

# Rapporti tecnici

# INGV

**SQLX: Test di Installazione e  
Funzionamento**

# 297



## **Direttore Responsabile**

Stefano Gresta

## **Editorial Board**

Andrea Tertulliani - Editor in Chief (INGV - RM1)

Luigi Cucci (INGV - RM1)

Nicola Pagliuca (INGV - RM1)

Umberto Sciacca (INGV - RM2)

Alessandro Settimi (INGV - RM2)

Aldo Winkler (INGV - RM2)

Salvatore Stramondo (INGV - CNT)

Milena Moretti (INGV - CNT)

Gaetano Zonno (INGV - MI)

Viviana Castelli (INGV - BO)

Antonio Guarnieri (INGV - BO)

Mario Castellano (INGV - NA)

Mauro Di Vito (INGV - NA)

Raffaele Azzaro (INGV - CT)

Rosa Anna Corsaro (INGV - CT)

Mario Mattia (INGV - CT)

Marcello Liotta (INGV - PA)

## **Segreteria di Redazione**

Francesca Di Stefano - Referente

Rossella Celi

Barbara Angioni

Tel. +39 06 51860068

Fax +39 06 36915617

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



# Rapporti tecnici

# INGV

## **SQLX: TEST DI INSTALLAZIONE E FUNZIONAMENTO**

Simone Marzorati e Valentino Lauciani

INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Centro Nazionale Terremoti)

# 297



## Indice

Introduzione.....	7
1. Installazione e configurazione del prodotto.....	7
2. Esecuzione di SQLX Server.....	10
3. Interfaccia di SQLX Client e consultazione dei risultati.....	12
4. Esempi di diagnosi di anomalie del segnale.....	17
5. Estrazione dei valori dal DB.....	24
6. Conclusioni.....	24
Ringraziamenti.....	25
Bibliografia.....	25



## Introduzione

SQLX è un *software* che si propone come strumento per il controllo di qualità dei segnali sismici registrati in continuo dalle reti di monitoraggio.

Attualmente è diventato un prodotto commerciale distribuito esclusivamente da Nanometrics Inc. ([www.nanometrics.ca/products/sqlx](http://www.nanometrics.ca/products/sqlx)) e sviluppato e supportato da Boaz Consultancy. SQLX sostituisce la vecchia versione conosciuta con il nome di PQLX.

I maggiori utilizzatori del prodotto sono l'USGS-NEIC, l'IRIS-DMC e ORFEUS.

La possibilità di verificare velocemente per ogni canale sismico acquisito le ordinate spettrali e la loro variabilità è utile per poter indagare i livelli di disturbo al sito, individuare le cause e le origini dei disturbi e monitorare le prestazioni degli strumenti. Infatti, l'elaborazione sistematica del segnale continuo e la produzione di parametri statistici che ne rappresentino il contenuto nel dominio delle frequenze evidenzia l'emergere delle caratteristiche stazionarie del rumore di fondo naturale presente in ogni sito, sempre presente ovunque si installi una stazione sismica. Il rumore di fondo può essere composto da sorgenti naturali e/o antropiche che si manifestano in differenti bande di frequenza a comporre una generale firma spettrale che è riconoscibile generalmente in tutti i siti di rilevamento. Questa forma dello spettro del rumore di fondo è ben riprodotta e contenuta all'interno di curve di riferimento ottenute dagli estremi di tutti i segnali registrati in siti differenti sul pianeta [Peterson, 1993]. Il rumore di fondo, per la sua natura aleatoria, ha un'ampia variabilità che in gran parte è contenuta all'interno delle curve di riferimento ed in generale si esprime con ben determinate caratteristiche. Ad esempio, se la strumentazione utilizzata lo permette, all'interno dello spettro del rumore di fondo è sempre riconoscibile un picco spettrale intorno a 0.2 Hz generato dal segnale che si propaga a partire dai fondali marini al di sotto delle tempeste marine; oppure è caratterizzato da una risalita delle ampiezze con l'aumentare della frequenza al di sopra di 1 Hz se il sito è vicino a centri urbani e/o aree industriali. Quindi, risulta importante valutare quanto una stazione sismica sia disturbata rispetto agli obiettivi del monitoraggio sismico, confrontando le ampiezze spettrali dei segnali dei terremoti con quelle delle sorgenti di rumore sismico. Questa valutazione permette di definire quanto una stazione sismica risulta rumorosa e se è in grado di rilevare i segnali di eventi sismici. Inoltre, disponendo della strumentazione adeguata e all'avanguardia, è importante che tale strumentazione stia funzionando correttamente in modo da poterne sfruttare appieno le prestazioni. Individuando le anomalie e la loro periodicità all'interno del rumore di fondo medio di un sito, è possibile ipotizzare ed individuare guasti della strumentazione, malfunzionamenti e/o elementi che indicano possibili miglioramenti nelle configurazioni di installazione degli strumenti.

Produrre un'analisi spettrale continua, il calcolo delle statistiche dei livelli di disturbo e l'archiviazione in un *Database* (DB) su centinaia di canali sismici sono operazioni che richiedono buone risorse di calcolo e strumenti *software* adeguati per permettere rapide analisi e per gestire la mole di dati prodotta.

In questo rapporto è descritto il test di installazione e funzionamento eseguito con licenza di prova per verificare le potenzialità e le nuove opzioni di analisi del programma SQLX. Inoltre vengono mostrati alcuni esempi di consultazione dei risultati per descrivere come sfruttare SQLX per ipotizzare l'origine di alcune anomalie del segnale.

## 1. Installazione e configurazione del prodotto

SQLX è un prodotto *Server/Client*, ovvero il pacchetto completo comprende una parte *Server* che gestisce le analisi e l'archiviazione dei dati e una parte *Client* che permette la consultazione dei risultati.

Il prodotto può essere installato sui sistemi operativi Linux, Mac e Solaris. I requisiti di installazione riguardano principalmente la presenza sul sistema operativo di MySQL Server e Client (versione raccomandata 5.1) per la gestione e la visualizzazione del DB e delle librerie GTK+ per l'interfaccia grafica lato *client*. Una novità rispetto alle vecchie versioni del prodotto è che può essere installato esclusivamente su macchine con architettura a 64 bit.

La licenza e i relativi costi sono dimensionati sul numero di stazioni sismiche inserite nel sistema e la capienza massima di memoria. Per questo test è stata fornita da Nanometrics una licenza temporanea di SQLX versione 2.2.2 per l'utilizzo massimo di 100 stazioni.

Durante l'installazione è possibile scegliere se installare sulla macchina solo il lato *Server* o anche il lato *Client*, quest'ultimo installabile su una macchina differente che dovrà raggiungere ed avere accesso al DB sulla macchina *server*.

A differenza della vecchia versione PQLX, in cui l'installazione avveniva interamente tramite linea di comando su terminale, la nuova versione SQLX permette anche l'installazione attraverso un'interfaccia grafica Java (versione 7.1). Quindi sulla macchina lato *server* dev'essere presente una versione originale di Java Runtime (JRE), mentre è stato sperimentato che, almeno su sistema Linux, non è utilizzabile OpenJDK come alternativa.

Dovendo installare il prodotto su una macchina *server* remota attraverso l'interfaccia Java, è necessario accedere alla macchina tramite *ssh* con opzione “-X” che permette di esportare la grafica tramite *server X* una volta lanciata l'installazione. Lo stesso è valido nel caso si installi SQLX lato *client* sulla macchina remota.

Il software viene installato di *default* nel percorso di *root* “/opt” del sistema Linux-Ubuntu, operazione che rende necessario eseguire l'installazione da utente amministratore. È stata testata anche la modifica dei percorsi di installazione suggeriti, la quale non è andata a buon fine ed è stata sconsigliata dal supporto *Nanometrics*.

Le uniche *directories* che è stato possibile indicare arbitrariamente sono quelle dove vengono contenuti i *files* di risposta dei sensori e dove vengono archiviate le immagini in formato PNG per utilità di disseminazione delle informazioni via WEB.

Una volta lanciato, il programma di installazione verifica la presenza e l'adeguatezza delle versioni di MySQL e delle librerie GTK+ ed inoltre richiede di fornire la *password* dell'utente “root” di MySQL, la quale serve al sistema solo nella fase di installazione per predisporre il prodotto alla configurazione dei successivi DB attraverso la creazione di un *META-Database* (contenente i metadati dell'archivio) e di un utente utilizzato dagli *scripts* di SQLX. I DB contenenti i risultati delle analisi verranno creati successivamente da chi gestisce il lato *server* con *password* arbitrarie per ogni DB.

In questo caso, disponendo di un'unica macchina a 64 bit, è stato scelto di installare sia il lato *server* che il lato *client* sulla stessa macchina.

La macchina utilizzata è una HP ProLiant DL380p Gen8, con 12 *core processor* dotati di processore Intel(R) Xeon(R) CPU E5-2630 e 4 *slot* di memoria RAM da 4Gb.

Sulla macchina è installato il sistema operativo Ubuntu-Linux 12.04.2 LTS Precise Pangoline x86\_64 con kernel 3.2.0-40-generic.

Quando la fase di installazione è terminata con successo, è necessario avere il percorso dove sono contenute le tracce sismiche da analizzare e il percorso dove sono contenuti i *files* di risposta degli strumenti. È consigliabile organizzare tali dati tenendo separati le tracce e i *files* di risposta. I *files* di risposta accettati dal sistema sono quelli in formato “SEED RESP” di IRIS (<http://www.iris.edu>). I formati delle tracce sismiche possono invece essere miniSEED a canale singolo, AH, SEG Y, SAC, DR100, Nanometrics. In questo test è stato utilizzato l'archivio di dati in formato miniSEED generato dal sistema di acquisizione SEISCOMP3 (<http://www.seiscomp3.org>), attivo nella sede INGV di Ancona [Cattaneo et al., 2011]. Siccome la macchina utilizzata è dedicata esclusivamente al calcolo e non all'acquisizione dei dati, i dati delle tracce sono stati reperiti condividendo l'archivio presente su una macchina remota di acquisizione tramite il servizio NFS (Network Filesystem) che permette di raggiungere la risorsa di dati direttamente dalla macchina su cui è installato SQLX Server.

Avendo a disposizione i dati pronti da analizzare, è possibile creare uno o più DB attraverso l'utilizzo dell'interfaccia “SQLX-Admin”, la quale non esisteva nella vecchia versione PQLX. Questa interfaccia è attivabile sia eseguendo uno *script* apposito, oppure eseguendo direttamente l'applicativo con il comando “sqlx” che apre l'intera interfaccia di SQLX, descritta successivamente, in cui è presente il tasto “Admin”.

Il pannello “Definition” permette di gestire i DB. Al suo interno, il pannello “Description” è utilizzato per creare un nuovo DB o accedere ad uno esistente, indicando il nome del DB, l'indirizzo della macchina che lo conterrà (“localhost” indica che il DB è sulla macchina lato *server*), l'ente proprietario del DB, l'amministratore del DB, il tipo di DB e il tipo di accesso. Il DB può essere di tipo “Production” (definitivo) o “Scratch” (temporaneo) e l'accesso “Public” (tutti i client possono leggere il DB) o “Private” (solo il creatore può leggere il DB). Dopo la creazione del DB è possibile indicare le *directories* contenenti i canali delle tracce sismiche e la *directory* contenente i *files* RESP, utilizzando il pannello “Data Directories” (Figura 1). Per ogni canale deve esistere il relativo *file* RESP, altrimenti i canali privi di *file* RESP non saranno analizzati. Quindi, ad esempio, per le stazioni sismiche a 3 componenti dovranno esistere 3 file RESP. La schermata, successivamente alla prima esecuzione di SQLX Server, indicherà lo stato di ogni *directory* (se attiva o no per le analisi), il tempo relativo all'ultimo dato analizzato, il numero di tracce analizzate.



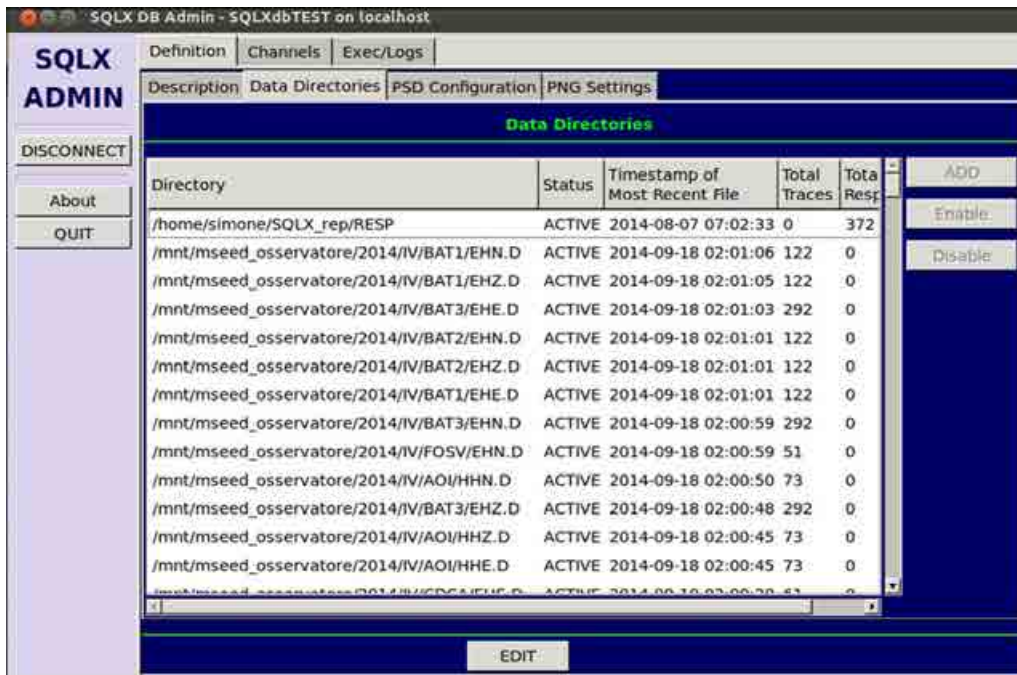


Figura 1. Interfaccia SQLX-Admin. Pannello “Data Directories”.

Il pannello “PSD configuration” permette di specificare i gruppi di canali da analizzare e l’intervallo degli estremi dell’analisi, relativamente alla lunghezza delle finestre di analisi, al periodo massimo, ai valori delle ordinate spettrali in decibel (dB). Il tipo di analisi standard avviene su finestre di un’ora con sovrapposizione del 50%, con processamento del dato ed esecuzione dei calcoli come descritto in McNamara and Buland [2004]. Il risultato che si ottiene è un archivio di *Power Spectral Densities* (PSDs) utilizzate per ottenere una statistica sui livelli di rumore al sito espressi da *Probability Density Functions* (PDFs).

Infine, dal pannello è possibile scegliere come restituire le immagini delle analisi relativamente alla *directory* dove vengono salvate le immagini in formato PNG, la larghezza dei pannelli dei grafici e la visualizzazione delle curve statistiche come moda, media, mediana e vari percentili risultanti dalle PDFs.

Passando al secondo pannello generale dell’interfaccia (“Channels”, Figura 2) viene riassunto il contenuto del DB per ogni canale, relativamente al codice del canale (formato: “rete.codice\_stazione.località.canale”), all’intervallo temporale di analisi, al numero di tracce analizzate, al numero di PSDs generate e al percorso del *file* RESP del canale.

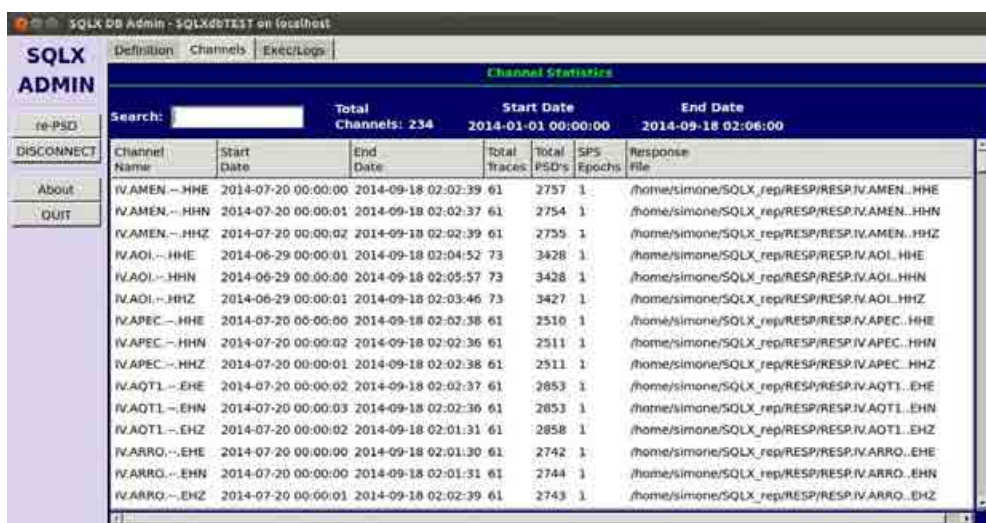


Figura 2. Interfaccia SQLX-Admin. Pannello “Channels”.

## 2. Esecuzione di SQLX Server

Una volta creato e configurato il DB e i parametri d'analisi, è possibile accedere al pannello "Exec/Logs" di "SQLX Admin", il quale permette direttamente di attivare la procedura di analisi e di seguirne l'esecuzione attraverso vari messaggi di stato, allerta ed errore (Figura 3). Precedentemente all'innesco dell'analisi, è possibile modificare alcune impostazioni della procedura, cliccando sul tasto "Configure". Le opzioni di scelta sono determinanti per utilizzare le risorse di calcolo al meglio, soprattutto se la macchina che si utilizza è dedicata anche ad altri processi di elaborazione. Infatti, nel pannello "Set Server Configuration" è possibile impostare il numero di CPU da impiegare per il calcolo. Altri parametri con i quali è possibile ridurre il lavoro della procedura è nel limitare i calcoli che deve eseguire, scegliendo di fare lo scanning di tutte le *directories* attive oppure no, di aggiornare le statistiche e gli spettrogrammi, di processare solo specifici canali o restringere il tempo dell'esecuzione fino ad un determinato momento indipendentemente se l'esecuzione è conclusa.

L'analisi dei dati avviene eseguendo lo *script* "sqlxSrvr" (ovvero SQLX Server), il quale può essere eseguito manualmente cliccando sul tasto "RUN" del pannello (Figura 3), oppure può essere automatizzato facendo eseguire lo *script* periodicamente attraverso un *timer*, ad esempio il "crontab" dei sistemi Linux. Infatti il pacchetto contiene già uno *script* in linguaggio "Bash shell" denominato "sqlxCron.sh", in cui sono contenuti i *paths* delle *directories* del sistema SQLX e le righe di comando per eseguire "sqlxSrvr". In questo test è stato utilizzato "sqlxCron.sh" attivando la procedura una volta al giorno.

Se SQLX Server viene lanciato manualmente dall'interfaccia "SQLX-Admin", è possibile monitorare lo stato dell'esecuzione attraverso messaggi (Figura 3) che contestualmente vengono salvati sul *filesystem* per poter essere consultati anche successivamente all'esecuzione del processo.

Il processo di analisi consiste in successivi passaggi che iniziano dopo la connessione al DB e la verifica della licenza. La prima procedura è la ricerca di nuovi dati all'interno dell'archivio di tracce sismiche. Se il sistema trova nuovi dati, che corrispondono a nuovi *files*, comincia la procedura di analisi spettrale su ogni canale con il calcolo delle PSDs, utilizzando il numero di CPU precedentemente impostato. Alla fine dell'analisi, viene ripetuto il passaggio di ricerca di nuovi dati, in quanto l'analisi potrebbe durare anche alcuni giorni se i dati da analizzare risalgono a molto tempo indietro. In questo caso saranno stati prodotti nuovi dati dal sistema di acquisizione che potranno immediatamente essere analizzati in coda ai processi attivi. Analizzando *files* contenenti tracce sismiche giornaliere, per il giorno in corso il sistema legge una volta solo i *files* e quindi analizza i dati fino al momento in cui l'analisi è stata lanciata; i dati del resto della giornata verranno analizzati o al successivo *start* della procedura o, se utilizzata una volta al giorno, verranno analizzati il giorno successivo. Conclusa l'analisi spettrale, viene aggiornata la statistica sui livelli di rumore, producendo i nuovi valori di probabilità delle PDFs e creando le immagini PNG per ogni canale e per vari periodi temporali, descritti nei paragrafi successivi.

Il test eseguito ha riguardato 225 canali sismici (75 sensori velocimetrici a 3 componenti) di cui 201 campionati a 100 cps e 24 a 500 cps. SQLX Server è stato eseguito una volta al giorno alle ore 2:00 UTC per circa 2 mesi, dal 20 luglio al 20 settembre 2014. Sono state utilizzate solo 6 delle 12 CPU disponibili nella macchina per non interferire con le analisi già attive di altri *softwares* che non possono essere interrotte, in quanto utili al monitoraggio continuo della Sede di Ancona: produzione di Shakemap [D'Alema e Carannante, 2012] e interpretazione e localizzazione degli eventi sismici [Monachesi et al., 2013]. Con la macchina e le impostazioni descritte, SQLX Server ha impiegato ogni giorno mediamente 3 quarti d'ora per analizzare le tracce di 1 giorno dei 225 canali, come mostrato nell'esempio di un *file* di "log" in Figura 4. Ovviamente, se i tempi di calcolo lo consentono, è possibile eseguire SQLX Server più volte al giorno nel caso sia necessario consultare i risultati in tempo quasi-reale; questo può essere utile in alcuni casi, come ad esempio durante le operazioni in emergenza sismica, quando le squadre di installatori man mano installano le stazioni sismiche temporanee ed è utile avere sotto controllo nel più breve tempo possibile le informazioni sulla qualità del segnale [Marzorati et al., 2012].

Le varie fasi del processo di analisi impiegano in maniera differente le risorse di calcolo della macchina. Attraverso il comando "top" di Linux è stata monitorata visivamente l'occupazione delle 6 CPU utilizzate durante i calcoli. Durante la fase di lettura dell'archivio tracce, le CPU vengono impiegate al massimo tra il 10% e il 20%. Durante il calcolo delle PSD, nella fase iniziale l'occupazione di alcune CPU ha picchi fino al 50-60 %; a regime, mentre il calcolo delle PSD avviene su più canali possibili contemporaneamente, sono state occupate fino a 4 delle 6 CPU tra il 50 e il 100 %, arrivando in alcuni momenti ad essere occupate tra l'80 e il 100%. Perciò, in alcuni momenti, il totale della risorsa delle 6 CPU è stata occupata fino a circa il 66%. Inoltre, nella fase finale di chiusura del calcolo delle PDF è stato osservato

uno spunto che ha occupato quasi totalmente la risorsa delle 6 CPU. Concludendo, l’impegno delle risorse di calcolo da parte del processo di analisi di SQLX Server è molto impegnativo per la macchina, non per mancanza di efficienza del programma ma per l’effettiva mole dei calcoli da eseguire. In ogni caso, è necessaria e non può essere trascurata una valutazione delle risorse da impiegare e di quelle già impiegate prima di installare ed eseguire SQLX Server sulla macchina.

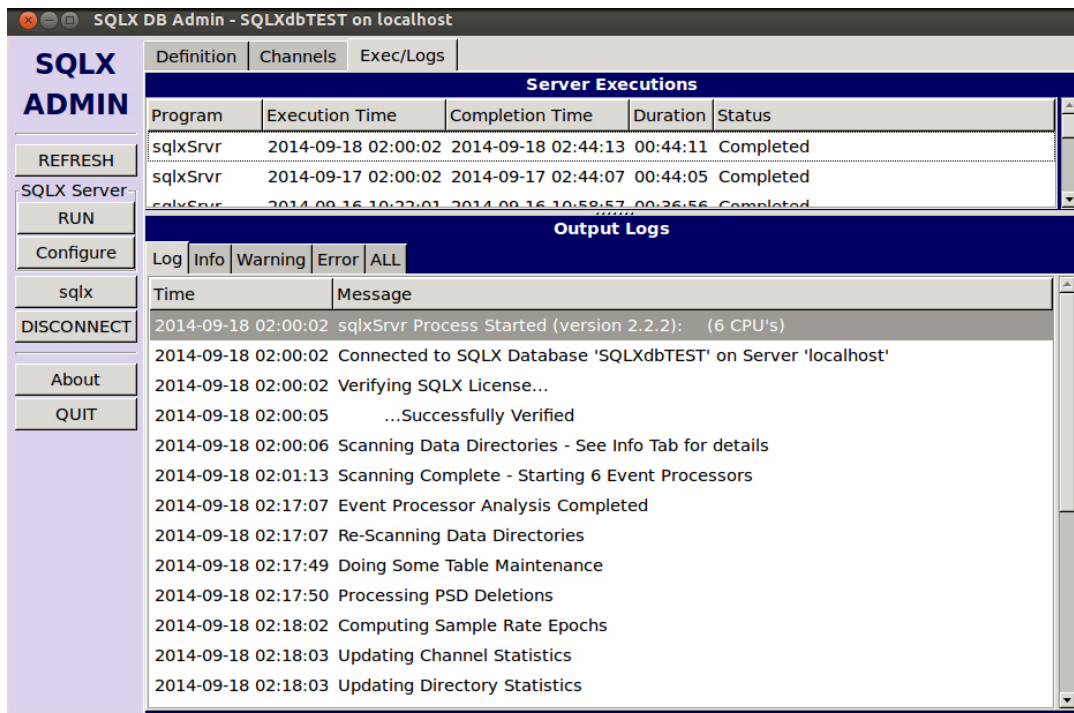


Figura 3. Interfaccia SQLX-Admin. Pannello “Exec/Logs”.

```

2014 249 02:00:02>> sqlxSrvr Process Started (version 2.2.2): (6 CPU's)
2014 249 02:00:02>> Connected to SQLX Database 'SQLXdbTEST' on Server 'localhost'
2014 249 02:00:02>> Verifying SQLX License...
2014 249 02:00:06>> ...Successfully Verified
2014 249 02:00:06>> Scanning Data Directories - See Info Tab for details
2014 249 02:01:16>> Scanning Complete - Starting 6 Event Processors
2014 249 02:16:41>> Event Processor Analysis Completed
2014 249 02:16:41>> Re-Scanning Data Directories
2014 249 02:17:32>> Doing Some Table Maintenance
2014 249 02:17:33>> Processing PSD Deletions
2014 249 02:17:44>> Computing Sample Rate Epochs
2014 249 02:17:45>> Updating Channel Statistics
2014 249 02:17:45>> Updating Directory Statistics
2014 249 02:17:46>> Computing Baseline Outlier Statistics
2014 249 02:17:55>> Computing System PDFs and Statistics for 225 channels
2014 249 02:24:28>> Creating PNG Plots, Writing to Directory './SQLX_rep/www'
2014 249 02:24:28>> PDF PSD Plots - 225 Channels
2014 249 02:25:09>> SPECTRO Plots - 225 Channels
2014 249 02:27:34>> PSD AVG Plots - 70 Stations
2014 249 02:27:38>> PDF SEASONAL Plots - 225 Channels
2014 249 02:28:23>> PDF DIURNAL Plots - 225 Channels
2014 249 02:29:45>> PDF DIFF Plots - 225 Channels
2014 249 02:41:09>> FREQUENCIES Plots - 225 Channels
2014 249 02:41:49>> Spawning SQLX DB Maintenance Program 'sqlxDBMaint'
2014 249 02:41:49>> sqlxSrvr Process ENDED

```

Figura 4. Esempio di file di “log” in uscita dai processi di analisi.

### 3. Interfaccia di SQLX Client e consultazione dei risultati

Una volta che il DB è stato popolato con i risultati delle analisi, è possibile consultarlo attraverso l'interfaccia grafica di SQLX Client (Figura 5). Dalla pagina iniziale dell'interfaccia è possibile connettersi ed accedere al DB attraverso il tasto "Servers" che apre il pannello "PDF Servers" in cui bisogna indicare l'indirizzo dove risiede il DB e successivamente selezionarlo. A questo punto, attraverso il tasto "STATIONS" (Figura 5) è possibile visualizzare le PDF dei canali sismici selezionando la rete sismica, la stazione e la località, oppure selezionando tutto il contenuto del DB con l'opzione "ALL" per i campi "NTW", "STN" e "LOC". Successivamente è possibile scegliere la visualizzazione delle PDFs dal tasto "Display PDF", il periodo temporale da visualizzare da "Date Span" e il tipo di canale da "Channels". A questo punto appariranno le PDFs dei canali selezionati nel pannello "PDF-Main"; è possibile scorrere tutti i canali selezionati con i tasti "Next" e "Previous" (Figura 6). I pannelli delle PDF hanno dei titoli che indicano quale canale è visualizzato, il numero di PSDs con le quali è stata calcolata la statistica PDF e il periodo temporale ricoperto dalle PSDs. In grigio, sono mostrate le curve di riferimento (Baselines) di Peterson [1993], mentre in nero e/o in bianco vengono visualizzate le curve statistiche scelte in fase di configurazione tra la moda, la mediana, la media e i percentili; questa visualizzazione può essere modificata attraverso il tasto "Controls" in cui si può scegliere quali curve visualizzare. Lo sfondo è completato dalla scala di colori dei valori di PDF. Cliccando su uno dei pannelli PDF si passa al menu "PDF-Detail", in cui è possibile selezionare interattivamente una parte dei dati dal pannello in alto a sinistra (Figura 7), disegnando con il *mouse* un'area rettangolare che coinvolga una porzione della PDF e quindi selezionando nella pratica un intervallo di frequenze in Hz ed uno di ordinate spettrali in dB. In questo modo appare immediatamente nel pannello in basso a sinistra solo la statistica relativa alla selezione, in basso a destra il diagramma temporale giorni-ore ("PSD Start Times") relativo alle PSDs selezionate e in alto a destra un'anteprima delle tracce sismiche associate. In quest'ultimo pannello le tracce appaiono solo se presenti nell'archivio dei dati. Il test eseguito puntava ad una fonte dati dei soli ultimi dieci giorni da una macchina remota di servizio; per questo, il pannello in alto a destra di Figura 7 rimane vuoto. Invece, è possibile visualizzare e consultare tutte le forme d'onda solo nel caso il sistema attinga ad uno *storage* completo delle tracce sismiche. Scorrendo con il *mouse* nel pannello in alto a sinistra di Figura 7, l'interfaccia visualizza interattivamente su quale punto del diagramma cartesiano periodo-potenza ci si trova, in modo da selezionare con maggior accuratezza la porzione di dato voluta.

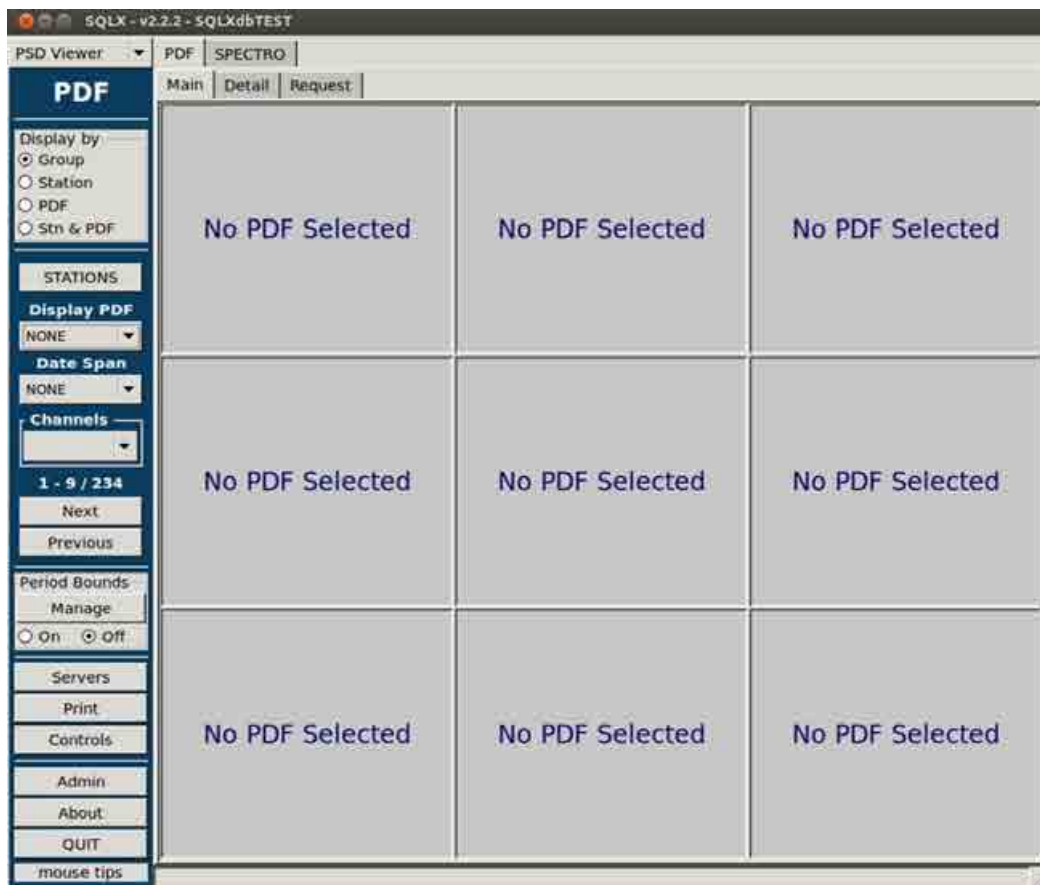
La schermata interattiva "PDF-Detail" è molto potente per poter consultare facilmente ed efficacemente i dati presenti nel DB; inoltre, permette una valutazione rapida delle possibili cause di anomalie presenti nella statistica dei dati. Infatti la PDF rappresenta la variabilità del segnale su quel canale sismico, il quale mediamente registra livelli di disturbo che sono evidenziati dai valori massimi di probabilità (colori dal verde al rosso). I valori massimi di probabilità rappresentano la parte stazionaria del rumore sismico e quindi il livello di disturbo naturale sul canale. SQLX Client visualizza questi valori attraverso le curve rappresentate da moda, mediana, media, come ad esempio la curva nera di Figura 7 che ricalca i valori più probabili ad ogni frequenza (moda). I disturbi hanno una certa variabilità che è contenuta nella maggior parte dei dati; ad esempio SQLX Client è in grado di visualizzare sul diagramma della PDF le curve del 10° e del 90° percentile, le quali disegnano una fascia in cui è contenuto l'80% dei dati. Generalmente questa fascia è visivamente osservabile all'interno della porzione blu della PDF e precisamente indicata da curve come quelle tratteggiate in bianco in Figura 7. SQLX Client può indicare anche le curve del 5°, 25°, 75° e 95° percentile, oltre che la curva dei valori minimi di potenza spettrale.

Rispetto alla versione chiamata PQLX, SQLX Client è dotato di un'altra schermata interattiva chiamata "SPECTRO" (Figura 8) in cui è possibile visualizzare lo spettrogramma del segnale, ovvero i valori di PSDs nel tempo. Nel pannello "SPECTRO-Main" è possibile scegliere di visualizzare sia le PDFs che gli spettrogrammi relativi alla PSDs in due colonne adiacenti e relativamente ad un determinato periodo temporale (ad esempio in Figura 8 sono mostrate le PDF e gli spettrogrammi associati, della stazione AOI nella settimana 12-18 settembre).

In questa modalità, è possibile cogliere la variabilità del dato sui tre canali di una stazione ed individuarne a colpo d'occhio l'evoluzione temporale, per capire immediatamente quando i disturbi a certe frequenze sono avvenuti e che durata hanno. Infatti, passando al pannello "SPECTRO-Detail/Request" (Figura 9) si consulta nel dettaglio questo tipo di informazione. È possibile modificare la scala di colori delle probabilità, evidenziando alcuni disturbi rispetto ad altri, come ad esempio i microsismi o i disturbi antropici giornalieri, osservandone l'intervallo di frequenza e l'evoluzione/ripetizione nel tempo. Oltretutto, è possibile operare uno zoom interattivo sullo spettrogramma per selezionare un particolare intervallo



temporale ed immediatamente vedere selezionata di lato la porzione di PDF relativa allo zoom (Figura 10). Lo zoom è possibile o sul singolo canale (opzione “Zooming-Single”) oppure su tutti i canali contemporaneamente (opzione “Zooming-All”). Al contrario, è possibile selezionare interattivamente una porzione di PDF ed ottenere la schermata relativa nello spettrogramma.



**Figura 5.** Interfaccia di SQLX Client. Schermata iniziale.

Tra i nuovi elementi di SQLX Client, c'è la possibilità di selezionare i dati inerenti alle ore diurne o alle stagioni direttamente nella selezione iniziale dal tasto “Date Span” (Figura 5). Inoltre, sempre da questo menu, è possibile scegliere le PSDs definite come “outliers”, ovvero visualizzare solo i dati che sono coinvolti in quella porzione di PDF che oltrepassa le curve di riferimento di Peterson [1993]. Come mostrato nell'esempio di Figura 11, invece di visualizzare le PDF relative a tutti i dati (“Date Span-ALL”, Figura 11a), è possibile visualizzare solo gli “outliers above” che oltrepassano la curva di riferimento superiore HNM (High Noise Model) (Figura 11b), oppure solo i dati relativi agli “outliers below” che individuano segnali al di sotto della curva di riferimento inferiore LNM (Low Noise Model) (Figura 11c).

Le operazioni appena descritte avvengono da frazioni di secondo a pochi secondi in base al numero di PSDs o alla lunghezza del periodo temporale selezionato. In ogni caso, queste operazioni mostrano come sia possibile navigare interattivamente e graficamente all'interno del DB ed estrarre con facilità molte informazioni sintetiche relative ad una notevole mole di dati. Infatti, in breve tempo, è possibile individuare in quale intervallo di frequenza avvengono certi disturbi, che evoluzione hanno e soprattutto è possibile individuare velocemente l'intervallo temporale in cui è presente un certo tipo di segnale. SQLX Client, ad esempio, è stato utilizzato durante il test per interagire con la Sala Sismica del Centro Nazionale Terremoti dell'INGV a Roma, rispondendo rapidamente e con maggior precisione a questioni poste dal turnista tecnico di sala relativamente ad anomalie dei segnali di alcune stazioni. Da un'indicazione di anomalia, è possibile indagare da quanto l'anomalia è presente, quanto è costante o ripetuta nel tempo, quanto è importante nella degradazione della qualità del segnale, rispetto al funzionamento normale e ai disturbi naturali presenti al sito, visualizzabili attraverso le PDFs. Durante il corso del test, SQLX è stato utilizzato anche per estrarre

rapidamente i dati relativi a eventi sismici di bassa energia selezionando direttamente alcune porzioni di PDF a determinate frequenze e ampiezze di segnale per verificare il funzionamento di alcuni strumenti a seguito di segnalazioni del primo turnista sismologo che controlla i parametri di qualità delle localizzazioni degli eventi. A seguito della verifica delle caratteristiche della PDF, dell'elevata rumorosità di alcuni siti in alcuni momenti della giornata ed estraendo buone forme d'onda di eventi sismici di bassa magnitudo e relativamente vicini, è stato dimostrato il buon funzionamento degli strumenti e la loro utilità per il monitoraggio degli eventi.

In definitiva, in modalità interattiva e avendo sotto controllo vari parametri che descrivono il dato nel tempo e in frequenza, è possibile estrarre rapidamente informazioni che descrivano la qualità del segnale oppure che indicano dei malfunzionamenti, come descritto successivamente.

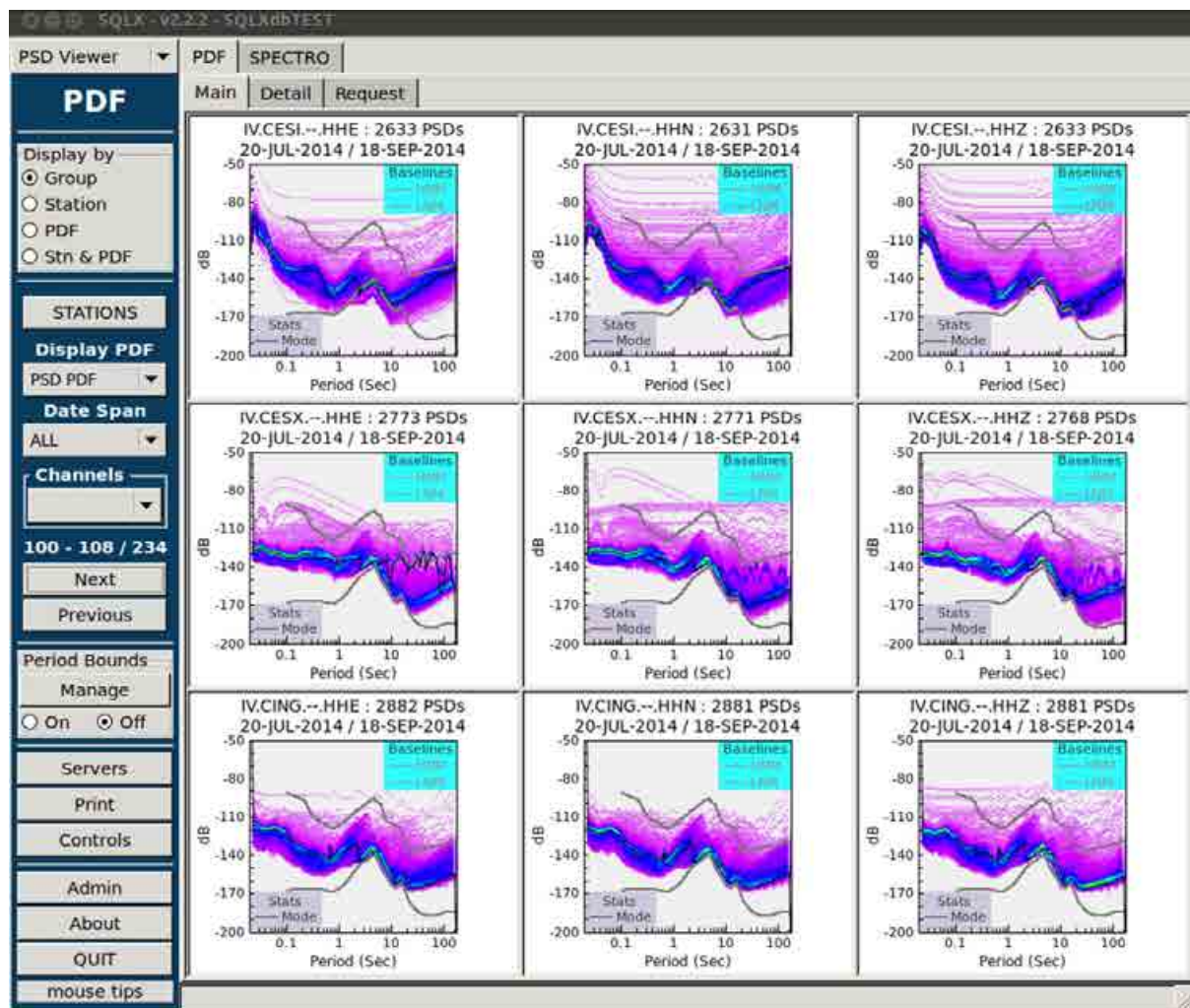
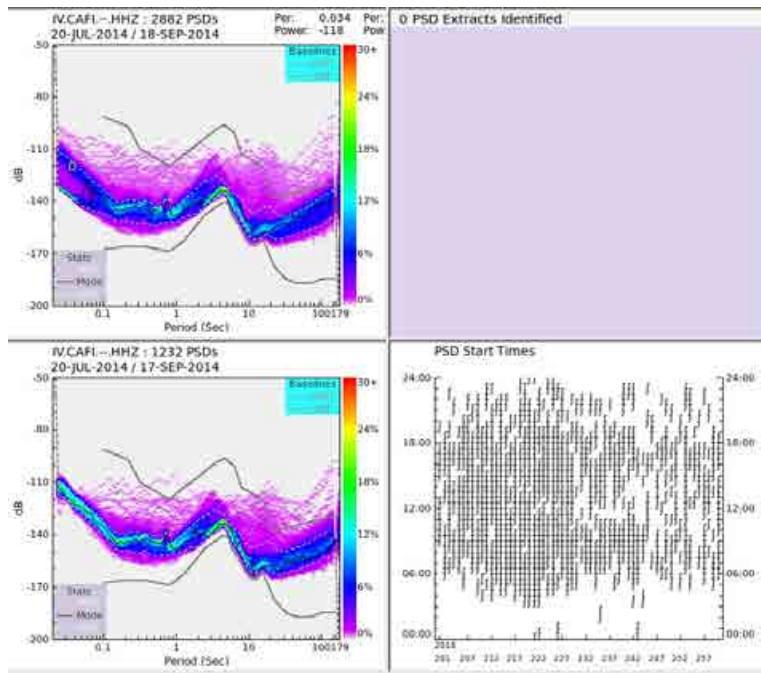
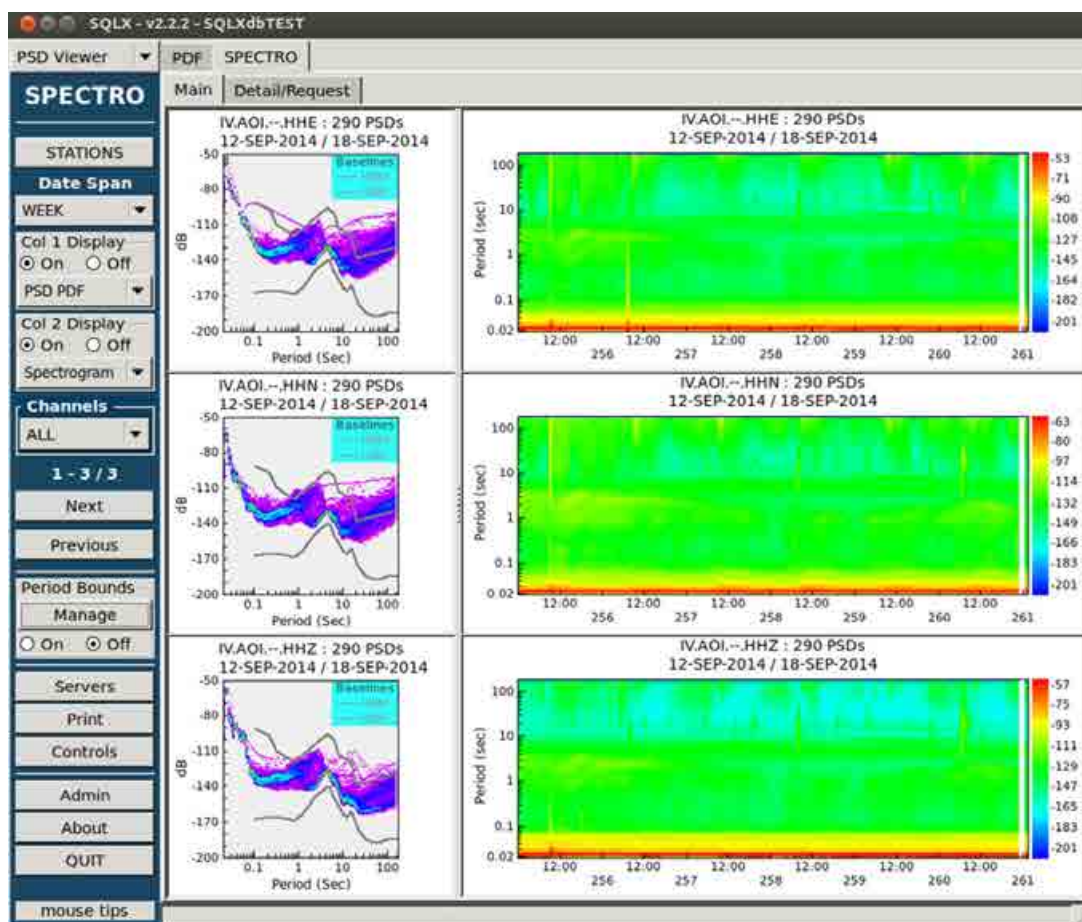


Figura 6. Interfaccia di SQLX Client. Pannello “PDF-Main”.



**Figura 7.** Interfaccia di SQLX Client. Pannello “PDF-Detail”. In alto a sinistra: pannello PDF completa; il rettangolo bianco indica l’area di selezione. In basso a sinistra: porzione di PDF selezionata. In alto a destra: pannello tracce associate; se vuoto, indica che nell’archivio non sono più presenti le tracce. In basso a destra: schema temporale giorni-ore delle PSDs selezionate.



**Figura 8.** Interfaccia di SQLX Client. Pannello “SPECTRO-Main”.



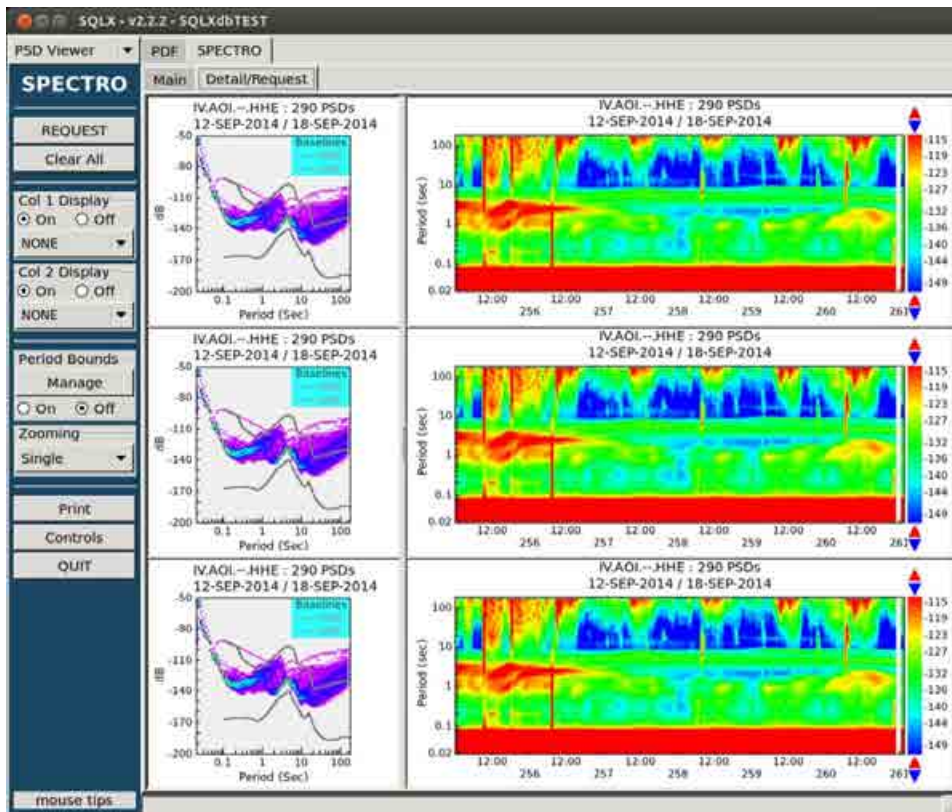


Figura 9. Interfaccia di SQLX Client. Pannello “SPECTRO-Detail/Request”.

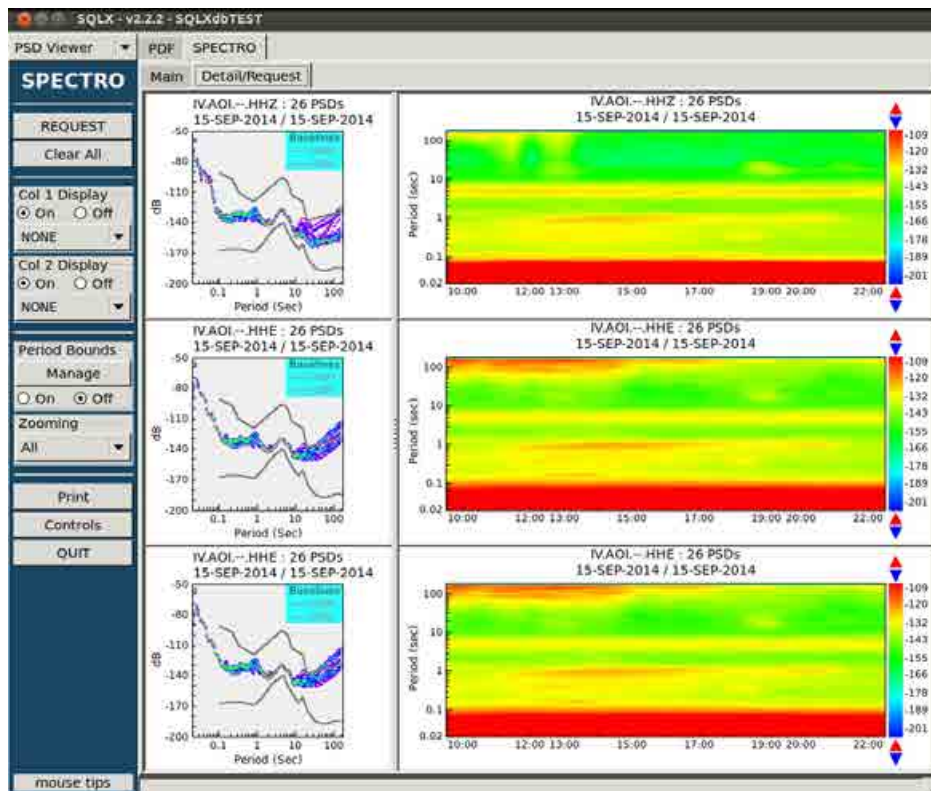
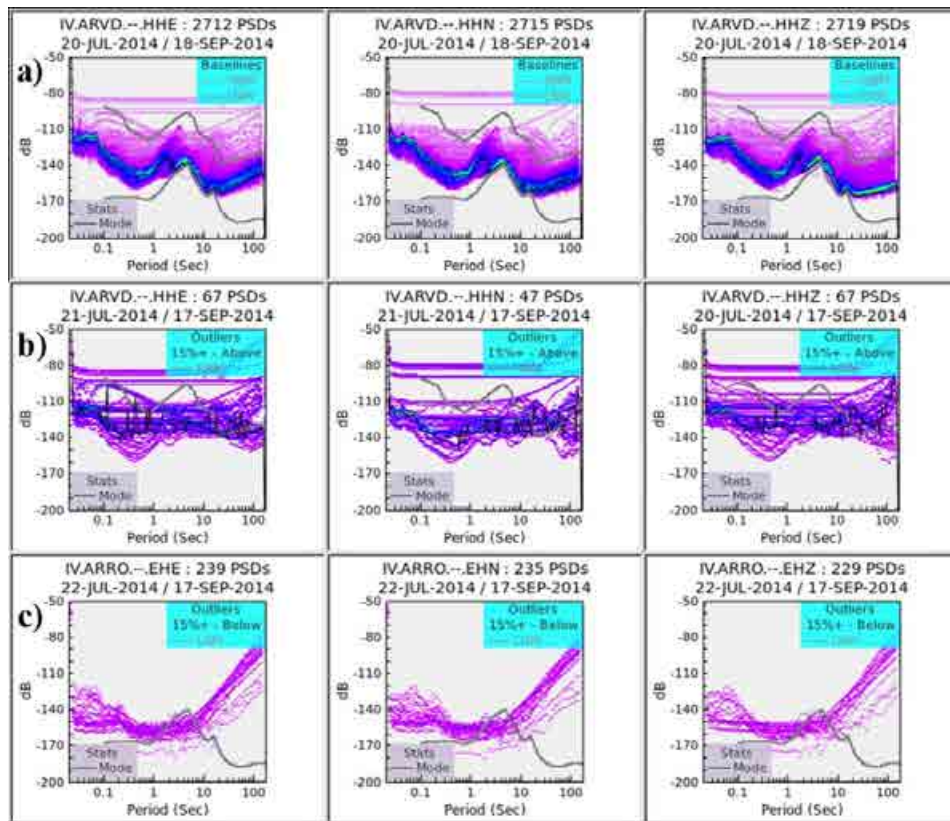


Figura 10. Interfaccia di SQLX Client. Pannello “SPECTRO-Detail/Request”. Dati selezionati a partire da quelli di Figura 9.





**Figura 11.** Esempio di selezione degli “outliers” sui dati della stazione ARRO. a: PDFs totali. b: PDFs inerenti agli “outliers Above”. c: PDFs inerenti agli “outliers Below”. Colonna di sinistra: canali HHE. Colonna centrale: canali HHN. Colonna di destra: canali HHZ.

#### 4. Esempi di diagnosi di anomalie del segnale

SQLX è uno strumento utile non solo per verificare ed indagare i livelli di disturbo naturale e la loro evoluzione nel tempo ad una stazione sismica, ma è utilizzato anche per individuare malfunzionamenti o disturbi diretti sulla strumentazione. Infatti, oltre ai disturbi naturali, il tipo di installazione, le soluzioni utilizzate per alloggiare gli strumenti e le caratteristiche della strumentazione determinano la qualità del segnale. Anche se i sensori vengono alloggiati in una situazione riparata dagli agenti esterni, le soluzioni impiegate possono risultare non completamente sufficienti per evitare perturbazioni del segnale sismico registrato da strumenti che hanno un’elevata sensibilità.

Il ricircolo di correnti d’aria nei locali o negli spazi di alloggiamento dei sensori possono far vibrare le coperture della strumentazione, muovere gli apparati ed i cavi, producendo disturbi da convezione.

L’isolamento termico e barico è importante per evitare l’espansione e la contrazione dei materiali componenti la strumentazione ma anche quella dei materiali di protezione come cappucci e box che possono interagire con gli apparati ed i cavi per contatto. Inoltre anche cavi troppo rigidi possono indurre contrazioni ed espansioni che si trasmettono direttamente ai sensori con movimenti traslativi e di *tilt*.

Sorgenti di rumore molto vicine ai sensori possono indurre vibrazioni meccaniche dirette sui componenti dei sensori, come i piedi di appoggio non bloccati o viti di accesso per la regolazione dell’*offset* non ben avvitate.

Anche la non corretta posizione di centratura delle masse dei sensori o il malfunzionamento nella risposta del sistema triassiale delle componenti, oppure impurità nei circuiti elettrici sono tutti fattori che inducono disturbi sul segnale sismico registrato.

I disturbi appena descritti lasciano traccia nel segnale e appaiono visibilmente come valori di bassa probabilità sulle PDFs generate da SQLX se il disturbo è temporaneo; inoltre generano spettri del segnale con forma e/o ampiezze differenti da quelle del rumore naturale di fondo.

L'interattività che fornisce l'interfaccia di SQLX Client permette di individuare facilmente i segnali e le forme d'onda ai quali attribuire le anomalie, selezionando le porzioni di PDF che emergono dall'analisi statistica, come descritto nel paragrafo precedente.

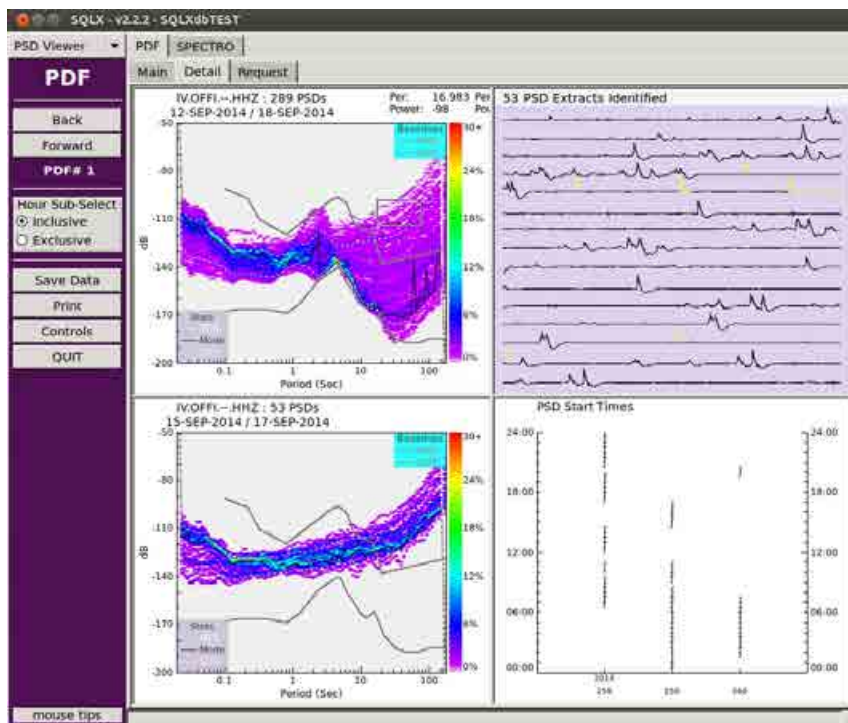
La Figura 12 mostra un primo esempio di selezione di PSDs e tracce di segnale a partire dall'estrazione della porzione di PDF in cui si ipotizza un'anomalia. In questo caso la componente verticale della stazione OFFI presenta spettri che ad alti periodi (bassa frequenza) oltrepassano significativamente la curva HNM separandosi dal rumore medio della stazione. Cliccando sul pannello delle tracce in alto a destra, l'interfaccia permette di accedere direttamente in modalità "Trace Viewer" al programma PQL II, il quale apre direttamente tutte le tracce relative alla porzione di PDF selezionata (Figura 13). PQL II, *software* già compreso nell'installazione di SQLX, offre la possibilità di selezionare una o più tracce, eseguendo zoom, filtri, spettri, e trasformazioni sulle porzioni di segnale selezionato al momento. Tra le trasformazioni, è possibile rimuovere la media, il trend, cambiare segno, integrare, differenziare o passare dalla terna con orientazione ZNE a quella UVW.

Già dalla forma degli spettri selezionati e dalla forma d'onda delle tracce associate (Figure 12 e 19), estratte con SQLX, è possibile ipotizzare disturbi sul sensore dovuti o alla rigidità del cavo che unisce il sensore all'acquisitore, o alla scarsa coibentazione dell'alloggiamento o, nel peggiore dei casi, un problema sulla meccanica del sensore. Quest'ultima ipotesi non può essere esclusa in quanto le forme d'onda presentano salti ("pops") sulle tre componenti ZNE (Figura 14a) che diventano perfettamente corrispondenti nel sistema di coordinate UVW (Figura 14b) che riporta l'orientazione originaria delle componenti meccaniche del sensore e che può in alcuni casi indicare se il disturbo è in realtà originato solo su una componente.

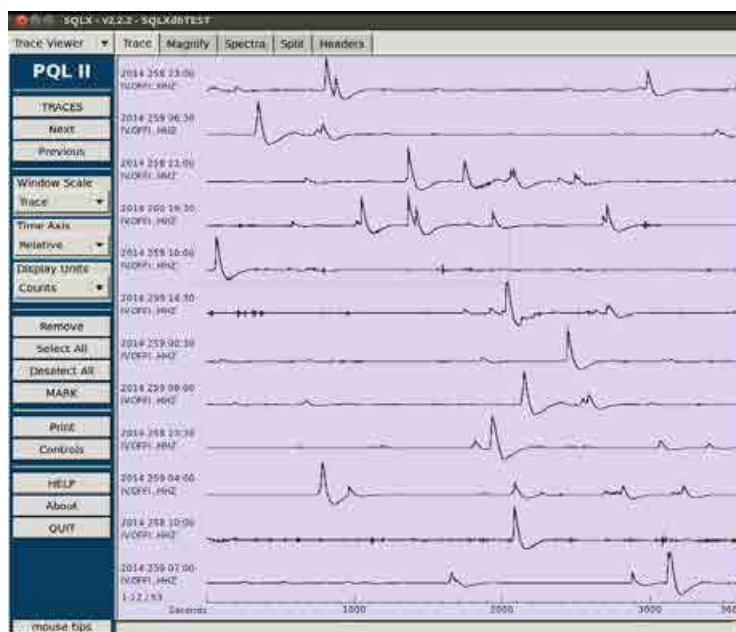
Un altro evidente caso di anomalia individuato durante il test è quello sulla componente verticale della stazione MNTT che mostra sul grafico PDF livelli spettrali molto elevati oltre la curva HNM e completamente separati dai disturbi di fondo del sito in tutta la banda di frequenza analizzata (Figura 15). Estraevo esclusivamente questa porzione di PDF (Figura 16a) si osserva che il fenomeno è casualmente distribuito sia durante i due mesi analizzati e sia nel corso della giornata (Figura 16b). Visualizzando le forme d'onda delle tracce associate agli spettri anomali, si individua subito il fatto che gli spettri sono il risultato della presenza di *spikes* sul canale (Figura 17), generati probabilmente da un disturbo elettrico o sull'acquisitore o sulla linea elettrica, che non viene schermato e che influenza la corrente elettrica sui circuiti del canale. Questo caso, già individuato e commentato in Marzorati et al. [2012], è l'esempio di un tipo di valutazione che è possibile fare a distanza remota dal sito. Il disturbo osservato è presente spesso sul canale e non permette in quel momento un'analisi spettrale corretta dei livelli di disturbo naturale al sito, poiché gli spettri sono totalmente deformati. Prima di tutto, SQLX, grazie all'estrazione selettiva degli spettri inalterati, permette in ogni caso di valutare i livelli di disturbo naturale, raccogliendo un numero significativo di dati nel tempo. Inoltre, la seconda importante valutazione a cui si può arrivare è che il disturbo dato dagli *spikes* in realtà degenera solo una piccola porzione di segnale nel tempo (0.1 s) circa una volta all'ora. Quindi la porzione di segnale sismico utilizzabile per il monitoraggio è la quasi totalità del segnale continuo registrato. Queste conclusioni permettono di valutare e pesare l'urgenza e la necessità degli interventi di manutenzione da compiere sulla stazione sismica.

Utilizzando sensori a larga banda (*broadband*), molto sensibili alle variazioni di temperatura e pressione dell'ambiente circostante, è complicato e dispendioso riuscire ad evitare completamente l'effetto di questi agenti. In tal caso, probabilmente si osserverà l'evidenza di Figura 18 sull'analisi spettrale descritta in termini di PDF. Con maggior evidenza sulle componenti orizzontali, a causa degli effetti di *tilt* sul sensore, gli spettri risaliranno con un *trend* inversamente proporzionale al quadrato della frequenza (-20 dB per decade), oltrepassando la curva HNM a bassa frequenza (o ad alti periodi). Nel caso della stazione TRTR si mostra l'indagine sulla componente N in cui la PDF del canale mostra un chiaro andamento bimodale a basse frequenze (rami di colore blu che si separano da 10 s in su). Selezionando le PSDs associate alla porzione di PDF che oltrepassa la curva HNM (Figura 19a) si può immediatamente dimostrare, osservando il grafico dei "PSD Start Times", che il fenomeno associato accade soprattutto nelle ore diurne. Al contrario, escludendo gli spettri di maggior ampiezza e selezionando esclusivamente il ramo di probabilità meno ampio (Figura 19b), si comprende come il segnale associato è quello registrato nelle ore notturne. L'effetto sulle basse frequenze, la periodicità giorno-notte, la maggior ampiezza nelle ore diurne lasciano ipotizzare che il disturbo sia dovuto principalmente alle variazioni di temperatura ambientale che inducono effetti diretti sul sensore *Broad Band*. I possibili interventi possono essere una miglior protezione diretta del sensore o la necessità di un alloggiamento meglio coibentato. Anche in questo caso è possibile compiere valutazioni in merito alla necessità d'intervento, relativamente alle risorse a disposizione. Infatti, il disturbo avviene solo a

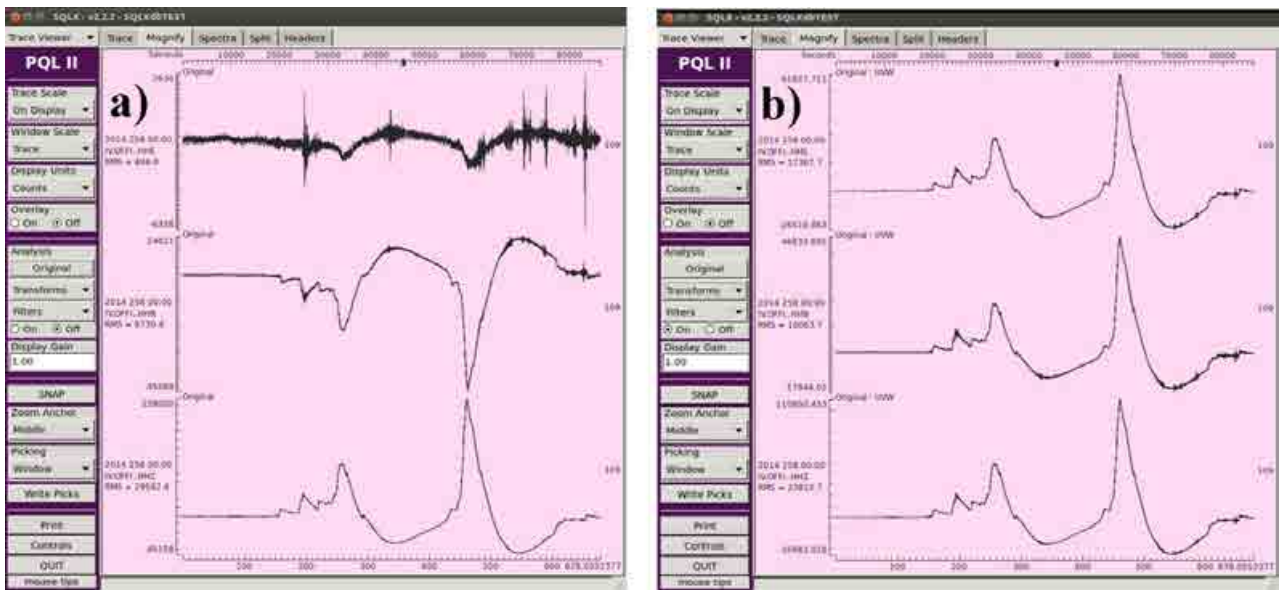
basse frequenze (al di sotto di 0.1 Hz) e degrada totalmente il segnale sismico oltre gli 0.01 Hz. Questo significa che non è compromessa la registrazione di terremoti dai locali ai telesismi, ma solo l'utilizzo del sensore per studi particolari che indagano frequenze davvero basse del rumore di fondo (modi di vibrazione della Terra, ecc...).



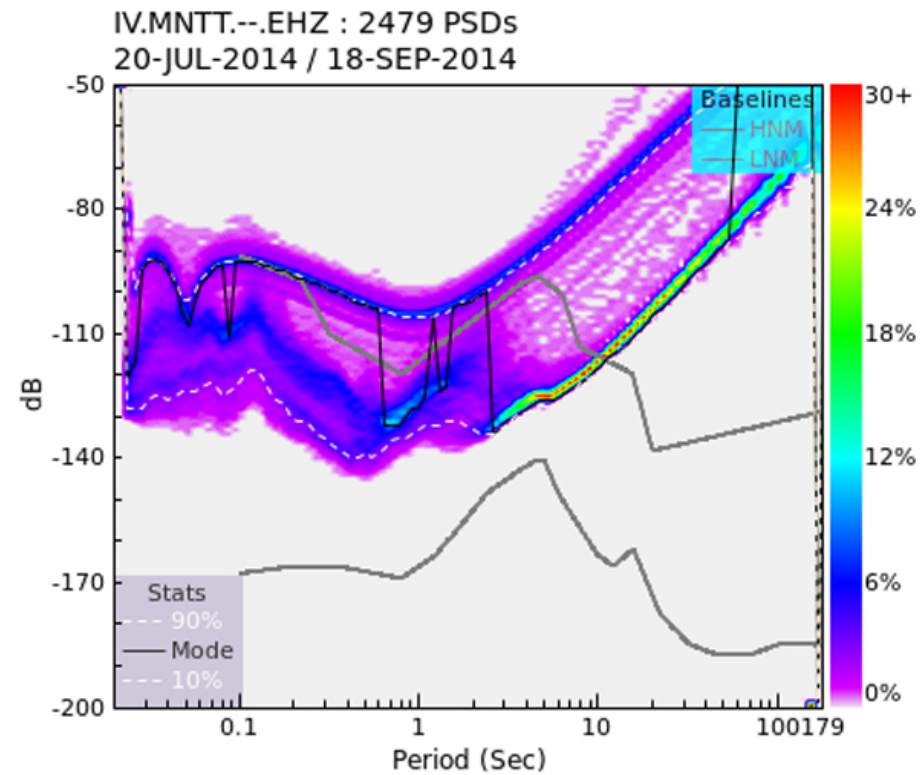
**Figura 12.** Esempio di selezione di anomalia del segnale individuata ad alti periodi al di sopra della curva HNM (rettangolo nel pannello in alto a sinistra). Visualizzazione delle forme d'onda, della porzione di PDF selezionata e degli *start times* delle PSDs selezionate, rispettivamente in alto a destra, in basso a sinistra e in basso a destra.



**Figura 13.** Apertura del software PQL II, integrato nell'interfaccia di SQLX in modalità "Trace Viewer". Visualizzazione delle forme d'onda associate alla porzione di PDF selezionata in Figura 12.

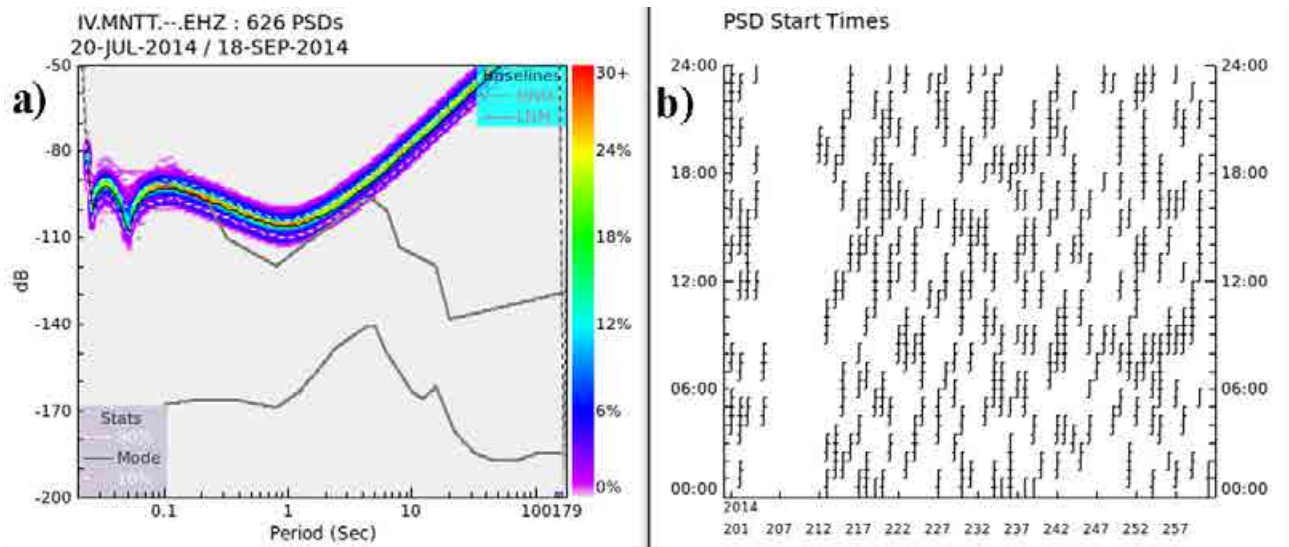


**Figura 14.** Forme d'onda del disturbo tipo che genera l'anomalia del segnale individuata in Figura 12a: forme d'onda originali del canale sismico, nel sistema triassiale ZNE. B: forme d'onda trasformate nel sistema triassiale UVW.

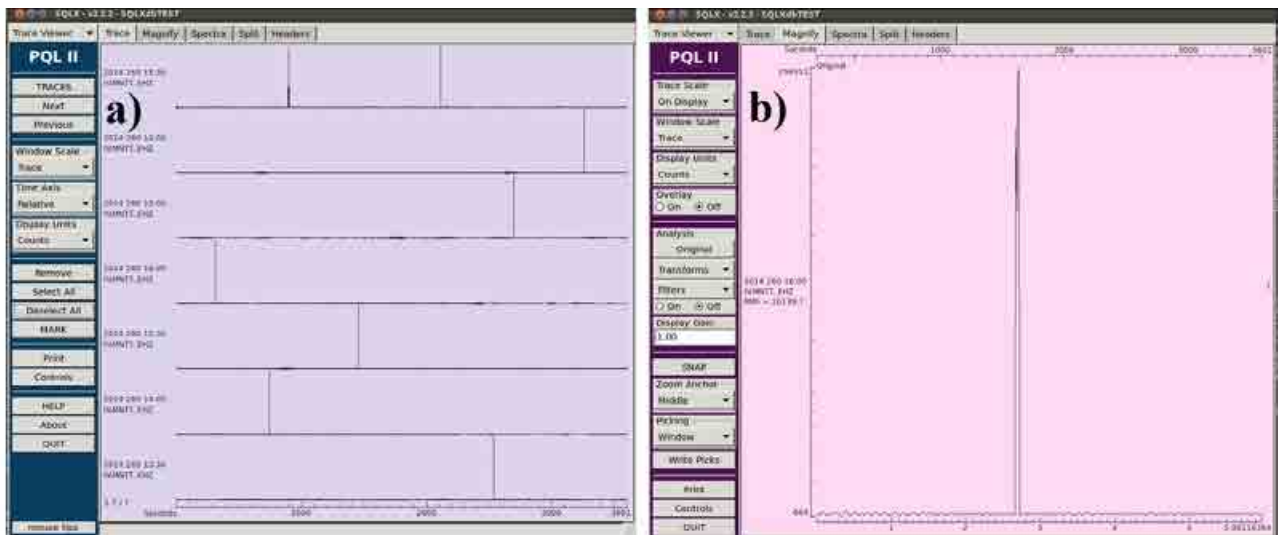


**Figura 15.** PDF della stazione MNTT, canale EHZ, generata dalla statistica di due mesi di dati. È evidente l'anomalia oltre la curva HNM che degrada la curva nera indicante la moda (Mode).

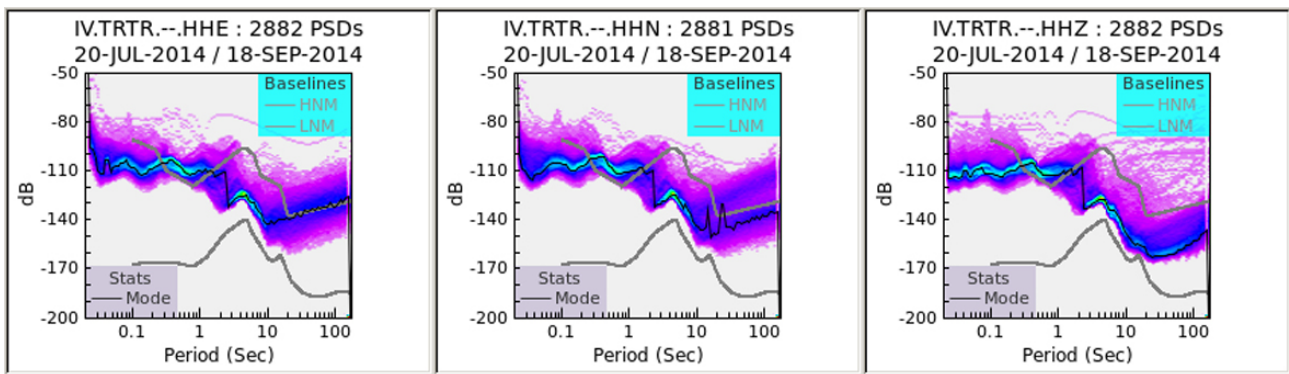




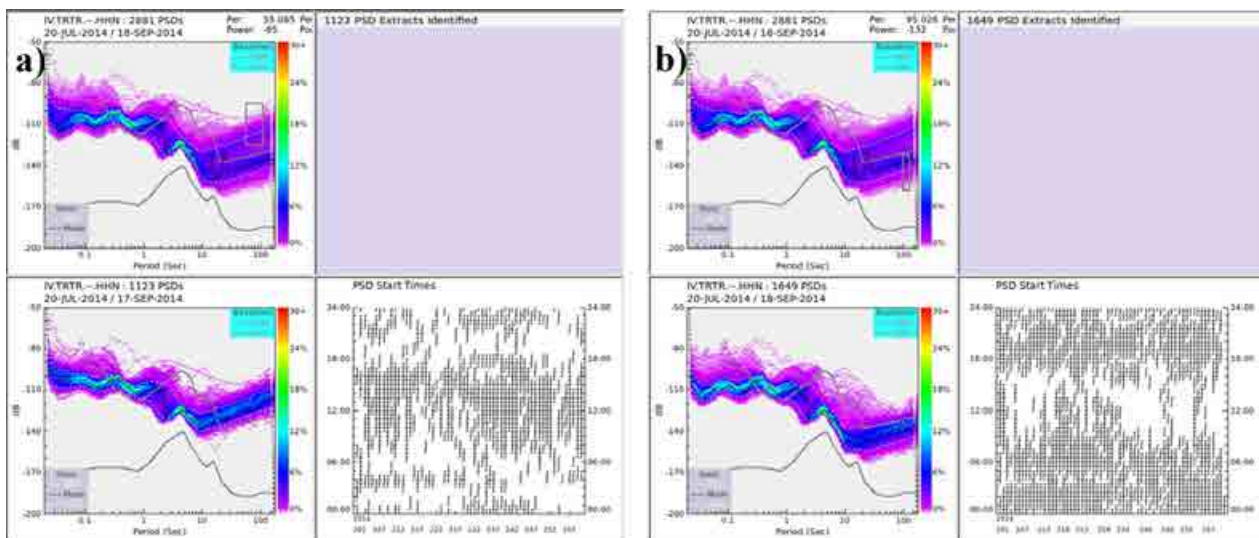
**Figura 16a,b.** PDF selezionata a partire dalla PDF totale di Figura 15b: *start times* delle PDF selezionate che indicano la casualità temporale dell'anomalia.



**Figura 17.** Presenza di *spikes* sulle tracce sismiche associate ai dati di Figura 16a: tracce delle finestre d'analisi orarie e sovrapposte del 50%. b: selezione di uno *spike*.



**Figura 18.** PDF dei tre canali della stazione TRTR. I valori spettrali ad alti periodi delle componenti orizzontali (HHN e HHE) risultano più alti di quelli della verticale (HHZ) e oltrepassano la curva HNM.

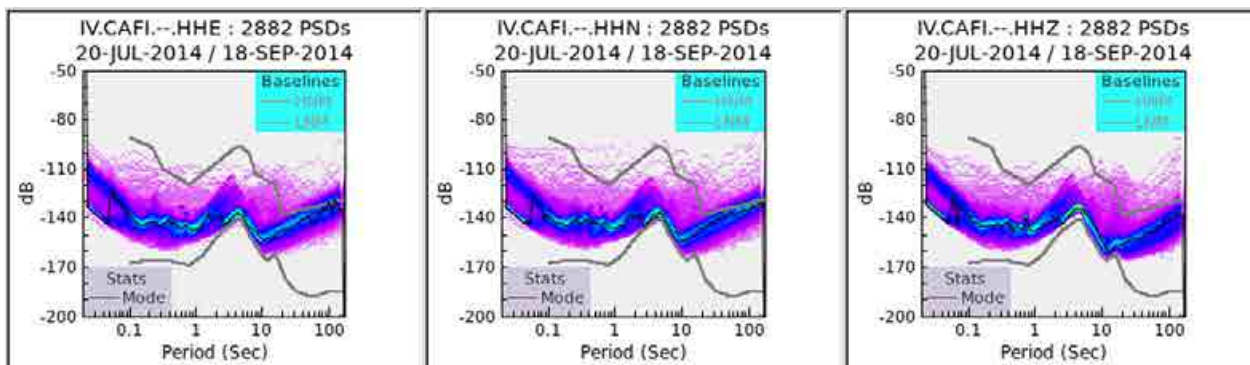


**Figura 19.** Selezione successiva degli spettri anomali (a) e degli spettri inalterati (b). I rettangoli in alto sovrapposti alle PDF indicano le aree di selezione nel campo Frequenza-Potenza.

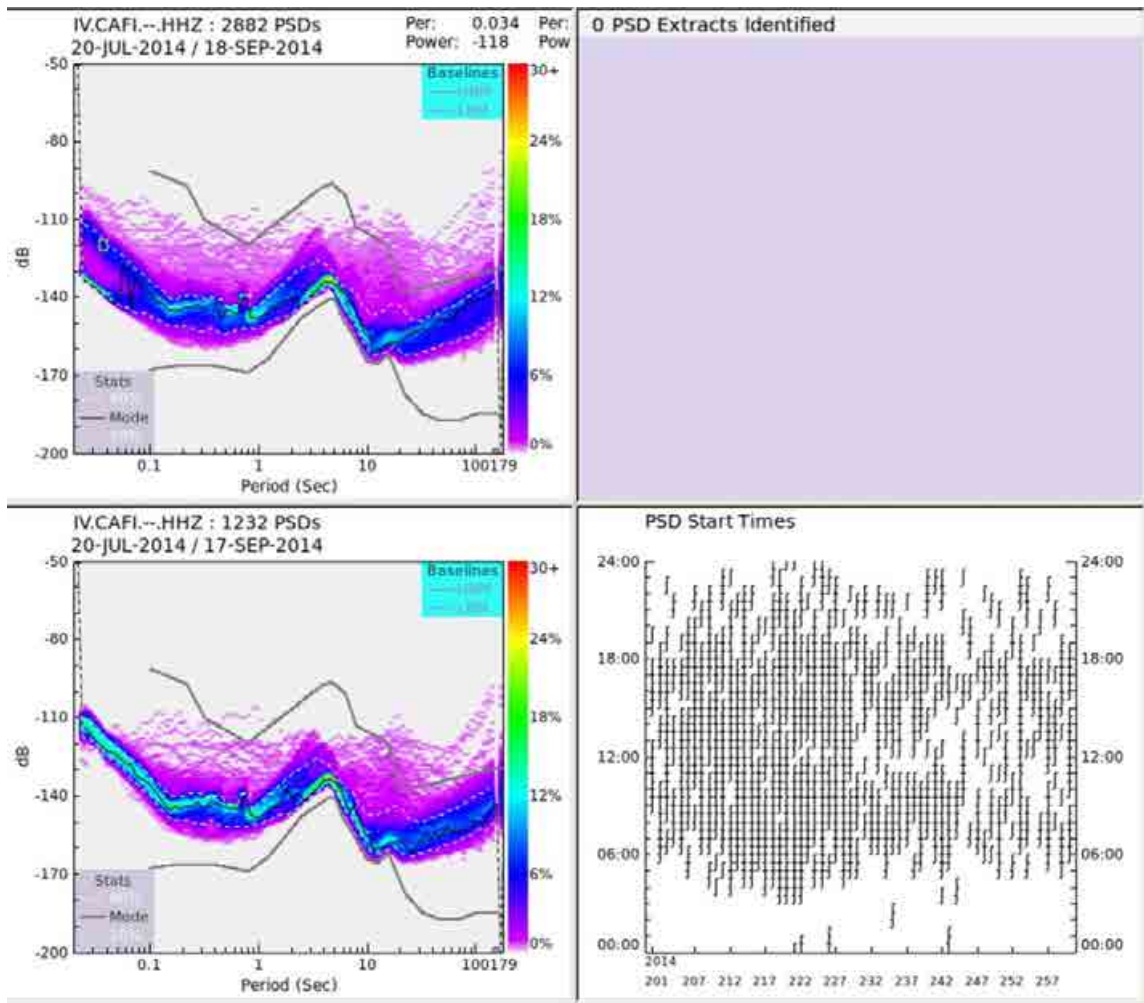
Come ultimo esempio, che non esaurisce la casistica possibile delle anomalie individuabili attraverso le analisi spettrali, è riportato il caso della stazione CAFI (Figura 20) che presenta, al contrario dell'esempio precedente, livelli bimodali di disturbo ad alte frequenze (bassi periodi) su tutte e tre le componenti del moto.

Quindi, in questo esempio, cambia completamente l'intervallo di frequenza in cui si osserva il fenomeno anomalo, in quanto la curva spettrale presenta una risalita costante oltrepastati i 10 Hz (al di sotto di 0.1 s). Le alte frequenze possono essere disturbate da sorgenti antropiche oppure da sorgenti naturali come il vento. Mentre nel primo caso generalmente vengono individuate delle periodicità nella presenza dei disturbi (quotidiane, settimanali...), le sorgenti naturali come il vento hanno una ripetitività apparentemente casuale.

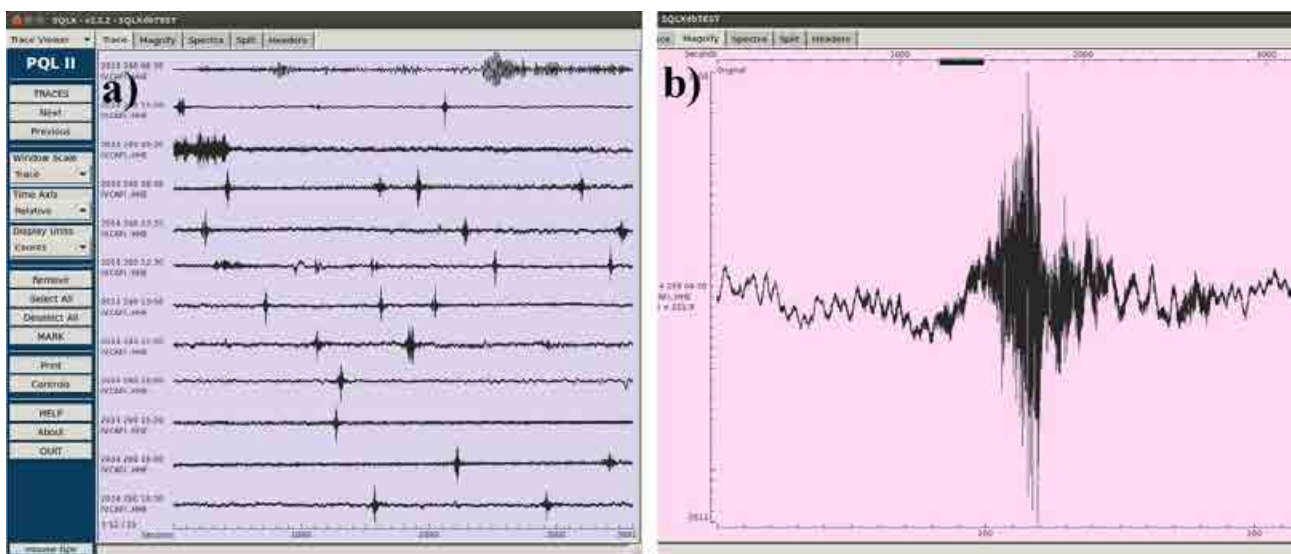
Selezionando la porzione di PDF che interessa gli ampi *trends* spettrali alle alte frequenze (Figura 21), risultano associati ai dati gli *start times* relativi alle ore diurne per tutti i giorni del periodo di analisi. Questo fa escludere con buona attendibilità che la sorgente del disturbo sia naturale. Inoltre, sapendo che la stazione sismica non è molto distante da una strada secondaria di campagna, si suppone che la sorgente possa essere il passaggio di autoveicoli e/o mezzi pesanti che creano vibrazioni meccaniche che riescono a propagarsi fino all'alloggiamento degli strumenti. Questa ipotesi è anche supportata dall'osservazione delle forme d'onda associate al disturbo (Figura 22), passando alla schermata di PQL II. Il disturbo avviene casualmente ogni due o tre volte all'ora e ha una forma non impulsiva emergente dal rumore di fondo, fino ad un massimo di ampiezza che poi ancora gradualmente si attenua fino a scomparire. La forma d'onda è associabile ad una sorgente che si avvicina al sito e poi si allontana, così come accade durante il passaggio di un veicolo su una strada rispetto ad un punto fermo. Anche le frequenze, oltre i 10 Hz, sono compatibili con quelle trasmesse dai motori degli autoveicoli. Quindi, il disturbo non indica un malfunzionamento dello strumento o un'inefficienza degli elementi che compongono la struttura di ricovero della stazione ma è determinato dalle condizioni ambientali nelle vicinanze del sito.



**Figura 20.** PDFs della stazione CAFI. Si nota l'andamento bimodale delle PDFs ai bassi periodi (< 0.1 s) su tutte e tre le componenti.



**Figura 21.** Selezione delle PSDs inerenti al tratto di PDF anomalo a periodi  $< 0.1$  s. Gli *start times* associati sono in gran parte all'interno delle ore diurne.



**Figura 22.** Forme d'onda associate alla selezione di Figura 21a: forme d'onda selezionate. b: selezione di un transiente tipo, causa dell'anomalia di Figura 20 e 27.



## 5. Estrazione dei valori dal DB

Soltanto per completezza di informazione, si cita il fatto che SQLX permette l'estrazione diretta dei valori contenuti nel DB delle analisi spettrali, fornendo una serie di programmi eseguibili.

Ad esempio, per ulteriori analisi o comparazioni, è possibile estrarre i valori di probabilità della matrice Frequenza-Potenza che compone la PDF di un canale utilizzando lo *script* "exPDF". Inoltre gli *script* "exPDFhour" e "exPDFhourD" permettono di estrarre i valori di probabilità selezionando degli intervalli temporali, come ad esempio i mesi e le ore di *start* e *stop*; in particolare, "exPDFhourD" permette in più di scegliere da quale giorno dell'anno iniziare l'estrazione e a quale terminare.

Analogamente, è possibile estrarre i valori di potenza delle curve PSDs, scegliendo anche in questo caso il periodo temporale di estrazione, attraverso lo *script* "exPSDhour".

Infine, volendo ottenere i valori delle curve statistiche come media, mediana, moda, percentili e minimi viene fornito lo *script* "exPDFstat" al quale è sufficiente indicare quale canale e quale statistica estrarre.

La selezione dei mesi e/o ore del giorno per l'estrazione dei dati, riguarderà tutti gli anni per cui è stata eseguita l'analisi. Quindi, ad esempio, se estraggo i valori statistici relativi a 3 anni di dati del mese di Gennaio, l'estrazione riguarderà i 3 mesi di Gennaio di quei 3 anni.

L'estrazione dei valori del DB può avvenire attraverso righe di comando che eseguono direttamente gli *script*, oppure utilizzando i tasti "Save Data" dei pannelli "Detail" dell'interfaccia SQLX Client (vedi ad es. Figura 12). Attraverso l'interfaccia, verranno salvati i dati della selezione attiva in quel momento.

Infine, sempre attraverso l'interfaccia, è possibile salvare in formato PNG le immagini delle PDF o delle porzioni di PDF selezionate, utilizzando i tasti "Print".

## 6. Conclusioni

Nel seguente rapporto è stato descritto il test di installazione e funzionamento del *software* SQLX, descrivendone le differenze rispetto alla precedente versione PQLX.

Per quel che riguarda l'installazione, la novità maggiore riguarda l'utilizzo di un'interfaccia grafica che guida l'utente nella configurazione del software, evitando la necessità di svolgere tutta la sequenza utilizzando righe di comando e modifiche dei *files* di configurazione manualmente. In ogni caso, questa seconda opzione è ancora possibile.

Anche per l'esecuzione di SQLX Server, è stata predisposta un'interfaccia di amministrazione tramite la quale si può riconfigurare il sistema, eliminare o aggiungere canali sismici alle elaborazioni, attivare o fermare l'esecuzione delle operazioni manualmente. Inoltre l'interfaccia di amministrazione gestisce i file di *log* per controllare la corretta esecuzione di tutte le fasi di processamento dei dati. Oltretutto, SQLX Server calcola le statistiche diurne, notturne e stagionali, oltre a quelle già presenti nella vecchia versione PQLX, generando alla fine di ogni istanza delle immagini immediatamente consultabili o riutilizzabili in un servizio *web*.

L'interfaccia *client* di SQLX gestisce tutti gli *output* delle elaborazioni ed in essa è integrata anche l'interfaccia di amministrazione. Inoltre, rispetto alla vecchia versione, gestisce la visualizzazione delle statistiche diurne, notturne, e stagionali dei livelli di disturbo ed è in grado di selezionare gli *outlier* rispetto a curve di riferimento. Oltre alla visualizzazione e gestione interattiva delle PDF, all'interfaccia *client* è stata aggiunta l'opzione di visualizzazione degli spettrogrammi dei dati selezionati, in modo da indagare con facilità l'evoluzione temporale del rumore sismico.

Per la facilità di amministrazione e gestione, per l'efficienza di calcolo, per l'usabilità e interattività, oltre che per il tempestivo supporto della casa produttrice, il pacchetto *software* è sicuramente consigliabile, ovviamente dopo un'analisi costi/benefici. Rispetto ad altri prodotti *open source* sul mercato, come ad esempio i pacchetti *obspsy* ([www.obspsy.org](http://www.obspsy.org)) in linguaggio *python*, SQLX ha il vantaggio di essere già in uno stadio avanzato di sviluppo, di aver già implementato un *data base mysql* interrogabile da interfaccia, di essere interattivo, rendendo rapida ed efficiente l'indagine di una grande mole di dati come quella che ogni giorno viene generata dall'acquisizione dei dati sismici della rete nazionale del Centro Nazionale Terremoti INGV. Il tipo di licenza, temporanea e con limiti di utilizzo, non ha permesso di sperimentare il prodotto su tutti i canali sismici gestiti dalla rete nazionale, i quali potrebbero in ogni caso essere distribuiti su più macchine, in modo che le risorse di calcolo rientrino nei parametri di test applicati in questo rapporto.



## Ringraziamenti

Si ringrazia l'Ing. Alberto Faccioli (Codevintec) per aver messo a disposizione la Licenza Software SQLX e per il suo supporto, Alex Hayman (TechSupport Nanometrics) per il supporto in fase di installazione, Marco Cattaneo (INGV-CNT) per i suggerimenti relativi ad alcune indagini.

Si ringrazia Aladino Govoni (INGV-CNT) per gli utili suggerimenti in fase di revisione.

Le figure presenti in questo rapporto sono schermate riprodotte dall'interfaccia del Software Nanometrics-SQLX.

## Bibliografia

- Cattaneo M., D'Alema E., Frapiccini M., Marzorati S. e Monachesi G., (2011). *Acquisizione presso la sede di Ancona*. Riassunti Estesi del I° workshop tecnico, Monitoraggio sismico del territorio nazionale: stato dell'arte e sviluppo delle reti di monitoraggio sismico, a cura di Marco Cattaneo e Milena Moretti, Miscellanea INGV, 10, pp. 124-127.
- D'Alema E. e Carannante S., (2012). *Procedura automatica per il calcolo delle ShakeMaps e rilocalizzazione degli eventi presso la sede di Ancona dell'INGV-CNT*, Rapporti Tecnici INGV, 225, 25 pp.
- Marzorati S., Carannante S., Cattaneo M., D'Alema E., Frapiccini M., Ladina C. e Monachesi G., (2012). *Emergenza Sismica 2012 in Emilia Romagna: attività sperimentali di supporto alla rete sismica mobile INGV svolte dal personale della sede di Ancona*, Rapporti Tecnici INGV, 236, 38 pp.
- McNamara D.E. and Buland P., (2004). *Ambient noise levels in the continental United States*, Bull. Seism. Soc. Am., 94, 4, pp.1517-1527.
- Monachesi G., Cattaneo M., Ladina C., Marzorati S., D'Alema E., Frapiccini M., Carannante S., Ferretti M., Sebastianelli M., Delladio A. e Selvaggi G., (2013). *Esperienze di monitoraggio integrato: il caso della Rete Sismometrica dell'Italia Centro Orientale e dei suoi servizi*, Quaderni di Geofisica, 106, 29 pp.
- Peterson J., (1993). *Observation and modelling of seismic background noise*, U.S.G.S. Tech. Rept., 93-322, pp. 1-95.

# Quaderni di Geofisica

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/quaderni-di-geofisica/>

I Quaderni di Geofisica coprono tutti i campi disciplinari sviluppati all'interno dell'INGV, dando particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari, che per tipologia e dettaglio necessitano di una rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. La pubblicazione on-line fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

# Rapporti tecnici INGV

ISSN 2039-7941

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/rapporti-tecnici-ingv/>

I Rapporti Tecnici INGV pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico e di rilevante interesse tecnico-scientifico per gli ambiti disciplinari propri dell'INGV. La collana Rapporti Tecnici INGV pubblica esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. L'Editorial Board multidisciplinare garantisce i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

# Miscellanea INGV

ISSN 2039-6651

<http://istituto.ingv.it/l-ingv/produzione-scientifica/miscellanea-ingv/>

La collana Miscellanea INGV nasce con l'intento di favorire la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV (sismologia, vulcanologia, geologia, geomagnetismo, geochimica, aeronomia e innovazione tecnologica). In particolare, la collana Miscellanea INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli ecc..

**Coordinamento editoriale e impaginazione**

Centro Editoriale Nazionale | INGV

**Progetto grafico e redazionale**

Daniela Riposati | Laboratorio Grafica e Immagini | INGV

© 2015 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**