



**RAPPORTO N. 2
ATTIVITÀ DEL GRUPPO OPERATIVO EMERSITO
A SEGUITO DELL'EVENTO SISMICO Costa Marchigiana
Pesarese Mw 5.5 del 9/11/2022**

**REPORT N. 2 ON THE EMERSITO TASK FORCE ACTIVITIES AFTER THE Mw 5.5,
Costa Marchigiana Pesarese EARTHQUAKE 11/9/2022 (ITALY)**

13/11/2022

Working Group EMERSITO:

Cara Fabrizio, Di Giulio Giuseppe, Cultrera Giovanna, Pacor Francesca, Lovati Sara, Riccio Gaetano, Vassallo Maurizio, Bobbio Antonella, Bottari Carla, Brunelli Giulio, Cogliano Rocco, De Luca Gaetano, Di Filippo Alessandro, Falco Luigi, Famiani Daniela, Felicetta Chiara, Fodarella Antonio, Hailemikael Salomon, Mascandola Claudia, Massa Marco, Memmolo Antonino, Mercuri Alessia, Milana Giuliano, Minarelli Luca, Nardone Lucia, Pischiutta Marta, Pucillo Stefania, Puglia Rodolfo, Sgattoni Giulia, Tarabusi Gabriele

Sezioni INGV:

Bologna, Irpinia, Milano, OE, ONT, OV, Roma1, Roma2

Da citare come: Gruppo Operativo EMERSITO (2022) - Rapporto n.2 sulle attività svolte dal gruppo operativo Emersito a seguito dell'evento sismico Costa Marchigiana Pesarese Mw 5.5 (9/11/2022). Pubblicato il 13/11/2022, URL: <http://hdl.handle.net/2122/15785>



1. Sommario

Il giorno 9 novembre 2022, alle 06:07:24 UTC (07:07:24 ora locale) un terremoto di magnitudo momento (M_w) pari a 5.5 ha interessato la Costa Marchigiana Pesarese (Pesaro Urbino). A causa della magnitudo del mainshock e del livello di danneggiamento riscontrato, l'INGV ha attivato il gruppo operativo EMERSITO (<http://emersitoweb.rm.ingv.it/index.php/it/>), il cui obiettivo è di svolgere e coordinare le campagne di monitoraggio per studi di effetti di sito e di microzonazione sismica.

Nel presente Report sono descritte le attività portate avanti nei giorni successivi al Report n.1 (Gruppo Operativo EMERSITO (2022) - Rapporto n.1 preliminare sulle attività svolte dal gruppo operativo Emersito a seguito dell'evento sismico Costa Marchigiana Pesarese Mw 5.5 del 9/11/2022. Pubblicato il 9/11/2022, URL: <http://hdl.handle.net/2122/15783>): reperimento di informazioni geologiche e geofisiche, di studi su effetti di sito già osservati nella zona colpita e della microzonazione sismica disponibile. In base ai dati recuperati, è stata pianificata l'installazione di una rete sismica temporanea di circa 10 stazioni nell'area urbana di Ancona, capoluogo di provincia e importante zona portuale, caratterizzata da livelli alti di PGA e che ha subito danni diffusi e evacuazioni, caratterizzata da elevate eterogeneità litologiche e morfologiche.

Sono stati inoltre analizzati i dati registrati durante l'attuale sequenza sismica ed acquisiti dalle stazioni sismiche permanenti (IV e IT) e temporanee (GO SISMIKO) presenti nell'area, per verificare la presenza di effetti di sito nelle registrazioni.



1. Abstract

On November 9th, 2022, at 06:07:24 UTC (07:07:24 local time) a Mw 5.5 earthquake struck Costa Marchigiana Pesarese (Pesaro Urbino). Due to the significant mainshock magnitude and the widespread damaging level of buildings, the EMERSITO task force (<http://emersitoweb.rm.ingv.it/index.php/it/>) has been activated by INGV. The aim of EMERSITO is to carry out and coordinate the monitoring surveys for site effects studies and seismic microzonation.

This Report describes the activities carried out in the days following Report no.1 (Gruppo Operativo EMERSITO (2022) - Rapporto n.1 preliminare sulle attività svolte dal gruppo operativo Emersito a seguito dell'evento sismico Costa Marchigiana Pesarese Mw 5.5 del 9/11/2022. Pubblicato il 9/11/2022, URL: <http://hdl.handle.net/2122/15783>): retrieval of geological and geophysical information, studies on site effects observed in the affected area and on seismic microzonation. Based on the data recovered, the installation of a temporary seismic network of about 10 stations has been planned in the urban area of Ancona, the provincial capital and important port area: it was characterized by high levels of PGA and suffered widespread light damage and evacuations, characterized by high lithological and morphological heterogeneities.

The data recorded during the current seismic sequence were also analyzed and acquired by the permanent (IV and IT) and temporary (GO SISMICO) seismic stations present in the area, to verify the presence of site effects in the records



1. Strumenti utilizzati e installazione rete temporanea

Durante la prima fase dell'emergenza, per l'installazione della rete sismica temporanea sono stati selezionati alcuni siti prossimi all'area epicentrale con caratteristiche geologiche e strutturali che possano aver dato luogo ad effetti di sito.

Il GO EMERSITO ha completato la raccolta delle informazioni relative agli effetti di sito nei comuni di Ancona e Senigallia, preliminarmente individuati come possibili aree di studio, ovvero con caratteristiche geologiche e strutturali che possano aver dato luogo ad effetti amplificativi (Gruppo Operativo EMERSITO (2022) - Rapporto n.1 preliminare sulle attività svolte dal gruppo operativo Emersito a seguito dell'evento sismico Costa Marchigiana Pesarese Mw 5.5 del 9/11/2022. Pubblicato il 9/11/2022, URL: <http://hdl.handle.net/2122/15783>):

- Microzonazione Sismica (MZS) di 1 e 2 livello, con la posizione delle indagini preesistenti (**Figura 1.1** e **Figura 1.2**);
- Posizione di edifici pubblici e non, vicini alle zone di danneggiamento segnalate e localizzati su litologie rappresentative;
- Bibliografia relativa a studi di effetti di sito e relazioni MZS (si veda sezione **3.Bibliografia** del presente rapporto).

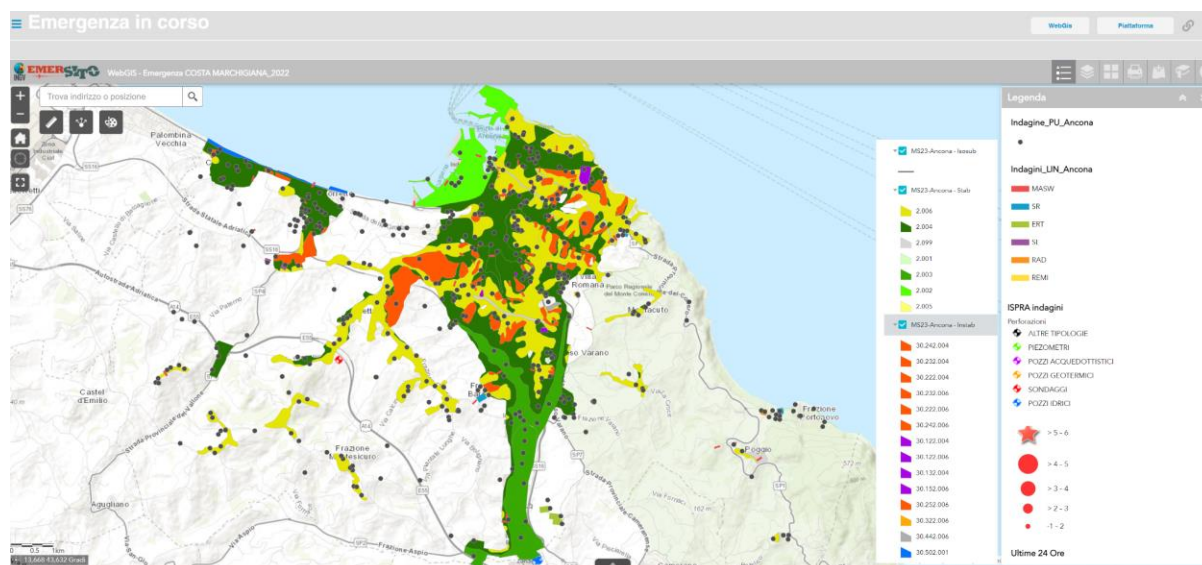
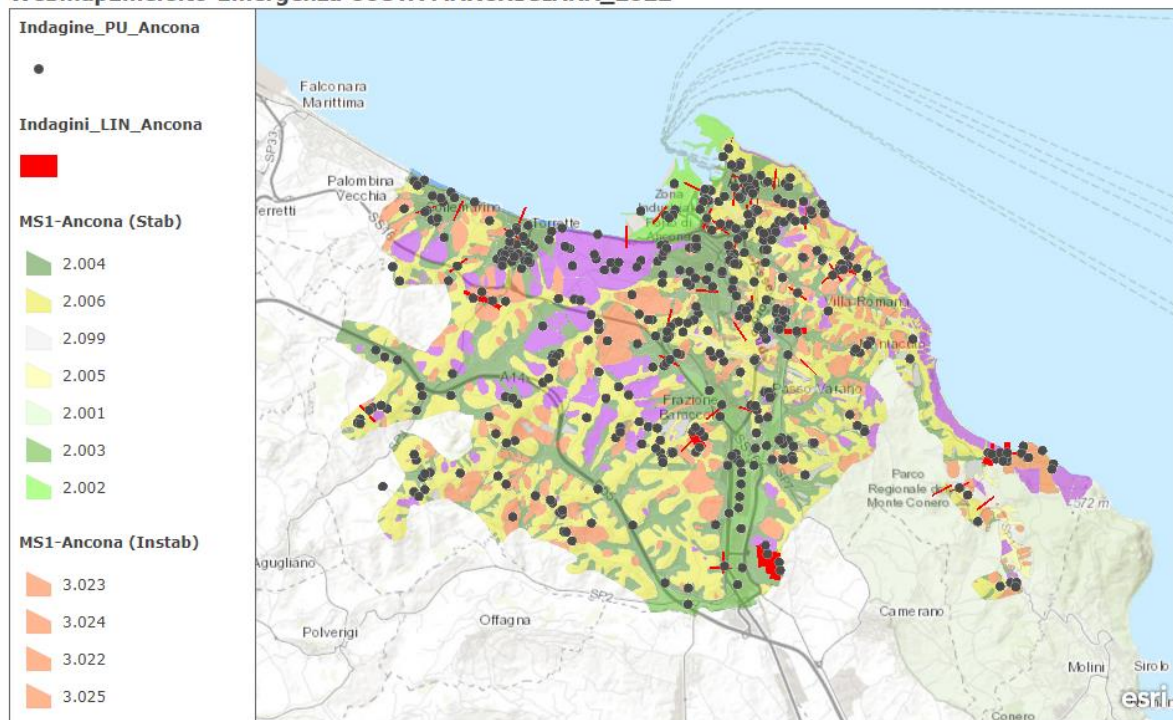


Figura 1.1 MZS di livello 2 e indagini geologiche e geofisiche. Reperibili dal Portale informativo e cartografico della Microzonazione Sismica e della Condizione Limite per l'Emergenza (<https://www.webms.it/>) e dal sito della Regione Marche (<https://qmap-protciv.regione.marche.it/cs/>).



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

WebmapEmersito-Emergenza COSTA MARCHIGIANA_2022



ISPRA | Esri, HERE, Garmin, USGS, NGA

Figura 1.2 MZS di livello 1: in mappa si riporta la carta delle MOPS con indicazioni delle diverse zone distinte in stabili, suscettibili di amplificazione (colori verdi) e zone suscettibili di instabilità (colori arancio e viola). Si nota che non vengono identificate nel territorio comunale zone stabili in quanto non affiora nella totalità dell'areale comunale un substrato roccioso con $V_s \geq 800$ m/s. Vengono inoltre rappresentate le indagini puntuali e lineari preesistenti o effettuate nell'ambito della microzonazione.

I dati, disponibili in formato vettoriale e WMS, sono stati importati nel Sistema Informativo Territoriale (WEBGIS on-line) del GO EMERSITO per facilitare la ricerca dei siti di installazione. Di seguito si elencano i layer presenti:

- Rete Emersito (pianificazione), EM_SISMIKO – STATION, Stazioni RAN temporanee
- Sismicità in tempo reale, CPTI 1916-1930, Catalogo Parametrico dei forti Terremoti (cpti15_v30), Pericolosità_sismica, Reti sismiche (accelerometriche, velocimetriche, IV, IT), Rete Integrata Nazionale GNSS (RING)
- ANCONA: punti_quotati, Edifici pubblici, Indagine_PU_Ancona, Indagini_LIN_Ancona, MS23-Ancona, MS1-Ancona
- SENIGALLIA: HVRS ms Senigallia, sondaggi ms Senigallia, dh ms Senigallia, MS23-Senigallia, MS1-Senigallia
- MARCHE: WEBMS Indagini puntuali costa Marche, Litologia Marche, GEO 10K Marche vettoriale, GEO 100K Marche NORD_WTL1
- EMILIA-ROMAGNA: Litologia Emilia Romagna
- NAZIONALE: ISPRA indagini, Progetto_IFFI_WMS_public



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Dopo attenta valutazione del materiale raccolto, è stata pianificata l'installazione di 10 stazioni sismiche nell'area urbana di Ancona. La scelta è stata dettata dagli alti livelli di PGA (Peak Ground Acceleration) registrati durante la scossa principale, dai danni ed evacuazioni riportati dai tecnici regionali e dai Vigili del Fuoco, dalle forti eterogeneità litologiche e dall'interesse scientifico per la valutazione della risposta sismica locale in area urbana. Per una corretta valutazione degli effetti di sito è necessario anche individuare

uno o più siti di riferimento affidabili, stante la riscontrata variabilità della risposta in frequenza delle stazioni permanenti (per es. la stazione permanente IV.PCRO della rete RSN presenta una possibile amplificazione ad alta frequenza che potrebbe avere sia una origine antropica che naturale, cioè legata alla geologia locale).

In **Figura 1.3** sono indicate le posizioni preliminari delle stazioni EMERSITO sulla carta geologica in scala 1:10.000: molte delle stazioni sono state pianificate in corrispondenza di edifici pubblici (scuole, Tribunale, Marina Militare, strutture religiose), altre andranno valutate sul posto dal personale impegnato nell'installazione da sabato 11 a martedì 15 Novembre (in totale 11 unità dalle sedi di Roma, L'Aquila, Milano e Napoli). Si effettueranno inoltre misure di noise speditive per decidere se e dove installare stazioni temporanee sulle diverse litologie affioranti e per ricercare i siti di riferimento.

L'identificazione dei siti è stata effettuata da remoto, mediante lo studio delle informazioni reperite anche attraverso gli altri Gruppi Operativi (SISMIKO, QUEST e EMERGEO), e tramite sopralluoghi ad hoc, in collaborazione con la sede di Ancona, che è diventata centro di supporto logistico per tutti i GO. Sempre grazie al supporto della sede di Ancona si è anche attivata una collaborazione con la Protezione Civile Regione Marche, che ci ha messo a disposizione dei tecnici per la ricerca siti e i documenti riguardanti le indagini svolte per la Microzonazione Sismica di Livello 1 (tra cui importanti anche HVNSR, DH e sondaggi con stratigrafia). Inoltre, la Marina militare e la Capitaneria di Porto si sono rese disponibili ad ospitare le nostre stazioni in aree di loro competenza.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

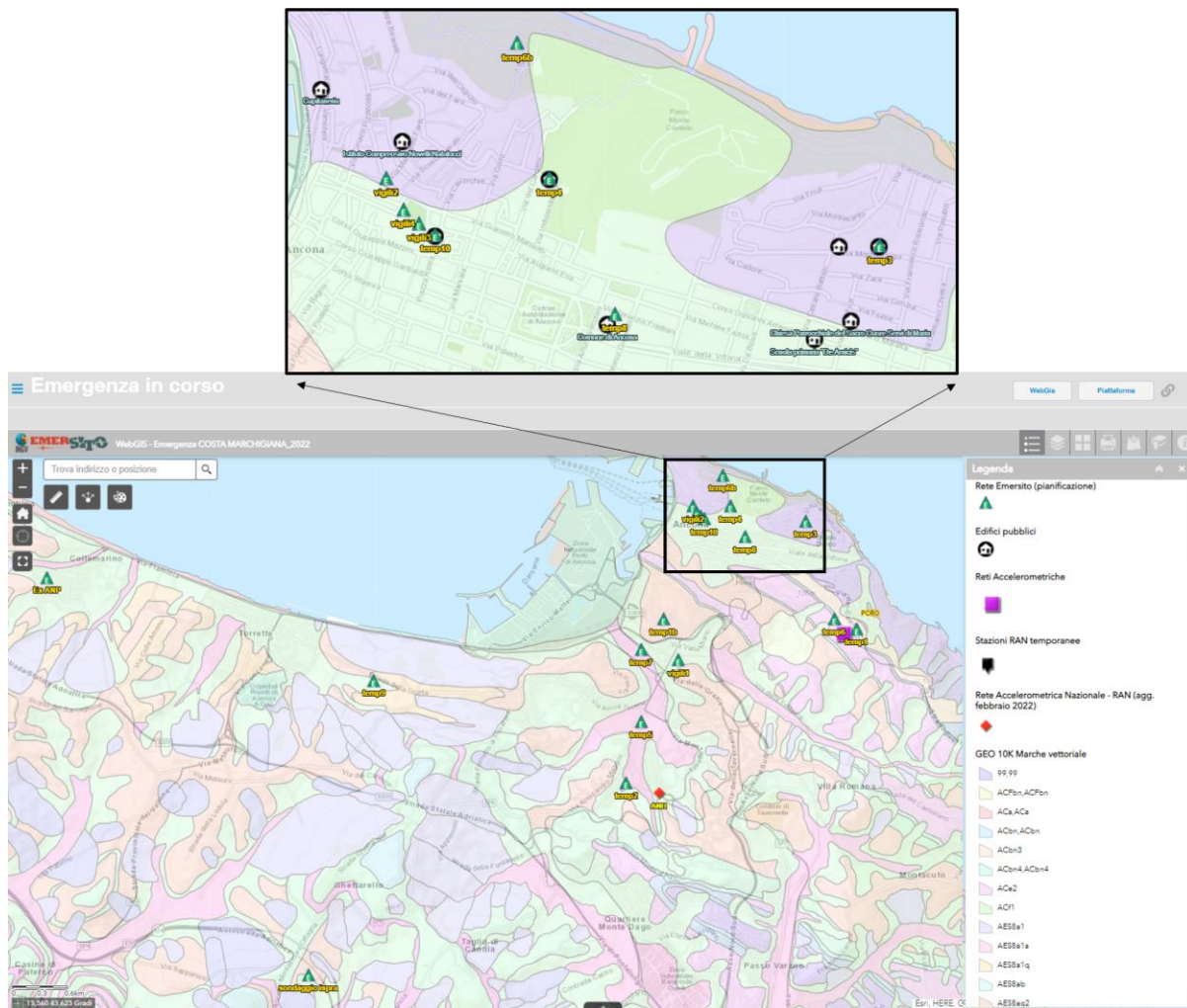


Figura 1.3. Mappa complessiva delle stazioni installate da Emersito. Con i triangoli, oltre alla posizione delle stazioni pianificate, sono indicati i punti in cui sono state comunicate evidenze di danneggiamento.

In **Tabella 1** sono indicate le coordinate preliminari delle stazioni sismiche a 6 canali (6 real-time, 4 stand alone), dotate di sensori velocimetrici (Lennartz 3D-5 sec) e accelerometrici (Episensor). Sono state inoltre pianificate alcune misure di rumore ambientale con stazioni Terrabot e Marslite per investigare i siti di interesse per potenziali installazioni.



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Tabella 1. Posizione preliminare delle stazioni installate con indicazione delle località e note sui siti selezionati.

Sigla	Località	Lat	Lon	Note
<i>temp1</i>	<i>Vicino alla stazione IV.PCRO</i>	<i>43.608</i>	<i>13.534</i>	<i>Gessoso Solfifera del Messiniano</i>
<i>temp2</i>	<i>via Barillati 35</i>	<i>43.593</i>	<i>13.503</i>	<i>Prossima al limite tra unità a sabbie prevalenti e depositi eluvio-colluviali Olocenici</i>
<i>temp3</i>	<i>Ancona Scuola dell'infanzia "Piaget"</i>	<i>43.61851</i>	<i>13.52713</i>	<i>Scuola dell'infanzia "Piaget" su Schlier</i>
<i>temp4</i>	<i>Ancona Università</i>	<i>43.62</i>	<i>13.517</i>	<i>Università - Formazione delle Argille Azzurre</i>
<i>temp5</i>	<i>Marina Militare - A nord Via dell'industria</i>	<i>43.599</i>	<i>13.505</i>	<i>Sabbie prevalenti - Depositi alluvionali terrazzati Olocenici</i>
<i>temp6</i>	<i>Vicino alla stazione IV.PCRO</i>	<i>43.609</i>	<i>13.531</i>	<i>Formazione a Colombacci - Messiniano ma lontano da possibile disturbo antropico</i>
<i>temp7</i>	<i>Corso Carlo Alberto - Salesiani</i>	<i>43.606</i>	<i>13.505</i>	<i>Sabbie prevalenti - Depositi alluvionali terrazzati Olocenici</i>
<i>temp9</i>	<i>Area frana Ancona</i>	<i>43.603</i>	<i>13.469</i>	<i>Argille azzurre litofacies arenaceo-pellica del Plio-Pleistocene</i>
<i>temp8</i>	<i>Palazzo comunale</i>	<i>43.617</i>	<i>13.519</i>	<i>Depositi eluvio - colluviali Olocenici</i>
<i>temp10</i>	<i>Corte d'Appello o Tribunale vicino via Carducci 3</i>	<i>43.61876</i>	<i>13.5135</i>	<i>Depositi eluvio - colluviali Olocenici</i>
<i>temp1b</i>	<i>Scuola infanzia J. Verne</i>	<i>43.609</i>	<i>13.508</i>	<i>Formazione delle argille azzurre del Plio-Pleistocene</i>
<i>temp6b</i>	<i>Faro</i>	<i>43.62</i>	<i>13.52</i>	<i>Schlier del Burdigaliano-Messiniano Inf.</i>



2. Analisi sismologiche

Sono state effettuate ulteriori analisi sulle registrazioni in continuo delle stazioni permanenti IT e IV e delle stazioni temporanee installate dal GO SISMICO.

In particolare, sono stati analizzati i rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e verticali (HV) di segnali sismici registrati durante la sequenza in corso. Di seguito (Figure 2.1) si mostrano i risultati per le stazioni IV.AOI, IV.PCRO e IV.SENI, ottenute usando il codice di calcolo HVNEA (Vassallo et al. 2022) sulle registrazioni dei terremoti estratti dai dati in continuo.

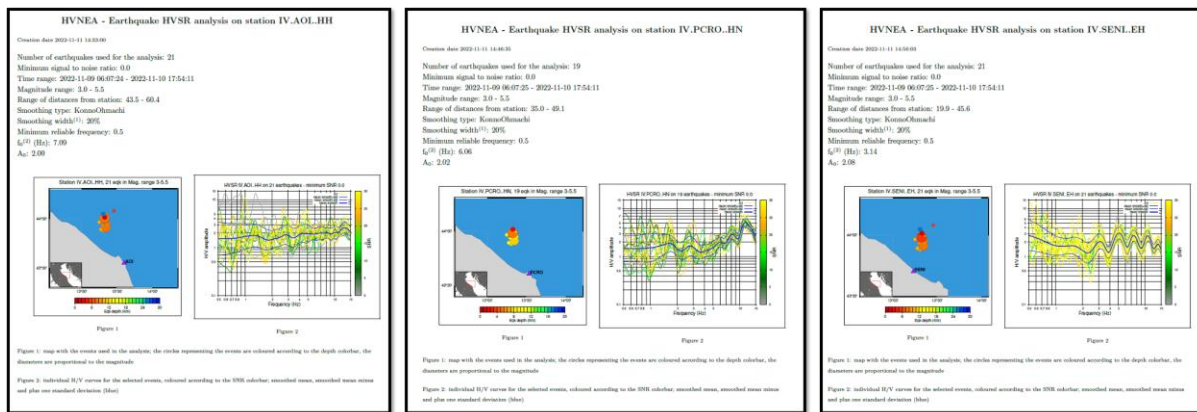


Figura 2.1 Scheda riassuntiva dell'analisi HV in continuo per le stazioni IV.AOI, IV.PCRO, IV.SENI: terremoti della sequenza in corso. Analisi eseguita con HVNEA (Vassallo M, et al., 2022)

Inoltre sono stati inoltre calcolati i rapporti spettrali HV, considerando segnali di rumore sismico ambientale, estratti dai dati registrati dalle stazioni temporanee installate dalla Rete Mobile SISMICO. Tali analisi mettono in evidenza notevoli amplificazioni nell'intervallo di frequenze 4-8 Hz (Figura 2.2).



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

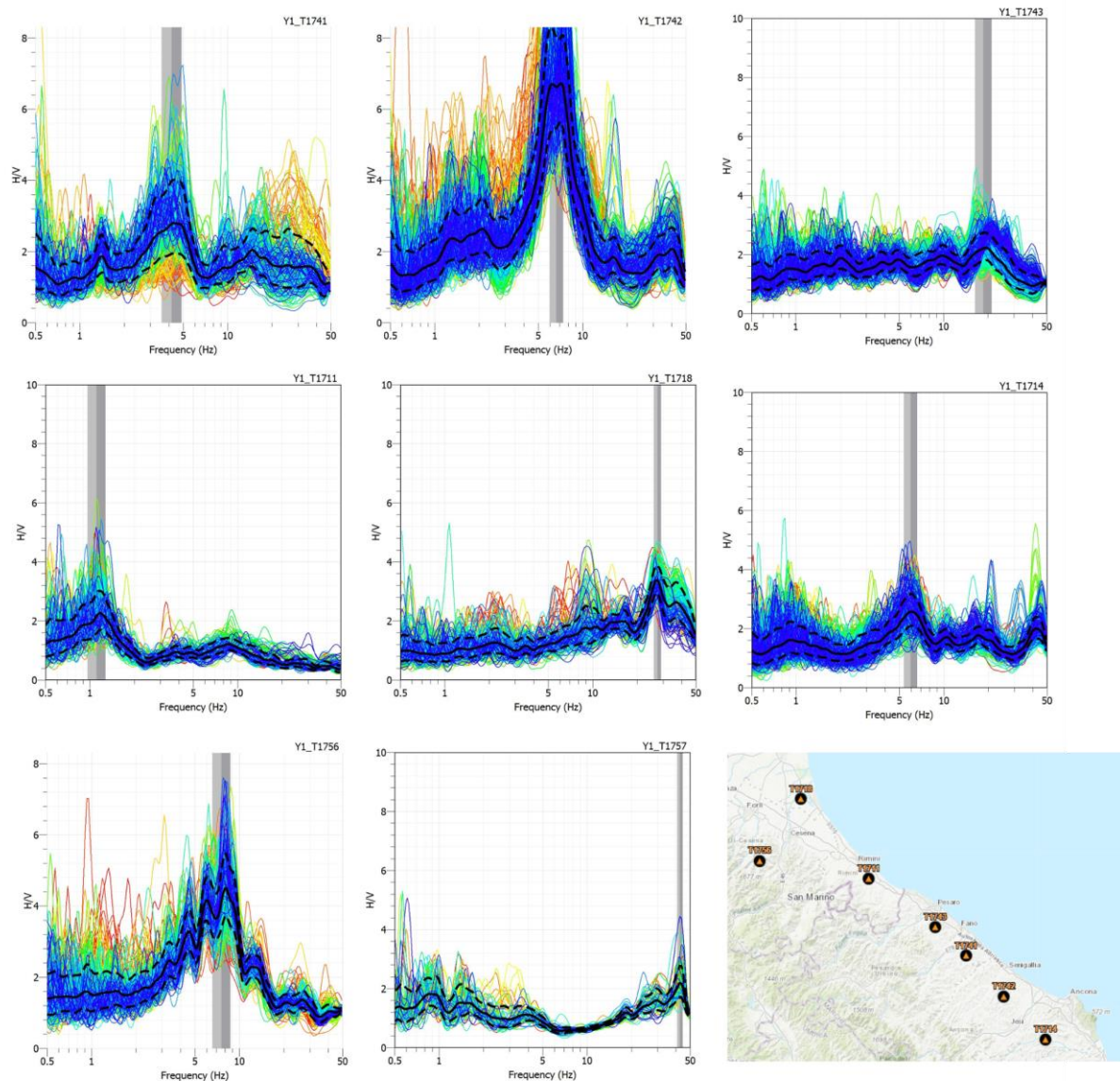


Figura 2.2. Scheda riassuntiva dell'analisi HV per le stazioni installate dal GO SISMICO: noise.



Di seguito riportiamo l'analisi per la definizione dei proxy di sito per le stazioni delle reti permanenti IV.AOI, IV.PCRO, IT.ANB, IT.SNG, IV.SENI (eseguita da Itaca Working Group).

In the following, some site information is reported for 5 stations recording the mainshock (Mw 5.5) of the 2022 Ancona sequence and the second event (ML 5.2) occurring after about 1 minute. Table 2.1 lists the collected seismological and geophysical data, while Figure 2.3 and Figure 2.4 report the empirical amplification functions and the site amplification terms, respectively. Site proxies are extracted from ITACA (<http://itaca.mi.ingv.it/>) and CRISP (<http://crisp.ingv.it/>) databases and from attenuation studies carried out in central Italy (Castro et al., 2022; Morasca et al., 2022).

Tabella 2.1 – NHV indicates noise measurements; EHV indicates the spectral ratio between response spectra; GEO: site classes inferred from geology; MEAS: site class inferred from geophysical measurements

STATIONS/PAR	IV.AOI	IV.PCRO	IT.ANB	IT.SNG	IT.SENI
ko [s]	0.0063	----	----	0.03	0.0148
f0 [Hz] - NHV	----	10Hz	----	1.2	----
f0 [Hz] - EHV		12Hz	----	2.0	2.6.
Vs30 [m/s]	----	----	----	258	242
EC8 CLASS	B-GEO	B-GEO	B-GEO	C-MEAS	C-MEAS

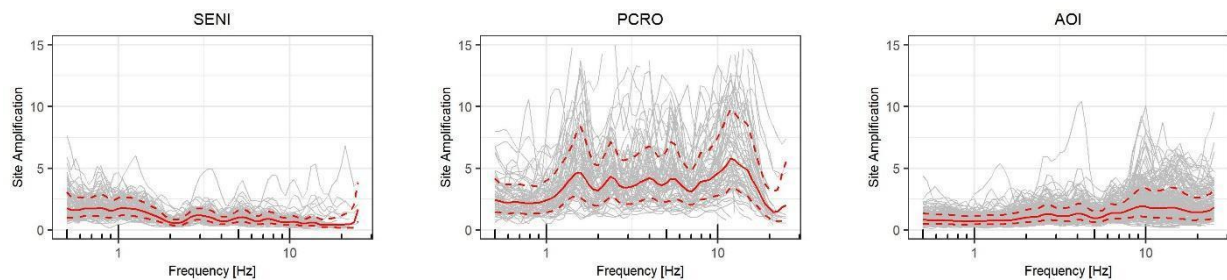


Figura 2.3. Empirical Amplification functions estimated by Generalized Inversion Technique by Morasca et al., 2022



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

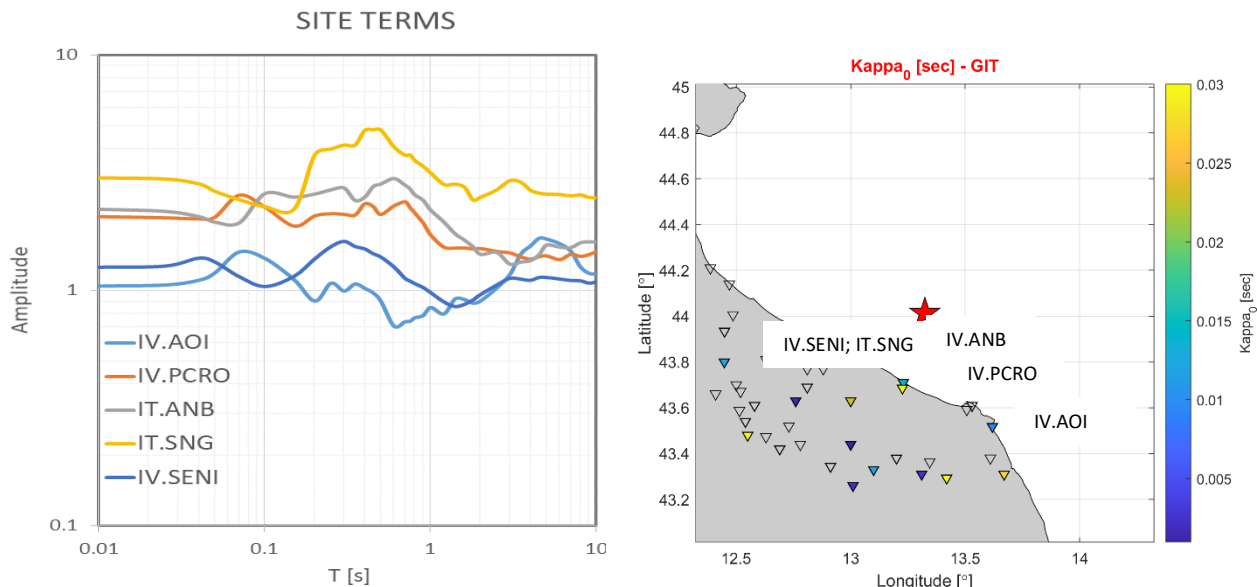


Figura 2.4 Left: Site amplification terms of acceleration response spectra, estimated by residuals analysis with respect to the reference ground motion model ITA18 (Lanzano et al., 2019) for $V_{s30} = 800\text{m/s}$. Right: Site attenuation decay kappa, estimated by amplification curves and directly from the slope of the Fourier spectra at high frequency by means of an automatic procedure (Morasca et al., 2022; Castro et al., 2022).



3. Bibliografia

Accaino, Flavio, et al. "Seismic imaging of the shallow and deep structures in the Ancona landslide area." *Italian Journal of Geosciences* 139.1 (2020): 118-130.

Castro R.R., L. Colavitti, C.A. Vidales-Basurto, F. Pacor, S. Sgobba, G. Lanzano (2022). Near-Source Attenuation and Spatial Variability of the Spectral Decay Parameter Kappa in Central Italy. *Seismological Research Letters* 2022; 93 (4): 2299–2310. doi: <https://doi.org/10.1785/0220210276>

Coltorti M., Dramis F., Gentili B., Pambianchi G., Crescenti and Sorriso-Valvo M., 1985: The december 1982 Ancona landslide: a case of deep-seated gravitational slope deformation evolving at unsteady rate. *Zeitschrift fur Geomorphologie*, N.F., 29(3), 335-345

Contratto tra il comune di Ancona area lavori pubblici U.O Geologia e l'Istituto Nazionale di Oceanografia e di Geofisica Sperimentale. Grande frana di Ancona Indagini Geofisiche e Geognostiche per l'individuazione del piede della frana di Ancona.

Crescenti, U., ed. 1986: La grande frana di Ancona del 13 dicembre 1982. *Studi Geologici Camerti*, vol. spec., 146 p.

Favali, P., et al. "The 1930 earthquake and the town of Senigallia (Central Italy): an approach to seismic risk evaluation." (1995).

Gallipoli, M. R., and M. Mucciarelli. "Comparison of site classification from VS 30, VS 10, and HVSR in Italy." *Bulletin of the Seismological Society of America* 99.1 (2009): 340-351.

Morasca, P., D'Amico, M., Sgobba, S., Lanzano, G., Colavitti, L., Pacor, F., and Spallarossa, D., 2022. Empirical correlations between a FAS non-ergodic ground motion model and a GIT derived model for Central Italy, *Geophysical Journal International*, accepted.

Mucciarelli, M., D. Albarello, and M. Stucchi. "Sensitivity of seismic hazard estimates to the use of historical site data." *Earthquake Hazard and Risk*. Springer, Dordrecht, 1996. 141-151.

Pessina, V., et al. "Seismic risk assessment of Italian seaports: the case of Ancona (Italy)." *14th World Conference on Earthquake Engineering (14 WCEE)*. 2008.

Vassallo M., G. Riccio, A. Mercuri, G. Cultrera, G. Di Giulio; HV Noise and Earthquake Automatic Analysis (HVNEA). *Seismological Research Letters* 2022; doi: <https://doi.org/10.1785/0220220115>

Stucchi, E., F. Zgur, and L. Baradello. "Seismic land-marine acquisition survey on the Great Ancona Landslide." *Near Surface Geophysics* 3.4 (2005): 235-243.

Stucchi, Eusebio, and Alfredo Mazzotti. "2D seismic exploration of the Ancona landslide (Adriatic Coast, Italy)." *Geophysics* 74.5 (2009): B139-B151.



DISCLAIMER

Esclusione di responsabilità e limiti di uso delle informazioni

L'INGV, in ottemperanza a quanto disposto dall'Art.2 del D.L. 381/1999, svolge funzioni di sorveglianza sismica e vulcanica del territorio nazionale, provvedendo all'organizzazione della rete sismica nazionale integrata e al coordinamento delle reti sismiche regionali e locali in regime di convenzione con il Dipartimento della Protezione Civile.

L'INGV concorre, nei limiti delle proprie competenze inerenti la valutazione della Pericolosità sismica e vulcanica nel territorio nazionale e secondo le modalità concordate dall'Accordo di programma decennale stipulato tra lo stesso INGV e il DPC in data 2 febbraio 2012 (Prot. INGV 2052 del 27/2/2012), alle attività previste nell'ambito del Sistema Nazionale di Protezione Civile.

In particolare, questo documento¹ ha finalità informative circa le osservazioni e i dati acquisiti dalle Reti di monitoraggio e osservative gestite dall'INGV.

L'INGV fornisce informazioni scientifiche utilizzando le migliori conoscenze scientifiche disponibili al momento della stesura dei documenti prodotti; tuttavia, in conseguenza della complessità dei fenomeni naturali in oggetto, nulla può essere imputato all'INGV circa l'eventuale incompletezza ed incertezza dei dati riportati.

L'INGV non è responsabile dell'utilizzo, anche parziale, dei contenuti di questo documento da parte di terzi e di eventuali danni arrecati a terzi derivanti dal suo utilizzo.

La proprietà dei dati contenuti in questo documento è dell'INGV.



Quest'opera è distribuita con Licenza

[Creative Commons Attribuzione - Non opere derivate 4.0 Internazionale](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/).

¹ Questo documento rientra nella categoria di livello 3 come definita nei "Principi della politica dei dati dell'INGV (D.P. n. 200 del 26.04.2016)".