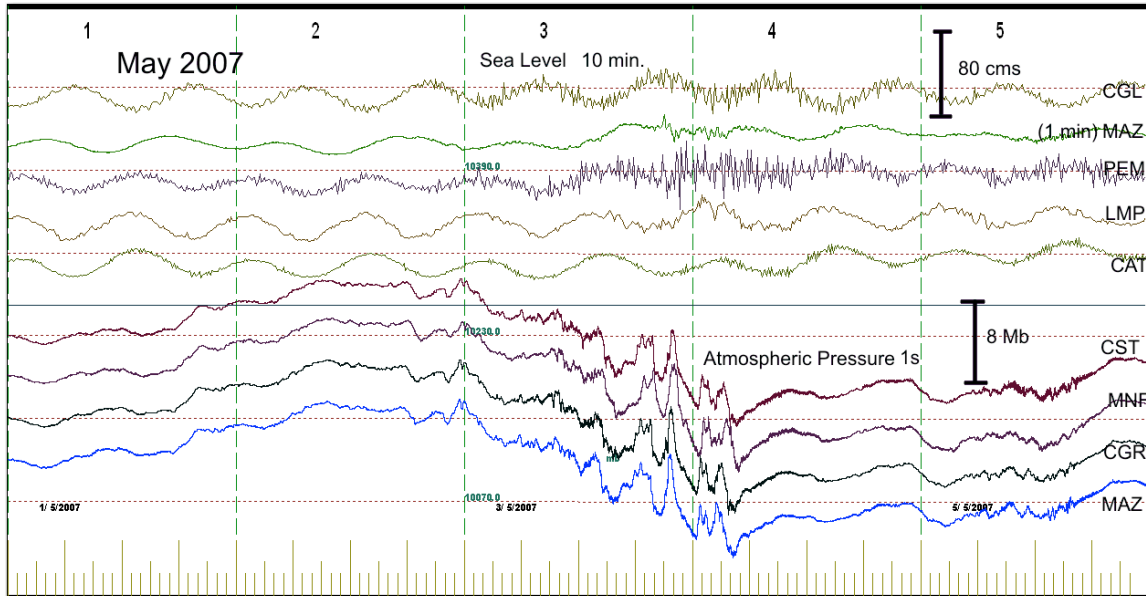


Figura 1: Livello del mare e pressione atmosferica in otto località diverse.

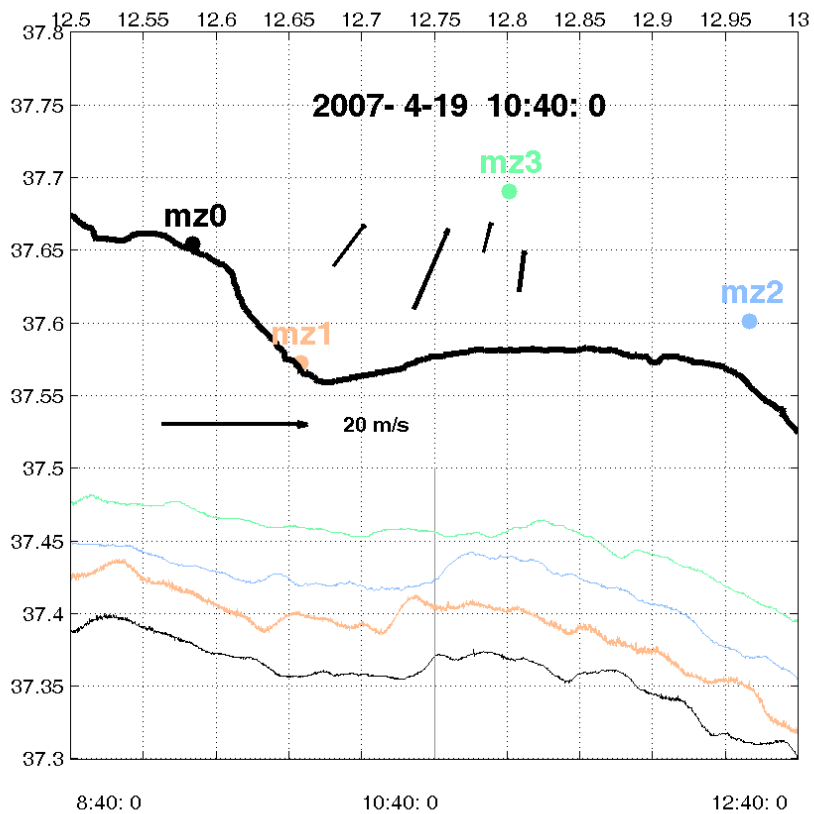


Figura 2: Pressione Atmosferica campionata (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) dalle 8:40:00 alle 12:40:00 del 19 Aprile 2007.

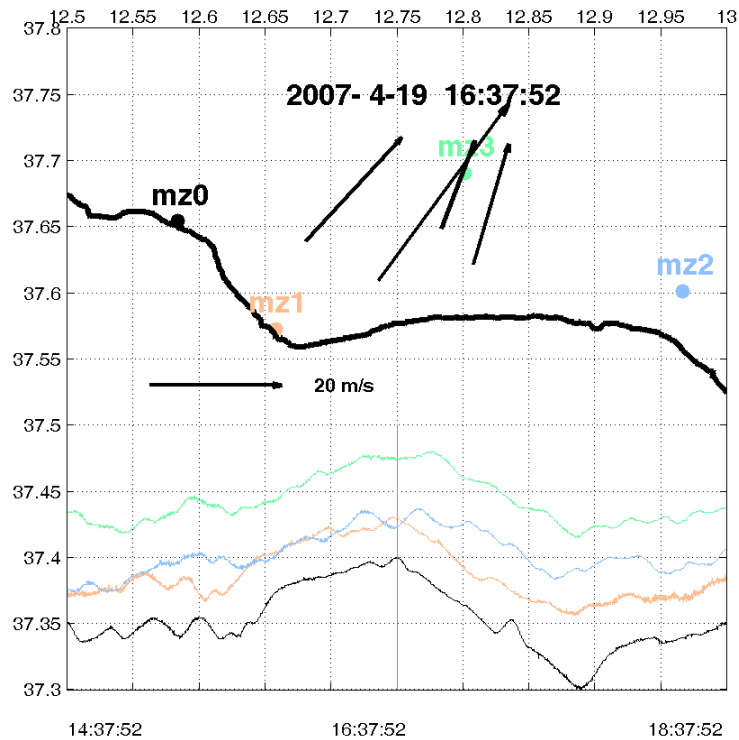


Figura 3: Pressione Atmosferica campionata (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) dalle ore 14:37:52 alle 18:37:52 del 19 Aprile 2007.

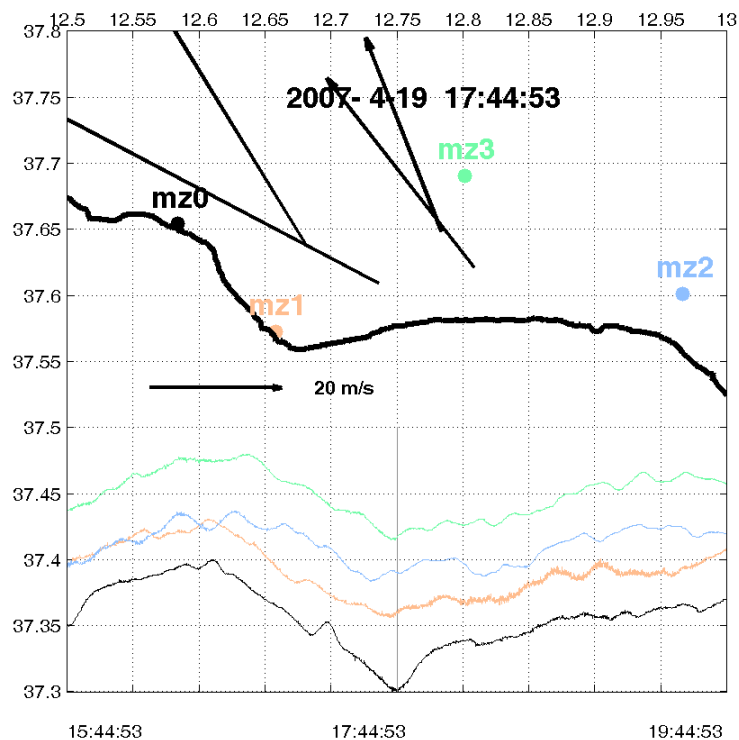


Figura 4: Pressione Atmosferica campionata (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) dalle ore 15:44:53 alle ore 19:44:53 del 19 Aprile 2007.

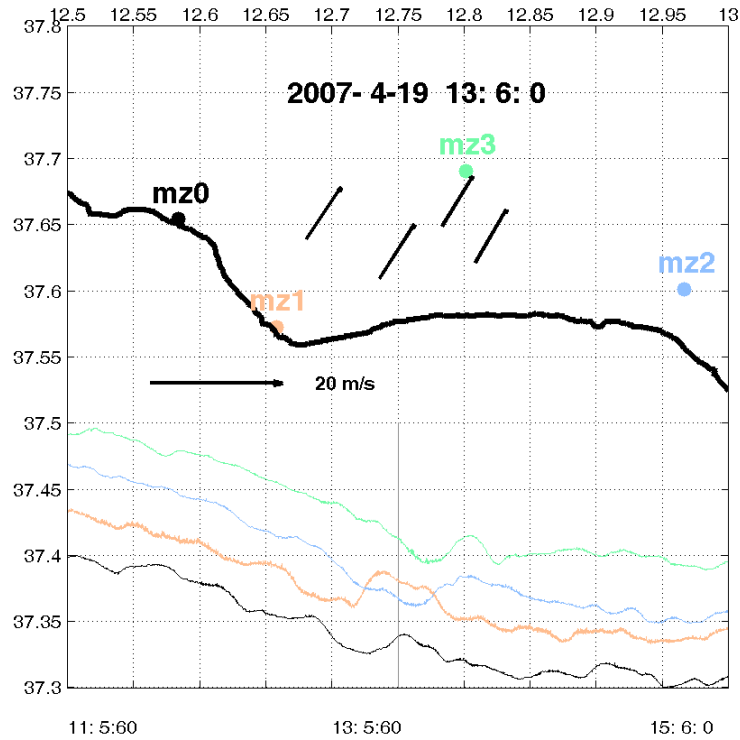


Figura 5: Pressione Atmosferica campionata (1Hz) in Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelveltrano (MZ3) tra le 11:05:00 e le 15:06:00 del 19 Aprile 2007.

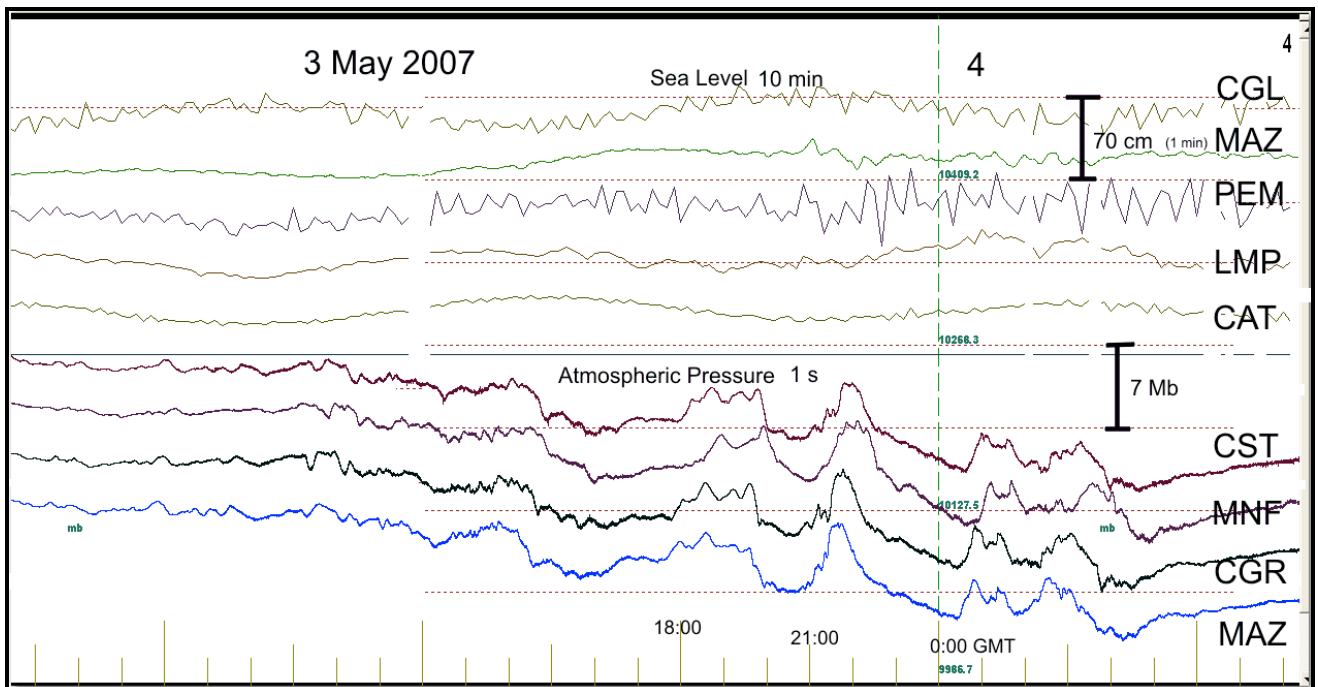


Figura 6: Livello del mare in alcuni siti del Mediterraneo e pressione atmosferica nei pressi di Mazara nel periodo 3 – 4 Maggio 2007.

Nella parte alta del grafico vengono riportati i valori di livello del mare a Catania (CAT), Lampedusa (LMP), Porto Empedocle (PEM), Mazara (MAZ) e Cagliari (CGL), mentre nella parte bassa del grafico vengono riportati I valori di pressione atmosferica a Mazara (MAZ), Capo Granitola (CGR), Menfi (MNF) e Castelvetro (CST).

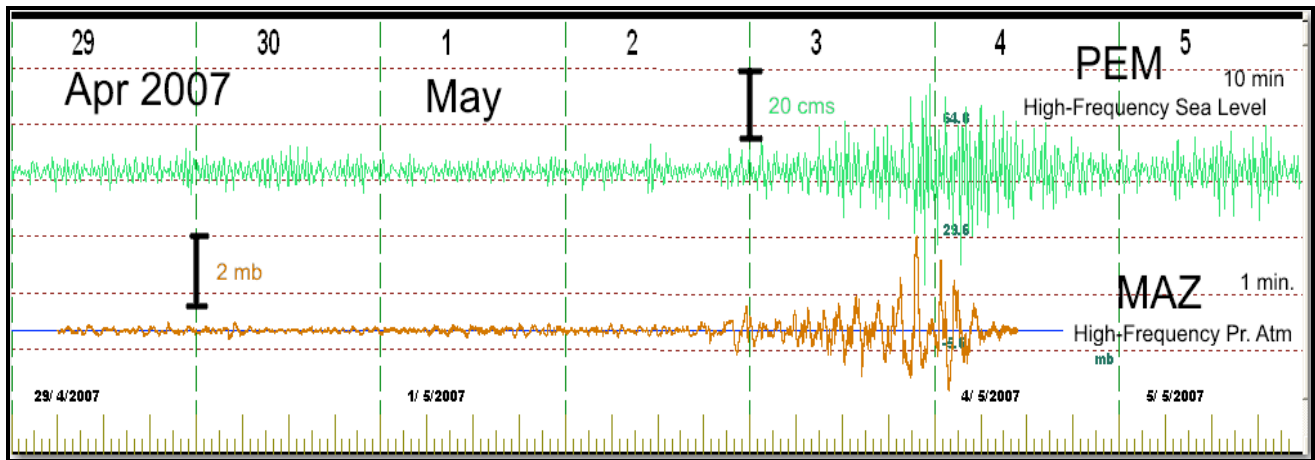


Figura 7: Livello del mare a Porto Empedocle (PEM) e Pressione Atmosferica a Mazara (MAZ).

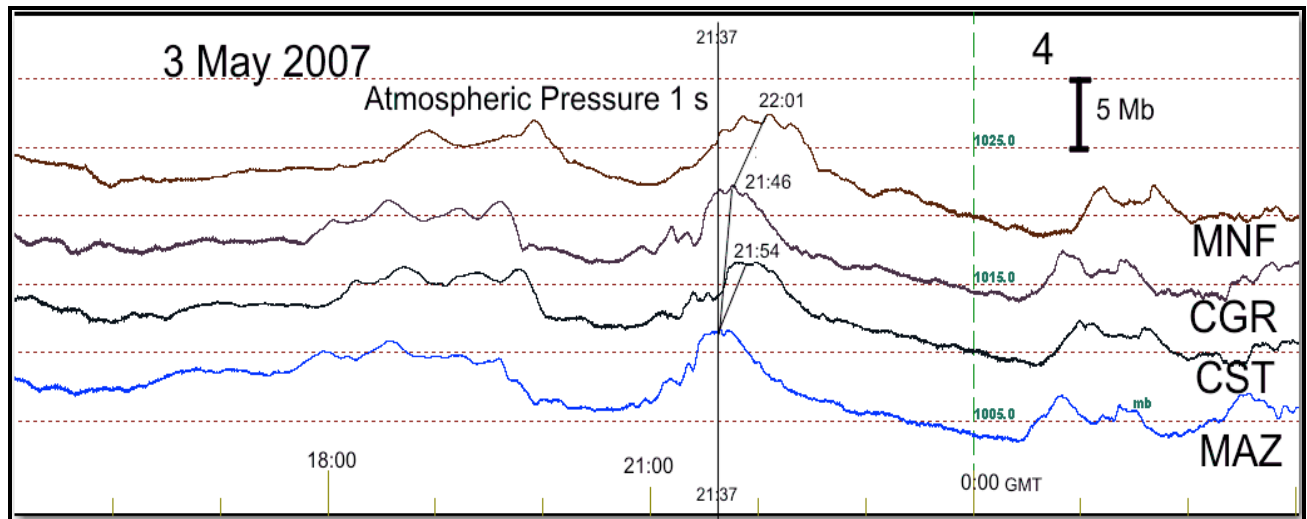


Figura 8: Pressione Atmosferica a Mazara (MAZ), Castelvetro (CST), Capo Granitola (CGR) e Menfi (MNF).

Il Massimo locale intorno alle 21:30 registrato a Mazara è collegato con il corrispondente massimo di Castelvetro e Capo Granitola, e Capo Granitola con Menfi.

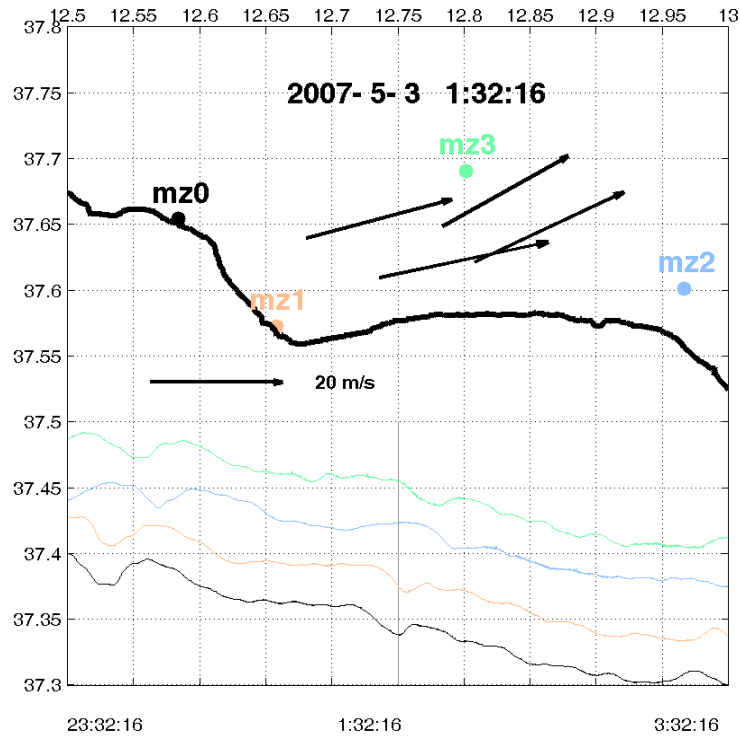


Figura 20: Pressione Atmosferica campionata a 1HZ in Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) nelle quattro ore a ridosso delle 01:32:16 del 3 Maggio 2007.

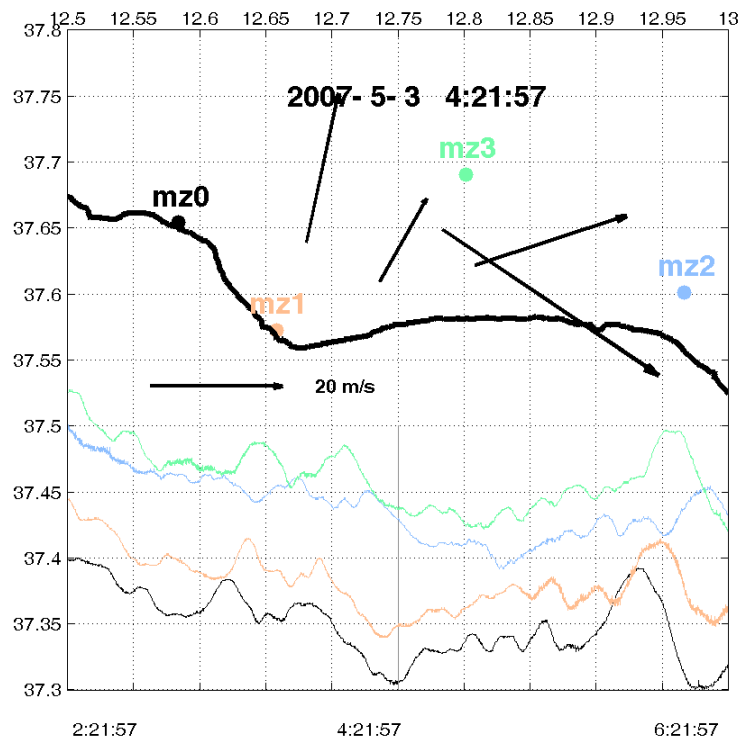


Figura 21: Pressione Atmosferica campionata ad 1HZ a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) nell'intervallo di quattro ore centrato alle 04:21:57 del 3 Maggio 2007.

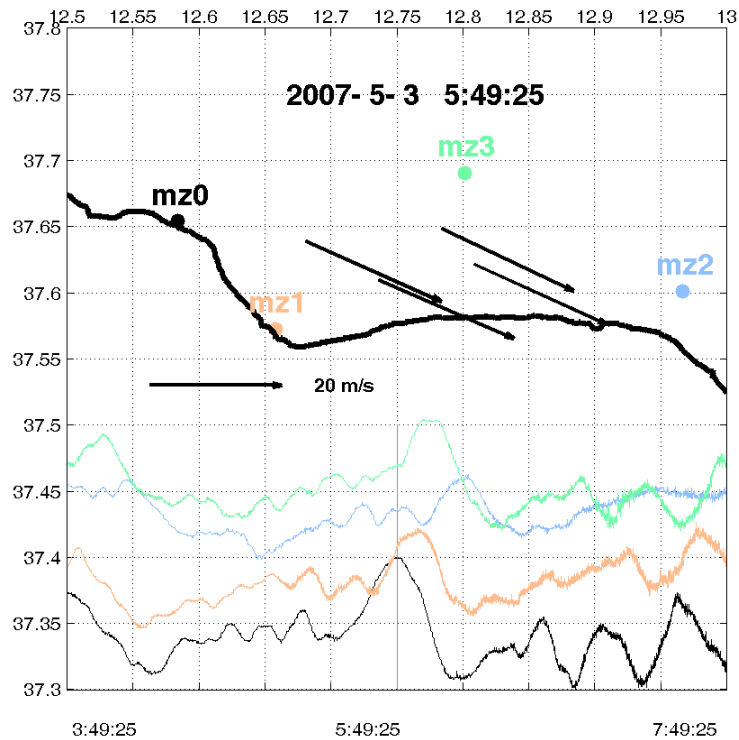


Figura 9: Pressione Atmosferica (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelveirano (MZ3) nell'intervallo centrato alle 05:49:25 del 3 Maggio 2007.

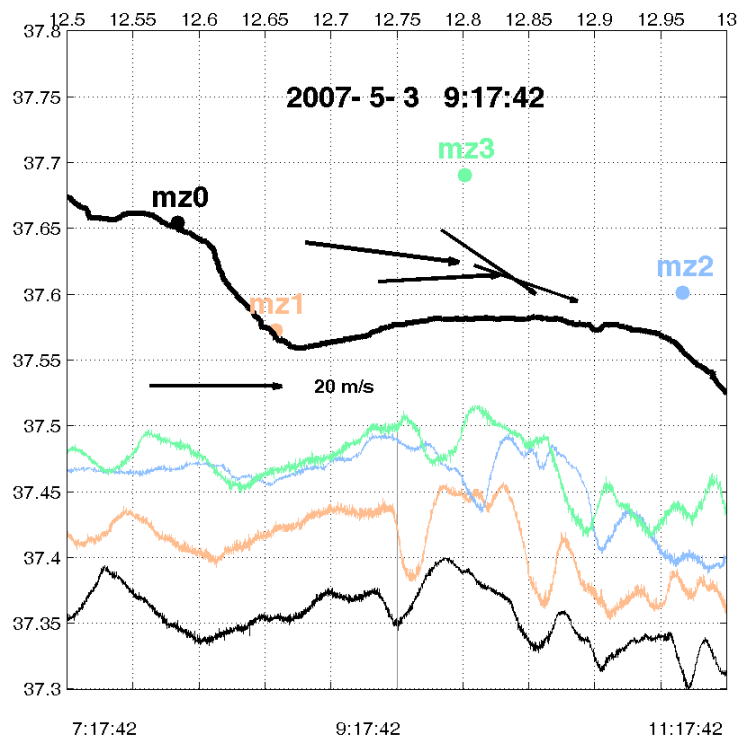


Figura 10: Pressione Atmosferica (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelveirano (MZ3) tra le 7:17:42 e le 11:17:42 del 3 Maggio 2007.

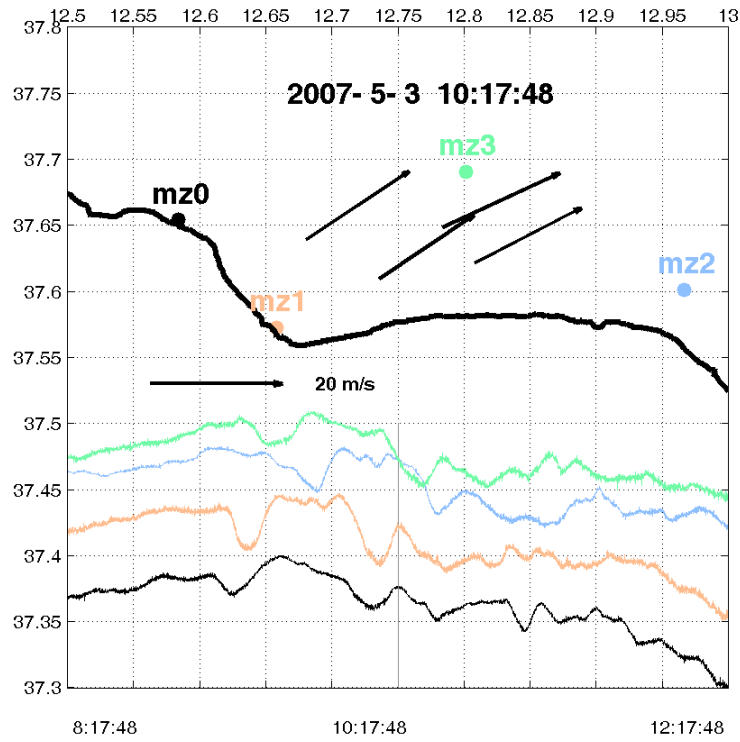


Figura 11: Pressione Atmosferica (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) tra le 8:18:48 e le 12:17:48 del 3 Maggio 2007.

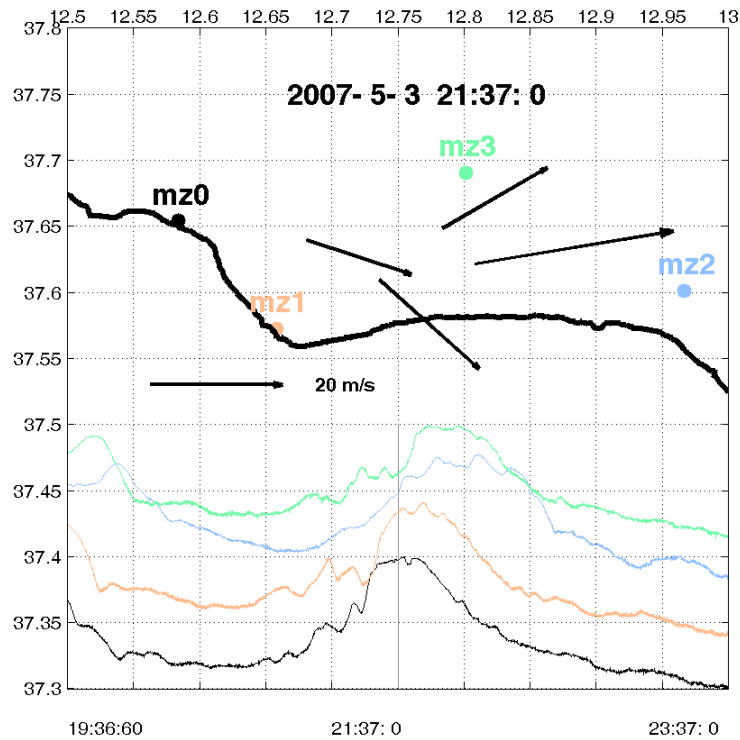


Figura 12: Pressione Atmosferica (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) tra le 19:36:00 e le 23:37:00 del 3 Maggio 2007.

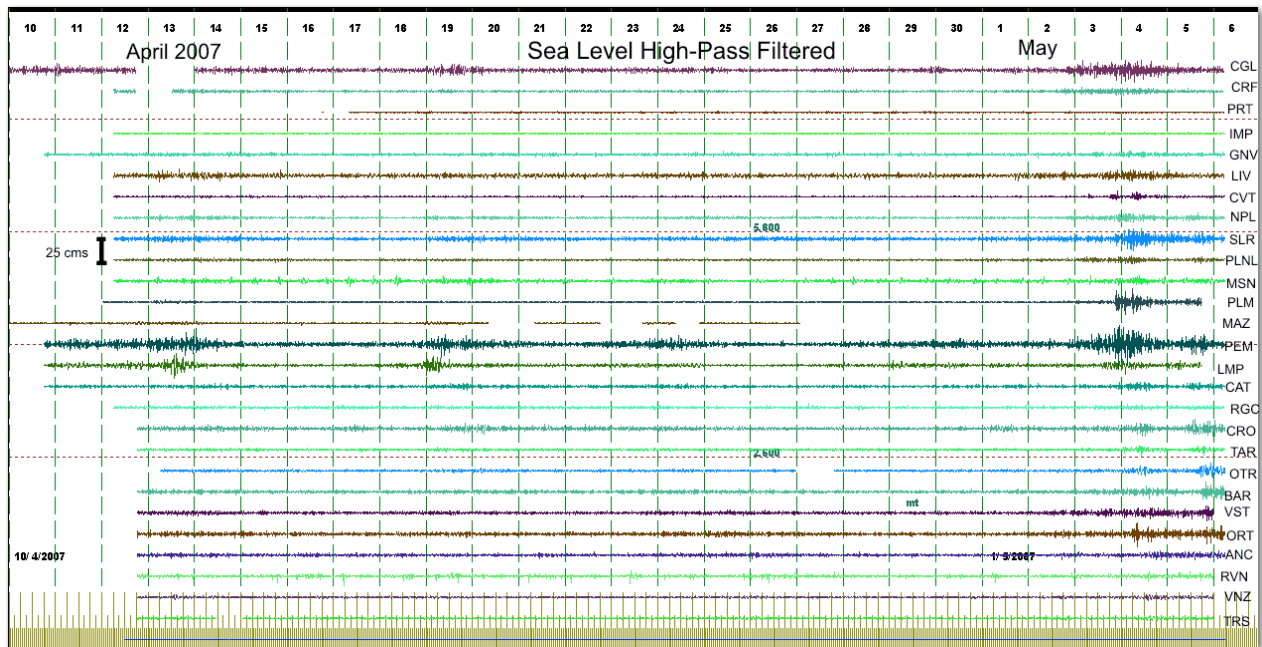


Figura 13: Grafici del livello del mare forniti dalla Rete Mareografica Nazionale.

I dati di livello del mare, forniti dalla Rete Mareografica Nazionale, sono filtrati ad alta frequenza. La grandezza delle oscillazioni evidenzia gli eventi di Marrubbio del 13 Aprile, 19 Aprile e 3 Maggio in regioni prossime a Mazara. Fino a questa data l'indicatore di livello di marea a Mazara (MAZ) ha filtrato le alte frequenze, mentre le stazioni di Catania (CAT), Lampedusa (LMP), Porto Empedocle (PEM) e Cagliari (CGL) hanno registrato chiaramente gli eventi.

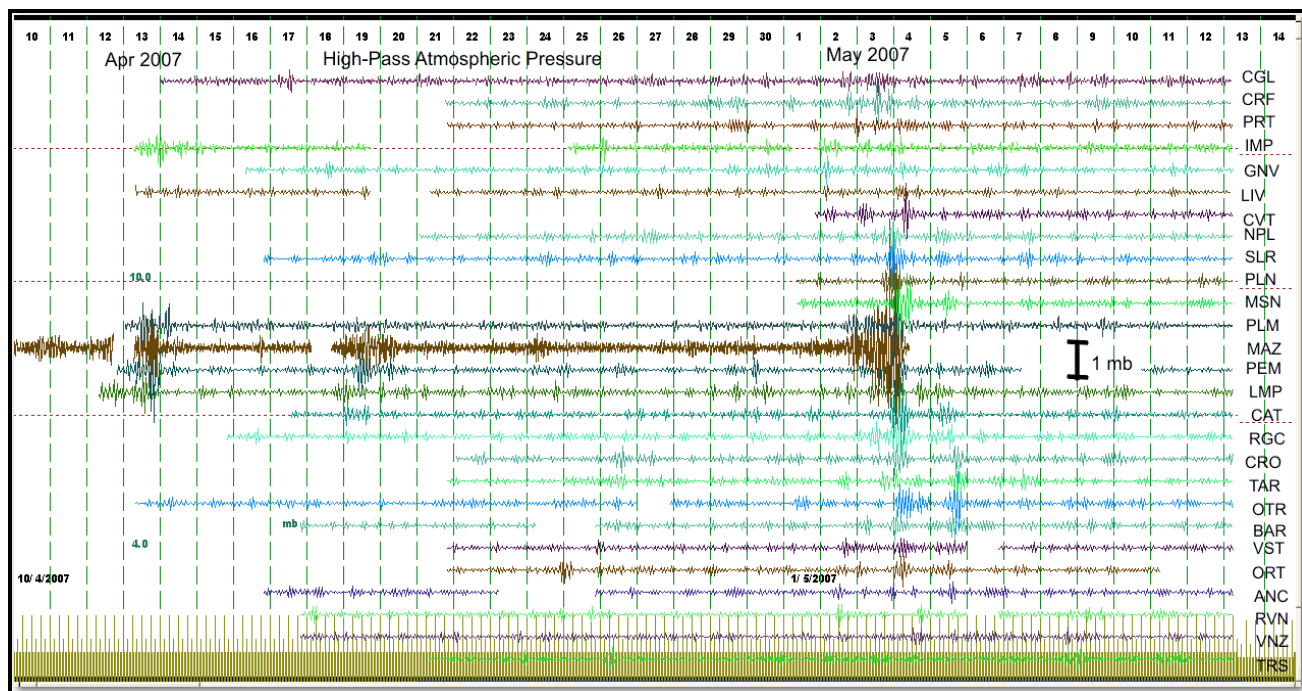


Figura 14: Pressione atmosferica ad alta frequenza prelevati dalla Rete Mareografica Nazionale e dalla stazione microbarografica di Mazara.

Nel grafico sono evidenti le fluttuazioni della Pressione atmosferica durante gli eventi di Marrubio del 13 Aprile, 19 Aprile e 3 Maggio 2007.

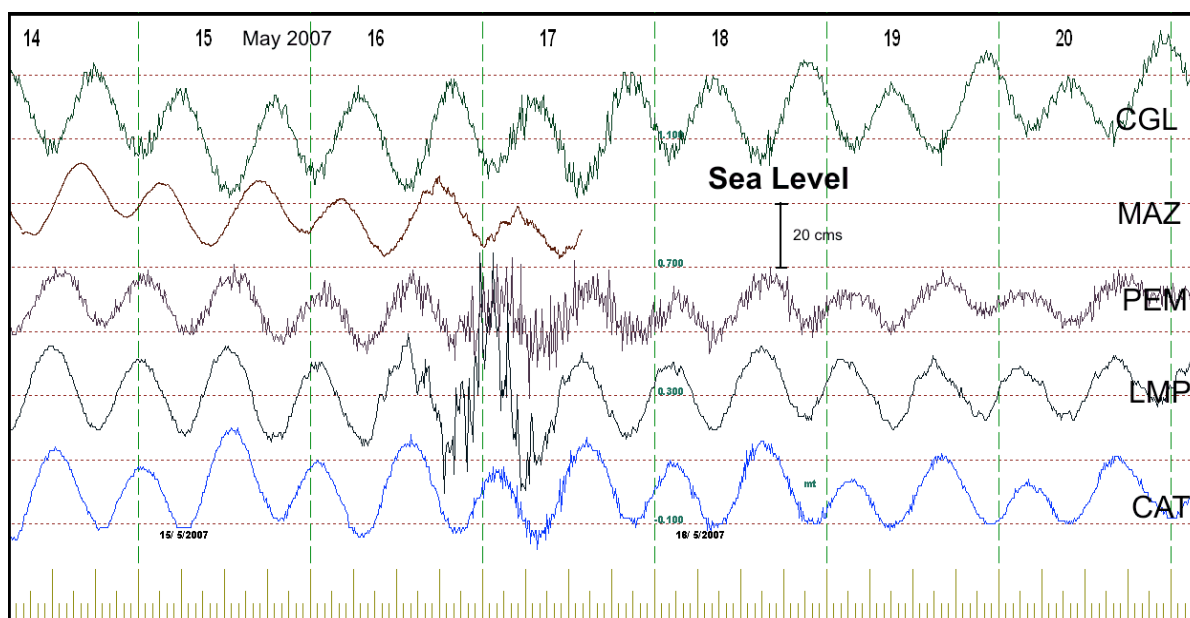


Figura 15: Livello del mare a Catania (CAT), Lampedusa (LMP), Porto Empedocle (PEM), Mazara (MAZ) e Cagliari (CGL).

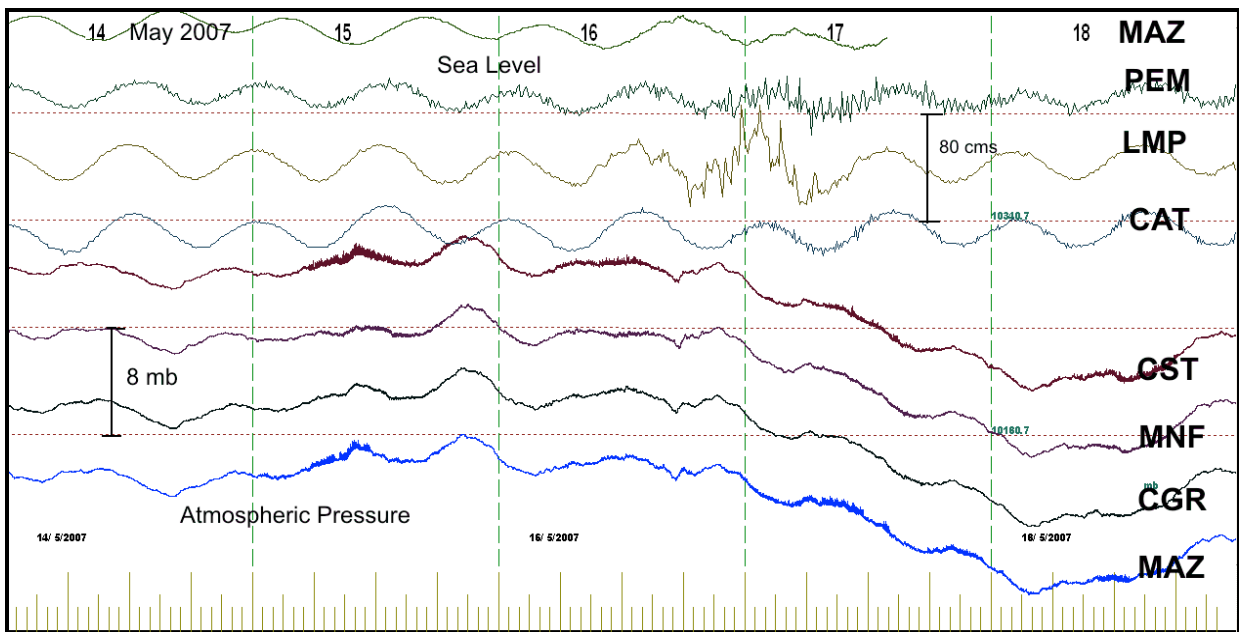


Figura 16: Livello del mare in alcuni siti del Mediterraneo e pressione atmosferica nei pressi di Mazara nel periodo del 14 -- 18 Maggio 2007.

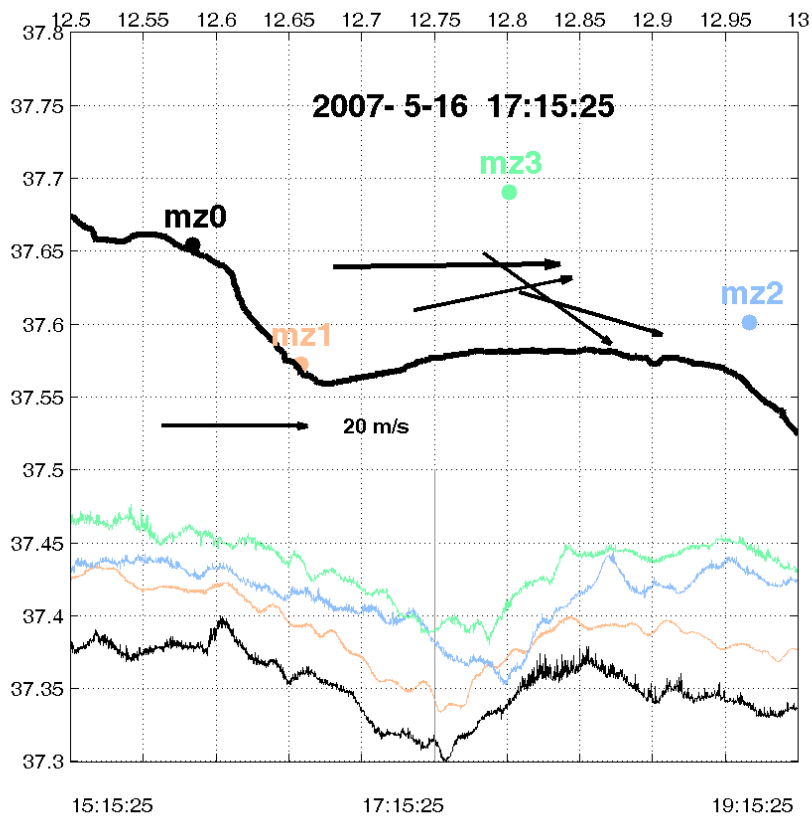


Figura 30: Pressione atmosferica campionata (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) tra le 15:15:25 e le 19:15:25 del 16 Maggio 2007.

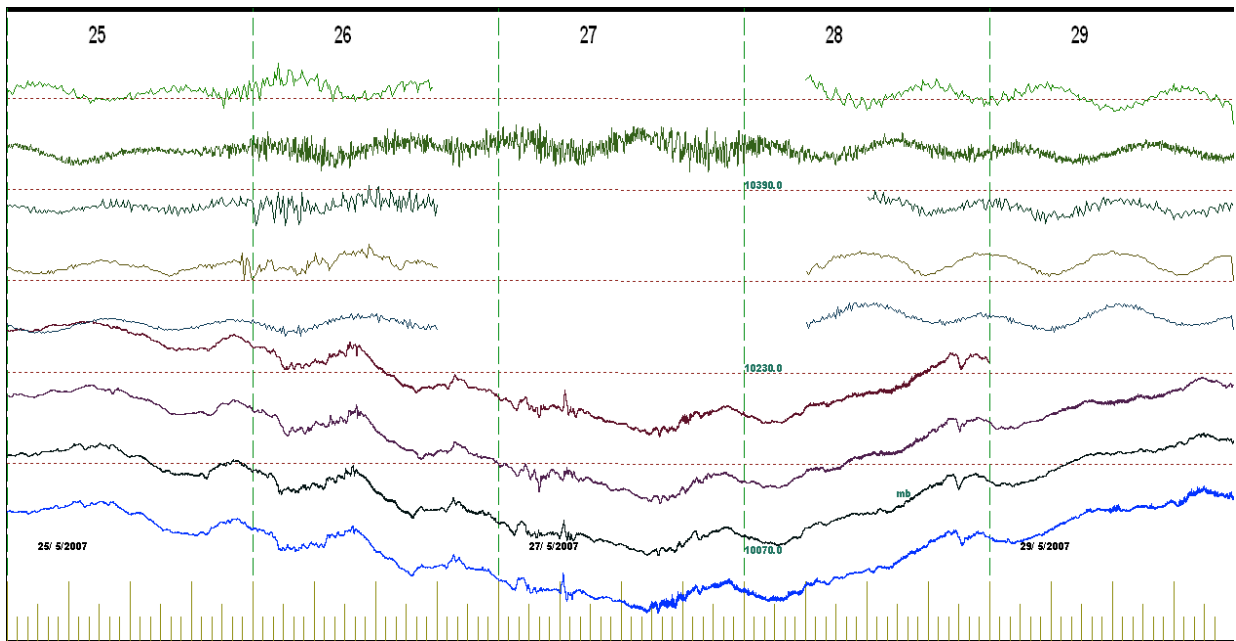


Figura 31: Livello del mare in alcuni siti del Mediterraneo e pressione atmosferica nei pressi di Mazara nel periodo 25 – 29 Maggio 2007.

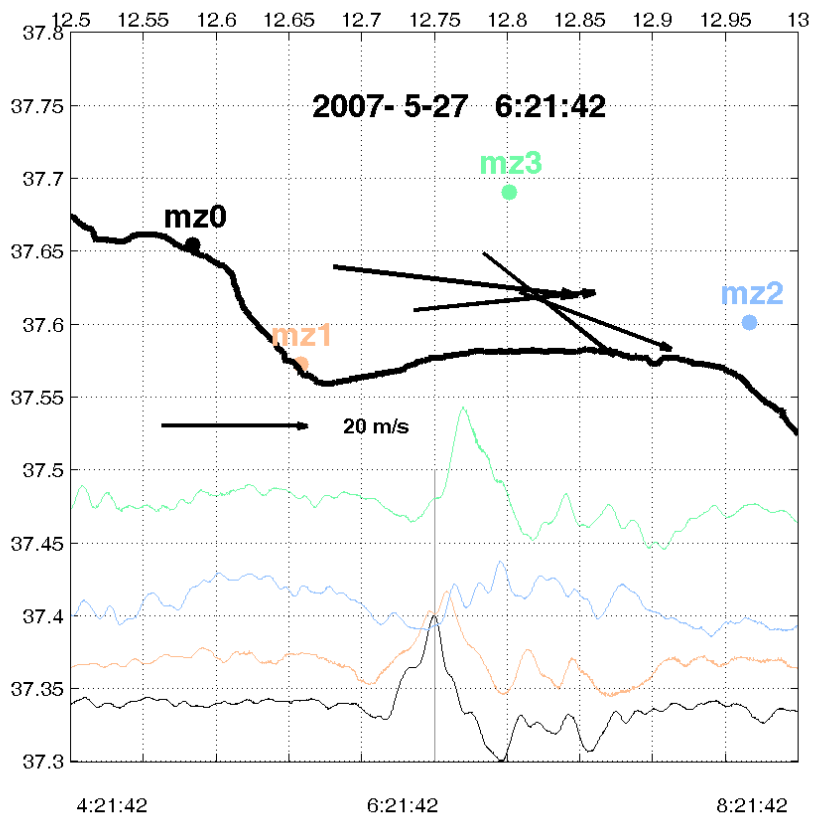


Figura 17: Pressione atmosferica campionata a 1Hz a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetro (MZ3) nel periodo tra le 4:21:42 e le 8:21:42 del 27 Maggio 2007.

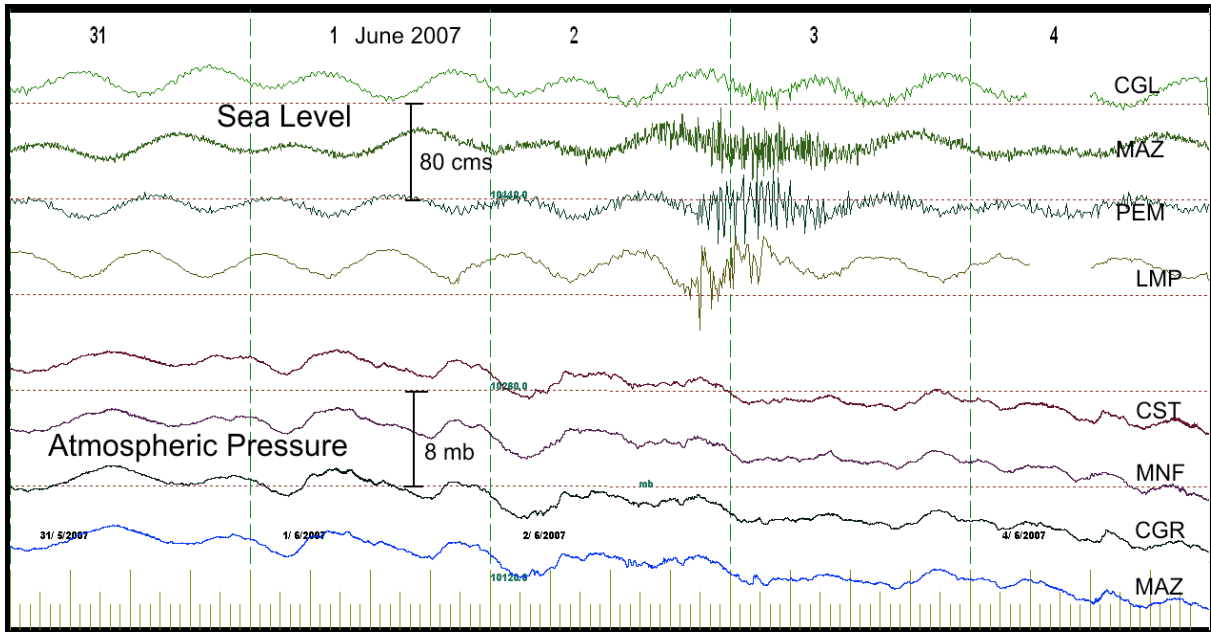


Figura 18: Livello del mare in alcuni siti del Mediterraneo e pressione atmosferica nei pressi di Mazara nel periodo 31 Maggio -- 4 Giugno 2007.



Figura 19: Pressione atmosferica (1 Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetro (MZ3) nel periodo 17:15:42 – 19:15:42 del 2 Giugno 2007.

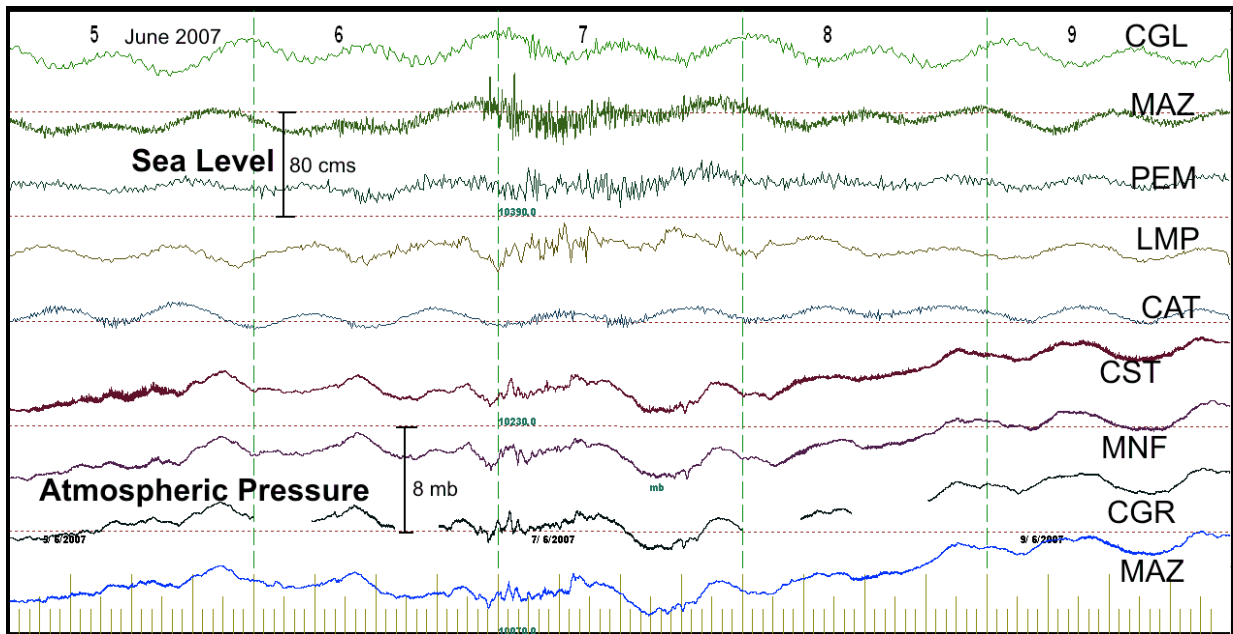


Figura 20: Livello del mare in alcuni siti del Mediterraneo e pressione atmosferica nei pressi di Mazara nel periodo 5 – 9 Giugno 2007.

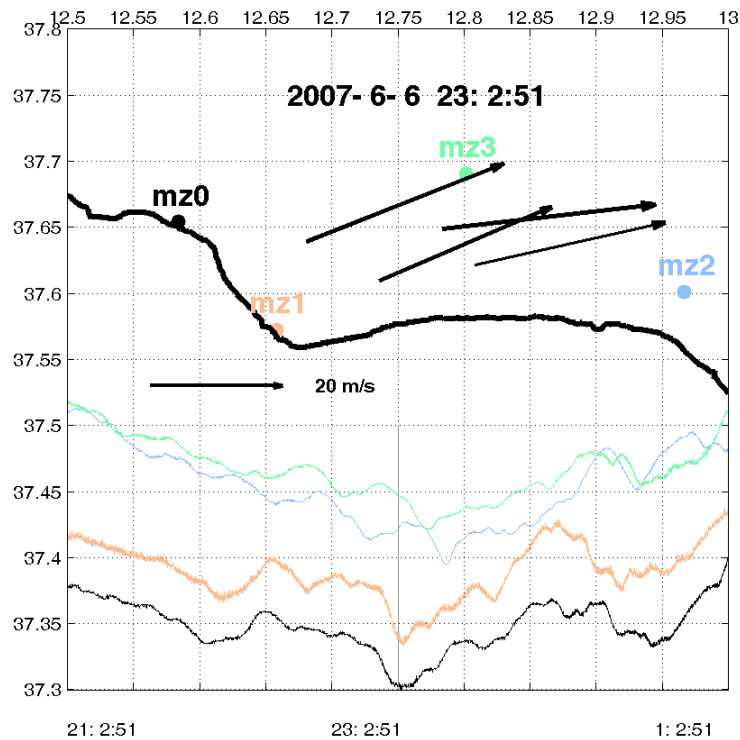


Figura 21: Pressione atmosferica campionata (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelveltrano (MZ3) tra le 21:02:51 e le 1:02:51 del 6 Giugno 2007.

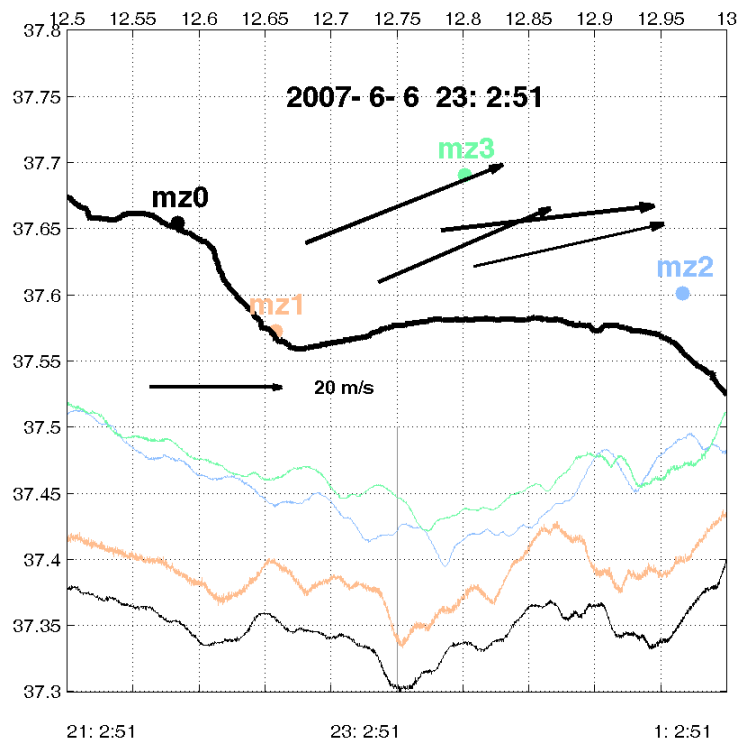


Figura 22: Pressione atmosferica campionata a 1Hz in Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelveltrano (MZ3) nel periodo 21:02:51 – 1:02:51 del 6 Giugno 2007.

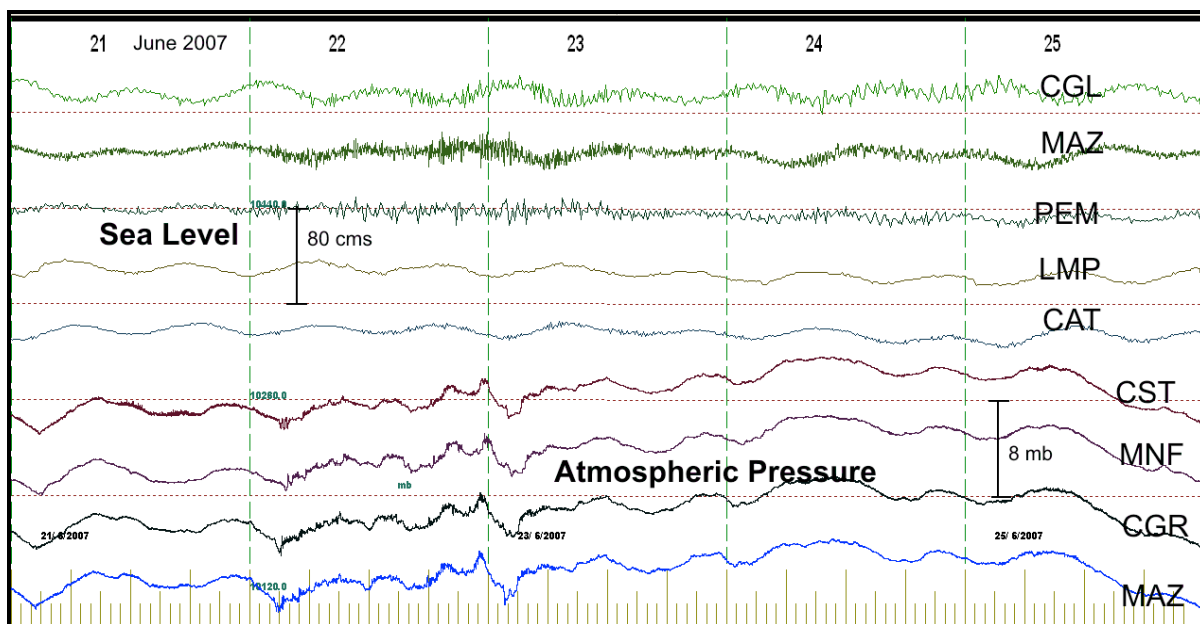


Figura 23: Livello del mare in alcuni siti del Mediterraneo e pressione atmosferica nei pressi di Mazara nel periodo 21 – 25 Giugno 2007.

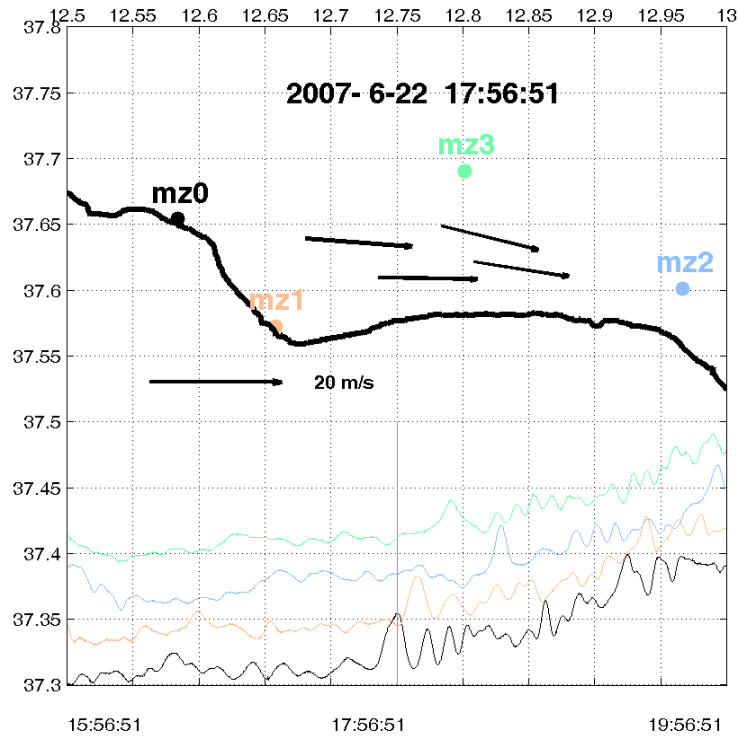


Figura 24: Pressione atmosferica campionata a 1Hz a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelveltrano (MZ3) tra le 15:56:51 e le 19:56:51 del 22 Giugno 2007.

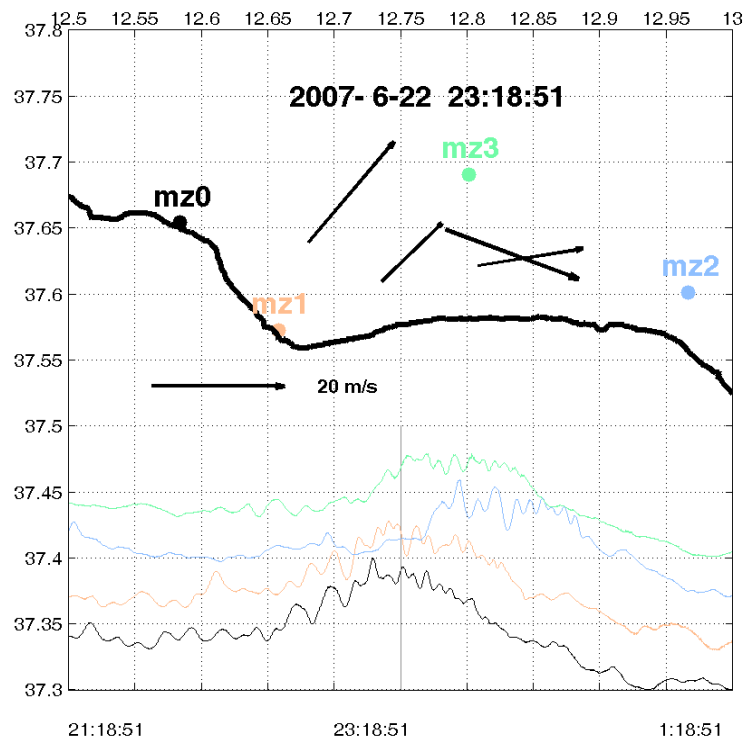


Figura 40: Pressione atmosferica (1Hz) in Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelveltrano (MZ3) tra le 21:18:51 e l' 1:18:51 del 22 Giugno 2007.

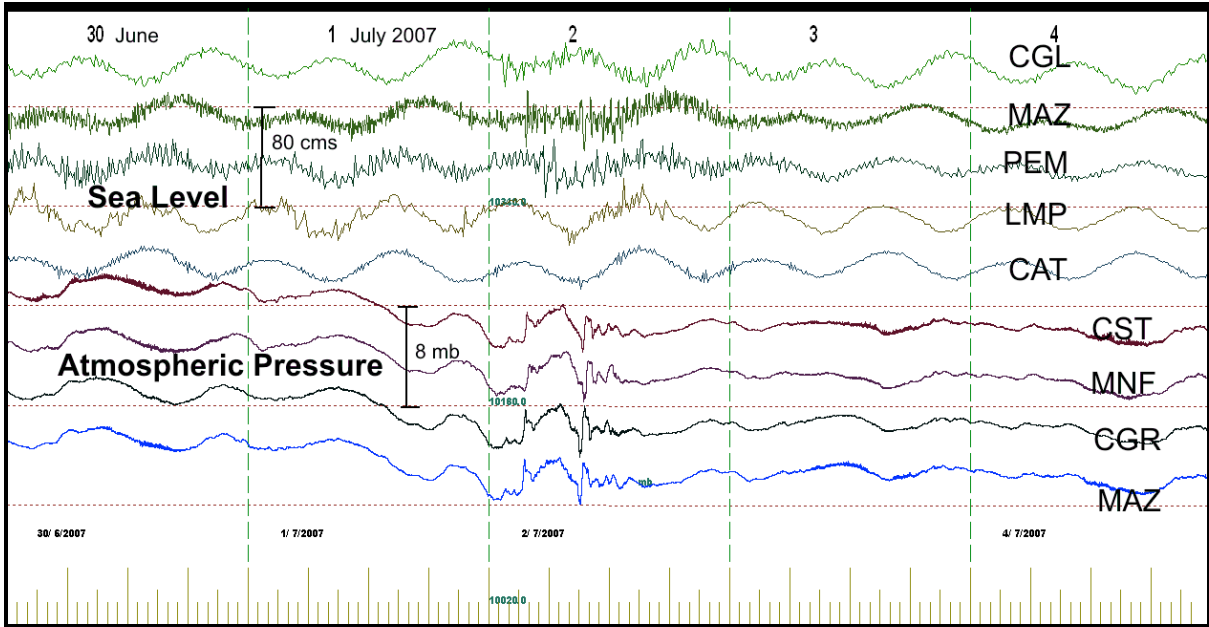


Figura 41: Livello del mare in alcuni siti del Mediterraneo e pressione atmosferica nei pressi di Mazara nel periodo 30 Giugno – 4 Luglio 2007.

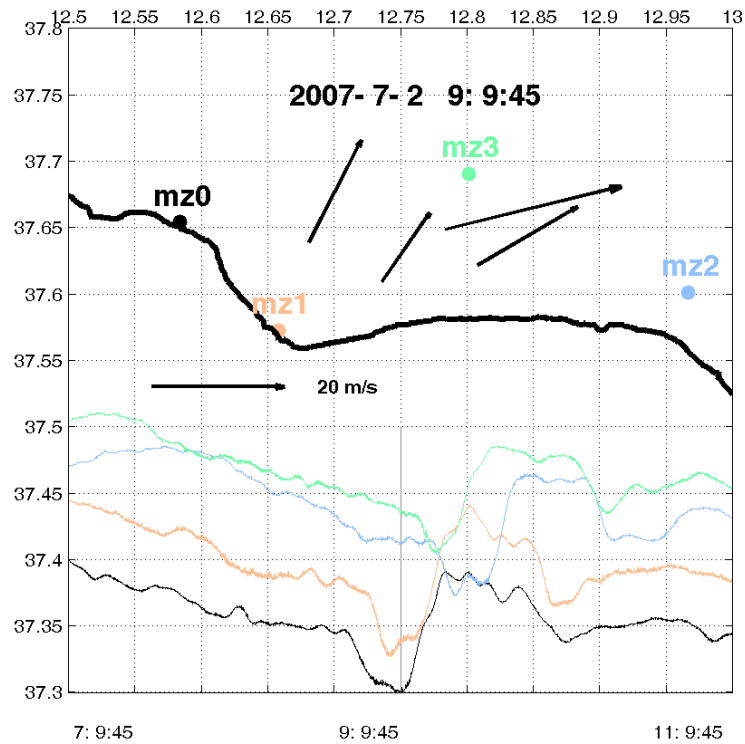


Figura 25: Pressione atmosferica (1Hz) a Mazara (MZ0), Capo Granitola (MZ1), Menfi (MZ2) e Castelvetrano (MZ3) tra le 7:09:45 e le 11:09:45 del 2 Luglio 2007.

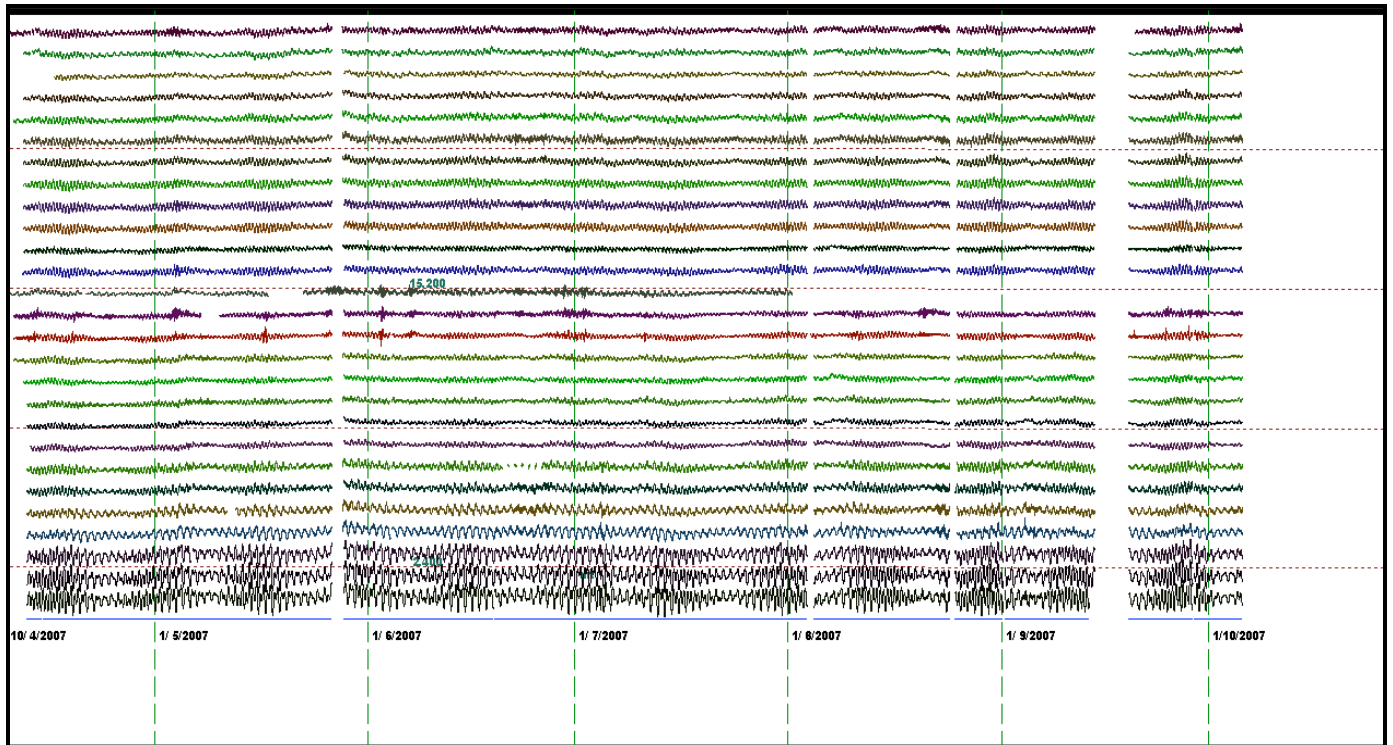


Figura 26: Livello del mare rilevato dalla Rete Mareografica Nazionale (RMN) e le stazioni di Mazara del Vallo e Capo Granitola nel periodo che va dal 16 Aprile al 5 Ottobre 2007.

TRS	Trieste
VNZ	Venezia
RAV	Ravenna
ANC	Ancona
ORT	Ortona
VST	Vieste
BAR	Bari
OTR	Otranto
TAR	Taranto
CRT	Crotone
RGC	Reggio Calabria
CAT	Catania
LMP	Lampedusa
PEM	Porto Empedocle
MNF	Menfi
CGR	Capo Granitola
CST	Castelvetrano
MAZ	Mazara
CGL	Cagliari
PLM	Palermo
MSN	Messina
PLN	Palinuro
SLR	Salerno
NPL	Napoli
CVT	Civitavecchia
LIV	Livorno
GNV	Genova
IMP	Imperia
PRT	Porto Torres
CRF	Carloforte

Tabella 3: Abbreviazione delle stazioni.

Conclusioni

Gli eventi recenti di Marrobbio investigati con il sistema implementato e prima descritto non hanno presentato per fortuna degli abitanti di Mazara del Vallo, ma per nostra sfortuna, una grossa intensità. L'analisi dei dati acquisiti ha permesso di accertare che il verificarsi dei fenomeni di Marrobbio è associato a "rapidi" salti di pressione atmosferica.

In base alla simulazione elaborata e pubblicata nel 1999, sembra che non vi siano stati fenomeni "robusti" di "Marrobbio" perché i fronti di pressione hanno avuto nel periodo di monitoraggio una componente predominante di propagazione nella Direzione ovest – est (piuttosto che sud – nord, o attraverso lo Stretto di Sicilia).

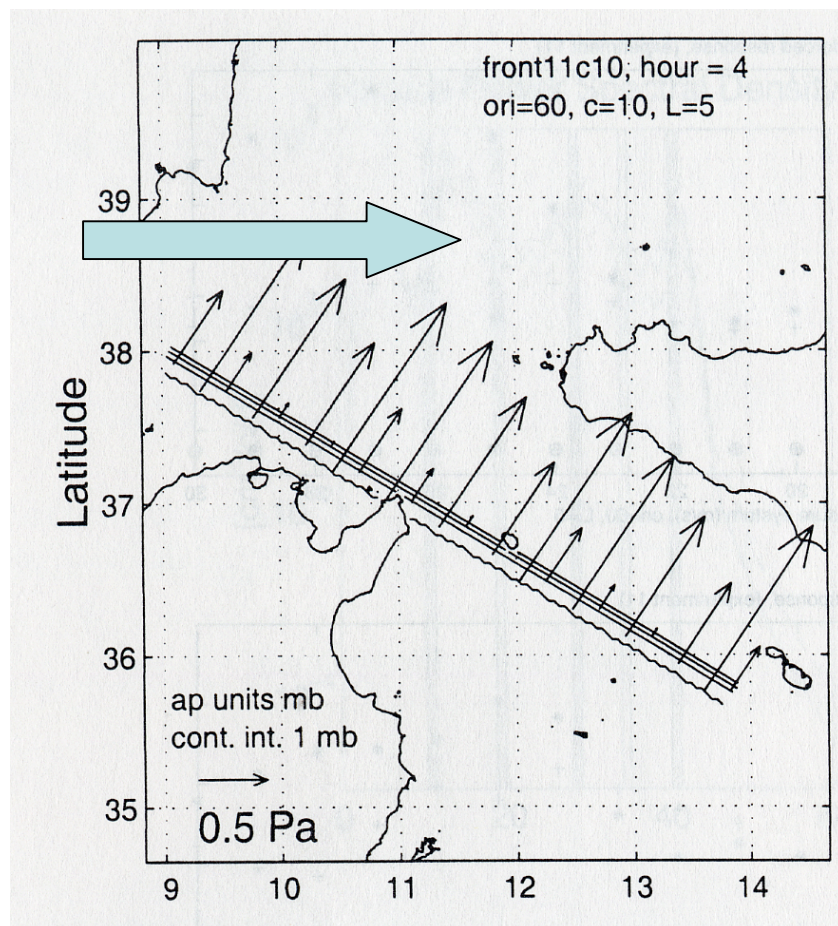


Figura 1: Simulazione di fronte di pressione, elaborata nel 1999

In più, i fronti di pressione si sono spostati con velocità inferiore a quella che il modello aveva previsto quale necessaria per causare un fenomeno evidente di Marrubbio (27 m/s). Infatti gli episodi registrati avevano velocità minori o uguali a 20 m/s.

Il sistema di monitoraggio realizzato grazie al progetto “Marrobbio” ha permesso di individuare la correlazione tra eventi di Marrobbio e passaggio di fronti di pressione, nonostante siano stati registrati pochi eventi. Si prevede di proseguire l’acquisizione dati anche dopo la chiusura del progetto proprio per raccogliere quanti più dati possibili utili ad aumentare la statistica degli eventi di Marrobbio.

Nel prossimo futuro una delle stazioni di monitoraggio della pressione atmosferica dovrà essere spostata a Lampedusa o Pantelleria proprio per implementare un sistema operativo affidabile di previsione dei fenomeni di Marrobbio.

L’analisi dei dati raccolti ha evidenziato che le oscillazioni repentine del livello del mare sono state registrate quasi simultaneamente al passaggio dei fronti di pressione. Lo spostamento di una stazione di registrazione della pressione atmosferica potrà permettere di prevedere con un anticipo di circa un’ora il verificarsi del fenomeno di Marrobbio.

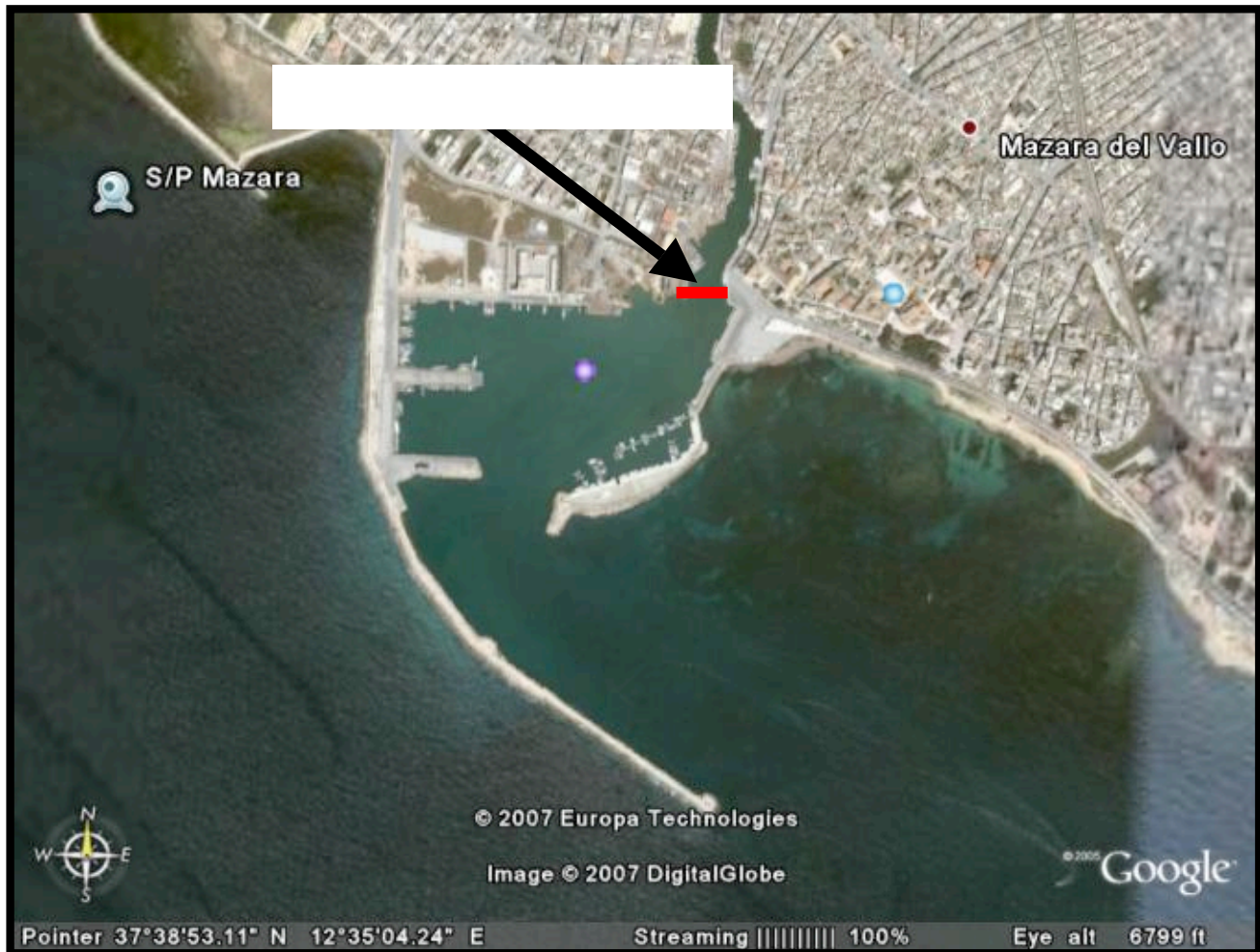
Barriera mobile (153 m)



In queste due ultime immagini viene proposta una possibile soluzione del problema.

Barriera mobile (96 m)

La realizzazione di una barriera mobile potrebbe evitare che le oscillazioni di Marrobbio possano interessare l'intero porto canale.



In tal modo non vi sarebbe alcun bisogno di far spostare le imbarcazioni ormeggiate all'interno del porto-canale.