

RAPPORTI TECNICI INGV

Creazione di un database di spettri di
rumore di riferimento per le stazioni
sismiche della Rete Sismica Nazionale



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

485

Direttore Responsabile

Daniela VERSACE

Editor in Chief

Milena MORETTI (editorinchief.collaneeditoriali@ingv.it)

Editorial Board

Laura ALFONSI (laura.alfonsi@ingv.it)
Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)
Simona CARANNANTE (simona.carannante@ingv.it)
Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)
Luca COCCHI (luca.cocchi@ingv.it)
Luigi CUCCI (luigi.cucci@ingv.it)
Lorenzo CUGLIARI (lorenzo.cugliari@ingv.it)
Alessia DI CAPRIO (alessia.dicaprio@ingv.it)
Roberto DI MARTINO (roberto.dimartino@ingv.it)
Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)
Domenico DORONZO (domenico.doronzio@ingv.it)
Filippo GRECO (filippo.greco@ingv.it)
Alessandro IAROCCI (alessandro.iarocci@ingv.it)
Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)
Daniele MELINI (daniele.melini@ingv.it)
Anna NARDI (anna.nardi@ingv.it)
Lucia NARDONE (lucia.nardone@ingv.it)
Marco OLIVIERI (marco.olivieri@ingv.it)
Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)
Pierangelo ROMANO (pierangelo.romano@ingv.it)
Maurizio SOLDANI (maurizio.soldani@ingv.it)
Sara STOPPONI (sara.stopponi@ingv.it)
Umberto TAMMARO (umberto.tammaro@ingv.it)
Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)
Stefano URBINI (stefano.urbini@ingv.it)

Ufficio Editoriale

Francesca DI STEFANO Coordinatore
Rossella CELI - Segreteria di Redazione

Produzione e grafica-redazionale

Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Rossella CELI
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.174 | 2014, 23 LUGLIO

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia | Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI
Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

Creazione di un database di spettri di rumore
di riferimento per le stazioni sismiche della
Rete Sismica Nazionale

*Creation of a reference noise spectrum database
for seismic stations in the National Seismic
Network*

Flavia Tavani*, Alfonso Giovanni Mandiello, Emiliano Della Bina

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

*Corresponding author

Accettato 25 luglio 2024 | Accepted 25 July 2024

Come citare | How to cite Tavani F., Mandiello A.G., Della Bina E., (2024). Creazione di un database di spettri di rumore di riferimento per le stazioni sismiche della Rete Sismica Nazionale. Rapp. Tec. INGV, 485: 1-32, <https://doi.org/10.13127/rpt/485>

In copertina Immagine da Adobe Stock (licenza standard) | Cover from Adobe Stock (standard licence)

485

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	7
1. Strumenti e set di dati	8
2. Analisi strumentale	11
3. Suddivisione aree geografiche	15
3.1 Area Tosco-Emiliana	15
3.2 Appennino centrale	17
3.3 Vesuvio e Campi Flegrei	19
3.4 Sicilia e area Etnea	21
4. Confronto tipi di sensore e minimi di rete	23
5. Piattaforma per uso del Database	24
6. Conclusioni	27
Bibliografia	27
Sitografia	28

Riassunto

Il rumore sismico della stazione può dipendere sia da fattori legati alle attività antropiche che ad effetti legati a geologia e microclima locali. La risposta della stazione dipende anche dalla strumentazione scelta e dalla qualità dell'installazione effettuata. Il corretto utilizzo dei dati della stazione dipende inoltre dalla correttezza del metadato. Caratterizzare la stazione in base al rumore permette di ottenere un parametro di riferimento da utilizzare per valutare la qualità del sito e rilevare ogni variazione di stato per un rapido intervento. In questo rapporto è illustrata la procedura utilizzata per ottenere un *database* di spettri di riferimento di stazione, in base alla coppia sensore-digitalizzatore e alla localizzazione della stessa. Il risultato che deriva da questo studio può essere utilizzato per una verifica automatica dello stato delle stazioni esistenti, per un controllo di qualità di nuove stazioni in base ad un rumore atteso simile a quello presente nel *database* e infine per caratterizzare l'intera Rete Sismica Nazionale (RSN) [Margheriti et al., 2021].

Abstract

The seismic noise of the station depends on factors related to both anthropogenic activities and effects related to local geology and microclimate. The station's response also depends on the chosen instruments and the quality of the performed installation. Furthermore, the correct use of station data also depends on the correctness of the metadata. Characterizing the station based on noise allows obtaining a reference parameter to evaluate the site's quality and detect any changes in its state for prompt intervention. This report illustrates the procedure used to obtain a reference database of station spectra based on the sensor-digitizer coupling and its location. The results derived from this study can be used for automatic monitoring of the existing station's status, quality control of new stations based on expected noise similar to that present in the database, and ultimately to characterize the entire National Seismic Network (RSN) [Margheriti et al., 2021].

Keywords: Database di spettri di rumore; Analisi qualità della rete; | Reference noise spectrum; Network quality analysis.

Introduzione

Le stazioni sismiche che formano la rete sismica dell'INGV sono il fondamento di tutti i risultati scientifici e di monitoraggio dell'istituto.

La RSN consente la rilevazione e la caratterizzazione della sismicità italiana, sia con finalità di monitoraggio e valutazione del suo impatto, sia per condurre ricerche di base in materia di pericolosità sismica e conoscenze della struttura dell'interno della Terra.

Il buon risultato dell'utilizzo della rete sismica dipende da una copertura geografica senza lacune, da una strumentazione utilizzata adeguata e all'avanguardia, da corrette installazioni (cioè con un buon rapporto segnale-rumore) e da efficiente controllo e manutenzione.

Tutto questo ancora non è sufficiente se non si ha un metadato sempre aggiornato, o se il dato non è continuo, senza buchi, e di rapido utilizzo.

In questi ultimi anni la rete ha avuto un grande sviluppo tecnologico, con strumentazione sismica molto diversa, che assieme alla sua naturale dinamicità, dovuta a guasti o a inserimento di nuove

stazioni, ha comportato una difficoltà sempre crescente per un efficace controllo delle singole stazioni e per la gestione della sua efficienza complessiva.

Il Nodo italiano dell'*European Integrated Data Archive* (EIDA) [Danecek et al., 2021] [1] è il centro dati gestito da INGV che archivia e distribuisce i dati raccolti dalle reti sismiche INGV e da altri gestori di reti sismiche, italiani ed esteri. EIDA è diventato, oltre che un fulcro fondamentale per la ricerca scientifica, una vetrina internazionale per l'INGV.

Tutto questo rende necessaria una maggiore attenzione alla qualità dei dati distribuiti.

La rapidità e la complessità dei controlli da effettuare sulle stazioni sismiche impone lo sviluppo di procedure che tengano conto di ogni peculiarità della Rete Sismica Nazionale (RSN). Per fare questo si è deciso di costituire un *database* calcolando la *Power Spectral Density* (PSD) delle stazioni rispettando la risposta caratteristica dovuta alla differente strumentazione e considerando l'eterogeneità del territorio. Tale *database*, sebbene sia una fotografia parziale dell'anno 2023 nella sua totalità, senza considerare la dinamicità della rete durante l'anno stesso, vuole essere non solo una prima analisi, ma costituire una fonte di riferimento per analisi future. Tale lavoro è necessario per avere un *database* di *template* utili ad un controllo più ravvicinato nel tempo di tutti i parametri di funzionamento di ogni stazione della RSN.

1. Strumenti e set di dati

Il lavoro utilizza i dati ricavati grazie ai servizi *web* messi a disposizione dall'INGV. Per recuperare i metadati delle stazioni è stato usato il servizio "*station*" [2], mentre per ottenere le informazioni circa la qualità delle singole stazioni abbiamo utilizzato l'*API* sviluppata dall'autore e utilizzabile attraverso i *web services* [3] proprio per interagire con i risultati prodotti dal *software* SQLX [Marzorati et al., 2015] [4].

Le elaborazioni per l'estrazione e l'analisi dei dati sono state sviluppate in linguaggio *Python*, sfruttando *ObsPy* [Beyreuther et al., 2010], progetto *Python open source*, che fornisce strumenti per l'analisi di dati sismici. In particolare *ObsPy* mette a disposizione il *package* *obs.py.fdsn.client* che consente l'accesso a tutti i *webservices* che implementano le definizioni dei servizi dell'*International Federation of Digital Seismograph Networks* (FDSN), tra cui quelli dell'INGV.

La RSN, codificata con codice di rete IV, inizialmente è stata implementata come struttura di monitoraggio sismico, ma nel corso degli anni è cresciuta sia in quantità che in qualità degli strumenti installati. Attualmente è composta da diversi tipi di sensori sismici e accelerometrici, collocati in molti siti, ed è la più grande rete sismologica italiana per numero di sensori ed estensione geografica. Nel lavoro è stata inclusa anche la rete sismica MedNet (*Mediterranean Network*) [MedNet Project Partner Institutions, 1990], codificata con codice MN, perché gestita direttamente dall'INGV e costituita da strumenti di altissima qualità, in luoghi particolarmente quieti e con installazioni molto curate.

In questo lavoro, sono state considerate solo le componenti verticali dei velocimetri, quindi tutti i canali con codice *HZ presenti nelle stazioni. La scelta delle componenti verticali è motivata dal fatto che queste rappresentano adeguatamente l'ampiezza del rumore al sito, sono meno sensibili ad effetti di sito stesso e non risentono di eventuali possibili effetti di polarizzazione del rumore sismico che possono causare grandi differenze di ampiezza fra le due componenti orizzontali.

Per discriminare le stazioni di interesse sono state utilizzate le informazioni presenti nel loro metadato che individuano la data, in formato UTC, di inizio e fine funzionamento di ogni canale, estraendo solo i canali che risultassero aperti, cioè con data di inizio antecedente al 31-12-2023 alle ore 23:59:59 e con data di fine assente o successiva a tale data.

Utilizzando il servizio *get_stations* messo a disposizione da *ObsPy* con i parametri descritti, si ottengono 417 stazioni, 395 delle quali appartenenti alla rete IV (quadrati verdi), mentre 22 alla rete MN (triangoli arancioni), mostrate nella Figura 1.

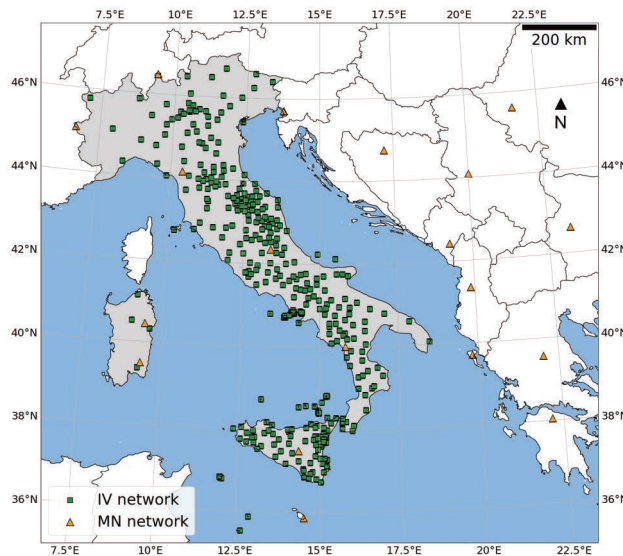


Figura 1 Mappa delle stazioni gestite dalla Rete Sismica Nazionale. I quadrati verdi sono le stazioni della rete IV, i triangoli arancioni sono le stazioni della rete MN.

Figure 1 Map of stations managed by National Seismic Network. The green squares are the stations belonging to the IV network, the orange triangles the ones belonging to the MN network.

Il servizio *get_stations*, inoltre, consente di ricavare dai metadati relativi alle stazioni anche i dati sulla strumentazione installata in ciascuna di esse. In particolare, nella Figura 2, è mostrato il raggruppamento delle stazioni in base alla tipologia di sensore installata ed in base alla tipologia del digitalizzatore. La distinzione dei sensori viene fatta classicamente in base alla frequenza di taglio in risposta, espressa tipicamente in secondi, che ne specifica anche il loro campo di utilizzo. I sensori *short period* (1-5 s) sono ottimali per applicazioni locali ad alta frequenza, mentre quelli *broadband* (120-240 s) offrono una copertura completa dello spettro delle frequenze sismiche. Le altre tipologie di sensori a periodi intermedi offrono un compromesso ideale per reti sismiche nazionali. In particolare i sensori a cui si fa riferimento nella legenda del pannello di sinistra della Figura 2 sono:

1. 1seconds, 5 seconds: sensori LENNARTZ LE3D-5S, Lunitek Tellus_5s, Lunitek Tellus_1s, LENNARTZ LE3D-1S, LENNARTZ LE3D-lite-MkIII-1s, LENNARTZ LE3D-LITE;
2. 20seconds, 30 seconds: sensori GURALP CMG-40T-30S, LENNARTZ LE3D 20S, NANOMETRICS TRILLIUM-20C;
3. 60seconds: sensori GURALP CMG-3ESP-60S, GURALP CMG-40T-60S;
4. 40seconds: sensori NANOMETRICS TRILLIUM-40S;
5. 120seconds: sensori NANOMETRICS TRILLIUM-120C, NANOMETRICS TRILLIUM-120S;
6. 240seconds: sensori NANOMETRICS TRILLIUM-240S;
7. streckeisen and 360seconds: sensori NANOMETRICS TRILLIUM-360GSN, STRECKEISEN STS-2-120S, STRECKEISEN STS-1H-VBB, STRECKEISEN STS-2-3G, STRECKEISEN STS-1V-VBB.

Da questa prima analisi si ricava che i tipi di sensore più utilizzati da questi due *network* sono i sensori NANOMETRICS-TRILLIUM 40S (triangoli blu, Figura 2 - pannello di sinistra).

La RSN utilizza diversi tipi di digitalizzatori di varie case costruttrici, tra cui la Nanometrics [5] e la Kinometrics [6], ditte internazionali con strumenti consolidati. Utilizza inoltre strumenti di altre piccole realtà italiane quali la Sara [7] e Lunitek [8], che producono digitalizzatori a basso costo. Attualmente i digitalizzatori più utilizzati sono quelli prodotti dal laboratorio dell'INGV chiamati INGV GAIA2, mostrati nella Figura 2, pannello di destra (triangoli blu).

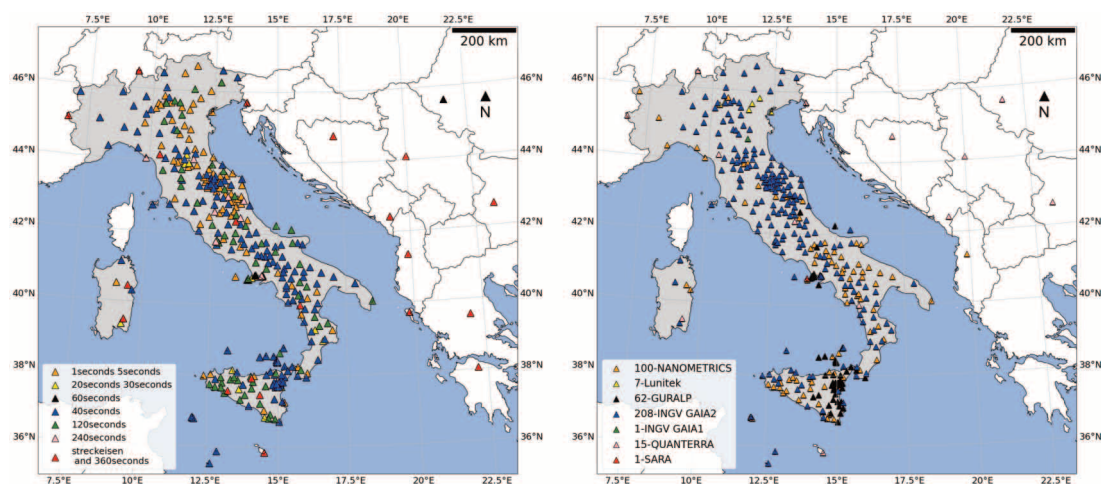


Figura 2 Mappa delle stazioni gestite dalla RSN (IV, MN) raggruppate in base alla strumentazione. Nel pannello di sinistra, il raggruppamento in base alla tipologia di sensore come indicato nella legenda; nel pannello di destra, il raggruppamento in base alla tipologia di digitalizzatore.

Figure 2 Map of the stations managed by the National Seismic Network (IV, MN) grouped by instruments. On the left, different colors show the different types of sensors, as indicated; on the right, different colors show different types of datalogger.

In totale, sono state individuate 79 possibili combinazioni di coppie sensore/digitalizzatore. Di seguito viene mostrata una tabella riassuntiva delle prime 5 coppie maggiormente utilizzate nelle stazioni delle reti IV e MN, aventi i canali HHZ e EHZ aperti.

Nella Figura 3 si mostra la distribuzione delle stazioni raggruppate in base alla coppia (digitalizzatore-sensore) di strumenti maggiormente utilizzate. Dalla Figura 3 si evince che la distribuzione dei sensori BB (*broadband* - triangoli blu, arancione, giallo, rosso) risulta uniforme su tutta la penisola, mentre nella zona appenninica c'è una maggiore presenza di sensori SP (*short period* - triangoli verdi).

Sensore	Digitalizzatore	Stazioni
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	INGV GAIA2-FS-16-VPP	79
LENNARTZ LE3D-5S	INGV GAIA2-FS-10-VPP	40
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	NANOMETRICS Centaur	27
NANOMETRICS TRILLIUM-120S	INGV GAIA2-FS-40-VPP	22
NANOMETRICS TRILLIUM-120C	NANOMETRICS Centaur	19

Tabella 1 Coppie di strumenti maggiormente utilizzati tra le stazioni delle reti IV e MN. Nella prima colonna ci sono i nomi dei sensori, nella seconda colonna i nomi dei digitalizzatori e nella terza colonna si trova il totale delle stazioni aventi la coppia indicata.

Table 1 Most used couples of instruments in the stations of IV and MN networks. In the first column, we find the sensor's name, in the second column the datalogger's name, and in the third column, the total number of stations having that specific combination of sensor/datalogger.

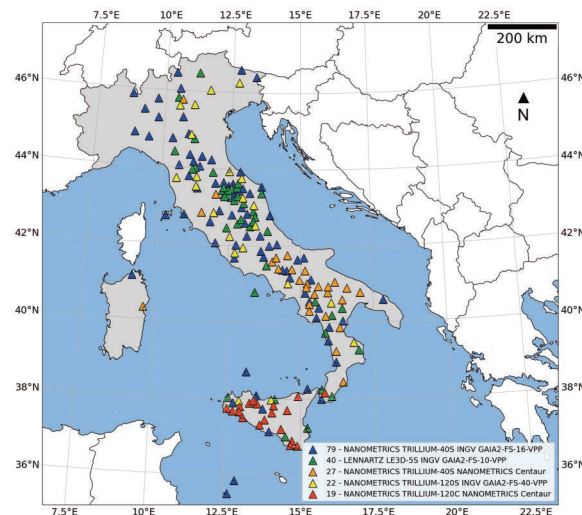


Figura 3 Mappa delle stazioni gestite dalla Rete Sismica Nazionale (IV, MN) raggruppate in base alle coppie di strumenti maggiormente utilizzate.

Figure 3 Map of the stations in Italian Seismic Network (IV, MN) grouped by most used couples of sensor/datalogger.

2. Analisi strumentale

La prima caratterizzazione di una stazione sismica viene effettuata considerando la sua risposta spettrale nella banda di interesse per la sismologia. Oltre alla strumentazione usata, sensore e digitalizzatore, influiscono sulla risposta diversi fattori quali la qualità dell'isolamento del sensore, il sito con le sue caratteristiche geologiche o topografiche, la presenza di rumori ambientali e altro. Per questo motivo il primo passo è calcolare uno spettro che rappresenti la risposta della stazione in tutto l'anno scelto per tutte le stazioni considerate. Questo insieme di PSD potrà costituire un riferimento con cui confrontare le PSD giornaliere per controllare eventuali anomalie di risposta della stazione in esame.

In seguito si intende raggruppare gli spettri seguendo lo schema di stazioni con la stessa coppia sensore-digitalizzatore.

Per queste elaborazioni è stato utilizzato il *software* SQLX in uso all'INGV. Il tipo di analisi *standard*, effettuata da questo *software*, avviene su finestre di un'ora con sovrapposizione del 50%, con processamento del dato ed esecuzione dei calcoli come descritto in [McNamara et al., 2004]. Il risultato che si ottiene è un archivio di PSDs utilizzate per ottenere una statistica sui livelli di rumore al sito espressi da PDFs.

Per le stazioni in esame è stato interrogato il *webservice* [9] messo a disposizione dall'INGV, recuperando le statistiche delle PDF PSD (*Probability Density Function of Power Spectral Density*). In particolare per ciascuna stazione e ciascun canale della stazione è stata effettuata la chiamata al *webservice* [3] che restituisce per tutto lo spettro delle frequenze (che va da 0.0216Hz a 48Hz) il valore del 10° percentile (da ora in poi p10) della PSD, cioè il valore sotto al quale si trova il 10% delle osservazioni. I parametri in *querystring* usati sono quelli specifici di ciascuna terna con i valori della rete, stazione, canale.

È stato deciso di utilizzare questo percentile perché esso permette di minimizzare, anche se non di eliminare del tutto, gli aspetti di sito transitori di installazioni o rumori ad alta frequenza dovuti a cause verificatesi durante l'anno o periodiche. In questo modo è possibile rappresentare una sorta di comportamento migliore durante tutto l'anno date le condizioni di sito e installazione effettuata. Dopo aver raggruppato gli spettri con il criterio descritto, è stata applicata una procedura per determinare, per ogni frequenza, dei valori minimi a massimi entro cui poter collocare, con la

massima probabilità, gli spettri di ogni stazione del gruppo di stazioni considerate. Infine si sono utilizzati questi risultati per una classificazione preliminare delle stazioni sismiche della rete IV e MN.

Di seguito i passi della procedura utilizzata, effettuati per ogni terna di parametri definita da sensore (S), digitalizzatore (D) e canale (C).

1. Recupero delle coppie di strumenti installate nelle stazioni della rete (le reti considerate sono IV e MN) che abbiano almeno un canale *HZ aperto il 31-12-2023 alle 23:59:59. Recupero delle statistiche (p10) per l'anno 2023 mediante i *webservices* che consentono l'interazione con SQLX messi a disposizione dall'INGV, come evidenziato nella Figura 4 - riquadro 1.
 1. 1. Per ogni frequenza campionata nello spettro, si considerano i valori che vengono assunti dai p10 delle stazioni. Si indica con $M(f)$ il massimo valore trovato per una frequenza f nello spettro, con $m(f)$ il valore minimo, e la differenza $I=M(f)-m(f)$. Questo intervallo comprende i valori di tutti i p10 delle stazioni per una frequenza fissata (Figura 4 - riquadro 2).
 1. 2. L'intervallo I viene suddiviso in N *bins* aventi la stessa ampiezza, identificabili come $bin_j=[b_j, b_{j+1}]$ con $j=1,...,N$ tale che $\delta = b_{j+1} - b_j = 10$ dB. Dal momento che delta è fissato, il numero di *bins* utilizzato dipende dall'ampiezza di I . Quando I è molto piccolo, significa che per quella frequenza tutte le stazioni hanno valori dei p10 delle PSD molto vicini. Quando invece I è molto grande, significa che per quella frequenza il segnale delle stazioni è molto variabile, e pertanto è probabile che ci siano delle stazioni il cui segnale si allontani di molto da quello atteso (Figura 4 - riquadro 2).
 1. 3. Conteggio del numero di valori dei p10 assunti dalle stazioni sono compresi in ciascuno dei bin_j , con $j = 1,...,N$ per la frequenza considerata. Il *bin* che contiene più valori viene preso per la costruzione della fascia, e verrà indicato con bin^* . La fascia dei valori individuata per ogni frequenza è data da $[b-5, B+5]$, dove b e B sono gli estremi di bin^* , come evidenziato nella Figura 4 - riquadro 2.
2. Ripetendo questa operazione per tutto lo spettro di frequenze, si ottiene una sequenza di intervalli che permette di individuare una fascia di valori entro cui finisce la p10 di un insieme di stazioni con gli stessi strumenti. Il risultato ottenuto per ogni coppia di strumenti viene salvato su un *file json*, nominato in base alla terna (S, D, C), come si vede nella Figura 4 - riquadro 3. L'insieme di questi *files* costituirà il *database* a cui far riferimento per le successive analisi.
3. Utilizzo dei risultati per la definizione della qualità delle singole coppie stazione-canale, sempre in riferimento alle coppie di strumenti. La scala va da A (qualità superiore) a C (qualità inferiore), come rappresentato nella Figura 4 - riquadro 4. In particolare, come indicato nella Tabella 2, viene assegnata qualità A quando almeno il 75% dei valori delle p10 ricade all'interno della fascia individuata; viene assegnata qualità B quando almeno il 50% dei valori delle p10 ricade nella fascia, altrimenti viene assegnata qualità C.

Qualità	Criterio
A	$\geq 75\%$ dei valori delle p10 di una stazione ricade nell'intervallo
B	$\geq 50\%$ dei valori delle p10 di una stazione ricade nell'intervallo
C	$< 50\%$ dei valori delle p10 di una stazione ricade nell'intervallo

Tabella 2 Criteri per l'assegnazione di un indice di qualità per le stazioni. Prima colonna: valori assegnati, presentati in ordine decrescente. Seconda colonna: criterio associato a ciascun valore.

Table 2 Criteria for assignment of a quality index for each station. First column: values, presented in decreasing order. Second column: criterium for each value.

In Figura 4 vengono schematizzati i passi dell'algoritmo illustrato.

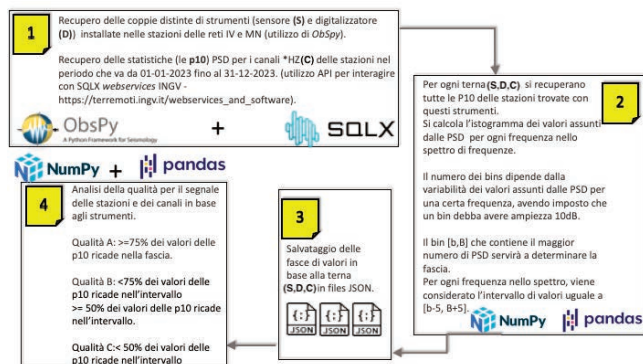


Figura 4 Schema dell'algoritmo presentato. I riquadri numerati rappresentano i passi illustrati. Per ciascuno di essi vengono indicate le librerie Python e le tecnologie utilizzate.

Figure 4 Algorithm schema. Each step is labeled with a number, associated with the presented step. For each step, Python libraries and technologies used are indicated.

Ad esempio, per le coppie di strumenti indicate nella Tabella 1, è possibile rappresentare le fasce entro cui rientra la maggioranza dei valori del maggior numero di stazioni (considerando i soli canali HHZ e EHZ). Ciascuno dei 4 pannelli della Figura 5 individua una coppia degli strumenti specificati nella Tabella 1. Per ognuno di essi, è visibile in celeste la fascia dei valori selezionata utilizzando l'algoritmo presentato nella Figura 4, mentre in tutti i pannelli le curve colorate e tratteggiate rappresentano i valori dei p10 delle PSD delle stazioni su cui sono installati i rispettivi strumenti. In nero, infine, sono rappresentati i modelli NHNM e NLNM che indicano rispettivamente il *New High Noise Model* e il *New Low Noise Model* presi a riferimento [Peterson, 1993]. Dalla Figura 5 si possono individuare le stazioni con comportamenti anomali di cattivo funzionamento o metadati errati perché molto fuori dalle fasce, e si evidenzia ad alta frequenza (>0.3Hz) una dispersione delle PSD dovuta invece a cause diverse quali presenza di microsismi, rumore antropico ed altro, tutte situazioni che necessitano una ulteriore analisi.

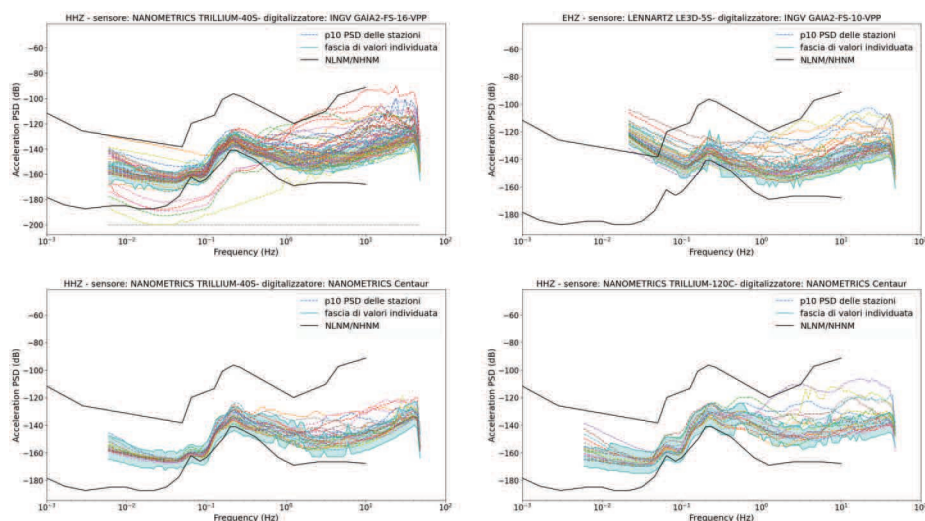


Figura 5 Esempio dell'andamento della p10 delle stazioni (linee tratteggiate) per le 4 coppie distinte di strumenti in riferimento all'anno 2023. Le curve tratteggiate colorate rappresentano le stazioni presenti nella regione con la strumentazione indicata nel titolo della figura, in nero si trovano le curve NLNM e NHNM [Peterson, 1993], mentre in azzurro viene evidenziata la fascia di valori calcolata.

Figure 5 Example of the p10 statistic trend of the stations (dashed lines) for 4 different couples of instruments during the year 2023. The dashed lines show the stations with the instruments on the title, the black lines are the NLNM and NHNM curves [Peterson, 1993], in blue the band found for those pairs of instruments.

L'individuazione delle fasce di riferimento consente l'assegnazione di un livello di qualità per ciascuna stazione. Infatti, una volta trovati il limite superiore e inferiore di valori entro cui ci si aspetta ricadano le PSD di una stazione in esame, è possibile catalogarla rapidamente. In seguito, in presenza di valori molto dissimili, verificare se questa presenta dei problemi, o se ha semplicemente avuto una sostituzione di strumentazione.

Come esempio nella Figura 6 vengono nuovamente considerate 4 coppie di strumenti maggiormente utilizzate nelle reti IV e MN e, per ciascuna di esse, vengono mostrate le stazioni colorate in base alla qualità assegnata (Tabella 2). Le coppie mostrate sono:

1. NANOMETRICS TRILLIUM-40S - INGV GAI2-FS-16_VPP- 79 stazioni;
2. LENNARTZ LE3D-5S - INGV GAI2-FS-10-VPP - 40 stazioni;
3. NANOMETRICS TRILLIUM-40S - NANOMETRICS Centaur - 27 stazioni;
4. NANOMETRICS TRILLIUM-120C - NANOMETRICS Centaur - 19 stazioni.

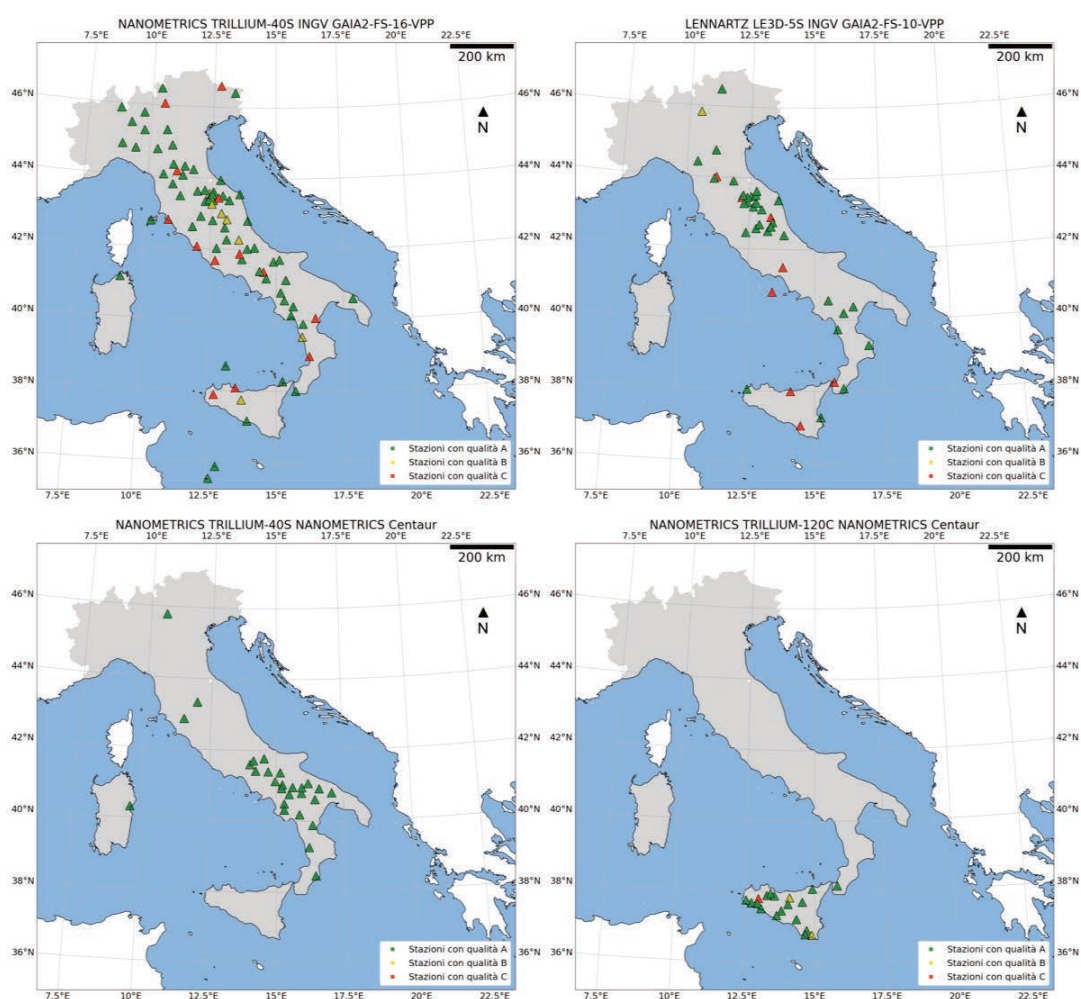


Figura 6 Mappe delle stazioni su cui sono installati gli strumenti specificati nel titolo di ciascun pannello. In tutte e 4 le mappe troviamo in verde le stazioni a cui è stata assegnata qualità A, in giallo le stazioni a cui è stata assegnata qualità B, ed in rosso le stazioni a cui è stata assegnata qualità C.

Figure 6 Map of the stations with the corresponding instruments for each map. In every panel, we find in green the stations with A quality, in yellow B quality and in red the C quality.

Infine, nella Figura 7, vengono rappresentate tutte le stazioni analizzate delle reti IV e MN, colorate in base alla qualità assegnata.

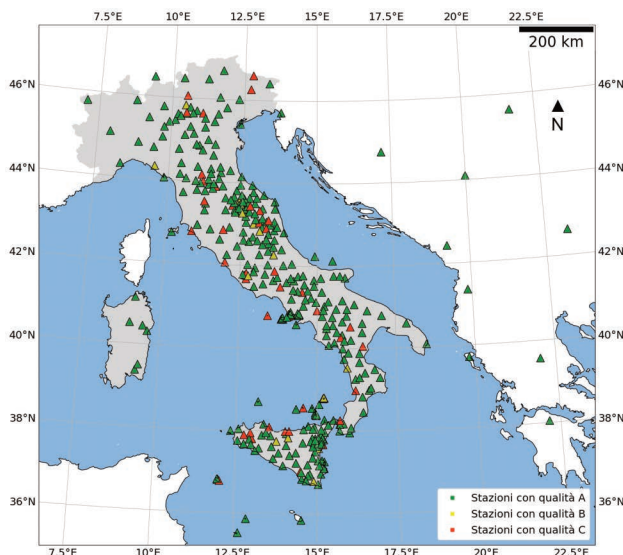


Figura 7 Mappa delle stazioni delle reti IV e MN aventi un canale *HZ aperto. In verde le stazioni a cui è stata assegnata qualità A, in giallo le stazioni a cui è stata assegnata qualità B, ed in rosso le stazioni a cui è stata assegnata qualità C.

Figure 7 Map of the stations of networks IV and MN with open *HZ channel. In green, we find the stations with A quality, in yellow the ones with B quality, and in red the stations with C quality.

È stato dunque prodotto un *database* con una PSD di riferimento per ogni stazione della RSN e MedNet e una fascia per ogni coppia sensore-digitalizzatore. Questo insieme è utilizzabile da qualunque procedura di analisi di qualità che ne abbia necessità.

È giusto sottolineare di nuovo che entrambe le tipologie di riferimento sono solo un primo passo: come già descritto sono state ottenute considerando anche stazioni con eventuali problemi anche temporanei non ancora rilevati o semplici cambiamenti di metadato che al momento non è stato possibile escludere.

Lo scopo del lavoro è solo quello di fornire un *database* iniziale da cominciare ad utilizzare e da affinare in futuro.

3. Suddivisione aree geografiche

Oltre ai problemi di rumore antropico o di installazione o di caratteristica strumentale, lo spettro di rumore riflette anche le caratteristiche geologiche e geografiche. Non è possibile attendersi infatti una stessa risposta strumentale, anche con sensori uguali, in area marittime, vulcaniche, pianeggianti o alpine, a causa delle diverse caratteristiche litologiche o per presenza di differente rumore microsismico.

Partendo da questa idea generale, è stata fatta un'ulteriore analisi per specifiche aree geografiche. Le aree scelte per l'Italia sono: l'area tra le regioni Emilia Romagna e Toscana (area Tosco-Emiliana) dove si trova in parte la Pianura Padana, l'area appenninica centrale, la regione dei Campi Flegrei e del Vesuvio e la Sicilia (separando la zona etnea dal resto della regione).

3.1 Area Tosco-Emiliana

La prima area analizzata è caratterizzata da un rumore sismico di fondo generalmente alto e questo comporta che le stazioni installate in questa zona siano considerate rumorose.

In Figura 8 la mappa mostra le 22 stazioni considerate, comprese tra 44 e 45 gradi di latitudine e 9 e 13 gradi di longitudine.

A seguire, nella Tabella 3 vengono sintetizzate le coppie di sensore e digitalizzatore installate in questa area, ordinata a partire dalla coppia di strumenti più utilizzata, fino a quella meno utilizzata.

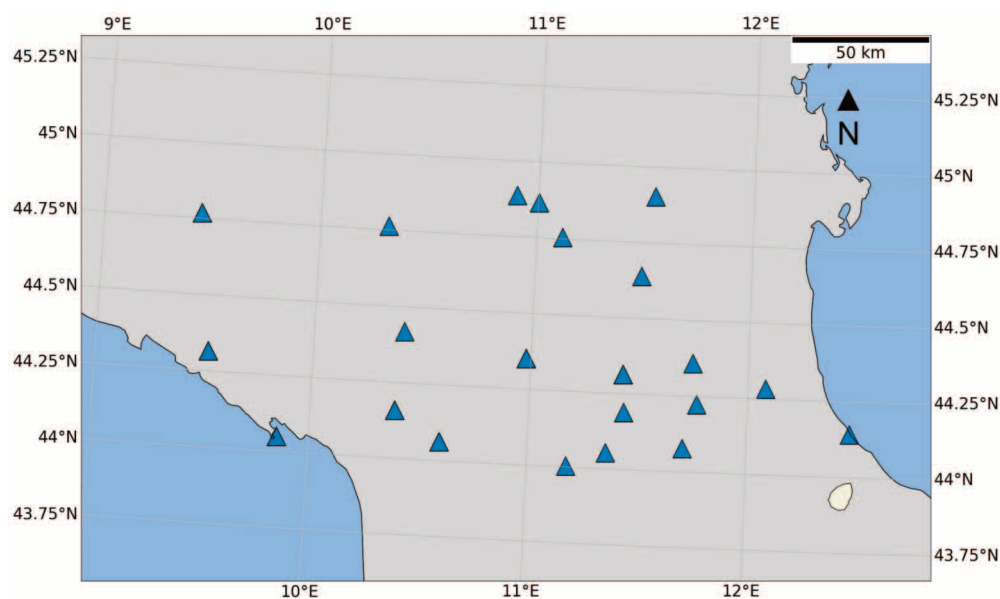


Figura 8 Mappa delle stazioni delle reti IV e MN nell'area Tosco-Emiliana.

Figure 8 Map of IV and MN stations in Tosco-Emiliana area.

Sensore	Digitalizzatore	# stazioni
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	INGV GAIA2-FS-16-VPP	8
LENNARTZ LE3D-5S	INGV GAIA2-FS-10-VPP	3
LENNARTZ LE3D-1S	INGV GAIA2-FS-10-VPP	3
LENNARTZ LE3D-5S	INGV GAIA1-FS-9-VPP*DEF	1
LUNITEK TELLUS_5S	INGV GAIA2-FS-16-VPP	1
GURALP CMG-40T-30S	INGV GAIA2-FS-20-VPP	1
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	NANOMETRICS TRIDENT-FS-16-VPP-SG-1	1
NANOMETRICS TRILLIUM-	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1
STRECKEISEN STS-2-120S	QUANTERRA Q330	1
NANOMETRICS TRILLIUM-	NANOMETRICS TAURUS-FS-40-VPP-SG-1	1
NANOMETRICS TRILLIUM-	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1

Tabella 3 Coppie di strumenti che compongono le stazioni installate nell'area Tosco-Emiliana. Sulla prima colonna si trova il tipo di sensore, sulla seconda colonna il digitalizzatore, sulla terza colonna il numero di stazioni con quel tipo di strumentazione.

Table 3 Couples of instruments on stations installed in the Tosco-Emiliana area. In the first column we find the type of sensor, in the second column the type of datalogger, and in the third column the number of stations with those instruments.

Al fine dell'analisi ci si è concentrati solo sulle coppie di sensore e digitalizzatore installate su più di una stazione, che per l'area in oggetto sono:

1. NANOMETRICS TRILLIUM-40S-INGV GAIA2-FS-16-VPP - 8 stazioni;
2. LENNARTZ LE3D-5S-INGV GAIA2-FS-10-VPP - 3 stazioni;
3. NANOMETRICS TRILLIUM-40S-INGV GAIA2-FS-16-VPP - 3 stazioni.

In Figura 9 sono mostrate le fasce per le stazioni selezionate. Dalla Figura 9 è possibile vedere che le fasce ben rappresentano il comportamento delle coppie associate all'area di riferimento. In tutti e tre i casi mostrati il segnale a basse frequenze (< 0.2 Hz) risulta sempre simile in tutte le stazioni aventi gli stessi strumenti. Questo significa che sono fortemente caratterizzati dalla risposta strumentale e meno dagli effetti di sito. Per la coppia LENNARTZ LE3D-1S-INGV GAIA2-FS-10-VPP, in particolare, a basse frequenze, il segnale di tutte e tre le stazioni ha un comportamento molto simile.

Per quello che riguarda le alte frequenze (> 0.3 Hz) i segnali di alcune stazioni sembrano non ben rappresentate, probabilmente a causa del rumore antropico presente nelle vicinanze del sito.

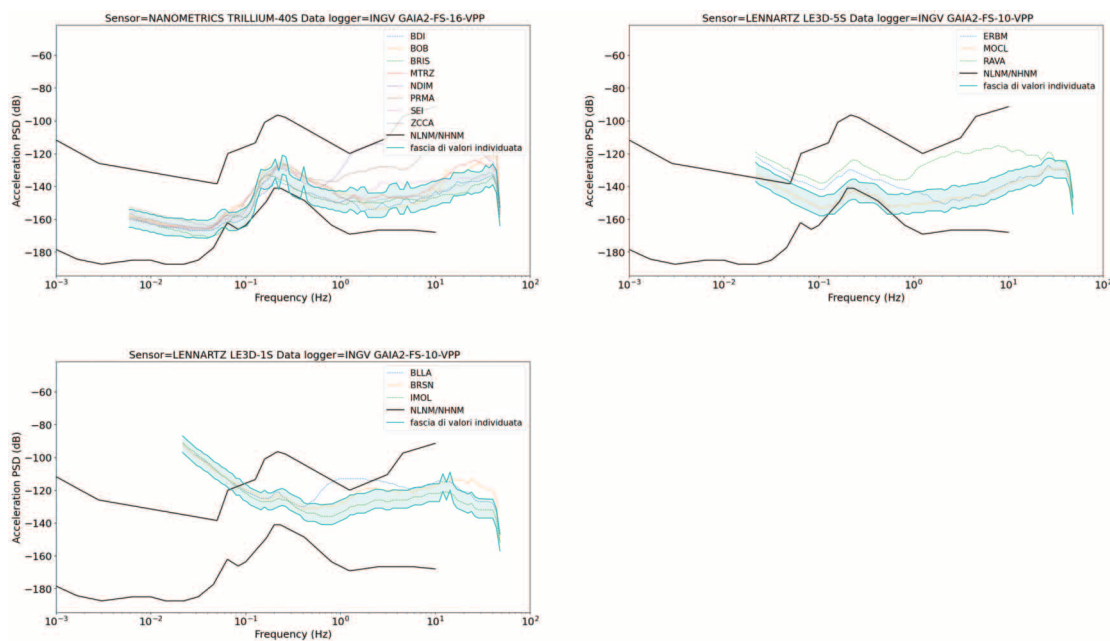


Figura 9 Esempio dell'andamento della p10 delle stazioni (linee tratteggiate) dell'area Tosco-Emiliana per le coppie distinte di strumenti in riferimento all'anno 2023. Le curve tratteggiate colorate rappresentano le stazioni presenti nella regione con la strumentazione indicata nel titolo della figura. In nero si trovano le curve NLNM e NHHM [Peterson, 1993]. In azzurro viene evidenziata la fascia di valori calcolata per questa regione per la coppia di strumenti specificati nel titolo di ciascun pannello.

Figure 9 Example of the p10 statistic trend of the stations (dashed lines) in Tosco-Emiliana area for different pairs of instruments during the year 2023. The dashed lines show the stations with the instruments on the title. The black lines are the NLNM and NHHM curves [Peterson, 1993]. In blue the band for those pairs of instruments, computed for this area and this combination of instruments.

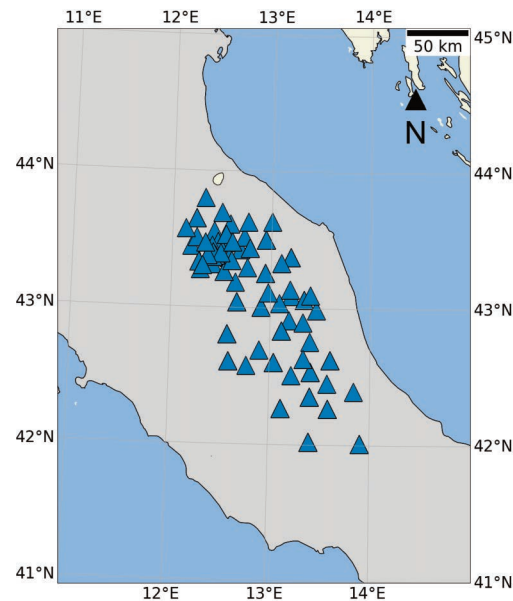
3.2 Appennino centrale

In questo secondo caso la maggior parte delle stazioni scelte sono installate su formazioni rocciose. Queste, a differenza del caso precedente, hanno una risposta più efficiente dal punto di vista strumentale. L'area denominata Appennino centrale comprende le regioni di Marche, Umbria e Lazio.

In Figura 10 la mappa mostra le 57 stazioni IV considerate, comprese tra 41.8 e 44 gradi di latitudine e 2 e 14 gradi di longitudine. L'area appenninica è caratterizzata dalla presenza di numerose stazioni sulle quali sono installati diversi tipi di strumenti, in particolare *short period* (SP) e *broadband* (BB), distribuiti come indicato nella Tabella 4.

Figura 10 Stazioni IV considerate nell'Appennino centrale.

Figure 10 IV Stations IV in Central Apennines.



Sensore	Digitalizzatore	# stazioni
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	INGV GAIA2-FS-16-VPP	19
LENNARTZ LE3D-5S	INGV GAIA2-FS-10-VPP	18
LENNARTZ LE3D-1S	INGV GAIA2-FS-10-VPP	9
NANOMETRICS TRILLIUM-120S	INGV GAIA2-FS-40-VPP	3
NANOMETRICS TRILLIUM-240S	NANOMETRICS Centaur	2
MARK L-4C-171	INGV GAIA2-FS-10-VPP	1
NANOMETRICS TRILLIUM-240S	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1
GURALP CMG-3ESPC-120S	GURALP MINIMUS_PLUS	1
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	NANOMETRICS HRD24	1
NANOMETRICS TRILLIUM-120C	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1
STRECKEISEN STS-2-120S	QUANTERRA Q330	1

Tabella 4 Coppie distinte di strumenti utilizzati nella regione appenninica e numero delle stazioni che compongono ciascuna coppia. Sulla prima colonna si trova il tipo di sensore, sulla seconda colonna il digitalizzatore, sulla terza colonna il numero di stazioni con quel tipo di strumentazione.

Table 4 Distincted couples of instruments used in the Apennines region, and the total number of stations where they are installed. In the first column we find the type of sensor, in the second column the type of datalogger, and in the third column the number of stations with those instruments.

Al fine dell'analisi ci si è concentrati solo sulle coppie di sensore e digitalizzatore installate su più stazioni. Verranno mostrate, pertanto, le fasce riferite alle coppie di strumenti installate su più stazioni:

1. NANOMETRICS TRILLIUM-40S - INGV GAIA2-FS-16-VPP - 19 stazioni;
2. LENNARTZ LE3D-5S - INGV GAIA2-FS-10-VPP - 18 stazioni;
3. LENNARTZ LE3D-1S - INGV GAIA2-FS-10-VPP - 9 stazioni;
4. NANOMETRICS TRILLIUM-120S - INGV GAIA2-FS-40-VPP - 3 stazioni.

In questo caso, come evidenziato nella Figura 11, la fasce rappresentano molto bene il comportamento delle stazioni sismiche e anche alle alte frequenze si nota una risposta molto omogenea tra le stazioni e tutte con un basso rumore sismico proprio come ci si aspettava dalla tipologia dell'area.

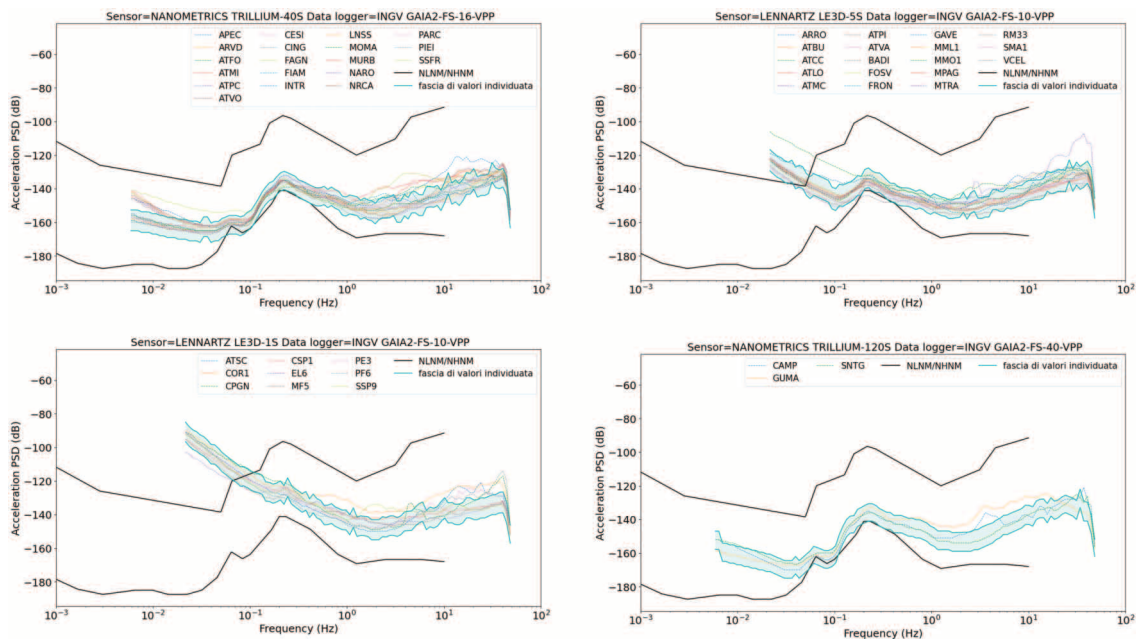


Figura 11 Le fasce calcolate per le stazioni installate nella regione appenninica. Le curve tratteggiate rappresentano le stazioni presenti nelle regioni con la strumentazione indicata nel titolo della figura. In nero si trovano le curve NLNM e NHNM [Peterson, 1993]. La fascia di valori che è stata calcolata viene evidenziata in azzurro.

Figure 11 Bands of sensor/datalogger couples are shown in every panel, with all the stations where they are installed in the Apennines region. The dashed lines show the stations with the instruments on the title. The black lines are the NLNM and NHNM curves [Peterson, 1993]. In blue the band for those pairs of instruments.

3.3 Vesuvio e Campi Flegrei

In questo terzo caso l'area risulta particolare dal punto di vista della microsismicità; le aree scelte sono quelle dei Campi Flegrei e aree vulcaniche limitrofe. In Figura 12 la mappa mostra le 37 stazioni IV considerate, comprese tra 40.5 e 40.9 gradi di latitudine e 13.2 e 14.5 gradi di longitudine. Per questa zona di studio le coppie di strumenti sono elencate in Tabella 5.

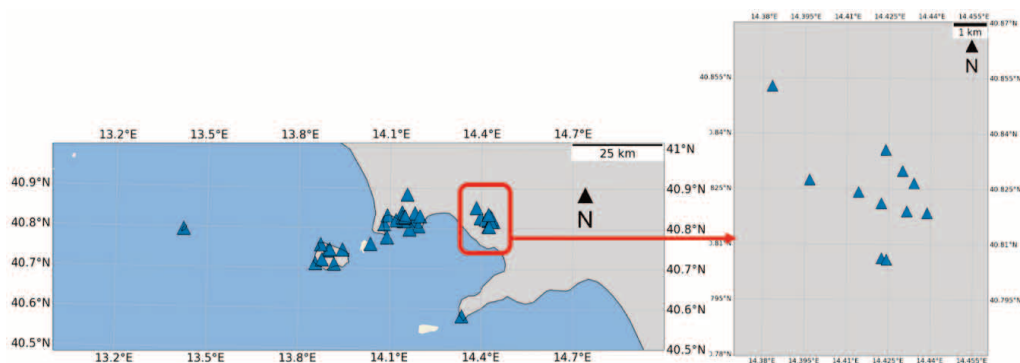


Figura 12 Pannello di sinistra: Stazioni considerate nella zona vesuviana e dei Campi Flegrei. Pannello di destra: dettaglio delle stazioni nella zona del Vesuvio.

Figure 12 Left Panel: Stations in Vesuvio and Campi Flegrei regions. Right panel: stations in Vesuvio region.

Sensore	Digitalizzatore	# stazioni
GURALP CMG-3ESPC-120S	GURALP Affinity	10
GURALP CMG-40T-60S	INGV GILDA	8
GURALP CMG-3T-120S	GURALP Affinity	4
LENNARTZ LE3D-LITE	INGV GILDA	3
GURALP CMG-40T-30S	GURALP CMG_DM24_MK3_TTL24	3
LENNARTZ LE3D-5S	INGV GAIA2-FS-10-VPP	1
LENNARTZ LE3D-LITE	GURALP CMG_DM24_MK3_TTL24	1
LENNARTZ LE3D-LITE	LUNITEK ATLAS	1
LENNARTZ LE3D-LITE	SARA MARS_UPGRADE	1
GURALP CMG-3ESP	GURALP Affinity	1
GURALP CMG-40T-60S	GURALP Affinity	1
GURALP CMG-40T-60S	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1
NANOMETRICS TRILLIUM-120S	GURALP Affinity	1
NANOMETRICS TRILLIUM-240S	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1

Tabella 5 Coppie distinte di strumenti utilizzate nelle zone dei Campi Flegrei e del Vesuvio e numero delle stazioni su cui ciascuna coppia è installata. Sulla prima colonna si trova il tipo di sensore, sulla seconda colonna il digitalizzatore, sulla terza colonna il numero di stazioni con quel tipo di strumentazione.

Table 5 Distinct couples of instruments used in Campi Flegrei and Vesuvio areas, and the total number of stations where they are installed. In the first column we find the type of sensor, in the second column the type of datalogger, and in the third column the number of stations with those instruments.

In questo paragrafo l'analisi dei segnali è stata effettuata distinguendo le stazioni presenti nella zona dei Campi Flegrei da quelle presenti nei pressi del Vesuvio, perché si presume un diverso comportamento nelle due aree dovuto alle differenti caratteristiche morfologiche.

Al fine dell'analisi ci si è concentrati solo sulle coppie di sensore e digitalizzatore installate su più di una stazione. Verranno considerate, pertanto, le fasce riferite alle coppie di strumenti installate su più stazioni:

1. GURALP CMG-3ESPC-120S - GURALP Affinity - 10 stazioni;
2. GURALP CMG-40T-60S - INGV GILDA - 8 stazioni;
3. GURALP CMG-3T-120S - GURALP Affinity - 4 stazioni.

I pannelli presenti nella Figura 13 rappresentano i segnali delle stazioni aventi le stesse coppie di strumenti, per le due regioni della zona Vesuviana (sinistra) e dei Campi Flegrei (destra).

Anche in questo caso le fasce ricavate possono rappresentare il comportamento delle stazioni sismiche in questa area perché la risposta della maggior parte delle stazioni analizzate ricade al loro interno.

Nella prima riga della Figura 13 viene considerata la coppia di strumenti GURALP CMG-3ESPC-120S/GURALP Affinity. I segnali a basse frequenze ($<0.2\text{Hz}$) risultano meno rumorosi nella zona

vesuviana rispetto ai Campi Flegrei. Nella seconda riga della Figura 13 si trovano le stazioni con la coppia di strumenti GURALP CMG-40T-60/INGV GILDA. Questa volta i segnali mostrano delle leggere differenze ad alta frequenza. Infine nella terza riga della Figura 13 si trova la coppia GURALP CMG-3T-120S/GURALP Affinity. In questo caso non si rilevano grandi differenze tra i segnali delle stazioni nelle due regioni.

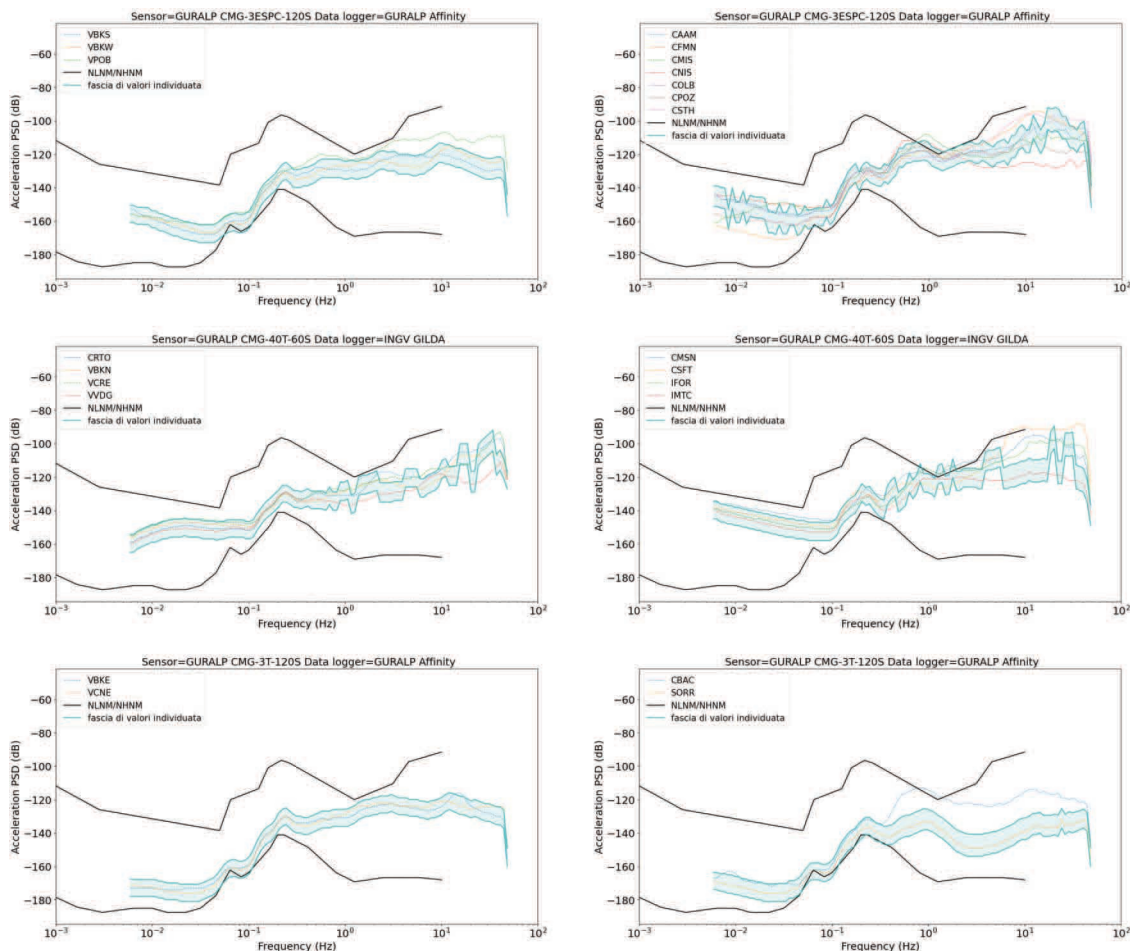


Figura 13 Pannelli di sinistra: Stazioni nella zona vesuviana. Pannelli di destra: stazioni nella zona dei Campi Flegrei. Per entrambe le regioni, le curve tratteggiate rappresentano le stazioni presenti nella regione con la strumentazione indicata nel titolo della figura. In nero si trovano le curve NLNM e NHNM [Peterson, 1993]. In azzurro viene evidenziata la fascia di valori calcolata per quest'area.

Figure 13 Left panels: stations in Vesuvio. Right panels: stations in Campi Flegrei. For both regions, the dashed lines show the stations with the instruments on the title. The black lines are the NLNM and NHNM curves [Peterson, 1993]. In blue the band for those pairs of instruments in this area.

3.4 Sicilia e area Etnea

Infine si è scelto di considerare una quarta area con la presenza di una zona vulcanica insieme con un'area con un grande numero di stazioni con sensore *broad band* in installazioni con basso rumore sismico.

In Figura 14 vengono mostrate le 43 stazioni IV considerate, comprese tra 36.5 e 38 gradi di latitudine e 13 e 15 gradi di longitudine. Nella Tabella 6, vengono elencate le coppie di strumenti in uso in questa zona.

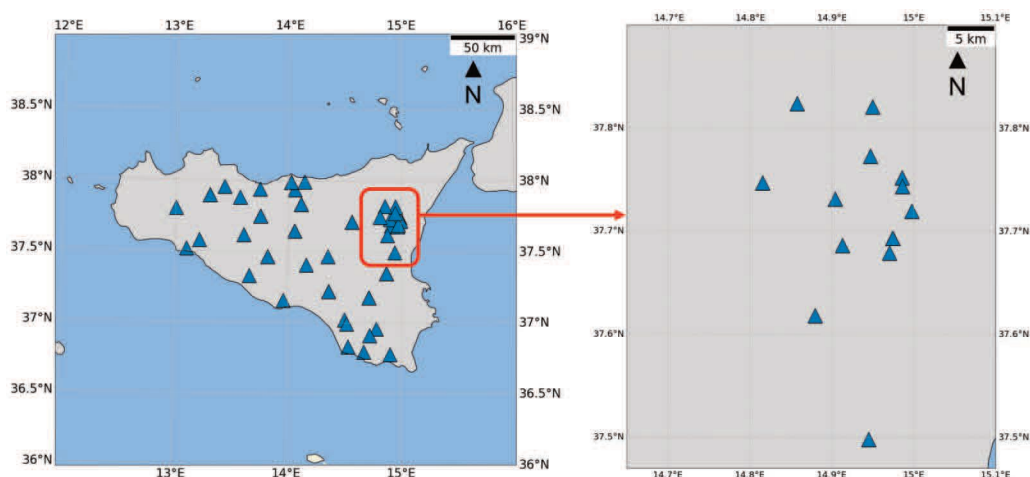


Figura 14 Pannello di sinistra: mappa stazioni installate in Sicilia. Pannello di destra: dettaglio della mappa stazioni nella zona dell'Etna.

Figure 14 Left panel: map of the stations in Sicilia. Right panel: map detail for the stations in the Etna region.

Sensore	Digitalizzatore	# stazioni
NANOMETRICS TRILLIUM-120C	NANOMETRICS Centaur	14
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	NANOMETRICS TRIDENT-FS-40-VPP-SG-1	5
GURALP CMG-3T-120S	GURALP MINIMUS_PLUS	4
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	GURALP MINIMUS_PLUS	4
LENNARTZ LE3D-5S	INGV GAIA2-FS-10-VPP	2
GURALP CMG-3EX	GURALP MINIMUS_PLUS	2
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	INGV GAIA2-FS-16-VPP	2
NANOMETRICS TRILLIUM-	NANOMETRICS Centaur	2
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	NANOMETRICS TRIDENT-FS-16-VPP-SG-1	1
NANOMETRICS TRILLIUM-40S	GURALP Affinity	1
NANOMETRICS TRILLIUM-120S	NANOMETRICS TRIDENT-FS-40-VPP-SG-1	1
LENNARTZ LE3D-20S	INGV GAIA2-FS-20-VPP	1
LENNARTZ LE3D-20S	INGV GAIA2-FS-16-VPP	1
STRECKEISEN STS-2-120S	GURALP CMG-DM24	1
NANOMETRICS TRILLIUM-120P3	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1
NANOMETRICS TRILLIUM-120S	INGV GAIA2-FS-40-VPP	1

Tabella 6 Coppie distinte di strumenti utilizzati in Sicilia e numero delle stazioni su cui ciascuna coppia è installata. Sulla prima colonna si trova il tipo di sensore, sulla seconda colonna il digitalizzatore, sulla terza colonna il numero di stazioni con quel tipo di strumentazione.

Table 6 Distincted couples of instruments used in Sicilia, and the total number of stations where they are installed. On the first column we find the type of sensor, on the second column the type of datalogger, and on the third column the number of stations with those instruments.

Come per le precedenti aree analizzate, a titolo di esempio, verranno considerate 4 coppie di sensore e digitalizzatore installate su più di una stazione:

1. NANOMETRICS TRILLIUM-120C - NANOMETRICS Centaur - 14 stazioni;
2. NANOMETRICS TRILLIUM-40S - NANOMETRICS TRIDENT-FS-40-VPP-SG-1 - 5 stazioni;
3. GURALP CMG-3T-120S - GURALP MINIMUS_PLUS - 4 stazioni;
4. NANOMETRICS TRILLIUM-40S - GURALP MINIMUS_PLUS - 4 stazioni.

In Figura 15 sono mostrati i risultati di questa analisi dove, oltre alla buona adesione delle fasce calcolate, si possono notare delle stazioni sismiche con comportamento distante dalla fascia di riferimento (nel primo e nel quarto pannello) sicuramente degne di uno studio accurato per verificare la correttezza dei metadati. Il comportamento a basse frequenze (<0.2 Hz) denota in generale un basso rumore sintomo di buone installazioni. Nelle alte frequenze (>0.3 Hz) si può facilmente notare l'alto rumore nella regione intorno all'Etna nel secondo e nel quarto pannello.

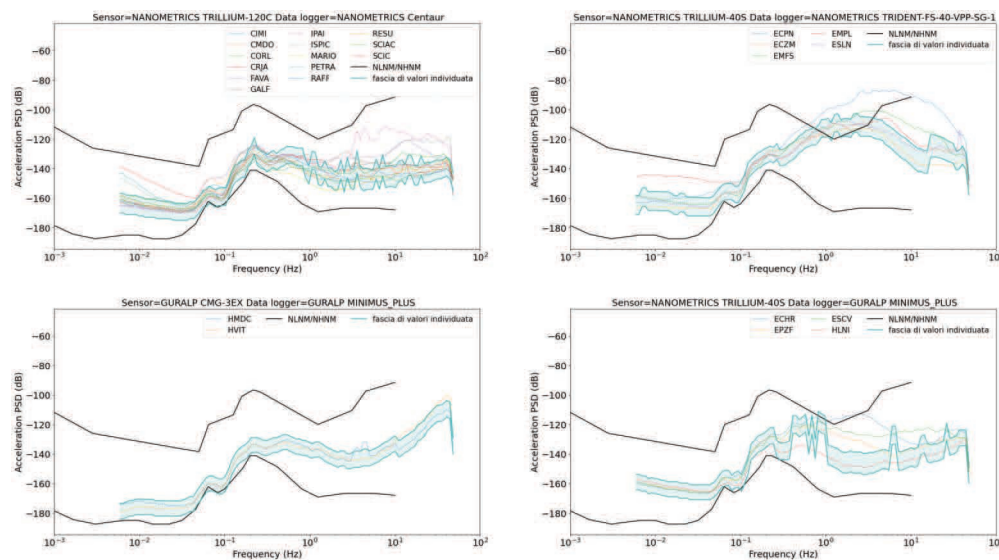


Figura 15 Fasce calcolate per le stazioni installate in Sicilia. Le curve tratteggiate rappresentano le stazioni presenti nelle regioni con la strumentazione indicata nel titolo della figura, in nero si trovano le curve NLNM e NHNM [Peterson, 1993], mentre in azzurro viene evidenziata la fascia di valori calcolata.

Figure 15 Calculated bands for the sensor/datalogger couples are shown in every panel, with all the stations where they are installed in Sicily. The dashed lines show the stations with the instruments on the title, the black lines are the NLNM and NHNM curves [Peterson, 1993], in blue the band found for those pairs of instruments.

4. Confronto tipi di sensore e minimi di rete

Considerando i risultati presentati fino ad ora, è utile mostrare, in sintesi, un confronto tra i segnali delle stazioni aventi tipologie di sensore differenti: *short period*, *broadband* e *very broad band*. In Particolare abbiamo considerato: Lennartz 5s, Nanometrics Trillium 40s e i sensori di tipo STRECKEISEN- STS 1-2.

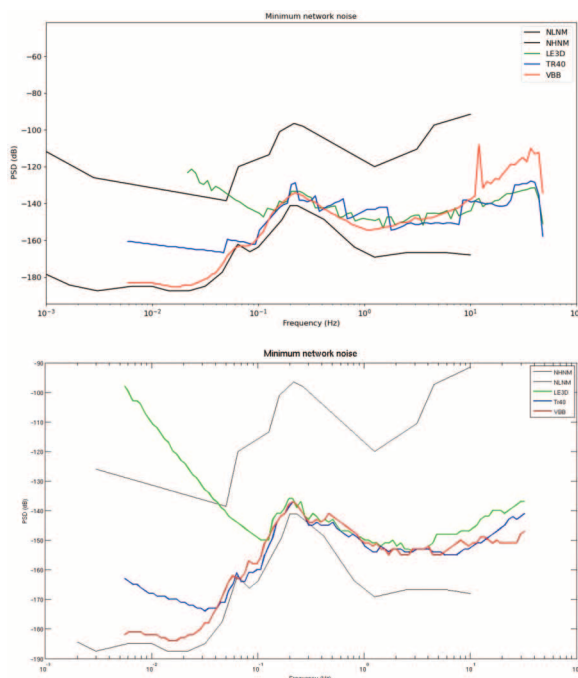
La scelta è dovuta al fatto che questi strumenti sono i più utilizzati nella RSN.

Anche in questo caso è stato calcolato il valore del p10 del segnale ad ogni frequenza considerando le stazioni con questi strumenti. Per farlo, si sono utilizzati sempre i *webservices* [3] per l'anno 2015 e per l'anno 2023. La Figura 16 rappresenta i risultati ottenuti per l'anno 2023 (pannello in alto) e nel 2015 (pannello in basso).

Nella Figura 16 si osserva che il livello di rumore risulta simile ad alte frequenze, dove prevalgono le caratteristiche antropiche del sito, mentre le differenze si riscontrano ovviamente per le basse frequenze dovute alle differenze di risposta dei sensori utilizzati. Il confronto con il risultato del 2015 (Figura 16 - pannello in basso) mostra una sostanziale invarianza di questi minimi.

Figura 16 Minimo del segnale per le stazioni della rete per i tipi di sensore indicati (SP - LENNARTZ, in verde; TRILLIUM 40, in blu; VBB, in rosso). Pannello in alto: valori per l'anno 2023. Pannello in basso: stessi valori per l'anno 2015.

Figure 16 The minimum value for the type of sensors specified in the legend (SP - LENNARTZ, in green; TRILLIUM 40, in blue; VBB, in red). Top panel: values for 2023. Bottom panel: same values for 2015.



5. Piattaforma per uso del Database

Dopo aver costituito il *database* di spettri di riferimento, al variare della strumentazione e dell'area di installazione delle stazioni sismiche, è necessario fornire una piattaforma per permettere il suo utilizzo mediante procedure automatiche e non. Tale piattaforma intende permettere agli utenti di accedere, eseguire degli *script* personali con tutti i dati delle stazioni e utilizzare il *database* di riferimenti appena calcolato.

Al momento è stata scelta Kasm [10].

Kasm è una piattaforma di virtualizzazione basata su *container* (*docker*) che offre un ambiente sicuro e flessibile per l'esecuzione di applicazioni e *desktop* virtuali (*Desktop as a Service*).

Offre una soluzione sia ospitata (*cloud*) che *on premise* e permette la creazione di applicazioni/*desktop* "usa e getta" senza la necessità di installazioni (*endpoint*).

Sfruttando la tecnologia di *container streaming*, offre una valida alternativa alle infrastrutture *desktop* virtuali (VDI) commerciali come VMWare Horizon, Microsoft Virtual Desktop, Amazon Workspace ed offre funzionalità come sicurezza avanzata, flessibilità, accesso basato su *browser* e supporto per applicazioni *legacy*. La versione *Community*, usata, è gratuita con alcune limitazioni, mentre le versioni *Professional* ed *Enterprise* includono un supporto tecnico e funzionalità avanzate come *Single Sign-On* e *auto-scaling*, con costi molto bassi.

I concorrenti spesso hanno costi di supporto più elevati e funzionalità più limitate rispetto a Kasm. Le applicazioni (*workspace*) già fornite di base e disponibili su *GitHub*, possono essere ulteriormente personalizzate, per adattarsi ad un ambiente il cui requisito per l'utente è soltanto l'accesso autenticato tramite *browser*, contenendo i costi operativi e di manutenzione. In Figura 17 viene mostrato come appare la pagina di lavoro una volta effettuato l'accesso. Nella Figura 18 viene mostrato, come esempio, come appare l'ambiente di lavoro nel caso si voglia utilizzare *Jupyter notebook*.

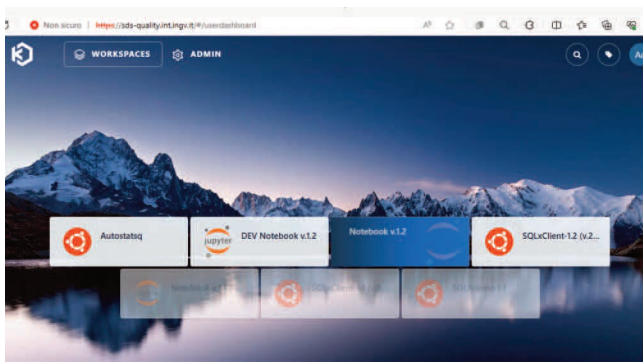


Figura 17 Pagina di accesso di KASM.
Figure 17 Kasm Access page.

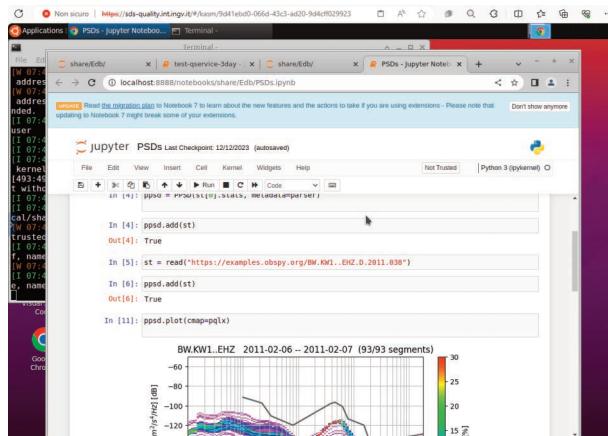


Figura 18 Esempio ambiente Desktop Jupyter Notebook.
Figure 18 Jupyter Notebook Desktop environment.

Attualmente la versione *Community (Non-Profit, Personal Use)* in avanzata fase di valutazione, ha la limitazione di n.5 sessioni contemporanee risolvibile con le installazioni multiple o l'acquisto delle versioni *Professional/Enterprise* che abilitano utili funzioni come:

- Autenticazione *Single Sign-On, SAML, MFA, LDAP*
- *Auto-Scaling*
- *Developer API*
- *Supporto Next/Same Business Day*

L'utente una volta loggato sulla piattaforma ha un ambiente di lavoro personale e può liberamente accedere al database contenente i valori delle fasce di riferimento calcolate disponibile nella cartella `/home/kasm-user/share/database/bands_for_2023`. I risultati del proprio lavoro possono essere condivisi con gli altri utenti della piattaforma. Nella Figura 19 sono mostrate le cartelle del database delle fasce di riferimento di rumore per l'anno 2023 frutto di questo lavoro.

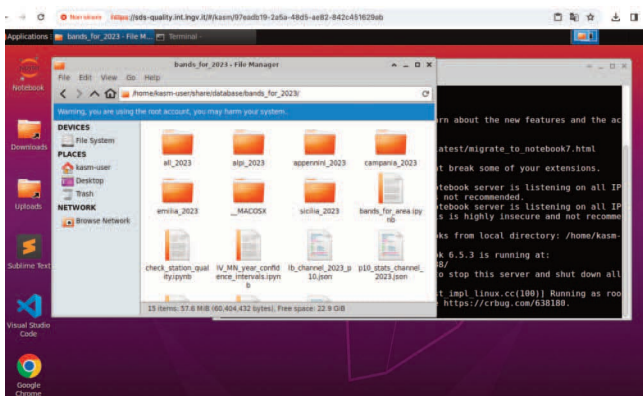


Figura 19 Cartelle Database fasce di riferimento per l'anno 2023.
Figure 19 Database folders for reference bands for the year 2023.

Come esempio di utilizzo della piattaforma e del *database* è stata sviluppata una procedura semi automatica che può essere utilizzata per il controllo di una stazione a seguito di una nuova installazione e/o di un cambiamento di strumentazione oppure per verificare la correttezza del metadato dichiarato o della qualità dell'installazione. La procedura utilizza il linguaggio *Python*, ed in particolare sfrutta *Obspy*, che consente il processamento dei dati sismologici.

Lo *script* riceve in input un elenco di stringhe ciascuna delle quali definita come segue:

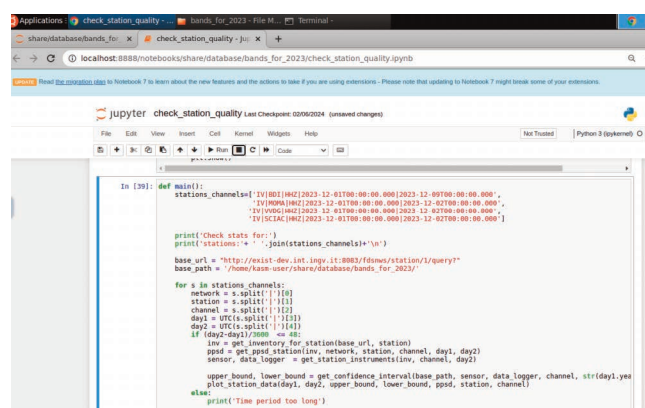
{nome della rete}{nome della stazione}{nome del canale}{data inizio analisi}{data fine analisi}.

Le date di inizio e fine analisi sono in formato UTC.

Con questi dati lo *script* individua la coppia di strumenti installati sulla stazione e estrae le fasce di riferimento di valori dal *database*, salvati sui *files* in formato *json*. Successivamente, calcola la PSD della stazione nel periodo compreso tra la data inizio analisi e la data fine. Infine lo *script* effettua un confronto con lo spettro atteso. Da tale confronto, se la PSD è all'interno della fascia di riferimento, è semplice ricavare assicurazioni sulla correttezza del funzionamento della stazione e dei suoi metadati. In caso contrario si possono desumere problemi da indagare che potrebbero essere dovuti a eventuali anomalie di metadato, oppure a errori dovuti all'installazione non perfettamente effettuata o anche a un malfunzionamento della strumentazione installata. In Figura 20 è mostrata la pagina di KASM che permette l'utilizzo di questo *jupyter notebook*.

Figura 20 Script parziale per il recupero delle fasce delle coppie stazione/canale indicate, nei giorni specificati.

Figure 20 Partial script for the retrieval of the bands for station/channel couples in the specified days.



Come esempio è stato eseguito lo *script* scegliendo 4 stazioni di prova, ciascuna appartenente ad una delle aree considerate in precedenza:

1. BDI - area Tosco-Emiliana. Canale: HHZ. Sensore: NANOMETRICS TRILLIUM-40S. Digitalizzatore: INGV GAIA2-FS-16-VPP.
2. CESI - Appennino centrale. Canale: HHZ. Sensore: NANOMETRICS TRILLIUM-40S. Digitalizzatore: INGV GAIA2-FS-16-VPP.
3. SCIAC - Sicilia. Canale: HHZ. Sensore: NANOMETRICS TRILLIUM-120C. Digitalizzatore: NANOMETRICS Centaur.
4. VBKS - Campania, zona vesuviana. Canale: HHZ. Sensore: GURALP CMG-3ESPC-120S. Digitalizzatore: GURALP Affinity.

In Figura 21, si osserva il confronto del segnale delle stazioni BDI, CESI, SCIAC e VBKS, dalle ore 00:00:00 UTC del 01-12-2023 fino alle ore 00:00:00 UTC del giorno 02-12-2023 con la fascia ottimale ottenuta in base agli strumenti installati. Si possono ricavare le potenzialità dello *script* perché in grado di dimostrare similitudini, segno di comportamento atteso, come per i casi delle stazioni BDI, VBKS e CESI, sia di anomalie da segnalare e indagare, ad esempio nel caso di SCIAC si evidenzia a basse frequenze un comportamento anomalo del sensore dovuto o a una cattiva coibentazione o a un metadato non corretto.

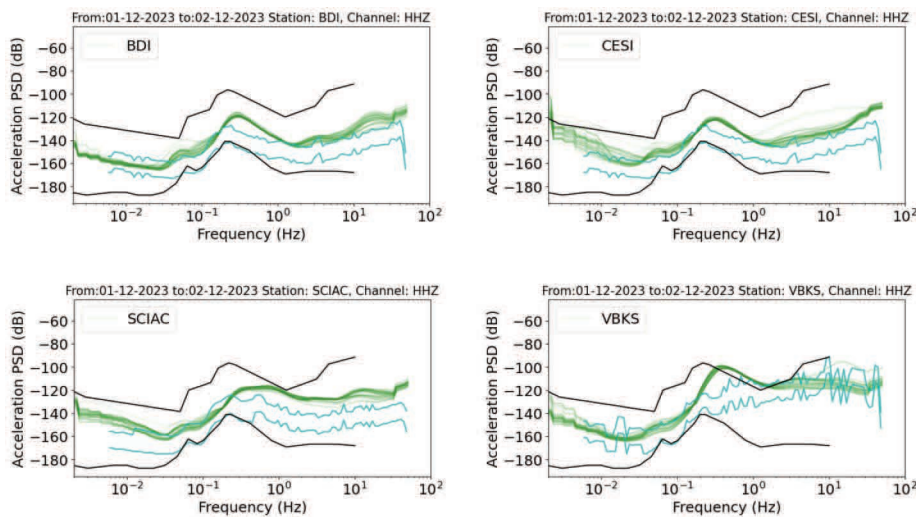


Figura 21 Segnale delle coppie stazione/canale nel periodo indicato.

Figure 21 Signal for station/channel for the selected period.

6. Conclusioni

In questo lavoro è stato presentato uno studio sulle stazioni della RSN con i dati del 2023 per costituire un *database* di spettri di rumore di riferimento da utilizzare per una prima analisi dello stato qualitativo delle stazioni sismiche.

Il primo passo è stato calcolare la PSD di ogni stazione sismica dei canali verticali velocimetrici e scegliendo la p10 estratta dal software SQLX, scelta fatta per minimizzare i disturbi transitori e di sito per avere una *best-PSD* della stazione sismica. Successivamente viene calcolata una fascia di riferimento, raggruppando stazioni con la stessa coppia di strumentazione sensore-digitalizzatore, per poter meglio distinguere la diversa risposta della stazione.

Per affinare il calcolo si è distinto rispetto alle diverse aree geografiche, dalla pianura alle aree vulcaniche, per evidenziare differenti risposte.

Si è mostrato che, in generale, lo spettro a basse frequenze (<0.1 Hz) identifica la coppia sensore-digitalizzatore permettendo di individuare velocemente rumori dovuti a installazioni non corrette o metadati errati. Alle alte frequenze (>0.3 Hz), invece, si possono facilmente identificare le peculiarità della zona in cui la stazione è collocata cioè aree vulcaniche o pianure con sedimenti. Infatti è stato evidenziato come nell'area Tosco-Emiliana o nei Campi Flegrei il rumore di fondo è elevato e non permette di avere stazioni con rapporto segnale-rumore molto buono.

Questo *database* potrà essere un primo strumento per studi sulla qualità delle stazioni della RSN o per script anche automatici di *alert* per incongruenze di rumore dovute a guasti o a ogni altra possibile causa che produca variazione della PSD presente nel *database*.

Si è sottolineato che questi riferimenti sono però parziali e temporanei ma che costituiscono un'ottima e necessaria base per miglioramenti futuri.

Infine è stata presentata anche una piattaforma *web* che l'utente INGV può utilizzare per lavori sulla qualità delle stazioni. Essa ha accesso ai tutti i dati archiviati e al *database* dei valori spettrali di riferimento calcolati presentati in questo lavoro.

Bibliografia

Beyreuther M., Barsch R., Krischer L., Megies T., Behr Y., and Wassermann J., (2010). *ObsPy: A Python Toolbox for Seismology*. *Seismological Research Letters*, 81(3), 530-533.

- <https://doi.org/10.1785/gssrl.81.3.530>
- Danecek P., Pintore S., Mazza S., Mandiello A., Fares M., Carluccio I., Della Bina E., Franceschi F., Moretti M., Lauciani V., Quintiliani M., Michelini A., (2021). *The Italian Node of the European Integrated Data Archive*. Seismological Research Letters; 92(3): 1726–1737. <https://doi.org/10.1785/0220200409>
- Margheriti L., Nostro C., Cocina O., Castellano M., Moretti M., Lauciani V., Quintiliani M., Bono A., Mele F.M., Pintore S., Montalto P., Peluso R., Scarpato G., Rao S., Alparone S., Di Prima S., Orazi M., Piersanti A., Cecere G., Cattaneo M., Vicari A., Sepe V., Bignami C., Valoroso L., Aliotta M., Azzarone A., Baccheschi P., Benincasa A., Bernardi F., Carluccio I., Casarotti E., Cassisi C., Castello B., Cirilli F., D'Agostino M., D'Ambrosio C., Danecek P., Cesare W.D., Bina E.D., Di Filippo A., Di Stefano R., Faenza L., Falco L., Fares M., Ficeli P., Latorre D., Lorenzino, M.C., Mandiello A., Marchetti A., Mazza S., Michelini A., Nardi A., Pastori M., Pignone M., Prestifilippo M., Ricciolino P., Sensale G., Scognamiglio L., Selvaggi G., Torrisi O., Zanolin F., Amato A., Bianco F., Branca S., Privitera E., Stramondo S., (2021). *Seismic surveillance and earthquake monitoring in Italy*. Seismological Research Letters, 92(3), 1659-1671. <https://doi.org/10.1785/0220200380>
- Marzorati S., Lauciani V., (2015). *SQLX: Test di Installazione e Funzionamento*. Rapp. Tec. INGV, 297. <https://doi.org/10.13127/rpt/297>
- MedNet Project Partner Institutions, (1990). *Mediterranean Very Broadband Seismographic Network (MedNet) [Data set]*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/SD/FBBBTDTD6Q>
- McNamara D.E., Buland R.P., (2004). *Ambient Noise Levels in the Continental United States*. Bulletin Seismological Society of America, 94(4), 1517–1527. <https://doi.org/10.1785/012003001>
- Peterson J., (1993). *Observation And Modeling Of Seismic Background Noise*. U.S. Geol. Surv. Tech. Rept., 93-322, 1–95. <https://doi.org/10.3133/ofr93322>

Sitografia

- [1] <https://eida.rm.ingv.it/it/>
- [2] <https://webservices.ingv.it/fdsnws/station/1/>
- [3] <https://webservices.ingv.it/ingvws/sqlx/1/swagger.json>
- [4] <https://sqlx.science/>
- [5] <https://nanometrics.ca/>
- [6] <https://kinemetrics.com/>
- [7] <https://www.sara.pg.it/>
- [8] <https://www.lunitec.it/>
- [9] https://terremoti.ingv.it/webservices_and_software
- [10] <https://kasmweb.com/>

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<https://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/quaderni-di-geofisica.html/>

I QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) accolgono lavori, sia in italiano che in inglese, che diano particolare risalto alla pubblicazione di dati, misure, osservazioni e loro elaborazioni anche preliminari che necessitano di rapida diffusione nella comunità scientifica nazionale ed internazionale. Per questo scopo la pubblicazione on-line è particolarmente utile e fornisce accesso immediato a tutti i possibili utenti. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi. I QUADERNI DI GEOFISICA sono presenti in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics, e in "Open Access Journals" di Scopus.

QUADERNI DI GEOFISICA (QUAD. GEOFIS.) welcome contributions, in Italian and/or in English, with special emphasis on preliminary elaborations of data, measures, and observations that need rapid and widespread diffusion in the scientific community. The on-line publication is particularly useful for this purpose, and a multidisciplinary Editorial Board with an accurate peer-review process provides the quality standard for the publication of the manuscripts. QUADERNI DI GEOFISICA are present in "Emerging Sources Citation Index" of Clarivate Analytics, and in "Open Access Journals" of Scopus.

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<https://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/rapporti-tecnici-ingv.html/>

I RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) pubblicano contributi, sia in italiano che in inglese, di tipo tecnologico come manuali, software, applicazioni ed innovazioni di strumentazioni, tecniche di raccolta dati di rilevante interesse tecnico-scientifico. I RAPPORTI TECNICI INGV sono pubblicati esclusivamente on-line per garantire agli autori rapidità di diffusione e agli utenti accesso immediato ai dati pubblicati. Un Editorial Board multidisciplinare ed un accurato processo di peer-review garantiscono i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi.

RAPPORTI TECNICI INGV (RAPP. TEC. INGV) publish technological contributions (in Italian and/or in English) such as manuals, software, applications and implementations of instruments, and techniques of data collection. RAPPORTI TECNICI INGV are published online to guarantee celerity of diffusion and a prompt access to published data. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

https://istituto.ingv.it/le-collane-editoriali-ingv/miscellanea-ingv.html

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favorisce la pubblicazione di contributi scientifici riguardanti le attività svolte dall'INGV. In particolare, MISCELLANEA INGV raccoglie reports di progetti scientifici, proceedings di convegni, manuali, monografie di rilevante interesse, raccolte di articoli, ecc. La pubblicazione è esclusivamente on-line, completamente gratuita e garantisce tempi rapidi e grande diffusione sul web. L'Editorial Board INGV, grazie al suo carattere multidisciplinare, assicura i requisiti di qualità per la pubblicazione dei contributi sottomessi.

MISCELLANEA INGV (MISC. INGV) favours the publication of scientific contributions regarding the main activities carried out at INGV. In particular, MISCELLANEA INGV gathers reports of scientific projects, proceedings of meetings, manuals, relevant monographs, collections of articles etc. The journal is published online to guarantee celerity of diffusion on the internet. A multidisciplinary Editorial Board and an accurate peer-review process provide the quality standard for the publication of the contributions.

Coordinamento editoriale

Francesca DI STEFANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Impaginazione

Barbara ANGIONI
Patrizia PANTANI
Massimiliano CASCONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

©2024

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Via di Vigna Murata, 605
00143 Roma
tel. +39 06518601

www.ingv.it



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA