

UNIONE EUROPEA



REGIONE
ABRUZZO



Attuazione dell'Art.11 della Legge 24 Giugno 2009, n.77

Attività di Prevenzione del Rischio Sismico - Microzonazione Sismica del Territorio Regionale
Progetto Cofinanziato con Fondi Comunitari POR-FESR Abruzzo - 2007-2013 - Attività IV.3.1

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

REGIONE ABRUZZO Comune di Loreto Aprutino (PE)



Validazione del
Tavolo Tecnico Regionale

Soggetti Realizzatori

Geol. Paolo Di Marcantonio

Collaborazione:

Geol. Pinuccio D'Aquila

Data

Settembre 2012

INDICE

1	Introduzione.....	1
2	Definizione della Pericolosità di base e degli eventi di riferimento.....	3
3	Assetto geologico e assetto geomorfologico dell'area.....	8
3.1	Assetto Geologico.....	8
3.2	Assetto geomorfologico.....	10
4	Dati geotecnici e geofisici.....	14
5	Modello del sottosuolo.....	17
6	Interpretazioni e incertezze.....	18
7	Metodologie di elaborazione e risultati.....	19
7.1	Zone stabili suscettibili di amplificazioni. Depositi di substrato – Zone 1 e 2.....	22
7.2	Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali – Zone 3, 4 e 5.....	23
7.3	Zone suscettibili di instabilità.....	24
7.4	Forme di superficie.....	24
8	Elaborati cartografici.....	25
8.1	Carta delle indagini.....	25
8.2	Carta geologico-tecnica.....	25
8.3	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	29
8.4	Carta delle frequenze di risonanza.....	29
9	Confronto con la distribuzione dei danni degli eventi passati.....	30
10	Bibliografia.....	33
Allegati		
	Carta delle indagini	Scala 1:5.000 con dettagli 1:2.000
	Carta geologico-tecnica	Scala 1:5.000
	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	Scala 1:5.000
	Carta delle frequenze di risonanza	Scala 1:5.000

1 INTRODUZIONE

L'amministrazione comunale di Loreto Aprutino, nell'ambito di realizzazione della Variante Generale al vigente PRG ha stipulato con il sottoscritto, dott. geol. Paolo Di Marcantonio, in data 16 settembre 2009, una convenzione di incarico professionale per la redazione di uno studio di Microzonazione Sismica di livello 1, ritenendo tale studio necessario alla corretta pianificazione della gestione territoriale. Successivamente all'adozione del piano la regione Abruzzo ha approvato la Legge Regionale n.28 dell'11 agosto 2011, la quale all'art.5 punti 2, 3 e 4 recita:

2. I Comuni integrano i propri strumenti di pianificazione urbanistica con gli studi di microzonazione sismica che individuano il grado di pericolosità locale di ciascuna parte del territorio attraverso la realizzazione della "carta delle microaree a comportamento sismico omogeneo" del territorio urbanizzato e di quello suscettibile di urbanizzazione, secondo le modalità stabilite dal presente articolo.
3. Le disposizioni relative alla formazione degli studi di microzonazione sismica sono progressivamente attuate sull'intero territorio regionale secondo programmi annuali predisposti dalla Giunta regionale in attuazione delle disposizioni dello Stato.
4. Per garantire la realizzazione, l'omogeneità e l'adeguatezza degli studi di microzonazione sismica sul territorio regionale, la Regione provvede all'erogazione di contributi ai Comuni ed alla validazione degli studi stessi secondo criteri, tempi e modalità definiti dalla Giunta regionale. Sarà a carico dei Comuni la spesa per la realizzazione degli eventuali successivi aggiornamenti della microzonazione sismica.

Si rende pertanto necessario, ai fini dell'approvazione del piano, l'aggiornamento dello studio di Microzonazione Sismica di livello 1 alle linee guida prodotte nell'ambito dell'Attività di Prevenzione del Rischio Sismico e la validazione dello stesso da parte del Tavolo Tecnico regionale appositamente istituito.

Il Programma Regionale citato individua le seguenti attività:

1. **Attività preliminare:** il Soggetto Realizzatore, a seguito di sopralluoghi sul territorio comunale ed all'acquisizione dei dati utili, redige una Relazione Preliminare e la trasmette all'Ente Attuatore ed al Tavolo Tecnico di Monitoraggio all'uopo istituito dalla Regione Abruzzo. L'elaborato riporterà le procedure, le modalità operative che si intendono adottare per la realizzazione dello studio di MZS, la bibliografia dei documenti disponibili nonché il cronoprogramma delle attività. Sarà allegata alla Relazione Preliminare una Carta Tecnica Regionale (scala 1:5.000/10.000) con la perimetrazione delle aree da sottoporre agli studi di MZS di cui all'Art. 3.
2. **Attività intermedia:** al termine del 70% di realizzazione degli studi di M.Z.S. (cfr. punto 3: elaborati a-b-c), il Soggetto Realizzatore sottopone al Tavolo Tecnico di Monitoraggio della Regione Abruzzo gli elaborati prodotti ed i risultati ottenuti. Questa attività si configura come

momento di confronto tecnico – informativo finalizzato alla certificazione di cui all'Art. 9.

3. **Attività conclusiva:** il Soggetto Realizzatore, a seguito delle risultanze emerse nell'Attività Intermedia, restituisce, in formato cartaceo e digitale (cfr. Art. 5), i seguenti elaborati finali,:

- a) Carta delle Indagini (scala 1:5.000);
- b) Carta Geologico – Tecnica (scala 1:5.000);
- c) Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:5.000);
- d) Carta delle frequenze fondamentali di vibrazione (scala 1:5.000);
- e) Relazione Illustrativa.

Il presente documento costituisce la Relazione Illustrativa, finale.

Per la definizione dell'area di studio si è recepita preliminarmente la perimetrazione delle aree urbane fornita in via informale dall'amministrazione comunale; durante la fase di verifica intermedia da parte del Tavolo Tecnico è stato prescritto, da quest'ultimo, un incremento delle aree così da comprendere edifici civili e industriali/artigianali non compresi nella prima perimetrazione. L'acquisizione da parte dell'Amministrazione comunale dello studio e la consegna ufficiale al competente ufficio regionale costituisce di fatto accettazione da parte della stessa Amministrazione comunale della perimetrazione inizialmente proposta e poi ampliata.

Il presente studio è stato prodotto, nella sua stesura iniziale, nell'ambito dello studio geologico propedeutico alla realizzazione della variante generale al vigente PRG, e, pertanto, ha potuto contare su una base informativa geologica e geomorfologica costituita dal rilevamento geologico originale appositamente realizzato ed aggiornato alle specifiche di rilevamento del progetto CARG, esteso all'intero territorio comunale. Sono quindi rispettati gli **Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica**¹ (*Parte III, 3.4.2. Rilevamenti geologici, geomorfologici e litologico-tecnici. Istruzioni tecniche per l'esecuzione, l'acquisizione dati e la presentazione dei risultati delle indagini geologiche, geofisiche e geotecniche*) che indicano che le carte geologiche, geomorfologiche e litologico-tecniche devono interessare un'area con un'estensione dipendente dalle diverse situazioni morfologiche e geologiche di seguito illustrate:

- Rilievi; va determinata la geologia del rilievo estendendo il rilevamento ai piedi dei versanti delimitanti il rilievo;
- Versanti: possono essere individuate due situazioni geologiche tipo:
 - versante su roccia in posto per il quale il rilevamento va esteso in un'area che ha per limite verso monte lo spartiacque e verso valle la pianura.
 - versante su copertura nel qual caso il rilevamento deve essere finalizzato alla individuazione dello spessore delle coperture e dei processi che lo hanno prodotto, dove possibile, caratterizzando l'assetto geologico e strutturale del substrato.
- Pianure alluvionali; è necessario:
 - individuare la stratigrafia e lo spessore dei depositi;

¹Gruppo 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.

- identificare la profondità del substrato e l'assetto geologico-strutturale;
- definire la geologia dei versanti (distanza minima bordo valle 100 m) in modo tale da poter ipotizzare la loro continuazione nella pianura.
- Scarpate; possono essere individuate due situazioni geologiche tipo:
 - scarpata su roccia in posto: il rilevamento va esteso fino a una distanza pari a venti volte l'altezza della scarpata;
 - versante su copertura: il rilevamento deve essere finalizzato alla individuazione dello spessore delle coperture e dei processi che lo hanno prodotto, caratterizzando, dove possibile, l'assetto geologico-strutturale del substrato.

In sintesi lo studio ha interessato quattro aree, denominate **Capoluogo**, **Passo Cordone**, **Remartello** e **San Pellegrino**, la cui estensione è la seguente:

	Superficie carta geologico-tecnica		Perimetrazione MOPS fase intermedia		Perimetrazione MOPS finale (Prescrizioni tavolo tecnico)	
	kmq	ha	kmq	ha	kmq	ha
CAPOLUOGO	5,4	540,08	1,32	131,74	3,08	307,71
PASSO CORDONE	0,62	62,48	0,13	12,89	0,35	34,77
REMARTELLO	1,55	154,97	0,35	34,93	1,30	129,69
SAN PELLEGRINO	0,49	49,10	0,12	11,64	0,22	21,55
TOTALI	8,07	806,63	1,91	191,19	4,94	493,71

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La pericolosità di base del territorio comunale di Loreto Aprutino viene di seguito definita sulla base dei dati di sismicità storica, dei parametri per la definizione delle forme spettrali previste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni e dalle mappe interattive di pericolosità sismica.

Sismicità storica

I dati di sismicità storica riguardanti l'area in esame sono stati reperiti dall'archivio DBMI08aq² prodotto recentemente dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.). L'archivio contiene dati di eventi sismici al di sopra della soglia del danno, verificatisi in Italia nel periodo 1000 - 2006. Nella tabella 2.1 sono riportati gli eventi significativi relativi alla storia sismica del territorio di Loreto Aprutino. Per ogni evento sismico, elencato per magnitudo decrescente, sono riportati: la data e l'ora di occorrenza, il valore di intensità sismica raggiunto nel comune, il sito epicentrale e la relativa intensità sismica.

Nella Figura 1 è invece riportato il grafico anno/intensità per i principali eventi sismici individuati nel territorio comunale di Loreto Aprutino (Pe).

²A cura di M.Locati (INGV-MI) Aprile 2009. Database macrosismico italiano. *DBMI08aq* è realizzato nell'ambito dell'attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici", con il contributo iniziale del Progetto INGV-DPC S1 della convenzione INGV-DPC 2004-2006. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI08/>

Storia sismica di Loreto Aprutino (PE)

[42.433, 13.988]

Osservazioni disponibili: 11

Effetti	In occasione del terremoto:							Mw	
	Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Se		AE
6-7	1950	09	05	04	08			GRAN SASSO	5.68
6	1898	08	25					VISSO	5.04
5-6	1933	09	26	03	33	29.00		Maiella	5.95
5-6	1979	09	19	21	35	37.00		Valnerina	5.86
5	1984	05	07	17	49	42.73		Appennino abruzzese	5.89
5	1984	05	11	10	41	50.00		Appennino abruzzese	5.50
4	1987	07	03	10	21	57.62		PORTO SAN GIORGIO	5.09
3-4	1997	09	26	33	13.00			Appennino umbro-marchigiano	5.70
3	1904	11	02	15	32	05.00		Marsica est	4.60
3	1958	06	24	06	07	04.00		L'Aquila	5.21
NF	2004	12	09	02	44	25.00		Zona Teramo	4.18

Tabella 2.1: Principali eventi sismici registrati nel comune di Loreto Aprutino (Pe)

Dalla tabella e dalla successiva figura si evidenzia come l'archivio riporti unicamente terremoti recenti, successivi al 1898; sono inoltre assenti terremoti per i quali in comuni limitrofi a Loreto Aprutino sono state riportate intensità significative, come nel caso, ad esempio, del terremoto di Avezzano del 1915 che a Penne ha determinato danni attribuibili all'intensità macrosismica 7 della scala MCS. Nello stesso comune di Penne sono riportati danni per terremoti antichi come il terremoto del Molise del 1456. Queste considerazioni ci inducono a ritenere incompleto il catalogo sismico relativo al comune di Loreto Aprutino.



Figura 1: Grafico tempo/intensità per la storia sismica di Loreto Aprutino

Forme spettrali previste dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni

La sintesi dei parametri di pericolosità di base, elaborati per le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14/01/2008), è riportata in tabella 2.2 per il comune di Loreto Aprutino. La tabella riporta indicazioni per la determinazione delle forme spettrali da utilizzare nella progettazione e fornisce un'immediata quantificazione della pericolosità di base in termini di accelerazione massima su suolo rigi-

do (substrato affiorante orizzontale con velocità delle onde di taglio maggiore di 800 m/s).

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
30	0,056	2,461	0,280
50	0,071	2,435	0,298
72	0,083	2,448	0,314
101	0,096	2,445	0,321
140	0,110	2,441	0,329
201	0,128	2,445	0,339
475	0,178	2,469	0,351
975	0,230	2,505	0,359
2475	0,313	2,552	0,370

Tabella 2.2: Parametri per la definizione delle forme spettrali di progetto in base alle NTC (D.M. 14/01/08)

Per il territorio di Loreto Aprutino la massima accelerazione attesa su suolo rigido è pari a 0,178g per tempo di ritorno di 475 anni, periodo, quest'ultimo, di riferimento per i normali edifici residenziali.

Mappe interattive di pericolosità sismica

L'utilizzo delle *Mappe interattive di pericolosità sismica*³ consente, oltre a visualizzare la distribuzione spaziale dei parametri descritti al punto precedente (cfr. figura 2), di avere informazioni sui dati disaggregati di pericolosità sismica.

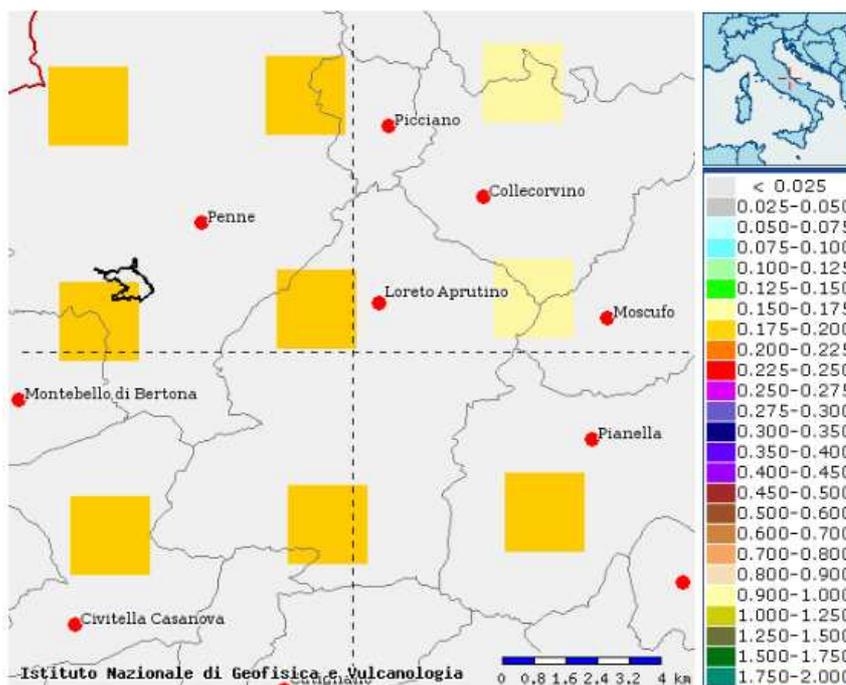


Figura 2: Mappa dello scuotimento atteso in termini di accelerazione, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (tempo di ritorno pari a 475 anni)

La figura 2 e la tabella 2.3 riportano il contributo percentuale alla pericolosità per coppie di valori di Magnitudo e Distanza epicentrale.

³Convenzione INGV-DPC 2004-2006, Progetto S1. Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi. Disponibile al sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>

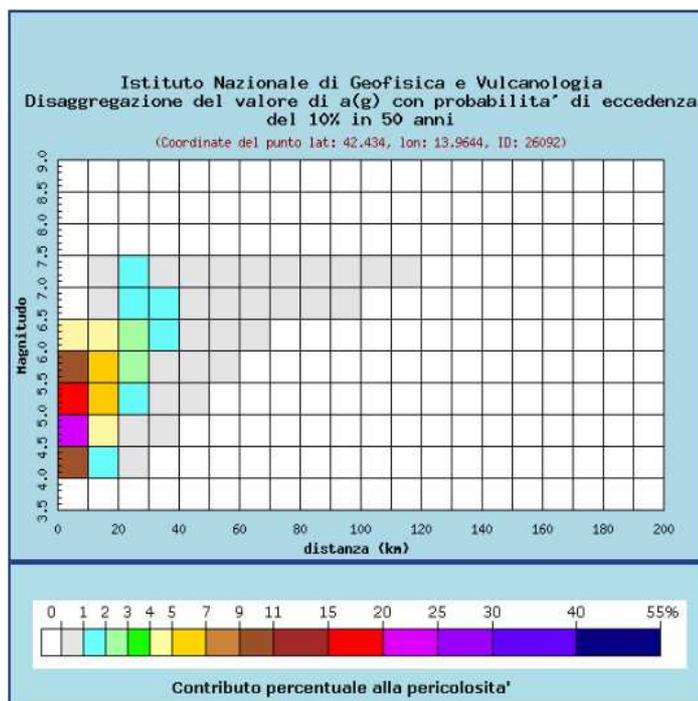


Figura 3: Grafico di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in termini di distanza epicentrale e magnitudo.

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 42.434, lon: 13.9644, ID: 26092)										
	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	9.520	20.800	15.000	9.170	4.140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.220	4.890	6.640	6.840	4.740	0.542	0.286	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.002	0.211	1.210	2.400	2.680	1.760	1.090	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.063	0.570	1.100	1.160	0.887	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.001	0.067	0.391	0.645	0.592	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	0.090	0.332	0.373	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.145	0.220	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.089	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.043	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.016	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.004	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

Tabella 2.3: Dati tabellari di di disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, in termini di distanza epicentrale e magnitudo.

La massima probabilità, pari al 20,8%, si ha per magnitudo compresa tra 4,5 e 5,0 e distanza epi-

centrale inferiore a 10km, mentre percentuali superiori al 9% si hanno per magnitudo comprese tra 4 e 6.5 e distanza sempre inferiore a 10 km. In figura 4 sono riportate le sorgenti sismogenetiche che interessano direttamente il territorio comunale di Loreto Aprutino, estratte dal DISS⁴.

Per i tre elementi individuati è ipotizzata magnitudo massima attesa compresa tra 5.5 e 5.9; le caratteristiche riportate in tabella 2.4 indicano per l'elemento ITCS075 un meccanismo di tipo *diretto-trascorrente destro* mentre gli elementi ITCS020 e ITCS054 sono faglie con meccanismo di tipo *inverso* a basso angolo.

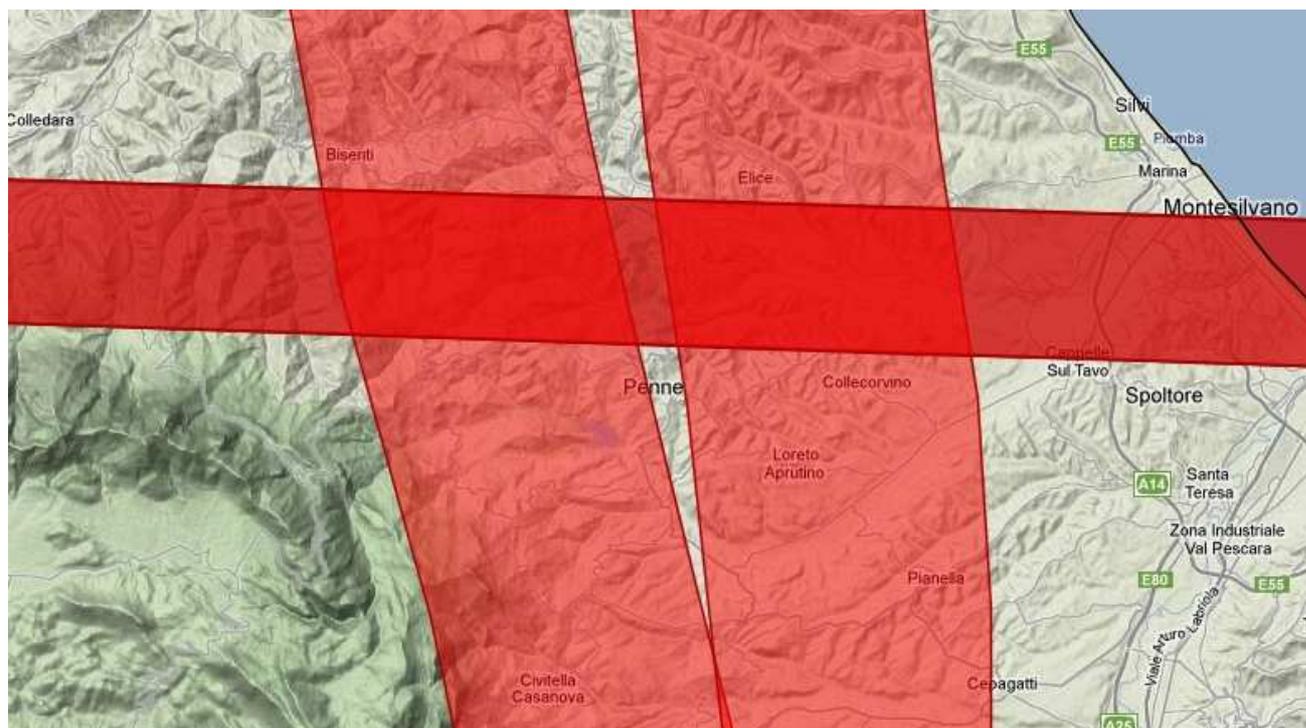


Figura 4: Carta delle sorgenti sismogenetiche censite con il progetto DISS.

ID Sorgente Sismogenetica:	ITCS075	ID Sorgente Sismogenetica:	ITCS020	ID Sorgente Sismogenetica:	ITCS054
Nome Sorgente Composita:	Pietracamela-Montesilvano	Nome Sorgente Composita:	Southern Marche	Nome Sorgente Composita:	Southern Marche offshore
Magnitudo momento massima:	5.7	Magnitudo momento massima:	5.9	Magnitudo momento massima:	5.5
Profondita' min/max sorgente da superficie (Km):	11.0 20.0	Profondita' min/max sorgente da superficie (Km):	3.0 9.0	Profondita' min/max sorgente da superficie (Km):	3.0 6.5
Strike min/max (gradi):	80 100	Strike min/max (gradi):	150 170	Strike min/max (gradi):	145 195
Dip min/max (gradi):	70 90	Dip min/max (gradi):	30 50	Dip min/max (gradi):	30 50
Rake min/max (gradi):	170 230	Rake min/max (gradi):	80 100	Rake min/max (gradi):	80 110
Slip rate min/max (mm/anno):	0.1 0.5	Slip rate min/max (mm/anno):	0.1 0.5	Slip rate min/max (mm/anno):	0.1 0.5

Tabella 2.4: Caratteristiche delle sorgenti sismogenetiche censite dal DISS

⁴Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

<http://diss.rm.ingv.it/diss/>

3 ASSETTO GEOLOGICO E ASSETTO GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Assetto Geologico

La cartografia geologica di riferimento per il territorio abruzzese è a tutt'oggi costituita dalla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000 che comprende il territorio comunale di Loreto Aprutino nel foglio 141 – Pescara; la carta è piuttosto datata, risalendo al 1963. Al 1998 risale invece la pubblicazione della “Carta geologica dell'Abruzzo⁵, stampata con il contributo della Regione Abruzzo.

È poi in corso di rilevamento e pubblicazione la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, nota con il termine di progetto CARG (CARtografia Geologica) a cura dell'ISPRA (ex APAT, ex Servizio Geologico Nazionale); per il territorio abruzzese sono attualmente disponibili solo alcune carte (cfr. figura 5). Per quanto attiene al territorio di Loreto Aprutino risulta stampato il foglio 360 (Torre de' Passeri) mentre sono in corso di stampa i fogli 351 (Pescara) e 361 (Chieti).



Figura 5: Copertura del progetto CARG

Il presente lavoro è stato svolto partendo dall'analisi della cartografia geologica disponibile, sopra descritta. La carta del progetto CARG, essendo la più recente, risulta essere, chiaramente, quella in linea con i più recenti criteri di rilevamento e classificazione dei dati geologici, soprattutto per quanto attiene alla nomenclatura. Si è quindi utilizzato, come indicato anche dalle specifiche linee guida nazionali e regionali, come riferimento la cartografia CARG; tuttavia tale cartografia, come già detto, copre solo una parte del territorio comunale e di conseguenza si è posto il problema di riportare alla stessa classificazione i depositi cartografati nel corso del rilevamento geologico di campagna.

Il substrato geologico del territorio in studio è costituito in netta prevalenza dall'associazione pelitico-sabbiosa della *Formazione di Mutignano* (FMT). In linea generale essa è presente in affioramento diretto nella fascia compresa tra il terzo e il primo ordine dei terrazzi del F. Tavo.

Limitatamente alla porzione più occidentale del comune si rinvennero le alternanze pelitico-arenacee e pelitico-siltose della *Formazione Cellino* (CEN), troncate superiormente dalla sequenza discordante della *Formazione di Mutignano* (FMT). Il contatto, raramente visibile in campagna, è stato tracciato imponendo, dai pochi punti noti, un contatto con le caratteristiche geometriche relative alla giacitura della *Formazione di Mutignano*.

Il quaternario è rappresentato da depositi alluvionali per lo più a morfologia terrazzata e da estese e diffuse coltri eluvio-colluviali. Per la definizione dei depositi quaternari si è dovuta

⁵L. Vezzani & F. Ghisetti – Carta geologica dell'Abruzzo”, Scala 1:100.000, 1998

affrontare la questione, rivelatasi particolarmente impegnativa, del loro riconoscimento e denominazione in accordo con le scelte operate dal progetto CARG. I depositi alluvionali terrazzati vengono attualmente classificati sulla base del riconoscimento delle *Unconformity bounded Stratigraphic Units* (UBSU), ossia di unità a limiti inconformi. Le USBU possono essere definite come un *Corpo roccioso delimitato alla base e alla sommità da superfici di discontinuità specificatamente designate, significative e dimostrabili, aventi preferibilmente estensione regionale o interregionale. I criteri diagnostici utilizzati per stabilire e riconoscere queste unità stratigrafiche sono le due discontinuità che le delimitano. Le unità possono includere poche o molte altre unità stratigrafiche (litostratigrafiche, biostratigrafiche, magnetostratigrafiche, cronostratigrafiche, ecc.) sia in successione verticale che laterale.*⁶

L'unità fondamentale delle USBU è il Sintema; un Sintema può essere suddiviso in due o più Subsintemi e due o più Sintemi possono essere raggruppati in un Supersintema.

Il criterio utilizzato per la classificazione dei Sintemi è stato quello di correlare altimetricamente le varie superfici terrazzate rilevate con le quote delle poche superfici che, individuate dal CARG, sono comprese nel territorio comunale di Loreto Aprutino. I depositi alluvionali terrazzati riferibili al fiume Tavo sono risultati maggiormente sviluppati in sinistra idrografica, mentre in destra idrografica si rinvenivano forme e depositi più antichi, a quote per lo più maggiori, riferibili a linee di drenaggio diverse dall'attuale corso del fiume Tavo. Per quanto riguarda le coltri eluvio-

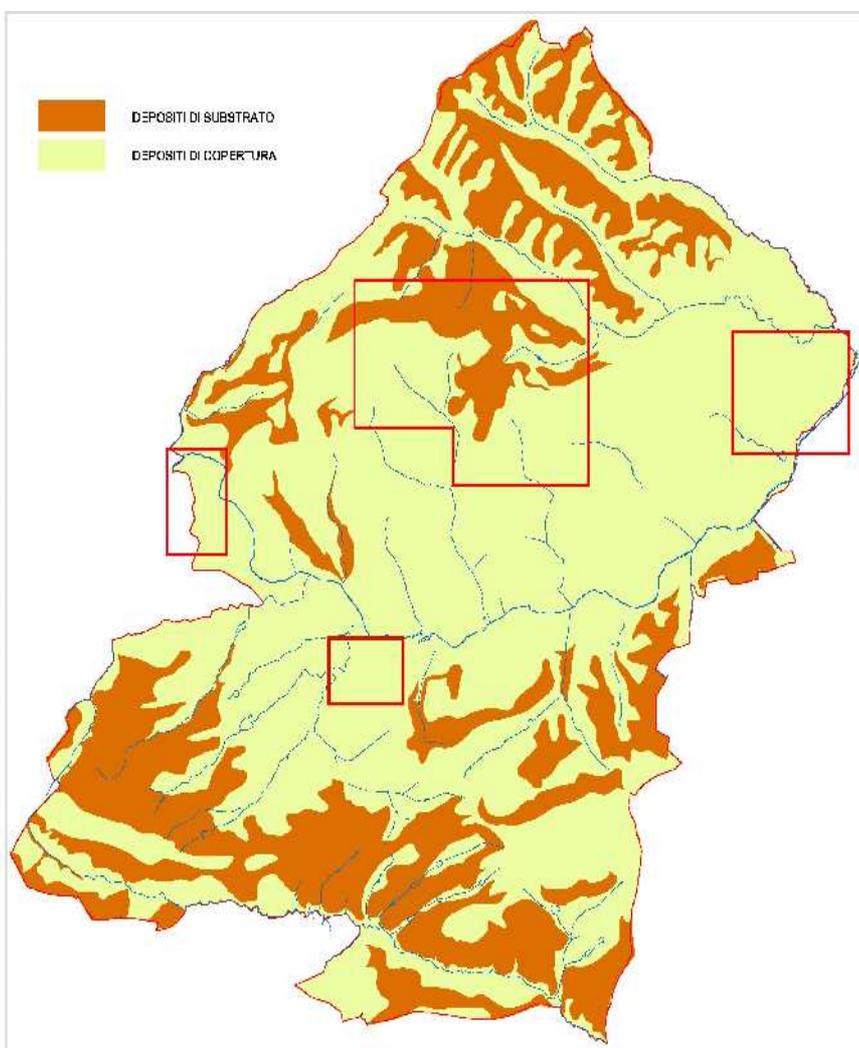


Figura 6: Carta dei depositi di Substrato e di Copertura.

⁶A. Salvador, International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure, Edited by The International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, 1994. In: Quaderni, serie III, volume 9, Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica, APAT, 2003)

colluviali si è scelto di operare in accordo con le *Indicazioni per il rilevamento del Quaternario continentale*⁷, che prevedono che esse siano rappresentate integralmente nelle carte alla scala 1:10.000 e 1:25.000. Le coltri sono state definite tali in presenza di spessori, rilevati o stimati, almeno dell'ordine dei tre metri. In figura 6 è riportata la carta con la distribuzione areale dei depositi di substrato e dei depositi di copertura.

3.2 Assetto geomorfologico

Il territorio di Loreto Aprutino è ubicato nella fascia collinare abruzzese, compresa tra i primi rilievi montuosi appenninici e la costa adriatica. Le quote vanno dagli 87 metri s.l.m., nella valle del fiume Tavo in località Gallo, ai 444 metri s.l.m. di località Colle Cavaliere, al confine con il territorio comunale di Civitella Casanova.

Dalla figura 7 (DTM del comprensorio comunale con ubicazione delle aree oggetto del presente studio) si ha un'immediata percezione delle caratteristiche geografiche del territorio in studio.

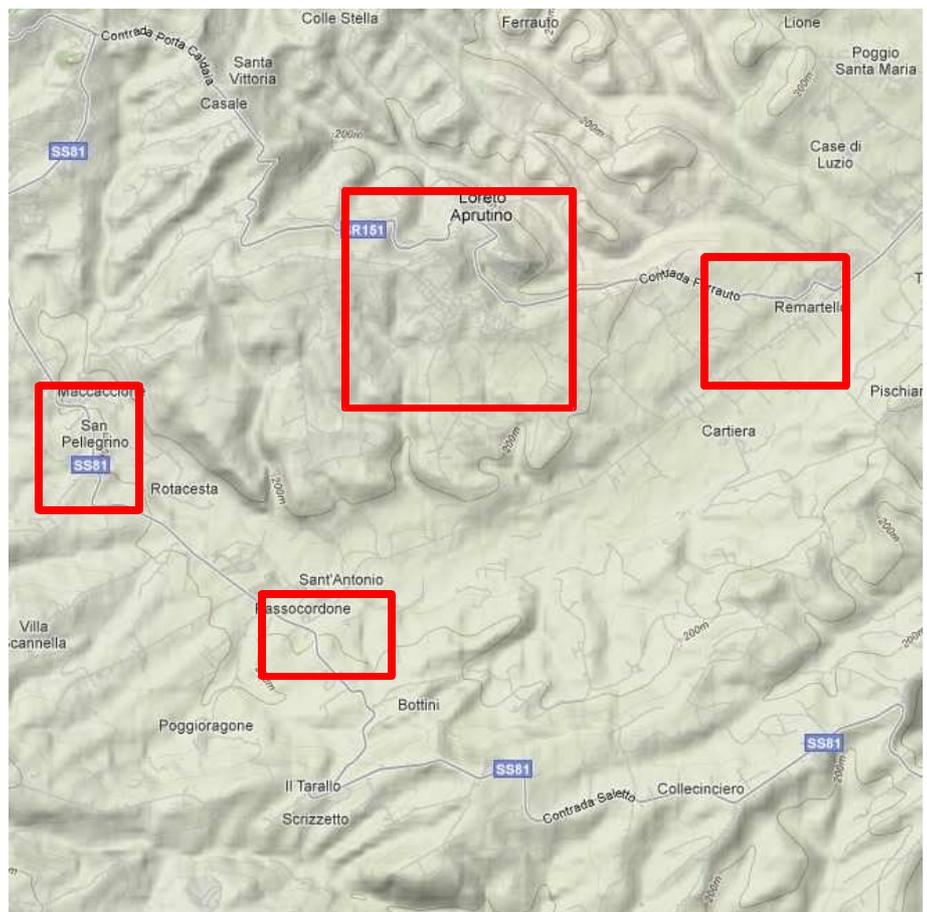


Figura 7: Modello digitale del terreno (DTM) del territorio comunale di Loreto Aprutino

Gli ambiti geografici, sono così sintetizzabili:

⁷Servizio Geologico Nazionale, Quaderni serie III, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato

- Ambito di fondovalle del fiume Tavo, che con la sua vallata, in alcuni tratti abbastanza ampia, divide in due il territorio comunale;
- Ambito dei ripiani terrazzati in sinistra idrografica del fiume Tavo;
- Ambito delle colline argillose al margine settentrionale del territorio comunale;
- Ambito delle superfici sub-pianeggianti di crinale in destra idrografica del fiume Tavo.

Gli ambiti geografici derivano direttamente dalle caratteristiche geologiche e quindi dei terreni presenti, schematizzabili in due grandi categorie:

- Depositi prevalentemente argillosi e argilloso sabbiosi delle formazioni marine plio-pleistoceniche;
- Depositi alluvionali antichi, recenti ed attuali, la cui genesi è prevalentemente legata agli eventi deposizionali del fiume Tavo.

I depositi alluvionali più antichi costituiscono le superfici sub-orizzontali sia in destra sia in sinistra idrografica del fiume Tavo; i depositi recenti ed attuali si rinvengono nell'area di fondovalle; i depositi argillosi e argilloso-sabbiosi costituiscono il substrato, l'ossatura portante dell'intero territorio.

I vari ambiti, preliminarmente individuati sulla base delle forme rilevabili, risultano poi caratterizzate anche sotto l'aspetto dell'uso antropico, in buona sintonia con le vocazioni derivanti dalle peculiarità sopra descritte.

Riportare questi semplici concetti allo studio delle caratteristiche geomorfologiche del territorio comunale di Loreto Aprutino ci permette di individuare gli elementi di base che controllano forme e processi geomorfologici; innanzitutto il substrato geologico, come già detto, è costituito prevalentemente da depositi argillosi e subordinatamente argilloso-sabbiosi, ossia terreni dotati di modesta competenza e resistenza agli agenti atmosferici e più in generale del modellamento. Subordinatamente abbiamo depositi di natura prevalentemente granulare, costituiti da alluvioni ghiaioso-sabbiose.

Tra gli agenti del modellamento il ruolo preponderante è svolto dalla gravità e dall'acqua anche se, soprattutto negli ultimi decenni, le attività antropiche hanno contribuito anch'esse a modificare sensibilmente il paesaggio.

Anche le condizioni climatiche rivestono un ruolo importante, soprattutto in relazione alle modificazioni subite dal clima negli ultimi decenni; da questo punto di vista è importante evidenziare la sempre maggiore frequenza di eventi particolarmente intensi, tali per cui si verificano, ad esempio, forti piogge concentrate in brevissimi periodi.

L'interazione delle cause sopra elencate fa sì che il territorio di Loreto Aprutino sia sensibile principalmente a fenomeni gravitativi di versante impostati sui depositi argilloso-sabbiosi

(formazioni di Mutignano e Cellino) e sulle coltri eluvio-colluviali.

La distribuzione geografica dei dissesti è legata oltre che alla presenza di terreni argilloso-sabbiosi o eluvio-colluviali, alla geometria dei bacini idrografici, risultando maggiormente diffusi laddove il rapporto H/L (dislivello su lunghezza del bacino) è maggiore, ossia maggiore energia del rilievo. Questa condizione si verifica in prevalenza in destra idrografica del fiume Tavo.

I fenomeni maggiormente diffusi (figura 8) sono le deformazioni superficiali lente, del tipo soliflusso e reptazione, che coinvolgono spessori variabili, dell'ordine di alcuni metri, di terreni superficiali; lo stato di attività è prevalentemente quiescente.

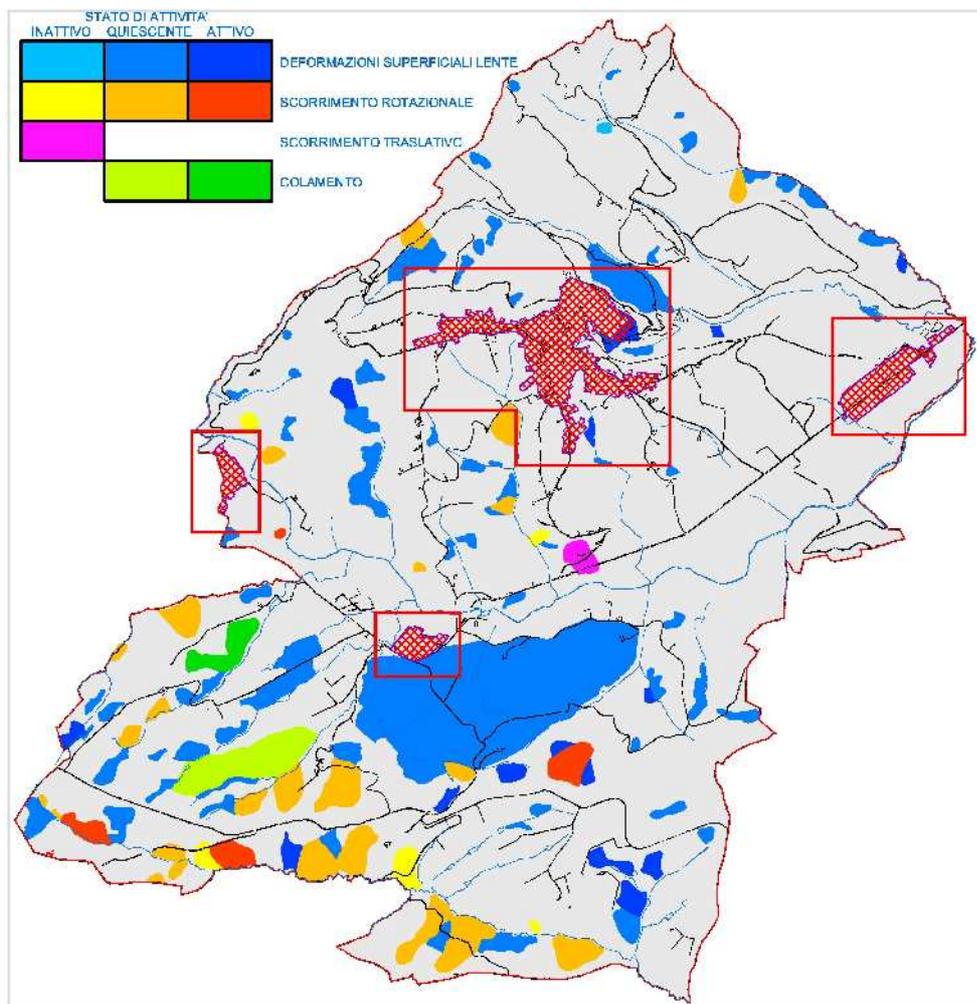


Figura 8: Corpi di frana individuati per genesi e stato di attività. Elaborato dalla Carta geomorfologica del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico

Subordinatamente si rileva la presenza di vere e proprie frane con prevalenza degli scorrimenti rotazionali quiescenti ed un unico elemento di scorrimento traslativo inattivo. Sono infine presenti alcune frane per colamento di cui una sola attiva. Lo stato di attività prevalente risulta quindi essere il quiescente.

Tra gli elementi geomorfologici legati all'azione dei corsi d'acqua vanno citate le diffuse scarpate

che separano i diversi ordini di superfici terrazzate fino agli argini del corso attivo del fiume Tavo; quest'ultimo è attualmente in fase erosiva ed è giunto ad incidere i depositi marini della formazione Mutignano. Il processo si manifesta con la presenza di scarpate pseudo-verticali scavate nei depositi alluvionali più recenti, in prevalenza ghiaiosi, fino ad interessare, come appena detto, il substrato argilloso. In talune situazioni l'erosione si spinge fino a determinare lo scalzamento al piede dei versanti laterali, come accade, ad esempio, nel tratto prossimo al confine con il territorio comunale di Pianella.

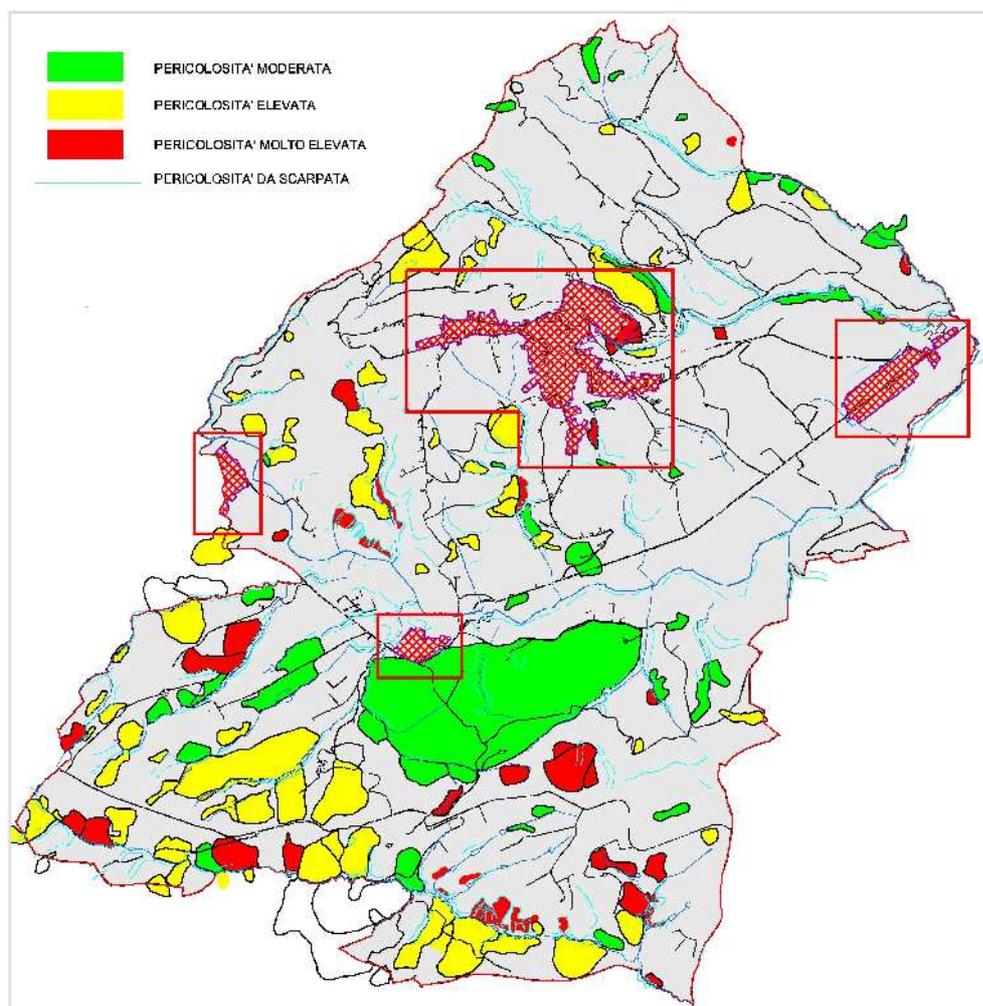


Figura 9: Elementi di pericolosità per fenomeni gravitativi e processi erosivi. (Elaborato dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico)

Particolare rilevanza assumono, infine, le forme calanchive, che ritroviamo concentrate sui versanti a monte di località Rotacesta ed immediatamente a sud di contrada Cordano (località S. Caterina). In questi due casi si tratta di forme calanchive ben sviluppate ma in numerose altre situazioni si rilevano forme calanchive allo stato incipiente.

Uno sguardo d'insieme sulla pericolosità idrogeologica del territorio comunale si ha dalla figura 9 nella quale sono riportati gli elementi di pericolosità individuati dal *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici di rilievo regionale abruzzesi e del bacino*

interregionale del fiume Sangro "Fenomeni Gravitativi e Processi Erosivi.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La caratterizzazione geotecnica e geofisica deriva dall'analisi delle indagini pregresse, dalle registrazioni di sismica passiva a stazione singola, realizzate per il presente studio, e dall'esperienza più che ventennale maturata nell'ambito geologico di riferimento. Per quanto attiene alle indagini pregresse il materiale recuperato è piuttosto scarso; in particolare abbiamo:

Capoluogo

n.7 sondaggi a rotazione con carotaggio continuo, uno dei quali attrezzato con piezometro a tubo aperto;

n.3 prove penetrometriche dinamiche leggere.

Remartello

n.2 sondaggi a rotazione con carotaggio continuo.

Passo Cordone e San Pellegrino

Non sono state recuperate indagini.

Per quanto riguarda le indagini geofisiche non sono state reperite indagini pregresse mentre le registrazioni di sismica passiva a stazione singola sono state così distribuite:

Capoluogo – n.9 registrazioni

Remartello – n.3 registrazioni

Passo Cordone – n.3 registrazioni

San Pellegrino – n.2 registrazioni

Per complessive 17 registrazioni.

Dati geotecnici

Le informazioni di carattere geotecnico desumibili dai sondaggi a rotazione con carotaggio continuo sono limitate alle misure eseguite con il pocket penetrometer e alle valutazioni di addensamento/consistenza riportate dall'estensore della stratigrafia di sondaggio. Le prove penetrometriche dinamiche leggere forniscono direttamente il numero di colpi per avanzamento di 10 metri e possono essere correlate con il numero di colpi dello Standard Penetration Test (SPT) e quindi ottenere, attraverso le numerose formulazioni empiriche disponibili, valutazioni sulle caratteristiche geotecniche.

I sondaggi della località Capoluogo, ubicati sul fianco sud-occidentale del rilievo sul quale sorge il centro storico di Loreto Aprutino, hanno intercettato il substrato costituito dalla formazione di Mutignano a profondità compresa tra 7,3 e 11,5 metri dal piano campagna. Al di sopra è presente

uno spessore dell'ordine di alcuni metri di alterazione della stessa formazione, ed ancora sopra depositi colluviali costituiti da limo argilloso-sabbioso con concrezioni calcaree. Per uno spessore variabile tra 2,5 e 5,6 metri di profondità dal piano campagna sono stati intercettati materiali di origine antropica.

I depositi di substrato, formazione di Mutignano (FMTa), sono presenti come argille grigio azzurre con livelletti millimetrici sabbiosi fini; le argille sono plastiche, da consistenti a molto consistenti. I primi 2-3 metri di formazione sono alterati con livelli limo-sabbiosi avana. La coesione non drenata (C_u) ricavata dalle misure eseguite con il pocket penetrometer, assume valori di circa 2,0 kg/cm² per la porzione alterata e di 2,5-3,0 kg/cm² per la porzione inferiore non alterata. I valori descritti sono da considerare come valori medi per il membro a prevalenza pelitica della formazione di Mutignano (FMTa) e pertanto utilizzabili anche in altre aree di affioramento della stessa formazione. I valori di riferimento dei parametri geomeccanici, derivati da numerose prove di laboratorio e di campagna eseguiti in altri siti sui depositi della formazione di Mutignano, possono essere considerati i seguenti:

PORZIONE ALTERATA	
Peso di volume	$\gamma = 19,5 \text{ kN/mc}$
Angolo di attrito interno	$\phi = 26^\circ$
Coesione efficace	$c' = 8 \text{ kPa}$
Coesione non drenata	$C_u = 80-200 \text{ kPa}$
Modulo edometrico	$M = 9000-10000 \text{ kPa}$
Modulo di Young dinamico	$E'_{\text{din}} = 1,7E05 \text{ kPa}$
Modulo di Young statico	$E'_{\text{stat}} = 8,2E04 \text{ kPa}$
FORMAZIONE INALTERATA	
Peso di volume	$\gamma = 20,0 \text{ kN/mc}$
Angolo di attrito interno	$\phi = 28^\circ$
Coesione efficace	$c' = 10-16 \text{ kPa}$
Coesione non drenata	$C_u = 200-300 \text{ kPa}$
Modulo edometrico	$M = 16000 \text{ kPa}$
Modulo di Young dinamico	$E'_{\text{din}} = 2,4E06 \text{ kPa}$
Modulo di Young statico	$E'_{\text{stat}} = 2,9E05 \text{ kPa}$

Per quanto attiene alle V_s (velocità delle onde di taglio), numerose misure effettuate sui terreni della formazione di Mutignano indicano velocità che per la porzione alterata sono comprese tra i 350 e i 500 m/sec mentre la porzione inalterata si attesta su valori di 600-650 m/sec.

Dei sette sondaggi quattro sono stati attrezzati con piezometro a tubo aperto rilevando i seguenti livelli idrici:

Sondaggio n.	Profondità falda (metri da bocca foro)
S.1	5,40
S.5	20,38
S.6	8,35
S.7	2,73

Tabella 4.1:

Le caratteristiche litologiche, e quindi di permeabilità, del sottosuolo compreso tra i punti di indagine e le differenze di profondità rilevate, in particolare i 20,38 metri del sondaggio S.5, ci inducono a ipotizzare la presenza di una modesta circolazione idrica al contatto tra i materiali antropici e colluviali con i depositi pelitici di substrato.

I depositi colluviali sono costituiti da limo argilloso e sabbioso di colore dal grigio all'avana, con livelli millimetrici sabbiosi. Talora prevale la frazione sabbiosa e a luoghi sono presenti livelli con detriti calcarei da arrotondati a spigolosi. Sono presenti patine ocracee di ossidazione, frustoli carboniosi e concrezioni calcaree. Laddove è prevalente la frazione coesiva abbiamo depositi da consistenti a molto consistenti, la cui coesione non drenata (C_u) assume valori da 0,5 a 2,0 kg/cm².

Per quanto riguarda i depositi alluvionali a morfologia terrazzata i sondaggi di riferimento sono quelli disponibili per l'area di Remartello; entrambi spinti fino alla profondità di 10 metri, hanno evidenziato la presenza di un primo spessore di circa 3-4 metri di limo sabbioso avana con concrezioni calcaree e ghiaietto di piccole dimensioni e livelli di ghiaia in matrice sabbiosa. Al di sotto di questo primo livello si rinvencono ghiaie eterometriche, prevalentemente calcaree a spigoli vivi e sub-arrotondate in matrice sabbiosa avana-biancastra, alternate a sabbie fini di colore avanza chiaro, a luoghi limose, con inclusi ghiaiosi, concrezioni calcaree e patine ocracee di ossidazione. Tutti i livelli ghiaiosi e sabbiosi sono stati valutati dall'estensore della stratigrafia di sondaggio come addensati e ben addensati. I terreni descritti sono geologicamente attribuiti al Sintema di Valle Maielama, in particolare al Subsintema di Vallemare (AVM_{3b}), individuati nella legenda delle unità geologiche del quaternario della carta geologico-tecnica con la sigla **at5**. La falda è stata rilevata a profondità di 6,0 e 6,7 metri dal piano campagna.

Dati geofisici

Come illustrato in precedenza sono state effettuate complessivamente n.17 registrazioni di sismica passiva a stazione singola con lo scopo di individuare le frequenze di risonanza del sottosuolo indagato ma anche per avere un riscontro geofisico, sia pure indiretto, alle valutazioni di tipo stratigrafico estrapolate arealmente a partire dal rilevamento di superficie e dalle indagini geognostiche puntuali disponibili. In generale le elaborazioni in termini di curve H/V hanno fornito grafici privi di picchi significativi o con modesti picchi alle sole alte frequenze. Le ragioni sono da

ricercare nell'assenza di forti contrasti di caratteristiche geomeccaniche e di impedenza sismica; anche prendendo i casi estremi dei colluvi recenti e della formazione marina di base (FMTa), abbiamo caratteristiche di resistenza al taglio, in termini di coesione non drenata, che oscillano tra poco meno di 100kPa a 250-300kPa, ossia valori poco differenziati rispetto, ad esempio, ad un colluvio poggiante su substrato calcareo. Lo stesso discorso vale per i depositi alluvionali terrazzati, con i litotipi ghiaiosi che hanno velocità delle onde di taglio intorno ai 400-450 m/sec, e che in presenza di un certo grado di cementazione può assumere valori prossimi a quelli del substrato marino.

Le curve H/V si presentano quindi poco differenziate in tutti i contesti stratigrafici individuati; solo in alcuni casi i picchi raggiungono ampiezze di 3-4, a frequenze sempre superiori a 10Hz, ossia per discontinuità molto superficiali e quindi di scarso significato. Talora si rilevano modeste inversioni di velocità individuabili nei grafici H/V per la presenza di tratti di curva con valori inferiori all'unità.

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il substrato marino comune alle quattro aree indagate è costituito dal membro a prevalenza pelitica della formazione di Mutignano (FMTa). Si tratta, come esposto precedentemente, di depositi coesivi non litoidi che, anche in presenza di elevati valori di coesione non drenata, hanno comunque comportamento dissipativo e, pertanto, non possono essere considerati come substrato rigido. Gli spessori delle coperture quaternarie non sono mai elevati e giungono raramente ai 15 metri. Nel dettaglio le quattro aree indagate sono così descrivibili:

Capoluogo

L'area definita Capoluogo è costituita essenzialmente dai depositi a prevalenza pelitica della Formazione di Mutignano (FMTa), sui quali sono sovrapposti tre diversi ordini di terrazzi alluvionali. Morfologicamente si sviluppa su due direttrici sub-pianeggianti a partire dal centro storico, in direzione ovest e in direzione sud. La direttrice sud è costituita in prevalenza dai depositi marini della Mutignano, bordata da depositi colluviali e alluvionali a morfologia terrazzata. La formazione, è sempre coperta da un modesto spessore di coltri di alterazione; la maggiore estensione è costituita da pendenze modeste, inferiori ai 15°.

La direttrice ovest si sviluppa su depositi del Supersintema di Aielli-Pescina (at1 del presente studio) e passa verso nord ai depositi della Mutignano, in presenza di pendenze rilevanti, e ai depositi colluviali a sud, con pendenze decisamente più dolci.

Gli spessori dei depositi di copertura non sono mai rilevanti, dell'ordine al massimo della decina di metri o poco più.

Passo Cordone

L'Abitato di Passo Cordone è sviluppato su depositi alluvionali a morfologia terrazzata (at4),

bordati lateralmente da depositi colluviali lungo le scarpate di raccordo ai depositi di ordine 5 (at5). In questo caso non sono disponibili informazioni dirette sullo spessore dei depositi alluvionali ma è ragionevole presumere che essi siano dell'ordine dei 10 metri.

A monte (direzione sud) il PAI riporta un'estesa area occupata da *deformazioni superficiali lente*.

Remartello

Remartello si sviluppa in prevalenza in valle del fiume Tavo, su depositi alluvionali a morfologia terrazzata (at6 e at5); questi sono bordati a nord da depositi colluviali di raccordo con i depositi terrazzati superiori (at4). Il substrato marino non è mai affiorante; le indagini geognostiche disponibili indicano depositi alluvionali per almeno 10 metri di spessore, mentre affioramenti del substrato sono presenti in area limitrofa, in alveo del fiume Tavo, che in alcuni tratti è in erosione nelle argille della formazione di Mutignano.

San Pellegrino

L'abitato di San Pellegrino si presenta in una configurazione geologica simile a quelle di Passo Cordone e Remartello, con diversi ordini di superfici alluvionali separate da depositi colluviali di raccordo in corrispondenza delle scarpate bordate dall'orlo di terrazzo posto a quota maggiore.

Anche in questo caso, come per Passo Cordone, non abbiamo informazioni dirette sugli spessori in quanto non sono disponibili indagini geognostiche. Valgono le stesse considerazioni esposte precedentemente.

6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Le principali incertezze derivano dalla scarsa disponibilità di indagini geognostiche e dalla pressoché totale assenza, se si escludono le registrazioni di microtremori, di indagini geofisiche. Vista la relativa semplicità del contesto geologico-geomorfologico l'assenza di indagini geognostiche non costituisce un particolare elemento di incertezza, anche se è auspicabile, nella successiva fase di raggiungimento della fase finale di Microzonazione Sismica, l'acquisizione di ulteriori indagini, in particolare quelle realizzate o da realizzare nell'ambito dei progetti di riparazione degli edifici danneggiati dal sisma del 6 aprile 2009. Per quanto riguarda le indagini geofisiche le incertezze sono maggiori ed in questo caso si ritiene necessario acquisire dati puntuali per meglio caratterizzare la risposta sismica locale.

Si è detto più volte che il sottosuolo del territorio indagato non presenta forti contrasti di velocità delle onde di taglio e, pertanto, anche con le incertezze sopra descritte, si è portati a ritenere modesti gli effetti di amplificazione del moto sismico per effetti stratigrafici, come confermato dalle registrazioni di sismica passiva a stazione singola.

Altre fonti di incertezza sono legate, a nostro parere, alle scarse conoscenze sulle strutture sismogenetiche che possono interessare questo tratto di territorio collinare e, in generale, alla risposta sismica dei substrati deformabili e con v_s inferiore a 800 m/sec, come quello presente

nell'area indagata. Riguardo al primo punto riteniamo importante approfondire il tema della sismicità legata alle strutture compressive appenniniche e trascorrenti, ancora poco studiate, soprattutto in relazione alla presenza in tali aree della maggiore concentrazione di centri urbani.

La presenza di numerosi indizi morfotettonici in tutta la fascia collinare induce a ritenere significativo il contributo di strutture tettoniche attive nella definizione dell'attuale conformazione geomorfologica; inoltre la mancanza di documentazione storica, dovuta essenzialmente all'origine recente e alla scarsa importanza storica della maggior parte dei nuclei abitati collinari e costieri, costituisce un ulteriore elemento di incertezza nella ricostruzione della storia sismica di questo territorio.

Riguardo al secondo punto riteniamo importante definire il reale comportamento sotto sollecitazione sismica dei substrati geologici con v_s inferiori a 800 m/sec.

Per quanto attiene a specifiche condizioni rilevate nel territorio indagato si segnala la necessità di approfondire il tema della risposta sismica delle coltri instabili, in particolare nell'area orientale del centro storico.

Si è ritenuta non necessaria la realizzazione di una carta degli affioramenti, viste le caratteristiche geologiche dell'area indagata e la relativa scarsità di affioramenti significativi; tuttavia essa potrà essere inserita nella stesura dell'attività conclusiva.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Lo studio di Microzonazione Sismica di livello 1, relativo alle quattro aree urbane del territorio comunale di Loreto Aprutino (Capoluogo – Passo Cordone – Remartello – San Pellegrino), segue le indicazioni contenute negli “*Indirizzi e criteri generali per la microzonazione sismica*”⁸ finalizzate all'analisi di pericolosità sismica, necessaria per la valutazione del rischio sismico ed applicabile ai settori della programmazione territoriale, della pianificazione urbanistica, della pianificazione dell'emergenza e della normativa tecnica per la progettazione.

Per Microzonazione Sismica si intende la “valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo”.

Nel caso specifico di uno studio di Microzonazione Sismica di livello 1 il documento di sintesi finale è rappresentato da una carta del territorio nella quale vengono indicate:

- le zone in cui il moto sismico non subisce modifiche rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida affiorante e topografia pianeggiante (Categoria di suolo A delle NTC e dell'Eurocodice 8), per cui gli scuotimenti attesi possono essere equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità sismica di base;

⁸Gruppo 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 Cd-rom

- le zone in cui il moto sismico subisce modifiche rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida affiorante e topografia pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, cedimenti differenziali, ecc.).

Lo studio di Microzonazione Sismica fornisce quindi una base conoscitiva della pericolosità sismica locale delle diverse zone di un determinato territorio e consente di stabilire gerarchie di pericolosità utili per la programmazione di interventi di riduzione del rischio sismico, a varie scale. Il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di Microzonazione Sismica, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte.

Per effettuare gli studi di Microzonazione Sismica è indispensabile la raccolta e l'archiviazione organizzata di dati geognostici pregressi e, ove necessario, di dati provenienti da nuove e specifiche indagini. I dati devono essere tali da permettere la ricostruzione del quadro litostratigrafico dell'area, con particolare attenzione alla definizione della litostratigrafia, delle tipologie e degli spessori delle coperture e la profondità del substrato o delle aree dove esso affiora.

Nel caso in oggetto i dati pregressi sono disponibili in numero limitato e non coprono per intero le quattro aree urbane di Loreto Aprutino (Capoluogo – Passo Cordone – Remartello – San Pellegrino); di conseguenza si è reso necessario procedere all'esecuzione di nuove indagini. Considerate le disponibilità di tempo ed economiche, e in accordo con le indicazioni contenute nelle citate linee guida regionali, sono state effettuate registrazioni di sismica passiva a stazione singola che, oltre a fornire indicazioni sulle frequenze di risonanza dei terreni, permettono di estrapolare, anche se con la necessaria cautela interpretativa, informazioni di carattere stratigrafico.

Per la caratterizzazione geologica in senso lato sono state utilizzati i seguenti dati di base:

- Carta Geologica in scala 1:10.000 prodotta nell'ambito della Variante Generale al Piano Regolatore Generale del comune di Loreto Aprutino;
- Carte geologiche del progetto CARG; fogli 351 Pescara, 360 Torre de' Passeri e 361 Chieti.
- Carta Geomorfologica del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico;
- logs litostratigrafici dedotti da dati di sondaggi ed altre indagini geognostiche;
- Registrazioni di sismica passiva a stazione singola (microtremori) realizzate nel corso del presente studio.

Le Carte, redatte in scala 1:5.000, consentono di visualizzare:

- la distribuzione areale e la caratterizzazione del substrato geologico;
- la distribuzione areale e la caratterizzazione dei terreni di copertura;
- la distribuzione delle aree potenzialmente interessate da deformazioni permanenti in caso di evento sismico;
- la distribuzione e la definizione delle forme geomorfologiche di superficie e sepolte, particolarmente importanti per problematiche sismiche.

Questi obiettivi sono stati perseguiti in particolare nella *carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica*, con la distinzione nel campo carta di due tipologie di zone::

- **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;**
- **zone suscettibili di instabilità;**

e con simboli indicanti forme di superficie:

- **forme di superficie**

Non sono state inserite zone stabili in quanto il substrato geologico, riferibile alla Formazione di Mutignano, non ha le caratteristiche di velocità delle onde di taglio ($v_s > 800 \text{ m/sec}$) tali da poter essere definito come substrato sismico.

L'elaborato di sintesi della Microzonazione Sismica di livello 1 è costituito dalla *Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica*, redatta per ciascuna delle quattro aree urbanizzate del territorio comunale di Loreto Aprutino (Capoluogo – Passo Cordone – Remartello – San Pellegrino).

La carta individua le microzone nelle quali, sulla base delle osservazioni geologiche e geomorfologiche e della valutazione dei dati litostratigrafici disponibili, si può prevedere l'occorrenza di diversi tipi di effetti prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.).

Le microzone omogenee sono classificate in tre categorie:

A) zone stabili, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (substrato geologico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata – pendii con inclinazione inferiore a circa 15°);

B) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale;

C) zone suscettibili di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono necessariamente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Per quanto concerne la categoria C, occorre specificare che i principali tipi di instabilità sono individuati dalla mera presenza di:

- movimenti gravitativi di versante
- fenomeni di liquefazione dei terreni monogranulari saturi
- faglie attive e capaci
- cedimenti differenziali.

I cedimenti differenziali vengono presi in considerazione solo nell'ambito del livello 1 di uno studio di Microzonazione Sismica, segnalandone l'eventuale localizzazione; essi non hanno in generale la stessa importanza degli altri fenomeni di instabilità elencati. I cedimenti differenziali si verificano infatti solo nelle zone adiacenti i contatti tra formazioni con caratteristiche litologiche e meccaniche molto diverse.

Non sono state individuate zone nelle quali si ritengono possibili fenomeni di liquefazione in quanto non vi sono le condizioni litologiche necessarie (sabbie monogranulari).

Una nota particolare meritano le faglie attive e capaci. La definizione dell'attività di una faglia attiva e capace deve scaturire da una serie di studi di dettaglio eseguiti da esperti del settore. Tali studi possono essere messi a disposizione di quanti si occupano di studi di Microzonazione Sismica solo dopo una validazione tecnico-scientifica. Per il livello 1 è quindi raccomandato di riportare, nella Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, solo le faglie identificate da studi validati da esperti del settore.

Sulla base delle considerazioni appena espresse, nella definizione delle zone suscettibili di instabilità, sono state inserite unicamente le aree affette da fenomeni di instabilità di versante.

7.1 Zone stabili suscettibili di amplificazioni. Depositi di substrato – Zone 1 e 2

In queste zone sono inserite le aree di affioramento della *Formazione di Mutignano* che, come detto, non può essere considerata come substrato sismico in quanto presenta velocità inferiori agli 800 m/sec. Sono state distinte aree con inclinazione del versante minore di 15° (Zona 1) e maggiori o uguali di 15° (Zona 2).

I terreni dell'associazione pelitico-sabbiosa della *Formazione Mutignano* (FMTa), di età compresa tra il Pliocene medio-superiore e il Pleistocene inferiore, è formata da argille ed argille marnose di colore grigio, con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi e sabbioso-limosi fossiliferi. All'interno di essa il rapporto sabbia/argilla è nettamente inferiore all'unità; lo spessore massimo osservato nel Foglio 351 "Pescara" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 è di circa 400 m. Soprattutto nei primi dieci metri di profondità, le caratteristiche fisico-meccaniche dei litotipi sono legate in parte alla natura e costituzione della formazione originaria, in parte alle modifiche subite per effetto degli agenti atmosferici e dello scarico dello stato di coazione. Le misure di microtremore condotte nelle zone 1 e 2 sono prive di picchi di risonanza, a testimonianza dell'assenza di significativi contrasti di impedenza sismica con i depositi di copertura.

In legenda sono indicate con la presenza di depositi di substrato stratificato e del tipo coesivo sovraconsolidato. In dettaglio abbiamo:

Zona 1 ---> substrato geologico, presente in affioramento o con spessori di coperture inferiori a 3 metri, su pendii con inclinazione $< 15^\circ$, le misure di microtremore eseguite in Zona 1 sono prive di picchi di risonanza.

Zona 2 ---> substrato geologico, presente in affioramento o con spessori di coperture inferiori a 3 metri, su pendii con inclinazione $\geq 15^\circ$.

7.2 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali – Zone 3, 4 e 5

Nelle *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali* (Zona 3, Zona 4, e Zona 5) sono attese modifiche del moto sismico di input legate alla situazione litostratigrafica e/o morfologica locale. Sostanzialmente si tratta delle zone di affioramento di depositi alluvionali a morfologia terrazzata e di coltri colluviali. Gli spessori dei terreni di copertura sono sempre > 3 m.

Si ricorda che l'amplificazione del moto sismico per effetti litostratigrafici è legata in primo luogo a differenze in termini di rigidità sismica tra substrato e copertura e, secondariamente, alla conformazione geometrica del limite tra i due (con conseguenti fenomeni di focalizzazione delle onde sismiche e di riflessioni multiple di onde di superficie generate in corrispondenza dell'interfaccia non orizzontale roccia-terreno⁹). Invece per quanto riguarda l'amplificazione per effetti topografici e morfologici essa è molto spesso causata dalla presenza di discontinuità morfologiche che possono comportare amplificazione per focalizzazione (pendii con inclinazione $> 15^\circ$ e dislivello > 30 m, bordi di terrazzo o zone di ciglio con altezza > 10 m; creste rocciose sottili (larghezza in cresta molto inferiore alla larghezza alla base e pendenza media $> 30^\circ$).

Le *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali* sono identificate nel campo carta dai numeri 3, 4 e 5 e da colorazioni nei toni del verde. Più in dettaglio:

Zona 3 ---> depositi alluvionali prevalentemente sabbiosi e limoso-argillosi, con livelli ghiaiosi, su substrato argilloso; le misure di microtremore eseguite in Zona 3 mostrano picchi di risonanza di modesta ampiezza a frequenze > 10 Hz.

Zona 4 ---> depositi alluvionali prevalentemente ghiaiosi, talora con un certo grado di cementazione, con livelli limosi, argillosi e sabbiosi, su substrato argilloso; le misure di microtremore effettuate in Zona 4 mostrano picchi di risonanza generalmente di media ampiezza a frequenze > 10 Hz. Rispetto alla zona 3 la maggiore ampiezza è imputabile al maggior contrasto tra i suoli e i depositi alluvionali.

⁹Aki K., Larner K.L. (1970). Surface motion of a layered medium having an irregular interface due to incident plane SH waves. Jour. Geoph. Research, Vol.70

Zona 5 ---> depositi eluvio-colluviali di natura limoso-argillosa o limoso-sabbiosa su substrato argilloso; le misure di microtremore effettuate in Zona 5 sono quelle che presentano le massime variazioni, con zone di inversione, zone con picchi intorno ai 5 Hz e zone con modesti picchi alle alte frequenze > 10 Hz.

7.3 Zone suscettibili di instabilità

Nelle zone suscettibili di instabilità gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono naturalmente esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto).

Nelle quattro aree urbane del territorio comunale di Loreto Aprutino tali zone identificano un'unica categoria di effetti deformativi legati ad instabilità di versante, ovvero:

- *deformazioni superficiali lente.*

Le misure di microtremore condotte evidenziano picchi di risonanza di modesta ampiezza nell'intervallo di frequenze compreso tra gli 8 Hz e i 10 Hz.

7.4 Forme di superficie

Le forme di superficie presenti nelle aree in studio e significative ai fini della microzonazione di livello 1 sono risultate essere unicamente gli *orli di scarpata* e le *creste*.

Orli di scarpata

Sono stati distinti in:

- Orlo di scarpata morfologica, includendo in questo termine le scarpate naturali e di origine antropica senza ulteriori approfondimenti. Si tratta sempre di scarpate di altezza inferiore a 10 metri.
- Orlo di terrazzo fluviale, in questo caso sono comprese solo le scarpate riconducibili ai terrazzi fluviali. Anche in questo caso sono presenti unicamente scarpate di altezza inferiore a 10 metri.

Creste

Nelle zone in cui la morfologia del rilievo è assimilabile a quella di picchi isolati o creste il moto sismico sarà amplificato alla sommità del rilievo rispetto alla base. Nel dominio della frequenza l'amplificazione topografica è massima in una banda di frequenza che corrisponde a lunghezze d'onda comparabili con la semilarghezza del rilievo¹⁰.

Dall'analisi topografica, il centro storico di Loreto Aprutino sorge su un rilievo (Figura 10) che, in base alle dimensioni del rilievo stesso e alla velocità delle onde sismiche relative ai terreni presenti

¹⁰Geli L., Bard P.Y., Jullien B. (1988). The effect of topography on earthquake ground motion: a review and new result. Bull. Seism. Soc. of America, Vol.78, No.1.

(mediamente 600 m/sec), può indurre amplificazione per caratteristiche topografiche ad una frequenza calcolata di circa 4Hz.

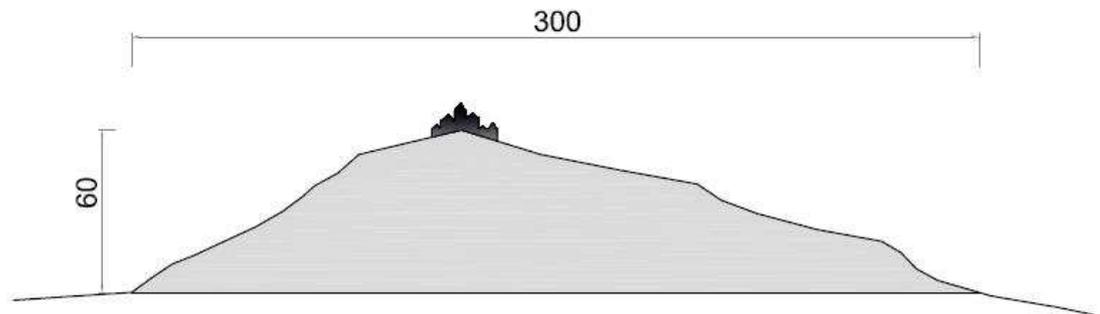


Figura 10: Profilo topografico passante per il centro storico di Loreto Aprutino. Distanza e dislivello sono espressi in metri.

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

Sono state prodotte le seguenti carte:

Carta delle indagini;

Carta geologico-tecnica;

Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica;

Carta delle frequenze di risonanza.

8.1 Carta delle indagini

Nella carta delle indagini sono riportate la tipologia e ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche utilizzate per le successive elaborazioni. Le simbologie utilizzate sono quelle indicate nelle linee guida regionali e nazionali. Per maggiori dettagli sulle indagini si rimanda al capitolo 4.

8.2 Carta geologico-tecnica

La *Carta geologico-tecnica*, come già detto, è stata elaborata in conformità alle indicazioni del progetto CARG e delle linee guida regionali¹¹. La legenda presenta due tematismi con campiture sovrapposte; le *Unità Geologiche*, a colore pieno, e le *Unità Litotecniche*, con retini che consentono un'immediata percezione del tipo di litologia.

Unità Geologiche

I depositi presenti sono suddivisi in *Unità Geologiche del Quaternario* e *Unità Geologiche Marine*; le età risultano comprese tra il *pliocene medio-superiore* e *l'attuale*. Per quanto riguarda la

¹¹Regione Abruzzo, Gruppo di Lavoro per le Attività di Microzonazione Sismica. Standard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica; specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici ed informatici relativi al primo livello delle attività di Microzonazione Sismica. 2011

nomenclatura sono state riportate sia quella indicata dalle citate linee guida regionali sia quelle del CARG, tra parentesi quadre.

Unità Geologiche del Quaternario

all [Olo_b] Depositi alluvionali del fiume Tavo - Sabbie, ghiaie e limi fluviali, con livelli e lenti di argille e torbe; ghiaie e sabbie di conoidi alluvionali . OLOCENE – ATTUALE.

col [Olo_{b2}] Depositi alluvionali dei corsi d'acqua minori, prevalentemente limoso-sabbiosi e limoso-argillosi. Depositi detritici di versante. Depositi eluvio-colluviali con detriti immersi in matrice limoso-argillosa e suoli sepolti. Depositi di frane inattive. OLOCENE – ATTUALE.

SINTEMA DI VALLE MAIELAMA (AVM)

at6 [Subsistema di Chieti Scalo (AVM_{4b})] Depositi alluvionali - Sabbie, limi e ghiaie, con stratificazione incrociata o piano-parallela, con lenti di argille e torbe; le ghiaie, prevalenti nella parte bassa del deposito, sono ben arrotondate, a clasti poligenici (arenacei, calcarei e selciferi), di dimensioni da centimetriche a decimetriche, immerse in una abbondante matrice sabbioso-limosa; sono riferibili all'ambiente fluviale del F. Tavo. La base è costituita dalla superficie erosiva del contatto sui depositi dei subsistemi più antichi (AVM_{3b}) o della formazione marina (FMTa). Il tetto è costituito dalla superficie deposizionale della sommità del deposito, o dal contatto erosivo con le unità oloceniche (olo). Lo spessore affiorante dei depositi è di 5-10 m. Lungo il corso del F. Tavo i depositi risultano terrazzati a 10-15 m di quota rispetto al fondovalle. PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

at5 [Subsistema di Valle mare (AVM_{3b})] Depositi alluvionali - Sabbie e limi fluviali, a stratificazione piano-parallela e incrociata a basso angolo; si intercalano lenti di ghiaie con clasti ben arrotondati di dimensioni da centimetriche a decimetriche, poligenici (arenacei, calcarei e selciferi), immersi in una matrice sabbioso-limosa. La base è costituita dalla superficie erosiva del contatto sui depositi della formazione marina (FMTa), o sui depositi delle unità continentali più antiche. Il tetto è costituito da una superficie deposizionale o dal contatto erosivo con le unità più recenti (AVM_{4b}). Lo spessore è variabile tra 10 m e 20 m. I depositi risultano terrazzati a circa 20-25 m sul fondovalle attuale del F. Tavo. PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

at4 [Subsistema di Piano della Fara (AVM_{2b})] Depositi alluvionali del fiume Tavo e depositi di conoide provenienti da corsi d'acqua del paleo-drenaggio - ghiaie, alternate a sabbie, sabbie limose e limi, in strati e lenti di spessore decimetrico o metrico; si intercalano livelli decimetrici di argille grigie. Le ghiaie sono arrotondate, di natura carbonatica e subordinatamente silicea. La matrice è costituita da materiale terroso bruno-rossastro, da sabbie alterate o limi. La base è costituita dalla superficie erosiva del contatto sui depositi della formazione marina (FMTa), o sui depositi dei sistemi o sub-sistemi più antichi (AVM_{1b}). Il tetto è costituito dalla superficie

deposizionale alla sommità del deposito, o dal contatto erosivo con le unità più recenti (AVM_{3b}). Lo spessore è variabile da 1-2 m fino ad un massimo di 10 m. Il deposito è terrazzato ad altezze tra i 55 e i 35 m sul fondovalle attuale del F. Tavo. PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

at3 [Subsistema di Villa Oliveti (AVM_{1b})] Depositi alluvionali - conglomerati clasto-sostenuti, in strati e lenti da decimetrici a metrici, con livelli e lenti sabbiosi decimetrici. Le ghiaie presentano clasti ben arrotondati e spesso appiattiti, di dimensioni variabili dai centimetri ai decimetri, poligenici (arenacei, calcarei e selciferi), immersi in una matrice sabbioso-limoso. I corpi conglomeratici sono organizzati in bancate massive, strati lentiformi discontinui con stratificazione incrociata, talora alterati ed eteropici a lenti sabbioso-argillose e limoso-argillose. I livelli sabbiosi sono costituiti da sabbie medio-fini, con laminazione piano-parallela. Frequentemente i depositi sono costituiti da due intervalli sovrapposti di spessore 10-15 m; uno francamente ghiaioso nella parte bassa, uno francamente sabbioso nella parte alta, cui si intercalano livelli di paleosuolo. Il limite tra i due intervalli è generalmente netto, planare o debolmente ondulato. La base è costituita dalla superficie erosiva del contatto sui depositi della formazione marina (FMTa), o sui depositi dei sistemi più antichi. Il tetto è costituito dalla superficie deposizionale alla sommità del deposito. Lo spessore dei depositi è variabile da 10 m a oltre 30 m. Costituiscono terrazzi posti ad altezze sul fondovalle attuale del F. Tavo intorno ai 70 m. PLEISTOCENE SUPERIORE p.p.

at2 [SISTEMA DI CATIGNANO (ACT₅)] Conglomerati clasto-sostenuti, in strati e lenti di spessore da decimetrico a metrico; si intercalano livelli sabbiosi. Sono generalmente ben cementati; nella parte alta si osserva una spessa coltre di alterazione eluvio-colluviale con la frequente presenza di concrezioni calcaree. La base è costituita dalla superficie erosiva a contatto con i depositi della formazione marina (FMTa), il tetto dalla superficie deposizionale di sommità, profondamente rimodellata e alterata, o dal contatto con i sistemi più recenti. PLEISTOCENE MEDIO p.p.

at1 [SUPERSISTEMA DI AIELLI-PESCINA (AP)] Conglomerati e sabbie fluviali e di conoide alluvionale, riferibili ai lembi più antichi, situati a quote superiori ai 150 m sul fondovalle. La base è costituita dalla superficie erosiva a contatto sulla successione marina PLIOCENE (?) - PLEISTOCENE MEDIO p.p.

Unità Geologiche Marine

SUCCESSIONE MARINA DEL PLIOCENE SUPERIORE – PLEISTOCENE

FMT - FORMAZIONE DI MUTIGNANO

FMTa Associazione pelitico-sabbiosa Argille ed argille marnose di colore grigio con intercalazioni di sottili livelli sabbiosi e sabbioso-limosi fossiliferi. Il rapporto sabbia/argilla è

nettamente inferiore all'unità. Lo spessore massimo osservato nel Foglio N.351 "Pescara" è di circa 400 m.

SUCCESSIONE MARINA DEL PLIOCENE INFERIORE

CEN - Formazione Cellino Alternanze pelitico-arenacee e pelitico-siltose in strati medi e spessi (A/P da < 1 a $\ll 1$), intercalate a peliti ed argille marnose e con sporadici orizzonti arenaceo-pelitici in strati spessi.

In figura 11 è riportato lo schema dei rapporti stratigrafici tra formazione Cellino e formazione di Mutignano

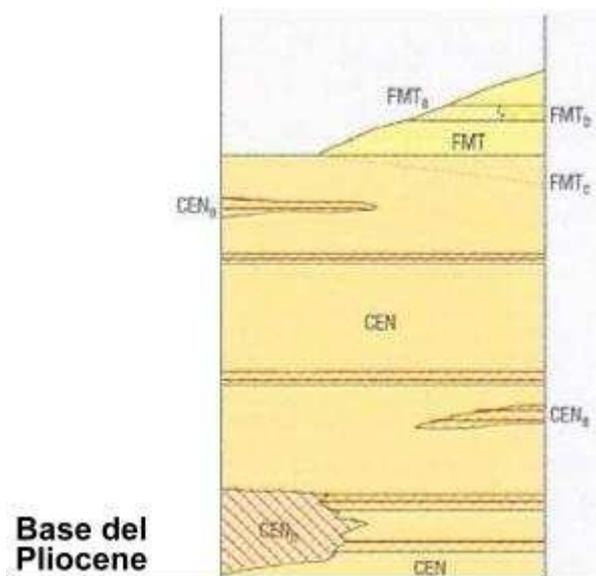


Figura 11: Schema dei rapporti stratigrafici tra formazione Cellino e formazione di Mutignano.
Fonte: Carta geologica d'Italia scala 1:50.000, Foglio 360 - Torre De' Passeri

Unità Litotecniche

Le unità litotecniche vengono suddivise tra *Unità dei Terreni di Substrato* e *Unità dei Terreni di Copertura*. La definizione delle unità litotecniche è stata basata sulle informazioni derivate dal rilevamento geologico e dalle indagini geognostiche disponibili, riportate nella *carta delle indagini*. Oltre alle poche indagini indicate nella suddetta carta sono state utilizzate anche indagini ricadenti al di fuori delle aree di studio ma, comunque, utili alla definizione delle caratteristiche litotecniche delle unità presenti.

Terreni di substrato

Il substrato che interessa direttamente le zone oggetto di studio è costituito dai depositi prevalentemente pelitici della formazione di Mutignano; dal punto di vista litotecnico ad esso è stata attribuita la definizione di:

D – Unità litotecniche coesive sovraconsolidate. Litotipi coesivi con consistenza elevata costituiti in prevalenza da argille e limi. La v_s è inferiore a 800 m/s; numerose misure effettuate sui terreni del membro a prevalenza pelitica della Formazione di Mutignano indicano velocità delle onde di taglio che per la porzione alterata sono comprese tra i 350 e i 500 m/sec mentre la porzione inalterata si attesta su valori di 600-650 m/sec.

Terreni di Copertura

Nei terreni di copertura sono state individuate due unità litotecniche, una costituita da terreni granulari, riconducibile ai depositi alluvionali attuali e terrazzati, ed una costituita da terreni coesivi, riconducibile ai depositi colluviali.

E5 – Unità litotecniche granulari non cementate o poco cementate. Litotipi sabbioso-ghiaiosi, da moderatamente addensati ad addensati. Lo stato di addensamento è soprattutto funzione dell'età del sedimento, Non sono disponibili dati sulla velocità delle onde di taglio (v_s). Sulla base delle registrazioni di sismica passiva a stazione singola, le quali non mostrano significativi contrasti di impedenza sismica se non raramente ad alta frequenza, si può ragionevolmente ritenere che le velocità siano prossime o leggermente inferiori a quelle della porzione alterata della Formazione di Mutignano; pertanto si possono stimare per tale unità velocità delle onde di taglio variabili tra i 300 e i 450 m/sec, con valori superiori in presenza di cementazione.

F – Unità litotecniche coesive. Limi argillosi e sabbiosi, da poco a moderatamente consistenti. Le caratteristiche geo-meccaniche sono estremamente variabili soprattutto in relazione ai diversi depositi dal cui smantellamento sono originati (formazioni marine o depositi alluvionali terrazzati. Anche in questo caso non abbiamo informazioni dirette sulle velocità delle onde di taglio; facendo sempre riferimento alle registrazioni di sismica passiva a stazione singola, ed ai modesti picchi presenti ad alte frequenze, si possono plausibilmente stimare velocità comprese tra i 200 e i 350 m/sec.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

La carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica è la carta di sintesi dello studio di microzonazione sismica di livello 1; essa individua le zone del territorio a comportamento sismico omogeneo per caratteristiche stratigrafiche e topografiche. Per dettagli sulla legenda e sulle microzone individuate si rimanda al capitolo 7.

8.4 Carta delle frequenze di risonanza

La carta delle frequenze di risonanza riporta, sulla base costituita dal tematismo della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica, i grafici H/V delle misure di microtremore e, per ogni misura, l'indicazione della frequenza di risonanza e della relativa ampiezza. Queste due ultime

informazioni vengono rese graficamente attraverso un simbolo costituito da un cerchio con riempimento a colore pieno; il colore di riempimento indica il range all'interno del quale si colloca la frequenza di risonanza e la dimensione del cerchio indica l'ampiezza del picco di risonanza.

9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

La storia sismica del territorio comunale di Loreto Aprutino è stata illustrata nel capitolo 2, dove in tabella 2.1 a pagina 4 sono riportati i principali eventi sismici che lo hanno interessato. Come già detto nel citato capitolo 2 il catalogo risulta visibilmente incompleto in quanto contempla unicamente terremoti recenti; ciò è dovuto principalmente alla mancanza di fonti storiche generalmente legate all'importanza politica ed economica del luogo. La storia di Loreto Aprutino, comune a molti centri dell'Abruzzo collinare, pur essendo antica non è mai stata legata alla grande storia. Le tracce più antiche di insediamenti umani si ritrovano nelle necropoli di Colle-Fiorano e Farina-Cardito, le quali testimoniano l'esistenza di un insediamento italico ad un passo dall'attuale abitato.

L'attuale capoluogo fu distrutto in epoca romana e risorse nell'alto Medioevo; fu sede di contea normanna, conobbe svariate signorie e fu teatro di importanti avvenimenti. Nel XV secolo il borgo fu assegnato ai D'Avalos, a cui subentrarono i Caracciolo. Nella parte alta del paese si erge il castello medievale, oggi palazzo Chiola, il cui primo impianto risale al IX secolo.

Gli altri insediamenti, oggetto di studio di Microzonazione Sismica, sono tutti recenti, a partire dall'inizio del 20° secolo.

San Pellegrino, è nato negli anni 30 attorno ad un casale, in un contesto privo di pianificazione e di scarsa qualità architettonica.

Passo Cordone si è formato negli anni 50 intorno alla chiesa di S. Antonio da Padova ed ha avuto un certo sviluppo fino agli anni 70, anche a seguito della costruzione della scuola dell'infanzia; con il piano regolatore del 1980 ha avuto un nuovo leggero incremento di popolazione per poi stabilizzarsi alla situazione attuale.

Remartello costituisce l'insediamento più recente, nato negli anni 70, anche qui senza nessuna forma di pianificazione, ed è costituito da pochi edifici residenziali, commerciali ed industriali. Intorno al 2000 si è cercato di potenziare l'area industriale attraverso l'inserimento nell'ASI val Pescara ma senza risultati significativi.

Risulta quindi evidente come le uniche informazioni di carattere storico vadano ricercate per l'area del capoluogo; allo stato attuale non sono state reperite informazioni rilevanti.

Per quanto riguarda il terremoto aquilano del 6 aprile 2009 al territorio di Loreto Aprutino, ad una distanza dall'epicentro di circa 50 km, è stata attribuita un'intensità macrosismica $I_s(MCS)^{12}$ pari a 5, ossia:

¹²Sieberg A., 1930. Geologie de Erdbeben, Handbuch der Geophysik, 2, 4, 552-555

V grado. Abbastanza forte: il sisma viene percepito da numerose persone anche da quelle impegnate nelle attività giornaliere, in strada e, se sensibili, anche all'aria aperta. Nelle abitazioni si avverte la scossa in seguito al movimento ondulatorio dell'intero edificio. Si vedono le piante e le frasche, nonché i rami più piccoli dei cespugli e degli alberi agitarsi, come se ci fosse un vento moderato. Oggetti appesi come tendaggi, semafori, lampade e lampadari non troppo pesanti iniziano ad oscillare; dei campanelli risuonano; gli orologi a pendolo subiscono un arresto oppure un'accelerazione, a seconda che la direzione della scossa sia perpendicolare o normale al moto di oscillazione; allo stesso modo gli orologi a pendolo fermi possono riprendere a funzionare; le molle dell'orologio tintinnano; la luce elettrica si mette a tremolare o viene a mancare in seguito ai movimenti che interessano le linee della corrente; i quadri urtano rumorosamente contro le pareti, oppure si spostano; da recipienti colmi ed aperti vengono versate fuori piccole quantità di liquido; possono cadere a terra ninnoli ed piccoli oggetti, così come avviene anche per oggetti addossati alle pareti; gli arredi leggeri possono perfino essere un po'spostati; i mobili strepitano; le porte e le imposte si aprono e si chiudono sbattendo; i vetri delle finestre si infrangono. Si svegliano quasi tutti coloro che stanno dormendo. In qualche caso le persone fuggono all'aperto.

I danni hanno interessato alcuni edifici storici tra i quali il campanile della chiesa di S. Francesco e numerosi altri edifici pubblici e privati. Nella successiva figura 12 è riportata la carta con l'esito di agibilità degli edifici per i quali sono stati segnalati danni a seguito dell'evento sismico.

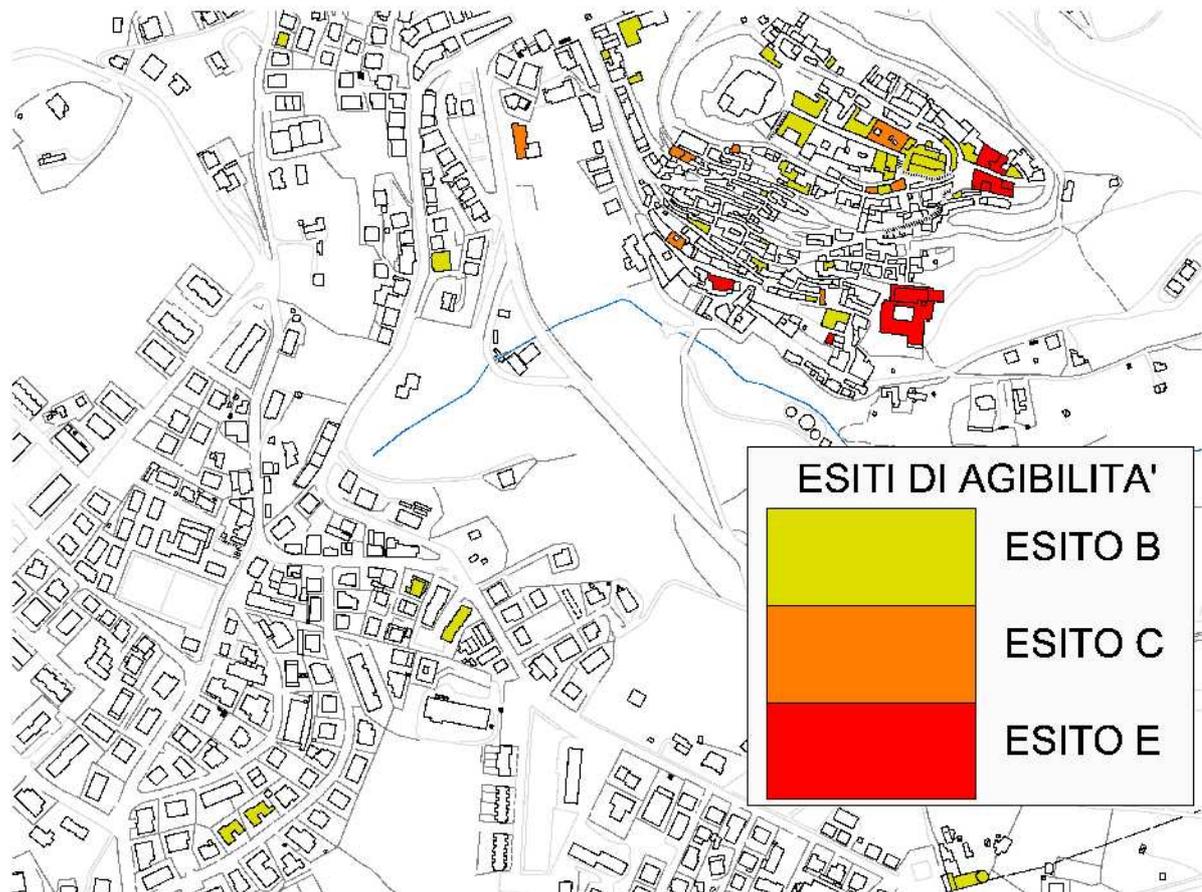


Figura 12: Carta degli edifici danneggiati dal sisma del 6 aprile 2009 con indicazione degli esiti di agibilità. Esito B: Edificio temporaneamente inagibile ma agibile con provvedimenti di pronto intervento; Esito C: Edificio parzialmente inagibile; Esito E: Edificio inagibile.

La sovrapposizione della carta degli esiti di agibilità con la carta delle microzone omogenee in

prospettiva sismica consente, anche se in via assolutamente preliminare, di svolgere le seguenti considerazioni:

- gli edifici con esito E sono concentrati nell'area identificata come instabile, nella porzione orientale del centro storico;
- la massima concentrazione di edifici danneggiati corrisponde all'area di cresta dell'alto morfologico sul quale sorge il centro storico di Loreto Aprutino.

Si tratta, come detto, di considerazioni preliminari che vanno attentamente valutate in relazione alla vulnerabilità del patrimonio edilizio coinvolto; tuttavia forniscono un primo parziale riscontro alla bontà delle perimetrazioni emerse dal presente studio.

Pescara 10 settembre 2012

dott. geol. Paolo Di Marcantonio

10 BIBLIOGRAFIA

- Aki K., Larner K.L. (1970). Surface motion of a layered medium having an irregular interface due to incident plane SH waves. Jour. Geoph. Research, Vol.70
- Barchi M., Galadini F., Lavecchia G., Messina P., Michetti A.M., Peruzza L., Pizzi A., Tondi E., Vittori E. (a cura di) (2000). - Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma, 62 pp.
- Casnedi R. (1991) – L'Avanfossa abruzzese fra i fiumi Vomano e Pescara nel Pliocene inferiore: Rapporti fra sedimentazione e tettonica, Studi geologici Camerti Vol. Spec. 1991/2
- Casnedi R. & CRESCENTI (1986) – Plio-Pleistocene del bacino abruzzese, Boll. Soc. Geol.
- Castellarin A., Colacicchi R., Praturlon A., Cantelli C. (1979) - Fasi distensive, trascorrenze e sovrascorrimenti lungo la linea "Ancona – Anzio", dal Lias medio al Pliocene – Geologica Romana, Roma, 17: 161 – 189, 12 ff.
- Centamore E., Crescenti U., Dramis F., (a cura di) - Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 369 Sulmona. APAT, Regione Abruzzo, 2006
- Centamore E., Cantalamessa G., Micarelli A., Potetti M., Berti D., Bigi S., Morelli C. & Ridolfi M. (1991) – Stratigrafia e analisi di facies dei depositi del miocene e del pliocene inferiore dell'avanfossa marchigiano-abruzzese e delle zone limitrofe – Studi geologici Camerti volume speciale (1991/2).
- Centamore E., Bigi S., Berti D., Micarelli A. & Morelli C. (1992) – Nuovi dati sui depositi neogenici di avanfossa del pescarese – Boll. Soc. Geol.
- Crescenti U. (1971) – Osservazioni sul pliocene degli abruzzesi settentrionali: la trasgressione del pliocene medio e superiore. Boll. Soc. Geol. It. 91, 3-21
- Crescenti U. (1975) – Sul substrato pre-pliocenico dell'avanfossa appenninica dalle Marche allo Jonio. Boll. Soc. Geol. It. 94 (3), 583-634
- Crescenti U., D'amato C., Balduzzi A. & Tonna M. (1980) - Il Plio-Pleistocene del sottosuolo abruzzese-marchigiano tra Ascoli Piceno e Pescara. Geologica Rom., 19: 63-84.
- Crescenti U. et alii (1987) – Plio-pleistocene del sottosuolo abruzzese-marchigiano, Boll. Soc. Geol. 1987.
- CNR (1986) - Elementi per una guida alle indagini di Microzonazione Sismica, Progetto Finalizzato Geodinamica. CNR, Quaderni della ricerca scientifica, N.114.
- Convenzione INGV-DPC 2004-2006, Progetto S1. Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi. Disponibile al sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>
- Database of Individual Seismogenic Sources, versione 3, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>
- Lavecchia G., Boncio P., Brozzetti F., De Nardis R., Pace B., Visini F. (2006) - Studio della pericolosità sismica della Regione Abruzzo. Lavoro realizzato nell'ambito della Convenzione fra Regione Abruzzo e Università "G. D'Annunzio" di Chieti dal titolo "Studio della Pericolosità sismica della Regione Abruzzo e ulteriori attività di supporto tecnico-scientifico da realizzare nell'ambito del Coordinamento delle Università abruzzesi per la ricerca applicata alla mitigazione del Rischio sismico". Rapporto interno,

GeoSisLab – Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Chieti 2006, 31 pp, 5 tav. f.t.

- Galadini F., Meletti C., Vittori E. (1996) - Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili". In: *F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (A cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000, 397 pp.*
- Galadini F., Messina P., Sposato A. (1996) - Tettonica quaternaria nell'Appennino centrale e caratterizzazione dell'attività di faglie nel Pleistocene superiore-olocene. In: *F. Galadini, C. Meletti, A. Rebez (A cura di), Le ricerche del GNDT nel campo della pericolosità sismica (1996-1999), CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti - Roma, 2000, 397 pp.*
- Geli L., Bard P.Y., Jullien B. (1988). The effect of topography on earthquake ground motion: a review and new result. *Bull. Seism. Soc. of America*, Vol.78, No.1.
- Ghisetti F., Follador U., Casnedi R., Vezzani L. (1994) - Assetto tettonico delle zone esterne dell'Appennino abruzzese: elementi di analisi stratigrafico strutturali - Geologia dell'Abruzzo nord – orientale, *Atti Tic. Sc. Terra*, (serie speciale) 2: 5 – 43, 6 ff., 1 tav.
- Lanzo G., Silvestri F. (1999) – Risposta sismica locale. Teoria ed esperienze, Collana "Argomenti di geotecnica", Hevelius
- Lemos L., Skempton A.W., Vaughan P.R. (1985) - *Earthquake loading of shear surfaces in slopes*, Proc. 11th Int Conf. Soil Mech. & Foundn. Engrg. San Francisco, 1985, vol. 4, pp. 1955-1958
- A cura di Locati M. INGV-MI) Aprile 2009. Database macrosismico italiano. *DBMI08aq è realizzato nell'ambito dell'attività del Tema Trasversale Coordinato INGV 5.1 "Banche dati e metodi macrosismici"*, con il contributo iniziale del Progetto INGV-DPC S1 della *convenzione INGV-DPC 2004-2006*. <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI08/>
- Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la micrizonazione sismica. Conferenza delle Regioni e delle Province autonome – Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Cd-rom
- Gruppo di Lavoro MS-AQ, 2010 - Microzonazione sismica per la ricostruzione dell'area aquilana. Regione Abruzzo, Dipartimento della Protezione Civile, L'Aquila, 3 vol. e Cd-rom
- Regione Abruzzo, Gruppo di Lavoro per le Attività di Microzonazione Sismica. Standard di rappresentazione cartografica e archiviazione informatica; specifiche tecniche per la redazione degli elaborati cartografici ed informatici relativi al primo livello delle attività di Microzonazione Sismica. 2011
- Salvador A., *International Stratigraphic Guide. A Guide to Stratigraphic Classification, Terminology and Procedure*, Edited by The International Union of Geological Sciences and The Geological Society of America, 1994. In: *Quaderni*, serie III, volume 9, Guida italiana alla classificazione e alla terminologia stratigrafica, APAT, 2003)
- Servizio Geologico Nazionale, *Quaderni serie III*, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato
- Sieberg A., 1930. *Geologie de Erdbeben*, *Handbuch der Geophysik*, 2, 4, 552-555
- Vezzani L. & Ghisetti F., *Carta geologica dell'Abruzzo*, Scala 1:100.000, 1998