



GRUPPO NAZIONALE DI GEOFISICA DELLA TERRA SOLIDA

35° CONVEGNO NAZIONALE

RIASSUNTI ESTESI DELLE COMUNICAZIONI

LECCE

22-24 novembre 2016

CASTELLO CARLO V



**ISTITUTO NAZIONALE
DI OCEANOGRAFIA E DI
GEOFISICA SPERIMENTALE**



EAGE

EUROPEAN
ASSOCIATION OF
GEOPHYSICISTS &
ENGINEERS

ITALIAN SECTION

16° CONVEGNO NAZIONALE



**UNIVERSITÀ
DEL SALENTO**



LA MICROZONAZIONE SISMICA DI 3° LIVELLO DELLE FRAZIONI DI PRETARE E PIEDILAMA (COMUNE DI ARQUATA DEL TRONTO): CARATTERIZZAZIONE GEOLOGICA E GEOFISICA PRELIMINARE

S. Catalano, S. Grassi, S. Imposa, G. Lombardo, F. Panzera, G. Romagnoli, G. Tortorici
Dip. Scienze Biologiche, Geologiche e Ambientali – Sezione di Scienze della Terra, Università di Catania

Introduzione. A seguito dell'evento sismico che il 24 agosto 2016 ha interessato il settore laziale-marchigiano della catena appenninica compreso tra i comuni di Amatrice e Arquata del Tronto, nell'ambito delle attività del Centro per la Microzonazione Sismica e le sue applicazioni finalizzate alla realizzazione degli studi di microzonazione sismica di III livello, è stato realizzato un rilievo geologico alla scala 1:5.000, integrato da numerose indagini geofisiche, nelle Frazioni di Pretare e Piedilama del comune di Arquata del Tronto. In conformità a quanto previsto dagli "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" (ICMS, 2008), la campagna di rilievi è stata mirata all'individuazione e descrizione litologica del substrato geologico e dei terreni di copertura di diversa natura, mentre le indagini geofisiche condotte hanno caratterizzato dal punto di vista sismico (e.g. Vp, Vs e frequenza fondamentale) le unità litologiche, fornendo inoltre informazioni fondamentali per una prima valutazione degli spessori dei terreni di copertura. Nella carta geologica, sono stati riportati solamente i terreni di copertura con spessore > 3 m, così come prescritto negli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.0b" (MS Gruppo di lavoro, 2015). La legenda adottata si è uniformata a quella già utilizzata in fogli geologici del Progetto CARG in aree limitrofe. I dati raccolti sono stati confrontati con precedenti rilievi della cartografia a scala 1:10.000 della regione Marche (sezioni n. 337040 "Arquata del Tronto" e n. 325160 "M. Vettore"), con dati bibliografici (Pierantoni *et al.*, 2013) e con i risultati degli studi di microzonazione sismica di I livello realizzati nell'area.

Indagini geologiche ed elaborazione della Carta geologica. Per ottenere una base cartografica geologica adeguata ai fini della realizzazione della "Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica" (CGT_MS) e conseguentemente della "Carta di Microzonazione Sismica di III livello" (MS3), si è resa indispensabile l'esecuzione di un rilevamento geologico originale, accompagnato da un'analisi aerofotogrammetrica, delle aree già interessate dagli studi di I livello. Nel rilievo si è utilizzato il criterio di suddivisione lito-stratigrafico e sono stati raccolti gli elementi utili a ricostruire le caratteristiche giaciture delle unità e la geometria delle strutture tettoniche che caratterizzano l'area. La scala adottata ha permesso di riprodurre un dettaglio delle suddivisioni litostratigrafiche del substrato e delle tipologie delle coperture adeguato agli scopi, sintetizzato nella carta geologica di Fig. 1. L'area investigata si trova al footwall del sovrascorrimento dei Monti Sibillini, alla base del fianco orientale di Monte Vettore. I due abitati sono ubicati su depositi di una paleofrana a grossi blocchi calcarei, alimentati dall'hangingwall del sovrascorrimento, che occupano il fondovalle del Fosso di Morricone, inciso nei terreni della successione flyscioide della Formazione della Laga (Ricci Lucchi, 1975; Cantalamessa *et al.*, 1980).

Il substrato geologico affiorante è attribuibile alla porzione basale della Formazione della Laga indicata nella legenda CARG come "Membro del Lago di Campotosto" (LAG4 in Fig. 1). Si tratta di depositi torbiditici silicoclastici di età messiniana all'interno dei quali, sulla base del rapporto sabbie/argille (S/A), sono state osservate tre litofacies: Associazione pelitico-arenacea (LAG4e in Fig. 1), costituita da strati sottili pelitico-arenacei con rapporto S/A < 1 in facies D2 (Ricci Lucchi, 1976) e caratterizzata da uno spessore affiorante di circa 250 m; Associazione arenaceo-pelitica II (LAG4b in Fig. 1), formata da un'alternanza di orizzonti arenaceo-pelitici, da centimetrici a decimetrici, in prevalente facies C2 con intercalati orizzonti arenacei in strati metrici in facies C1; Associazione arenacea (LAG4c in Fig. 1), caratterizzata da strati arenacei da spessi a molto spessi, amalgamati o separati da sottili intercalazioni pelitiche, con rapporto S/A > 10, in facies B1 e con spessore massimo osservato di circa 100 m.

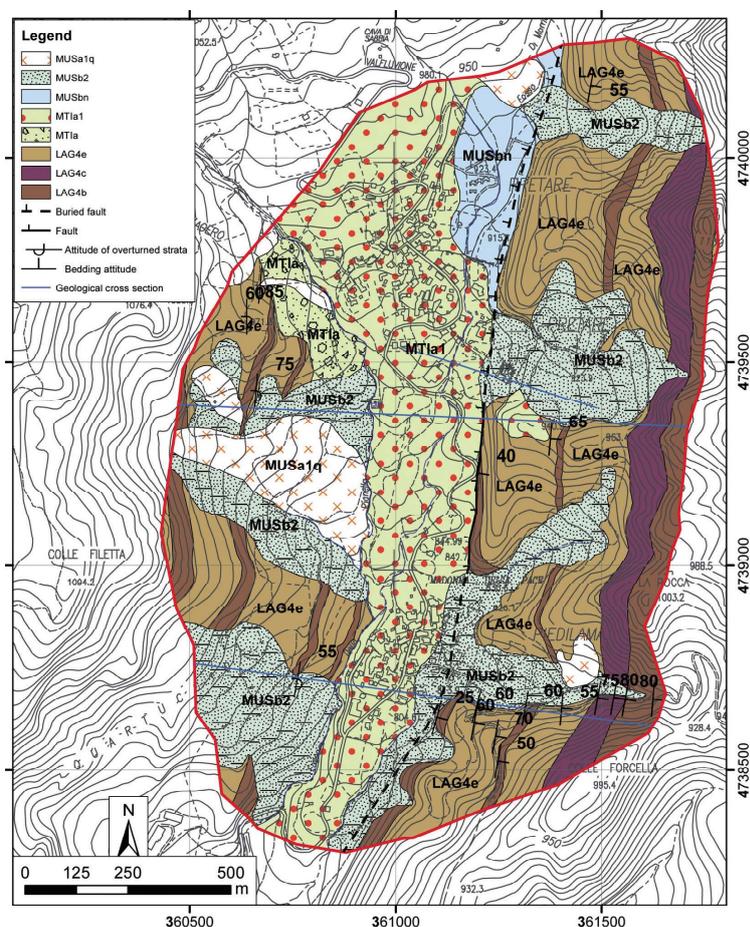


Fig. 1 – Carta geologica dell'area di Pretare-Piedilama realizzata a seguito di un rilievo alla scala 1:5.000. Per la descrizione dei litotipi vedi testo.

I terreni di copertura sono costituiti da depositi di versante, coltri eluvio-colluviali e depositi alluvionali. I depositi più antichi sono rappresentati da accumuli caotici di materiale prevalentemente carbonatico ghiaioso-sabbioso, a spigoli vivi o scarsamente arrotondati, in matrice sabbioso-limosa di colore rossastro, con intercalati livelli metrici di breccie carbonatiche localmente cementate, e contenenti blocchi di natura carbonatica da centimetrici a decimetrici, con rari blocchi metrici (MTIa in Fig. 1). Dal piede di questi depositi di versante si sviluppa la paleofrana sui cui sono ubicati i due abitati, costituita da accumuli caotici con elementi calcarei da centimetrici a plurimetrici immersi in una matrice sabbioso-limosa prevalente (MTIa1 in Fig. 1). Alla base del versante in sinistra orografica, i depositi della paleofrana sono modellati dal bordo interno di depositi alluvionali terrazzati (MUSbn in Fig. 1), di natura prevalentemente sabbioso-limosa con rari ciottoli scarsamente arrotondati, che si sviluppano lungo il corso d'acqua principale. Lungo i fianchi della valle si riconoscono inoltre vasti tratti di coltri eluvio-colluviali (MUSb2 in Fig. 1), costituite da depositi prevalentemente limoso-argillosi con sabbia e clasti sparsi di dimensioni comprese tra il granulo e il ciottolo, con spessori superiori ai 3 m. A est di Piedilama si riconosce l'appoggio della coltre colluviale su depositi alluvionali di fondovalle con clasti di dimensioni centimetrico-decimetrici. Infine, sono stati riconosciuti depositi di frana senza indizi di evoluzione (MUSa1q in Fig. 1), costituiti da accumuli caotici di elementi poco arrotondati di arenarie e peliti, immersi in una matrice sabbioso-limosa.

Dal punto di vista strutturale, la successione flyscioide affiorante in sinistra orografica del Fosso Morricone costituisce una struttura monoclinale orientata N5-10, immergente verso est con inclinazioni generalmente superiori a 60°. La monoclinale rappresenta il fianco occidentale della vasta sinclinale che si sviluppa nelle aree orientali in direzione di Acquasanta Terme. In destra orografica del Fosso di Morricone, è esposto il fianco rovescio di una anticlinale con asse orientato N5-10 con vergenza orientale, la cui chiusura è stata riconosciuta immediatamente a nord di Pretare, in direzione dell'abitato di Montegallo. Le successioni esposte nei due fianchi della valle sono messe a contatto lungo una faglia normale, orientata circa N5-10, parallelamente alla direzione dominante degli strati, ed immergente verso ovest, che controlla il piede del versante in sinistra orografica del Fosso di Morricone. La faglia, i cui dettagli sono descritti in Catalano et al. (questo volume), è marcata da una serie di faccette trapezoidali, resti di una ripida scarpata rettilinea, e rigetta di circa 50 m i depositi della paleofrana, in gran parte conservati all'hanginwall della faglia, ma riconosciuti anche in un lembo rialzato al footwall della struttura, nei pressi del cimitero di Pretare.

Indagini geofisiche. Nel corso della campagna di rilevamento sono state effettuate 74 misure di rumore ambientale, 4 MASW, 4 ReMi e una tomografia sismica (Fig. 2), al fine di delineare un quadro preliminare della risposta sismica locale dei principali litotipi affioranti nell'area di studio.

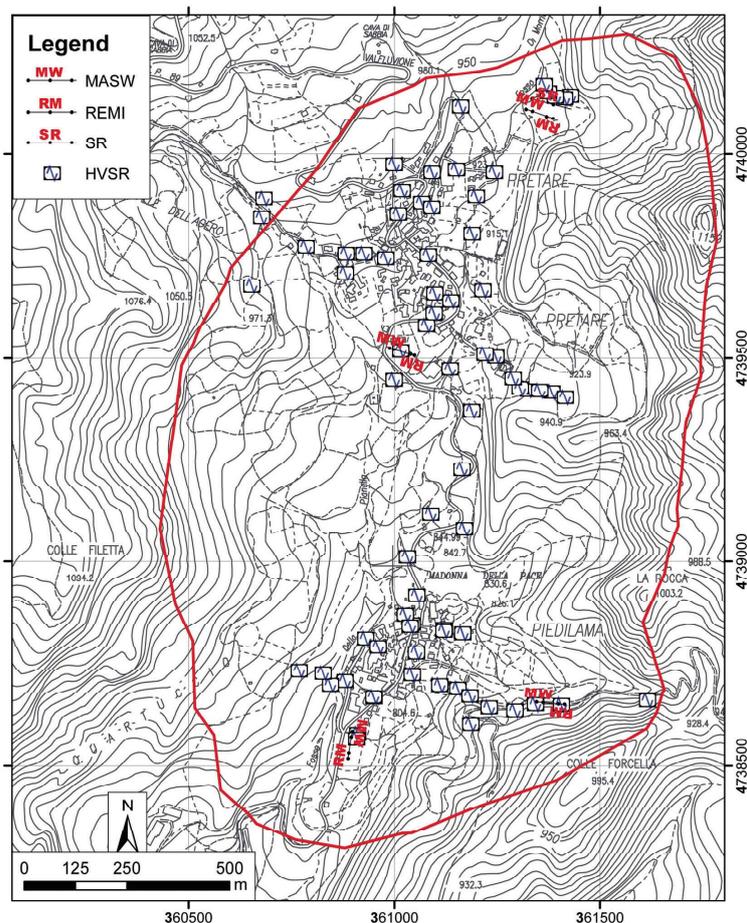


Fig. 2 – Carta delle indagini realizzata secondo gli “Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – versione 4.0b” .

I siti oggetto delle misure di rumore ambientale sono stati scelti, compatibilmente con l'accessibilità dei luoghi, in maniera da garantire una copertura dell'area quanto più omogenea possibile. Il rumore ambientale è stato campionato con una frequenza di 128 Hz, per una durata di 20 minuti, utilizzando sei velocimetri a 3 componenti (Tromino). La misura ottenuta ad ogni sito è stata elaborata con la tecnica HVSR, suddividendo il segnale in finestre temporali di 20 secondi. Per ciascuna finestra, dopo aver calcolato la FFT applicando uno *smoothing* triangolare del 10%, è stato determinato il rapporto tra la componente orizzontale e verticale. Successivamente, tramite un'analisi della stabilità temporale dell'HVSR, sono state rimosse dalla media delle finestre quelle contenenti transienti o disturbi (e.g. in Fig. 3).

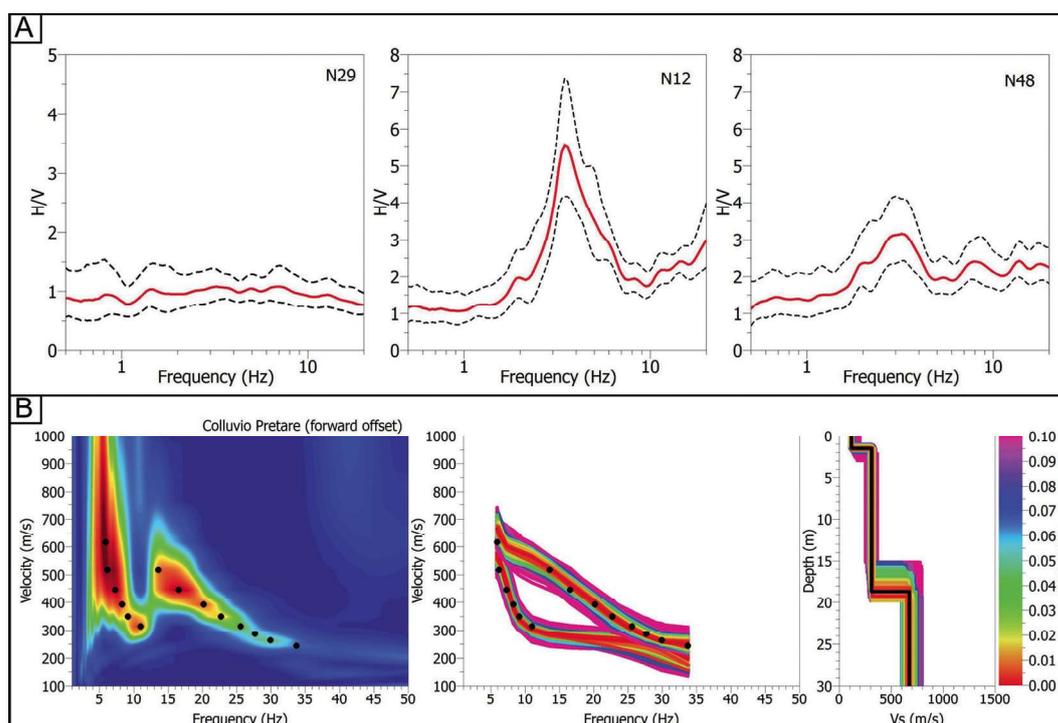


Fig. 3 – A) Esempi di indagini HVSR effettuate nell'area investigata; B) Esempio di curva di dispersione delle onde superficiali ottenuta tramite tecnica MASW e relativo profilo di velocità ricavato mediante processo di inversione.

Queste indagini hanno consentito di individuare le frequenze fondamentali dei principali litotipi affioranti al di sotto degli abitati di Pretare e Piedilama. Le indagini HVSR hanno permesso di identificare, all'interno della valle, un picco di frequenza variabile tra 3.5 e 3.8 Hz riconducibile molto probabilmente al contrasto di velocità presente tra il substrato flyscioide ed il sovrastante corpo di frana. I rapporti spettrali hanno altresì messo in evidenza anche altre frequenze di vibrazione (> 4.0 Hz), le quali potrebbero essere attribuibili, per la sua estrema eterogeneità, a discontinuità all'interno del corpo di frana (es. grossi blocchi)

L'ubicazione delle 4 MASW è stata determinata al fine di avere una conoscenza preliminare delle velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio nelle principali unità litologiche con le quali comporre il modello di sotto suolo. Due di esse sono state eseguite sul corpo della paleofrana (MTIa1), in corrispondenza delle frazioni di Pretare e Piedilama, una è stata misurata sulle successioni flyscioidi (LAG4e), interpretate quale *bedrock* sismico dell'area di studio, e una sui depositi colluviali (MUSb2) a NE dell'abitato di Pretare.

Per tali indagini è stato utilizzato un sismografo a 25 canali Soilspy Rosina, attrezzato con geofoni verticali con frequenza propria 4.5 Hz. Gli stendimenti, di 18 canali, con distanza intergeofonica 4 m hanno coperto una lunghezza di 72 m. I punti di battuta sono stati ubicati a 5 metri dagli estremi dello stendimento, utilizzando come sorgente una mazza di 8 kg. Utilizzando il medesimo stendimento delle MASW sono stati inoltre registrati 20 minuti di noise ambientale elaborati con la tecnica REMI.

I valori di velocità delle V_s , ottenuti tramite l'esecuzione di indagini MASW e ReMi, possono essere correlati alle tre principali litologie. La prima è rappresentata dal substrato flyscioide caratterizzato da V_s superiori ai 600-700 m/s; la seconda è riconducibile ai depositi della paleofrana con velocità delle onde S tra 300-400 m/s; la terza è infine attribuibile ai depositi colluviali, con V_s tra i 250-300 m/s.

Mettendo insieme i dati di frequenza ottenuti dall'indagine HVSR e di velocità delle onde S, applicando la formula empirica $F_0 = V_s / 4H$, dove F_0 è la frequenza fondamentale stimata tramite HVSR e H lo spessore dei sedimenti soffici sovrastanti il *bedrock*, si può considerare uno spessore massimo della paleofrana, al di sotto degli abitati di Pretare e Piedilama variabile tra 20 e 25 metri.

Infine, a NE dell'abitato di Pretare è stata effettuata anche una tomografia sismica attraverso la traccia sepolta della faglia rilevata nell'area. A tal fine sono stati utilizzati tutti i 25 canali del sismografo per una lunghezza dello stendimento di 100 m. I punti battuta, per un totale di 9, sono stati posizionati a -10 m, -5 m, 0 m, 25 m, 50 m, 75 m, 100 m, 105 m e 110 m dal primo geofono. L'elaborazione tomografica effettuata mediante software SeisOpt@2D si è rivelata utile a confermare la presenza della faglia con chiara dislocazione degli elementi topografici in sinistra orografica del Fosso di Morricone (v. anche Catalano *et al.*, questo volume).

Conclusioni. Le indagini geologiche e geofisiche condotte nelle frazioni di Piedilama e Pretare del comune di Arquata del Tronto evidenziano aree suscettibili di amplificazione del moto sismico, determinate dal contrasto di impedenza tra i potenti accumuli di paleofrana ed il substrato geologico di natura flyscioide. In questo quadro generale, nella realizzazione degli studi di microzonazione di III livello dovranno essere valutati gli effetti della presenza di grossi blocchi calcarei all'interno dei depositi caotici della paleo frana e la variabilità delle caratteristiche litotecniche del substrato geologico, connessa alla presenza nel sottosuolo dei due abitati, di potenti bancate arenacee all'interno di una successione di natura pelitico-arenacea a giacitura subverticale.

Bibliografia

- Cantalamesa G., Centamore E., Chiocchini U., Di Lorito L., Leonelli M., Micarelli A., Pesaresi A., Potetti M., Taddei L. and VENANZINI D.; 1980: *Analisi tettonico-sedimentaria dei «bacini minori» torbiditici del Miocene medio-superiore nell'Appennino umbro-marchigiano e laziale-abruzzese: 9) Il bacino della Laga tra il F. Fiastrone-T. Fiastrella ed il T. Fluvione*. Studi Geol. Camerti, 6, 81-133.
- Gruppo di lavoro MS; 2008: *Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3° Vol. e DVD.
- Gruppo di lavoro MS; 2015: *Microzonazione Sismica. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica*. versione 4.0b.
- Ricci Lucchi F.; 1975: *Miocene paleogeography and basin analysis in Periadriatic Apennines*. Reprinted from Geology of Italy. P.E.S.L., Tripoli.
- Ricci Lucchi F.; 1978: *Sedimentologia – Parte III*. CLUEB Editrice, Bologna.
- Pierantoni P., Deiana G. and Galdenzi S.; 2013: *Stratigraphic and structural features of the Sibillini Mountains (Umbria-Marche Apennines, Italy)*. Ital. J. Geosci. (Boll. Soc. Geol. It.), 132 (3), 497-520. doi: 10.3301/IJG.2013.08.