



MISCELLANEA INGV

Le attività di formazione al rilievo
macrosismico del Gruppo Operativo
QUEST (Quick Earthquake
Survey Team) – INGV



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

93

QUEST

Direttore Responsabile

Daniela VERSACE

Editor in Chief

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

Editorial Board

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

Ufficio Editoriale

Francesca DI STEFANO Coordinatore - Segreteria di Redazione

Produzione e grafica-redazionale

Barbara ANGIONI
Massimiliano CASCONI
Francesca DI STEFANO
Patrizia PANTANI

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

© 2014 INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia | Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

MISCELLANEA INGV

Le attività di formazione al rilievo
macrosismico del Gruppo Operativo QUEST
(Quick Earthquake Survey Team) – INGV

*The macroseismic survey training activities of the
QUEST (Quick Earthquake Survey Team) – INGV
Group*

Corrado Castellano*, Laura Graziani, Andrea Tertulliani, Raffaele Azzaro e Tiziana Tuvè

INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

*Corresponding author

Accettato 21 febbraio 2025 | Accepted 21 February 2025

Come citare | How to cite Castellano C., Graziani L., Tertulliani A., Azzaro R. e Tuvè T., (2025). Le attività di formazione al rilievo macrosismico del Gruppo Operativo QUEST (Quick Earthquake Survey Team) – INGV. Misc. INGV, 93: 1-42, <https://doi.org/10.13127/misc/93>

In copertina In copertina Immagine relativa ad un rilievo QUEST in occasione del terremoto del Centro Italia del 2016 | Cover Image related to a QUEST survey conducted during the 2016 Central Italy earthquake

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	8
<i>Introduction</i>	9
1. QUEST: un riferimento per la valutazione macrosismica	10
1.1 Operatività: tecniche e metodi di lavoro	11
2. L'importanza della formazione: essenziale e “obbligatoria”	12
2.1 Sicurezza sul campo: una priorità assoluta	13
2.2 La scelta di aree significative per la formazione: un approccio esperienziale	13
2.3 Perché queste aree sono ideali per la formazione	13
3. Le esercitazioni QUEST: una storia lunga 10 anni	14
3.1 Primo corso di formazione del GO QUEST sul rilievo macrosismico (2014)	14
3.1.1 Descrizione del corso	15
3.2 Corso di addestramento dei tecnici della Regione Lazio (2020)	16
3.2.1 Descrizione del corso	16
3.3 L'esercitazione del GO QUEST nell'area di Amatrice (RI) (2022)	17
3.3.1 Descrizione del corso	17
3.4 L'esercitazione del GO QUEST nella Valle del Belice (Sicilia occidentale) (2023)	18
3.4.1 Descrizione del corso	18
3.5 L'esercitazione del GO QUEST nelle località di Camerino e Muccia (MC) (2024)	18
3.5.1 Descrizione del corso	19
Conclusioni	22
Ringraziamenti	23
Bibliografia	23
Allegato 1 - Compendio di macrosismica	25

Riassunto

Condurre un rilievo macrosismico in zone colpite da un terremoto richiede preparazione e competenze specifiche. Per questo motivo, la formazione continua è fondamentale per chi lavora in questo ambito delicato. Il Gruppo Operativo (GO) QUEST (*QUick Earthquake Survey Team*) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) si dedica da anni alla formazione di nuovo personale, dotandolo delle conoscenze e delle abilità necessarie per gestire efficacemente tali situazioni. I corsi di formazione per il rilievo macrosismico sono essenziali per preparare il personale INGV, ricercatori e tecnici, a condurre indagini accurate e sistematiche dopo un evento sismico. Questi corsi coprono vari aspetti teorici e pratici della sismologia e della gestione delle emergenze sismiche, tenendo conto anche delle norme comportamentali che il personale sul campo deve osservare nelle zone colpite dagli eventi sismici.

Negli ultimi anni QUEST ha scelto di affiancare alla tradizionale preparazione teorica del nuovo personale, anche esercitazioni pratiche in aree colpite da terremoti con cadenza periodica. Queste località offrono ai partecipanti la possibilità di osservare direttamente gli effetti reali dei sismi passati su edifici e infrastrutture, identificare e classificare i danni secondo gli approcci più recenti, e di simulare scenari di emergenza, perfezionando le capacità di risposta e di intervento. Scegliere queste aree per la formazione fornisce un valore aggiunto significativo, offrendo un contesto reale per l'apprendimento. Questa pubblicazione vuole ripercorrere l'ultimo decennio di attività formativa del gruppo QUEST, messa in campo attraverso eventi teorico-pratico che hanno visto la nutrita partecipazione di ricercatori, tecnologi e tecnici.

Abstract

Performing macroseismic surveys in areas that have just been hit by an earthquake requires specific preparation and skills. For this reason, continuous training is essential for those working in these critical areas. The QUEST Group (QUick Earthquake Survey Team) of the Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) has been dedicated for years to training new personnel, providing them with the knowledge and skills necessary to handle these situations effectively and professionally. Macro seismic survey training courses are designed to prepare INGV staff, researchers and technicians, to conduct accurate and systematic surveys following a seismic event. These training programs cover various theoretical and practical aspects of seismology and seismic emergency management, taking also into account recommendations for field personnel to be observed in the areas of intervention. In recent years, QUEST has decided to complement the traditional theoretical training of new personnel with periodic practical exercises in earthquake-affected areas. These locations offer participants the opportunity to directly observe the tangible effects of past earthquakes on buildings and infrastructures, to identify and classify damage using the latest approaches, and to simulate emergency scenarios, thus refining response and intervention capabilities. Choosing these areas for training adds significant value, offering a real context for learning. This publication aims to look back over the last decade of training activities that the QUEST group has put on through theoretical and practical events which have seen the active participation of researchers, technologists and technicians.

Keywords Rilievo Macrosismico; Formazione QUEST; Esercitazioni sul campo | Macro seismic Survey; QUEST Training; Field Exercises

Introduzione

La necessità di esprimere la stima dei valori di intensità macrosismica per le località colpite da terremoti, utile per l'aggiornamento dei cataloghi sismici, e il supporto alle attività di protezione civile, rendono il rilievo macrosismico tuttora imprescindibile per la comunità scientifica. L'intensità macrosismica è infatti uno dei fattori necessari alla conoscenza dei caratteri della sismicità del territorio nazionale e quindi al miglioramento delle stime di pericolosità [Camassi et al., 2009]. I dati raccolti ed utilizzati per la compilazione delle mappe di intensità sono essenziali per la parametrizzazione dei terremoti e il loro inserimento in catalogo. A tal proposito i risultati degli interventi del GO QUEST vengono utilizzati negli aggiornamenti periodici del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani e nel Database Macrosismico Italiano [Rovida et al., 2017, 2020, 2022; Locati et al., 2022].

La sismologia italiana ha sempre vantato una tradizione nello svolgere attività di pronto intervento macrosismico post-terremoto [fra gli altri Bottari et al., 1980; Favali et al., 1980; Molin, 2009; Tertulliani et al., 2019] e, sulla scorta di questa lunga esperienza l'INGV ha reso istituzionale questa attività di servizio, con la creazione nel 2004 del Gruppo Operativo (GO) QUEST. QUEST è un *team* specializzato nella valutazione post-terremoto con il compito di fornire rapidamente un quadro dettagliato degli effetti macrosismici nelle aree colpite da un evento sismico.

Il rilievo macrosismico viene effettuato immediatamente dopo un terremoto con il censimento degli effetti su persone, cose, edifici e ambiente naturale, al fine di valutare l'intensità macrosismica nelle diverse aree colpite.

Negli ultimi vent'anni, il GO QUEST ha svolto rilievi macrosismici in seguito ai terremoti che hanno colpito il territorio italiano. Per maggiori dettagli sulle attività di QUEST, è possibile visitare il sito web: <https://quest.ingv.it/>. Sono state condotte circa 40 campagne macrosismiche, tra cui quelle relative agli eventi disastrosi de L'Aquila nel 2009 (Mw 6.3), della Pianura Emiliana nel 2012 (Mw 6.1) e del Centro Italia nel periodo 2016-2017 (Mw 6.6).

Nel corso del tempo le metodologie del rilievo macrosismico si sono evolute con l'obiettivo di rendere la raccolta dati e la stima delle intensità più affidabile e meno soggettiva, evoluzione questa che ha portato all'adozione in via definitiva della Scala Macrosismica Europea EMS-98 [Grünthal, 1998; Tertulliani et al., 2019; Del Mese et al., 2023].

Operare in aree appena colpite da un terremoto che ha causato danni, rappresenta un'attività complessa e non scevra da rischi. Le strutture edilizie danneggiate, i possibili crolli, e la persistenza dell'attività sismica, richiedono competenze specifiche e una preparazione tecnica adeguata. Dal punto di vista psicologico, il terremoto rappresenta un evento estremamente stressante e traumatico anche per chi opera sul campo. Sebbene i corsi di formazione non hanno incluso, sinora, una preparazione psicologica professionale, gli operatori più esperti condividono la loro esperienza maturata sul campo, aiutando a gestire il carico emotivo e le responsabilità che possono gravare su chi è impegnato nelle attività di rilievo macrosismico.

La formazione continua è quindi essenziale per chiunque debba operare in questi contesti. Il GO QUEST è da anni impegnato nella formazione continua del personale e nel reclutamento di nuove risorse umane, fornendo le conoscenze e le abilità necessarie per affrontare le criticità degli scenari sopra descritti. I corsi di formazione organizzati dal GO QUEST hanno l'obiettivo di addestrare il personale alla valutazione dell'entità del danneggiamento, alla prontezza operativa - ovvero a intervenire rapidamente e in modo efficiente in caso di emergenza sismica - e, infine, al miglioramento delle competenze nell'utilizzo delle ultime tecnologie messe a disposizione di QUEST. Le attività di QUEST sono parte integrante della collaborazione tra l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e il Dipartimento della Protezione Civile (DPC), previste all'interno dell'Accordo Quadro DPC-INGV.

Attraverso corsi teorici e pratici tenuti con cadenze periodiche dal personale più esperto e qualificato, QUEST prepara il proprio *team* ad affrontare le difficoltà del rilievo macrosismico con

professionalità e sicurezza, mantenendo alto lo standard di competenza e promuovendo una cultura della sicurezza che è vitale per l'efficacia delle operazioni e la protezione del personale sul campo. Come "palestra" per le esercitazioni pratiche, negli ultimi anni si è scelto di svolgere esercitazioni in aree che mostrano ancora evidenti i danni subiti da recenti terremoti, consentendo ai partecipanti di: i) osservare gli effetti reali dello scuotimento su edifici e infrastrutture; ii) acquisire gli elementi fondamentali per riuscire a classificare gli edifici secondo le tipologie edilizie e la loro vulnerabilità sismica; iii) imparare a identificare e classificare i danni; iv) simulare scenari di emergenza, affinando la capacità di reazione e intervento; v) costruire uno spirito di gruppo, essenziale durante le reali emergenze, sia per favorire un coordinamento rapido ed efficace, sia per affrontare i problemi logistici di un rilievo sul campo.

La scelta di tali siti di esercitazione rappresenta quindi un valore aggiunto nella formazione, offrendo un contesto reale e tangibile per l'apprendimento.

In questo lavoro si illustrano le attività formative di QUEST rivolte al personale dell'INGV e anche a personale esterno, descrivendo nel dettaglio le più recenti tra queste.

Introduction

The need to estimate macroseismic intensity values for locations affected by earthquakes, which is useful for updating seismic catalogs, and support for civil defense activities, makes macroseismic surveying still indispensable for the scientific community. Macroseismic intensity is one of the key parameters for understanding the characteristics of seismicity in the national territory and thus for improving hazard estimates. The data collected and used for the compilation of intensity maps are essential for earthquake parameterization and their inclusion in the catalogs. In this regard, the reports and papers of the GO QUEST are periodically included and contextualised in the periodic updates of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes and in the Italian Macroseismic Database [Rovida et al., 2017, 2020, 2022; Locati et al., 2022].

Italian seismology has always maintained a tradition in conducting macroseismic activities [among others Bottari et al., 1980; Favali et al., 1980; Molin, 2009; Tertulliani et al., 2019], and in 2004, the INGV formalized this service by creating the emergency group QUEST (QUick Earthquake Survey Team). The QUEST group activity consists in the macroseismic survey, that is the collection of observations on the effects of an earthquake on people, objects, buildings, and the natural environment. This type of survey is conducted immediately after an earthquake to assess the extent of the damage and gather information necessary for estimating the macroseismic intensity. Over the past twenty years, the GO QUEST has conducted macrosismic surveys following earthquakes that affected the Italian territory. For more details on QUEST's activities, please visit the website: <https://quest.ingv.it/>. Approximately 40 macroseismic campaigns have been carried out, including those related to the devastating events in L'Aquila in 2009 (Mw 6.3), the Emilia Plain in 2012 (Mw 6.1), and Central Italy during the 2016-2017 period (Mw 6.6). Over time, macroseismic survey methodologies have evolved with the aim of making data collection and intensity estimation more reliable and less subjective. This evolution has led to the definitive adoption of the European Macroseismic Scale EMS-98 [Grünthal, 1998, Tertulliani et al., 2019; Del Mese et al., 2023]. Working in areas recently hit by a damaging earthquake is a complex activity, not without risks. Damaged buildings, potential collapses, and ongoing seismic activity require specific skills and impeccable preparation. Continuous training is therefore essential for anyone operating in these environments. For years, the QUEST group has been committed to the continuous training of its personnel and the recruitment of new resources, providing them with the knowledge and skills needed to address the critical challenges of the aforementioned scenarios. The goal of the training courses organized by QUEST is to teach how to assess macroseismic intensity, the operational readiness preparing personnel to respond quickly and efficiently in the event of a seismic emergency and to enhance the professional

skills of participants with the latest approaches available to the QUEST group. QUEST's activities are an integral part of the collaboration between INGV and Civil Protection, outlined within the Agreement established between the two organizations.

Through theoretical and practical courses held periodically by the most experienced and qualified personnel, QUEST prepares its team to face the challenges of macroseismic surveys with professionalism and safety, maintaining a high standard of competence and promoting a culture of safety that is vital for the effectiveness of operations and the protection of personnel in the field.

As a "training ground" for practical exercises, in recent years, it has been decided to conduct drills in areas still showing visible damage from recent earthquakes. This allows participants to: i) observe the real effects of shaking on buildings and infrastructures; ii) acquire fundamental elements for classifying buildings according to construction types and their seismic vulnerability; iii) learn to identify and classify damage; iv) simulate emergency scenarios, refining reaction and intervention skills; v) build team cohesion, essential during real emergencies.

The choice of these training sites therefore adds value to the training process, offering a real and tangible context for learning.

This work illustrates the training activities of QUEST aimed at INGV personnel and external participants, describing in detail the most recent among them.

1. QUEST: un riferimento per la valutazione macrosismica

Le attività di QUEST sono inserite nell'ambito del capitolo riguardante la preparazione e gestione delle attività in emergenza all'interno dell'Accordo Quadro DPC-INGV, che disciplina i rapporti tra Dipartimento della Protezione Civile e l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (qui si riporta quello vigente https://istituto.ingv.it/images/Accordi-dpc/Accordo-Quadro-DPC-INGV_2022-2025.pdf). L'Accordo Quadro DPC-INGV, che ha durata quadriennale, stabilisce i compiti e le competenze assegnate all'INGV per lo studio e la sorveglianza dei fenomeni geofisici in Italia e nell'area mediterranea, con lo scopo di garantire la salvaguardia della vita umana e dei beni sul territorio nazionale. In particolare l'attività di QUEST sul campo è finalizzata a fornire dati utili agli interventi del Dipartimento della Protezione Civile e alla comunità scientifica, coniugando la rapidità di intervento con il rigore scientifico nella raccolta dei dati stessi. Il team (Figura 1) è composto da personale INGV, coadiuvato anche da esperti di altre agenzie e enti (per esempio l'Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Sostenibile (ENEA), con la quale esiste un rapporto strutturato da anni) ed esegue rilievi macrosismici sul campo secondo procedure consolidate al fine di assegnare l'intensità macrosismica alle località site nell'area danneggiata.

Figura 1 Componenti del GO QUEST durante l'esercitazione del maggio 2024.



1.1 Operatività: tecniche e metodi di lavoro

L'obiettivo di un rilievo macrosismico è stimare il grado dell'intensità macrosismica nelle località colpite da un terremoto. Strumento principale è la scala d'intensità EMS-98, già sperimentata dagli anni '90 [Stucchi (ed.), 1997; Azzaro e Barbano, 1995; Tertulliani, 1995; Azzaro et al., 2003] e poi utilizzata con continuità dal GO QUEST a partire dal terremoto dell'Aquila del 2009 [Azzaro et al., 2011; Tertulliani et al., 2011].

La scala, oltre agli effetti transitori dei terremoti (risentimento delle persone ed effetti sugli oggetti), classifica gli edifici residenziali in 6 classi di vulnerabilità (A-F, dalla più alla meno vulnerabile) e valuta la distribuzione dei danni in cinque classi (D1-D5: danno trascurabile, moderato, da sostanziale a grave, molto grave e distruzione totale), adottando valutazioni qualitative per valutare la frequenza degli edifici con diversi gradi di danno [Tertulliani et al., 2019]. Questi sono i dati essenziali da raccogliere in occasione di un rilievo post-terremoto. A seconda del contesto in cui si opera, il rilievo potrà avvenire con modalità diverse (Figure 2 e 3).



Figura 2 Scenari del rilievo macrosismico.



Figura 3 Scenari del rilievo macrosismico.

In condizioni ottimali (caratterizzate da accessibilità dei luoghi e dimensione delle località compatibile con le risorse disponibili), il rilievo viene effettuato “edificio per edificio”, ovvero assegnando ad ogni edificio una classe di vulnerabilità e un grado di danno (comprendendo anche il grado 0 di “non danno”). Mediante l'applicativo QUEST-DATA [Arcoraci et al., 2020], strumento GIS configurato per la raccolta dati sul campo, ogni edificio viene georeferenziato. La raccolta delle informazioni avviene in ambiente GIS attraverso mappe satellitari ad alta definizione, su cui è possibile identificare l'edificio di interesse. L'inserimento dei dati – classe di vulnerabilità e grado di danno di ogni singolo edificio, oltre a eventuali fotografie e note – avviene

in tempo reale, quando possibile, in modo da poter seguire contemporaneamente il lavoro delle diverse squadre presenti sul campo. La gestione informatizzata dei dati così raccolti consente anche analisi statistiche speditive che permettono un continuo affinamento del rilievo, nonché una stima preliminare dell'intensità macrosismica con la scala EMS-98 in tempi molto veloci.

Quando, invece, le condizioni non lo consentono, si procede – almeno in prima battuta – a una raccolta dati più speditiva secondo procedure consolidate che garantiscono comunque la qualità del dato raccolto. In questi casi, cioè in presenza di località troppo estese o siti non accessibili, si può operare in maniera statistica su campioni significativi, rinunciando alla georeferenziazione dei singoli edifici. La disponibilità di personale sul campo e le condizioni ambientali sono altri fattori che influiscono nella scelta delle modalità di rilievo da svolgere.

Tutti i dati vengono registrati dagli operatori sul campo in apposite schede messe a punto nel corso degli anni. Le schede consentono di annotare sia gli effetti transitori, elencando una serie di diagnostici tipici dei diversi gradi di intensità, sia la classe di vulnerabilità e il grado di danneggiamento di ogni singolo edificio censito. Al termine del rilievo il dato raccolto è elaborato per consentire l'assegnazione dell'intensità macrosismica al sito e la rappresentazione del campo di intensità del terremoto oggetto del rilievo. Tutto il lavoro sul campo viene effettuato rispettando le norme di sicurezza previste dalla normativa vigente.

2. L'importanza della formazione: essenziale e “obbligatoria”

Gli elementi appena illustrati costituiscono l'oggetto della formazione del personale che aderisce al GO QUEST. La formazione è obbligatoria per garantire che tutti i partecipanti siano adeguatamente preparati a gestire le emergenze sismiche e comprendano le tecniche e le procedure di rilievo macrosismico. I corsi di formazione del GO QUEST offrono una conoscenza di base su come condurre un rilievo, fornendo strumenti essenziali per la valutazione e la comprensione degli effetti di un terremoto. Questo percorso formativo è aperto al personale INGV che desideri unirsi alle squadre di QUEST per affrontare future emergenze sismiche. Il GO QUEST fornisce anche corsi di addestramento al rilievo macrosismico a soggetti esterni, quali Agenzie regionali o altri enti pubblici, che potrebbero essere chiamati ad intervenire in caso di evento sismico. Gli obiettivi della formazione si possono di seguito riassumere:

1. Rapidità e robustezza scientifica: un rilievo macrosismico accurato è fondamentale per delineare rapidamente l'area di maggior danno, senza essere di ostacolo agli interventi di emergenza, e per fornire dati utili alle successive elaborazioni scientifiche.
2. Gestione del rischio: l'intervento in aree terremotate espone i rilevatori a pericoli costanti, tra cui il rischio di nuove scosse con ulteriori crolli. La formazione prepara il personale a identificare e mitigare questi rischi.
3. Preparazione all'impatto psicologico: operare in contesti di emergenza può essere emotivamente gravoso a causa delle condizioni di estrema difficoltà logistica e psicologica in cui si trovano gli abitanti delle località colpite, e con le quali spesso capita di interagire. La formazione fornisce degli elementi utili per preparare gli operatori ad affrontare eventuali situazioni di difficile gestione.

Attraverso corsi teorici e pratici, QUEST prepara i suoi componenti ad affrontare le sfide del rilievo macrosismico con professionalità e sicurezza, mantenendo alto lo standard di competenza e promuovendo una cultura della sicurezza che è vitale per l'efficacia delle operazioni e per la protezione del personale sul campo. L'impegno del GO QUEST alla formazione garantisce che i nuovi rilevatori possano contribuire efficacemente alle operazioni di emergenza, rispondendo con prontezza e precisione alle esigenze delle comunità colpite dai terremoti.

2.1 Sicurezza sul campo: una priorità assoluta

Uno degli aspetti maggiormente affrontati nelle attività di formazione è quello relativo alla sicurezza. Durante le operazioni di rilievo macrosismico, la sicurezza degli operatori è un elemento imprescindibile. Il contesto critico, spesso caratterizzato dal rischio di caduta di elementi edilizi per possibili ulteriori scosse sismiche, impone l'adozione di rigorose misure di salvaguardia. Tra queste:

1. Equipaggiamento adeguato: uso di caschi di protezione, abbigliamento istituzionale ad alta visibilità e altri dispositivi di protezione individuale.
2. Riduzione della permanenza: minimizzare il tempo trascorso nelle zone pericolose per ridurre il rischio.
3. Divieto di accesso agli edifici: evitare l'ingresso in strutture compromesse per prevenire incidenti.
4. Zone ad accesso limitato (zone rosse): nelle zone rosse il tempo di permanenza è ulteriormente ridotto e limitato alla raccolta del dato. Ci si muove spesso accompagnati da personale specializzato (Vigili del Fuoco, Soccorso Alpino ecc.), in piccoli gruppi e sempre in reciproco contatto visivo.

2.2 La scelta di aree significative per la formazione: un approccio esperienziale

Negli ultimi anni, in seguito a diversi terremoti distruttivi avvenuti in Italia, QUEST ha sviluppato un metodo di formazione che si basa sull'apprendimento diretto in zone colpite da terremoti in tempi recenti. Questo approccio esperienziale, affiancato a una solida preparazione teorica, risulta essenziale per acquisire una operatività efficace.

La scelta delle aree per la formazione deve considerare vari fattori:

1. **Storia sismica:** aree con una documentata attività sismica, possibilmente recente, forniscono esempi concreti del tipo di danni e degli effetti ambientali che possono verificarsi.
2. **Accessibilità:** le aree devono essere facilmente accessibili per consentire le esercitazioni.
3. **Varietà di scenari:** è preferibile selezionare aree con diverse caratteristiche urbanistiche per simulare una gamma più ampia di situazioni.
4. **Supporto locale:** la collaborazione con le autorità locali facilita l'organizzazione delle esercitazioni e l'attività di formazione.

2.3 Perché queste aree sono ideali per la formazione

1. **Quadro generale degli effetti:** studiare siti che hanno subito terremoti recenti permette ai partecipanti di osservare direttamente gli effetti che il terremoto produce sui diversi tipi di edifici e infrastrutture. Questa esperienza diretta facilita una comprensione più approfondita dell'entità e della tipologia dei danni che un sisma può causare, nonché la pratica nel riconoscimento delle diverse tipologie edilizie, andando oltre la teoria e le simulazioni. Inoltre, consente di osservare anche gli effetti ambientali, fornendo così un quadro complessivo dell'impatto del terremoto.
2. **Conoscenza storica e moderne interpretazioni:** l'osservazione dei segni dei terremoti passati consente di comprendere meglio le dinamiche sismiche nel tempo e le strategie di risposta adottate in epoche diverse. Il confronto tra patrimoni edilizi colpiti da terremoti in epoche diverse può rivelare l'evoluzione delle tecniche di costruzione come risposta all'evento naturale, fornendo elementi di valutazione utili per futuri rilievi.

3. **Preparazione prima dell'emergenza:** addestrare il personale in contesti già danneggiati evita la necessità di fare esperienza sul campo solo durante le emergenze reali, quando il tempo a disposizione è limitato e la tensione è maggiore. Questo approccio si propone di garantire preventivamente che gli operatori siano preparati al verificarsi di un nuovo evento sismico.
4. **Sviluppo delle competenze di valutazione:** visitare e studiare aree che mostrano i segni di terremoti passati consente di sviluppare e affinare le capacità di osservazione e valutazione in un ambiente controllato, migliorando l'accuratezza e l'efficacia dei rilievi macrosismici condotti in situazioni reali.

3. Le esercitazioni QUEST: una storia lunga 10 anni

Il terremoto del 6 aprile 2009 nell'aquilano ha segnato un punto di svolta nell'approccio alla valutazione macrosismica: la vastità dell'area danneggiata e la necessità di fronteggiare uno scenario di intervento reso complesso da cambiamenti ripetuti e sostanziali, ha messo QUEST di fronte ad una sfida impegnativa. Per la prima volta dopo anni [Camassi et al., 2008], si è avvertita l'urgenza di investire risorse significative, sia umane che tecniche, per raccogliere dati sempre più dettagliati sugli effetti del sisma su edifici e persone, coinvolgendo nel lavoro di rilevamento circa 50 unità di personale tra INGV, DPC, ENEA, CNR (Consiglio Nazionale delle Ricerche), ARSO (Agencija Republike Slovenije za okolje) e varie Università. Questa tragica occasione ha permesso di sperimentare sul campo l'impiego sistematico della scala macrosismica EMS-98 [Azzaro et al., 2011; Tertulliani et al., 2011] che, rispetto alla scala MCS, presentava una maggiore complessità proprio a causa del numero più ampio di dati che mirava a raccogliere, mettendo in luce al tempo stesso le difficoltà della sua applicazione.

Il rilievo ha interessato complessivamente 316 località, evidenziando le difficoltà in termini di risorse disponibili sul campo e di preparazione specifica per la raccolta dei dati.

Da quel momento è emersa la consapevolezza della necessità di ampliare il GO QUEST con nuove competenze, come l'uso della scala EMS-98, e di migliorare la formazione teorico-pratica di tutti i partecipanti alle attività, specialmente in un contesto delicato come quello del post-sisma.

Per rispondere a queste necessità il GO QUEST ha redatto delle linee guida volte alla preparazione, sia teorica che pratica, del personale interessato al rilievo macrosismico. La parte teorica è mirata a illustrare i fondamenti della macrosismologia e, in particolare, i concetti base dell'uso delle scale macrosismiche e della valutazione dell'intensità. A completamento della parte teorica viene fornito un compendio riassuntivo (vedi Allegato 1).

La parte pratica prevede la simulazione di un rilievo in zone danneggiate da terremoti, con raccolta di dati reali effettuata da squadre sul campo costituite da personale in formazione - e quindi non esperto - accompagnato da personale docente.

Di seguito si presenta nel dettaglio questo percorso di formazione che ha accompagnato le attività di QUEST negli ultimi dieci anni.

3.1 Primo corso di formazione del GO QUEST sul rilievo macrosismico (2014)

Periodo: maggio-giugno 2014

Partecipanti: 51

Percorso formativo: 5 lezioni frontali e 2 giornate di esercitazione pratica

Obiettivo: Reclutamento di personale INGV per il GO QUEST e aggiornamento del personale già coinvolto nel GO della sede di Roma. Corso teorico-pratico di formazione e reclutamento per il gruppo QUEST

3.1.1 Descrizione del corso

Trascorsi pochi anni dal terribile terremoto dell'Aquilano si è deciso di organizzare il primo corso di formazione sul rilievo macrosismico. Gli obiettivi del corso erano diversi: reclutare nuovo personale che fosse disponibile a partecipare a campagne di rilievo macrosismico in occasione di forti eventi sismici sul territorio nazionale; aggiornare le conoscenze teorico-pratiche del personale meno esperto che già faceva parte del GO QUEST; trasferire conoscenze ed esperienze teorico-pratiche che il terremoto aquilano del 2009 aveva permesso di acquisire sul campo.

Il corso, pertanto, si proponeva di offrire una conoscenza di base delle attività che si svolgono durante un rilievo macrosismico, di fornire ai partecipanti gli strumenti di comprensione e di valutazione utili sia per una eventuale partecipazione alle campagne, sia per un ampliamento del proprio percorso di formazione. Il corso, a numero chiuso e riservato a dipendenti della Sede INGV di Roma, era rivolto a chi per lavoro doveva confrontarsi con le emergenze sismiche, a chi - per interesse personale - intendeva approfondire i temi legati alla valutazione dell'intensità di un terremoto e, non ultimo, a chi volesse unirsi alle squadre di QUEST per le future emergenze. Il corso di formazione richiedeva ai partecipanti impegno costante nella frequenza - una lezione di 1:30 ore a settimana per circa un mese, con esercitazione finale sul terreno. Di seguito alcune immagini relative all'esercitazione del giugno 2014 presso la località di Paganica (AQ) (Figura 4).



Figura 4 Alcuni momenti dell'esercitazione effettuata in occasione del primo corso di formazione sul rilievo macrosismico organizzato dal GO QUEST di Roma nel giugno 2014 presso la località di Paganica (AQ).

3.2 Corso di addestramento dei tecnici della Regione Lazio (2020)

Data: 14,17 e 29 settembre 2020

Partecipanti: 18

Percorso formativo: due giornate di lezione frontale e una esercitazione pratica

Obiettivo: Formazione del personale della Regione Lazio da coinvolgere in occasione di eventi sismici regionali

3.2.1 Descrizione del corso

Nell'ambito delle attività previste dall'Accordo Quadro tra l'Agenzia di Protezione Civile della Regione Lazio e l'INGV del 19 novembre 2018, è stato organizzato un corso di addestramento destinato ai tecnici della Regione che fanno parte del Nucleo di Valutazione Regionale (NVR). L'accordo quadro, di durata triennale, ha come obiettivo il miglioramento delle capacità operative tecniche dell'Agenzia al fine di salvaguardare la sicurezza dei cittadini attraverso l'attuazione di interventi, attività e misure organizzative relativamente al rischio sismico e vulcanico. In quest'ambito è stato pianificato un corso con l'obiettivo di formare i tecnici nell'esecuzione del rilievo macrosismico e del rilievo speditivo del danno in caso di emergenza. Il corso si è svolto a settembre 2020 e si è articolato in due giornate di lezione frontale e una di esercitazione sul campo.

Durante la prima giornata, i partecipanti hanno approfondito i concetti base di macrosismica e della sismicità del Lazio. Sono stati illustrati gli utilizzi delle scale macrosismiche MCS e EMS-98, con un focus sull'assegnazione delle classi di vulnerabilità e dei gradi di danno agli edifici colpiti da sisma. La seconda giornata è stata dedicata alle tecniche di rilievo per la raccolta dati sul campo, incluso l'utilizzo dell'applicativo QUEST-DATA [Arcoraci et al., 2020] impiegato dal GO QUEST durante le campagne di rilievo. Sono state, inoltre, presentate le linee-guida per l'assegnazione dell'intensità nei rilievi e discusse varie criticità operative. Nel pomeriggio, è stata condotta una breve esercitazione teorica con valutazione di classi di vulnerabilità e gradi di danno basata su esempi noti. L'esercitazione sul campo ha coinvolto docenti e partecipanti divisi in tre squadre. Il rilievo è stato condotto in tre frazioni del comune reatino di Amatrice (Torrita, Collegentile e Santa Giusta), dove erano ancora visibili i danni causati dalla sequenza sismica del 2016. Le tre frazioni erano state pesantemente danneggiate quattro anni prima (Figura 5), con una intensità assegnata rispettivamente di 9, 7 e 8 EMS-98. L'attività ha permesso di sperimentare la logistica del rilievo e l'applicazione pratica della scala EMS-98 per l'assegnazione dell'intensità.



Figura 5 Immagini del corso di addestramento sul rilievo macrosismico organizzato dal GO QUEST per i tecnici della Regione Lazio.

Ai partecipanti e all'Agenzia Regionale sono stati forniti i materiali di supporto per il corso e le presentazioni utilizzate.

3.3 L'esercitazione del GO QUEST nell'area di Amatrice (RI) (2022)

Data: 25 ottobre 2022

Partecipanti: 18

Percorso formativo: 1 giornata di esercitazione pratica

Obiettivo: Aggiornamento del personale INGV QUEST appartenente alle diverse sezioni dell'INGV

3.3.1 Descrizione del corso

Il 25 ottobre 2022 si è svolta, in alcune frazioni di Amatrice (Santa Giusta, Collegentile e Pasciano), una esercitazione che ha coinvolto 18 afferenti al GO QUEST provenienti dalle Sezioni INGV di Roma, Bologna, Milano e Pisa, nella quale è stato simulato un rilievo post-evento. L'esercitazione, rivolta a personale già formato, aveva lo scopo di approfondire le tematiche del riconoscimento delle tipologie edilizie e dei livelli di danno, nonché di fare pratica sul terreno dell'uso della raccolta dati tramite l'applicativo QUEST-DATA [Arcoraci et al., 2020]. Il personale, diviso in squadre, ha effettuato un rilievo macrosismico nelle tre località che ancora presentavano ben visibili gli effetti della sequenza del 2016 (Figura 6). Nel corso del rilievo sono state osservate e catalogate le varie tipologie edilizie, valutandone l'ipotetica vulnerabilità e raccogliendo i dati sui danni con le procedure standard, fino all'assegnazione del grado di intensità EMS-98 per ciascuna località.



Figura 6 Immagini dell'esercitazione del GO QUEST del 25 ottobre 2022 svolta nell'area di Amatrice (RI).

3.4 L'esercitazione del GO QUEST nella Valle del Belice (Sicilia occidentale) (2023)

Data: 23-25 maggio 2023

Partecipanti: 27

Metodo: esercitazione sul terreno

Percorso formativo: 3 giornate di esercitazione pratica

Obiettivo: Aggiornamento del personale INGV di QUEST (diverse sezioni INGV)

3.4.1 Descrizione del corso

Dal 23 al 25 maggio 2023, si è tenuta l'esercitazione del GO QUEST in Valle del Belice, l'area della Sicilia occidentale compresa tra le province di Palermo, Trapani e Agrigento interessata dalla devastante sequenza sismica del gennaio 1968. La scelta di quest'area non è stata solo simbolica – la visita di una “città fantasma” come Poggioreale [Azzaro et al., 2020] è a forte impatto emotivo – ma ha riguardato un luogo ideale dove consolidare e verificare le procedure operative del GO. Nell'area, infatti, sono ancora chiari i segni tangibili dei danni provocati da quei terremoti, con varie situazioni che consentono di osservare la tipologia degli edifici e le loro caratteristiche strutturali, ipotizzarne la vulnerabilità e il possibile grado di danno (Figura 7).

L'esercitazione ha interessato diversi centri della Valle del Belice, dalle località abbandonate di Gibellina, Montevago, Poggioreale e Salaparuta, a quelle ricostruite nello stesso sito, ma ormai largamente modificate nel loro aspetto urbanistico (Partanna, Salemi, S. Margherita, S. Ninfa). La “simulazione di intervento post-sisma” – preceduta da un *briefing* preparatorio sulla sismicità dell'area e sulle caratteristiche territoriali – ha visto partecipare 27 unità di personale INGV appartenenti a diverse Sezioni dell'ente (Bologna, Catania, Pisa, Roma e Milano) suddivise in squadre composte secondo le diverse competenze e all'esperienza dei componenti, che hanno operato seguendo sia il protocollo tecnico-scientifico che quello di sicurezza. L'esercitazione ha rappresentato, inoltre, un importante momento di condivisione delle proprie conoscenze ed esperienze sul campo da parte del personale più esperto, a beneficio dei colleghi entrati recentemente a far parte di questo Gruppo Operativo INGV.

Le squadre hanno simulato il rilievo macrosismico post-terremoto per la valutazione dell'intensità macrosismica attraverso la scala EMS-98. Il punto di partenza dell'esercitazione è stato l'osservazione, nei centri visitati, dell'entità del danneggiamento rispetto alle tipologie edilizie presenti, di cui si è valutata in modo semplificato la vulnerabilità; anche in questa occasione è stata utilizzata una versione ulteriormente perfezionata dell'applicativo QUEST-DATA [Arcoraci et al., 2020].



Figura 7 Immagini dell'esercitazione del GO QUEST nella Valle del Belice (Sicilia occidentale) del 23-25 maggio 2023.

3.5 L'esercitazione del GO QUEST nelle località di Camerino e Muccia (MC) (2024)

Data: 14-16 maggio 2024

Partecipanti: 52

Percorso formativo: 1 lezione frontale e 2 giornate di esercitazione pratica

Obiettivo: Formazione e aggiornamento del personale INGV di QUEST, di ENEA, UNICAM e Consorzio RED I

3.5.1 Descrizione del corso

L'ultima esercitazione in ordine di tempo si è tenuta a Camerino e Muccia in provincia di Macerata, dal 14 al 16 maggio 2024.

L'INGV è una presenza importante sul territorio marchigiano avendo una sua Sede storica ubicata ad Ancona, all'interno del Centro Funzionale Multiservizi del Dipartimento per le Politiche Integrate di Protezione Civile e Polizia Locale della Regione Marche. Recentemente, è stata inaugurata un'altra Sede INGV presso l'Università degli Studi di Camerino (UNICAM). Inoltre l'INGV, insieme a UNICAM, INFN (Istituto Nazionale di Fisica Nucleare) e GSSI (Gran Sasso Science Institute) è componente del Consorzio REDI (*REducing risks of natural Disasters*), un Centro di Ricerca la cui missione è di contribuire allo sviluppo di ricerche interdisciplinari per migliorare la preparazione e la risposta ai disastri da parte delle comunità.

In questo contesto istituzionale, la provincia di Macerata, gravemente colpita dal sisma del 2016, si configurava come contesto ideale per lo svolgimento dell'esercitazione che ha visto la partecipazione di circa 50 persone.

Oltre agli afferenti più esperti del GO QUEST, per i quali l'esercitazione rappresentava al tempo stesso una tappa del percorso formativo "*life long learning*" e un'occasione per trasmettere l'esperienza acquisita sul campo negli ultimi due decenni, hanno partecipato diverse persone che per la prima volta si sono affacciate alle attività pratiche di macrosismica. Oltre al personale QUEST (esperto e neofita) si è aggiunto personale esperto dell'ENEA e ricercatori, assegnisti e dottorandi dell'UNICAM e del Consorzio REDI.

L'esercitazione si è svolta in tre giornate. Il primo giorno personale esperto di QUEST ha tenuto un seminario (Figura 8), propedeutico soprattutto per i nuovi partecipanti. Come da prassi, nell'incontro sono stati affrontati i temi principali che riguardano la macrosismologia, accompagnati da un focus specifico sulla sequenza del 2016. Durante l'incontro si è dato spazio a un momento di confronto che ha consentito di approfondire gli argomenti di maggiore interesse.



Figura 8 Immagini della prima giornata dell'esercitazione del GO QUEST presso l'Università di Camerino del giorno 14 maggio 2024.

La seconda giornata è consistita nell'esercitazione sul campo nel centro storico di Camerino. Qui la conformazione e l'estensione dell'abitato, nonché la presenza di edifici storici ancora danneggiati (Figura 9), hanno permesso di simulare le attività con la suddivisione in squadre per il rilievo di porzioni diverse della città.

L'attività ha interessato anche alcune aree di recente espansione dove è stato possibile esaminare il comportamento di diversi edifici in cemento armato, seriamente danneggiati e non ancora riparati.

Nella terza e conclusiva giornata, l'esercitazione si è spostata a Muccia (Figura 9), dove il personale meno esperto ha sperimentato in autonomia la pratica del rilievo macrosismico, fino all'assegnazione dell'intensità sulla base dei dati raccolti.



Figura 9 Immagini della seconda giornata dell'esercitazione del GO QUEST presso la località di Camerino del giorno 15 maggio 2024.

I giorni successivi all'esercitazione è stato proposto ai partecipanti un questionario di gradimento riguardante le attività svolte durante le tre giornate, allo scopo di avere un *feedback* sull'efficacia dell'esercitazione e introdurre eventuali correttivi per le prossime iniziative. Di seguito una breve analisi delle risposte ottenute.

1. Aspetti più apprezzati: la combinazione di lezioni teoriche e attività pratiche è stata considerata funzionale e ben organizzata; apprezzata la divisione in gruppi durante le esercitazioni, che ha permesso un'esperienza più gestibile; le esercitazioni pratiche sul campo sono state considerate fondamentali per comprendere i meccanismi di valutazione macrosismica.
2. Aspetti meno apprezzati: la presenza di pause non produttive è stata notata, in particolare a causa del numero elevato di partecipanti; si è inoltre notato che la suddivisione in gruppi più piccoli avrebbe migliorato l'efficacia della formazione.
3. Suggerimenti per migliorare: dividere i partecipanti in gruppi di 2-3 persone per simulare meglio le condizioni di lavoro in emergenza; prevedere l'organizzazione di un debriefing post-esercitazione più strutturato per condividere le esperienze; fornire materiali (come scale macrosismiche) con maggiore anticipo e promuovere una loro memorizzazione; proporre scenari più avanzati, con compiti definiti anche per chi non partecipa al rilievo sul campo.



Figura 10 Immagini della terza giornata dell'esercitazione del GO QUEST presso la località di Muccia (MC) del giorno 16 maggio 2024.

4. Conclusioni

Il GO QUEST, insieme agli altri Gruppi Operativi dell'INGV (SISMIKO, EMERGEO, EMERSITO, IES), interviene direttamente sul campo in occasione di forti terremoti, costituendo un avamposto operativo dell'Istituto. Negli anni, la presenza di QUEST sul territorio in occasione di eventi sismici ha assunto un ruolo sempre più visibile e, contemporaneamente, è aumentata la responsabilità legata all'efficacia e alla qualità degli interventi. Questo ha portato a un incremento delle aspettative da parte della comunità scientifica, del Dipartimento della Protezione Civile e della società in generale, spingendo il GO a un costante aggiornamento metodologico per rispondere in modo sempre più efficace alle sfide emergenti.

Le esperienze degli ultimi decenni di attività in emergenza sismica dedicate al rilievo macrosismico, hanno mostrato la necessità di destinare maggiori risorse, sia umane che tecniche, a questa disciplina della sismologia. Tale necessità non può tuttavia prescindere da una costante e adeguata formazione scientifica e professionale del personale che nel tempo si è avvicinato alla pratica macrosismica.

La formazione costante e le esercitazioni pratiche rappresentano i pilastri fondamentali delle attività di QUEST. Queste assicurano che il gruppo sia sempre pronto a intervenire con competenza e sicurezza durante le emergenze sismiche. Le attività preparatorie condivise sul campo favoriscono la produzione di risultati affidabili e uniformi, grazie all'analisi e al confronto diretto delle osservazioni raccolte, minimizzando così le interpretazioni soggettive. Attraverso un impegno continuo nella formazione e nella gestione del rischio, QUEST punta a formare squadre di rilevatori altamente motivate ed efficienti, diventando un punto di riferimento per la valutazione macrosismica degli effetti dei terremoti, a supporto delle operazioni della Protezione Civile.

Sul sito istituzionale dell'INGV, alla pagina <https://quest.ingv.it/>, sono disponibili report, pubblicazioni, dati e altro materiale consultabile relativo a tutte le campagne di rilievo macrosismico condotte dal GO QUEST dal 2000 a oggi.

Ringraziamenti

Un sincero ringraziamento a tutti i colleghi che, nel corso degli anni, hanno messo a disposizione la loro competenza e professionalità per i corsi organizzati da QUEST descritti nel presente lavoro. In particolare vogliamo ringraziare: Luca Arcoraci, Giacomo Buffarini, Sergio Del Mese, Salvatore D'Amico, Antonio Fodarella, Alessandra Maramai, Antonio Rossi, Maurizio Vecchi.

Esprimiamo profonda gratitudine a tutti i colleghi che, dall'inizio di questa avventura, hanno contribuito alla creazione e crescita del GO QUEST e al personale che ha partecipato con impegno e dedizione ai rilievi macrosismici. Il loro contributo, caratterizzato da competenza, professionalità e passione, ha reso possibile la raccolta di dati preziosi e ha permesso di ampliare la conoscenza della sismicità del territorio italiano.

Lo spirito di gruppo, che caratterizza il *team* di QUEST, ha reso possibile affrontare le situazioni più complesse e impegnative dei rilievi macrosismici, grazie al contributo e alla collaborazione di tutti i membri della squadra.

Bibliografia

- Arcoraci L., Rossi A., Tertulliani A., (2020). *QUEST-DATA, raccolta digitale sul campo del dato macrosismico: una mappa dati in tempo reale*. Rapp. Tec. INGV, 415: 1-24.
<https://doi.org/10.13127/rpt/415>
- Azzaro R., Barbano M.S., (1995). *The Pollina (northern Sicily-Italy) earthquake of 26 June 1993: an*

- application of the new European Macroseismic Scale 1992. *Natural Hazards*, 12, 289-301.
- Azzaro R., Camassi R., D'Amico S., Mostaccio A., Scarfi L., (2003). *Il terremoto di Palermo del 6 settembre 2002: effetti macrosismici*. *Quad. Geof.*, 31, 15 pp.
- Azzaro R., Barbano M.S., D'Amico S., Tuvè T., Scarfi L., Mostaccio A., (2011). *The L'Aquila 2009 earthquake: an application of the European Macroseismic Scale to the damage survey in the epicentral area*. *Boll. Geof. Teor. Appl.*, 52 (3), 561-581.
- Azzaro R., Cascone M. & Amantia A., (2020). *Earthquakes and ghost towns in Sicily: from the Valle del Belice in 1968 to the Val di Noto in 1693. The first stage of the virtual seismic itinerary through Italy*. *Ann. Geophys.*, 63 (1), SE106, 3 Appendices, <https://doi.org/10.4401/ag-8175>
- Bottari A., Lo Giudice E., Spadea M.C., (1980). *Critical considerations on the evaluation of macroseismic effects*, *Ann. Geophys.*, 33(1), pp. 261-280. <https://doi.org/10.4401/ag-4708>
- Camassi R., Azzaro R., Tertulliani A., (2008). *Macroseismology: the lessons learnt from the 1997/1998 Colfiorito seismic sequence*. *Ann. Geophys.*, 51, 2/3, 331-342.
- Camassi R., Galli P., Tertulliani A., Castenetto S., Lucantoni A., Molin D., Naso G., Peronace E., Bernardini F., Castelli V., Cavaliere A., Ercolani E., Salimbeni S., Tripone D., Vannucci G., Arcoraci L., Berardi M., Castellano C., Del Mese S., Graziani L., Leschiutta I., Maramai A., Massucci A., Rossi A., Vecchi M., Azzaro R., D'Amico S., Ferrari F., Mostaccio N., Platania R., Scarfi L., Tuvè T., Zuccarello L., Carlino S., Marturano A., Albini P., Capera A.G., Locati M., Meroni F., Pessina V., Piccarreda C., Rovida A., Stucchi M., Buffarini G., Paolini S., Verrubbi V., Mucciarelli M., Gallipoli M.R., Barbano M.S., Cecic I., Godec M., (2009). *Macroseismic investigation: methodology, earthquake parameters, unresolved issues*. *Progettazione Sismica*, 03 Special Issue, 47-53.
- Grünthal G. (Editor), (1998). *European Macroseismic Scale 1998*. Vol. 13, Conseil de l'Europe, Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, Luxembourg, Luxembourg, 99 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., Antonucci A., (2022). *Italian Macroseismic Database (DBMI15)*, version 4.0 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/dbmi/dbmi15.4>
- Molin D., (2009). *Rilievo macrosismico in emergenza*. Rapporto Tecnico, Dipartimento della Protezione Civile, Ufficio III Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico, Roma.
- Rovida A., Locati M., Antonucci A., Camassi R. (a cura di), (2017). *Archivio Storico Macrosismico Italiano (ASMI)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/asmi>
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., (2020). *The Italian earthquake catalogue CPTI15*. *Bulletin of Earthquake Engineering*, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P., Antonucci A., (2022). *Italian Parametric Earthquake Catalogue (CPTI15)*, version 4.0 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/cpti/cpti15.4>
- Stucchi M. (editor), (1997). *Earthquakes of September-October 1997 in Umbria-Marche (Central Italy): Macroseismic data in terms of EMS -92 scale*. http://emidius.itim.mi.cnr.it/gndt/t19970926_eng/ems_intro.html
- Tertulliani A., (1995). *Testing the European Macroseismic Scale 1992 (EMS92) on Italian Earthquakes*. *European Earthquake Engineering*, 2, 37-43.
- Tertulliani A., Azzaro R., Buffarini G., (2019). *Scala Macrosismica Europea 1998, edizione italiana*. In Grünthal G. (Ed.), *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 32, Luxembourg. <https://doi.org/10.2312/EMS-98.full.it>

ALLEGATO 1

Compendio di macrosismica

Materiale didattico ad uso dei partecipanti al corso di rilievo macrosismico QUEST 2024

Camerino-Muccia
14-16/05/2024

Gruppo Operativo
QUEST INGV



1. Cenni di macrosismica e note storiche sulle scale macrosismiche

Secondo una distinzione che risale al tempo in cui la sismologia, come disciplina scientifica modernamente intesa, muoveva i primi passi, i terremoti erano distinti in **macrosismi** e **microsisimi**. Com'è intuitivo capire, tra i primi rientravano i terremoti oltre la soglia dell'avvertibilità umana, mentre i secondi erano classificati come riconoscibili solo tramite strumenti.

Il termine macrosismica ha dunque questa origine, cioè di disciplina che si occupa dei sismi "sensibili". Ovviamente prima della diffusione degli strumenti sismologici e delle teorie sulla propagazione delle onde all'interno della Terra, la sismologia era in grado di studiare i terremoti solo dal punto di vista macrosismico.

Nei tempi attuali la macrosismica, e quindi lo studio degli effetti macroscopici dei terremoti, ha perso molte delle sue originarie peculiarità, sostituite com'è logico, da approcci prevalentemente quantitativi, sostenuti da strumentazioni sempre più efficaci. Essa è restata per lo più legata alla classificazione dello scuotimento in base all'intensità stimata sulla base degli effetti provocati. L'intensità può essere definita come una classificazione della forza dello scuotimento dovuto a un terremoto, riferita ad un dato luogo e derivata in base agli effetti ivi osservati. La definizione dell'intensità macrosismica è l'ultimo passo di un cammino scientifico fatto nella direzione della sempre maggior consapevolezza dei rapporti tra causa ed effetto, parlando appunto di terremoti. Questa consapevolezza si è evoluta particolarmente nella seconda metà del XVI sec., quando la concezione del fenomeno terremoto, uscendo definitivamente dalla sua collocazione fra i prodigi di eredità romana e medievale, acquisisce lo "status" di fenomeno naturale.

Sempre più studiosi, sullo slancio illuminista e sull'onda dell'emozione collettiva dopo i terremoti di Lisbona del 1755 e della Calabria del 1783, congetturarono ipotesi sulle cause dei sismi dall'osservazione diretta dei loro effetti. Dalla metà del 1800, cioè quando possiamo far iniziare gli studi sistematici di sismologia, agli inizi del 1900, l'unico modo per studiare i terremoti era osservarne gli effetti sull'ambiente e sui manufatti per cercare di derivarne le loro caratteristiche fisiche e quindi le loro cause. Le **scale di intensità** o macrosismiche nascono quindi per classificare i terremoti e creare una sorta di "epidemiologia" sismica, cioè una raccolta di dati osservazionali, da cui derivare una catalogazione degli effetti.

Gli studiosi cominciarono quindi a classificare detti effetti per rendere le loro osservazioni comparabili da un terremoto all'altro. Per fare questo organizzarono gli **elementi diagnostici** osservati durante i terremoti in gradi di severità crescente.

Una storia delle scale macrosismiche fu scritta dal professore di matematica e sismologo "dilettante" inglese Charles Davison, forse il primo a farne una trattazione che potremmo definire analitica in vari suoi lavori [Davison, 1900, 1921 e 1933]. La prima scala ad avere un utilizzo internazionale è stata la scala De Rossi-Forel, che era anche la più imitata. Essa derivava dall'unione della scala De Rossi, nata nel 1874, e largamente utilizzata, con la scala Forel del 1878 usata in Svizzera. Dal 1882 e per oltre venti anni la De Rossi-Forel ha rappresentato la classificazione dei terremoti in tutto il mondo. Dalle modifiche ad essa Mercalli derivò le sue prime scale, a partire dal terremoto ligure del 1887, per descrivere il quale Mercalli e Taramelli [1888] ritennero insufficiente il dettaglio fornito dalla scala De Rossi-Forel [Mercalli, 1902].

Da un punto di vista squisitamente cronologico potremmo individuare vari periodi in cui suddividere la storia delle scale macrosismiche: un primo periodo caratterizzato dalle scale "personali", le più antiche, costruite per un solo evento; un secondo periodo a partire dal 1874, data della pubblicazione della scala di De Rossi, fino al 1956 quando Charles Richter riscrisse una versione aggiornata della scala di Wood e Neumann [1931] che avevano tradotto in inglese la scala Mercalli. La scala, attualmente in uso negli Stati Uniti e in altri paesi extraeuropei, mantenne il nome di Mercalli Modificata (MM). In mezzo vi furono dei tentativi di stilare delle scale "assolute",

associando ai gradi di intensità dei valori di accelerazione [Bassani, 1897; Cancani, 1904]. Ultimo e più recente periodo è quello delle scale derivate dalla MSK (Medvedev, Sponhauer, Karnik, 1964 e 1978), la quale per prima, comincia a tener conto degli edifici in cemento armato sistematicamente, e nelle quali compaiono specifiche distinzioni di tipologie edilizie e relative percentuali di danno. L'ultima in ordine di tempo è la European Macroseismic Scale 1998 (EMS-98, Grünthal [1998]).

La filosofia alla base delle scale di intensità è rimasta in pratica invariata anche a fronte di una forte evoluzione tecnologica della sismologia. (Da Tertulliani [2019]).

2. La scala MCS

La scala MCS (Mercalli-Cancani-Sieberg) nasce nel 1930, dalla fusione fatta da Sieberg (1930) della propria scala del 1912, con le precedenti scale di Mercalli e di Cancani [1904]. La nuova scala doveva in qualche modo tener conto anche di alcuni elementi costruttivi tipici dell'Europa Centrale. Inoltre Sieberg rese più accurate le descrizioni degli effetti relative ad ogni grado, introducendo in modo sistematico indicazioni sulle quantità di persone che avvertono la scossa, sulle quantità degli edifici danneggiati e sugli effetti ambientali. La MCS diviene la scala ufficiale della Commissione Sismologica Internazionale.

La scala MCS viene adottata in Europa per la stima delle intensità dei terremoti fino agli '60, ma con l'avvento della MSK viene in parte soppiantata, soprattutto nell'Europa centro-orientale. Negli anni '70 e '80 è stata usata, congiuntamente alla MSK, dall'ING per i rilievi macrosismici. I questionari ING avevano infatti la doppia notazione MCS – MSK. I cataloghi sismici italiani contengono stime di intensità in MCS, che a tutt'oggi è largamente utilizzata per lo studio dei terremoti storici.

La scala è composta da dodici gradi, ognuno dei quali è caratteristico di un livello di scuotimento rappresentato da una descrizione omogenea degli effetti, i cosiddetti diagnostici.

2.1 Caratteristiche principali della MCS

- a. La scala è composta di 12 gradi, in senso ascendente.
- b. Il primo grado è relativo a sismi registrati solo dagli strumenti.
- c. I gradi dal secondo al quinto descrivono gli effetti sulle persone e sugli oggetti domestici.
- d. I gradi dal sesto al dodicesimo descrivono gli effetti sugli edifici e sull'ambiente naturale.

Rispetto a quest'ultimo punto è da notare che, mentre gli effetti sui fabbricati, in particolare sulle abitazioni civili (edifici più diffusi), risultano essenziali nell'assegnazione dei gradi, quelli sull'ambiente (frane, rotture del terreno, fagliazione superficiale, liquefazioni di sabbie, effetti sulle acque sotterranee e superficiali, ecc.) risultano molto meno indicativi per i seguenti motivi: sono quasi sempre influenzati da numerosi fattori esterni; sono presenti in modo significativo solo in occasione dei terremoti di più elevate magnitudo; interessano raramente centri abitati, che sono invece i luoghi nei quali si stima il grado d'intensità. Gli effetti sull'ambiente, tuttavia, possono risultare utili a definire, seppure approssimativamente, le dimensioni di un terremoto che interessi con la sua area epicentrale zone pressoché disabitate.

Il concetto fondamentale da tenere a mente nell'applicazione di una qualsiasi scala macrosismica è basato su un principio di generalità. L'operatore dovrà valutare gli effetti complessivi in una data località. Per dirla con Mercalli: *“Nel giudicare dell'intensità delle scosse dai loro effetti, bisogna tener calcolo del complesso dei danni e delle rovine più che di qualche fatto isolato, il quale spesso trova la sua ragione nelle condizioni particolari di qualche edificio più che nella intensità della scossa”*.

Nella pratica l'assegnazione del grado di intensità si effettua paragonando le osservazioni raccolte durante il rilievo, nel loro complesso, con il quadro diagnostico descritto nei gradi della scala. Una prassi operativa consente di assegnare anche i cosiddetti "mezzi gradi", allorché gli effetti osservati superano come gravità un determinato grado, ma non soddisfano ancora pienamente quelli del grado immediatamente superiore. L'intensità si assegna di regola ad una località (agglomerato urbano) che non sia più piccola di una frazione o di un piccolo borgo, e non più grande di una media città europea. In caso di grandi città è preferibile suddividere l'area in più settori, il più possibile omogenei. Non si assegna l'intensità al singolo edificio o alla metropoli. La scala MCS è correntemente usata, nella sua versione Molin [2009], dal Dipartimento della Protezione Civile, per i rilievi speditivi; è anche molto utilizzata per gli studi di sismologia storica, in quanto le descrizioni usate nei diversi gradi della scala fanno riferimento a diagnostici che ben rappresentano la realtà tipica di epoche passate, sia per quanto riguarda l'edilizia che per gli oggetti comunemente in uso.

2.2 SCALA MACROSISMICA MCS (1930)

- I. **Grado-Impercettibile:** rilevato soltanto da sismografi.
- II. **Grado-Molto leggero:** sentito soltanto da persone estremamente sensibili o nervose, in perfetta quiete e quasi sempre nei piani superiori dei caseggiati.
- III. **Grado-Leggero:** anche in zone densamente abitate viene percepito come terremoto soltanto da una piccola parte degli abitanti nell'interno delle case, come nel caso del passaggio di un pesante mezzo. Da alcuni viene riconosciuto come terremoto soltanto dopo averne parlato con altri.
- IV. **Grado-Moderato:** all'aperto è percepito da pochi. Nelle case è notato da numerose persone ma non da tutti, a seguito del tremolio o di oscillazioni leggere di mobili. Cristalleria e vasellame, posti a breve distanza, urtano come al passaggio di un pesante autocarro su strada dissestata. Finestre tintinnano; porte, travi e assi in legno scricchiolano, cricchiano i soffitti. In recipienti aperti, i liquidi vengono leggermente mossi. Si ha la sensazione che in casa si sia rovesciato un oggetto pesante; si oscilli con tutta la sedia o il letto come su una barca. In generale questi movimenti non provocano paura a meno che le persone non siano innervosite o spaventate a causa di terremoti precedenti. In rari casi i dormienti si svegliano.
- V. **Grado-Abbastanza forte:** nel pieno delle attività giornaliere, il sisma viene percepito da numerose persone nelle strade e se sensibili anche in campo aperto. In casa si avverte in seguito allo scuotere dell'intero edificio. Piante e piccoli rami di cespugli ed alberi si muovono con evidenza, come se ci fosse un vento moderato. Oggetti pendenti come lampade, tendaggi, lampadari non troppo pesanti entrano in oscillazione, campane suonano. Gli orologi a pendolo si fermano od oscillano con maggior periodo, a seconda della direzione della scossa se perpendicolare o normale al moto di oscillazione. A volte orologi a pendolo fermi riprendono il movimento. La luce elettrica guizza o viene a mancare in seguito a movimenti della linea. I quadri urtano, battono contro le pareti oppure si spostano; da recipienti colmi e aperti vengono versate piccole quantità di liquido; ninnoli ed oggetti del genere possono cadere come pure gli oggetti addossati alle pareti; arredi leggeri possono essere spostati di poco; mobili rintonano; porte ed imposte sbattono; vetri delle finestre si infrangono. Quasi tutti i dormienti si svegliano. Sporadici gruppi di persone fuggono all'aperto.
- VI. **Grado-Forte:** il terremoto viene notato da tutti con paura, molti fuggono all'aperto, alcuni hanno la sensazione d'instabilità. Liquidi si muovono fortemente; quadri, libri e cose simili cadono dalle

pareti e dagli scaffali; porcellane si frantumano; suppellettili assai stabili, e perfino pezzi d'arredo vengono spostati se non rovesciati; piccole campane in cappelle e chiese, e orologi di campanili battono. Case isolate, solidamente costruite subiscono danni leggeri, spaccature all'intonaco, caduta del rinzafo di soffitti e di pareti. Danni più forti, ma non ancora pericolosi, si hanno sugli edifici mal costruiti. Qualche tegola e pietra di camino cade.

- VII. **Grado-Molto forte:** notevoli danni vengono provocati ad oggetti di arredamento anche di grande peso. Grandi campane rintoccano. Corsi d'acqua, stagni e laghi si agitano e s'intorbidiscono a causa della melma mossa. Qua e là, parte delle sponde di sabbia e ghiaia scivolano via. Varia la portata delle sorgenti. Danni moderati a numerosi edifici costruiti solidamente: piccole spaccature nei muri; caduta di toppe piuttosto grandi dell'incalcinatura e dello stucco, a volte anche di mattoni. Caduta generale di tegole. Molti fumaioles vengono lesi da incrinature. Camini già danneggiati si rovesciano sopra il tetto danneggiandolo. Da torri e costruzioni alte cadono decorazioni mal fissate. Quando la casa è a pareti intelaiate, i danni all'incalcinatura e all'intelaiatura sono più gravi. In casi isolati distruzione di case mal costruite oppure riattate.
- VIII. **Grado-Rovinoso:** interi rami d'albero pendono rotti e perfino si staccano. Anche i mobili più pesanti vengono spostati lontano e a volte rovesciati. Statue, monumenti in chiese, in cimiteri e parchi pubblici, ruotano sul proprio piedistallo oppure si rovesciano. Solidi muri di cinta in pietra si rompono e crollano. Circa 1/4 delle case è gravemente leso, alcune crollano, molte diventano inabitabili. Negli edifici intelaiati cade gran parte della tamponatura. Case in legno vengono schiacciate o rovesciate. Spesso campanili di chiese e di fabbriche con la loro caduta causano danni agli edifici vicini più di quanto non avrebbe fatto da solo il terremoto. In pendii e terreni acquitrinosi si formano crepe. In terreni bagnati si ha l'espulsione di sabbia e di melma.
- IX. **Grado-Distruttivo:** circa la metà di case in pietra sono distrutte; molte crollano; la maggior parte diviene inabitabile. Case ad intelaiature sono divelte dalle proprie fondamenta e crollano; travi strappate a seconda delle circostanze contribuiscono alla rovina.
- X. **Grado-Completamente distruttivo:** gravissima distruzione di circa 3/4 degli edifici, la maggior parte crolla. Perfino costruzioni solide di legno e ponti subiscono gravi lesioni, alcuni vengono distrutti. Argini e dighe ecc., chi più, chi meno, sono danneggiati notevolmente, binari leggermente piegati e tubature (gas, acqua e scarichi) vengono troncate, rotte e schiacciate. Nelle strade lastricate e asfaltate si formano crepe e per pressione sporgono larghe pieghe ondose. In terreni meno densi e più umidi si creano spaccature fino alla larghezza di più decimetri; si notano parallelamente ai corsi d'acqua spaccature che raggiungono larghezze fino a un metro. Non solo pezzi di terreno scivolano dai pendii, ma interi macigni rotolano a valle. Grossi massi si staccano dagli argini dei fiumi e da coste scoscese; rivi basse subiscono spostamenti di masse sabbiose e fangose, per cui il livello del terreno viene notevolmente variato. Le sorgenti subiscono frequenti cambiamenti di livello dell'acqua. Da fiumi, canali e laghi ecc. le acque vengono gettate contro le sponde.
- XI. **Grado-Catastrofico:** crollo di tutti gli edifici in muratura, resistono soltanto le capanne di legno e le costruzioni ad incastro di grande elasticità. Anche i ponti più sicuri crollano a causa della caduta di pilastri in pietra o del cedimento di quelli in ferro. Binari si piegano fortemente e si spezzano. Tubature interrate vengono spaccate e rese irreparabili. Nel terreno si manifestano vari mutamenti di notevole estensione, a seconda della natura del suolo, si aprono grandi crepe e spaccature; soprattutto in terreni morbidi e acquitrinosi il dissesto è

considerevole sia orizzontalmente che verticalmente. Ne segue il trabocco di sabbia e melma con diverse manifestazioni. Sono frequenti lo sfaldamento di terreni e la caduta di massi.

XII. Grado-Grandemente catastrofico: non regge alcuna opera dell'uomo. Lo sconvolgimento del paesaggio assume aspetti grandiosi. *Corsi d'acqua sia superficiali che sotterranei subiscono mutamenti vari, si formano cascate, scompaiono laghi, fiumi deviano.*

3. La scala EMS-98

La European Macroseismic Scale 1998 [Grünthal, 1998], viene adottata dall'European Seismological Commission nel 1998, dopo diversi anni di sperimentazione. Una prima versione era stata rilasciata nel 1992, e sperimentata sul campo nei sei anni successivi.

La EMS-98 deriva direttamente dalla MSK dalla quale riprende la struttura in tipologie edilizie e livelli di danno, incorporando anche nuove categorie di edifici antisismici (earthquake-resistant design, ERD).

La EMS-98 risulta più adatta al rilievo per finalità scientifiche, in quanto perviene a valutazioni più correlabili allo scuotimento prodottosi, tenendo conto della differente vulnerabilità degli edifici. I criteri generali di assegnazione dell'intensità non mutano da scala a scala; pertanto, quanto detto per la MCS resta valido anche per la EMS-98.

Gli estensori della EMS-98 hanno fornito alcune indicazioni da adottare durante il rilievo. Ad esempio:

- È sconsigliato usare fattori correttivi dell'intensità che tengano conto di effetti di sito o condizioni geologiche particolari.
- È consigliato non prendere in considerazione le osservazioni relative al risentimento all'interno di edifici, se provenienti da piani oltre il quinto.
- Le osservazioni su edifici speciali come fari, torri, ponti e tutti gli edifici monumentali non dovrebbero essere usate per l'assegnazione dell'intensità.
- È preferibile assegnare il grado intero, anche nel caso in cui i dati mostrino un superamento della gravità tipica di un determinato grado, ma non soddisfino pienamente il grado superiore.
- Gli effetti sull'ambiente (liquefazioni, fratture, frane, variazioni idrologiche ecc.) devono essere considerati con cautela.

È da sottolineare che non sempre tutti i diagnostici previsti per un determinato grado possono essere rilevati nei dati raccolti durante il rilievo in quanto qualcuno di essi può non essere presente. Pertanto, è consigliabile adottare un approccio flessibile per trovare il miglior compromesso tra i dati raccolti e i diagnostici previsti dalla scala e non limitarsi a rigide formulazioni che dipendono da una o due sole chiavi diagnostiche.

Nei casi in cui i dati rilevati non trovino completa corrispondenza nelle descrizioni relative ad un determinato grado di intensità, si dovrà scegliere di attribuire alla località in esame il grado di intensità le cui descrizioni trovano il miglior accordo con i dati rilevati. Le osservazioni di effetti sporadici o di singoli danneggiamenti estremi vanno considerati con cautela in quanto potrebbero condurre ad una sovrastima nell'assegnazione dell'intensità. Il testo della scala e le tabelle qui di seguito provengono dalla versione italiana della scala EMS-98 [Tertulliani et al., 2019].

3.1 SCALA MACROSISMICA EMS (1998)

a) effetti sulle persone

b) effetti sugli oggetti e l'ambiente

c) danni agli edifici

I. Non avvertito

- e. Non avvertito, anche sotto le circostanze più favorevoli.
- f. Nessun effetto.
- g. Nessun danno.

II. Poco avvertito

- a. **Il tremore è avvertito solo in particolari circostanze (<1%) da persone a riposo e in posizioni particolarmente ricettive all'interno.**
- b. Nessun effetto.
- c. Nessun danno.

III. Debole

- a. **Il terremoto è avvertito da poche persone. Persone a riposo avvertono una oscillazione o leggero tremore.**
- b. **Oggetti appesi oscillano leggermente.**
- c. **Nessun danno.**

IV. Ampiamente avvertito

- a. All'interno è avvertito da molti, all'esterno solo da pochi. Poche persone vengono svegliate. Il livello di vibrazione non spaventa. La vibrazione è moderata. Osservatori avvertono un leggero tremore o oscillazione dell'edificio, stanza, letto, sedia ecc.
- b. Oggetti in porcellana, bicchieri, finestre e porte tremano. Oggetti appesi dondolano. In alcuni casi la mobilia leggera trema visibilmente. In alcuni casi i manufatti in legno scricchiolano.
- c. Nessun danno.

V. Forte

- a. All'interno è avvertito dalla maggior parte, all'esterno da pochi. Alcune persone sono spaventate e fuggono all'aperto. Molte persone che dormono si svegliano. Osservatori avvertono una forte scossa o un dondolio dell'intero edificio, stanza o mobilia.
- b. Gli oggetti appesi oscillano considerevolmente. Porcellana e vetri tintinnano. Piccoli oggetti in equilibrio precario possono essere spostati o cadere. Porte e finestre si spalancano o sbattono. In alcuni casi i vetri delle finestre si rompono. Liquidi oscillano e potrebbero versarsi da contenitori ben riempiti. Gli animali in casa potrebbero agitarsi.
- c. Danni di grado **1** ad alcuni edifici di classi di vulnerabilità **A** e **B**.

VI. Leggermente dannoso

- a. Avvertito dalla maggior parte delle persone all'interno e da molte all'esterno; alcuni perdono l'equilibrio, molti si spaventano e corrono all'esterno.
- b. Piccoli oggetti stabili possono cadere e mobili muoversi. In pochi casi piatti e oggetti di vetro si rompono. Animali domestici potrebbero spaventarsi (anche all'esterno).
- c. Danni di grado **1** in molti edifici di classe **A** e **B**; alcuni di classe **A** e **B** soffrono danni di grado **2**; alcuni di classe **C** soffrono danni di grado **1**.

VII. Dannoso

- a. La maggior parte delle persone è spaventata e fugge all'esterno. Molti non riescono a stare in piedi, specie ai piani alti.

- b. I mobili si spostano e quelli poco stabili possono cadere. Molti oggetti cadono dagli scaffali. L'acqua fuoriesce da contenitori, cisterne e piscine.
- c. Molti edifici di classe **A** subiscono danni di grado **3**; alcuni di grado **4**. Molti edifici di classe **B** subiscono danni di grado **2**; alcuni di grado **3**. Alcuni edifici di classe **C** subiscono danni di grado **2**. Alcuni edifici di classe **D** subiscono danni di grado **1**.

VIII. Fortemente Dannoso

- d. Molti non riescono a stare in piedi, persino all'aperto.
- a. I mobili potrebbero rovesciarsi. Oggetti come televisori, macchine da scrivere ecc. cadono per terra. Lapidi potrebbero occasionalmente essere spostate, girate o capovolte. Possono apparire ondulazioni su terreni soffici.
- b. Molti edifici di classe **A** subiscono danni di grado **4**; alcuni di grado **5**. Molti edifici di classe **B** subiscono danni di grado **3**; alcuni di grado **4**. Molti edifici di classe **C** subiscono danni di grado **2**; alcuni di grado **3**. Pochi edifici di classe **D** subiscono danni di grado **2**.

IX. Distruttivo

- a. Panico generale. Persone possono venire scaraventate a terra.
- b. Molti monumenti e colonne cadono o si girano. Si osservano ondulazioni su terreni morbidi.
- c. Molti edifici di classe **A** subiscono danni di grado **5**. Molti edifici di classe **B** subiscono danni di grado **4**; alcuni di grado **5**. Molti edifici di classe **C** subiscono danni di grado **3**; alcuni di grado **4**. Molti edifici di classe **D** subiscono danni di grado **2**; alcuni di grado **3**. Pochi edifici di classe **E** subiscono danni di grado **2**.

X. Molto Distruttivo

- a. .
- b. .
- c. La maggior parte degli edifici di classe **A** subiscono danni di grado **5**. Molti edifici di classe **B** subiscono danni di grado **5**. Molti edifici di classe **C** subiscono danni di grado **4**; alcuni di grado **5**. Molti edifici di classe **D** subiscono danni di grado **3**; alcuni di grado **4**. Molti edifici di classe **E** subiscono danni di grado **2**; alcuni di grado **3**. Alcuni edifici di classe **F** subiscono danni di grado **2**.

XI. Devastante

- a. .
- b. .
- c. La maggior parte degli edifici di classe **B** subiscono danni di grado **5**. La maggior parte degli edifici di classe **C** subiscono danni di grado **4**; molti di grado **5**. Molti edifici di classe **D** subiscono danni di grado **4**; alcuni di grado **5**. Molti edifici di classe **E** subiscono danni di grado **3**; alcuni di grado **4**. Molti edifici di classe **F** subiscono danni di grado **2**; alcuni di grado **3**.

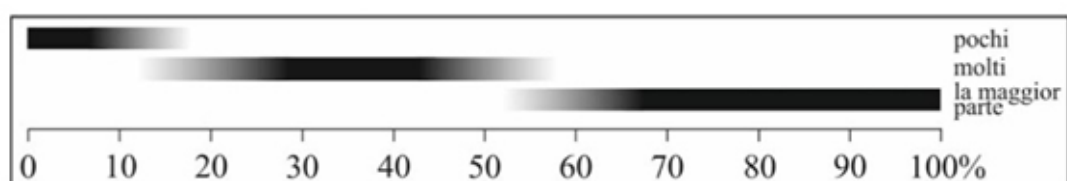
XII. Completamente Devastante

- a. .
- b. .
- c. Tutti gli edifici di classe **A**, **B**, **C** vengono praticamente distrutti. La maggior parte degli edifici di classe **D**, **E**, **F** vengono distrutti. Gli effetti del terremoto hanno raggiunto i massimi risultati concepibili.

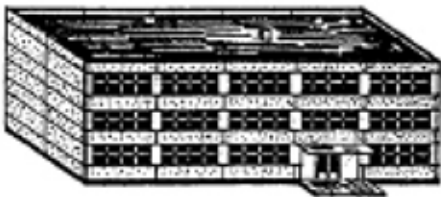
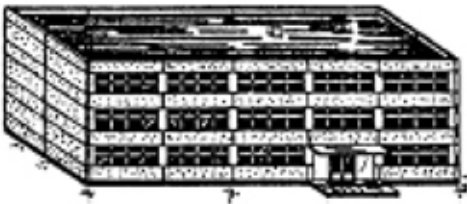
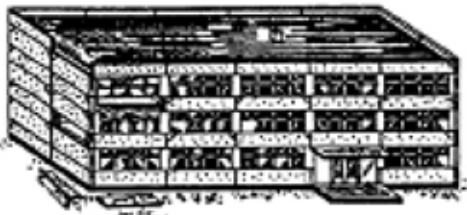
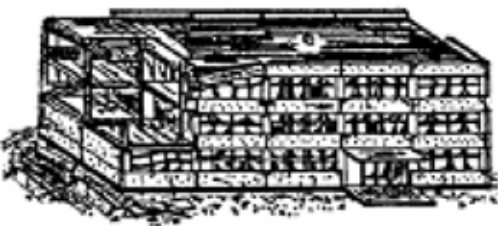
Di seguito le definizioni usate dalla EMS-98 per l'individuazione delle classi di vulnerabilità, gli intervalli delle percentuali a cui corrispondono gli aggettivi POCHI, MOLTI, LA MAGGIOR PARTE, e gli schemi di classificazione dei gradi di danno per gli edifici in muratura e in cemento armato.

TIPO DI STRUTTURA		Classi di Vulnerabilità					
		A	B	C	D	E	F
MURATURA	ciottoli, pietre naturali	○					
	adobe (mattoni in terra cruda)	○	—				
	a conci (pietra semplice sbazzata)	—	○				
	a blocchi lapidei squadriati		—	○	—		
	non armata, con elementi di pietra lavorata o blocchetti	—	○	—			
	non armata, con solai in cemento armato armato o confinata		—	○	—		
CEMENTO ARMATO (CA)	strutture a telaio senza progettazione antisismica (PA)	—	—	○	—		
	strutture a telaio con moderato livelli di progettazione antisismica PA		—	—	○	—	
	strutture a telaio con alto livello di PA			—	—	○	—
	strutture a pareti senza PA	—	—	○	—		
	strutture a pareti con moderato livello di PA			—	—	○	—
	strutture a pareti con alto livello di PA				—	—	○
ACCIAIO	strutture in acciaio			—	—	○	—
LEGNO	strutture in legno	—	—	○	—		

Definizione delle quantità



Classificazione del danno a edifici in muratura	
	Grado 1: Danno da trascurabile a leggero (nessun danno strutturale, leggero danno non strutturale) Crepe capillari su pochissimi muri. Caduta di piccoli pezzi di intonaco. Caduta di pietre non fissate dalla parte superiore degli edifici in pochissimi casi.
	Grado 2: Danno moderato (leggero danno strutturale, moderato danno non strutturale) Lesioni in molti muri. Caduta di pezzi di intonaco piuttosto grandi. Parziale collasso di comignoli.
	Grado 3: Danno da sostanziale a grave (moderato danno strutturale, grave danno non strutturale) Lesioni larghe diffuse sulla maggior parte dei muri. Tegole si staccano. Comignoli si frantumano alla base; cedimento di singoli elementi non strutturali (tramezzi, cornicioni).
	Grado 4: Danno molto grave (grave danno strutturale, danno non strutturale molto grave) Importanti cedimenti dei muri; parziale cedimento strutturale di tetti e solai.
	Grado 5: Distruzione (danno strutturale molto grave) Collasso totale o quasi totale.

Classificazione del danno a edifici in cemento armato	
	Grado 1: Danno da trascurabile a leggero (nessun danno strutturale, leggero danno non strutturale) Crepe sottili nell'intonaco sopra elementi dell'intelaiatura o nei muri alla base. Crepe sottili nei tramezzi e nelle tamponature.
	Grado 2: Danno moderato (leggero danno strutturale, moderato danno non strutturale) Lesioni nei pilastri e nelle travi delle strutture a telaio e nelle pareti portanti. Lesioni in tramezzi e tamponature; caduta di rivestimenti esterni ed intonaco. Malta cade dai giunti dei pannelli murari.
	Grado 3: Danno da sostanziale a grave (moderato danno strutturale, grave danno non strutturale) Lesioni alla base dei pilastri e nei nodi delle strutture a telaio; lesioni alle intersezioni delle pareti accoppiate. Espulsione del copriferro, instabilità delle barre dell'armatura. Larghe lesioni in tramezzi e tamponature, cedimento di singoli pannelli.
	Grado 4: Danno molto grave (grave danno strutturale, danno non strutturale molto grave) Larghe lesioni in elementi strutturali con cedimento a compressione del cemento e rottura di barre d'armatura; sfilamento delle barre di armatura; inclinazione dei pilastri. Collasso di alcuni pilastri o di un singolo piano alto.
	Grado 5: Distruzione (danno strutturale molto grave) Collasso del piano terra o di parti (es. ali) di edifici.

Per comodità riportiamo le tabelle riassuntive per i gradi di intensità che prevedono danni agli edifici (P=pochi, M=molti, T= la maggior parte).

V	1	2	3	4	5
A	P				
B	P				
C					
D					
E					
F					

VI	1	2	3	4	5
A	M	P			
B	M	P			
C	P				
D					
E					
F					

VII	1	2	3	4	5
A			M	P	
B		M	P		
C		P			
D	P				
E					
F					

VIII	1	2	3	4	5
A				M	P
B			M	P	
C		M	P		
D		P			
E					
F					

IX	1	2	3	4	5
A					M
B				M	P
C			M	P	
D		M	P		
E		P			
F					

X	1	2	3	4	5
A					T
B					M
C				M	P
D			M	P	
E		M	P		
F		P			

XI	1	2	3	4	5
A					
B					T
C				T	M
D				M	P
E			M	P	
F		M	P		

XII	1	2	3	4	5
A					
B					
C					
D					T
E					T
F					T

4. Bibliografia

- Bassani C., (1897). *Prime ricerche sulla provenienza del terremoto di Firenze nella sera del 18 maggio 1895*. Boll. Mens. dell'Osservatorio Centrale del R. Coll. Carlo Alberto in Moncalieri, serie II, Vol. XVII, 81-88.
- Cancani A., (1904). *Sur l'emploi d'une double échelle sismique des intensités, empirique et absolue, in Rudolph*. Emil editor. Annexe A 10-Comptes-rendus 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.
- De Rossi M.S., (1874). *Bullettino del Vulcanismo Italiano*. Anno I, Roma, Tip. della Pace.
- Davison C., (1900). *Scales of seismic intensity*. Philosophical Magazine, 5th Series, 50, 44-53.
- Davison C., (1921). *On scale of seismic intensity and on the construction and use of isoseismal lines*. Bull. Seism. Soc. Am., 11, 2, 94-129.
- Davison C., (1933). *Scales of seismic intensity: Supplementary paper*. Bull. Seism. Soc. Am., 23, 158-166.
- Grünthal G. (Ed.), (1998). *European macroseismic scale 1998*. In Cahiers du Centre Européen de Géodynamique et de Séismologie, vol. 15, 99 pp., Luxembourg.
- Medvedev S.V., Sponheuer W., Kàrník V., (1967). *Seismic Intensity Scale Version MSK 1964*. Pub. N. 48 Institut für Geodynamik, 69, Jena.
- Mercalli G., Taramelli T., (1888). *Il terremoto ligure del 23 febbraio 1887*. Ann. Meteor. It.
- Mercalli G., (1902). *Sulle modificazioni proposte alla scala sismica De Rossi-Forel*. Boll. Soc. Sism. Ital., VIII, Modena.
- Molin D., (2009). *Rilievo macrosismico in emergenza*. Rapporto interno Dipartimento della Protezione Civile; Ufficio III Valutazione, prevenzione e mitigazione del rischio sismico, 13 pp.
- Sieberg A., (1930). *Geologie der Erdbeben*. Handboch der Geophysic, 4, 552-554.
- Tertulliani A., (2019). *Storia delle scale macrosismiche*. Quad. Geofis., 150: 1-60.
<https://doi.org/10.13127/qdg/150>
- Tertulliani A., Azzaro R., Buffarini G., in Grünthal G. (Ed.), (2019). *Scala Macrosismica Europea 1998, edizione italiana*. 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 32, Luxembourg,
<https://doi.org/10.2312/ems-98.full.it>
- Wood H.O., and Neumann F., (1931). *Modified Mercalli Intensity scale of 1931*. Bull. Seism. Soc. Am., 21, 277-283.

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

<http://istituto.ingv.it/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

<http://istituto.ingv.it/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

http://istituto.ingv.it/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

©2025

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)ww



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

QUEST
QUESTA CAMPAGNA SOSTIENE

