

STUDIO DI GEOLOGIA TECNICA
Dott. Geol. LORENZO DEL MASCHIO

Via Camogli 59 - 41125 Modena
Tel 347/4128277 - Fax 059/394816
e-mail delmaschio.l@alice.it
PEC delmaschio.l@epap.sicurezzapostale.it

COMUNE DI FANANO
PROVINCIA DI MODENA

OGGETTO:

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI FANANO

-RELAZIONE ILLUSTRATIVA-

OTTOBRE 2017

Dott. Geol Lorenzo Del Maschio

INDICE GENERALE

1. INTRODUZIONE	1
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	3
2.1. Inquadramento sismotettonico	3
2.2. Attività tettonica	4
2.3. Pericolosità sismica di base	5
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	27
3.1 Inquadramento geologico	27
3.2 Inquadramento geomorfologico	38
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	44
4.1 Dati Geotecnici	44
4.2 Dati Geofisici	44
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	47
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	51
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	52
7.1 Premessa	52
7.2 Metodologie di elaborazione	52
7.3 Risultati	54
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	56
8.1 Carta delle indagini	56
8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica	57
8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni	59
8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)	60
8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	71
8.6 Carta di microzonazione sismica (livello 2 o 3)	72
8.7 Commenti finali e criticità	76
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	77
10. BIBLIOGRAFIA	78

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, redatto ai fini della valutazione delle condizioni di sicurezza del territorio comunale di Fanano (MO), è finalizzato alla riduzione del rischio sismico del territorio urbanizzato, di futuro sviluppo e delle fasce interessate dalle principali infrastrutture, per le valutazioni di pianificazione urbanistica.

Le analisi sono state eseguite in ottemperanza ai dettati delle leggi nazionali e regionali e alla Delibera di Giunta Regionale dell'Emilia Romagna n. 1227 (DGR 1227/2015), OCDPC 171/2014, "Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica" del Dipartimento Protezione Civile e Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008).

Dal punto di vista territoriale il Comune di Fanano appartiene alla fascia dell' alto Appennino Modenese, presenta un'estensione di 89,91 kmq, con quote che variano da un minimo di 600 m s.l.m. ad un massimo di 2165 m s.l.m.. La popolazione è pari a 2992 abitanti al 31/07/2015. Il territorio comunale confina, dal punto di vista amministrativo, con i Comuni di Fiumalbo, Sestola e Montese tutti comuni della Provincia di Modena, il Comune di Abetone-Cutigliano, il Comune di San Marcello Pistoiese della provincia di Pistoia e Lizzano in Belvedere della Provincia di Bologna.

E' un territorio montano interessato da diffusi fenomeni di dissesto idrogeologico che interessano in maniera diffusa l'intero territorio del comune. Dal punto di vista della classificazione sismica, il territorio comunale rientra nella zona "3" (a bassa sismicità).

L'assetto insediativo presenta numerosi agglomerati urbani diversamente articolati dal punto di vista territoriale tra capoluogo e frazioni; infatti il territorio comunale, oltre al capoluogo, è articolato in n. 8 frazioni e nuclei abitati principali: Fellicarolo, Canevare, Ospitale, Serrazzone, Trignano, Trentino, Muriana, Sasso.

Nello specifico l'analisi di microzonazione sismica è stata realizzata con il contributo di cui all'OCDPC 171/2014 ed è stata sviluppata sotto il coordinamento del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna.

Le valutazioni di fattibilità, per le possibilità di sviluppo urbanistico del territorio comunale, sono state effettuate in funzione sia delle condizioni geologiche, strutturali e delle tipologie dei processi morfogenetici riscontrati, sia in funzione delle pericolosità sismica di base e locale delle aree di interesse.

L'analisi della pericolosità sismica dell'area del comune di Riolunato è stata sviluppata mediante due differenti step di lavoro:

- il primo step ha previsto la realizzazione di un approfondimento sismico di primo livello, utile per l'individuazione degli ambiti suscettibili di effetti locali in caso di eventi sismici su tutto il territorio comunale;
- il secondo step ha previsto la realizzazione di un approfondimento sismico di secondo livello, o microzonazione sismica semplificata, necessaria, per le aree sopra individuate, per la definizione dei Fattori di Amplificazione correlati allo scuotimento sismico atteso al suolo, sulla base delle indicazioni contenute nelle disposizioni regionali e nazionali, ovvero la DGR 2193/2015 e "I.C.M.S." del Dipartimento della Protezione Civile e

Conferenza delle Regioni e P.A. (Gruppo di lavoro MS, 2008). Quest'ultimo livello è stato realizzato su tutto il territorio urbanizzato e di futuro sviluppo.

Le dimensioni delle aree considerate urbane e/o urbanizzabili dallo strumento urbanistico dei territori sopra elencati sono schematicamente riassunte nel seguente elenco:

LOCALITA'
FANANO - CAPOLUOGO (Loc. LOTTA, PIANONE, DUE PONTI)
FELLICAROLO (Loc. LA POSSIONE, LA VECCHIELLA)
CANEVARE
OSPITALE (Loc. OSTERIA)
SERRAZZONE (Loc. CA' PICCHIOTTI)
TRIGNANO (Loc. CA' BIAGIO, LA PALAZZA)
TRENTINO (Loc. CA' GALASSI, CA' NICOLO')
SASSO (Loc. CASE CELLA, LE VITAIE, CA' PILINO)
MURIANA (Loc. LA SERRA)

2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

2.1 Inquadramento Sismotettonico

Il territorio comunale di Fanano fa parte della catena dell'Appennino settentrionale che ha avuto origine dall'orogenesi Alpina, detta anche alpino-himalayana. Si tratta di un insieme complesso di trasporti orizzontali, di impilamenti e di deformazioni di rocce che è iniziato nel Cretaceo (circa 100 milioni di anni fa) e che è ancora in atto, soprattutto negli Appennini (collisione tra la microplacca Adria e la placca Europea). Questo scontro fra due blocchi di litosfera continentale è il risultato della chiusura di un piccolo bacino oceanico, chiamato "ligure-piemontese", che ha determinato la deformazione e l'impilamento dei sedimenti che ne costituivano il fondale. Tale oceano era situato fra la Paleoeuropa ed una relativamente piccola placca continentale isolata, all'interno dell'Oceano Tetide, detta Insubria, Adria od Apulia, che attualmente forma l'ossatura della penisola italiana e dell'Adriatico. In seguito al distacco e la rotazione del blocco Sardo-Corso verso Est con l'apertura del Mar Tirreno ci fu una nuova fase compressiva. In questo quadro generale le varie unità che costituiscono le falde tettoniche di sovrascorrimento dell'Appennino settentrionale possono essere raggruppate in tre grandi insiemi strutturali, ciascuno dei quali corrisponde ad originari domini paleogeografici distinti. L'individuazione delle "unità tettoniche" *s.l.* può, come in altri settori, essere ricondotta a due processi strutturali distinti:

- una successione di fasi tettoniche che hanno interessato essenzialmente le successioni del Dominio oceanico ligure culminando nell'Eocene medio con la costruzione dell'impilamento delle Unità Liguri (Insieme ligure);
- un processo di tettonizzazione, essenzialmente ensialico, posteriore all'Eocene superiore, che per le unità del settore interessato ha avuto i suoi momenti culminanti all'Oligocene superiore-Miocene inferiore medio dando luogo al sovrascorrimento dell'Insieme ligure sui domini esterni e alla individuazione delle unità subliguri e toscane *s.l.*. Durante questa stessa fase è avvenuto il processo di segmentazione della Falda toscana, della successione del Cervarola e di una parte delle unità già sovrascorse su di esse in una serie di "elementi tettonici" collegati con sovrascorrimenti minori ma comunque di ordine chilometrico.

Partendo dalla fase ligure i complessi presenti sul territorio sono attribuibili all'unità tettonica Monghidoro costituita dalla formazione di Montevenere che è predominante nella parte settentrionale del comune ed in piccola parte dall'unità tettonica Leo costituita da formazioni pre-flysch deformate in modo penetrativo. Sulla base della costante associazione tra le diverse unità litologiche e per il fatto che essa affiora in un'area geografica ben distinta, la successione ricostruita con notevoli incertezze, dal basso all'alto, è rappresentata dalle Argille a Palombini, dalle Argille varicolori di Grizzana Morandi, dalle Arenarie del Monte Gabba e dalle Arenarie del Poggio Mezzature.

Le strutture più antiche presenti nell'area in esame sono da ricollegarsi alla fase toscana ed in particolare alla successione del M. Cervarola, del M. Modino e alla Falda Toscana. L'Unità Modino-Cervarola costituisce tutta l'area centrale e meridionale del territorio Comunale e lungo l'allineamento del crinale M. Cimone - S. Marcello Pistoiese è rappresentata la sola Successione Modino, che costituisce la porzione più arretrata dell'Unità Modino-Cervarola. A partire dall'Oligocene superiore, la progressiva migrazione verso est di questa unità inizia a chiudere la sedimentazione del Macigno; contestualmente su questa porzione di prisma si individuano i bacini in cui si sedimentano le Arenarie del M. Modino.

Al limite Aquitaniano-Burdigaliano, momento in cui la sedimentazione del Macigno è ormai chiusa e la Falda toscana si è enucleata, comincia la deposizione delle Arenarie di M. Cervarola, coeva ma più interna, rispetto alla sedimentazione dei depositi dell'avanfossa tosko-umbra. La deposizione si ha pertanto sulla porzione della Successione Modino già accavallata sulla Falda toscana.

Nell'area comunale la Successione del Cervarola costituisce la gran parte dell'area a partire dall'abitato di Fanano verso il crinale coinvolgendo le vallate di Ospitale, Fellicarolo e Canevare

Per quanto riguarda la falda Toscana è confinata alla zona di crinale e quindi al limite meridionale dell'area comunale.

2.2 Attività tettonica

Le disamine relative alle strutture profonde, redatte nell'ambito dell'elaborazione della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna (M. Boccaletti, L. Martelli; 2004), individua faglie e sovrascorrimenti del Pliocene - Quaternario riattivati, quali la faglia orientata nord ovest - sud est che passa per le vallate di Fellicarolo e Ospitale e chiude nel territorio bolognese ed il sovrascorrimento al limite settentrionale del territorio comunale. Inoltre è presente un sovrascorrimento, sempre al limite settentrionale, indicato come attivo e recente.

La sopraccitata carta sismotettonica evidenzia tre epicentri sismici con magnitudo $M=5.5$ in prossimità del tratto di territorio del crinale tra il Libro Aperto ed il Corno alle Scale. L'attività sismica nell'area in oggetto è prevalentemente correlata alla fascia deformativa del Fronte di Accavallamento del Basamento e deformazioni delle pieghe appenniniche che si estendono in direttrice ovest nord-ovest - est sud-est. Una sensibile influenza sulla sismicità nel territorio dell'alto e medio appennino modenese, è connessa all'attività sismogenetica della zona della Garfagnana nella quale si sono verificati epicentri sismici con $M > 5,5 - 6$.

Nel territorio di Fanano la sismicità è principalmente connessa all'attività dei processi deformativi che interessano le strutture superficiali nei primi 15 km del sottosuolo, prevalentemente collegate a meccanismi focali compressivi e trascorrenti.

Gli ipocentri generati a media profondità (15 - 25 km) e profondi di (25 - ≥ 35 km) sono rappresentati in percentuale relativa decisamente inferiore rispetto i primi.

2.3 Pericolosità sismica di base

Allo stato attuale la normativa di riferimento in materia sismica risulta essere il D.M. 14 gennaio 2008 recante “Norme tecniche per le costruzioni”, entrata in vigore a partire dal 1 luglio 2009.

La classificazione sismica dei comuni della regione Emilia-Romagna introdotta ai sensi del punto 3 dell’Allegato 1 dell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 maggio 2003, prevede che il territorio nazionale sia suddiviso in quattro zone sismiche, caratterizzate da quattro diversi valori di accelerazione (a_g).

Nell’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formulazione degli elenchi delle medesime zone” all’allegato 1.A” sono individuate quattro zone sismiche orizzontale massima convenzionale su suolo di tipo A, ai quali ancorare lo spettro di risposta elastico.

Ciascuna zona è individuata mediante valori di accelerazione massima al suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800 \text{ m/s}$ secondo lo schema seguente. I valori di accelerazione delle quattro zone sismiche sono maggiormente specificati rispetto all’ Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 secondo la schema di seguito proposto (tabella 2.1):

Tabella 2.1: Valori di accelerazione al suolo a_g

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (a_g) - OPCM 3519	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g) - OPCM 3274
1	$0.25 < a_g \leq 0.35 \text{ g}$	0.35 g
2	$0.15 < a_g \leq 0.25 \text{ g}$	0.25 g
3	$0.05 < a_g \leq 0.15 \text{ g}$	0.15 g
4	$\leq 0.05 \text{ g}$	0.05 g

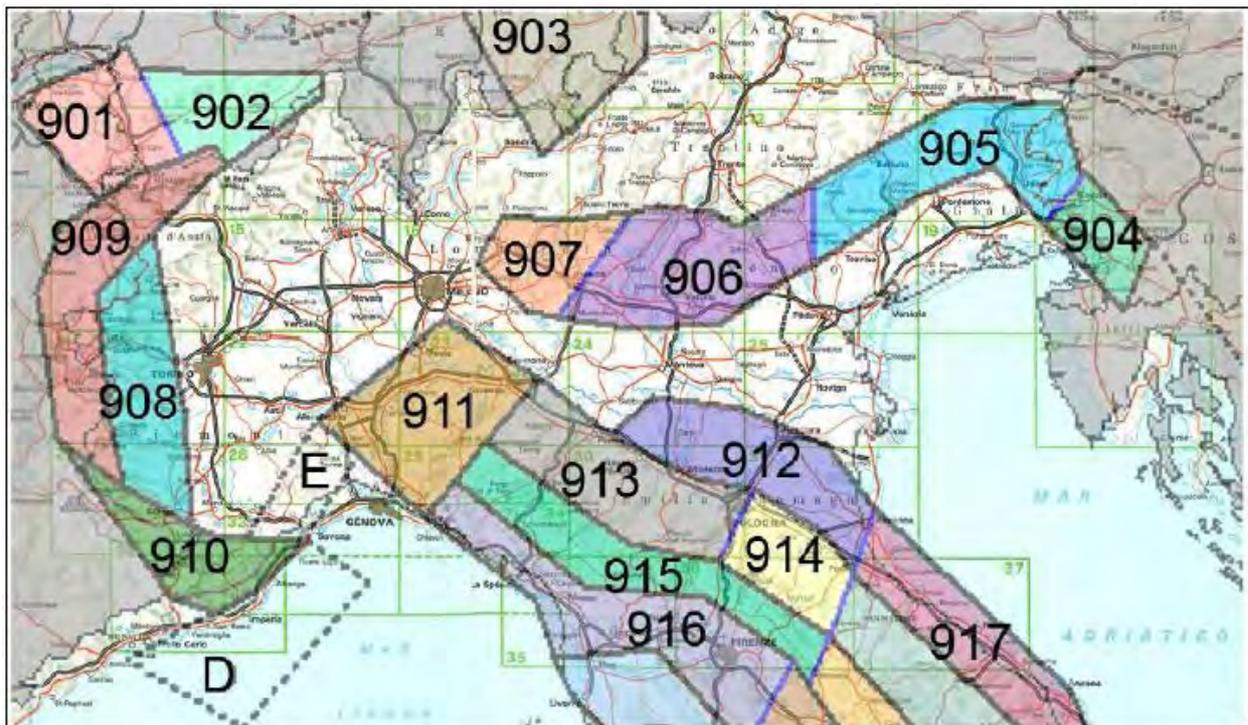
Di seguito si riportano le classificazioni della sismicità del comune interessato dagli interventi in base alle vecchie normative e ovviamente anche in base alla nuova e vigente classificazione proposta dall’OPCM 3274/2003 e s.m.i (tabella 2.2).

Tabella 2.2: Classificazione della sismicità del comune e valore dell’accelerazione al suolo a_g

Comune	Classificazione sismica (Decreti fino al 1984)	Classificazione sismica OPCM 3274/2003	a_g
Fanano	N.C.	3	0.15 g

I parametri di accelerazione massima orizzontale di picco al suolo, a_g , relativi all'area di pertinenza del settore di territorio in esame, in base alla griglia dell'NTC 14/01/2008, sono congruenti con quelli delle classificazioni sopra esposte.

La zonazione sismica del territorio nazionale, che identifica le zone sorgenti a caratteristiche sismiche omogenee, elaborata da INGV, attribuisce il territorio in oggetto alla zona sismogenetica 913 (Meletti e Valensise, 2004) <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>).



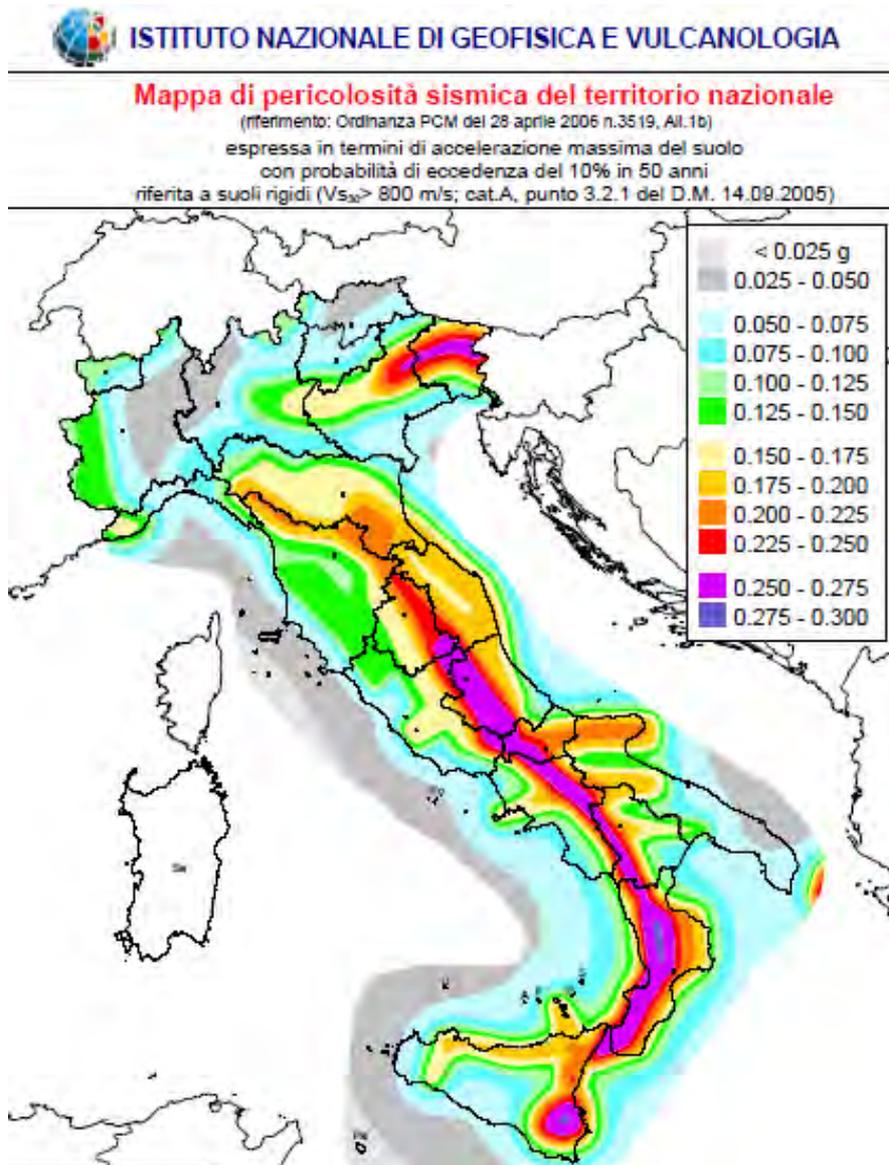
Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV, 2004)

Una stima della pericolosità sismica dell'area è data dalla mappa redatta dall'INGV nel 2006 (OPCM3519/2006), disponibile nel sito web <http://zonesismiche.mi.ingv.it>.

I valori di a_g , attribuiscono, alle fasce territoriali a cui appartiene il territorio di Fiumalbo, valori dell'accelerazione di picco a_g attesa su suolo di riferimento (categoria di suolo A delle NTC 2008) per un periodo di ritorno di 475 anni (parametro ritenuto indicativo e di riferimento per la pericolosità sismica a scala nazionale) compresi tra:

$$a_g = 0,150 \div 0,200 \text{ g}$$

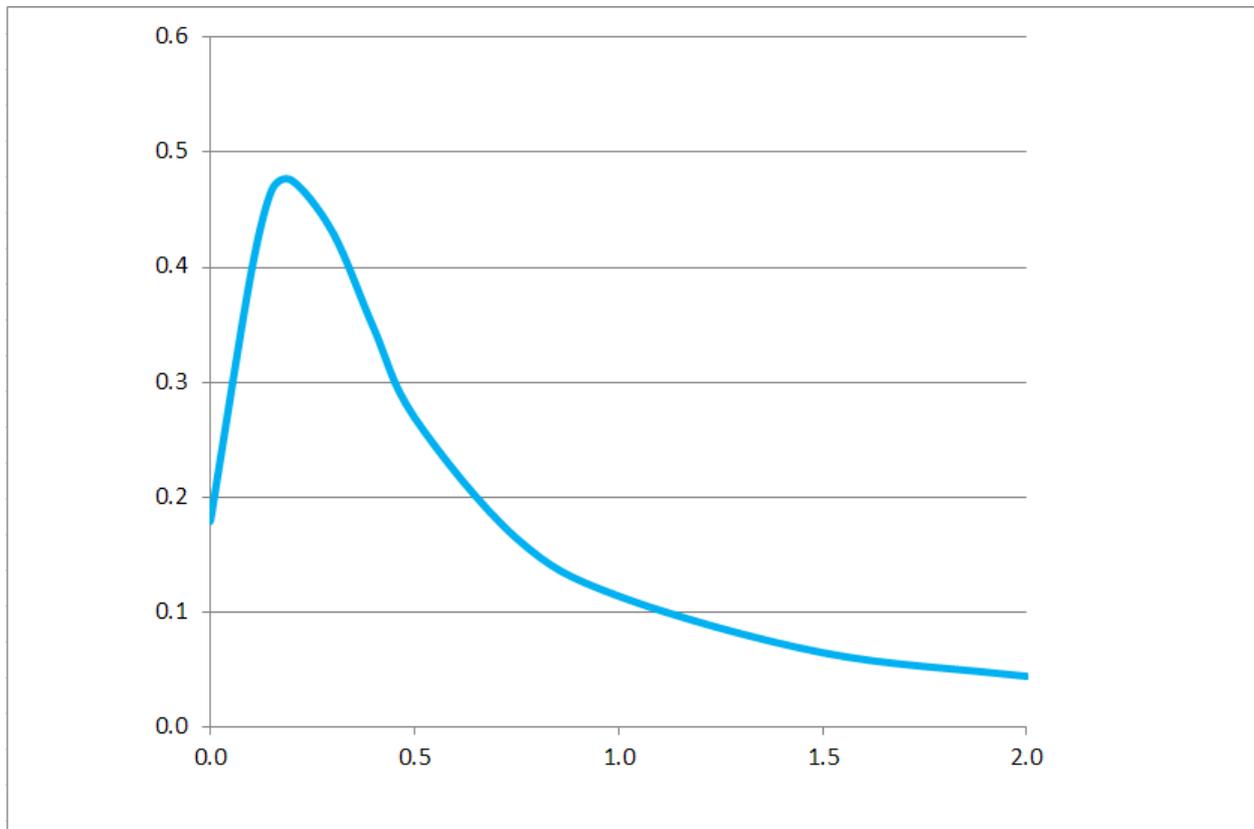
per un eccedenza dell'evento del 10 % in 50 anni.



Il valore della a_g di riferimento riportato nell'allegato A4 della Delibera di Giunta della Regione Emilia Romagna n° 2193/2015, corrisponde, per il comune di Fanano, a:

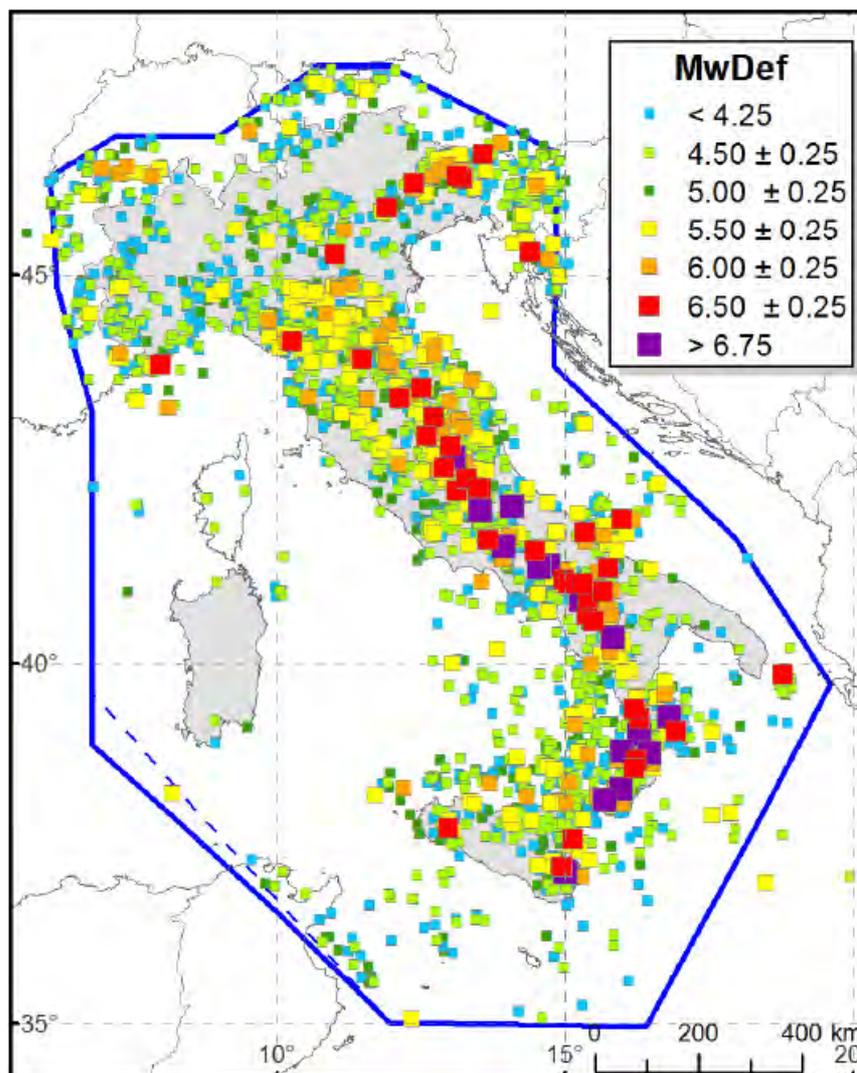
$a_{gref} = 0,179g$

Lo spettro di risposta di riferimento del bedrock sismico o suolo A nel comune di Fanano (MO), che presenta il valore di a_g pari a 0,179g con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, è visualizzato nella seguente figura.



In riferimento a tale spettro, in funzione dei valori di velocità delle onde S che competono alle unità litostratigrafiche che costituiscono le varie parti del territorio comunale, sono state determinate le amplificazioni in superficie, attraverso valori dei fattori di Amplificazione (F.A.), secondo i parametri esposti nelle tabelle dell'Allegato A2 della DGR. 2193/2015.

Per quanto riguarda la sismicità storica del comune, il Catalogo Parametrico dei terremoti italiani CPTI15 (A. Rovida, M. Lovati, R. Camassi, B. Lolli e P. Gasperini (a cura di), 2016. CPTI15, la versione 2016 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15>) documenta eventi massimi sismici all' 8° grado della Scala Mercalli - Cancani - Sieberg, con intensità compresa tra M = 5,5 - 6.



A tal proposito si riportano i dati storici del comune di Fanano e dei comuni limitrofi.

Nella tabella 2.3 sono riportati i dati storici del comune di Fanano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Fanano



PlaceID	IT_38313
Coordinate (lat, lon)	44.207, 10.794
Comune (ISTAT 2015)	Fanano
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	39

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1740	03	06	05	40		Garfagnana	32	8	5.64
3-4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3-4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
2	1892	05	17	03	08	1	Carpineti	28	5	4.28
3	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
5	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
5	1896	12	08	17	06	4	Sestola	26	5	4.33
3	1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
4	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
7	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
4-5	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8	5.34
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
2-3	1911	09	13	22	29	0	Chianti	115	7	5.08
4	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
NF	1913	07	21	22	35		Appennino romagnolo	43	5-6	4.79
7	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
6-7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
2	1923	06	28	15	12		Modenese	22	6	5.04

5-6	🔗	1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46
3-4	🔗	1927	11	20	10	24	1	Appennino reggiano	16	5	4.29
2	🔗	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
2	🔗	1956	05	26	18	40		Appennino forlivese	76	7	4.99
2	🔗	1956	06	03	01	45	5	Appennino forlivese	62	6	4.51
3	🔗	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
NF	🔗	1971	09	11	23	18	1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	🔗	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4	🔗	1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60
NF	🔗	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
4-5	🔗	1995	08	24	17	27	3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
NF	🔗	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	🔗	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4	🔗	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
3-4	🔗	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
NF	🔗	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
4	🔗	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
3	🔗	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03

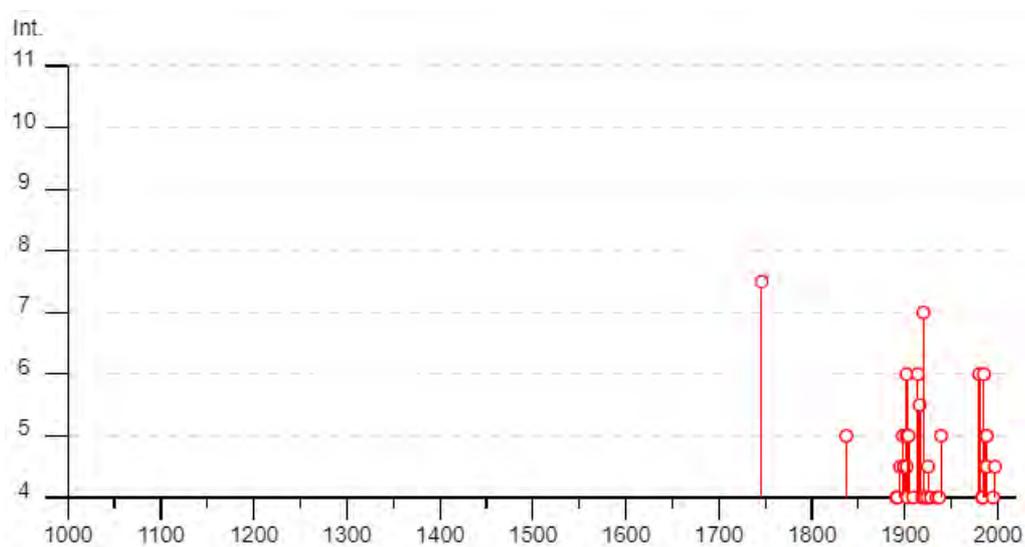


Tabella 2.3: Storia sismica del comune di Fanano (MO).

Nella tabella 2.4 sono riportati i dati storici del comune di Fiumalbo, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Fiumalbo



PlaceID	IT_38358
Coordinate (lat, lon)	44.179, 10.648
Comune (ISTAT 2015)	Fiumalbo
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	55

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	🔗	1837	04	11	17		Lunigiana	60	9	5.94
F	🔗	1843	10	25	03	30	Mugello	17	6-7	5.03
4	🔗	1845	09	14	22	20	Appennino tosco-emiliano	9	5	4.73
4	🔗	1869	12	13	02	53	Sassuolo	13	5	4.57
NF	🔗	1874	10	07			Imolese	60	7	4.96
3	🔗	1887	02	23	05	21 5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	🔗	1889	03	08	02	57 0	Bolognese	38	5	4.53
3	🔗	1895	05	18	19	55 1	Fiorentino	401	8	5.50
5	🔗	1895	08	07	19	49 3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
4	🔗	1896	07	08	01	51 2	Porretta Terme	17	5	4.37
4	🔗	1896	12	08	17	06 4	Sestola	26	5	4.33
4	🔗	1897	09	06	03	10 4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
4	🔗	1898	03	04	21	05	Parmense	313	7-8	5.37
4	🔗	1899	06	26	23	17 2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
4-5	🔗	1902	03	05	07	06	Garfagnana	83	7	4.98
4	🔗	1902	08	04	22	36 1	Lunigiana	60	6	4.78
4	🔗	1902	12	04	16	35 0	Lunigiana	36	5	4.35
F	🔗	1904	02	25	18	47 5	Reggiano	62	6	4.81
5	🔗	1904	06	10	11	15 2	Frignano	101	6	4.82
4-5	🔗	1904	11	17	05	02	Pistoiese	204	7	5.10
3-4	🔗	1908	06	02	22	30	Frignano	18	4-5	4.50

4	🔗	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	🔗	1909 03 18 02 51	Appennino reggiano	12	4-5	4.13
5	🔗	1913 02 13 16 39	Corno alle Scale	26	5	4.18
6	🔗	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
4	🔗	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
5	🔗	1919 09 25 03 15	Frignano	7	4	3.70
7	🔗	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
5-6	🔗	1922 08 02 21 13	Frignano	21	5	4.32
5-6	🔗	1924 06 12 21 03 4	Frignano	25	5-6	4.46
2	🔗	1925 03 15 17 15	Appennino tosco-emiliano	16	4	4.10
3-4	🔗	1925 07 20 15 03 3	Garfagnana	7	4-5	3.95
3-4	🔗	1926 06 28 21 15	Appennino reggiano	3	3-4	3.46
4-5	🔗	1927 11 20 10 24 1	Appennino reggiano	16	5	4.29
2-3	🔗	1929 04 10 05 44	Bolognese	87	6	5.05
3-4	🔗	1929 04 19 04 16	Bolognese	82	6-7	5.13
3	🔗	1929 04 20 01 10	Bolognese	109	7	5.36
2	🔗	1929 04 22 08 26	Bolognese	41	6-7	5.10
3-4	🔗	1929 04 29 18 36	Bolognese	45	6	5.20
3	🔗	1929 05 11 19 23	Bolognese	64	6-7	5.29
6	🔗	1930 05 24 22 02	Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
2	🔗	1930 10 24 00 52	Appennino tosco-emiliano	12	4	3.97
NF	🔗	1956 04 26 03 00 0	Appennino bolognese	89	6	4.74
3	🔗	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	🔗	1986 12 06 17 07 1	Ferrarese	604	6	4.43
4	🔗	1987 02 10 21 20 1	Lunigiana	54	5	4.09
3	🔗	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
5-6	🔗	1988 02 08 11 24 4	Garfagnana	75	6	4.34
5	🔗	1988 02 08 13 36 4	Frignano	43	5	4.28
4-5	🔗	1995 08 24 17 27 3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
2-3	🔗	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
2-3	🔗	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5	🔗	1997 12 24 17 53 1	Garfagnana	98	5	4.33
3	🔗	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
3-4	🔗	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30

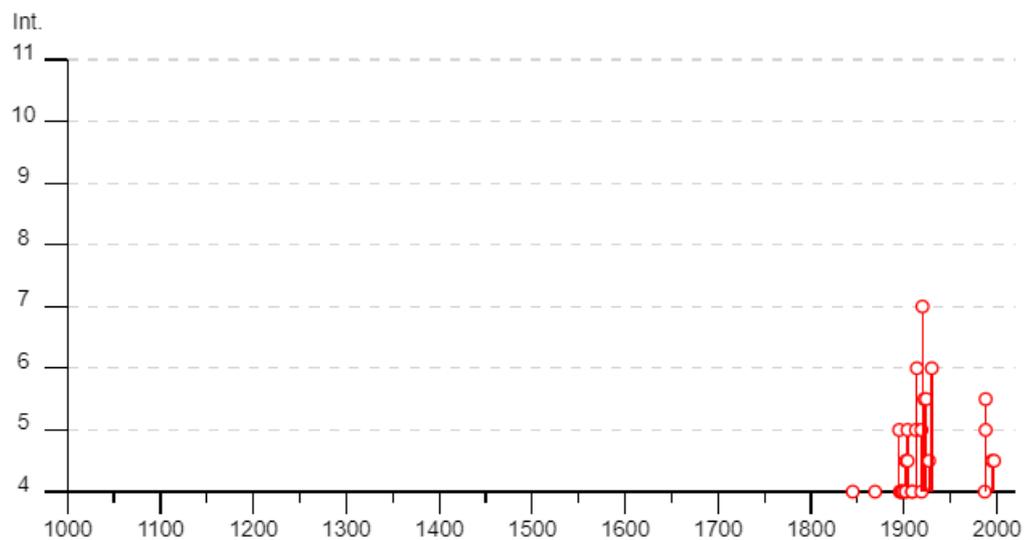


Tabella 2.4: Storia sismica del comune di Fiumalbo (MO).

Nella tabella 2.5 sono riportati i dati storici del comune di Sestola, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Sestola



PlaceID	IT_39139
Coordinate (lat, lon)	44.229, 10.771
Comune (ISTAT 2015)	Sestola
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	48

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
F	1892	05	17	03	08	1	Carpineti	28	5	4.28
5-6	1895	08	07	19	49	3	Appennino tosco-emiliano	84	5	4.67
3	1896	07	08	01	51	2	Porretta Terme	17	5	4.37
5-6	1896	12	08	17	06	4	Sestola	26	5	4.33
4	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
3-4	1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
NF	1901	10	30	14	49	5	Garda occidentale	289	7-8	5.44
3	1902	03	05	07	06		Garfagnana	83	7	4.98
5	1902	08	04	22	36	1	Lunigiana	60	6	4.78
2-3	1902	12	04	16	35	0	Lunigiana	36	5	4.35
3	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19
F	1904	02	25	18	47	5	Reggiano	62	6	4.81
3	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
4	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
4	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
4	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1909	03	18	02	51		Appennino reggiano	12	4-5	4.13
4	1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
5-6	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63

3	🔗	1916 07 27 18 38	Garfagnana	22	5-6	4.56
4	🔗	1919 06 29 15 06 1	Mugello	565	10	6.38
4	🔗	1919 09 25 03 15	Frignano	7	4	3.70
6-7	🔗	1920 09 07 05 55 4	Garfagnana	750	10	6.53
3	🔗	1922 08 02 21 13	Frignano	21	5	4.32
2	🔗	1923 06 28 15 12	Modenese	22	6	5.04
5	🔗	1924 06 12 21 03 4	Frignano	25	5-6	4.46
2	🔗	1957 08 27 11 54	Appennino modenese	58	5	4.73
3	🔗	1965 05 10 05 01 5	Appennino reggiano	11	4-5	4.29
3	🔗	1971 07 15 01 33 2	Parmense	228	8	5.51
NF	🔗	1971 09 11 23 18 1	Pianura emiliana	15	5	4.19
3	🔗	1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7	5.04
4	🔗	1985 01 23 10 10 1	Garfagnana	73	6	4.60
3	🔗	1986 10 01 19 53 3	Lunigiana	68	5	4.46
NF	🔗	1987 05 02 20 43 5	Reggiano	802	6	4.71
4	🔗	1988 02 08 11 24 4	Garfagnana	75	6	4.34
4	🔗	1988 02 08 13 36 4	Frignano	43	5	4.28
4-5	🔗	1995 08 24 17 27 3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
3-4	🔗	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7	4.82
4	🔗	1995 12 31 21 29 4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5	🔗	1997 12 24 17 53 1	Garfagnana	98	5	4.33
3-4	🔗	1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5	4.67
5	🔗	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5	4.22
3	🔗	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4	4.23
3-4	🔗	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4	4.30
NF	🔗	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3	4.03
3-4	🔗	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6	5.24

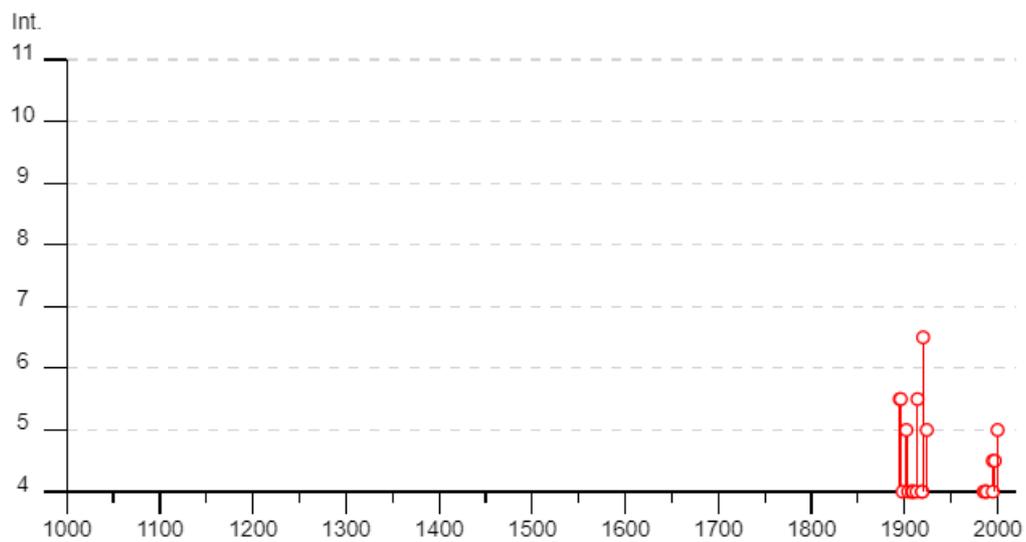


Tabella 2.5: Storia sismica del comune di Sestola (MO).

Nella tabella 2.6 sono riportati i dati storici del comune di Montese, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Montese



PlaceID	IT_38738
Coordinate (lat, lon)	44.270, 10.944
Comune (ISTAT 2015)	Montese
Provincia	Modena
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	34

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	🔗 1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	🔗 1889	03	08	02	57	0	Bolognese	38	5	4.53
3	🔗 1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
4	🔗 1896	07	08	01	51	2	Porretta Terme	17	5	4.37
5	🔗 1896	12	08	17	06	4	Sestola	26	5	4.33
4	🔗 1897	09	06	03	10	4	Valdarno inferiore	104	5-6	4.59
3-4	🔗 1899	06	26	23	17	2	Valle del Bisenzio	138	7	5.02
4	🔗 1902	03	05	07	06		Garfagnana	83	7	4.98
4	🔗 1904	02	25	18	47	5	Reggiano	62	6	4.81
F	🔗 1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
4-5	🔗 1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7	5.10
4-5	🔗 1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
4	🔗 1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	🔗 1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
6	🔗 1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
3	🔗 1922	08	02	21	13		Frignano	21	5	4.32
2	🔗 1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96
2	🔗 1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
2	🔗 1956	05	26	18	40		Appennino forlivese	76	7	4.99
2	🔗 1956	06	03	01	45	5	Appennino forlivese	62	6	4.51
5	🔗 1957	08	27	11	54		Appennino modenese	58	5	4.73

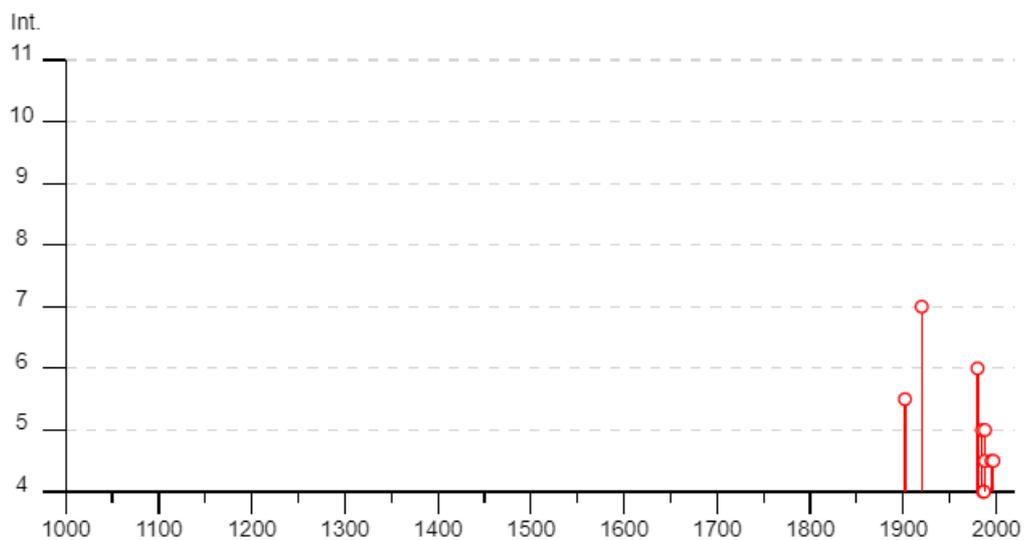


Tabella 2.6: Storia sismica del comune di Montese (MO).

Nella tabella 2.7 sono riportati i dati storici del comune di Lizzano in Belvedere, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Lizzano in Belvedere



PlaceID	IT_39828
Coordinate (lat, lon)	44.161, 10.894
Comune (ISTAT 2015)	Lizzano in Belvedere
Provincia	Bologna
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	17

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
6	🔗 1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
4	🔗 1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
4	🔗 1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
6-7	🔗 1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
3	🔗 1927	11	20	10	24	1	Appennino reggiano	16	5	4.29
3	🔗 1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
2	🔗 1956	05	26	18	40		Appennino forlivese	76	7	4.99
3	🔗 1956	06	03	01	45	5	Appennino forlivese	62	6	4.51
4-5	🔗 1985	01	23	10	10	1	Garfagnana	73	6	4.60
NF	🔗 1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
3	🔗 1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
5-6	🔗 1995	08	24	17	27	3	Appennino pistoiese	56	6	4.45
3	🔗 1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3-4	🔗 1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
4	🔗 1999	07	07	17	16	1	Frignano	32	5	4.67
NF	🔗 2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
3	🔗 2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30

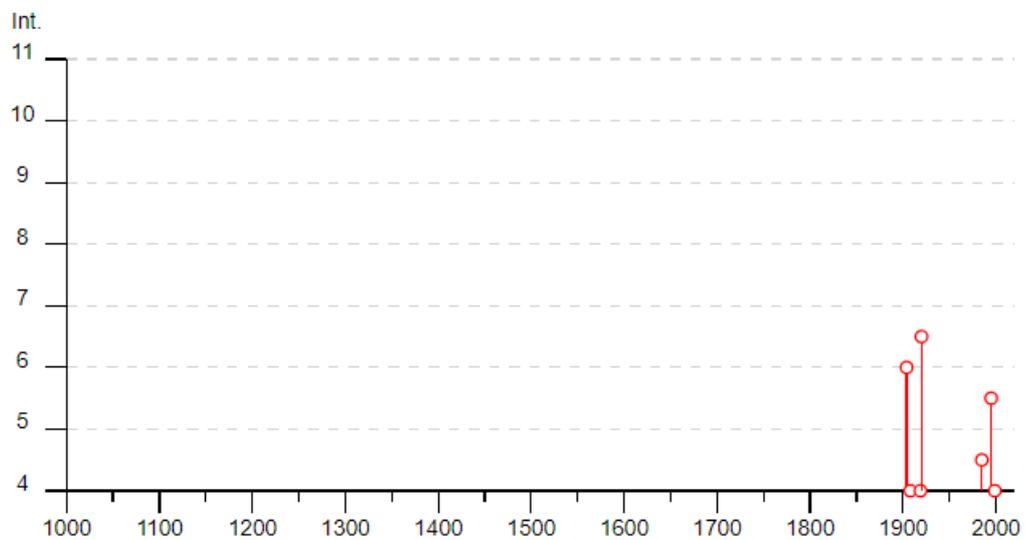


Tabella 2.7: Storia sismica del comune di Lizzano in Belvedere (BO).

Nella tabella 2.8 sono riportati i dati storici del comune di Abetone-Cutigliano, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

Abetone



PlaceID	IT_43932
Coordinate (lat, lon)	44.145, 10.665
Comune (ISTAT 2015)	Abetone
Provincia	Pistoia
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	12

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1967	10	01	22	45	4	Pistoiese	8	4	4.04
5-6	1969	01	06	22	03	2	Appennino pistoiese	74	6-7	4.67
4	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
F	1974	06	30	19	05	2	Appennino pistoiese	3	4	4.01
4	1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34
4-5	1988	02	08	13	36	4	Frignano	43	5	4.28
3-4	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
2	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4	1997	12	24	17	53	1	Garfagnana	98	5	4.33
3-4	2000	10	03	01	12	3	Frignano	62	5	4.22
NF	2002	06	08	20	13	0	Frignano	115	4	4.23
3	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30

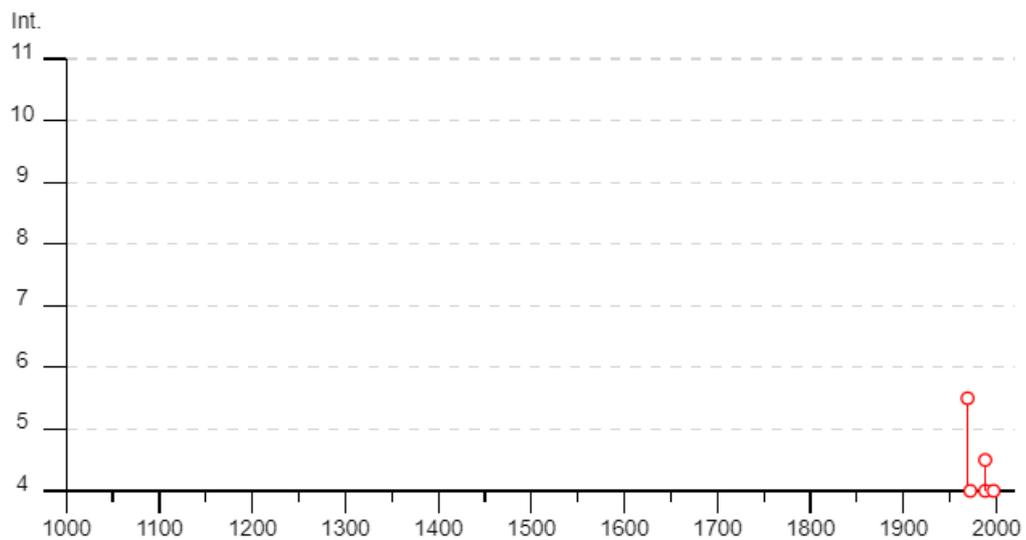


Tabella 2.8: Storia sismica del comune di Abetone-Cutigliano (PT).

Nella tabella 2.9 sono riportati i dati storici del comune di San Marcello Pistoiese, definiti nel Gruppo di lavoro CPTI (2015) Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2015 (CPTI15), INGV, Bologna con aggiornamento DBMI15 (dicembre 2015) reperibile all'indirizzo web <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>

San Marcello Pistoiese



PlaceID	IT_44593
Coordinate (lat, lon)	44.056, 10.792
Comune (ISTAT 2015)	San Marcello Pistoiese
Provincia	Pistoia
Regione	Toscana
Numero di eventi riportati	31

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	🔗 1779	12	24	17			Appennino pistoiese	9	5-6	4.59
5	🔗 1779	12	31	16			Appennino pistoiese	3	5	4.16
3	🔗 1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
NF	🔗 1897	07	27	09	02	1	Valdarno inferiore	33	5-6	4.27
F	🔗 1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
NF	🔗 1912	08	15	23	50		Mugello	7	5	4.22
5	🔗 1913	02	13	16	39		Corno alle Scale	26	5	4.18
NF	🔗 1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65
6	🔗 1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7	5.63
7	🔗 1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5	🔗 1922	08	02	21	13		Frignano	21	5	4.32
5	🔗 1924	06	12	21	03	4	Frignano	25	5-6	4.46
5	🔗 1930	05	24	22	02		Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
6	🔗 1969	01	06	22	03	2	Appennino pistoiese	74	6-7	4.67
4	🔗 1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
4	🔗 1973	11	07	17	06	1	Pistoiese	9	4	4.06
5	🔗 1974	01	28	19	57	2	Appennino pistoiese	18	5	4.31
F	🔗 1974	06	30	19	05	2	Appennino pistoiese	3	4	4.01
6	🔗 1980	06	07	18	35	0	Garfagnana	102	6-7	4.64
4-5	🔗 1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	🔗 1988	02	08	11	24	4	Garfagnana	75	6	4.34

5-6	🔗	1988 02 08 13 36 4	Frignano	43	5 4.28
5	🔗	1995 08 24 17 27 3	Appennino pistoiese	56	6 4.45
3-4	🔗	1995 10 10 06 54 2	Lunigiana	341	7 4.82
3	🔗	1997 12 24 17 53 1	Garfagnana	98	5 4.33
3	🔗	1999 07 07 17 16 1	Frignano	32	5 4.67
3	🔗	2000 10 03 01 12 3	Frignano	62	5 4.22
NF	🔗	2002 06 08 20 13 0	Frignano	115	4 4.23
2	🔗	2002 06 18 22 23 3	Frignano	186	4 4.30
NF	🔗	2002 06 19 22 11 1	Frignano	52	3 4.03
4-5	🔗	2003 09 14 21 42 5	Appennino bolognese	133	6 5.24

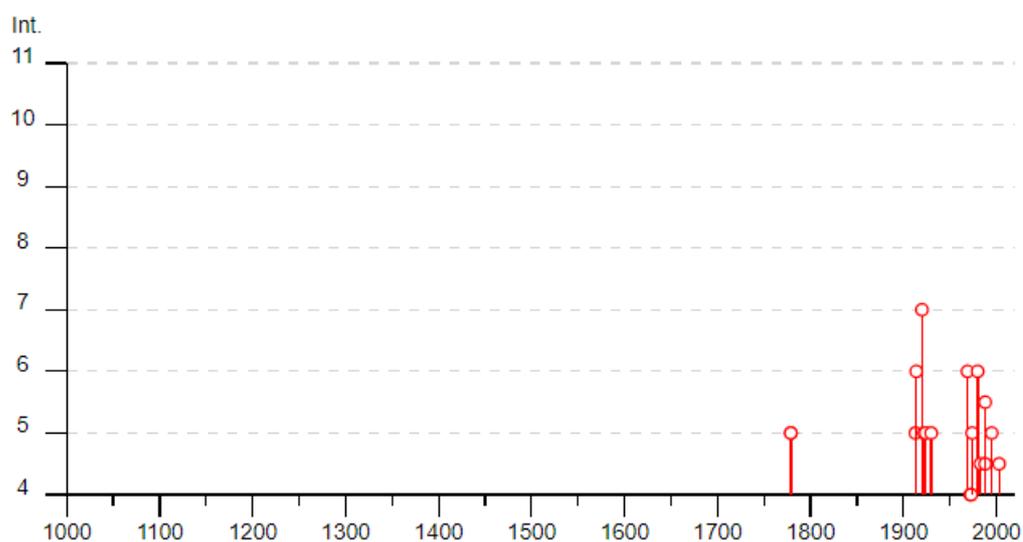


Tabella 2.9: Storia sismica del comune di San Marcello Pistoiese (PT).

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Inquadramento geologico

L'orogenesi appenninica si sviluppa a partire da processi che si svolgono dal Cretaceo superiore all'Attuale. In particolare le fasi tettoniche riconosciute sono: (Bettelli, Panini & Pizziolo, 2002):

- fase ligure: corrisponde alla chiusura dell'Oceano ligure; ha coinvolto i domini liguri interni ed esterni ed il dominio subligure a partire dal Cretaceo superiore sino all'Eocene medio, in seguito al quale inizia la sedimentazione epiligure dei bacini episuturali;
- fase subligure: dall'Oligocene superiore si assiste alla collisione delle zolle continentali europea e adriatica, con la messa in posto dei domini liguri e subliguri già tettonizzati.
- fase toscana: L'Unità tettonica della Falda Toscana è interessata essenzialmente da due fasi deformative (Fase Toscana): la prima, definita fase tangenziale o fase *sinnappe* (Oligocene superiore-Miocene inferiore), è considerata il più importante evento tettonico-metamorfico, perchè responsabile della strutturazione principale. Durante questa fase si ha l'individuazione e la strutturazione dell'Unità tettonica della Falda Toscana.

L'assetto geologico, stratigrafico e strutturale del territorio comunale di Fanano rientra nel più complessivo ambito del versante emiliano sud-orientale dell'Appennino settentrionale, facente parte dell'edificio a falde appenninico precedentemente descritto. Tale settore risulta contraddistinto da una spiccata complessità geologica, riferibili a domini paleogeografici diversi, rappresentate dall'Unità tettonica Monghidoro e Leo (Dominio Ligure), dall'Unità tettonica Modino-Cervarola e della Falda Toscana (Dominio Toscano). L'intero territorio comunale appartiene nella sua quasi totalità al foglio 251 "PORRETTA TERME" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000 ed in piccola parte al foglio 236 "PAVULLO NEL FRIGNANO" della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50.000.

Per le informazioni di seguito sinteticamente riportate si vedano soprattutto le note illustrative del foglio CARG 251 PORRETTA TERME (F. Botti, G. Daniele, F. Baldacci) e quelle del foglio CARG 236 PAVULLO NEL FRIGNANO (G. Bettelli et alii).

Ai fini di una migliore descrizione dell'assetto strutturale del settore analizzato e della sua evoluzione è stata fatta la scelta di distinguere unità tettoniche di vario rango e significato e differenziare con diverse simbologie i relativi contatti basali.

Le unità tettoniche principali, caratterizzate da un elevato grado di alloctonia, sono delimitate da contatti di primo ordine (sovrascorrimenti principali precoci), che separano successioni appartenenti a domini paleogeografici differenti (od a porzioni di essi). Le unità tettoniche o le porzioni di successioni stratigrafiche, al loro interno sono talora segmentate e/o localmente raddoppiate da contatti secondari precoci, responsabili di spostamenti di limitata entità (generalmente inferiore a un Km).

All'interno delle unità tettoniche sono talora presenti contatti secondari precoci, responsabili di spostamenti di limitata entità, che segmentano o raddoppiano localmente le stesse porzioni di successioni stratigrafiche. Questi contatti sono particolarmente frequenti ed evidenti nell'Unità Modino-Cervarola, che si sedimenta sulla porzione più esterna del prisma, registrandone pertanto contemporaneamente la progressiva deformazione. L'impilamento delle differenti unità e sottounità tettoniche è a sua volta segmentato e scomposto in elementi tettonici, da superfici che risultano tardive in rapporto all'individuazione dei contatti che delimitano le unità tettoniche; essi sono caratterizzati da un minor grado di alloctonia rispetto alle unità tettoniche.

La strutturazione del settore di catena appenninica nell'area del Foglio 251 può essere associata a due distinti processi deformativi.

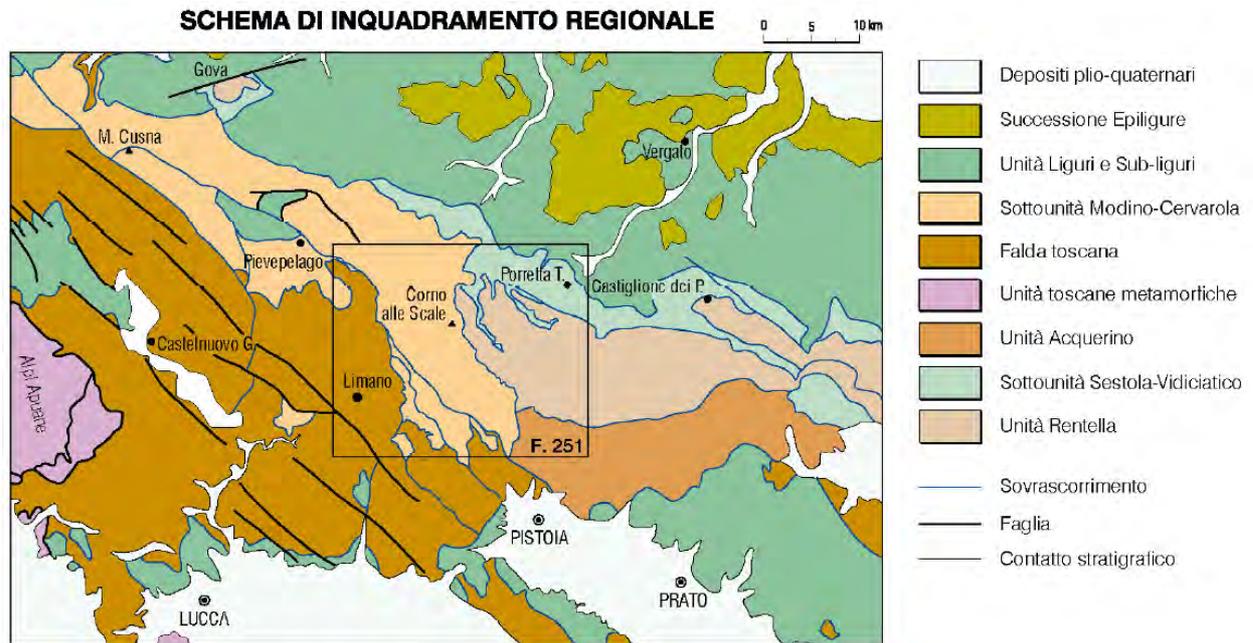
Il primo, a carico del Dominio Ligure e legato alla chiusura dell'Oceano ligure-piemontese, ha comportato l'individuazione e strutturazione delle Unità Liguri, protraendosi fino all'Eocene medio-superiore. Queste fasi tettoniche sono sigillate dalla deposizione della Successione Epiligure.

Il secondo, legato alla collisione continentale, è scandito da tre "eventi deformativi": il principale e più precoce, tra l'Oligocene superiore ed il Miocene superiore, ha comportato la messa in posto delle Unità liguri e sub-liguri sui domini più esterni e l'individuazione delle unità tettoniche toscane e tosco-umbre. Il secondo ha segmentato gli insiemi Falda toscana/Sottounità Modino-Pievepelago e Unità Rentella/Sottounità Sestola-Vidiciatico (solo più raramente le Unità liguri) in "elementi tettonici", il cui grado di alloctonia è dell'ordine di qualche decina di chilometri. Nelle zone più esterne (Dominio tosco-umbro) questo evento, pur ritagliando e ripiegando i contatti tettonici principali, potrebbe essere considerato praticamente congenere (essendo legato alla stessa fase di raccorciamento) al più precoce, configurando un modello di duplex e una sequenza tipo piggy back nell'ordine di individuazione dei thrust come già ipotizzato in Plesi (2002).

In sintesi le unità litostratigrafiche che costituiscono la fascia dell'alto appennino modenese, al quale appartiene il territorio di comunale, sono attribuite, dall'alto in basso in senso stratigrafico, a:

- o Unità Quaternarie continentali;
- o Unità Liguri;
- o Dominio Toscano;

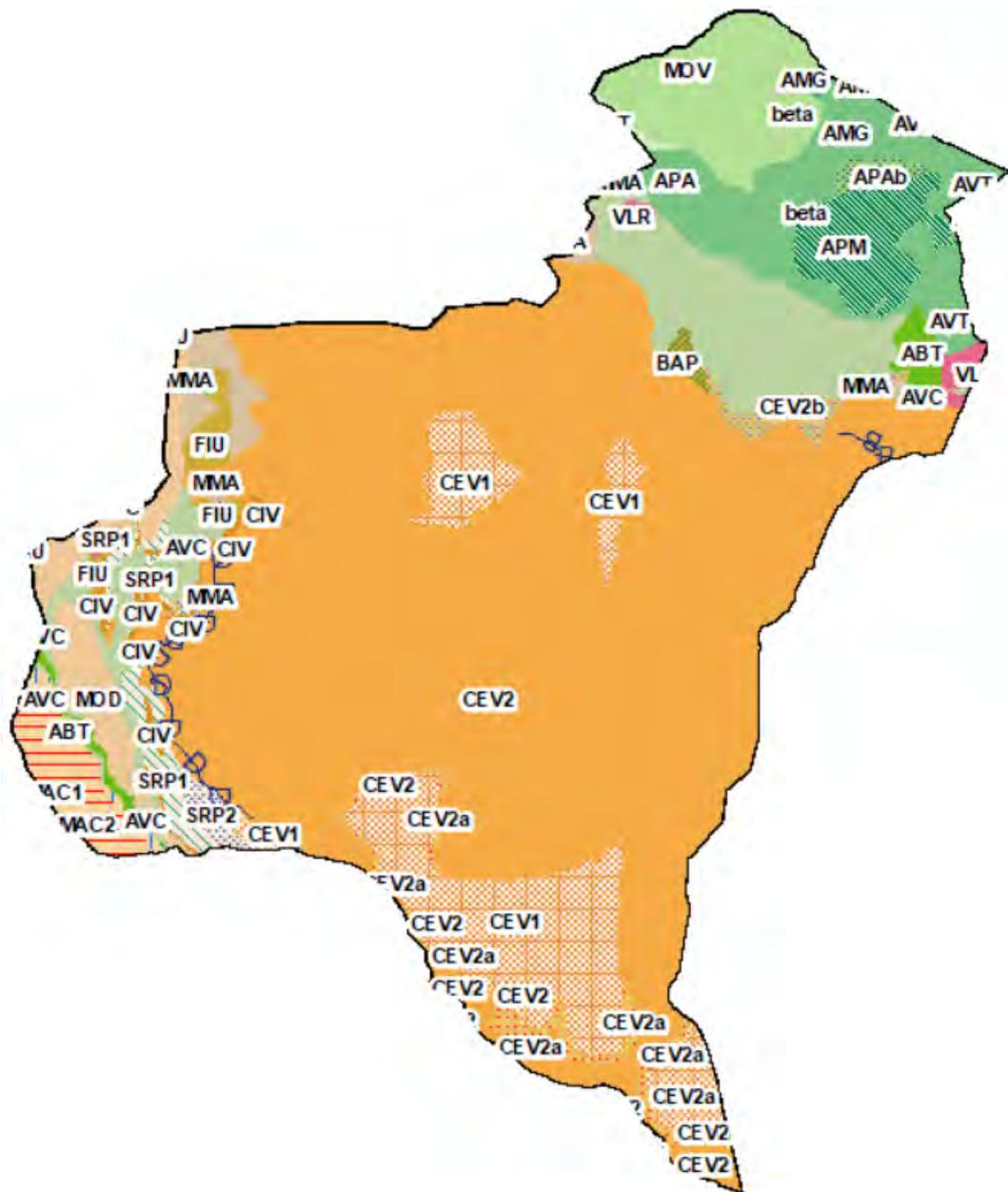
Quanto sopra descritto si può riscontrare nello schema geologico semplificato di cui sotto:



Le formazioni affioranti, riportate nella carta geologica semplificata del comune di Fanano, appartengono al Dominio Ligure (le formazioni rappresentate in carta con tonalità di verde) ed alla Serie Toscana (formazioni rappresentate in carta con tonalità di giallo pallido/verde pallido/marrone).

Le formazioni appartenenti al Dominio Ligure vengono suddivise in due tipologie distinte: le formazioni flyschoidi, rappresentate prevalentemente da litologie calcareo-marnose, e le formazioni pre-flysch, rappresentate essenzialmente da litologie a dominante argillosa.

Le litologie della Serie Toscana sono rappresentate da formazioni flyschoidi arenaceo-pelitiche, areniti, marne e marne calcaree, breccie poligeniche, argille, argilliti e argilliti-marnose.



La serie litostratigrafica delle successioni locali è riferita a quella adottata dal progetto CARG., Carta Geologica Regione Emilia Romagna. La descrizione dei tipi litologici delle successioni presenti nel territorio sono schematicamente di seguito descritte relativamente alle caratteristiche litotecniche salienti, riportate nella legenda della tav. 8.2: “Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica”.

Si riportano di seguito la descrizione delle unità litostratigrafiche:

UNITÀ QUATERNARIE CONTINENTALI

SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES) (*Pleistocene medio?-Olocene*)

Unità alluvionale costituita da sedimenti grossolani e fini, talora intensamente pedogenizzati, con alla base una superficie di discontinuità nel margine appenninico e nell'alta pianura, passante a una superficie di continuità nel sottosuolo della pianura, su AEI. Sintema parzialmente suddiviso in subsintemi limitati, in affioramento, da scarpate di terrazzo fluviale e paleosuoli e nel sottosuolo della pianura da bruschi contatti fra depositi fini alluvionali e palustri su depositi grossolani di conoide e di piana alluvionale.

SUBSINTEMA DI RAVENNA (AES8) (Olocene età radiometrica della base: 11.000-8.000 anni)

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m..

AES8a - UNITA' DI MODENA (Post-VI secolo dC.)

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita dalla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C..

Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

Nel territorio comunale la presenza delle unità quaternarie continentali è limitata lungo i principali corsi d'acqua.

LIGURIDI

Flysch e formazioni post-Flysch

FORMAZIONE DI MONTE VENERE (MOV) (Campaniano sup. - Maastrichtiano)

Torbiditi arenaceo-marnose con base fine grigio-chiaro, in strati da medi a molto spessi, al tetto intervalli sottili o medi di argille scure o nerastre. Intercalazioni metriche di

strati arenaceo-pelitici da sottili a spessi grigio brunastri, con rapporto A/P >1, a luoghi prevalenti sugli strati calcareo-marnosi. Regolari intercalazioni di megatorbiditi calcareo-marnose in strati spessi fino a 15 m. Contatto inferiore non preservato. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza fino a 900 m.

Formazioni pre-Flysch

ARENARIE DI MONTE GABBA (AMG) (Cenomaniano - Turoniano)

Litareniti da medie a grossolane fino a microconglomeratiche, grigie, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati. Rari strati molto sottili di pelite siltosa nerastra. Rapporto A/P >>1. Contatto tettonizzato con AVT. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza parziale di 150 m circa.

ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO (AVV) (Cenomaniano sup. - Campaniano sup.?)

Argilliti scure, rossastre o rosate, verdi e nerastre, con stratificazione (quando preservata) da molto sottile a sottile, in cui si intercalano livelli sottili di torbiditi arenaceo-pelitiche grigie, calcilutiti silicee grigiastre o verdognole gradate in strati da medi a spessi e calcilutiti marnose spesse grigio chiaro, litareniti grossolane in strati da medi a spessi e microconglomerati con elementi di basamento cristallino. Elevato grado di tettonizzazione che rende quasi irriconoscibile l'originaria stratificazione, generalmente sostituita da un pervasivo clivaggio scaglioso. Ambiente di sedimentazione pelagico e profondo, con apporti torbiditici. Lo spessore stratigrafico è difficilmente determinabile per l'intensa tettonizzazione; la potenza affiorante è variabile, può raggiungere i 200 m.

ARGILLE VARIEGATE DI GRIZZANA MORANDI (AVT) (Cenomaniano sup.? - Santoniano sup.?)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere manganesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Contatto inferiore non preservato. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. Potenza fino a 200 m circa.

ARENARIE DEL POGGIO MEZZATURE (APM) (Santoniano sup. - Campaniano inf.)

Torbiditi arenaceo-pelitici in strati da sottili a molto spessi costituiti di arenarie grigio-verdastre medie o grossolane, a luoghi microconglomeratiche, passanti ad arenarie fini e ad argille grigio-verdi. Rapporto A/P >1. Contatto inferiore tettonizzato su AVT. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza di alcune centinaia di metri.

ARGILLE A PALOMBINI (APA) (Barremiano - Turoniano?)

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcare quasi sempre >1. La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". All'interno della formazione sono talora presenti lembi di basalti (β) e serpentiniti (Σ)

UNITA' TOSCANE

Successione Cervarola

ARENARIE DI MONTE CERVAROLA (CEV) (Burdigaliano)

Torbiditi arenacei in strati spessi alternate con pebbly sanstone e potenti depositi da slumping, passanti in alto a sequenze di torbiditi più sottili. Alimentazione prevalente da rocce granitico-gneissiche. Deposito di bacino torbiditico e di margine di bacino.

- MEMBRO DEL TORRENTE FELLICAROLO (CEV₂)

Strati torbiditici spessi circa 50 cm, a base arenitico fine-siltitica e tetto marnoso ben sviluppato; nella parte alta strati metrici a base arenitica grossolana e sottile tetto marnoso. Al tetto è presente un deposito da slumping (**sl**), spesso circa 30-40 m, caratterizzato, nella parte medio-bassa dalla presenza di un livello a ciottoli poligenici (calcari, marne, graniti e rocce metamorfiche) in matrice sabbioso-marnosa.

- MEMBRO DEL T. DARDAGNA (CEV₁)

Torbiditi grossolane in strati spessi e molto spessi alternati con torbiditi siltitico-pelitiche in strati sottili e medi, depositi da *slumping* e *debris flow* spessi anche diversi metri. Spessore di alcune centinaia di metri.

FORMAZIONE DI SERPIANO (SRP) (Aquitano)

Torbiditi arenacei a grana fine in strati di potenza media e interstrati pelitico marnosi relativamente spessi passanti in basso a torbiditi di grana siltitica in strati sottili. Liste di selce nera. Deposito di margine di bacino torbiditico. Passaggio graduale alle Marne di Civago, dove affioranti. Potenza di alcune centinaia di metri.

- MEMBRO DI CASTELLINO (SRP2)

Arenarie torbiditiche a grana fine o molto fine in strati sottili e medi intercalati a siltiti e peliti marnose relativamente spesse con $A/P < 1$. Locale presenza di liste di selce nera. In aree limitrofe passaggio graduale con le sottostanti siltiti del membro dei Poggi di Fontanaluccia.

- MEMBRO DEI POGGI DI FONTANALUCCIA (SRP1)

Torbiditi siltitico-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e medi. Livelli di selce nera in liste, frequenti soprattutto nella parte inferiore. Nella parte bassa localmente presenti breccie argillitico-calcaree a elementi liguri e sub-liguri, originate da *debris flow* (litofacies a breccie - SRPa).

MARNE DI CIVAGO (CIV) (Aquitano)

Marne grigio-cenere, spesso siltose, a stratificazione mal distinguibile. Localmente livelli di selce nera. Intercalazioni di sottili strati arenacei discontinui anche di origine vulcanoclastica, di livelli arenitici grossolani a matrice marnosa con abbondante glauconite risedimentata, di breccie argillose. Deposito di scarpata. Contatto inferiore discordante sulle successioni sottostanti. Spessore di 50-100 m.

LITOFACIES A BRECCIE DEL RIO RUMALE (CIVa)

Orizzonti plurimetri di breccie grossolane poligeniche ad elementi per lo più argillitici e calcarei. Intercalate nella parte bassa delle Marne di Civago.

Successione Modino

ARENARIE DEL MONTE MODINO (MOD) (Chattiano p.p. - Aquitano)

Torbiditi arenaceo-pelitiche, grigie, in strati da sottili a spessi, costituiti da una base arenacea fine passante a pelite con rapporto $A/P \sim 1$. Si alternano pacchi di strati da medi a spessi costituiti di arenarie medie o grossolane con al tetto, a luoghi, peliti spesse pochi centimetri. Rapporto A/P generalmente > 1 .

Le torbiditi a composizione mista o calcarenitico-marnose sono piuttosto rare. Contatto inferiore per alternanze su MMA nell'area tipo. Potenza di alcune centinaia di metri.

ARENARIE DI VALLORSARA (VLR) (Chattiano p.p - Aquitano)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marne grigiastre. Rapporto A/P generalmente < 1 . Intercalazione di intervalli relativamente spessi di torbiditi pelitico-marnose grigio-rosate. Frequenti depositi da slumping di spessore non elevato. Torbiditi di margine di bacino. Passaggio per alternanza su MMA. Potenza parziale massima di 200 m circa.

MARNE DI MARMORETO (MMA) (Rupeliano p.p. - Chattiano p.p)

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbiditi a base arenacea molto fine e tetto marnoso. Contatto inferiore discordante su FIU e su AVC. Deposito di scarpata. Spessore massimo di circa 100 m.

- LITOFACIES A BRECCIE DEL RIFUGIO BATTISTI (MMAa)

Nella parte basale delle Marne di Marmoreto. Breccie grossolane originate da debris flow talora grossolanamente stratificate. Clasti argillitici e calcarei di origine ligure-subligure in matrice argillitica scura.

ARGILLE DI FIUMALBO (FIU) (Bartoniano - Rupeliano)

Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scure, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltiti e areniti finissime e fini, grigio-verdastre, o di straterelli calcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili. Depositi pelagici emipelagici e torbiditici fini distali. Contatto stratigrafico discordante sulle successioni sottostanti o tettonizzato. Spessore massimo 200-300m.

- LITOFACIES A BRECCIE DI RICCOVOLTO (FIUa)

Breccie argillitico-calcaree ad elementi liguri (calcari micritici, calcareniti, areniti fini e siltiti) originate da debris flow al contatto fra le Argille di Fiumalbo e le successioni liguri sottostanti. Matrice argillosomarnosa scura, localmente rossastra.

- MEMBRO DEL M. SASSOLERA (FIU1) (Priaboniano - Rupeliano)

Arenarie litiche da medie a grossolane, localmente microconglomeratiche, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati, di colore grigio-verdastro, alimentate da successioni granitico-gneissiche e da successioni di tipo ligure. Talora al tetto degli strati intervallo centimetrico di argilla grigio-verde. Rapporto A/P stimato >>1. Potenza geometrica massima fino a 200 metri. Depositi torbiditici prossimali.

BRECCIE ARGILLOSE POLIGENICHE (BAP) (Cretaceo inferiore - Oligocene)

Breccie poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre, con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, talora selciferi, siltiti nerastre, calcareniti, calcari marnosi grigi, areniti e marne calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Depositi di colate miste di fango e detrito (*debris flow*) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIU e MMA. Potenza variabile da 0 a 100 m.

FORMAZIONE DELL'ABETINA REALE (ABT) (Campaniano sup - Paleocene inf?)

Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessia molto spessi, localmente plurimetrici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri.

Locali intercalazioni di breccie poligeniche e arenarie silicoclastiche e ofiolitiche. Torbiditi di ambiente marino profondo. Passaggio discordante alla formazione sottostante; contatti tettonici prevalentemente con AVC. Potenza di 200-300 m circa.

FORMAZIONE DEL FOSSO DELLA CA' (AFC) (Campaniano sup.)

Alternanze di torbiditi arenaceo-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e di breccie poligeniche (clasti di basalti, serpentiniti, calcari, argilliti selci e diaspri), in banchi spessi fino a qualche metro, intercalate a peliti grigio scure o nerastre manganesifere. Localmente distinta una **litofacies a breccie ofiolitiche (AFCa)**. Discordanti sulla successione sottostante. Depositi di ambiente marino profondo. Spessore massimo di circa 200 m.

ARGILLITI VARIEGATE CON CALCARI (AVC) (Hauteriviano - Cenomaniano inf.)

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate. Breccie argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1.

Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore generalmente non affiorante. Potenza fino a circa 300 m.

- LITOFACIES A BRECCIE OFIOLITICHE (AVCa)

Lenti di breccie poligeniche con clasti ofiolitici e subordinatamente calcarei e diasprini; presente nella parte bassa della formazione.

Falda Toscana

MACIGNO (MAC) (Chattiano - Aquitaniano)

In basso torbiditi arenaceo-pelitiche in strati sottili (pochi metri). Nella parte intermedia arenarie in strati spessi e molto spessi a base grossolana con scarse peliti. Nella parte alta della successione torbiditi piano parallele (talora a base calcarenitica bioclastica e tetto pelitico-marnoso) in strati medi e spessi, alternate a torbiditi più sottili. Spessore massimo di circa 1000 m.

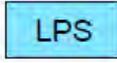
- MEMBRO ARENACEO - PELITICO (MAC₂)

Torbiditi arenaceo-pelitici in strati da medi a spessi, più frequenti nella parte bassa del membro, cui si intercalano intervalli metrici e decametrici di torbiditi sottili per lo più siltitico-pelitici. In prossimità del contatto con il membro arenaceo sottostante sono inoltre presenti alcune torbiditi a base arenacea e tetto marnoso piuttosto sviluppato ($A/P \approx 1$). Il tetto stratigrafico di questo membro è tagliato da contatti tettonici. Depositi torbiditici. Spessore massimo di circa 250 m.

- MEMBRO ARENACEO (MAC₁)

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche organizzate in banchi spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, a grana per lo più grossolana, di colore grigio alla frattura fresca, giallo-ocraceo all'alterazione, cui si intercalano strati arenaceo-pelitici di spessore medio e sporadici intervalli decimetrici di torbiditi sottili siltitico-pelitici. Il passaggio al membro sovrastante è contraddistinto dalla presenza di almeno 5 torbiditi arenacee amalgamate spesse complessivamente circa 50 m. Depositi torbiditici. Spessore massimo di circa 1100 m.

Le Unità geologiche, sopra descritte, nella Carta geologica tecnica sono state raggruppate secondo la seguente legenda sotto riportata:

Substrato geologico		
	LP	Lapideo
	GR	Granulare cementato
	CO	Coesivo sovraconsolidato
	AL	Alternanza di litotipi
	LPS	Lapideo, stratificato
	GRS	Granulare cementato, stratificato
	COS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato
	ALS	Alternanza di litotipi, stratificato
	SFLP	Lapideo fratturato / alterato
	SFGR	Granulare cementato fratturato / alterato
	SFCO	Coesivo sovraconsolidato fratturato / alterato
	SFAL	Alternanza di litotipi fratturato / alterato
	SFLPS	Lapideo, stratificato fratturato / alterato
	SFGRS	Granulare cementato, stratificato fratturato / alterato
	SFCOS	Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
	SFALS	Alternanza di litotipi, stratificato fratturato / alterato

3.2 Inquadramento geomorfologico

Il presente capitolo descrive i caratteri geomorfologici del comune di Fanano, con particolare attenzione alle forme e ai processi che possono determinare fenomeni di instabilità e pericolosità del territorio.

La geomorfologia dell'area in oggetto è condizionata dalle unità stratigrafico deposizionali affioranti; in particolare, come messo in evidenza nel paragrafo relativo alla geologia, il territorio è caratterizzato dalla presenza di unità litologiche prevalentemente calcareo- marnose e arenaceo-pelitiche, a prevalente componente

litoide, poggianti su unità a componente prevalentemente argillosa presenti in numero abbastanza ridotto, quindi facilmente degradabili, affioranti nell'intorno.

La dorsale principale (Libro Aperto - Corno alle Scale) presenta caratteri di asimmetria complessi, caratterizzata da una netta rottura di pendio in corrispondenza del contatto tra le formazioni arenacee (Arenarie di Monte Cervarola e Arenarie di Monte Modino) e quelle a dominante argillitica (successione basale dell'Unità Modino e Unità Liguri); lungo tale evidente lineamento morfologico, si sono impostati importanti movimenti franosi e DGPV, i cui ripiani hanno favorito, l'insediamento dei paesi e delle borgate.

Il Lago di Pratignano, per la sua caratteristica forma allungata e la sua peculiare ubicazione sulla sommità di una dorsale montuosa, può analogamente essersi originato in una depressione legata allo sdoppiamento di crinale, dovuta a un DGPV tipo Sackung ("insaccamento"); questo meccanismo prevede infatti una cinematica estensionale con formazione di una morfo-struttura a semigraben, oppure a "infossamento" di un cuneo roccioso. È da notare che la posizione di questo specchio d'acqua rende il suo bacino di alimentazione molto limitato e ciò ne determina la mancanza di un emissario, nonché la variabilità della sua profondità ed estensione.

Il substrato roccioso di questa zona è costituito quasi esclusivamente dalla formazione arenacea del M. Cervarola - CEV2, il cui elevato grado di franosità intrinseca (massimo tra le formazioni arenacee), combinato con prevalenti giaciture a franapoggio e con le sfavorevoli condizioni climatiche, ha determinato un modellamento essenzialmente gravitativo su ampi tratti di versante. In particolare, sul versante destro del T. Fellicarolo e sull'interfluvio tra il T. Ospitale e il Fosso della Mirandola, suo affluente di sinistra, si sono formati veri e propri sistemi di frane multiple, composti sia da frane antiche che recenti e attuali, intrecciate a colate detritico-fangose. Le prime sono perlopiù classificabili come frane complesse, originate da meccanismi traslativi o roto-traslativi, con notevole sviluppo dei corpi formati dal conseguente movimento di colamento. Le seconde hanno invece origine perlopiù erosionale, come è dimostrato dalla quasi totale assenza di nicchie di distacco nel loro bacino di alimentazione, e sono caratterizzate dalle notevoli dimensioni degli apparati deposizionali che ne derivano. Ciò è da attribuire alla grande disponibilità di materiale incoerente, altamente erodibile, che costituisce i corpi di frana.

La disposizione dei suddetti sistemi di corpi di frana simula un *pattern* idrografico; ciò implica che l'evoluzione dei versanti deve essersi compiuta durante due cicli, in ognuno dei quali si è creata una rete di canali tra i corpi allungati delle colate. Il reticolo idrografico così formato, che possiamo definire di origine gravitativa anziché erosiva, è stato utilizzato come sistema di canali di trasporto dalle colate detritico-fangose; queste sono, quindi, solo in parte singenetiche e in parte successive al sistema delle frane multiple. È infine da mettere in evidenza che gli apparati dei coni misti sono localizzati preferenzialmente sui versanti, invece che alla loro base; ciò è dovuto al modellamento morfo-gravitativo dei versanti stessi, che implica forme irregolari, caratterizzate da rotture di pendio, ripiani e contropendenze, cioè da luoghi più favorevoli per il deposito dei coni misti.

La morfologia di quest'area è anche caratterizzata da forme e processi peculiari, quali accentuata acclività dei versanti, ripidi crinali, orli di scarpata. Questi ultimi sono suddivisi, in orli aventi scarpate comprese tra 10 e 20 m e maggiori di 20 m. In particolare, gli orli più significativi sono presenti nell'area meridionale del territorio, fino al crinale e risultano scolpite entro le differenti formazioni flyschoidi. Gli orli summenzionati sono identificabili come forme strutturali, poligeniche, modellate a partire dal Pleistocene medio, ad opera di processi di degradazione selettiva legate all'erosione. Negli affioramenti costituiti da alternanze di litotipi competenti e marnoso-pelitici, è possibile osservare, a volte, esempi significativi di morfoselezione, cioè del fenomeno per cui gli agenti di degradazione di un corpo roccioso intervengono in modo più o meno spinto su differenti tipi litologici.

I litotipi argillosi sono tra le rocce meno resistenti all'erosione e risultano pertanto particolarmente deboli in rapporto ai processi erosivi, soprattutto di tipo meccanico.

A tale scopo è utile sottolineare che il massimo grado nella suddetta scala di franosità estesa al territorio comunale è da assegnare alle prevalenti componenti argillose/argillitiche delle unità liguri. Esse sono infatti costituite prevalentemente da complessi argillitici e siltitico-pelitici, con subordinate intercalazioni arenacee, calcaree e calcareo-marnose. Tali intercalazioni litoidi, anziché conferire una maggiore stabilità alla compagine rocciosa nel suo insieme, giocano un ruolo inverso alle loro specifiche buone proprietà meccaniche; esse favoriscono infatti la penetrazione delle acque meteoriche, determinando processi di alterazione con conseguente decadimento della stabilità dell'ammasso roccioso. Il grado di franosità delle suddette unità ad affinità ligure è inoltre accentuato dal fatto che esse presentano in generale un'elevata tettonizzazione, in quanto sono state soggette a una storia deformativa più prolungata, rispetto a quella delle formazioni appartenenti agli altri domini paleogeografici.

Il substrato così definito, per l'area in esame, dà origine a fenomeni di ruscellamento e a grandi fenomeni franosi con differenti superfici di scivolamento anche profonde la cui tipologia è riconducibile a frane per colata, scivolamento o dovute alla combinazione di queste ultime due.

In particolare si rilevano:

- ruscellamento diffuso ed erosione laminare;
- ruscellamento concentrato ed erosione a rivoli: tale processo deriva da un'evoluzione del ruscellamento diffuso;
- frane per scivolamento: si tratta di movimenti in massa che comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici di scorrimento, oppure entro un livello sufficientemente sottile; i movimenti possono essere rotazionali o traslativi; è possibile individuare frane per scivolamento attive e quiescenti;
- frane per colata: il fenomeno è caratterizzato da movimenti di materiali sciolti entro la massa spostata, tali per cui la forma assunta dal materiale in movimento o la distribuzione apparente delle velocità e degli spostamenti è assimilabile a quelle dei fluidi viscosi; anche in questo caso si possono individuare frane attive e quiescenti;

- contropendenze: in terreni interessati da movimenti di massa, quali frane per colata e soliflusso, è possibile individuare dei tratti di versante in contropendenza e con avvallamenti, rispetto all'andamento generale. Questo si determina per l'accumulo gravitativo di materiali detritici, messi in posto per soliflusso e per frana;

- orli di scarpata di degradazione: in corrispondenza di fenomeni di frana è possibile individuare un orlo di scarpata, corrispondente alla scarpata principale presente in coronamento; spesso tali orli, soprattutto per frane quiescenti, risultano oblitterati dalla rivegetazione del versante, pertanto la loro individuazione è risultata spesso incerta.

Oltre agli orli di scarpata fluviale, le forme più tipicamente legate alla presenza di un corso d'acqua sono rappresentate dai terrazzi fluviali. In particolare sono stati individuati differenti ordini di terrazzi in adiacenza al Torrente Leo, Al Torrente Ospitale ed al Torrente Fellicarolo.

Detti depositi sono organizzati in cicli sedimentari costituiti da ghiaie sabbiose alla base che passano a sabbie limose e quindi a limi sabbiosi verso l'alto. Tali corpi sedimentari occupano in genere i fondovalle e la parte inferiore dei versanti dove costituiscono terrazzi elevati di 5 - 10 m rispetto all'alveo attuale nelle fasce prossime agli assi idrici superficiali.

I depositi terrazzati in narrativa sono riferibili al sistema AES8, unità AES8a, Non sono stati riconosciuti depositi alluvionali più antichi. La causa di ciò è probabilmente correlata all'elevato grado di erodibilità del substrato, dovuta alla natura prevalentemente argilloso- marnosa e all'intensa fatturazione, che ha impedito la conservazione dei terrazzi più antichi di solito a quote maggiori.

Infine esaminando il crinale appenninico si osserva come i circhi glaciali siano scolpiti nella parte dei versanti. I circhi individuati si concentrano nel tratto Libro Aperto-Cima Tauffi-I Balzoni. I circhi rilevati hanno forma aperta con ali non molto sviluppate e non è facilmente individuabile la soglia, in alcuni casi probabilmente sepolta al di sotto di depositi periglaciali e gravitativi di versante.

Anche i depositi morenici sono stati rilevati esclusivamente nel versante emiliano ed in particolare nella valle del Fosso della Mirandola, affluente di sinistra del T. Ospitale; essi presentano le caratteristiche tessiturali tipiche dei depositi glaciali, con clasti eterometrici prevalentemente arenacei sub-arrotondati ed una matrice sabbioso-limosa.

Il deposito glaciale principale, che si estende da 950 fino a 1325 metri circa, risulta rimodellato da frane e *debris flows*, sia antichi sia recenti ed attuali che ne hanno ampiamente modificato la forma originaria. Questo deposito, come anche quello rilevato fra 1400 e 1600 m circa, era alimentato dai ghiacciai che scendevano dai circhi che insistono sulla testata della valle e che si riunivano a formare un'unica lingua estesa fino a 950 m, quota più bassa a cui sono stati trovati depositi morenici.

L'assenza di depositi morenici nella valle del T. Fellicarolo, nonostante i diversi circhi presenti alle testate vallive del suo bacino di alimentazione, può trovare spiegazione nell'esteso e potente deposito fluvioglaciale rilevato fra le quote 1025 e 1425m. E' possibile ipotizzare che durante le fasi di ritiro delle varie lingue glaciali la grande disponibilità di acqua derivante dall'ablazione abbia facilitato la totale

rielaborazione dei depositi morenici, con la conseguente formazione di un rilevante apparato fluvioglaciale.

Tutte le forme geomorfologiche sono state riportate nella tavola 8.2: “Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica”.

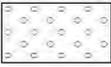
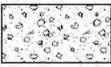
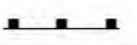
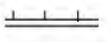
Le forme geomorfologiche sono state raggruppate in due macro categorie di cui si riporta sotto le legende e nello specifico sono:

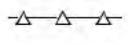
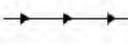
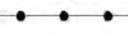
- Forme di instabilità di versante
- Forme di superficie e sepolte

Figura 1.1.2-5 Legenda della CGT_MS: instabilità di versante

Instabilità di versante	1 - crollo o ribaltamento	2 - scorrimento	3 - colata	4 - complessa	5 - non definito
1 - attiva					
2 - quiescente					
3 - inattiva					
4 - non definita					

Figura 1.1.2-6 Legenda della CGT_MS: forme di superficie e sepolte

Forme di superficie e sepolte	
	Conoide alluvionale
	Falda detritica
	Area con cavità sepolte
	Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale* (10-20m)
	Orlo di scarpata morfologica naturale o artificiale* (>20m)
	Orlo di terrazzo fluviale (10-20m)
	Orlo di terrazzo fluviale (>20m)

Forme di superficie e sepolte	
	Cresta
	Scarpata sepolta
	Asse di valle sepolta stretta (C ≥ 0.25)**
	Asse di valle sepolta larga (C < 0.25)**
	Asse di paleovalleo
	Picco isolato
	Cavità isolata /dolina/sinkhole

* Tra gli orli di scarpata artificiali si considerano anche i fronti di cava
 ** C=H/L con H profondità della valle e L semi larghezza della stessa

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 Dati Geotecnici

Al fine di caratterizzare dal punto di vista litotecnico i terreni di copertura ed il substrato geologico è stato necessario reperire tutte le informazioni di carattere geologico in possesso all'amministrazione comunale; a tal proposito è opportuno sottolineare come la banca dati del comune sia piuttosto ricca di informazioni con una buona diffusione areale su tutto il territorio comunale.

Sulla base del materiale fornito dall'amministrazione, è stata effettuata una selezione dei documenti tenendo conto dell'attendibilità del dato.

Sono state considerate pertanto indagini sismiche, i carotaggi di tipo continuo ed indagini penetrometriche, meglio se direttamente correlabili a sondaggi realizzati in prossimità.

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 8 sondaggi stratigrafici meccanici a carotaggio continuo;
- 32 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH - SCPT);
- 8 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM).
- 16 prove penetrometriche dinamiche leggere (DPL).

Le prove geognostiche, di cui sopra sono servite, per individuare lo spessore delle coltri dei terreni di copertura e quindi stabilire la profondità del substrato geologico. Dai dati emersi dalle indagini geognostiche e dalle indagini geofisiche esiste una disparità tra il substrato geologico in senso stretto ed il bedrock sismico definito dalla velocità delle onde S maggiori di 800 m/s.

Come si può vedere dalle prove sopra selezionate mancano prove di laboratorio di caratterizzazione dei parametri dinamici, e quindi sismici, dei materiali.

4.2 Dati Geofisici

Dal punto di vista geofisico le prove che sono state sia reperite che effettuate sono prove di sismica di superficie e quindi indirette, in quanto non si è provveduto ad effettuare misure dirette della velocità delle onde S in fori di sondaggio.

Le prove reperite e ritenute valide sono prove sia di sismica attiva (quindi con generazione di sorgente sismica artificiale) che di sismica passiva (quindi con analisi naturale del tremore ambientale). Le prove inoltre sono state effettuate sia a stazione singola che in stendimento lineare ("array sismico").

In sintesi tra le indagini esistenti sono stati selezionati complessivamente:

- 15 prospezioni simiche attive con metodo MASW in onde Rayleigh (array sismico 1D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 4 prospezioni simiche a rifrazione in onde P (array sismico 1D con geofoni verticali);
- 25 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Tali indagini pregresse sono state integrate con nuove indagini geofisiche di superficie. Per determinare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio V_s delle unità litotecniche che costituiscono i primi 100 m del sottosuolo e definire gli spessori e variazioni laterali, delle coperture detritiche ed orizzonti di roccia detensionata/fratturata, sono state effettuate prospezioni geofisiche in onde di superficie con metodo attivo e passivo, sia in array che a stazione singola.

E' infatti abbastanza noto dalla sismica classica che le indagini di tipo passivo caratterizzano meglio il dato in profondità, in quanto sono più performanti a basse frequenze mentre le indagini di tipo attivo risultano performanti alle alte frequenze e quindi caratterizzano gli strati più superficiali del terreno ma il loro potere penetrante decresce abbastanza rapidamente con la profondità. L'analisi congiunta con entrambe le tecniche rappresenta la soluzione ottimale in quanto consente di ottenere informazioni sia superficiali che in profondità sugli strati di terreno investigati e quindi di meglio caratterizzarli dal punto di vista del comportamento sismico.

Nello specifico le nuove indagini hanno consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSr e nella definizione del profilo di V_s mediante analisi attive di tipo MASW - FTAN e analisi di tipo passive quali ESAC/SPAC. I dati ottenuti dalla curva HVSr forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso le tecniche attive e passive in array è stato possibile definire l'andamento delle V_s con la profondità e quindi la definizione delle V_s ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione.

Dette indagini, che saranno in maggior dettaglio di seguito elencate, sono state distribuite sul territorio sia in funzione delle finalità di caratterizzazione sismica dell'urbanizzato che degli ambiti suscettibili di urbanizzazione che delle principali infrastrutture; oltre a ciò sono state effettuate verticali di acquisizione delle V_s anche in altri siti al fine di individuare i valori di V_s di alcuni tipi di roccia in condizioni di substrato litologico affiorante.

In sintesi le nuove indagini realizzate sono state complessivamente:

- 33 prospezioni simiche attive con metodo MASW e FTAN in onde Rayleigh e Love (array sismico 1D sia con geofoni verticali che orizzontali con analisi della

componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh e trasversale dell'onda di Love);

- 13 prospezioni simiche passive con metodo ESAC in onde Rayleigh (array sismico bidimensionale 2D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 5 prospezioni simiche passive con metodo REMI in onde Rayleigh (array sismico 1D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 15 prospezioni simiche passive con metodo SPAC (nc-CCA) in onde Rayleigh (array sismico a disposizione circolare con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 33 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Le indagini, distinte in esistenti e nuove, sono state georeferenziate in apposito elaborato cartografico in scala 1:10.000 comprensivo dell'intero territorio comunale.

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La costruzione della “Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica” ha riportato tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da informazioni esistenti desunte dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna ed in possesso del Servizio Geologico Regionale, da ulteriori studi effettuati a livello del territorio comunale in fase di formazione dei vari piani urbanistici comunali e dal presente studio.

Questi dati sono stati necessari alla definizione del modello di sottosuolo per l'intero territorio comunale e propedeutici per la definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

La conformazione locale del territorio comunale può essere suddiviso in due macrodomini: il Dominio Ligure e la Successione Toscana come peraltro più dettagliatamente descritto nel cap.3 della medesima relazione.

La quasi totalità del territorio comunale è caratterizzato da formazioni appartenenti alla successione del Dominio Toscano. Tali formazioni autoctone costituite da flysch arenaceo-pelitici, marne, marne argilloso-siltose e argilliti, costituiscono il materiale lapideo stratificato, la cui stratificazione e fratturazione è influente sulle caratteristiche di rigidità dell'ammasso roccioso stesso. Le unità litologiche inoltre denotano sensibile variabilità laterale, all'interno della stessa formazione.

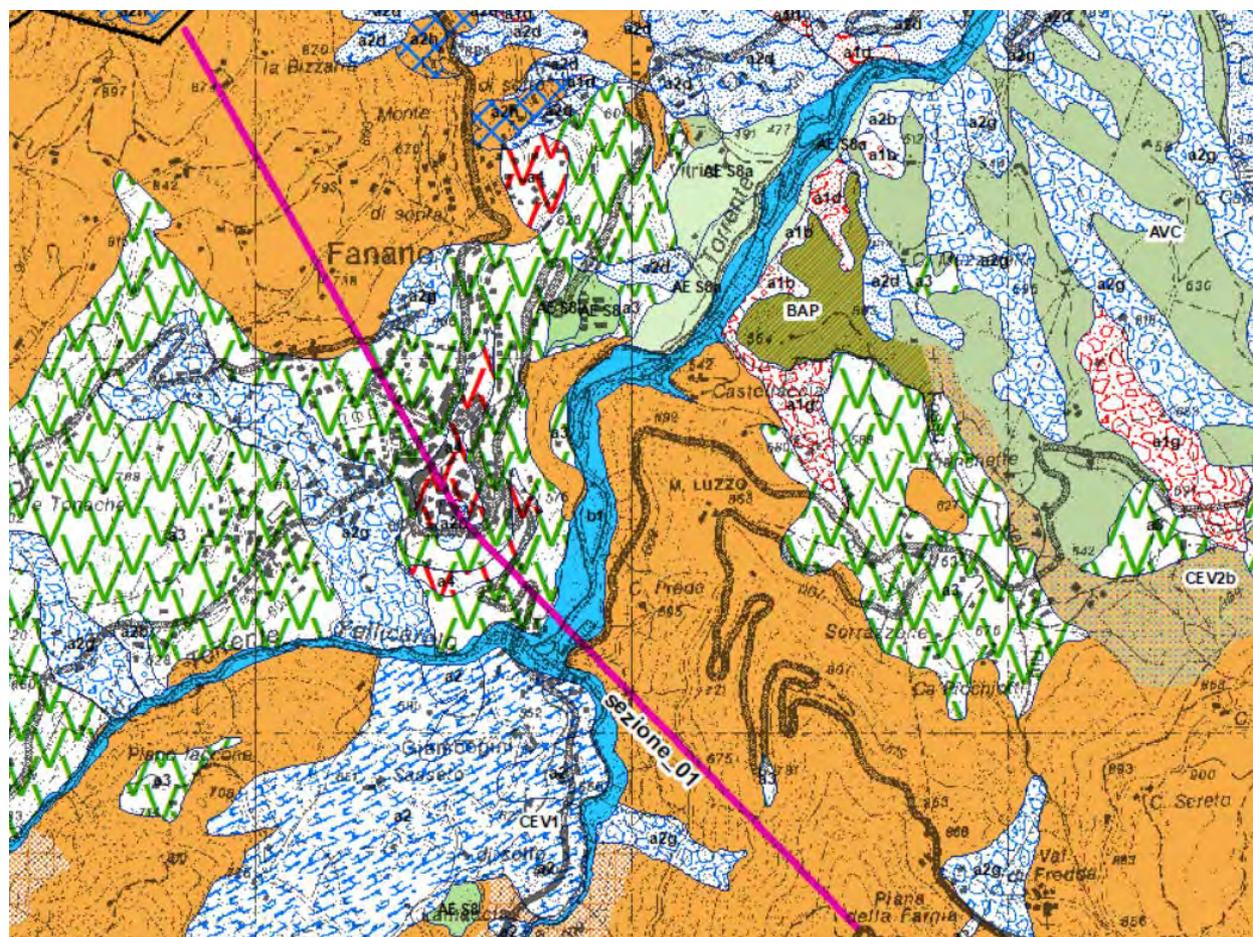
Tali litologie rappresentano il substrato geologico più antico presente nel territorio comunale e sono in contatto con la parte basale della successione ligure, caratterizzate nella quasi totalità da flysch calcareo-marnosi ed in piccolissima parte da litotipi a prevalente componente argillosa (Argille intensamente tettonizzate e argilliti).

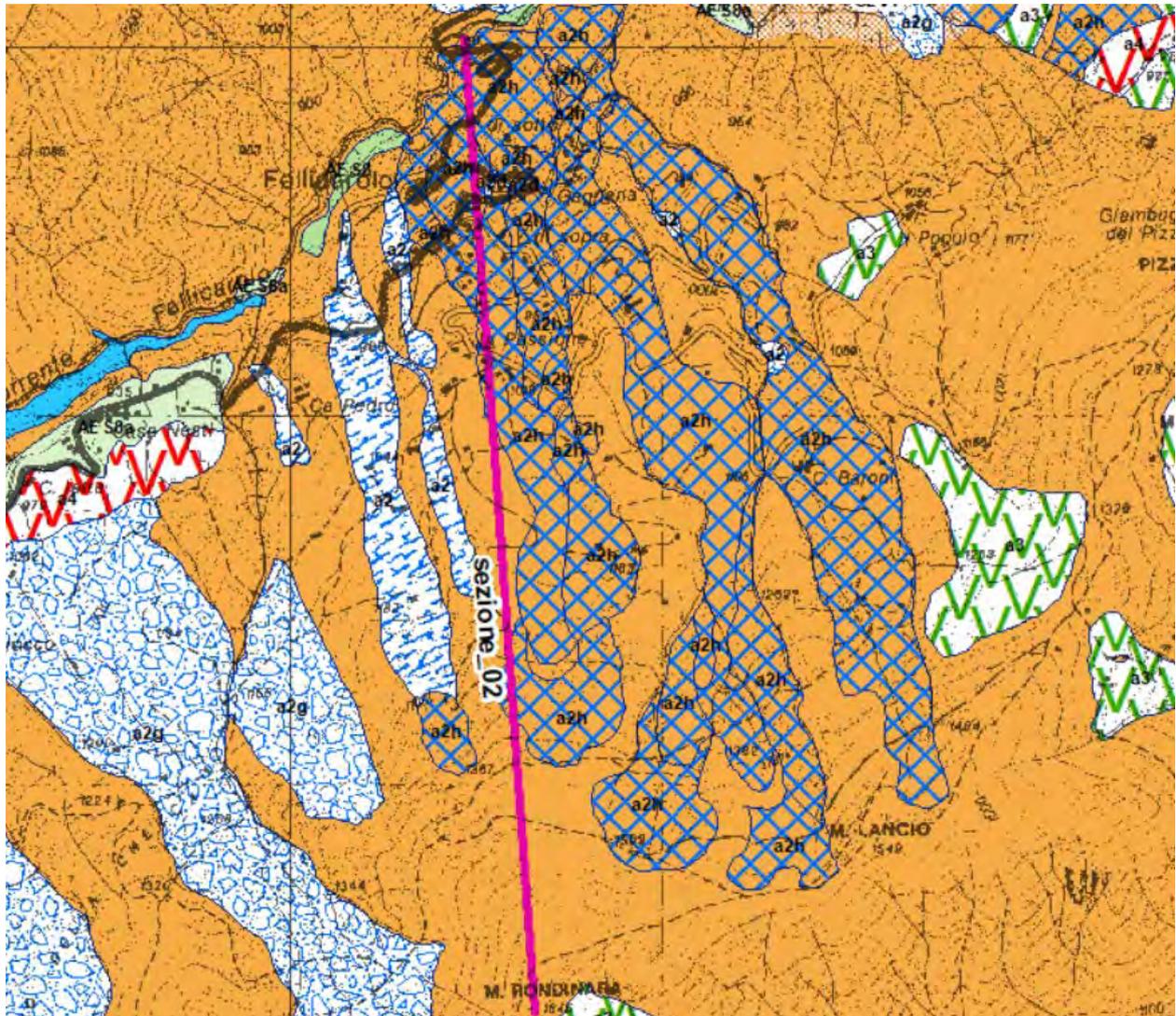
Il substrato roccioso di questa zona è costituito quasi esclusivamente dalla formazione arenacea del M. Cervarola - CEV2, il cui elevato grado di franosità intrinseca (massimo tra le formazioni arenacee), combinato con prevalenti giaciture a franapoggio e con le sfavorevoli condizioni climatiche, ha determinato un modellamento essenzialmente gravitativo su ampi tratti di versante perlopiù classificabili come frane complesse, originate da meccanismi traslativi o roto-traslativi, con notevole sviluppo dei corpi formati dal conseguente movimento di colamento. Tali fenomeni presentano molteplici superfici di scivolamento la cui profondità si attesta al massimo tra i 30 ed i 40m dal piano campagna.

Infine nelle aree di fondovalle sono presenti depositi alluvionali, in diversi ordini di terrazzamento, costituiti prevalentemente da ghiaie alle base e ghiaie sabbiose nella parte più alta, che si arricchiscono in componenti limoso sabbioso ghiaiose nei terrazzi di ordine superiore.

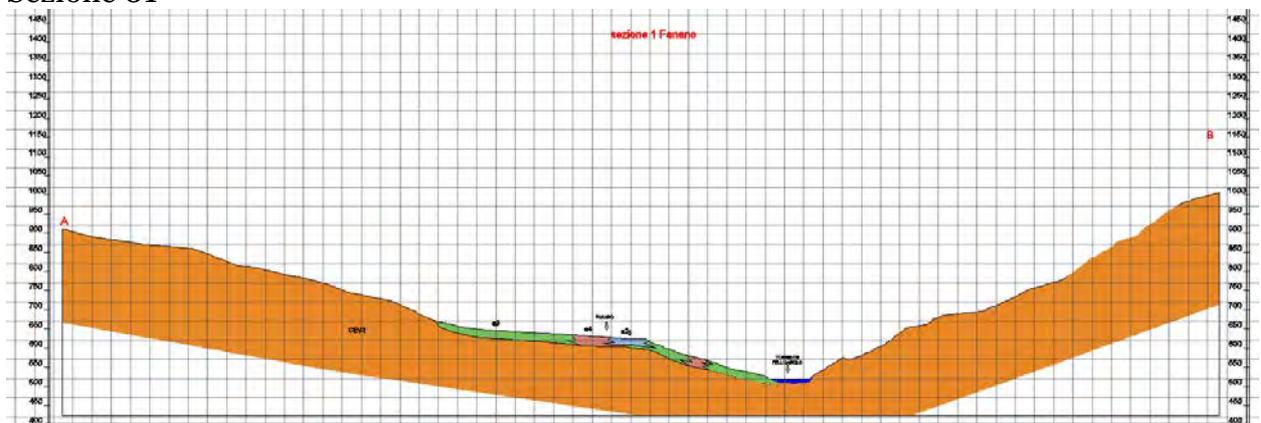
Quanto sopra descritto ed i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Fanano, nei settori sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo, sono visualizzati anche nelle sezioni geologiche realizzate e riportate nella cartografia, di cui si riporta qui uno stralcio.

Planimetria delle sezioni

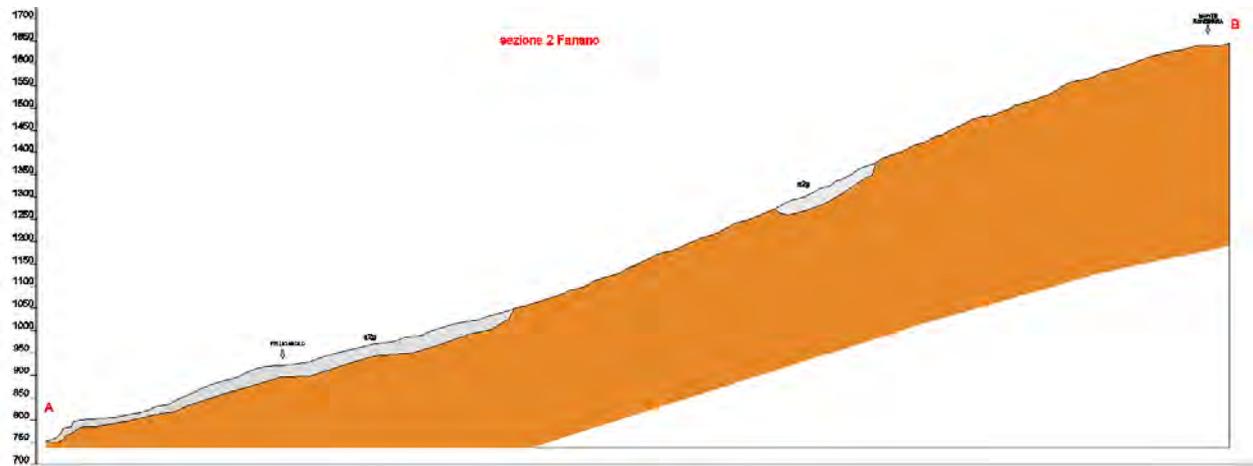




Sezione 01



Sezione 02



6. INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

Per quanto riguarda le interpretazioni del centro abitato di Fanano e degli 8 centri abitati più importanti dell'intero territorio comunale è possibile affermare, sia sulla base delle indagini pregresse che di quelle nuove realizzate ad hoc per lo studio in essere ci sia una buona corrispondenza con la situazione reale. Data la complessità geologica del territorio va detto come ci siano situazioni con enorme eterogeneità anche a piccole distanze tra loro. (per esempio basta vedere le indagini sulle coperture detritiche dei fenomeni franosi oppure sulla variabilità spaziale e laterale dei grandi corpi flyschoidi legati a differenti comportamenti di rigidità sulla base di assetti, variazioni stratigrafiche e fratturazione).

Per quanto riguarda le situazioni sulle borgate sparse e sul territorio rurale lo studio di microzonazione di I livello si è basato su banche dati pregresse, in quanto non sono state realizzate indagini ad hoc in queste aree; pertanto in queste aree (comunque di poco interesse dal punto di vista delle nuove espansioni urbanistiche) il modello desunto potrebbe essere affinato con indagini mirate sul sito in esame.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

7.1. Premessa

Lo studio di microzonazione sismica di I e II livello per il comune di Fanano è stato realizzato secondo le seguenti fasi:

La definizione di **primo livello**, è stata effettuata sull'intero territorio comunale ed ha prodotto l'individuazione delle aree suscettibili di effetti locali o delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS).

La definizione di primo livello consente quindi di definire gli ambiti in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari.

La definizione di **secondo livello**, è stata effettuata sulle aree urbane, aree suscettibili di trasformazione urbanistica e tratti delle principali reti infrastrutturali ed ha prodotto, in queste aree, i valori dei fattori di amplificazione del moto sismico al suolo.

7.2 Metodologie di elaborazione

Le elaborazioni dei dati geofisici sono state effettuate con i seguenti software:

WinMasw 7.2 Academy®Eliosoft

HoliSurface 6.0®Eliosoft

Le indagini geofisiche sono state realizzate nel seguente modo:

- Indagini geofisiche passive a stazione singola (HVSR)

Le indagini a stazione singola, con acquisizione di microtremori ambientali, sono state eseguite utilizzando un acquisitore Gemini2®PASI Srl, che è un registratore disegnato specificatamente per le acquisizioni del tremore ambientale. Si tratta di uno strumento portatile nel quale è integrata una terna di velocimetri con frequenza di risonanza pari a 2Hz (accuratamente accoppiati meccanicamente ed elettricamente) ed un acquisitore dati 24 bit reali appositamente progettato.

L'acquisizione è stata effettuata campionando il segnale a 200 Hz, ricampionato in fase di elaborazione a 64/128 Hz per una durata di circa 20 ÷ 30 minuti.

Tali dati sono stati elaborati con la tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) secondo le specifiche dei criteri SESAME 2005, che rappresentano i criteri del progetto Europeo sviluppato ad hoc per le misure ambientali di microtremore.

- Indagini geofisiche attive con metodo MASW - in onde Rayleigh

Le prospezioni sismiche sono state eseguite con un acquirettore digitale a 24 bit DoReMi®Sara Instruments Srl e l'utilizzo di geofoni verticali a 4,5 hz ad alto guadagno e ove ritenuto necessario sono stati utilizzati anche geofoni verticali a 2,0 hz. L'acquisizione è stata effettuata campionando il segnale a 1 KHz, per una durata di 2/3 secondi. Lo stendimento ha avuto una lunghezza pari a circa 50 m con distanza intergeofonica che è stata fatta variare a 3/4 m e con offset pari a 5/10 m previa energizzazione con mazza da 10 kg su piastra metallica o piastra in pvc a seconda delle condizioni della superficie di battuta.

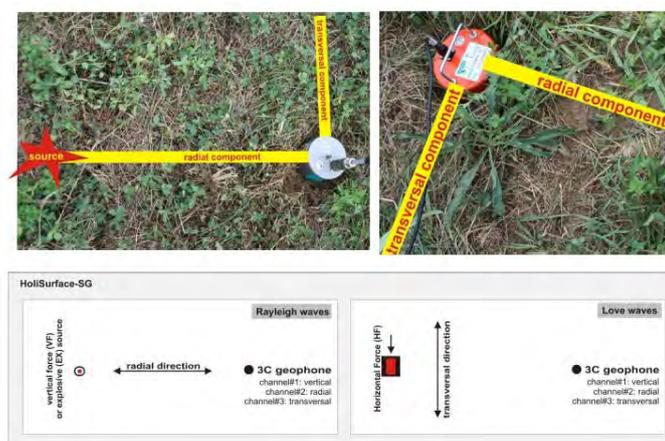
- Indagini geofisiche attive con metodo MFA - HS (FTAN) in onde Rayleigh e Love

Le prospezioni sismiche sono state eseguite con un acquirettore Gemini2®PASI Srl. Il termine *HoliSurface*® proviene dall'unione dai termini “*Holistic*” e “*Surface*”. Questo esprime il fatto che lo scopo del metodo/software è quello di analizzare la propagazione delle onde di superficie in modo completo, cioè olistico.

L'acquisizione è stata effettuata campionando il segnale a 1000 Hz, per una durata di 5 secondi. Lo strumento è stato fatto variare lungo distanze prefissate dello stendimento (35/40/45/50 m) per la lunghezza totale dello distendimento, in funzione delle possibilità operative, pari a 35 - 60 m, previa energizzazione con mazza da 10 kg su piastra metallica o piastra in pvc a seconda delle condizioni della superficie di battuta

La differenza sostanziale del metodo è che in questo caso si utilizza un unico geofono a tre componenti (in quanto si tratta di un geofono con 3 sensori orientati in tre direzioni spaziali ortogonali) la cui orientazione è però fondamentale. Il punto determinante è che la seconda traccia del file di output deve rappresentare la componente *radiale* (cioè la direzione che rappresenta l'asse che unisce sorgente e geofono).

Inoltre è stato necessario orientare il NS dello strumento in assetto radiale rispetto alla sorgente (il NS è cioè in asse con la sorgente). Nella figura sottostante si riporta un esempio di acquisizione del dato in campagna:



- Indagini geofisiche passive con metodo ESAC/SPAC (nc-cca) in onde Rayleigh

Le prospezioni sismiche sono state eseguite con un acquisitore digitale a 24 bit DoReMi®Sara Instruments Srl e l'utilizzo di geofoni verticali a 4,5 hz ad alto guadagno e ove ritenuto necessario sono stati utilizzati anche geofoni verticali a 2,0 hz.

Il metodo ESAC/SPAC consente di definire la curva di dispersione apparente della componente verticale dell'onda di Rayleigh tramite acquisizioni di carattere passivo svolte tramite array bidimensionali/circolari che, non risultano afflitti da ambiguità nell'identificazione della curva di dispersione.

7.3 Risultati

I risultati ottenuti vengono qui sinteticamente descritti per i due livelli di microzonazione sismica realizzati per il comune di Fanano (I e II livello di microzonazione). Nel successivo capitolo ("Elaborati cartografici") i risultati saranno dettagliati e spiegati per ogni singolo prodotto realizzato all'interno dello studio.

- I LIVELLO DI MICROZONAZIONE

Il I livello di microzonazione è stato realizzato su tutto il territorio comunale.

In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ, sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica di livello superiore ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Dall'analisi dei dati emerge immediatamente che il domino geologico che costituisce la totalità del territorio comunale si possono schematizzare in due grandi famiglie a comportamento sismico differente: una sottofamiglia delle une e delle altre rappresentano il cosiddetto "bedrock sismico", caratterizzati da velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio prossime e superiori agli 800 m/s nei primi 0-10 m del sottosuolo, mentre la restante parte dovuta alla si contraddistingue per velocità più basse (dai 450 ai 650 m/s) e pertanto è soggetta ad amplificazioni più marcate del moto sismico. La profondità del substrato geologico individuata mediante le analisi realizzate, passa da superficiale a sub/superficiale per i primi ad una profondità media stimata di 15-25 m per i secondi, anche sulla base delle coperture detritiche sovrastanti.

Al comportamento del substrato geologico vanno esclusi tutte i fenomeni franosi che sono caratterizzati da comportamenti ben differenti e che richiedono il più alto livello di approfondimento di microzonazione sismica.

- II LIVELLO DI MICROZONAZIONE

Il II livello di microzonazione è stato realizzato sulle aree urbanizzate, aree suscettibili di trasformazione urbanistica e i tratti delle principali reti infrastrutturali; a tal proposito sono state individuate delle finestre di dettaglio nelle quali si è provveduto a realizzare le indagini.

Dall'analisi dei dati ottenuti e sulla base delle risultanze del I livello è stato possibile quantificare i fattori amplificativi dei materiali geologici e dei terreni di copertura. Tali fattori sono tre per ogni area individuata, in termini sia di accelerazione massima al suolo (PGA) che di Intensità di Housner (IS suddivisa in due distinti periodi T di riferimento) secondo l'approccio proposto dalla Regione Emilia-Romagna.

Il secondo livello evidenzia innanzitutto come la fratturazione e l'anisotropia dei materiali giochi un ruolo determinante sulla rigidità e quindi sul comportamento sismico dei materiali.

Tutto il dominio Toscano che costituisce la parte centrale e meridionale del territorio comunale evidenzia comportamenti da bedrock sismico per quanto riguarda la litologia più litoide in alcune sue porzioni con fattori amplificativi piuttosto bassi mentre le litologie a matrice prevalentemente marnoso/argillosa comprendono una forbice di parametri ben più ampia e con valori decisamente più elevati a causa anche della presenza, localmente, di coperutre detritiche.

.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle indagini

Sulla base del materiale fornito dall'amministrazione e reperito presso gli uffici tecnici sono state selezionate complessivamente:

- 8 sondaggi stratigrafici meccanici a carotaggio continuo;
- 32 prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH - SCPT);
- 8 prove penetrometriche dinamiche medie (DPM).
- 16 prove penetrometriche dinamiche leggere (DPL).
- 15 prospezioni simiche attive con metodo MASW in onde Rayleigh (array sismico 1D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 4 prospezioni simiche a rifrazione in onde P (array sismico 1D con geofoni verticali);
- 25 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori ambientali con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Tali indagini pregresse sono state integrate con nuove indagini geofisiche di superficie; nello specifico sono state effettuate prospezioni geofisiche in onde di superficie sia attive che passive, sia in array che a stazione singola.

Le nuove indagini sono state eseguite quasi sempre congiuntamente, al fine di meglio caratterizzare le velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio V_s con la profondità e di ridurre l'incertezza interpretativa che deriva dalle analisi di sismica di superficie.

Nello specifico le nuove indagini hanno consistito nelle acquisizioni di microtremori a stazione singola di tipo HVSr e nella definizione del profilo di V_s mediante analisi attive di tipo MASW - FTAN e analisi di tipo passive quali ESAC/SPAC. I dati ottenuti dalla curva HVSr forniscono utili indicazioni soprattutto per quanto riguarda le frequenze di risonanza e sui fattori di amplificazione sismica dei suoli durante un terremoto mentre attraverso le tecniche attive e passive in array è stato possibile definire l'andamento delle V_s con la profondità e quindi la definizione delle V_s ai fini della determinazione dei fattori di amplificazione.

In sintesi le nuove indagini realizzate sono state complessivamente:

- 33 prospezioni simiche attive con metodo MASW e FTAN in onde Rayleigh e Love (array sismico 1D sia con geofoni verticali che orizzontali con analisi della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh e trasversale dell'onda di Love);

- 13 prospezioni simiche passive con metodo ESAC in onde Rayleigh (array sismico bidimensionale 2D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 5 prospezioni simiche passive con metodo REMI in onde Rayleigh (array sismico 1D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 15 prospezioni simiche passive con metodo SPAC (nc-CCA) in onde Rayleigh (array sismico a disposizione circolare con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 33 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

Le indagini sono state distinte in pregresse e nuove, sulla base tipologica e profondità raggiunta. L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

8.2 Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica

La “Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica” riporta tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche ed idrogeologiche) derivate da informazioni esistenti desunte dalla banca dati della Regione Emilia-Romagna ed in possesso del Servizio Geologico Regionale, da ulteriori studi effettuati a livello del territorio comunale in fase di formazione dei vari piani urbanistici comunali e dal presente studio.

Questi dati sono stati necessari alla definizione del modello di sottosuolo per l'intero territorio comunale e propedeutici per la definizione in chiave sismica degli effetti attesi al suolo.

La conformazione locale del territorio comunale può essere suddiviso in due macrodomini: il Dominio Ligure e la Successione Toscana come peraltro più dettagliatamente descritto nel cap.3 della medesima relazione.

La quasi totalità del territorio comunale è caratterizzato da formazioni appartenenti alla successione del Dominio Toscano. Tali formazioni autoctone costituite da flysch arenaceo-pelitici, marne, marne argilloso-siltose e argilliti, costituiscono il materiale lapideo stratificato, la cui stratificazione e fratturazione è influente sulle caratteristiche di rigidità dell'ammasso roccioso stesso. Le unità litologiche inoltre denotano sensibile variabilità laterale, all'interno della stessa formazione.

Tali litologie rappresentano il substrato geologico più antico presente nel territorio comunale e sono in contatto con la parte basale della successione ligure, caratterizzate nella quasi totalità da flysch calcareo-marnosi ed in piccolissima parte da litotipi a prevalente componente argillosa (Argille intensamente tettonizzate e argilliti).

Il substrato roccioso di questa zona è costituito quasi esclusivamente dalla formazione arenacea del M. Cervarola - CEV2, il cui elevato grado di franosità intrinseca (massimo

tra le formazioni arenacee), combinato con prevalenti giaciture a franapoggio e con le sfavorevoli condizioni climatiche, ha determinato un modellamento essenzialmente gravitativo su ampi tratti di versante perlopiù classificabili come frane complesse, originate da meccanismi traslativi o roto-traslativi, con notevole sviluppo dei corpi formati dal conseguente movimento di colamento. Tali fenomeni presentano molteplici superfici di scivolamento la cui profondità si attesta al massimo tra i 30 ed i 40m dal piano campagna.

Infine nelle aree di fondovalle sono presenti depositi alluvionali, in diversi ordini di terrazzamento, costituiti prevalentemente da ghiaie alle base e ghiaie sabbiose nella parte più alta, che si arricchiscono in componenti limoso sabbioso ghiaiose nei terrazzi di ordine superiore.

Quanto sopra descritto ed i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Fanano, nei settori sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo, sono visualizzati anche nelle sezioni geologiche realizzate e riportate nella cartografia, di cui si riporta qui uno stralcio.

Nello specifico le unità geologiche sono state raggruppate secondo le specifiche proposte. Le categorie individuate di substrato geologico rigido e non rigido ricadono nelle diciture:

- Lapideo massiccio e stratificato fratturato/alterato;
- Coesivo sovraconsolidato non stratificato e stratificato fratturato/alterato;
- Alternanze di litotipi stratificati fratturato/alterato.

Per quanto riguarda gli elementi tettonico-strutturali sono state rappresentate faglie dirette e inverse non attive.

Sono state rappresentate tutte le forme di instabilità riscontrate e rilevate.

Infine sono stati cartografati terreni di copertura (con spessori > 3m) suddivisi sulla base granulometrica e con riportato l'ambiente genetico deposizionale; in particolare sono stati riscontrati ambienti di versante e fluviali con granulometrie che variano dal materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi dei depositi eluvio-colluviali alle sabbie fini, limi e limi argillosi dei depositi eolici.

Nelle aree di fondovalle sono presenti depositi alluvionali, in diversi ordini di terrazzamento, costituiti prevalentemente da ghiaie alle base e ghiaie sabbiose nella parte più alta, che si arricchiscono in componenti limoso sabbiosi ghiaiosi nei terrazzi di ordine superiore.

Quanto sopra descritto ed i rispettivi rapporti stratigrafici e l'assetto tettonico delle unità e formazioni che costituiscono il sottosuolo del territorio comunale di Fanano, nei settori sede dell'urbanizzato e di previsto sviluppo, sono visualizzati nelle sezioni geologiche allegate.

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

La carta delle frequenze naturali dei terreni è stata ottenuta mediante indagini di rumori ambientale (microtremori) a stazione singola con tecnica HVSR.

I dati ottenuti dalle elaborazioni di tali indagini, attraverso l'analisi dei rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e la componente verticale dello strumento, consentono infatti di definire le modalità di vibrazione del terreno ed individuare sia la frequenza di risonanza fondamentale (valore f_0) che l'ampiezza (A) dei rapporti spettrali in corrispondenza delle frequenze individuate.

Bisogna infatti considerare che sussiste una correlazione diretta (anche se non lineare) tra i fenomeni di "risonanza" e l'amplificazione del moto del suolo in concomitanza di sollecitazione sismica (effetti di sito).

Tutto il territorio indagato è stato suddiviso in base a classi di frequenza (nell'intervallo 0,1-20,0 Hz):

- $f_0 \leq 1$ Hz (spessori attesi ≥ 100 m),
- $1 \text{ Hz} < f_0 \leq 2$ Hz (spessori attesi fra 100 e 30 m),
- $2 \text{ Hz} < f_0 \leq 8$ Hz (spessori attesi fra 30 e 10 m),
- $f_0 > 8$ Hz (spessori attesi < 10 m)

Inoltre sono state caratterizzate le zone da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture (ampiezza HVSR > 3) e bassi contrasti di impedenza (ampiezza HVSR < 3).

In generale, dall'analisi dei valori ottenuti dalle prove HVSR si evince come localmente la presenza di riporti o coperture determina che non si riscontri in maniera così evidente un trend a secondo delle litologie interessate.

Ad ogni modo si può affermare che l'abitato di Fanano dal punto di vista geologico è costituito dal substrato roccioso della formazione arenacea del M. Cervarola - CEV2, il cui elevato grado di franosità intrinseca (massimo tra le formazioni arenacee), combinato con prevalenti giaciture a franapoggio e con le sfavorevoli condizioni climatiche, ha determinato la presenza locale di estesi corpi di detrito. Le misure realizzate su questo litotipo mostrano frequenza di risonanza comprese tra $f_0 = 1,5 - 3,5$ Hz ed ampiezze comprese tra 2,0 e 4,0 e non indicano marcate amplificazioni dal punto di vista sismico. Localmente invece dove si riscontra la presenza di terreni di copertura e i depositi gravitativi è stato riscontrato che le condizioni di eterogeneità sono ben evidenti, infatti in funzione dello spessore delle coltri si riscontrano frequenze comprese tra 1,0 – 15,0 Hz ed ampiezze comprese tra 2,0 ÷ 8,0

Sono stati caratterizzati, i depositi alluvionali del sintema AES8 le cui misure realizzate su questi litotipi mostrano frequenza di risonanza comprese tra $f_0 = 5,0 - 15,0$ Hz ed ampiezze comprese tra 3,0 e 6,0 evidenziando contenuti in alta frequenza.

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1)

La Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS - livello 1) è costruita sulla base degli elementi individuati e già riportati nella Carta geologico tecnica per la microzonazione sismica. L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000.

In funzione delle informazioni rappresentate, la legenda è distinta nelle seguenti parti:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazioni locali;
- zone suscettibili di instabilità;
- forme di superficie e sepolte;
- tracce di sezione topografica.

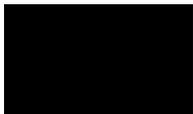
In riferimento agli Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica del Dip. Prot. Civ. e Conf. Delle Regioni e Province Autonome e gli Standard MS (v. 4.0), sono state individuate e delimitate le zone a comportamento equivalente in occasione di sollecitazione sismica, nelle quali sono da effettuarsi approfondimenti di indagini ed analisi per la microzonazione sismica ed i livelli di approfondimento che competono alle condizioni di pericolosità di detti ambiti.

Nell'individuazione e delimitazione delle aree in oggetto oltre alle documentazioni bibliografiche già ampiamente descritte sono state utilizzate nuove verticali di indagine geofisica ad array e ad antenna singola.

Di seguito si riporta una descrizione delle microzone omogenee in prospettiva sismica con gli schemi dei rapporti litostratigrafici più significativi:

- Zone stabili

- Lapideo (LP)



Materiale lapideo non stratificato (in cui la stratificazione non influenza in maniera significativa le caratteristiche di resistenza dell'ammasso)

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

OFIOLITI

Basalti in colate, cuscini e brecce di cuscini (BP).

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 1 (Substrato geologico lapideo fratturato/alterato SFLP - lapideo stratificato fratturato/alterato SFLPS)



Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli lapidei prevalenti: rapporto $L/P > 3$.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

ARENARIE DI MONTE GABBA (AMG) (Cenomaniano - Turoniano)

Litareniti da medie a grossolane fino a microconglomeratiche, grigie, in strati da medi a molto spessi, spesso amalgamati. Rari strati molto sottili di pelite siltosa nerastra. Rapporto $A/P >> 1$. Contatto tettonizzato con AVT. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza parziale di 150 m circa.

ARENARIE DEL POGGIO MEZZATURE (APM) (Santoniano sup. - Campaniano inf.)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a molto spessi costituiti di arenarie grigio-verdastre medie o grossolane, a luoghi microconglomeratiche, passanti ad arenarie fini e ad argille grigio-verdi. Rapporto $A/P > 1$. Contatto inferiore tettonizzato su AVT. Torbiditi di ambiente marino profondo. Potenza di alcune centinaia di metri.

ARENARIE DI MONTE CERVAROLA - MEMBRO DEL T. DARDAGNA (CEV₁) (Burdigaliano)

Torbiditi grossolane in strati spessi e molto spessi alternati con torbiditi siltitico-pelitiche in strati sottili e medi, depositi da slumping e debris flow spessi anche diversi metri. Spessore di alcune centinaia di metri.

ARENARIE DEL MONTE MODINO (MOD) (Chattiano p.p. - Aquitaniano)

Torbiditi arenaceo-pelitiche, grigie, in strati da sottili a spessi, costituiti da una base arenacea fine passante a pelite con rapporto $A/P \sim 1$. Si alternano pacchi di strati da medi a spessi costituiti di arenarie medie o grossolane con al tetto, a luoghi, peliti spesse pochi centimetri. Rapporto A/P generalmente > 1 .

Le torbiditi a composizione mista o calcarenitico-marnose sono piuttosto rare. Contatto inferiore per alternanze su MMA nell'area tipo. Potenza di alcune centinaia di metri.

FORMAZIONE DEL FOSSO DELLA CA' (AFC) (Campaniano sup.)

Alternanze di torbiditi arenaceo-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e di breccie poligeniche (clasti di basalti, serpentiniti, calcari, argilliti selci e diaspri), in banchi spessi fino a qualche metro, intercalate a peliti grigio scure o nerastre manganesifere. Localmente distinta una litofacies a breccie ofiolitiche (AFCa). Discordanti sulla successione sottostante. Depositi di ambiente marino profondo. Spessore massimo di circa 200 m.

MACIGNO - MEMBRO ARENACEO (MAC₁) (Chattiano - Aquitaniano)

Arenarie torbiditiche quarzoso-feldspatiche organizzate in banchi spessi e molto spessi, frequentemente amalgamati, a grana per lo più grossolana, di colore grigio alla frattura fresca, giallo-ocraceo all'alterazione, cui si intercalano strati arenaceo-pelitici di spessore medio e sporadici intervalli decimetrici di torbiditi sottili siltitico-pelitiche. Il passaggio al membro sovrastante è contraddistinto dalla presenza di almeno 5 torbiditi arenacee amalgamate spesse complessivamente circa 50 m. Depositi torbiditici. Spessore massimo di circa 1100 m.

- Zona 2 (Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato SFALS)



Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

ARENARIE DI MONTE CERVAROLA - MEMBRO DEL TORRENTE FELLICAROLO (CEV₂)

Strati torbiditici spessi circa 50 cm, a base arenitico fine-siltitica e tetto marnoso ben sviluppato; nella parte alta strati metrici a base arenitica grossolana e sottile tetto marnoso. Al tetto è presente un deposito da slumping (**sl**), spesso circa 30-40 m, caratterizzato, nella parte medio-bassa dalla presenza di un livello a ciottoli poligenici (calcarei, marne, graniti e rocce metamorfiche) in matrice sabbioso-marnosa.

FORMAZIONE DI SERPIANO (SRP) - MEMBRO DI CASTELLINO (SRP₂)

Arenarie torbiditiche a grana fine o molto fine in strati sottili e medi intercalati a siltiti e peliti marnose relativamente spesse con $A/P < 1$. Locale presenza di liste di selce nera. In aree limitrofe passaggio graduale con le sottostanti siltiti del membro dei Poggi di Fontanaluccia.

ARENARIE DI VALLORSARA (VLR) (Chattiano p.p - Aquitaniano)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi, raramente spessi, con arenarie fini e finissime grigie, o siltiti, passanti a marne grigiastre. Rapporto A/P generalmente < 1 . Intercalazione di intervalli relativamente spessi di torbiditi pelitico-marnose grigio-rosate. Frequenti depositi da slumping di spessore non elevato. Torbiditi di margine di bacino. Passaggio per alternanza su MMA. Potenza parziale massima di 200 m circa.

FORMAZIONE DELL'ABETINA REALE (ABT) (Campaniano sup - Paleocene inf?)

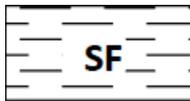
Torbiditi a base calcilutitica o calcarenitica grigia, passanti a marne calcaree biancastre, in strati da spessia molto spessi, localmente plurimetrici, alternate a torbiditi a base arenitica fine e siltitica e tetto

argilloso grigio-scuro in strati sottili e medi. Subordinate calcilutiti silicee in strati da medi a spessi grigio-bluastri.

MACIGNO - MEMBRO ARENACEO - PELITICO (MAC2)

Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da medi a spessi, più frequenti nella parte bassa del membro, cui si intercalano intervalli metrici e decametrici di torbiditi sottili per lo più siltitico-pelitiche. In prossimità del contatto con il membro arenaceo sottostante sono inoltre presenti alcune torbiditi a base arenacea e tetto marnoso piuttosto sviluppato ($A/P \approx 1$). Il tetto stratigrafico di questo membro è tagliato da contatti tettonici. Depositi torbiditici. Spessore massimo di circa 250 m.

- Zona 3 (Substrato geologico coesivo sovraconsolidato fratturato/alterato SFCO)



Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con livelli pelitici prevalenti: rapporto $L/P < 1/3$.

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

FORMAZIONE DI SERPIANO (SRP) - - MEMBRO DEI POGGI DI FONTANALUCCIA (SRP1)

Torbiditi siltitico-pelitiche e marnoso-pelitiche in strati sottili e medi. Livelli di selce nera in liste, frequenti soprattutto nella parte inferiore.

ARGILLE DI FIUMALBO (FIU) (Bartoniano - Rupeliano)

Argille, argilliti e argilliti-marnose grigio-scure, verdastre e rosse con stratificazione poco evidente, con intercalazioni di sottili strati gradati di siltiti e areniti finissime e fini, grigio-verdastre, o di straterelli calcarenitico-marnosi nella parte bassa. Nella parte alta argilliti marnose grigio-cenere con intercalazioni di siltiti e areniti fini in strati sottili.

- Zona 4 (Substrato geologico coesivo sovraconsolidato CO)



Argille, argille marnose e argille siltose strutturalmente ordinate, stratificate, con eventuale rara presenza di livelli arenitici

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

MARNE DI CIVAGO (CIV) (Aquitaniiano)

Marne grigio-cenere, spesso siltose, a stratificazione mal distinguibile. Localmente livelli di selce nera. Intercalazioni di sottili strati arenacei discontinui anche di origine vulcanoclastica, di livelli arenitici grossolani a matrice marnosa con abbondante glauconite risedimentata, di breccie argillose. Deposito di scarpata. Contatto inferiore discordante sulle successioni sottostanti. Spessore di 50-100 m.

MARNE DI MARMORETO (MMA) (Rupeliano p.p. - Chattiano p.p)

Marne, marne siltose e marne calcaree, grigie, a stratificazione mal visibile con rare intercalazioni di siltiti ed arenarie fini grigio-chiare, giallastre per alterazione, anche di origine vulcanoclastica. Nella parte basale è talora presente un livello spesso pochi metri costituito da torbiditi a base arenacea molto fine e tetto marnoso. Contatto inferiore discordante su FIU e su AVC. Deposito di scarpata. Spessore massimo di circa 100 m.

- Zona 5 (Substrato geologico coesivo sovraconsolidato fratturato/alterato SFCO)



Argille a struttura primaria caotica (debris flow e mud flow) - unità costituite in prevalenza da argille con a luoghi subordinati inclusi lapidei che determinano una tessitura clastica,

Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

MARNE DI CIVAGO - LITOFACIES A BRECCE DEL RIO RUMALE (CIVa) (Aquitaniiano)

Orizzonti plurimetri di breccie grossolane poligeniche ad elementi per lo più argillitici e calcarei. Intercalate nella parte bassa delle Marne di Civago.

MARNE DI MARMORETO - LITOFACIES A BRECCE DEL RIFUGIO BATTISTI (MMAa)

Nella parte basale delle Marne di Marmoreto. Breccie grossolane originate da debris flow talora grossolanamente stratificate. Clasti argillitici e calcarei di origine ligure-subligure in matrice argillitica scura

ARGILLE DI FIUMALBO - LITOFACIES A BRECCE DI RICCOVOLTO (FIUa)

Breccie argillitico-calcaree ad elementi liguri (calcarei micritici, calcareniti, areniti fini e siltiti) originate da debris flow al contatto fra le Argille di Fiumalbo e le successioni liguri sottostanti. Matrice argillosomarnosa scura, localmente rossastra.

BRECCE ARGILLOSE POLIGENICHE (BAP) (Cretaceo inferiore - Oligocene)

Breccie poligeniche a matrice argillosa nerastre o grigiastre, con clasti di calcari micritici grigio-giallastri, talora selciferi, siltiti nerastre, calcareniti, calcari marnosi grigi, areniti e marne calcaree grigie. Stratificazione indistinta. Depositi di colate miste di fango e detrito (debris flow) in ambiente marino profondo. Interdigitazione con AVC, FIU e MMA. Potenza variabile da 0 a 100 m.

- Zona 6 (Substrato geologico coesivo sovraconsolidato fratturato/alterato SFCO)



Argille intensamente tettonizzate, argilliti costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate. Rientrano in questa zona le seguenti formazioni geologiche affioranti:

ARGILLE VARIEGATE DI GRIZZANA MORANDI (AVT) (Cenomaniano sup.? -Santoniano sup.?)

Argilliti e argille rosso violacee, verdastre, grigio-scure e grigio azzurrognole, con subordinate siltiti grigio-scure o nere manganesifere, in strati sottili o molto sottili e calcilutiti grigio-verdi in strati sottili e medi. Formazione intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento. Contatto inferiore non preservato. Pelagiti e torbiditi distali di ambiente di piana abissale. Potenza fino a 200 m circa.

ARGILLE A PALOMBINI (APA) (Barremiano - Turoniano?)

Argilliti ed argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, rossastre o grigio-azzurrognole, fissili (nella pelite è spesso presente un clivaggio scaglioso a carattere pervasivo), alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre in superficie alterata, talvolta con base arenitica da fine a grossolana, in strati da medi a spessi (molto spesso discontinui per motivi tettonici) e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi. Rapporto Argilla/Calcario quasi sempre >1. La formazione in genere è intensamente deformata con perdita dell'originario ordine stratigrafico alla scala dell'affioramento; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati". All'interno della formazione sono talora presenti lembi di basalti (β) e serpentiniti (Σ)

ARGILLITI VARIEGATE CON CALCARI (AVC) (Hauteriviano - Cenomaniano inf.)

Argilliti, bruno verdastre, grigio-verdi o grigio piombo, talora in bande blu, in strati sottili con intercalate calcilutiti grigie, in strati da sottili a molto spessi, a volte marnose al tetto, e siltiti e arenarie fini in strati sottili. Argilliti brune o verdine più raramente varicolori intercalate a strati siltoso-calcarei o arenarie fini gradate. Breccie argillitico-calcaree a prevalenti clasti di calcari tipo palombini. Rapporto A/C >1. Deposito di ambiente marino profondo. Contatto inferiore generalmente non affiorante. Potenza fino a circa 300 m.

- LITOFACIES A BRECCIE OFIOLITICHE (AVCa)

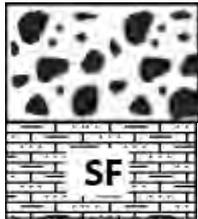
Lenti di breccie poligeniche con clasti ofiolitici e subordinatamente calcarei e diasprini; presente nella parte bassa della formazione.

- Zona 7 (GW)



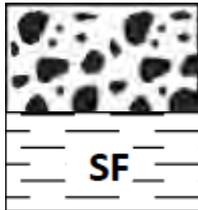
3,0 - 7,5 m con spessore medio di 5 - 6 m

Substrato geologico lapideo stratificato fratturato/alterato



3,0 - 7,5 m con spessore medio di 5 - 6 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato



3,0 - 7,5 m con spessore medio di 5 - 6 m

Substrato geologico coesivo sovraconsolidato Fratturato/alterato

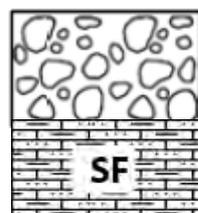
Depositi alluvionali recenti

- Zona 8 (GP)



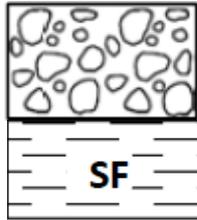
7,5 - 12,5 m con spessore medio di 9-10 m

Substrato geologico lapideo stratificato fratturato/alterato



7,5 - 12,5 m con spessore medio di 9-10 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato

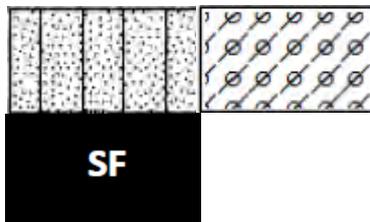


7,5 - 12,5 m con spessore medio di 9-10 m

Substrato geologico coesivo sovraconsolidato

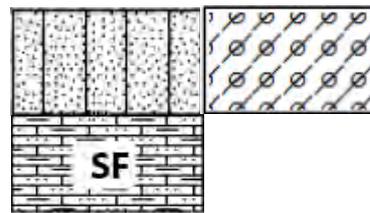
Depositi alluvionali terrazzati con terrazzi del I ordine.

- Zona 9 (SM e SC)



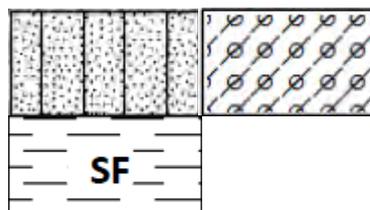
10-20 m con spessore medio di 15 m

Substrato geologico lapideo stratificato
fratturato/alterato



10-20 m con spessore medio di 15 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato
fratturato/alterato



10-20 m con spessore medio di 15 m

Substrato geologico coesivo sovraconsolidato

Coltre di materiale detritico su versante, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e miscele di sabbie ed argille) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi.

- Zona 10 (GM)



20-30 m con spessore medio di 25 m

Substrato geologico lapideo stratificato fratturato/alterato

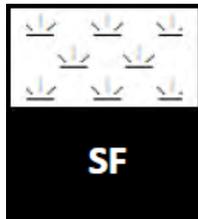


20-30 m con spessore medio di 25 m

Substrato geologico coesivo sovraconsolidato

Depositi detritici sciolti a struttura caotica costituiti da materiali eterometrici inglobati in matrice limoso - sabbiosa.

- Zona 11 (PT)



Zone caratterizzate da torbe e sedimenti organici di spessore non noto

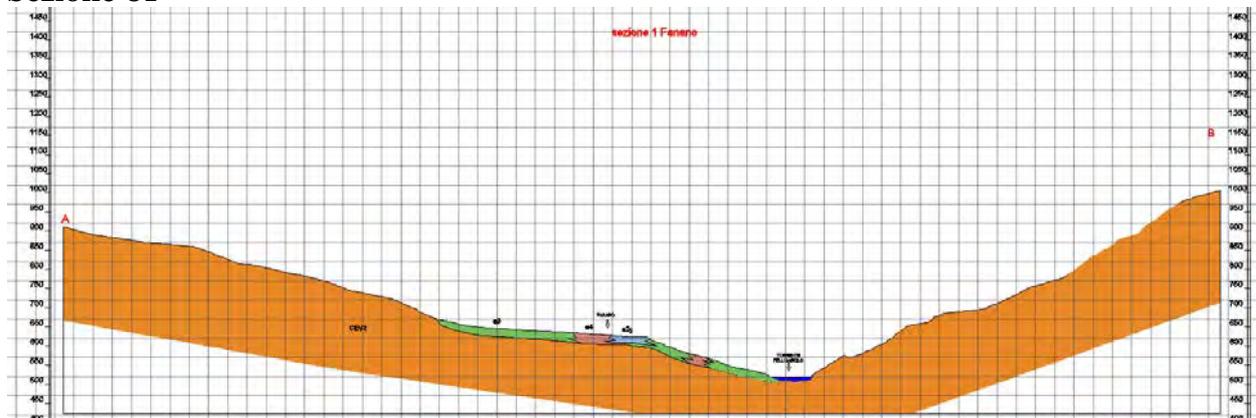
Substrato geologico lapideo stratificato fratturato/alterato

Limi e depositi di materiale organico alloggiati in depressioni per lo più di origine glaciale.

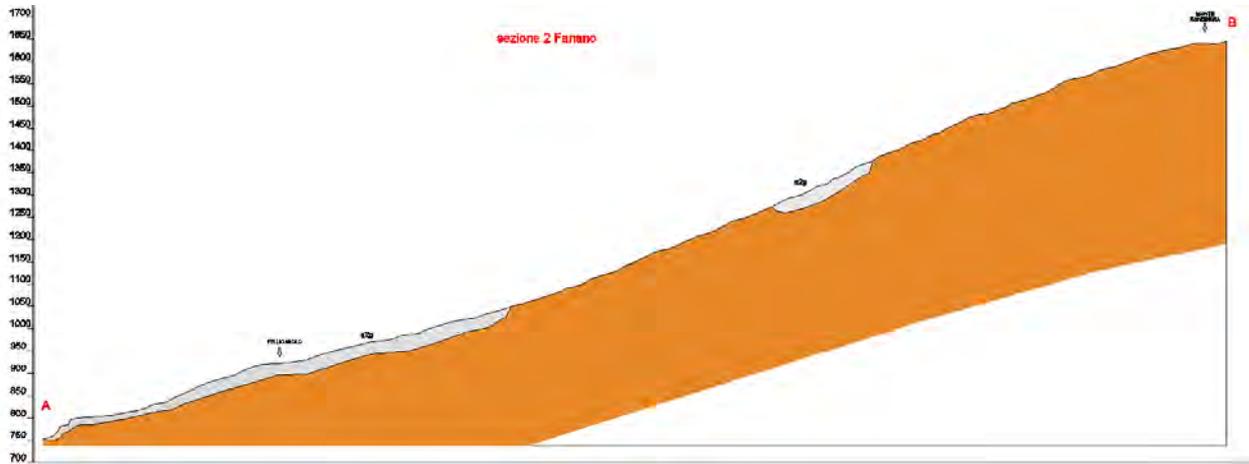
- Zona 12 (Substrato geologico con amplificazione topografica)

Si riportano anche le due sezioni litotecniche dell'area di Fanano, che potranno essere utilizzate per l'eventuale modellazione numerica per gli studi di terzo livello.

Sezione 01



Sezione 02



Zone suscettibili di instabilità

Tra le zone suscettibili di instabilità, nel territorio comunale sono state individuate le seguenti:

- Zona 13



Deposito di frana attiva per crollo e/o ribaltamento

- Zona 14



Deposito di frana attiva per scivolamento con spessore $10 < h < 20$ e spessore medio di circa 15m

- Zona 15



Deposito di frana attiva per colamento di fango con spessore $5 < h < 15$ e spessore medio di circa 10m

- Zona 16



Deposito di frana attiva complessa con spessore $10 < h < 20$ e spessore medio di circa 15m e/o Deposito di frana attiva per scivolamento in blocco o DGPV con spessore $10 < h < 20$ e spessore medio di circa 15m

- Zona 17



Deposito di frana attiva di tipo indeterminato

- Zona 18



Deposito di frana quiescente per scivolamento con spessore $15 < h < 25$ e spessore medio di circa 20m

- Zona 19



Deposito di frana quiescente per colamento di fango spessore $10 < h < 20$ e spessore medio di circa 15m e/o Deposito di frana quiescente per colamento detritico spessore $5 < h < 10$ e spessore medio di circa 7.5m

- Zona 20



Deposito di frana quiescente complessa con spessore $15 < h < 25$ e spessore medio di circa 20m e/o Deposito di frana quiescente per scivolamento in blocco o DGPV con spessore $15 < h < 25$ e spessore medio di circa 20m

- Zona 21



Deposito di frana quiescente di tipo indeterminato

- Zona 22



Deposito di frana naturalmente stabilizzata o relitta di tipo indeterminato

Forme di superficie e sepolte

Le forme di superficie e sepolte che possono essere utili negli studi di microzonazione qui individuati sono:

- Conoidi alluvionali

Sono inoltre individuate tutti quegli elementi che possono determinare amplificazione topografica quali scarpate terrazzi e creste.

Le tracce di amplificazione topografica sono riportate in carta ed identificate da un numero progressivo. Queste tracce interessano solo aree urbanizzate ed urbanizzabili e la loro estensione è motivata sulla base della morfologia individuata

8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

La carta delle velocità delle onde di taglio (Vs), rappresenta la sintesi delle velocità delle onde di taglio con indicazione per ogni punto di misura di:

- del tipo di prova geofisica che è stata effettuata;
- della profondità del substrato H (in m) e di V_{SH} (in m/s) *nelle aree in cui $H < 50$ m*;
- di V_{s30} (in m/s) *nelle aree in cui $H > 50$ m*.

I valori di Vs sono stati calcolati in base a dati acquisiti con indagini sismiche di superficie sia di tipo attivo che passivo opportunamente combinate tra di loro per meglio definire il profilo, con la profondità, di velocità delle onde S:

- 33 prospezioni sismiche attive con metodo MASW e FTAN in onde Rayleigh e Love (array sismico 1D sia con geofoni verticali che orizzontali con analisi della componente verticale e radiale dell'onda di Rayleigh e trasversale dell'onda di Love);
- 13 prospezioni sismiche passive con metodo ESAC in onde Rayleigh (array sismico bidimensionale 2D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);

- 5 prospezioni simiche passive con metodo REMI in onde Rayleigh (array sismico 1D con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 15 prospezioni simiche passive con metodo SPAC (nc-CCA) in onde Rayleigh (array sismico a disposizione circolare con geofoni verticali con analisi della componente verticale dell'onda di Rayleigh);
- 33 misure di sismica passiva con tecnica a stazione singola con acquisizione di microtremori con metodo Horizontal to Vertical Spectral Ratio (HVSr).

In riferimento ai valori di velocità V_s calcolati con la seconda delle metodologie sopra indicate e sull'interpretazione critica delle prove geognostiche disponibili, è stato possibile estendere l'informazione sulla profondità H del substrato rigido avvalendosi della relazione che collega la frequenza di risonanza con la profondità del substrato rigido e la velocità media delle onde S .

In generale le elaborazioni delle acquisizioni effettuate hanno evidenziato quanto sotto riportato e suddiviso sulla base dei terreni di copertura e del substrato geologico:

- Terreni di copertura:

Accumuli di frana

$V_s = 250 \div 550$ m/s;

Depositi di versante sl

$V_s = 200 \div 500$ m/s;

Substrato geologico:

Dominio Toscano:

Prevalentemente arenacee - arenaceo conglomeratiche

$V_s = 600 - 800 / >800$ m/s (bedrock sismico)

Prevalentemente argillitiche - argillose

$V_s = 500 - 600$ m/sec

L'elaborato è stato redatto in scala 1:10000

8.6 Carta di microzonazione sismica (livello 2 o 3)

Gli sviluppi delle aree oggetto di microzonazione sismica di secondo livello di approfondimento individuano aree a comportamento sismico equivalente, attribuendo alle stesse indici quantitativi che definiscono in base alle condizioni stratigrafiche e topografiche l'amplificazione sismica attesa ($T_r = 475$ anni; $\zeta = 5\%$).

La carta di microzonazione sismica assegna ad ognuna delle microzone individuate valori dei Fattori di Amplificazione (F.A.) calcolati mediante appositi abachi predisposti dalla Regione Emilia-Romagna o dal Dipartimento di Protezione Civile Nazionale.

Nello specifico per il comune di Pievepelago, trattandosi di comune dell'alto appennino modenese, gli abachi del Dipartimento di Protezione Civile Nazionale, concepiti esclusivamente per le aree di pianura, non sono utilizzabili, pertanto i fattori di amplificazione sono stati stimati solo in base agli abachi messi a disposizione dalla Regione Emilia-Romagna (v. Allegato A2 della DGR 2193/2015).

Questi ultimi prevedono una serie di dati di ingresso che comprendono il contesto geologico di riferimento, lo spessore di copertura ed il tipo di substrato geologico ed i parametri V_{s30} e V_{sH} .

Il parametro scelto per quantificare l'amplificazione, come sopra ricordato, non corrisponde al parametro F_a o F_v degli ICMS 2008; a tal proposito sono stati individuati due parametri rappresentativi del moto di amplificazione del sisma al suolo.

Questi parametri sono espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi, dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Nello specifico pertanto la carta di microzonazione sismica si compone, per ogni microzona individuata di tre fattori differenti sotto descritti:

FPGA = Fattore di amplificazione dell'accelerazione di picco PGA ;

SI1 = Fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo di periodo T compreso tra 0,1-0,5 s ($FA IS$ 0,1-0,5 s);

SI2 = Fattore di amplificazione dell'intensità di Housner nell'intervallo di periodo T compreso tra 0,5-1,0 s ($FA IS$ 0,5-1,0 s);

Le microzone individuate sono suddivise, nelle aree interessate dall'urbano e suscettibili di trasformazioni urbanistiche da:

- zone stabili: nelle quali non si ipotizzano effetti di alcuna natura, se non lo scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento;

- zone stabili suscettibili di amplificazione locali: nelle quali sono attese amplificazione del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafia e morfologica locale; Le zone di questa categoria saranno caratterizzate numericamente dai valori di *FPGA*, *SI1* e *SI2*, dedotti dagli abachi.

- zone suscettibili di instabilità: nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio.

Inoltre nelle microzone con presenza di creste e/o scarpate e di versanti con pendenza sono stati determinati i fattori di amplificazione per effetti della topografia, visualizzati in campiture puntinate associate alla sigla *Ft* che individua il valore del coefficiente di

amplificazione, determinato con le procedure previste al punto 2.5.4.2 e relativi abachi, delle Linee Guida II degli ICMS. 2008.

In linea generale si può affermare che i valori dei fattori di amplificazione dell'accelerazione di picco al suolo (PGA) e dell'intensità di Housner (IS) individuati per le microzone, evidenziano comportamenti di risposta sismica sensibilmente differenziati in rapporto alle caratteristiche litologiche del substrato, ed al tipo di copertura e spessori che ad esso competono.

Dalle analisi condotte, si riscontra che

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

- Zona 2 (Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato SFALS)



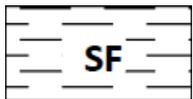
Ammassi rocciosi strutturalmente ordinati costituiti da alternanze tra livelli lapidei (Es: arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti ecc.) e livelli pelitici con rapporto tra livelli lapidei e livelli pelitici $3 > L/P > 1/3$.

$$FPGA = 1.2$$

$$SI1 = 1.3$$

$$SI2 = 1.3$$

- Zona 6 (Substrato geologico coesivo sovraconsolidato fratturato/alterato SFCO)



Argille intensamente tettonizzate, argilliti costituite in prevalenza da argille che a causa della loro storia tettonica risultano intensamente piegate e fratturate.

$$FPGA = 1.2 - 1.8$$

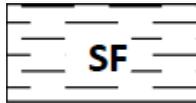
$$SI1 = 1.3 - 1.7$$

$$SI2 = 1.3 - 1.5$$

- Zona 8 (GP)



7,5 - 12,5 m con spessore medio di 9-10 m



Substrato geologico coesivo sovraconsolidato fratturato/alterato

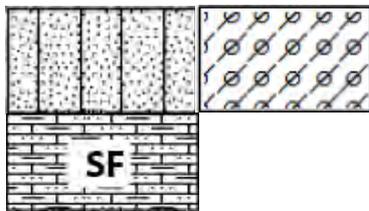
Depositi alluvionali terrazzati con terrazzi del I ordine.

FPGA = 1.7

SI1 = 1.3

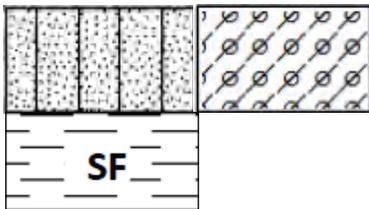
SI2 = 1.0

- Zona 9 (SM e SC)



10-20 m con spessore medio di 15 m

Substrato geologico alternanza di litotipi stratificato fratturato/alterato



10-20 m con spessore medio di 15 m

Substrato geologico coesivo sovraconsolidato fratturato/alterato

Coltre di materiale detritico su versante, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e miscele di sabbie ed argille) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi.

FPGA = 1.2 - 1.9

SI1 = 1.0 - 2.0

SI2 = 1.0 - 1.9

- Zona 11 (Substrato geologico con amplificazione topografica)

FPGA = 1.1 - 1.2

SI1 = 1.1 - 1.2

SI2 = 1.1 - 1.2

Le zone suscettibili di instabilità che ricadono nel territorio di Fiumalbo risultano essere quelle legate alle dinamiche di versante.

L'elaborato è stato redatto in scala 1:5000

8.7 Commenti finali e criticità

In linea generale si riscontra come le frazioni liotidi che costituiscono la serie Toscana e su cui sorgono i principali centri abitati e una buona parte della porzione del territorio comunale denotano fattori di amplificazione piuttosto bassi corrispondenti a 1,2 - 1,3 per FPGA. ed a 1,2 - 1,3 per SI $0,1 < T < 1,0$ s. Per quanto riguarda le litologie marnoso-argillitiche i fattori di amplificazione aumentano e risultano corrispondenti a 1,2 - 1,8 per FPGA. ed a 1,3 - 1,7 per SI $0,1 < T < 1,0$ s

Tale ammassi rocciosi costituiti da alternanze tra livelli lapidei e livelli pelitici a seconda della prevalenza del livello lapideo evidenziano fattori di amplificazione più o meno ampi. I valori più alti di amplificazione si riscontrano, in linea di massima, nelle formazioni ovviamente con i livelli pelitici prevalenti.

Va comunque sottolineato, come localmente, l'alterazione superficiale di questo substrato geologico e la presenza di coperture detritiche possano portare influenzare in maniera preponderante le condizioni di amplificazione locale. Ciò è facilmente riscontrabile sui profili di velocità delle onde S desunti nello studio delle zone di dettaglio.

Analogamente, come già evidenziato, si riscontrano valori da medio elevati ad elevati dei fattori di amplificazione caratterizzano gli accumuli di frana ed i depositi detritici in senso lato che evidenziano $FPGA = 1,2 - 1,9$; $SI1 = 1,0 - 2,0$; $SI2 = 1,0 - 1,9$.

Anche per questa tipologia di forme, localmente, il grado di addensamento può influenzare in maniera preponderante le condizioni di amplificazione locale.

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Per quanto attiene il confronto con eventi passati non è stato possibile reperire alcuna informazione in merito ai danni degli eventi passati

10. BIBLIOGRAFIA

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARATA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 236 PAVULLO NEL FRIGNANO. ISPRA SGI
Enti realizzatori Regione Emilia-Romagna SGSS, a cura di F.PANINI, G.BETTELLI, M.PIZZILO.

- NOTE ILLUSTRATIVE della CARTA GEOLOGICA D'ITALIA (2002) alla scala 1:50.000, foglio 251 PORRETTA TERME. ISPRA SGI
Enti realizzatori Regione Emilia-Romagna SGSS, a cura di F. Botti, G. Daniele, F. Baldacci

- DGR 1227/2015. Deliberazione della Giunta Regionale n. 1227 del 31/08/2015, "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'OCDPC 171/2014". Boll. Uff. Reg. Emilia- Romagna n.244 del 23/09/2015.

- LOCATI M., CAMASSI R. e STUCCHI M. (a cura di), 2011 . BDMI11, la versione 2011 del Database Microsismico Italiano. Milano,

- GRUPPO DI LAVORO MS,2008. "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Conferenza delle Regioni e delle province Autonome - Dipartimento della protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.

- DGR 2193/2015. Deliberazione della Giunta della Regione Emilia-Romagna n.2193 del 21/12/2015: approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in emilia-romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112.". Boll. Uff. Reg. Emilia- Romagna n.4 del 08/01/2016.

- MELETTI C. e VALENSISE G., 2004. Zonazione sismogenetica ZS9-App. 2 al rapporto Conclusivo. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

- BOCCALETTI M. - MARTELLI L. - AA.VV. (2003) – Carta sismotettonica della Regione Emilia Romagna. S.E.L.C.A. Firenze

- OPCM 3274/2003. Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003: "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. 155, 08/05/2003, suppl. ord. N. 72.

- BOSELLINI A- MUTTI E - RICCI LUCCHI F. (1989) - Rocce e Successioni sedimentarie UTET