



SOTTO I NOSTRI PIEDI: i movimenti della terra ieri e oggi

Nessuno è mai sceso tanto in profondità. Ancora adesso è praticamente impossibile raggiungere le parti più profonde della terra oltre i 15 Km. E quindi di fatto le nostre conoscenze riguardano principalmente la parte più superficiale del pianeta terrestre. Siamo però in grado di fare una vera e propria fotografia del suo interno registrando i suoi movimenti: i terremoti. A questi eventi quindi dobbiamo la conoscenza sulla struttura interna della Terra, oltre che naturalmente gli effetti nocivi che tutti conosciamo, purtroppo piuttosto frequenti nel nostro Paese sin dall'antichità. Per lunghi secoli, infatti, l'umanità ha vissuto nella paura dei terremoti, attribuiti ora ad animali prodigiosi, ora a divinità infuriate, o anche a passaggi di comete nel cielo, o all'azione di gas sotterranei e di scariche elettriche. Oggi disponiamo di un buon bagaglio di conoscenze sui terremoti che ci consentono di sapere perché, dove e come avvengono. E sono proprio le mappe gli strumenti che ci mostrano dove sono avvenuti i terremoti e i maremoti del passato e ci informano ogni giorno sulla sismicità in corso grazie all'attività di monitoraggio e sorveglianza sismica in tempo reale del territorio.

MISCELLANEA INGV

Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi.

Un esempio di applicazione cloud-gis per la divulgazione scientifica



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

74

Direttore Responsabile

Valeria DE PAOLA

Editorial Board

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

Raffaele AZZARO (raffaele.azzaro@ingv.it)

Christian BIGNAMI (christian.bignami@ingv.it)

Viviana CASTELLI (viviana.castelli@ingv.it)

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

Luigi CUCCI (luigi.cucci@ingv.it)

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

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

Marcello LIOTTA (marcello.liotta@ingv.it)

Mario MATTIA (mario.mattia@ingv.it)

Nicola PAGLIUCA (nicola.pagliuca@ingv.it)

Umberto SCIACCA (umberto.sciacca@ingv.it)

Alessandro SETTIMI (alessandro.settimi1@istruzione.it)

Andrea TERTULLIANI (andrea.tertulliani@ingv.it)

Segreteria di Redazione

Francesca DI STEFANO - Coordinatore

Rossella CELI

Robert MIGLIAZZA

Barbara ANGIONI

Massimiliano CASCONI

Patrizia PANTANI

Tel. +39 06 51860068

redazione@ingv.it

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

© 2014 INGV Istituto Nazionale

di Geofisica e Vulcanologia

Rappresentante legale: Carlo DOGLIONI

Sede: Via di Vigna Murata, 605 | Roma



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

MISCELLANEA

INGV

Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi

Un esempio di applicazione cloud-gis per la divulgazione scientifica

Maurizio Pignone¹, Anna Nardi¹, Raffaele Moschillo²

¹INGV | Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Osservatorio Nazionale Terremoti

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

Accettato 21 novembre 2022 | Accepted 21 November 2022

Come citare | *How to cite* Pignone M., Nardi A., Moschillo R., (2023). Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi. Un esempio di applicazione cloud-gis per la divulgazione scientifica. Misc. INGV, 74: 1-30, <https://doi.org/10.13127/misc/74>

In copertina | *Interface dell'applicazione web "Sotto i nostri piedi: i movimenti della terra ieri e oggi"* | Cover *Interface of the web application "Sotto i nostri piedi: i movimenti della terra ieri e oggi"*

INDICE

Riassunto	7
<i>Abstract</i>	7
Introduzione	7
1. La mostra “Disegnare il Pianeta. Dal Sole al cuore della Terra”	8
2. L’area tematica “Sotto i nostri piedi: i movimenti della terra ieri e oggi”	11
2.1 La tecnologia utilizzata	12
2.2 I contenuti e la struttura dell’applicazione cloud-gis	13
2.2.1 La sismicità degli ultimi 40 anni: dalle mappe tradizionali alle dashboards in tempo reale	14
2.2.2 Le mappe spazio-temporali: la propagazione delle onde sismiche	20
2.2.3 Terremoti e maremoti: raccontiamo i più forti del passato	22
3. Un laboratorio didattico per le scuole	25
Ringraziamenti	26
Bibliografia	26

Riassunto

“Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi” è una applicazione web, basata su tecnologia *cloud-gis*, che è stata sviluppata per la mostra realizzata dall’INGV per il Festival della Scienza di Genova del 2021. Raccoglie una serie di *story maps* e di *dashboards* che raccontano e mostrano i terremoti e i maremoti del passato ma anche la sismicità recente e in tempo reale. Attraverso alcune interfacce interattive questa applicazione consente di lavorare con i visitatori come in un laboratorio *online* andando a scoprire notizie, immagini, testimonianze, mappe e infografiche sui terremoti e sui maremoti di ieri e di oggi. Il viaggio che propone “Sotto i nostri piedi” è suddiviso in tre tappe: la prima illustra la sismicità degli ultimi 40 anni in Italia a partire dalle mappe tradizionali fino ad arrivare alle mappe interattive e alle *dashboards* della sismicità in tempo reale. Nella seconda si va alla scoperta della propagazione delle onde sismiche guardando le *SHAKEmovie* di alcuni degli eventi sismici più importanti registrati negli ultimi anni. Infine, nella terza tappa si viaggia tra i terremoti e i maremoti del passato avvenuti in Italia e nel Mar Mediterraneo e raccontati grazie a due *story maps* dedicate.

Abstract

“Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi” is a web application, based on *cloud-gis* technology, which was developed for the exhibition of the Genoa Science Festival in 2021. It collects a series of *story maps* and *dashboards* that tell and show the earthquakes and tsunamis of the past but also recent and in real time seismicity. Through some interactive interfaces this application allows you to work with visitors as in an online laboratory by discovering news, images, testimonies, maps and infographics on the earthquakes and tsunamis of yesterday and today. The journey that “Sotto i nostri piedi” proposes is divided into three stages: the first illustrates the seismicity of the last 40 years in Italy starting from traditional maps up to interactive maps and real-time seismicity dashboards. In the second one, we discover the propagation of seismic waves by looking at the *SHAKEmovie*s of some of the most important seismic events recorded in recent years. Finally, in the third stage we travel between the earthquakes and tsunamis of the past that occurred in Italy and in the Mediterranean Sea thanks to two dedicated *story maps*.

Keywords Cloud-gis; Sismicità | Seismicity; Story map; Dashboard

Introduzione

Negli ultimi anni il Dipartimento Terremoti dell’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ha utilizzato le *story maps* come un nuovo canale di comunicazione e informazione sulla sismicità e il rischio sismico del territorio nazionale. Sono state sviluppate numerose *story maps* per raccontare i vari aspetti dei terremoti che hanno colpito nel passato, e in questi ultimi anni, il nostro paese, integrando informazioni descrittive, fotografiche e multimediali con i dati georeferenziati provenienti dai database sismologici e sismotettonici dell’INGV [Pignone, 2014; Pignone, 2015a].

Una *story map* è un insieme integrato di mappe digitali, di contenuti correlati (legenda, testo, foto, video, ecc.) e di funzionalità di interazione (*pan/zoom*, *pop-up*, interrogazione, selezione, ecc.) che la rendono un prodotto di informazione e di comunicazione facilmente comprensibile e immediato.

Le *story maps* sono diventate uno strumento molto valido anche negli eventi divulgativi che l'INGV promuove attraverso l'utilizzo di schermi *touch* che consentono di creare dei veri e propri *exhibit* con i quali interagire con il pubblico, dimostrando le potenzialità dell'informazione geografica nella comunicazione dei rischi [Pignone, 2015b].

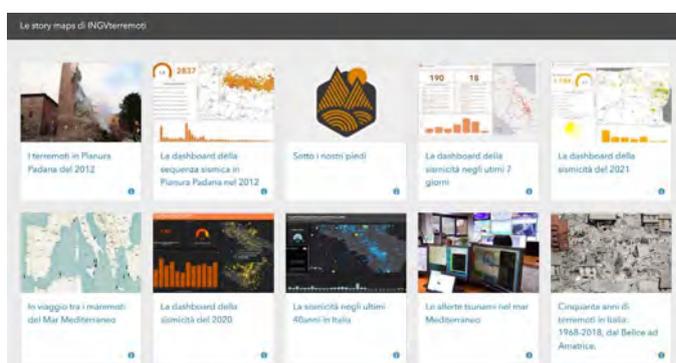
Successivamente alla creazione delle *story maps* si è deciso di utilizzare anche le applicazioni web di tipo *dashboards* che consentono di mettere a disposizione vari strumenti di visualizzazione dei *dataset* e dei relativi attributi, in modo da creare delle semplici infografiche, molto efficaci per la comunicazione e l'informazione verso utenti poco esperti.

Story maps e *dashboards* sono state facilmente integrate all'interno dei canali di comunicazione web e social INGVterremoti (<https://ingvterremoti.com/>) e rappresentano uno strumento ormai necessario nell'informazione sulla sismicità in corso, sulle più importanti sequenze sismiche in Italia, sui terremoti e sui maremoti del passato.

Sul *blog-magazine* INGVterremoti.com è disponibile una sezione (<https://ingvterremoti.com/storymaps/>) che raccoglie le principali *story maps* e *dashboards* realizzate dal Gruppo per la comunicazione del Dipartimento Terremoti dell'INGV in questi ultimi anni (Figura 1).

Figura 1 Homepage della raccolta delle *story maps* di INGVterremoti.

Figure 1 Homepage of the INGVterremoti *story maps* collection.



1. La mostra “Disegnare il Pianeta. Dal Sole al cuore della Terra”

Nello scorso autunno si è svolta a Genova l'edizione 2021 del Festival della Scienza, un appuntamento di divulgazione della cultura scientifica tra i più seguiti dal pubblico a livello nazionale e internazionale e da sempre occasione di incontro dei ricercatori con appassionati e curiosi, scuole e famiglie. Il tema scelto per l'edizione 2021 del Festival è stato quello delle “MAPPE” e l'INGV ha partecipato organizzando una mostra in presenza e *online* dedicata al pianeta Terra e alle sue interazioni: “Disegnare il Pianeta. Dal Sole al cuore della Terra”. La mostra è stata allestita nella Sala del Munizionario di Palazzo Ducale e ha avuto come obiettivo la scoperta di alcuni aspetti del nostro Pianeta, sulla base delle tematiche affrontate ogni giorno dai ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV): dalla fisica alla geofisica, passando per la geologia, l'oceanografia, la sismologia e la vulcanologia (Figura 2). Un viaggio che dal Sole, attraversando il campo magnetico terrestre e la ionosfera, ha condotto fino alla superficie e al cuore della Terra, permettendo a curiosi e appassionati di scoprire di più su terremoti, vulcani, mari e oceani grazie ai pannelli divulgativi presenti nelle sale e alle esperienze in 3D (<https://www.ingv.it/it/musei-e-mostre/mostre/festival-scienza-2021>).

Le mappe, come detto, sono state l'elemento conduttore delle seguenti quattro aree tematiche:

1. L'inizio del viaggio: destinazione Terra
2. Un Pianeta unico: dalla superficie alle profondità della Terra
3. Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi
4. Thalassa, il mare



Figura 2 Allestimento della mostra “Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra” presso la Sala del Munizionario di Palazzo Ducale a Genova per il Festival della Scienza 2021.
Figure 2 Staging of the exhibition “Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra” at the Sala del Munizionario of Palazzo Ducale in Genoa for the 2021 Science Festival.

Una mostra dedicata quindi al pianeta Terra, al suo sistema, alla sua dinamica e alle sue interazioni, con contenuti multidisciplinari che spaziano dalla fisica alla geologia, dall’oceanografia alla storia, dalla sismologia alla letteratura. Le quattro aree tematiche seguono un filo conduttore come in un viaggio che, partendo dalla stella madre del sistema solare, conduce sul nostro pianeta attraversando lo spazio; poi, dalla superficie terrestre si viaggia fino a raggiungere il suo cuore scoprendo i segreti dei vulcani e dei terremoti, gli eventi più spettacolari (ma anche più distruttivi) che si sono avvicendati nel corso della storia del pianeta, e le loro rappresentazioni a livello artistico e letterario. Ed infine, un’immersione alla scoperta di mari e oceani, per comprendere come il loro livello è variato nel corso del tempo e perché ciò potrebbe rappresentare in futuro un rischio per gli abitanti di alcune regioni.

L’inizio del viaggio: destinazione Terra

Si è partiti dal Sole, la nostra stella, che, oltre a dare calore e vita alla Terra, rilascia il cosiddetto vento solare, un vento composto da idrogeno, elio e particelle, un vento che viaggia per più di cento milioni di chilometri fino ad arrivare a toccare la Terra. Fortunatamente quando il vento solare raggiunge il nostro pianeta, la protezione del suo “scudo spaziale”, il campo magnetico terrestre, impedisce che l’atmosfera venga spazzata via. Se questo succedesse la Terra diventerebbe invivibile.

Un pianeta unico: dalla superficie alle profondità della terra

Una volta entrati nell’atmosfera terrestre finalmente si osserva il nostro Pianeta: la Terra, l’aria, l’acqua, i vulcani. Questi ultimi rappresentano una vera e propria porta d’accesso verso il suo interno. Nel viaggio viene percorsa la strada al contrario e da lava la trasformazione è in magma, per esplorare meglio l’interno della Terra partendo dal suo involucro esterno, la sua crosta fino a raggiungere il mantello. Una vera e propria “marmellata incandescente” composta di rocce e gas ad altissime temperature che i vulcani di tanto in tanto portano in superficie eruttando. Ed ora ancora più giù alla scoperta del nucleo, prima solido e poi liquido. Proprio da qui ha origine il nostro “scudo spaziale”: il campo magnetico terrestre. Viene presentato un percorso attraverso la storia e la geografia per vedere come sono stati rappresentati i vulcani nelle varie epoche e come si rappresentano oggi. E tra queste: le mappe di pericolosità vulcanica e la mappa interdisciplinare geoarcheologica e vulcanologica dei siti vesuviani colpiti dall’eruzione del 79 d.c. così come “I vulcani e la letteratura”: un percorso virtuale per visitare diversi vulcani del mondo che hanno ispirato la letteratura e la poesia. Per finire con la visita guidata alla mappa interattiva WebGIS delle microzone omogenee delle faglie attive e capaci realizzata all’Etna per la ricostruzione post-sisma 2018, e quelle per il dissesto idrogeologico.

Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi

Nessuno è mai sceso tanto in profondità. Ancora adesso è praticamente impossibile raggiungere le parti più profonde della Terra oltre i 15 Km. E quindi di fatto le nostre conoscenze riguardano

principalmente la parte più superficiale del pianeta terrestre. Si è però in grado di fare una vera e propria fotografia del suo interno registrando i suoi movimenti: i terremoti. A questi eventi quindi si deve la conoscenza della struttura interna della Terra, oltre che naturalmente gli effetti nocivi che tutti conoscono, purtroppo piuttosto frequenti nel nostro Paese sin dall'antichità. Per lunghi secoli, infatti, l'umanità ha vissuto nella paura dei terremoti, attribuiti ora ad animali prodigiosi, ora a divinità infuriate, o anche a passaggi di comete nel cielo, o all'azione di gas sotterranei e di scariche elettriche. Oggi si dispone di un buon bagaglio di conoscenze sui terremoti che ci consente di sapere perché, dove e come avvengono. E sono proprio le mappe gli strumenti che mostrano dove sono avvenuti i terremoti e i maremoti del passato e informano ogni giorno sulla sismicità in corso grazie all'attività di monitoraggio e di sorveglianza sismica in tempo reale del territorio.

Thalassa, il mare.

È giunta l'ora di tornare in superficie e nel farlo ci si ferma a dare un rapido sguardo all'immensità del mare. Thalassa lo chiamavano gli antichi greci. Per secoli gli uomini hanno provato a esplorarlo disegnando le mappe delle sue coste, dei venti, delle sue profondità, delle correnti marine, e delle temperature. Nel tempo Thalassa, abile artista, ha ridisegnato più volte il profilo delle sue coste: dove era il mare è emersa la terra e dove era la terra è arrivato il mare. Oggi qualcosa è cambiato: il mare sale troppo rapidamente e di questa velocità siamo noi esseri umani i maggiori responsabili. Le mappe di inondazione mostrano città minacciate dall'incedere del mare e offrono la possibilità di intervenire in modo efficace (Figura 3).

Ogni area tematica della mostra è stata organizzata con pannelli illustrativi e installazioni di strutture contenenti *monitor* per la visualizzazione di video o presentazioni; nel caso dello spazio espositivo dedicato all'ambiente è stata data anche la possibilità di interagire con la realtà virtuale grazie a sensori 3D dedicati (Figura 4).

Figura 3 Allestimento della mostra "Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra", l'area tematica Ambiente-mare.

Figure 3 Staging of the exhibition "Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra", the thematic area Environment-sea.



Figura 4 Allestimento della mostra "Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra", l'area tematica Ambiente.

Figure 4 Staging of the exhibition "Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra", the thematic area Environment.



Inoltre, è stato messo a disposizione materiale didattico-divulgativo per i visitatori (libri, dvd, mappe, *gadgets*). A ciascuna area tematica è stata associata una grafica personalizzata con un

colore prevalente e un logo, realizzati appositamente dal Laboratorio Grafica e Immagini dell'INGV, e una serie di immagini ad alta definizione e citazioni di testi storici (Figura 5 e Figura 6).



Figura 5 Allestimento della mostra “Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra”, l’area tematica Vulcani.

Figure 5 Staging of the exhibition “Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra”, the thematic area Volcanoes.



Figura 6 Allestimento della mostra “Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra”: l’area tematica Terremoti.

Figure 6 Staging of the exhibition “Disegnare il pianeta: dal Sole al cuore della Terra”: the thematic area Earthquakes.

2. L’area tematica “Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi”

L’area tematica “Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi” è stata curata dal Dipartimento Terremoti dell’INGV e si inquadra, all’interno del viaggio proposto dalla mostra, proprio nelle profondità del nostro pianeta. Quando è stata progettata l’area Terremoti della mostra, si è pensato di renderla quanto più possibile interattiva e fruibile non solo in presenza ma anche attraverso il web. Questa scelta si è resa necessaria anche a causa delle restrizioni dovute alla pandemia che non assicuravano la possibilità di visitare la mostra “in presenza”.

Si è quindi pensato di progettare una applicazione web che consentisse di rendere fruibili i contenuti direttamente *online* e con strumenti di interattività che potessero essere utilizzati sia sul web sia “in presenza” attraverso schermi *touch* (Figura 7). E proprio l’utilizzo delle *story maps* e delle *dashboards* sviluppate in questi anni dal Dipartimento Terremoti ha consentito di raggiungere tale obiettivo.



Figura 7 Schermi *touch screen* installati nell’area tematica Terremoti.

Figure 7 Touch screens installed in the Earthquakes thematic area.

La progettazione dell'area tematica è stata incentrata sull'integrazione tra le mappe della sismicità tradizionali con le più innovative "mappe interattive", utilizzando quindi, per descrivere i terremoti e i maremoti di ieri e di oggi, sia le mappe statiche sia *dashboards*, animazioni e *story maps*. Il risultato è una collezione di prodotti cartografici e di informazione geografica realizzati negli ultimi anni dall'Osservatorio Nazionale Terremoti e dal Gruppo Di Lavoro INGVterremoti insieme ad alcuni altri sviluppati appositamente per questo appuntamento.

2.1 La tecnologia utilizzata

Per la realizzazione delle *story maps* e delle *dashboards* è stata utilizzata la tecnologia ESRI (*Environmental System Research Institute*) ArcGIS online (<https://www.arcgis.com/>), una piattaforma di condivisione *cloud-based* che consente di costruire mappe web integrando i propri *dataset* con una ricca collezione di dati geografici di base a copertura mondiale. Con le mappe realizzate è possibile creare, tramite opportuni *template* disponibili, diverse tipologie di applicazioni, pubblicarle e condividerle sul web.

L'INGV, nell'ambito dei contratti di licenze per l'utilizzo dei *software* ESRI, ha una propria sottoscrizione (uno spazio *cloud* dedicato e una serie di funzionalità per la progettazione, pubblicazione e condivisione di mappe e applicazioni web) di ESRI ArcGIS online: <https://ingv.maps.arcgis.com/home/index.html>.

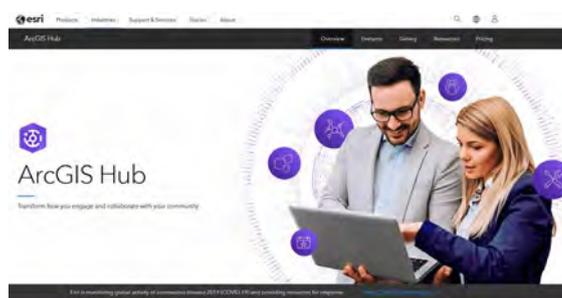
Questa tecnologia *cloud* viene utilizzata anche per altri scopi, in particolare per la pubblicazione e la condivisione dei dati geografici dei gruppi di ricerca, ma anche per creare prodotti per la gestione delle emergenze.

L'esperienza fatta in questi anni con la tecnologia *cloud* di ESRI ArcGIS online è servita per individuare la soluzione migliore per realizzare l'area tematica Terremoti della mostra tra quelle proposte dalle varie APP (*Mobile and Web Application*) collegate al mondo *online* di ESRI.

La scelta è ricaduta su "ArcGIS Hub" (<https://hub.arcgis.com/>) un contenitore "interattivo" facile da configurare, molto simile a un CMS (*Content Management System*), che consente di organizzare una grande varietà di dati e di strumenti di interazione in un unico ambiente, collegato alla sottoscrizione INGV, e quindi a tutti i *dataset* e mappe web condivise dagli utenti (Figura 8).

Figura 8 Homepage dell'applicazione ArcGIS Hub di ESRI.

Figure 8 Homepage of ESRI's ArcGIS Hub application.



ArcGIS Hub mette a disposizione un *editor* a oggetti molto semplice da utilizzare con dei modelli predefiniti e anche la possibilità di personalizzare ciascun elemento.

A questo indirizzo <https://doc.arcgis.com/en/hub/gallery/> è disponibile una galleria di prodotti web, in continuo aggiornamento, realizzati dagli utenti di ArcGIS online con l'applicazione ArcGIS Hub. In questi ultimi mesi ArcGIS Hub è stato utilizzato frequentemente per creare numerosi siti web sull'andamento geografico della pandemia da Covid-19, integrando le *dashboards* con i dati della diffusione del virus.

Grazie ad ArcGIS Hub è stato quindi possibile progettare e realizzare un vero e proprio sito/applicazione web che abbiamo intitolato: “Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi” al cui interno sono state inglobate *story maps* e *dashboards* (alcune sviluppate appositamente) con testi, video, mappe statiche e tanto altro (<https://sottoinostripiedi-ingv.hub.arcgis.com/>). L'applicazione web realizzata è stata ottimizzata per i dispositivi *mobile*, *smartphone* e *tablet*.

2.2 I contenuti e la struttura dell'applicazione cloud-gis

I contenuti dell'applicazione web “Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi” sono stati organizzati all'interno di tre aree, fruibili in modo sequenziale, con il tema delle “mappe” come filo conduttore:

1. la sismicità degli ultimi 40 anni: dalle mappe tradizionali alle *dashboards* in tempo reale
2. le mappe spazio-temporali: la propagazione delle onde sismiche
3. terremoti e maremoti: raccontiamo i più forti del passato

L'applicazione *cloud-gis* realizzata con ArcGIS Hub ha un'interfaccia grafica che rispecchia quella sviluppata per l'area tematica Terremoti della mostra “Disegnare il Pianeta. Dal Sole al cuore della Terra” (Figura 9). Sono stati infatti utilizzati tutti gli elementi grafici, come loghi, colori principali e secondari, *font* e immagini, presenti sia sui pannelli scientifici sia in quelli fotografici relativi al settore espositivo della mostra dedicato ai Terremoti.



Figura 9 Interfaccia dell'applicazione web “Sotto i nostri piedi: i movimenti della terra ieri e oggi”.

<https://sottoinostripiedi-ingv.hub.arcgis.com/>

Figure 9 Interface of the web application “Sotto i nostri piedi: i movimenti della terra ieri e oggi”.

<https://sottoinostripiedi-ingv.hub.arcgis.com/>

L'interfaccia principale dell'applicazione prevede una navigazione del sito a “scorrimento verticale”, con un menù posizionato nella parte superiore dell'applicazione che rimane sempre visibile.



Nel menù è presente il pulsante “Home” (ritorno alla pagina iniziale) e una serie di *link* che indirizzano verso siti web esterni: *homepage* del Festival della Scienza 2021 (<http://www.festivalscienza.it/site/home.html>), pagina web della mostra “Disegnare il Pianeta. Dal Sole al cuore della Terra” sul portale INGV (<https://www.ingv.it/it/musei-e-mostre/mostre/festival-scienza-2021/>), e i collegamenti alle *homepage* del portale INGV (<https://www.ingv.it/>) e del *blog-magazine* INGVterremoti (<https://ingvterremoti.com/>). Lateralmente nella parte destra sono anche presenti le icone dei canali social di INGVterremoti (Facebook, Twitter, YouTube) con i relativi *link*.

2.2.1 La sismicità degli ultimi 40 anni: dalle mappe tradizionali alle *dashboards* in tempo reale

In questa prima area vengono mostrate le carte della sismicità in Italia realizzate e stampate dall'INGV dagli inizi del 2000. Tali cartografie mostrano la distribuzione geografica degli epicentri dei terremoti, suddivisi per classi di magnitudo e profondità, localizzati su tutto il territorio italiano e nelle aree limitrofe grazie alle centinaia di stazioni della Rete Sismica Nazionale (RSN) gestita dall'INGV. Le carte sono in formato PDF e di dimensioni 70x100 cm ed è possibile scaricarle liberamente.

LA SISMICITÀ DEGLI ULTIMI 40 ANNI: dalle mappe tradizionali alle dashboard in tempo reale

Guardando le mappe risulta evidente che, a prescindere dall'intervallo temporale considerato nella rappresentazione, la sismicità del territorio italiano è principalmente concentrata in alcune zone delle Alpi, lungo tutta la catena appenninica, nel Promontorio del Gargano, nell'arco calabro, nell'area etnea e nel bacino del Mar Tirreno. La maggior parte dei terremoti rappresentati risulta localizzata nel settore più superficiale della crosta terrestre al di sopra dei 35 km di profondità, in particolare nei primi 15 km; l'unica eccezione è rappresentata dalla sismicità profonda del Mar Tirreno centrale e meridionale, con eventi che raggiungono anche i 500-600 km di profondità. Sono in totale quattro le carte della sismicità presentate, con intervalli temporali e di magnitudo diversi.

Carta della sismicità in Italia dal 2000 al 2007

di Castello B., Moschillo R., Pignone M.,
Vinci S., Doumaz F., Nostro C., e
G. Selvaggi

La carta mostra la distribuzione degli ipocentri di circa 20.000 terremoti di magnitudo maggiore di 1.5 avvenuti in Italia e nelle aree limitrofe tra il 2000 e il 2007. I terremoti sono classificati in base alla magnitudo (in 4 classi con simboli diversi) e in base alla loro profondità (in 3 classi con colori diversi). Nei due riquadri in alto a destra sono rappresentati i più forti terremoti storici avvenuti in Italia dal 217 a.C. al 1999.

CARTA DELLA SISMICITÀ IN ITALIA 2000|2007 Seismicity map of Italy 2000|2007

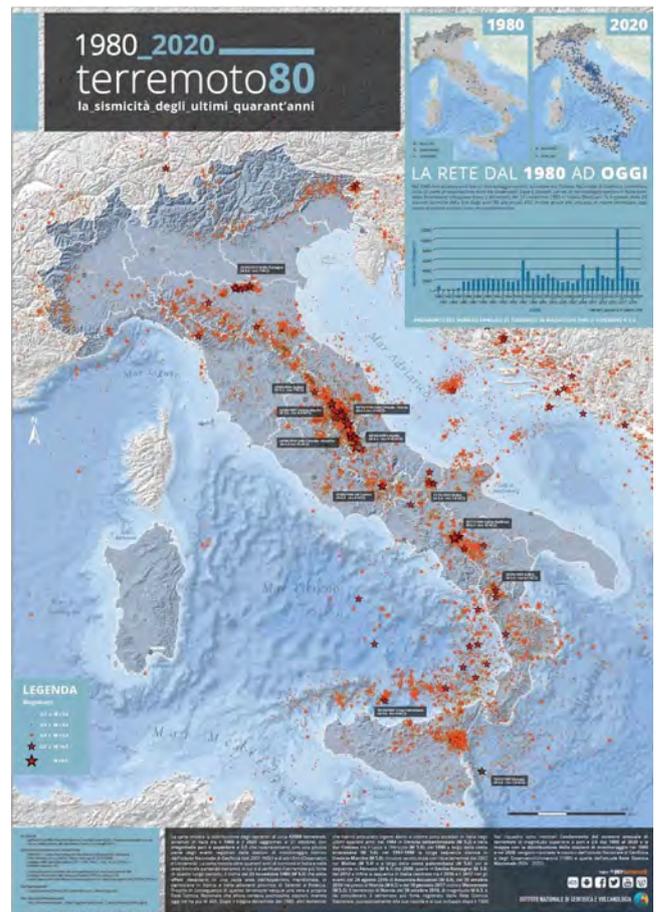




La sismicità degli ultimi quarant'anni in Italia (1980-2020)

di Moschillo R., Pignone M., e C. Nostro

La carta mostra la distribuzione degli ipocentri di circa 42.000 terremoti con magnitudo $M \geq 2.5$ avvenuti in Italia tra il 1980 e il 2020. I terremoti sono classificati in base alla magnitudo (5 classi con simboli diversi). Nel riquadro in alto a destra vengono riportati l'andamento del numero annuale di terremoti di magnitudo $M \geq 2.0$ dal 1980 al 2020 e le mappe con la distribuzione delle stazioni di monitoraggio nel 1980 e nel 2020, rispettivamente.



Insieme alle mappe “tradizionali” sono state inserite e messe a disposizione degli utenti alcune delle *dashboards* della sismicità, realizzate da INGVterremoti in questi ultimi anni (Figura 10). Si tratta di applicazioni web sviluppate all'interno di ArcGIS *online* tramite una specifica APP (<https://ingv.maps.arcgis.com/apps/dashboards>) e caratterizzate da vari strumenti di visualizzazione e interrogazione, e anche semplici infografiche per utenti poco esperti, utili per interagire con i dati di sismicità e con il loro andamento spazio-temporale.

Figura 10 Pagina web con la raccolta delle più recenti *dashboards* di INGVterremoti.
<https://storymaps.arcgis.com/collections/e667de03a68f4a788cb786cc6ef6d771>

Figure 10 Web page with the collection of the latest INGVterremoti *dashboards*.
<https://storymaps.arcgis.com/collections/e667de03a68f4a788cb786cc6ef6d771>



Le *dashboards* di INGVterremoti mostrano la sismicità registrata dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale in un particolare intervallo spazio-temporale, come ad esempio per una sequenza sismica recente o avvenuta nel passato. Queste applicazioni web hanno quindi permesso di usare grafici, indicatori di livello, mappe e altri elementi di infografica per raccontare alcune delle

sequenze sismiche recenti (L'Aquila 2009, Amatrice-Visso-Norcia 2016, Pianura Padana 2012) così come la sismicità degli ultimi anni, migliorando la possibilità di interazione e di comprensione da parte degli utenti.

Nell'ultimo periodo, a partire cioè dal 2021, grazie all'evoluzione delle APP per le *dashboards* di ArcGIS *online*, si è pensato di utilizzare queste applicazioni web anche per la visualizzazione e l'interazione con la sismicità in tempo reale registrata dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale gestita dall'INGV. Tale sismicità è pubblicata sul portale dei dati in tempo reale del Dipartimento Terremoti dell'INGV (<http://terremoti.ingv.it>) ed è interrogabile attraverso l'interfaccia dei *Web Services* (http://terremoti.ingv.it/webservices_and_software).

Le *dashboards* in *real-time*, oltre a mostrare l'andamento in tempo reale della sismicità, consentono all'utente di interagire con grafici, indicatori di livello, mappe e altri elementi di infografica: per esempio visualizzare la mappa con l'ultimo terremoto, l'elenco giornaliero degli eventi, la lista dei terremoti più forti, la distribuzione giornaliera del numero dei terremoti, la suddivisione in classi di magnitudo e tante altre interazioni.

Le *dashboards* si sono rivelate uno strumento molto valido anche in occasione degli eventi divulgativi e delle giornate di informazione che l'INGV ha promosso e promuove periodicamente, grazie all'utilizzo di schermi *touch* che consentono di creare dei veri e propri *exhibit* con i quali interagire con il pubblico, dimostrando le potenzialità dell'informazione geografica nella comunicazione dei rischi (Figura 11).



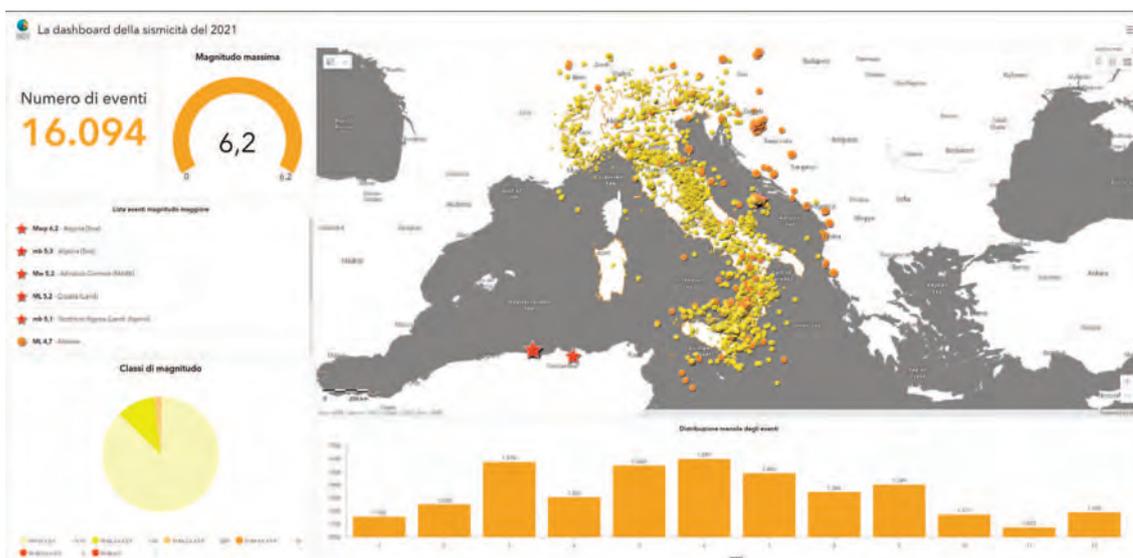
Figura 11 Utilizzo delle *dashboards* durante gli eventi di divulgazione e di informazione organizzati dall'INGV.

Figure 11 Use of *dashboards* during dissemination and information events organized by INGV.

Tra le numerose *dashboards* realizzate a partire dal 2021, quattro di queste sono state scelte e inserite all'interno dell'applicazione web "Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi": le prime due, con *dataset* statici, mostrano la sismicità registrata in Italia nel 2021 e i principali terremoti avvenuti tra il 1980 e il 2020; le altre due mostrano invece la sismicità registrata in tempo reale nell'ultima settimana e negli ultimi 30 giorni in Italia e nelle aree limitrofe.

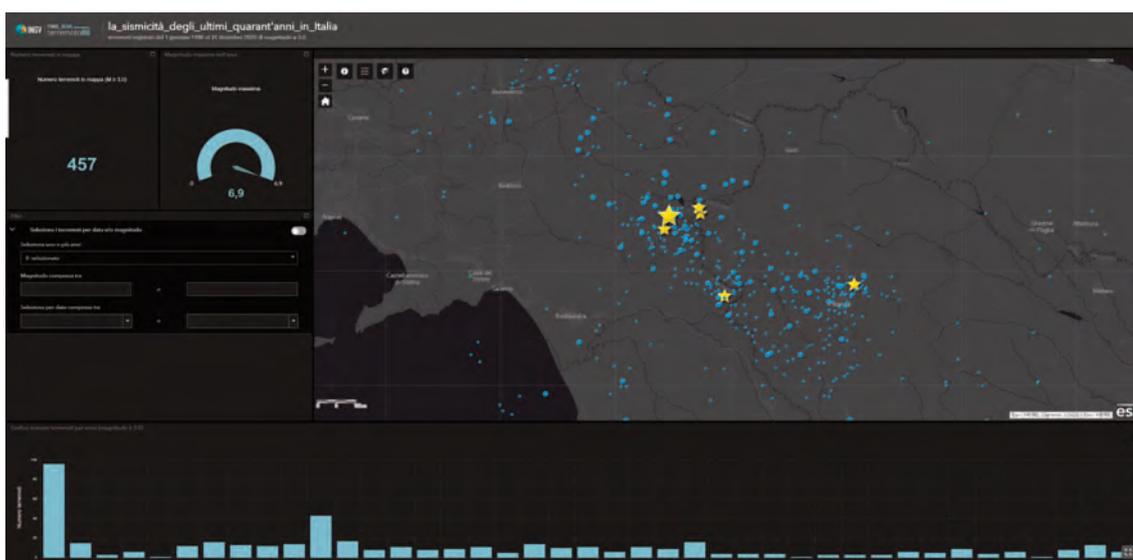
La *dashboard* della sismicità del 2021

La *dashboard* della sismicità del 2021 mostra i 16.095 terremoti registrati dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale, classificati e tematizzati in base alla loro magnitudo. Ogni evento può essere interrogato per visualizzare i relativi parametri ipocentrali e la relativa pagina informativa pubblicata su terremoti.ingv.it. Nell'applicazione sono disponibili le infografiche che mostrano, per un'area scelta dall'utente sulla mappa, il numero di terremoti totali localizzati nel corso del 2021, la magnitudo massima registrata per l'area selezionata, la lista con i terremoti di magnitudo più alta, le classi di magnitudo e infine il grafico della distribuzione del numero di eventi in ciascuno dei 12 mesi dell'anno. La *dashboard* prevede inoltre l'aggiornamento automatico di tutte le infografiche visualizzate ogni volta che viene selezionata una diversa area sulla mappa della sismicità del 2021.



La dashboard della sismicità in Italia negli ultimi 40 anni

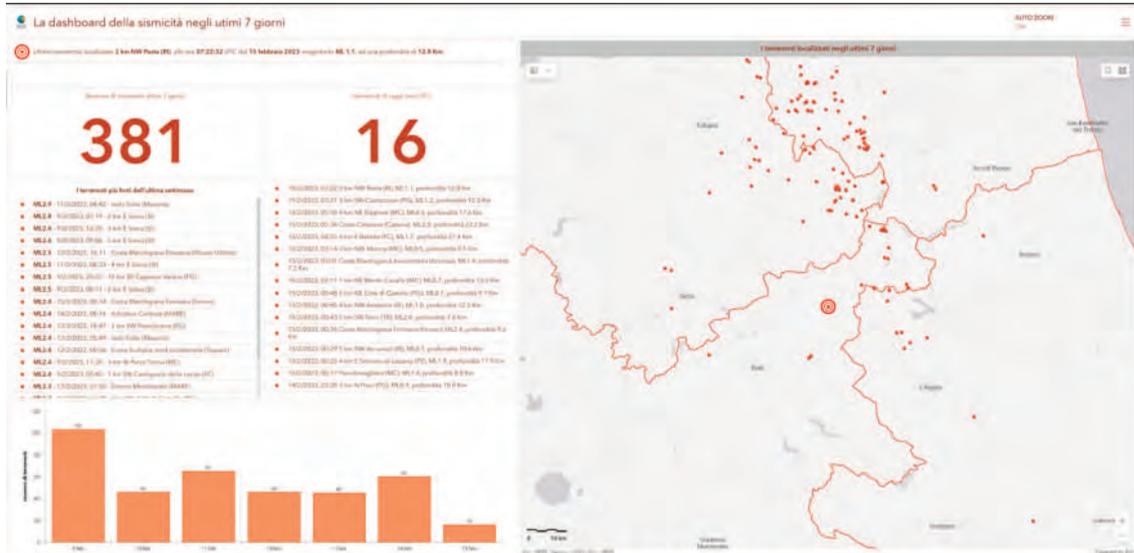
La dashboard mostra la distribuzione degli epicentri di circa 13.000 terremoti, avvenuti in Italia tra il 1980 e il 2020, con magnitudo pari o superiore a 3.0 e che rappresentano solo una piccola parte degli eventi registrati dalle stazioni di monitoraggio sismico dell'Istituto Nazionale di Geofisica (dal 2001 INGV) e di altri Enti (Osservatori e Università). L'utente può navigare negli oltre quarant'anni di sismicità in Italia e nelle aree limitrofe, a partire dall'anno in cui si è verificato il terremoto più forte di questo lungo periodo: il sisma del 23 novembre 1980 in Irpinia-Basilicata (M 6.9) che ebbe effetti devastanti in una vasta area dell'Appennino meridionale, in particolare in Irpinia e nelle adiacenti province di Salerno e di Potenza. Proprio in conseguenza di questo terremoto si sviluppò negli anni successivi una vera e propria Rete Sismica Nazionale, che all'epoca dell'evento del 1980 contava pochissime stazioni mentre oggi ne ha più di 500.



La dashboard della sismicità negli ultimi 7 giorni

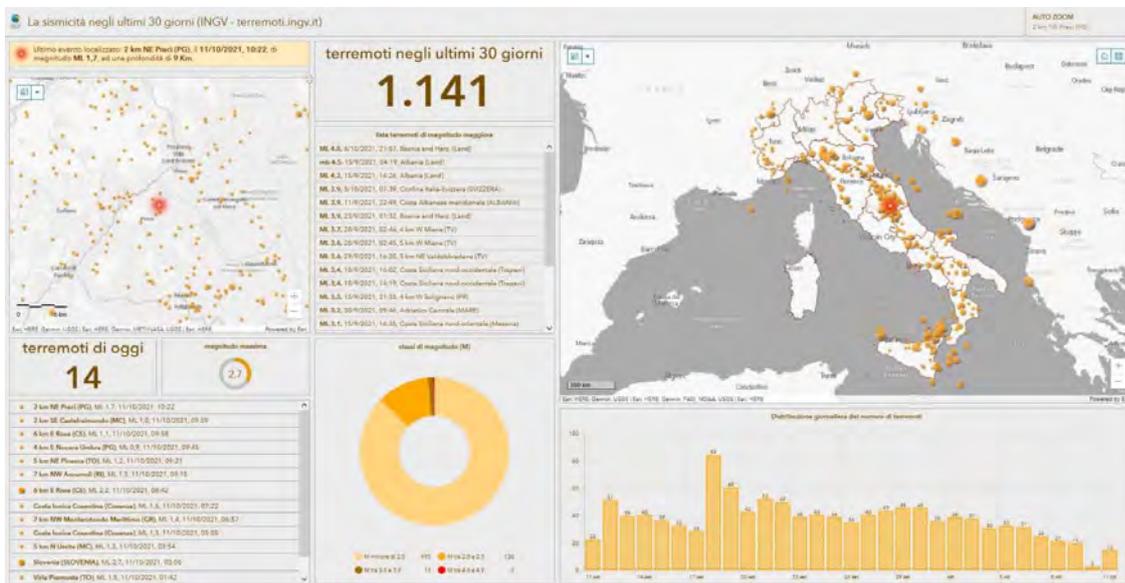
La dashboard permette di interagire con la sismicità registrata in Italia e nelle aree limitrofe dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale negli ultimi 7 giorni. Nella mappa e nella parte in alto a

sinistra dell'interfaccia viene mostrato l'ultimo terremoto localizzato; al di sotto viene riportato il numero di eventi e la lista dei terremoti dell'ultima settimana e del giorno in corso. Inoltre l'infografica con la distribuzione giornaliera degli eventi consente di interagire direttamente con l'applicativo e permette all'utente di effettuare una selezione di uno o più specifici giorni di sismicità. La *dashboard* si aggiorna automaticamente o con il *refresh* del *browser*.



La dashboard della sismicità negli ultimi 30 giorni

La *dashboard* permette di interagire con la sismicità registrata in Italia e nelle aree limitrofe dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale negli ultimi 30 giorni. Nella parte sinistra dell'interfaccia viene mostrata la mappa con l'ultimo terremoto localizzato e l'elenco giornaliero degli eventi registrati. Nella mappa più grande sulla destra e nelle infografiche collegate, vengono mostrati tutti i terremoti localizzati negli ultimi 30 giorni con la possibilità di selezionare gli eventi per classi di magnitudo e per uno o più giorni. La *dashboard* si aggiorna automaticamente o con il *refresh* del *browser*.



2.2.2 Le mappe spazio-temporali: la propagazione delle onde sismiche

Nella seconda area dell'applicazione web troviamo le mappe spazio-temporali di alcuni degli eventi sismici maggiormente risentiti in Italia negli ultimi anni. In realtà queste mappe sono delle animazioni chiamate *SHAKEmovie*, una simulazione della propagazione sulla superficie terrestre delle onde sismiche generate dai terremoti (<https://ingvterremoti.com/tag/shakemovie/>).

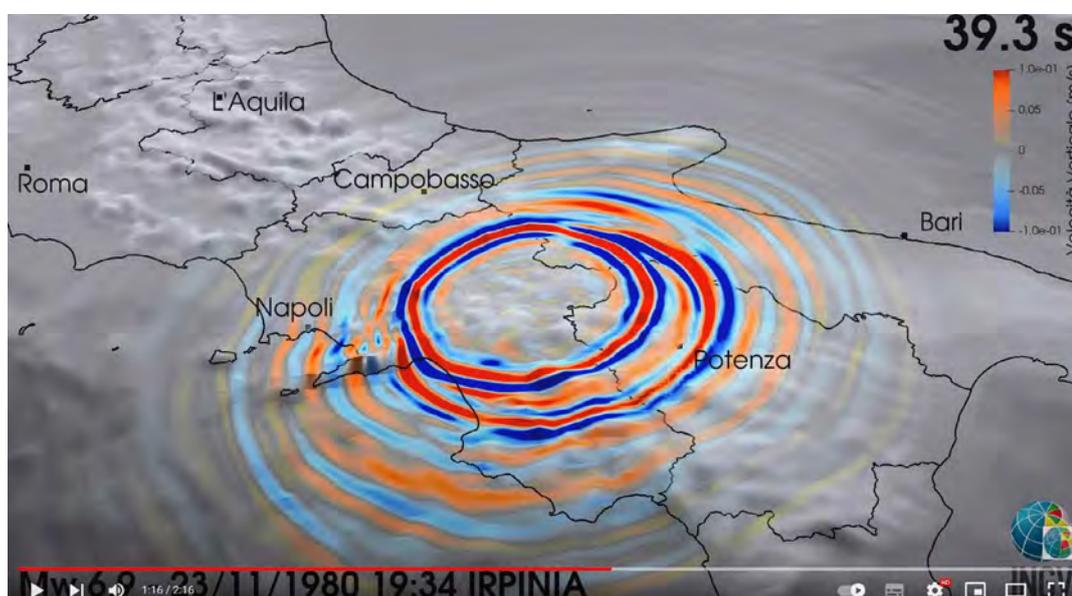
LE MAPPE SPAZIO-TEMPORALI: la propagazione delle onde sismiche

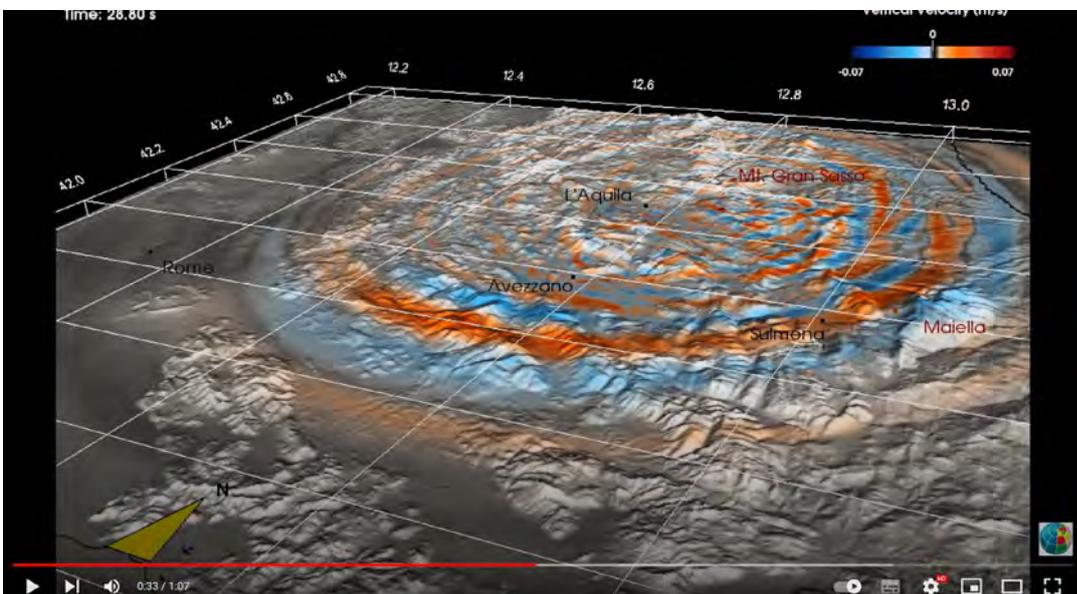
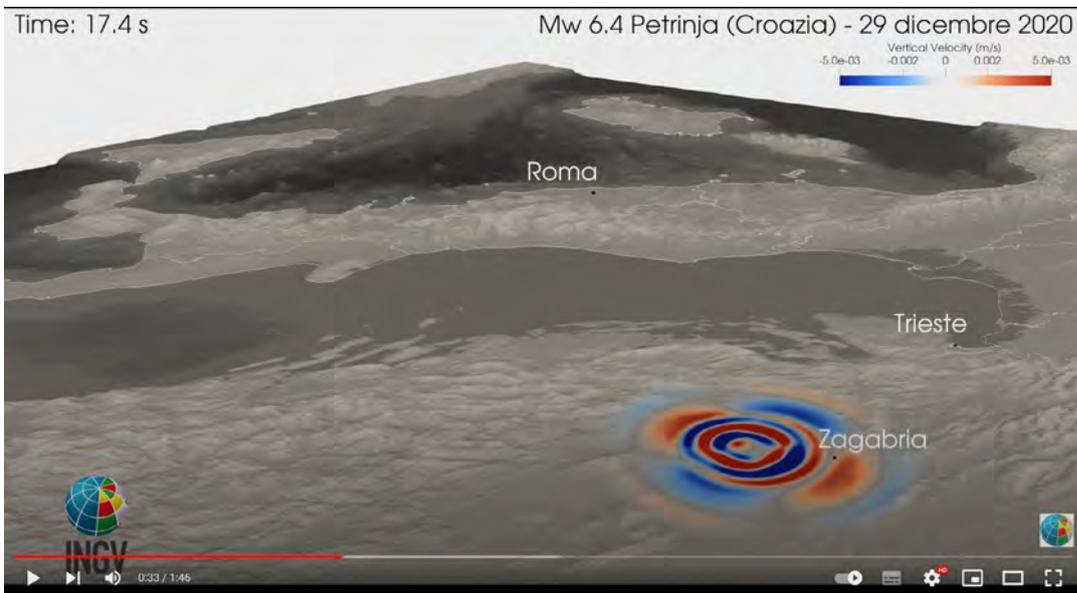
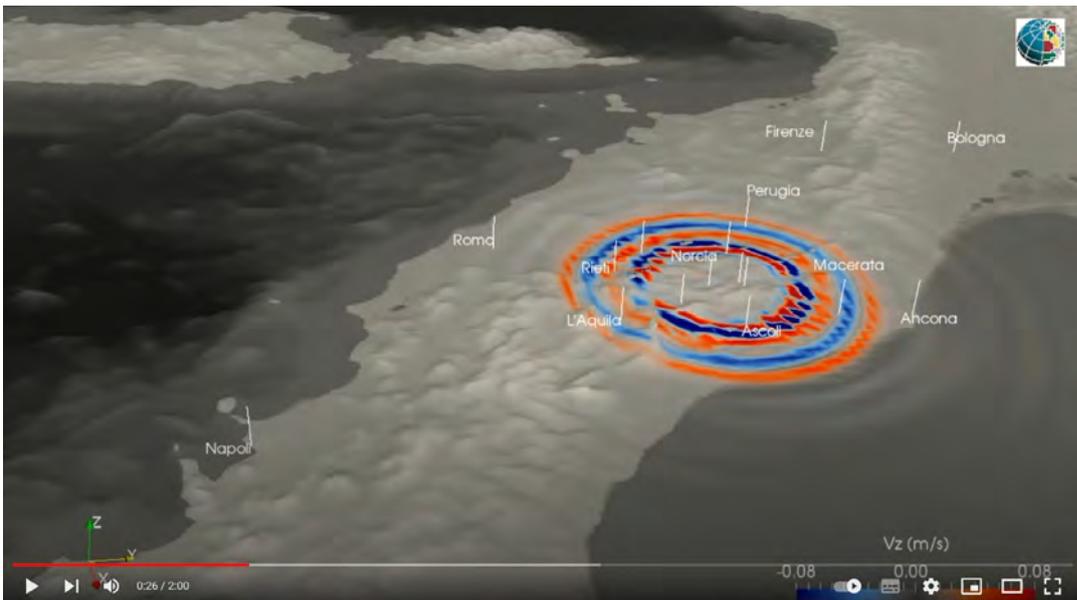
L'animazione è una rappresentazione grafica della soluzione delle equazioni che descrivono la propagazione delle onde sismiche in un territorio, in un dato punto e in un determinato istante di tempo. La velocità e l'ampiezza delle onde sismiche dipendono dalle caratteristiche della sorgente sismica, dalla morfologia del territorio (topografia) e dal tipo di suolo che attraversano. Esse, quindi, non si propagano in maniera uniforme nello spazio: località poste alla stessa distanza dall'epicentro risentono del terremoto in maniera completamente diversa [Casarotti et al. 2016]. In questo articolo del *blog* INGVterremoti viene illustrata la procedura per la realizzazione delle simulazioni delle *SHAKEmovie* resa possibile solo recentemente, da quando sono disponibili supercomputer che permettono di eseguire calcoli in parallelo:

<https://ingvterremoti.com/2016/08/26/shakemovie-propagazione-delle-onde-sismiche-del-terremoto-mw-6-0-24-agosto-2016-in-provincia-di-rieti/>

Nelle animazioni, il colore blu indica i movimenti del suolo verso il basso, mentre il colore rosso indica i movimenti del suolo verso l'alto. La gradazione del colore rappresenta invece diversi valori di velocità verticale (m/s): tanto più il blu/rosso è intenso, tanto più velocemente il suolo si muove verso il basso/l'alto. Ogni secondo dell'animazione rappresenta un secondo in tempo reale.

In questi anni sono stati realizzati diversi video con le animazioni spazio-temporali, pubblicati sul canale YouTube di INGVterremoti (<https://www.youtube.com/user/INGVterremoti>) e integrati all'interno di articoli sul *blog-magazine* INGVterremoti.com (<https://ingvterremoti.com/tag/shakemovie/>). Tra quelle pubblicate *online*, sono state selezionate e inserite le *SHAKEmovie* di quattro terremoti:





2.2.3 Terremoti e maremoti: raccontiamo i più forti del passato

La terza e ultima area è infine dedicata al racconto dei forti terremoti e maremoti del passato; vengono presentate due *story maps* di INGVterremoti (<https://ingvterremoti.com/storymaps/>), sviluppate per illustrare i vari aspetti dei terremoti e dei maremoti che hanno colpito nel passato, e in questi ultimi anni, il nostro paese e l'area del bacino euro-mediterraneo. Le due *story maps* sono state realizzate integrando informazioni descrittive, fotografiche e multimediali con i dati georeferenziati provenienti dai database sismologici, sismotettonici e geologici dell'INGV.

TERREMOTI E MAREMOTI: raccontiamo i più forti del passato

Le due *story maps* sono di tipo "MAP TOUR" e sono organizzate come un viaggio all'interno di alcuni terremoti e maremoti che nel passato hanno colpito l'Italia e il Mediterraneo. Nella prima si viaggia con una mappa interattiva tra gli epicentri dei terremoti avvenuti in Italia tra il 1968 e il 2018, cinquant'anni di storia sismica a partire dagli eventi nella Valle del Belice fino a quelli di Amatrice, raccontata attraverso le prime pagine dei giornali e di alcune immagini significative, con la descrizione dell'impatto che gli stessi terremoti hanno avuto sul territorio (Figura 12).

Figura 12 Come raccontare 50 anni di terremoti con una *story map*: schema dell'organizzazione dei contenuti tratto da Pignone [2018].

Figure 12 How to tell 50 years of earthquakes with a *story map*: content organization diagram from Pignone [2018].



Nella seconda *story map* si interagisce con la mappa dei maremoti che hanno colpito le coste del Mar Mediterraneo dal 365 d.C. ad oggi: per ogni evento è presente la descrizione del terremoto che lo ha generato e dell'impatto che il maremoto ha avuto sulle coste attraverso documenti storici, immagini e video.

Cinquanta anni di terremoti in Italia: 1968-2018, dal Belice ad Amatrice

La *story map* è stata realizzata nel 2018 in occasione dei 50 anni dalla sequenza sismica della Valle del Belice del gennaio 1968 (magnitudo massima 6.4) che causò la distruzione di interi paesi della Sicilia occidentale. Da allora, in un così breve periodo temporale (50 anni), si sono verificati altri eventi sismici che hanno prodotto danni ingenti e vittime in altre zone dell'Italia; tra questi ne sono stati selezionati in particolare 15 che hanno segnato la storia delle aree colpite e, in alcuni casi, l'hanno addirittura stravolta.



Figura 13 L'interfaccia della story maps "Cinquant'anni di terremoti in Italia: 1968-2018, dal Belice ad Amatrice".
 Figure 13 The story maps interface "Cinquant'anni di terremoti in Italia: 1968-2018, dal Belice ad Amatrice".

Ognuno dei 15 terremoti, o sequenze sismiche, inserito nella *story map* è stato descritto con un breve testo, estratto dai cataloghi di sismicità storica (<https://emidius.mi.ingv.it/CPT15-DBMI15/> e <http://storing.ingv.it/cfti/cfti5/>) e di sismicità recente dell'INGV (<https://ingvterremoti.com/>) con i seguenti elementi: la magnitudo, l'intensità massima risentita (grado MCS) e l'impatto in area epicentrale e sul territorio circostante. Alle informazioni descrittive relative a ciascun evento sono state anche associate delle testimonianze: una copertina significativa di un quotidiano del periodo e un'immagine dei danni osservati o dei soccorsi intervenuti.



Nella *story map*, grazie alle caratteristiche dell'interfaccia del *MAP TOUR*, è possibile spostarsi da un terremoto a un altro andando a interagire direttamente sulla mappa con gli epicentri oppure nella "toolbar" in basso con tutte le immagini. Inoltre, si può anche scorrere tra gli eventi in ordine temporale attraverso le frecce posizionate vicino al "frame" con le copertine dei giornali.

In viaggio tra i maremoti del Mar Mediterraneo

La *story map* “In viaggio tra i maremoti del Mediterraneo” è stata progettata e realizzata proprio in occasione del Festival della Scienza di Genova del 2021 e rappresenta una delle prime *story maps* di INGVterremoti che trattano l’argomento maremoti e allerta tsunami nel bacino euro-mediterraneo (<https://www.ingv.it/cat/it/media-e-documenti/media/story-maps>).

Figura 14 L’interfaccia della *story maps* “In viaggio tra i maremoti del Mar Mediterraneo”.

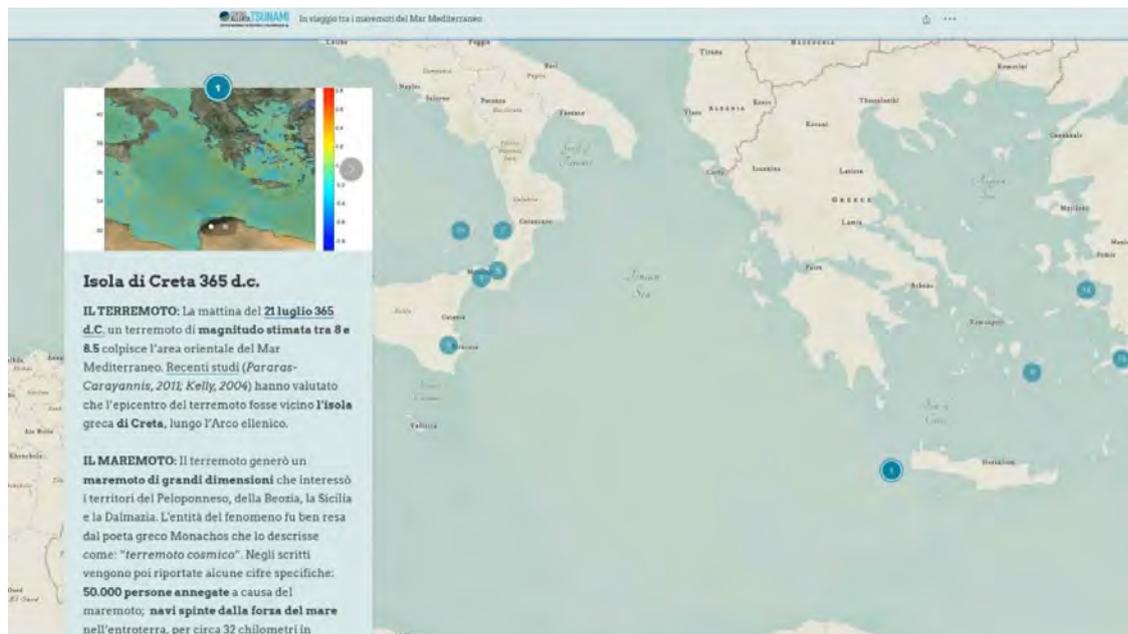
Figure 14 The *story maps* interface “In viaggio tra i maremoti del Mar Mediterraneo”.



La *story map* racconta alcuni dei maremoti avvenuti nel Mar Mediterraneo in epoca storica: sono stati scelti 14 eventi di maremoto che hanno avuto un significativo impatto sulle coste avvenuti tra il 365 d.C. e il 2020, tutti generati da forti terremoti, tranne quello di Stromboli del 2002 che fu causato dal collasso di una parte del vulcano (“Sciara del Fuoco”).

- Isola di Creta 365 d.C.
- Puglia 1627
- Sicilia orientale 1693
- Lisbona (Portogallo) 1755
- Calabria 1783
- Mar Ligure 1887
- Calabria 1905
- Stretto di Messina 1908
- Amorgos (Mar Egeo, Grecia) 1956
- Montenegro 1979
- Stromboli 2002
- Boumerdès (Algeria) 2003
- Kos (Mar Egeo Grecia-Turchia) 2017
- Samos (Mar Egeo Grecia-Turchia) 2020

Per ognuno dei 14 eventi di maremoto sono disponibili dei brevi testi che descrivono il terremoto, la sequenza sismica o l’eruzione vulcanica che ha generato lo tsunami e soprattutto gli effetti delle varie onde di maremoto sulle coste con l’ausilio anche di foto storiche, dipinti, fotografie e video, per i più recenti (<https://ingvterremoti.com/2021/11/19/in-viaggio-tra-i-maremoti-del-mediterraneo/>). Sono stati utilizzati in larga parte i dati provenienti dal Catalogo degli Tsunami Euro Mediterranei [Maramai et al., 2019] e anche informazioni tratte dal sito web del Centro Allerta Tsunami dell’INGV (<https://www.ingv.it/cat/it/>).



Il viaggio tra i maremoti avviene con due diverse modalità di interazione: si possono visualizzare gli eventi sulla base di un *iter* cronologico, iniziando da quello di Creta del 365 d.C. fino ai più recenti, scorrendo l'applicazione web verso il basso oppure selezionandoli direttamente sulla mappa interattiva.

3 Un laboratorio didattico per le scuole

Lo sviluppo di una applicazione web su *ArcGIS Hub* ci ha permesso di creare una soluzione "mista" per la mostra "Disegnare il Pianeta: dal sole al cuore della Terra", fruibile sia in presenza sia *online*, e ci ha anche dato la possibilità di continuare a utilizzare questo prodotto, realizzato per un appuntamento importante come il Festival della Scienza di Genova, anche successivamente e in altri ambiti e contesti.

Infatti l'applicazione web "Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi" è stata pubblicata tra le *story maps* di INGVterremoti nella sezione dedicata del *blog-magazine* (<https://ingvterremoti.com/storymaps/>) e sul sito dell'Osservatorio Nazionale Terremoti nella sezione dedicata alla "Comunicazione e Divulgazione" - "Alla scoperta dei terremoti" (<https://www.ont.ingv.it/>).

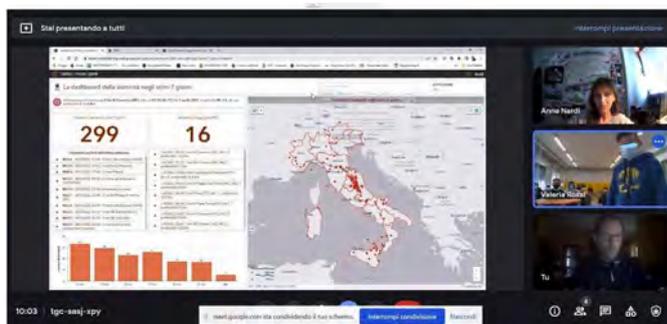
Inoltre, in considerazione del perdurare dello stato di emergenza legato alla pandemia e per rispondere alle richieste delle scuole, "Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi" è stata inserita tra le attività seminariali e/o di laboratorio dell'INGV per l'anno scolastico 2020-2021 da utilizzare sia con le classi *online* sia eventualmente in presenza [La Longa et al., 2021]. È stata quindi utilizzata per l'offerta formativa dell'Istituto, insieme ad altri laboratori e attività, con la possibilità di prenotazione direttamente nella sezione del portale INGV dedicata: <https://istituto.ingv.it/it/risorse-e-servizi/formazione-e-informazione.html#scuola-secondaria-di-primi-grado>.

L'attività laboratoriale, che ha la durata di 1 ora circa, è gestita dai ricercatori dell'INGV che hanno partecipato alla realizzazione delle mappe, delle *story maps* e delle *dashboards* presenti nell'applicazione *cloud-gis*. Gli studenti vengono accompagnati alla scoperta dei prodotti geografici e soprattutto vengono mostrate tutte le possibilità di interazione con le funzionalità presenti nelle *story maps* e nelle *dashboards*.

Questa trasformazione dell'applicazione *cloud-gis* in un laboratorio divulgativo permanente per le scuole secondarie di primo e secondo grado, anche aggiornabile periodicamente e facilmente nei suoi contenuti e nei vari prodotti proposti, è una vera e propria novità nelle attività di divulgazione scientifica che l'INGV svolge da molti anni e rappresenta sicuramente non solo una alternativa in particolari periodi ma anche una necessaria innovazione nelle tecniche di comunicazione e divulgazione dei dati scientifici (Figura 15).

Figura 15 Immagine del collegamento con una scuola secondaria di primo grado di Bergamo durante l'attività laboratoriale *online* svolta nel mese di marzo 2022.

Figure 15 Screenshot of the connection with a secondary school in Bergamo during the online laboratory activity carried out in March 2022.



L'interesse mostrato dalle scuole in questi ultimi mesi verso "Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi" è testimoniato dal numero di visualizzazioni che, dal mese di ottobre 2021 al mese di settembre 2022, hanno superato quota 8 mila e dalle numerose prenotazioni che sono arrivate per svolgere l'attività divulgativa laboratoriale *online*.

L'applicazione web "Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi" è disponibile *online* al seguente indirizzo: <https://sottoinostripiedi-ingv.hub.arcgis.com/>

Licenza

I contenuti pubblicati in "Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi" sono distribuiti sotto licenza Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Ringraziamenti

La mostra scientifica "Disegnare il pianeta. Dal Sole al cuore della Terra" è stata curata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia in collaborazione con il Laboratorio Grafica e Immagini INGV. Per l'area tematica "Sotto i nostri piedi: i movimenti della Terra ieri e oggi" si ringrazia per la collaborazione alla progettazione e alla realizzazione dei contenuti i colleghi dell'INGV: Alessandro Amato, Emanuele Casarotti, Concetta Nostro, Lorenzo Cugliari, Laura Graziani e Sergio Falcone.

Bibliografia

- Casarotti E., Magnoni F., Faenza L., Comunello F., Polidoro P. and Mulargia S., (2016). *Fast 3D 524 seismic wave simulations of 24 August 2016 Mw 6.0 central Italy earthquake for visual communication*. Annals of Geophysics, <https://doi.org/10.4401/ag-7231>
- Castello B., Moschillo R., Pignone M., Vinci S., Doumaz F., Nostro C. e Selvaggi G., (2008). *Carta della sismicità in Italia dal 2000 al 2007*, INGV. https://labgis2.gm.ingv.it/archivio/cartografia/CartaSismicita2000_2007.pdf

- La Longa, F., Crescimbene M., Alfonsi L., Di Luccio F., Brunori C., Caserta A., Cesaroni C., De Astis G., Di Maro R., Pignone M. and Pino N., (2021). *Il rischio sismico, le scienze polari e gli strumenti per la divulgazione scientifica nei progetti di alternanza scuola lavoro all'INGV dal 2015 al 2019*. AA. VV., (2021). Percorsi di Alternanza Scuola Lavoro all'INGV. G. D'Addezio Editor. Misc. INGV, 58: 1-178, <https://doi.org/10.13127/misc/58/9>
- Maramai A., Graziani L. and Brizuela B., (2019). *Euro-Mediterranean Tsunami Catalogue (EMTC), version 2.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/tsunami/emtc.2.0>
- Moschillo R., Pignone M., e Nostro C., (2020). *La sismicità degli ultimi quarant'anni. 1980-2020_terremoto80*, INGV. <http://hdl.handle.net/2122/15518>
- Pignone M., Castello B., Moschillo R., Nostro C. e Selvaggi G., (2013). *Carta della sismicità in Italia dal 2000 al 2012*, INGV. http://labgis.gm.ingv.it/cartografia/cartasismicita_2000_2012.pdf
- Pignone M., (2014). *Story maps e terremoti*. Atti 15° Conferenza Nazionale Utenti Esri Italia, Supplemento al n° 2-2014 della Rivista GEOmedia, ISSN, 1128-8132.
- Pignone M., (2015a). *Le story maps e l'informazione sui terremoti*. Rendiconti Online Soc. Geol. It., Vol. 34/2015, 28-36, ISSN: 2035-8008, <https://doi.org/10.33.01/rol.2015.32>, <http://hdl.handle.net/2122/9704>
- Pignone M., (2015b). *Story maps e terremoti, un nuovo strumento di informazione per la riduzione del rischio sismico*. Rivista GEOMEDIA (Gen-Feb 2015), ISSN 1128-8132, <http://hdl.handle.net/2122/10112>
- Pignone M., (2018). *Cinquanta anni di terremoti in Italia: 1968-2018, dal Belice ad Amatrice – story maps*, <http://hdl.handle.net/2122/13330>
- Pignone M., Moschillo R., Castello B., Nostro C., Stramondo S. and Nardi, A. (2020). *Carta della sismicità in Italia 2000-2019*, INGV. <http://hdl.handle.net/2122/15754>

QUADERNI di GEOFISICA

ISSN 1590-2595

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

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

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

RAPPORTI TECNICI INGV

ISSN 2039-7941

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

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

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

MISCELLANEA INGV

ISSN 2039-6651

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

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

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

Coordinamento editoriale

Francesca DI STEFANO
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Progetto grafico

Barbara ANGIONI
Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Impaginazione

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

©2023

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

www.ingv.it



Creative Commons Attribution 4.0 International (CC BY 4.0)



SOTTO I NOSTRI PIEDI: i movimenti della terra ieri e oggi

Nessuno è mai sceso tanto in profondità. Ancora adesso è praticamente impossibile raggiungere le parti più profonde della terra **oltre i 15 Km**. E quindi di fatto le nostre conoscenze riguardano principalmente la parte più superficiale del pianeta terrestre. Siamo però in grado di fare una vera e propria fotografia del suo interno **registrando** i suoi movimenti: i **terremoti**. A questi eventi quindi dobbiamo la conoscenza sulla struttura interna della Terra, oltre che naturalmente gli effetti nocivi che tutti conosciamo, purtroppo piuttosto frequenti nel nostro Paese sin dall'antichità. Per lunghi secoli, infatti, l'umanità ha vissuto nella **paura dei terremoti**, attribuiti ora ad **animali prodigiosi**, ora a **divinità infuriate**, o anche a **passaggi di comete** nel cielo, o all'azione di **gas sotterranei** e di **scariche elettriche**. Oggi disponiamo di un buon bagaglio di conoscenze sui terremoti che ci consentono di sapere **perché, dove e come** avvengono. E sono proprio **le mappe** gli strumenti che ci mostrano dove sono avvenuti i **terremoti** e i **maremoti** del passato e ci informano ogni giorno sulla sismicità in corso grazie all'attività di **monitoraggio** e **sorveglianza sismica** in tempo reale del territorio.

