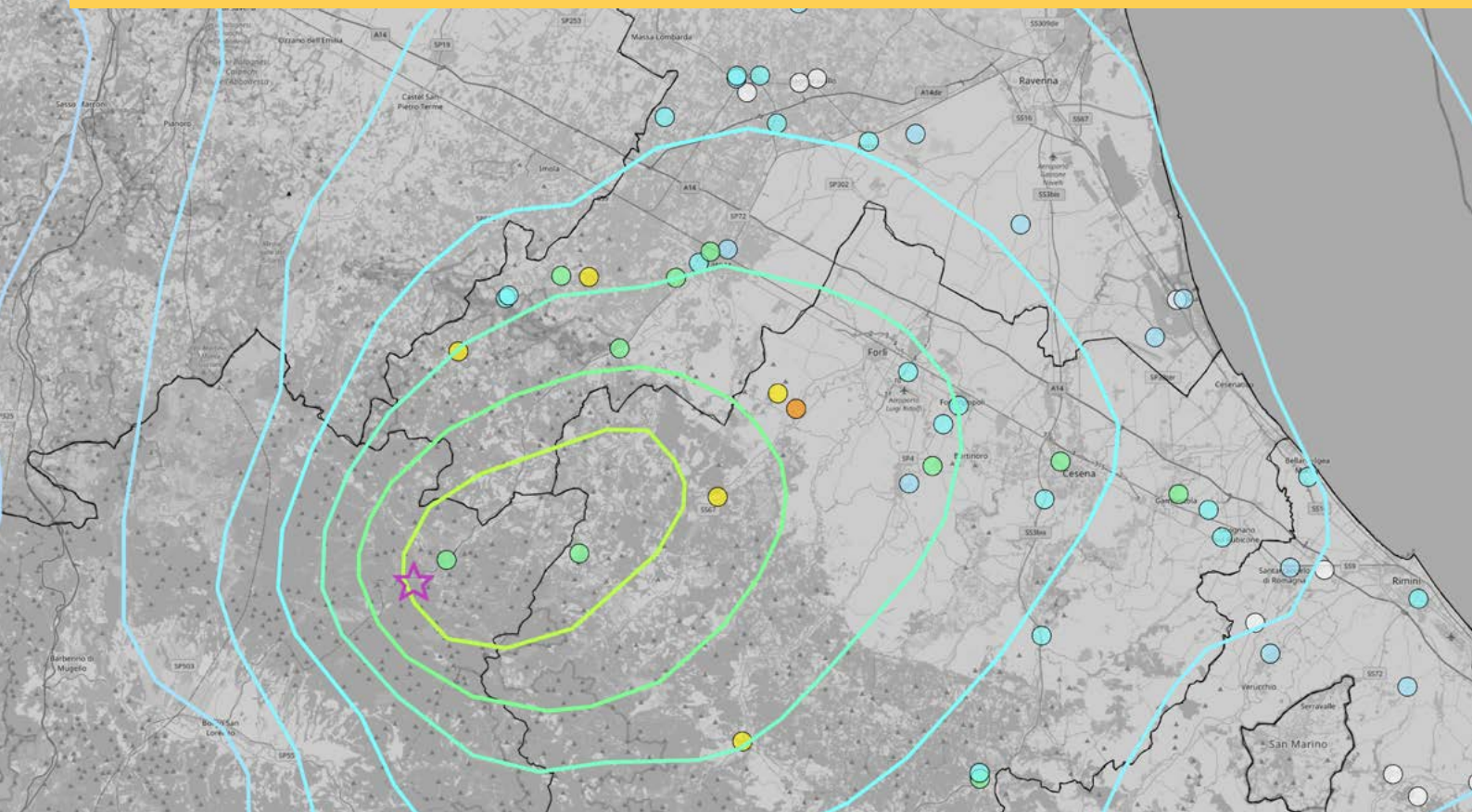




RAPPORTI TECNICI INGV

AUTOMAT: un algoritmo per l'analisi
delle schede di monitoraggio
di eventi sismici



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

515

**Direttore Responsabile**

Daniela VERSACE

Editor in Chief

Milena MORETTI

Editorial Board

Laura ALFONSI

Sofia BARANELLO

Carla BARNABA

Christian BIGNAMI

Simona CARANNANTE

Maria Grazia CIACCIO

Luca COCCHI

Luigi CUCCI

Lorenzo CUGLIARI

Elisabetta D'ANASTASIO

Alessia DI CAPRIO

Roberto DI MARTINO

Domenico DI MAURO

Domenico DORONZO

Filippo GRECO

Alessandro IAROCCI

Mario MATTIA

Daniele MELINI

Anna NARDI

Lucia NARDONE

Marco OLIVIERI

Arianna PESCI

Pierangelo ROMANO

Paola SBARRA

Davide SCAFIDI

Maurizio SOLDANI

Sara STOPPONI

Umberto TAMMARO

David ZULIANI

REGISTRAZIONE AL TRIBUNALE DI ROMA N.173 | 2014, 23 LUGLIO

© INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Presidente INGV

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma

Tutti i diritti riservati

www.ingv.it



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

RAPPORTI TECNICI INGV

AUTOMAT: un algoritmo per l'analisi delle
schede di monitoraggio di eventi sismici

*AUTOMAT: an algorithm for the analysis of
seismic event monitoring forms*

Massimo Cau^{1,*}, Roberto Lauria¹, Lorenzo Bacci¹, Marco Brunelli¹, Emanuela Ercolani², Licia Faenza²,
Silvia Pondrelli² e Romano Camassi²

¹Agenzia Regionale di Protezione Civile Regione Emilia-Romagna, Bologna

²INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Sezione di Bologna

*Corresponding Author

Accettato 11 dicembre 2025 | Accepted 11 December 2025

Come citare | How to cite Cau, M., Lauria, R., Bacci, L., Brunelli, M., Ercolani, E., Faenza, L., Pondrelli, S., Camassi, R. (2026). AUTOMAT: un
algoritmo per l'analisi delle schede di monitoraggio di eventi sismici. *Rapporti Tecnici INGV*, 515, 24 pp. <https://doi.org/10.13127/rpt/515>

In copertina Dettaglio dell'immagine della completa funzionalità di AUTOMAT_2 | Cover Detail of the image showing the full functionality of
AUTOMAT_2

515

INDICE

Riassunto	7
Abstract	7
Introduzione: la RETE_VOL	7
1. Modalità dell’attivazione della RETE_VOL	8
2. AUTOMAT	10
2.1 Codifica delle schede: il “Livello di risentimento”	10
2.2 L’interfaccia grafica	12
3. Evento test	13
4. Attivazioni della RETE_VOL	15
5. Conclusioni	16
Ringraziamenti	16
Bibliografia	17
Risorse aggiuntive	17
Appendice	19

Riassunto

Lo sviluppo dell'algoritmo AUTOMAT si colloca nel più ampio contesto della progettazione di un sistema di monitoraggio degli effetti al suolo di eventi sismici, realizzato attraverso una rete di persone addestrate per rilevare il risentimento locale appartenenti ad Associazioni di Volontariato di Protezione Civile operative nel territorio della Regione Emilia-Romagna. La rilevazione è effettuata tramite la compilazione di una scheda online, contenente domande a risposta chiusa relative alle sensazioni e reazioni percepite dalla popolazione, nonché agli effetti osservati su oggetti e edifici. Le schede compilate sono successivamente sottoposte ad un'analisi basata sul confronto tra la sequenza di risposte fornite da ciascun Volontario e una specifica scala di risentimento, che consente di assegnare un punteggio da 0 a 9 corrispondente a livelli crescenti di intensità percepita. Questa metodologia è stata completamente automatizzata mediante la progettazione del codice AUTOMAT, che consente anche la visualizzazione grafica dei risultati e l'elaborazione della statistica aggregata a ciascun evento. È stato infine rilevato il buon grado di coerenza tra la valutazione automatica delle schede e quella esperta fatta da personale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, come risulta dall'analisi di un evento test.

Abstract

The development of the algorithm AUTOMAT is part of the broader project of the monitoring system for the effects of seismic resentment on a region, implemented through a network of people belonging to Civil Protection Volunteer Associations operating in the Emilia-Romagna Region, trained to map seismic effects. The survey is carried out by filling out an online form, containing closed-ended questions relating to the sensations and reactions perceived by the population, as well as the effects observed on objects and buildings. The filled-out forms are then subjected to an analysis based on the comparison between the set of answers provided by each Volunteer and a specific resentment scale, which allows for the assignment of a score from 0 to 9 corresponding to increasing levels of perceived intensity. This methodology has been completely automated through the AUTOMAT code, which also produces the graphical display of the results and the processing of aggregate statistics for each event. A good consistency was observed between the automatic evaluation of the forms and the assessment carried out by Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia experts, as shown by the analysis of a test event.

Keywords Volontari; Protezione Civile; Monitoraggio | Volunteers; Civil Protection; Monitoring

Introduzione: la RETE_VOL

Nell'ambito della gestione di un'emergenza conseguente al manifestarsi di un evento sismico, qualora si verificano danni a persone o cose o un diffuso risentimento sul territorio, il Sistema di Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna deve essere in grado di acquisire ogni tipo di informazione speditiva essenziale per individuare le aree prioritarie di intervento: soccorso e assistenza alla popolazione, ripristino dei servizi essenziali, verifica dell'agibilità degli edifici ed eventuale messa in sicurezza. Tra le attività più efficaci figura il rilievo macrosismico speditivo, condotto da personale specializzato operante nel gruppo operativo QUEST (QUick Earthquake

Survey Team, <https://quest.ingv.it>) coordinato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e da altri enti. Il rilievo macrosismico rappresenta uno strumento consolidato, sia effettuato nella prima fase di emergenza come rilievo speditivo, sia nella cosiddetta fase di post-emergenza per fornire un quadro completo di danneggiamento.

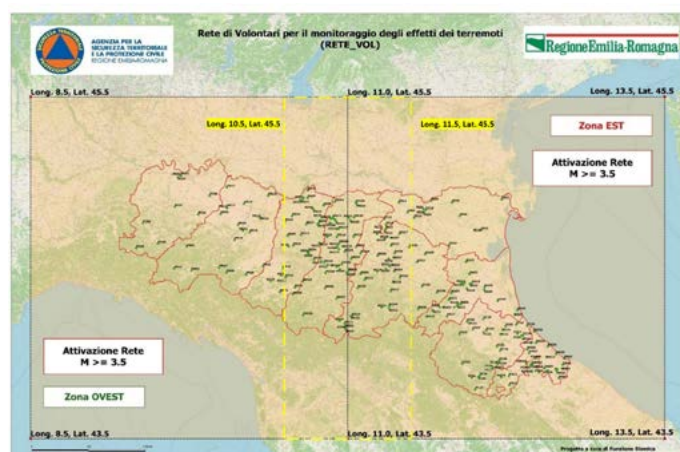
Al rilievo macrosismico effettuato dalle squadre QUEST possono contribuire altre attività come la messa a punto di un sistema di monitoraggio rapido del risentimento condotto secondo una metodologia standard che prevede l'impiego di una rete di Volontari, appartenenti ad Associazioni di Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna, appositamente formati e residenti nel territorio regionale. Tale sistema di monitoraggio è stato recentemente progettato e reso operativo dall'Agenzia regionale di Protezione Civile della Regione Emilia-Romagna. Il monitoraggio avviene tramite la compilazione di una scheda online con domande a risposta chiusa riguardanti sensazioni personali, reazioni percepite e osservazioni su oggetti e edifici. Questo modello è ispirato all'esperienza, iniziata nel 2014, del Sistema di Protezione Civile della Regione Friuli-Venezia Giulia [Sandron et al., 2016; 2021; <https://www.protezionecivile.fvg.it/it/risentimento-sismico>].

L'Agenzia Regionale per la Sicurezza Territoriale e la Protezione Civile dell'Emilia-Romagna (ArSTPC) ha quindi costituito una rete di monitoraggio, denominata RETE_VOL, che conta 248 località presidiate da altrettanti Volontari (dati aggiornati al 18/04/2025). Questa rete, avviata nel 2019, si è ampliata grazie a numerosi corsi di formazione, passando da 43 Volontari al numero attuale, distribuiti sull'intero territorio regionale (Figura 1). Dal 2019 al 2023, la RETE_VOL è stata attivata in occasione di 21 eventi sismici avvertiti in Emilia-Romagna.

Fino al 2023, l'analisi e l'elaborazione delle schede era svolta manualmente da personale INGV con competenze nel campo della macrosismologia: ogni risposta era valutata e codificata in base ad una scala teorica di risentimento che consentiva la creazione della mappa delle diverse località di monitoraggio dei Volontari, ognuna identificata da un colore che rappresentava il valore di avvertimento del terremoto nella scala da "non avvertito" a "molto avvertito". Il progressivo aumento delle schede da analizzare ha reso necessario lo sviluppo di un software in grado di effettuare automaticamente l'analisi, fornendo anche la visualizzazione geografica dei risultati e l'elaborazione della statistica aggregata per ciascun evento.

Figura 1 Mappa delle località monitorate dai Volontari, divisi in due Zone, Est e Ovest. Il rettangolo con bordo tratteggiato in colore giallo delimita la fascia centrale di sovrapposizione.

Figure 1 Map of points monitored by Volunteers, split in two areas, East and West. The yellow dashed rectangle marks the central overlap area.



1. Modalità dell'attivazione della RETE_VOL

INGV notifica automaticamente alla Sala Operativa della Protezione Civile regionale la localizzazione e la magnitudo degli eventi sismici. Quando la magnitudo è superiore o uguale a 3.5 e la localizzazione avviene nel rettangolo geografico che include la Regione

Emilia-Romagna (Figura 1), i Volontari appartenenti alla RETE_VOL ricevono un SMS di attivazione. La distribuzione della RETE_VOL è suddivisa in zona Est e zona Ovest. I Volontari di entrambe le zone sono attivati solo in caso di evento sismico localizzato in una fascia centrale di sovrapposizione, altrimenti solo i Volontari di una delle due zone ricevono l'SMS. Questo schema di suddivisione e l'attivazione differenziata est-ovest sono giustificati dalla ampia estensione in longitudine della Regione Emilia-Romagna: un sisma di magnitudo bassa che si verificasse nella estremità della zona est sarebbe poco o nulla risentito dai Volontari della zona ovest e viceversa. Il messaggio riporta il link per accedere ad un questionario che deve essere compilato dai Volontari procedendo ad effettuare almeno 5 interviste ai residenti nell'intorno della località geografica a loro assegnata, in modo tale che le indicazioni raccolte siano mediamente rappresentative sugli effetti dell'evento. Lo schema della metodologia descritta è riportato in Figura 2.

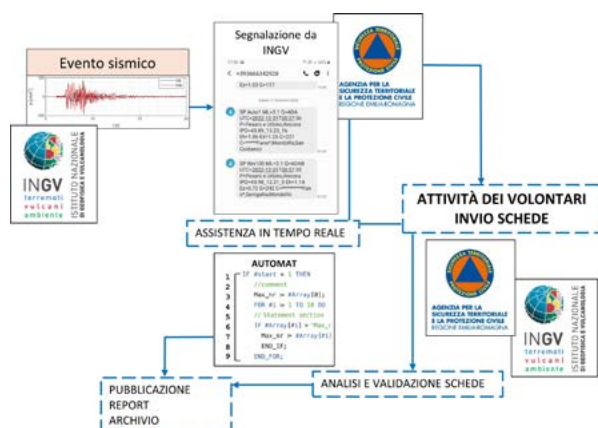


Figura 2 Schema di attivazione della RETE_VOL e di elaborazione delle informazioni raccolte in collaborazione tra l'Agenzia di Protezione Civile e l'INGV.

Figure 2 Sketch of the activation process for the RETE_VOL network and of the processing of information collected by the collaboration of INGV and the Regional Civil Protection Agency.

Le domande del questionario sono state studiate affinché sia possibile collegare le risposte ad un livello degli effetti di danno o semplice risentimento che il terremoto ha prodotto sul territorio. In Appendice sono riportati gli schemi utilizzati per definire il grado di risentimento in base alle risposte. Una volta compilate, le schede sono registrate, analizzate, validate, pubblicate in una pagina web dedicata e archiviate.

La scheda di rilevazione è stata predisposta utilizzando i Moduli Google (Figura 3) per sfruttare la semplicità e la versatilità dell'interfaccia grafica del sito e la possibilità di memorizzazione dei dati raccolti in forma tabellare per un'agevole elaborazione. Fino all'inizio del 2024, gli esiti del monitoraggio erano analizzati manualmente, valutando le risposte rispetto ad una scala di riferimento elaborata da INGV.

The image shows two screenshots of the Google Form. The left screenshot is the main form titled 'Rete Volontari Monitoraggio Effetti Eventi Sismici', which includes instructions and a section for recording the date and time of the SMS received. The right screenshot shows a table for recording the effects of the earthquake, with columns for 'Intensità', 'punti (0-25%)', 'multi (25-50%)', and 'maggiore parte (50-100%)'. The table includes rows for 'Avvertito in casa', 'Avvertito in casa al piano superiore', 'Avvertito in casa al piano terra', and 'Avvertito all'esterno'.

Figura 3 Schermate del Modulo Google del questionario.

Figure 3 Screenshots of the Google Form pages.

Dato il buon esito dell'attività, negli anni successivi alla prima attivazione (dicembre 2019) sono stati realizzati 6 eventi formativi per l'addestramento di nuovi Volontari per l'abilitazione alle attività svolte all'interno della RETE_VOL. Nella primavera del 2025 la rete contava 248 località di monitoraggio presidiate da altrettanti Volontari, la cui distribuzione per provincia è riportata nella Tabella 1.

PC Piacenza	PR Parma	RE Reggio Emilia	MO Modena	BO Bologna	FC Forlì-Cesena	RN Rimini	FE Ferrara	RA Ravenna	*RSM
9	19	34	43	38	30	22	19	25	9

Tabella 1 Numero di Volontari per provincia (*RSM: Repubblica di San Marino).

Table 1 Amount of Volunteers for each province (*RSM: San Marino Republic).

La crescita nel numero dei Volontari ha prodotto un aumento dei questionari da analizzare e ha motivato la scelta verso l'automatizzazione dell'analisi, al fine di acquisire una più rapida disponibilità delle informazioni utili. La preparazione di un software ad hoc è stata possibile grazie all'uso della griglia decisionale messa a punto durante il periodo di analisi manuale, consultabile in Appendice.

2. AUTOMAT

Il programma AUTOMAT è stato sviluppato per automatizzare l'analisi delle schede di rilevazione compilate dai Volontari della RETE_VOL, assegnando un punteggio di "Livello di risentimento" a ciascuna scheda e visualizzando i risultati su mappa. L'algoritmo è stato progettato integrando diversi linguaggi:

- HTML per la creazione dell'interfaccia utente;
- JavaScript per la logica di elaborazione e assegnazione del punteggio;
- CSS per la formattazione grafica e la visualizzazione interattiva dei risultati su mappa.

2.1 Codifica delle schede: il "Livello di risentimento"

L'algoritmo AUTOMAT assegna a ogni scheda un punteggio numerico sulla base del confronto tra le risposte fornite e una griglia di riferimento (vedi Appendice), in cui ogni combinazione di risposte corrisponde a un valore di risentimento da 2 (debole) a 9 (fortissimo), con associata una colorazione specifica (Figura 4). Tale griglia è stata costruita utilizzando come riferimento la descrizione degli effetti di un sisma riportata nella scala macrosismica [Grünthal et al. 1993; 1998; 2019]. Se una scheda non soddisfa i criteri di una determinata classe, viene confrontata con le soglie del livello successivo. In caso di mancata corrispondenza con tutte le classi previste, viene assegnato il valore NC (Non Classificato).

Il codice AUTOMAT assegna il "Livello di risentimento" ad ogni scheda pervenuta tramite connettori logici che operano con il seguente schema strutturale:

- le condizioni interne a un singolo livello di risentimento sono connesse tramite AND (tutte devono essere verificate);
- le possibili risposte accettate per ogni singola domanda sono connesse tramite OR (è sufficiente che una corrisponda).

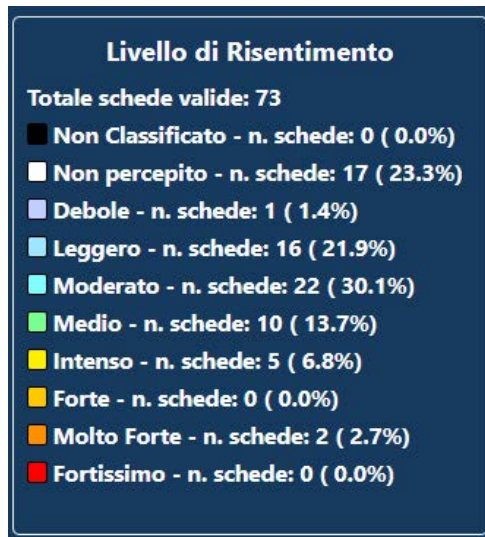


Figura 4 Livello di risentimento.
Figure 4 Perception scale.

Affinché sia assegnato univocamente un determinato punteggio alla sequenza delle risposte fornite, tutte le condizioni AND devono essere verificate mentre, per le combinazioni con l'operatore OR, nelle risposte ad ogni singola domanda è sufficiente che almeno una delle risposte date sia prevista dalla combinazione OR. In Figura 5 è riportato lo schema a blocchi che mostra la sequenza degli input, delle decisioni, dei processi e delle operazioni svolte da AUTOMAT.

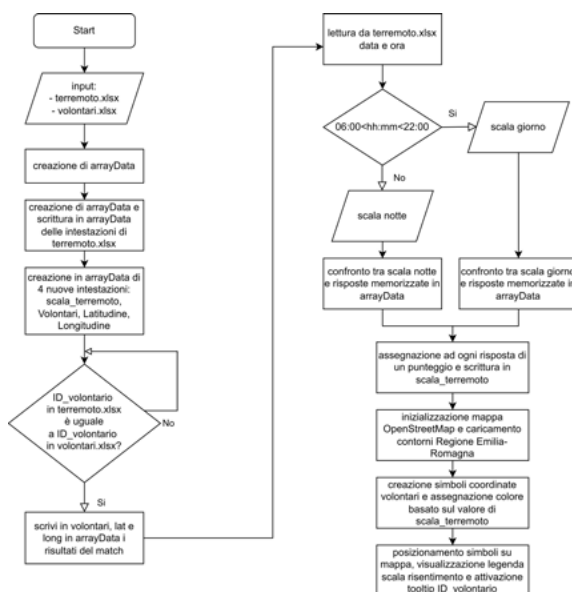


Figura 5 Diagramma di flusso dell'algoritmo
AUTOMAT.
Figure 5 AUTOMAT Flowchart.

2.2 L'interfaccia grafica

Lo sviluppo di AUTOMAT ha previsto la creazione di due interfacce grafiche:

- AUTOMAT_1 per l'elaborazione dei dati grezzi e successiva analisi per la loro validazione;
- AUTOMAT_2 per la consultazione e la visualizzazione dello storico degli eventi.

AUTOMAT_1: l'interfaccia grafica di AUTOMAT_1 è riportata in Figura 6. È stato progettato per l'analisi dei dati grezzi e la successiva validazione. L'elaborazione dei dati prevede il caricamento mediante appositi pulsanti (sfondo verde) di due file (in formato csv o xlsx):

- un file contenente i dati dei Volontari (ID, Latitudine e Longitudine);
- un file nel quale sono memorizzate le risposte delle schede di rilevazione compilate dai Volontari.

I tasti “Elaborazione Schede Volontari” e “Visualizzazione Punti su Mappa” (sfondo blu, Figura 6) eseguono il codice secondo la sequenza illustrata in Figura 5. È possibile visualizzare insieme ai contorni della Regione Emilia-Romagna, ai punti e alla scala di risentimento anche l’epicentro del sisma, la relativa ShakeMap [Michellini et al., 2019] con i contorni di isointensità e la scala macrosismica di riferimento. La visualizzazione completa delle funzionalità di AUTOMAT_1 è mostrata in Figura 6.

Figura 6 Esempio di grafica di AUTOMAT_1.
Figure 6 AUTOMAT_1 graphical interface.



AUTOMAT_2: dopo l’analisi della rilevazione con AUTOMAT_1, la verifica di coerenza delle schede e la validazione finale, i dati consolidati sono archiviati. Per la consultazione di tale archivio è stato predisposto lo strumento AUTOMAT_2 che, a differenza di AUTOMAT_1, è stato progettato e sviluppato appositamente con funzioni di sola consultazione da destinare ad utenti esterni alla ArSTPC (https://sismica.regione.emilia-romagna.it/sismica/Rete_Volontari/AUTOMAT_PRG/mappa_Volontari_new_scale.html).

In Figura 7 è mostrata l’interfaccia grafica di AUTOMAT_2. Mediante il menù “Lista Eventi” è possibile scegliere dall’elenco uno dei sismi per i quali è stata attivata la rete dei Volontari. Con il menù *ShakeMap* possono essere visualizzati nella mappa i contorni di isointensità e la scala macrosismica. Questo consente di avere un riferimento quantitativo indipendente ma comunque consistente con la distribuzione in colore qualitativa del risentimento.

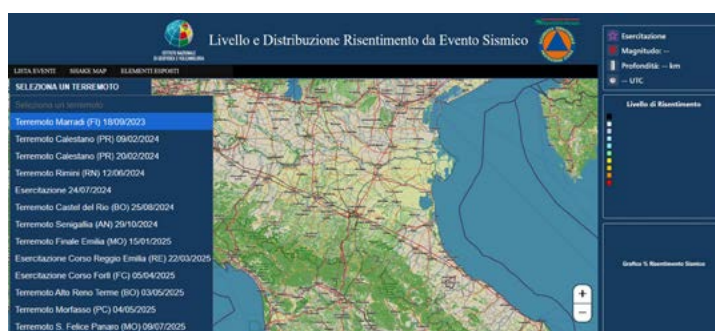


Figura 7 Interfaccia grafica di AUTOMAT_2.
Figure 7 AUTOMAT_2 graphical interface.

Scelto l’evento, nella mappa sono richiamate tutte le informazioni relative al terremoto: il livello e la distribuzione del risentimento, la magnitudo e la localizzazione dell’evento sismico, il numero di schede validate, la loro ripartizione per i vari gradi della scala e la visualizzazione di tale distribuzione mediante grafico a torta.

La mappa risulta essere interattiva: è possibile spostarsi nelle varie aree interessate dall'evento, effettuare degli ingrandimenti e attivare con il semplice passaggio del mouse i *tooltip* per conoscere l'ID del singolo Volontario. In Figura 8 è mostrata la completa funzionalità di AUTOMAT_2.



Figura 8 Immagine della completa funzionalità di AUTOMAT_2.

Figure 8 Image showing the full functionality of AUTOMAT_2.

3. Evento test

Il terremoto del 18 settembre 2023 a Marradi, in provincia di Firenze, fortemente risentito anche nell'Appennino romagnolo, è indubbiamente l'evento più energetico registrato da quando è operativa la RETE_VOL (<https://terremoti.ingv.it/event/36163811>). Il terremoto con una Mw 4.9 e una profondità di 8 km, si è verificato durante la notte (si veda Tabella 2).

Data	Ora UTC	Località	Mw	Profondità (km)	Latitudine	Longitudine
18/09/2023	03:10:14	Marradi (FI)	4.9	8.0	44.06	11.59

Tabella 2 Informazioni sull'evento di confronto.

Table 2 Information on the test event.

Questo evento è stato usato per comparare in modalità retroattiva i due sistemi di elaborazione dei dati pre-AUTOMAT e AUTOMAT. Il metodo pre-AUTOMAT è stato utilizzato quando il sistema di attribuzione del Livello di risentimento era basato su una valutazione esperta fatta da personale INGV con metodologia tutta manuale tramite l'interpretazione del complesso di risposte scheda per scheda. Il metodo AUTOMAT è invece un algoritmo semi automatico basato sulla ricostruzione dei dati forniti dalle schede compilate in occasione dell'attivazione della RETE_VOL. Per ogni scheda si è valutata la differenza fra il livello di risentimento ottenuto con la procedura automatica rispetto a quello ottenuto con la procedura manuale. La Tabella 3 schematizza il punteggio associato alla differenza fra i due valori.

Differenza: (AUTOMAT) - (INGV)(pre-AUTOMAT)	Valutazione
abs (differenza) = 0	totale coincidenza
abs (differenza) = 0.5	alta coincidenza
abs (differenza) = 1.0 o 1.5	coincidenza limitata

abs (differenza) = 2.0	coincidenza minima
abs (differenza) >= 2.5	assenza di coincidenza

Tabella 3 Scala di valutazione delle differenze.

Table 3 Difference evaluation scale.

Delle 73 schede validate, quelle che hanno riportato un risentimento sono state 56 (ca. 77%), per 19 si rileva la “totale coincidenza”, per 23 si rileva una “alta coincidenza”, per 11 si rileva una “coincidenza limitata”, per 2 si rileva una “coincidenza minima”, per solo 1 si rileva una “assenza di coincidenza”. Per quantificare l'accordo tra le due metodologie è stato calcolato l'indice medio di divergenza, definito come:

$$T = (\text{somma dei valori assoluti delle differenze}) / (\text{n. schede con risentimento})$$

Tanto più il valore di T risulta essere inferiore all'unità quanto migliore è l'accordo tra le due stime. Applicando questa formula al caso in esame si ottiene:

$$T = 31 / 56 = 0.55$$

Il risultato conferma un buon grado di coerenza tra la valutazione manuale e quella automatizzata: il metodo manuale “esperto”, pur poco pratico in presenza di un grande numero di schede da elaborare, trova conferma di validità da AUTOMAT, più versatile con i grandi numeri di Volontari nell'attuale RETE_VOL. Al tempo stesso, il metodo “esperto” di INGV di fatto conferma la validità delle elaborazioni prodotte dall'algoritmo AUTOMAT.

Il confronto tra le due scale può essere mostrato graficamente con i plot riportati nelle Figure 9 e 10. In particolare, nella Figura 9 l'andamento delle scale è mostrato in funzione degli ID dei Volontari coinvolti nel sisma di Marradi mentre in Figura 10 l'andamento è in funzione della distanza crescente degli stessi Volontari dall'epicentro.

Figura 9 Scala INGV vs AUTOMAT in funzione degli ID dei Volontari ordinati in intensità di risentimento decrescente.

Figure 9 INGV vs AUTOMAT scale as a function of volunteers ID in decreasing impact order.

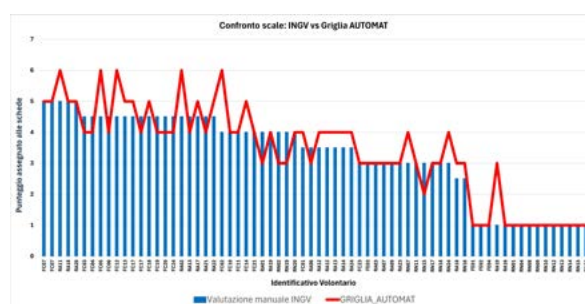
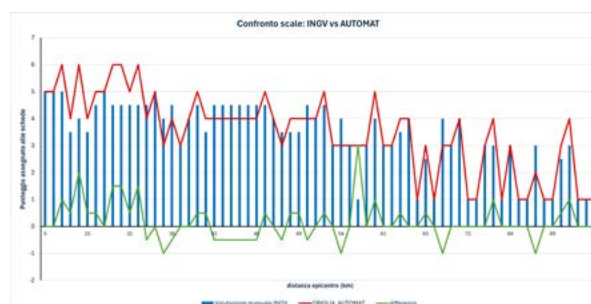


Figura 10 Scala INGV vs AUTOMAT in funzione della distanza crescente dei Volontari.

Figure 10 INGV vs AUTOMAT scale as a function of the increasing distance of volunteers.



4. Attivazioni della RETE_VOL

La Tabella 4, riportata di seguito, elenca le 21 attivazioni della RETE_VOL. I primi anni di attività, fino al 2022, sono da considerarsi come anni di rodaggio durante i quali sono state perfezionate sia la struttura del questionario sia la formazione dei Volontari. Per le attivazioni dal 2023 sono riportati il numero totale dei Volontari attivabili e il numero di Volontari che hanno effettivamente compilato almeno una scheda di monitoraggio affiancato al numero di chi non ha effettuato alcun monitoraggio. Ad ogni attivazione si può pertanto attribuire un grado di efficienza percentuale ottenuto dal rapporto tra il numero dei Volontari attivabili rispetto al numero di quelli che hanno compilato almeno una scheda di monitoraggio. La media dell'efficienza è del 79% indice di una risposta complessiva dei Volontari molto buona, che conferma l'efficacia del sistema di attivazione e la motivazione dei Volontari coinvolti.

Per le attivazioni avvenute dal 2023 in poi, sono stati riportati i seguenti dati:

- il numero totale di Volontari attivabili;
- il numero di Volontari che hanno effettivamente compilato almeno una scheda;
- il numero di Volontari che non hanno effettuato alcun monitoraggio.

Data	Località	Provincia	ML	Volontari attivati	Volontari si/no	Efficienza (%)
11/07/2021	Costa Ravennate	RA	4.0	36	27/9	75
29/10/2021	Cartoceto	PU	4.1	36	25/11	69
19/04/2022	Monghidoro	BO	3.7	70	61/9	87
13/07/2022	Meldola	FC	3.2	70	58/12	83
09/11/2022	Costa Marchigiana Anconetana	AN	5.5	70	55/15	79
04/01/2023	Gambettola	FC	3.1	67	42/25	63
22/01/2023	Cesenatico	FC	3.5	67	52/15	78
26/01/2023	Cesenatico	FC	4.1	67	54/13	81
28/01/2023	Gambettola	FC	4.1	67	57/10	85
16/03/2023	Cesenatico	FC	3.0	67	50/17	75
18/09/2023	Marradi	FI	4.8	73	67/6	92
13/10/2023	Vigolzone	PC	3.7	12	12/0	100
25/10/2023	Ceneselli	RO	4.2	138	112/26	81
28/10/2023	Ceneselli	RO	4.2	138	102/36	74
09/02/2024	Calestano	PR	4.1	78	63/15	81
20/02/2024	Calestano	PR	3.8	78	53/25	68
12/06/2024	Costa Romagnola	RN	3.5	127	86/41	68
25/08/2024	Castel del Rio	BO	3.9	129	100/29	78
29/10/2024	Senigallia	AN	3.7	126	99/27	79
15/01/2025	Finale Emilia	MO	3.5	172	144/28	84
03/05/2025	Alto Reno Terme	BO	3.8	189	145/44	77

Tabella 4 Lista delle attivazioni di RETE_VOL.

Table 4 RETE_VOL activations list.

5. Conclusioni

L'introduzione del sistema AUTOMAT rappresenta un miglioramento dell'efficienza e della tempestività del monitoraggio macrosismico nella regione Emilia-Romagna effettuato dalla RETE_VOL. L'automazione dell'analisi delle schede di rilevazione ha permesso di ridurre drasticamente i tempi di elaborazione dei dati e di garantire una valutazione standardizzata del livello di risentimento sismico, pur mantenendo una buona coerenza con le valutazioni manuali effettuate da personale esperto.

L'esperienza maturata con la RETE_VOL, ormai consolidata e distribuita capillarmente sul territorio regionale, ha evidenziato l'importanza del coinvolgimento strutturato dei Volontari di Protezione Civile. Il test comparativo sul terremoto del 18 settembre 2023 ha confermato l'affidabilità dell'algoritmo nel restituire risultati confrontabili con quelli ottenuti attraverso metodi tradizionali. Il sistema integrato di rilevazione, analisi automatica e visualizzazione geografica rappresenta un modello operativo replicabile anche in altri contesti regionali, in grado di potenziare la capacità di risposta immediata a eventi sismici e migliorare la pianificazione degli interventi di emergenza.

Ringraziamenti

I risultati presentati in questo articolo sono dovuti al buon funzionamento della RETE_VOL a cui hanno partecipato e partecipano con positivo e spontaneo coinvolgimento i componenti di tutto il Sistema di volontariato di Protezione Civile. Nello specifico, si ringraziano il Presidente del Comitato Provinciale di Parma, i Presidenti delle Consulte Provinciali di Modena e Bologna e i Presidenti dei Coordinamenti di Piacenza, Reggio Emilia, Forlì-Cesena, Ferrara, Ravenna, Rimini, il sistema del volontario di Protezione Civile della Repubblica di San Marino e tutti i Volontari (attualmente 248 attivi nella RETE_VOL) che a partire dal 2020 hanno compilato circa 2000 schede di monitoraggio.

Si desidera inoltre ringraziare i revisori che hanno contribuito, con le loro osservazioni e suggerimenti, al miglioramento del contenuto di questo articolo.

Bibliografia

- Grünthal, G. (ed.), (1993). European Macroseismic Scale 1992 (up-dated MSK scale). European Seismological Commission, sub commission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe. *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie* 15. Luxembourg.
- Grünthal, G. (ed.), (1998). European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98). European Seismological Commission, sub commission on Engineering Seismology, Working Group Macroseismic Scales. Conseil de l'Europe. *Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie* 15. Luxembourg. <https://doi.org/10.2312/EMS-98.full.en>
- Grünthal, G., Tertulliani, A., Azzaro, R., Buffarini, G. (Eds.) (2019). Scala Macrosismica Europea 1998 = European Macroseismic Scale 1998, (*Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie*, 32), Luxembourg: Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, 97 p. <https://doi.org/10.2312/EMS-98.full.it>
- Michelini, A., Faenza, L., Lanzano, G., Lauciani, V., Jozinovi, D., Puglia, R., and Luzi, L. (2019). The New ShakeMap in Italy: Progress and Advances in the Last 10 Yr. *Seismological Research Letters*. <https://doi.org/10.1785/0220190130>
- Sandron, D., Rebez, A., Mucciarelli, M., Di Bernardo, F., Malisan, P., and Grimaz, S. (2016). Rapid

estimation of the seismic impact through the active contribution of the Civil Protection volunteers. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 57, 183-197. <https://doi.org/10.4430/bgta0175>

Sandron, D., Tufaro, T., Scolobig, A., Di Bernardo, F., Parolai, S., and Rebez, A. (2021). A citizen science approach for supporting rapid earthquake impact assessments. *International Journal of Disaster Risk Reduction*. <https://doi.org/10.1016/j.ijdr.2020.101969>

Risorse aggiuntive

Cancani, A., (1904). Sur l'emploi d'une double échelle sismique des intensités, empirique et absolue. In Rudolph, Emil: Annexe A 10 Comptesrendus des séances de la deuxième conférence sismologique internationale réunie à Strasbourg du 24 au 28 juillet 1903, rédigés par le Secrétaire de la Conférence Prof. Dr. Emil Rudolph, Beiträge zur Geophysik, Ergänzungsband II, Verlag Wilhelm Engelmann Leipzig 1904, 362 pp.

Mercalli, G., (1897). *I terremoti della Liguria e del Piemonte*. Napoli, 146 pp.

Mercalli, G., (1902). Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel. *Boll. Soc. Sism. It.*, vol. VIII, Roma.

Musson, R.M.W., Grünthal, G., Stucchi, M. (2010). The comparison of macroseismic intensity scales. *J. Seismol.*, 14, 413-428, <https://doi.org/10.1007/s10950-009-9172-0>

Sieberg, A. (1930). *Geologie der Erdbeben*. Handboch der Geophysic, 4, 552-554.

Tertulliani, A. (2019). Storia delle scale macrosismiche. Duecento anni di osservazioni degli effetti del terremoto. *Quaderni di Geofisica*, 150, 1-60. <https://doi.org/10.13127/qdg/150>

APPENDICE

Determinazione del Livello di Risentimento – Griglia di Corrispondenze – EVENTO “GIORNO” (06:00-22:00)													
Il terremoto non è stato avvertito / è stato avvertito	Avvertito da: [Avvertito in casa solo ai piani superiori da:]	Avvertito da: [Avvertito in casa anche al piano terra da:]	Avvertito da: [Avvertito all'aperto da:]	Sensazioni e reazioni delle persone: [ha provocato il risveglio di:]	Sensazioni e reazioni delle persone: [ha provocato panico e fuga all'aperto di:]	Effetti percepiti: [su porte/ finestre]	Effetti percepiti: [oscillazione osservata di oggetti sospesi (lampadari, quadri, tende)]	Effetti specifici su oggetti: [Oggetti leggeri (bicchieri, piatti, soprammobili)]	Effetti specifici su oggetti: [arredi, mobili, elettrodomestici]]	Effetti su edifici: [Screpolature e distacco di intonaco]	Effetti su edifici: [Caduta di camini, cornicioni e tegole]	Effetti su edifici: [Crolli parziali]	Effetti su edifici: [Crolli totali]
Non è stato avvertito													
1													
2													
3													
4													
5													
6													
7													
8													
9													

MC – luglio 2025

Determinazione del Livello di Risentimento – Griglia di Corrispondenze – EVENTO “NOTTE” (22:00-06:00)														
Il terremoto è stato avvertito?	Avvertito da: [Avvertito in casa solo ai piani superiori da:]	Avvertito da: [Avvertito in casa anche al piano terra da:]	Avvertito da: [Avvertito in casa solo all'aperto da:]	Sensazioni e reazioni delle persone: [ha provocato il risveglio di:]	Sensazioni e reazioni delle persone: [ha provocato il panico e fuga all'aperto di:]	Effetti percepiti: [su porte/ finestre]	Effetti percepiti: [su oscillazione osservata di oggetti sospesi (lampadari, quadri, tende)]	Effetti specifici su oggetti: [Oggetti leggeri (bicchieri, piatti, soprammobili)]	Effetti specifici su oggetti: [Oggetti pesanti (arredi, mobili, elettrodomestici)]	Effetti su edifici: [Screpolature e distacco di intonaco]	Effetti su edifici: [Caduta di camini, cornicioni e tegole]	Effetti su edifici: [Crolli parziali]	Effetti su edifici: [Crolli totali]	
1	Non è stato avvertito													
2	È stato avvertito (<20%)	nessuno, pochi (<20%)	nessuno	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%)	nessuno	immobili, non osservato	immobili, non osservato	nessuno, non osservato	nessuno, non osservato	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	
3	È stato avvertito (<20%), molti (20-50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%)	nessuno, pochi (<20%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%)	nessuno, pochi (<20%)	immobili, hanno vibrato, non osservato	immobili, oscillazione leggera, non osservato	nessuno, hanno vibrato, non osservato	nessuno, non osservato	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	
4	È stato avvertito (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%)	immobili, hanno vibrato, non osservato	immobili, oscillazione leggera, non osservato	nessuno, hanno vibrato, non osservato	nessuno, hanno vibrato, non osservato	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	
5	È stato avvertito (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (>20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	immobili, hanno vibrato, sbattevano/si aprivano, non osservato	immobili, oscillazione leggera, non forte, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	nessuno	nessuno	nessuno	nessuno	
6	È stato avvertito (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (>20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	immobili, hanno vibrato, sbattevano/si aprivano, non osservato	immobili, oscillazione leggera, non forte, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	pochi (<20%)	nessuno	nessuno	nessuno	
7	È stato avvertito (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (>20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	immobili, hanno vibrato, sbattevano/si aprivano, non osservato	immobili, oscillazione leggera, non forte, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	pochi (<20%), molti (20-50%)	nessuno, pochi (<20%)	nessuno	nessuno	
8	È stato avvertito (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (>20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	immobili, hanno vibrato, sbattevano/si aprivano, non osservato	immobili, oscillazione leggera, non forte, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	pochi (<20%), molti (20-50%)	pochi (<20%), molti (20-50%)	nessuno, pochi (<20%)	nessuno, pochi (<20%)	
9	È stato avvertito (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (>20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	immobili, hanno vibrato, sbattevano/si aprivano, non osservato	immobili, oscillazione leggera, non forte, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	nessuno, hanno vibrato, spostati, non osservato	pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	pochi (<20%), molti (20-50%), la maggior parte (>50%)	nessuno, pochi (<20%)	nessuno, pochi (<20%)	

MC - luglio 2025



QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/qdg/it/index/>

QUADERNI di GEOFISICA è una rivista scientifica che pubblica dati, misurazioni e osservazioni geofisiche (anche preliminari) in italiano e inglese. L'obiettivo è una diffusione rapida e gratuita per la comunità scientifica, garantita da un processo di peer-review e da un Editorial Board multidisciplinare. La rivista è inclusa in "Emerging Sources Citation Index" di Clarivate Analytics e "Open Access Journals" di Scopus, e adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

QUADERNI di GEOFISICA is a scientific journal that publishes geophysical data, measurements and observations, including preliminary results, in Italian and English. Its aim is to ensure rapid and free dissemination to the research community, supported by a peer-review process and by a multidisciplinary Editorial Board. The journal is included in the Emerging Sources Citation Index of Clarivate Analytics and it's included in the Open Access journals of Scopus. It follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.



RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

<https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/rt/it/index>

RAPPORTI TECNICI INGV è una rivista tecnico-scientifica che mette in mostra le numerose attività tecnologiche e di ricerca condotte dai ricercatori e tecnici INGV, e non solo. Pubblicata in italiano e inglese, RAPPORTI TECNICI INGV è ideata per valorizzare anche quei lavori che offrono un contributo significativo dal punto di vista tecnico, operativo o documentale fondamentale per lo sviluppo dell'Ente. La rivista adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

RAPPORTI TECNICI INGV is a technical-scientific journal that showcases the wide range of technological and research activities carried out by INGV researchers and technical staff, as well as by external contributors. Published in Italian and English, RAPPORTI TECNICI INGV is designed to highlight works that provide a significant contribution from a technical, operational, or documentary perspective, and that are essential to INGV development. The journal follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.



MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

<https://collane-editoriali.ingv.it/index.php/mi/it/index>

MISCELLANEA INGV rappresenta una tipologia di editoria non tradizionalmente catalogabile nelle ordinarie riviste scientifiche di settore. Pubblicata in lingua italiana e inglese, MISCELLANEA INGV offre uno spazio per la pubblicazione di materiali eterogenei che, pur non rientrando nei formati più strutturati delle altre Collane editoriali INGV, rivestono un interesse scientifico, tecnico o divulgativo. La rivista adotta il modello Diamond Open Access, che non prevede costi né per gli autori né per i lettori.

MISCELLANEA INGV represents a form of publishing that cannot be classified within the standard scientific journals. Published in Italian and English, MISCELLANEA INGV provides a venue for the publication of heterogeneous materials that are of scientific, technical or outreach interest, even though they do not fall within the more structured formats of the other INGV editorial series. The journal follows the Diamond Open Access model, with no charges for either authors or readers.

Progetto grafico
Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Ufficio Editoriale
Francesca DI STEFANO | Coordinatore

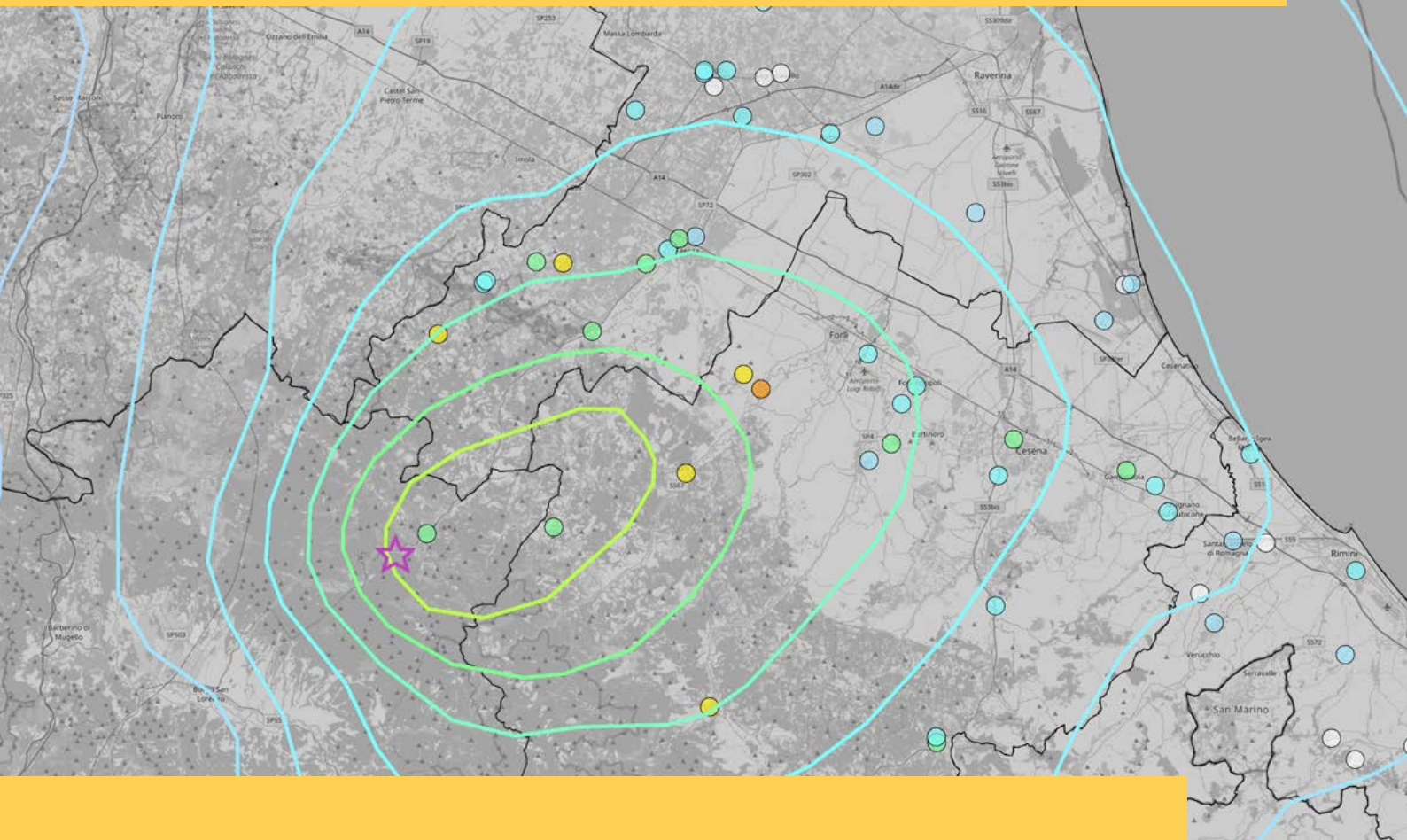
Segreteria di redazione
segreteria.collane-editoriali@ingv.it

Editing | Produzione | Grafica redazionale
Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

© 2026 the Author(s). All rights reserved. Open Access



Creative Commons Attribution 4.0 International



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA