



PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E
 DELLE PROVINCE AUTONOME**

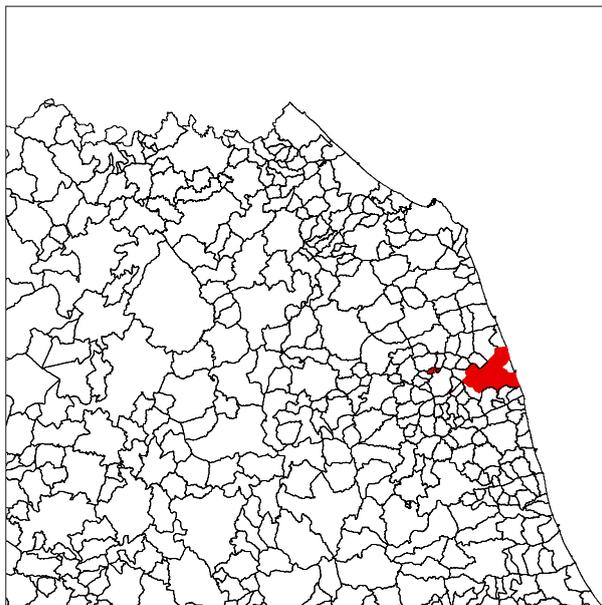
Attuazione dell'articolo 11 della Legge 24 giugno 2009, n.77
 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA
 DI II° LIVELLO - ANNUALITÀ 2015

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Marche

Comune di Fermo



Regione



Soggetto realizzatore

Dr. Geol. Savino Salvetti
 n. 451 Albo Geologi Marche
 Via A. Diaz n. 158/A
 63900 Fermo (FM)

Collaboratori

Dr. Geol. Leonardo Celli

Data

Novembre 2018

Elab. **1** rev.1

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 1 di 49

INDICE

1.	INTRODUZIONE	02
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	05
2.1	PERICOLOSITÀ DI BASE	
2.2	SISMICITA' STORICA	10
2.3	SISMICITÀ ATTUALE.....	11
2.4	DEFINIZIONE DELLA SORGENTE SISMOGENETICA.....	13
3.	ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO	15
3.1	ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE	
3.2	ASSETTO GEOMORFOLOGICOE	16
3.3	ASSETTO IDROGEOLOGICO	17
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	
4.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA.....	18
4.2	CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA.....	19
4.2.1	INDAGINI SISMICHE M.A.S.W.	
4.2.2	INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE	20
4.2.3	INDAGINI SISMICHE A STAZIONE SINGOLA HVSR	
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	25
6.	INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	26
8.	ELABORATI CARTOGRAFICI	
8.1	CARTA DELLE INDAGINI	
8.2	CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA	28
8.3	CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA.....	33
8.4	CARTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA	39
8.5	CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2.....	40
9.	COMMENTI FINALI E CRITICITÀ	46
10.	BIBLIOGRAFIA	48
11.	ALLEGATI	49

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 2 di 49

1. INTRODUZIONE

A seguito d'incarico conferito dal Comune di Fermo (FM) di cui alla Determina n.227 del 26/04/2018, d'intesa con la Regione Marche e il Dipartimento della Protezione Civile, secondo quanto stabilito dalla D.G.R. N. 1470/2012, dall'OCDPC N. 344/2016 e dall'OPCM 4007/2012 "Effettuazione delle indagini di Microzonazione Sismica", abbiamo provveduto a revisionare lo studio di microzonazione sismica di 1° livello (annualità 2011) in adeguamento agli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b" e sono state eseguite nuove indagini sismiche su determinate porzioni di interesse del territorio comunale al fine di realizzare una Carta di Microzonazione Sismica di 2° livello (di seguito indicata come MS), in attuazione dell'art. 11 della Legge 24 giugno 2009 n. 77 e dell'OCDPC 344/2016 Programma Regionale degli Studi ed Indagini di Microzonazione Sismica di II° Livello – Annualità 2015.

In generale uno studio di MS è finalizzato a valutare "la pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo", a scala comunale o sub-comunale.

Le indagini di MS di livello 1 costituiscono la fase propedeutica ai successivi livelli di approfondimento e hanno come obiettivo principale la definizione dei differenti scenari di pericolosità sismica locale e l'individuazione delle parti del territorio suscettibili di specifici effetti locali (amplificazione del segnale sismico, cedimento, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, ecc.).

Le indagini di MS di livello 2 (oggetto principale di questo studio) ha come obiettivo la redazione della carta di MS e si applica a quelle parti del territorio suscettibili di amplificazione sismica individuate nella precedente fase e per le quali si prevedono trasformazioni urbanistiche del territorio o incremento dei carichi urbanistici. Le aree oggetto degli studi sono state individuate in accordo con i criteri sanciti dalle norme vigenti e sentita l'Amministrazione Comunale. Si tratta di aree dove si concentra la grande maggioranza delle residenze e delle attività artigianali, industriali e commerciali dell'intero territorio comunale. Le indagini sono state estese anche alle zone di espansione previste dal P.R.G. e, laddove i dati in nostro possesso lo consentivano, anche nelle zone agricole di raccordo agli abitati.

Il livello 2, pertanto, consente di meglio definire il modello geologico del sottosuolo e di fornire per ciascuna microzona identificata una quantificazione numerica degli effetti, ottenuta con metodi semplificati (abachi).

I risultati degli studi di microzonazione sismica (MS) sono sintetizzati e rappresentati su carte tematiche del territorio, carte delle MOPS (Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica) e carte di MS, distinguendo: le zone stabili, nelle quali il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante; le zone stabili con amplificazioni, nelle quali il moto sismico viene modificato, rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante; le zone instabili, in cui si possono attivare (innescati dal sisma) fenomeni di deformazione permanente del territorio come le frane, la liquefazione del terreno, la fagliazione che rompe il piano campagna e i cedimenti differenziali del terreno che danno luogo a

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 3 di 49

gradini morfologici.

Il livello II di approfondimento si pone sostanzialmente due obiettivi:

1. compensare alcune incertezze del livello 1, redatto dal Dott. Geol. Andrea Ambroggi, con approfondimenti conoscitivi;
2. fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi), dei fenomeni di amplificazione del moto sismico atteso indotti dalla configurazione sismostratigrafica locale 1D (ovvero legate alla presenza di variazioni verticali del valore di impedenza sismica dei materiali presenti nel sottosuolo) o ad effetti legati alla morfologia superficiale.

Questo permette di differenziare le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) delineate al primo livello di approfondimento, tenendo conto del livello relativo di pericolosità sismica determinato dalle specifiche condizioni sismostratigrafiche locali ed identificare la zone di maggiore criticità dove orientare studi più approfonditi.

Il documento tecnico di riferimento per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica è rappresentato dagli “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (di seguito indicato con la sigla ICMS) approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome in accordo con la Presidenza del Consiglio dei Ministri e del Dipartimento della Protezione Civile. Gli standard per la stesura della carta delle indagini, della carta geologico-tecnica e la carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica e la loro informatizzazione sono quelli indicati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n. 3907) con le linee guida 2012 della Protezione Civile nazionale “standard di rappresentazione e archiviazione informatica” versione 4.0b.

Il territorio del Comune di Fermo, in posizione circa baricentrica rispetto all'omonima provincia, si estende su una superficie di circa 124 Km². Esso interclude interamente, sul versante orientale il territorio del comune di Porto San Giorgio; a nord e a sud di quest'ultimo, arriva fino al mare Adriatico.

In corrispondenza del lato nord, il confine comunale coincide in larga parte con il tracciato del fiume Tenna. In tale ambito i comuni limitrofi sono, da est verso ovest, Porto Sant'Elpidio, Sant'Elpidio a Mare, Monte Urano, Torre San Patrizio, Magliano di Tenna. Ad occidente Fermo confina con Grottazzolina. A meridione i comuni confinanti sono Lapedona, Monterubbiano e Ponzano di Fermo.

La Fermo storica sorge alle pendici del colle Sabaudò (319 m s.l.m.), mentre la parte nuova, edificata prevalentemente nel dopoguerra, si diparte a raggiera occupando la sommità dei crinali collinari. La porzione costiera delle Marche, come è noto, ha una tipica disposizione “a pettine”, con crinali collinari alternati ad ampie valli fluviali, disposti secondo una direttrice est-ovest. Il comune di Fermo negli ultimi trenta anni è stato oggetto di un'edificazione diffusa; piccole frazioni sono divenute abitati popolati e anche l'edificazione lungo i crinali che si congiungono con il centro abitato, ha realizzato spesso un unicum continuo.

Oltre al centro urbano, il comune di Fermo consta delle seguenti principali frazioni: Ete Caldarette, Sacri

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 4 di 49

Cuori, Salvano, Marina Palmense, Torre di Palme, Lido di Fermo, Lido Tre Archi/San Tommaso, San Marco Campiglione, Molini Girola.

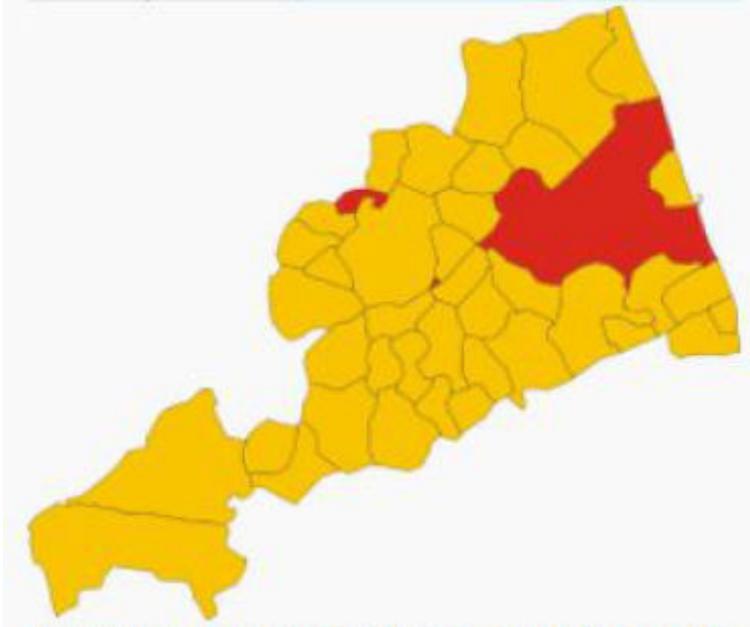


Figura 1 – Posizione del territorio di Fermo rispetto alla Provincia omonima.

Come base topografica è stata utilizzata la Carta Tecnica Numerica – C.T.R. 1:10.000; in particolare sono state impiegate le tavole in formato raster delle sezioni n°:

- 304130 Sant'Elpidio a Mare
- 304140 Foce Fiume Tenna
- 314040 Torre San Patrizio
- 315010 Fermo
- 315020 Porto San Giorgio
- 314080 Grottazzolina
- 315050 Monte San Biagio
- 315060 Altidona

L'insieme delle attività finalizzate alla realizzazione dello studio di MS di livello 2 sono state eseguite in coordinamento con il Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile della Regione Marche, che ha avuto funzioni di supporto, elaborazione e verifica dei risultati.

Lo studio di MS si è basato sulla revisione del 1 livello realizzato dal Dott. Geol. Andrea Ambroggi, finanziato dal Programma Regionale degli Studi di Microzonazione dall'annualità 2011; in particolare sono state revisionate tutte le carte di 1 livello e sulla base degli Standard 4.0b e dei protocolli successivi all'Ordinanza n.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 5 di 49

24/2017, lo studio è stato articolato e sviluppato secondo le seguenti fasi di attività:

1. rilevamento geologico e geomorfologico delle aree soggette a MS di 2 livello ed ad un suo intorno significativo, con controllo e revisione delle aree instabili anche a seguito di verifiche con la cartografia IFFI, CARG e PAI;
2. acquisizione dei dati pregressi inseriti nello studio di 1 livello;
3. analisi critica del materiale acquisito e valutazione dell'idoneità all'utilizzo ai fini della revisione nel geodatabase;
4. redazione del Piano delle Indagini integrative con l'obiettivo di caratterizzare ogni microzona cartografata nella Carta delle MOPS attraverso un numero adeguato di misure di microtremore (tecnica HVSR) e almeno un profilo di Vs30;
5. redazione della Carta delle Indagini definitiva, dove sono riportati i punti d'indagine e relative indicazioni tipologiche;
6. definizione del modello del sottosuolo illustrato nella Carta Geologico-Tecnica;
7. redazione della carta delle frequenze naturali dei terreni sulla base delle indagini di microtremore reperite ed eseguite;
8. realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, quale sintesi degli elementi elaborati nelle precedenti fasi e classificazione delle aree individuate;
9. redazione della Carta di microzonazione sismica di livello 2 restituite nelle aree definite per lo studio di MS di livello 2, relative all' intervallo di periodo: 0.1-0.5/0.4-0.8/0.7-1.1; in questa carta, a ciascuna microzona omogenea è stato associato un fattore di amplificazione calcolato con riferimento agli abachi forniti dal Dipartimento per le Politiche Integrate di Sicurezza e per la Protezione Civile della Regione Marche.

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 PERICOLOSITÀ DI BASE

Le Marche sono da secoli interessate da una diffusa e frequente attività sismica, con massima intensità pari al X grado della scala MCS.

Nell'area marchigiana l'attività sismica è concentrata in fasce ben definite dal punto di vista geologico e fisiografico: una più interna corrispondente alla zona della catena appenninica, caratterizzata da terremoti frequenti e d'intensità pari al X grado della scala MCS, una fascia intermedia corrispondente alla zona pedeappenninica, caratterizzata da una blanda ma diffusa attività sismica e una fascia periadriatica caratterizzata da attività sismica generalmente moderata.

I terremoti che periodicamente colpiscono il territorio regionale sono espressione di un campo di sforzi tettonici ancora attivo. Meccanismi focali di tipo distensivo e asse di massima distensione in direzione SW-NE, caratterizzano l'area appenninica che presenta il più alto livello di sismicità e dove l'attività sismogenetica

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 6 di 49

avviene entro i primi 12 Km di profondità. Meccanismi focali di tipo compressivo e trascorrente e asse di massima compressione in direzione SW-NE, sono tipici dell'area pedeappenninica e periadriatica e in particolare in quest'ultima l'attività sismica è limitata ai primi 10 Km di profondità.

La mappa della "Massima Intensità Macrosismica Risentita in Italia" elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica sulla base dei massimi valori risentiti all'interno di apposite macrozone, che fornisce un quadro immediato del grado di sismicità, evidenzia come il territorio comunale di Ponzano di Fermo sia inserito in ambiti caratterizzati da terremoti di intensità dell'VII grado della scala M.C.S.

Il territorio comunale di Fermo faceva parte dei comuni classificati sismici di II categoria (con S = 9) ed incluso nel livello "c" (rischio sismico basso), rispettivamente dal D.M.LL.PP. del 10.02.1983 e dalla L.R. 33/84. Tale classificazione fu riconfermata nel 1998 in occasione della risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi con la quale fu dato mandato al Servizio Sismico Nazionale di costituire un Gruppo di Lavoro per la formulazione di una proposta di riclassificazione sismica del territorio italiano.

A livello regionale si ricordano le Circolari nn.14 e 15 del 28 agosto 1990 (Indirizzi e criteri per l'effettuazione di indagini geologiche in sede di adeguamento degli strumenti urbanistici al PPAR e alla legge regionale n.33/84 – Relazione tecnico-illustrativa Circolare ex L.33/84 art.10/11) contenente la tipologia di indagini finalizzate alla riduzione del rischio, alla scala dello strumento generale di piano. Secondo quanto riportato nelle Circolari richiamate e riguardo alla pericolosità sismica regionale, il territorio di Ponzano di Fermo è classificato a livello C (rischio sismico basso), ricadente nella fascia intermedia pedeappenninica.

Il Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (OPCM n.3274 del 20.03.2003, INGV) ha proposto una zonazione sismogenetica ZS9 che integra i livelli informativi precedenti con gli ultimi sviluppi degli studi nel settore geologico-strutturale e sismogenetico.

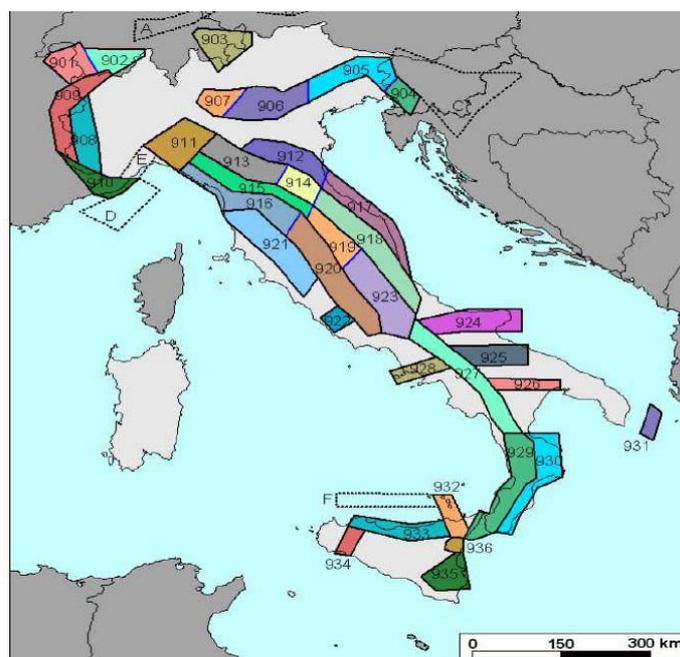


Figura 2 – Zona sismogenetica ZS9 (da: "Zonazione sismogenetica ZS9-App.2

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 7 di 49

al Rapporto Conclusivo, a cura di C. Meletti e G. Valensise, 2004”)

Per l'area marchigiana centrale, zona 918, in cui ricade il territorio comunale di Fermo, il modello ZS9 individua un regime tettonico di transizione a carattere misto, ovvero in cui convivono meccanismi diversi, essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE. e una classe di profondità efficace compresa tra 12 e 20 Km, rappresentativa della maggior parte degli eventi sismici.

La tabella di seguito allegata (fonte D.P.C. Microzonazione Sismica Volume I punto 2.8.2) indica la magnitudo massima attesa per le diverse zone sismogenetiche M_{wmax} . Per la zona 918 la M_{wmax} è 6.37.

Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Tabella 1 – Valori M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9.

L'ordinanza del P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 (Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica – G.U. n.105 dell'8.5.2003), e successive modifiche e integrazioni, recepita dalla Regione Marche con D.G.R. n.1046 del 29.07.2003, classifica il comune di Fermo nella Zona 2 (Figure 3a e 3b).

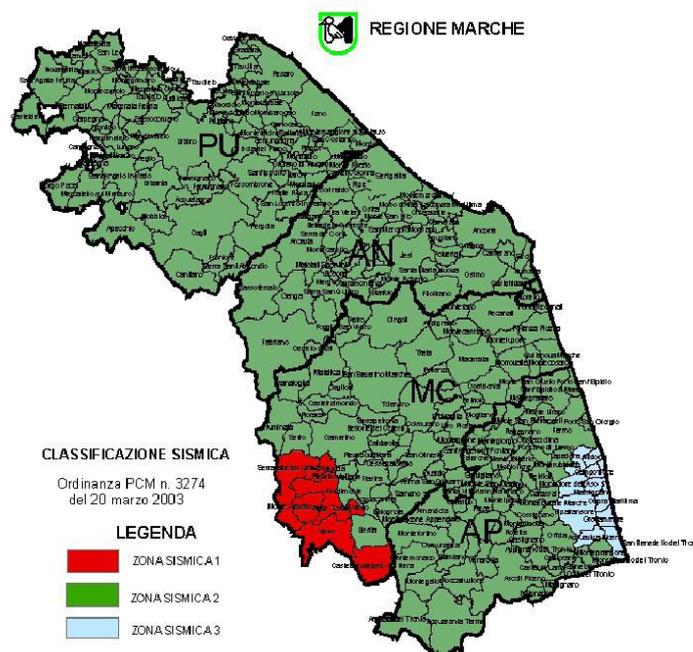


Figura 3a – Elaborato grafico allegato alla D.G.R. n.1046 del 29.07.2003 (da: “B.U.R. Marche n.79-2003”)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 8 di 49

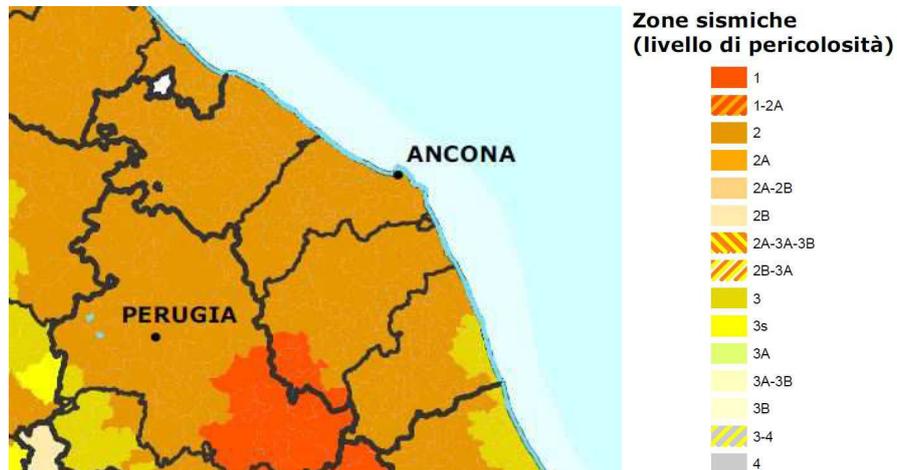


Figura 3b – Classificazione sismica nazionale aggiornata al 2014 (P.C.M. – Dip. Protezione Civile)

Tale zona è individuata da un'accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (ag/g), compresa tra 0.15 e 0.25 g e accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche) (ag/g) di 0.25.

La successiva Ordinanza P.C.M. del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b, ha definito la pericolosità sismica del territorio nazionale, illustrata mediante la mappa della figura 4a, che rappresenta graficamente la pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita ai suoli rigidi e orizzontali ($V_s > 800$ m/s; cat. A, punto 3.2.1 del D.M. 14.09.2005).

In questo contesto, il territorio comunale è caratterizzato, in via generale, da un'accelerazione (ag) orizzontale massima convenzionale sul suolo di tipo A, compresa tra 0,175 e 0,200 g (Figura 4b).

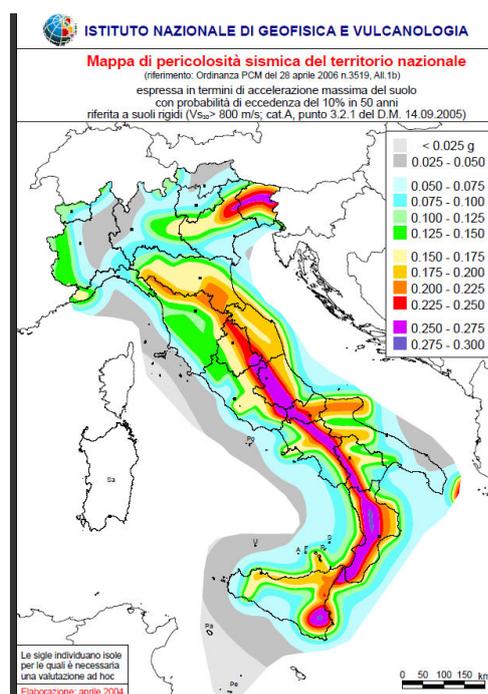


Figura 4a – Mappa della pericolosità sismica del territorio nazionale (INGV)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		Pagina: 9 di 49
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	

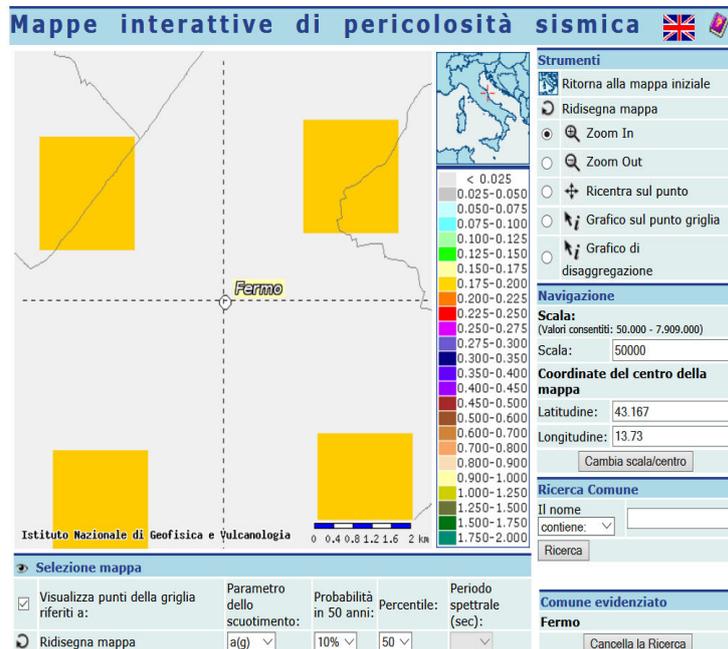
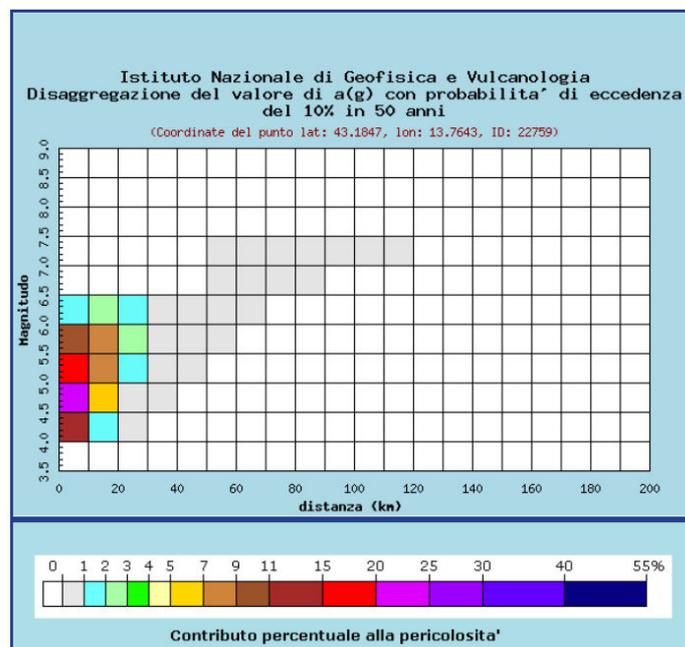


Figura 4b – *Mappa interattiva della pericolosità sismica del comune di Fermo (progetto DPC-INGV – S1 / <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)*

Infine si riporta il calcolo della disaggregazione della pericolosità: questa ha lo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo - distanza di un evento. I grafici riportati sotto sono stati desunti dalle “Mappe interattive di pericolosità sismica” dell’INGV e sono relativi al punto della griglia definito nella figura precedente (Carta di pericolosità sismica dell’INGV).



Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 10 di 49

Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 43.1847, lon: 13.7643, ID: 22759)										
	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	11.400	24.700	17.600	10.800	1.490	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	1.790	6.560	8.350	8.240	2.330	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.008	0.360	1.300	2.120	1.080	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.120	0.549	0.438	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.001	0.103	0.168	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.007	0.052	0.071	0.084	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.046	0.075	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.015	0.046	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.025	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.011	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	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
5.140	9.190	0.747

*Figura 5 – Calcolo della disaggregazione del comune di Fermo
(progetto DPC-INGV – S1 / <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)*

2.2 SISMICITÀ STORICA

L'analisi sulla sismicità storica del territorio comunale ha preso in considerazione anche i dati macrosismici presenti nel Database Macrosismico Italiano, ultima versione DBMI 2015 (<http://emidius.mi.ingv.it>), da cui sono stati selezionati gli eventi di maggiore rilevanza che hanno interessato il territorio di Fermo. Nel caso sono evidenziati 12 eventi di riferimento a partire dall'anno 1000 e relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'epicentro del sisma; nella lista risalta che la massima magnitudo registrata è pari a 6.3, riferita all'evento di L'Aquila del 2009.

Storia sismica di Fermo

L'analisi storica degli eventi sismici avvenuti sul territorio di Fermo ricavata dal sito dell'INGV evidenzia che il territorio fermano è stato interessato da diversi eventi sismici. Tra i più importanti:

Anno 1540	Fermo	Mw 4.86
Anno 1639	Amatrice	Mw 4.93±0,34
Anno 1741	Fabrianese	Mw 6.21±0.13
Anno 1873	Marche Meridionali	Mw 5.95±0,10
Anno 1881	Abruzzo meridionale	Mw 5.59±0.32
Anno 1916	Monti Sibillini	Mw 5.02±0,22
Anno 1930	Senigallia	Mw 5.81±0.09
Anno 1943	Marche Meridionali-Abruzzo	Mw 5.83±0,14
Anno 1984	Appennino Abruzzese	Mw 5.50±0,09
Anno 1987	Porto San Giorgio	Mw 5.09±0.09
Anno 1997	Appennino Umbro-Marchigiano	Mw 6.01±0,09
Anno 2009	L'Aquila	Mw 6.3±0,40

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 11 di 49

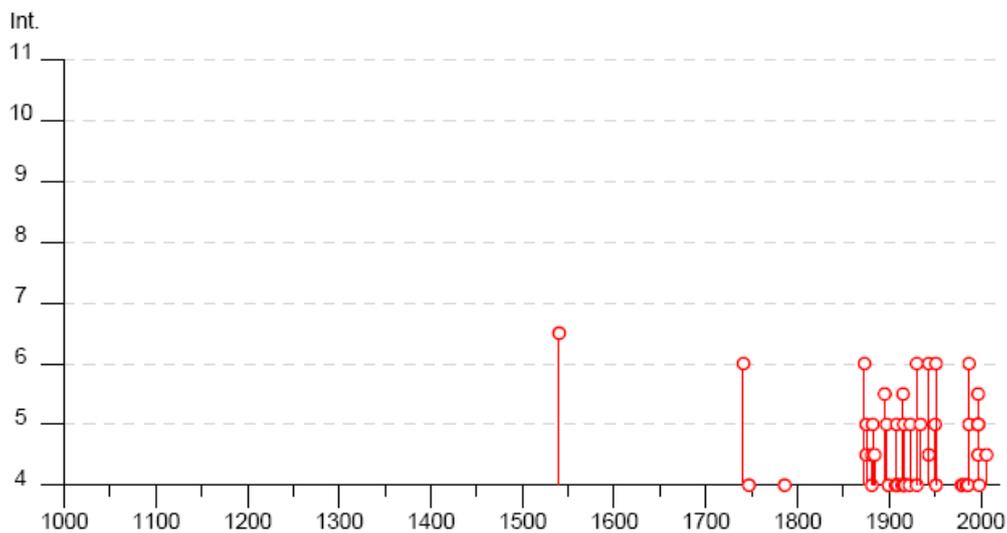


Figura 6 – Eventi sismici principali relativi al territorio di Fermo (da: DBMI 2015)

2.3 SISMICITÀ ATTUALE

Precedente allo svolgimento e alla stesura del presente lavoro, in considerazione del quale sono stati finanziati studi di MS di 3 livello, si è attivata una importante serie sismica che ha colpito l'Appennino centrale a partire dal terremoto di Amatrice del 24 agosto 2016 di magnitudo M 6.0. Stando all'ultimo aggiornamento disponibile (23 agosto 2018) la sequenza sismica in Italia centrale ha superato le 93.000 scosse, interessando un'area molto estesa tra Lazio, Umbria, Marche e Abruzzo. Sono circa 67 i terremoti di magnitudo compresa tra 4.0 e 4.9; 9 quelli di magnitudo maggiore o uguale a 5.0 localizzati dalla Rete Sismica Nazionale dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). I più forti terremoti, oltre quello con cui la sequenza è iniziata, sono: quello di magnitudo M 5.4, avvenuto alle ore 04:33 del 24 agosto; quelli del 26 ottobre delle ore 19.10 e delle 21.18 italiane, rispettivamente di magnitudo 5.4 e 5.9; infine l'evento del 30 ottobre, alle 07:40 ora italiana di magnitudo M 6.5 (Figura 7).

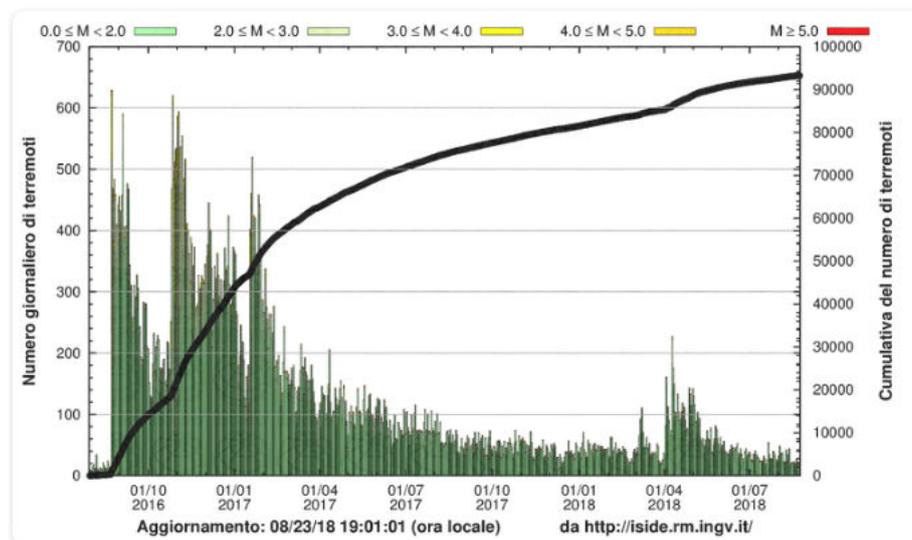


Figura 7 – Sequenza sismica in atto nell'Italia centrale (INGV)

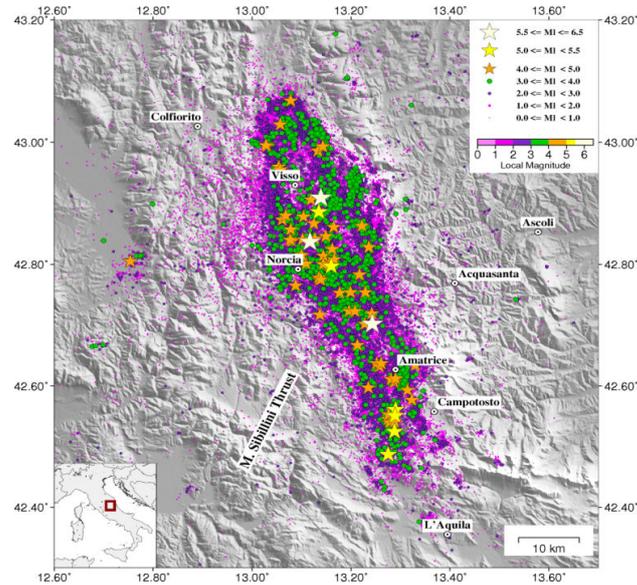
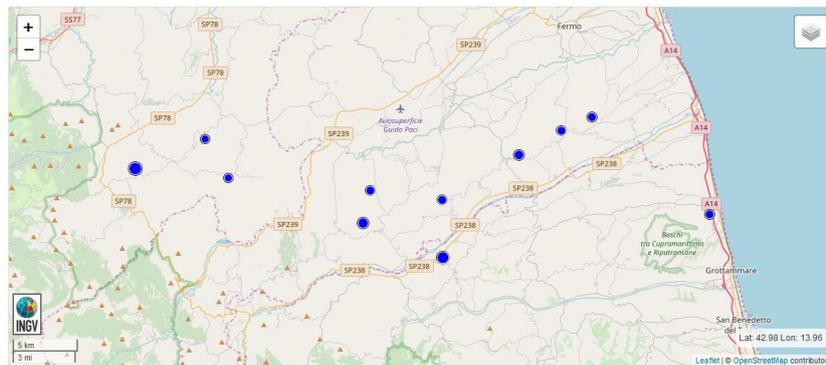


Figura 8 – Mapa epicentrale dei circa 93.000 terremoti localizzati dal 24 agosto 2016. La dimensione e il colore dei simboli sono in funzione delle magnitudo, secondo la legenda in alto a destra. (Margheriti et al. 2018).

A seguito della crisi sismica il comune di Fermo ha riportato danneggiamenti a numerose strutture pubbliche e private e per alcuni di essi è stato necessario provvedere alla messa in sicurezza in urgenza in attesa dell'avvio della fase di ricostruzione post-sismica.

Altre scosse sismiche di minore intensità sono ad oggi ancora piuttosto frequenti e quelle registrate più vicine al territorio di Fermo sono le seguenti:



Data e Ora (Italia) 🇮🇹	Magnitudo 📏	Zona 📍	Profondità 📏	Latitudine	Longitudine
2018-04-18 23:18:43	ML 2.1	1 km NW Ortezzano (FM)	26	43.04	13.60
2018-02-26 14:47:38	ML 2.0	3 km SW Sant'Angelo in Pontano (MC)	23	43.08	13.37
2018-02-04 05:25:11	ML 2.0	3 km W Penna San Giovanni (MC)	29	43.06	13.39
2018-01-22 03:57:18	ML 2.2	1 km N Moresco (FM)	10	43.10	13.74
2018-01-18 05:32:23	ML 2.4	1 km E Petritoli (FM)	21	43.07	13.67
2018-01-16 21:40:27	ML 2.1	1 km W Monterubbiano (FM)	22	43.09	13.71
2017-12-07 07:54:47	ML 2.6	1 km W Montelparo (FM)	23	43.02	13.52
2017-11-16 14:25:27	ML 2.1	SW Monteleone di Fermo (FM)	28	43.05	13.53
2017-08-09 00:58:38	ML 3.2	3 km W Gualdo (MC)	22	43.06	13.31
2017-04-22 10:35:18	ML 2.2	1 km W Cupra Marittima (AP)	25	43.03	13.85
2017-02-21 17:50:34	ML 2.9	2 km NW Montalto delle Marche (AP)	28	43.00	13.60
2017-01-12 23:51:54	ML 2.0	2 km NW Cossignano (AP)	25	43.00	13.68

Figura 9 – Sequenza sismica registrata in Italia centrale nel fermano (INGV)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 13 di 49

2.4 DEFINIZIONE DELLA SORGENTE SISMOGENETICA

L'Istituto Nazionale di Geofisica e di Vulcanologia mette in rete, nell'ambito del Progetto DISS 3, le informazioni (<http://diss.rm.ingv.it>) riguardanti la distribuzione spaziale e le caratteristiche sismico-tettoniche delle Sorgenti Sismogenetiche presenti sul territorio nazionale, suddividendole in tre tipologie:

- Sorgenti individuali (IS): per le quali viene proposta una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia. Questo tipo di sorgente esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.
- Sorgenti composite (CS): sono regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate non ancora conosciute singolarmente. Le sorgenti composite non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.
- Sorgenti dibattute (DS): sono zone proposte in letteratura come potenziali sorgenti, ma considerate ancora non sufficientemente attendibili per entrare nel database.

La mappa del DISS non riporta alcun tipo di sorgente sismogenetica nella zona in esame ma vista la modesta distanza con la ITCS020 (Southern Marche), la ITIS070 (Offida) e la ITCS156 (Conrad), devono, comunque, essere considerate come possibili sorgenti sismiche per il Comune di Fermo.

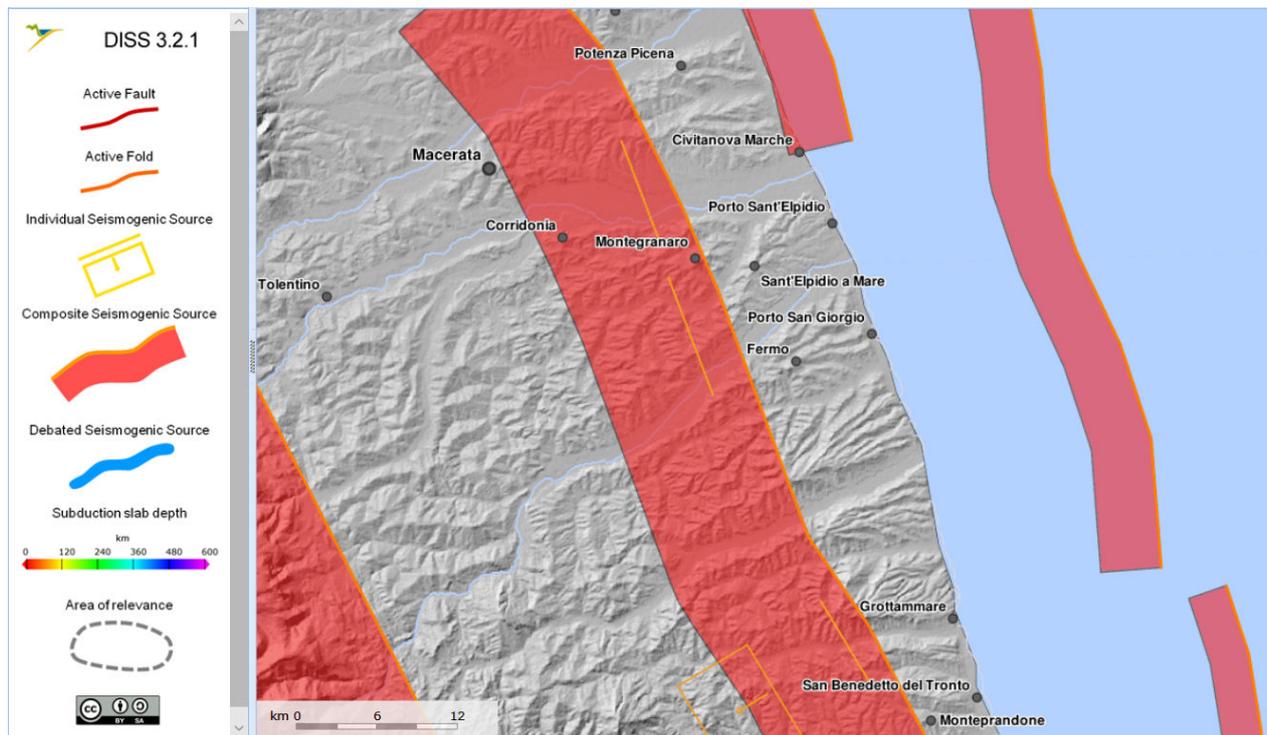


Figura 10 – Localizzazione del Comune di Fermo rispetto alla sorgente sismogenetica ITIS070 Offida collocata nelle macroaree ITCS020 e ITCS156 censite nel DISS 3.2.1.

La Zona ITCS020 “Southern Marche” e la ITCS156 “Conrad”, sintetizzate nelle tabelle che seguono, schematizzano due aree estese contenenti un numero non specificato di sorgenti minori allineate, che non sono ancora conosciute singolarmente e non sono associate ad uno specifico gruppo di terremoti storici.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 14 di 49

Sorgente	Zona ITCS020	Zona ITCS156
Minima profondità (km)	3,	2,1
Massima profondità (km)	1	6,5
Direzione (°)	140 - 175	158 - 177
Inclinazione (°)	30 - 50	41 - 48
Rake (°)	80 -100	80 - 110
Velocità di movimento (mm/anno)	0,15 - 0,4	0,15 - 0,20
Magnitudo massima	5,9	5,8

Tabella 2 – Caratteristiche della struttura sismogenetica ITCS 020 e ITCS 156 censite dal DISS 3.1.1.

Invece, la zona ITIS 060 “Offida” propone una rappresentazione tridimensionale semplificata del piano di faglia ed esibisce caratteristiche definite di estensione, movimento e massima magnitudo attesa.

Lunghezza (km)	7,9
Larghezza (km)	7,4
Minima profondità (km)	4,5
Massima profondità (km)	8,7
Direzione (°)	150
Inclinazione (°)	35
Rake (°)	90
Velocità di movimento (mm/anno)	0,1 - 0,5
Tempo di ritorno (anni)	800 - 4000
Magnitudo massima	5,9

Tabella 3 – Caratteristiche della sorgente sismogenetica ITIS 060 censita dal DISS.

Di seguito si riporta la mappa derivante da ITHACA - Catalogo delle faglie capaci. La figura evidenzia che il territorio comunale di Fermo non è interessato da faglie attive (riportate con linee rosse in carta). Inoltre, durante i sopralluoghi eseguiti non sono state rilevate particolari evidenze di un eventuale lineamento strutturale.

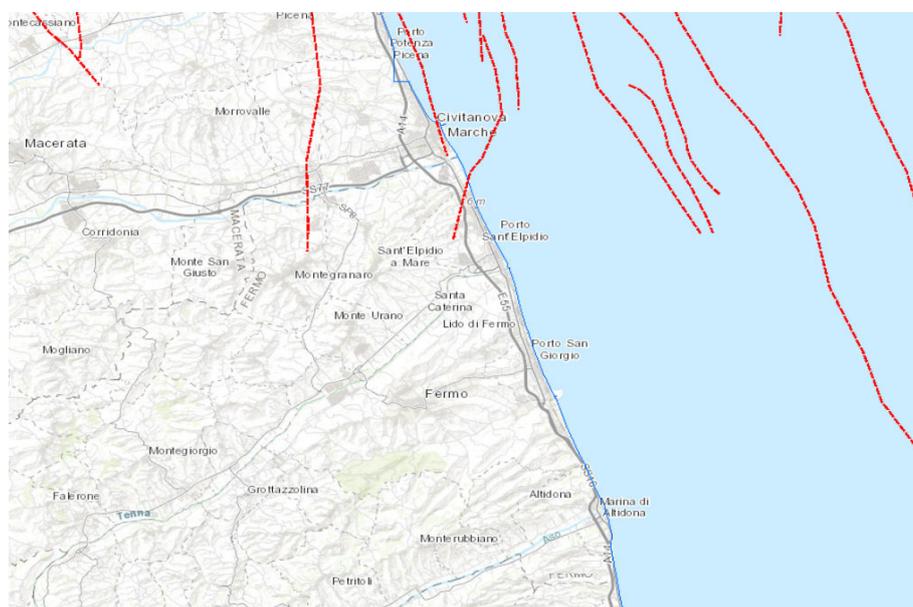


Figura 11 – Localizzazione del sito in oggetto rispetto alla faglie attive e capaci del Catalogo ITHAC

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 15 di 49

3. ASSETTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E IDROGEOLOGICO

3.1 ASSETTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

Il territorio di Fermo si trova nella porzione più orientale del Bacino Marchigiano Esterno. Questo è costituito da una successione terrigena a dominante pelitica, all'interno della quale si rinvencono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, corpi clastici sabbioso-argillosi e argilloso-sabbiosi. Tali sedimenti si sono depositi in un intervallo di tempo compreso tra la parte alta del Pliocene medio e il Pleistocene superiore. Il ciclo si chiude con la deposizione di sedimenti sabbiosi e ghiaiosi di ambiente marino marginale continentale (Formazione di Fermo), che affiorano nella parte alta del colle Fermano e al tetto di alcuni rilievi collinari vicini (Capodarco, Torre di Palme, Lapedona, Monterubbiano, ecc.).

In generale mentre la successione pliocenica è abbastanza monotona ed è costituita prevalentemente da sedimenti pelitici, quella pleistocenica (nel territorio di Fermo affiora solo il Pleistocene; il limite plio-pleistocene passa dietro gli abitati di Monte Giberto e Petritoli) è stata suddivisa in cinque unità informali, le quali rappresentano in senso stratigrafico dinamico cicli trasgressivo-regressivi, costituiti da un membro basale pelitico e da un soprastante membro a tessitura più grossolana che può essere, a seconda dei casi, pelitico-arenaceo, arenaceo-pelitico, puramente arenaceo o arenaceo-conglomeratico. I membri a tessitura grossolana rappresentano la registrazione sedimentaria dell'abbassamento del livello marino (depositi di spiaggia e/o di transizione alla spiaggia), mentre la deposizione delle peliti indicano un approfondimento del bacino sedimentario (fase trasgressiva). Verso la fine del Pleistocene inferiore si è prodotta una rapida accentuazione del sollevamento regionale determinando l'assetto "Monoclinale" dei depositi plio-pleistocenici periadriatici.

La deposizione pelitica pleistocenica avveniva con una giacitura onlap2 sul fianco occidentale sepolto dell'anticlinale di Monte Capodarco, una prosecuzione verso sud dell'omologa struttura del Conero. Il Conero nel Pleistocene costituiva un'isola prospiciente la costa, similmente a quello che si verifica oggi più a sud con le isole Tremiti, mentre l'area Fermana dell'anticlinale era una zona di "alto strutturale" dove la sedimentazione Pleistocenica è quasi assente e discordante sul Pliocene.

Nell'area indagata non sono state rilevate faglie attive e capaci, ma solamente faglie inattive. La Tettonica ha fortemente condizionato sia l'assetto strutturale degli strati, disposti come già detto a "Monoclinale" dolcemente immergente verso est-nord-est, sia la conformazione delle principali valli fluviali, impostate su faglie "anti-appenniniche" ovvero con andamento est-ovest. Nel Pleistocene superiore-Olocene si sono formate le ampie coltri colluviali che con differenti spessori, si dispongono sui pendii. La loro tessitura è prevalentemente limosa. Esse sono spesso sede di fenomeni gravitativi.

Sul fondovalle dei principali corsi d'acqua sono presenti depositi alluvionali (attuali, recenti e terrazzati – olocene-pleistocene sup.), costituiti prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbioso-limose con intercalati lenti o livelli discontinui di limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie; al tetto del deposito sono prevalenti i sedimenti a granulometria fine limoso-sabbiosi.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 16 di 49

3.2 ASSETTO GEOMORFOLOGICO

L'area, a carattere collinare, si estende tra i bacini del fiume Tenna a nord e del fiume Ete Vivo a sud, dando origine ad una serie di strutture allungate secondo una direzione est-ovest. La massima altitudine si ha in corrispondenza del piazzale del Girfalco (colle Sabulo), situato alla sommità del centro storico di Fermo, che raggiunge la quota di 319 m s.l.m.

In generale la morfologia dei luoghi è condizionata dall'evoluzione tettonica e dai processi d'erosione selettiva. L'aspetto d'insieme è tipico della fascia costiera marchigiana, caratterizzata da elevati rilievi collinari delimitati da versanti ad acclività medio-alta; alla sommità dei rilievi sono presenti ovunque dei ripiani debolmente degradanti verso il mare, su cui insistono gli antichi nuclei abitati. A sud-est la frazione di Torre di Palme è delimitata verso mare da una falesia costiera, la cui origine è legata alle fasi finali del sollevamento generale dell'area adriatica (fine Pleistocene).

I processi di erosione selettiva hanno contribuito a modellare il paesaggio, mettendo in risalto i corpi arenaceo-conglomeratici più competenti dei sedimenti argillosi che costituiscono grana parte della successione sedimentaria affiorante. La presenza di abbondanti depositi della copertura sui versanti, unitamente all'acclività di quest'ultimi, sono la causa dei diffusi fenomeni franosi che interessano larga parte del territorio fermano. Le loro caratteristiche sono varie. Vi è rappresentata l'intera gamma dei processi noti su pendii costituiti da sedimenti terrigeni a prevalenza argillosa. Si va dai soliflussi alle deformazioni plastiche alle vere e proprie frane. I soliflussi sono generalmente poco profondi e ad essi è associata una pericolosità medio-bassa; tuttavia essi spesso costituiscono il "grimaldello" d'ingresso a possibili fenomeni più importanti (frane) laddove l'incuria dell'uomo peggiora le condizioni ambientali (disboscamento diffuso, periodiche lavorazioni agrarie profonde, mancata regimazione delle acque superficiali, scavi e sbancamenti scriteriati, ecc.). Le deformazioni plastiche sono molto diffuse e sono riconoscibili per le ampie ondulazioni trasversali al pendio che producono. A questi fenomeni è generalmente associato un grado di pericolosità medio. In ultimo le frane. Queste rappresentano un fenomeno di grande attenzione per il pericolo sociale ad esse connesso. Le frane possono interessare ampie superfici abitate e non.

Nel territorio di Fermo risultano assai diffuse le frane per colamento, che interessano nella quasi generalità dei casi le coltri di copertura a tessitura prevalentemente limosa. Le frane per scorrimento sono più rare, o perlomeno esse evolvono quasi sempre in frane complesse perché associate anche a fenomeni di colamento. Alle frane è attribuito un grado di pericolosità da medio a molto elevato, in funzione del grado di attività (nella valutazione del rischio subentrano anche altri elementi di valutazione quali l'esposizione e la vulnerabilità dei beni e/o opere presenti e, in ultimo ma molto importante, il coinvolgimento di vite umane). Sul grado di attività dei movimenti gravitativi, nel presente lavoro è stato utilizzato un criterio il più oggettivo possibile, frutto di una approfondita conoscenza dei luoghi oggetto di studio.

Nel presente lavoro sono stati classificati come fenomeni gravitativi attivi quelli con caratteristiche di manifestazione permanente con cicli di attività stagionali o, comunque con evidenti probabilità di riattivazione nel breve periodo. I restanti fenomeni sono stati classificati come quiescenti. Va sottolineato che nella maggioranza dei casi trattasi di fenomeni molto lenti. Le colate rapide, che si manifestano nel periodo invernale

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 17 di 49

lungo i versanti in condizioni più critiche, sono spesso fenomeni abbastanza circoscritti, ancorché dannosi per la circolazione viaria e per il costante e progressivo consumo di suolo.

Come noto, gli studi di microzonazione sismica, secondo lo standard adottato dalla Protezione Civile Nazionale, non prendono in considerazione i processi di soliflusso e le deformazioni plastiche, ritenendoli evidentemente non significativi ai fini di una valutazione della pericolosità sismica locale. Limitatamente alle deformazioni plastiche, come già detto assai diffuse sui versanti collinari argillosi del territorio di Fermo, gli scriventi ritengono tali fenomeni non trascurabili. Pertanto essi sono stati cartografati come “colate quiescenti”, ovvero una tipologia di fenomeno prevista dagli Standard e con un grado di pericolosità compatibile con quello assegnato alle D.P. Nel Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche.

I processi erosivi sui versanti argillosi sono spesso molto diffusi e talora associati a fenomeni franosi. Essi tuttavia esulano dalle finalità di questo lavoro, e pertanto non sono stati cartografati.

In quanto alle scarpate strutturali ne sono state cartografate alcune in corrispondenza dei corpi più competenti, che a Fermo si rinvengono al tetto della regressione (Fermo centro storico viale Vittorio Veneto, abitato di Torre di Palme). I processi di erosione selettiva hanno dato origine a scarpate subverticali nei terreni arenaceo-conglomeratici, in netto risalto rispetto ai sedimenti alle porzioni di pendio impostate sulle argille [più tenere].

3.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO

La gran parte del territorio comunale è costituita da sedimenti argillosi dotati di permeabilità molto bassa e che non consentono l'instaurarsi di una circolazione idrica sotterranea. Tuttavia, le argille, laddove le condizioni lo consentono, costituiscono un buon acquiclude per la formazione di modesti acquiferi di collina.

In corrispondenza degli impluvi e talora sui pendii che ospitano spesse coltri colluviali a tessitura prevalentemente limosa, sono presenti falde acquifere molto modeste e a carattere fortemente stagionale.

Più interessanti le falde acquifere delle piane dei fiumi Tenna ed Ete vivo, entrambe sedi di una circolazione idrica degna d'interesse. L'acquifero di subalveo del fiume Tenna, in particolare, è composto da ghiaie e sabbie permeabili e con un discreto spessore; pertanto rappresenta un'importante risorsa idrica.

Sia i depositi alluvionali del fiume Tenna, sia quelli dell'Ete vivo, si ricordano ai depositi costieri presenti sulla porzione est del territorio, prospiciente il mare Adriatico. Anche i depositi costieri sono sede di una circolazione idrica mediamente importante, che avvicinandoci alla linea di costa, è in equilibrio con il cuneo di acqua marina salata sottostante.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per la redazione del presente studio ci si è avvalsi dei dati provenienti da indagini e rilievi effettuati nel corso di numerosi anni, sia personalmente che gentilmente messi a disposizione da colleghi e dall'Amministrazione Comunale. In particolare sono state riprese le indagini pregresse già inserite in allegato per lo studio di livello 1, le quali sono state integrate ed ampliate con le seguenti prove sismiche eseguite ex-novo e/o reperite:

- n° 36 prove a stazione singola (HVSr)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 18 di 49

- n° 9 prove sismiche MASW
- n° 4 prove sismiche a rifrazione (SR)

Nel complesso lo studio consta di 629 prove come riportato nella carta delle Indagini.

I dati inseriti nel database hanno permesso una precisa mappatura dei terreni affioranti e una ricostruzione dell'assetto geologico generale e le diverse litologie individuate sono state classificate in funzione delle caratteristiche geomeccaniche e della genesi dei depositi.

4.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai fini di una caratterizzazione geotecnica a grande scala e con caratteristiche di uniformità e ripetibilità del dato, i terreni sono stati classificati valutandone lo stato di aggregazione, compattezza, consistenza e addensamento, dall'interpretazione delle indagini penetrometriche dinamiche.

Per quanto riguarda i terreni granulari, sono state utilizzate le prove penetrometriche di tipo dinamico (DPM e DPSH), per valutare lo stato di addensamento in funzione del parametro normalizzato N_{SPT} .

N_{SPT}	0 ÷ 4	4 ÷ 10	10 ÷ 30	30 ÷ 50	> 50
Stato di Addensamento	Molto sciolto	Poco addensato (sciolta)	Moderatamente addensato (media)	Addensato	Molto addensato

Tabella 4 – Stato di addensamento in funzione dei valori di N_{SPT}

Per quanto riguarda i terreni coesivi, sono state utilizzate le prove penetrometriche di tipo statico (CPT), per valutare lo stato di consistenza in funzione del parametro R_p .

R_p	< 5	5 ÷ 10	10 ÷ 15	15 ÷ 20	> 20
Stato di Consistenza	Molle	Plastico	Semisolido	Solido	Duro

Tabella 5 – Stato di consistenza in funzione dei valori di R_p

La caratterizzazione meccanica dei terreni costituenti i depositi più superficiali ha permesso di riconoscere nell'ambito dei confini litologici precedentemente individuati aree a caratteristiche geotecniche simili. Dal punto di vista del comportamento meccanico, i terreni coesivi costituenti sia i depositi eluvio-colluviali, sia i depositi alluvionali, hanno generalmente caratteristiche geomeccaniche che vanno da mediocri a discrete, con l'angolo di attrito interno che oscilla mediamente tra i 20° e i 24° e una coesione drenata $\leq 0,05$ Kg/cm², mentre per i sedimenti alluvionali ghiaiosi e sabbiosi si riscontrano i seguenti valori medi: angolo di attrito interno compreso tra i 28° e i 36°.

I terreni costituenti i depositi di tetto, riferibili alle arenarie cementate a struttura stratificata, hanno generalmente caratteristiche geomeccaniche elevate, con l'angolo di attrito interno $\geq 40^\circ$ e coesione drenata $\geq 0,30$ Kg/cm².

Le formazioni marine plio-pleistoceniche, costituite da terreni prevalentemente argillosi, sono spesso

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 19 di 49

leggermente sovraconsolidate e/o sovraconsolidate, consistenza elevata (solida o dura) e offrono buoni valori della coesione drenata $0,10 \div 0,20$ Kg/cm² e angolo di attrito compreso tra i 25° e i 27°, mentre in condizioni non drenate la coesione è mediamente $\geq 1,50$ Kg/cm².

4.2 CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA

Le indagini geofisiche reperite sono dislocate un po' ovunque nel territorio preso in esame e sono state integrate ed ampliate con le seguenti prove sismiche eseguite ex-novo e/o reperite:

- n° 36 prove a stazione singola (HVSr)
- n° 9 prove sismiche MASW
- n° 4 prove sismiche a rifrazione (SR)

4.2.1 INDAGINI SISMICHE M.A.S.W.

L'indagine M.A.S.W. si contraddistingue per l'utilizzo di una sorgente impulsiva che genera onde sismiche la cui propagazione viene registrata da una serie di sensori (geofoni) posti lungo uno stendimento le cui caratteristiche variano in funzione del sito in analisi. La metodologia MASW prende in esame le onde di Rayleigh e/o Love, che presentano dispersione nei mezzi stratificati; in altre parole, onde con differente lunghezza d'onda si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo (Achenbach, J. D., 1999, Aki, K. and Richards, P. G., 1980).

Dalle indagini MASW è possibile ricavare, mediante un procedimento di inversione della curva di dispersione sperimentale, le velocità delle onde di taglio Vs dei litotipi attraversati. Tale parametro viene utilizzato nei metodi semplificati proposti dalle N.T.C. 2008 per la determinazione delle categorie di sottosuolo e quindi per una stima degli "effetti di sito" (amplificazione sismica locale). In generale vi è una relazione di proporzionalità tra il valore delle onde di taglio e la rigidità del terreno: terreni rigidi sono caratterizzati da valori elevati delle Vs, mentre i terreni soffici da valori bassi.

L'insieme delle indagini già presenti nel I livello della MS e quelle realizzate ex-novo hanno consentito di ricostruire un quadro abbastanza preciso dei range di variabilità delle onde di taglio per i vari litotipi interessati.

Qui di seguito si riporta una tabella riepilogativa [valori indicativi].

DESCRIZIONE LITOTIPO	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO [Vs m/s]
limi, sabbie fini, sabbie limose/dep. della copertura e costieri [ML]	120 ÷ 200
sabbie, sabbie ghiaiose/dep. della copertura e costieri [SM, SW]	200 ÷ 280
ghiaie, miscela di ghiaie e sabbie/dep. della copertura e costieri [GW, GM]	300 ÷ 500
argille alternate a livelli sabbiosi/substrato [ALS]	180 ÷ 470
arenarie e conglomerati di tetto/substrato [GRS]	280 ÷ 700

Tabella 6 – Velocità di propagazione delle onde di taglio [Vs m/s] per i vari litotipi individuati

N.B.: i valori più bassi delle categorie del substrato si riferiscono alla parte alterata più superficiale dell'unità, mentre per la caratterizzazione sismostratigrafia del litotipo GRS ci si è avvalsi anche di altri dati registrati nei comuni di Monterubbiano, Moresco e Lapedona, in successioni stratigrafiche analoghe a quelle di Fermo.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 20 di 49

MASW ESISTENTI - STUDIO MS I° LIVELLO			
MASW NUOVE ESEGUITE - STUDIO MS II° LIVELLO			
Nome Ind	MOPS	VS30	Note
MASW 432	2001	413	
MASW 426	2001	274	
MASW 425	2002	323	
MASW 7	2002	380	Misericordia
MASW 428	2003	282	
MASW 429	2003	336	
MASW 435	2003	301	
MASW 481	2003	259	
MASW 8	2003	270	Centro Storico
MASW 6	2005	301	San Martino
MASW 1	2006	358	Marina Palmense
MASW 434	2007	414	
MASW 433	2007	419	
MASW 436	2007	349	
MASW 431	2007	261	
MASW 430	2008	342	
MASW 465	2010	267	
MASW 9	2010	266	Foce Fiume Ete Vivo
MASW 427	2011	307	
MASW 2	2012	354	San Marco alle Paludi
MASW 3	F-22-0026	360	Frana PAI Autostrada
MASW 4	F-22-0075	287	Frana PAI Scuola I.T.I.
MASW 5	F-23-0116	287	Frana PAI Cappuccini

Tabella 7 – Velocità di propagazione delle onde di taglio [Vs m/s] per le varie MOPS individuate
 N.B: all'interno dei perimetri dello studio di II livello le MOPS 2003-2004-2009
 sono state accorpate in un'unica MOPS 2013.

4.2.2 INDAGINI SISMICHE A RIFRAZIONE

La metodologia è basata sul tempo necessario affinché la perturbazione elastica, indotta nel sottosuolo da una determinata sorgente di energia, giunga agli apparecchi di ricezione (geofoni) percorrendo lo strato superficiale con onde dirette e gli strati più profondi con onde rifratte. Utilizzando quindi le distanze tra il punto di scoppio e quello di ricezione e i tempi di primo arrivo dei segnali sismici, si costruiscono le dromocroni (curve tempi-distanze), dalle quali si risale, tramite opportuno programma di calcolo, alle velocità reali nei singoli strati, al loro spessore, profondità, forma ed inclinazione.

Le quattro indagini sismiche a rifrazione di superficie in onde SH reperite confermano sostanzialmente i valori di Vs sopra richiamati per i vari litotipi attraversati.

4.2.3 INDAGINI SISMICHE A STAZIONE SINGOLA HVSR

La tecnica utilizzata è basata sui rapporti spettrali o HVSR [Horizontal to Vertical Spectra Ratio].

I risultati delle registrazioni sono utilizzati per determinare la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per la progettazione di edifici in termini di risposta sismica locale; i progettisti, infatti, devono adottare adeguate precauzioni onde evitare che la frequenza di risonanza dell'edificio da progettare sia prossima a quella del terreno. Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella degli edifici, si produce una notevole amplificazione delle onde sismiche, inducendo sollecitazioni sulle strutture con grande potere distruttivo [fenomeno della doppia risonanza].

Ogni sito può generare più di una risonanza e non esiste una risonanza fondamentale in assoluto. La

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 21 di 49

vulnerabilità sismica non è necessariamente data dal picco H/V più ampio ma dal picco la cui frequenza è più prossima a quella dell'edificato e/o dell'edificio da realizzare. Infine le misure di microtremore a stazione singola, opportunamente invertite, permettono anche di stimare le Vs30 [velocità delle onde di taglio nei primi trenta metri di sottosuolo], parametro la cui determinazione è richiesta dalla normativa sismica vigente [D.M. 14.01.2008]. Le curve H/V, in presenza di un vincolo noto in modo indipendente (profondità di un riflettore o Vs del primo strato) è data dalla formula:

$$f_r = \frac{Vs1}{4H}$$

nota la profondità del vincolo [H] e la frequenza [misurata], si ottiene la velocità delle onde di taglio relativa al primo strato. In realtà, in un sistema multistrato, la curva H/V contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza [e quindi allo spessore] di ciascuno di essi. Effettuando il fitting della curva sperimentale con una curva teorica, ricostruita per tentativi, (inserendo nel programma, di volta in volta, lo spessore del sismostrato e la sua velocità) si ottiene il valore di Vs30.

Le trentasei prove sismiche passive eseguite ex-novo, oltre a quelle già esistenti nello studio di I livello MS, risultano dislocate in tutto il territorio esaminato e le corrispettive frequenze fondamentali di risonanza mi hanno offerto un valido contributo nella ricostruzione dell'assetto geologico-stratigrafico delle aree di studio. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva circa le frequenze caratteristiche di risonanza registrate durante le misurazioni, indicando il rispetto o meno dei criteri di SESAME.

HV ESISTENTI - STUDIO MS I° LIVELLO					
HV NUOVE ESEGUITE - STUDIO MS II° LIVELLO					
NOME IND	Valore Fo	Ampiezza	MOPS	SESAME	note
Tr3	0.63	2.28	2001	no	
Tr39	8.44	2.21	2001	no	
HV8	14.97	2.23	2001	si	Colle Girfalco
HV32	9.18	1.73	2001	no	Contrada Alberelli
HV34	1.45	1.77	2001	no	Capodarco
Tr1	1.75	2.10	2002	no	
Tr22	2.41	2.63	2002	si	
Tr26	10.41	2.01	2002	si	
Tr27	2.38	2.19	2002	si	
Tr41	1.44	1.70	2002	no	
Tr43	3.75	3.69	2002	si	
Tr44	1.19	1.70	2002	no	
Tr50	12.69	2.22	2002	no	
Tr51	4.50	2.30	2002	no	
Tr52	1.87	3.83	2002	si	
Tr53	3.59	3.41	2002	si	
Tr54	1.53	3.67	2002	si	
Tr55	10.81	3.64	2002	si	
Tr56	2.91	2.81	2002	no	
Tr59	1.75	2.37	2002	no	
Tr62	1.75	3.05	2002	si	

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 22 di 49

Tr63	1.56	2.52	2002	no	
Tr73	3.31	2.96	2002	no	
HV15	1.06	2.12	2002	no	Misericordia
HV20	11.21	2.39	2002	no	Torre di Palme
HV33	5.25	3.38	2002	si	Capodarco
Tr2	2.28	2.73	2003	si	
Tr4	1.88	2.81	2003	si	
Tr5	1.81	2.77	2003	si	
Tr6	1.34	2.50	2003	no	
Tr10	3.59	2.38	2003	si	
Tr11	1.78	3.06	2003	si	
Tr12	1.22	2.54	2003	si	
Tr13	1.53	2.92	2003	si	
Tr14	0.59	1.99	2003	no	
Tr15	1.44	2.57	2003	si	
Tr17	3.94	3.22	2003	si	
Tr33	1.97	1.97	2003	no	
Tr36	2.28	1.95	2003	no	
Tr37	14.97	2.80	2003	no	
Tr38	15.50	2.56	2003	no	
Tr42	3.41	3.15	2003	si	
Tr49	3.22	2.51	2003	no	
Tr57	0.28	3.21	2003	no	
Tr58	1.75	2.59	2003	si	
Tr60	1.94	2.67	2003	si	
Tr72	5.94	2.41	2003	no	
Tr45	1.75	1.70	2003	no	
HV9	1.70	1.71	2003	no	Villa Verde
HV1	0.00	0.00	2003	nd	San Girolamo
HV3	2.16	2.76	2003	si	Le Casette
Tr32	0.59	1.87	2004	no	
Tr65	2.13	3.86	2004	si	
Tr71	2.19	2.69	2004	si	
Tr74	1.38	1.92	2004	no	
Tr16	2.75	2.53	2005	si	
Tr20	2.03	4.03	2005	si	
Tr21	2.00	3.60	2005	si	
Tr64	1.81	4.22	2005	si	
HV11	1.68	2.18	2005	si	San Martino
HV36	1.94	2.40	2005	si	Contrada Moie
HV4	17.14	2.32	2005	no	Fonte Fallera
Tr24	0.59	1.45	2006	no	
HV16	20.41	1.22	2006	no	S. Maria a Mare
HV18	19.03	1.48	2006	no	Marina Palmense
HV19	16.84	1.57	2006	no	Torre di Palme
Tr9	0.81	1.29	2007	no	
Tr28	17.66	1.65	2007	no	
Tr29	2.69	1.54	2007	no	

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 23 di 49

Tr30	0.69	1.41	2007	no	
Tr46	19.69	3.87	2007	si	
Tr47	19.59	1.78	2007	no	
Tr48	1.94	2.02	2007	no	
HV25	4.89	1.18	2007	no	Casabianca Nord
HV26	5.77	1.42	2007	no	Lido Tre Archi
HV27	19.03	2.04	2007	no	San Tommaso alle Paludi
Tr66	1.44	2.00	2008	no	
Tr25	3.13	1.39	2010	no	
HV10	1.36	2.11	2010	no	Ete Calderette
HV17	17.08	2.50	2010	si	Foce Fiume Ete Vivo
HV21	0.00	0.00	2010	nd	Marina Palmense
HV22	7.32	1.44	2010	no	Lido di Fermo Depuratore
HV23	5.76	1.43	2010	no	Lido di Fermo
HV24	1.00	1.22	2010	no	Casabianca Litorale
Tr34	0.56	1.99	2011	no	
Tr35	3.56	2.53	2011	si	
Tr67	2.44	2.30	2012	si	
Tr68	1.25	1.99	2012	si	
Tr69	11.09	3.37	2012	si	
Tr70	8.75	2.66	2012	no	
HV35	1.96	2.82	2012	si	San Marco alle Paludi
HV2	8.46	3.53	2012	si	Molini Girola
HV28	6.85	2.06	2012	si	San Marco alle Paludi
Tr7	4.03	3.67	F-23-0092	si	frana
Tr8	2.75	2.94	F-23-0092	no	frana
Tr18	3.19	2.43	F-22-0069	si	frana
Tr19	4.31	3.55	F-22-0001	si	frana
Tr23	2.13	2.86	F-22-0077	si	frana
Tr40	4.22	1.87	F-22-0060	no	frana
Tr61	1.25	2.25	F-21-1382	no	frana
Tr31					fuori territorio
HV12	2.03	3.26	F-23-0116	no	Frana PAI Cappuccini
HV13	3.71	2.60		no	
HV14	3.51	2.12		no	
HV29	16.27	1.98	F-22-0026	no	Frana PAI Autostrada
HV30	2.89	2.05		no	
HV31	2.53	1.51		no	
HV5	1.23	1.38	F-22-0075	no	Frana PAI Scuola I.T.I.
HV6	25.90	2.90	F-22-0075	nd	
HV7	27.10	3.07	F-22-0075	si	

Tabella 8 – Frequenze caratteristiche prove sismiche passive (HVSR)
 N.B: all'interno dei perimetri dello studio di II livello le MOPS 2003-2004-2009
 sono state accorpate in un'unica MOPS 2013.

Dall'analisi delle curve H/V relative alle registrazioni sopra elencate si evince quanto segue:

- ❖ nel sottosuolo del territorio di Fermo non sono presenti importanti contrasti d'impedenza capaci di generare picchi significativi. Molte delle curve acquisite hanno un andamento piatto o comunque indicanti

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 24 di 49

modesti picchi che nella curva H/V non arrivano a 2; curve di questo tipo sono indicative di nessuna amplificazione sismica alle frequenze considerate [che sono quelle di interesse ingegneristico: 0.5-10 Hz];

- ❖ laddove vi sono frequenze significative indicative dell'esistenza di un contrasto d'impedenza vi è una certa ricorrenza di frequenze nel range 2-4 Hz. Quella più bassa è generalmente in relazione alla presenza di corpi più duri all'interno dei depositi marini (ALS), ad una profondità di circa 30 ÷ 40 m. Le frequenze più alte sono spesso legate al contrasto d'impedenza tra i depositi della copertura e quelli del substrato, a circa 10 ÷ 15 m di profondità;
- ❖ in merito alle tre frane studiate come da disciplinare, ritengo opportuno menzionare che in due di esse si nota la presenza di un picco di risonanza di modesta ampiezza (circa 3) che però non trova apparente riscontro con lo spessore del materiale coinvolto in frana.

HV ESISTENTI - STUDIO MS I° LIVELLO					
HV NUOVE ESEGUITE - STUDIO MS II° LIVELLO					
NOME IND	Valore Fo	Ampiezza	MOPS	SESAME	note
Tr43	3.75	3.69	2002	si	
Tr52	1.87	3.83	2002	si	
Tr53	3.59	3.41	2002	si	
Tr54	1.53	3.67	2002	si	
Tr55	10.81	3.64	2002	si	
Tr56	2.91	2.81	2002	no	
Tr62	1.75	3.05	2002	si	
Tr73	3.31	2.96	2002	no	
HV33	5.25	3.38	2002	si	Capodarco
Tr2	2.28	2.73	2003	si	
Tr4	1.88	2.81	2003	si	
Tr5	1.81	2.77	2003	si	
Tr11	1.78	3.06	2003	si	
Tr13	1.53	2.92	2003	si	
Tr17	3.94	3.22	2003	si	
Tr42	3.41	3.15	2003	si	
Tr65	2.13	3.86	2004	si	
Tr20	2.03	4.03	2005	si	
Tr21	2.00	3.60	2005	si	
Tr64	1.81	4.22	2005	si	
Tr46	19.69	3.87	2007	si	
Tr69	11.09	3.37	2012	si	
HV35	1.96	2.82	2012	si	San Marco alle Paludi
HV2	8.46	3.53	2012	si	Molini Girola
HV12	2.03	3.26	F-23-0116	no	Frana PAI Cappuccini
HV13	3.71	2.60		no	
HV6	25.90	2.90	F-22-0075	nd	Frana PAI Scuola I.T.I.
HV7	27.10	3.07		si	

Tabella 9 – RegISTRAZIONI HV di maggiore interesse

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 25 di 49

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La ricostruzione geolitologica del sottosuolo, effettuata mediante le correlazioni litostratigrafiche derivate dalle indagini puntuali, mi ha permesso di elaborare un modello geologico della porzione del territorio comunale preso in esame.

I dati puntuali delle indagini sono stati valutati e confrontati con le cartografie geologiche esistenti (Carta Geologica Regionale in scala 1:10000 - Progetto CARG; Carta Geologica allegata al vigente strumento urbanistico – P.R.G.) e integrati con rilievi diretti di campagna.

Lo schema geolitologico generale evidenzia la presenza in affioramento nella parte alta del colle Fermano e al tetto di alcuni rilievi collinari vicini (Capodarco e Torre di Palme) dei depositi marini e/o di transizione di chiusura del ciclo sedimentario di I° Ordine Plio-Pleistocenico, rappresentati dalle arenarie di tetto (Pleistocene medio – inferiore). Lo spessore dei depositi regressivi si aggira mediamente attorno ai 25 ÷ 35 metri.

Sulle creste dei crinali e/o delle aree sommitali dei versanti collinari affiora il termine marino coesivo rappresentato dalle argille alternate a livelli sabbiosi (Pleistocene inferiore p.p. – Pliocene inferiore p.p.).

Lungo le depressioni interposte fra le dorsali e sui versanti collinari affiorano i depositi continentali eluvio-colluviali con spessori variabili, generalmente inferiori ai 15 metri, facenti parte della copertura detritica (Olocene – Pleistocene superiore).

Sul fondovalle dei principali corsi d'acqua sono presenti i depositi alluvionali (attuali, recenti e terrazzati) costituiti prevalentemente da ghiaie, ghiaie sabbioso-limose con intercalati lenti o livelli discontinui di limi argillosi, limi sabbiosi e sabbie; al tetto del deposito sono prevalenti i sedimenti a granulometria fine limoso-sabbiosi (Olocene-Pleistocene sup.).

Lungo la costa affiorano i depositi di spiaggia ascrivibili a ghiaie e sabbie ghiaiose prevalenti ascrivibili all'Olocene, il cui spessore varia in media dai 15 ai 20 metri. Il modello del sottosuolo è ben evidenziato nelle sette sezioni geologiche elaborate a corredo della Carta Geologico-Tecnica.

6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

La distribuzione delle indagini inserite nel geodatabase copre in maniera soddisfacente la zona scelta per la MS di 2° livello; sono relativamente meno diffuse le indagini di tipo geognostico nella porzione litoranea completamente urbanizzata, in alcune aree delle pianure alluvionali del fiume Tenna e Ete Vivo e nella Frazione di Torre di Palme.

Nell'insieme i dati a disposizione sono comunque risultati esaustivi per una ricostruzione attendibile del quadro dell'assetto geolitologico e stratigrafico generale.

Ai fini di una scelta ragionata dei dati non sono state prese in considerazione alcune stratigrafie di sondaggi e prove in sito di scarsa rappresentatività, né indicazioni dei livelli di falda se non derivate da misure piezometriche.

La raccolta organica e ragionata dei dati ha permesso, oltre alla loro catalogazione, di effettuare opportune correlazioni evidenziate nella carta delle MOPS e di scegliere alcuni siti per l'esecuzione di misure strumentali di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr), sia per verificare i dati preesistenti, sia

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 26 di 49

per valutare situazioni litostratigrafiche che potenzialmente potevano indurre fenomeni di impedenza.

Per quanto riguarda i dati di tipo geofisico se ne è riscontrata una abbondanza, sia qualitativa sia quantitativa, di vecchia e di nuova realizzazione.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Al fine di identificare le frequenze di risonanza del sottosuolo si sono analizzate le tracce di registrazione del rumore sismico a stazione singola, in parte recuperate dalla banca dati utilizzata e in parte effettuate per il presente studio dal sottoscritto.

Le nuove misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile, utilizzando un sismografo 24 bit GEOBOX prodotto dalla ditta Sara Instruments Srl.

La campagna di misure strumentali è stata impostata tenendo conto della distribuzione delle indagini esistenti e delle condizioni litostratigrafiche e geologiche dei siti selezionati.

Lo scopo di tale indagine è di individuare qualitativamente zone caratterizzate o meno da fenomeni di risonanza significativi e quelle caratterizzate da alti contrasti di impedenza, per una prima analisi sul comportamento sismico delle sequenze deposizionali.

L'elaborazione dei risultati ha altresì fornito indicazioni ai fini della ricostruzione del modello geologico del sottosuolo per la stesura delle MOPS, con particolare riferimento al confronto tra lo spessore delle coperture e le frequenze fondamentali, sulla base della relazione $f_0 = V_s/4H$, espressione del rapporto che intercorre tra la frequenza di risonanza del sedimento (f_0), spessore (H) e velocità media delle V_s dello stesso (Albarello et. al. 2010).

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Le carte prodotte, di seguito descritte nel dettaglio, sono state realizzate sia in formato cartaceo sia digitale (GIS) a scala 1:10.000/1:5.000, riportando i dati e la simbologia indicata dalle specifiche tecniche illustrate negli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 4.0b".

In particolare sono stati prodotti i seguenti elaborati cartografici:

- Carta delle indagini
- Carta Geologico-Tecnica
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS)
- Carta delle Frequenze di Risonanza
- Carta della Microzonazione Sismica di livello II per gli intervalli di periodo 0,1÷0,5 s, 0,4÷0,8 s, 0,7÷1,1 s

La base cartografica utilizzata per il rilevamento e la rappresentazione degli elaborati è la Carta Tecnica Regionale in scala 1:10000.

Tutti i dati di archiviazione in formato shape sono forniti in allegato digitale alla presente relazione.

8.1 CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle Indagini, redatta su base cartografica in scala 1:10.000, riporta l'ubicazione e l'indicazione delle varie indagini reperite ed eseguite ritenute più significative per le finalità degli studi in questione.

Complessivamente i dati raccolti hanno consentito di disporre di un congruo numero di indagini

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 27 di 49

geognostiche e sismiche così suddivisi e rappresentati, secondo quanto previsto dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 4.0b) forniti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica:

- n° 285 sondaggi a carotaggio continuo che intercetta il substrato (SS)
- n° 93 sondaggi a carotaggio continuo (S)
- n° 11 sondaggi con prelievo di campione (SC)
- n° 25 penetrometriche dinamiche (SPT)
- n° 11 prove penetrometriche statiche (CPT)
- n° 5 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE)
- n° 4 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)
- n° 1 prova penetrometrica dinamica pesante (DP)
- n° 2 down hole (DH)
- n° 2 sondaggi a distruzione di nucleo che intercetta il substrato (SDS)
- n° 110 prove a stazione singola (HVSR)
- n° 23 prove sismiche MASW
- n° 4 prove sismiche a rifrazione (SR)
- n° 11 prove di taglio diretto (TD)
- n° 11 prove di espansione laterale libera (ELL)
- n° 16 analisi su campione (SM)

Su ciascuna delle indagini puntuali e lineari sono stati inseriti i corrispondenti parametri nella tabella “parametri puntuali” e “parametri lineari” (caratteristiche geologiche, meccaniche, fisico-chimiche ecc.).

Tutti i dati raccolti sono stati informatizzati tramite il software SoftMS fornito direttamente dal sito della Protezione Civile Nazionale. L’inserimento e lo studio dei dati raccolti si è concluso con l’esportazione del file Access riferito al Comune di Fermo all’interno del quale sono stati catalogati, secondo gli Standard di archiviazione informatica, i dati raccolti che costituiscono la base di partenza per la realizzazione della Carta delle Indagini.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 28 di 49

Indagini

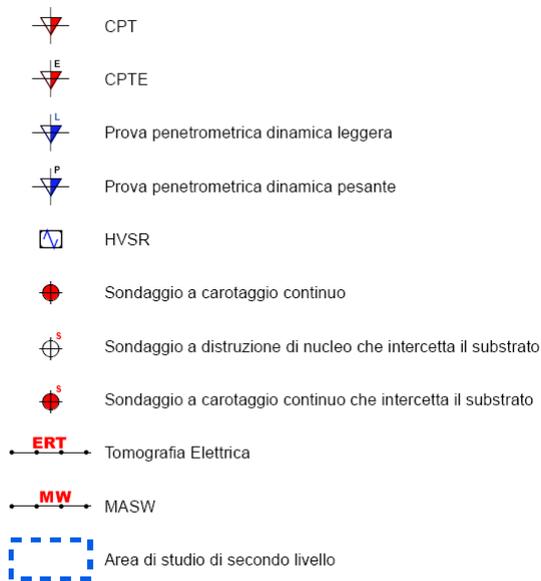


Figura 12 – Legenda Carta delle Indagini

8.2 CARTA GEOLOGICO-TECNICA PER LA MICROZONAZIONE SISMICA

La Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica è stata redatta sulla base di un'accurata analisi della documentazione cartografica geologica e geomorfologica, dei dati litologici, stratigrafici, litotecnici e sismici esistenti, nonché dei nuovi rilevamenti geologici e geomorfologici eseguiti sul territorio di interesse.

Nella Carta è riportata la distinzione tra litotipi di copertura e substrato, identificati per litologia e ambiente di deposizione e l'ubicazione dei sondaggi che hanno raggiunto o meno il substrato geologico.

I terreni di copertura sono stati raggruppati in funzione della litologia prevalente e dell'ambiente deposizionale, considerando lo spessore minimo cartografabile pari a 3 metri.

Sono state inoltre trascritte in carta le giaciture degli strati, le principali forme e processi geomorfologici utili per l'identificazione di zone suscettibili di instabilità ed amplificazione (aree in frana e loro stato di attività, scarpate morfologiche, creste, ecc.).

Per quanto riguarda i fenomeni di instabilità di versante sono stati riportati nelle cartografie i dissesti di versante seguendo generalmente in maniera fedele i limiti delle cartografie del PAI e IFFI, opportunamente messi a confronto con la carta geomorfologica del P.R.G. e con dati relativi ai rilievi aggiornati. Dai rilievi di campagna sono state riscontrate delle difformità. In generale si è cercato di salvaguardare gli ambiti previsti dal P.A.I. della Regione Marche, in considerazione principalmente del suo valore vincolistico con associata relativa normativa. Rispetto ai perimetri cartografati nel livello 1 della MS in alcuni casi sono state effettuate correzioni in senso conservativo, ovvero ampliando l'area in dissesto (es. frana Cappuccini).

Come già detto nel capitolo 4 [Geomorfologia], per quanto riguarda i fenomeni di deformazioni plastiche, assai diffuse sui versanti collinari argillosi del territorio di Fermo, gli scriventi ritengono tali fenomeni non trascurabili; pertanto essi sono stati cartografati come "colate quiescenti", ovvero una tipologia di fenomeno prevista dagli Standard e con un grado di pericolosità compatibile con quello assegnato alle D.P. nel piano per

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 29 di 49

l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche.

Un aspetto molto importante da segnalare è che lo studio eseguito non ha evidenziato la presenza di un substrato sismico di tipo rigido ($V_s \geq 800$ m/s): pertanto, con riferimento alla legenda, i substrati identificati con le varie sigle sono sempre intesi nell'accezione geologica. L'analisi della documentazione cartografica, inoltre, non ha evidenziato la presenza di faglie attive e capaci, ma solo di faglie inattive.

Il territorio è stato quindi suddiviso in poligoni in base alla tipologia delle coperture o del substrato geologico affiorante, allo stato di addensamento o consistenza delle coperture e all'ambiente genetico deposizionale.

Di seguito sono illustrate e descritte le unità geologico-tecniche riconosciute e cartografate.

UNITA' DELLA COPERTURA

Sono state cartografate le unità della copertura con spessore > di 3,00 m.

Ambiente di versante ⇒ coltri colluviali (età: Olocene-Pleistocene sup.): rappresentano il prodotto dell'alterazione e disgregazione dei litotipi in posto ad opera degli agenti elementari di degradazione meteorica, mobilizzati dalla gravità e dalle acque di dilavamento dei versanti. La loro tessitura è strettamente in relazione con le rocce di provenienza.

MLec – Limi inorganici, sabbie fini limose e limi argillosi. Tale litotipo è costituito principalmente da sedimenti limoso-argillosi e limoso-sabbiosi. Si rinvencono lungo le pendici collinari e sugli impluvi collinari. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio comunale preso in esame, sono comprese tra 120 e 200 m/sec.

SMec – sabbie limose, miscela di sabbia e limo. Si rinvencono nell'area di Torre di Palme, lungo la pendice collinare, come frutto della disgregazione e alterazione delle arenarie di tetto. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio comunale preso in esame, sono comprese tra 200 e 280 m/sec.

GMec – Ghiaie limose, miscela di ghiaia sabbia e limo. Si rinvencono nell'area di Torre di Palme, lungo la pendice collinare, come frutto della disgregazione e alterazione dei depositi di tetto [arenarie e ghiaie di tetto]. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio comunale preso in esame, sono comprese tra 300 e 500 m/sec.

Ambiente fluvio-lacustre ⇒ depositi alluvionali terrazzati, attuali e recenti (età: Olocene-Pleistocene sup.): costituiscono i depositi di fondovalle dei principali corsi d'acqua; sulla base delle indagini reperite sono stati individuati e cartografati due litotipi principali, uno prevalentemente sabbioso-limoso e l'altro ghiaioso-sabbioso.

MLtf – Limi inorganici, sabbie fini limose. Tale litotipo è costituito principalmente da sedimenti limoso-sabbiosi e da sabbie limose. Si rinvencono nella piana alluvionale del fiume Ete Vivo, e nella porzione distale della piana alluvionale del Tenna. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio comunale preso in esame, sono comprese tra 120 e 200 m/sec.

MLca – Limi inorganici, sabbie fini limose. Tale litotipo è costituito principalmente da sedimenti limoso-sabbiosi e da sabbie limose. Si rinvencono sotto l'abitato di Torre di Palme all'uscita di due valli sulla pianura costiera [Olocene]. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 30 di 49

comunale preso in esame, sono comprese tra 120 e 200 m/sec.

Gwtf – Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia. Rappresentano le ghiaie fluviali delle alluvioni del fiume Tenna. Nelle alluvioni del fiume Ete Vivo sono presenti in subordinate come intercalazioni nella successione limoso-sabbiosa, e comunque mai in affioramento. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio comunale preso in esame, sono comprese tra 300 e 500 m/sec.

Ambiente costiero ⇒ depositi di spiaggia (età: Olocene):

SWsp – Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose. Sono sedimenti di ambiente di spiaggia affioranti nella fascia costiera nord [Lido di Fermo e parte di Casabianca]. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio comunale preso in esame, sono comprese tra 200 e 280 m/sec.

Gwtm - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbia. Si rinvencono nella piana costiera antistante la falesia di Torre di Palme. Essi rappresentano il frutto dello smantellamento dei depositi di tetto, e loro rielaborazione in ambiente marino costiero. Le velocità delle onde di taglio, emersa dalle indagini sismiche eseguite nel territorio comunale preso in esame, sono comprese tra 300 e 500 m/sec.

UNITÀ DEL SUBSTRATO

Nell'area di Fermo, come in tutto il Bacino Periadriatico Plio-Pleistocenico, il substrato marino non è un substrato rigido così come è inteso nelle NTC 2018 [$V_s > 800\text{m/s}$].

Sono state distinte due unità differenti:

GRS (Granulare Cementato Stratificato): sabbie medio-grossolane giallastre cementate e stratificate in bancate medio-spesse, talora intervallate da sottili livelli pelitici. Nell'area di Torre di Palme prevale la facies conglomeratica con sottili livelli pelitico-arenacei. Tale terreno costituisce il substrato geologico dei depositi di I° Ordine Plio-Pleistocenici ed è similmente classificabile come "non rigido" in quanto non si raggiunge mai il valore $V_s \geq 800\text{ m/s}$. Le prove sismiche a nostra disposizione indicano valori di velocità molto variabili in funzione del grado di cementazione del deposito, compresi tra 280 e 700 m/s.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 31 di 49



Foto 1 – Arenarie di tetto presso la Località Torre di Palme. Sono tipici depositi di spiaggia. A più grande scala è ben riconoscibile la stratificazione cuneiforme.

ALS (Alternanza di litotipi stratificati): trattasi di depositi marini appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre, in litofacies pelitico e pelitico-arenacea con assetto giaciturale leggermente immergente (5-10°) verso E/N-E. Sono stati raggruppati nell'unità del substrato ALS poiché presentano caratteristiche geomeccaniche e sismiche simili. E' costituita da materiale argilloso-siltoso e sottili livelli di sabbie a base erosiva e geometria lenticolare. L'Unità ALS è classificabile non rigida in quanto caratterizzata da valori delle velocità delle onde sismiche di taglio comprese tra 180 m/s (parte alterata) e 470 m/s (parte integra), misurati in occasione dell'esecuzione delle prove sismiche.



Foto 2 – Argille sabbiose [associazione pelitico-arenacea], presso la Località Santa Petronilla. Sono tipici depositi di ambiente di transizione alla spiaggia, indicanti oscillazioni del livello marino [sopra tale unità si rinvencono nuovamente argille di off-shore].

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 32 di 49

 Area di studio di secondo livello

 limiti comunali

Terreni di Copertura

 **GM** Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

 **GW** Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie

 **ML** Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità

 **SM** Sabbie limose, miscela di sabbia e limo

 **SW** Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose

ec Ambiente di versante: depositi colluviali

tf Ambiente fluvio-lacustre: terrazzo fluviale

sp Ambiente costiero: spiaggia

tm Ambiente costiero: terrazzo marino

Substrato geologico

 **ALS** ALS - Alternanza di litotipi stratificato

 **GRS** GRS - Granulare cementato stratificato

Instabilità di versante

 crollo o ribaltamento – attiva

 colata – attiva

 complessa – attiva

 scorrimento – quiescente

 colata – quiescente

 complessa – quiescente

Forme di superficie

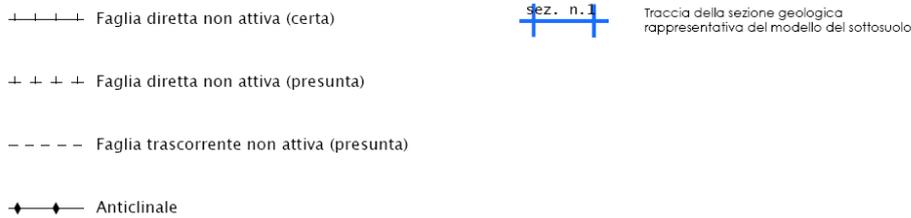
 Orlo di scarpata morfologica (10-20m)

 Cresta

 Orlo di scarpata morfologica (>20m)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 33 di 49

Elementi tettonico strutturali



Elementi geologici

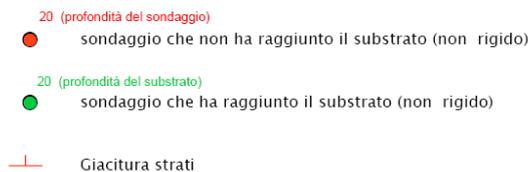


Figura 13 – Legenda Carta Geologico-Tecnica

8.3 CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) costituisce il risultato finale delle indagini di Microzonazione Sismica di 1° Livello, derivante dalla sintesi di tutti i dati raccolti ed esplicitati negli elaborati precedentemente descritti. La carta si prefigge la finalità di suddividere il territorio comunale studiato in unità omogenee dal punto di vista delle caratteristiche geologiche, stratigrafiche, geomorfologiche e geomeccaniche per le quali è possibile ipotizzare un'analoga suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotta dal sisma (amplificazione del moto, induzione e riattivazione di frane e altri dissesti, liquefazione dei terreni, cedimenti differenziali, ecc.).

In funzione delle informazioni di base acquisite, nella carta delle MOPS, sono state distinte le seguenti tipologie di zone:

1. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
2. zone di attenzione per instabilità, associabili alla presenza di fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti dalla gravità e/o innescati dal sisma (instabilità di versante).

Con dei simboli sono state, invece, evidenziate forme di superficie, predisponenti amplificazioni e instabilità sismiche, quali:

- orlo di scarpata morfologica $h = 10 \div 20$ m e $h > 20$ m;
- cresta

Nello specifico per la valutazione degli effetti locali, è stata posta particolare attenzione alla ricostruzione del modello geologico-tecnico del territorio, all'individuazione dei litotipi che costituiscono il substrato e le coperture, alle loro caratteristiche fisico-meccaniche, alle forme di instabilità dei pendii e ai terreni suscettibili a liquefazione.

Il territorio comunale analizzato è stato suddiviso in n° 10 tipologie di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ed in n° 9 tipologie di zone di attenzione per instabilità (secondo gli Standard di

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 34 di 49

rappresentazione e archiviazione informatica vers. 4.0b).

Non sono state individuate aree sismicamente stabili, in quanto le registrazioni delle prove acquisite non evidenziano velocità delle onde di taglio $V_s \geq 800$ m/s, caratterizzanti il substrato rigido.

Di seguito si riporta la descrizione dettagliata per ciascuna microzona omogenea individuata.

ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI

ZONA 2001: substrato geologico affiorante (GRS su ALS)

Substrato geologico affiorante o con copertura < 3.0 m, costituito dai depositi di tetto (GRS) sui depositi pelitico-arenacei marini (ALS), entrambi caratterizzati da $V_s < 800$ m/s (substrato non rigido).

Sono solo cinque le aree ove si presenta tale situazione, ovvero, in corrispondenza del colle del Girfalco e della Montagnola, della Frazione Capodarco e del Monte di Capodarco e della località Torre di Palme.

ZONA 2002: substrato geologico affiorante (ALS)

Substrato geologico affiorante o con copertura < 3.0 m, costituito dai depositi pelitico-arenacei di origine marina (ALS) caratterizzati da $V_s < 800$ m/s (substrato non rigido).

Tale situazione si presenta sovente sulle creste delle dorsali e sulla sommità dei versanti collinari.

ZONA 2003-2004-2005: copertura eluvio-colluviale su substrato (ML su ALS)

Depositi eluvio-colluviali di natura prevalentemente limoso-argillosa (ML - limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità) dello spessore variabile tra 3 e 27 m, su substrato geologico rappresentato dai depositi pelitico-arenacei (ALS) con $V_s < 800$ m/s (substrato non rigido).

Tale situazione è identificabile nelle aree più depresse dei versanti collinari.

ZONA 2006: copertura eluvio-colluviale su substrato (GM su ALS)

Depositi eluvio-colluviali costituiti da ghiaie e sabbie con frazione limosa (GM - ghiaie limose e miscela di ghiaie, sabbie e limo) dello spessore variabile tra 3 e 10 m, soprastanti il substrato geologico rappresentato dai depositi pelitico-arenacei (ALS).

Tale zona è stata riconosciuta sulla porzione sud-orientale del territorio studiato, unicamente nella zona di transizione tra il litorale marino e i rilievi collinari costieri.

ZONA 2007-2008: copertura alluvionale su substrato (ML-GW su ALS)

Depositi alluvionali costituiti da limi argilloso-sabbiosi (ML - limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità) dello spessore variabile tra 1 e 13 m, soprastanti le ghiaie eterometriche (GW – ghiaie pulite con granulometria ben assortita) dello spessore compreso tra 7 e 19 m, a loro volto adagate sul substrato geologico rappresentato dai depositi pelitico-arenacei (ALS).

Tale situazione si presenta diffusamente lungo la pianura alluvionale del fiume Tenna e lungo la pianura costiera e su un piccolo tratto della pianura alluvionale del fiume Ete Vivo.

ZONA 2009: copertura eluvio-colluviale su substrato (SM su ALS)

Depositi eluvio-colluviali costituiti da sabbie limose e/o limi sabbiosi (SM – sabbie limose, miscela di sabbie e limo) dello spessore variabile tra 3 e 10 m, soprastanti il substrato geologico rappresentato dai depositi pelitico-arenacei (ALS).

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 35 di 49

Tale zona è stata riconosciuta unicamente a sud della frazione di Torre di Palme.

ZONA 2010: copertura alluvionale su substrato (SW su ALS)

Depositi alluvionali costituiti da sabbie e ghiaie in vario predominio tra loro (SW – Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose) dello spessore variabile tra 3 e 22 m, soprastanti il substrato geologico rappresentato dai depositi pelitico-arenacei (ALS).

Tale zona si estende su tutto il fondovalle del fiume Ete Vivo e su alcune porzioni del litorale marino sud, nei pressi della frazione Marina Palmense.

ZONA 2011: copertura alluvionale su substrato (ML e SW su ALS)

Depositi alluvionali costituiti da limi argilloso-sabbiosi (ML - limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità) dello spessore variabile tra 3 e 10 m, soprastanti le sabbie e ghiaie in vario predominio tra loro (SW – Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose) dello spessore di circa 12 m, soprastanti il substrato geologico rappresentato dai depositi pelitico-arenacei (ALS).

Tale situazione si presenta unicamente sul tratto di costa compreso tra il Lido di Fermo e la foce del fosso Valloscura.

ZONA 2012: copertura alluvionale su substrato (ML e GW su ALS)

Depositi alluvionali costituiti da limi argilloso-sabbiosi (ML - limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità) dello spessore variabile tra 3 e 10 m, soprastanti le ghiaie eterometriche (GW – ghiaie pulite con granulometria ben assortita) dello spessore compreso tra 5 e 10 m, a loro volto adagiate sul substrato geologico rappresentato dai depositi pelitico-arenacei (ALS).

Tale situazione si presenta diffusamente lungo la pianura alluvionale del fiume Tenna e la zona di raccordo tra l'ambiente costiero e collinare situata sul settore nord del territorio comunale.

ZONA 2013: copertura eluvio-colluviale su substrato (ML o SM su ALS)

All'interno dei perimetri dello studio di MS di II° livello le MOPS 2003, 2004 e 2009, derivanti dallo studio MS di I° livello, sono state accorpate in un'unica MOPS 2013 in quanto mostravano analogo comportamento sismico.

Zone Stabili Suscettibili di Amplificazione Locale

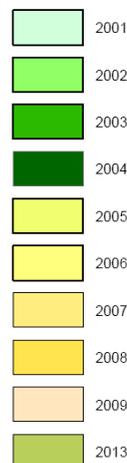


Figura 14 – Legenda della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica MOPS

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 36 di 49

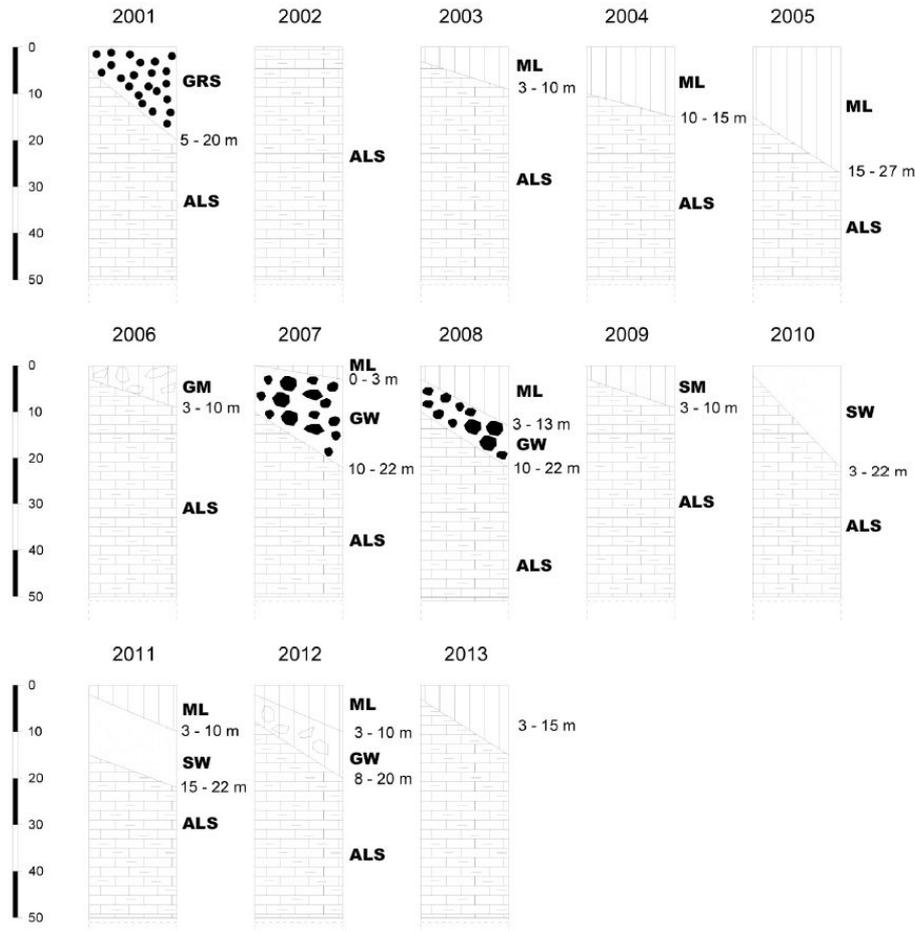


Figura 15 – Colonne litostratigrafiche rappresentative della microzona di riferimento (Carta delle MOPS)

Informazioni sul substrato



Substrato:

- a) Substrato geologico granulare cementato stratificato
- b) Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato

Litologia dei terreni di copertura



- ML - Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità
- SW - Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose
- SM - Sabbie limose, miscela di sabbia e limo
- GW - Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie
- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo

Figura 16 – Litologia terreni di copertura e substrato (Carta delle MOPS)

ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITA'

Rappresentano le aree nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio (non sono esclusi per queste zone anche fenomeni di amplificazione del moto). Tali zone sono legate sia alla instabilità di versante dovuta alla presenza di fenomeni gravitativi attivi e

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 37 di 49

quiescenti, sia alla instabilità del terreno per fenomeni di liquefazione nelle pianure alluvionali e nella zona costiera.

Nella Carta delle MOPS allegata è stato attribuito un simbolo alle zone di attenzione per instabilità individuate sulla base della figura 1.1.3-3a degli Standard di informatizzazione e rappresentazione informatica versione 4.0b.

E' bene specificare che nella carta delle MOPS tali zone hanno un livello di approfondimento comparabile con le altre zone di questo livello e pertanto non possono essere ancora classificate come zone effettivamente instabili, fintanto che non vengano esperiti i necessari approfondimenti puntuali nella carta di MS di livello III.

Zone di attenzione per instabilità di versante (Z_{AFR})

Il territorio comunale di Fermo preso in esame è interessato soprattutto da fenomeni gravitativi a cinematica lenta, tipici delle litologie limose e argillose che ricoprono diffusamente i versanti collinari. Le frane cartografate interessano sia le zone urbanizzate, sia le zone agricole occupate da case sparse.

Le principali frane che interessano le zone urbanizzate sono cinque: le due frane che inficiano la stabilità dei versanti nord (ITI Montani) e sud (Fughetta) del capoluogo, la frana dei Cappuccini ad ovest, la frana Reputolo a nord-est e una frana che coinvolge un tratto dell'autostrada A14 nel versante costiero nord-orientale.

Tre delle cinque frana sopra menzionate sono state oggetto di approfondimenti sismici in codesto livello (ITI Montani, Cappuccini e Autostrada A14).

Zone di attenzione per liquefazioni (Z_{LQ})

La liquefazione è un fenomeno che interessa i depositi sabbiosi saturi per effetto di un rapido e significativo aumento della pressione interstiziale. In tali condizioni i terreni costituiti da sabbie fini e limi sabbiosi poco addensati, ovvero rientranti nel fuso granulometrico di cui al punto 7.11.3.4.2 delle NTC 2018, immersi in falda, attingono valori nulli o estremamente modesti della resistenza al taglio trasformandosi di fatto in un liquido pesante. L'aumento della pressione interstiziale può essere indotto da fenomeni di filtrazione o da un forte evento sismico.

Le zone di attenzione per liquefazione interessano principalmente estesi tratti delle pianure alluvionali dei fiumi Tenna a nord ed Ete Vivo a sud, oltre a taluni tratti della piana costiera e la potenziale instabilità si associa alla presenza nel sottosuolo di sedimenti sabbiosi immersi in falda superficiale. Per queste aree potrebbe verificarsi l'esistenza delle 4 condizioni predisponenti sotto specificate (NTC 2018):

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) maggiori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda inferiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} < 30$ oppure $qc_{1N} < 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 38 di 49

Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica interna alle zone indicate nella Fig. 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ e in Fig. 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.

Le zone di attenzione per liquefazione sono risultate tre complessivamente e si associano alle MOPS 2010, 2011 e 2012. Tuttavia si rimanda alla verifica dell'effettiva presenza di tali aree agli studi di MZS di livello successivo attraverso la realizzazione di indagini mirate e specifiche.

In conclusione, le zone di attenzione per instabilità individuate e cartografate sono in totale nove e le prime sei ricalcano le zone individuate come aree in frana nella carta geologico-tecnica, specificando che lo stato di attività del fenomeno è possibile desumerlo consultando la carta geologico-tecnica allegata (CGT_MS), le altre tre si riallacciano a quelle zone con presenza di materiale alluvionale a tessitura media immerso in falda.



Figura 17 – Legenda zone di attenzione

per instabilità di versante ZAFR (zona 1,2,4,5,6,9) e per liquefazione ZALQ (zona 10,11,12)

FAGLIE ATTIVE E CAPACI

Nell'area in esame e nel suo intorno significativo, il rilevamento effettuato, di concerto con i dati bibliografici reperiti (tra i quali cito anche il catalogo delle Faglie Capaci del progetto ITHACA dell'ISPRA), hanno evidenziato l'assenza di Faglie attive e Capaci, ovvero, faglie attive ritenute in grado di produrre fagliazione in superficie (dislocazione istantanea – cosismica – verticale e/o orizzontale dei terreni lungo uno o più piani di taglio).

FORME DI SUPERFICIE E SEPOLTE

Sulla Carta delle MOPS sono state riportate le forme di superficie e sepolte individuate e cartografate già sulla Carta Geologico-Tecnica, per la descrizione delle quali si rimanda quindi al capitolo riguardante la carta medesima (cap. 7.2).

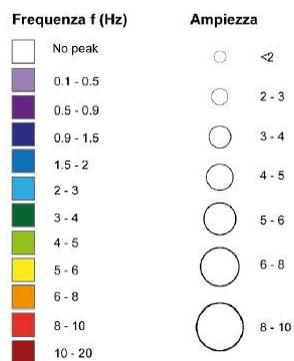
Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 39 di 49

8.4 CARTA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA

Si tratta di una carta derivata dalle indagini speditive di sismica passiva (HVSr sulle vibrazioni ambientali). In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di f_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza). Le misure sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze e dell'ampiezza del picco.

Legenda

LEGENDA DELLE FREQUENZE DI RISONANZA



1.10 Frequenza fondamentale di vibrazione

Figura 18 – Legenda Carta delle Frequenze naturali dei Terreni

Sulla base delle misure HVSr a stazione singola è stata ricavata la Carta delle frequenze naturali dei terreni. L'esame dei valori di frequenza del picco principale evidenzia una buona correlazione con le caratteristiche stratigrafiche delle zone in cui è stato suddiviso l'areale oggetto di studio. In particolare si possono definire le seguenti zone (MOPS) con caratteristiche geologiche e simiche che presentano misure di microtremore confrontabili:

- ❖ nelle MOPS 2001, 2006, 2008, 2009, 2010 e 2011 non sono presenti importanti contrasti d'impedenza capaci di generare picchi significativi. Molte delle curve acquisite hanno un andamento piatto o comunque indicanti modesti picchi che nella curva H/V non arrivano a 2; curve di questo tipo sono indicative di nessuna amplificazione sismica alle frequenze considerate [che sono quelle di interesse ingegneristico: 0.5-10 Hz];
- ❖ nelle MOPS 2002, 2003, 2004, 2005, 2007 e 2012 vi sono frequenze significative indicative dell'esistenza di un contrasto d'impedenza nel range di frequenze 2-4 Hz. Quella più bassa è generalmente in relazione alla presenza di corpi più duri all'interno dei depositi marini (ALS), ad una profondità di circa 30 ÷ 40 m. Le frequenze più alte sono spesso legate al contrasto d'impedenza tra i depositi della copertura e quelli del substrato, a circa 10 ÷ 15 m di profondità;
- ❖ in merito alle tre frane studiate come da disciplinare, ritengo opportuno menzionare che in due di esse si nota la presenza di un picco di risonanza di modesta ampiezza (circa 3) che però non trova apparente riscontro con lo spessore del materiale coinvolto in frana (Frane PAI F-23-0116 e F-22-0075).

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 40 di 49

8.5. CARTA DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 2

L'obiettivo dell'approfondimento di livello 2 è compensare alcune incertezze del livello 1 con approfondimenti conoscitivi e fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi), dei fenomeni di amplificazione del moto sismico atteso indotti dalla configurazione sismostratigrafica locale 1D (ovvero legate alla presenza di variazioni verticali del valore di impedenza sismica dei materiali presenti nel sottosuolo) o ad effetti legati alla morfologia superficiale. Questo permette di differenziare le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) delineate al primo livello di approfondimento, tenendo conto del livello relativo di pericolosità sismica determinato dalle specifiche condizioni sismostratigrafiche locali ed identificare le zone di maggiore criticità dove orientare studi più approfonditi.

La quantificazione numerica degli effetti dei fenomeni di amplificazione del moto sismico è stata fatta attraverso la stima dei valori di FA, definito come fattore di amplificazione a basso periodo e determinato intorno al periodo proprio per il quale si ha il massimo della risposta in accelerazione.

Sulla base di tutti i dati a disposizione è stato possibile determinare i valori di FA per la Carta di Microzonazione di livello 2, secondo le procedure indicate nel documento fornito dalla Regione Marche-Servizio Protezione Civile "Microzonazione Sismica di II Livello – Abachi Regionali, Rev.2" (OGS Trieste 2015, modificato dalla Commissione Tecnica Regionale 2018). Gli abachi sono stati costruiti dalla Regione Marche mediante un approccio numerico finalizzato alla definizione dei valori di FA associati alle diverse situazioni litostratigrafiche, differenziati in relazione all'ambiente tettonico e sedimentario all'interno del quale ricade il Comune (da "Allegato 1 e Allegato 2 di Microzonazione Sismica di II Livello – Abachi Regionali).

Il primo step è stato quello di attribuire al Comune di Fermo i domini sedimentari propri, in questo caso come indicato dalla commissione regionale sono stati attribuiti i domini denominati "Alluvionale A" e "Terrigeno T" con profondità del basamento sismico superiore a 30 m. Si sono quindi consultate le triplete degli abachi relative agli intervalli di periodi di vibrazione: $0,1 \div 0,5$ s, $0,4 \div 0,8$ s e $0,7 \div 1,1$ s, correlando i valori delle velocità delle onde S entro i primi 30 metri del terreno e delle frequenze delle coperture f_0 , esplicitati in forma di classi di valori secondo quanto indicato nella Tabella 1 che segue (cfr. Tabella 7 e Figure 10 e 11).

Classi	
frequenza (Hz)	$f_0 < 1$
	1.5 $1 \leq f_0 < 2$
	2.5 $2 \leq f_0 < 3$
	3.5 $3 \leq f_0 < 4$
	4.5 $4 \leq f_0 < 5$
	5.5 $5 \leq f_0 < 6$
	6.5 $6 \leq f_0 < 7$
	7.5 $7 \leq f_0 < 8$
	≥ 8
velocità (m/s)	$V_s < 200$
	300 $200 \leq V_s < 400$
	500 $400 \leq V_s < 600$
	700 $600 \leq V_s < 800$

Tabella 10 – Classi relative ai valori dei due parametri rappresentativi dalla situazione sismo-stratigrafica locale: la frequenza di risonanza (f_0) e la velocità media delle onde S vicino alla superficie (V_{S30}).

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 41 di 49

ZONA ALLUVIONALE Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	1.0	1.3	1.5							1.3
	300	1.3	1.4	1.5	1.8	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5
	500	1.2	1.3	1.4	1.6	1.7	1.8	1.5	1.5	1.5	1.5
	700	0.9	1.1	1.3		1.4			1.2	1.1	1.1
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	1.8	2.1	2.1							2.0
	300	1.6	2.0	1.9	1.8	1.7	1.9	1.9	1.7	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.6	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.1	1.3	1.5		1.3			1.3	1.3	1.3
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.5	2.7	1.8							2.6
	300	2.0	2.2	1.7	1.7	1.7	1.8	1.8	1.7	1.6	1.9
	500	1.5	1.5	1.3	1.4	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.5
	700	1.3	1.4	1.3		1.2			1.3	1.4	1.4
	≥800										

Tabella 11 – Abaco dei fattori FA nella zona Alluvionale con basamento sismico > 30 m

(da Allegato 2, Microzonazione Sismica di II livello)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 42 di 49

ZONA TERRIGENA Profondità basamento sismico > 30 m

FA 0.1 < T < 0.5 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	1.2	1.6	2.0							1.5
	300	1.2	1.4	1.6	1.8	2.1	2.3	2.2	2.0	1.9	1.7
	500	1.2	1.3	1.6	1.5	1.7	1.8	1.9	1.8	1.7	1.6
	700	0.9	1.3	1.4	1.6	1.5	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4
	≥800										

FA 0.4 < T < 0.8 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.0	2.6	2.7							2.5
	300	1.6	2.0	1.9	1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.9
	500	1.3	1.5	1.8	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5	1.5	1.6
	700	1.2	1.6	1.6	1.5	1.5	1.5	1.6	1.6	1.5	1.6
	≥800										

FA 0.7 < T < 1.1 s

		f0 (Hz)									75° perc.
		<1	1.5	2.5	3.5	4.5	5.5	6.5	7.5	≥ 8	
Vs30 (m/s)	<200	2.6	3.0	2.9							2.9
	300	1.9	2.0	1.8	1.7	1.8	1.7	1.8	1.7	1.6	1.8
	500	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.5	1.4	1.4	1.4	1.5
	700	1.4	1.5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.5	1.4	1.4
	≥800										

Tabella 12 – Abaco dei fattori FA nella zona Terrigena con basamento sismico > 30 m

(da Allegato 2, Microzonazione Sismica di II livello)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 43 di 49

Nella stima dei valori di f_0 ci si è attenuti a quanto scritto nel documento suddetto, vale a dire che: si sono considerati solo quelli corrispondenti a massimi relativi all'intervallo 0,5-20 Hz (se all'interno di questo intervallo non sono presenti massimi, la curva HVSR può essere considerata piatta); nel caso esista un solo massimo significativo all'interno di questo intervallo, il valore corrisponde a quello massimo; se esiste più di un massimo significativo all'interno di questo intervallo, si possono utilizzare i diversi valori di frequenza corrispondenti a questi massimi e valutare i corrispondenti valori di FA, scegliendo quello maggiore tra quelli determinati.

Si è quindi ottenuta la stima dei fattori di amplificazione FA per ciascuna MOPS per gli intervalli di riferimento considerati.

Si sottolinea che nel Comune di Fermo tutte le indagini sismiche reperite ed effettuate hanno avuto come risultato valori di velocità delle onde di taglio V_s medie entro i primi 30 m dal p.c. compresi fra 250-400 m/sec: ciò ha fatto sì che per l'attribuzione dei fattori di FA si utilizzasse una sola riga dei relativi abachi sopra menzionati, la riga corrispondente all'intervallo di V_s compreso fra 200 e 400 m/sec, riducendo quindi il fattore discriminante su cui suddividere gli areali esclusivamente alle frequenze di risonanza individuate.

Nell'area del territorio comunale oggetto della microzonazione sismica di livello 2 la carta riporta i risultati delle analisi per la quantificazione numerica degli effetti di amplificazione assegnando i corrispondenti fattori per gli effetti stratigrafici FA, calcolati per differenti intervalli di periodo.

Gli elaborati finali, n.3 carte, sono stati realizzati accoppiando aree con valori di FA simili, per le zone definite come stabili suscettibili di amplificazioni locali e per le zone di attenzione per l'instabilità suddividendo laddove necessario gli areali individuati dalle MOPS del livello 2 in funzione della indagini di rumore sismico effettuate e della relativa frequenza dei terreni individuata.

Per quanto riguarda le zone di attenzione per l'instabilità si è proceduto ad attribuire il fattore FA esclusivamente alle aree PAI classificate come P1/P2, R1/R2 come da disciplinare d'incarico, mentre per le aree PAI classificate come P3/P4 e R3/R4 non si è attribuito il fattore FA, come comunicato dal Servizio Protezione Civile della Regione Marche.

Gli effetti di amplificazione topografica relativi alla parte collinare e dei versanti sono stati omessi poiché, come indicato nell'Allegato 3 del documento di "Microzonazione Sismica di II livello", ci troviamo nel caso in cui il substrato geologico affiorante o sub-affiorante non è substrato sismico. Si rimanda alla necessità di ulteriori livelli di approfondimento da rimandare a studi successivi.

Per ciò che concerne **la tavola relativa al periodo 0.1 ÷ 0.5 s** è possibile esprimere le seguenti considerazioni:

- a) su gran parte del territorio esaminato ricadente nella pianura alluvionale del fiume Tenna (comprese le zone di attenzione per liquefazione) si associano valori del fattore FA compresi tra 1,7 e 1,9;
- b) lungo la pianura costiera si osservano valori di FA compresi tra 1,6 e 2,0;
- c) al centro storico della Frazione Torre di Palme si osserva un FA di 1,6;
- d) le zone di raccordo tra il litorale marino ed i rilievi collinari costieri sono contraddistinte da valori di FA

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 44 di 49

compresi tra 1,6 e 1,9;

- e) la frazione San Marco alle Paludi, fatta eccezione per un fazzoletto di terra avente FA = 1,9, mostra valori di FA compresi tra 1,4 e 1,7;
- f) lungo il fondovalle del fiume Ete Vivo si notano valori di FA compresi tra 1,4 e 1,9, tendenzialmente crescenti verso la costa;
- g) la frazione Capodarco di Fermo mostra valori di FA generalmente elevati e compresi tra 1,4 e 2,3, quest'ultimo valore è stato trovato in corrispondenza di Villa Papetti e rappresenta il più alto valore riscontrato per codesta tavola;
- h) il colle del Girfalco che ospita il centro storico cittadino, il rilievo collinare della montagna a nord ed il quartiere Santa Petronilla situato ad est, mostrano valori di Fa tendenzialmente elevati e compresi tra 1,7 e 1,9;
- i) le frazioni Montone e San Girolamo situate ad ovest del centro urbano di Fermo, mostrano rispettivamente, valori di FA compresi tra 1,4 e 1,7 e tra 1,4 e 1,9;
- j) la restante porzione del territorio studiato, ricadente nei dintorni del centro storico di Fermo mostra valori di Fa generalmente compresi tra 1,4 e 1,6.

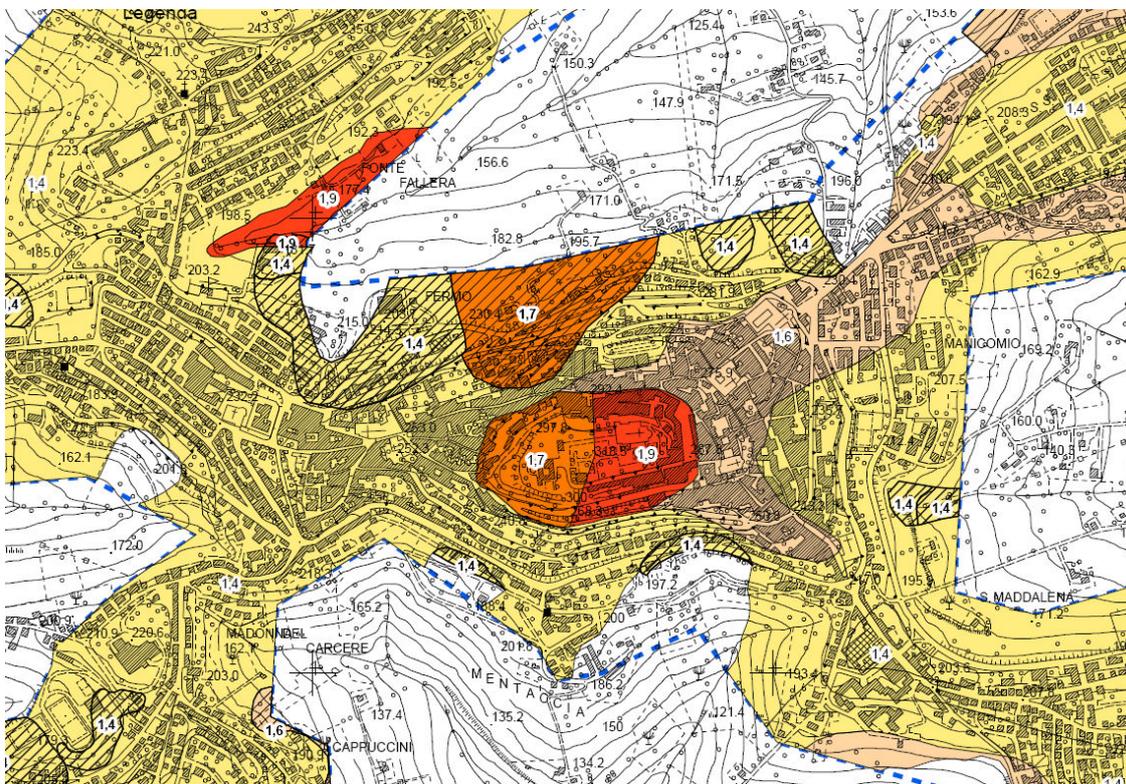
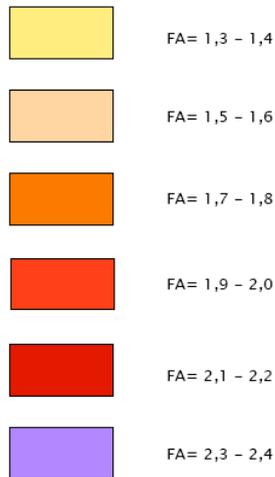


Figura 19 – Stralcio Carta MS di 2 livello (periodo 0.1 ÷ 0.5 s)

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 45 di 49

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zona di attenzione per instabilità (livello 2)

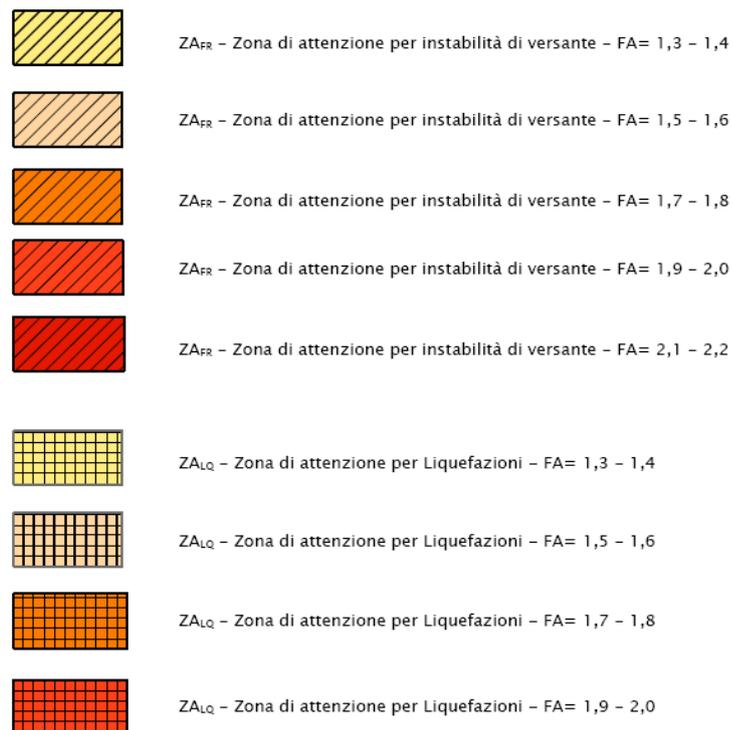


Figura 20 – Legenda Carta MS di 2 livello (periodo 0.1 ÷ 0.5 s)

La tavola relativa al periodo 0.4 ÷ 0.8 s mostra un range di valori di FA abbastanza elevati ma circoscritto poiché compresi tra 1,7-1,8 e 1,9-2,0, uniformemente distribuiti. In generale i valori più bassi di FA si riscontrano lungo la pianura alluvionale del fiume Tenna e talora su alcune porzioni del litorale costiero. Il capoluogo e la zona collinare circostante mostrano valori di FA compresi tra 1,9 e 2,0.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 46 di 49

La tavola relativa al periodo 0.7 ÷ 1.1 s mostra una situazione simile alla precedente ma con un range di valori FA leggermente più ampio. Nel dettaglio abbiamo:

- a) lungo la pianura alluvionale del fiume Tenna, nelle località Campiglione e Molini, si osservano i valori più bassi di FA (1,6);
- b) alla località San Claudio, sempre a Campiglione, si associa il più elevato valore di FA, pari a 2,2;
- c) in cima al colle del girfalco abbiamo valori di FA compresi tra 1,6 e 1,8;
- d) nella zona collinare ove sorge il capoluogo e i quartieri urbani limitrofi osserviamo in genere valori di FA variabili tra 1,8 e 2,0;
- e) su gran parte del territorio esaminato ubicato lungo il fondovalle del fiume Ete Vivo si associa un FA elevato pari a 2,2, con minimi di 1,8 nel tratto più interno (località Palazzina d'Ete e Ete Calderette) e 1,6 nel tratto verso la costa (località Salvano e S. Maria a Mare);
- f) lungo la costa si osservano valori di FA compresi tra 1,6 e 1,9;
- g) le frazioni Capodarco, Torre di Palme, Montone e San Girolamo sono contraddistinte da valori di FA compresi tra 1,6 e 2,0.

Si sottolinea che laddove dalle misure di rumore sismico non si è riscontrata la presenza di un picco di frequenza, ovvero la curva è stata considerata “piatta” con valore di f_0 pari a 0, il criterio di assegnazione del fattore FA adottato è stato quello di attribuire il 75° percentile relativo a tutti i valori della riga individuata nell'abaco. Tale criterio porta dunque molto spesso ad attribuire un fattore di FA maggiore a zone in cui effettivamente non è stato riscontrato un picco di frequenza fondamentale rispetto a zone in cui è stata riscontrata una frequenza fondamentale dei terreni, molto spesso quest'ultima situazione si verifica in aree in cui il substrato geologico risulta sub-affiorante.

9. COMMENTI FINALI E CRITICITÀ

In sintesi si riportano nelle righe seguenti i risultati scaturiti dal presente studio di microzonazione sismica di 2° livello svolto nelle aree urbanizzate del comune di Fermo, il quale ha comportato anche la revisione completa dello studio MS di 1° livello, redatto dal dott. Geol. Andrea Ambrogi nel 2011, che è stato adeguato agli Standard di informatizzazione e rappresentazione informatica versione 4.0b (versione più recente disponibile).

1. L'insieme dei dati raccolti e delle indagini eseguite ha permesso una ricostruzione attendibile del quadro dell'assetto geolitologico e stratigrafico generale.

2. La distribuzione delle indagini inserite nel geodatabase copre in maniera soddisfacente la zona scelta per la MS di 2 livello.

3. Sulla base dei dati geofisici disponibili è risultato che il territorio di Fermo è caratterizzato da un substrato geologico “non rigido” con velocità delle onde $V_s < 800$ m/s; di conseguenza nell'area di indagine le aree stabili risultano tutte “suscettibili di amplificazioni locali”.

4. La suddivisione delle varie MOPS è avvenuta oltre che su base litostratigrafica anche considerando le velocità sismiche medie dei vari orizzonti di terreno, nonché dei possibili contrasti di impedenza sismica presenti. Questo ha permesso di ottenere analisi rappresentative per ogni singola MOPS e, considerando

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 47 di 49

la buona ricostruzione dei rapporti geometrici fra le varie litologie all'interno dei perimetri di MS2 analizzati, si ritengono i risultati delle suddette analisi soddisfacenti e rappresentativi del quadro generale

5. Il territorio comunale analizzato è stato suddiviso in n° 10 tipologie di zone stabili suscettibili di amplificazioni locali ed in n° 9 tipologie di zone di attenzione per instabilità sia di versante che per liquefazione.

6. Le misure delle velocità delle onde S delle varie litologie presenti nel territorio eseguite nella fase di MS1 e MS2 sono state in numero adeguato e omogeneamente diffuse e attestano che la V_{seq} nei primi 30 metri risultano comprese tra 200 e 400 m/s.

7. Le misure strumentali di sismica passiva mediante tecnica a stazione singola (HVSr) di nuova acquisizione, a verifica e/o integrazione dei dati preesistenti per valutare situazioni litostratigrafiche che potenzialmente potevano indurre fenomeni d'impedenza, non hanno evidenziato particolari situazioni amplificative, riconducibili allo specifico contesto geologico-stratigrafico.

8. L'amplificazione locale nell'area studiata si dimostra nel complesso medio-bassa; in particolare nell'area di studio della MS2 si possono riscontrare alcune diversificazioni con assenza di amplificazione nell'area pianeggiante litoranea e valori di f_0 compresi in un range di $2,0 \div 4,0$ di ampiezza > 3 nella zona collinare e in parte anche nella zona alluvionale di fondovalle.

9. In conclusione i risultati acquisiti dallo studio MS di 2 livello lasciano desumere che a scala comunale non vi sono particolari fenomeni di amplificazione del moto sismico atteso indotti dalla configurazione sismostratigrafica locale 1D (ovvero legate alla presenza di variazioni verticali del valore di impedenza sismica dei materiali presenti nel sottosuolo) o da effetti legati alla morfologia superficiale; in generale si notano Fattore di Amplificazione FA massimi, medi e minimi negli intervalli temporali, rispettivamente di, $0,4 \div 0,8$ s, $0,7 \div 1,1$ s e $0,1 \div 0,5$ s. Tuttavia, ritengo opportuno citare un Fattore di Amplificazione FA massimo assoluto di 2,3 riscontrato in corrispondenza della Villa Papetti e parte del centro urbano di Capodarco di Fermo nell'intervallo di periodo $0,1 \div 0,5$ s.

In generale, gli studi di MS hanno lo scopo di razionalizzare la conoscenza del territorio per chi deve pianificare gli interventi; per la progettazione delle opere è importante eseguire indagini specifiche, come del resto previsto dalle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17/01/2018).

Essendo state riscontrate parti urbanizzate di Fermo incluse in zone instabili per liquefazione si rimanda alla verifica dell'effettiva presenza dell'instabilità e, soprattutto, del grado di rischio, allo studio di MZS di 3 livello, attraverso la realizzazione di indagini mirate e specifiche, così come confido in un maggiore approfondimento nell'area del centro storico per ciò che concerne la presenza o meno di una rete di cavità ipogee che, qualora accertate, potrebbero rappresentare un elemento di pericolosità sismica da non sottovalutare.

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 48 di 49

10. BIBLIOGRAFIA

-  Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000, foglio 125 Fermo, ISPRA, Regione Marche a cura di Federico Sacco & Guido Bonarelli (1959).
-  Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 314 Montegiorgio a cura di A. Micarelli e G. Cantalamessa (1967).
-  I depositi terrigeni neogenico-quadernari affioranti tra il F. Potenza e il F. Tronto: Studi Geol. Camerti, numero speciale 5-36, Riunione del Gruppo di Sedimentologia del C.N.R., Camerino - S. Benedetto del Tronto, 26-29 Settembre 1983, Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchino U., Di Lorito L., Micarelli A. & Potetti M. (1983).
-  Aspetti geomorfologici e fattori genetici delle Deformazioni Gravitative Profonde - Bollettino Società Geologica Italiana – 103, Dramis F. (1984)
-  AA.VV. (1986) - La geologia delle Marche: Studi Geol. Camerti, numero speciale in occasione del 73° Congresso della Società Geologica Italiana (Roma 30 settembre - 4 Ottobre 1986).
-  Evoluzione Messiniano-Pliocenica del sistema Catena-Avanfossa nell'area marchigiano-abruzzese esterna. Studi Geologici Camerti Cantalamessa G., Centamore E., Chiocchini U., Colalongo M.L., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M. & Ricci Lucchi F. (1986).
-  Il Plio-Pleistocene Marchigiano-Abruzzese in Cantalamessa G., Casnedi R., Centamore E., Chiocchino U., Colalongo M.L., Crescenti U., Micarelli A., Nanni T., Pasini G., Potetti M, Ricci Lucchi F. & con la collaborazione dell'A.G.I.P. e di Cristallini C. e Di Lorito L. (1986).
-  Thrusts and fold-related structures in the Umbria-Marche Appennines (Central Italy), Annales Tectonicae - Vol. IV Calamita F. (1990).
-  Il concetto di attività in geomorfologia: Geografia Fisica Dinamica Quaternaria, 14 (2), 193-199 Bisci C. & Dramis F. (1991).
-  AA.VV. Ambiente fisico delle Marche. Geologia, Geomorfologia, Idrogeologia. Regione Marche Bigi S., Calamita F., Cello G., Centamore E., Deiana G., Paltrinieri W. & Ridolfi M. (1991).
-  Carta Inventario dei Movimenti Franosi della Regione Marche ed aree limitrofe, CNR-IRPI Perugia, (GNDCI - Linea 3: valutazione del rischio idraulico, geologico e zonazione), Foglio 2, scala 1:100000, a cura di Antonini G., Cardinali M., Guzzetti F., Reichenbach P. & Sorrentino A. (1993).
-  Guide Geologiche Regionali: Appennino Umbro-Marchigiano. Società Geologica Italiana & BE-MA editrice Passeri L. (1994).
-  Analysis of Topographic Amplification of Inclined Shear Waves in a Steep Coastal Bluff. Bulletin of the Seismological Society of America, 87: 692-700. ASHFORD S. A., SITAR N. (1997).
-  Indagini geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche per il P.R.G. del comune di Fermo a cura di Ambrogio A. e Ioiò S. (1997, 2005).
-  Cartografia Geologica e Geomorfologica della Regione Marche, Fogli vari, scala 1:10000 (Progetto CARG, Cartografia Geotematica delle Marche, Lotto Sud) AA.VV. (2000-2001).

Incaricato: Dott. Geol. <i>Savino Salvetti</i> Collaboratore: Dott. Geol. <i>Leonardo Celli</i>	ATTUAZIONE DELL'ARTICOLO 11 DELLA LEGGE 24 GIUGNO 2009, N.77 OCDPC 344/2016 PROGRAMMA REGIONALE DEGLI STUDI E INDAGINI DI MICROZONAZIONE SISMICA DI II° LIVELLO – ANNUALITÀ 2015		
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	COMUNE DI FERMO (FM)	Pagina: 49 di 49

-  Amplification of earthquake ground motion by steep topographic irregularities. Earthquake Engineering and Structural Dynamics, 31: 1831-1853. PAOLUCCI R. (2002).
-  Piano di Bacino per l'Assetto Idrogeologico della Regione Marche (2003).
-  User's Manual for QUAD4M. Center for Geotechnical Modeling. University of California. Davis. Hudson M., Idriss I.M., Beikae M. (2003).
-  AA.VV. APAT Dipartimento difesa del suolo - Carta Inventario dei fenomeni franosi in Italia (Progetto IFFI), Marche, scala 1:25000 (2006).
-  Topographic amplification factors associated to cliff morphology: numerical results from two case studies in Southern Italy and comparison with EC8 recommendations. XIV European Conference on Soil Mechanics and Geotechnical Engineering, Workshop on geotechnical aspect of EC8, Madrid (Spain), September 25, 2007, CD-ROM, 10 pp. PAGLIAROLI A., LANZO G., D'ELIA B., COSTANZO A., SILVESTRI F. (2007).
-  Ordine dei Geologi delle Marche (2009). Linee Guida per gli studi di microzonazione sismica MS della Regione Marche.
-  Microzonazione Sismica di 1 livello a cura di Ambrogi A. (2011)
-  Scenari di pericolosità e rischio da frana con particolare riguardo all'innesco da terremoti. Regione Marche, Università degli Studi di Urbino "Carlo Bo", Dipartimento di Scienze della Terra, della Vita e dell'Ambiente W. Romeo e Tiberi P. (2013).

11. ALLEGATI

Alla presente relazione tecnico-illustrativa (Elaborato n°1) si allegano:

Elaborato n°2 Rev.1 - Carta delle Indagini a scala 1:10.000

Elaborato n°3 Rev.1 - Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica a scala 1:10.000

Elaborato n°4 Rev.1 - Sezioni geologiche a scala 1:5.000

Elaborato n°5 Rev.1 - Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica a scala 1:10.000

Elaborato n°6 Rev.1 - Carta delle Frequenze di Risonanza a scala 1:10.000

Elaborato n°6 - Carta di MS livello II – Intervallo di Periodo 0.1-0.5 s a scala 1:10.000

Elaborato n°7 - Carta di MS livello II – Intervallo di Periodo 0.4-0.8 s a scala 1:10.000

Elaborato n°8 - Carta di MS livello II – Intervallo di Periodo 0.7-1.1 s a scala 1:10.000

Fermo, Novembre 2018

Tecnico incaricato
 Dott. Geol. Savino Salvetti

Collaboratore:
 Dott. Geol. Leonardo Celli