



PDR 2015 COMUNE DI FANO ADRIANO

Piano di Ricostruzione

Legge n. 77/2009 e Decreto del Commissario Delegato per la Ricostruzione n. 3/2010

MICROZONAZIONE SISMICA

MICROZONAZIONE SISMICA



Il Sindaco
Adolfo MORICONI

Il Segretario Comunale
dott.ssa Serena TAGLIERI

Il Responsabile Area Tecnica
geom. Gianpiero QUARANTA

Co.Co.Co. ai sensi dell'OPCM 3771/2009
ing. Berardo CIAMPANA

GRUPPO DI LAVORO

Responsabile contrattuale

Urb. Raffaele GEROMETTA

Coordinamento attività

Arch. Carlo SANTACROCE
Arch. Rudi FALLACI

Pianificazione urbanistica

Urb. Laura GATTO
Urb. Fabio VANIN

Beni culturali

Arch. Simona GRECO
Geom. Marilida HALLIEV

Strutture edifici e rilievo del danno

Ing. Alessandro SANNA
Ing. Mauro PERINI

Progetti Pilota

Arch. Domenico DIENI
Arch. Elisa SAMSA

Ambiente e paesaggio

Dott. Agr. Fabio TUNIOLI
Dott. For. Giovanni TRENTANOVI

Valutazione economico finanziaria piani e progetti

Arch. Emanuela BARRO
Urb. Daniele RALLO

Geologia e Idraulica

Dott. Geol. Gino LUCCHETTA
Ing. Lino POLLASTRI

Valutazione Ambientale

Ing. Elettra LOWENTHAL
Dott. Amb. Lucia FOLTRAN
Ing. Chiara LUCIANI

Partecipazione, economia e marketing territoriale

Dott. Paolo TREVISANI
Urb. Valeria POLIZZI

Sistema Informativo Territoriale

Urb. Lisa DE GASPER
Urb. Matteo LARESE GORTIGO

MATE Engineering

Sede legale: Via San Felice, 21 - 40122 - Bologna (BO)
Tel. +39 (051) 2912911 Fax. +39 (051) 239714

Sede operativa: Via Treviso, 18 - 31020 - San Vendemiano (TV)
Tel. +39 (0438) 412433 Fax. +39 (0438) 429000

e-mail: mateng@mateng.it



REGIONE ABRUZZO
Comune
Fano Adriano
(Provincia di Teramo)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA
STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA I° LIVELLO
“Attuazione dell’articolo 11 della legge 24 giugno 2009 n° 77
Attività di prevenzione del rischio sismico - Microzonazione sismica
territoriale regionale - Progetto cofinanziato con fondi Comunitari
POR-FESR Abruzzo 2007-2013-Attività IV.3.1.”

Il Collaboratore
Geol. Pinuccio D’Aquila

Il tecnico incaricato
Geol. Stefania Di Felicianantonio

Fano Adriano, Febbraio 2014

1/27

INDICE

INDICE.....	2
1. INTRODUZIONE.....	3
2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	3
3. ASSETTO GEOLOGICO E ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	7
ASSETTO GEOLOGICO FANO ADRIANO.....	7
ASSETTO GEOLOGICO CERQUETO	9
ASSETTO GEOMORFOLOGICO.....	10
ASSETTO GEOMORFOLOGICO FANO ADRIANO.....	11
ASSETTO GEOMORFOLOGICO CERQUETO.....	12
4. DATI GEOTECNICI E SISMICI	14
FANO ADRIANO	15
CERQUETO.....	18
5. MODELLO DI SOTTOSUOLO.....	20
MODELLO SOTTOSUOLO FANO ADRIANO.....	21
MODELLO SOTTOSUOLO DI CERQUETO	21
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	22
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONI E RISULTATI.....	22
8. ELABORATI CARTOGRAFICI.....	23
9. BIBLIOGRAFIA.....	25

1. INTRODUZIONE

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Fano Adriano è stato realizzato lo studio di microzonazione sismica di I livello, come da programma regionale di mitigazione del rischio O.P.C.M. n.3907 del 13/11/2010-DGR n.33 del 20/05/2011.

Il livello I costituisce lo studio propedeutico obbligatorio e di importanza fondamentale per i successivi livelli di approfondimento II e III.

Lo studio ha come obiettivo la riduzione del rischio sismico attraverso la valutazione della pericolosità sismica locale individuando le zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo.

La microzonazione sismica individua:

- zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida pianeggiante, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- zone in cui il moto sismico viene modificato (in genere amplificato) rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida pianeggiante a causa delle caratteristiche litostratigrafiche, strutturali e geomorfologiche del territorio;
- zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio, indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazione, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali).

L'area oggetto di studio comprende l'abitato del capoluogo Fano Adriano e l'abitato di Cerqueto. Le aree ricadono nella Tavoletta "Pietracamela" Foglio n°140 IV SO della carta d'Italia 1:25.000.

Le fasi di svolgimento del lavoro possono essere riassunte dai seguenti punti:

- raccolta bibliografia esistente;
- raccolta, organizzazione e informatizzazione dei dati preesistenti (sondaggi geognostici, indagini sismiche, prove penetrometriche ecc.);
- rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio;
- misurazioni dirette attraverso registrazioni strumentali dei microtremori utilizzando la "tecnica di Nakamura";
- elaborazioni 3D in ambiente GIS atte oltre che a fornire ulteriori elaborati grafici, anche a permettere una più efficace trasposizione degli elementi territoriali, sulla base cartografica.

2. PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La pericolosità sismica di base descrive la probabilità che in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento V_r espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato; la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" (P_{vr}).

La pericolosità sismica di base è rappresentata da:

- accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria A), con superficie topografica orizzontale (categoria T1);
- spettro di risposta elastico isoprobabile in accelerazione (componente orizzontale) in condizioni di campo libero su sito rigido (suolo A) con superficie topografica orizzontale.

Ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in amplificazione dello spettro in accelerazione;
- T*c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Valori dei parametri ag, Fo, Tc* per i periodi di ritorno Tr di riferimento			
Tr (anni)	ag (g)	F0 (-)	Tc* (s)
30	0,073	2,384	0,276
50	0,094	2,361	0,287
72	0,113	2,328	0,292
101	0,132	2,305	0,300
140	0,153	2,288	0,314
201	0,178	2,298	0,320
475	0,245	2,358	0,341
975	0,314	2,396	0,358
2475	0,425	2,450	0,375

I dati scaricabili dal sito internet dell'INGV comprendono mappe di ag e accelerazioni spettrali sui nodi del reticolo di riferimento con maglia avente passo < 10 Km nell'interno di riferimento per:

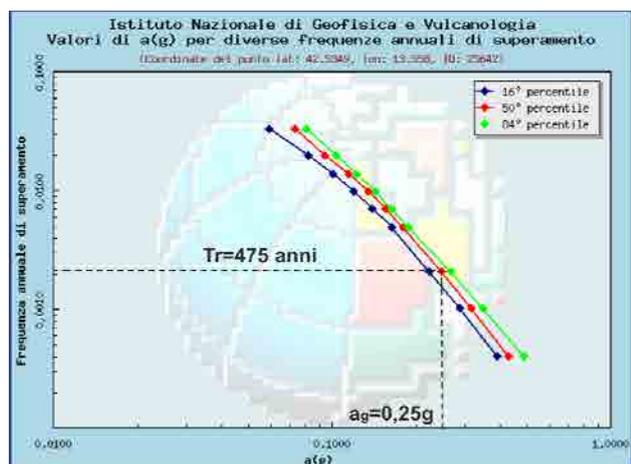
- 10751 nodi del territorio nazionale con maglia di passo 0,05°;
- 9 periodi di ritorno Tr= 30-50-72-101-140-201-475-975-2475 anni;
- 11 periodi strutturali T=0-0,1-0,15-0,20-0,30-0,40-0,50-0,75-1,0-1,50-2,0 sec;
- 3 livelli di affidabilità 16mo-50mo-84mo.

Valori di accelerazione massima del suolo* associati a Tr = 475 anni (probabilità di eccedenza 10% in 50 anni) riferiti a suoli rigidi (Vs30 > 800 m/s)					
ID	LONGITUDINE	LATITUDINE	ag 0,50	ag 0,16	ag 0,84
164248	13,2024	42,3350	0,2534	0,2301	0,2809
164249	13,2296	42,3350	0,2557	0,2324	0,2835
164250	13,2568	42,3351	0,2574	0,2342	0,2840
164251	13,2840	42,3352	0,2586	0,2354	0,2844
164252	13,3112	42,3352	0,2594	0,2363	0,2846
164253	13,3384	42,3352	0,2601	0,2370	0,2847

*I valori di ag sono forniti dal Gruppo di Lavoro MPS(2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, Aprile 2004, 65pp.+5appendici.

Le mappe probabilistiche della pericolosità sismica nel territorio in esame, come precedentemente detto, è espressa con diversi parametri dello scuotimento su una griglia regolare a passo 0.05°.

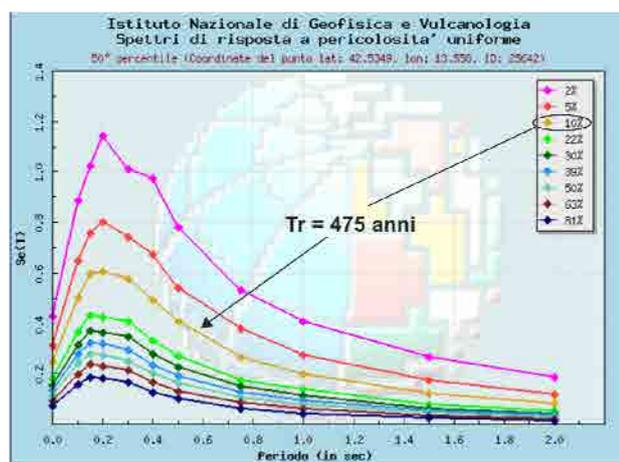
Le mappe di a(g) (v. Fig.1) sono state calcolate per differenti probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%). Per ogni stima è disponibile la distribuzione 50mo percentile (mappa mediana, mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo che indicano la variabilità delle stime.



Frequenza annuale di superamento	a(g) (Coordinate del punto lat: 42.5349, lon: 13.558, ID: 25642)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.3895	0.4267	0.4883
0.0010	0.2869	0.3149	0.3451
0.0021	0.2227	0.2459	0.2653
0.0050	0.1626	0.1791	0.1877
0.0071	0.1391	0.1545	0.1628
0.0099	0.1192	0.1339	0.1424
0.0139	0.1001	0.1142	0.1224
0.0200	0.0818	0.0937	0.1033
0.0333	0.0591	0.0735	0.0803

Fig.1 Determinazione delle curve di pericolosità

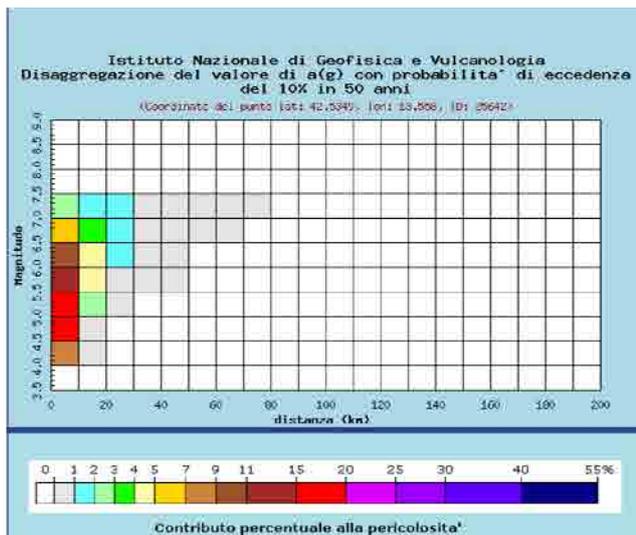
Le mappe Se (T) (v. Fig.2) sono state calcolate per le stesse probabilità di superamento in 50 anni (in totale 9, dal 2% all'81%) e per differenti periodi (in totale 10, da 0.1 a 2 secondi). Per ogni stima è disponibile la distribuzione del 50mo percentile (mappa mediana, che è la mappa di riferimento per ogni probabilità di superamento) e la distribuzione del 16mo e dell'84mo percentile che indicano la variabilità delle stime.



Prob. di ecc. in 50 anni	Spettri di risposta a pericolosità uniforme 50° percentile (Coordinate del punto lat: 42.5349, lon: 13.558, ID: 25642)										
	Periodo (in sec)										
	0.00	0.10	0.15	0.20	0.30	0.40	0.50	0.75	1.00	1.50	2.00
2%	0.4267	0.8864	1.0204	1.1420	1.0089	0.9730	0.7799	0.5294	0.4076	0.2647	0.1866
5%	0.3149	0.6466	0.7544	0.8015	0.7404	0.6721	0.5386	0.3772	0.2737	0.1716	0.1166
10%	0.2459	0.4983	0.5962	0.6031	0.5740	0.4927	0.4059	0.2637	0.1991	0.1193	0.0787
22%	0.1791	0.3649	0.4305	0.4243	0.4066	0.3286	0.2710	0.1722	0.1357	0.0761	0.0513
30%	0.1545	0.3134	0.3713	0.3638	0.3442	0.2759	0.2258	0.1469	0.1113	0.0623	0.0418
39%	0.1339	0.2768	0.3233	0.3162	0.2948	0.2344	0.1906	0.1239	0.0927	0.0523	0.0343
50%	0.1142	0.2420	0.2788	0.2723	0.2514	0.1993	0.1595	0.1037	0.0758	0.0425	0.0284
63%	0.0937	0.1979	0.2370	0.2306	0.2116	0.1662	0.1299	0.0857	0.0609	0.0341	0.0210
81%	0.0735	0.1583	0.1869	0.1797	0.1632	0.1258	0.0992	0.0596	0.0419	0.0238	0.0129

Fig.2 Spettri a pericolosità uniforme per diversi Tr

La disaggregazione (v. Fig 3) valuta i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito e fornisce la coppia Magnitudo-Distanza che contribuisce maggiormente alla pericolosità (terremoto di scenario). Per ogni singolo nodo della griglia di riferimento c'è l'analisi di disaggregazione della relativa a(g).



Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni
(Coordinate del punto lat: 42.5349; lon: 13.888; ID: 29612)

Distanza in km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	7.050	19.300	10.400	14.600	9.650	5.200	2.000	0.900	0.000	0.000
10-20	0.000	0.000	0.000	0.000	0.563	1.200	2.340	1.020	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.020	0.253	0.488	0.481	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.155	0.219	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.022	0.009	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.013	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi

Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.810	7.670	0.915

Fig. 3 Disaggregazione

Gli eventi sismici che hanno caratterizzato il territorio di Fano Adriano sono focalizzati in corrispondenza delle sorgenti epicentrali localizzate nelle lineazioni tettoniche attive dell'appennino. Di seguito sono riportati gli eventi sismici avvenuti nel passato con il valore della magnitudo e la distanza dall'epicentro (Km)

data	MAG	zona	dist. in km
1) 26/09/1969	4,52	Tossicia	5,10
2) 21/07/1963	4,85	Amatrice	19,16
3) 01/01/1959	4,83	Torricella Sicura	14,26
4) 24/06/1958	5,17	Fossa	24,09
5) 07/10/1956	4,83	Pietracamela	6,55
6) 08/08/1951	5,28	Rocca Santa Maria	16,92
7) 05/09/1950	5,73	Isola del Gran Sasso d'Italia	10,55
8) 12/03/1950	5,17	Accumoli	28,73
9) 12/08/1938	5,01	Cagnano Amiterno	29,25
10) 09/09/1911	4,83	L'Aquila	23,47
11) 28/05/1911	4,83	L'Aquila	23,47
12) 22/12/1910	5,17	Accumoli	28,73
13) 16/03/1909	4,63	Pietracamela	3,10
14) 16/01/1908	4,83	L'Aquila	25,14
15) 05/02/1906	4,83	Capitignano	19,59
16) 29/01/1906	4,63	Valle Castellana	23,92
17) 10/08/1900	4,83	Torricella Sicura	14,26
18) 30/06/1895	4,83	Poggio Picenze	24,35
19) 08/07/1888	5,17	Teramo	21,57
20) 27/01/1887	4,83	L'Aquila	26,84
21) 07/11/1883	5,15	Accumoli	26,66
22) 24/02/1874	4,63	L'Aquila	25,14
23) 10/06/1848	4,83	L'Aquila	26,29
24) 14/08/1809	4,83	L'Aquila	24,70
25) 00/01/1791	5,37	L'Aquila	24,70

3. ASSETTO GEOLOGICO E ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

Assetto geologico

L'area oggetto di studio è situata nei pressi del fronte di accavallamento del Gran Sasso e di conseguenza ha subito, già a partire dal Pliocene, un forte stress tettonico legato al sollevamento della catena.

Nel dettaglio, l'area è ubicata sul fianco occidentale della terminazione periclinale della struttura anticlinale del Montagnone con asse circa Nord-Sud.

I versanti interessati dai nuclei abitati di Fano Adriano e della frazione di Cerqueto presentano un assetto stratigrafico a franapoggio, favorendo di conseguenza fenomeni gravitativi.

L'innesco di fenomeni gravitativi sono stati determinati da diversi fattori: la presenza di discontinuità nella massa rocciosa (giunti di stratificazione, fratture tettoniche), l'azione erosiva degli agenti esogeni e soprattutto il recente sollevamento dell'area che ha prodotto come effetto una elevata energia di rilievo.

Il substrato geologico dell'area è caratterizzato da litotipi ascrivibili al Miocene caratterizzati prevalentemente da depositi marnoso-calcarenici e da torbiditi silicoclastiche depositatesi nel bacino di avanfossa strutturata anteriormente alla catena del Gran Sasso.

Nei pressi dell'abitato di Fano Adriano, sovrapposte a tali litotipi, in discordanza stratigrafica, si ritrovano in affioramento dei banconi di brecce compatte e molto alterate da carsismo, ascrivibili a depositi fluvio-glaciali Plio-Pleistocenici.

La successione continentale (UGQ) è caratterizzata prevalentemente da depositi di frana presenti sia nell'abitato di Cerqueto che in quello di Fano Adriano, e sono costituiti da accumuli caotici di grossi blocchi calcarei e calcarei-marnosi con matrice più o meno abbondante sabbiosa-argillosa; le dimensioni dei blocchi sono anche superiori al metro. Lo spessore è molto variabile.

Assetto geologico Fano Adriano

L'unità geologica marina dell'area dell'abitato di Fano Adriano è costituita prevalentemente dalla Formazione della Laga, e specificatamente da alternanza regolare di orizzonti arenacei tabulari in strati spessi ed orizzonti arenaceo-pelitici in strati medi, corrispondente al Membro del Lago di Campotosto (LAG4c) (Centamore et alii 1991); gli affioramenti di tali depositi si trovano principalmente ad ovest dell'abitato e a sud nella porzione sommitale del versante (v. Fig 1).

Sottostante la formazione della Laga in successione stratigrafica ad est dell'abitato affiorano le Marne con Cerrognà caratterizzata da due distinte litofacies:

litofacies marnosa-calcarenica (CRRa) costituita da marne, marne-calcaree grigie e grigio-avane, e marne-argillose a foraminiferi planctonici, con intercalazioni di calcareniti in strati medi a granulometria da molto fine a media;

litofacies calcarenitico-calciruditica (CRRb) costituita da calcareniti e calciruditi flussotorbiditiche in strati medi e banchi, di colore grigio e nocciola, con resti spongolitici e glauconite rimaneggiata, e marne calcaree di colore grigio. L'ambiente di deposizione è di rampa distale-avampaese.

Tra le due formazioni in sequenza stratigrafica, anche se non affiorante, è presente l'unità geologica marina delle Argille ad Orbulina (v. sezioni AA'-BB'-CC'), costituite da marne argillose e siltiti marnose di colore grigio-azzurro sottilmente stratificate, ricche in foraminiferi planctonici, con rare e sottili intercalazioni pelitico-arenacee. Lo

spessore è compreso tra 10 e 30 metri. L'ambiente di deposizione è di rampa distale e avampaese.

Nella zona sud-est dell'abitato affiorano, in discordanza stratigrafica tra La Formazione della Laga e le Marne con Cerrognna, i depositi continentali del pleistocene medio denominati "Sintema di Pietracamela"(v. Fig. 1 e 2), di origine glaciale, costituiti da depositi eterometrici dai blocchi a silts, da angolosi a subarrotondati, da grossolanamente a finemente stratificati, con quantità variabili di matrice siltosa calcarea, molto cementati.

Il substrato presenta generalmente un andamento a franapoggio, immergente verso Nord-ovest con inclinazione circa 10°. Le giaciture misurate negli affioramenti posti nell'area sud dell'abitato sono caratterizzate da un andamento sub-orizzontale con inclinazione compresa tra 3°-10°immergenti verso nord-ovest.

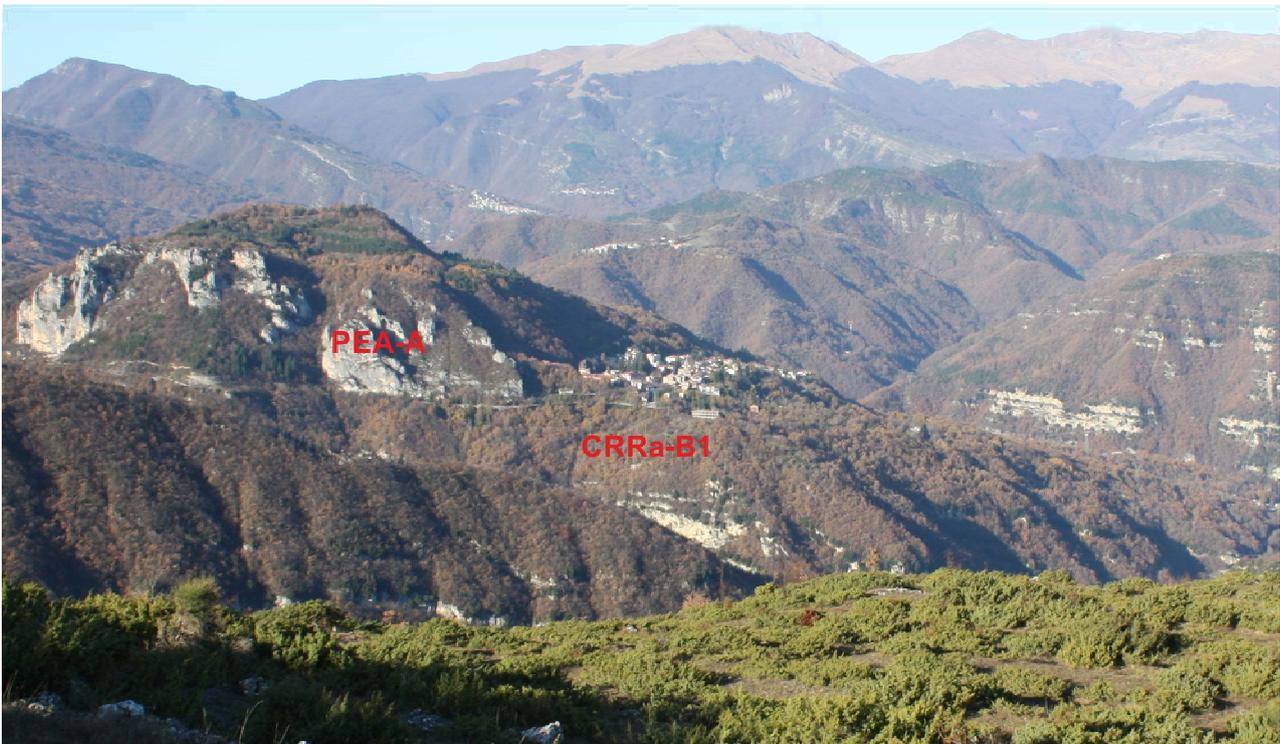


Figura 1. Abitato di Fano Adriano (zona est). E' possibile osservare (in basso al centro) la disposizione a franapoggio degli strati del substrato "Marne con Cerrognna (CRRa-B1)" e in alto a sinistra le breccie stratificate (PEA-A).



Figura 2- Zona sud-est di Fano Adriano - In alto a sinistra Formazione della Laga (LAG4c) – In alto a destra “Sintema di Pietracamela”(PEA-A).

Assetto geologico Cerqueto

L'unità geologica marina dell'area di Cerqueto è rappresentata dalle “Marne con Cerrognà”. La litofacies CRRb affiora nella parte est dell'abitato in corrispondenza del Fosso Rio San Giacomo (v. Fig.3), mentre la litofacies CRRa affiora a sud-ovest in corrispondenza del Fosso Rio Ferroni (v. Fig.4). Quest'ultimo affioramento si presenta molto tettonizzato, con accavallamenti alla scala mesostrutturale, le fratture sono tutte serrate o chiuse da riempimenti calcitici; lo spessore affiorante di tale formazione supera la decina di metri (v. Fig.4).

Il substrato presenta generalmente un andamento a franapoggio, immergente verso nord-ovest con inclinazione compresa tra 5°-10° (v. sezioni DD' EE'). Le sezioni sono state tracciate interpolando le giaciture misurate negli affioramenti posti nell'area est dell'abitato con quelle riportate nel CARG le cui inclinazioni sono risultate leggermente maggiori.



Figura 3- Fosso Rio San Giacomo– Alternanze di banchi calcarenitici e marne grigio-verdastre.



Figura 4- Fosso Rio Ferroni
“Marne con Cerrognà”
tettonizzate.



Figura 5 – Zona est di Cerqueto.
Alternanze calcareniti e marne.



Figura 6 – Zona est di Cerqueto.
Slumping all’interno delle Calcareniti.

Assetto geomorfologico

Le Unità Geologiche del Quaternario sono costituite prevalentemente da depositi di frana: accumuli caotici e grossi blocchi calcarei e calcareo marnosi con matrice più o meno abbondante; le dimensioni dei blocchi possono essere anche superiori al metro.

L’evoluzione geomorfologica dell’area risulta condizionata sia dalla natura litologica e dall’assetto strutturale delle formazioni geologiche affioranti, sia dai fenomeni di sollevamento che hanno interessato l’area a partire già dal Pliocene.

Proprio al recente sollevamento dell’area, che ha favorito e permesso l’erosione valliva, sono da ricondurre i numerosi fenomeni gravitativi riscontrati nell’area stessa; tale erosione ed il relativo recente e veloce sollevamento, è testimoniato dalla profonda valle che separa l’abitato di Fano Adriano e Cerqueto, che verosimilmente si dev’essere strutturata successivamente alla messa in posto delle breccie stratificate.

Il controllo litologico-strutturale sul modellamento del territorio è d’altronde evidente. Le morfologie più aspre e le valli più strette ed incassate si riscontrano in

corrispondenza delle litologie più resistenti all'erosione e/o a reggipoggio; dove invece prevalgono le formazioni più erodibili e/o a franapoggio, le morfologie risultano più dolci, le valli più ampie ed i versanti meno acclivi.

I processi morfogenetici predominanti sono da ricondurre principalmente all'azione della gravità (variamente evoluti) e subordinatamente legati all'azione delle acque correnti superficiali.

Le forme, i depositi ed i processi legati alle acque correnti superficiali sono limitate a deboli spessori di depositi colluviali variamente distribuiti e a fenomeni di ruscellamento diffuso e concentrato ivi distribuito lungo le linee di impluvio.

Assetto geomorfologico di Fano Adriano

L'abitato di Fano Adriano ricade su un ripiano morfologico ad una quota di circa 750 m s.l.m. attribuibile ad un fenomeno gravitativo complesso in destra idrografica del Fiume Vomano ed in sinistra idrografica del Rio Arno. L'assetto geomorfologico è fortemente condizionato dall'assetto strutturale del substrato disposto a franapoggio e dalla presenza nel sottosuolo delle Marne ad Orbulina che possono rappresentare un piano di scorrimento preferenziale.

Il versante su cui è ubicato il capoluogo si estende dalla valle del fiume Vomano alla sommità di C.le San Marcello (965m); l'intero tratto presenta acclività variabili determinate dalla peculiare morfologia a ripiani e dalle scarpate presenti (v. Fig.1).

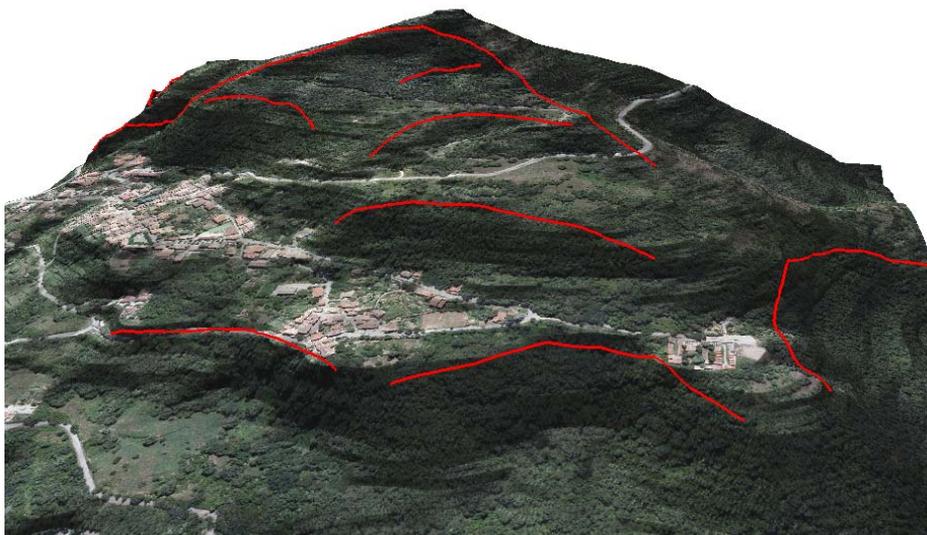


Fig.7 Rendering 3D dell'area di Fano Adriano, evidenziate in rosso le numerose scarpate morfologiche indicatori di movimenti gravitativi.

Nella ricostruzione tridimensionale dell'area di Fano Adriano (v. Fig.7-8), si possono apprezzare i numerosi ripiani morfologici e le numerose scarpate attribuibili ad un esteso movimento gravitativo probabilmente ancora attivo, seppur con diversi gradi di attivazione.

Dalle indagini presenti in letteratura e integrate con misure HVSR ex novo, dal rilevamento geologico-geomorfologico dell'area e grazie all'ausilio della foto interpretazione, è stato possibile ricondurre i vari indizi morfologici gravitativi ad un unico e grande movimento franoso.

Tale affermazione è suffragata oltre che dall'assenza di un commisurato deposito da frana compatibile con le relative scarpate morfologiche cartografate, il che fa presupporre una dinamica di frana complessa simile ad una Deformazione

Gravitativa Profonda di Versante (DGPV), anche dal fatto che un'unica superficie di scorrimento è morfologicamente compatibile e ben raccordabile in profondità con i dati attualmente in possesso (vedi ricostruzione carta delle isobate del substrato e rendering 3D seguenti). La superficie di scorrimento della DGPV si ipotizza impostarsi all'interno delle Argille ad Orbulina che, come già affermato, grazie alla loro componente pelitica possono rappresentare un piano di scorrimento preferenziale (v. sezioni AA'-BB'-CC').

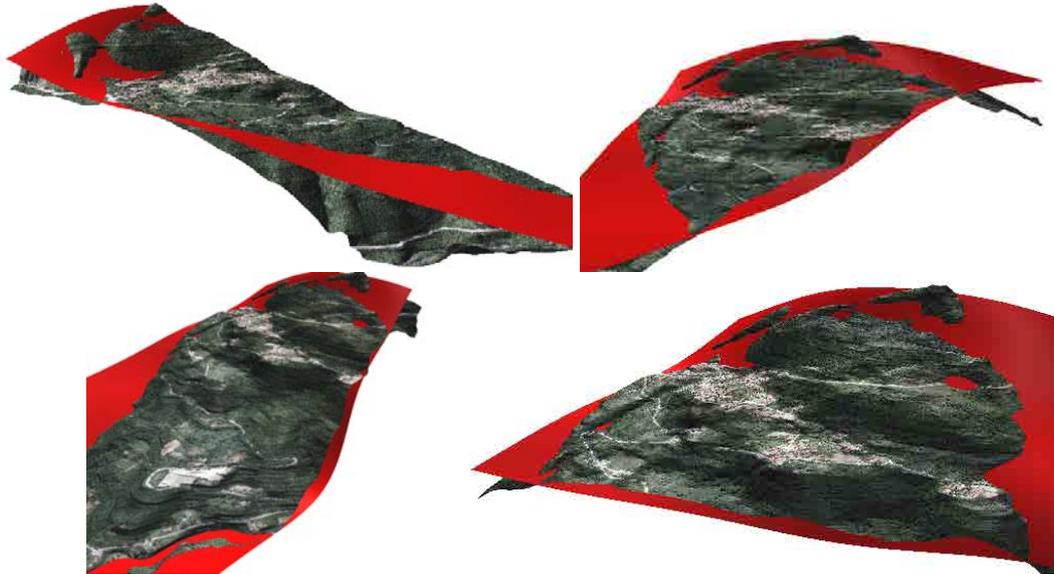


Fig.8 Ricostruzione tridimensionale della ipotetica superficie di scorrimento del movimento franoso antico presente al contatto tra le unità geologiche del quaternario e le unità geologiche marine (substrato sismico)

Assetto geomorfologico Cerqueto

Il versante, su cui ricade l'abitato di Cerqueto, si trova ad una quota di circa 750 m s.l.m. in destra idrografica del Fiume Vomano e sulla destra idrografica del Rio San Giacomo.

La pendenza del versante risulta più acclive rispetto al capoluogo per la diversa disposizione del substrato roccioso, mentre risultano simili i processi geomorfologici in atto.

Il versante è interessato da un esteso dissesto gravitativo che coinvolge le coltri e la parte più superficiale del substrato.

Infatti è possibile osservare il corpo di frana con la nicchia di distacco principale e le scarpate secondarie (v. Fig 9).

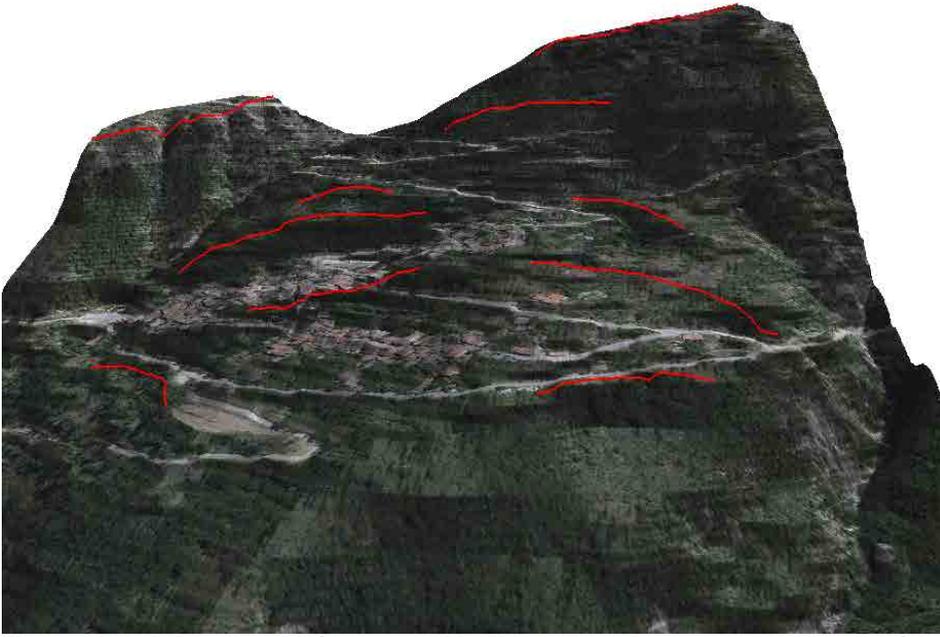


Fig.9 rendering 3D dell'area di Cerqueto, evidenziate in rosso le numerose scarpate morfologiche indicatori di movimenti gravitativi.

Si tratta di una frana complessa che interessa il substrato marnoso-calcareo. Analogamente a quanto osservato nell'area dell'abitato di Fano Adriano, anche in questa zona si possono estrapolare le medesime considerazioni ed attribuire i vari indizi geomorfici ad un unico processo gravitativo: frana complessa e/o DGPV (vedi rendering seguenti - Fig.10 e andamento delle isobate nella carta delle MOPS).

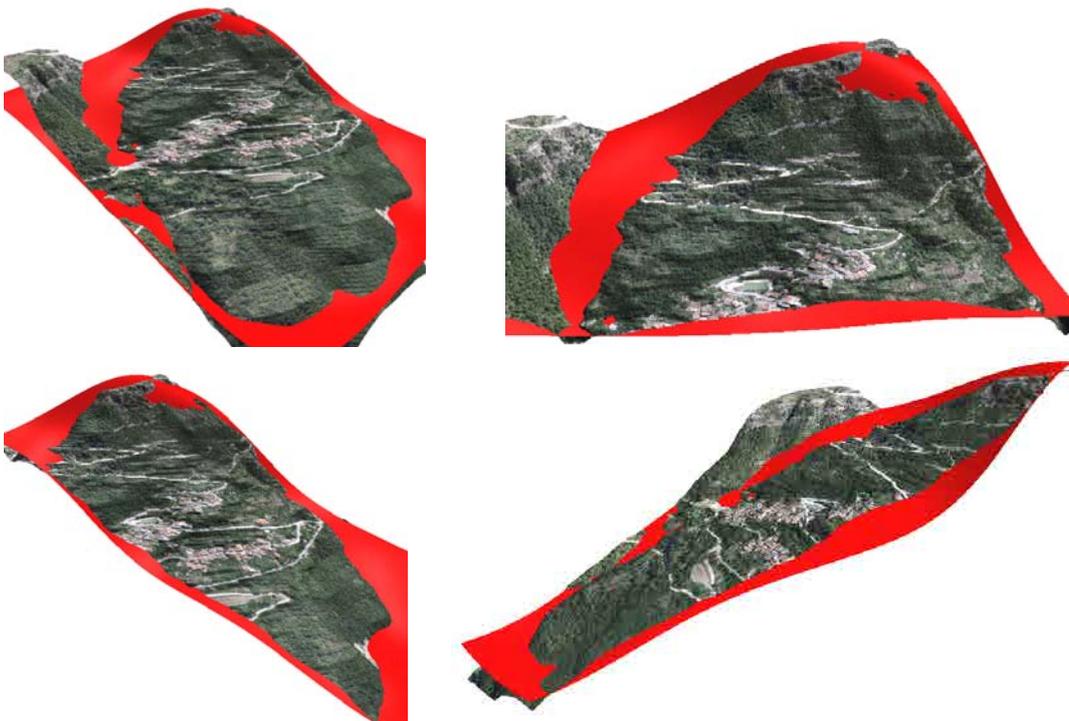


Fig.10 Ricostruzione tridimensionale ipotetica della superficie di scorrimento del movimento franoso antico presente al contatto tra le unità geologiche del quaternario e le unità geologiche marine (substrato sismico)

Frane di crollo recenti attive, sovrapposte al dissesto descritto, sono presenti in prossimità della scarpata strutturale (parte di monte del versante) dove si rilevano numerosi blocchi calcarei anche di grosse dimensioni (v. Fig. 12)



Figura 11- Cerqueto- E' possibile osservare la morfologia della paleofrana.



Figura 12- Cerqueto- Grosso blocco calcareo di dimensioni metriche che appartiene al corpo di frana antica.

4. DATI GEOTECNICI E SISMICI

I valori geotecnici e sismici delle Unità Geologiche del Quaternario acquisiti da studi precedenti non sono sufficienti per la caratterizzazione geotecnica dell'intera area e per la definizione del grado di attivazione dei processi morfologici in atto.

Inoltre è plausibile che le indagini effettuate spesso intercettino qualche "trovante" presente nella frazione più fine del corpo di frana che per sua natura risulta caotico; per tale ragione si ritiene che i parametri seguenti dedotti dalle relative prove, siano da considerarsi estremamente puntuali e non attribuibili arealmente alle unità geologiche del quaternario.

Idrogeologia

I dati idrogeologici sono inesistenti per definire una circolazione idrica sotterranea significativa. Infatti non sono presenti nell'area dell'abitato di Fano Adriano e di Cerqueto pozzi o sorgenti. Gli unici livelli piezometrici sono stati intercettati nei sondaggi di Cerqueto a profondità di -23 m dal p.c.(67024P22SS66.pdf), a - 15,00 m

dal p.c.(67024P20S75.pdf) e -11,50 m dal p.c. (67024P19SS74.pdf). Nel sondaggio n°22 sono state eseguite delle prove di permeabilità tipo Lefranc, i cui coefficienti di permeabilità sono risultati pari a 5,81 E-06 m/s e 4,08 E-05 m/s.

Dai dati in possesso non si evince una continuità nei livelli piezometrici rilevati tali da far presupporre una un'unica falda idrica; probabilmente a causa della presenza del corpo di frana che ne condiziona, con la sua caoticità e grado di fratturazione, la distribuzione in piccole falde sospese.

Fano Adriano

Dati geotecnici delle Unità Geologiche del Quaternario

(ricavati da prove SPT, DPSH e prove di laboratorio)

Coltre colluviale:

Ic indice di consistenza= 0,08

Cu (coesione non drenata)= 0,08 Kg/cm²

C' (coesione efficace) = 0,1 Kg/cm²

Φ'(angolo di attrito) = 23°

γ (peso per unità di volume) = 1,55 t/m³

Depositi di frana antichi:

Ic indice di consistenza= 0,22-0,50

Cu (coesione non drenata)= 0,22-0,50 Kg/cm²

C' (coesione efficace) = 0,1 Kg/cm²

φ (angolo di attrito) = 29°-35°

Dr (densità relativa)=45-65

γ (peso per unità di volume) = 1,90-2,00 t/m³

Dati sismici delle Unità Geologiche del Quaternario

I dati di seguito riportati sono stati ricavati dalle indagini sismiche a rifrazione eseguite da studi precedenti.

Coltre colluviale

Vp (velocità onde medie P)= 300-400 m/s

Vs (velocità media onde S)= 145-200 m/s

μ (coefficiente di poisson)=0,35

Depositi di frana antichi

Vp (velocità onde medie P)= 600-800 m/s

Vs (velocità media onde S)= 290-350 m/s

μ (coefficiente di poisson)=0,25

Dall'analisi dei log stratigrafici risulta uno strato superficiale di natura colluviale con spessori variabili inferiore ai 3 metri costituiti da livelli centimetrici di arenaria ed una matrice sabbiosa-limosa. A profondità maggiore sono presenti depositi di frana antichi costituiti da sedimenti limo sabbiosi debolmente argillosi e sabbie limose, con all'interno blocchi calcarei, calcareo-marnosi e arenacei.

Le indagini sismiche mostrano velocità delle onde P per i primi metri Vp=200-400 m/s, questo strato superficiale, generalmente definito "areato" è costituito da un sistema misto rappresentato dal terreno e dall'aria presente nei vuoti.

"L'areato" è dotato di una forte attenuazione sismica causa l'interferenza distruttiva tra le onde elastiche che si propagano nel suolo e quelle che si propagano nell'aria presente nei vuoti. Scendendo in profondità si attraversa uno spessore di terreni (depositi di frana antichi) caratterizzati da velocità medie (Vp=600-800 m/s) e infine il substrato caratterizzato da velocità Vp 1000-1200 m/s. I relativi bassi valori della velocità del substrato rispetto ai valori medi di letteratura dipende essenzialmente dalla presenza di discontinuità (stratificazione e fratturazione).

Dall'analisi dei dati raccolti si possono fare le seguenti considerazioni:

- I depositi colluviali non vengono riportati in carta poiché hanno mediamente uno spessore ≤ 3 metri;
- I depositi di frana antichi sono depositi granulari caratterizzati da parametri geotecnici che migliorano con la profondità, come risulta dalle prove SPT, anche grazie al maggior carico litostatico.

L'unità litotecnica del substrato della Formazione della Laga è cartografata come **B3**: rocce stratificate costituite da alternanze ordinate di livelli lapidei e livelli pelitici (con contrasto di competenza). La componente lapidea è $>75\%$.

L'unità litotecnica del substrato delle Argille ad Orbulina equivale a **B2**: rocce stratificate strutturalmente ordinate caratterizzate da strati da sottili (3-10 cm) a sottilissimi (< 3 cm).

Il substrato delle Marne con Cerrognola è cartografato come unità litotecnica lapidea **B1**: rocce stratificate strutturalmente ordinate caratterizzate da strati medi spessi (10-30 cm) e molto spessi (100-300 cm).

Le breccie calcaree eterometriche molto cementate, denominate "Sintema di Pietracamela", sono cartografate come unità litotecnica lapidea **A** (massiva).

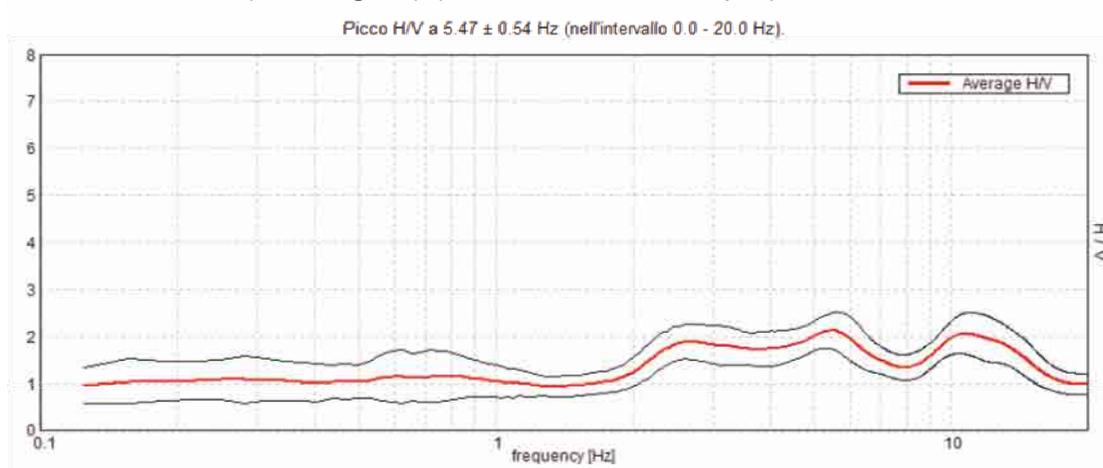
I depositi di versante vengono cartografati nella carta geologica-tecnica come unità litotecnica di copertura (sigla ZZ), depositi caratterizzati da una forte variazione granulometrica sia verticale che orizzontale.

Nell'area di Fano Adriano è stata possibile un'unica misura del grado di fratturazione il cui valore è risultato $J_v=7$ (v. Carta geologica tecnica).

Indagini sismiche "Microtremori"

Sono state eseguite n°4 indagini da microtremore; l'ubicazione di tali prove ricadono all'interno dell'abitato di Fano Adriano, i grafici ottenuti dei rapporti H/V in funzione delle frequenze sono i seguenti (in allegato gli elaborati completi delle indagini HVSR):

Prova HVSR 25 (T1 allegato) (67024P25HVSR54.pdf)

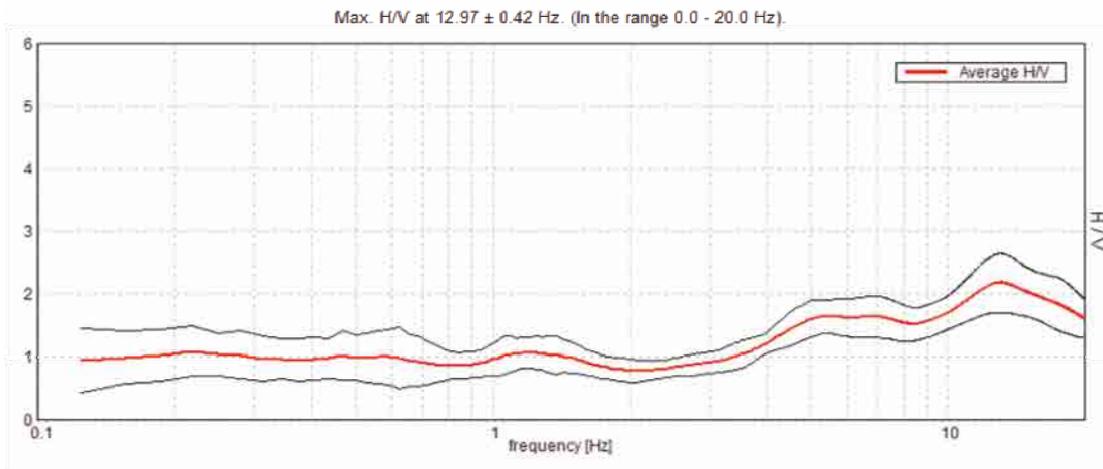


Due picchi: f_0 (frequenza fondamentale)=5,47 $A_0=2,12$; $f_1=10,72$ $A_1=2,06$;

L'utilizzo delle misure della sismica passiva ha permesso di verificare le principali discontinuità stratigrafiche. I picchi corrispondono ai contrasti delle superfici di impedenza in profondità. Il picco della frequenza fondamentale probabilmente corrisponde al contrasto di impedenza tra il substrato inalterato e il substrato fratturato (interessato dalla deformazione gravitativa profonda), mentre il secondo

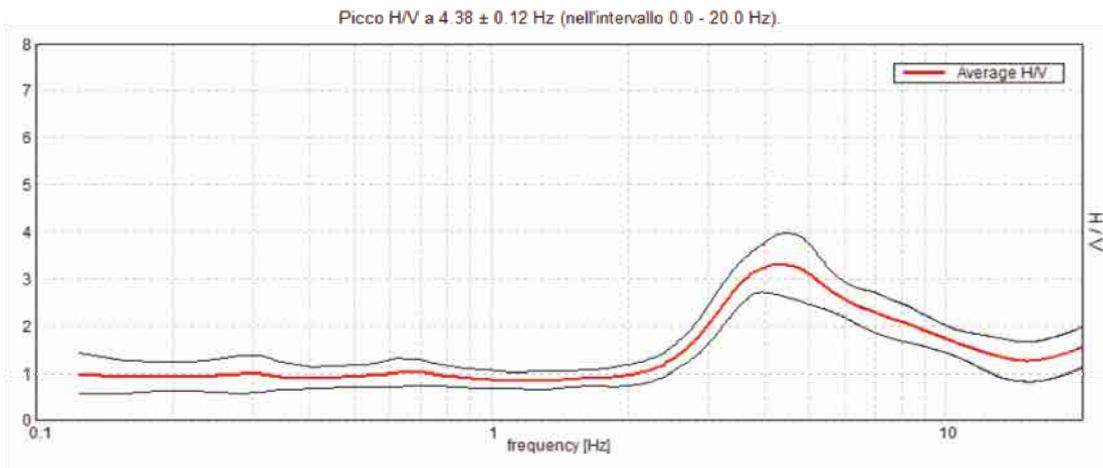
picco potrebbe corrispondere al contrasto di impedenza tra il substrato fratturato e i depositi di frana (v. sezione C'C).

Prova HVSR 26 (T2 allegato) (67024P26HVSR55.pdf)



Due picchi: $f_0=5,20$ $A_0=1,60$; $f_1=12,66$ $A_1=2,20$;
 il picco della frequenza fondamentale, caratterizzato da bassi valori di ampiezza, potrebbe corrispondere ai contrasti di impedenza all'interno del substrato, mentre il picco a frequenza più alta corrisponde probabilmente al contrasto di impedenza tra i depositi di frana e il substrato. Il valore alto della frequenza di picco indica la presenza del substrato a basse profondità come è possibile osservare nella sezione C'C.

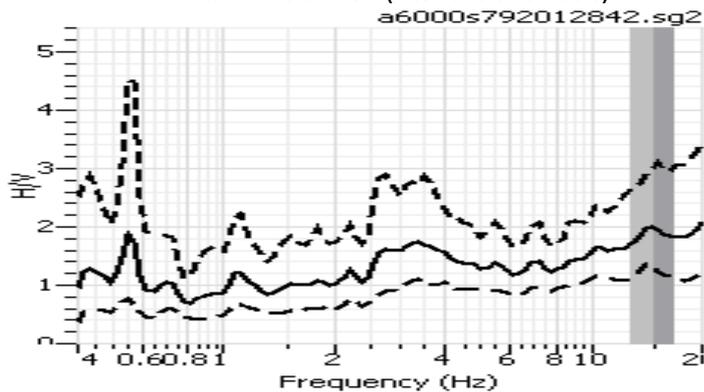
Prova HVSR 27 (T3 allegato) (67024P27HVSR56.pdf)



Un solo picco: $f_0=4,38$ $A_0=3,30$;
 la presenza di un solo picco indica un'unica discontinuità corrispondente probabilmente al contrasto di impedenza tra i depositi di frana e il substrato.

Prova HVSR 24 (67024P24HVSR53.pdf)

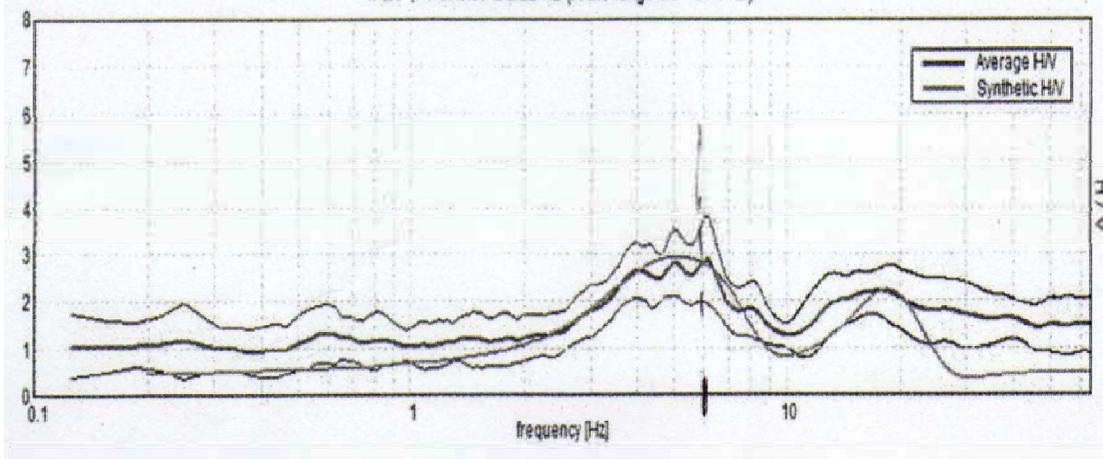
Max H/V 3.3 +/- 0.1 (intervallo 0.40 - 20.0)



Picco: $f_0=3,3$ $A_0=1,80$; nessun picco significativo.

Prova HVSR 36 (67024P36HVSR52.pdf)

Max. H/V at 6.09 ± 2.22 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz)



Un solo picco: $f_0=6,09$ $A_0=3$;

anche in questo caso si potrebbe supporre dal valore della frequenza fondamentale che il picco corrisponde alla superficie di contrasto di impedenza tra il substrato e i depositi di frana.

Cerqueto

Dati geotecnici delle Unità Geologiche del Quaternario

(ricavati da prove SPT e DPSH):

Depositi detritici di versante

ϕ (angolo di attrito) = 23-25°

γ' (peso per unità di volume) = 1,49 t/mc

E (Modulo Edometrico) = 50-55Kg/cmq

G (Modulo di deformazione a taglio)=282 Kg/cmq

Depositi di frana antichi

Nspt30 = 25-35

ϕ (angolo di attrito) = 32-35°

Dr(%)=45-60

γ' (peso per unità di volume) = 1,78 – 1,90 t/mc

E (Modulo Edometrico) = 90-100 Kg/cmq

G (Modulo di deformazione a taglio)=500-550 Kg/cmq

Dall'analisi dei sondaggi geognostici il sottosuolo risulta costituito da sedimenti granulari limo-sabbiosi debolmente argillosi fino a sabbie limose con all'interno clasti eterometrici di natura calcareo-marnosa e arenacea, con spessori variabili. E' possibile suddividere i depositi continentali in uno strato superficiale con spessore variabile rappresentato da coltri detritiche di versante e a profondità maggiori da depositi di frana antichi. Il passaggio dai depositi di frana al substrato fratturato, costituito da calcari marnosi e marne calcaree, è evidenziato dalle indagini sismiche (rifrazione e MASW), in cui i valori delle velocità delle onde S passano da 320 m/s a 600-700 m/s mentre il substrato non fratturato è caratterizzato da $V_s=915$ m/s.

Il substrato delle Marne con Cerrognola affiorante in prossimità del Fosso Rio San Giacomo e Fosso Rio Ferroni è cartografato come unità litotecnica lapidea **B₃**, rocce stratificate strutturalmente ordinate caratterizzate da strati medi spessi (10-30 cm) e molto spessi (100-300 cm).

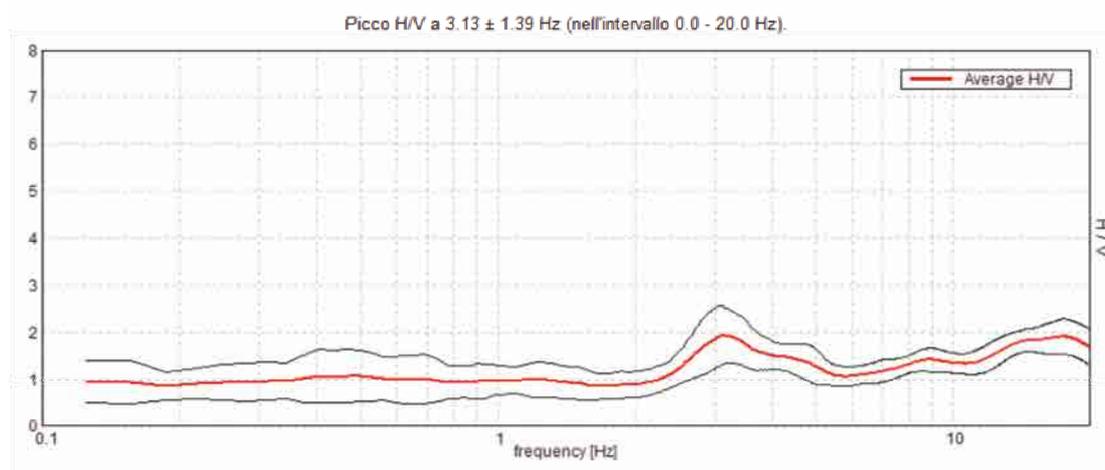
Le misure del grado di fratturazione sono riportate nella carta geologica-tecnica. E' stata eseguita una misura nelle vicinanze dell'abitato (zona est di Cerqueto) $J_v=21$, altre misure sono state effettuate nella parte più a monte, dove l'inclinazione del pendio risulta maggiore di 15° , i valori sono risultati i seguenti: $J_v=20$; $J_v=22$; $J_v=20$; l'area che racchiude tali misure è stata contrassegnata con un retino rosso obliquo simbolo 20-30 (grado di fratturazione). Un'altra misura è stata effettuata in prossimità dei depositi di frana (zona sud-est) $J_v=4$.

Il substrato delle Marne con Cerrognola affiorante in prossimità del Fosso Rio Ferroni (zona sud dell'abitato) è risultato fortemente tettonizzato con un grado di fratturazione $J_v=34$, l'area dell'affioramento è stata contrassegnata con un retino rosso obliquo incrociato a destra e sinistra.

Indagini sismiche "Microtremori"

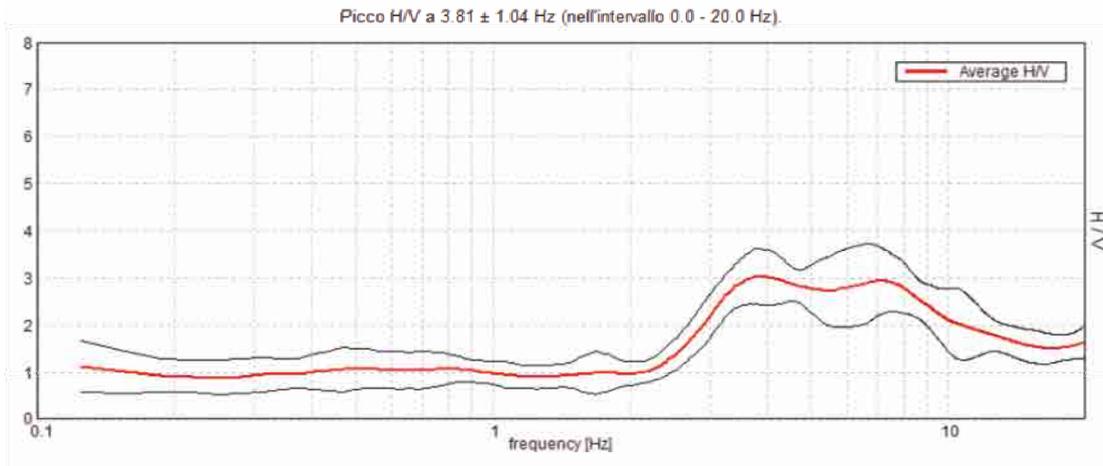
Sono state eseguite n°3 indagini da microtremore, l'ubicazione di tali prove ricadono all'interno dell'abitato di Cerqueto, i grafici ottenuti dei rapporti H/V in funzione delle frequenze sono i seguenti:

Prova HVSR 28 (T4 allegato) (67024P28HVSR87.pdf)



Picco: $f_0=3,13$ $A_0=1,93$; nessun picco significativo.

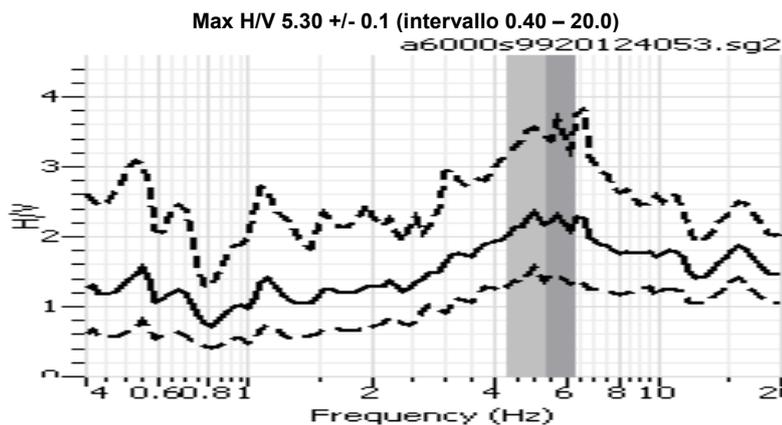
Prova HVSR 29 (T5 allegato) (67024P29HAVSR88.pdf)



Due picchi: $f_0=3,81$ $A_0=3,60$; $f_1=7,13$ $A_1=2,93$

Il picco della frequenza fondamentale, caratterizzato da bassi valori di frequenza, potrebbe corrispondere ai contrasti di impedenza all'interno del substrato, mentre il picco a frequenza più alta corrisponde probabilmente al contrasto di impedenza tra i depositi di frana e il substrato.

Prova HVSR 23 (67024P23HVSR86.pdf)



Un picco: $f_0=5,30$ $A_0=3,60$;

La presenza di un solo picco indica un'unica discontinuità corrispondente probabilmente al contrasto di impedenza tra i depositi di frana e il substrato.

5. MODELLO DI SOTTOSUOLO

I rapporti tra i depositi continentali e le successioni marine sono ben visibili nelle sezioni geologiche allegate. Nelle sezioni è stato ipotizzato un possibile modello di sottosuolo attraverso la ricostruzione delle geometrie verticali e laterali delle differenti Unità Geologiche, permettendo di caratterizzare la storia evolutiva dell'area.

La determinazione degli ipotetici spessori dei depositi di frana antica e di conseguenza la disposizione del substrato in profondità, è stata effettuata grazie alle stratigrafie di sondaggi di studi precedenti e, nelle aree urbane non coperte da tali studi, sono stati utilizzati i risultati dalle indagini HVSR.

Nell'evoluzione dei versanti oggetto di studio, gli eventi franosi hanno avuto un ruolo prioritario; si riconoscono, lungo i profili dei versanti, numerose rotture di pendio tipici indizi morfologici di movimenti gravitativi.

La cinematica complessa delle frane cartografate nei due nuclei abitati fa presupporre, che la loro dinamica abbia avuto diversi cicli evolutivi in condizioni anche diverse dalle attuali.

Una frana avvenuta in condizioni climatiche e morfoevolutive diverse dalle attuali è difficile ipotizzare e che si possa riattivare nelle stesse aree con le medesime dinamiche.

Una frana avvenuta in condizioni morfologiche e climatiche molto simili alle attuali e che ora si trovano in apparente stabilità è detta quiescente; in tal caso il fenomeno può riprendere per sopravvenute variazioni morfologiche, per eventi climatici particolari o per sollecitazioni improvvise quali sismi o interventi antropici.

Allo stato attuale e con le indagini geognostiche in nostro possesso, non si può definire il grado di attività dei fenomeni, ma è ragionevole pensare che il grado di attivazione maggiore sia da aspettarsi in corrispondenza delle rotture di pendio e dove le coltri di alterazione (coltri colluviali, depositi detritici di versante) siano allentate ed hanno spessori maggiori.

Per la mobilitazione di grosse masse sono necessari, invece, forti anomalie climatiche con incremento dei deflussi idrici superficiali ed aumenti delle portate di falda o grandi eventi sismici.

Modello sottosuolo Fano Adriano

L'area di Fano Adriano è situata lungo il versante che raccorda la valle del Fiume Vomano e l'area montana del Colle San Marcello.

I depositi di frana antichi poggiano in parte sulla Formazione della Laga e in parte sulle Marne con Cerrognana.

L'assetto strutturale a franapoggio del substrato in concomitanza al recente e veloce sollevamento dell'area e la presenza del litotipo "Argille ad Orbulina" hanno favorito fenomeni gravitativi di tipo complesso.

Come già commentato nel capitolo inerente l'assetto geomorfologico, l'intero abitato è situato su un unico corpo di frana di genesi complessa la cui ipotetica superficie di scorrimento, probabilmente impostatasi all'interno dell'unità geologica delle Argille ad Orbulina, è stata ricostruita nelle sezioni AA' e BB' e nei rendering (fig.8).

Modello sottosuolo di Cerqueto

L'area di Cerqueto è situata lungo il versante su un ripiano morfologico, che raccorda l'area montana al Fosso San Giacomo.

I depositi di frana poggiano sul substrato della Formazione delle Marne con Cerrognana che risultano fortemente tettonizzate nella parte sommitale..

Lo spessore dei depositi di frana delle Unità Geologiche del Quaternario è variabile; gli spessori maggiori si hanno nell'area del centro abitato.

Anche qui, analogamente a quanto detto per il nucleo abitato di Fano Adriano, si può ipotizzare un unico corpo di frana di genesi complessa caratterizzato probabilmente da vari gradi di attivazione in relazione alle condizioni morfologiche e climatiche presenti.

L'ipotetica superficie di scorrimento è stata ricostruita nelle sezioni DD' e EE', nei rendering (fig.10)

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Come esposto precedentemente il modello di sottosuolo è stato definito attraverso il rilevamento geologico e geomorfologico, l'interpretazione dei Log stratigrafici di sondaggi e l'interpretazione dei valori delle velocità Vs ottenute attraverso le indagini sismiche (MASW, Rifrazione, HVSR).

La ricostruzione dello spessore dei depositi di frana è ipotetica sia nell'area di Fano Adriano che di Cerqueto; dall'esame delle stratigrafie di sondaggi eseguiti in sito, dalle quali si riscontra il raggiungimento del substrato a fondo foro, e dal confronto di altre indagini dirette ed indirette effettuate nell'area oggetto di studio, emerge l'incertezza della presenza del substrato a tali profondità (è plausibile che sia stato intercettato solo qualche trovante).

Nelle sezioni geologiche è possibile osservare l'interpretazione dell'andamento del substrato ricostruito utilizzando criteri morfologici, stratigrafici e sismici.

I centri abitati di Fano Adriano e di Cerqueto ricadono su di una frana complessa che coinvolge parte del substrato, cartografata nella carta geologica tecnica anche come DGPV. La deformazione gravitativa profonda che interessa il substrato nell'area di Cerqueto dovrà essere sottoposta ad ulteriori approfondimenti nei successivi studi di microzonazione.

Le frane suddette sono state classificate come quiescenti (v. carta geologica-tecnica e carta delle mops) come risulta dalla bibliografia esistente (PAI). Tuttavia alla luce dei rilevamenti eseguiti, dalle indagini in possesso, dall'estensione del movimento gravitativo individuato ed il suo probabile disomogeneo grado di attivazione, si ritiene opportuno approfondire nei successivi studi la conoscenza del movimento franoso attraverso indagini geognostiche, sismiche e di remote sensing per definire con maggior dettaglio: lo spessore dei depositi di frana, lo spessore del substrato coinvolto nella deformazione gravitativa profonda e definirne lo stato di attivazione.

Le conoscenze attuali, come spesso ribadito nella relazione, non permettono di definire il cinematismo del movimento franoso (Capitolo 3 - Assetto geomorfologico di Fano Adriano).

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONI E RISULTATI

Considerata l'estensione dell'area e le limitate indagini dirette disponibili (se non concentrate in limitate porzioni) per l'interpretazione del modello geologico del sottosuolo e delle MOPS, si è fatto particolare attenzione all'assetto geologico e geomorfologico dell'area e alle misure di microtremori.

La maggior parte dei dati disponibili, per un'elaborazione del modello di sottosuolo, sono stati estrapolati dalle misure HVSR che risultano meglio distribuite sul territorio rispetto alle indagini dirette.

Utilizzando la seguente formula di base per il calcolo dello spessore dei depositi e la profondità del substrato, è stato possibile ottenere i valori delle Vs da indagini sismiche a rifrazione e indagini MASW, nonché stato possibile ricostruire, seppur con le dovute approssimazioni, l'andamento del substrato nel sottosuolo (vedi isobate nella cartografia allegata).

$$H=Vs/4f$$

La frequenza fondamentale di risonanza f del sedimento dipende dallo spessore H del sedimento stesso e dalla velocità media Vs . Conoscendo la frequenza e la velocità media Vs è possibile definire lo spessore dello strato. Si tratta di una metodologia che si applica solo nei casi semplici di sistemi omogenei-isotropi a due

strati ma che nel caso in esame ha dato risultati che rispecchiano l'interpretazione geomorfologica e stratigrafica.

Nello specifico, i valori delle velocità delle onde di taglio S sono stati desunti dalla sismica a rifrazione risultano indicativamente 300 m/s per i depositi di frana e di circa 600 m/s per il substrato fratturato. Utilizzando i valori delle frequenze fondamentali e quelle di picco di ciascuna prova eseguita è stato possibile stimare lo spessore dei depositi di frana antichi che corrisponde a quello tracciato nelle sezioni.

Questi dati sono stati elaborati in ambiente GIS, vincolando l'ipotetica superficie del substrato (che nel nostro caso coincide per buona parte con la presunta superficie di scorrimento dell'instabilità di versante) agli altri dati diretti e ritenuti attendibili, ed in particolar modo agli affioramenti.

L'elaborazione tridimensionale di tale superficie ha permesso di ricostruire, oltre che le sezioni geologiche allegate alle carte, anche alcuni modelli tridimensionali dell'area (Capitolo 3), permettendo di apprezzare come il probabile piano di scivolamento abbia una morfologia simile a quella ricostruita e che il fenomeno di instabilità possa essere ricondotto ad un unico grande movimento (DGPV o frana complessa?).

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Dall'interpretazione ed elaborazione dei dati acquisiti è stato possibile produrre i seguenti elaborati cartografici:

- carta delle indagini in scala 1:5.000; contiene la localizzazione delle indagini pregresse e quelle realizzate ex-novo (misure di microtremori). Laddove sono state effettuate più indagini sulla stessa verticale, le stesse sono riportate lungo il perimetro di un cerchio con centro sul punto dell'indagine. Per i simboli delle indagini non presenti nelle linee guida ed attribuibili a indagini realizzate su campioni prelevati, si è provveduto a creare dei nuovi simboli modificando il simbolo di "sondaggio con prelievo di campione" inserendovi la sigla della tipologia di indagine eseguita sul campione prelevato (nella figura seguente è riportato il simbolo per le prove da taglio diretto). Analogamente, per i simboli delle misure idrologiche non riportate nelle linee guida, si è provveduto a creare dei nuovi simboli in cui al simbolo di "Sondaggio con piezometro" si è sostituita la sigla con l'indagine idrologica (nella figura seguente sono riportati il simbolo adottato per le prove prove di taglio diretto e le prove LeFranc);



- carta geologica-tecnica in scala 1:5.000; contiene le informazioni geologiche, geomorfologiche e geotecniche. Sono state distinte le unità geologiche continentali e di transizioni, e le unità geologiche marine; le prime riferite ai depositi continentali quaternari, le seconde al substrato geologico. Il grado di fratturazione nel substrato geologico è stato distinto da un retino sovrapposto all'unità geologica. La carta contiene inoltre n° 7 sezione geologiche tracciate nelle aree più significative e ricostruite anche tramite elaborazioni tridimensionali in ambiente GIS.
- carta delle frequenze fondamentali di vibrazione in scala 1:5.000, contiene i valori dei periodi fondamentali ottenute mediante misure di microtremori. Tale

carta è stata unificata con la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.

- carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:5.000, contiene le differenti microzone omogenee in prospettiva sismica definite sovrapponendo principalmente le informazioni della carta geologica tecnica, della carta delle frequenze fondamentali di vibrazione e delle caratteristiche morfologiche dell'area (pendenza, creste, dorsali etc.).
Le aree di Fano Adriano e di Cerqueto in base alle differenti unità litotecniche e al grado di inclinazione del pendio sono state suddivise nelle seguenti microzone omogenee in prospettiva sismica:

ZONE STABILI



Substrato lapideo non stratificato



Substrato lapideo con alternanza di litotipi Stratificato

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALI



da 3 m a 7 m
Substrato

Depositi alluvionali granulometria mista



da 5 m a 10 m
Substrato

Detrito di versante granulometria mista



Substrato lapideo non stratificato pendio > 15°



Substrato lapideo con alternanza di litotipi. Stratificato pendio > 15°



da 3 m a 7 m
Substrato

Depositi alluvionali granulometria mista pendio > 15°



da 5 m a 10 m
Substrato

Detrito di versante granulometria mista pendio > 15°

ZONE SUSCETTIBILI DI INSTABILITA'



Instabilità di versante Frane di crollo (Attiva)



Instabilità di versante Frana scorrimento rotazionale/traslazionale complessa (Quiescente)

Come da linee guida DPC ver. 2.0 e dagli Indirizzi e criteri sulla microzonazione sismica (ICMS-2008), le varie zone, così come riportate nella relativa cartografia, sono state codificate nel seguente modo:

- ✓ Mops 1 substrato lapideo non stratificato
- ✓ Mops 2 substrato lapideo con alternanza di litotipi stratificati
- ✓ Mops 3 depositi alluvionali granulometria mista
- ✓ Mops 4 detrito di versante granulometria mista
- ✓ Mops 5 substrato lapideo non stratificato, pendio > 15°
- ✓ Mops 6 substrato lapideo con alternanza di litotipi, pendio > 15°
- ✓ Mops 7 depositi alluvionali granulometria mista, pendio > 15°
- ✓ Mops 8 detrito di versante granulometria mista, pendio > 15°

9. BIBLIOGRAFIA

- ABBATE P. & GRAZZINI L. (1992) - *Gran Sasso d'Italia*, Club Alpino Italiano - Touring Club italiano – Guida dei Monti d'Italia.
- ADAMOLI L. (1992) - *Evidenze di tettonica di inversione nell'area Corno Grande – Corno Piccolo (Gran Sasso d'Italia)*. Bollettino Società Geologica Italiana, 111, 53-66.
- ARINGOLI D., BISCI C., BLUMETTI M., BUCCOLINI M., CICCACCI S., CILLA G., COLTORTI M., DE RITA D., D'OREFICE M., DRAMIS F., FARABOLLINI P., FERRELI L., FREDI P., GENTILI B., JURAND E., KOTARBA A., MATERAZZI M., MICHETTI A.M., PAMBIANCHI G., PECCI M., PETRONIO C., RAFFY J., RASSE M., SARDELLA R., SCALELLA G. & SMIRAGLIA C. (1997) - *Geomorphology and Quaternary evolution of central Italy. Guide for excursion*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria., suppl. III, 79-103.
- BRANCACCIO L., CASTIGLIONI G.B., CHIARINI E., CORTEMIGLIA G., D'OREFICE M., DRAMIS F., GRACIOTTI R., LA POSTA E., LUPIA PALMIERI E., ONORATI G., PANIZZA M., PANNUZI L. (COORDINATORE), PAPASODARO F. & PELLEGRINI G. B. (1994) – *Carta geomorfologica d'Italia 1:50.000 guida al rilevamento*. Quaderni del servizio geologico nazionale, serie III, 4, 1-42.
- CALAMITA F., SCISCIANI V., ADAMOLI L., BEN M'BAREK M. & PELOROSSO M. (2002) - *Il sistema a thrust del Gran Sasso d'Italia (Appennino Centrale)*. Studi Geologici Camerti. Nuova Serie 1/2002, 19-32.
- CARRARO F. & GIARDINO M. (1992) - *Geological evidence of recent fault evolution. Example from Campo Imperatore (L'Aquila – Central Apennines)*. Il Quaternario, 5(2),181-200.
- D'AGOSTINO N., DRAMIS F., FUNICIELLO R. & JACKSON J.A. (2001) – *Interactions between mantle upwelling, drainage evolution and active normal faulting: an example from the central Apennines (Italy)*. Geophysical Journal International, 147, 475-497.
- D'ALESSANDRO L., DE SISTI A., D'OREFICE M., PECCI M. & VENTURA R. (2003) *Geomorphology of the summit area of the Gran Sasso d'Italia (Abruzzo, Italy)*. Geografia Fisica Dinamica Quaternaria, 26, 125-141.
- D'AQUILA P. (2007) - *Evoluzione morfodinamica dell'alta quota del Gran Sasso d'Italia e Sistemi Informativi territoriali*. In: Il Gran Sasso in movimento - Risultati del monitoraggio e degli studi preliminari sulla frana del 22 agosto 2006. Massimo Pecci & Gabriele Scarascia Mugnozza (Eds.). IMONT - Quaderno della Montagna, Serie Acta N. 2, Bonomia University Press, Bologna, pp. 152
- D'AQUILA P., PECCI M. & PIGNOTTI S. (2009) - *Applicazioni sperimentali GPS e Laser-GPS i recenti bilanci di massa glaciali del Ghiacciaio del Calderone: risultati e prospettive*. Memorie Società Geografica Italiana, LXXVII, 557-568.
- DEMANGEOT J. (1965) – *Geomorphologie des abruzzes Adriatiques*. Mem. Doc. CNRS, Paris.
- DRAMIS F. & KOTARBA A. (1994) – *Geomorphological evidences of high mountain permafrost i central Apennines*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 17, 29-36.

- DRAMIS F., GOVI M., GUGLIELMIN M., MORTARA G. (1995) - *Mountain permafrost and slope instability in the Italian Alps. The case of the Val Pola landslide*. Permafrost and Periglacial processes, 6, 73-82.
- FEDERICI P. R. (1979) - *Una ipotesi di cronologia glaciale Wurmiana, tardo e post-Wurmiana nell'Appennino Centrale*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 2, 196-202.
- GENTILESCHI M. L. (1967) – *Forme crionivali sul Gran Sasso d'Italia*. Bollettino Società Geografica Italiana, 1-3, 19, 3-30.
- GHISSETTI F. & VEZZANI L. (1990) - *Stili strutturali nei sistemi di sovrascorrimento della catena del Gran Sasso (Appennino centrale)*. Studi Geologici Camerti volume speciale.
- GHISSETTI F., VEZZANI L., BIGOZZI A., BLUMETTI A. M., BRUZZONE B., CELLINI M., CENTAMORE E., CLARI P., DE LA PIERRE F., FOLLADOR U., FREZZOTTI M., GIRAUDI C., PITTORI C. & RIDOLFI M. (1990) – *Carta geologica del Gran Sasso d'Italia da Vado di Corno a Passo delle Capannelle (scala 1:25.000)*. S.E.L.C.A., Firenze.
- GHISSETTI F. & VEZZANI L. (1996) – *Carta geologica d'Abruzzo, Foglio Ovest*. Carte Geologiche Studi Camerti.
- GIRAUDI C. & FREZZOTTI M. (1995) - *Palaeoseismicity in the Gran Sasso Massif (Abruzzo, Central Italy)*. Quaternary International, 25, 81-93.
- GORI S., DRAMIS F., GALADINI F., MESSINA P. (2007) - *The use of geomorphological markers in the footwall of active faults for kinematic evaluations: examples from the central Apennines*, Bollettino Società Geologica Italiana, 126, 2, 365-374.
- HUTCHINSON, J.N., (1988) - *Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. Proceedings 5th International Symposium on Landslides, Losanna.
- IMONT & AIGEO (2006) – *Testimoni di una montagna scomparsa. Contributo alle metodologie d'indagine delle forme periglaciali relitte. Problematiche e applicazioni in differenti ambienti morfodinamici*. A. Chelli, P. D'Aquila, M. Firpo, S. Ginesu, M. Guglielmin, M. Pecci, M.Pappalardo, T. Piacentini, C. Queirolo, G. Robustelli, F. Scarmiglia, S. Sias, C. Tellini (Eds.). Quaderno della Montagna n. 8, Bononia University Press, Bologna, pp 136.
- JAURAND E. (1996) - *L'activité récente des failles du Gran Sasso (Abruzzes, Italie), d'après le témoignage des moraines de retrait fini-würmiennes*. Géomorphologie: Relief, Processus, Environnement, 4, 3-20.
- JAURAND E. (1999) - *Il glacialismo negli appennini. Testimonianze geomorfologiche e riferimenti cronologici e paleoclimatici. [The Glaciation in the Apennines: Geomorphological Witnesses, and Chronological and Paleoclimatic References]*. Bollettino Società Geografica Italiana, XII, IV, 399-432.
- Pecci M. & D'Aquila P. (2011) – *Geomorphological map of the Gran Sasso d'Italia massif between Corno Grande – Corno Piccolo and Pizzo Intermesoli*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 34
- VEZZANI L. & GHISSETTI F. (1998) – *Carta Geologica dell'Abruzzo 1:100,000*. SELCA Firenze
- Geol. CATALOGNA M. (Luglio 2011) – *Relazione Geologica idrologica e idrogeologica "realizzazione acquedotto Vallarosa"*.
- Geol. CATALOGNA M. (Aprile 2005) – *Studio Geologico, Geomorfologico ed Idrogeologica "Piano Regolatore esecutivo"*.
- Geol. DI FRANCESCO R. (Febbraio 2009) – *Relazione Geologica e Geotecnica "Ampliamento Cimitero nel Capoluogo Fano Adriano"*.
- Geol. DI FRANCESCO R. (Marzo 2009) – *Relazione Geologica "Interventi di riqualificazione di aree urbane strategiche-sistemazioni ingressi Capoluogo"*.
- Geol. DI FRANCESCO R. (Settembre 2005) – *Consulenza Geologico-Tecnica "Osservazioni su aree perimetrate nel territorio del Comune di Fano Adriano"*.
- Ing. SCIARRA N., GEOL. EUSTACHIO P. (Febbraio 2008) – *Relazione Geologica "Intervento di Consolidamento e Risanamento Idrogeologico nel territorio Comunale"*.
- Ditta PRO.SYSTEM SRL, (Marzo 2009) – *Relazione Geologica "Mitigazione rischio idrogeologico intervento in Frazione Cerqueto"*.
- Ing. RICCIONI F., Ing. CIMINI V., Geol. OLIVIA F. (Giugno 2011) – *Relazione Geotecnica-Relazione sulle Fondazioni "Riparazione con miglioramento sismico e ricostruzione dell'immobile Via Rione Piano n°29 Cerqueto, distrutto dal sisma del 06/04/2009"*.
- Geol. RUOPPOLO G. (Aprile 2005) – *Relazione Geologica "Realizzazione di una struttura*

turistico-ricettiva finalizzata alla creazione di un centro di lavoro per disabili, Fano Adriano”.

- Geol. MASSIMI A. (Ottobre 2009) – *Relazione sulle Indagini Geognostiche “Lavori di riparazione di un edificio adibito a Civile Abitazione danneggiato a seguito del sisma 06/04/2009 e conseguente sciame sismico in località Cerqueto”*.
- Geol. OLIVA F., Ing. RICCIONI F. (Marzo 2011) – *Relazione Geologica e Sismica “Riparazione miglioramento sismico e ricostruzioni di parti dell’immobile sito in Via Vittorio Emanuele III n°14, 16, 18 distrutto dal sisma 06/04/2009”*.
- Geol. Angelini M. (Aprile 2006)-*Relazione Geologica e Geotecnica “Ristrutturazione dell’ Albergo Augusto”*.
- Vallaro Antonio(1992)-*Frane e Territorio « Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell’uso del territorio »*. Liguori Editore.