

L'Osservatorio Geofisico di Lipari ed  
i 40 anni della Rete Sismica  
Permanente del Tirreno meridionale

# Quaderni di Geofisica



81



# Quaderni di Geofisica

## **Direttore**

Enzo Boschi

## **Editorial Board**

Raffaele Azzaro (CT)

Sara Barsotti (PI)

Mario Castellano (NA)

Viviana Castelli (BO)

Rosa Anna Corsaro (CT)

Luigi Cucci (RM1)

Mauro Di Vito (NA)

Marcello Liotta (PA)

Simona Masina (BO)

Mario Mattia (CT)

Nicola Pagliuca (RM1)

Umberto Sciacca (RM1)

Salvatore Stramondo (CNT)

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (RM1)

Aldo Winkler (RM2)

Gaetano Zonno (MI)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - coordinatore

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

Rossella Celi

Tel. +39 06 51860055

Fax +39 06 36915617

[redazionecen@ingv.it](mailto:redazionecen@ingv.it)

# **L'Osservatorio Geofisico di Lipari ed i 40 anni della Rete Sismica Permanente del Tirreno meridionale**

## **The Geophysical Observatory of Lipari and 40 years of the Permanent Seismic Network of Southern Tyrrhenian**

Sergio Di Prima, Marco Manni, Mario Marturano,  
Domenico Patanè, Alfio Pellegrino

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Catania)

# L'Osservatorio Geofisico di Lipari ed i 40 anni della Rete Sismica Permanente del Tirreno meridionale

**N**el 1966 l'Istituto Internazionale di Vulcanologia (I.I.V.), diede il via all'ambizioso progetto di realizzare una rete sismica nel Tirreno meridionale, area di straordinario interesse geofisico fino ad allora sismometricamente non coperta.

A quel tempo, nel resto della penisola italiana erano dislocate singole stazioni sismiche, all'interno di università, enti pubblici e privati e presso i numerosi osservatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica (fondato nel 1936 da Antonino Lo Surdo, l'ente divenne autonomo dal Consiglio Nazionale delle Ricerche nel 1945) dove erano ancora in uso sismografi meccanici, dotati di pesanti e voluminose masse, da 80 a 1300Kg.

Alle Eolie vennero invece impiegati da subito sismometri elettromagnetici.

La rete sperimentale, progettata nei laboratori Willmore di Edimburgo e collaudata alle Eolie per un biennio, rappresentò il punto di partenza della Rete Sismica Permanente (RSP) del Basso Tirreno.

Dopo l'esperienza del Laboratorio Internazionale per le Ricerche Vulcanologiche - Consiglio Nazionale delle Ricerche (L.I.R.V.-C.N.R.), facente capo all'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania, fu nel '69 che fu posto in essere in forma autonoma l'Istituto Internazionale di Vulcanologia (I.I.V.-C.N.R.) di Catania, cui l'osservatorio di Lipari afferì.

Nel corso degli anni settanta ogni isola dell'arcipelago eoliano, venne dotata almeno di una stazione sismica e cominciarono a diffondersi i sistemi a 3 sensori (triassiali).

Negli anni ottanta, naque il progetto "Sismologia Eolie", teso ad un ulteriore sviluppo ed ammodernamento della rete sismica.

Con il largo impiego della registrazione su nastro magnetico, i dati strumentali immagazzinati in apposite bobine, poterono essere più comodamente trasportati per la loro analisi, verso la sede principale di Catania, dove vennero istituite le Unità di Ricerca, allo scopo di favorire una maggiore interazione tra personale tecnico e gruppi di ricerca. L'indagine geofisica strumentale, si estese progressivamente ed in forma permanente, alla Sicilia Orientale ed in particolare intorno all'Etna.

Dagli anni novanta era attiva la Sala Operativa di Catania, operante 24 ore su 24, garantendo la sorveglianza sismica della Sicilia Orientale oltre che del Basso Tirreno e vulcanica dell'Etna, dello Stromboli e di Vulcano.

L'Osservatorio Geofisico di Lipari e la sede principale dell'Istituto di Catania, nel 2001 entrarono a far parte del nuovo Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e la rete delle isole Eolie divenne parte integrante della Rete Sismica Permanente (RSP) della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale.

Particolare risalto verrà offerto nel corso di questa ricostruzione storica, all'evoluzione della sismologia strumentale, che grazie al suo quarantennale e costante contributo, indispensabile alla comprensione dei processi sismogenetici dell'area, rappresenta ancora oggi la vocazione primaria dell'Osservatorio Geofisico di Lipari, al quale va riconosciuto un rilevante ruolo scientifico ma anche sociale, in una crescente interazione tra Ricerca e Protezione Civile.

*In 1966, the Istituto Internazionale di Vulcanologia (I.I.V.), gave the go ahead to the ambitious project of setting up a seismic network in the southern Tyrrhenian Sea, an area of extraordinary geophysical interest, which until then was not covered by seismic monitoring.*

*At the time, there were single seismic stations on the rest of the Italian peninsula.*

*These were inside universities, public and private bodies and at the numerous observatories of the Istituto Nazionale di Geofisica (founded in 1936 by Antonino Lo Surdo and becoming independent of the Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R., in 1945) and still used mechanical seismographs, with masses weighing from 80 up to 1300 Kg.*

*On the Aeolian Islands instead, electromagnetic seismometers were employed from the start.*

*The experimental network, planned in the Willmore laboratories at Edinburgh and tested in the Aeolian Islands over a two-year period, represented the starting point for the Permanent Seismic Network (PSN) of the Southern Tyrrhenian.*

*After the experience of the Laboratorio Internazionale per le Ricerche Vulcanologiche (L.I.R.V. - C.N.R.), of the Istituto di Vulcanologia of the University of Catania, the independent I.I.V. - C.N.R., together with the observatory, was launched in 1969. In the course of the seventies, every island of the Aeolian archipelago, was equipped with at least a seismic station and the 3 sensor systems (triaxial systems) began to become widely used.*

*In the eighties, the “Sismologia Eolie” project was started, aimed at a further develop and update the seismic net.*

*With the wide use of magnetic tape recording, the instrumental data stored could be more readily transported on suitable drums to the main centre in Catania for analysis.*

*Here, Research Units were established in order to prepare the way for enhanced interaction between technical staff and research groups. The instrumental geophysical investigations, progressively extended and in a permanente form to Eastern Sicily and particular around Etna.*

*From the nineties, operations room in Catania was fully active, working 24/24, and ensuring the seismic and volcanic surveillance of Etna, Stromboli and Vulcano.*

*The Geophysical Observatory of Lipari and the main centre of the Institute in Catania, were merged in 2001 into the new Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) and the network of the Aeolian Islands became an integral part of the Permanent Seismic Network (PSN) of Eastern Sicily and Southern Calabria.*

*Special prominence will be given in the course of this historical reconstruction to the evolution of instrumental seismology, thanks to forty years of continuous input, indispensable for the understanding of the seismogenetic processes in the area, this still represents the chief undertaking of the geophysical observatory on Lipari, whose important scientific but also social role must be acknowledged in the growing interaction between research and civil protection.*

## Introduzione

In Italia, le prime realtà scientifiche in campo vulcanologico e sismologico, fecero il loro esordio nel corso dell’ottocento.

Già nel 1804, su iniziativa di Mario Gemmellaro, veniva costruito sull’Etna un rifugio a circa 3000m s.l.m., che rappresentò il primo osservatorio scientifico ad alta quota al mondo, per lo studio dei fenomeni vulcanici.

Orazio Silvestri nel 1887 ne proseguì l’opera, dando vita al Regio Osservatorio Vulcanologico Etneo, di cui ne assunse la direzione.

Ma il primo vero e proprio osservatorio vulcanologico d’Europa ad entrare in funzione, fu l’Osservatorio Vesuviano istituito nel 1841.

A metà 900, trovarono largo impiego i sismografi meccanici Wiechert (costruiti nelle officine dell’Istituto Nazionale di Geofisica), grazie alla loro efficacia nel tracciare con chiarezza, su carta affumicata gli scuotimenti del suolo.

Per quanto riguarda l’ambito siciliano e dello Stretto, terne di questi sismografi ING per le due componenti orizzontali e per quella verticale, vennero attivate presso le stazioni sismiche di Catania, di Palermo, negli osservatori di Reggio Calabria, di Messina e di Gibilmanna (in quest’ultimo erano attivi, anche alcuni sismometri a registrazione fonica).

Questo genere di strumentazione meccanica che registrava localmente, rimase in funzione fino ai primi anni ottanta, quando con la nuova Rete Sismica Nazionale Centralizzata



**Figura 1** L'Osservatorio Geofisico di Lipari visto da Nord.  
**Figure 1** The Geophysical Observatory of Lipari seen from the North.

ING, venne sostituita dai ben collaudati sismometri elettromagnetici *Teledyne Geotech S13*.

A Helsinki intanto nel 1960, durante la XII General Assembly dell'International Association Volcanology, lo scienziato svizzero Alfred Rittmann avanzò la proposta di istituire a Catania un nucleo di aggregazione scientifica internazionale; patrocinato dall’Unesco nasceva l’Istituto Internazionale di Vulcanologia (I.I.V.) che alla fine del decennio venne ospitato nella città etnea.

Su iniziativa di questo nuovo ente, nel '67 vennero installati alle Eolie, prototipi di strumentazione con elettronica allo stato solido, che impiegavano la modulazione di frequenza e la registrazione magnetica; la moderna strumentazione sismica, progettata in buona parte dall'International Seismological Center e fabbricata in Scozia (Edimburgo) nei Laboratori Willmore, consentì l'installazione della prima rete sismica dell'area.

Successivamente prese forma la Rete Sismometrica del Friuli Venezia Giulia (RSFVG) gestita dal "Centro di Ricerche Sismologiche", inaugurata il 6 maggio 1977, ad un anno dal devastante terremoto.

Solo nel 1982, venne istituita la Rete Sismica Nazionale Centralizzata, come risposta al terremoto dell'Irpinia che interessò l'Italia meridionale nel 1980; in Sicilia furono installate circa venti stazioni analogiche, impieganti sensori S13 (ampiamente in uso nelle reti dell'Osservatorio Vesuviano e successivamente di Lipari, già dagli anni settanta).

Col D. L. n.381 del 29/09/99 e di fatto dal 1/10/2001 l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, raggruppò a se gli enti italiani di ricerca e le strutture operanti nel campo geofisico, sismologico e vulcanologico; anche l'Osservatorio Geofisico di Lipari, gestito per un trentennio dall'I.I.V. - C.N.R. di Catania, ne prese parte.

Scopo di questa trattazione, non è entrare nello specifico delle diverse discipline scientifiche, che oggi operano in un contesto di così eccezionale interesse geofisico; approfondiremo piuttosto, attraverso una ricostruzione tecnico-storica, gli aspetti connessi all'evoluzione delle tecnologie elettroniche dedicate alla sismologia, impiegate all'Osservatorio di Lipari ormai da più di quarant'anni.

In questa ricostruzione saranno anche evidenziate le esigenze di carattere puramente scientifico ma anche sociale, che hanno motivato l'istituzione alle Eolie di un osservatorio.

È nel 1967 che nasce l'Osservatorio Geofisico di Lipari; dalla sua posizione strategica, è possibile apprezzare e prendere coscienza della singolarità naturalistica di questi luoghi, culla e laboratorio a cielo aperto della ricerca geofisica.

Il concetto di osservazione, scaturisce alle Eolie dalla spettacolare natura vulcanica, che si manifesta intensamente in tutte le sue forme ed in tutti i suoi elementi, in un costante intreccio con la storia antropica, da quasi 7000 mila anni.

L'Osservatorio Geofisico di Lipari, parte integrante di questo contesto, rappresenta la storia della moderna indagine sismica e vulcanica nel Basso Tirreno, caratterizzata dall'impiego di tecnologie sempre all'avanguardia, quanto dal costante impegno di chi stabilmente vi ha operato e di chi vi opera.

Non possiamo esimerci dal ricordare quanti alla fine degli anni sessanta hanno sentito fortemente l'esigenza di istituire alle Eolie codesta realtà scientifica, quanti hanno materialmente lavorato al suo avvio e ancora quanti nel corso di questi 40 anni, con impegno quotidiano l'hanno direttamente gestita, supportati da un'ampia organizzazione, di cui l'os-

servatorio di Lipari è parte integrante.

E di tutta l'organizzazione scientifica che sta a capo, è doveroso sottolinearne l'impegno, soprattutto di coloro che pur non operando ordinariamente in loco, hanno contribuito e contribuiscono nelle importanti fasi che caratterizzano la produzione del dato scientifico, dalla sua rilevazione fino alla successiva analisi presso la sede dell'istituto a Catania, a scopo di ricerca e di sorveglianza.

Oggi la telematica, l'informatizzazione, consentono e facilitano la gestione del complesso sistema, che attinge informazioni fisiche multiparametriche, praticamente da ogni isola dell'arcipelago e più in generale dal Tirreno meridionale, concentrandole all'Osservatorio, dove i dati vengono acquisiti in continuo e trasferimenti automaticamente in tempo reale, alla sede INGV di Catania dove è attiva h 24, ormai da oltre vent'anni, un'apposita sala operativa.

## 1. Evoluzione della rete sismica del Basso Tirreno

### 1.1 Le prime stazioni sismiche

L'origine delle osservazioni strumentali nel Basso Tirreno e lungo lo Stretto di Messina, risalgono alla fine dell'ottocento. I primi strumenti di rilevazione sismica impiegati nell'area, furono attivati nel 1887 presso l'Istituto Nautico di Messina; nel 1894 un sismografo *Agamennone* fu installato presso l'Osservatorio Geofisico e Meteorologico di Reggio Calabria, fondato quasi 20 anni prima.

Nel 1902 veniva inaugurata a Messina la nuova sede dell'Osservatorio Meteorologico e Geodinamico, che si occupò espressamente dello studio dei fenomeni sismici, divenendo da lì a poco Istituto di Fisica Terrestre e di Meteorologia dell'Università, la cui gestione fu affidata al titolare della cattedra di Fisica Terrestre.

Il terremoto del 28 dicembre 1908 determinò il crollo di un'intera ala di tale struttura, danneggiando irreparabilmente larga parte della strumentazione, mentre venne interamente distrutto l'Osservatorio reggino, che fu possibile riedificare soltanto mezzo secolo dopo.

Un primo tentativo di creare una rete sismica, venne avanzato subito dopo l'evento catastrofico dalla Commissione Reale, con un progetto che prevedeva l'installazione di stazioni sismiche secondarie, funzionanti sotto la gestione dell'Osservatorio di Messina.

Venne proposto anche un collegamento telegrafico tra quest'ultimo e le stazioni di Reggio Calabria e di Catania, per l'attivazione di un servizio di "triangolazione sismica", ritenuto indispensabile per lo studio della velocità di propagazione delle onde sismiche e per la localizzazione ipocentrale; il tutto rimase però inattuato.

Per quanto riguarda le Eolie, i primi sismoscopi furono affidati nel 1889 al sig. Renda, ufficiale postale presso la sede di

Stromboli, che li collocò presso l'ufficio ove prestava giornalmente servizio, al fine di indagare quotidianamente sull'attività del vulcano [Paino, 1978].

Nel 1905, Platania in occasione dei suoi studi sul precedente terremoto calabrese, constatava che in Sicilia tutte le stazioni sismiche minori, necessitavano di essere sostituite con sistemi più moderni, ma non troppo sofisticati, utili per le registrazioni locali [Platania, 1908].

I terremoti dello Stretto di Messina di inizio secolo, l'individuazione di un probabile slab litosferico di subduzione intuito per la prima volta da Martinelli sotto Ustica, indussero Peterschmitt, già dagli anni 50 a dedicarsi più accuratamente dell'indagine sismologica strumentale nel Basso Tirreno [Peterschmitt 1956; Peterschmitt e Tazieff, 1962].

I suoi studi appurarono la subduzione litosferica al di sotto del Tirreno, ipotizzata da Martinelli, che così si esprime: "...le dislocazioni nelle quali risiede la causa dei fenomeni sismici da me considerati siano avvenute secondo una lunga linea sensibilmente inclinata rispetto alla superficie terrestre e che affiorando o quasi alla superficie in una posizione al NW della Sicilia e non lontano da essa si protenda verso il nord al di sotto del bacino tirrenico" [Martinelli, 1908].

Ciò, unitamente al crescente interesse per la microsismicità dei vulcani eoliani, portò Haroun Tazieff ed Alfred Rittman (rispettivamente presidente del Consiglio Scientifico e fondatore in Finlandia dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia), all'ideazione della prima rete sismica nel Tirreno meridionale, che fu possibile realizzare sul finire degli anni sessanta.

## 1.2 L'Osservatorio Geofisico di Lipari - Cenni storici e toponomastici

L'Osservatorio Geofisico di Lipari è raggiungibile percorrendo dal centro di Lipari la rotabile in salita (località Mendolita) o il vecchio sentiero che si inerpica lungo il vallone Candali (zona ospedale civile).

Ambedue i percorsi conducono alla contrada San Salvatore che termina a sud sul monte Falcone; questo promontorio si formò dall'attività eruttiva che interessò l'estrema parte meridionale dell'isola, tra il 42.000 ed il 20.300 a.C. generando duomi, colate ossidianee e depositi di pomice.

Il toponimo è dovuto probabilmente alla frequentazione in passato del falco imperiale, appunto il falcone, che veniva catturato in quelle alture e poi ammaestrato per la caccia di altri volatili e di quadrupedi, pratica in uso tra il XII ed il XVII.

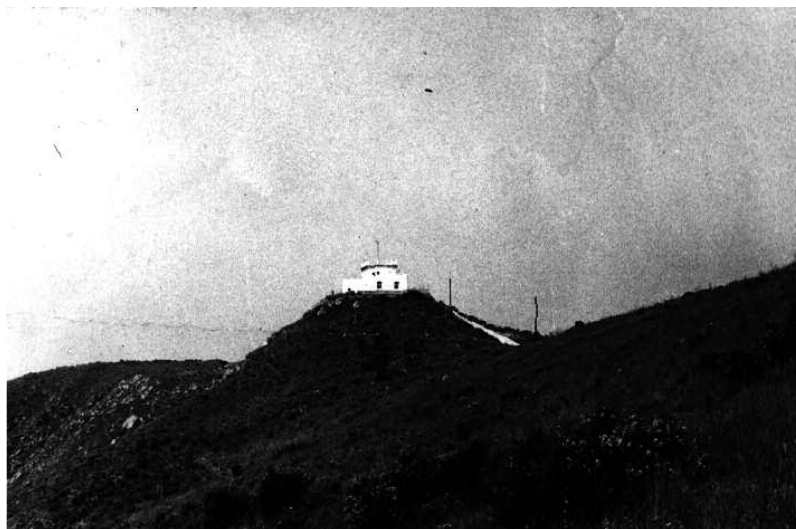
L'Osservatorio è ubicato in cima, a quota 226 mt. s.l.m. e a breve distanza dalla costa, su un terreno notevolmente roccioso costituito da materiale piroclastico su cupole di ristagno liparitiche.

Nel vicino monte Guardia già nell'antichità sorgeva un primo "osservatorio", che comunicava con altre vedette poste sulla cima più alta di ogni isola, in modo da garantire

la massima sorveglianza sul mare circostante e la possibilità di dare tempestivamente l'allarme in caso di avvistamento di navi pirata, che minacciarono l'arcipelago fino al XIX secolo. Attraverso segnali di fumo (che possono considerati il primitivo sistema di telecomunicazione in codice, wireless!), era quindi possibile trasmettere tali informazioni agli abitanti sulle isole ed, in mare, alle nostre imbarcazioni: "...mantenendo la Città di Lipari nel punto più erto di quest'Isola, come di alcune altre due, uomini stipendiati ad effetto che, di giorno con fumate e di notte con fuochi accesi in certe determinate parti di detta Isola, avisino l'huomo, che la Città mantiene continuamente di guardia sopra un alto monte vicino e predominante alla medesima, che legni si raggirino per quel mare, di che numero e di che qualità siano e dove si fermino" [Campis, 1694].

Successivamente, fino a metà '900, era attivo presso una postazione di vedetta militare un "Semaforo" (dal quale prende il nome la località situata sulla cima di monte Falcone): un faro di segnalazione che orientato ora a sud-est, ora a sud-ovest, trasmetteva informazioni sul traffico navale che interessava il nord della Sicilia, comunicando rispettivamente con Capo Milazzo e con Cefalù.

L'Osservatorio che nomina uno dei panorami più suggestivi dell'isola, è ospitato all'interno di una costruzione, che fu realizzata della Regia Marina a scopo militare, dove erano operativi un telegrafo oltre ai comuni strumenti di comunicazione; era anche presente in un ambiente interrato un'armiera, sopra la quale erano posizionati in piena guerra, armi da fuoco a lunga gettata.



**Figura 2** L'Osservatorio Geofisico di Lipari sul promontorio di monte Falcone.  
**Figure 2** The Geophysical Observatory of Lipari on the promontory of Mount Falcon.

L'Osservatorio della Regia Marina, fu regolarmente presidiato durante la Seconda Guerra Mondiale, dal corpo speciale MILMAT, composto da tecnici specializzati della marina, del-

l'aeronautica e di terra, che indossavano divisa fascista. Il 17 agosto del '43, avvenne a Marina Corta lo sbarco degli alleati americani, i quali fecero prigionieri i militari di guardia presso tale struttura, la quale da allora venne abbandonata.

### 1.3 1967: nasce l'Osservatorio Geofisico di Lipari

La proposta di realizzare una rete sismica nel basso Tirreno, fu avanzata nel Settembre del 1966 da Haroun Tazieff, presidente del Consiglio Scientifico dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia (I.I.V.), che poté contare su una proficua collaborazione con l'Office de la Recherche Scientifique et Technique Outre-Mer (ORSTOM) di Parigi e con l'Institute de Phisique du Globe de Paris.



**Figura 3** Haroun Tazieff: uno degli ideatori dell'osservatorio e della sua rete sismica eoliana.  
**Figure 3** Haroun Tazieff: one of the creators of the Observatory and its Aeolian seismic network.

La realizzazione della rete sismica si rese possibile, grazie ad una stretta collaborazione con l'International Seismological Center (I.S.C.) di Edimburgo, interessato a testare una nuova apparecchiatura sismologia radiotrasmittente, progettata nei laboratori scozzesi dell'Institute of Geological Science. Già nell'aprile del 1966, fu inviata a Lipari un'equipe dell'I.S.C. guidata da John Latter e composta, inoltre, da Haroun Tazieff e dal sismologo Claude Blot (O.R.S.T.O.M.) che progettò la distribuzione della rete sismica eoliana. Il sistema composto da un sismografo elettromagnetico, da un registratore magnetico a sei canali analogici, con radiotrasmettitore VHF- FM, messi a disposizione dal suo

ideatore professor P.L. Willmore (presidente dell'I.S.C di Edimburgo), si rivelò particolarmente efficace nell'analisi dei fenomeni sismici di Vulcano e locali, sui quali Blot si dedicò intensamente nei primi anni di permanenza a Lipari [Blot, 1971].

Le Eolie con la presenza dei loro vulcani attivi e per la loro posizione geografica, motivarono lo sviluppo di una rete locale, per il monitoraggio vulcanico e per la rilevazione dei relativi microsismi e di una rete regionale per una migliore determinazione degli eventi intermedi e profondi. Si impose così nel Settembre del 1966, la volontà di realizzare la Rete Sismica delle isole Eolie, accettata favorevolmente dal Consiglio Nazionale delle Ricerche (C.N.R.).



**Figura 4** Il personale dell'Osservatorio durante la ristrutturazione dell'edificio nel '67 (da sinistra Angelo Biviano e Mario Marturano).  
**Figure 4** Observatory staff busy in the restructuring of the building, in '67 (from left Angelo Biviano and Mario Marturano).

Allo scopo venne istituito dapprima, il Laboratorio Internazionale per le Ricerche Vulcanologiche (L.I.R.V.). Ospitato presso l'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania, il L.I.R.V. era costituito dalle seguenti personalità: Alfred Rittman ( direttore dell'Istituto e fondatore in Finlandia dell'I.I.V.), dai suoi assistenti Letterio Villari, Romolo Romano, Emanuele Lo Giudice, e da Giorgio Marinelli, e Haroun Tazieff. L'ambizioso progetto prevedeva la realizzazione di un osservatorio, per la centralizzazione, le registrazioni ed il monitoraggio dei dati delle stazioni del Tirreno meridionale. Le prove di registrazione più convincenti vennero effettuate





**Figura 5** La prima stazione sismica esterna, collocata sul monte Falcone, realizzata da Claude Blot.

**Figure 5** The first external seismic station, situated on Mount Falcon, built by Claude Blot.

all'estremità sud di Lipari, nel punto più prossimo a Vulcano, presso la vecchia sede ormai abbandonata da un ventennio dell'Osservatorio della Marina, che sorge sulla sommità rocciosa di monte Falcone; la breve distanza che lo separa dal Gran Cratere della Fossa (4,85 Km) e un orizzonte ottico aperto sulle altre isole furono gli altri fattori determinanti che portarono alla scelta di quel sito, per la realizzazione dell'Osservatorio Geofisico di Lipari.

Lo stabile era in pessime condizioni, privo di infissi, di impianto elettrico, di mobili e di recinzione, ma utile per le prime rilevazioni sismiche: comincia così la storia dell'Osservatorio Geofisico di Lipari.

#### 1.4 La rete sismica sperimentale di Edimburgo

Già dal Giugno del 1967, sebbene in maniera intermittente, venivano effettuate le prime registrazioni sismiche nei locali dell'osservatorio, attraverso due sensori *Willmore MK II*: uno polarizzato secondo l'asse verticale, l'altro seguendo la direttrice nord-sud.

Tramite collegamento via cavo fu possibile realizzare una stazione nella vicina area rocciosa, posta più ad ovest al riparo dai venti, in modo d'avere una migliore risposta sismica e bassa rumorosità.

Successivamente Blot, coadiuvato da due ausiliari tecnici liparesi, Angelo Biviano e Mario Maturano, installò un geofono Rocard ZM 30 presso la sede degli uffici di Diana a Lipari centro, ed ancora due *Willmore MK II* a Vulcano: presso nella Forgia Vecchia in prossimità delle fumarole (dove il sensore sismico venne collegato attraverso una lunga linea di discesa al punto di trasmissione) nei pressi dell'attuale stazione denominata Vulcano Cratere (IVCR) e l'altro nella località più alta dell'isola, detta Vulcano Piano, all'inter-

no una grotta naturale; registrazioni temporanee furono effettuate inoltre a Vulcanello.

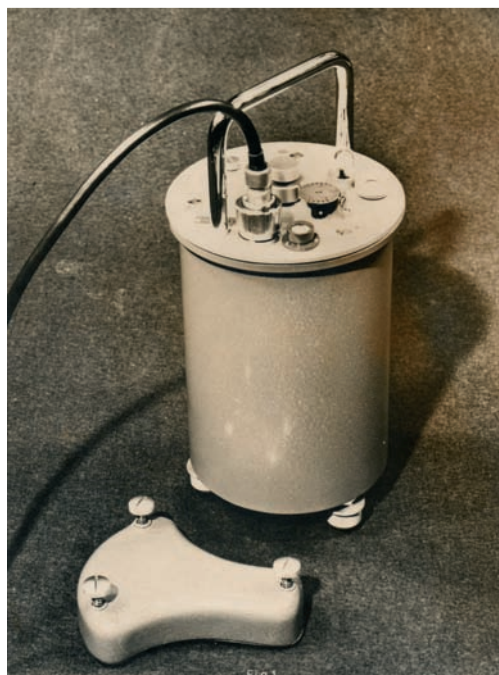
Dagli studi effettuati attraverso questa rete, egli riscontrò tre tipologie di eventi locali: al Cratere (nella Forgia Vecchia sotto le fumarole) microsismi a bassa frequenza centrati nell'intorno di 8Hz tra i 500 m ed 1 Km di profondità, in località Piano eventi intorno ai 20 Hz ed altri ancora a 13Hz, localizzati tra Lipari e Vulcano, ad alcuni Km di profondità.

Blot, installò il registratore *Willmore* a nastro a sei piste, presso la stazione di monte Falcone, in modo da poter effettuare periodicamente ed alternativamente le sue osservazioni sismologiche, in telemetria, integrando ben presto una nuova stazione, nella frazione di Ginostira, a Stromboli.

Si contano complessivamente nel '67, cinque stazioni attive in simultanea: due a Lipari (monte Falcone), due a Vulcano (Forgia Vecchia, Piano) ed una a Stromboli (Punta Lena).

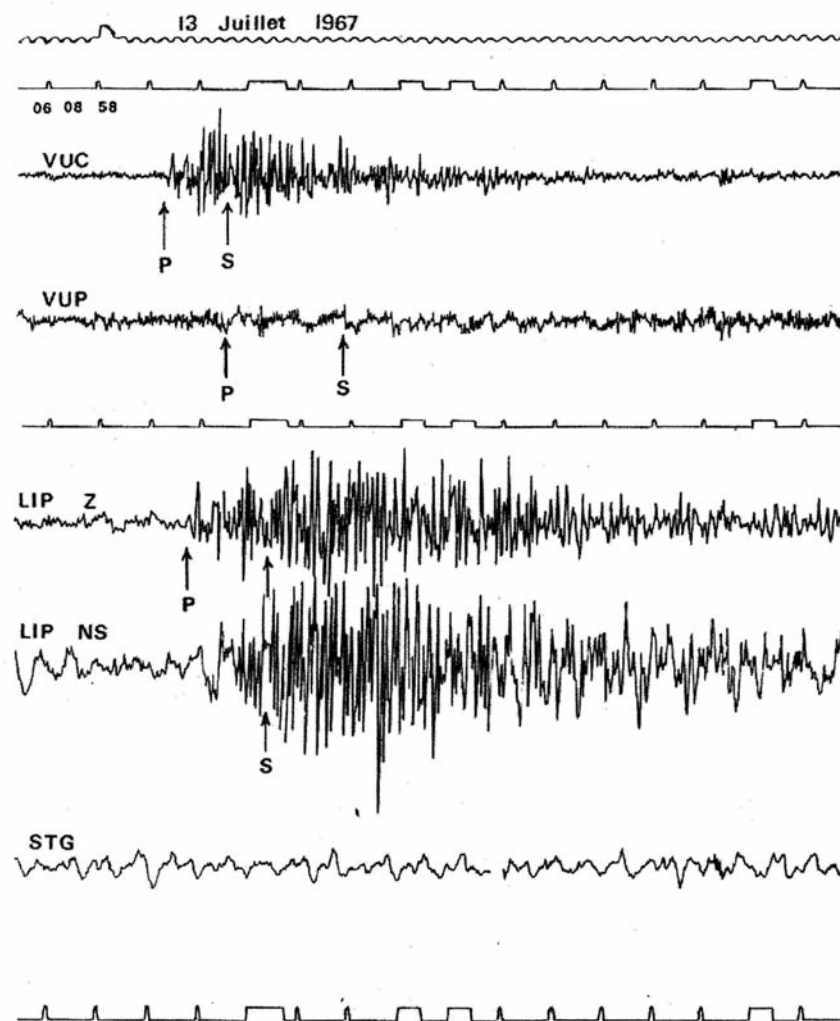
Nacque nel 1967 alle Isole Eolie la prima rete sismica moderna, impiegante l'affidabile tecnologia elettronica allo stato solido e la modulazione di frequenza in banda VHF, per la trasmissione radio dei dati strumentali.

Le apparecchiature, messe fino a quel punto a disposizione dell'I.S.C. di Edimburgo, vengono dopo un biennio progressivamente disinstallate, mentre si predispose il tutto



**Figura 6** Sismometro Willmore MK II, impiegato nel '67 presso l'osservatorio e nella Forgia Vecchia di Vulcano.

**Figure 6** Willmore MK II Seismometer, used in '67 in the observatory and in the Forgia Vecchia of Vulcano.



**Figura 7** Alcune registrazioni effettuate all'Osservatorio, attraverso le esigue stazioni della rete sperimentale di Edimburgo [Blot 1971].  
**Figure 7** Some recordings made at the observatory by the small stations of the experimental network of Edinburgh [Blot 1971].

per l'impianto della nuova Rete Sismica Permanente (RSP) delle Isole Eolie, dell'Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania.

## 2. La Rete Sismica Permanente delle isole Eolie

### 2.1 1969: Nasce l'Istituto Internazionale di Vulcanologia - C.N.R. di Catania

Nel 1969 prende il via quella che possiamo definire la seconda fase, che prevede lo sviluppo in forma permanente della rete e la centralizzazione della stessa presso l'Osservatorio di Lipari; il progetto si proponeva il posizionamento di stazioni fisse in ogni isola dell'arcipelago, lungo la costa della Calabria Tirrenica e della Sicilia nord-orientale.

Dal L.I.R.V. finanziato dal C.N.R. e gestito all'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania diretto dal prof. Alfredo Rittman, nel '69 nasce in forma autonoma l'Istituto Internazionale di Vulcanologia di Catania (I.I.V.-C.N.R.), i

cui uffici sorsero nei pressi dell'attuale sede di piazza Roma. L'I.I.V.-C.N.R. di Catania, operò prevalentemente fino agli anni ottanta, sull'analisi dei dati sismologici prodotti alle Eolie, registrati all'Osservatorio di Lipari.

Alla direzione del nuovo ente, fu nominato Giorgio Marinelli, stretto collaboratore di Rittman.

Nel Febbraio del '69 venne disposta l'assunzione ed l'assegnazione all'Osservatorio di Lipari, del giovane ricercatore Emanuele Lo Giudice, laureato in Scienze Geologiche e Fisica, già tecnico di laboratorio del L.I.R.V.

Sempre nel Febbraio del 1969 furono assunti di ruolo gli ausiliari tecnici Biviano e Marturano, operanti presso la struttura eoliana dell'I.I.V.-C.N.R., che avevano già lavorato alla ristrutturazione dell'osservatorio, commissionata dal C.N.R. nella primavera del '67, poi ultimata nel 1970.

### 2.2 La strumentazione elettronica

Presso l'Osservatorio di Lipari, avveniva la centralizzazione e l'acquisizione dei segnali sismici, tra le innumerevoli diffi-



**Figura 8** Emanuele Lo Giudice, alle prese con l'antenna radio-telefonica di servizio.

**Figure 8** Emanuele Lo Giudice with the radio-telephone service aerial

coltà logistiche, determinate dalla mancanza di una strada rotabile (l'osservatorio era raggiungibile esclusivamente attraverso lo stretto vallone Candali) e di energia elettrica.

Nel '69 veniva smantellata la rete sperimentale di Edimburgo; Blot reinstallo all'interno dell'osservatorio di monte Falcone, i due sismometri Rocard ZM30 a breve periodo (1 sec.), costruiti in Francia nel '61.

Con la progressiva disinstallazione delle stazioni dell'istituto scozzese, egli si trovò ad operare con una rete sismica considerevolmente ridotta e strettamente circoscritta attorno all'osservatorio di Lipari.

Fino ad allora l'alimentazione delle apparecchiature, era garantita da un inverter 110Vca, le cui batterie venivano caricate da un gruppo elettrogeno ed in seguito da sistema eolico a pale verticali, installato nelle immediate vicinanze, che rimase attivo per breve tempo, fino a quando il sistema di disattivazione meccanica automatica contro il forte vento, funzionò regolarmente. Più frequentemente avveniva che tali accumulatori venivano ricaricati presso gli uffici di Diana, sede della foresteria, meglio serviti perché situati nelle vicinanze del centro di Lipari, e da lì trasportati lungo una mulattiera con degli asini; solo in un secondo tempo, quando l'unica stradina venne ingrandita, fu possibile l'impiego di un fuoristrada dato appositamente in dotazione al personale di Lipari: Steyr-Puch 700 AP più conosciuto con il nome di Haflinger.

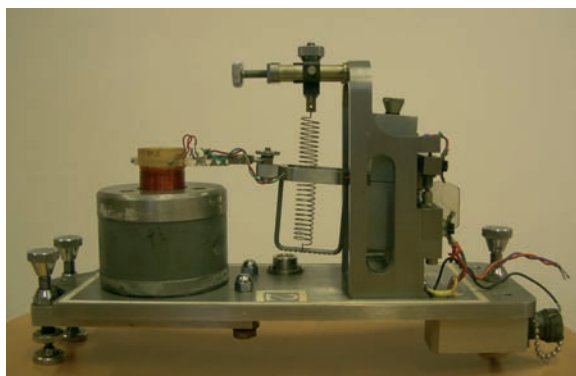
Successivamente venne anche installato un complesso di continuità statico Varta da 1.5KW, per l'alimentazione stabilizzata della strumentazione ed un'autonomia di tre ore.

Nelle stazioni esterne vennero impiegati i nuovi sensori da esterno, della Mark (L4C e L4-3D), con periodo proprio di 1sec., abbinati ad un amplificatore logaritmico artigianale, progettato dall'ing. Glot (che curò in quella fase le soluzioni tecniche della rete sismica); seguivano un preamplificatore-VCO con 100dB di dinamica 0.1-30Hz, un trasmettitore VHF da 0.5W, un amplificatore da 5W per le stazioni più distanti ed un'antenna direttiva a tre elementi, 50 ohms.

In ricezione, il segnale sismico discriminato, veniva stampato su blocchi di carta ripiegati a fisarmonica, da due galvanometri scriventi P610 pm, facenti capo ad altrettanti registratori oscillografici: Sefram RP5 ed RT8.

Il timing veniva effettuato fino al 1969, attraverso un cronometro Leroy, aggiornato col segnale orario dell'Istituto Galileo Ferraris o dell'Osservatorio di Neuchatel, e dal settanta col segnale continuo trasmesso quest'ultimo dalla stazione HGB, sulla portante di 75KHz.

In alternativa veniva impiegato un orologio a quarzo della Lennartz che forniva un segnale codificato in BCD [Lo Giudice 1973].



**Figura 9** Il sismometro elettromagnetico Rocard ZM 30 [Francia, 1961].

**Figure 9** The Rocard ZM 30 electromagnetic seismometer [France, 1961].



**Figura 10** Particolare delle apparecchiature elettroniche in uso dal '67, presso l'Osservatorio.

**Figure 10** Detail of the electronic equipment in use from '67 at the Observatory.



**Figura 11** Il ricevitore del segnale orario HBG 1 sui 75KHz e l'amplificatore Unitron.

**Figure 11** The time signal receiver HBG 1 on 75 KHz and the Unitron amplifier.



**Figura 12** Il generatore di funzioni Wavetek 112.

**Figure 12** The Wavetek 112 function generator.

La rete sismica cominciava a prendere forma, con le seguenti stazioni provvisorie:

- Lipari, Osservatorio Geofisico, monte Falcone
- Lipari centro, uffici di Diana, a 3Km
- Stromboli, Ginostra, a 44Km
- Vulcano Cratere della Fossa, a 4.35Km
- Vulcano Piano, a 8.15Km
- Vulcanello, a 3Km circa
- Osservatorio di Gibilmanna, a 95Km di distanza

Successivamente:

- Messina, m.ti Peloritani (Campone)
- Etna lato nord (m.te Nero delle Concazze)
- Capo Vaticano, in Calabria

Il C.N.R. nel corso del 1972, mise a disposizione del Comune di Lipari, i fondi necessari per la realizzazione dell'elettrodotto e per il miglioramento della stradina di servizio, che si sviluppava lungo il torrente Candali fino alla c/da Capperò.

Nel frattempo divenne direttore della sede I.I.V.-C.N.R. di Catania Letterio Villari, che rimarrà per quasi un ventennio alla guida dell'I.I.V.-C.N.R..

Sotto la sua direzione l'Istituto di Catania conoscerà un generale sviluppo; in particolare estenderà il monitoraggio delle aree tettoniche e vulcaniche, dal Basso Tirreno alla Sicilia Orientale.

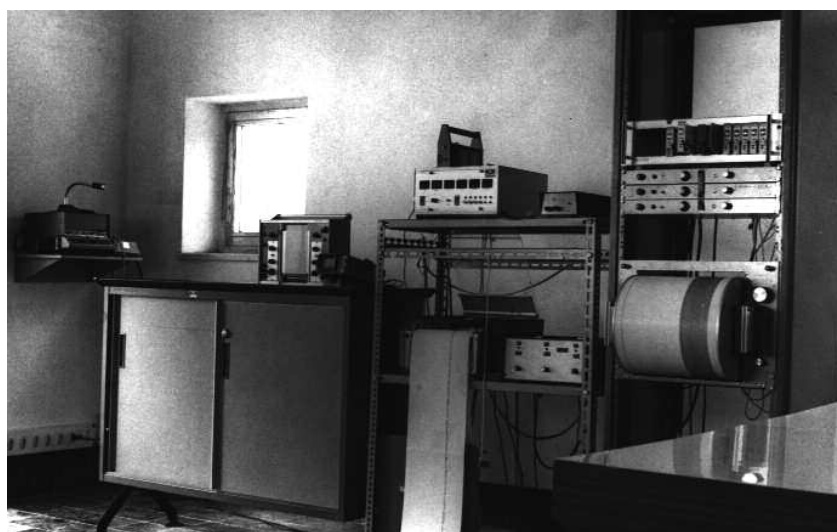
Scienziato di fama internazionale, Villari guidò l'ente fino alla fine degli anni novanta, fino all'avvio della nuova organizzazione scientifica denominata Poseidon, che si avvale di nuove infrastrutture e strumentazioni, ben distribuiti nel territorio.

Già negli anni settanta così, l'Osservatorio di Lipari era il principale centro di produzione di dati strumentali, rilevati nelle Eolie e lungo le coste tirreniche della Sicilia e della Calabria.

Emanuele Lo Giudice, che dopo Blot prese la guida della struttura eoliana, ne proseguì l'opera orientata allo sviluppo della sismologia strumentale, a consolidamento della rete permanente.

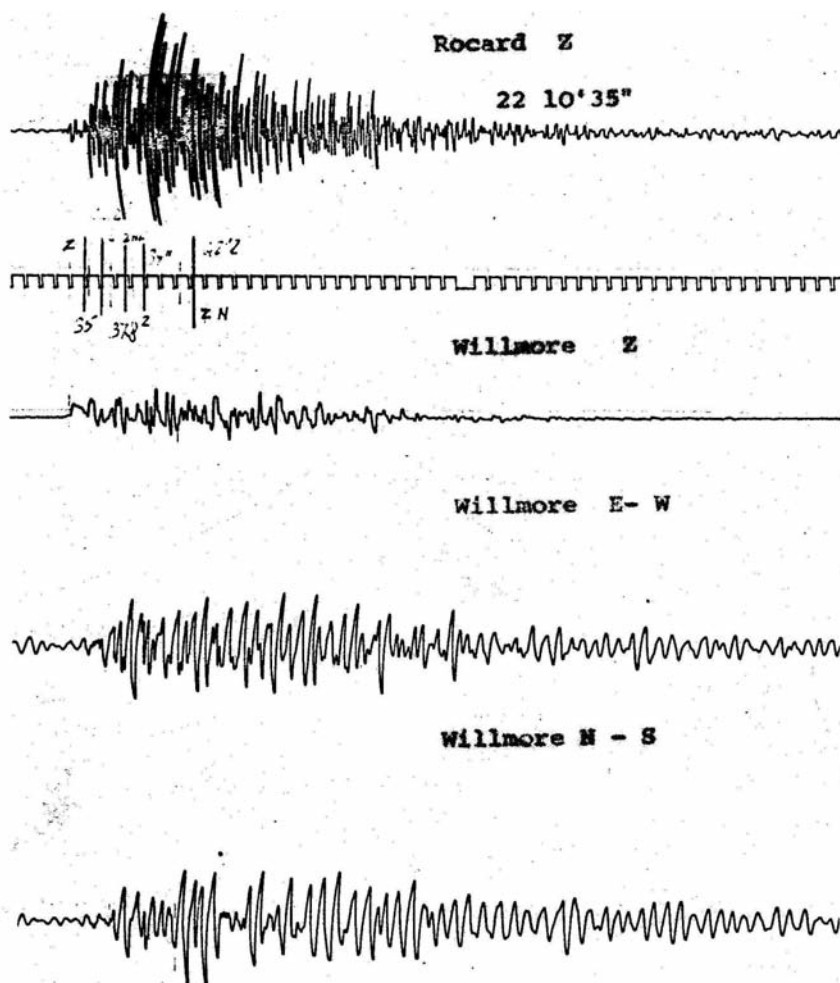
Alle Eolie vennero da lui portati avanti in quegli anni, studi sui terremoti profondi e su quelli storici del Basso Tirreno e dell'arco Calabro-Peloritano, oltre a ricerche di dati per la documentazione dei movimenti verticali recenti dell'isola di Lipari. Nel quadro della sorveglianza vulcanica, nel '70 fu inoltre pioniere del primo tele-rilevamento aereo in banda termica svolti in Italia, che venne effettuato proprio alle Eolie, tramite scanner termico aerotrasportato[ Lo Giudice et al., 1975].

Erano i primi tentativi di attuazione di una tecnica, che oggi si rivela di basilare importanza per lo studio e la sorveglianza di aree sismogenetiche e vulcaniche.



**Figura 13** Strumentazione sismologica in uso alla fine degli anni 60.

**Figure 13** Seismological apparatus in use at the end of the 60s.



**Figura 14** Sismogrammi registrati presso l'Osservatorio di Lipari, dopo la dismissione della "rete di Edimburgo" [Lo Giudice 1973].  
**Figure 14** Seismograms recorded at the Observatory of Lipari, after uninstalling the "Edinburgh network" [Lo Giudice 1973].

Un altro importante contributo lo diede nel campo della macrosismica e della valutazione del danno.

Nel maggio del 1971 l'ente dispose l'assunzione presso l'osservatorio di Lipari, di un perito elettronico; dopo varie selezioni la scelta definitiva di Lo Giudice cadde su Salvatore Velardita.

Sarà lui in qualità di responsabile tecnico a curare, coadiuvato dai due operatori tecnici del posto, il mantenimento della rete eoliana per ben oltre un trentennio.

Esternamente all'Osservatorio fu realizzata una nuova stazione sismica, all'interno di una struttura in muratura appositamente progettata, dove fu costruito un pilastro in cemento lateralmente isolato, poggiante su uno sperone di roccia riolitica.

Al fine di quantificare l'influenza meteorica sui dati, quale fattore di disturbo microsismico, installò nelle vicinanze, anche una stazione meteorologica dotata di: pluviografo, termografo, idrografo e barografo.

Nel dicembre del '72 avvenne la consegna della nuova strada comunale ed a gennaio fu allacciata l'energia elettrica, anche

grazie ad un contributo elargito dal CNR a favore del Comune di Lipari [Lo Giudice, 1973].



**Figura 15** In questa recente foto il tecnico elettronico Salvatore Velardita, che operò stabilmente presso l'Osservatorio di Lipari, dal 1971 al 2004.

**Figure 15** Recent photo of Salvatore Verlardita, electronic technician, who worked at the Observatory of Lipari, from 1971 to 2004.



**Figura 16** In evidenza la stazione meteo (nella capannina a destra), posizionata in prossimità di quella sismica.

**Figure 16** The meteo station (in the instrument shelter on the right), positioned near the seismic station.

### 2.3 Realizzazione e manutenzione delle stazioni

Le infrastrutture esterne e le installazioni delle apparecchiature elettroniche che riguardarono dette stazioni, furono interamente realizzate dal personale dell'osservatorio.

Notevoli erano i disagi logistici, aggravati dagli esigui collegamenti marittimi tra le isole dell'arcipelago, che rendevano a dir poco avventurosi gli spostamenti nelle singole isole, per raggiungere le stazioni sismiche.

A quell'epoca (dal 1954 al 1974) infatti i collegamenti Messina-Milazzo-Eolie erano affidati a due m/n gemelle: "Vulcanello" e "Basiluzzo" (700 Tonn.), mentre il collegamento Messina-Eolie-Napoli alla "Lipari" (1500 Tonn.).

In assenza di veri e propri porti e di collegamenti eliportuali, le attrezzature, le apparecchiature, la strumentazione ed il materiale necessari per l'infrastruttura, venivano condotti nei siti spesso disagiati (prescelti in base ad esigenze tecniche di radio-trasmissione, di risposta del suolo e di contenuta rumorosità antropica), con l'ausilio di piccole imbarcazioni private in alternativa agli sporadici mezzi di collegamento via mare.

Stazioni sismiche erano e sono presenti in ogni isola eoliana; per raggiungere terra, era necessario il trasbordo su un apposito barcone a remi detto "Vuzzu Rollo" (nome dovuto al tipico rollio della piccola imbarcazione); da lì, gli operatori tecnici raggiungevano il sito trasportando a spalla il carico o nel migliore dei casi, per mezzo di muli (come

avviene ancora oggi ad Alicudi ed a Ginostra).

Un radio-telefono di servizio, teneva in comunicazione gli operatori, con il tecnico che dava assistenza dall'osservatorio, verificando la corretta ricezione dei segnali radio.

Ancora oggi alle Eolie in certe località come Ginostra ed Alicudi, a fianco dei moderni mezzi di trasporto (navi, aliscafi ed elicotteri), si rende necessario l'ausilio dei tradizionali sistemi di trasporto.



**Figura 17** Installazione della nuova stazione sismica digitale di Alicudi (IACL). Maggio 2007.

**Figure 17** Installation of the new digital seismic station on Alicudi Island (IACL). May 2007.



**Figura 18** La campagna dello Stromboli, agosto 1973. Conteggio visivo dell'esplosioni sui crateri sommatati.

**Figure 18** Stromboli campaign in August 1973. Visual calculation of the explosions on the summit craters.

## 2.4 Il Programma Italiano di Sorveglianza Vulcanica

Nel 1971 l'Osservatorio Vesuviano (O.V.), partecipò ai programmi nazionali ed internazionali di ricerche sulla struttura dell'Italia meridionale e del vulcanismo recente del Tirreno.

Nell'ottobre dell'anno seguente, venne installata sullo Stromboli, una stazione a tre componenti per studiare i microtremiti e gli eventi stromboliani, in quella che può considerarsi la prima concreta collaborazione tra l'O.V. e l'I.I.V. di Catania nell'ambito eoliano; lo scopo fu la realizzazione di una rete sismica permanente per la sorveglianza in continuo dello Stromboli.

Nel nuovo programma dell'O.V. ebbe quindi prioritaria importanza l'ammmodernamento tecnologico della preesistente rete sismica vesuviana, fin allora basata sull'elettronica valvolare, oltre che sui tradizionali sismografi a carta affumicata *Wiechert* ed *Hosaka*, installati presso la sede.

L'accoppiamento dei sismometri elettromagnetici S13 della Geotech ai registratori a carta termosensibile *Helicorder*, sostituì gradualmente l'ormai obsoleta tecnologia meccanica.

Nei primi anni settanta, lo Stromboli venne scelto come vulcano test per lo studio delle tecniche di previsione dell'attività eruttiva dei vulcani italiani; si effettuarono in questa fase, tre campagne sismiche sull'apparato vulcanico dello Stromboli (ottobre '72, agosto '73, ottobre '74) e quattro teodolitiche nelle isole Vulcano e Lipari.

## 2.5 La rete eoliana del Gruppo Deformazioni

Per la rilevazione degli spostamenti planimetrici del suolo, tramite triangolazione ad alta precisione, nel giugno del '73, fu costruita nel settore nord dell'isola di Vulcano, una rete di 13 caposaldi alla quale vennero integrati nel corso del '74 sei nuovi punti, distribuiti lungo un braccio sud-occidentale.

In questa fase fu realizzata tra la stessa isola di Vulcano e la porzione centro-meridionale di Lipari, una rete di trilaterazione geodimetriche costituita da 13 pilastri terminanti con perno filettato per l'impiego di geodimetri e di prismi retroriflettori.

Progettata in collaborazione coi ricercatori dell'Osservatorio vesuviano nel quadro del Programma di Sorveglianza dei Vulcani Attivi Italiani-C.N.R. [Villari, 1976].

Il Gruppo Deformazioni coordinato da Letterio Villari era costituito da: Nicola Bruno, Domenico Condarelli, Alfio Pellegrino, Biagio Pugliesi, Antonio Sturiale, Luigi Taffara.

## 2.6 Completamento della Rete Sismica

Nel '73 il quadro della Rete Sismica Permanente (RSP) delle isole Eoli è di seguito riportato (Tabella1).

La stazione di Ustica in realtà, non fu mai attivata per problemi di trasmissione, sebbene ne sia stata completata l'infrastruttura.

L'apparecchiatura ad essa destinata, venne impiegata a Vulcano Piano, dove fu possibile analizzare segnali con un S/N inferiore a 6dB, microeventi con una bassa frequenza predominante a 2Hz, caratterizzati da una stretta monocromaticità, fino a quel punto non distinti, dalla vecchia strumentazione.

Nome e sigla della stazione	Località	Data installazione	Latitudine	Longitudine	Metri s.l.m.	Distanza dall'osservatorio	Caratteristiche tecniche
Osservatorio di Lipari	M.te Falcone	13/6/1967	38°26'42"N	14°56'53" E	225	-	Bicomponente Trasmissione via cavo
Vulcano VPL	Piano	18/1/1973	38°22'44" N	14°59'01" E	410	8.15 km	Monocomponente Radiotrasmissione 163.357 MHz
Panarea PLI	Piano Milazzese	23/3/1973	38°37'43" N	15°01'44" E	98	21.5 km	Monocomponente Radiotrasmissione 168.391 MHz
Alicudi ACL	Piano Mandrà	4/4/1973	38°31'59" N	14°21'20" E	98	54 km	Monocomponente Radiotrasmissione 166.753 MHz
Novara di Sicilia NOV	Cipollazze M.te Muscia	3/5/1973	38°01'40" N	15°08'12" E	800	49,5 km	Triassiale Radiotrasmissione 164.193 Mhz
Fuscaldo (Cza) FUS	Paola	10/12/1973	39°25'08" N	16°02'16" E	600	143 km	Triassiale Radiotrasmissione 165.971MHz
Ustica	M.te Guardia dei Turchi		38°42'25" N	13°10'38" E	248	157 km	Triassiale inattiva

**Tabella 1** Informazioni sui siti e caratteristiche tecniche delle stazioni della RSP eoliana.

**Table 1** Information on the sites and technical specifications of the stations of the Aeolian PSN (Permanent Seismic Network).

Il 6 novembre del 1974, si verificò sull'Etna una grande esplosione, che generò una colonna di fumo misto a ceneri, alta circa 3 Km.

A quell'epoca era installata presso l'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania, un'unica stazione a tre componenti con monitor, e in seguito all'evento furono attivate altre due stazioni fisse, dello stesso tipo (Monte dei Faggi e Serra la Nave).

Il personale dell'Osservatorio di Lipari, partecipò attivamente

alle campagne sismiche effettuate sull'Etna, in febbraio ed in marzo, che portarono all'installazione di cinque stazioni mobili *Lennartz*, funzionanti in contemporanea, in media per quattro ore al giorno.

Nel corso dello stesso anno, sotto la guida del nuovo responsabile dell'osservatorio Giovanni Nappi, vennero aggiunte altre stazioni (Tabella 2).

Una stazione dello stesso tipo ma a tre componenti, fu subito dopo installata a Stromboli, in località Punta Lena, in col-

Stazione	Località	Data installazione	Sismometro	Preamplificatore VCO	Radiotrasmettitore
Panarea	Calajunco	13/4/1974	Mark Products Periodo 1 Hz impedenza 5,5 KΩ	Develco mod.62020	Develco mod. 3501 500mW
Stromboli	Ginostra	8/10/1974	Mark Products Periodo 1 Hz impedenza 5,5 KΩ	Develco mod.6202	Develco mod. 3501 500mW

**Tabella 2** Stazioni sismiche e relativa strumentazione, aggiunte nel corso del 1974.

**Table 2** Seismic stations and their equipment, added in 1974.





**Figura 19** Da destra: il sismometro Mark L4, i blocchi Develco VCO-Trasmittitore e ricevitore-discriminatore.

**Figure 19** From right: the Mark L4 seismometer, Develco VCO-transmitter and receiver-discriminator.

laborazione con: l'Istituto di Vulcanologia dell'Università di Catania, con l'Institut für Geophysik, Stuttgart ed il Sismologisches Zentral Observatorium di Berlino e con l'Osservatorio Vesuviano, al fine di studiare i microtremori e gli eventi stromboliani.

I segnali VHF di queste nuove stazioni, anch'esse ricevute all'osservatorio tramite un radiorecettore Develco mod. 3410, erano discriminati nelle frequenze 1020, 2040, 3060 Hz. Il segnale sismico estratto, era registrato su carta tramite un Sefram RT8 con galvanometri a 10 penne scriventi, di cui 2 marcatempo, con un'autonomia di 48ore ad una velocità di scorrimento di 2.5mm/sec.

Nell'aprile del '75, Nappi dispose l'installazione di una seconda stazione sismica nella frazione di Ginostra, che si rivelò fondamentale per lo studio sismologico della nuova fase parossistica dello Stromboli, verificatasi nel Novembre dello stesso anno [Nappi 1975].

Da una prima catalogazione della distanza degli eventi sismici rilevati da questa rete, rispetto all'Osservatorio di Lipari, essi vennero distinti in:

- Locali (l) entro i 25Km :area compresa tra le isole di Lipari, Salina, Vulcano e Panarea che ne rappresenta il limite esterno;
- Regionali (t) dai 25 ai 150Km:le restanti Eolie, tutto il Basso Tirreno, l'arco calabro-siciliano e l'Etna;
- Vicini (v) dai 150 ai 1000Km: bacino del Mediterraneo centrale eccetto le coste spagnole, turche e mediorientali;
- Remoti (r) dai 1000 ai 5000 Km;
- Ultraremoti (u) oltre i 5000Km.

Presso il laboratorio elettronico dell'Osservatorio Geofisico di Lipari, il tecnico Velardita per rispondere a specifiche esigenze, mise a punto in quegli anni diversi dispositivi non disponibili sul mercato.

Un'apparecchiatura che si rivelò di grande utilità, specie in riferimento alla particolare fase eruttiva dello Stromboli del

novembre 1975, fu il "Rivelatore automatico di eventi sismici", in quanto consentì per l'appunto il conteggio automatico delle singole esplosioni, ora visibile su display numerico. Il rivelatore, era anche predisposto per l'azionamento di un registratore magnetico, solo in presenza di eventi che superavano un'ampiezza ed una durata dell'oscillazione determinati, discriminando il rumore di fondo o disturbi causati da attività antropica e recuperando la parte iniziale dell'evento, grazie all'impiego di un loop [Velardita, 1977].

Nel dicembre 1975 la rete sismica fu quasi totalmente danneggiata da una forte scarica atmosferica, che penetrò all'interno dell'edificio, attraverso l'antenna VHF (160.175 MHz, F3) installata su un traliccio di circa 6 metri di altezza ed omologata per le comunicazioni di servizio.

Fino al '77 rimase costantemente operativa soltanto la stazione di Lipari.

In seguito a quest'evento distruttivo, la strumentazione venne abbondantemente rimpiazzata e fu schematizzata nel modo seguente:

- Sismometro verticale a corto periodo Mark L4C;
- Amplificatore Geotech AR 330 (a Lipari)
- Sistema amplificatore-mod. - discriminatore Develco (per le stazioni teletrasmesse);
- Registratore magnetico analogico Geotech mod.17373;
- Orologio a quarzo con sincronizzazione HBG;
- Registratori Helicorder/ RV- 301B su carta termosensibile.



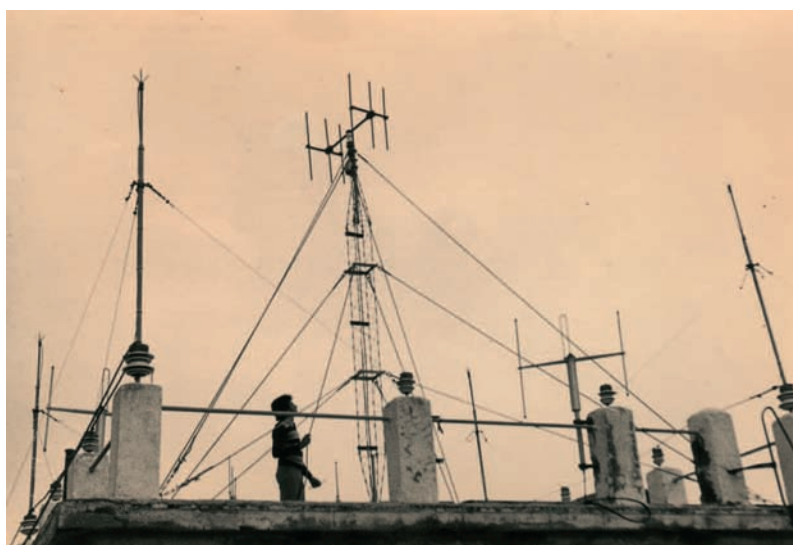
**Figura 20** Campagna dello Stromboli del 1974. In piedi, al centro Giovanni Nappi.  
**Figure 20** Stromboli campaign in 1974. Giovanni Nappi is standing in the middle.

Nel frattempo, nell'aprile del '76 divenne responsabile dell'Osservatorio di Lipari, Edoardo Del Pezzo, ricercatore napoletano trasferito poi all'Osservatorio Vesuviano nel

1980, in seguito al terremoto che colpì quelle aree, il 23 Novembre.

Nel 1978 la rete sismica delle Isole Eolie, comprendeva le seguenti stazioni analogiche, che impiegavano i sensori Geotech S13 con un periodo di 0.8 sec. (oggi ancora in uso sistemi analogici), trasmesse via radio in VHF all'osservatorio, dove venivano registrate su nastro magnetico:

- Novara di Sicilia;
- Capo Vaticano (che sostituì Fuscaldo);
- Vulcano Piano (che sostituì Panarea);
- Alicudi;
- Quattropiani – località Chiesa Vecchia di Lipari;
- Malfa – Comune di Salina.



**Figura 21** Antenna motorizzata del ricetrasmittitore VHF di servizio da 10W ed antenne sismiche VHF, posizionate presso l'Osservatorio.

**Figure 21** Motorized aerial of the 10W service VHF transceiver and seismic VHF aerial, positioned on the observatory.

Per la determinazione degli eventi, registrati in più di tre stazioni, venne impiegato il programma di calcolo HYPO '71, basato sull'algoritmo di Geiger (allora il più utilizzato), che calcolava i parametri focali dai tempi di arrivo delle fasi P ed S, minimizzando i residui attraverso la differenza tra i tempi di arrivo sperimentali e quelli calcolati.

Il programma si presta per reti a piccola maglia come quella in questione e in uscita fornisce anche lo scarto quadratico medio delle localizzazioni degli eventi (RMS).

In seguito al terremoto del golfo di Patti verificatosi il 15 Aprile '78, di magnitudo 5.5, seguito da una serie di aftershocks, l'Osservatorio di Lipari venne presidiato permanentemente per i mesi successivi, da un ricercatore, col compito di trasmettere i dati sensibili presso l'Osservatorio Vesuviano, per un'immediata elaborazione e per la sorveglianza sismica.

Fino al 1980, l'Osservatorio di Lipari rimase in costante collaborazione con l'O.V.

### 3. Gli sviluppi della RSP della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale

#### 3.1 La rete digitale dell'Institute de Physique du Globe nello Stretto

Sul finire degli anni settanta, nell'ambito del *Progetto Finalizzato Geodinamica*, l'Institute de Physique du Globe di Strasburgo installò nello Stretto di Messina una rete digitale, in collaborazione con l'Istituto Geofisico e Geodetico dell'Università di Messina e con l'Osservatorio Geofisico di Lipari.

Per lo studio della sismicità della regione dello Stretto di Messina, per un maggior dettaglio delle localizzazioni ipocentrali, e della caratterizzazione della meccanica focale degli eventi, vennero individuati i seguenti siti.

A Messina:

- GZ1, Ganzirri
- MES, Istituto Geofisico dell'Università di Messina
- SC1, Scaletta Zanclea
- VN1, M.te Veneretta
- DM1, Dinnamare
- CC1, M.te Ciccia

In Calabria:

- OR3, Orti
- MT1, Martino
- PL1, Palmi
- GB1, Gambarie

L'acquisizione dei segnali trasmessi dalle stazioni in radio frequenza, avveniva tramite un sistema digitale PCM, con registrazione su nastro magnetico (fornito dallo stesso I.P.G. di Strasburgo).

I sismogrammi erano stampati tramite un registratore a carta Sefram RT8.

#### 3.2 Il progetto "Sismologia Eolie"

All'inizio degli anni ottanta la rete permanente eoliana, risultava composta da stazioni mono-componente, cioè ognuna dotata di un singolo sensore posizionato ortogonalmente rispetto al suolo, in modo da rilevarne gli scuotimenti verticali.

Presso l'osservatorio inoltre, era ancora funzionante la storica stazione della figura 5.

Nel 1982 ha inizio quella che possiamo definire la terza fase evolutiva della rete sismica del Basso Tirreno.

L'I.I.V., lancia il progetto *Sismicità e propagazione delle onde sismiche nella regione dell'arco vulcanico delle Eolie*, detto

Stazioni preesistenti e ammodernate	Sismometro	Periodo d'installazione
Lipari (LLI)	Teledyne Geotech S13	giugno 1967
Novara di Sicilia (NOV)	Teledyne Geotech S13	maggio 1973
Alicudi (ACL)	Teledyne Geotech S13	marzo 1973
Nuove stazioni	Sismometro	Periodo d'installazione
Vulcano Piano (VPL)	Teledyne Geotech S13	novembre 1977
Vulcano Cratere (VCR)	Teledyne Geotech S13	ottobre 1979
Vulcano Capo Grillo (VUG)	Mark L4-C	agosto 1981
Stromboli (STR1)	Teledyne Geotech S13	dopo il 1985

**Tabella 3** Le stazioni della RSP eoliana, attive nella prima metà degli anni ottanta.  
**Table 3** The stations of the Aeolian RSP, active from the first half of the 80s.

Sismologia Eolie; nello stesso modo fu nominata la nuova Unità di Ricerca (UR) guida da Giancarlo Neri, dal 1981 al 1992. Gli obiettivi raggiunti in virtù di tale progetto furono:

- Il potenziamento della RSP e dell'Osservatorio Geofisico di Lipari;
- Lo sviluppo e l'attuazione di metodologie atte al controllo ed alla sorveglianza dei vulcani siciliani;
- La creazione e formazione di un gruppo di lavoro con sede a Catania, per un impegno stabile e massiccio verso le ricerche sismologiche nell'area siciliana;
- La conversione tra personale tecnico e gruppi di ricerca, in un'apposita Unità Operativa;
- Un più stretto e continuo contatto tra sismologi ed altri gruppi impegnati in ricerche complementari sulla stessa area [Neri 1990].

Sono stati affrontati i problemi legati al calcolo ipocentrale in merito agli algoritmi, alle leggi di velocità, alle geometrie imperfette della rete e agli errori sull'interpretazione del risultato finale.

Sono stati comparati i modelli di velocità delle onde sismiche longitudinali e trasversali, tipici delle coste nord-orientali siciliane a quelli dell'area eoliana.

Il salto di qualità nel calcolo ipocentrale si è ottenuto grazie all'impiego del Metodo della Velocità Equivalente (EVM), che si è rivelato più preciso rispetto alla tecnica di Geiger (serie HYPO).

L'UR Sismologia Eolie nel '83 aprì una prima collaborazione col Gruppo Nazionale per la Vulcanologia (GNV).

### 3.3 Dalla carta al nastro magnetico

In quel periodo i segnali acquisiti dalle stazioni della rete sismica erano unicamente registrati su carta, tramite regi-

stratori a tamburo Helicorder ed EMP, risultato che seppur apprezzabile rappresentava una limitazione qualora si desideravano effettuare analisi di maggior dettaglio sugli eventi sismici registrati.

Infatti, per consentire un'agevole e regolare sostituzione del supporto cartaceo, il periodo di registrazione era impostato a 24 ore, in modo da effettuare il cambio carta una volta al giorno.

La registrazione degli eventi poteva risultare talvolta "compressa" e/o "saturata" pregiudicando così l'individuazione delle varie fasi, sia all'inizio, sia nel corpo dell'evento stesso. Si rendeva necessaria una tecnica che consentisse la conservazione dell'evento sismico acquisito, sotto forma di segnale elettrico.

L'uso della modulazione del segnale sismico in banda fonica, già in uso, necessaria per la trasmissione via radio, suggerì la sua registrazione, sotto forma magnetica.

Allo scopo fu utilizzato il registratore magnetico di precisione a 14 canali *Geostore*; progettato per la registrazione di lunghe serie temporali di dati sismici, è un prodotto della *RACAL-Thermionic* in collaborazione con P.L. Willmore dell'Institute of Geological Sciences ad Edimburgo.

Destinato ad essere utilizzato in zone remote, il *Geostore* consentiva di realizzare una completa rete di stazioni sismiche entro un breve periodo, con una potenza di registrazione superiore a quella che pochi anni fa sarebbe sembrata adeguata per un osservatorio permanente.

Lo strumento nasce per l'utilizzo in campagna, per la registrazione di segnali provenienti da sensori sismici direttamente collegati al registratore tramite link via cavo o a radiofrequenza, in occasione d'installazioni temporanee e o di campagne di scoppi.



**Figura 22** Il registratore magnetico Geostore.  
**Figure 22** The Geostore tape-recorder.

La sua robusta costruzione ne permetteva l'uso anche in condizioni esterne sfavorevoli.

L'uso fu adattato alla registrazione di segnali sismici provenienti direttamente dalle stazioni della rete permanente.

Per sua caratteristica, il registratore accettava segnali FM modulati sulla frequenza di 676 Hz con una deviazione massima del 40%, pertanto erano necessarie una conversione intermedia e una rimodulazione.

I segnali modulati provenienti dalle stazioni remote, venivano demodulati al fine di ottenere il segnale sismico originale, e quindi rimodulati per consentire la registrazione su nastro magnetico.

Con un nastro da 1/2" di 2300 ft di lunghezza, avvolto su bobina da 8" impostando la massima velocità di 15/160 in/s si otteneva un'autonomia di 170 ore e vale a dire circa 1 settimana; altre velocità erano disponibili fino ad ottenere un massimo d'autonomia di registrazione di 680 ore (4 settimane).

Sul nastro potevano essere registrate 14 tracce, 11 delle quali riservate ai dati, una per il tempo e due per la compensazione del flutter.

In una delle tracce riservate ai dati era registrato anche il segnale di riferimento temporale DCF.

La traccia n. 2 era dedicata alla registrazione di un codice temporale interno autogenerato dallo strumento: il Vela-Uniform Time Code. Entrambi i codici a livelli di precisione differenti servivano per l'identificazione e l'inquadratura temporale dei singoli eventi registrati.

Il segnale sismico oltre ad essere registrato su carta era adesso disponibile in forma di segnale elettrico.

Settimanalmente il nastro registrato a Lipari era spedito presso la sede di Catania dove era letto tramite un registratore STORE 14 riproduttore.

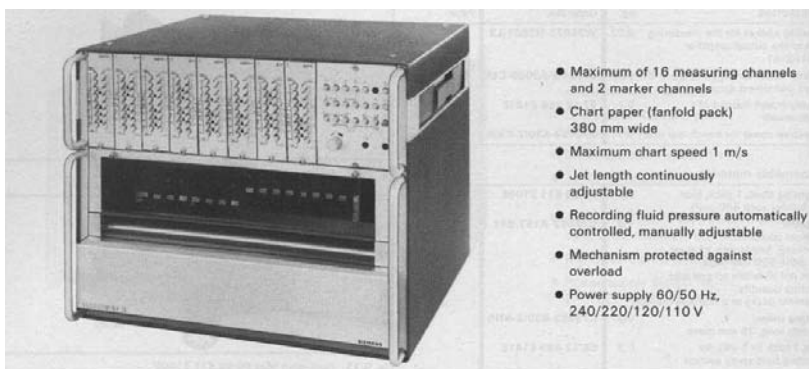
Si tratta di un sistema di playback usato



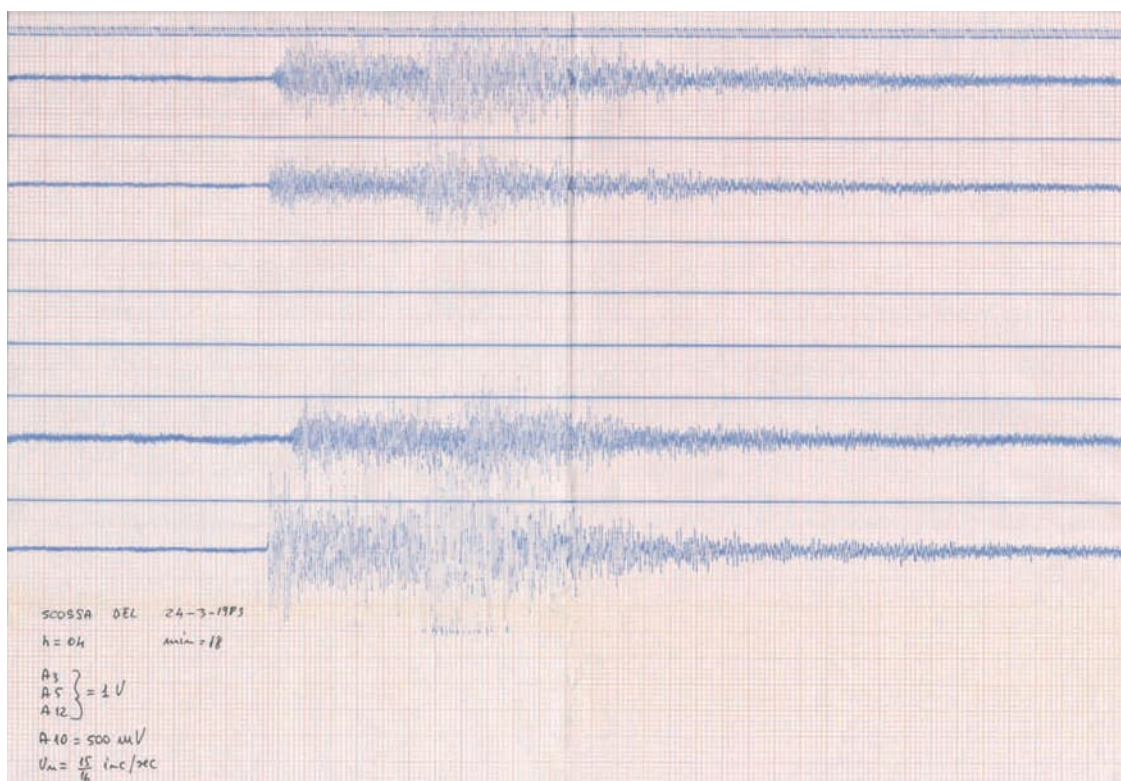
**Figura 23** Il registratore magnetico Store 14.  
**Figure 23** The Store 14 tape-recorder.

per riprodurre fino a 14 tracce registrate da un Gestore; lo Store 14 FM ed il Gestore, erano due prodotti della linea *Racal Recorders*; anche se costruttivamente diversi, risultavano elettricamente compatibili, così da rendere possibile la riproduzione dei segnali sismici registrati.

I segnali sismici, disponibili in forma elettrica potevano essere riprodotti successivamente su carta a tutte le risoluzioni desiderate, sfruttando le caratteristiche dell'oscillografo a getto d'inchiostro Oscillomink 16 della Siemens, che grazie all'uso di sensibilissimi galvanometri, consentiva la riproduzione desiderata della traccia sismica, tramite l'impostazione di vari valori d'ampiezza e velocità di traslazione della carta.



**Figura 24** L'oscillografo a getto d'inchiostro a 16 canali Oscillomink.  
**Figure 24** Oscillomink 16 channel. liquid-jet oscillograph.



**Figura 25** Risultato di una restituzione su carta di un terremoto registrato su nastro magnetico.  
**Figure 25** Printed seismogram result from an earthquake recorded on magnetic tape.

Il galvanometro dell'Oscillomink 16 è un sistema a magnete mobile, il cui "indice" consiste in un getto d'inchiostro.

Nell'asse di rotazione del sistema si trova un capillare di vetro la cui estremità superiore ripiegata ad angolo va restringendosi per terminare in un ugello.

L'estremità inferiore del capillare è fusa in un filtro attraverso il quale è pompato inchiostro ad alta pressione; l'inchiostro esce dall'ugello in forma di sottilissimo getto che va a colpire il foglio in movimento, tracciando un nitido diagramma valutabile immediatamente.

Sul capillare è incollato un magnete permanente cilindrico a magnetizzazione trasversale; su quest'ultimo sono abbinate due espansioni polari di ferro dolce con bobina, attraverso la quale passa la corrente.

Il campo magnetico che si forma tra le espansioni polari, sposta il magnete mobile e con esso il capillare.

L'orifizio dell'ugello è di 10 micrometri.

Tutti gli eventi sismici d'interesse, isolati nel nastro originario, venivano registrati tramite un secondo STORE 14 recorder, per formare un nastro d'accumulo di tutti gli eventi più interessanti.

Il nastro originario veniva poi smagnetizzato e spedito nuovamente a Lipari, per successive registrazioni.

### 3.4 La digitalizzazione dei segnali sismici

Nel 1987 prese il via il progetto e la successiva realizzazione, di un sistema per la digitalizzazione dei segnali sismici.

Esso era costituito da un convertitore analogico-digitale a 32 canali interfacciato con un personal computer.

Il sistema, permise di digitalizzare gli eventi desiderati prelevandoli dalle registrazioni magnetiche, ottenendo così dati d'alta qualità, consentendo l'analisi di dettaglio delle caratteristiche salienti del segnale sismico e la classificazione di morfotipi caratteristici.

Si puntò su un digitalizzatore della LECROY che insieme al computer, ha consentito di realizzare uno strumento estremamente potente e flessibile.

Il sistema era formato da un modulo digitalizzatore, da moduli di memoria e di condizionamento del segnale gestiti dal CATALYST: un potente software implementato su un personal IBM AT.

Il digitalizzatore di tipo modulare, lavorava fino a 200 Msample/sec, mentre la sua memoria poteva contenere da mille a due milioni di campionamenti, caratteristiche più che sufficienti per l'analisi di segnali sismici.

Sullo schermo del computer potevano essere visualizzate fino a quattro tracce; di queste si potevano leggere sullo schermo i parametri caratteristici come ampiezza e frequenza, inoltre era possibile localizzare la zona interessata, indi espanderla (zoom) per poterla esaminare con cura nei minimi dettagli.

Il Catalyst poteva archiviare su floppy o su hard disk i dati presentati sullo schermo, e ripresentarli velocemente sul

medesimo, esattamente come se fossero stati acquisiti in quel momento.

Il sistema, mettendo a disposizione dei dati sottoforma digitale, permise di avviare analisi nel dominio del tempo e nel dominio della frequenza, fino a quel momento impossibili con i dati analogici.

### 3.5 Collegamento con la sede di Catania

Nell'ambito dello sviluppo e l'attuazione di metodologie atte al controllo ed alla sorveglianza dei vulcani siciliani, è stato portato avanti il progetto per il collegamento radioelettrico delle sedi di Lipari e Catania.

Tramite lo sfruttamento delle postazioni di M.te Scrisi in Calabria e di Valverde in prossimità di Catania, e l'utilizzo di ponti radio della TEM sistema 7A operante nella gamma UHF, vennero realizzati dei collegamenti che sfruttando la banda fonica, consentirono il trasferimento dei dati delle stazioni remote dal centro di raccolta di Lipari verso Catania.

Il 12 Luglio del 1988 si è ultimata l'installazione delle strumentazioni con l'acquisizione a Catania dei dati sismici.

Da considerare che il ponte radio Lipari-Catania, operava principalmente su due tratte con tragitto ciascuna di circa 100Km, con il 90% di transito sul mare.

Il fading di tratta ha portato ad una complessa serie di misure di campo radioelettrico, per la valutazione delle

variazioni stagionali.

La larghezza di banda di tale collegamento (300 - 3600 Hz), permise il trasferimento dei segnali sismici, fino ad allora disponibili solo nella sede di Lipari, presso l'I.I.V. di Catania.

I canali radio, ognuno dei quali conteneva fino a 8 segnali sismici, erano tra loro miscelati attraverso la tecnica FDM (Frequency Division Multiplexing).

Successivamente si preferì diversificare la tipologia dei collegamenti, sfruttando un CDF (collegamento diretto fonico) via cavo tra Lipari e Catania, per assicurare la continuità dell'acquisizione anche in caso di malfunzionamento della tratta a radiofrequenza.

Questi interventi hanno dato notevoli vantaggi e facilitazioni nelle attività di sorveglianza e ricerca proprie dell'U.R..

Il raddoppio della tratta via cavo tra Lipari e Catania, portò alla configurazione finale con la quasi totalità delle stazioni eoliane acquisite presso la sede di Catania dell'I.I.V..

Nel 1989 la rete sismica delle Isole Eolie era costituita da dieci stazioni sismiche analogiche permanenti, equipaggiate con sensori a corto periodo ( Geotech S-13 / 1 sec.), ma unicamente a componente verticale.

In seguito all'eruzione dell'Etna del settembre del 1989, presso la sede di Catania venne istituito un presidio permanente di sorveglianza strumentale, allo scopo di dare tempestive informazioni di protezione civile, nel caso che episodi sismici superassero una certa soglia, tale da far ipotiz-



Figura 26 Il digitalizzatore LeCroy.  
Figure 26 The LeCroy digitize.

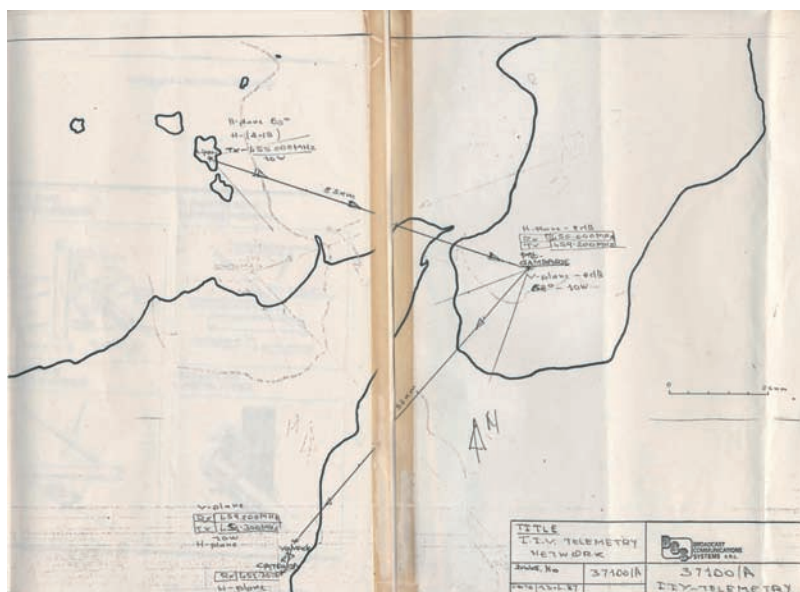


Figura 27 Mappa dei radiocollegamenti tra Lipari e Catania.  
Figure 27 Radio-transmission map between Lipari and Catania.

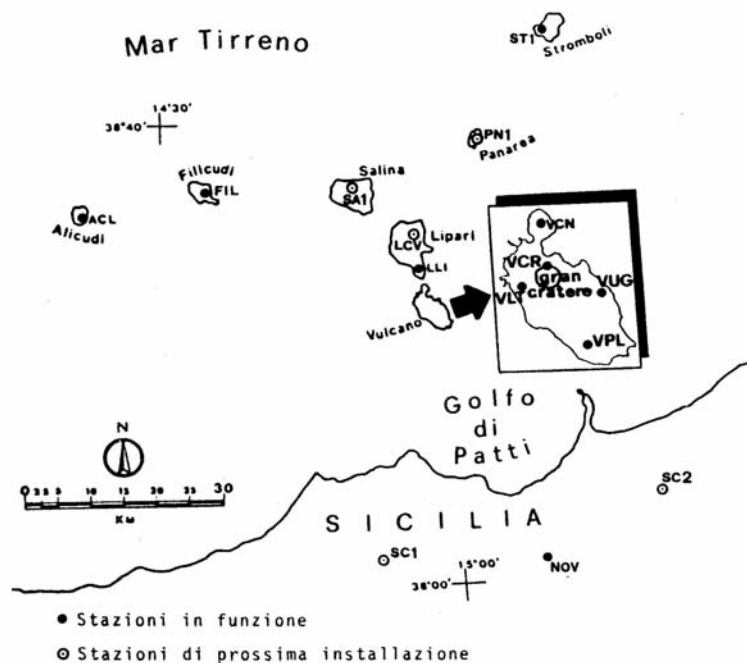


TABELLA 1

Sigle e coordinate delle stazioni in funzione

Stazione	Sigla	Coordinate	
Alicudi	ACL	38.5330N	14.3556E
Filicudi	FIL	38.5644N	14.5660E
Lipari	LLI	38.4452N	14.9483E
Novara di Sicilia	NOV	38.0278N	15.1367E
Stromboli	STI	38.7841N	15.1930E
Vulcano Cratere	VCR	38.4080N	14.9623E
Vulcano Grillo	VUG	38.3961N	14.9865E
Vulcano Lentia	VLT	38.3962N	14.9479E
Vulcano Piano	VPL	38.3754N	14.9798E
Vulcanello	VCN	38.4275N	14.9616E

**Figura 28** La rete sismica analogica [Neri et al. 1989].  
**Figure 28** The analogic seismic network [Neri et al. 1989].

zare un cambiamento dello stato fisico del vulcano.

A tale scopo nel laboratorio dell'Osservatorio di Lipari, il tecnico Velardita costruì il "rilevatore automatico di eventi sismici": un perfezionamento del sistema in uso dalla seconda metà degli anni 70 a Lipari.

Il criterio di funzionamento era basato sulle logiche delle soglie e sul "confronto" dei segnali sismici giunti in ingresso.

Con tre canali indipendenti, questa nuova versione chiamata ASES, acronimo di Allarme sonoro per il riconoscimento di eventi sismici, prevedeva l'azionamento di una sirena per un tempo di 30 sec., che interveniva solo nel caso in cui contemporaneamente le tre stazioni connesse, rivelavano un evento sismico superiore ad una certa soglia ( $M 2.5$ ), scartando i disturbi casuali, rilevati da una

singola stazione [Velardita et al., 1990].

Alla fine degli anni ottanta, le stazioni remote presenti attorno al monte Etna era otto:

- S. Venerina (SVN)
- S.M. Licodia (SML)
- Scoriavacca (SCV)
- Catania (CTA)
- Castiglione (CTS)
- Serra Pizzuta Calvarina (ESP)
- Pizzo Felicia (PZF)
- Pizzi De Nei (PDN)

## 4. Il digitale nei sistemi di acquisizione

### 4.1 Gli sviluppi negli anni novanta

Dal gennaio del 1993 e fino al 1998, l'Osservatorio rimane sotto la guida del geologo Eugenio Privitera, che divenne il nuovo responsabile dell'U.R. Sismologia Eolie.

Egli avvertì da subito l'esigenza di un ammodernamento ed adeguamento tecnologico del Centro Acquisizione Dati (CAD) dell'osservatorio, anche nell'ottica di un futuro incremento della produzione di dati geofisici, attraverso la progettazione di nuovi sistemi di acquisizione digitali; si impegnò inoltre per il ripristino delle stazioni sismiche di Novara di Sicilia, Filicudi e Salina [Privitera et al., 1993].

A partire dal luglio 1994, due importanti novità pongono l'osservatorio all'avanguardia nel campo dell'acquisizione in sismologia, in quella che possiamo considerare la quarta fase dello sviluppo della RSP:

- la trasformazione delle stazioni sismiche da mono-componente a tre componenti;
- il passaggio al digitale.

La soluzione triassiale, descrive con completezza il moto del suolo, utilizzando oltre ad un sensore posto verticalmente, altri due sensori orientati secondo le direttrici Nord/Sud e Est/Ovest, per l'acquisizione della componente orizzontale.

In base alla componente considerata, possiamo conoscere se il terreno solidale con il sensore sismico si solleva o si abbassa, oppure se il terreno si sposta in modo parallelo alla superficie terrestre.

Questa configurazione a tre componenti è importante, perché permette di stabilire se il primo impulso che arriva nella stazione di registrazione è rivolto verso l'alto o verso



**Figura 29** Come si presentava l'Osservatorio fino anni novanta, prima della ristrutturazione.

**Figure 29** The Observatory in the 90s, before the building renovation.

il basso; se è rivolto verso l'alto ciò significa che le onde generate dall'ipocentro del terremoto, quando arrivano nella stazione di registrazione spingono verso l'alto il terreno cioè lo comprimono; al contrario se il primo impulso è rivolto verso il basso, le onde esercitano sul terreno un'azione di trazione cioè di distensione.

Con le altre due componenti abbiamo la possibilità di conoscere le componenti orizzontali del primo impulso e cioè verso quale direzione, riferita al Nord geografico, si muove il terreno.

Con i tre dati possiamo avere un'idea precisa dell'orientazione del vettore di movimento del terreno sottostante alla stazione di registrazione.

È evidente che se si dispone di un numero sufficientemente ampio di stazioni dislocate in un dato territorio, si può con sufficiente sicurezza conoscere l'orientazione degli sforzi che hanno generato il terremoto.

Il meccanismo focale di un terremoto ci dice quindi, il tipo e l'orientazione della faglia che ha agito nell'ipocentro, e quindi se il regime tettonico responsabile della sua formazione è: compressivo o estensionale o trascorrente, o ancora per quest'ultimo caso, di quale combinazione si tratti (transpressivo e trantensivo).

Il riconoscimento del meccanismo focale, necessita che il terremoto studiato abbia una sufficiente energia; occorre inoltre avere a disposizione un numero adeguato di stazioni.

Intanto, a seguito di frequenti guasti ai nuovi sistemi di acquisizione digitali, causati dalle scariche atmosferiche, che in assenza di adeguata protezione parafulmini si abbattevano sulle antenne UHF, nonché sulle linee telefoniche ed elettriche aeree, il direttore



**Figura 30** La sede degli uffici, in località Diana (Lipari centro).  
**Figure 30** The main office building in the Diana district (Lipari centre).



Villari dispose il temporaneo trasferimento delle apparecchiature e degli uffici del personale, in una sede più sicura, nell'attesa di un adeguamento tecnico ed infrastrutturale, della sede storica di monte Falcone.

A questo scopo, dal giugno 1993, venne preso in locazione un palazzo sito in via Bagnicello, prossimo al centro di Lipari, nel quale vennero alloggiati i sistemi strumentali sismologici, e quelli relativi alle U.R. di Deformazioni del suolo e di Vulcanologia.

Contestualmente venne disimpegnato definitivamente il palazzo in località Diana, fin dal 1967 sede degli uffici e degli alloggi del personale.

Per diversi anni l'osservatorio di Lipari, rimase utilizzato marginalmente, in attesa di una nuova ristrutturazione e dell'adeguamento degli impianti, mentre intanto nel '94, fu ultimata la strada rotabile; rimasero attivi soltanto alcuni ripetitori per il collegamento radio tra le stazioni presenti sulle isole di Alicudi e Filicudi e la sede provvisoria di Bagnicello.

#### 4.2 Il passaggio dall'analogico al digitale

Aver scoperto alcuni decenni or sono la digitalizzazione, cioè il modo di trasformare un segnale analogico in sequenza di numeri attraverso il campionamento, e la possibilità garantita dal teorema di Shannon, in certe condizioni, di poter ricostruire il segnale analogico da quello digitale ricevuto, ha dato il via all'era del digitale.

Si è subito capito che poter trasformare tutti i segnali analogici in digitali, avrebbe consentito l'integrazione dei servizi. Un solo canale trasmissivo per trasportare bit (cifre binarie di un numero), permetteva di trasmettere, testi, voci, suoni, immagini e video.

In pratica si converte il contenuto informativo in una sequenza di numeri, attraverso un protocollo noto al destinatario, si trasmettono bit, e alla ricezione si riconverte il numero ricevuto in segnale analogico originario.

Ecco che televisione, radio, telefono, computer, telescriventi, fax ecc. diventano un unico strumento multimediale.

Inoltre la trasmissione digitale garantisce meglio dal rumore; tale affermazione ha bisogno di un'ulteriore specificazione.

I segnali analogici subiscono delle deformazioni nel canale di trasmissione a causa di segnali indesiderati di varia origine, ineliminabili, che chiamiamo rumori.

Per fare un esempio, una situazione simile è rappresentata del rumore di fondo che troviamo in strada, quando due individui parlano; il rumore se eccessivo potrebbe impedire la discussione.

Analogamente nelle trasmissioni elettriche tali rumori, interferiscono con il segnale utile e potrebbero creare problemi gravi. Nella trasmissione digitale tali rumori, che sono ineliminabili, disturbano il segnale, ma poiché esso è costituito da soli 1 o 0, hanno meno influenza.

Questi 1 o 0 del digitale binario non rappresentano i nume-



**Figura 31** La sala acquisizioni presso la sede di m.te Falcone, a metà degli anni novanta.

**Figure 31** The acquisition room in the Mt. Falcone station, mid-90s.

ri specifici, ma due posizioni: alto-basso, vero-falso.

Quindi se nella realtà usiamo una grandezza elettrica, quale per esempio la tensione, i due livelli possono essere rappresentati con livello alto in una direzione e livello alto nella direzione opposta.

Questo significa che tutto il rumore che non crea errori d'inversione del bit ricevuto, è un rumore inefficace e quindi tollerabile.

#### 4.3 Primi esperimenti con la tecnologia digitale: La RSP a larga banda di Stromboli

Nel 1995 ha preso il via presso l'I.I.V.-CT, la realizzazione di un progetto di potenziamento del sistema di monitoraggio sismico permanente del vulcano Stromboli, attraverso l'impiego di stazioni a larga banda

Registrazioni continue di segnali sismici sono disponibili sin dal 1985, con l'installazione della stazione di Ginostara; oltre a questa stazione altri apparati di rilevazione sismica hanno funzionato solo discontinuamente nei precedenti 20 anni.

Tra questi, le stazioni Broad Band (BB) dette appunto a larga banda, hanno provato l'esistenza di segnali al di sotto di 1 Hz, originati dal sistema vulcanico.

L'interesse per queste moderne stazioni in aree vulcaniche, è legato alla possibilità da loro offerta, di investigare la banda di frequenza che va da alcuni secondi fino a 100Hz. Essi sono sistemi a feedback che assicurano linearità e stabilità in confronto con i convenzionali sismometri inerziali offrendo al tempo stesso un ampio range dinamico.

Il range dinamico delle stazioni analogiche usualmente nell'ordine dei 60 db, viene a raddoppiarsi con l'impiego di dette stazioni digitali BB e con i digitaliz-

zatori a 24 bit (circa 6 dB ogni bit); ciò significa che le stazioni broadband, permettono un'analisi dei segnali, che si presentano con un contenuto spettrale vario nelle diverse parti dello spettro, senza compromissione alcuna delle informazioni, anche in assenza di un prefiltraggio dei dati. Partendo da queste considerazioni, ci si è proposti di monitorare in modo continuo l'attività sismica sullo Stromboli, tramite una rete permanente.

A tale scopo furono installate nell'agosto del 1995 e nel settembre del 1997, due stazioni nei siti di Timpone del Fuoco (TF1) e Punta Lena (PL1).

Il sensore BB impiegato, il CMG-4T è attivo, ed è composto da un trasduttore di tipo capacitivo e da un feedback elettromagnetico. Lo spostamento relativo della massa del sismometro dovuta ad un'accelerazione in ingresso viene vista dal trasduttore capacitivo; in pratica il sistema di detezione, è costituito da un capacitore le cui armature si muovono esternamente ad un massa/dielettrico, facendo variare la capacità che inserita in un circuito elettrico provoca una variazione di corrente. Il segnale viene amplificato e dopo essere processato è applicato alle due bobine poste all'interno di un magnete permanente, e solidali con la struttura del sensore.

Si genera così una forza di feedback che controlla il movimento del sensore.

La risposta del sensore è in accelerazione (dc-100Hz) ma è disponibile un'uscita in velocità tramite un filtro del 2° ordine a variabile di stato (10 sec -100Hz).

Il periodo naturale del pendolo è di circa 0.08 sec (12 Hz)

Per l'acquisizione dei dati BB, è stato usato il sistema PCM 5800 prodotto dalla *Lennartz Electronic*, Tübingen Germany.

#### 4.4 PCM cos'è? Considerazioni sulla frequenza di campionamento

La modulazione ad impulsi codificati (Pulse Code Modulation) è una tecnica per convertire l'informazione analogica in un codice binario specifico per la trasmissione, attraverso canali di comunicazione digitali.

Nella PCM, il segnale dell'informazione da trasmettere è campionato ad intervalli regolari e ad ogni campione è associato un codice digitale di  $n$  bit che corrisponde all'ampiezza del campione.

Quindi la PCM è ottenuta da un processo di conversione analogico/digitale.

Con un codice a 12 bit il convertitore riesce a distinguere 4096 livelli di quantizzazione ( $2^{12}$ ).

La massima frequenza del segnale che può essere acquisita, è limitata dal valore della frequenza di campionamento e da un fattore di sovracampionamento dovuto al fenomeno dell'alias. Sappiamo che, in un segnale le frequenze di sopra della frequenza di Nyquist sono alias e quindi per prevenire il fenomeno dell'aliasing sarebbe opportuno l'uso di un filtro ideale passa-basso con corner frequency impostata esattamente o molto vicino alla frequenza di Nyquist.

Tuttavia, è impossibile ottenere filtri ideali, quindi il consueto approccio è quello di utilizzare un filtro, passa-basso con una moderata pendenza e scegliere la corner frequency in modo che l'ampiezza del segnale alla frequenza di Nyquist sia sufficientemente attenuata.

Per sopprimere l'effetto alias, ogni segnale viene filtrato tramite un filtro passa basso prima dell'ADC con un filtro a 6 poli con una pendenza di -36 dB/oct.

La corner frequency di questo filtro antialias situato sul modulo amplificatore/filtro, è fissato nella nostra configurazione a  $1/5$  della frequenza di campionamento.

Essa è impostata a 250 Hz quindi la massima frequenza utile del segnale è di 50 Hz.

Al fine di utilizzare l'ampia gamma dinamica del sensore *Guralp CMG4* che va da 0,10 a 100 Hz la corner frequency viene definita mediante il calcolo del valore di alcuni resistori che andranno ad essere collocati all'interno del modulo amplificatore filtro, per estendere il valore massimo del segnale di frequenza.

La stazione è dotata di un filtro passa alto collocato dopo l'ADC; esso è ad un polo con -6 dB/oct. di pendenza.

La corner frequency del filtro digitale passa alto, è impostata da software a 102 sec per un massimo utilizzo del segnale sismico proveniente dal *Guralp*.

#### 4.5 Il sistema digitale PCM 5800. Caratteristiche e componenti

Il sistema PCM 5800 è un sistema versatile e flessibile per l'acquisizione in digitale di dati sismici. I parametri di configurazione (filtri, amplificazioni, frequenza di campionamento, ecc.) sono selezionabili tramite una tastiera alfanumerica ed un display integrato a cristalli liquidi posta sul frontale della strumentazione secondo dei menù guidati.

Il convertitore analogico-digitale (ADC) a 12 bit insieme allo stadio di amplificazione a guadagno variabile (gain ranging) permettono di ottenere un'ampia dinamica.

Il sistema PCM 5800 è configurabile in tre diverse funzioni: encoder, mixer e decoder.

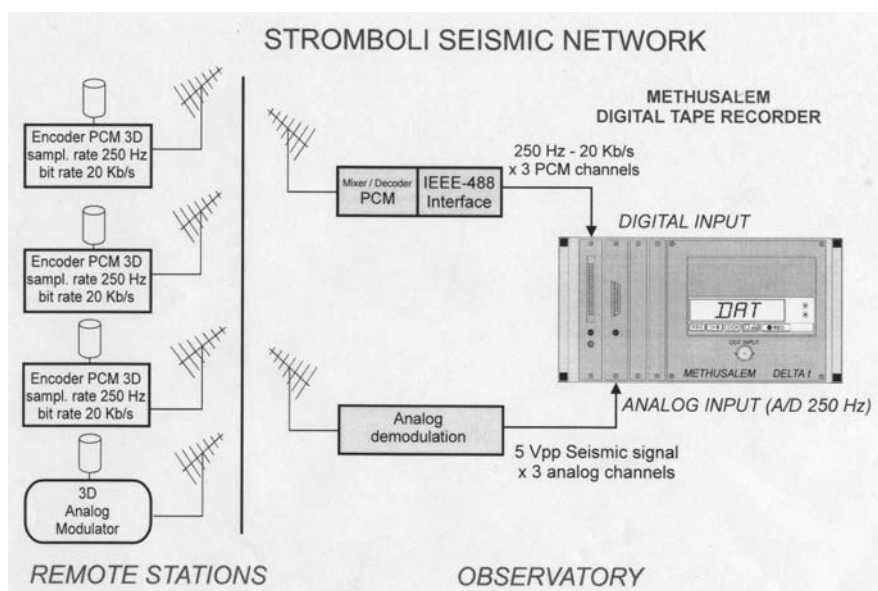
Nella configurazione prevista, l'encoder è allocato presso le stazioni remote e presiede alle funzioni di conversione A/D, calcolo del filtro passa alto del segnale sismico digitale in ingresso.

I segnali analogici sono inseriti nel sistema digitale tramite i moduli d'ingresso analogici i quali contengono il preamplificatore e lo stadio antialias.

Lo stadio ADC gain ranging, permette un campionamento d'ogni singolo canale al suo valore ottimale, con una velocità massima di conversione di 500  $\mu$ sec.

Esso usa un PGA (Programmable Gain Amplifier) 3606 AG Brown Boweri e un ADC1210HCD National come stadio ADC. L'uscita dei dati PCM viene effettuata tramite un'interfaccia seriale PCM.

Tutte le funzioni del sistema sono controllate tramite un processore posto all'interno della scheda Master CPU.



**Figura 32** La rete sismica di Stromboli.  
**Figure 32** The seismic network of Stromboli.

Questa controlla lo scambio dei dati, l'organizzazione della memoria comune, e gestisce le fasi d'elaborazione. Il codice PCM seriale che contiene le informazioni sismiche e trasmesso tramite una linea telemetrica UHF, che garantisce una trasmissione on-line.

Il mixer allocato presso la stazione centrale, presiede alla funzione primaria di concentratore di segnali, al fine di permettere la registrazione sulle due tracce del registratore magnetico PCM, anche di un numero maggiore di due canali.

Nel caso in esame le 4 stazioni, attraverso le linee telemetriche, pervengono al mixer tramite i suoi 4 ingressi PCM, in esso vengono riunite in due flussi PCM e poi registrate sulle due tracce del registratore.

Il Mixer è corredato da un ricevitore del segnale del tempo DCF77 autoalimentato e sintonizzato costantemente sulla frequenza di 77.5 KHz trasmessa dalla stazione DCF, Mainflingen, W. Germany.

Fornisce un codice orario con la precisione di +/-10 ms e copre la distanza di 2000 Km durante il giorno, e >3000Km durante la notte; esso costituisce il sistema di riferimento dell'intera rete.

Il Mixer consente l'inserimento del codice temporale in quello digitale finale d'uscita.

Altre importanti funzioni sono: risincronizzazione delle linee di dati PCM in ingresso, la valutazione delle informazioni sul trigger relative alle stazioni remote, valutazione dei tempi di preevento e postevento.

Per ultimo il mixer fornisce il codice PCM con le informazioni (sismiche, orarie, trigger, ecc.) tramite scheda PCM output per la registrazione e l'elaborazione successiva.

Il decoder, anch'esso allocato presso la stazione centrale, è utilizzato per decodificare i dati provenienti dal registrato-

re di playback.

Esso è dotato di una scheda per l'ingresso dei dati PCM, di un'interfaccia IEEE488 per la connessione al personal computer d'elaborazione, e di uscite analogiche per la visualizzazione su registratori a carta.

La scheda d'ingresso dei dati seriali PCM riceve i dati provenienti dal registratore magnetico, li sincronizza, indica eventuali errori presenti nel codice tramite un indicatore LED ERROR posto sul frontale della scheda e trasferisce il codice seriale al microprocessore (MASTER CPU). Il processore secondario (Slave CPU) interviene da solo per calcoli speciali, o insieme al processore principale.

I dati dei vari canali sono inizialmente memorizzati in un buffer e poi trasferiti mediante interfaccia IEEE488 al personal computer di elaborazione.

L'interfaccia si compone di due schede: una contiene un processore secondario per elaborazioni preliminari, l'altra, la parte d'interfaccia vera e propria, comprende un sistema d'alimentazione separato e i circuiti d'ingresso/uscita.

Sul frontale della scheda è presente un connettore standard IEEE488 e un led TRANSFER ON che si attiva durante il trasferimento del blocco di dati.

I dati dei vari canali sono inizialmente memorizzati in un buffer e poi trasferiti tramite interfaccia IEEE488 al Methusalem GBIB-9.

#### 4.6 Methusalem GBIB-9

Prodotto dalla Delta, utilizza come supporti di registrazione la cassette DAT.

La finestra temporale coperta con una cassetta dipende dalla configurazione scelta per il sistema ed è ovviamente inversamente proporzionale al numero dei canali acquisiti.

Nella sua configurazione finale con 9 canali digitali e 3 analogici, e una frequenza di campionamento di 250 Hz, con una DAT da 90 metri (2 GB, 1800 blocchi) si coprono più di 50 ore.

Nell'attuale configurazione vale a dire con 2 stazioni 3D a 125 Hz quindi con 6 canali PCM a 125 Hz con una cassetta si coprono circa 10 giorni di registrazione continua.

I segnali analogici vengono immessi al Methusalem direttamente tramite un connettore frontale, campionati alla stessa frequenza dei segnali digitali e posti in una coda, in attesa di essere allineati con i segnali digitali.

Si può presentare un ritardo dei segnali digitali rispetto agli analogici, in tal caso lo strumento aggiunge o toglie campioni fino ad ottenere una perfetta sincronizzazione.

Il riferimento temporale è assicurato tramite un ricevitore DCF collegato al Methusalem.

I dati acquisiti vanno a riempire un buffer da 768 Kb che si scarica ogni 7 minuti circa sulla DAT.

Il Methusalem può essere programmato in maniera interattiva tramite un PC che può anche servire per monitorare i vari canali.

Lo strumento lavora anche senza terminale e può facilmente essere programmato e poi lasciato in campagna.

#### 4.7 Methusalem SCSI

Il playback dei dati registrati avviene tramite il Methusalem SCSI ed un PC corredato di apposito software.

Può essere vista una directory della cassetta, contenente informazioni sull'orario dell'acquisizione, numero di canali, frequenza di campionamento, prima del trasferimento dei dati in modo da posizionarsi sulla parte di nastro desiderata.

Infine un demultiplex dei dati, con un software sviluppato dal nostro gruppo, permette di leggere il formato Lennartz e convertirlo in formato binario (double per i digitali e integer per gli analogici) così da rendere i dati trattabili da software di analisi di tipo comune come il Dadisp.



**Figura 33** Il sistema Methusalem correlato al pc.  
**Figure 33** The Methusalem-PC acquisition system.

## 5. Sviluppo del progetto digitale

Per un maggiore approfondimento del quadro strutturale della Sicilia nord-orientale, si era reso indispensabile nel '99 l'avvio di una nuova organizzazione scientifica diretta da Villari, chiamata Poseidon. Ad esso si riconosce il merito di un incremento nella produzione di dati strumentali, tramite una più capillare distribuzione di stazioni analogiche sul territorio, compresa l'area dello Stretto (dopo la dismissione della rete facente capo all'Osservatorio Sismologico di Messina, avvenuta all'inizio di quel decennio).

Da lì a poco, col D.L. n.381 del 29/09/99, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia raggruppò a sé gli enti italiani di ricerca e le strutture operanti in campo geofisico, sismologico e vulcanologico, compresi il Poseidon e l'I.I.V.-C.N.R. di Catania.

Il nuovo ente divenne operativo a tutti gli effetti dal gennaio del 2001.

L'Istituto di Catania fu riorganizzato in cinque Unità Funzionali (UF):

- Deformazioni e Geodesia, UFDG
- Gravimetria e Magnetismo, UFGM
- Vulcanologia e Geochimica, UFVG
- Sismologia, UFS
- Sala Operativa, SO

Nel Novembre del 2003 è stato lanciato un nuovo processo di ammodernamento della rete a larga banda, con l'installazione sull'Etna di otto stazioni digitali e con la progressiva sostituzione dei sensori singoli a corto periodo (1 sec.) caratterizzanti la vecchia rete analogica, a favore dei nuovi sistemi digitali impieganti soluzioni triassiali BB.

Nel corso dell'emergenza eruttiva dello Stromboli 2002-2003 il numero di stazioni ubicate attorno al vulcano, viene significamente potenziato; ad oggi operano 13 stazioni digitali a larga banda, co-gestite con la Sezione INGV dell'Osservatorio Vesuviano.

Molte stazioni della nuova rete sismica, hanno occupato gli stessi siti, conservando in certi casi la tradizionale strumentazione analogica, naturalmente affiancata dai nuovi sistemi digitali, che tendono ad inglobare vari dispositivi, utili ad uno studio multidisciplinare dei fenomeni geofisici.

Il sistema di trasferimento dei dati adottato è di tipo misto, terrestre e satellitare.

### 5.1 Trasmissione via satellite

Nel 2005, un decennio dopo i primi esperimenti con il digitale, prende il via il progetto di estensione a tutte le stazioni della rete, della tecnologia digitale e di applicazione di moderne tecniche di trasmissione via satellite.

I dati sismici sono adesso direttamente acquisiti in forma numerica e disponibili direttamente sotto forma di file nelle memorie dei computer, saltando così tutte le fasi intermedie di passaggio dall'analogico al digitale.

Nell'ambito del progetto d'unificazione delle reti sismiche dell'INGV, anche per le Eolie si è proceduto con l'impiego della tecnologia offerta dal sistema *LIBRA Nanometrics*.

Il sistema LIBRA è un sistema integrato di comunicazione satellitare progettato specificatamente per studi sismici e ambientali e comprende:

- l'acquisizione, il trasferimento e la centralizzazione dati sismici;
- il controllo dei parametri di acquisizione e di trasmissione tramite monitoraggio SOH (State Of Health) ed infine il software di gestione.

## 5.2 Le comunicazioni satellitari

Le diverse centinaia di satelliti per telecomunicazioni in orbita geostazionaria equatoriale, hanno lo scopo di fare da ripetitore fra due stazioni, in ponte radio terrestri.

Secondo le leggi di Keplero, l'orbita di un satellite attorno ad un corpo celeste, applicata al caso della terra, può essere o una circonferenza con la terra al centro, oppure una ellissi con la terra in uno dei due fuochi.

I satelliti per telecomunicazioni si muovono in orbite circolari equatoriali, e compiendo un giro esattamente ogni 24 ore, ci appaiono come se fossero immobili nel cielo (geostazionari). Questa loro caratteristica, volutamente studiata, ci consente di puntare su di loro le nostre antenne paraboliche fisse dei ponti radio satellitari.

## 5.3 Il sistema Libra Nanometrics per reti sismiche a trasmissione sat

Il sistema utilizza terminali VSAT: Very Small Aperture Terminal (diametro antenne 1.2-1.8 m.).

I terminali satellitari VSAT vengono usati per comunicazioni bidirezionali (50.000 VSAT nel 1990 e 600.000 nel 2002).

Il sistema Libra utilizza un sistema robusto per la ricostruzione dei pacchetti persi durante la trasmissione.

Il central Hub si accorge della mancanza di alcune informazioni e ne fa richiesta alla stazione interessata.

Durante un ampio evento sismico, il digitalizzatore può generare 20 sec di dati non compressi a 4 byte, i quali possono saturare temporaneamente la banda satellitare riservata a questa stazione.

Se assumiamo che il volume dei dati sismici prodotti ritornerà a 1,2 bytes/sec dopo l'evento, possiamo calcolare che il transceiver satellitare, trasmetterà tutte le informazioni non trasmesse e continuerà a trasmettere le nuove informazioni, nei 50 sec susseguenti all'evento.

La stessa cosa succede quando il canale di comunicazione satellitare è temporaneamente non disponibile per rainfade o per eclisse solare del satellite.

In questi casi i segnali sismici sono memorizzati in un ring-buffer interno e trasmessi non appena il canale di trasmissione ritornerà disponibile.

Le principali caratteristiche del sistema riguardano l'utilizzo

della modulazione QPSK (quadrature phase shift key) e BPSK (bipolar phase shift key), una notevole quantità d'informazioni trasferite, fino a 112 Kbps, a fronte di una bassa occupazione di banda satellitare 100 KHz.

Ciò è reso possibile grazie all'uso del Time Domain Multiple Access (TDMA): tecnica di multiplexazione numerica, in cui la condivisione del segmento da parte degli utenti è realizzata mediante ripartizione del tempo d'accesso.

Il sistema inoltre consente una allocazione dinamica della larghezza di banda.

## 5.4 Footprint del satellite IS901

Il satellite in uso per questa applicazione è il Satellite Intelsat 901 posto a 342° est, ma non è escluso l'utilizzo alle medesime condizioni, di provider satellitari alternativi, sia per migliori condizioni commerciali sia per estensione del sistema ad aree non coperte da esso.

L'IS901 assicura una copertura in banda KU (14-14.5 GHz in uplink 10.95-11.45 downlink) in aree ad alta densità di popolazione di seguito riportate.

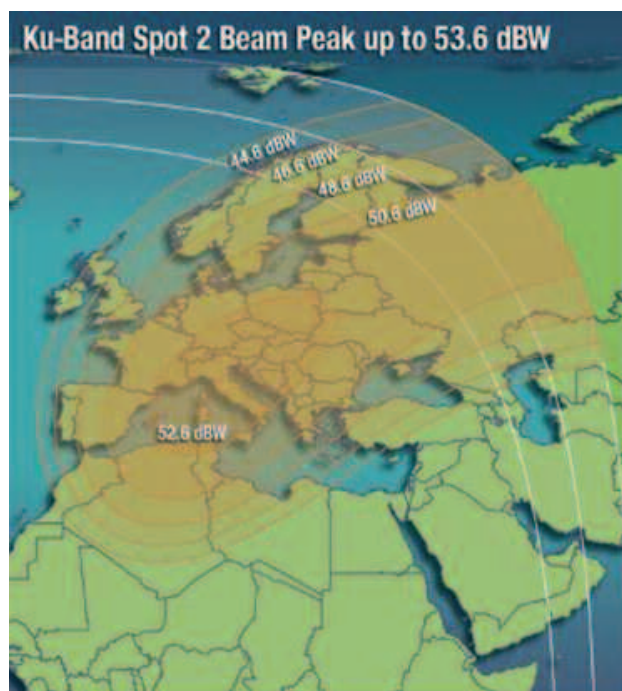


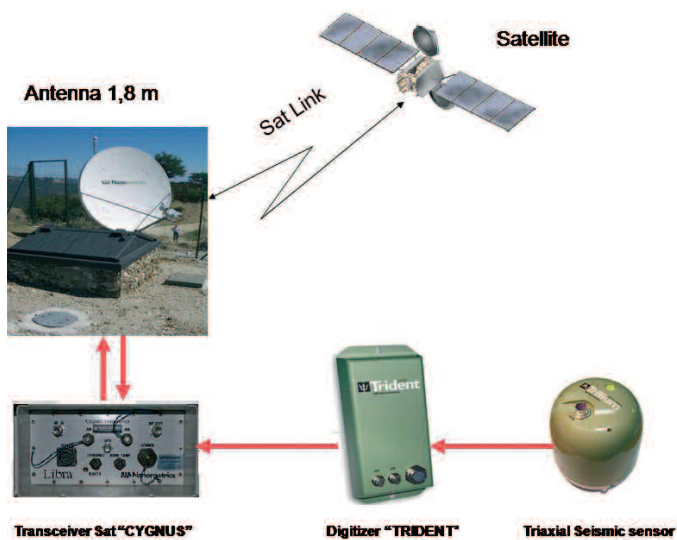
Figura 34 Footprint del satellite IS901.  
Figure 34 The IS901 satellite footprint.

L'alto EIRP: Effective Isotropic Radiated Power permette l'uso di antenne di piccole dimensioni.

Il segnale rilevato dal sensore sismico, viene digitalizzato attraverso il digitalizzatore *Trident* e consegnato al Transceiver satellitare *Cygnus*.

Attraverso la parabola da 1.8 m e il collegamento satellitare, il segnale sismico giunge alla stazione centrale.

L'allineamento temporale è assicurato da un ricevitore gps.



**Figura 35** Struttura di una stazione sismica digitale.  
**Figure 35** A digital seismic station system.

## 5.5 Il central hub

Comprende la parabola da 3.8 m, il transceiver satellitare Carina e i dispositivi (RF splitter/combiner e Waveguide combiner) che consentono l'uso di una sola parabola per collegare fino a 16 Carina.

Il Central Hub è collocato presso la sede di Catania dove i dati provenienti dalle stazioni remote vengono acquisiti.

Qui avviene la gestione delle comunicazioni con le stazioni remote, comprendente l'invio delle tabelle TDMA alle singole stazioni, che impartiscono ad esse i turni di dialogo, e l'invio delle richieste di ritrasmissione dei dati eventualmente persi lungo la tratta satellitare.

Per minimizzare lo spazio occupato sul segmento satellitare, Carina implementa il Time Division Multiple Access (TDMA). Questo metodo di condivisione della frequenza consiste in



**Figura 36** Antenna parabolica da 3.8 m, installata presso la sede CUAD di Catania.  
**Figure 36** Satellite dish, 3.8 m, installed at the CUAD base in Catania.

una sequenza temporale ordinata, di slots. Ogni stazione remota può trasmettere soltanto durante il determinato slot di tempo, ad essa assegnato.

L'ordine degli slot è trasmesso alle stazioni VSAT dal Carina hub.

I dati sismici vengono acquisiti sul server del sistema sul quale gira il software NAQSERVER.

Una variante alla trasmissione satellitare è la trasmissione mista: terrestre fino ad un concentratore satellitare, che rilancia via satellite tutti i dati in transito direttamente all'hub centrale.

È il caso di tre stazioni sull'isola di Vulcano, che data la vicinanza e la visibilità con l'osservatorio di Lipari, sfruttano una rete WLAN 2,4 GHz con architettura any point-to-multi-point, per il collegamento delle stazioni remote al concentratore di Lipari.

Le stazioni dotate di tecnologia digitale a trasmissione satellitare o mista, sono quelle riportate nella tabella seguente.

Località	Sigla	Trasmissione
Alicudi	IACL	Satellitare
Filicudi	IFIL	Satellitare
Lipari osservatorio	ILLI	Satellitare
Vulcano Grillo	IVUG	Mista
Vulcano Piano	IVPL	Mista
Vulcano Cratere	IVCR	Mista
Vulcano Lentia	IVLT	Mista

**Tabella 5** Stazioni digitali della rete eoliana.  
**Table 5** Digital stations of the Aeolian seismic network.

Il progetto di digitalizzazione dell'intera rete, vedrà la sua completa realizzazione con la trasformazione o nuova realizzazione delle seguenti stazioni: Grotte Palizzi di Vulcano, Panarea, Salina, Stromboli, ed inoltre di Novara di Sicilia, Castoreale, Agira di cui sono già state realizzate le infrastrutture.

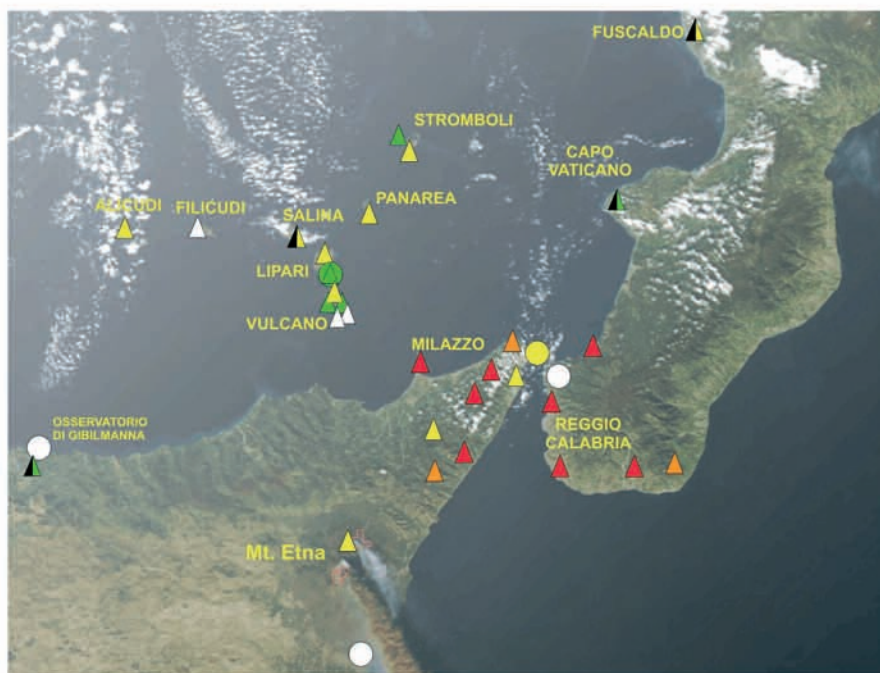
## 6. L'Osservatorio Geofisico di Lipari nel nuovo millennio

### 6.1 La rinnovata rete sismologica dell'INGV-CT

Anche l'Osservatorio Geofisico di Lipari confluì nel 2001, nell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Per la riattivazione della sede storica di Lipari (monte

## L'EVOLUZIONE DELLA RETE SISMICA PERMANENTE DELL'OSSERVATORIO GEOFISICO DI LIPARI



*La quasi totalità delle stazioni sismiche (triangoli mono-colore), che si sono integrate in diversi tempi nella rete dell'Osservatorio di Lipari, conserva oggi gli stessi siti assimilati nella Rete Sismica Permanente dell'INGV, sez. di Catania.*



Distribuzione cronologica delle stazioni (triangoli), facenti capo all'osservatorio di Lipari. Il colore dei cerchi utilizzati per indicare gli osservatori, indica il periodo nel quale avvenne il relativo passaggio tecnologico dai sismografi meccanici alla strumentazione elettronica moderna.

**Figura 37** Mappa delle stazioni sismiche concentrate all'Osservatorio di Lipari.  
**Figure 37** Seismic station map centralized in the Geophysical Observatory of Lipari.

Falcone), nel dicembre del 2002 presero il via le opere edili di ristrutturazione, portate a termine nel 2003.

L'Osservatorio di Lipari, tornò ad essere il nodo di centralizzazione di tutti i dati strumentali.

Prima, il direttore della sezione Giovanni Frazzetta e successivamente, a partire dalla seconda metà del 2002, il suo successore Alessandro Bonaccorso dell'INGV, incaricano il R.U.F. di Sismologia Domenico Patanè, di adoperarsi per il

rinnovamento tecnologico delle strumentazioni sismiche della rete delle isole Eolie.

Così alle Eolie fu condotta una campagna di misure di noise, per testare la qualità dei siti ed evidenziare eventuali effetti di disturbi antropici e ambientali, che portò alla progettazione di una nuova rete sismica; si rese necessario intraprendere la ricostruzione dei pozzetti/box di alloggiamento dei sensori sismici e della strumentazione, sia il rifacimento degli



**Figura 38** Il Centro Acquisizione Dati di Lipari (CAD).  
**Figure 38** The Data Acquisition Centre on Lipari (CAD).

impianti di alimentazione [D'amico S. et al. 2004]. L'emergenza Stromboli del 2003 vede nell'Osservatorio un importante nodo di raccolta di dati, presso cui transitano anche i segnali della rinnovata rete di Stromboli.

Tutti i vari dati strumentali, di pertinenza delle Unità Funzionali di Sismologia, di Vulcanologia e di Deformazione e Geodesia, vennero da allora acquisiti presso il CAD dell'Osservatorio e trasferiti in tempo reale alla Sala Operativa di Catania, tramite connessione Internet dedicata, fornita dal consorzio GARR ( 2 Mbit/s),

Le stazioni facenti capo all'Osservatorio Geofisico di Lipari, sono oggi parte integrante della Rete Sismica Permanente della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale dell'INGV, sezione di Catania, che ricopre complessivamente quattro aree: le Eolie, l'Etna, l'Arco Calabro-Peloritano e l'area Iblea. Grazie al drastico potenziamento del 2007, la RSP conta oggi oltre 53 stazioni digitali 3C Broad Band, su un totale di 110 che costituiscono l'intera rete strumentale sismologica, composta anche dalla Rete Sismica Mobile (RSM) e dalla Rete Accelerometrica Permanente (RAP) e dalla Rete Infrasonica (RI).

Molte stazioni occupano ancora i vecchi siti, conservando in alcuni casi la tradizionale strumentazione analogica, naturalmente affiancata dai moderni sistemi multi-parametrici digitali. In particolare molti siti sismologici, ospitano stazioni della Rete Gps Permanente, della RI e RAP (queste due ultime sfruttano gli stessi vettori trasmessivi della RSP).

Le stazioni accelerometriche sono indicate in presenza di segnali sismici di una certa ampiezza, contenendo il proble-

ma dovuto alla saturazione dei sensori sismici; a copertura delle quattro aree sopraccitate monitorate dalla sezione, attualmente ne sono attive 15.

L'acquisizione dei dati accelerometri, avviene prevalentemente "on demand", ovvero soltanto per segnali superiori ad una certa soglia di accelerazione, allo scopo di razionalizzare l'impiego della banda satellitare disponibile.

Solo in determinati siti, ritenuti particolarmente interessanti dal punto di vista del monitoraggio, il segnale accelerometrico è disponibile in continuo.

Il processo di modernizzazione strumentale, insieme all'introduzione di sensori accelerometrici ed infrasonici ha la finalità ultima di creare una Rete Sismica Integrata, a tecnologia avanzata.

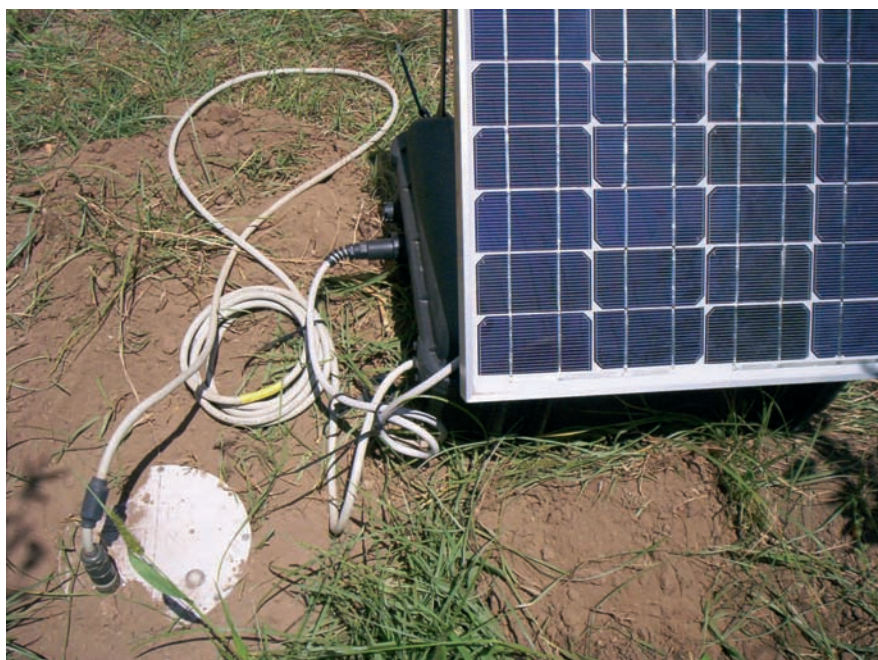
Dal 1 novembre 2008, Domenico Patanè già responsabile dell'UFS e nuovo direttore della Sezione di Catania, riorganizza ognuna delle cinque UF, in Settori Tematici (ST) o Uffici.

In particolare l'UFS, con a capo Raffaele Azzaro, si avvale di 6 ST. Uno di essi raggruppa il gruppo tecnico della sismologia che si occupa espressamente dello sviluppo tecnologico e dei sistemi di sorveglianza e monitoraggio sismico della sezione, composto da otto unità di personale ([www.ct.ingv.it/Sismologia](http://www.ct.ingv.it/Sismologia)).

Di loro, due unità sono dislocate a Lipari: Mario Marturano in servizio presso l'Osservatorio sin dagli esordi e Marco Manni, tecnico elettronico assunto presso l'UFS della sezione, nel giugno del 2006.

Attualmente, 8 delle vecchie 13 stazioni delle Eolie risultano ormai completamente sostituite, ed entro il 2010 tutta la rete





**Figura 39** Installazione di una stazione mobile a Panarea (esperimento Messina 1908-2008). All'interno della custodia ermetica è presente la strumentazione Nanometrics. Sono visibili all'esterno: il pannello di alimentazione solare a 12v ed il sensore Lennads Le 3D 20 sec.  
**Figure 39** A mobile station installed on Panarea (Messina experiment 1908-2008). Inside the watertight case there are the Nanometrics instruments. Outside the 12V solar panel and Lennads Le 3D 20 sec. seismometer.

verrà ammodernata con stazioni digitali a 24 bit.

A tale sviluppo tecnologico ha contribuito e contribuisce l'attuazione del "Programma triennale di estensione e potenziamento dei sistemi di monitoraggio vulcanico e sismico della Sicilia" (detto "Progetto Sicilia"), che prevede l'installazione di 65 stazioni in Sicilia e nelle isole minori.

## 6.2 La Rete Sismica Mobile (RSM)

Un fondamentale contributo alla produzione di dati sismici è parallelamente offerto dalla RSM, che interviene temporaneamente nel monitoraggio a supporto di quella permanente. Il ricorso alla rete mobile è fortemente richiesto nel caso di improvvise crisi sismiche e/o vulcaniche, per lo studio degli effetti di sito nelle aree non densamente provviste di sensori; sono inoltre utili all'acquisizione di noise sismico, nella fase di test che precede la scelta di nuovi siti sismologici permanenti.

La RSM è altresì impiegata nell'ambito di progetti scientifici (come nel caso di esperimenti di tomografia sismica), nello studio di dettaglio di particolari aree sismo-vulcaniche, nello studio dei condotti superficiali dei vulcani attivi etc.

L'impiego della RSM può tuttavia protrarsi nel tempo, nei siti di particolare interesse geofisico.

È il caso della array della Fossa di Vulcano dove nel 2006, sono state installate 3 stazioni sismiche ad acquisizione continua, e nella primavera del 2007 altre 2, posizionate

alla base meridionale del cono vulcanico.

Un array consiste in un'alta concentrazione di sensori, posizionati uno rispetto all'altro ad una distanza inferiore all'onda sismica di interesse, allo scopo di ridurre la dispersione e l'attenuazione del campo d'onda in questione.

Il sistema prevede l'impiego di stazioni digitali Lennartz Encoder PCM 5800 e sensori a larga banda LE-3D 20 sec, impiegati fino al 2001 sull'Etna sempre nella RSM [Rapisarda et al., 2009].

La RSM utilizza soprattutto i sistemi di acquisizione digitale "Nanometrics Taurus" operanti in modalità standalone o anche attraverso trasmissioni wireless e satellitari. La gestione tecnica delle 10 stazioni mobili in dotazione alla sezione, è supervisionata da Salvatore Rapisarda.

## 6.3 La sala visitatori

Dal 2003, presso l'Osservatorio è attiva un'apposita sala, funzionale ai visitatori interessati ad approfondire le conoscenze sui vulcani attivi eoliani e sugli aspetti tecnologici di monitoraggio e sorveglianza.

La realizzazione della Sala Visitatori è stata inizialmente curata da Caterina Piccione (UFVVG), che fino al 2006 ha prestato servizio presso l'Osservatorio, promuovendone gli aspetti divulgativi legati in particolare al vulcanismo eoliano. È in programma l'integrazione di sistemi orientati alla fruizione di contenuti multimediali.



**Figura 40** Particolare della Sala Visitatori.  
**Figure 40** Detail of the Visitor Center.

Questa ricostruzione storica dei 40 anni della sismologia strumentale nel Tirreno meridionale, intende rimarcare il fondamentale ruolo svolto da codesta realtà scientifica, gestita ormai da un decennio dall'INGV, che vede nell'Osservatorio Geofisico di Lipari, un punto strategico e insostituibile, per un'efficace sorveglianza vulcanica e sismica dell'area.

### Ringraziamenti

Rimanga questa trattazione, in memoria dei professionisti, scienziati e personale tecnico, che alle Eolie hanno operato avvalendosi dell'Osservatorio di Lipari, quale punto di

riferimento per le loro attività sul campo e centro ideale per la raccolta dati strumentali.

Va sottolineato l'importante ruolo attribuito a questa struttura, che ha ininterrottamente contribuito e, unitamente agli altri centri INGV dell'arcipelago, oggi contribuisce a garantire la sicurezza della popolazione eoliana e degli innumerevoli visitatori stagionali.

Un pensiero particolare, per la preziosa collaborazione offerta per la realizzazione di questa trattazione, è rivolto al compianto Emanuele Lo Giudice, scomparso nella Pasqua del 2009.

Un riconoscimento va ad Angelino Biviano e a tutto il personale che ha qui stabilmente operato sin dagli esordi; tra loro Salvatore Velardita, venuto a mancare il 25 dicembre del 2009.

Si ringrazia Massimiliano Cascone, del Servizio di Documentazione Scientifica di codesta sezione, per il suo appassionato impegno nel reperire e rendere disponibile svariato materiale documentale, ed il personale della sezione di Catania che ha contribuito narrando la propria diretta esperienza professionale, alla ricostruzione dell'ultraquarantennale attività dell'Osservatorio di Lipari.



**Figura 41** L'Osservatorio Geofisico di Lipari oggi, visto da sud-ovest.  
**Figure 41** The Geophysical Observatory on Lipari today, seen from the Southwest.

## Bibliografia

- Blot C., (1971). *Etudes sismologiques de Vulcano*. O.R.S.T.O.M., France.
- Lo Giudice E., (1973). *L'Osservatorio Geofisico di Lipari e la rete sismica del Basso Tirreno*. Estratto dalla rivista Stromboli, I.I.V.-C.N.R., Messina.
- Lo Giudice E., (1975). *Le tecniche di ripresa all'infrarosso termico applicate ai rilievi aerei dell'isola di Vulcano. Analisi dei risultati in rapporto alla situazione geovulcanica locale*. I.I.V.-C.N.R., Catania, pubblicazione n. 67.
- Bottari A., Cacciamo D., Lo Giudice E. e Neri G. (1981). *Attività sismica osservata nelle stazioni della rete eoliana, nel primo quadrimestre 1981*. I.I.V.-C.N.R., Catania, pubbl. n 159, pp.1-2, 6.
- D'amico S., Di Prima S., Giampiccolo E., Maiolino V., Marturano M., Patanè D., Pellegrino A., Ursino A., Cantarero M., (2004). *Valutazione dei livelli di noise alle stazioni della rete sismica delle Isole Eolie e primi interventi di ristrutturazione*. Quaderni di Geofisica INGV, n. 34/2004.
- Di Prima S., Falsapersa S. e Neri G (1986). *Determinazione della Magnitudo nelle stazioni della rete sismica delle isole Eolie, mediante l'impiego della durata*. I.I.V.-C.N.R., Catania, pubbl. n. 254.
- Di Prima S., Rapisarda S., Scuderi L., Cappuccio P., Contraffatto D., Larocca G., Manni M., Marturano M., Messina A., Platania P.R., Sassano M., Langer H., Privitera E., Spampanato S., Zuccarello L. (2009). *The seismic, accelerometer and infrasound networks in Eastern Sicily operated by INGV*. Sezione di Catania. Conferenza A. Rittmann, Nicolosi (Catania), 11-13 giugno 2009, Abstracts volume.
- Di Prima S., Manni M., Patanè D., (2008). *Evoluzione della Rete Sismica nel Basso Tirreno e nella Sicilia Nord-orientale*. Riassunti estesi del convegno: Scienza e società a cento anni dal Grande terremoto. INGV, Reggio Calabria.
- Del Pezzo E., Giarruso A., Ferulano F. e Martini M., (1980). *Il fattore di qualità nel "Range" 1-12 Hz misurato dalle onde di coda dei microterremoti registrati alla rete delle isole Eolie: Un'analisi preliminare*. I.I.V.-C.N.R., Catania.
- Del Pezzo E. e Martini M., (1978). *Sismicità della Sicilia orientale e delle isole Eolie*. I.I.V.-C.N.R., Catania, rapporto N 3.
- Del Pezzo E., Martini M., Iannaccone G.(1979). *Sismicità e struttura crostale nella zona delle isole Eolie*. Progetto Finalizzato Geodinamica, I.I.V.-C.N.R., pubbl. n. 235, Napoli.
- Gruppo Deformazioni, (1976). *Studio delle deformazioni del suolo quale strumento per la sorveglianza delle aree di vulcanismo attivo: complesso eruttivo Lipari-Vulcano*. I.I.V.-C.N.R., Catania, rapporto tecnico n° 1.
- Iacolino G.. *Campis Pietro: Disegno Historico Della Nobile E Fedelissima Città Di Lipari*. 1694. Famularo Editore, pp 181-183, Lipari.
- Istituto Comprensivo "Gaetano Ponte", (2007). *Biografia dedicata al Fondatore dell'Istituto Vulcanologico Etno*, INGV, Palagonia.
- Martinelli G., (1908). *La sismicità all'isola di Ustica e il periodo Marzo-Aprile*. Annali del Reg. Uff. Centrale di Meteorologia e Geodinamica, vol. XXX, Roma, pp 16.
- Nappi G., (1975). *Sull'attività dello Stromboli (Ottobre 1972-Dicembre 1974)*, Boll. Soc. Geol. It, 94, Roma, 465-478, 12 ff.
- Neri G.,(1990). *Il progetto ricerca "Sismologia Eolie" dell'I.IV-CNR: sintesi delle attività svolte nel periodo 1982 al 1990 e prospettive*. I.I.V.-C.N.R., Catania.
- Platania G., (1908). *Il terremoto calabrese dell'8 Settembre 1905, a Stromboli*. Edizione Tipografia Orario delle Ferrovie, Acireale.
- Peterschmitt E., (1956). *Quelques données nouvelles sur les séismes profonds de la mer Tyrrhénienne*. Annali di Geofisica vol. IX n. 3, Roma, pp. 305-334.
- Peterschmitt E., Tazieff Haroun, (1962). *Sur un nouveau type de secousse volcanique enregistree au Stromboli*. C.R. des Séances de l'Académie de Sciences, t. 255, Paris, pp. 1970-73.
- Paino P., (1978). *Le Isole Lipari -settimo volume- Stromboli*. Edinix Editrice, Lipari.
- Privitera E., Biviano A., Cocina O., Di Prima S., Ferro A., Gambino S., Marturano M., Pellegrino A., Rapisarda S., Spampanato S., Velardita S. (1993). *Progetto di ristrutturazione della Rete Sismica Permanente delle isole Eolie e primi risultati di un esperimento condotto tramite una rete mobile digitale a Vulcano*. Atti del 12 convegno annuale del gruppo Nazionale di Geofisica e della Terra Solida, Catania.
- Rapisarda S., Alparone S., Cammarata L., Cannata A., Contraffatto D., Ferrari F., Manni M., Marturano M., Milluzzo V., Platania P. R., Scuderi L., Torrisi O., Zuccarello L., Gambino S. (2009). *Installazione di 5 stazioni digitali a larga-banda sull'isola di Vulcano: un contributo alla conoscenza della sismicità superficiale della Fossa*. Quaderni di Geofisica n. 67/2009, INGV, pag. 4-5.
- Unità Operativa Sismologia Eolie (1988). *Sismicità entro un raggio di 40 Km intorno a Vulcano, nel trimestre Gennaio-Marzo 1998*. I.I.V.-C.N.R., Catania.
- Velardita S., (1977). *Descrizione di un sistema di rivelazione automatica di eventi sismici*. Rapporto n. 2/77, pubblicazione n. 88 , I.I.V.-C.N.R. di Catania, Lipari.
- Velardita S., Rapisarda S., Privitera E.(1990). *ASES: Allarme sonoro per il riconoscimento di eventi sismici*. Rapporto n. 3/90. I.I.V.-C.N.R. di Catania.



# Indice

<b>Introduzione</b>	5
<b>1. Evoluzione della rete sismica del Basso Tirreno</b>	6
1.1 Le prime stazioni sismiche	6
1.2 L'Osservatorio di Lipari. Brevi cenni storici e Toponomastici	7
1.3 1967: Nasce l'Osservatorio Geofisico di Lipari	8
1.4 La rete sismica sperimentale di Edimburgo	9
<b>2. La Rete Sismica Permanente delle isole Eolie</b>	10
2.1 1969: Nasce l'Istituto Internazionale di Vulcanologia - C.N.R. di Catania	10
2.2 La strumentazione elettronica	10
2.3 Realizzazione e manutenzione delle stazioni	14
2.4 Il Programma Italiano di Sorveglianza vulcanica	15
2.5 La rete eoliana del gruppo deformazioni	15
2.6 Completamento della rete sismica	15
<b>3. Gli sviluppi della Rete Permanente della Sicilia Orientale e della Calabria meridionale</b>	18
3.1 La rete dell'Institute de Phisique du Globe	18
3.2 Il progetto "Sismologia Eolie"	18
3.3 Dalla carta al nastro magnetico	19
3.4 La digitalizzazione dei segnali sismici	21
3.5 Collegamento con la sede di Catania	22
<b>4. Il digitale nei sistemi di acquisizione</b>	24
4.1 Gli sviluppi negli anni novanta	24
4.2 Il passaggio dall'analogico al digitale	25
4.3 Primi esperimenti con la tecnologia digitale: la rete permanente a larga banda di Stromboli	25
4.4 PCM, che cos'è? Considerazioni sulla frequenza di campionamento	26
4.5 Il sistema digitale PCM5800. Caratteristiche e componenti	26
4.6 Methusalem GBIB-9	27
4.7 Methusalem SCSI	28
<b>5. Sviluppo del progetto digitale</b>	28
5.1 Trasmissione via satellite	28
5.2 Le comunicazioni satellitari	29
5.3 Il sistema Libra Nanometrics per reti sismiche a trasmissione satellitare	29
5.4 Footprint del satellite IS901	29
5.5 Il central hub	30
<b>6. L'Osservatorio di Lipari nel nuovo millennio</b>	30
6.1 La rinnovata rete sismologia dell'INGV-CT	30
6.2 La Rete Sismica Mobile	33
6.3 La sala visitatori	33
<b>Ringraziamenti</b>	34
<b>Bibliografia</b>	35



**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Laboratorio Grafica e Immagini | INGV Roma

© 2010 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Via di Vigna Murata, 605

00143 Roma

Tel. +39 06518601 Fax +39 065041181

**<http://www.ingv.it>**



**Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia**