

QUADERNI di GEOFISICA

Il terremoto del settembre 1924
in mar Ligure e la sua relazione
con il recente evento sismico a Bargagli
(Genova, settembre 2022)



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

184

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

Milena MORETTI - Editor in Chief (editorinchief.collane-editoriali@ingv.it)

Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)

Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)

Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)

Rosa Anna CORSARO (rosanna.corsaro@ingv.it)

Luigi CUCCI (luigi.cucci@ingv.it)

Domenico DI MAURO (domenico.dimauro@ingv.it)

Mauro DI VITO (mauro.divito@ingv.it)

Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)

Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)

Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)

Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)

Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi@ingv.it)

Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Coordinatore

Rossella CELI

Robert MIGLIAZZA

Barbara ANGIONI

Massimiliano CASCONI

Patrizia PANTANI

Tel. +39 06 51860068

redazione@ingv.it

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

QUADERNI di GEOFISICA

Il terremoto del settembre 1924 in mar Ligure
e la sua relazione con il recente evento
sismico a Bargagli (Genova, settembre 2022)

*The earthquake of September 1924 in the
Ligurian Sea and its relationship with the recent
seismic event in Bargagli (Genoa, Italy,
September 2022)*

Stefano Solarino, Elena Eva

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

Accettato 23 gennaio 2023 | Accepted 23 January 2023

Come citare | *How to cite* Solarino S., Eva E., (2023). Il terremoto del settembre 1924 in mar Ligure e la sua relazione con il recente evento sismico a Bargagli (Genova, settembre 2022). Quad. Geofis., 184: 1-24, <https://doi.org/10.13127/qdg/184>

In copertina Sismogramma registrato con pendolo orizzontale Stiattesi (1924) | Cover Seismogram recorded with horizontal pendulum Stiattesi (1924)

184

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	8
1. La sismicità strumentale dell'area del terremoto ligure del 22 settembre	9
2. La sismicità storica dell'area del terremoto ligure del 22 settembre	10
3. Il terremoto del 21 settembre 1924	13
4. Nuovi dati strumentali per il terremoto del 1924	15
5. Localizzazione strumentale del terremoto del 1924	16
6. Conclusioni. Il terremoto di Bargagli non è un evento "unico"	17
Ringraziamenti	19
Bibliografia	19

Riassunto

Il 22 settembre 2022 la zona di Bargagli, situata a circa 10 chilometri di distanza da Genova, è stata interessata da una serie di terremoti di cui il maggiore è quello delle 15.39 (ora locale), di magnitudo Mw 4.0. L'evento è stato avvertito in una zona molto ampia e ha provocato lievi danni ad una chiesa e in un cimitero. Sono seguite alcune scosse di magnitudo inferiore, raggruppate nei primi giorni dopo l'evento principale. La peculiarità di questa crisi sismica è di essersi verificata in un'area non precedentemente colpita da terremoti di quella magnitudo, almeno stando alle informazioni contenute nei cataloghi storici e strumentali attualmente disponibili. In questo articolo viene descritto uno studio effettuato utilizzando bollettini strumentali e sismogrammi storici archiviati nel database del progetto Sismos per studiare con maggiore dettaglio la sismicità dell'area e fornire eventuali informazioni su altri terremoti avvenuti in quel settore dell'Appennino Ligure. In base ai risultati ottenuti proponiamo che il terremoto del 21 settembre 1924, originariamente ubicato offshore a circa due chilometri dalla costa ligure, sia in realtà avvenuto nelle vicinanze di Bargagli. Nonostante questa nuova posizione non abbia particolari implicazioni dal punto di vista della pericolosità, tuttavia rappresenta un'importante informazione di cui tenere conto nel calcolo dei tempi di ritorno e nell'interpretazione sismotettonica dell'area.

Abstract

On September 22, 2022 the Bargagli area, located about 10 kilometers away from Genoa, was affected by a series of earthquakes of which the largest was that of 15.39 (local time), of magnitude Mw 4.0. The event was felt in a very large area and caused minor damage to a church and a cemetery. A few smaller magnitude tremors followed, mainly clustered in the first few days after the main event. The peculiarity of this seismic crisis is that it occurred in an area not previously affected by earthquakes of that magnitude, at least according to the information contained in the historical and instrumental catalogs currently available. This article describes a study carried out using instrumental bulletins and historical seismograms stored in the Sismos project database to study in greater detail the seismicity of the area and provide any information on other earthquakes that occurred in that sector of the Ligurian Apennines. Based on the results obtained, we propose that the earthquake of September 21, 1924, originally located offshore about two kilometers from the Ligurian coast, actually took place in the vicinity of Bargagli. Although this new position has no particular implications for the seismic hazard of the area, however, it represents an important information to be taken into account in the calculation of the return period and in the seismotectonic interpretation of the area.

Keywords Sismicità dell'Appennino Ligure; Localizzazione di terremoti; Sismogrammi storici | Seismicity of Ligurian Apennines; Earthquake location; Historical seismograms

Introduzione

Il 22 settembre 2022 si sono verificati in Italia 7 terremoti di magnitudo superiore a 3.0 in 5 diverse località. La Tabella 1 mostra i parametri di tali terremoti e la loro localizzazione in mappa è mostrata nella Figura 1.

Ora	Lat.	Long.	Prof. (km)	Magnitudo	Località
02:21:27.53	37.545	14.909	9.6	ML 3.6	4 km S Paternò (CT)
10:24:48.65	427.845	13.623	22.7	Mw 3.9	4 km W Civitella del Tronto (TE)
10:25:46.65	427.908	136.258	19.0	ML 3.5	4 km S Folignano (AP)
12:18:44.04	37.692	163.118	54.9	ML 3.2	Costa Calabra sud-orientale (Reggio di Calabria)
13:39:59.36	444.328	90.717	8.3	Mw 4.0	2 km SW Bargagli (GE)
15:47:57.00	441.675	105.108	15.0	Mw 3.7	7 km NE Fosciandora (LU)
15:49:12.96	441.703	105.158	12.9	ML 3.2	8 km NE Fosciandora (LU)

Tabella 1 Parametri dei 7 terremoti verificatisi il giorno 22 settembre 2022. Dati estratti da INGV-ultimi terremoti [http://terremoti.ingv.it].

Table 1 Parameters of the 7 earthquakes that occurred on September 22, 2022. Data extracted from INGV - latest earthquakes [http://terremoti.ingv.it].



Figura 1 Mappa dei terremoti di magnitudo superiore a 3.0 verificatisi il giorno 22 settembre 2022.

Figure 1 Map of earthquakes of magnitude greater than 3.0 that occurred on September 22, 2022.

Tra i terremoti sopra citati, quello di magnitudo maggiore (Mw 4.0) è avvenuto alle 13.39 (15:39 ora locale) con ipocentro a 2 km a Sud-Ovest di Bargagli ed una profondità di 8 km. Alla scossa principale sono seguiti 26 terremoti con magnitudo compresa tra 1.4 e 3.3 fino a dicembre dello stesso anno.

L'evento sismico è stato avvertito in un'area molto ampia e sono state numerose le segnalazioni giunte al servizio "Hai sentito il terremoto" [https://www.hsit.it]. La Figura 2 riporta una sintesi delle segnalazioni che, come è facile vedere, sono giunte principalmente dalla città di Genova dove il terremoto è stato risentito da molte persone sia per il numero di abitanti che per l'orario in cui l'evento si è verificato. Tuttavia, vi sono segnalazioni da tutto il nord Italia e lungo tutta la regione Liguria, per un totale di 1648 questionari compilati.

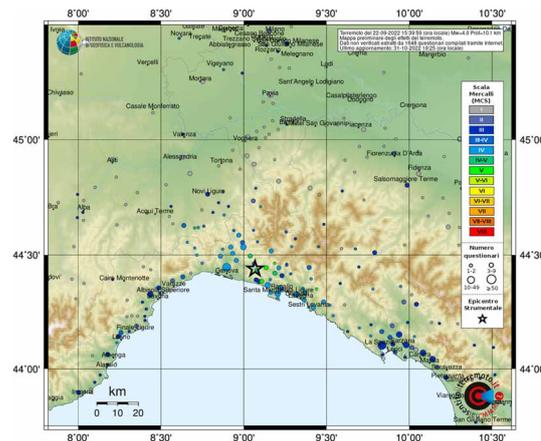


Figura 2 Segnalazioni giunte al servizio “Hai sentito il terremoto” [<https://www.hsit.it>] a seguito dell’evento sismico del 22 settembre 2022.

Figure 2 Reports to the service “Hai sentito il terremoto (Did you feel the earthquake)” [<https://www.hsit.it>] following the seismic event of September 22 2022.

Il terremoto non ha causato danni rilevanti se non il distacco di qualche elemento non strutturale e piccoli danni all’interno di un cimitero ma ha comunque creato un caso perché l’epicentro cade in un’area dove, almeno secondo le ricostruzioni dei cataloghi storici attualmente disponibili, non si sono verificati eventi sismici di quella magnitudo nell’ultimo millennio.

In questo studio viene condotta una ricerca per valutare se davvero la zona di Bargagli non ha sperimentato terremoti di magnitudo simile nel passato facendo uso delle informazioni disponibili sui cataloghi storici e strumentali e delle forme d’onda catalogate e conservate nel database SISMOS.

1. La sismicità strumentale dell’area del terremoto ligure del 22 settembre

L’area interessata dalla breve sequenza iniziata il 22 settembre è sede di un numero molto contenuto di terremoti, peraltro di magnitudo massima pari a 2.8 negli ultimi decenni, naturalmente eccettuando gli eventi del 2022. A questo proposito occorre fare una digressione per un migliore inquadramento dell’affermazione di cui sopra. Il monitoraggio sismico in Italia è frutto di un’evoluzione che parte dagli osservatori sismici autonomamente gestiti da strutture private, pubbliche o clericali ed in seguito da alcune Università per poi arrivare al moderno concetto di rete sismica. Nel secolo scorso erano numerosi gli osservatori operanti sul territorio italiano. Una ricostruzione del loro numero si trova in Solarino [2005]. Seppure una generalizzazione non sia possibile, in linea di massima ogni osservatorio conduceva indagini sulla base degli strumenti a disposizione, spesso auto-costruiti, e solo in particolari casi condivideva le informazioni con altri osservatori meteo-sismici. A cavallo degli anni ’60 nasce il concetto di rete sismica, in cui diversi strumenti convogliano le informazioni ad un centro rete dove avviene l’elaborazione degli stessi. Inizialmente si trattava di stazioni già esistenti i cui dati erano semplicemente condivisi con un centro rete, ma già dagli anni ’70 vennero installati strumenti ad hoc per monitorare la sismicità di particolari aree. Negli anni ’80 le stazioni sismiche vengono fisicamente collegate ai centri rete attraverso connessioni telefoniche dedicate e questo permette l’analisi in tempo reale del dato. Negli anni ’90 comincia la conversione al digitale mentre il numero di stazioni cresce esponenzialmente. Parallelamente diminuisce la soglia

minima di magnitudo rilevabile dalle reti e nasce e si sviluppa l'esigenza di compilare bollettini e cataloghi strumentali a carattere nazionale per una archiviazione ragionata delle informazioni. Si può ragionevolmente parlare di completezza per gli eventi sismici con magnitudo superiore a 2.5 a partire dagli anni '80. Quindi non si può escludere che eventi di tale magnitudo siano avvenuti nel periodo precedente perché erano spesso al di sotto della sensibilità del singolo strumento e quindi raramente rilevati. Sempre in linea di massima, si può dire che le informazioni precedenti agli anni '80 per i "terremoti piccoli" sono certamente incomplete, al punto che non è possibile distinguere se non vi siano stati terremoti di quella entità o più semplicemente non siano stati rilevati e registrati.

Tornando al caso del terremoto di Bargagli, sono state condotte ricerche sulla sismicità sul catalogo ISC [International Seismological Centre, <http://www.isc.ac.uk>] a partire dagli anni '60 e sul catalogo INGV [terremoti.ingv.it] a partire dall'anno 1985. Sono stati trovati solo 38 terremoti avvenuti nella zona avente 10 chilometri di raggio da Bargagli. In particolare, 10 sono avvenuti prima del 2022. Questi eventi hanno magnitudo compresa tra 1.1 e 2.8 (Figura 3); 2 sono avvenuti rispettivamente il 23 luglio e il 1 settembre del 2022, mentre i rimanenti sono quelli già citati ed inclusi nella crisi sismica iniziata il 22 settembre.

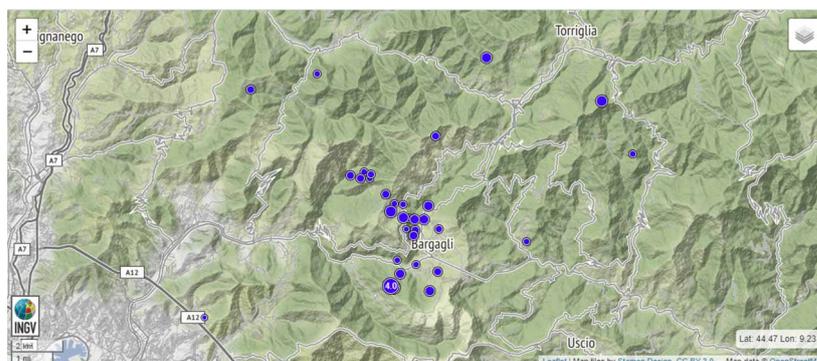


Figura 3 Sismicità strumentale nella zona di Bargagli per il periodo 1985-2022.
Figure 3 Instrumental seismicity in the Bargagli area for the period 1985-2022.

In merito alla sismicità strumentale, si può concludere che, con le limitazioni accennate precedentemente e pur considerando le difficoltà dovute al recupero di dati strumentali per le magnitudo minori, la zona di Bargagli non ha mostrato terremoti equivalenti a quelli del settembre 2022 negli ultimi 60 anni [International Seismological Centre, 2022]. Inoltre, lo scarso numero di terremoti per il periodo 1985-2022 mostra come la zona sia a bassa frequenza di eventi sismici [terremoti.ingv.it].

2. La sismicità storica dell'area del terremoto ligure del 22 settembre

La sola conoscenza della sismicità strumentale non è ovviamente sufficiente ad escludere che l'area di studio sia stata interessata da terremoti in precedenza. Per questo motivo è stata anche svolta un'analisi della sismicità "storica" ovvero pre-strumentale e per il periodo in sovrapposizione con quella strumentale ipotizzando che la mancanza di registrazioni sismiche possa essere almeno parzialmente sostituita da informazioni di tipo documentale, che sono alla base delle ricostruzioni di terremoti avvenuti negli ultimi 1000 anni circa.

La conoscenza della sismicità storica in Italia è ad uno stato molto avanzato grazie ad un

crescente interesse della comunità scientifica a partire dagli anni '80 che ha portato a compilare e migliorare cataloghi parametrici via via più completi. I vari progetti che si sono susseguiti nel tempo a partire dal pionieristico "Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980" [Postpischl, 1985a] (abbreviato in seguito come PFG) hanno infatti aggiunto nuovi terremoti desunti in studi specifici o in progetti di revisione ed ampliamento, hanno ricavato informazioni sempre più dettagliate relative al singolo terremoto grazie all'azione sinergica di esperti in diversi campi, anche umanistici, e hanno diminuito la soglia minima di magnitudo nei relativi database. Questo ha condotto, in taluni casi, a rivalutare la sismicità di intere aree con importanti conseguenze anche sul calcolo della pericolosità.

Sarebbe forse raccomandabile ricostruire la storia dei cataloghi storici per capire quanti e quali sforzi siano necessari per giungere a quella "completezza" che potrebbe definire la potenzialità del danno lungo tutta la penisola. Alcuni cenni si trovano in Molin et al., [2008]. Tuttavia l'evoluzione delle conoscenze macrosismiche passa per progetti e studi la cui ricostruzione sarebbe inadeguata ed incompleta, oltre che ridondante in questo contesto, quindi qui ci limitiamo a ricordarne sinteticamente i principali momenti tenendo a mente che lo scopo di questo articolo è semplicemente capire se le informazioni a disposizione per la zona di Bargagli necessitano o meno di una revisione.

Considerando il grande impegno profuso nella definizione di ogni singolo terremoto, in genere ogni progetto concluso è stato utilizzato come base per quello successivo e ampliato, migliorato e rivisto alla luce di nuove conoscenze. Il primo progetto moderno di ricostruzione della sismicità storica [PFG, Postpischl, 1985a] fu pubblicato a metà degli anni '80 e conteneva una sintesi delle conoscenze maturate fino quel momento sulla sismicità della penisola. Gli eventi contenuti in quella pubblicazione erano a loro volta per lo più ripresi direttamente dal catalogo ENEL [1977], e definiti mediante l'uso delle opere richiamate nello stesso catalogo (n. 346 lavori) e in minor misura da una serie di cataloghi regionali prodotti tra il 1973 ed il 1985 [Carrozzo et al., 1973; Carrozzo et al., 1975; Bernardis et al., 1977; Iaccarino e Molin, 1978]. Al catalogo PFG era collegato un atlante di 81 monografie relative ai terremoti maggiori [Atlas of isoseismal maps, Postpischl, 1985b] descritti nel catalogo. Nel 1997 due progetti, molto diversi nella filosofia di approccio alla "questione" dei terremoti storici, portarono alla pubblicazione di cataloghi sostanzialmente evolutisi dal lavoro di Postpischl. Questi sono il Catalogo dei Forti Terremoti in Italia [CFTI 1 e 2, Boschi et. al., 1995; 1997] ed il catalogo NT4.1 [Camassi e Stucchi, 1997], realizzato all'interno del progetto pericolosità del Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti. I due cataloghi erano diversi nei contenuti, nell'organizzazione generale e nel numero di terremoti elencati. In effetti, a seconda del tipo di studio da intraprendere, poteva essere necessario attingere informazioni dall'uno e dall'altro catalogo perché, per alcuni aspetti, essi erano complementari. Per eliminare questa difficoltà, fu fatto un tentativo di riunire e selezionare le informazioni contenute nei due cataloghi e le loro evoluzioni in quello che fu definito come il "catalogo di consenso" ovvero il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI99 [CPTI Working Group, 1999]. Negli anni successivi vi furono vari aggiornamenti fino all'attuale versione CPTI15 v4.0, pubblicata da Rovida et al. [2022]. Il catalogo contiene eventi fino all'anno 2020 e una sensibile revisione del database dei dati macrosismici di riferimento [DBMI15 v4.0, Locati et. al, 2022], oltre che una diminuzione della intensità massima a 5 o magnitudo minima a 4.0.

Operando una selezione sul catalogo CPTI15 v4.0 [Rovida et al., 2022] alla ricerca di terremoti localizzati nelle vicinanze della recente crisi sismica di Bargagli vengono estratti i 6 eventi sismici elencati nella Tabella 2 e mostrati in Figura 4 insieme alla localizzazione dell'evento principale della sequenza del 22 settembre. È evidente che nessun terremoto sembra essere avvenuto nella zona, confermando che gli eventi del 2022 si situano in un'area precedentemente non interessata da attività sismica, mentre vi sono almeno 5 eventi sismici (1182, 1217, 1536, 1751 e 1924) localizzati vicino alla città di Genova.

Anno	Mese	Giorno	Ora	Minuto	Latitudine	Longitudine	I ₀	Magnitudo	N. Intensità
1182	8	15			44.419	8.898	6	4.63	1
1217	1	8			44.419	8.898	5-6	4.4	1
1536	8	10	23		44.419	8.898	6	4.63	1
1751	11	21			44.419	8.898	4	3.7	6
1767	2	7	3	45	44.548	8.681	6	4.98	10
1924	9	21	20	18	44.366	8.994	5	4.32	11

Tabella 2 Parametri dei 6 terremoti “storici” localizzati nella zona di Bargagli. Si noti che i primi tre eventi sono descritti da una sola intensità.

Table 2 Parameters of the 6 “historical” earthquakes located in the Bargagli area. Note that the first three events are described by only one intensity.

Tuttavia, è da notare che tre degli eventi localizzati a “Genova” sono descritti da una sola intensità. La loro posizione, ma forse anche la loro occorrenza, sono dunque oggetto di ragionevole dubbio. Per esempio, per quanto riguarda l’evento del 1536, il catalogo ENEL [1977] da cui l’informazione è originalmente tratta e poi ripresa nei cataloghi successivi, nell’analizzare il terremoto descrive molti dubbi sull’attendibilità di questo terremoto, di cui si trova una descrizione nell’articolo di Vincenzo Promis [1876]. A sua volta, Promis riporta la descrizione contenuta in un documento conservato presso la biblioteca di Santa Maria di Castello in Genova. Lo stile del contenuto (“e questo si dice esser stato cagione le gran baratterie, e il gran biastemare che si fa in esse Dio, e santi, et la Gloriosa Vergine Maria”) e soprattutto l’eventuale conta dei danni (“ha fatto ruinar case, palazzi, torre e ucciso huomini et donne et fatto disperdere le donne gravide, et altri mali infiniti che non ne potria scrivere la centesima parte”) fanno dubitare che si tratti di un terremoto reale, anche perché non vi è menzione in alcun altro documento di danni così ingenti e distribuiti, come invece ci si aspetterebbe se davvero la città fosse stata colpita da un terremoto. Per questo motivo il catalogo ENEL aveva identificato questo terremoto come falso. Sarebbero dunque necessarie ulteriori ricerche per confermare o confutare la presenza di questi terremoti presso la città di Genova. Diverso è il caso del terremoto del 1924, la cui posizione è definita da 11 località.

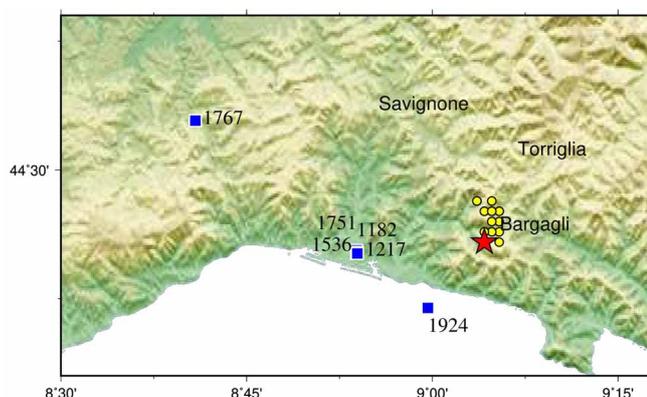


Figura 4 Posizione dei terremoti storici “vicini” al terremoto di Bargagli del 2022 (stella di colore rosso; con cerchi di colore giallo sono mostrati gli eventi ad esso collegati).

Figure 4 Location of historical earthquakes “close” to the Bargagli earthquake of 2022 (red star; with yellow circles the events connected to it are shown).

3. Il terremoto del 21 settembre 1924

In questo lavoro abbiamo dunque analizzato il più recente tra i terremoti avvenuti nella zona di Genova, ovvero quello del 21 settembre 1924. La sua localizzazione nel catalogo CPTI15 è mostrata nella mappa della Figura 5. È situato in mare a 10 chilometri ad est di Genova, a circa 2 chilometri dalla costa, e la sua posizione è vincolata da quattro intensità 5 distribuite principalmente nella parte costiera.

Le conoscenze su questo terremoto sono relativamente limitate. Inserito nel catalogo PFG, è stato riportato inalterato fino a CPTI11 [Rovida et al., 2011], con leggere modifiche al valore di magnitudo probabilmente dovute ai diversi schemi di calcolo adottati nei vari progetti. La sua posizione è quindi rimasta invariata fino alla revisione operata da Molin et al., [2008], che non aggiunge però nuovi dati ma conduce una revisione di quelli esistenti che porta alla ridefinizione della posizione epicentrale. Vista l'importanza dei commenti di Molin et al., [2008], anche alla luce della revisione del presente articolo, vengono riportati integralmente di seguito.

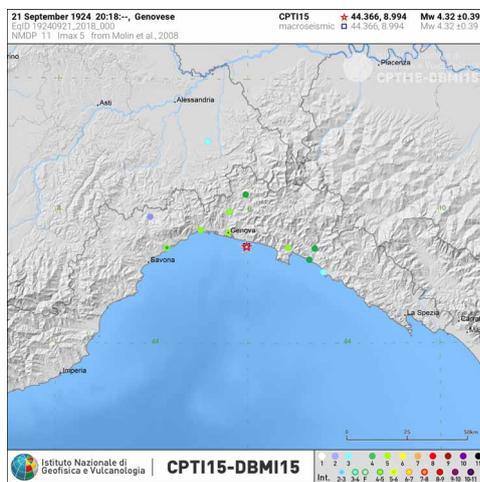


Figura 5 Dati macrosismici per il terremoto del 1924.
Figure 5 Macroseismic data for the 1924 earthquake.

“Postpischl [1985] richiama il bollettino sismico-macrosismi dell’UCMG [Ingrao, 1928], dove sono elencate una decina di osservazioni: la massima intensità osservata risulta di V-VI grado nel capoluogo genovese.

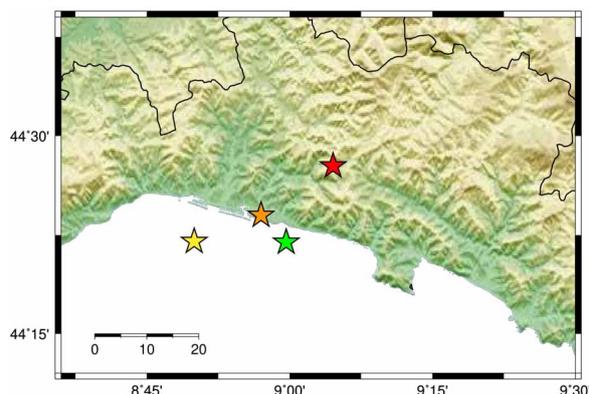
È stata consultata la compilazione di Cavasino 1935, che però su questo terremoto non riporta alcuna informazione. Allo stato attuale della ricerca, pertanto, non sono disponibili descrizioni degli effetti macrosismici. Il fatto che Cavasino, in genere abbastanza rigoroso e sistematico nel prendere in esame solo terremoti sopra una certa soglia (quella del danno), non lo tratti potrebbe essere un indizio del fatto che questo evento non causò effetti di rilievo; l’osservazione di V-VI grado riportata per Genova potrebbe pertanto essere leggermente sovrastimata. È lecito aspettarsi infatti che se nel capoluogo ligure il terremoto avesse causato qualche danno, ancorché lieve, Cavasino con ogni probabilità non avrebbe mancato di descriverne gli effetti, così come fa su altri eventi anche per località molto minori e meno importanti di una città come Genova. È probabile perciò che il terremoto in oggetto abbia causato solo un forte risentimento ma senza danni. Per questo motivo si è qui deciso di ridimensionare ad un V grado MCS il dato su Genova riportato dal bollettino dei macrosismi dell’UCMG, da cui provengono i dati.”

Va infine notato che, come accade per molti terremoti liguri, l’occorrenza del terremoto del 1924 è anche annoverata tra i cataloghi SisFrance [BRGM 2014 e 2016], nei quali però la localizzazione dell’evento è spostata ad ovest rispetto a quella pubblicata in CPTI15. La Figura 6 mostra le diverse localizzazioni proposte nei vari cataloghi. La localizzazione di PFG e seguenti fino a CPTI11 si trova anche nel Catalogo dei terremoti della regione Liguria dall’anno 1000

all'anno 1983 [Eva et al., 1985] all'interno di una sequenza (la numero 620) in cui sono stati raggruppati 8 terremoti di magnitudo M_k^1 variabile tra 2.9 e 3.9 ed avvenuti nei due giorni 21 e 22 settembre 1924.

Figura 6 Localizzazione del terremoto del 1924 in diversi cataloghi. Giallo SisFrance; arancione da PFG a CPTI11; verde CPTI15. In rosso, la localizzazione del terremoto del 2022.

Figure 6 Localization of the 1924 earthquake in several catalogs. Yellow SisFrance; orange PFG to CPTI11; green CPTI15. In red, the location of the 2022 earthquake.



Il terremoto è stato dunque rianalizzato sulla base delle informazioni strumentali esistenti ovvero bollettini sismici e sismogrammi. La revisione di terremoti già analizzati con tecniche macrosismiche attraverso dati strumentali è stata presentata da Solarino [2005] con una applicazione ai terremoti della Lunigiana-Garfagnana. Lo studio ha mostrato che in molti casi esistono informazioni che vengono spesso trascurate o non prese in considerazione e che solo il ricorso alla fonte originale consente di recuperare. Si tratta, per esempio, delle annotazioni sui cosiddetti quaderni di stazione, compilati dai sismologi durante l'attività di manutenzione degli strumenti sismici, sui quali venivano elencati i malfunzionamenti, i ritardi e le correzioni dovuti a problemi con gli orologi o preziose informazioni aggiuntive sugli avvertimenti della popolazione di un certo evento sismico. Anche nel presente caso, le annotazioni si sono rivelate utili a discriminare tra possibili scenari, come dimostreremo nel seguito di questo articolo. In ogni caso, spesso le informazioni a disposizione non sono sufficienti per applicare tecniche di localizzazione strumentale soprattutto in casi, come quello del terremoto del 1924, in cui la magnitudo è contenuta. Nonostante questi presupposti, abbiamo comunque tentato una raccolta di informazioni strumentali partendo dalle fonti citate anche in Molin et al., [2008]. La prima fonte consultata è il Bollettino sismico settimanale n.360 (dal 16 settembre al 22 settembre 1924) [R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geofisica, 1924]. In tale documento si legge che il giorno 21 settembre vi furono "fra il pomeriggio e la notte varie scosse in Liguria: la più forte, a 21h18m di V° fu registrata anche a Treviso, Piacenza e Rocca di Papa". Questo ha confermato che le scosse furono più di una, come descritto nel Catalogo dei terremoti della Regione Liguria, anche se la fonte di quest'ultimo è una diversa pubblicazione dello stesso ufficio [Ingrao, 1928], quindi sostanzialmente degli stessi dati. Questo documento fornisce informazioni su quali strumenti sismici potrebbero aver registrato l'evento. Si è dunque proceduto alla ricerca di informazioni specifiche sui tempi di arrivo ai vari osservatori attraverso la pubblicazione Bollettino sismico, Microsismi per l'anno 1924 [Cavasino, 1928] ricavando tempi di arrivo per le stazioni Venezia, Moncalieri, Piacenza e Rocca di Papa. Le informazioni sono, però, parzialmente contrastanti e quindi, dove possibile, sono stati cercati i dati originali nei bollettini degli osservatori. Ad esempio, per l'Osservatorio presso il Seminario Patriarcale di Venezia è stato possibile

¹La magnitudo macrosismica M_k è ricavata a partire dalle intensità mediante le formule proposte da Karnik [1969]:

$$M = 0.53 I_0 + 0.95$$

Oppure quando disponibile il dato di profondità:

$$M = 0.51 I_0 + \log h + 0.35$$

Dove I_0 è l'intensità epicentrale e h la profondità del terremoto.

confermare la correttezza dell'informazione verificandola direttamente sul volume Osservazioni meteorologiche e geodinamiche [Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 1925]. Tuttavia, un importante supporto è stato fornito dalla presenza di alcuni sismogrammi conservati in formato digitale nel database di Sismos [<http://sismos.rm.ingv.it>]. Si tratta di un progetto nato per selezionare, digitalizzare, archiviare, e condividere sismogrammi, bollettini e documenti originalmente conservati presso gli osservatori meteo-sismici che hanno operato negli ultimi cento anni in Italia. Tutto il materiale censito è a disposizione della comunità scientifica, che lo può utilizzare per studi specifici. Nel nostro caso è stato possibile scaricare i sismogrammi di due osservatori, Piacenza e Chiavari.

4. Nuovi dati strumentali per il terremoto del 1924

Le figure mostrano i sismogrammi relativi a strumenti in funzione nel 1924 rispettivamente presso l'Osservatorio Meteorologico Sismico del Collegio Alberoni di Piacenza (Figura 7, sismografo orizzontale Wiechert da 1000 chilogrammi, componenti NS e EO) e quello di Chiavari (Figura 8, pendolo orizzontale Stiattesi). I sismogrammi sono conservati in ottimo stato e permettono la lettura, almeno parziale, delle fasi. Tutti i fogli riportano la correzione temporale (che veniva valutata ed annotata ogni giorno controllando la differenza tra il tempo dell'orologio meccanico del sismografo e quello del segnale orario trasmesso via radio).



Figura 7 Sismogrammi relativi alla componente NS e EO registrati dal sismografo Wiechert 1000 Kg installato presso l'Osservatorio Meteorologico Sismico del Collegio Alberoni, a Piacenza.

Figure 7 Seismograms related to the NS and EO component recorded by the seismographi lechert 1000 Kg installed at the Seismic Meteorological Observatory of the Collegio Alberoni, in Piacenza.

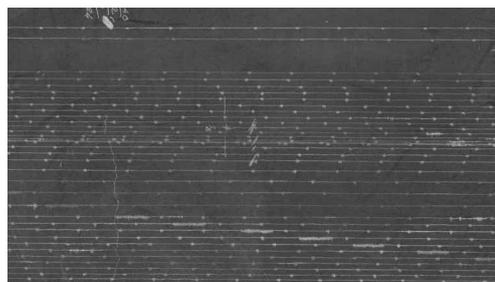


Figura 8 Sismogramma registrato con pendolo orizzontale Stiattesi presso l'Osservatorio del Seminario Arcivescovile di Chiavari. Si notino gli appunti dell'operatore in corrispondenza alle ore 21:18.

Figure 8 Seismogram recorded with horizontal pendulum Stiattesi at the Observatory of the Archbishop's Seminary of Chiavari. Note the operator's notes at 21:18.

Il sismogramma di Chiavari riporta anche alcune informazioni scritte a mano dall'operatore, che sono visibili nella Figura 9 e che riportiamo qui sotto per convenienza:

21 settembre 1924
Scossa origine vicina (locale)
Avvertita da parecchie persone
Inizio 21h18'15"
Fine 21h18'25"

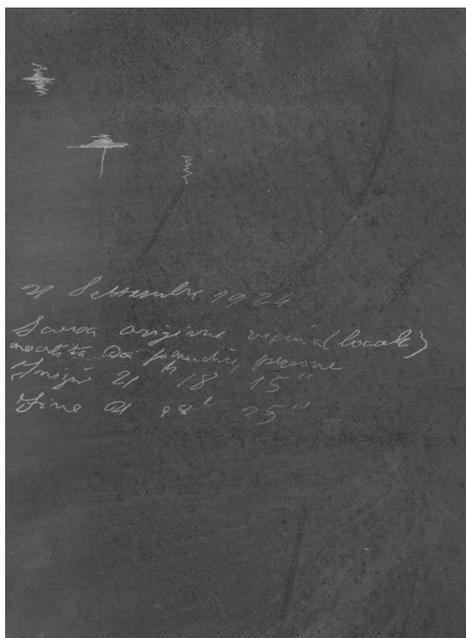


Figura 9 Particolare del sismogramma della stazione sismica di Chiavari relativo alle note inserite a mano dall'operatore. Si legge: 21 settembre 1924 Scossa origine vicina (locale) Avvertita da parecchie persone Inizio 21h18'15" Fine 21h18'25".

Figure 9 Notes entered by hand by the operator. It reads: September 21, 1924 Shock origin nearby (local) Warned by several people Start 21h18' 15" End 21h18'25".

5. Localizzazione strumentale del terremoto del 1924

Le informazioni ricavate dai sismogrammi degli osservatori di Piacenza e Chiavari sono state unite a quelle già presenti sui bollettini [Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, 1925; Cavasino, 1928]. I dati sono stati successivamente selezionati in base ad un processo di *trial and error*, creando diversi dataset aggiungendo o eliminando di volta in volta le fasi, alla ricerca della localizzazione con il minor errore. La selezione è stata condotta in base ai principali parametri di stima della qualità della localizzazione (residui dei tempi di arrivo, Root Mean Square RMS ed incertezze sulla localizzazione).

La revisione così condotta ha mostrato che i tempi di arrivo a Chiavari non sono affidabili e questo ha suggerito di optare per la lettura della differenza S-P per questa stazione. Inoltre, è stato deciso di eliminare i dati relativi a Rocca di Papa e Venezia perché situate ad oltre 400 km di distanza e quindi ininfluenti sulla localizzazione. La Tabella 3 mostra i dati a disposizione e quelli utilizzati.

Stazione	Letture P	Letture S	Letture S-P
Piacenza	240921211732.00	240921211741.00*	
Moncalieri	240921211737.00	240921211752.00	
Venezia	240921211854.00		
Rocca di Papa	240921211930.00		
Chiavari	240921211815.00*	240921211818.50*	3.5 s*

Tabella 3 Dati disponibili ed utilizzati per il processo di localizzazione. Le fasi contrassegnate da asterisco sono state lette direttamente sui sismogrammi e aggiunte a quelle pubblicate sul Bollettino sismico [Cavasino, 1928]. Le letture in grassetto sono quelle utilizzate per la localizzazione finale.

Table 3 Available and used data for the location run. The phases marked by an asterisk have been directly picked on the seismograms and added to those published on the Bollettino sismico [Cavasino, 1928]. Phase picks in bold are used for the final location run.

Per la localizzazione è stato utilizzato il codice HYPOELLIPSE [Lahr, 1999], in uso alle principali reti sismiche mondiali. Si tratta di un programma che può affrontare complessità crescenti introdotte dall'operatore, ma che nella sua configurazione base utilizza fino a 5 modelli di velocità distribuiti geograficamente su un volume a piani strato-parallelari. L'algoritmo può tenere conto della struttura geologica sotto la stazione attraverso l'inserimento di opportune correzioni; i dati osservati, ovvero l'input del calcolo, vengono pesati attribuendo un valore numerico compreso tra 0 e 4 inversamente proporzionale alla loro qualità e affidabilità (0 per i dati migliori, 4 per quelli non affidabili). È contemplata la possibilità di utilizzare il solo valore S-P, contraddistinto dal numero 9. La localizzazione viene ottenuta attraverso un processo iterativo controllato dal valore del RMS. Ad ogni iterazione la posizione ipocentrale ed il tempo origine vengono variati alla ricerca di un valore più basso del precedente del RMS. Il processo termina dopo un numero prefissato di iterazioni o quando il valore di RMS scende al di sotto di una soglia opportunamente scelta.

Nel nostro caso sono stati utilizzati tre modelli di velocità sorgente-stazione attribuendo ad ogni dato quello normalmente utilizzato per stazioni sismiche limitrofe e attualmente operative. Utilizzando il dataset precedentemente descritto si ottiene una localizzazione finale per il terremoto del 1924 sensibilmente diversa da quella proposta nei cataloghi macrosismici e molto vicina a quella del settembre 2022. In merito alla qualità della localizzazione, i residui dei tempi di arrivo (osservato - calcolato) sono in tutti i casi inferiori ad 1 s. Il valore di RMS è 0.43. L'ipocentro è a 20 km di profondità. Le incertezze sulla localizzazione sono naturalmente elevate, in conseguenza del limitato numero di osservazioni, della qualità delle stesse e della distanza della stazione più vicina (25 km), e sono pari a 13.7 e 13.3 km rispettivamente per l'errore orizzontale ERH e quello verticale ERZ. La profondità, tenuto conto dell'errore ad essa associato, è comparabile con quella del terremoto di Bargagli del settembre 2022, che era di 8 km.

6. Conclusioni. Il terremoto di Bargagli non è un evento “unico”

Come già discusso, dopo il terremoto avvenuto a Bargagli il 22 settembre 2022 il confronto con le informazioni disponibili sui cataloghi storici ha fatto ipotizzare che quel terremoto sia un evento per il quale non si annoverano precedenti. Alla luce del presente studio, vi sono numerosi fattori che fanno invece affermare che il precedente esiste, ed è proprio il terremoto del 1924.

Analizzando infatti le informazioni storiche, si osserva che tale evento era localizzato in una posizione più vicina alla città di Genova fino al catalogo CPTI11; tale posizione era stata considerata affidabile anche nel Catalogo dei terremoti della regione Liguria e proviene dalle informazioni contenute nel catalogo PFG. La localizzazione è stata spostata dopo gli studi di Molin et al. [2008] e così pubblicata nel catalogo CPTI15.

Una prima considerazione a favore di una possibile, diversa posizione del terremoto del 1924 rispetto alla più recente elaborazione di CPTI15 è basata sulla distribuzione delle intensità disponibili, sia prima che dopo la revisione di Molin et al. [2008]. È evidente come vi siano informazioni ad Est e Ovest della localizzazione proposta ma poche località a Nord e ovviamente nessuna a Sud. Questo ovviamente “spinge” il terremoto verso le intensità maggiori, che sono principalmente lungo costa. È ragionevole pensare che il terremoto sia stato avvertito anche in altri comuni (per esempio Davagna o Bargagli stesso) e che, solo a causa di una difficoltà di reperimento di informazioni, queste non siano state inserite nel piano quotato.

La seconda è basata sui dati strumentali disponibili. Sono state prese in considerazione le differenze nei tempi di arrivo delle fasi S e P per i due osservatori per i quali sono disponibili i sismogrammi (Chiavari e Piacenza) e per Moncalieri, per la quale è stato possibile utilizzare i dati del bollettino. Utilizzando la formula $d=(T_s-T_p)*6.37/0.73$ per il calcolo della distanza di ogni singola stazione dal terremoto risulta che Moncalieri è situata a circa 130 km di distanza dal terremoto, Chiavari a 30 e Piacenza a circa 80. Quest’ultima esclude che il terremoto del 1924 sia situato in mare perché la distanza da quel comune alla costa Ligure di Levante è variabile da 90 a 100 chilometri. Tale distanza sarebbe anche maggiore se considerassimo la posizione dell’evento come proposta da Molin et al. [2008], ovvero offshore. Nella Figura 10 viene mostrata la localizzazione ottenuta utilizzando il classico metodo dei “tre cerchi” con raggi calcolati con la formula sopra citata. La posizione del terremoto così ottenuta è indicata con la stella di colore bianco. Per validare il risultato sono state applicate anche altre formule, ad esempio quella suggerita da Lay e Wallace [1995] nella quale per ottenere il raggio del singolo cerchio la differenza S-P viene moltiplicata per 8. Il risultato ottenuto è del tutto comparabile con quello mostrato in figura ed è compatibile con le incertezze legate alla lettura delle fasi.

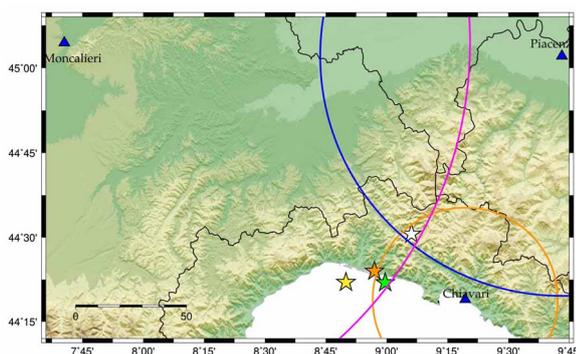


Figura 10 Risultato grafico dell’applicazione del metodo dei “tre cerchi”. La stella bianca indica la possibile posizione dell’evento del 1924 ricostruita in base alle tre differenze S-P per Chiavari, Piacenza e Moncalieri.

In arancio CPTI11, in verde CPTI15, in giallo SisFrance.

Figure 10 Graphical result of the application of the “three circles” method. The white star indicates the possible location of the 1924 event reconstructed based on the three S-P differences for Chiavari, Piacenza and Moncalieri.

In orange CPTI11, in green CPTI15, in yellow SisFrance.

Infine, il completo utilizzo dei dati (non solo differenze S-P ma anche singole letture P e S) con l’utilizzo di HYPOELLIPSE [Lahr, 1999] ha prodotto la localizzazione strumentale mostrata in

Figura 11 insieme a tutte le localizzazioni discusse in questo lavoro. È evidente come l'approccio con i dati strumentali tenda a spostare il terremoto del 1924 verso nord, in direzione dell'area colpita dal terremoto nel 2022.

Sulla base di tutte queste considerazioni proponiamo una nuova posizione per il terremoto del 1924, che sarebbe dunque avvenuto in prossimità dell'ipocentro del terremoto di Bargagli del settembre 2022. Nonostante questa nuova posizione non abbia particolari implicazioni dal punto di vista della pericolosità, tuttavia rappresenta un'importante informazione di cui tenere conto nel calcolo dei tempi di ritorno e nell'interpretazione sismotettonica dell'area. Oltretutto la descrizione della crisi sismica del 1924 contenuta nel Catalogo dei terremoti della regione Liguria [Eva et al., 1985], una volta assodata la coincidenza tra i due eventi, offre interessanti spunti sull'evoluzione delle due sequenze in termini di durata ed energia per quel settore dell'Appennino.

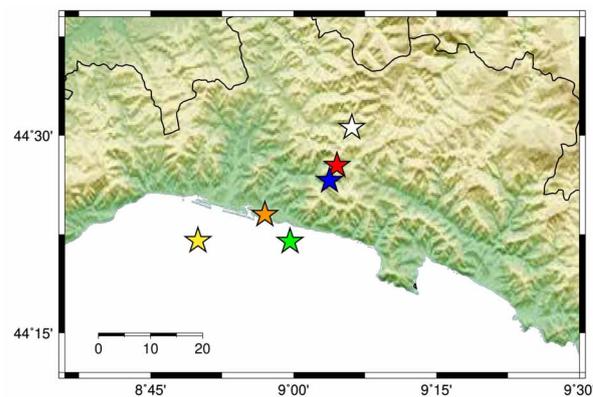


Figura 11 Localizzazione strumentale del terremoto del 21 settembre 1924 ottenuta tramite l'algoritmo HYPOELLIPSE [Lahr, 1999] (in blu) in confronto alla localizzazione del terremoto del 22 settembre 2022 (in rosso). Le localizzazioni differiscono di pochi km. In bianco localizzazione ottenuta tramite il metodo dei "tre cerchi", in giallo SisFrance, in arancio CPT11 e in verde CPT15.

Figure 11 Instrumental location of the earthquake of September 21, 1924 obtained by the HYPOELLIPSE [Lahr, 1999] algorithm (in blue) in comparison with the location of the earthquake of September 22, 2022 (in red). The locations differ by a few km. In white location obtained through the "three circles" method, in yellow SisFrance, in orange CPT11 and in green CPT15.

Ringraziamenti

Gli autori ringraziano Mario Anselmi per la revisione e i preziosi suggerimenti.

Bibliografia

- Bernardis G., Giorgetti F., Nieto D. and Slejko D., (1977). *Earthquakes catalogue for Eastern Alps Region*. OGS, Trieste.
- Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. and Valensise G., (eds.), (1995). *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1980*. Bologna, ING-SGA.
- Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. and Gasperini P., (eds.), (1997). *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1990*. Bologna, ING-SGA.
- BRGM-EDF-IRSN/SisFrance, (2014). *Histoire et caractéristiques des séismes ressentis en France*. <https://www.sisfrance.net/>

- BRGM-EDF-IRSN/SisFrance, (2016). *Histoire et caractéristiques des séismes ressentis en France*. <https://www.sisfrance.net/>
- Camassi R. and Stucchi, M., (1997). NT4.1.1, *un catalogo parametrico di terremoti di area italiana al di sopra della soglia del danno*. GNDT, Milano, pp. 95. <http://emidius.mi.ingv.it/NT/>
- Carrozzo M.T., De Visintini G., Giorgetti F. and Iaccarino E., (1973). *General Catalogue of Italian Earthquakes*. CNEN, RT/PROT(73)12, Roma.
- Carrozzo M.T., Cosentino M., Ferlito A., Giorgetti F., Patanè G. and Riuscetti M., (1975). *Earthquakes Catalogue of Calabria and Sicily (1783-1973)*. Quaderni de "La Ricerca Scientifica", CNR, n. 93.
- Cavasino A., (1928). *Bollettino sismico anno 1924, Microsismi*. Fasc. 1. R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geofisica.
- Cavasino A., (1935). *I terremoti d'Italia nel trentacinquennio 1899-1933*. Mem. R. Uff. Centr. Meteor. e Geof., Appendice, s.3, v.4.
- CPTI Working Group, (1999). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI99)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Bologna. <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI99>
- ENEL (1977). *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1975*. Compilato da Geotecneco Spa, Roma, computer printout.
- Eva C., Cattaneo M., Merlanti F. and Pasta M. (1985). *Catalogo dei terremoti della regione Liguria dall'anno 1000 all'anno 1983*. Sagep editrice, Genova, ISBN 88-7058-151-9.
- Iaccarino E. and Molin D., (1978). *Raccolta di notizie macrosismiche dell'Italia nordorientale dall'anno 0 all'aprile 1976*. Enea, RT/DISP(78)7, pp. 63.
- Ingrao G., (1928). *Bollettino Sismico anno 1924, Macrosismi*. R. Uff. Centr. Meteor. e Geofisica, Roma.
- International Seismological Centre (2022). On-line Bulletin, <https://doi.org/10.31905/D808B830>
- Karnik V., (1969). *Seismicity of the European area/1*. D. Reidel Publ. Comp., Dordrecht-Holland.
- Lahr J.C., (1999). *HYPOELLIPSE: A Computer Program for Determining Local Earthquake Hypocentral Parameters, Magnitude, and First-Motion Pattern*. USGS, Open File Report 99-23, Version 1.1.
- Lay T. and Wallace T.C., (1995). *Modern Global Seismology*. Academic Press, Inc., Cambridge, MA, 521 pp.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S. and Antonucci A., (2022). *Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>
- Molin D., Bernardini F., Camassi R., Caracciolo C.H., Castelli V., Ercolani E. and Postpischl L., (2008). *Materiali per un catalogo dei terremoti italiani: revisione della sismicità minore del territorio nazionale*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Quaderni di Geofisica, Vol. 57, pp 75. https://editoria.ingv.it/archivio_pdf/qdg/57/pdf/qdg_57.pdf
- Postpischl D., (1985a). *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, Quaderni della Ricerca Scientifica, 114 2B, Bologna.
- Postpischl D., (1985b). *Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes*. CNR, Quaderni della Ricerca Scientifica, 114 2A, Bologna.
- Promis V., (1876). *Descrizione sincrona del terremoto di Genova seguito il X aprile MDXXXVI ripubblicata dal socio Vincenzo Promis*. Atti della Società Ligure Storia Patria, Volume X, Fasc. IV. Tipografia del R. Istituto Sordo-Muti, 804-811.
- R. Ufficio Centrale di Meteorologia e Geofisica (1924). *Bollettino sismico settimanale*, N.360. Dal 16 settembre al 22 settembre 1924.
- Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti, (1925). *Osservazioni meteorologiche e geodinamiche eseguite nell'anno 1924 nell'Osservatorio del Seminario Patriarcale di Venezia*.
- Rovida A., Camassi R., Gasperini P., Stucchi M., (a cura di), (2011). *Catalogo Parametrico dei*

Terremoti Italiani (CPTI11). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Milano, Bologna. <https://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI11>

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. and Antonucci A., (2022). *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). Versione 4.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>

Solarino S., (2005). *The role of instrumental versus macroseismic locations for earthquakes of the last century: a discussion based on the seismicity of the North-Western Apennines (Italy)*. *Ann. Geophys.*, 48(6), 923–936.

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

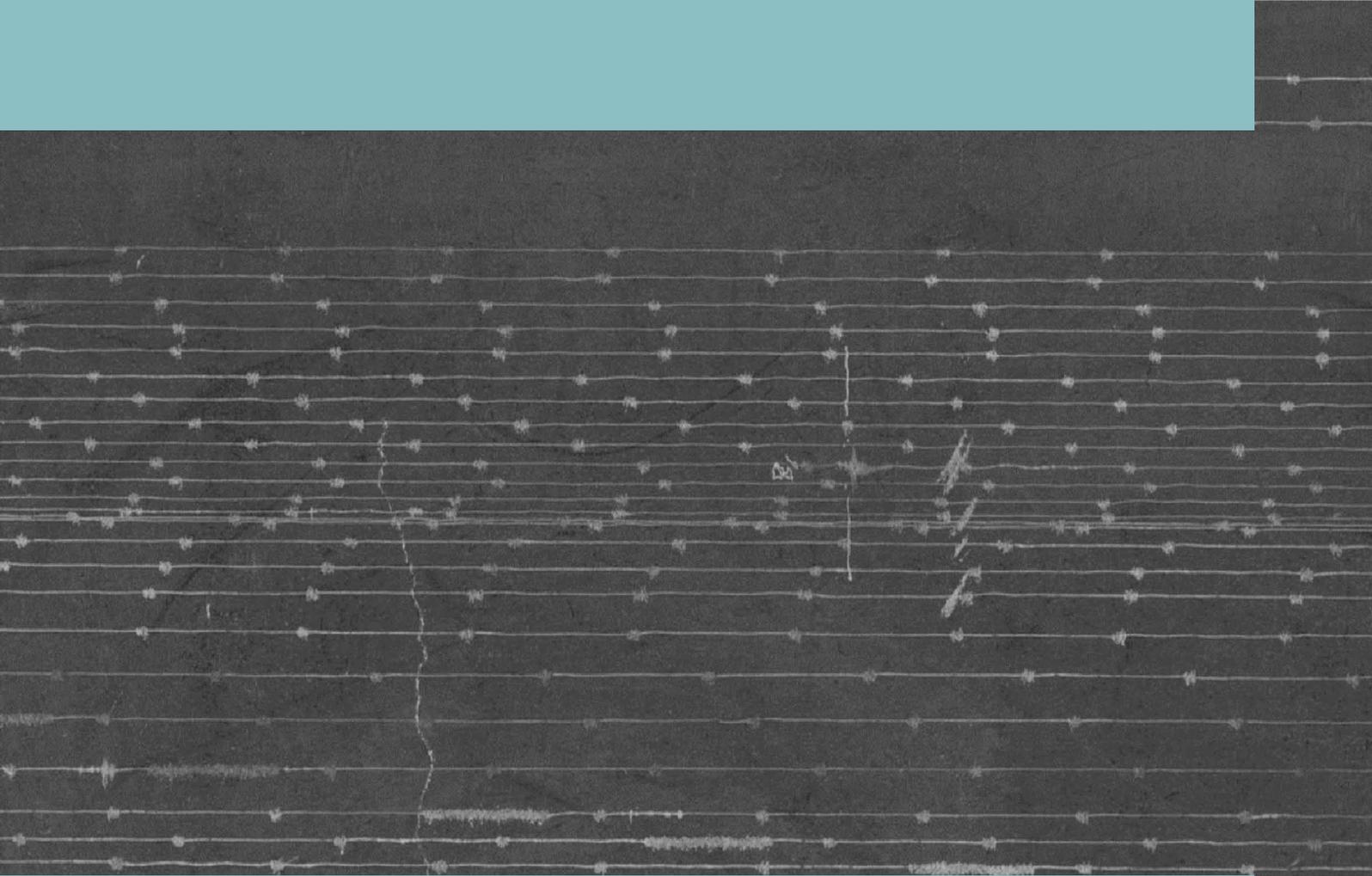
©2023

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