

# A proposito di precursori sismici elettromagnetici

Claudio Pozzi, IK2PII

29 dicembre 2009

*preprint*

## Sommario

L'articolo propone alcune riflessioni relative al riconoscimento di precursori sismici tramite lo studio delle variazioni dei campi elettromagnetici nello spettro delle onde lunghe e lunghissime. Si rivolge soprattutto a Radioamatori ed a dilettanti che non si sono mai occupati in modo professionale di ricerca scientifica.

L'esistenza di precursori sismici elettromagnetici è una realtà, questo non significa che tra poco saremo capaci di prevedere dove e quando si scatenerà un terremoto. Una rete di monitoraggio dei precursori a maglie strette potrebbe portare contributi importanti alla ricerca, purché sia progettata e gestita con criteri scientifici.

Nell'articolo sono riassunte l'esperienza accumulata in alcuni anni di sperimentazione nelle bande delle onde lunghe e lunghissime ed informazioni ricavate facendo una rapida ricerca sui precursori sismici in Internet.

## Indice

<b>1</b>	<b>Introduzione</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Il metodo scientifico</b>	<b>2</b>
<b>3</b>	<b>La ricerca ufficiale</b>	<b>3</b>
3.1	I lavori di Manno e Mognaschi	3
3.2	Alcuni sviluppi recenti	4
<b>4</b>	<b>Come orientare la ricerca</b>	<b>5</b>
4.1	Il metodo	5
4.2	L'antenna	5
4.3	Il ricevitore	6
4.4	La registrazione dei dati	6
4.5	La rete FESN	6
<b>5</b>	<b>Conclusioni</b>	<b>7</b>

Quelli che s'innamora di pratica senza scienza son come 'l nocchieri ch'entra in navilio senza timone o bussola, che mai ha certezza dove si vada.

---

Leonardo da Vinci, Frammenti letterari e filosofici, Barbera, Firenze, 1809.

*Alla fine degli anni '60 ero un giovane SWL desideroso di imparare. Frequentavo la sezione ARI di Milano che da poco si era trasferita nell'Istituto Tecnico Feltrinelli e finalmente aveva a disposizione un locale nel quale era stata installata la stazione radio. Il Presidente (mi pare fosse Giancarlo Zamagni I2GAH) aveva fatto esporre un grande cartello con la citazione di Leonardo. Quella frase è rimasta impressa in modo indelebile nella mia memoria.*

# 1 Introduzione

L'ultima assemblea nazionale dell'ARI ha approvato il "Progetto precursori sismici" che verrà parzialmente finanziato grazie al contributo statale del cinque per mille.

L'argomento precursori sismici suscita curiosità ed interesse ma anche perplessità e scetticismo. Questi atteggiamenti non sempre sono accompagnati da una conoscenza delle teorie che ipotizzano l'esistenza di precursori e dei fatti che confermano o smentiscono queste teorie. L'irrazionale o il desiderio di scoprire (e possibilmente annunciare per primi) che è possibile prevedere i terremoti ha spesso il sopravvento.

Probabilmente ci si trova oggi in una situazione in cui poche teorie, provvisorie e valide solo in casi particolari, non sono ancora state confermate né smentite da evidenze sperimentali non confutabili. D'altra parte si inizia ad avere alcune raccolte di dati che sembrano confermare il ripetersi di variazioni di campi EM in qualche modo correlabili con eventi sismici.

Si ritiene che solo una minima parte dei Radioamatori che intendono dedicarsi a questa interessante sperimentazione abbiano maturato un'esperienza ed un'abitudine a cimentarsi con studi di questa complessità. Essere, o peggio credere di essere, esperti di radiotecnica e di comunicazione via radio non aiuta molto.

Quando si costruisce un apparato radio è facile determinarne le caratteristiche, basta sottoporlo a misure in laboratorio e verificare le sue prestazioni collegandolo ad un'antenna. Misure e verifiche possono essere ripetute in tempi successivi, magari dopo aver apportato delle modifiche. Si può anche chiedere ad un'altra persona di fare le stesse prove e poi mettere a confronto i risultati.

Ogni radiooperatore verifica la sua abilità dalla facilità con cui collega stazioni lontane in condizioni difficili. Partecipare ai contest è un modo per mettere a confronto la propria abilità con quella di altri.

Individuare un precursore sismico richiede un *modus operandi* completamente diverso. Non si può provocare un terremoto artificiale per verificare il funzionamento delle apparecchiature. Gli strumenti devono essere progettati, costruiti ed installati facendo tesoro delle conoscenze ormai consolidate di chi da tempo studia non solo i precursori sismici ma tutti i fenomeni naturali e di origine antropica che si osservano nella parte di spettro elettromagnetico oggetto di studio. Per mettere a confronto i dati registrati con quelli di altri sperimentatori è indispensabile che i metodi di raccolta dei dati siano uguali o quantomeno correlabili.

In altre parole occorre abbandonare l'individualismo ed il protagonismo, atteggiamenti piuttosto

diffusi tra i Radioamatori. Occorre accordarsi su antenne, ricevitori, sistemi di registrazione dei dati se non identici quanto meno ben conosciuti e confrontabili; idealmente una collezione di dati dovrebbe essere trasformabile in un'altra collezione di dati (di un altro sperimentatore) con semplici operazioni matematiche. L'individualismo e la creatività intervengono poi nell'analisi, elaborazione ed interpretazione dei dati raccolti. La collaborazione dovrebbe consentire a tutti i partecipanti alla sperimentazione di provare gli algoritmi di analisi ed elaborazione anche su collezioni di dati raccolte da altri sperimentatori.

## 2 Il metodo scientifico

Nessuna quantità di esperimenti potrà dimostrare che ho ragione; un unico esperimento potrà dimostrare che ho sbagliato.

---

Albert Einstein

Il metodo scientifico è la modalità tipica con cui la scienza procede per raggiungere una conoscenza della realtà oggettiva, affidabile, verificabile e condivisibile. Esso consiste, da una parte, nella raccolta di evidenza empirica e misurabile attraverso l'osservazione e l'esperimento; dall'altra, nella formulazione di ipotesi e teorie da sottoporre nuovamente al vaglio dell'esperimento (Da Wikipedia, l'enciclopedia libera).

Nella definizione ci sono quattro parole magiche: *oggettiva, affidabile, verificabile e condivisibile*: devono essere sempre davanti agli occhi di chi intende condurre un'attività scientifica.

Il progetto precursori si propone (o dovrebbe proporsi) di raccogliere dati sperimentali per tentare di confermare alcune teorie. Ma quello che tutti ritengono il più grande fisico teorico del secolo scorso afferma il contrario, un esperimento può solo dimostrare che una teoria è sbagliata (o incompleta). La strada non appare facile.

Galileo Galilei<sup>1</sup> è universalmente ritenuto l'ideatore del metodo scientifico. Nella sua opera "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo" [1] illustra gli esperimenti a supporto delle sue teorie sulla caduta dei gravi. Esperimenti che tutti possono ripetere. Non solo, per illustrare quella teoria che oggi chiamiamo *Relatività Galileiana* sembra proporre ai suoi interlocutori un *gedankenexperiment*, oggi diremmo un esperimento virtuale, che si svolge nella stanza sottocoperta di una grande nave, per

---

<sup>1</sup>Per una biografia degli scienziati citati usare Wikipedia

tentare di determinare, senza guardar fuori, se la nave è ferma o in movimento.

Michael Faraday era un autodidatta, con poche conoscenze di matematica, ma era un grandissimo curioso ed un abile sperimentatore. Annotava scrupolosamente tutti i suoi esperimenti su taccuini che ancora oggi potrebbero essere usati come manuali di laboratorio per ripeterli e riprodurre gli stessi risultati. Le sue ricerche portarono un grande contributo alla conoscenza della struttura della materia e dell'elettricità, basta pensare alle leggi dell'elettrolisi che portano il suo nome ed alla scoperta dell'interazione tra luce e campi magnetici.

James Clerk Maxwell, analizzando ed elaborando i risultati degli esperimenti di Faraday, propose una teoria per le onde elettromagnetiche. Secondo questa teoria la luce e le onde elettromagnetiche erano la stessa cosa e si propagavano alla stessa velocità.

Heinrich Rudolf Hertz intraprese una serie di esperimenti per verificare questa teoria. Impiegava un oscillatore ad onde smorzate eccitato da una scarica elettrica. Durante questi esperimenti si accorse che la luce emessa dalla scintilla dell'oscillatore facilitava lo scoccare della scintilla nel risonatore usato come ricevitore. In seguito constatò che oggetti elettricamente carichi perdevano la carica se esposti a luce ultravioletta. Aveva scoperto per caso, si chiama serendipità, l'interazione tra radiazione elettromagnetica e materia: l'effetto fotoelettrico. Da questa osservazione imprevista presero lo spunto altre ricerche che alla fine portarono alla conferma sperimentale della teoria dei quanti ad opera di Einstein.

Per una panoramica di come la fisica si è sviluppata seguendo il metodo scientifico è insuperabile il libro di Gamow [2].

La ricerca dei precursori non è scienza di basso livello, amatoriale, anche se la sperimentazione è possibile con mezzi poveri. Ci si deve confrontare con la scienza ufficiale, con i ricercatori che si occupano di queste cose, evitando per quanto possibile di proporre teorie ed esperimenti senza fondamenta. Solo rispettando le regole del metodo scientifico si può pensare di ritagliare un piccolo spazio nel mondo accademico.

In Internet si trovano facilmente siti amatoriali dedicati ai precursori sismici elettromagnetici. Abbondano in questi siti dichiarazioni di intenti, proposte, ipotesi, articoli teorici che a volte sono riassunti mal fatti di altri articoli, immagini di partecipazioni a gite e convegni, consegne di targhe e riconoscimenti, articoli anonimi. Alcuni siti sembrano abbandonati da anni, con aggiornamenti inesistenti. Una caratteristica comune a questi siti è la mancanza di dati sperimentali. Quei pochi siti che presentano i risultati delle sperimentazioni non illustrano i metodi usati per registrare i dati e gli algoritmi di

elaborazione. Si limitano a proporre alcune immagini. In nessun sito si trovano riferimenti al sisma di L'Aquila, men che meno citazioni dei risultati ottenuti dai ricercatori ufficiali in questa occasione. Da questi siti difficilmente uscirà qualcosa di interessante. Gli autori non conoscono o non sanno usare il metodo scientifico.

Il lavoro di ricerca è silenzioso, richiede un confronto con altri ricercatori, e soprattutto richiede continuità, pazienza e concentrazione sull'obiettivo. Fortunatamente i terremoti non avvengono spesso e quindi non è possibile ripetere l'esperimento finché i risultati sono soddisfacenti. Bisogna aver piena fiducia nei sistemi di registrazione automatica dei dati ed attendere forse alcuni anni. L'ansia di tornare a casa tutte le sere per controllare i dati sperando di trovare qualcosa non deve assillare chi si dedica a queste ricerche.

Annunciare al mondo tramite la televisione "avevo previsto il terremoto" ha un impatto forte, immediato, che non porta a nessun progresso. È come affermare "io sapevo che ieri pioveva".

Annunciare nell'ambiente scientifico "quel terremoto ha consentito di migliorare il modello di previsione..." e presentare i risultati delle osservazioni non interessa le televisioni ma consente di fare un piccolo passo in avanti.

### 3 La ricerca ufficiale

Gruppi di ricercatori che fanno capo ad università ed enti di ricerca di vari paesi si occupano da anni della ricerca di precursori sismici con vari metodi. Si prendono in esame alcuni lavori, facilmente rintracciabili in Internet, come esempi di ricerca dei precursori di origine elettromagnetica: anomalie di campo elettromagnetico ed anomalie nella propagazione di segnali radio in LF e VLF.

Dall'esame di questi lavori sembra che sia più semplice, alla portata di molti Radioamatori, la ricerca delle anomalie di propagazione.

#### 3.1 I lavori di Manno e Mognaschi

Un gruppo di ricercatori del Dipartimento di Fisica dell'Università La Sapienza di Roma nel 1991 installò, in centro Italia, due ricevitori per monitorare il campo elettrico alla frequenza di 216 kHz del segnale di Radio Montecarlo. Nel Maggio 1993 e nel Febbraio 1994 osservarono una attenuazione sul segnale di parecchi decibel e della durata di una decina di giorni. In entrambi i casi dopo qualche giorno si verificarono dei terremoti in zone collocate lungo il percorso delle onde radio.

Rodolfo Manno nel 2001 ha discusso nella sua tesi di laurea i risultati della sperimentazione, poi ha riassunto la tesi sotto forma di articolo consultabile in Internet [3].

Manno non fu in grado di stabilire una correlazione tra attenuazione del segnale ed evento sismico. Tuttavia il suo lavoro merita un'attenzione particolare. Pur essendo un articolo scientifico è scritto con un linguaggio comprensibile anche a chi non è un addetto ai lavori.

Manno non si limita a descrivere l'evento, introduce alcune nozioni sulla propagazione delle onde lunghe, verifica la concomitanza del fenomeno osservato con il verificarsi di eventi che potrebbero influire sulla propagazione, avanza alcune ipotesi, le discute e poi le scarta, infine giunge alla conclusione che nel caso osservato non è possibile stabilire una correlazione tra anomalie della propagazione ed evento sismico.

Il lavoro di Manno ha una grande importanza sia storica che didattica, è un articolo scientifico ben fatto che fa capire anche come si deve procedere nell'analisi dei dati prima di annunciare il risultato.

L'articolo di Manno rispetta quello che Feynman [4] chiama *principio di integrità scientifica* in un libro affascinante che racconta la vita di un premio Nobel per la fisica che da ragazzo "riparava le radio col pensiero".

Attualmente un gruppo di ricercatori che fa capo al Dipartimento di Fisica dell'Università di Bari prosegue le ricerche in questa direzione.

Un secondo lavoro importante è quello del prof. Ezio Roberto Mognaschi IW2GOO [5].

Partendo da osservazioni fatte da un radioappassionato propone un modello fisico che possa giustificare le osservazioni sperimentali. In seguito discute esperimenti di laboratorio che sembrano confermare la teoria.

Mognaschi precisa che il modello e l'esperimento sono validi per rocce che contengono cristalli piezoelettrici<sup>2</sup> ma poi avanza un'ipotesi per rocce calcaree che non viene tuttavia confermata con l'esperimento.

Successivamente il prof. Mognaschi ha proseguito le ricerche installando un'antenna per campo elettrico e un ricevitore per frequenze al di sotto di qualche hertz, schematicamente riportato nel libro di Romero [8].

Manno e Mognaschi hanno intrapreso due strade differenti.

I dati ottenuti dal monitoraggio del campo EM di una stazione radio (propagazione) sono rappresentabili in una tabella a due colonne: tempo ed intensità; basta plottare i dati su un grafico per osservare variazioni rispetto alla norma. È facile elaborare queste collezioni di dati facendo derivate, medie mobili, correlazioni tra giorni diversi, calcolo degli errori ed ottenere dai dati grezzi altre rappresentazioni grafiche che mettono in evidenza eventua-

<sup>2</sup>Quarzo, tormalina, in genere rocce cristalline che si trovano nelle Alpi Occidentali

li anomalie. Il segnale continuo è utile anche per verificare il buon funzionamento del ricevitore.

I dati ottenuti da Mognasco sono di interpretazione meno immediata. È comune osservare in VLF e ULF un aumento improvviso del livello di rumore dovuto a cause naturali o di origine umana; per trovare *la firma* di un precursore occorrerebbe registrare in tempo reale lo spettro del segnale emesso da una roccia che si frantuma, una quantità di dati enorme, ed imparare a distinguerlo dal rumore elettromagnetico generato, ad esempio, da una lavatrice.

Entrambi gli articoli sono corredati da bibliografia. Citare in un articolo scientifico fatti osservati da altri senza riportare la fonte per consentire al lettore di recuperare l'articolo originale è perfettamente inutile, serve solo a far perdere credibilità all'autore. Bisogna sempre diffidare delle citazioni non verificabili, senza riferimenti precisi.

### 3.2 Alcuni sviluppi recenti

Nel 2001 a Sofia si è tenuto un seminario [7] in cui C. Thanassoulas ha proposto una ipotesi di alterazione del campo elettrico sulla superficie della terra simile a quella di Mognasco, completata da informazioni sul metodo di rilevazione ed analisi dei dati.

Sempre Thanassoulas ha pubblicato un articolo sui dati raccolti in occasione del terremoto del 14 febbraio 2008 in Grecia.

Questi ed altri articoli che verranno citati si trovano nel sito internet <http://arxiv.org/> inserendo il nome dell'autore nel motore di ricerca<sup>3</sup>.

Una possibile variazione della densità di elettroni nello strato F della ionosfera è descritta da A.A. Namgaladze.

Il recente sisma dell'Aquila ha dato modo di registrare dati interessanti. Il *Natural Hazards and Earth System Sciences* è una rivista scientifica ad accesso libero tramite Internet, un numero speciale dedicato al terremoto di L'Aquila [6] contiene quattro articoli.

Il primo lavoro di P. F. Biagi e di altri ricercatori italiani è molto interessante. Una rete di cinque ricevitori (L'Aquila, Bari, Romania, Grecia e Turchia) registra il livello del campo elettromagnetico di cinque stazioni broadcasting in onde lunghe, tra cui quella di Montecarlo in precedenza osservata da Manno. Il ricevitore vicino a L'Aquila, a pochi chilometri dall'epicentro, registrò tra il 31 marzo ed il 1 aprile una diminuzione del segnale di Montecarlo molto evidente.

La configurazione estesa della rete di rilevazione consentì di escludere malfunzionamenti sia del

<sup>3</sup>Il sito arXiv mette pubblica i *preprint* di articoli scientifici in anteprima, in modo che altri ricercatori possano esaminarli e far pervenire all'autore le loro osservazioni prima della pubblicazione nelle riviste specializzate.

ricevitore che del trasmettitore. Il ricevitore vicino a L'Aquila non mise in evidenza attenuazioni dei segnali provenienti da altre direzioni ed i ricevitori lontani da L'Aquila continuarono a ricevere regolarmente il segnale di Montecarlo.

Biagi e gli altri collaboratori hanno tentato di cercare eventi che potessero aver influenzato la propagazione senza trovarne, l'epicentro del sisma era abbastanza allineato sulla linea ricevitore–Montecarlo. Questo sembrerebbe sufficiente a confermare l'evento come precursore.

La differenza tra questa osservazione e quella di Manno sta nella possibilità di confrontare variazioni della propagazione su percorsi diversi, uno dei quali passa nelle vicinanze dell'epicentro.

Il secondo lavoro riguarda il monitoraggio di cinque stazioni operanti tra 18 e 50 kHz, quindi VLF e LF, tramite ricevitori collocati a Bari, Mosca e Graz (Austria). I trasmettitori sono in Sardegna (Tavolara), Sicilia, Islanda, Germania e Gran Bretagna. L'Aquila si trova sulla direttrice Tavolara–Mosca, sulla frequenza di Tavolara sono state registrate a Mosca anomalie, anche se non molto evidenti, nel livello di segnale i cinque giorni precedenti il sisma.

Sorprendentemente evidenti sono invece le anomalie sul livello del segnale proveniente dalla Sicilia registrate a Mosca. La direttrice Sicilia–Mosca passa sopra la Basilicata, ben lontana da L'Aquila.

Anche il ricevitore di Graz ha evidenziato anomalie sul segnale ricevuto da Tavolara.

Mettendo a confronto i lavori dei due gruppi si osserva che le anomalie di propagazione sono evidenti sia con il ricevitore vicino all'epicentro che con il ricevitore lontano.

Un gruppo di ricercatori greci ha invece operato misurando le variazioni di rumore su tre bande di frequenza, campo elettrico ULF ( $< 1$  Hz) campo magnetico VLF (3 e 10 kHz) rumore di fondo in VHF (41 e 54 MHz). Sono state riscontrate diverse anomalie nei giorni precedenti il sisma, anche in VHF. Il riconoscimento del precursore è meno semplice rispetto al metodo basato sulla propagazione. I lavori di questo gruppo si trovano su arXiv usando i nomi di alcuni autori: Contoyiannis e Eftaxias.

Sempre su arXiv si possono trovare altre pubblicazioni usando come chiave di ricerca le parole *seismic precursor*.

## 4 Come orientare la ricerca

Per iniziare è utilissimo il libro di Renato Romero IK1QFK [8]. Si trovano descrizioni di antenne, schemi di ricevitori e programmi adatti ad impraticarsi sui fenomeni osservabili in VLF ed ULF. Molte immagini insegnano a distinguere i “rumori” di origine naturale da quelli provocati da attività umane. Particolarmente importante, se si vuol

scendere a frequenze inferiori ai 50 Hz della rete elettrica, è il paragrafo dove insegna a riconoscere i segnali fantasma.

### 4.1 Il metodo

In primo luogo è opportuno decidere quale metodo utilizzare.

Il monitoraggio della propagazione in LF/VLF è relativamente semplice. Gli articoli proposti nella sezione 3 sono una base da cui partire. Occorre dotarsi di antenna, ricevitore e sistema di registrazione dei dati. Il precursore si manifesta come variazione dell'intensità del segnale ma solo se la tratta che congiunge trasmettitore e ricevitore passa nelle vicinanze dell'epicentro. Trasmettitori non allineati possono essere usati come riferimento per confermare o escludere l'evento.

Il monitoraggio del campo elettromagnetico a larga banda (rumore di fondo) è apparentemente più semplice. Tuttavia occorre fare i conti con altri fenomeni che alterano questo rumore ed adottare un metodo che consenta di distinguere i fenomeni naturali dai disturbi generati da attività umane.

La registrazione di dati nello stesso luogo con entrambi i metodi potrebbe essere molto interessante. Non risulta che sia stata realizzata. La comparazione dei dati potrebbe aiutare la ricerca della firma del precursore nel monitoraggio del campo EM a larga banda. A queste frequenze una sola antenna può essere facilmente collegata ai due ricevitori per mettere a confronto i due metodi nello stesso luogo. Se poi si limita lo spettro alla frequenza massima di 48 kHz è possibile utilizzare come unico ricevitore un personal computer dotato di scheda audio con frequenza di campionamento 96 kHz e software gratuito liberamente scaricabile da Internet. Schede audio che campionano a 198 kHz permettono di estendere la banda a 96 kHz.

Se si opta per il monitoraggio del campo EM a larga banda la scelta del luogo dove installare la stazione ricevente è di fondamentale importanza. Nelle città il rumore di fondo è molto elevato, lo stesso dicasi per luoghi vicini ad elettrodotti, impianti industriali, ferrovie.

### 4.2 L'antenna

Poi si può passare a scegliere l'antenna, per campo elettrico o per campo magnetico?

Occorre tener presente che le onde lunghe e lunghissime si propagano con polarizzazione verticale, se la componente elettrica del campo EM è parallela al suolo viene fortemente attenuata.

Le antenne per campo elettrico sono omnidirezionali. Quelle per campo magnetico (loop) presentano un null molto pronunciato nella direzione dell'asse che passa dal centro. Quindi sono particolarmente adatte a ricevere segnali due direzioni,

quelle che passano dal piano che contiene il loop; è possibile discriminare da che direzione proviene il segnale solo costruendo sistemi di più antenne ed elaborando il segnale così ricevuto.

Mettere a confronto segnali registrati in luoghi diversi con antenne non direzionali ed antenne direttive non è semplice; ad esempio: l'assenza di segnale nell'antenna direttiva dipende dal luogo o dal puntamento?

Il circuito di ingresso del ricevitore deve essere progettato per adattarsi all'antenna. Antenne per campo elettrico richiedono una impedenza di ingresso estremamente elevata, quelle per campo magnetico richiedono un'impedenza di ingresso più bassa possibile. Informazioni dettagliate, esempi e schemi si trovano nel libro di Romero [8].

Il sito Internet <http://www.vlf.it> contiene molti articoli di Radioamatori ed appassionati di ricerche in VLF ed ULF. Particolarmente rilevante l'articolo "Thinking about ideal loops" di Marco Bruno IK1ODO [9], punto di partenza per progettare antenne per campo magnetico.

### 4.3 Il ricevitore

La catena di amplificazione, i filtri ed il sistema di rivelazione del segnale dipendono dal metodo scelto in precedenza. Sono possibili sia soluzioni hardware che soluzioni miste HW/SW, utilizzando le moderne tecniche della Software Defined Radio.

È bene ricordare che per avere una tensione continua proporzionale alla potenza del campo EM, che si tratti di rumore o portante modulata, è indispensabile un rivelatore a risposta quadratica come un moltiplicatore a quattro quadranti. Il rivelatore a diodo è molto critico ed ha poca dinamica mentre il raddrizzatore a due semionde, realizzato con diodi ed amplificatori operazionali, non restituisce un segnale proporzionale alla potenza. Nel caso di misure di rumore il fattore di cresta gioca un ruolo importante e spesso non viene preso in considerazione.

Confrontare collezioni di dati ottenute con rivelatori a risposta quadratica e rivelatori a risposta lineare richiede molta cautela.

### 4.4 La registrazione dei dati

I dati devono essere registrati grezzi, senza nessuna elaborazione. Una qualsiasi elaborazione prima di registrare i dati distrugge parte dell'informazione in essi contenuta.

È preferibile registrare i dati in un file testo ASCII, registrando anche un timestamp sufficientemente preciso. Se non si conosce l'intervallo di campionamento i dati non possono essere usati per alcune elaborazioni (FFT ad esempio).

Il convertitore analogico/digitale deve essere preceduto da un filtro antialias dimensionato in ba-

se all'intervallo di campionamento. In assenza di tale filtro, o con un filtro dimensionato male, possono sparire alcune informazioni o peggio comparire segnali fantasma. È impossibile con il software rimediare a questi errori.

Una collezione di dati grezzi è preziosa, a distanza di tempo si può rielaborare con nuovi algoritmi e può essere usata per altri scopi. Il progetto SETI@home è un esempio. Dati raccolti da un radiotelescopio per altre ricerche vengono messi a disposizione di tutti per il riconoscimento di eventuali segnali irradiati nello spazio da intelligenze extraterrestri.

Le registrazioni del livello di segnale delle stazioni VLF si prestano studi sulla dinamica della ionosfera, basta osservare come varia il segnale di stazioni disposte a raggiera rispetto al ricevitore all'alba ed al tramonto, ed alla ricerca di eventi SID. Non risulta che siano stati studiati eventi SID monitorando diverse stazioni in contemporanea per verificare eventuali differenze dovute al diverso percorso delle onde radio.

### 4.5 La rete FESN

Il progetto della Friuli Experimental Seismic Network si propone di standardizzare hardware e software. Leggendo la documentazione pubblicata in Internet nascono però alcune perplessità sulle scelte compiute.

**L'antenna.** Viene utilizzata un'antenna per campi magnetici, per ovviare alla sua direttività si propone di installarla orizzontale. In serie tra l'avvolgimento dell'antenna ed il preamplificatore sono inserite due resistenze e il preamplificatore è configurato come amplificatore di tensione differenziale. L'articolo di Bruno [9] spiega che un loop è un generatore di corrente e pertanto per ottenere la massima efficienza, soprattutto a frequenze basse, deve essere seguito da un convertitore corrente/tensione. FESN non fornisce nessuna motivazione a queste scelte contrarie alle conoscenze fin'ora acquisite sulla propagazione delle LF, VLF e ULF e sulla teoria delle antenne per campo magnetico. Sarebbe interessante conoscere se le scelte di FESN sono una conseguenza di sperimentazioni e confronti con altri tipi di circuiti ed i motivi che hanno portato ad escludere l'antenna per campi elettrici, omnidirezionale per natura.

**Il ricevitore Sismik.** Parrebbe che i filtri attivi passa-alto e passa-basso selezionino una banda compresa tra 3 e 10 kHz, ma non è stato possibile rintracciare in Internet specifiche relative alla banda passante. Il rivelatore è un full-wave rectifier seguito da un circuito integratore con funzioni

anche di filtro anti-alias. Come accennato in precedenza la frequenza di cut-off del filtro anti-alias deve essere calcolata partendo dall'intervallo di campionamento. Non è stato possibile risalire né alle caratteristiche dell'integratore né all'intervallo di campionamento del convertitore analogico/digitale.

**Il programma Predictor.** Non è stato possibile rintracciare informazioni su come vengono raccolti, archiviati ed elaborati i dati prima di rappresentarli sul monitor del computer. Nel manuale utente non è documentato il formato dei file. Alcuni tentativi di scaricare da un paio di siti Internet file dati generati con il programma Predictor per analizzarli sono falliti.

**Il filtro passa-basso a 50 Hz.** Viene proposto come opzione. Questo filtro lascia comunque passare segnali fantasma, come ben spiegato da Romero [8] a pagina 103.

## 5 Conclusioni

È ormai consolidata l'opinione che la natura offra dei precursori elettromagnetici di eventi sismici. Siamo invece ancora lontani dall'essere capaci di utilizzare questi precursori per capire *quando e dove* si verificherà l'evento. Una rete a maglie più strette, che può essere realizzata anche con il contributo dei Radioamatori, sarebbe utile per migliorare le conoscenze ma solo a certe condizioni.

La pianificazione dei sistemi è più importante della realizzazione. Confrontare dati sperimentali raccolti con sistemi e metodi differenti non sempre è possibile. È opportuno definire uno standard per la registrazione dei dati, documentando adeguatamente l'hardware ed il software utilizzati. Anche gli algoritmi per la post-elaborazione dei dati dovrebbero essere pubblici ed adeguatamente documentati.

L'obiettivo di questa sperimentazione dovrebbe essere raccogliere e condividere registrazioni di dati per integrare i dati raccolti dai gruppi di ricerca ufficiali. Solo se i dati vengono registrati con criteri scientifici e sono confrontabili tra loro saranno utili.

## Riferimenti bibliografici

- [1] GALILEO GALILEI, (a cura di Libero Sosio) "Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo", Einaudi (2002)
- [2] GEORGE GAMOW "Biografia della fisica", Mondadori (1963)
- [3] RODOLFO MANNO "Onde radio nella banda LF e precursori sismici", (2001), in <http://www.hessdalen.org/reports/>
- [4] RICHARD P. FEYNMAN "Sta scherzando Mr. Feynmann!", Zanichelli (2008)
- [5] EZIO ROBERTO MOGNASCHI "Precursori elettromagnetici dei sismi", (1998), in [http://www.air-radio.it/pdf/precursori\\_sismici.pdf](http://www.air-radio.it/pdf/precursori_sismici.pdf)
- [6] M. E. CONTADAKIS, P. F. BIAGI, AND M. HAYAKAWA (EDITORS) "Ground and satellite based observations during the time of the Abruzzo earthquake", in [http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/special\\_issue102.html](http://www.nat-hazards-earth-syst-sci.net/special_issue102.html)
- [7] INSTITUTE FOR NUCLEAR RESEARCH AND NUCLEAR ENERGY, BULGARIAN ACADEMY OF SCIENCES "Possible correlation between electromagnetic earth fields and future earthquakes", Sofia (2001)
- [8] RENATO ROMERO "Radio Natura", Sandit Libri (2006)
- [9] M. BRUNO "Thinking about ideal loops", in <http://www.vlf.it/looptheo7/looptheo7.htm>