



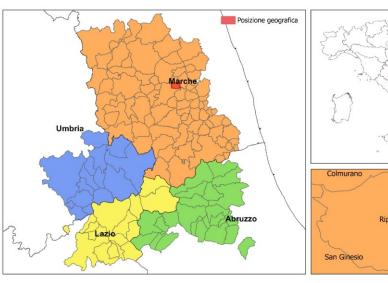


Microzonazione sismica di livello 3 del Comune di Colmurano ai sensi dell'ordinanza del commissario straordinario n. 24 registrata il 15 maggio 2017 al n. 1065

MICROZONAZIONE SISMICA **RELAZIONE ILLUSTRATIVA**

Regione Marche

Comune di Ripe San Ginesio





Regione

Soggetti realizzatori:

Geolo incaricato:

Dott. Geol. Paolo Giacomelli

Collaboratore:

Dott. Geol. Carlo Gualtieri

Data:

Gennaio 2018

Indice

RELAZIONE ILLUSTRATIVA	4
1. INTRODUZIONE	4
1.1 Finalità degli studi	4
1.2 Descrizione generale dell'area comunale	6
1.3 Definizione dei documenti di base utilizzate nello studio – Aree da sottoporre agli studi di MS	7
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	9
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	18
5 – CARTA DELLE INDAGINI	22
6 – CARTA GEOLOGICO-TECNICA	24
7 – SEZIONI GEOLOGICHE	28
8 – CARTE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA	28
8.2 - Zone di attenzione per le instabilità di versante (ZA _{FR})	30
8.3- Zone di attenzione per Faglie attive e capaci (ZA _{FAC})	31
8.4- Zone di attenzione per liquefazione (ZA _{LQ})	31
9 - DATI DI NUOVA ACQUISIZIONE E DESCRIZIONE PIANO DI INDAGINI	31
9.1 Caratteristiche delle strumentazioni utilizzate	31
Strumentazione per indagini sismiche MASW	31
Strumentazione per indagini sismiche passive HVSR	37
Strumentazione per indagine sismica down-hole	37
9.2 Cenni teorici sulle indagini sismiche con metodologia MASW	40
9.3 Cenni teorici sulle indagini sismiche passive HVSR	41
9.4. Cenni teorici sulle indagini sismiche tipo down-hole	43
9.5. Sondaggio a carotaggio continuo condizionato per misure down-hole	44
10 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI	47
11 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE DELLE ZONE STABILI SUSCETTIBI AMPLIFICAZIONE LOCALE	
12 DETERMINAZIONE DELLE Vs ₃₀ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	56
13 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	60
13.1 Zone stabili suscettibili di amplificazione	60
13.2 Scelta dell'input sismico (fornito dal Centro MS)	60
13-3 Simulazioni numeriche (eseguite dal Centro MS per la simulazione 2D)	60
13 4 Risultati	61

14 - CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3	67
14.1. Carte dei fattori di amplificazione	67
15 COMMENTI FINALI E CRITICITA'	67
16 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI	68
17 BIBLIOGRAFIA	69
Allegati nel testo: Simulazione numeriche 2D	71
ALLEGATI FUORI TESTO	
Carta delle indagini in scala 1:5.000	
Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:5.000	
Carta Geologico-Tecnica per la MS (CGT_MS) in scala 1:5.000	
Sezioni geologico-tecniche in scala 1:2.000	
Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) in scala 1:5.000	
Carte di Microzonazione Sismica (MS) di livello 3 in scala 1:5.000	
Accelerogrammi calcolati in superficie Spettri di risposta in accelerazione	

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

1. INTRODUZIONE

Il presente studio di microzonazione sismica di terzo livello del comune di Ripe San Ginesio è stato redatto in ottemperanza dell'ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri "Assegnazione dei finanziamenti per gli studi di microzonazione sismica di III livello ai Comuni interessati dagli eventi sismici verificatisi a far data dal 24 agosto 2016 e proroga di termini di cui all'ordinanza n. 13 del 9 gennaio 2017".

Le disposizioni di suddetta ordinanza sono finalizzate a dotare i Comuni nei territori delle Regioni Abruzzo, Lazio, Marche e Umbria, interessati dagli eventi sismici del 24 agosto e 26 - 30 ottobre 2016, di studi di microzonazione sismica di III livello come definiti dagli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati il 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome, da utilizzare per la pianificazione e la progettazione esecutiva nelle aree maggiormente colpite dal sisma.

Lo studio è stato redatto secondo le modalità stabilite nei documenti di seguito elencati:

- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" (ICMS) di cui sopra;
- "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" Microzonazione sismica;
- Versione 4.0b, definiti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica, istituita ai sensi dell'articolo 5, comma 7, dell'ordinanza del Capo del Dipartimento della Protezione Civile n. 3907 del 13 novembre 2010;
- "criteri di utilizzo degli studi di microzonazione per la ricostruzione" di cui al documento allegato al n. 1 dell'ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017.

L'attività è stata svolta con il supporto ed il coordinamento scientifico del Centro per la microzonazione sismica (CMS) del Consiglio Nazionale delle Ricerche (CNR), ai sensi dell'articolo 2, comma 1, lettera l-bis), punto 3, del decreto legge n. 189 del 2016.

1.1 Finalità degli studi

Lo studio di Microzonazione sismica di livello 1 e 3 del centro abitato di Ripe San Ginesio (MC) realizzato secondo i dettami degli Indirizzi e Criteri di Microzonazione Sismica, a seguito della Conferenza delle Regioni in data 13 novembre 2008, ha il merito di aver omogeneizzato le metodologie di analisi e le procedure (sia sotto il profilo formale sia sostanziale), creando un modus operandi condiviso nel panorama nazionale di settore.

Il livello 3 rappresenta il livello più approfondito di indagini, che permette di giungere ad una microzonazione di dettaglio del territorio, basata su metodologie di analisi di tipo quantitativo.

Nello specifico la MS, partendo da un esteso studio di carattere geologico e geomorfologico, unitamente alla ricerca dei dati relativi alle indagini effettuate sul territorio, individua e caratterizza:

- le *Zone Stabili*: aree nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura (litotipi assimilabili al substrato sismico in affioramento con morfologia pianeggiante o poco inclinata) e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equivalenti a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- le *Zone stabili suscettibili di amplificazione sismica*, in cui il moto sismico viene modificato a causa delle caratteristiche litostratigrafiche e/o geomorfologiche del territorio;
- le *Zone suscettibili di instabilità*, ovvero zone suscettibili di attivazione dei fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, presenza di cavità antropiche, fagliazioni superficiali, ecc.).

Si specifica che il seguente studio è stato redatto in linea con quanto previsto da:

- Disciplinare di incarico per lo studio di Microzonazione sismica di livelli 1 e 3 del Comune di Ripe San Ginesio (tipologia di affidamento B);
- Protocollo si acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III nei 140 Comuni di cui all'Ordinanza n.24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri. A cura del Centro di Microzonazione Sismica e le sue applicazioni. Agosto 2017;
- Ordinanza n.24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri registrata il 15 maggio 2017 al n.1065;
- 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. Disponibili nel sito web del Dipartimento della Protezione Civile, area "Rischio Sismico". Link: http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_pub.wp?contentId=PUB1137
 - Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la microzona. Ingegneria
- Sismica, Anno XXVIII n.2 2011. Link: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/aggiornamento_indirizzi_micrzonazio ne sismica.pdf;
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. a. Versione 4.0b. Roma, ottobre 2015. 122 pp. Link: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/StandardMS_4_0b.pdf;

- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC), Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome Dipartimento della protezione civile, Roma. Link: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LineeGuidaFAC_v1_0.pdf;
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2017. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ). Dipartimento della protezione civile, Roma. Versione 1.0.
 - http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LG Liq v1 0.pdf;
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da instabilità di versante sismoindotte (FR). Dipartimento della protezione civile, Roma. Versione 1.0.
 - http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LG Frane v1 0.pdf;
- Regione Emilia Romagna, 2015. Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica. Allegato A3 - Procedure di riferimento per le analisi di terzo livello di approfondimento;
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2014. Linee guida per l'elaborazione della carta e delle sezioni geologico tecniche per la microzonazione sismica (CGT_MS). Dipartimento della protezione civile, Roma. Bozza, ver. 1.2 beta;
- Significato e contenuto degli studi di MS di livello 2 e 3. Link: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/Significato_e_contenuto_degli_studi_di MS di livello 2 e 3.pdf;
- Software per l'archiviazione delle indagini per la MS (SoftMS versione 4.0). Link: Software per l'archiviazione delle indagini per la MS (SoftMS versione 4.0).

1.2 Descrizione generale dell'area comunale

Il territorio del Comune di Ripe San Ginesio, ubicato nella provincia di Macerata, si estende su una superficie di circa 10,11 kmq ed è situato nella porzione mediana della Provincia di Macerata.. Esso confina con i comuni di Colmurano, Loro Piceno, San Ginesio e Sant'Angelo in Pontano.

Il Comune è composto, di fatto, da un originario nucleo abitato che partendo dal centro storico, posto al culmine della dorsale morfologica, quota massima pari a 340 m. s.l.m., si estende lungo il versante ad est fino alla vallata del torrente Fiastra dove, dal dopoguerra, si è avuta una discreta espansione abitativa e demografica legata anche ad una significativa evoluzione delle attività imprenditoriali. Attualmente il nucleo abitato maggiore si estende oltre che al centro storico, lungo

l'asse viario principale che percorre la vallata del torrente Fiastra, in area pressoché pianeggiante ove è presente anche un piccolo nucleo artigianale.

Dal punto di vista orografico, il territorio comunale rientra nella fascia medio-collinare del maceratese, con quote comprese tra 280,0 m s.l.m. (T.Fiastra) e 450,0 m s.l.m.

Tale settore collinare, è costituito essenzialmente da litotipi di natura pelitico-arenacea ed arenaceo-pelitica di età Messiniana (Miocene superiore), facilmente erodibili; la morfologia, pertanto, risulta particolarmente articolata, per la presenza di diffusi fenomeni erosivi e di dissesto idrogeologico che interessano principalmente i versanti impostati su terreni argillosi. Al tetto tali litologie sono ricoperte dai depositi delle alluvioni terrazzate, susseguitesi in diverse fasi deposizionali ed a differenti quote lungo il versante e nel fondovalle.

In corrispondenza dei litotipi maggiormente competenti sono presenti nette rotture morfologiche piuttosto acclivi, che risaltano bruscamente sul paesaggio circostante.

Il rilievo collinare principale è costituito dal colle del Capoluogo.

Le aree più depresse si rinvengono, invece, in corrispondenza della valle alluvionale del T. Fiastra ad est (260,0-280 m s.l.m.), che scorre in direzione S-N.

Per quanto riguarda l'idrografia, il territorio comunale di Ripe San Ginesio, ricade nei bacini imbriferi del Torrente Fiastra ad est e del torrente Entogge ad ovest, altro corso d'acqua di un certo rilievo e suo affluente di sinistra.

Numerosi e brevi corsi d'acqua di minore importanza e a carattere prettamente stagionale, scorrono lungo i versanti collinari, secondo linee di massima pendenza, affluendo direttamente nei principali collettori idrici sopracitati.

1.3 Definizione dei documenti di base utilizzate nello studio – Aree da sottoporre agli studi di MS

Le aree oggetto degli studi, indicate dal Centro di Microzonazione Simica, sono state definite in accordo con l'Amministrazione Comunale. Si tratta di aree dove si concentra pressoché la totalità delle residenze e delle attività artigianali, industriali e commerciali dell'intero territorio comunale..

La metodologia di analisi adottata può essere così riassunta:

- acquisizione dei dati esistenti¹ e loro elaborazione ed interpretazione;
- rilevamento geolitologico e geomorfologico integrativo alla scala 1:5.000;
- redazione dei seguenti elaborati cartografici:

Carta delle Indagini, alla scala 1:5.000;

Carta Geologico-Tecnica, alla scala 1:5.000;

Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, alla scala 1:5.000;

Sezioni Geolitologiche (n°6), alla scala 1:2.000;

Carta delle Frequenze, alla scala 1:5.000

Carta di microzonazione sismica di livello 3 per l'intervallo di periodo 0,1 -0,5 s alla scala 1:5.000

Carta di microzonazione sismica di livello 3 per l'intervallo di periodo 0,4 -0,8 s scala 1:5.000

Carta di microzonazione sismica di livello 3 per l'intervallo di periodo 0,7 -1,1 s scala 1:5.000

- Relazione illustrativa;
- creazione di un database in formato "Access" e dei relativi shapefiles per la realizzazione delle carte sopra descritte.

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

- ✓ 314010 Colmurano
- ✓ 314050 Ripe San Ginesio
- ✓ 314060 Loro Piceno
- ✓ Carta Geologica Regione Marche in scala 1:10.000 reperibile al seguente link: http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-
 Urbanistica/Cartografia/Repertorio/Cartageologicaregionale10000;
- ✓ Piano Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Marche in aggiornamento al 2016: http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Paesaggio-Territorio-Urbanistica-Genio-Civile/Piano-assetto-idrogeologico/PAI-AdB-Marche-agg-2016/Cartografía;
 - ✓ Catalogo frane del progetto IFFI con poligoni forniti in formato shapefile dal Centro di MS;

Tutti i raster adoperati sono stati georeferenziati al sistema di coordinate di riferimento WGS84UTM33N utilizzando alcuni punti di controllo (Ground Controll Point, GCP) riportati nella rete geodedica regionale. In particolare per ogni sezione è stata utilizzata la seguente procedura:

- 1. Trasformazione delle coordinate dei vertici dal sistema Gauss-Boaga (indicate nel cartiglio) al sistema WGS84UTM33N;
 - 2. Importazione del raster nel layer di lavoro del programma GIS;
- 3. Georeferenziazione del raster immettendo le coordinate di cui al punto 1 per i 4 vertici della sezione (GCP).

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

2.1. Sismicità storica dell'area di studio

Dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani 2015 Database Macrosismico Italiano 2015 dell'INGV (consultabile al seguente link: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/), che fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014, è stato possibile individuare la seguente storia sismica del comune di Ripe San Ginesio (aggiornata all'anno 2014):

PlaceID IT 52534

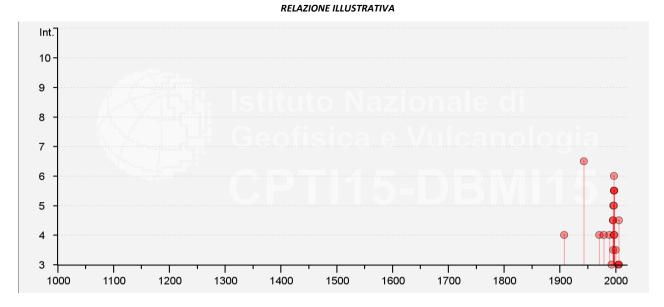
Coordinate (lat, lon) 43.149, 13.476 Comune (ISTAT 2015) Ripe San Ginesio

Provincia Macerata

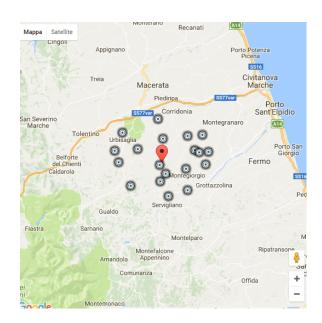
RegioneMarche

Numero di eventi riportati 27

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	lo	Mw
NF	1906 02 05 16 34	Valnerina	55	5	4,41
4	1908 11 16 16 28	Fermo	6	4	3,7
6-7	1943 10 03 08 28 29.00	Ascolano	170	8	5,67
2	1971 02 11 18 49 21.00	Valle del Chiascio	71	6	4,61
4	1971 10 04 16 43 32.60	Valnerina	43	5-6	4,51
4	1979 09 19 21 35 37.00	Valnerina	694	8-9	5,83
4	1989 09 11 02 46 23.93	Marche meridionali	60	5	4,04
3	1993 06 05 19 16 17.02	Valle del Topino	326	6	4,72
4-5	1995 12 30 15 22 08.73	Fermano	106	5	4,19
5	1996 01 01 12 21 41.54	Maceratese	91	5-6	4,2
3-4	1996 01 22 18 37 44.36	Fermano	76	5	3,96
4-5	1996 01 22 23 14 00.09	Maceratese	45	5	3,66
5-6	1997 09 26 00 33 12.88	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5,66
6	1997 09 26 09 40 26.60	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5,97
5-6	1997 10 06 23 24 53.29	Appennino umbro-marchigiano	437		5,47
5	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5,62
4	1997 11 09 19 07 33.27	Valnerina	180		4,87
4	1998 03 21 16 45 09.21	Appennino umbro-marchigiano	141		5
5-6	1998 03 26 16 26 17.03	Appennino umbro-marchigiano	409		5,26
2-3	2000 09 02 05 17 02.41	Appennino umbro-marchigiano	115	5	4,4
3-4	2000 10 24 07 52 23.70	Monti Sibillini	65	5	4,11
NF	2003 05 25 17 15 13.95	Ascolano	88	4-5	3,81
NF	2004 12 09 02 44 25.29	Teramano	213	5	4,09
3	2005 04 12 00 31 51.61	Maceratese	131	4	3,74
3	2005 12 15 13 28 39.59	Val Nerina	350	5	4,14
4-5	2006 04 10 19 03 36.67	Maceratese	211	5	4,06
3	2006 10 21 07 04 10.01	Anconetano	287	5	4,21



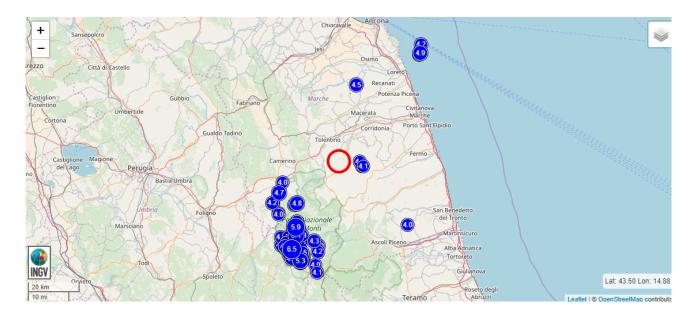
Località	EQs	Distanza (km)
Montappone	19	1
Monte Vidon Corrado	12	3
Mogliano	44	4
Falerone	31	5
Loro Piceno	40	5
Montegiorgio	56	5
Francavilla d'Ete	18	7
Alteta	1	7
Cerreto	1	8
Servigliano	33	8
Petriolo	20	8
Belmonte Piceno	25	8
Sant'Angelo in Pontano	15	8
Ripe San Ginesio	17	9
Magliano di Tenna	16	9
Monte San Pietrangeli	32	10
Urbisaglia	31	10
Rapagnano	24	10
Colmurano	29	10



2.2. Sismicità recente dell'area di studio

Dal database ISIDE (Italian Seismological Instrumental and Paramaetric Data-BasE - http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp) sono stati ricercati gli ultimi eventi sismici con magnitudo superiore a 4.0 avvenuti dal 2006 ad oggi entro un intorno di 50 km dal Comune di Ripe San Ginesio.

In particolare nel suddetto periodo si sono verificati n.64 eventi con una magnitudo M<5, n.4 eventi con 5<M<6 e n.2 eventi con M>6, di seguito ubicati ed elencati.



N.	#EventID	Time	Latitude	Longitude	Depth/Km	Author	Mag Type	Mag	EventLocationName
	2107499	2009-09-	43.399	13.418	37.8	BULLETIN-	Mw	4.5	2 km SW Montefano
1		20T03:50:17.320000				SISPICK			(MC)
	2145419	2010-01-	43.119	13.445	16.9	BULLETIN-	ML	4.0	3 km W Falerone (FM)
2		10T08:33:35.640000				SISPICK			
	2146189	2010-01-	43.119	13.451	17.1	BULLETIN-	Mw	4.1	2 km NW Falerone (FM)
3		12T08:25:11.320000				SISPICK			
	2146659	2010-01-	43.135	13.433	18.1	BULLETIN-	Mw	4.1	3 km W Montappone
4		12T13:35:45.290000				SISPICK			(FM)
	1589621	2012-12-	429.153	136.617	17.5	BULLETIN-	ML	4.0	2 km N Appignano del
5		05T01:18:20.290000				INGV			Tronto (AP)
	2367191	2013-07-	435.088	137.225	7.9	BULLETIN-	Mw	4.9	Costa Marchigiana
6		21T01:32:24.240000				INGV			Maceratese (Macerata)
	2368131	2013-07-	435.028	137.152	8.6	BULLETIN-	ML	4.0	Costa Marchigiana
7		21T03:07:24.440000				INGV			Maceratese (Macerata)
	2476111	2013-08-	435.392	137.238	8.9	BULLETIN-	Mw	4.2	Costa Marchigiana
8		22T06:44:51.580000				INGV			Anconetana (Ancona)
	7076161	2016-08-	427.922	131.507	8.0	BULLETIN-	Mw	5.3	5 km E Norcia (PG)
9		24T02:33:28.890000				INGV			

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

10	7105011	2016-08- 24T11:50:30.560000	428.197	131.602	9.8	BULLETIN- INGV	Mw	4.5	6 km E Norcia (PG)
11	7265151	2016-08- 27T02:50:59.310000	428.428	132.377	7.8	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	8 km W Montegallo (AP)
12	7343701	2016-08- 28T15:55:35.390000	428.232	132.323	8.7	BULLETIN- INGV	Mw	4.2	8 km NW Arquata del Tronto (AP)
13	7624821	2016-09- 03T10:18:51.210000	428.607	132.173	8.3	BULLETIN- INGV	Mw	4.3	6 km SE Castelsantangelo sul Nera (MC)
14	8663031	2016-10- 26T17:10:36.340000	428.802	131.275	8.7	BULLETIN- INGV	Mw	5.4	3 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
15	8669281	2016-10- 26T19:16:57.080000	428.792	131.567	8.4	SURVEY- INGV	ML	4.3	2 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
16	8669321	2016-10- 26T19:18:05.850000	429.087	131.288	7.5	BULLETIN- INGV	Mw	5.9	3 km NW Castelsantangelo sul Nera (MC)
17	8676191	2016-10- 26T21:42:01.940000	428.625	131.205	9.9	BULLETIN- INGV	Mw	4.5	5 km SW Castelsantangelo sul Nera (MC)
18	8692821	2016-10- 27T03:19:27.130000	428.427	131.427	9.2	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	6 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
19	8694191	2016-10- 27T03:50:24.080000	429.842	131.203	8.7	BULLETIN- INGV	Mw	4.1	5 km NW Ussita (MC)
20	8706291	2016-10- 27T08:21:45.600000	42.873	130.965	9.4	BULLETIN- INGV	Mw	4.3	5 km E Preci (PG)
21	8728691	2016-10- 27T17:22:22.920000	428.388	130.992	9.0	BULLETIN- INGV	Mw	4.2	5 km N Norcia (PG)
22	8831921	2016-10- 29T16:24:33.170000	428.113	130.947	10.9	BULLETIN- INGV	Mw	4.1	2 km N Norcia (PG)
23	8863681	2016-10- 30T06:40:17.360000	428.322	131.107	9.2	BULLETIN- INGV	Mw	6.5	5 km NE Norcia (PG)
24	8863891	2016-10- 30T06:44:30.670000	428.548	130.853	8.3	BULLETIN- INGV	ML	4.4	5 km SE Preci (PG)
25	8864271	2016-10- 30T06:55:54.210000	427.508	132.307	10.9	BULLETIN- INGV	ML	4.1	6 km W Arquata del Tronto (AP)
26	8864261	2016-10- 30T06:56:05.780000	427.993	131.077	10.5	BULLETIN- INGV	ML	4.2	1 km NE Norcia (PG)
27	8864691	2016-10- 30T07:01:32.690000	427.768	132.228	9.4	BULLETIN- INGV	ML	4.0	6 km W Arquata del Tronto (AP)
28	8864881	2016-10- 30T07:05:56.340000	427.963	131.607	9.1	BULLETIN- INGV	ML	4.1	5 km E Norcia (PG)
29	8864921	2016-10-	428.743	130.568	9.9	BULLETIN-	ML	4.1	2 km E Preci (PG)

		30T07:06:45.200000				INGV			
30	8866521	2016-10- 30T07:34:47.900000	429.273	131.328	9.5	BULLETIN- INGV	ML	4.0	2 km S Ussita (MC)
31	8870011	2016-10- 30T08:35:58.560000	428.367	130.788	10.3	BULLETIN- INGV	Mw	4.3	5 km N Norcia (PG)
32	8879831	2016-10- 30T11:21:08.660000	430.623	130.662	7.7	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	2 km W Pievebovigliana (MC)
33	8881771	2016-10- 30T11:58:17.460000	428.448	130.565	9.8	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	4 km SE Preci (PG)
34	8882341	2016-10- 30T12:07:00.210000	428.418	130.757	9.7	BULLETIN- INGV	Mw	4.5	5 km SE Preci (PG)
35	8887571	2016-10- 30T13:34:54.400000	428.063	131.658	9.6	BULLETIN- INGV	Mw	4.1	6 km E Norcia (PG)
36	8904671	2016-10- 30T18:21:09.000000	427.823	131.503	8.5	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	5 km E Norcia (PG)
37	8949131	2016-10- 31T07:05:44.890000	428.388	131.263	9.5	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	6 km NE Norcia (PG)
38	9033461	2016-11- 01T07:56:40.340000	429.902	131.345	8.3	BULLETIN- INGV	Mw	4.8	5 km N Ussita (MC)
39	9068331	2016-11- 01T18:03:07.660000	428.003	131.567	9.4	BULLETIN- INGV	ML	4.0	5 km E Norcia (PG)
40	9166761	2016-11- 03T00:35:01.290000	430.277	130.493	8.1	BULLETIN- INGV	Mw	4.7	2 km S Pieve Torina (MC)
41	9869761	2016-11- 14T01:33:43.970000	428.587	131.562	10.9	BULLETIN- INGV	ML	4.1	4 km S Castelsantangelo sul Nera (MC)
42	11382811	2016-12- 11T12:54:52.970000	429.048	131.175	8.5	BULLETIN- INGV	ML	4.3	3 km W Castelsantangelo sul Nera (MC)
43	13274891	2017-02- 03T03:47:55.870000	429.932	130.203	7.1	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	1 km E Monte Cavallo (MC)
44	13276121	2017-02- 03T04:10:05.320000	42.992	130.173	7.1	BULLETIN- INGV	Mw	4.2	1 km E Monte Cavallo (MC)
45	15023141	2017-04- 27T21:16:58.780000	429.572	130.458	7.9	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	5 km NW Visso (MC)
46	15023211	2017-04- 27T21:19:42.650000	42.952	130.467	7.9	BULLETIN- INGV	Mw	4.0	4 km NW Visso (MC)

La località epicentrale più vicina a Ripe San Ginesio è Visso da cui dista circa 40 Km mentre Amatrice è posta a circa 61 Km. L'evento sismico del 30 ottobre 2016 è stato quello maggiormente avvertito a Ripe San Ginesio, a seguito del quale il territorio Comunale è stato inserito nell'elenco dei Comuni del Cratere sismico.

2.2.1 Sequenza sismica del 2016

Il 24 agosto 2016 (Mw 6.2) e il 26 ottobre 2016 (Mw 6.1) si sono attivati i due estremi meridionale e settentrionale della struttura del Monte Vettore con evidenze di fagliazione di superficie.

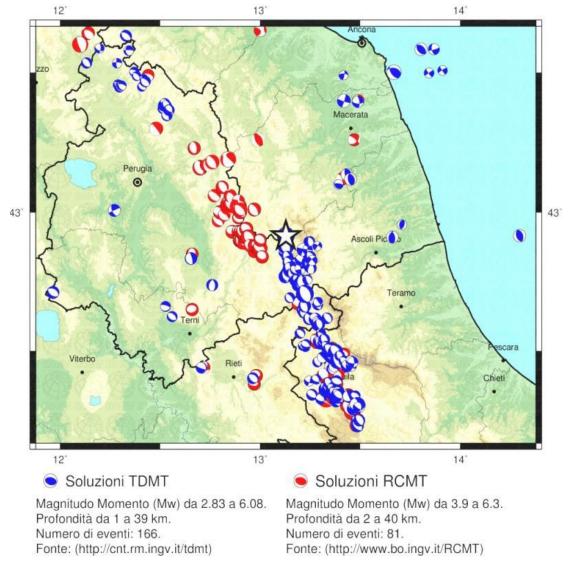
L'evento del 24 agosto è stato generato dall'attivazione del segmento di faglia del Cordone del Vettore e segmento del Monte Vettoretto e ha generato un movimento con rigetto verticale fino a 30 cm.

L'evento del 26 ottobre è stato generato dal segmento di Monte Bove Sud.

Il 30 ottobre, alle ore 7:40 locali, il terremoto di Mw 6.5 è stato invece generato dallo scorrimento di tutto il settore centrale della faglia, con un meccanismo focale normale su un piano orientato circa N155° e pendente in profondità meno di 50° verso WSW.

Il 26/10/2016 alle ore 21:18 (19:18:05 UTC) si è verificato un terremoto al confine tra la provincia di Macerata e quella di Perugia, con magnitudo locale (ML) 5.9 e magnitudo momento (Mw) pari a 5.9, l'evento è stato seguito da numerose repliche di magnitudo minore.

La zona attivata il 26/10/2016 alle ore 21:18 è risultata adiacente a quella attiva nelle settimane precedenti, estendendo l'area attiva dalla zona di Visso verso nord di circa 10 km,



fino al centro di Pieve Torina.

Si è trattato tratta di una faglia normale (estensionale) con piani di faglia paralleli alla direzione della catena appenninica corrispondente alla probabile attivazione di una nuova struttura, contigua con quella del 24 agosto 2016.

Le profondità ipocentrali calcolate dalla sala sismica INGV sono intorno a 8 km, mentre la posizione del centroide del TDMT è intorno ai 5 km.

La zona di Norcia e Visso è stata interessata in passato da forti terremoti, in particolare da terremoti di magnitudo stimata superiore a 6, come quello del 1328.

L'area interessata è adiacente a quella attiva nel 1997 (Colfiorito) che nella sua estensione meridionale aveva interessato Preci e Sellano. Di seguito la mappa dei meccanismi focali ricavati dai tensori momento sismico.

Tratto dalla "Relazione di dettaglio: Macerata Mw 5.9 del 2016-10-26 19:18:05 UTC; versione del 2016-10-26 ore 22:42:54 UTC. INGV".

2.3. Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica di base è definita come la componente della pericolosità sismica dovuta alle caratteristiche sismologiche dell'area (tipo, dimensioni e profondità delle sorgenti sismiche, energia e frequenza dei terremoti).

La pericolosità sismica di base calcola (generalmente in maniera probabilistica), per una certa regione e in un determinato periodo di tempo, i valori di parametri corrispondenti a prefissate probabilità di eccedenza.

Tali parametri (velocità, accelerazione, intensità, ordinate spettrali) descrivono lo scuotimento prodotto dal terremoto in condizioni di suolo rigido e senza irregolarità morfologiche (terremoto di riferimento).

La pericolosità sismica di base costituisce pertanto una base per la definizione del terremoto di riferimento per studi di MS.

Nel corso degli anni la normativa italiana di riferimento ha subito continui aggiornamenti che ad oggi, a partire dal 2003 in base all'OPCM n.3274 del 20/03/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n.1046 del 29.07.2003, ha prodotto una classificazione dei singoli territori in base al concetto della stima della "Pericolosità Sismica" secondo dati e metodi aggiornati, condivisi e utilizzati a livello internazionale. In base a tale approccio il territorio comunale di Ripe San Ginesio è stato classificato nella Zona Sismica 2: "Zona con pericolosità sismica media, dove possono verificarsi forti terremoti".

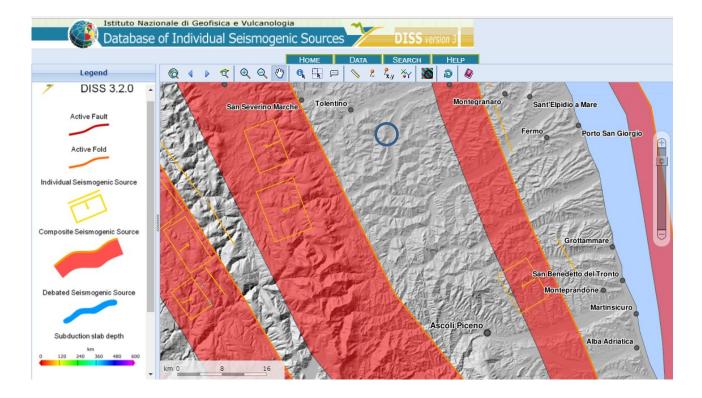
I criteri stabiliti nell'OPCM n.3519/2006 hanno suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido o pianeggiante (ag), che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, secondo lo schema seguente:

	Accelerazione orizzontale con	Accelerazione orizzontale di
zona	probabilità di superamento pari al	ancoraggio dello spettro di risposta
	10% in 50 anni	elastico (Norme Tecniche)
1	>0.25	0.35
2	0.15-0.25	0.25
3	0.05-0.15	0.15
4	< 0.05	0.05
1		

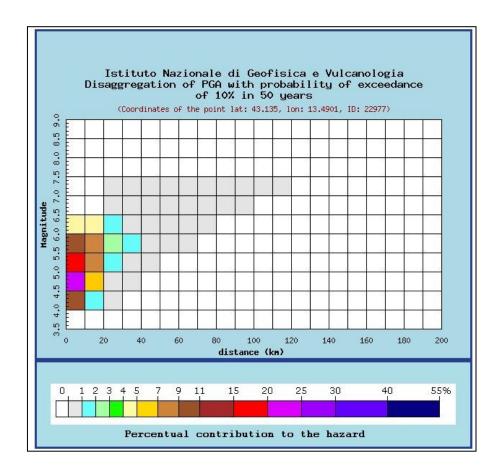
Per il Comune di Ripe San Ginesio il valore A(g) è compreso fra 0,15g e 0,25 g (Zona sismica 2). In particolare il valore di A(g) risulta pari a 0,175.

Consultando il portale ITACA (release 2.2), gestito dall'INGV, non sono presenti nel territorio comunale registrazioni accelerometriche.

Dal database delle faglie sismogenetiche DISS version 3 (Basili et. Al, 2008) redatto dall'INGV il territorio comunale di Ripe San Ginesio non risulta incluso ne nelle aree di interesse delle risorse sismogenetiche composite ne in quelle di faglie singole.

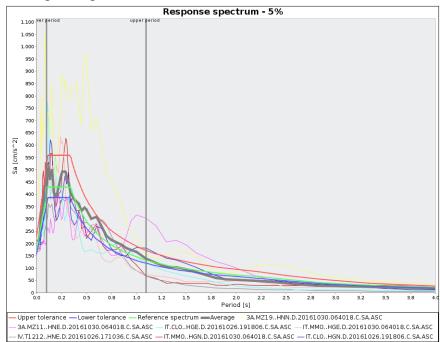


Mappa delle faglie sismogenetiche individuate dall'INGV nel progetto DISS versione 3



- Carta diseggrazione per il comune di Ripe San Ginesio

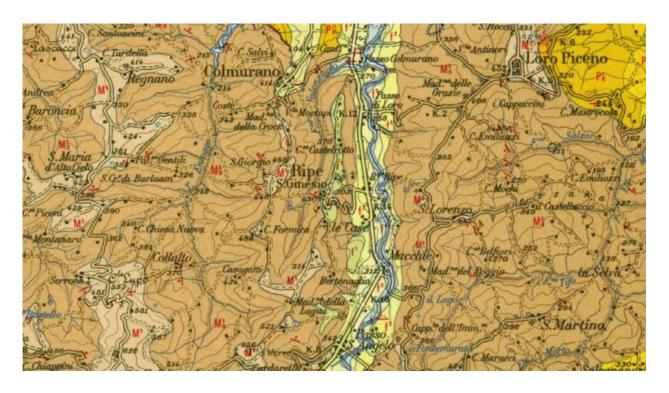
Lo spettro di risposta di riferimento per il Comune di Ripe San Ginesio è rappresentato nell'immagine seguente.



3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

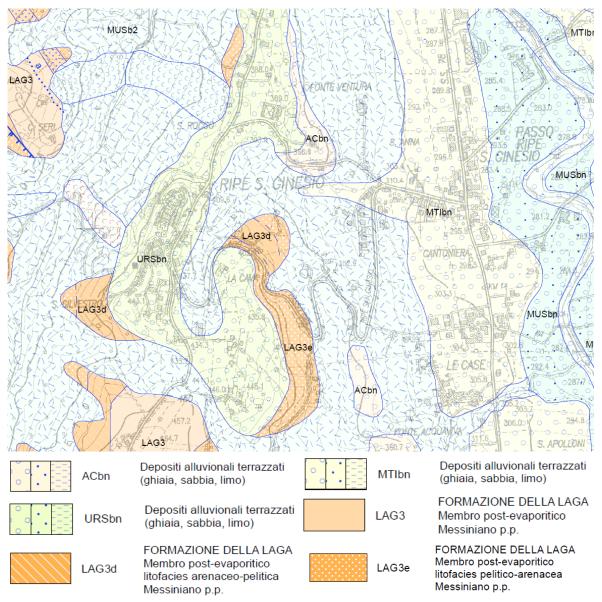
3.1. Inquadramento geologico

Il territorio comunale di Ripe San Ginesio ricade nel Foglio "Macerata" n. 124 della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000).



La carta, in seconda edizione del 1967, è stata realizzata su base di rilevamento 1:25.000 (Foglio "Macerata" n. 124, quadrante IV, orientamento NO – Ripe San Ginesio).

Allo stato corrente è in corso di rilevamento la Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, realizzata su base di rilevamento al 10.000, nota con il termine di progetto CARG (Cartografia Geologica) a cura dell'ISPRA (ex APAT, ex Servizio Geologico Nazionale).



Carta geologica del Foglio 314050 Ripe San Ginesio – [Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 - CARG].

Il Territorio di Ripe San Ginesio si trova nella porzione più orientale del Bacino Marchigiano Esterno. E' costituito da una successione terrigena a dominante pelitica, all'interno della quale si rinvengono intercalati, a varie altezze stratigrafiche, corpi clastici sabbioso-argillosi, argilloso-sabbiosi e più raramente arenacei, deposti nella fase terminale del Miocene (Messiniano).

Al tetto tali depositi sono ricoperti da variabili spessori di sedimenti alluvionali terrazzati, di origine continentale. Questi depositi caratterizzano sia geologicamente che morfologicamente tutta l'area di studio; in particolare la porzione sommitale del rilievo del centro storico, costituito da banconi di ghiaie cementate con intercalazioni di livelli di limi e sabbie per spessori che in affioramento arrivano anche oltre i 40 m.

La Tettonica ha condizionato sia l'assetto strutturale degli strati, disposti a "Monoclinale" dolcemente immergente verso est-nord-est, sia la conformazione delle principali valli fluviali.

Nell'area indagata non sono presenti faglie attive e capaci.

Nel Pleistocene superiore-Olocene si sono formate inoltre anche le ampie coltri colluviali che con differenti spessori, si dispongono sui pendii. La loro tessitura è prevalentemente limosa. Esse sono spesso sede di fenomeni gravitativi . Le coltri colluviali mascherano localmente gli orizzonti ghiaioso-limosi alluvionali.

3.2 - Assetto geomorfologico

L'area, a carattere collinare, si estende tra il corso del torrente Fiastra, ad est, e il Torrente Entogge, suo affluente in sx, ad ovest. Le principali strutture morfologiche sono legate a dorsali allungate da SO a SE; massima altitudine si ha in corrispondenza del centro storico di Ripe San Ginesio, che raggiunge la quota di 310 m s.l.m.

In generale la morfologia dei luoghi è condizionata dall'evoluzione tettonica e dai processi d'erosione selettiva. L'aspetto d'insieme è tipico della fascia collinare marchigiana, caratterizzata da accentuati rilievi collinari legati alla presenza di unità arenacee associate con elementi residuali di terrazzi alluvionali e una morfologia più blanda legata alla presenza di unità pelitico-arenacee e coltri colluviali.

La presenza di abbondanti depositi della copertura sui versanti, unitamente all'acclività di quest'ultimi, sono la causa dei diffusi fenomeni franosi che interessano principalmente la parte occidentale del territorio comunale. Le loro caratteristiche sono varie. Si tratta in genere di frane complesse, abbastanza estese e con diverso grado di attività le quali, salvo il caso della frana a ridosso della scarpata del centro storico, non interessano quasi mai il centro abitato. I fenomeni cartografati rientrano sia nelle tavole PAI che in quelle elaborate dall'IFFI. Vi è da dire che dal rilievo geomorfologico effettuato per il presente studio non si evidenziano attività recenti o situazioni di imminente movimento gravitativo. Non si evidenziano inoltre lesioni diffuse né sui fabbricati né lungo la strada provinciale che corre nella porzione mediana del versante. Pertanto i dissesti cartografati dal PAI e IFFI rientrano a parere dello scrivente nella condizione perlomeno di quiescenza o inattività.

Nel presente lavoro sono stati classificati come fenomeni gravitativi attivi, quelli con caratteristiche di manifestazione permanente con cicli di attività stagionali o, comunque con evidenti probabilità di riattivazione nel breve periodo. I restanti fenomeni sono stati classificati come quiescenti. Va sottolineato che nella maggioranza dei casi, trattasi di fenomeni molto lenti. Le colate rapide, che si manifestano nel periodo invernale lungo i versanti in condizioni più critiche, sono spesso fenomeni abbastanza circoscritti, ancorché dannosi per la circolazione viaria e per il costante e progressivo consumo di suolo.

4 – ANALISI DATI ESISTENTI

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio n.124 "Macerata" della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:100.000. Tale documento fornisce solamente un inquadramento generale che, attualmente, può ritenersi superato dalla pubblicazione della Carta dell'Ambiente Fisico delle Marche, alla scala 1:100.000, redatta nel 1991 e dalla Carta Geologica dei Depositi Neogenico-Quaternari tra il F.

Potenza e il T. Tronto, alla scala 1:50.000 (a cura di Centamore E.- Studi Geologici Camerti - Numero Speciale 1986), Carta Geologica alla scala 1:50.000 foglio 314 Montegiorgio [progetto CARG].

I riferimenti stratigrafici, utilizzati nel presente studio, traggono origine proprio da questi due ultimi documenti.

In sintesi, di seguito si riportano le principali pubblicazioni consultate, edite ed inedite (in ordine cronologico):

- Il Plio-Pleistocene Marchigiano-Abruzzese Guida all'escursione del 7 10 ottobre 1986 (G. Cantalamessa et alii. Dipartimento di Scienze della Terra, Università di Camerino. 73° Congresso della Società Geologica Italiana; 1986).
- La geologia delle Marche (Centamore E., Deiana G.; numero speciale di Studi Geologici Camerti, 1986).
- L'ambiente Fisico delle Marche Geologia-Geomorfologia-Idrologia (Regione Marche, Assessorato Urbanistica-Ambiente, 1991).
- Le emergenze geologiche e geomorfologiche delle Marche Regione Marche, Assessorato Urbanistica e Ambiente, 1991.
- Adeguamento del P.R.G. al PTC provinciale del Comune di Ripe San Ginesio "Studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico Dott. Geol. Umberto Fiumani (1999);
- Progetto IFFI 2005
- Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) Autorità di Bacino del Chienti, 2007.
- Carta Geologica Regionale alla scala 1:10.000,.
- Carta Geologica alla scala 1:50.000 foglio 134 Montegiorgio [Progetto CARG]; da cui si rileva la carta geologia al 10.000 della sezione 314050 "Ripe San Ginesio".

Tali studi hanno fornito utili indicazioni per inquadrare il territorio comunale in un contesto più ampio, relativamente alle condizioni geologiche e geomorfologiche.

Sono state consultate, infine, indagini e lavori di natura geologico-tecnica, eseguiti da diversi studi tecnici reperiti presso l'Ufficio Tecnico del Comune di Ripe San Ginesio.

5 – CARTA DELLE INDAGINI

La Carta delle Indagini, redatta su base cartografica in scala 1:5.000, riporta l'ubicazione e l'indicazione delle varie indagini reperite [ed eseguite] ritenute più significative per le finalità degli studi in questione. Si tratta in prevalenza di indagini geognostiche eseguite a corredo di progetti urbanistici ed edilizi messe a disposizione gentilmente dall'Ufficio Tecnico Comunale. Complessivamente i dati raccolti, unitamente alle indagini eseguite ex-novo, hanno consentito di disporre di un totale di 69 dati puntuali, così suddivisi e rappresentati, secondo quanto previsto dagli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 4.0) forniti dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica:

TABELLA 1

TIPO DI INDAGINE	SIGLA	QUANTITA'
Sondaggio a carotaggio continuo	S	1
Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato	SS	33
Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni	SC	4
Sondaggio a carotaggio continuo strumentato prova DH	SDH	1
Misura DH	DH	1
Prova penetrometrica statica	СРТ	2
Prova penetrometrica dinamica pesante	DP	1
Indagine MASW	MW	6
Stazione microtremore a stazione singola (reperita)	HVSR	1
Stazione microtremore a stazione singola (eseguita nel corso del presente studio)	HVSR	18

Tali dati sono archiviati in formato PDF nella cartella Indagini/Documenti, consultabile nel database della Banca Dati per la Microzonazione Sismica allegato al presente studio.

5.1. Dati acquisiti ex-novo

Con nota inoltrata in agosto 2017 al centro MS è stato comunicato il piano delle indagini eseguite ex-novo per la redazione dello studio di MS livello III, questo ha visto la realizzazione di:

- n.1 sondaggio a carotaggio continuo attrezzato per l'esecuzione di prova Down Hole;
- n. 6 indagini sismiche del tipo MASW;
- n.18 indagini HVSR.

Il sito di esecuzione del carotaggio continuo è stato individuato in modo tale da riuscire a caratterizzare sia la coltre limoso argillosa MLec che la sottostante litofacies del substrato Pelitico arenacea Mocenica (ALS). In prossimità del foro sono state eseguite una serie di indagini HVSR.

L'ubicazione delle indagini MASW è stata eseguita in modo tale da sfruttare spazi verde lungo la quale predisporre gli stendimenti e in modo da caratterizzare le diverse formazioni geologiche rinvenibili nel territorio oggetto di indagine.

5.2.1. Esecuzione di indagini di tipo HVSR

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (SARA GEOBOX 3CH 24 bit – SS45PACK, Sara Electronic Instruments s.r.l) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri), da 4,5 Hz, orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 300 Hz, per una durata di 30 minuti.

Allo scopo di garantire un'effettiva confrontabilità dei risultati ottenuti, a tutte le registrazioni di rumore ambientale è stata applicata, tramite il software GeoExplorerHVSR 2.2.1 della Sara Electronic Instruments s.r.l, la stessa procedura di post-processing basata su una finestratura di 30 sec, lisciamento su finestre triangolari proporzionali con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale e b=10. In alcuni casi si proceduto alla rimozione dei transienti più problematici.

Le misure sono state elaborate in modo tale da garantire stime dei valori spettrali nell'intervallo di frequenza 0,2-20 Hz e con 300 valori equi-spaziati in scala logaritmica.

Nella cartella "Indagini/Documenti/Dati originali" sono contenuti i file originali di acquisizione delle misure effettuate (formato file .saf), i valori medi dei rapporti spettrali ottenuti a seguito della procedura di elaborazione (file formato ASCI) e i report descrittivi dei risultati comprensivi dei fogli di campagna per l'acquisizione HVSR forniti dal Centro di MS e debitamente compilati.

La scelta della densità e della distribuzione dei punti di misura è stata effettuata in base al livello di eterogeneità messo in evidenza dal modello geologico del sottosuolo. L'ubicazione delle indagini HVSR eseguite è visibile nella Carta delle Indagini allagata alla presente relazione.

5.2.2. Esecuzione di indagini di tipo MASW

I dati sono stati elaborati (love reili e H/V) tramite modellazione diretta e ove possibile facendo elaborazione congiunta dei tre dati.

Nella cartella "Indagini/Documenti/Dati originali" sono contenuti i file originali di acquisizione delle misure effettuate (formato file .sgy e .sg2) sia in onde Love che Rayleigh, i fogli di campagna delle varie misure debitamente compilati e le letture delle curve di dispersione.

Le indagini MASW sono state ubicate in modo tale a caratterizzare i diversi litotipi rinvenuti nel territorio del Comune.

5.3 Informatizzazione dei dati

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

6 - CARTA GEOLOGICO-TECNICA

Sulla base dei rilievi di campagna, delle cartografie disponibili (PRG Comunale, PAI, CARG ecc.) e delle indagini geognostiche reperite, è stata realizzata la Carta Geologico-Tecnica in scala 1:5.000 e relative n. 6 sezioni geologiche in scala 1:2000 che evidenziano i rapporti geologico-stratigrafici e l'assetto strutturale.

In tale carta sono state distinte le unità relative alla copertura quaternaria e quelle inerenti il substrato, secondo il criterio dello spessore minimo pari a tre metri per la rappresentazione delle coperture [Standard Microzonazione].

Sono state inoltre riportate le giaciture degli strati ove riscontrate, le principali forme e processi geomorfologici, utili per l'identificazione di zone suscettibili di instabilità ed amplificazione (aree in frana e loro stato di attività).

Per quanto riguarda i fenomeni di instabilità di versante sono stati riportati nelle cartografie i dissesti di versante, utilizzando come base di lavoro i limiti delle cartografie PAI e IFFI e PRG].

sono state indicate le indagini geognostiche (sondaggi), differenziandole nel seguente modo:

- sondaggio che ha raggiunto il substrato (in verde) e relativa profondità del substrato in metri dal piano campagna;
 - sondaggio che non ha raggiunto il substrato (in rosso) e relativa profondità del sondaggio in

metri dal piano campagna.

Per la realizzazione della Carta Geologico-tecnica sono stati compilati, i seguenti shapefiles: Elineari, Geoidr, Geotec, Instab. Per quanto riguarda la struttura degli shapefiles, i codici, la simbologia e colori adottati nella carta ci si è basati secondo quanto previsto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 4.0b)", approvati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica.

Qui di seguito sono illustrate le unità geologico-tecniche riconosciute e cartografate.

UNITÀ DELLA COPERTURA

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

Coltri colluviali \Box (età: Olocene-Pleistocene superiore): Rappresentano il prodotto dell'alterazione e disgregazione dei litotipi in posto ad opera degli agenti elementari di degradazione meteorica, mobilizzati dalla gravità e dalle acque di dilavamento dei versanti. La loro tessitura è strettamente in relazione con la litologia della roccia madre.

MLec – Limi inorganici, sabbie fini limose e limi argillosi. Tale litotipo è costituito principalmente da un aggregato costituito da sedimenti limoso-argillosi e limoso-sabbiosi con concrezioni carbonatiche. Lo spessore nella maggior parte delle aree non supera generalmente i 15,00 ml. In corrispondenza dell'ampio processo erosivo prima e deposizionale poi che ha interessato la vallecola a ridosso del centro storico lo spessore raggiunge i 25 ml. Il grado di consistenza è variabile. I principali fenomeni gravitativi evidenziati interessano, generalmente, tali litotipi.

Coltri alluvionali (età: Olocene-Pleistocene superiore): costituiscono le coperture quaternarie derivanti dalla sedimentazione fluviale in epoche passate. Si rinvengono praticamente in tutta l'area esaminata, sia nelle zone di fondovalle (depositi alluvionali di IV ordine, attuali e recenti) che lungo il versante e nella sommità della collina del centro storico (alluvioni terrazzate di II°,e III° ordine).

GMtf – Ghiaie limoso sabbiose con lenti sabbiose e sabbioso limose. Nella zona del centro storico sono evidenti scarpate di oltre 10 m di altezza, dove affiorano tali sedimenti; sul versante nord ovest del centro storico lo spessore di tali depositi risulta superiore a 40 mt. Tale litotipo è costituito principalmente da un aggregato costituito da ghiaie eterometriche, cementate con matrice limoso sabbiosa, ben gradate e inglobanti ciottoli non di rado anche decimetrici. Frequenti sono livelli limosi sabbiosi al suo interno. Si osserva a quote comprese tra 440 e 390 m slm.

Lungo il versante verso Passo Ripe si osserva un secondo livello di terrazzo, a quote comprese tra 380 e 370 m slm, molto più modesto di spessore per la erosione che ne ha eliminato buona parte del materiale originario.

Infine nelle aree di fondovalle, localmente ricoperte dalle coltri medio fini di versante, sono presenti i depositi ghiaioso sabbiosi attuali e recenti, per spessori che oscillato tra i 15 ed i 25 m al

di sopra del bedrock di base.

UNITÀ DEL SUBSTRATO

Nell'area oggetto di studio sono state cartografate le seguenti unità geologiche del substrato:

Litofacies Arenaceo-Pelitica e Pelitico-Arenacea (LAG3d -LAG3e): Tali associazioni litologiche sono state riscontrate, soprattutto con l'ausilio dei sondaggi geognostici, sia alla base del corpo alluvionale in corrispondenza dell'alveo del torrente Fiastra, ove affioranti.. Sono caratterizzate da un'alternanza di strati argillosi e livelli sabbiosi a cementazione variabile. La litofacies Pelitico-Arenacea presenta generalmente un rapporto sabbia/argilla <1 mentre la litofacies Arenaceo-pelitica è propria di un rapporto sabbia/argilla > 1.



Foto - Litofacies Pelitico Arenacea (ALS) -



Foto – Bancone di ghiaie cementate in prossimità del capoluogo

(GM)

Nella frazione di San Lorenzo, ad est del territorio comunale, la facies Pelitico arenacea risulta subsffiorante.

Nella Carta Geologico-Tecnica, in accordo con le linee guida dettata dal CMS, queste ultime due litofacies sono state accorpate nell'unità ALS (alternanza di litotipi, stratificato).

PRINCIPALI CARATTERISTICHE SISMICHE E MECCANICHE DELLE UNITÀ GEOLOGICHE DISTINTE NELLA CGT DA DATI REPERITI E INDAGINI EFFETTUATE

Unità Litologica	μ	Ф°	Cu	C'	Rifer.	Vs	Rifer.
	t/mc	gradi	Kg/cmq	Kg/cmq		m/sec	
Coltre		26-30(*)			S31	158-255	S31
ML ec (Mops 2001)							
Coltre						400-500	Masw 5
GM tf (Mops 2003)							(area scuola primaria)
Coltre						169- 231	Masw 4
GM tf (Mops 2002)							(area lottizzazione)
Coltre						400-600	Masw 1
GM tf (Mops 2003)							(area centro)
Coltre	1,87 (*1)	20,6		0,26	Sr 41	165-220	Masw 3
ML ec (Mops 2001)	2,05 (*2)	22,3		0,14	Sr 42		(area Faveto)
Substrato						320-550	Masw 6
SFALS (Mops 2099)							(area San Lorenzo)

^(*) valori reperiti da prova penetrometrica dinamica Indagine S31

Elenco delle principali caratteristiche geotecniche e sismiche dei litotipi presenti nel territorio comunale

^(*1) valori reperiti da prova di laboratorio campione prelevato S41

^(*2) valori reperiti da prova di laboratorio campione prelevato S42

7 – SEZIONI GEOLOGICHE

Al fine di rappresentare significativamente il modello del sottosuolo, l'assetto strutturale, la geometria, gli spessori e i rapporti tra depositi di copertura e substrato, sono state realizzate n. 6 Sezioni geologiche, in scala 1:2.000.

La sezione A-A' è stata tracciata lungo la linea di dorsale del rilievo di Ripe San Ginesio, mentre le restanti sezioni B-B', C-C', D-D' E-E', F-F'sono state realizzate trasversalmente alla dorsale morfologica, circa secondo la massima pendenza degli strati. Oltre al chiaro assetto monoclinalico con pendenza verso E-NE, le sezioni mostrano la presenza dei litotipi alluvionali terrazzati al top della dorsale collinare, ugualmente lungo la zona di fondovalle tali depositi alluvionali predominano sul substrato; più in basso, sotto il profilo stratigrafico, è presente il corpo ALS, costituito dalle litofacies Pelitico Arenacea e Arenaceo Pelitica, Si può notare come la coltre colluviale (MLec) sia sede di movimenti gravitativi lungo il versante orientale della dorsale morfologica dove presenta spessori maggiori.

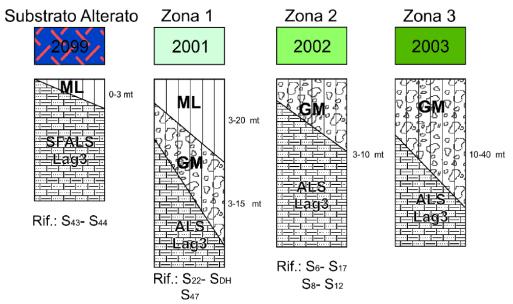
8 - CARTE DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), costituisce il primo elaborato di sintesi del presente lavoro. Tutte le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche idrogeologiche e litotecniche,), sono derivate dalle varie carte redatte, sono state assemblate per la definizione del modello di sottosuolo e, infine, per la suddivisione del territorio investigato in zone omogenee aventi, teoricamente, la stessa risposta sismica locale.

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

- Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, nelle quali sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale;
- Zone di attenzione per le instabilità (ZAFR), nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti potrebbero dar luogo a deformazioni permanenti nel territorio. Per accertare se tali zone sono effettivamente instabili la norma prevede un approfondimento di tipo quantitativo nelle fasi successive degli studi di MZS

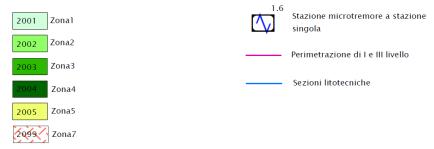
Per la realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica, sono stati compilati, i seguenti shapefiles: Elineari, Ind_pu, Instab, Stab. Per quanto riguarda la struttura degli shapefiles, i codici, la simbologia e colori adottati nella carta ci si è basati secondo quanto previsto dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 4.0b)", approvati dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n.3907).



Colonne delle MOPS presenti nel territorio comunale

Legenda

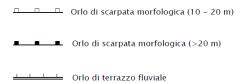
Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali



Zone di attenzione per instabilità



Forme di superficie e sepolte



Carta delle MOPS

8.1 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

Sono state distinte n° 4 classi per le zone stabili suscettibili di amplificazione locale [zone da 1 a 6] delle quali:

- n°1 relativa al substrato geologico alternanza di litotipi, stratificato [ALS] affiorante;
- n°3 riguardano schemi stratigrafici coperture [h>3 ml]-substrato [ALS]; esse sono state distinte sulla base della tessitura dei depositi della copertura quaternaria e la tipologia del substrato.

8.2 - Zone di attenzione per le instabilità di versante (ZA_{FR})

Tali zone sono legate principalmente alla instabilità di versante legata a fenomeni gravitati attivi e quiescenti.

Le aree legate a fenomeni gravitativi ricalcano le zone individuate come aree in frana nella carta geologico-tecnica. Come già descritto, si tratta in genere di frane complesse, abbastanza estese e con diverso grado di attività le quali, salvo il caso della zona a ovest del centro storico, non interessano quasi mai il centro abitato.

8.3- Zone di attenzione per Faglie attive e capaci (ZA_{FAC})

Nel territorio indagato non sono presenti faglie attive e capaci né potenzialmente attive e capaci.

8.4- Zone di attenzione per liquefazione (ZA_{LO})

Nel territorio oggetto di studio non sono stati riscontrate condizioni litologico-tessiturali e idrogeologiche tali da ipotizzare l'instaurarsi di fenomeni di liquefazione in caso di sisma

9 - DATI DI NUOVA ACQUISIZIONE E DESCRIZIONE PIANO DI INDAGINI

Per lo svolgimento del presente lavoro sono state eseguite n° 6 linee sismiche con metodologia MASW, e n° 18 misure del rumore ambientale a stazione singola HVSR, unitamente alla prova sismica in foro di tipo Down-Hole eseguita direttamente dal Centro MS sul sondaggio attrezzato dagli scriventi.

MOPS	ID MASW	ID HVSR	ID HVSR
2001	MASW 1	HVSR	
2002	MASW 2	P324HVSR	
2003	MASW 3 -4	P324HVSR	
2099	MASW 6	P309HVSR	P326DH

9.1.- Caratteristiche delle strumentazioni utilizzate

Le indagini geofisiche eseguite nell'ambito del presente lavoro sono state eseguite con strumentazioni aventi le caratteristiche tecniche di seguito descritte.

Strumentazione per indagini sismiche MASW

Tale tipologie di indagini sono state eseguite utilizzando un Sismografo PASI GEA 24 canali ad accumulabilità di impulsi. Gli intervalli di campionamento sono programmabili da 5 a 0.05 millisecondi, corrispondenti a frequenze di campionamento fino a 8000 Hz. La durata del

campionamento è selezionabile fra 0.1 e 60 secondi. Elevata dinamica (96dB al convertitore, 155dB totale). Impedenza d'ingresso: $>100k\Omega$. La trasmissione digitale dei dati consente un'elevata silenziosità e immunità ai rumori. Per l'acquisizione delle onde di superficie i sensori sono costituiti da una catena di geofoni a componente verticale 4,5 Hz.

SPECIFICHE TECNICHE STRUMENTO GEA 24

Numero di canali 24 can.+trigger (can. AUX) - 2 unità serializzabili per un tot. di 48 can.

Conversione Dati Convertitore Analogico/Digitale Sigma-Delta 24 bit reali (compatibile con geofoni analogici a qualsiasi frequenza di risonanza)

Intervallo Campionamento: Acquisizioni "a pacchetto": - fino a 125 microsec (8000sps) con 24 can. fino a 31.25 microsec (32000sps) con 6 can. Acquisizione continua: - fino a 4000 microsec (250sps) con 24 can. - fino a 500 microsec (2000sps) con 3 can.

Lunghezza Acquisizione : 27500 campioni @ 24 can. (+aux) 174500 campioni @ 3 can. (+aux) Numero di campioni illimitato per acquisizioni continue

Trigger :Contatto normalmente chiuso, normalmente aperto (es. per uso con esplosivo), segnale analogico (geofono starter, starter piezoelettrico), trigger TTL. Sensibilità del trigger regolabile via software

Visualizzazione Tracce Wiggle-trace (formato oscilloscopio) / area variabile

Noise-monitor Tutti i canali + trigger

Canale AUX (ausiliario) 1x (per il trigger o qualsiasi altro segnale in ingresso)

Interfaccia comunicazione 1x USB 2.0 per PC esterno (di fornitura Cliente)

Formato Dati SEG2, SAF (altri formati su richiesta)

Alimentazione 5VDC da USB, 0.25A

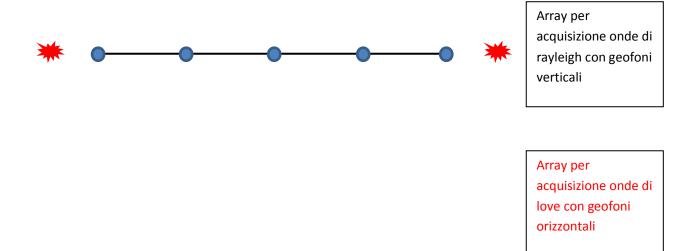
Temp.operativa/stoccaggio -30°C to +80°C

Umidità 80% umidità relativa, non condensante

Dimensioni 24cm x19.5cm x11cm Peso 2 Kg

ESECUZIONE INDAGINI MASW

Le indagini sono state tutte eseguite utilizzando 24 canali con spaziatura intergeofonica di 3 m per una lunghezza complessiva della stesa di 69 m. Sono stati utilizzati geofoni verticali da 4.5 Hz. Le battute verticali per la generazione delle onde di rayleigh sono state fatte energizzando con un martello di 10 Kg, ai due estremi della stesa a distanza variabile a seconda dello spazio disponibile. Le registrazioni sono state fatte con sommatoria del segnale (stack) da 2 fino a un massimo di 3.

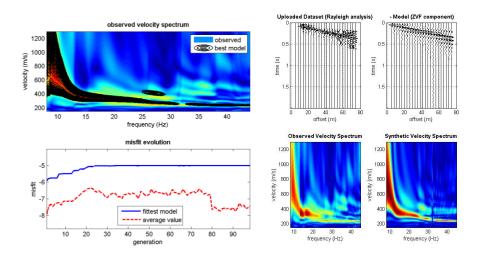


La durata dell'acquisizione è stata impostata a 2 secondi per essere sicuri che tutto il segnale rientrasse nella registrazione. La frequenza di campionamento è stata impostata a 4000 Hz.

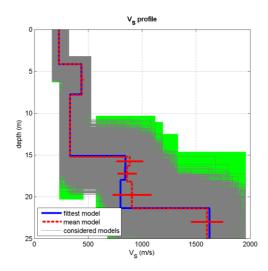
ELABORAZIONE

L'elaborazione tramite l'inversione della curva di dispersione piccata è stata effettuata tramite il software winmasw academy. L'inversione viene effettuata grazie all'utilizzo di una tecnica di ottimizzazione basata sugli algoritmi genetici.

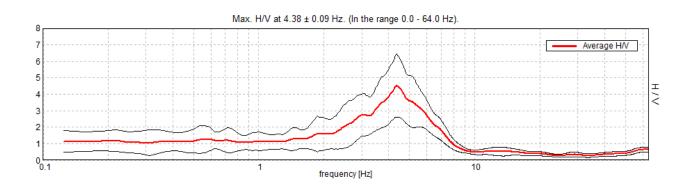
Il software si basa anche sull'inversione completa dello spettro FVS (Full Velocity Spectrum), tramite questo approccio vengono invertiti gli spettri di velocità e non, come nell'approccio classico le curve di dispersione piccate dall'utente. Tale metodo è stato utilizzato nei casi più ambigui con curve di dispersione non di immediato riconoscimento.

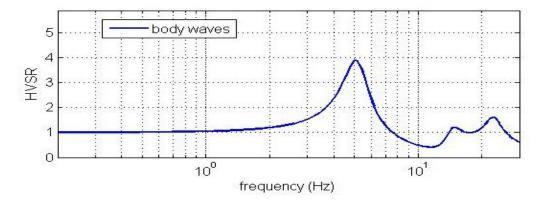


Per l'analisi delle onde di Rayleigh, si sono analizzati i segnali relativi alle energizzazioni dx e sx facendo attenzione al picking del modo fondamentale e degli eventuali modi superiori. Si è proceduto all'inizio ad effettuare una modellazione diretta, basandosi anche sulle informazioni geologiche se disponibili. Dal modello ipotizzato è stata successivamente eseguita l'inversione impostando un adeguato range di valori di variabilità di Vs e spessore, solitamente tale range minimo e massimo è stato aumentato gradualmente con la profondità, proporzionalmente al grado dell'incertezza. L'algoritmo successivamente ha calcolato tutti i possibili modelli evidenziando i modelli best model e mean model.

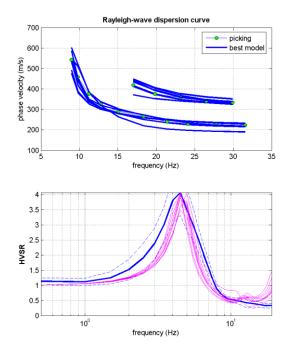


Dal modello risultante è stata calcolata la curva hy sintetica e messa a confronto con la curva hy misurata per vedere se ci fosse corrispondenza con i valori di Vs e eventuali contrasti di impedenza. Se tale corrispondenza non veniva soddisfatta si procedeva ad effettuare di nuovo la modellazione diretta e la successiva inversione.

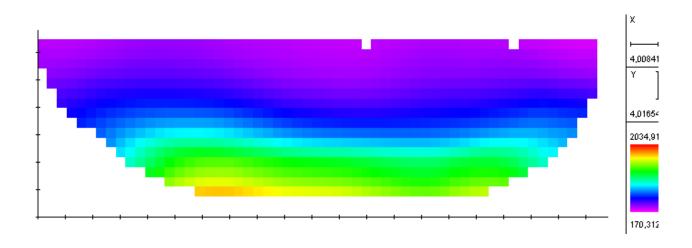


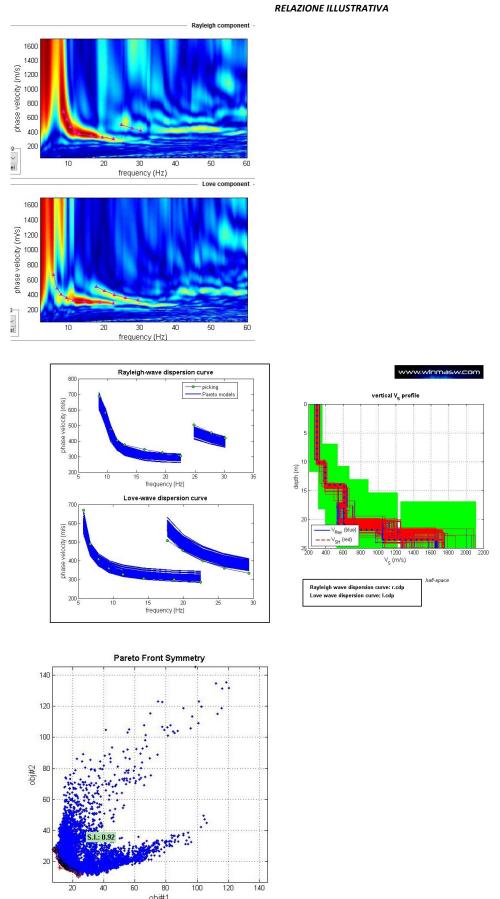


Successivamente è stata effettuata l'inversione congiunta con la curva di dispersione e la curva hy misurata.



Dall'inversione congiunta il software ha ricavato numerosi modelli evidenziando in particolare il best model, il mean model e il modello più vicino all'hvsr.





I modelli risultanti dell'inversione congiunta comprendono il best model, il mean model, e tutti i modelli in corrispondenza del fronte inferiore di pareto.

Il modello risultante è stato poi invertito congiuntamente con la curva hy misurata e la curva di dispersione relativa alla componente rayleigh.

Strumentazione per indagini sismiche passive HVSR

Le misure di microtremore ambientale sono state eseguite in n° di 21 acquisizioni per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico (SARA GEOBOX 3CH 24 bit – SS45PACK, Sara Electronic Instruments s.r.l). Esso è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri), da 4,5 Hz, orientati secondo le direzioni NS, EW e verticalmente, ad alta definizione. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 300 Hz, per una durata di 20 minuti. Allo scopo di garantire un'effettiva confrontabilità dei risultati ottenuti, tutte le registrazioni di rumore ambientale sono state elaborate tramite il software GeoExplorerHVSR 2.2.1 della Sara Electronic Instruments s.r.l. Dalla registrazione del rumore ambientale in campagna è stata ricavata la curva H/V secondo la procedura descritta in Castellaro et al. (2005):

- larghezza finestre d'analisi di 20s;
- lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari a 10% della frequenza centrale;
- rimozione dei transetti sulla serie temporale degli H/V.

Nella cartella "Indagini/Documenti/Dati originali" sono contenuti i file originali di acquisizione delle misure effettuate (formato file .saf), i valori medi dei rapporti spettrali ottenuti a seguito della procedura di elaborazione e i report descrittivi dei risultati comprensivi dei fogli di campagna per l'acquisizione HVSR forniti dal Centro di MS e debitamente compilati.

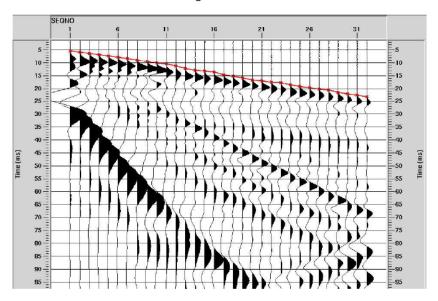
La scelta della densità e della distribuzione dei punti di misura è stata effettuata in base al livello di eterogeneità messo in evidenza dal modello geologico del sottosuolo. L'ubicazione delle indagini HVSR eseguite è visibile nella Carta delle Indagini allegata alla presente relazione.

Strumentazione per indagine sismica down-hole

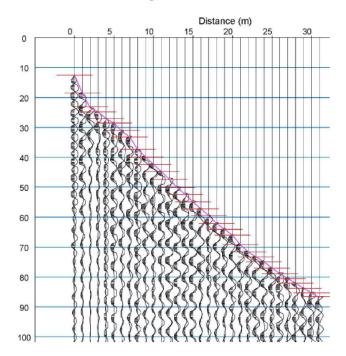
La prova Down-hole è stata eseguita dai tecnici dello IAMC-CNR di Napoli incaricati direttamente dal Centro MS. La strumentazione utilizzata per l'esecuzione dell'indagine sismica in foro è un sismografo Geometrics Geode 16 canali con intervallo di acquisizione di 0,25 ms e un tempo di campionamento pari a 512 ms.

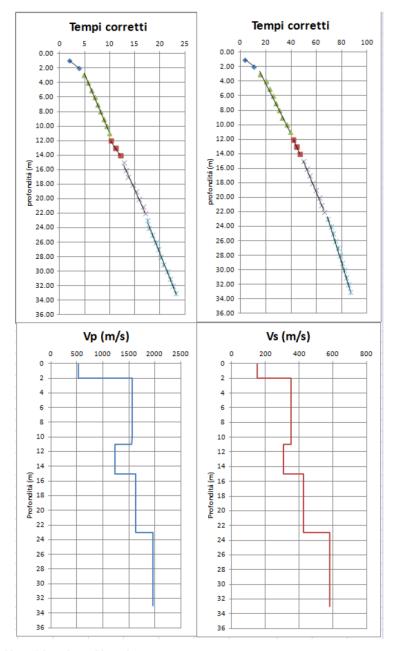


Sismogrammi onde P



Sismogrammi onde S





Sito: Ripe San Ginesio

Profondità	Vp [m/s]
[m]	
0.0 - 2.0	528
2.0 - 11.0	1556
11.0 - 15.0	1236
15.0 - 23.0	1633
23.0 - 33.0	1962
Profondità	Vs [m/s]
Profondità [m]	Vs [m/s]
	Vs [m/s] 154
[m]	
[m] 0.0 - 2.0	154
[m] 0.0 - 2.0 2.0 - 11.0	154 351

9.2 Cenni teorici sulle indagini sismiche con metodologia MASW

Nella maggior parte delle indagini sismiche per le quali si utilizzano le onde compressive, più di due terzi dell'energia totale generata viene trasmessa nella forma di onde di Rayleigh, la componente principale delle onde superficiali. Le onde di Rayleigh sono generate dall'iterazione tra le onde di compressione e le onde di taglio verticali ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo. Alla superficie libera hanno un moto ellittico retrogrado (antiorario) che si inverte ad una profondità di $\lambda/2\pi$. In un semispazio elastico, omogeneo ed isotropo, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh è indipendente dalla frequenza e il moto indotto dalla propagazione si smorza rapidamente sino ad estinguersi ad una profondità pari circa ad una lunghezza d'onda. Ciò vuol dire che la profondità raggiunta dipende dalla lunghezza d'onda, e che, a diverse lunghezze d'onda corrisponde la stessa velocità di fase. In un mezzo verticalmente eterogeneo, costituito cioè da strati aventi proprietà meccaniche differenti, le onde superficiali presentano un comportamento dispersivo, ossia a frequenza diverse corrispondono diverse velocità di fase

Lunghezze d'onda diverse interessano strati differenti ai quali sono associate proprietà meccaniche diverse: ogni lunghezza d'onda si propaga ad una velocità di fase che dipende dalle caratteristiche dello strato interessato dalla propagazione. Per ottenere un profilo Vs bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. I dati acquisiti vengono sottoposti ad una fase di processing che consente di stimare la curva di dispersione caratteristica del sito in oggetto, ovvero la velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della frequenza. Esistono diverse tecniche per estrarre dai sismogrammi acquisiti le caratteristiche dispersive del sito. La metodologia più diffusa è l'analisi spettrale nel dominio f-k (frequenza-numero d'onda).

I dati sismici registrati vengono sottoposti ad una doppia trasformata di Fourier che consente di passare dal domino x-t (spazio-tempo) al dominio f-k. Lo spettro f-k del segnale consente di ottenere una curva di dispersione per le onde di Rayleigh, nell'ipotesi che nell'intervallo di frequenze analizzato le onde che si propagano con il maggior contenuto di energia siano proprio le onde di Rayleigh e che le caratteristiche del sito siano tali da consentire la propagazione delle onde superficiali e un comportamento dispersivo delle stesse. La velocità delle onde di Rayleigh è infatti associata ai massimi dello spettro f-k; si può così ottenere una curva di dispersione individuando ad ogni frequenza un picco spettrale al quale è associato un numero d'onda k e quindi una velocità delle onde di Rayleigh Vr determinabile in base alla teoria delle onde dalla relazione:

$$Vr(f) = 2\pi f/k$$

Riportando le coppie di valori Vr-f in un grafico si ottiene la curva di dispersione utilizzabile nella successiva fase di inversione. La fase di inversione deve essere preceduta da una parametrizzazione del sottosuolo, che viene di norma schematizzato come un mezzo visco – elastico a strati piano paralleli, omogenei ed isotropi, nel quale l'eterogeneità è rappresentata dalla differenziazione delle caratteristiche meccaniche degli strati. Il processo di inversione è iterattivo: a partire da un profilo di primo tentativo, costruito sulla base di metodi semplificati, il problema diretto viene risolto diverse volte variando i parametri che definiscono il modello. Il processo termina quando viene individuato quel set di parametri di modello che minimizza la differenza tra il set di dati sperimentali (curva di dispersione misurata) e il set di dati calcolati (curva di dispersione sintetica). Il processo di inversione si basa su algoritmi di minimizzazione ai minimi quadrati che consentono di automatizzare la procedura. La procedura MASW comprende tre passi successivi:

- acquisizione delle onde superficiali (ground roll)
- estrazione della curva di dispersione caratteristica del sito
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale (1D) delle Vs

9.3 Cenni teorici sulle indagini sismiche passive HVSR

La prova HVSR è una tecnica di sismica passiva che si basa sull'analisi del campo delle vibrazioni ambientali finalizzata alla determinazione delle caratteristiche del sottosuolo al di sotto del punto di osservazione. Considerando che il rumore è caratterizzato da lunghezze d'onda anche molto grandi, confrontabili con quelle tipiche dei fenomeni sismici, tale tecnica di sismica passiva trova una ideale applicazione negli studi della risposta sismica locale. In particolare essa permette di individuare situazioni sismo-stratigrafiche potenzialmente responsabili di fenomeni di risonanza sismica, consentendo una stima delle frequenze alle quali il moto del terreno può risultare amplificato a causa di questi fenomeni e la determinazione dei periodi di risonanza delle coperture sedimentarie.

Tale tipologia di prova effettua una valutazione sperimentale dei rapporti di ampiezza spettrale fra le componenti orizzontali (H) e la componente verticale (V) delle vibrazioni ambientali sulla superficie del terreno misurati in un punto con un apposito sismometro a tre componenti. Il risultato di questa tipologia di prova è una curva sperimentale che rappresenta il valore del rapporto fra le ampiezze spettrali medie delle vibrazioni ambientali in funzione della frequenza di vibrazione. Le

frequenze alla quali la curva H/V mostra dei massimi sono legate alle frequenze di risonanza del terreno al di sotto del punto di misura. La frequenza di risonanza sarà tanto più precisa quanto maggiore è il contrasto di impedenza sismica responsabile del fenomeno, ovvero dove sono maggiori gli effetti potenzialmente pericolosi. In assenza di contrasti di impedenza alla base della copertura, il rapporto H/V sarà all'incirca unitario.

I criteri SESAME (2004) considerano significativi solo picchi con ampiezza H/V superiore a 2. Tale tipologia di indagine richiede una concentrazione del contenuto in frequenza localizzato maggiormente in quelle basse (tipicamente al di sotto dei 20 Hz), l'assenza di sorgenti periodiche e/o con contenuto in alte frequenze e sorgenti di rumore uniformemente distribuite intorno alla stazione di registrazione. Se tali ipotesi sono soddisfatte, la tecnica può essere suddivisa nelle fasi che vengono di seguito illustrate. Si esegue una registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x,y,z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata per una durata non inferiore ai 20 minuti. Si effettua poi un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di prefissata durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, detta Long Period, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Si ottiene così un insieme di finestre "long", che sono sincronizzate fra le tracce.

Queste finestre vengono filtrate in base a criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene valutato lo spettro di Fourier. Quest'ultimo viene sottoposto a tapering e/o lisciamento secondo una delle varie tecniche note in letteratura e ritenute all'uopo idonee. Successivamente si prendono in considerazione gli spettri delle finestre relative alle tracce orizzontali in coppia. Ovvero, ogni spettro di una finestra per esempio della direzione X, ha il suo corrispettivo per le finestre nella direzione Y, vale a dire che sono relative a finestre temporali sincrone. Per ognuna di queste coppie viene eseguita una somma tra le componenti in frequenza secondo un determinato criterio che può essere, ad esempio, una semplice media aritmetica o una somma euclidea. Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia. Ogni componente in frequenza di questo spettro viene usato come denominatore nel rapporto con quello della suddetta coppia.

Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui viene suddivisa la registrazione durante l'operazione di windowing. Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito. L'ulteriore ipotesi che questo rapporto spettrale possa ritenersi una buona approssimazione dell'ellitticità del modo fondamentale della propagazione delle onde di Rayleigh, permette di confrontare questi due al fine di ottenere una stima del profilo stratigrafico.

9.4. Cenni teorici sulle indagini sismiche tipo down-hole

La prova Down-hole è finalizzata alla determinazione dei profili delle onde sismiche di compressione e di taglio con la profondità. Essa consiste nel produrre sulla superficie del terreno una perturbazione mediante una sorgente meccanica e nel misurare il tempo d'arrivo delle onde dirette alle varie profondità all'interno di un foro opportunamente predisposto. L'attrezzatura per prove Down-hole è costituita da:

- un sistema di ricezione, costituito da due geofoni da foro 3D con dispositivo meccanico di

bloccaggio, accoppiati e orientabili dalla superficie mediante un sistema di aste rigide;

- una sorgente di onde S, realizzata tramite un pendolo, che consente di controllare l'energia di

battuta, costituita da una trave in legno e alluminio forgiata in modo da garantire la perfetta

aderenza al terreno;

- una sorgente di onde P, costituita da un martello e una piastra metallica;

- un sistema di acquisizione, costituito da un sismografo, al quale è collegato un dispositivo di

trigger.

Una volta verificato che il foro è completamente libero e misurata la profondità del sondaggio e il livello di falda, vengono posizionati i due geofoni a fondo foro. Essi vengono poi bloccati alle pareti del foro e vengono eseguite più battute orizzontali destre e sinistre e altrettante battute

verticali, acquisendo poi la media delle energizzazioni effettuate.

Successivamente vengono sbloccati i geofoni e fatti avanzare di un metro, controllando che l'orientazione rispetto alla sorgente non venga modificata e la prova viene ripetuta fino ad arrivare alla superficie. L'interpretazione delle misure, ai fini della determinazione del profilo della velocità delle onde S e delle onde P, viene effettuata con il metodo delle velocità d'intervallo a partire da un'analisi visuale dei dati e dallo studio delle funzioni di cross-correlazione

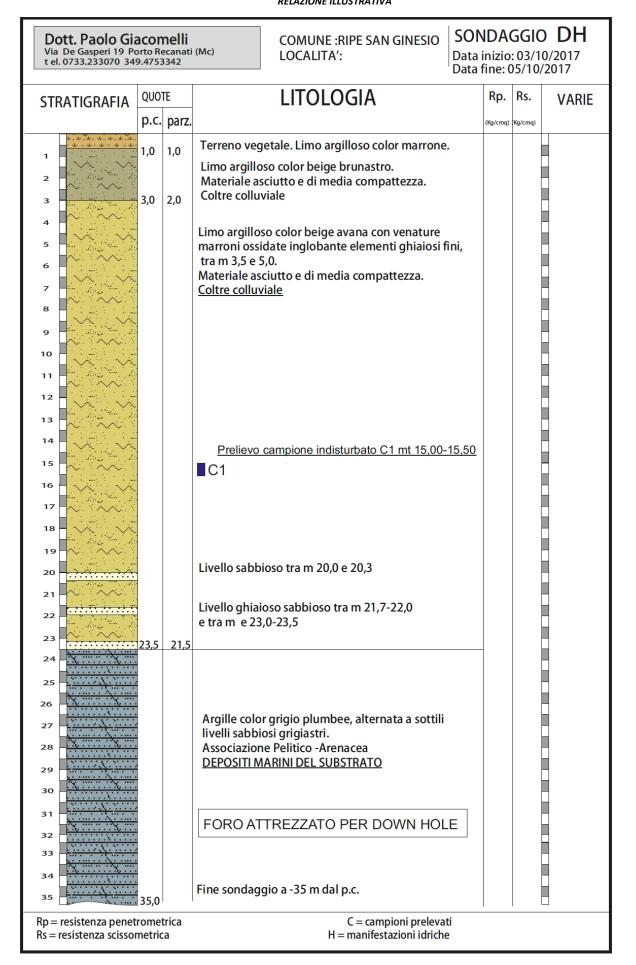
9.5. Sondaggio a carotaggio continuo condizionato per misure down-hole



In data 03 ottobre 2017 sono iniziati i lavori di esecuzione del sondaggio geognostico ubicato in loc. Capoluogo secondo quanto riportato nel Piano di Indagine approvato dal CMS.

La perforazione, eseguita dalla ditta Geotecnica Lavori s.r.l. di Perugia, ha raggiunto la profondità di ml 35,00 ed è terminata il 5 ottobre 2017. Lo stesso giornore sono state effettuate le operazioni di condizionamento del foro e la cementazione finale.

Di seguito vengono riportate la stratigrafia rilevata e le foto delle carote nelle apposite cassette





10 CARTA DELLE FREQUENZE NATURALI DEI TERRENI

In questa tavola sono riportati, in scala 1:5.000, i punti di misura di microtremore a stazione singola che mostrano il rapporto spettrale H/V alle diverse frequenze. I simboli riportati in carta con diversi colori e dimensioni indicano il picco di ampiezza significativo a frequenza più bassa, che corrisponde al valore di frequenza fondamentale (f0) e l'ampiezza relativa. Sulla base dei dati ottenuti dalle misure di microtremore sismico sono state individuate le classi di frequenza. Dalla carta si nota, prevalentemente, una progressiva diminuzione della frequenza fondamentale f0 verso est.

11 CARATTERISTICHE SISMOSTRATIGRAFICHE DELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONE LOCALE

Le indagini geofisiche eseguite nell'ambito del presente lavoro (DH, MASW, HVSR) hanno evidenziato come i litotipi del substrato geologico presenti nell'area di studio siano caratterizzati da velocità di propagazione delle onde di taglio inferiori a 800 m/s, tali da non poter essere considerato come bedrock sismico.

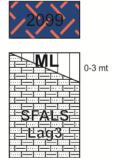
Per la determinazione della profondità del bedrock rigido di riferimento, necessaria per le analisi di risposta sismica locale, si è proceduto all'inversione congiunta tra la curva di dispersione ottenuta dalla misura MASW di riferimento e significativa per ognuna delle MOPS che vincola maggiormente la parte superficiale del profilo di Vs, e la curva H/V, ottenuta dalla misura a stazione singola associata allo stendimento sismico attivo, che dà invece maggiori informazioni sull'andamento delle velocità delle onde di taglio in profondità e sull'entità del contrasto di impedenza sismico.

Di seguito, per ogni MOPS individuata, viene riportata la sismo-stratigrafia inserita nel software Strata risultata dalla combinazione dei rapporti stratigrafici con l'indagine HVSR di riferimento (verifica della congruità del modello in condizioni elastiche). Le indagini sismiche (MASW e Down Hole, hanno permesso di definire i range di spessore e velocità da attribuire ai terreni sovrastanti il bedrock sismico. I dati numerici inseriti nel software Strata provengono da un'analisi di dettaglio delle caratteristiche litologiche, meccaniche e sismiche dei terreni costituenti la successione stratigrafica di ognuna delle MOPS prese in esame.

MOPS 2099

Le indagini condotte evidenziano come la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia caratterizzata dai litotipi riferibili alle litofacies Pelitico-Arenacea e Arenaceo-Pelitica affioranti o sub-affioranti alla superficie topografica. Esse rientrano nell'unità ALS (Alternanza di litotipi, stratificato)-

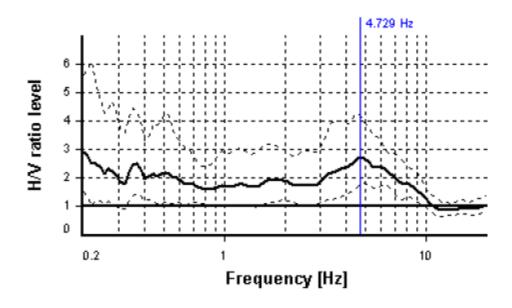
Substrato Alterato



Rif.: S43- S44

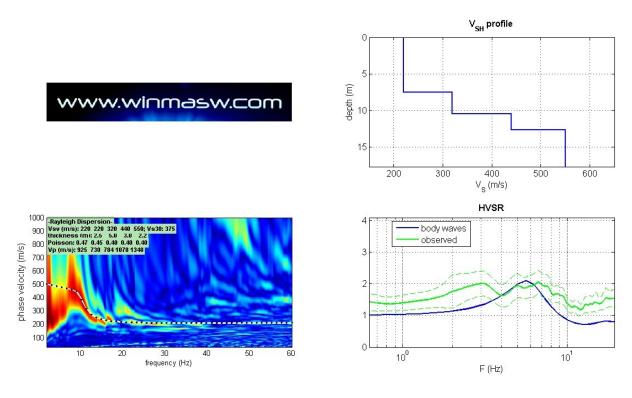
Per la verifica della congruità del modello in condizioni elastiche è stato presa come riferimento la misura ambientale HVSR 21.

MOPS 2099 - sismica passiva HVSR 15 - indagine 043045P62HVSR68



Dall'analisi della curva dei rapporti spettrali H/V sopra riportata si evince la presenza di un evidente picco della curva H/V, dell'ordine di 2,3 rilevabile ad una frequenza di 3,11 Hz circa, presumibilmente corrispondente al contrasto di impedenza all'interno di ALS per la presenza di un livello più rigido.

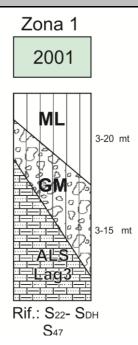
La Masw di riferimento è la n. 6 realizzata al Borgo San Lorenzo.



MASW 6

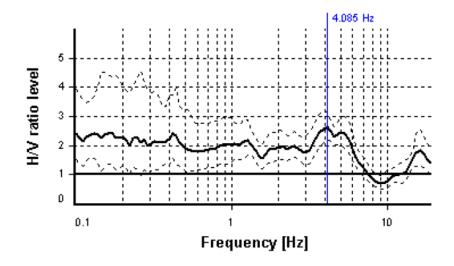
litotipo	h (m)	Vs (m/sec)	Densità (g/cmc)
ML	7,5	220	
GM	3,0	320	
ML	2,2	440	
ALS	30	550	

MOPS 2001

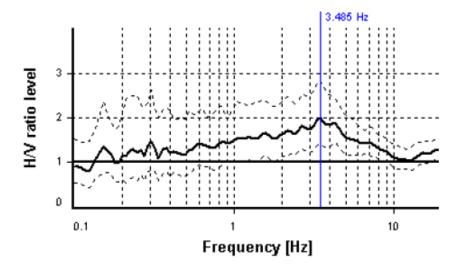


Le indagini condotte evidenziano come la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia caratterizza dai depositi continentali della coltre eluvio-colluviale (MLec), costituiti prevalentemente da limi-argillosi, sovrastanti le alluvioni ghiaiose (Gm) poggianti sui litotipi riferibili alle litofacies Arenaceo-Pelitica e Pelitico-Arenacea accorpate nell'unità ALS (*Alternanza di litotipi, stratificato*)- Gli spessori della coltre ML, come riportato nello schema, variano da 3 a 20 ml circa e delle Ghaie GM da 3 a 15m circa. Va sottolineato come nella gran parte del territorio esaminato la coltre presenta uno spessore che non supera mai i 15 ml circa. Gli spessori tra fino a 20 circa sono stati riscontrati esclusivamente nell'area dell'esecuzione del sondaggio attrezzato per il DH.

MOPS 2001 - sismica passiva HVSR65 . indagine - 043045P65HVSR71

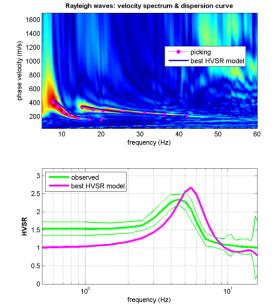


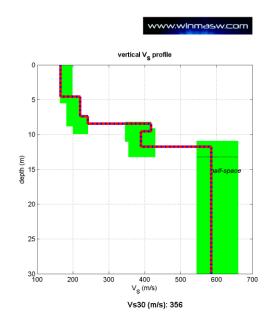




Dall'analisi delle curve dei rapporti spettrali H/V sopra riportati si evince, per l'acquisizione HVSR65 (zona Faveto) associato alla Masw n3, la presenza di un evidente picco della curva H/V, dell'ordine di 2,6 circa, rilevabile ad una frequenza di 4 Hz, all'interno del campo delle frequenze di interesse ingegneristico. Mentre per l'acquisizione HVSR n.56 (periferia est centro abitato) si ha lo stesso ordine di ampiezza e di frequenze, ossia una F0 di 2 ad una frequenza di circa 3,5 Hz.

Per la verifica della congruità del modello in condizioni elastiche è stato presa come riferimento la misura ambientale HVSR 65 associata alla Masw n.3





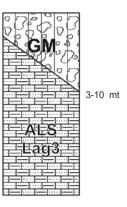
MASW 3

litotipo	h (m)	Vs (m/sec)	Densità (g/cmc)
ML	4,6	177	
ML	4,1	220	
SFALS	3,3	410	
ALS	18	564	

MOPS 2002

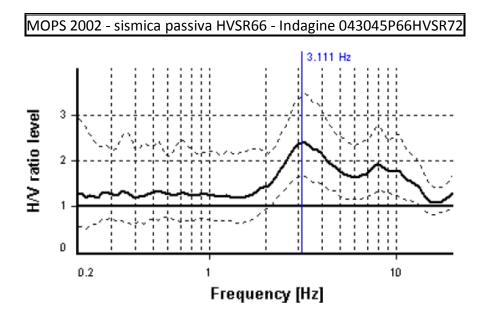
Zona 2

2002

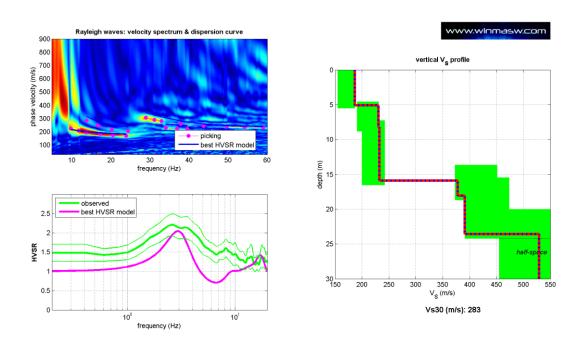


Rif.: S₆- S₁₇ S₈- S₁₂

Le indagini condotte evidenziano come la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia caratterizza dai depositi continentali della coltre alluvionale (GMtf), costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie, poggianti sui litotipi riferibili alle litofacies Pelitico-Arenacea accorpate nell'unità ALS (Alternanza di litotipi, stratificato)- Gli spessori della coltre, come riportato nello schema, variano da 3 a 10 ml circa, e corrispondono alle alluvioni terazzate di III livello, osservabili nella zona in studio lungo il versante La Masw di riferimento è la n.4 e la misura HVSR è la n.66.



Dall'analisi della curva dei rapporti spettrali H/V sopra riportata si evince la presenza di un discreto picco, dell'ordine di 2,4 circa, rilevabile ad una frequenza di 3,11 Hz, all'interno del campo delle frequenze di interesse ingegneristico. a Una iniziale acquisizione passiva era stata effettuata ma aveva problemi di transienti alle basse frequenze, ed e stata ripetuta successivamente, dando comunque stesso picco e stessa frequenza.



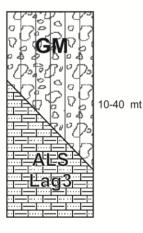
MASW 2

litotipo	h (m)	Vs (m/sec)	Densità (g/cmc)			
ML	4,0	200				
ML	3,0	200				
GM	3,0	300				
GM	5,0	320				
SFALS	5,0	450				
ALS	90,0	700				

MOPS 2003

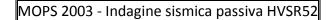
Zona 3

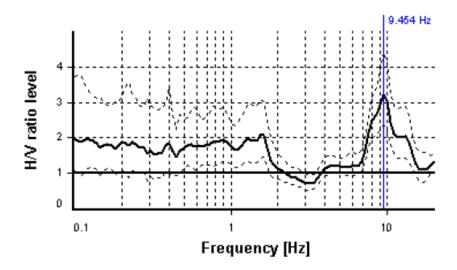
2003



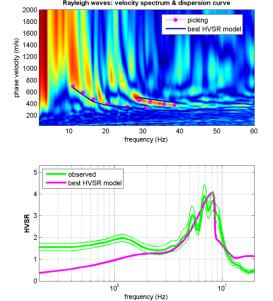
Le indagini condotte evidenziano come la successione stratigrafica della microzona in oggetto sia caratterizza dai depositi continentali della coltre alluvionale (GMtf), costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie, con spessori considerevoli, poggianti sui litotipi riferibili alle litofacies Pelitico-Arenacea dell'unità ALS (*Alternanza di litotipi, stratificato*)- Gli spessori della coltre, come riportato nello schema, variano da 10 a 40 ml circa, e corrispondono alle alluvioni terrazzate di II° livello, osservabili nella zona in studio nella sommità del rilievo su cui si erge il centro storico di Ripe San Ginesio. La Masw di riferimento è la n.1; nella zona del centro storico sono state fatte più misure HVSR data la difficoltà di avere un segnale pulito e non disturbato vista la presenza di pavimentazione e riporto sottostante. Per l'interpretazione congiunta con la Masw e per la verifica

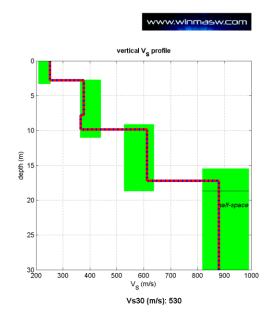
della congruità del modello in condizioni elastiche è stato presa come riferimento la misura ambientale HVSR 52





Dall'analisi della curva dei rapporti spettrali H/V sopra riportata si evince la presenza di un rilevante picco, dell'ordine di 3 circa, rilevabile alla frequenza di 9,5 Hz, all'interno del campo delle frequenze di interesse ingegneristico.





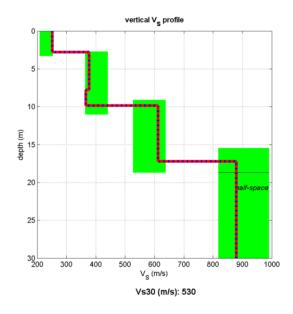
MASW 1

litotipo	h (m)	Vs (m/sec)	Densità (g/cmc)
GM	3,0	250	
GM	7,0	400	
ALS	7,0	580	
ALS	20	900	

12 DETERMINAZIONE DELLE Vs₃₀ E CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

Il calcolo delle Vs30 è stato effettuato per i siti dove sono state eseguite indagini MASW e Down-Hole. Di seguito vengono riportati i valori delle Vs30 e la categoria di sottosuolo associata (Testo Unico – Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. 14 Gennaio 2008 -Tabella 3.2.II e Tabella 3.2.III)

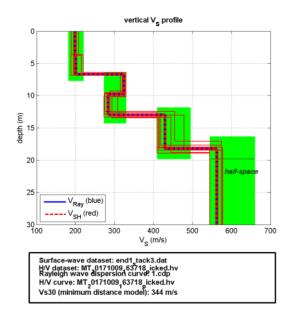
$$Vs_{30} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{Vs_i}}$$



MASW1

 $V_{s}30 = 530 \text{ m/s}$

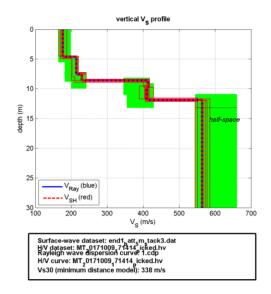
Categoria di sottosuolo: B



MASW2

 $V_{\rm S}30 = 344 \text{ m/s}$

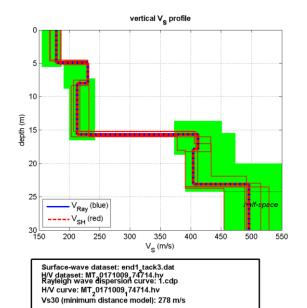
Categoria di sottosuolo: C



MASW3

 $V_{\rm S}30 = 338 \text{ m/s}$

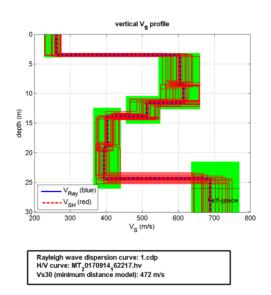
Categoria di sottosuolo: C



MASW4

Vs30 = 278 m/s

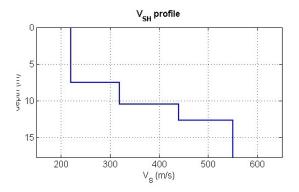
Categoria di sottosuolo: C



MASW5

 $V_S30 = 472 \text{ m/s}$

Categoria di sottosuolo: B



MASW6

Vs30 = 422 m/s

Categoria di sottosuolo: B

Sito: Ripe San Ginesio

Profondità	Vp [m/s]
[m]	
0.0 - 2.0	528
2.0 - 11.0	1556
11.0 - 15.0	1236
15.0 – 23.0	1633
23.0 - 33.0	1962
Profondità	Vs [m/s]
Profondità [m]	Vs [m/s]
	Vs [m/s] 154
[m]	
[m] 0.0 - 2.0	154
[m] 0.0 - 2.0 2.0 - 11.0	154 351

Down-Hole

Vs30 = 405 m/s

Categoria di sottosuolo: B

13.- METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

13.1 Zone stabili suscettibili di amplificazione

13.2 Scelta dell'input sismico (fornito dal Centro MS)

L'estrazione degli accelerogrammi di input prevede la determinazione di altri parametri sismologici, oltre il valore di ag. In particolare, bisognerà conoscere per il sito in esame i dati di disaggregazione (variabilità in termini di magnitudo e distanza), desumibili dalla pagina del sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano http://esse1-gis.mi.ingv.it dedicata ai dati di pericolosità sismica nazionale. Si accede ad una pagina webgis, in cui va indicato il comune oggetto d'indagine il risultato è riportato nella figura seguente, la probabilità di accadimento (il valore più vicino al tempo di ritorno più vicino a quello di progetto) ed il percentile (sempre 50 per la progettazione ai sensi delle NTC2008). Vengono quindi calcolati i valori di magnitudo-distanza con relativa probabilità. Per quanto concerne l'estrazione degli accelerogrammi di input naturali, si è fatto riferimento alla banca dati ITACA i sette accelerogrammi utilizzati per le modellazioni 1D sono stati forniti dal centro Ms.

13-3 Simulazioni numeriche (eseguite dal Centro MS per la simulazione 2D)

Le simulazioni numeriche monodimensionali sono state eseguite in ottemperanza a quanto previsto nei "Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III nei 140 Comuni di cui all'Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri" e per le sole zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, ad esclusione, quindi, delle zone instabili come previsto nel punto 3 dei suddetti protocolli.

Le analisi monodimensionali sono state realizzate con il codice di calcolo Strata (versione: alpha, revision: 381). In prima analisi è stata eseguita una calibrazione del modello del sottosuolo con applicazione del metodo Lineare Elastico e raffronto tra le frequenze fondamentali di sito registrate mediante indagine diretta HVSR (f_0) e quelle determinate numericamente (f_{calc}) utilizzando il profilo Vs desunto dalle prove MASW o DownHole eseguite.

A calibrazione avvenuta è stata eseguita la modellazione nel metodo Lineare Equivalente ai modelli di sottosuolo individuati. Al fine di garantire l'accuratezza numerica, le dimensioni massime degli elementi sono state scelte in funzione della frequenza massima di interesse per la quale deve essere garantita la corretta condizione di trasmissione delle onde. Facendo riferimento alla minima lunghezza d'onda d'interesse è stata quindi definita la dimensione massima degli elementi per ogni materiale modellato:

$$h_{max} = \lambda_{min}/6 = V_S/(6 \cdot \div 8) f_{max}$$

dove.

- f_{max} : massima frequenza di interesse, posta pari a 20 Hz;
- *VS*: velocità di propagazione delle onde di taglio nel materiale.

Inoltre come parametri di calcolo sono stati selezionati i seguenti valori: error tollerance 2,0%, numero massimo di iterazioni pari a 10 e effective strain ratio pari a 0,65.

Per le MOPS oggetto di studio di livello III sono state condotte sette analisi differenti, corrispondenti ai sette accelerogrammi selezionati. Per ogni analisi condotta sono quindi state determinate le deformazioni massime a convergenza, caratteristiche di ogni elemento, e i corrispondenti parametri equivalenti, in termini di decadimento del modulo di rigidezza a taglio e fattore di smorzamento.

I risultati delle analisi consistono quindi in sette accelerogrammi e i corrispondenti sette spettri di risposta in superficie per ogni MOPS.

L'elaborazione dei risultati è stata effettuata come indicato nei "Protocolli di acquisizione dati ed elaborazione relativi alle attività di Microzonazione di Livello III nei 140 Comuni di cui all'Ordinanza n. 24 del 12 maggio 2017 della Presidenza del Consiglio dei Ministri".

Per ogni MOPS sono quindi stati determinati, considerando l'insieme dei risultati ottenuti, i Fattori di Amplificazione (FA) relativi ai tre campi di periodi oggetto di studio (0.1-0.5 s, 0.4-0.8 s e 0.7-1.1 s), secondo le seguenti relazioni:

$$\begin{split} FA_{Ta-T_b} &= \frac{O_{Ta-T_b}}{I_{Ta}-T_b} \\ I_{Ta-T_b} &= \frac{1}{T_a-T_b} \cdot \int_{T_b}^{T_a} PSA_i(T) dT \\ O_{Ta-T_b} &= \frac{1}{T_a-T_b} \cdot \int_{T_b}^{T_a} PSA_o(T) dT \end{split}$$

I valori di FA medi relativi ad ogni MOPS sono poi stati ottenuti mediante media logaritmica dei sette FA relativi all'analisi di ogni singolo accelerogramma selezionato. Per mezzo, quindi, del foglio di calcolo Excel fornito dal Centro di MS è stata applicata la seguente formula:

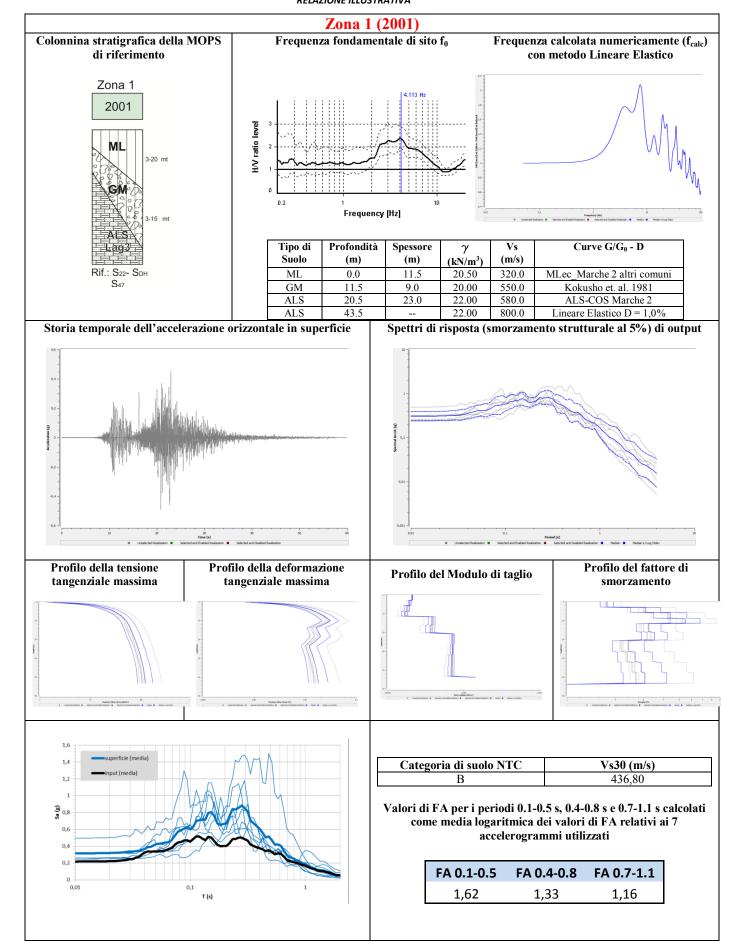
$$m_{ln} = \frac{1}{7} \sum_{i=1}^{7} ln(FA_i)$$

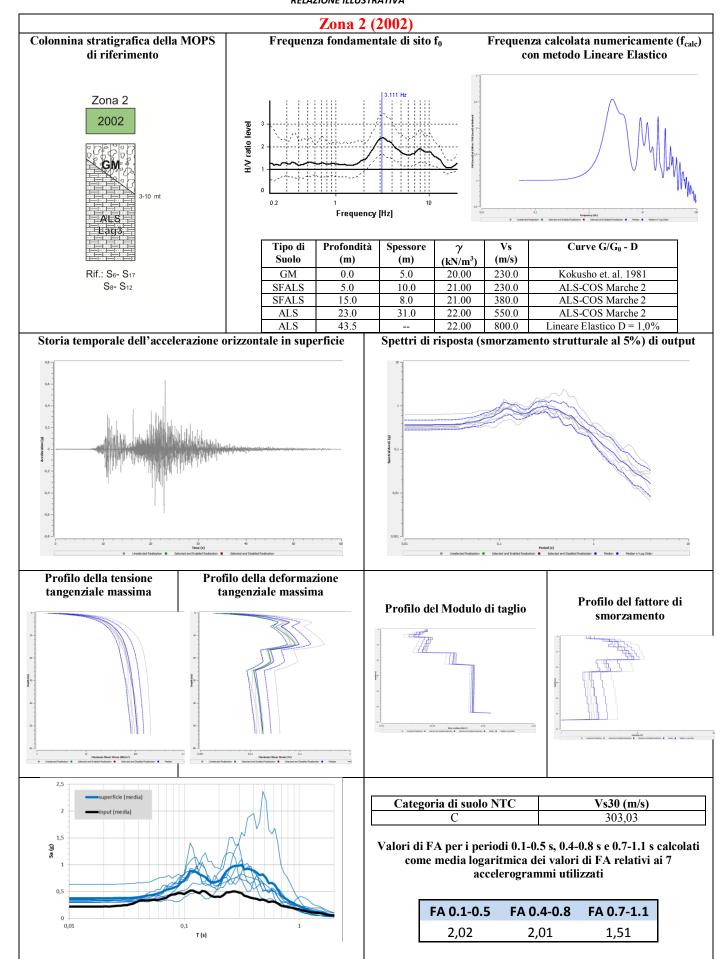
$$FA_{rif} = e^{m_{ln}}$$

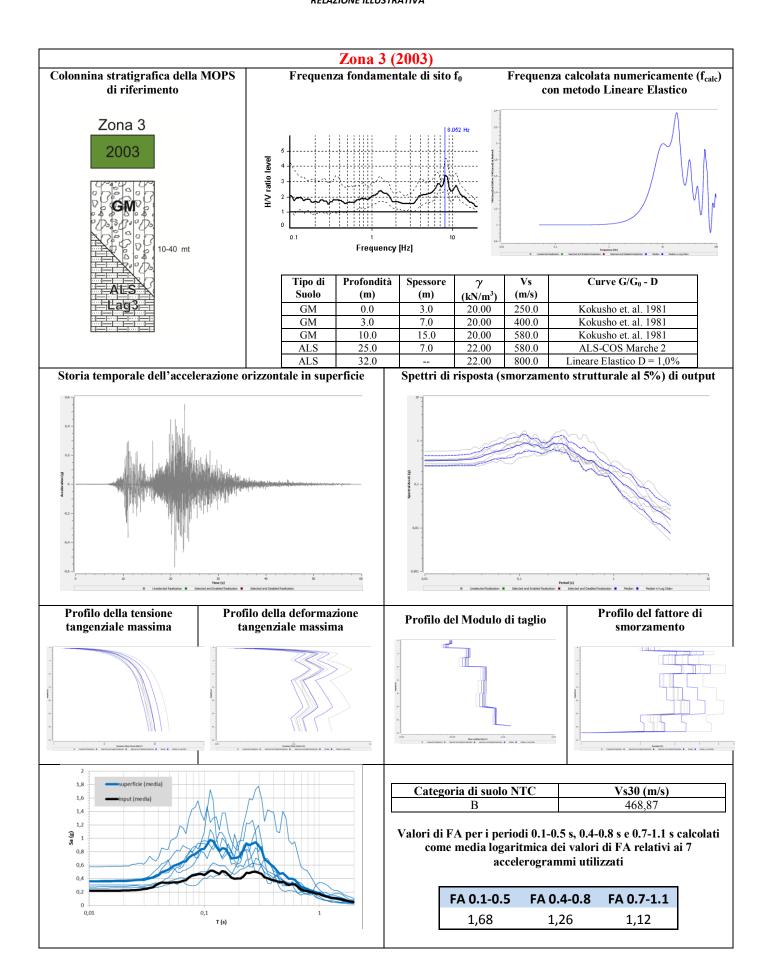
L'analisi della risposta sismica mediante modellazione 2D (Documentazione attualmente non pervenuta dal centro MZS)

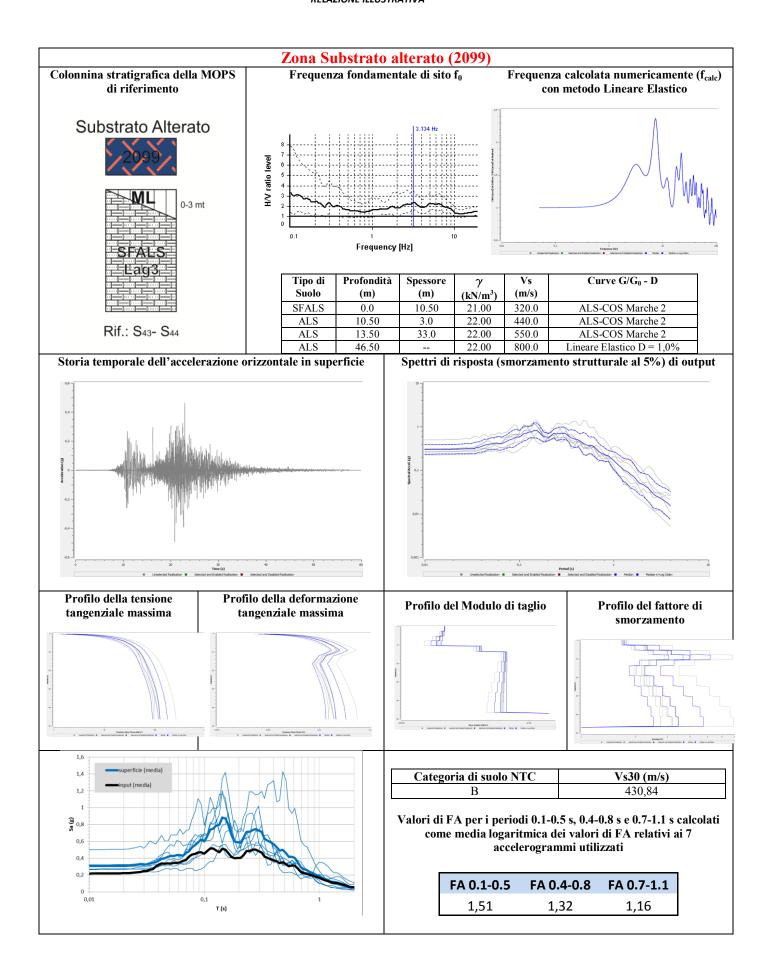
13.4 Risultati

Di seguito vengono riportati i risultati delle analisi numeriche monodimensionali (1D) per ognuna delle MOPS ricadenti nel perimetro di analisi di MS di livello III fornito dal Centro di MS.









Riassumendo la risposta sismica locale è stata parametrizza in termini di amplificazione dell'accelerazione massima FA, come mostrato nella tabella seguente.

RIPE SAN GINESIO						
MOPS	FA 0,1 - 0,5	FA 0,4 - 0,8	FA 0,7 - 1,1	Categoria suolo NTC*	Vs30*	
2001	1,62	1,33	1,16	В	436,80	
2002	2,01	2,01	1,51	С	303,03	
2003	1,68	1,26	1,12	В	468,87	
2099	1,51	1,32	1,16	В	430,84	

^{*} Si fa presente che la categoria dei suoli da NTC e il valore delle Vs30 sono stati calcolati in base alla stratigrafia utilizzata per la modellazione 1D che rappresenta una media dell'intera MOPS pertanto con molta probabilità tali valori potrebbero subire variazioni all'interno delle stessa MOPS. Si consiglia pertanto di non utilizzare tali valori ai fini costruttivi, ma di calcolarli di volta in volta secondo quanto stabilito dalle NTC2008.

Valori del Coefficiente Fa per ogni MOPS

I file degli spettri di risposta elastici al 5% di smorzamento in superficie calcolati uno per ogni spettro di input di ogni microzona analizzata sono archiviati nella cartella "MS23/Spettri", nel formato (.txt) e secondo le modalità previste dagli Stardard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica versione 4.0b a pagina 76.

I file degli accelerogrammi calcolati in superficie uno per ogni spettro di input e per ogni microzona analizzata sono, invece, archiviati nella cartella "Indagini/Documenti/Accelerogrammi elaborazioni RSL 1D e 2D", nel formato (.txt) e secondo le modalità previste dagli Stardard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica versione 4.0b a pagina 76-77.

14 - CARTE DI MICROZONAZIONE SISMICA DI LIVELLO 3

14.1. Carte dei fattori di amplificazione

Questa carta, in scala 1:5.000, riporta la suddivisione del territorio in Zone suscettibili di amplificazione (Carta delle MOPS). L'obiettivo di questa cartografia è quello di riportare i valori di amplificazione stimati in termini di rapporto tra PGA al sito e PGA di riferimento (FAPGA) e di rapporto tra Intensità di Housner al sito e quella al sito di riferimento per intervalli di periodi compresi tra 0,1 e 0,5 secondo (FHa 1-0,5s), 0,4 e 0,8secondi (FHa 4-0,8s) e tra 0,7 e 1,1secondi (FHa 0,7-1,1s)

I valori ottenuti mostrano che il territorio comunale di Ripe San Ginesio è suscettibile di amplificazione sismica per la totalità delle zone riguardanti il centro abitato. Si evidenzia che all'interno di ogni Mops, a causa del ridotto numero di punti di indagini previste, (è stata eseguita una sola prova sismica Down-hole) la risposta sismica locale può risultare eterogenea.

Gli accelerogrammi calcolati in superficie, gli spettri di risposta elastici ed i valori dei Fattori di Amplificazione evidenziano valori superiori a quelli di riferimento (NTC '08).

15 COMMENTI FINALI E CRITICITA'

Lo studio eseguito sotto la direzione ed il controllo del Centro Ms di Roma che ha fornito i codici di calcolo necessari all'esecuzione delle analisi di risposta sismica locale, per le inversioni congiunte HVSR – MASW, per l'estrazione degli accelerogrammi e per il calcolo dei fattori di amplificazione. Sebbene sia stato eseguito un buon numero di nuove indagini geofisiche indirette per ogni MOPS ad integrazione di quelle esistenti, l'esecuzione di una sola prova Down-Hole limita in parte la correttezza dei risultati non consentendo di tener conto di effetti indotti dalla presenza di marcate variazioni laterali nelle proprietà sismiche dei corpi geologici sepolti.

Si ribadisce pertanto quanto già riportato ai precedenti paragrafi, ovvero che lo studio di microzonazione sismica di livello III, in quanto finalizzato alla valutazione del livello di pericolosità sismica alla scala dell'abitato, non può essere considerato sostitutivo di una specifica analisi di risposta sismica locale finalizzata alla progettazione o alla verifica sismica del singolo manufatto.

16 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Nei vari documenti storici non sono riportate descrizioni di danni o vittime.

Evidentemente danni ci saranno stati ma probabilmente meno gravi che in altre località.

Un ruolo importante deve averlo avuto la tipologia costruttiva, la qualità dei materiali da costruzione utilizzati e lo smorzamento, ovvero l'attenuazione dell'ampiezza dell'onda sismica, dovuto alle caratteristiche litologiche del sottosuolo.

L'evento sismico del 1997 con epicentro a Colfiorito, ha causato danni limitati agli edifici più vecchi e vulnerabili ma non si sono verificati crolli ne danni alle persone.

Il comune di Ripe San Ginesio è stato inserito nell'elenco di comuni maggiormente danneggiati dal recente terremoto del 2016 a seguito delle scosse del 26 e 30 ottobre. Anche in questo caso i danni reali sono risultati limitati soprattutto a causa della notevole distanza dagli epicentri.

Dai dati forniti dal comune, risultano i seguenti fabbricati inagibili a seguito del sisma 2016:

- -totale edifici inagibili circa 170 di cui.
- -11 nel centro storico
- -28 nel centro abitato di Villa Le Case
- -21 nella zona di San Lorenzo.

La maggior parte degli edifici danneggiati sono situati in zone rurali.

In generale l'entità del danno rilevata in base agli esiti riportati nelle schede Aedes sono danni gravi: esito E-Edificio inagibile.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

17. Bibliografia

- Albarello D., Castellaro S., (2011): *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. In "Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e Criteri per la microzonazione sismica", Ingegneria sismica, a. XXVIII, n. 2.
- ASTM, (1985): Classification of Soils for Engineering Purposes: Annual Book of ASTM Standards, D 2487-83, 04.08, American Society for Testing and Materials, 1985, pp. 395-408.
- Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R., Scandone, P., (1990): Structural model of Italy Sheet n°1, in: Castellarin A., Coli M., Dal Piaz G.V., Sartori R., Scandone P., Vai G.B. (Eds.), Structural model of Italy. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica, Roma.
- Blake A., (1941): On the estimation of focal depth from macroseismic data, Bull. Seismol. Soc. Am., 31, 3.
- Caputo R. and Papathanasiou G., (2012): Ground failure and liquefaction phenomena triggered by the 20 May, 2012 Emilia-Romagna (Northern Italy) earthquake: case study of Sant'Agostino San Carlo Mirabello zone. Nat. Haz. Earth System Sciences, 12(11), 3177-3180, doi:10.5194/nhess-12-3177-2012.
- Carte di pericolosità di base (http://esse1-gis.mi.ingv.it/), spettri di risposta di riferimento, registrazioni accelerometriche (http://itaca.mi.ingv.it/), faglie sismogenetiche (http://diss.rm.ingv.it/diss/).
- Castellaro S., (2012): "H/V: un contributo oltre Vs30", In: Tecniche speditive per la stima dell'amplificazione sismica e della dinamica degli edifici, a cura di Marco Mucciarelli, ARACNE editrice, 448 pp.
- Castellaro S. e Mulargia F., (2011): Seismic soil classification from a different perspective. Annual meeting of the Seismological Society of America, Memphis (Tennessee, USA), Apr. 13-15.
- Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C., Amato A., (2006): CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.1. INGV-CNT, Roma. http://csi.rm.ingv.it/.
- Castiglioni G., Biancotti A., Bondesan M., Cortemiglia G.C., Elimi C., Favero V., Gasperi G., Marchetti G., Orombelli G., Pellegrini G. B. e Tellini C., (1999): "Geomorphological map of the Po Plain, Italy, at scale of 1:250.000". *Earth Surf. Proc. Land.*, **24**, 1115-1120.
- Cerrina Feroni A., Ottria G., Martinelli P., Martelli L., Catanzariti R., (2002): Carta geologico-strutturale dell'Appennino Emiliano-Romagnolo, 1: 250,000. SELCA, Firenze.
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2015. Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. a. Versione 4.0b. Roma, ottobre 2015. 122 pp. Link: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/StandardMS_4_0b.pdf.
- Commissione tecnica per la microzonazione sismica, 2017. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Liquefazione (LQ). Dipartimento della protezione civile, Roma. Versione 1.0. http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/LG_Liq_v1_0.pdf.
- Adeguamento del P.R.G. del Comune di Ripe San Ginesio al PTC della Provincia di Macerata "Studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico – Dott. Geol. Umberto Fiumani (2004);.
- Contributi per l'aggiornamento degli "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica". Supplemento alla rivista Ingegneria Sismica Anno XXVIII n.2.
- Contributi per l'aggiornamento degli Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII n.2 2011. http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/aggiornamento indirizzi microzonazione sismica.pdf.
- DAL 112/2007: Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della L. R. 20/2000 per Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica. Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 02/05/2007, Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna n. 64 del 17/05/2007.
- Decreto legge n.8 del 9 febbraio 2017, convertito con modificazioni dalla Legge 7 aprile 2017, n. 45AA.VV., (2011) Allegato 3, Ordinanza del Commissario straordinario n. 24 registrata il 15/05/2017 al n. 1065
- Decreto Legge n. 8 del 9 febbraio 2017 (Nuovi interventi urgenti in favore delle popolazioni colpite dagli eventi sismici del 2016 e del 2017) convertito, con modificazioni, dalla Legge 7 aprile 2017, n. 45.
- Devoti, R., A. Esposito, G. Pietrantonio, A. R. Pisani, and F. Riguzzi, (2011): Evidence of large scale deformation patterns from GPS data in the Italian subduction boundary, Earth Planet. Sci. Lett., 311, 230–241, doi:10.1016/j.epsl.2011.09.034.
- DGR Emilia-Romagna n. 1919/2013: Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/13 a favore degli Enti locali.
- DISS Working Group, (2010): Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation
 of potential sources for earthquakes lager than M 5.5 in Italy and surrounding areas.
 http://diss.rm.ingv.it/diss/.

- Gruppo di Lavoro MS, (2008): Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica. Conferenza delle Regioni e
 Province Autonome Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e CD-rom.
 http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/view_pub.wp?contentId=PUB1137.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G., (2007): CFTI4Med, *Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and the Mediterranean Area (760 B.C.-1500)*, INGV-SGA; http://storing.ingv.it/cfti4med/.
- 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. Disponibili nel sito web del Dipartimento della Protezione Civile, area "Rischio Sismico". Link: http://www.protezionecivile.gov.it
- Idriss, I. M.; Lysmer, John; Hwang, Richard N.; Seed, H. Bolton; QUAD-4: a computer program for evaluating the seismic response of soil structures by variable damping finite element procedures, Center for Geotechnical Modeling, Department of Civil and Environmental Engineering, University of California, Davis, 1994.
- ISIDe Working Group, (INGV, 2010): Italian Seismological Instrumental and parametric database. http://iside.rm.ingv.it.
- Locati M., Camassi R. and Stucchi M. (eds.), (2011): *DBMl11, the 2011 version of the Italian Macroseismic Database*. Milano, Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/DBMl11.
- Martelli L., (2011): Quadro sismotettonico dell'Appennino emiliano-romagnolo e della Pianura Padana centrale. Atti del 30° convegno nazionale GNGTS, Trieste 14-17 novembre 2011, sessione 1.2, 152-156.
- Mucciarelli M. (a cura di), (2012): Tecniche speditive per la stima dell'amplificazione sismica e della dinamica degli edifici.
- NTC, (2008): Norme Tecniche per le Costruzioni DM 14 gennaio 2008. Gazzetta Ufficiale, n. 29 del 4 febbraio 2008, Supplemento Ordinario n. 30, www.cslp.it, Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.
- Pasolini C., Gasperini P., Albarello D., Lolli B. e D'Amico V., (2008): "The Attenuation of Seismic Intensity in Italy, Part I: Theoretical and Empirical Backgrounds, Bull Seism. Soc. Am., Vol. 98(2), 682-691.
- Progetto ITHACA Catalogo delle faglie capaci http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/ithaca-catalogo-dellefaglie-capaci.
- Rovida A., Camassi R., Gasperini P. e Stucchi M., (2011): *CPTI11, La versione 2011 del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*, Milano Bologna, http://emidius.mi.ingv.it/CPTI.
- Significato e contenuto degli studi di MS di livello 2 e 3. Link: http://www.protezionecivile.gov.it/resources/cms/documents/ Significato_e_contenuto_degli_studi_di_MS di livello 2_e_3.pdf.
- Software per l'archiviazione delle indagini per la MS (SoftMS versione 4.0). Link: Software per l'archiviazione delle indagini per la MS (SoftMS versione 4.0).

Ripe San Ginesio, Gennaio 2018

dott. geol. Paolo Giacomelli

Collaboratori esterni:

dott. geol Alessio Acciarri dott. geol. Carlo Gualtieri

APPENDICE 1 – MODELLAZIONE 2D

1. Modello geotecnico

Il modello geometrico del sottosuolo per le analisi di risposta sismica locale relative al comune di Ripe di San Ginesio è stato definito sulla base dei risultati delle indagini geofisiche (H/V, MASW e DH) e dei rilievi di campagna, specificamente effettuati per lo studio di microzonazione sismica dell'area. Questi sono stati integrati con i dati stratigrafici già disponibili, derivanti da indagini pregresse.

La profondità e l'andamento del substrato corrispondente alla formazione Flysch della Laga (SFALS-LAG3) sono stati definiti sulla base del degli studi geologici e calibrati verificando la corrispondenza tra le funzioni di amplificazioni numeriche e quelle ricavate sperimentalmente sotto forma di rapporti HVSR misurati su *noise*. Nella Figura 1 è riportato uno stralcio della carta geologico-tecnica dell'area, dove è riportata la traccia della sezione WSW-ENE (in rosso) sottoposta ad analisi bidimensionale. Il profilo è invece riportato nella Figura 2.

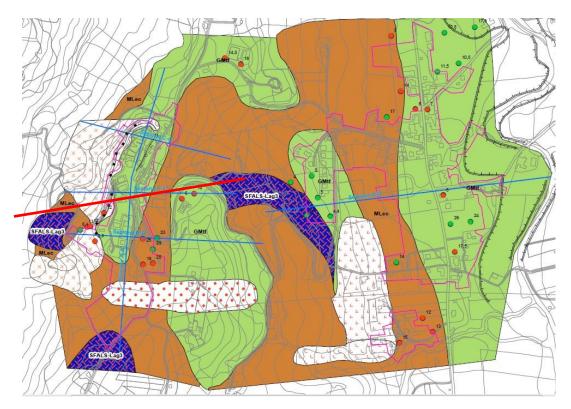


Figura 1 – Carta geologico-tecnica di Ripe di San Ginesio

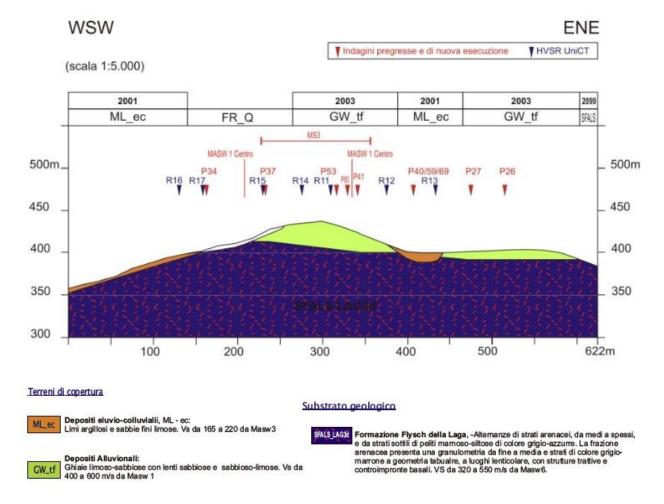


Figura 2 – Profilo sottoposto alle analisi numeriche

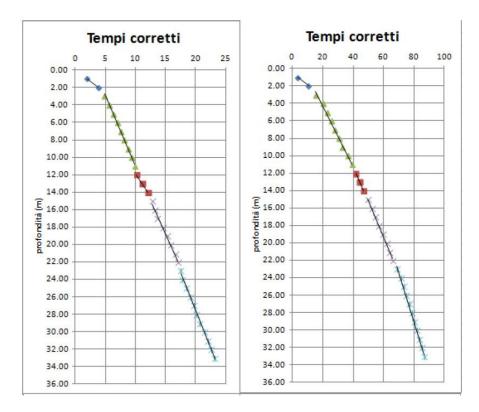
Le proprietà fisico-meccaniche dei terreni adottate nelle analisi sono sinteticamente riportate in Tabella I.

Denomina zione	Litologia	interpreta zione	spessori	$\gamma(kN/m^3)$	V_S (m/s)	ν	α	V _P (m/s)	G/Go(γ) D(γ)
MLec	Depositi eluvio-colluviali. Limi argillosi e sabbie fini limose	DH	0-12	20	330	0.47	4.23	1396	Campione Ripe San Ginesio
FR_Q	Frana complessa quiescente	MASW	0-5	20	200	0.47	4.23	846	Campione Ripe San Ginesio
CWG	Depositi alluvionali. Ghiaie limo-sabbiose con lenti	MASW	0-16	19.8	405	0.46	2.01	1543	CWL
GWtf	sabbiose e sabbioso-limose	MASW	16-30	19.8	632	0.46	3.81	2408	GWtf
SFALS- LAG3d	Formazione Flysch della Laga. Alternanze di strati arenacei e da strati sottili di peliti marnoso-siltose di colore grigio-azzurre	DH	30-84	22.5	581	0.45	3.38	1962	ALS
Bedrock (SFALS- LAG3d)	Formazione Flysch della Laga. Alternanze di strati arenacei e da strati sottili di peliti marnoso-siltose di colore grigio-azzurre	-	-	22.5	800	0.45	3.38	2702	-

Tabella I – Proprietà fisiche e meccaniche dei terreni

Poiché i metodi numerici di analisi utilizzati nel presente studio fanno riferimento al tradizionale approccio di legame costitutivo visco-elastico lineare equivalente, il comportamento di ciascun materiale è stato espresso attraverso il peso dell'unità di volume (γ), le velocità delle onde di taglio e di compressione (V_s , V_p), e le curve di variazione di rigidezza e smorzamento con la deformazione al taglio, $G(\gamma)/G_0$ e $D(\gamma)$.

Le velocità delle onde S sono state determinate a partire dai risultati delle prove MASW e dall'unica prova DH disponibile. Questa è stata interpretata in termini di dromocrone associate alla colonna stratigrafica del sondaggio (Figura 3), fornendo i valori medi di V_p e V_S da attribuire alle singole formazioni ai diversi campi di profondità.



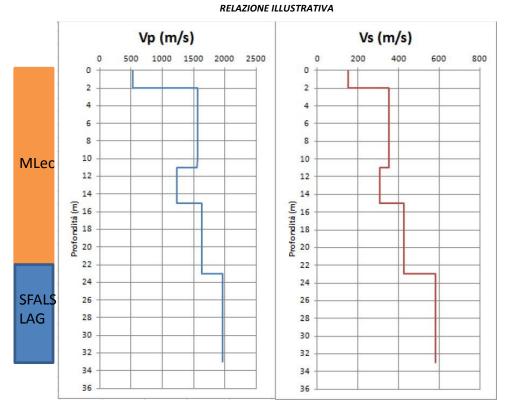


Figura 3 – Risultati prova DH: a) dromocrone; b) profilo Vp e Vs.

Ad ogni unità litologica, sono stati anche attribuiti valori dei coefficienti α (=V_P/V_S) e di Poisson ν^2 relativi ai diversi campi di profondità esplorati con la prova DH. Questi parametri sono stati poi utilizzati per le analisi di risposta sismica eseguite con modelli bidimensionali.

I profili di V_S delle diverse formazioni adottate nei modelli di calcolo sono riassunti e confrontati in figura 4. In figura 5 sono invece presentate le curve di variazione di rigidezza al taglio normalizzata e fattore di smorzamento con la deformazione tangenziale, adottate per le analisi. Entrambe le figure evidenziano la notevole variabilità sia della rigidezza sia del comportamento non-lineare e dissipativo dei diversi materiali.

-

 $^{^2}$ Dalla teoria dell'elasticità $\,\nu = \! \left(0.5\,\alpha^2 - 1\right) \! / \! \left(\alpha^2 - 1\right)$

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

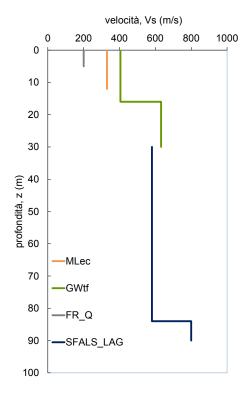


Figura 4 – Modello di velocità

Il valore medio di velocità delle onde S dei depositi eluvio-colluviali limo-argillosi (MLec) è stato definito a partire dai risultati della prova DH. Ad essi è stato attribuito il valore di 330 m/s. La frana negli stessi depositi è stata caratterizzata a partire dal risultato della MASW (ex cava) che, nei primi 5 m di profondità, restituisce un valore di Vs pari a 200 m/s. Sia ai terreni in posto che a quelli in frana è stato attribuito un'unica curva di non linearità e smorzamento ottenuta eseguendo una prova di torsione ciclica su un campione prelevato a Ripe San Ginesio nel sondaggio eseguito per la prova DH.

La prova MASW eseguita nel centro storico, in corrispondenza della sezione bi-dimensionale analizzata, ha consentito di caratterizzare la velocità delle ghiaie, GWtf. Queste sono caratterizzate da un primo strato di circa 16 con velocità di 405 m/s seguito da un secondo strato di circa 14 m, con velocità di 632m/s. Il comportamento non lineare di tale deposito è stato descritto attraverso risultati sperimentali di letteratura relativi a materiali con granulometria simile (Kokusho et al. 1981).

Infine, il risultato della prova DH ha consentito di caratterizzare anche la velocità del substrato costituito dal Flysch della Laga, cui è stata attribuita una velocità di 581m/s fino a 84 m di profondità dove, dalle analisi di calibrazione, è stato posizionato il bedrock sismico. Il comportamento non lineare del Flysch è stato caratterizzato adottando la curva di decadimento del modulo di taglio iniziale e del fattore di smorzamento misurate su un campione di terreno di caratteristiche simili prelevato nel comune di Massa Fermana.

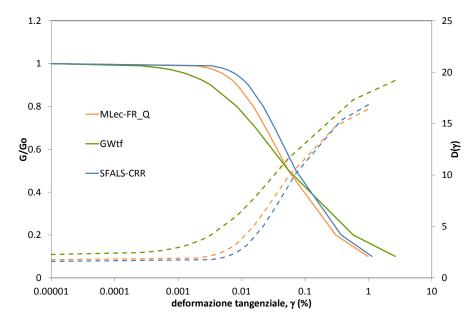


Figura 5 – Curve del decadimento del modulo di taglio e dell'andamento del fattore di smorzamento con il livello di deformazione

2. Analisi numeriche

Di seguito si riportano i risultati delle analisi numeriche bidimensionali condotte utilizzando il codice QUAD4M (Hudson et al., 2003). Gli input adottati nelle analisi sono stati forniti dal Centro di Microzonazione.

L'analisi numerica bidimensionale per il centro abitato di Ripe San Ginesio ha riguardato la sezione orientata in direzione WSW-ENE che attraversa le MOPS ZAFR_3 e 2003 (Figura 6). Si sottolinea che la MOPS ZAFR_3 attraversata dalla sezione bidimensionale analizzata è da intendersi come una microzona ZAFR_1, in quanto la frana quiescente attraversata è riconducibile ad un deposito eluvio-colluviale MLec, come indicato nella carta geologica-tecnica (Figura 1).

L'edificato di Ripe San Ginesio è situato in cima al rilievo della sezione considerata, con il centro storico che sorge sui depositi alluvionali GWtf.

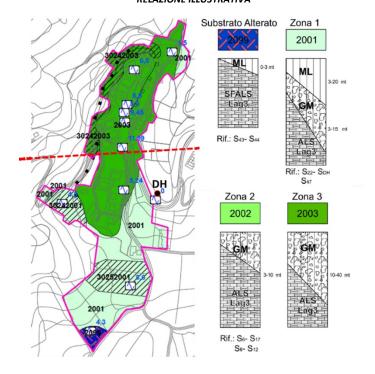


Figura 6 - Traccia della sezione considerata nelle analisi bidimensionali sovrapposta alla carta delle MOPS

Figura 7, Figura 8 e Figura 9 riportano con linea nera i fattori di amplificazione medi ottenuti dall'analisi, rispettivamente nei campi di periodo 0.1-0.5s (FA $_{0.1$ -0.5s), 0.4-0.8s (FA $_{0.4$ -0.8s) e 0.7-1.1s (FA $_{0.7$ -1.1s) con l'inviluppo dei loro valori massimi e minimi (linea nera tratteggiata). La linea rossa indica il valore del fattore di amplificazione medio calcolato per ciascuna delle MOPS attraversate dalla sezione, i cui valori numerici sono riportati in Tabella II.

L'elaborazione dei risultati delle analisi ha evidenziato un diverso andamento del fattore di amplificazione, FA, in funzione del campo di periodi considerato. Nell'intervallo di periodi compreso tra $0.1 \div 0.5$ s si osservano i valori più alti del fattore di amplificazione medio variabili tra 1 e 2, mentre una minore amplificazione è associata ai medi ed agli alti periodi.

Nel dettaglio, in corrispondenza del versante ovest-sud-ovest, laddove è presente il deposito eluvio-colluviale (MLec) si osserva un andamento del fattore di amplificazione prossimo all'unità in virtù del risotto spessore della coltre deformabile, mentre in corrispondenza della frana quiescente (FR_Q), il fattore di amplificazione medio FA_{0.1-0.5s} attinge il valore massimo, pari a 2, determinato dalla combinazione di effetti di amplificazione stratigrafica e topografica. In prossimità della cresta del rilievo, laddove è presente il deposito alluvionale (GWtf), il fattore di amplificazione medio attinge un massimo locale pari a 1.4 in corrispondenza della progressiva 520 m. In corrispondenza del deposito eluvio-colluviale tra la progressiva 587 e 650 m, il fattore di amplificazione medio è poco variabile intorno al valore 1.2, mentre una diminuzione del fattore medio che si attesta intorno all'unità si osserva in corrispondenza del deposito alluvionale (GWtf), tra la progressiva 670 e 750 m.

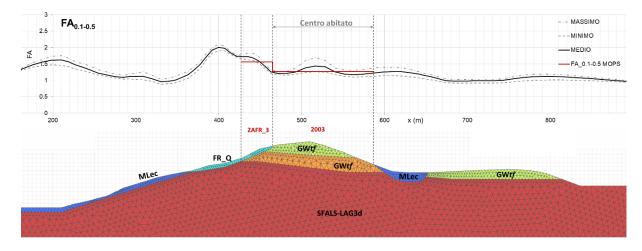


Figura 7 – Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.1 ÷ 0.5 s

Nell'intervallo di periodi compreso tra 0.4 e 0.8 s, il fattore di amplificazione $FA_{0.4-0.8s}$ manifesta un andamento simile al campo di periodi precedente, con un picco massimo pari a 2 attinto in corrispondenza della frana quiescente alla progressiva 400 m. Il fattore di amplificazione assume un andamento pressoché decrescente lungo la cresta ed il versante est-nord-est del rilievo, con una variabilità compresa tra 1.5 e 1. Infine una lieve deamplificazione del moto alla base si osserva in corrispondenza della coltre alluvionale (GWtf) tra la progressiva 620 e 800 m.

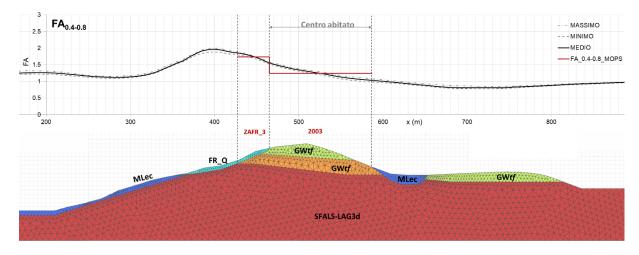


Figura 8 – Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.4 ÷ 0.8 s

Nell'intervallo di periodi compreso tra 0.7 e 1.1 s, il fattore di amplificazione $FA_{0.7-1.1s}$ segue lo stesso andamento del fattore calcolato sul campo dei medi periodi $FA_{0.4-0.8s}$, sebbene si osserva una minore amplificazione del moto alla base. Infatti il fattore di amplificazione attinge un valore massimo circa pari a 1.6 tra la progressiva 390 e 420 m in concomitanza del sovrapporsi di effetti di amplificazione stratigrafica e topografica.

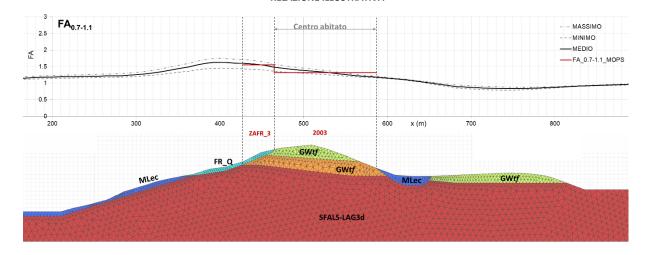


Figura 9 – Profilo del fattore di amplificazione nell'intervallo di periodi 0.7 ÷ 1.1 s

3. Sintesi dei fattori di amplificazione e spettri calcolati per ciascuna MOPS

In Tabella II sono riportati i fattori di amplificazione calcolati per ciascuna MOPS per i tre campi di periodo considerati. I valori corrispondono alla media degli FA per ogni MOPS ottenuti dalle analisi bidimensionali per le MOPS ZAFR3 e 2003.

MOPS	FA _{0.1-0.5s}	FA _{0.4-0.8s}	FA _{0.7-1.1s}
ZAFR_3	1.57	1.74	1.56
2003	1.27	1.24	1.32

Tabella II – Fattori di amplificazione attribuiti a ciascuna MOPS

In relazione alle analisi bidimensionali, i 7 accelerogrammi in superficie e i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione da assegnare a ciascuna MOPS sono stati ottenuti individuando la verticale, all'interno della porzione di sezione competente alla medesima MOPS, caratterizzata dal fattore di amplificazione $FA_{0.1-0.5s}$ più prossimo al valore medio (Figura 7).

I 7 accelerogrammi e relativi spettri di risposta in accelerazione assegnati a ciascuna MOPS sono allegati alla presente relazione in un apposito file excel "MOPS_ACC_SPETTRI_RipeSanGinesio".

4. Riferimenti bibliografici

Hudson M., Idriss I.M., Beikae M. (2003). User's Manual for QUAD4M. Center for Geotechnical Modeling. University of California, Davis.